文部科学省委託研究

首都直下地震防災・減災特別プロジェクト 総括成果報告書

平成24年3月

東京大学地震研究所 (独)防災科学技術研究所 京都大学防災研究所

本報告書は、文部科学省の研究委託事業による委託業務として、平成19年度から平成23年度にわたり、東京大学地震研究所、(独)防災科学技術研究所、京都大学防災研究所が実施した「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」の成果を取りまとめたものです。

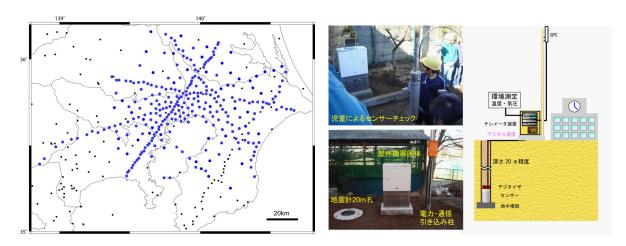
文部科学省委託研究

首都直下地震防災・減災特別プロジェクト 総括成果報告書

平成24年3月

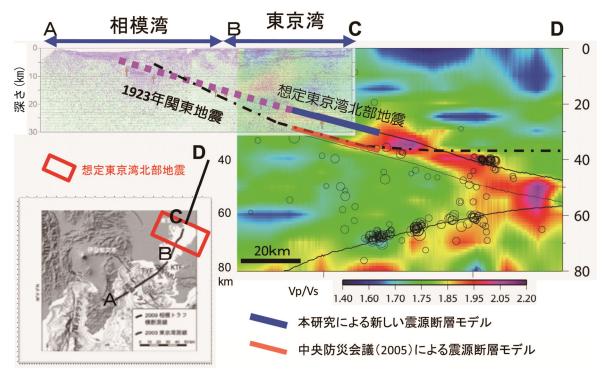
東京大学地震研究所 (独)防災科学技術研究所 京都大学防災研究所

I 首都圏でのプレート構造調査、震源断層モデル等の構築等



首都圏地震観測網 (MeSO-net) の配置図 青丸: MeSO-net 地震観測点 (296 点)、黒丸: 既存の定常観 測点 (地震研、気象庁、防災科研、温泉地学研)

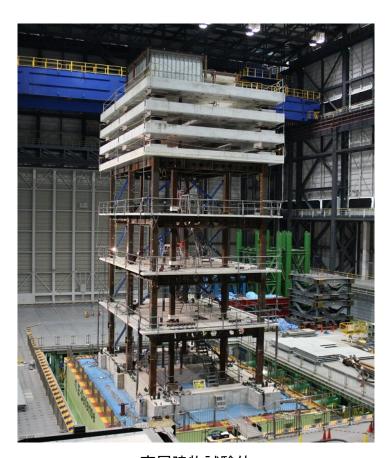
観測点における機器構成(右)と小学 校での設置風景(左)



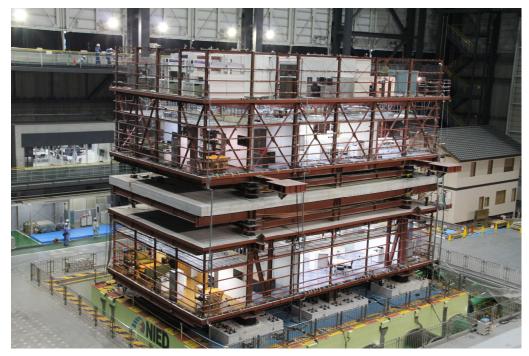
東京湾を北北東から南南西へと横切る深さ断面図

右は、その断面の Vp/Vs 分布、左は反射法地震探査断面図。丸印は 2008 年 4 月から 2011 年 8 月に発生した地震で、この速度構造を求めるときに使用した震源の内この断面図の幅約 10kmに含まれるものだけを示した。実線は、フィリピン海プレート上面、フィリピン海プレートの海洋性地殻下面、太平洋プレート上面を示す。一点鎖線は中央防災会議(2005)で仮定していたフィリピン海プレート上面。中央防災会議(2004)が想定したプレート境界型の地震(東京湾北部の地震)の断層(赤線)は、本プロジェクトで得られた境界面上(青線)であるとすると深さ約 20~30 km に位置する。大正関東地震の断層面は桃破線に位置し、その下限より深い地域に想定東京湾北部の地震が位置し、その付近は標準的な Vp/Vs である。

Ⅱ 都市施設の耐震性評価・機能確保に関する研究

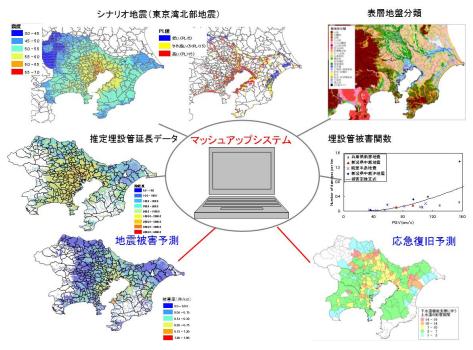


高層建物試験体

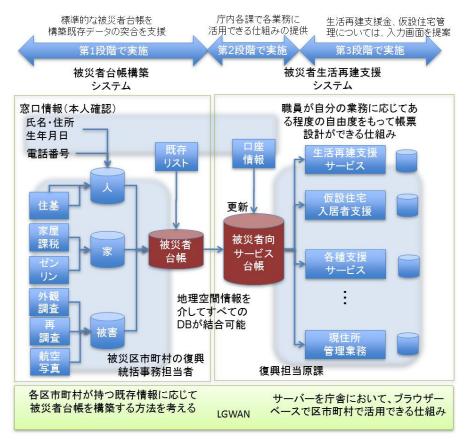


高層建物の上層階(27階)と下層階(6階)をモデル化した試験体

Ⅲ 広域的危機管理・減災体制の構築に関する研究



首都直下地震後のライフライン被害・応急復旧予測結果ダウンロードシステム



被災者生活再建支援システム構成図

中間報告会(2010年4月23日(金)於東京大学安田講堂)





最終報告会(2012年3月8日(木)於 東京大学安田講堂)





目 次

	グラビア	i
	目次	v
	研究実施体制	vi
1.	成果の概要	
	I 首都圏周辺でのプレート構造調査、震源断層モデル等の構築等に関する 研究成果の概要	1
	■ 都市施設の耐震性評価・機能確保に関する研究成果の概要	3
	Ⅲ 首都直下地震による社会の影響と復旧・復興の成果の概要	5
2.	総括研究報告	
	I-1 地震計を用いた自然地震観測によるプレート構造調査	7
	I-2 制御震源を用いた地殻構造調査	15
	I-3 歴史地震等の記録の収集、整理及び再評価	25
	I-4 震源断層モデル等の構築	36
	Ⅱ-1 震災時における建物の機能保持に関する研究開発	46
	Ⅱ-2 長周期地震動による被害軽減対策の研究開発	60
	Ⅲ-1-1 一元的危機管理対応体制の確立	80
	Ⅲ-1-2 地域・生活再建過程の最適化に関する研究	90
	Ⅲ-1-3 効果的な研修・訓練システムの確立	101
	Ⅲ-2 広域的情報共有と応援体制の確立	114
	Ⅲ-3 相互に連関したライフラインの復旧最適化に関する研究	127
3.	アウトカム	
	アウトカムについて	135

研究実施体制

研究代表者:

平田直 (東京大学地震研究所)

- 1. 地震計を用いた自然地震観測によるプレート構造調査
 - 研究テーマ責任者:平田直(東京大学地震研究所)
 - 東京大学地震研究所:五十嵐俊博、岩崎貴哉、卜部卓、大木聖子、小原一成、笠原敬司、加藤愛太郎、川北優子、蔵下英司、酒井慎一、坂上実、佐々木俊二、芹沢正人、鷹野澄、鶴岡弘、中川茂樹、楠城一嘉、西田究、パナヨトプロス・ヤニス、宮川幸治、森田裕一
 - 防災科学技術研究所: 浅野陽一、小原一成、 木村尚紀、斉藤竜彦、汐見勝彦、関口渉 次、関根秀太郎、武田哲也、野口伸一、 堀貞喜、松澤孝紀、松原誠
 - 神奈川県温泉地学研究所:明田川保(平成 22 年度から)、伊東博、岩国真紀子、杉 原英和、棚田俊收、永井悟、原田昌武、 本多亮、行竹洋平、吉田明夫

宇都宮大学教育学部:伊東明彦 桜美林大学:根本泰雄

- 2. 制御震源を用いた地殻構造調査
 - 研究テーマ責任者:佐藤比呂志(東京大学 地震研究所)
 - 東京大学地震研究所:新井隆太、岩崎貴哉、加藤直子、蔵下英司、中山俊雄

南カリフォルニア大学:David Okaya テキサス工科大学:Luc Lavier

- 3. 歴史地震等の記録の収集,整理及び再評 価
 - 研究テーマ責任者:島崎邦彦(東京大学地 震研究所、平成20年度まで)
 - 佐竹健治(東京大学地震研究所、平成 21 年度から)
 - 東京大学地震研究所:石辺岳男、石山達也、 金幸隆、佐藤比呂志、都司嘉宣、室谷智 子
 - 東北大学大学院理学研究科:內田直希、海 野徳仁、岡田知己、中島淳一、中山貴史、 平原聡
 - 名古屋大学大学院環境学研究科:伊藤武男、 鷺谷威、中道治久、林能成、山中佳子 東京大学大学院新領域創成科学研究科:須 貝俊彦

広島大学:中田高

高知大学理学部: 岡村眞、松岡裕美 大阪市立大学理学系研究科: 原口強 国立天文台水沢 VERA 観測所: 田村良明

- 4. 震源断層モデル等の構築
 - 研究テーマ責任者: 纐纈一起(東京大学地 震研究所)
 - 東京大学地震研究所:田中康久、引間和人、 古村孝志、増田徹、三宅弘恵
 - 京都大学防災研究所: 浅野公之、岩田知孝、 関口春子
 - 防災科学技術研究所:青井真、新井洋、河 合伸一、工藤暢章、功刀卓、先名重樹、 内藤昌平、中村洋光、ハオ憲生、長谷川 信介、藤原広行、森川信之
 - 東京工業大学:津野靖志、三浦弘之、翠川 三郎、ヤダブ・ダカール、山中浩明 東京大学大学院理学系研究科:井出哲
 - 北海道大学大学院工学研究科: 笹谷努、高 井伸雄

九州大学大学院理学研究院:竹中博士

鹿児島大学大学院理工学研究科:小林励司 鳥取大学大学院工学研究科:香川敬生 芝浦工業大学工学部:紺野克明 海洋研究開発機構:大堀道広

○首都圏周辺でのプレート構造調査, 震源断 層モデル等の構築等運営委員会

委員長 末廣潔 IODP (国際統合深海掘削計画)

委員:平田直(東京大学地震研究所)、佐 竹健治 (東京大学地震研究所)、纐纈一 起 (東京大学地震研究所)、佐藤比呂志 (東京大学地震研究所)、笠原敬司(東 京大学地震研究所)、小原一成(東京大 学地震研究所)、酒井慎一(東京大学地 震研究所)、都司嘉宣(東京大学地震研 究所)、木村尚紀(防災科学技術研究所)、 藤原広行(防災科学技術研究所)、明田 川保(神奈川県温泉地学研究所)、佐藤 利典(千葉大学大学院理学研究科)、翠 川三郎(東京工業大学総合理工学研究 科) 松浦律子(財団法人 地震予知総合 研究振興会)、岩田知孝(京都大学防災 研究所)、杉山雄一(産業技術総合研究 所)、海野徳仁(東北大学大学院理学研 究科)、山中佳子(名古屋大学大学院環 境学研究科) 箕輪泰夫(東京都総務局) 阿部隆 (横浜市消防局、長谷川昭 (東北 大学大学院理学研究科)、阿部勝征(財 団法人 地震予知総合研究振興会)、土井 恵治(気象庁地震火山部地震予知情報 課)、村上亮(北海道大学大学院理学研 究院)

○首都直下地震動研究成果の利用促進に関する作業部会

主查:和田章(日本建築学会)

委員:平田直(東京大学地震研究所)、纐 纈一起(東京大学地震研究所)、翠川三 郎(東京工業大学)、三宅弘恵(東京大 学地震研究所)、增田徹 (東京大学地震研究所)、飯場正紀 (建築研究所)、北村春幸 (東京理科大学)、久保哲夫 (東京大学)、伊藤優 (日本建築構造技術者協会)、北村佳久 (日本免震構造協会)常木康弘 (日建設計)、人見泰義 (日本設計)、山中昌之 (大林組)、小鹿紀英 (小堀鐸二研究所)、中島秀雄 (清水建設)、篠崎洋三 (大成建設)、中井政義 (竹中工務店)

研究実施体制

研究代表者:

中島正愛(防災科学技術研究所、平成 19 年 4 月 1 日~平成 23 年 3 月 31 日)

佐藤栄児(防災科学技術研究所、平成23年4月1日~平成24年3月31日)

1. 震災時における建物の機能保持に関する研究開発

研究テーマ責任者:佐藤栄児(防災科学技術研究所)

防災科学技術研究所: 井上貴仁、福山國夫、 酒井久伸

東京農工大学:鎌田崇義

国立保健医療科学院:小林健一、小菅瑠香 工学院大学: 筧淳夫(平成23年3月31日 まで国立保健医療科学院)

ガイドライン評価 WG

主查:長澤泰(工学院大学)

委員: 筧淳夫(工学院大学)、佐藤栄児、

井上貴仁(防災科研)、小林健一(国 立保健医療科学院)石原哲(白鬚橋病 院)、佐藤和美(前小千谷総合病院)、 加納隆(埼玉医科大学)、中山茂樹(千 葉大学)、鈴村明文(株式会社伊藤喜 三郎建築研究所)、井上政昭(株式会 社スカイネット)

オブザーバー:岩城昌也(厚生労働省医 政局指導課)、守谷謙一(総務省消防 庁予防課設備係)、望月武(東京都総 務局総合防災部)、小菅瑠香(国立保 健医療科学院)

ガイドライン作成 WG

主查: 筧淳夫(工学院大学)

委員:佐藤栄児、井上貴仁、福山國夫、 酒井久伸(防災科研)、小林健一、小 菅瑠香(国立保健医療科学院)、鎌田 崇義(東京農工大学)、吉村修(日本 消防設備安全センター) 2. 長周期地震動による被害軽減対策の研究開発

研究テーマ責任者:長江拓也(防災科学技術研究所)

防災科学技術研究所: 井上貴仁、福山國夫、 吉澤睦博、梶原浩一

東京理科大学:北村春幸、金澤健司、佐藤 大樹

名古屋大学:福和伸夫、飛田潤、護雅史

建築研究所:斉藤大樹

京都大学:日高桃子

WGグループ研究協力者:佐野剛志(大林 組)、山本雅史(竹中工務店)、寺田岳 彦(清水建設)、木村雄一(大成建設)、 田上淳(鹿島建設)

○都市施設の耐震性評価・機能確保研究運営 委員会

委員長:和田章(東京工業大学)

委員:飯場正紀(建築研究所)、壁谷澤寿 海(東京大学)、寺本隆幸(東京理科大 学)、長澤泰(工学院大学)、濱田政則(早 稲田大学)、藤田聡(東京電機大学)、堀 宗朗(東京大学)

研究実施体制

研究代表者:

林 春男(京都大学防災研究所)

1. 効果的な行政対応態勢の確立: 一元的危 機管理対応体制の確立

研究テーマ責任者: 重川希志依(富士常葉

富士常葉大学:田中聡、木村周平、高島正

イー・アール・エス:中嶋洋介、水越 熏

鱒沢工学研究所:鱒沢曜

インターリスク総研:堀江啓

奈良女子大学:野田隆 東京大学:小玉乃理子

2. 効果的な行政対応態勢の確立:地域・生 活再建過程の最適化に関する研究

研究テーマ責任者:中林一樹 (明治大学/ 首都大学東京)

首都大学東京:饗庭伸、市古太郎、小田切 利栄、村上大和

防災アンド都市づくり計画室:吉川仁

防災科学技術研究所: 佐藤隆雄

富士常葉大学:池田浩敬 長岡造形大学:澤田雅浩

新潟大学:福留邦洋

防災科学技術研究所: 永松伸吾

慶應義塾大学産業研究所:河上牧子

東京大学:小出治、加藤孝明、田中淳、中 村仁、佐藤慶一、廣井悠

東洋大学: 関谷直也

人と防災未来センター:河田惠昭、大野淳、 山本健一、橋本拓哉、大木健一、紅谷昇 平、石川永子、近藤民代、近藤伸也

関西大学:越山健治

和歌山大学:照本清峰

明治大学:市川宏雄、中邨章、佐々木一如、 西村弥、飯塚智規、久保善慎、小森雄太、

竹内桂、松岡信之、三浦正士、若尾侑加、 小野寺理香、鈴木文代、高梨洋平、仲村 愛、福本博之

常磐大学:砂金祐年

北九州市立大学:南博

京都大学:牧紀男、陳海立

NTT サービスインテグレーション基盤研究

所:東田光裕

3. 効果的な行政対応態勢の確立:効果的な 研修・訓練システムの確立

研究テーマ責任者: 林春男 (京都大学) 京都大学:牧紀男、鈴木進吾、小松瑠実、 周 瑜

NTT サービスインテグレーション基盤研究

所:東田光裕

富士常葉大学:田中聡

関西大学:林能成、永松伸吾

大分大学:山崎栄一

新潟大学:田村圭子、井ノ口宗成

兵庫県立大学:木村玲欧 横浜国立大学: 古屋貴司 同志社大学:立木茂雄 第一生命保険:武田文男

インターリスク総研:堀江啓

日本法制学会: 沢野次郎

防災科学技術研究所:長坂俊成

慶應義塾大学:吉川肇子

4. 広域的情報共有と応援体制の確立

研究テーマ責任者:目黒公郎 (東京大学) 東京大学:大原美保、沼田宗純、近藤伸也、 竹内郁雄、小玉乃理子

山梨大学:鈴木猛康、秦康範

宇宙航空研究開発機構:小林啓二

東京経済大学: 吉井博明

産業技術総合研究所:野田五十樹、下羅弘

樹

5. 相互に連関したライフラインの復旧最適 化に関する研究

研究テーマ責任者:山崎文雄(千葉大学)

千葉大学: 丸山喜久

岐阜大学:能島暢呂、久世益充

筑波大学:庄司学

横浜国立大学: 佐土原聡、吉田聡、稲垣景

子、古屋貴司、岡西靖

鹿島建設㈱技術研究所:永田茂

富士常葉大学:高島正典

6. 東京都における「被災者台帳を用いた生 活再建システム」の実証実験に関する研究

研究テーマ責任者:田村圭子(新潟大学)

新潟大学:井ノ口宗成

京都大学: 林春男

- 7. 9都県市首都直下地震対策研究協議会
 - 9都県市の担当職員

「内閣府防災担当」担当者

サブプロ③の研究担当者

文部科学省担当者

その他

8. 全体ワークショップ 上記メンバー全員

<所属は本研究プロジェクト実施時>



Ⅰ 首都圏周辺でのプレート構造調査、震源断層モデル等の構築等に関する研究成果の概要

1. はじめに

首都圏とその周辺で発生する地震の姿を明らかにして、地上や建物内でどのような揺れに見舞われるかを明らかにする研究を進めました。その目標達成のために、首都圏に中感度の地震観測網を構築して、自然地震の観測を行い、さらにこのデータと人工的な揺れを発生させる制御震源による探査結果を用いて首都圏下のプレートの構造を調べました。この調査観測から得た知見から導かれるフィリピン海プレートの形状による(想定)東京湾北部地震の震源モデルを作成して、地表の揺れを算定しました。その結果、従来の想定よりも大きな揺れが発生することが推定されます。

2. 自然地震観測と制御震源を用いたプレート構造調査

首都圏周辺でのプレート構造を明らかにするために、約 300 観測点からなる首都圏中感度地震観測網(Metropolitan Seismic Observation network: MeSO-net、図 1)を構築して、自然地震の観測を行いました。さらに、制御震源を用いて地下 <math>20km までの地殻構造調査を行いました。その結果、フィリピン海プレートの上部境界は、東京湾北部付近の下で中央防災会議のモデルより約 10km 浅いことが分かりました(図 2)。

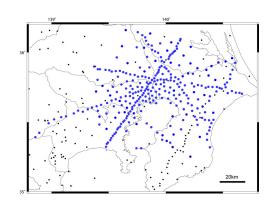


図 1 首都圏中感度地震観測網(MeSO-net)の 観測点配置。青丸が MeSO-net 観測点 296 箇 所。黒丸は、大学、気象庁、防災科学技術研 究所、温泉地学研究所の既存の観測点を示し ます。

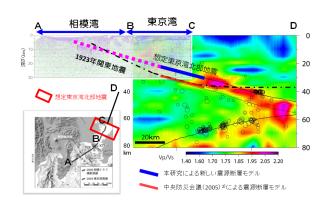


図2 中央防災会議の想定地震震源断層と、本研究による新しい震源断層モデル。本研究の結果は、中央防災会議で使用した Ishida(1992)のモデル(一点鎖線)より約10km 浅くなります。

3. 東京湾北部地震の震源断層モデルと揺れの予測

新しいプレート構造による(想定)東京湾北部地震の震源断層モデルを作り、工学的基盤における揺れを計算しました(図 3a)。推定されたプレート上面が浅くなったため想定される震源断層も浅くなり、地表との距離が近くなって、計算される揺れも全体的に大きくなりました。ただし、こうした揺れの試算には大きな誤差やばらつきを伴うのが通例です。

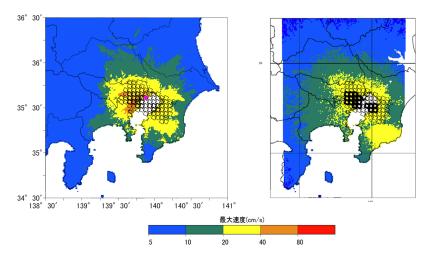


図 3(a) 本研究により計算された工 学的基盤における最大速度分布

図 3(b) 中央防災会議により計算された 工学的基盤における最大速度分布 (2004)。

4. 歴史地震等の記録の収集, 整理及び再評価

地震調査研究推進本部によると、今後30年以内にマグニチュード(M)7程度の地震が、南関東で発生する確率は約70%であると評価されています。これは、1894年の明治東京地震以後5つのM7級の地震(1894年明治東京地震、1895年および1921年茨城県南部の地震、1922年浦賀水道付近の地震、1987年千葉県東方沖の地震)が南関東で発生した事象に基づいています。しかし、この5つの地震がどこで発生したかはよく分かっていませんでした。本プロジェクトで収集された記録と新たなプレート構造を用いて、その震源域の位置と発震機構を推定したところ、1894年明治東京地震は、フィリピン海プレート内部または、太平洋プレート上面で発生した地震、1895年茨城県南部地震は太平洋プレート内部で発生した地震、1921年茨城県南部の地震、1922年浦賀水道付近の地震は沈み込むフィリピン海プレート内部で発生した地震であったことが分かりました。1987年千葉県東方沖の地震は、従来の研究から沈む込むフィリピン海プレート内部で発生したと考えられています。

5. おわりに

本プロジェクトにより、フィリピン海プレートが従来の推定に比べて浅い位置にあることがわかりました。これは、中央防災会議が想定した東京湾北部地震よりも、大きなゆれが生じることを示しています。また、明治以降に南関東で発生した M7級の5つの地震は、沈み込むプレート内部で発生した可能性が高いことが分かりましたが、一方で、2011年東北地方太平洋沖地震の発生後、南関東のプレート境界の地震活動が活発化していて、プレート運動が進行していることも分かってきました。これらの成果は、首都圏の地震がプレート内およびプレート間のどちらでも発生しうることを示していて、地震への備えをいっそう強める必要があります。

II 都市施設の耐震性評価・機能確保に関する研究成果の概要

1. はじめに

本研究では、首都を襲う大地震に対する都市施設の被害を軽減し、建物が持つ包括的な機能を維持するための防災・減災対策を提案する事を目標として、平成 17 年度から本格稼働している実大三次元震動破壊実験施設(Eーディフェンス、防災科学技術研究所所有(15m×20m、最大搭載質量1,200ton))を効果的に活用し、都市施設の耐震性評価・機能確保に関する以下の研究課題を実施しました。

- (1) 震災時における建物の機能保持に関する研究開発
- (2) 長周期地震動による被害軽減対策の研究開発

2. 震災時における建物の機能保持に関する研究開発

大地震時における救急救命、被災後の生命維持の拠点となる医療施設を対象に、医療施 設の構造躯体及び非構造部材とそこに設置されている重要な機器・設備とを一体的にとら え、それらの機能保持及び耐震性向上を目的として、以下の研究項目に取り組みました。

研究項目(i): 医療機器の地震災害に対する脆弱性の定量的評価

研究項目(ii): 既存の耐震構造及び免震構造の医療施設の機能保持性能に関する実証検討 と限界性能の確認

研究項目(iii): 既往の機能保持技術の医療施設への適用及び新たな機能保持技術の検討評価研究においては、様々な医療機器の複合システムおよび医療施設全体としての機能保持性や耐震性を評価するため、医療施設を模擬した4階建ての実規模試験体を構築し、Eーディフェンスによる振動実験を実施しました(図1)。



図1 医療施設を模擬した試験体外観及び実験時の室内状況

振動実験では、試験体を耐震構造または免震構造として、それぞれの構造に直下地震による短周期地震動および海溝型地震による長周期地震動を入力し、医療施設の機能障害・

被害を明らかにするとともに、機能保持向上技術の効果を検証しました。実験の結果、免 震構造であっても過信せず、機器・什器・設備などを固定する事の重要性が明らかになりました。実験で取得したデータおよびその評価検討結果は、地震対策のハンドブック(「病 院スタッフのための地震対策ハンドブック あなたの病院機能を守るための身近な対策」)として取りまとめ、既存および新規の医療施設の地震対策の普及を促すため、医療・建築 等に関わる学協会等と連携して広く公開していきます。

3. 長周期地震動による被害軽減対策の研究開発

首都圏で長周期地震動が発生した場合、多大な被害発生が想定される高層建物を対象に し、その耐震性能評価および被害軽減を目的として、以下の研究項目に取り組みました。

研究項目(i):長周期地震動を受ける高層建物の損傷過程、安全余裕度把握

研究項目(ii):長周期地震動を受ける高層建物の応答低減手法の開発

研究項目(iii):高層建物における非構造部材の損傷・機能損失・修復性評価

Eーディフェンス実験では、高さ80m、地上21階の高層建物を想定し、1階から4階までを実規模の鉄骨造架構で製作、5階以上は想定建物と同等の振動特性をコンクリート錘と積層ゴム、ダンパーを組み込むことで実現する実験システム、および高さ120mの30階建て相当の超高層建物の地震時における上層階と下層階で体感される揺れの性質と建物内の家具・仕器や設備等の被害の様相の違いを明らかにする実験システムを構築しました(図2)。

実験の結果、鉄骨造架構の梁端部に多数回の繰り返し変形が集中し、溶接部において破断が生じる結果が得られ、長周期地震動を受ける既存高層建物の損傷過程と安全余裕度の評価ができました。また、ダンパーや接合部補強などの応答低減対策技術の効果を検証しました。さらに、上層階と下層階の揺れの違いを再現した実験では、家具・什器などの固定対策等による室内空間の安全性向上に資するデータを取得しました。実験で取得したデータおよびその評価検討結果は、安心・安全な高層建物の実現及び地震防災活動に寄与する資料として取り纏め、関連学協会と連携し広く公開していきます。





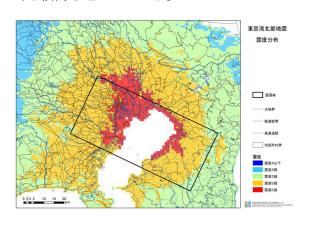
図2 高層建物骨組み・室内を模擬した試験体

III 首都直下地震による社会の影響と復旧・復興の成果の概要

1. はじめに

本研究は、首都直下地震を、首都圏を現場とする全国的な危機として捉え、日本全国の防災研究者の英知を集め、災害発生後に行われる応急対策から復旧・復興対策までを包括的にとらえて、被害の「軽減化」方策を検討しています。本研究では、中央防災会議が想定する M7.3 の東京湾北部地震を首都直下地震の共通シナリオとして研究を進めています。この地震が発生した場合、1.1 万人が死亡し、112 兆円に及ぶ被害が発生すると推定されています。震度 6 弱以上の地域は東京都、千葉県、埼玉県、神奈川県の 1 都 3 県にも広がり(図1)、我が国の人口の 20%にあたる 2.500 万人という膨大な被災者が発生します。

我が国が体験したことがない未曽有な規模のこの震災に対して、地震発生直後の応急対応から、長期的な視野で行われる復旧・復興までにわたる包括的な災害対応を効果的に実施する必要があります。しかし、現在の災害対応は発災直後の数日間の応急対応に関心が集中しており、その後に必要となる災害対応業務の全体像が見えていない状況にあります(図 2)。本研究では残された「未知の領域」についての以下の 3 つのテーマを掲げて総合的な検討を進めています。



世会のストックの 再建活動 Recovery 情報と資源の管理 Logistics/Planning

図 1 首都直下地震による 4 都県の同時被災 (M7.3 東京湾北部地震シナリオ)

図2 本研究の対象範囲

2. 効果的な行政対応態勢の確立(京都大学防災研究所・富士常葉大学・首都大学東京)

地震発生直後の応急対応から、長期的な視野で行われる復旧・復興までにわたる包括的な災害対応を関連する地方自治体が連携して実施する必要があります。そのときに不可欠となる「効果的な行政対応態勢の確立」について、a) 一元的な危機管理対応体制の確立、

b) 地域・生活再建過程の最適化に関する研究、c) 効果的な研修・訓練システムの確立の3つの側面から研究しています。一元的な危機管理対応体制の確立では、生活再建の基本となる建物被害認定調査の標準化ならびに、被災者台帳にもとづく生活再建支援シス

テムを構築し、その成果として実 証実験を東京都で実施しました。 地域・生活再建過程の最適化に関 する研究では事前復興をテーマに 「被害想定にもとづく復興訓練」 の手引きを作成しました。効果的 な研修・訓練システムの確立では、 インストラクショナル・デザイン の考え方に基づいて、上記の能力を

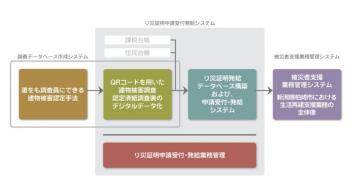


図3 生活再建支援システム

担当者が身に付ける研修・訓練システムとして開発しました。

3. 広域的情報共有と応援体制の確立 (東京大学生産技術研究所)

効果的な災害対応を実現するためには、首都圏内外の防災関係機関や報道機関、企業など、数多くの機関による広域連携が不可欠であり、その前提として情報の共有化が必須条件です。しかし、災害情報や情報システムの標準化が行われていないため、現状では情報の共有化は容易ではなく、これが広域連携にとって大きな障害となっています。本研究では、広域連携のために必要不可欠な情報共有の基盤として、事前、準備、対応、復旧・復興過程に対応できる情報共有プラットフォームを構築した上で、

ID	情報カテゴリ	共有情報細目	現状の情報の流れ	新たな情報共有先	現状の課題	実現する内容
1	避難者情報	遊赃者效	避難所→区→市→ 県	他避難所	避難者数を迅速に集計、共有する方法 がない。	避難所同士の避難者の移動・融通
2		避難所による物質要 誘	避難所一区一市	**	発災直後は市町村が避難所のニーズ を吸い取るという機能が働いていな かったので、情報のしわ寄せが果に。	市災対本部が機能を失っているとき に集が対応可能になる。また、避難 所レベルで物資が定足されているか 業が把握できる。
3				物資提供者	 各避難所に、誰が何を提供しているかがリアルライムで把握できない。 「他自治体からの支援の手を誰がコントロールするのかが定まっていない」 	きまとめ、提供する物質・場所を超
4				物資輸送者	通信が途絶した場合、市が避難所の ニーズを集めるのが困難	通信途絶時、避難所と区(市)の連続 媒体に。
5		体による物質要請	区一市	他区	区と物資要請情報を共有できないの で、区間士での物資の共有ができな	区同士の物資の融通
6	物資要請情報 (物資の種類・量)			**	市本部が被災又は壊滅した地域では、 単に要請が殺到。	市災対本部が被災した場合に県が 対応可能
7				物資提供者	市本部が被災又は壊滅した地域では、 根に要請が殺到。	市災対本部や県災対本部と連絡が つかないときに、直接物資提供者と 連絡を取り、物資を提供してもらう。 その上で、各区へダイレクトに物資 配送。
8				物資輸送者	通信が途絶した場合、市が区のニーズ を集めるのが困難	通信途絶時、区と市の連絡媒体に、
9		市による物資要請	市一県、物資提供者	物資輸送者	・需要とのミスマッチ ・要請と物資到着のタイムラグにより、 到着時には物質が不要になるケース。	避難者数から必要物資の推計によ り要請を持つことなく必要な物資を 提供できるようにする。
10				*	ネームパリューの高い都市(例えば仙 台)においてはむしろ物資が溢れる状況 発生。物資の再配分機能(物資が余っ ているところとなりないところの地に)	市間の物資の融通、再配分が可能に

図 4 情報共有ガイドラインの例

広域連携による応援体制を構築し、広域的危機管理・減災対策の検証を行い、広域連携の ための情報共有に関するガイドラインにまとめました。

4. 相互に連関したライフラインの復旧最適化に関する研究(千葉大学)

複数の管理者が存在する上水道と道路に着目し、地震によるライフラインの被害波及と復旧過程を記述・解析するモデルを構築することによって、「広域連携」、「復旧調整」、「自律分散」という相互補完的な対策をベストミックスし、社会的インパクトを最小化するための復旧戦略を検討し、首都直下地震後のライフライン被害・応急復旧予測結果ダウンロードシステムを開発しました。その成果は、京都大学防災研究所が運営する首都直下地震ジオポータルを通して公開されています(http://www.drs.dpri.kyoto-u.ac.jp/medr/)。

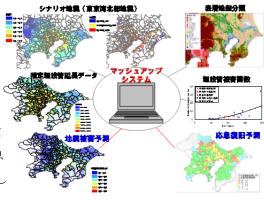


図5 首都直下地震ジオポータル

総括研究報告

I-1 地震計を用いた自然地震観測によるプレート構造調査

平田直 (東京大学地震研究所)

1. 研究の目的

首都圏では大地震の発生の可能性が高く¹⁾、人口密度や資本の集積度が高いため、大地震が起きると大きな被害が発生することが予想されています²⁾。しかし、実際にどこでどのような地震が起きるか、その地震によってどのような揺れが発生するのかについては、よく分かっていません。そこで、高精度の地震計を使って観測し、どこで、どのような地震が発生するかを明らかにすることが、この調査研究の目的です。その地下構造や震源分布によって、首都圏に大きな被害を及ぼす地震を理解し、その発生による被害の程度を知り、被害を軽減することがこのプロジェクト全体の大きな目標です。

そのために、まず新たに稠密な地震観測網を構築し、これまでに例のない都市部での定常的な連続観測を行いました。そのデータを解析し、震源分布や地下構造を明らかにし、プレート境界面の形状やプレート内における弱面の存在等をこれまで以上の精度で把握しました。その結果、PHS プレートの上面は、これまで知られているものより浅いことがわかり、そこで発生すると想定された地震の震源断層も浅くなりました。この情報は、今後、関東地方で発生するM7程度の地震をはじめとする首都直下地震の詳細を明らかにするための基礎的な情報になり、首都直下地震の長期予測の精度向上や、高精度な強震動予測につながります 3 。

2. 研究の実施内容

2.1 中感度地震観測の整備

都市部は、人間活動による人工的な振動(ノイズ)が多く、地震観測には適していない地域ですから、少しでもノイズの少ない観測地点を選定することが、観測網構築には大切です。一般に人工ノイズ源は地表付近に存在するため、これまでは、そこから離れた深い(2,000m~3,000m)縦孔の底で観測されていました。しかし、このような深い孔は、建設費用、工事期間、用地確保交渉等の大きなコストを伴います。そこで、本プロジェクトでは、多数の観測点を集中配置することで、シグナルを際立たせ、地下の様子を探ることにしました。

一方、都市部においても様々な事故や落雷などによる停電や回線の断絶が頻繁に発生します。そのため、記録の伝送が途切れたときでも連続的に確実にデータを収集する仕組みが必要です。そこで、障害が発生してもデータを取得できる伝送方式を新た

に開発しました⁴⁾。この仕組みは、首都圏に大地震が発生した時や通信回線の故障時においてもデータが途絶しない重要なものです。このような地震観測網として、首都圏地震観測網(Metropolitan Seismic Observation network: MeSO-net)を東京大学地震研究所、神奈川県温泉地学研究所、防災科学技術研究所が協力して構築しました(図 1)。

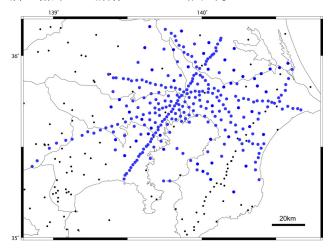


図 1 首都圏中感度地震観測網(MeSO-net)の観測点配置。 青丸が MeSO-net 観測点 296 箇所。小さい黒丸は、大学、 気象庁、防災科学技術研究所、温泉地学研究所の既存の 観測点を示します。

首都圏下には、南方からフィリピン海(PHS)プレートが沈み込み、その下へ東方から太平洋(PAC)プレートが沈み込んでいます。この PHS プレートの沈み込む範囲を覆うような観測網を検討しました。一方で、PHS プレートが沈み込む前後での地下構造や地震活動の対比を行うために、PHS プレートが沈み込む直前の関東山地周辺も観測範囲に加えました。全体として、東京都東部を中心とした半径約80km の範囲が研究対象領域です。

本プロジェクトでは、M7級地震(断層サイズ約20km)の解明を目的の一つとしているため、このサイズの地震断層より細かな分解能での観測が不可欠です。平均間隔を5km 程度として、単純に首都圏(半径約80kmの円内)をその間隔で均一に覆うと、約850点の観測点が必要になります。しかし観測点を集中させるなどして、少ないながらも適切な配置を考えました $^{5)}$ 。その結果、5本の直線状の観測点分布($2\sim3$ km 間隔)と半径約80km の面状分布($4\sim10$ km 間隔、中心で密)で、最終的に296ヶ所の観測点を選定しました。

この5本の直線状観測点は、過去に発生した大地 震の直上や現在発生している地震活動域の直上を 通るように選んでいます。さらに、これまでの研究 成果で指摘されていた不均質な構造が存在する地 域、繰り返し小地震およびゆっくりすべりが発生す る領域などの注目すべき地域の直上を通ることも 考慮に入れています。

さらに、様々な機関(地震研究所、気象庁、防災科学技術研究所)が、設置している地震観測網も取り込み、統合処理しています。その結果、東京駅を中心とした半径 40km の範囲では、これまでの約 20 倍の観測点密度になりました。



図 2 MeSO-net 観測点の構成。主に小中学校の校庭に 20mの観測井を掘って設置しました。

都市部では、人工ノイズが少ない静かな環境を選 定することは困難です。そこで、地震計を縦孔の底 に設置し、孔底でデジタル化して伝送することによ ってノイズの軽減を図りました。掘削深度は、設置 に掛かる経費・日数とデータ品質の兼ね合いで決ま りますが、本プロジェクトの科学的な目的に必要な データが得られる深さとして、すべての観測点で20 mとしました。具体的な観測点候補地としては、道 路や鉄道路線から比較的離れることが可能で、地震 計を設置する縦孔を掘削することが可能な広いグ ランドを持つ学校や公園を選びました。幸い学校は、 地域の防災拠点になっていることや、地震に興味を もった先生や児童・生徒が多いため、本プロジェク トを進めるにあたって多くの協力を得ることがで きました。そのような方々に対しては、専用のウェ ブサイトで各地点での地震波形や環境測定データ (気温・気圧)を閲覧できるようにし、理科教育や 防災教育のための生きた教材として活用さること を望んでいます (図2)。

大地震発生前後の観測記録には、前震、本震、余 震が含まれていて、それらを漏れなく記録すること は、本プロジェクトのように大地震の地震像を解明 する場合、特に重要です。そのため、小地震から大 地震の地震動を飽和せずに記録できる広いダイナ ミック・レンジの観測システムが必要です。小地震 をねらいとした高感度地震計と強い地震動の観測 を目的とした強震観測との中間的な地震観測とい う意味で、中感度地震観測装置と呼んでいます。

地下のセンサ部装置は、負帰還型加速度センサ部と測定部からなり、1つのケースに収められています。センサ部は、鉛直・南北・東西の3成分を測定し、フルスケールは水平成分で $\pm 1,500$ gal、鉛直成分で ± 500 gal です。測定部は、センサ部で得られた信号を変換し、デジタル信号として CAN (Controller Area Network) バスを用いて地上部装置に伝送します。サンプリングは、地上部装置から送信される基準時刻情報に対して $\pm 50\mu s$ 以内で同期し、分散配置された複数の観測点間で同一タイミングでの測定を可能としました。

地上部装置では、センサ部装置からの測定データを WIN フォーマットに変換し、データセンターへ UDP/IP(User Datagram Protocol/Internet Protocol)手順により送信します。そのデータ転送は、自律協調型通信方式によって行われ、回線状態やデータ処理センター側の状況に応じて適切な伝送速度を自ら選択します。データ処理センターから送られるデータ受信通知(ACK 信号)を地上部装置が受け取った時点でデータ伝送が完了することとし、ACK 信号を受信できなかった場合は、測定データが自動的に再送されます。また、回線不通時には測定データを記憶装置上に蓄積し、復旧後に未送信データの送信を自動的に再開します。

時刻は、GPSで常に時刻校正が行われ、CANバスを通じてセンサ部装置に伝達されるため、1ミリ砂以下の精度が確保されています。地上部装置は商用電源により動作し、停電時には自動的に蓄電池に切り替わり、2日間以上(約50時間)にわたって連続測定できます。観測点それぞれにおいて装置の動作監視が自動的に行われ、その情報を自動的かつ確実にセンターに伝えるために、Simple Network Management Protocol(SNMP)を利用した監視システムを導入し、296ヶ所の観測装置を少人数で監視・保守しています。各観測点の回線は常時接続型の形態で、回線切断時の復旧のために観測点のルータリセットが可能なため、保守性能が高いシステムになっています。

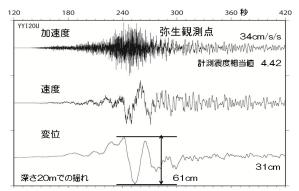


図3 MeSO-net で記録された 2011 年東北地方太平洋 沖地震の波形例 (弥生観測点の上下動)。計測震度相 当値は、深さ 20mでは 4.42 であったが、地表に設置 された地震計では 4.92 と大きい。その一方で、加速 度を 2 回積分して得られる変位は、どちらも約 31cm であった。

2011年3月11日の東北地方 沖地震の発生時には、首都圏でも多くの地点で停電や回線断が発生しましたが、本システムでは、最終的に途切れることなく全地震記録を得ることができましたfl図3)。 震源域から遠く離れた首都圏でも計測震度6 弱相当になる場所があるなど、地域による揺れの違いが明らかになっています(図4)。

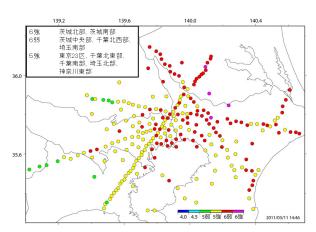


図 4 MeSO-net で記録された 2011 年東北地方太平洋沖 地震の計測震度相当値。都内でも震度 6 弱に相当する 強いゆれがあったことがわかります。

さらに、MeSO-net の地震計は小さなゆれから大きなゆれまで正しく記録することができるので、観測波形を用いることで、この地震がどの地点から地震波を多く放出したか、といった震源過程の研究にも用いられました 6 (図 5)。

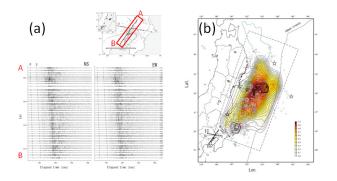


図5 バックプロジェクション法で求めた東北地方太平洋沖のすべり量分布。(a)MeSO-net で記録された本震の波形例。(b)本震で放出されたエネルギーの分布。色の濃いところが放出量の多い所。

2.2 首都圏下のプレート構造

2.2.1 地震波走時トモグラフィによる速度分布

MeSO-net で取得したデータと既存の地震観測網のデータを統合して、二重走時差トモグラフィ法 (Double-difference tomography) 7 による地震波走時トモグラフィ解析を行い、首都圏下の速度構造を求めました。集中配置された観測網にこの手法を適用して速度構造を推定することは、震源の相対走時の精度を向上させ、分解能の向上に寄与することが示されています 7 。 MeSO-net データを用いると得られる速度分布の画像がより鮮明になりました(図 6)。

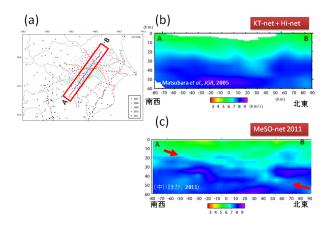


図 6 MeSo-net 観測点のデータを用いたトモグラフィ解析結果と従来の観測点だけの比較。(a)断面の位置。

- (b)MeSo-net 観測の始まる前のデータによる Vp 分布。
- (c) MeSO-net 観測データを加えた Vp 分布。

推定した速度構造の深さ断面図では、沈み込む PHS プレートや PAC プレートの海洋性地殻が、周 辺部分と比較して低速度な領域として見られます (図 8、図 9)。海洋性地殻内やその上面付近で微小 地震が多数発生していることがわかります。

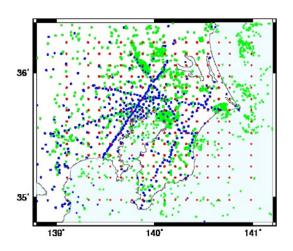


図 7 トモグラフィ解析に用いた地震(緑丸)と格子点配置(赤丸)。グリッド配置は、水平方向に 10km間隔(外周部は一部 20km間隔)。深さ方向は深さ 10km~60kmは 5km間隔、それ以深は 70、80、100、150km。解析に用いた観測点を青の丸で示しました。使用した地震数は計 1.958 個。

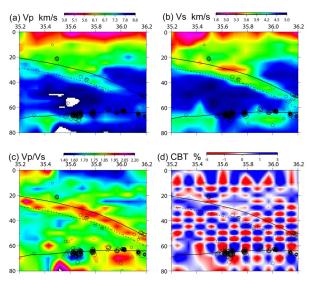


図8 速度構造の深さ南北断面図(東経 140.1°、左が南で右が北)。実線は、PHS プレートの上面と PAC プレートの上面。破線は、PHS プレートのモホ面。(a) P波速度:暖色ほど速度が遅い、(b) S波速度 (c) Vp/Vs (d) チェッカーボードテスト。±5%の速度変化を与えて作った走時データを元にして求めた速度構造。得られた解の確からしさの目安になる。この断面図は、東京湾を南北に横切るもので、Vp/Vsの高い領域が連続して見られる。これは、PHS プレートの海洋性地殻であると考えられる。深さ 70 km付近では、PACプレート上面での地震活動度が高く、これらの地震は逆断層型の地震であった。

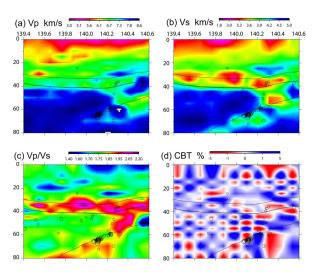


図9 速度構造の深さ東西断面図(北緯 35.8 度、左が南で右が北)。実線は、PHS プレートの上面と PAC プレートの上面。破線は、PHS プレートのモホ。(a) P波速度:暖色ほど速度が遅い、(b) S波速度 (c) Vp/Vs (d) チェッカーボードテスト。この断面図も、東京湾北部を東西に横切るもので、ここでも Vp/Vs の高い領域として PHS プレートの海洋性地殻が見られる。東経 140.2 度から 140.6 度では、PHS プレートと PAC プレートとが接している領域でも Vp/Vs が高い。

2.2.2 首都圏下の減衰(Q)構造

首都圏下に沈み込むプレート内の減衰構造を求めました。まず、2010 年 1 月 1 日から 2011 年 5 月 31 日までに観測された地震のうち、計測震度相当値が 1.0 以上の地震 465 個を選択し、これらの地震に対して、震源から観測点まで地震波が伝播する際に生じる減衰効果を表す指標である t^* を計算しました。観測された加速度波形を 2 回積分して変位波形にしてからスペクトルを計算し、 ω^2 震源モデルによる理論スペクトル曲線を合わせることでコーナー周波数を求め、それを用いて観測点ごとの t^* を得ました。この t^* を使って、 $SIMUL2000^{8}$ を用いた減衰構造トモグラフィ解析を行いました。

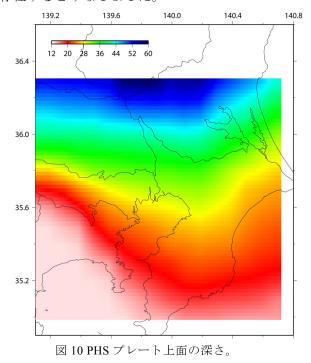
解析の結果、首都圏下に沈み込む PHS プレートに起因すると考えられる減衰領域が見られ、特に千葉県中央部の下では顕著な減衰域(約300)が存在しました。この部分は、地震波トモグラフィによって得られた速度構造における高 Vp/Vs 領域とほぼ一致しています。

2.2.3 PHS プレートの形状

得られた地震波速度構造を基にして、首都圏下のプレート境界面の形状を推定しました。首都圏下には、PHS プレートと PAC プレートが沈み込んでいますが、これまでの研究でも、地震活動や地下構造の不均質等から、これら 2 枚のプレート形状が求め

られています。しかし、今回得られた成果は、過去のどの研究よりも格段に高精度であり、それから得られるプレート形状においても、高精度・高分解能なものになりました。

まず、得られた地震波速度の深さ断面図を作成し、その範囲内で発生している地震の震源分布を重ねました。その断面図に、プレート境界を特徴づける速度の不連続、低角逆断層型地震、くりかえし小地震が共通して存在するところをプレート境界面であるとみなしました。さらに、PHS プレートが海洋性地殻(厚さ約8km)を伴ったまま沈み込んでいると考え、プレート境界面下約8kmの部分の速度不連続面をモホとし、その上8kmにプレート上面が存在するとみなしました。



一方、隣り合う深さ断面図では、地震波速度がなめらかに変化すると考えられるため、これまでに得られた切れ切れの不連続面を基にして、速度不連続が見られないところや地震活動の無いところでも、周辺と連続的につながるような面を考え、プレート境界面の等深線を推定しました(図 10)。この等深線は、東京湾で行われた反射法地震探査の結果、房総半島付近で行われた変換波解析の結果、茨城県南部における繰り返し小地震の分布による結果等の最近の研究とも比較し、大きな矛盾が生じないようなものになっています。従来の研究(例えばIshida,1992)と比較すると、一部で約 10km 浅くなりました。

房総半島東部周辺では沈み込む PHS プレート上面付近で、1923 年関東地震の最大余震(M7.5)、ゆっくり滑り、および小繰り返し地震といった様々なタ

イプの地震が発生しています(図 11)。そこで、MeSO-net のデータと防災科技研のデータを統合処理し、房総半島沖の地震による PHS プレート上面でP波からS波へ変換する波を使って、その変換点の分布を調べました。その結果、北西から西北西方向に傾斜している面状分布と、ほぼ水平からやや北方向に緩やかに傾斜している 2 つの面状分布のある構造が明らかになりました(図 12)。これらの知見は、図 10 の PHS プレートの上面分布を作成する際に活かされています。

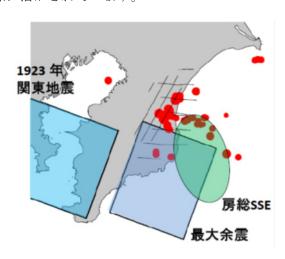


図 11 地震波の変換点(赤丸)と房総半島付近の PHS プレート上面で起きる現象。1923 年関東地震の最大余震の震源域(青の四角)、ゆっくり滑り(SSE:緑の楕円)の発生領域を示しました。

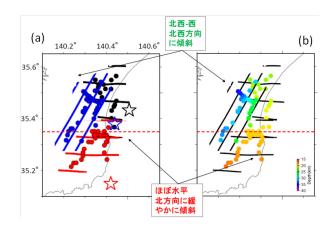


図 12 PHS プレート上面の詳細な形状。(a) P 波変換波より推定された変換面の形状。星印は震央を、コンターは変換面の等深線を、丸印は変換点の位置を示します。等深線は青線 5km 間隔、それ以外は 1km 間隔。(b)変換点の深さを色で表わしました。

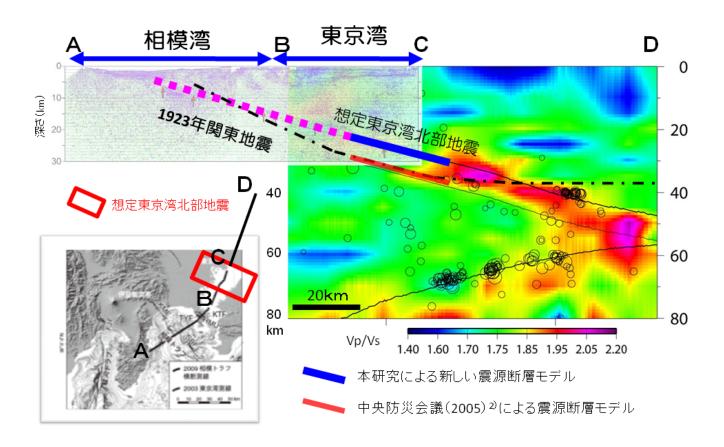


図 13 想定された東京湾北部の地震断層面の深さの比較。中央防災会議が想定した地震断層面(赤)と、本プロジェクトによる震源断層面(青)。反射法地震探査断面図と Vp/Vs の分布をあわせて示し、 $Ishida(1992)^{10}$ による古いプレートモデルを一点鎖線で、1923 年関東地震の震源断層面を破線で示しました。東京湾北部の地震断層面は、これまでの結果より約 10km 浅くなり、その周辺の陸の下部地殻や PHS プレートの海洋性地殻の Vp/Vs が標準的な値を示す領域(緑色)に位置するため、地震を起こさない領域であるとは言えません。

2.3 震源断層モデルの設定

2.3.1 プレート境界の地震

首都圏で発生する地震として、まず PHS プレー トの上部境界で発生するプレート境界型地震を考 えてみます。プレート境界において、プレート同士 が強く固着してひずみを蓄積している部分が地震 を起こす可能性があると考え、プレート境界付近に おける地震波速度の不均質から、そのような場所の 特定を試みました。S波速度が遅く、Vp/Vsが大き な領域では地殼内の流体含有率が高く、流体圧が高 くなり大きな地震が発生しにくい傾向があります ⁹⁾。しかし、あらたなプレート境界モデルを用いて、 そのすぐ上(約3km)の地震波速度の分布に異常が見 られるかどうか調べたところ、特に低速度な領域が 広くあるわけではなく、標準的な速度の分布が見ら れました。したがって、速度構造から地震断層とな りうる可能性のある部分を限ることはできません でした。逆に言えば、プレート境界のどの部分にお いても、地震を起こすことのできる標準的な速度構 造であると言えます。

そこで、2005 年に中央防災会議が被害想定をした 18 種類の地震の中で、最も被害が大きくなると想定された東京湾北部の地震 $^{2)}$ をプレート境界型の地震の一例として、ここでは取り上げることにしました。これは、PHS プレートの上面で発生する地震で、本プロジェクトによる新たな PHS プレートの形状モデルに基づき、断層面の深さを推定すると、従来のモデルより約 $10 \, \mathrm{km}$ 浅い断層面になります(図 13)。この想定東京湾北部の地震の震源断層は、プレート境界上盤側の Vp/Vs が標準的な領域に位置します。この付近では通常の地震活動が存在し、プレート境界における低角逆断層型の地震も観測されていて、大地震を発生させる可能性のある地域と言えます。

震源断層面が中央防災会議の想定より浅くなる ということは、地表での揺れが大きくなる可能性が あることを意味します。

2.3.2 プレート内の地震

首都圏で起きる地震には、沈み込むプレートの内部で起きるものも考えられます。その一つとして、千葉県中部の地下 25km から 65km の深さに震源断層を想定しました(図 14)。この断層面は、PHS プレート内部に分布する Vp/Vs の高い領域の西端に位置し、ほぼ南北の走行を持つ高角の断層です。断層面積から、地震の規模は M6.9 と推定されました。この場所は、普段から横ずれ型の地震の活動度が高い所です。想定千葉県中部の断層を含む断面図を図15に示します。

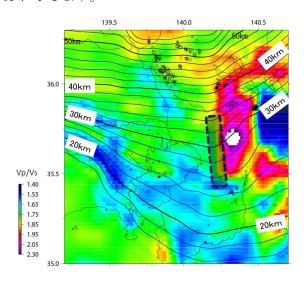


図 14 想定千葉県中央部の地震(M6.9)の断層領域。PHS プレート内の地震。プレート境界上面より 20km 深い部分の Vp/Vs の分布をあわせて示しました。

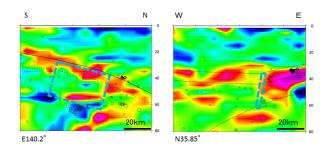


図 15 (想定) 千葉県中央部の地震 (N6.9) の断層領域。 Vp/Vs の分布をあわせて示しました。上端の深さ 25km、下端の深さ 65km、走向 5 度、傾斜 80 度、長さ 40km、幅 25km

2.4 地震活動の時間的変化とプレート運動

首都圏では、被害を及ぼすような M7 級の地震が 明治以降約 120 年間で 5 回発生していて、地震調査 委員会の評価で、30 年間に M7 級の地震の発生が 70%とされています。一方で、南関東の中小地震の 数を調べてみると、ほぼ GR 則に従い、明治以降の

5回の M7級の地震から求めたものと同じ傾向の中に収まります。この 120 年程度、南関東では、M7級の地震とそれ以下のM1程度までの小地震の発生の統計的な性質はよく似ていると言えます。

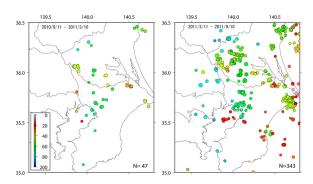


図 16 首都圏の地震活動度の変化。気象庁一元化 震源 (M3 以上) の数を、2011 年 3 月 11 日以前と 以後の 6 ヶ月で比較した。

2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震の発生 以降、首都圏でも地震活動度が高くなりました(図 16)。地震活動が活発化したのは主として、PHS プ レートの上面と PAC プレートの上面で発生するプ レート境界型地震です(図 17)。

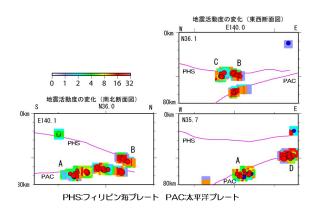


図 17 地域ごとの地震活動の変化。活発化した地震の深さ分布を示す。PHS は PHS プレートの上面、PAC は PAC プレートの上面を示します。

プレート境界では、ほぼ同じ場所が繰り返し破壊されることによって生じる小地震があります。この小地震を解析すると、プレートの相対運動の速さを推定することができます ¹¹⁾。3月11日以前と以後の小繰り返し地震の発生間隔を調べると、PHS プレートと陸側プレートの相対速度も、PAC プレートとその上盤側のプレートとの相対速度も増加していることが分かりました。

PAC プレートが西方へ沈み込む速度が、3 月 11 日の地震前後で大きく変わる可能性は少ないと考えられますので、この相対速度の変化は、プレート境界の上盤側のプレートの動きを反映していると解釈できます。東北地方太平洋沖地震の後に PAC

プレート上面で進行している余効滑りの影響で、東日本は東方へ引き延ばされるように動いています。そのために、沈み込む PAC プレートや PHS プレートとの相対運動が増加したと考えることができます。この考えが正しければ、プレート境界の地震活動が活発化している状態は、余効滑りなどの影響が続く間は継続することが予想されます。1964 年アラスカ地震 (M9.2) の余効変動が数十年間続いたという報告 12)がありますので、日本でも長く続く可能性が高いでしょう。

また、2011 年 10 月下旬に房総半島東部で、ゆっくり滑り現象(SSE: Slow Slip Event)とそれに伴う群発地震活動が観測されました。Hi-net 傾斜計データの解析により、房総半島沖の PHS プレート上面付近に断層モデルが推定されました(防災科研、2011)¹³⁾。これまで房総 SSE は 5~7 年間隔で繰り返してきましたが、今回は、これまでで最も短い 4年2ヶ月の間隔で再来しました。この間に東北地方太平洋沖地震が発生していて、この再来間隔が短いことは、東北地方太平洋沖地震の影響の可能性が考えられます。房総 SSE は巨大地震発生域の深部側に隣接することから、今後の活動状況を注意深く見ていく必要があります。

3. まとめ

首都圏に 296 点の地震計からなる首都圏地震観測網(MeSO-net)を構築し、都市部における連続的な地震観測を続けてきました。2011 年東北地方太平洋沖地震の本震や大きな余震も観測することができました。それらのデータを用いて、地震波走時トモグラフィ法により詳細な地下構造を求めました。その結果、フィリピン海プレートの上面が従来の在定に比べて約10km 浅いことがわかりました。このプレートの構造を用いて、首都圏で起きる可能性のある震源断層モデルを作りました。新しい震源断層モデルは従来のモデルより浅いため、地表での揺れが大きくなる可能性があります。現在、首都圏において、プレート境界での地震活動が活発化していて、プレート間の相対運動が増加したことを示しています。

参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部・地震調査委員会、相模 トラフ沿いの地震活動の長期評価(平成 16 年 8 月 23 日)、2004
 - .http://www.jishin.go.jp/main/chousa/04aug_saga mi/index.htm (参照 2011-12-17)
- 中央防災会議・首都直下地震対策専門調査、首 都直下地震対策専門調査会報告、(平成17年 7月)、2005

http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shutochokka/houkoku.pdf (参照 2011-12-17)

- 3) 平田 直、酒井慎一、佐藤比呂志、佐竹健治、 纐纈一起、首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」サブプロジェクト①「首都圏周辺での プレート構造調査,震源断層モデル等の構築 等」の概要、東京大学地震研彙報、No.84、 pp.41-56、2009
- 4) 森田裕一、酒井慎一、中川茂樹、笠原敬司、平田直、鏡弘道、加藤拓弥、佐藤峰司、首都圏地震観測網 (Meso-net) のデータ伝送方式について一自律協調型データ送信手順 (ACT protocol) の開発 、東京大学地震研究所彙報、No. 84、pp.89-105、2009
- 5) 酒井慎一、平田直、首都圏地震観測網の設置計画、東京大学地震研究所彙報、本特集号、2010
- 6) Honda, R., et al., A complex rupture image of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake revealed by the MeSO-net., Earth Planet. Space, No.63, pp.583-588, 2011
- Kato, A., et al., Variations of fluid pressure within the subducting oceanic crust and slow earthquakes, Geophys. Res. Lett., 37, L14310, doi:10.1029/2010GL043723, 2010
- 8) Zhang, H., and C. H. Thurber, Double-difference tomography: the method and its application to the Hayward fault, California, Bull. Seismol. Soc. Am. 93, pp.1875–1889, 2003
- 9) Thurber, C., and D. Eberhart-Phillips, Local earthquake tomography with flexible gridding, *Comput. Geosci.*, No.25, pp.809-818, 1999
- 10) Ishida, M., Geometry and Relative Motion of the Philippine Sea Plate and Pacific Plate Beneath the Kanto-Tokai District, Japan, J. Geopyhs. Res.97, pp.489-513, 1992
- 11) Kimura, H., Kasahara, K., Igarashi, T., and Hirata, N., Repeating earthquake activities associated with the Philippine Sea plate subduction in the Kanto district, central Japan: a new plate configuration revealed by interplate assismic slips. Tectonophysics, No.417, pp.101–118, 2006
- 12) Suito, H., and J. T. Freymueller, A viscoelastic and afterslip postseismic deformation model for the 1964 Alaska earthquake, J. Geophys. Res., doi:10.1029/2008JB005954, 2009
- 13) 防災科学技術研究所、房総半島沖で「スロー地震」再来"、防災科研高感度地震観測網ホームページ、2011

http://www.bosai.go.jp/press/2011/pdf/20111031_0 1.pdf (参照 2011-12-17)

I-2 制御震源を用いた地殻構造調査

佐藤比呂志(東京大学地震研究所)

1. 研究の目的

首都圏では太平洋プレートの上に、フィリピン海 プレートが沈み込むという複雑なプレート構造を 示しています(図1)。また、こうしたプレートの 形状を明らかにすることは、首都直下で発生する被 害地震の特徴を理解する上で基本的な情報となり ます。こうした背景から制御震源を用いた反射法・ 屈折法地震探査、また自然地震の稠密観測によって、 速度構造や不連続面の形状などの、詳細な地殻・上 部マントル構造断面を明らかにする研究を行いました。 とくに、伊豆-小笠原弧の本州弧への衝突によってフィ リピン海プレートが複雑な形状を示す関東西部、またフ ィリピン海プレートが太平洋プレートと接触する関東平 野東北部の複雑な構造の解明を目的としました。また、 フィリピン海プレートが関東の下で長期間にわたって、 どのような運動をしてきたかという問題もよく理解されて いません。ここでは、関東平野の百万年以降の地殻変 動を、地質情報から読み取り、それらを引き起こしたプ レート運動を理解するための研究を行いました。さらに、 フィリピン海プレートが太平洋プレートに接触すると、ど のような変形や破壊が生じるかを理解するために、プレ ート相互作用についての数値実験を行いました。

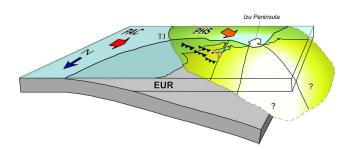


図 1 フィリピン海プレートと太平洋プレートの関係を示す概念図。関東地方の北からの眺め (Wu et al., 2007) 1)

2. 関東平野堆積層の速度構造の統合解析

首都圏のプレート形状を明らかにするためには、自然 地震を用いた精度の高いトモグラフィによる速度構造の 解明が重要な課題となります。首都圏地震観測網の地 震観測点が展開されている関東平野には厚い、弾性 波速度の遅い堆積層が分布し、地震波の到達時刻に 大きな影響を与えています。他方、関東平野の速度構 造については坑井資料や反射法地震探査などのデー タがあり、これらを用いることで自然地震観測点下の堆 積層の効果を補正することができます。ここでは、関東 平野周辺の反射法地震探査データ、地殻活動観測井、および重力値など公開されている各種情報を用いて、三次元速度構造モデルを構築しました(図 2)。この速度構造モデルは、自己組織化マップ(Self-organizing map: SOM)を利用した解析を使用しており、データの増加に伴う更新が可能であるという点で特徴があります。ここで構築した速度構造モデルに基づいて、首都圏地震観測網全観測点の補正値、すなわち地震計-基準面(平均海水面下 2km)間および基準面-基盤上面間それぞれの走時の推定を行いました。得られた補正値は、観測点補正値として地震波形データに基づくトモグラフィ解析の基礎資料として活用されました。

こうして得られた自然地震トモグラフィによる三次元速度構造モデル(I-1 参照)は、これから述べる制御震源による反射法地震探査断面を深度変換する際に使用しました。これによって、トモグラムと反射面の直接的な対比が可能になりました。

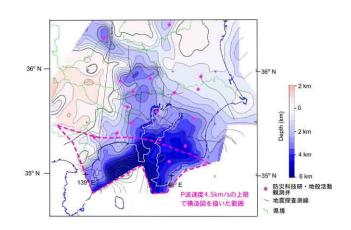


図 2 基盤上面深度図「基盤」は赤破線外の地域では、先 第三系に相当。赤破線内の地域では、P 波速度が 4.5km/s を越える領域を基盤相当層として、その上面をマッピングして いる。

3. 関東西部地域の地殻・プレート構造

関東地方西部では、伊豆-小笠原弧と本州弧が衝突し、複雑な地殻・プレート構造を呈しています。その実態を明らかにするため、3 測線で制御震源を用いた反射法地震探査、稠密自然地震観測を行いました(図 3)。これらの測線のうち二つは、本プロジェクトの前に実施された大都市大震災軽減化特別プロジェクトの中で構

造探査が実施されました。関東山地東縁測線(図3:P2)と、小田原-山梨測線(図3:P1)です。関東山地東縁測線では、2003年に制御震源による観測が行われ、反射法地震探査によって、北に傾斜したフィリピン海プレートの上面の形状が明らかになりました²⁾(図4A)。また、伊豆-小笠原弧起源である丹沢山地が、地殻上部に楔状の断層によって付加されていることも分かりました²⁾。ここで取得された構造探査データについては、本プロジェクトの中で屈折法による詳細な解析が行われ、速度構造が明らかになりました³⁾(図4C)。



図 3 関東西部、伊豆衝突帯周辺の地殻構造探査測線図。 P1: 小田原-山梨測線、P2: 関東山地東縁測線、P3:飯能-御坂測線。

この測線に沿った地殻構造をより深部まで明らかにす るために、2009年11月から4ヶ月に渡って稠密な自然 地震観測を行いました。これらの地震観測データをもと に、地震波速度トモグラフィ、遠地地震を用いたレシー バ関数・干渉法統合解析などを行いました(図 4B、D)。 レシーバ関数解析断面では、フィリピン海スラブは深さ 20km 以深では負の領域(大きい速度から小さい速度 に移り変わる領域)として現れていますが、浅い部分で は逆に速度が増加する境界となっています。地震波ト モグラフィ(図 4D)では、フィリピン海プレート上面付近 では、赤矢印で示した領域に沿って北に傾斜した低速 度領域が現れています。また、伊豆-小笠原弧に起源 をもつ、丹沢山地の本州弧への付加によって複雑な構 造が見られます。丹沢ブロック内でもレシーバ関数が負 の領域が現れており、ブロック内にさらに小さな地殻ブ ロックがスタッキングしている可能性があります。

小田原-山梨測線(図3:P1)では、2005年に大都市大 震災軽減化特別プロジェクトにおいて、ダイナマイトや

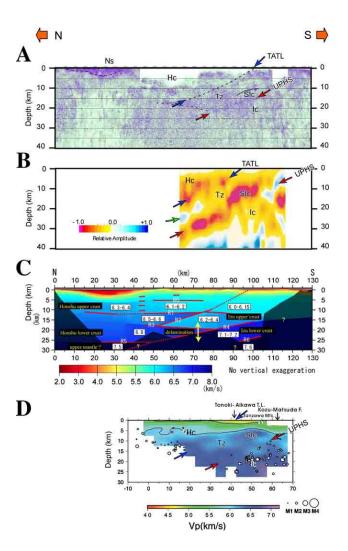


図 4 関東山地東縁測線沿いの地殻構造。A: 反射法地震探査断面、B:レシーバ関数干渉法統合断面、C:波線追跡法による速度構造断面、D:トモグラフィ断面。

バイブロサイスを使った高エルネギー発震を主とした反 射法地震探査 4)と、稠密自然地震観測によるイメージ ング、トモグラフィ解析が行われました 5)。本プロジェクト では、得られた制御震源のデータに対して、屈折法に よる速度構造解析を行いました 6。反射法地震探査断 面(図 5A)では、深さ30kmから40kmにかけて北西傾 斜の反射波群が見られます。また、レシーバ関数・干渉 法統合解析断面でも、同様に北西に傾斜し、上盤側よ り下盤側で速度が低下する(レシーバ関数が負の極性 を持つ)領域が存在します。これらの速度境界面はフィ リピン海スラブの上面に相当すると解釈されます。この 領域では、スラブに伴う地震活動は、20km 程度の深さ までしかなく、このスラブは非地震性のスラブとなってい ます。レシーバ関数解析の結果からは、御坂・丹沢ブロ ックの構造は必ずしも単純なものではなく、丹沢ブロッ クの下に、見かけ上南傾斜の顕著な変換面が存在しま す(図 5B)。これは曽根丘陵断層帯の深部延長に位置 します。同様の南傾斜の低速度帯は、地震波トモグラ

フィによる解析でも見られます(図 5D)。

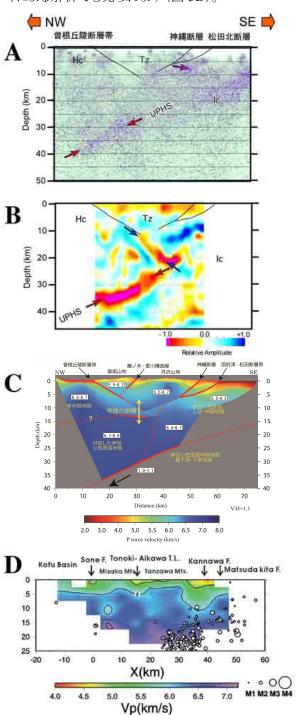


図 5 小田原-山梨測線沿いの地殻構造。A: 反射法地震探査断面、B: レシーバ関数干渉法統合断面、C: 波線追跡法による速度構造断面、D: トモグラフィ断面。

制御震源のデータについて、新しく解析された速度構造(図 5)では、国府津-松田断層系、甲府盆地南縁の曽根丘陵断層帯の深部形状などについて明らかになりました。それぞれの断層帯に沿っては、地震波トモグラフィでも南傾斜および北傾斜の低速度帯が見られます。国府津-松田断層系の松田北断層は、大磯丘陵

西縁の本体がメガスラストからの分岐であるのに対して
⁷⁾、プレート境界から直接連続する断層ではありません。このような差異は、前者が年 3 mm 以上 ⁸⁾の大きな平均変位速度を示すのに比べ、松田北断層が 0.8 mm/年以上程度の平均変位速度 ⁹⁾しか示さないことに対応しています。つまり、フィリピン海プレートの浮揚性沈み込みにより、プレート境界で収束成分が、地殻内の断層や地殻中部のデタッチメントによって歪を分配していることが分かりました。

この二つの測線で得られたフィリピン海スラブの形状は東で浅く、甲府盆地下で深いという深度に大きな差があり、スラブ内に大きな断裂が存在している可能性が考えられました。そのため、2010年に東京都飯能から山梨県御坂にいたる60kmの測線で、低重合反射法地震探査と、2009年11月から4ヶ月に渡る稠密自然地震観測を行いました。

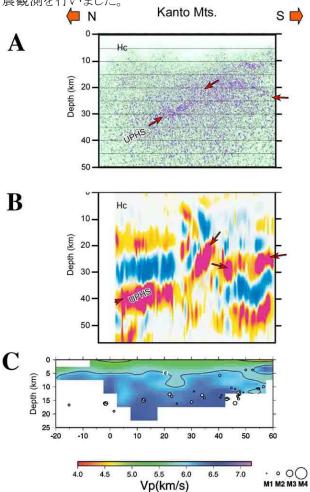


図 6 飯能-御坂測線沿いの地殻構造。A: 反射法地震探査 断面、B: レシーバ関数干渉法統合断面、C: トモグラフィ断 面

反射法地震探査断面(図 6A)では、小田原-山梨測線沿いの断面で見られたとものと同様に、見かけ上西傾斜の反射面群が顕著です。それに比べて測線東部では、緩くみかけ上東に傾斜した反射面が卓越します。同様の傾向は、レシーバ関数・干渉法統合解析の結

果でも認められます(図 6B)。レシーバ関数・干渉法統合解析ではむしろ、背斜状の形状の西翼は、軸部で急傾斜、翼部で傾斜がやや緩くなる形状を示しています。後述しますが、フィリピン海プレートは、伊豆衝突帯の北方では背斜状の構造を示し、スラブが破断している可能性が高いことが分かりました。

4. 関東北東部地域の地殻・プレート構造

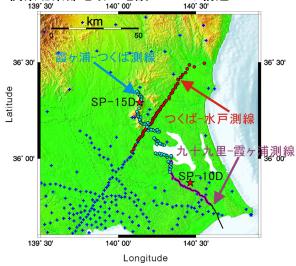


図 7 制御震源地殻構造探査(九十九里-霞ヶ浦測線)と稠密自然地震観測(霞ヶ浦-つくば測線・つくば-水戸測線)の測線図。●はつくば-水戸測線上の観測点位置、●は袖ヶ浦一つくば測線上の観測点位置、+は定常観測点(首都圏地震観測網を含む)の位置を示す「九十九里 - 霞ヶ浦測線」のうち、●はオフライン観測点、-は有線テレメトリーシステムによる受振区間を示す。★は発破点位置を示す。

フィリピン海スラブは関東地方の北東部で太平洋プレートの上面と接します(図 1)。この境界部の状況を理解するための基礎資料を得る目的で、2010年につくばから水戸にいたる測線と、九十九里からつくばに至る測線で、制御震源探査と稠密な自然地震観測を行いました(図 7)。つくば-水戸測線は、2010年6月から7ヶ月間、霞ヶ浦-つくば測線については、同年6月から4ヶ月間にわたって自然地震観測を行いました。制御震源を用いた海陸統合探査は、自然地震によるイメージングに確実なリファレンスを与えるために実施しました。

九十九里沖から霞ヶ浦にいたる測線では、海底ケーブルを沖合 6 km まで設置して、エアガンと大型バイブレータを用いて探査を行いました。反射法地震探査断面では、海域では深さ 25~27km で見かけ上西に緩く傾斜した反射波群が分布します(図 8)。この反射波群はフィリピン海プレート上面からの反射波群と解釈されます。この反射波群は、ほぼ同様の傾斜で測線中央部の霞ヶ浦南岸地下 35km まで追跡されます。一方、レシーバ関数・干渉法統合解析の結果(図 8)では、反射法地震探査断面で西に傾斜した反射面群の延長上で、

同様の傾斜を示す低速度領域(レシーバ関数が負の領域)が 40-50km の深度に存在し、フィリピン海プレート上部の地殻部分からなる低速度領域と判断されます。さらにこの下位に同様に西傾斜を示す低速度領域が55-65km の深度に分布しています。これは従来の研究結果から見て、太平洋プレート上面と判断されます。霞ヶ浦-つくば測線の自然地震トモグラフィ測線はユーラシアプレートの上部マントルに相当する高速度域の下に低速度域が存在することを示しています(図 9)。これはレシーバ関数・干渉法統合解析の結果と極めて調和的です。

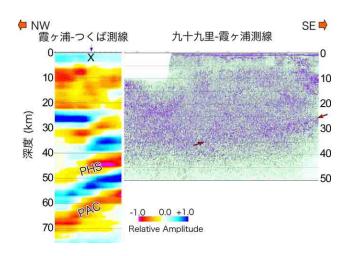


図 8 九十九里-つくば測線のレシーバ関数・干渉法統合解析プロファイルと反射法地震探査断面の統合表示。赤矢印は、フィリピン海プレートの上面を示す。PHS:フィリピン海プレート、PAC:太平洋プレート。

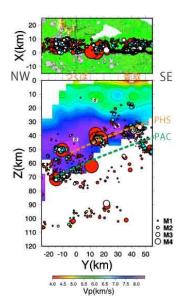
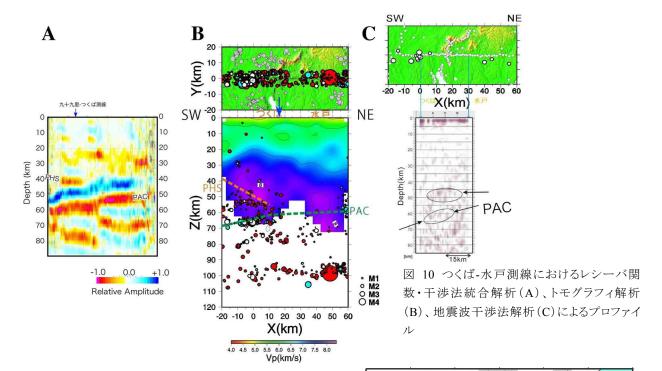


図 9 霞ヶ浦-つく ば測線のトモグラ フィ解析。

つくば-水戸測線についてもトモグラフィ解析とレシーバ関数・干渉法統合解析、地震波干渉法解析を行いました(図 10)。レシーバ関数・干渉法統合解析プロファイル(図 10A)では、50~60kmの範囲で西に傾斜し



たレシーバ関数の負と正の領域があります。負の領域 は、沈み込んでいる太平洋プレートの上面の低速度領 域と推定されます。測線西部のみに見られる負の領域 は九十九里-つくば測線からの追跡で明らかなように、 フィリピン海スラブと推定されます。このレシーバ関数か ら読み取れる速度構造は、トモグラフィ(図 10B)によっ て求められた速度構造と調和的です。測線西部のフィ リピン海プレートの上面は、高速度領域とその下位の 低速度領域の間に位置する東に傾斜した境界面に当 たります。この接触域の構造は地震波干渉法によるプ ロファイルでも、西傾斜の太平洋プレートの領域と、ほ ぼ水平な領域との境界として現れています(図 10C)。 三つの異なる解析方法でのプロファイルは、共通した 特徴を示しています。このように、二つのプレートは、霞 ヶ浦北岸周辺で接合していることがわかります。これら の一連の研究で、プレートの接合部の詳細な形状が分 かりました。今後、発震機構と併せて解析を進めること により、どのような変形が進行しているかを明らかにする ことが可能です。

5. 首都圏の地殻プレート構造の総合解析

これまで述べてきたように、制御震源による堆積層の 地震探査やボーリング・重力異常などを総合して、堆積 盆地の構造、堆積層の速度特性を求め、首都圏地震 観測網観測点の補正値を得ました。これらの観測点補 正値が適用された地震波トモグラフィによって、深部ま での速度構造が得られました。これらの速度構造を反 射法地震探査の深度変換に用いることにより、直接、 制御震源による結果と自然地震から求めた構造、震源

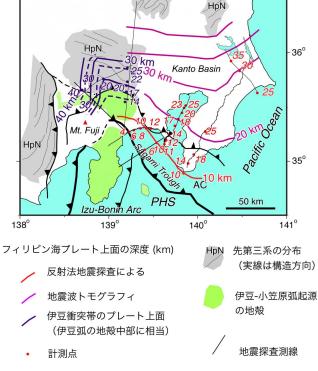


図 11 フィリピン海プレートまでの等深度線。

などとの対比が可能になりました。これらの結果を基に、フィリピン海プレート上面の等深度線を描きました(図11)。

首都圏地震観測網の展開領域の深部については、トモグラフィから推定されたプレート上面の形状を使用しています。とくに関東平野下では従来の推定に比べ、等深度線は東西走向となっています。伊豆衝突帯の北方延長では、背斜状の構造を示しています。西翼は急傾斜で、東翼が緩い傾斜となっています。また、背斜軸

部ではスラブが断裂している可能性もあります。こうした特徴は、広域トモグラフィから推定されたフィリピン海プレート上面の構造 10)とも調和的で、広域的にも非対称な背斜状の構造を呈しています。こうした構造的な特徴はメガスラスト上の震源の広がりにも影響を与えており、関東地震の震源域の西端は、この背斜軸部と一致しています。

6. 首都圏の伏在活断層

首都圏ではこれまで、防災科学技術研究所などをは じめとして、多くの機関が反射法地震探査を実施して います。関東平野下の厚い新第三系の下に伏在する 活断層の分布を明らかにするために、これら個々の反 射断面をボーリング資料と合わせて深度の補正を行う とともに、共通の速度構造解析を適用し、総合的な検 討を行いました¹¹⁾。

大大特プロジェクトの一環として実施した北関東測線の深部構造探査の結果 ¹²⁾によると、北関東測線が延びる青梅から春日部にかけての区間では、地下に半地溝構造(ハーフ・グラーベン)がいくつか認められます。これらは、既往の反射断面で見出された、前期-中期中新世のハーフグラーベン ¹³⁾と同時期に形成されたものです。このうち、綾瀬川断層については、東傾斜と西傾斜の正断層 2 条が大宮台地の地下に存在し、このうち西傾斜の正断層が最近の地質時代に逆断層として再活動したものと読み取れます(図 12)。この反転構造の直上に分布する大宮台地(下末吉面相当)には背斜状の変形が認められます ¹⁴⁾。ボーリング調査・浅層反射法地震探査などから 0.1 mm/yr の平均変位速度が推定されています ¹⁵⁾。

また、野田隆起帯 ¹⁴⁾と大宮台地の西側にあたる武蔵野台地北東縁部の地下にも半地溝構造が認められます(図 13)。このうち、野田隆起帯の地下に伏在する西傾斜の逆断層上盤側では、上総層群・下総層群が参加する、西翼が緩く傾斜する背斜構造が認められます。

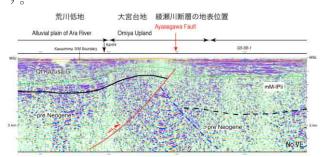


図 12 大大特 2005 年北関東測線・綾瀬川断層の地下構造 の再解釈断面。黒線は先新第三系基盤岩類の上面、緑線 は下部鮮新統の上面、黄色線は上総層群上面を示す。以下 の図面も同様。

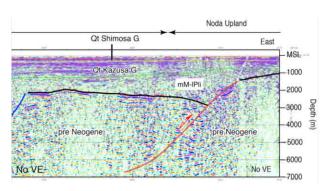


図 13 大大特 2005 年北関東測線・野田隆起帯の地下構造 の再解釈断面。

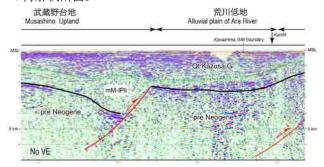


図 14 大大特 2005 年北関東測線・荒川沈降帯の地下構造の再解釈断面。



図 15 首都圏を含む関東平野南部に分布する活断層・活構造の矩形断層モデル。矩形の太線で示した辺は断層の上端を示す。破線は不確実な断層モデルを、橙色の矩形は第四紀後期に活動した証拠がない断層を示す。基図は杉山ほか(1997)¹⁶⁾を使用。

武蔵野台地北東縁部(荒川沈降帯 ¹⁴⁾)の地下も同様に、見かけ上西に傾斜する断層上盤側のリフト期以降の新第三系・第四系に微弱な背斜構造が認められ、鮮新世から更新世にかけて反転した可能性があります(図 14)。

反射法地震探査断面と伏在断層によって形成された と考えられる変動地形の分布に基づき、関東地域の活 断層・活構造についての震源断層モデルを矩形で図示しました(図 15)。ここでは例えば鶴川向斜の地下に伏在する逆断層のように、現在は活動的ではないが、上総層群に変位が認められる構造についても図示してあります。ただし、ここで示した矩形断層モデルはあくまで初期的なものであり、とくに断層の広がりについては問題があり、今後、地下構造についてのデータを収集していく必要があります。

7. フィリピン海プレートの運動に規制された関東地域の長時間上下変動

首都圏の下に沈み込むフィリピン海プレートの運動にともなって、関東平野では堆積盆地スケールの運動が生じてきたことが知られています。ここでは、沈み込むプレートの上盤側の垂直変動史を定量化し、得られた地殻変動について長期地殻変動シミュレーションモデルを用いて、データを再現する現実的な地殻変動の数値実験を行い、プレートの長期間運動・プレート境界面の特性変化について検討しました。検討した期間は、最近 100 万年間です。

反射法地震探査断面^{17、18、19)}と地質学的手法から推定した過去 100 万年間、50 万年間の垂直変動量を図16 に示します。この図から 100 万年前から 50 万年前にかけて平野部における沈降運動の中心が房総半島から東京湾へと西方移動したことが分かります。

一方、変動地形学的手法から推定された過去12.5万 年間、7千年間の垂直変動量^{20,21,22 など)}(図 17)からは、 過去 12.5 万年の変動で見ると、沈降域はほぼ消滅し、 関東地方は全体的に隆起していること、房総半島南部 をはじめ関東平野の周縁部では急激な隆起が起きて いることが分かります。このような変形様式の変化をもた らしたのは、50~100 万年前に起きたフィリピン海プレ ートの日本列島に対する相対速度ベクトルの北方向か ら北西方向の変化であると考えられます 23,240。しかし、 得られたデータは、フィリピン海プレートの運動方向の 変化後にこれに匹敵するような広域の地質学的イベン トが特に見られないにもかかわらず、関東地方の垂直 変動パターンはさらに変化を続けていることを示してい ます。一方、関東地方には中期中新世以降フィリピン 海プレート上の伊豆・小笠原弧が衝突を続けているが、 このことが関東地方の垂直変動パターンに大きな影響 を及ぼしています。この衝突モデルによる垂直変動パ ターンの時間変化の説明としては、(i) プレート境界面 におけるすべり運動欠損の分布域(衝突領域)の変化 と、(ii) 衝突によるプレート境界面形状自体の変形の 2 つの可能性が挙げられます。

地質学的時間スケールにわたるプレート間相互作用による変形速度場は、プレート境界面上のステップ的なすべりに対する応答関数の粘性緩和解(時間無限大

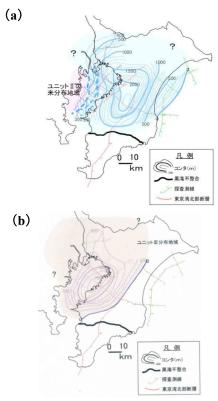


図 16 約 1 Ma の地層の現深度(m)。(a) と約 0.5 Ma の地層の現深度(m) (b) (浅尾 2008¹⁷⁾による)。

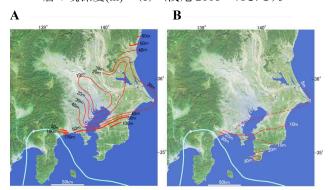


図 17 変動地形学的手法によって求めた過去 12.5 万年(A)、7000 年間(B)の隆起高度分布 (A: 小池・町田(2001)²¹⁾に基づき、被覆層の厚さを引き、海面変化量 5mを補正、B: 小池・町田(2001)²¹⁾に遠藤・宮内(2011)²²⁾の結果を加筆)。

の解)によって得られます²⁵⁾。この考え方に基づき、リソスフェア・アセノスフェア構造として、弾性・粘弾性二層構造媒体を仮定し、計算を行いました。関東の長期間地殻変動について、(ii)の衝突によるプレート境界面形状自体の変形の要因は、大きな影響をおよぼさないことが分かりました。そこで(i)の衝突領域の変化の影響について検討し、関東地方の変動パターンをもたらす衝突モデルを作成しました。

モデルは以下の仮定にもとづいています。(1) 現在の ユーラシアプレートに対するフィリピン海プレートの運動 方向は NUVEL-1A プレート運動モデル ²⁶⁾によれば、 北西 45°方向であり、それに対してプレート運動方向変 化以前のプレート方向は、N15°W 方向としました。また、(2)フィリピン海プレートの運動方向変化後、衝突領域はゆっくり北方向から北西方向に変化してきた、と仮定しました。さらに(3)衝突領域の東西方向の幅に関しては、時間的に一定であると仮定しました。

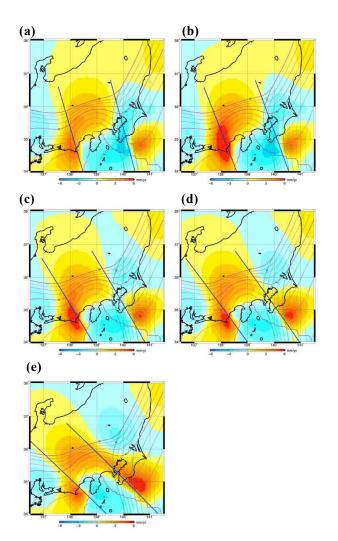


図 18 フィリピン海プレートの運動方向変化以降の垂直変動パターン(mm/yr)。(a)衝突領域の方向が北西 15°方向(フィリピン海プレートの運動方向が変化した直後)、(b) 衝突領域の方向が北西 20°方向、(c) 衝突領域の方向が北西 30°方向、(d) 衝突領域の方向が北西 35°方向、(e) 衝突領域の方向が北西 45°方向(現在)。赤線は、フィリピン海プレートとユーラシア・北アメリカプレートの各時点におけるプレート境界面。緑線は太平洋プレートと北アメリカ・フィリピン海プレートのプレート境界面。2本の青線で挟まれた領域が衝突領域。

得られた計算結果を図 18 に示します。衝突領域の変化にかかわらず見られる特徴として、関東・赤石山地と房総半島南東沖に顕著な隆起域と、伊豆半島から海側へ広がる沈降域の存在が挙げられます。フィリピン海プレートの運動方向が変化する以前(図 18(a))では、関東・赤石山地と房総半島南東沖の隆起域の間の東

京湾、房総半島に沈降域が伸びてきています。そして、プレート方向が変化して以降(図18(b-e))は、衝突領域の方向の変化にあわせて沈降領域も北西に移動します。それとともに房総半島南東沖の隆起域の影響が強まり、房総半島、東京湾が隆起に転じ(図18(c,d))、最終的には関東地方南部全域が隆起域となります(図18(e))。このようにフィリピン海プレート運動の変化以降の衝突領域の変化を考慮にいれたシミュレーションによって、地質学・地形学的手法から得られた、関東地方における沈降中心の移動とその後の全体的な隆起という垂直変動パターンの変遷を再現することができました。

8. 首都圏下に沈み込むフィリピン海プレートと太平洋プレートの相互作用についての数値実験

フィリピン海プレートと太平洋スラブが接する関東下では、二つのプレートの接触領域で高い地震活動を示しています。この二つのプレートの接触に関連して発生する地震は、被害地震となる可能性があります ¹⁾。二つのプレートが接触するとどのような現象が発生するかについては、充分、理解されているわけではありません。そこで、年代の異なるプレートが互いに向かいあう方向で沈み込む場合、どんな変形が生じるかについて、数値実験を通じて検討しました。数値実験では、粘弾塑性のレオロジーをもつ物質を取り扱えるプログラムを使用し、二次元のリソスフェアの変形を計算しました。

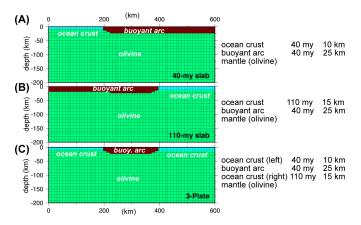


図 19 スラブ接触の相互作用のためのジオダイナミクス・モデル。(A) 若い海洋プレートが右側の大陸プレートの下に沈み込む場合。(B) 古い海洋プレートが左側の大陸プレートの下に沈み込む場合。(C) 新旧の海洋プレートがその間の大陸プレートの下に沈み込む場合。いずれも、沈み込み前の状態。熱年代と地殻の厚さの諸元は右側に示す。

一つのスラブがもう一方のスラブを押す影響を検討するために、三通りのジオダイナミクス・モデルを設定しました(図 19)。最初の二つのモデル(図 19 A, B)は、いずれも大陸地殻の下に 4000 万年前と一億 1000 万年

前の海洋プレートが沈み込む場合のモデルであり、モデルCはそれぞれが互いに近づく方向に沈み込みスラブがぶつかる場合のモデルです。素過程である最初の二つのモデルと比較することによって、接触の効果を理解することができます。

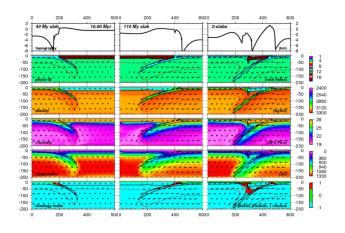


図 20 1000 万年経過時点での沈み込み状態。左側:モデル A(若い海洋プレートの沈み込み)、中央:モデル B(古い海洋プレートの沈み込み)、右側:モデル C(3 つのプレート)を示す。上から地形、岩石型の番号、密度、粘性、温度、変形モード(-1:塑性、+1:粘性)。

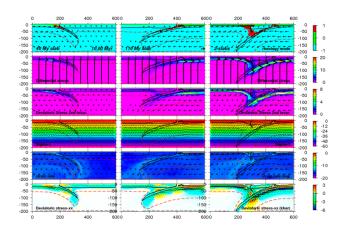


図 21 1000 万年経過時点での沈み込み状態。上からレオロジーモード、差応力、偏差応力の二次不変量、最大圧縮応力、ひずみ速度、偏差応力。

それぞれのモデルで領域の上面および下面の温度はそれぞれ 0 \mathbb{C} および $1000\mathbb{C}$ 。地殼内の放射性元素による発熱、浸食と堆積は考慮しています。モデル A では、年間 2 cm で、モデル B では年間 3 cm で沈み込み、モデル C では 3 cm の速度でプレートが収束するものとしています。

それぞれのモデルについて、1000 万年間にわたる期間の変形について計算しました。メッシュの形状と地形、密度、温度、粘性構造、ノードごとに使用したレオロジ

ーを表す番号、速度ベクトル、各種応力・ひずみの値が出力されます。出力結果から解釈に必要な主軸の方向、偏差応力の値なども求めました。ただし、二次元の計算なので、横ずれタイプの応力配置は評価できません。

図 20、21 に 1000 万年経過した 3 つのモデルの計算結果について示しました。また図 22 には偏差応力についての計算結果を拡大して示します。いずれも場合もスラブが曲がる部分で応力が集中していることがわかります。P軸のプロットを見ると、浅部で伸張応力場に、深部で圧縮応力場になります。差応力のプロット(図 18 二段目)では、スラブ内の応力パターンの変化が顕著に示されています。

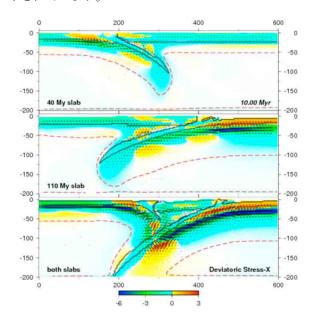


図 22 偏差応力 (S_{xx}) と P 軸の方向のプロットの拡大図。 スラブの接触領域では、偏差応力や P 軸の方向が複雑なパターンを示しています。 単位は kbar。

スラブ同士が接触する領域では、単独の場合と比べるとそれぞれのスラブ内部にまでより大きな応力が広範囲にわたって発生しています(図 18 二段目・三段目)。また、スラブが接触する領域の P 軸の方向は伸張・圧縮(高角逆断層)・中間的とばらついており、中間的な応力場は 3 次元計算をした場合は横ずれ断層で説明される応力場となるか、あるいは実際に中間的な応力場である可能性もあります。このようなスラブ同士の相互作用のモデリングによって、低角逆断層以外のメカニズムの地震活動がいずれかのスラブの沈む込み下方で発生する可能性が示唆されます。

ここで行った数値実験は、粘弾塑性物体により多様な非弾性変形を扱っていますが、二次元に留まりました。今後、同様の三次元数値実験を行うことにより、より現実的な関東下の変形・地震発生モデルへとつなげていくことが、課題になります。

参考文献

- 1) Wu, F.et al., Interaction between two subducting plates under Tokyo and its possible effects on seismic hazards, Geophys. Res. Letts., 34, L18301, doi:10.1029/2007GL30763, 2007
- 2) Sato, H. et al., Earthquake source fault beneath Tokyo, Science, No. 309, pp.362-464, 2005
- 3) Arai, R. et al., Collision and subduction structure of the Izu-Bonin arc, central Japan, revealed by refraction/wide-angle reflection analysis, Tectonophysics, No.475, pp.438-453, 2009
- 4) 佐藤比呂志ほか、震源断層のイメージングの現状と 地震被害想定へのインパクト、「最新の物理探査適用 事例集」、物理探査学会、pp. 381-386、2008
- 5) 佐藤比呂志ほか、大深度弾性波探査 3.1.3. 関東地殻構造探査 (小田原-山梨測線)、大都市大震災軽減化特別プロジェクト 1 地震動 (強い揺れ)の予測「大都市圏地殻構造調査研究」(平成 17 年度)成果報告書、pp.98-182、2005
- 6) Arai, R. et al., Detailed crustal structure and a new evolution model of the Izu collision zone: Arc-arc collision in central Japan , Jour. Geophys. Res., submitted
- 7) 佐藤比呂志、岩崎貴也、石山達也プレート境界から分岐した活断層の長期評価: 相模トラフ横断地殻構造探査、科学、80、8、pp.825-831、2010
- 8) 山崎晴雄、活断層からみた南部フォッサマグナ地域 のネオテクトニクス、第四紀研究、No.23、pp.129-136、 1984
- 9) 山崎晴雄、町田 洋、足柄平野北縁の活断層と地 形発達. 日本第四紀学会講演要旨集、No.11、 pp.96-97、1981
- 10) Nakajima, J. et al., Seismotectonics beneath the Tokyo metropolitan area, Japan: Effect of slab-slab contact and overlap on seismicity. Jour.Geophys. Res., 114, B08309, doi:10.1029/2008JB006101, 2009
- 11) 佐藤比呂志ほか、首都圏における地下構造探査: 堆積平野からプレートまで、日本地質学会関東支部-日本第四紀学会ジョイントシンポジウム「関東盆地の地下地質構造と形成史」講演資料集、S-1,、pp.12-15、2010
- 12) 佐藤比呂志ほか、大深度弾性波探査 3.1.2.北関東地殻構造探査(北関東測線 2006, 大宮-野田測線)、大都市大震災軽減化特別プロジェクト 1 地震動(強い揺れ)の予測「大都市圏地殻構造調査研究」(平成17年度)成果報告書、pp.18-97、2006

- 13) 高橋雅紀ほか、関東平野西縁の反射法地震探査記録の地質学的解釈-とくに吉見変成岩の露出と利根川構造線の西方延長-、地質学雑誌、No.112、pp.33-52、2006
- 14) 貝塚爽平、関東の第四紀地殻変動、地学雑誌、 No.96、pp.51-68、1987
- 15) 石山達也ほか、変動地形・ボーリング・反射法地震 探査により明らかになった綾瀬川断層北部の撓曲変形, 活断層古地震研究報告、No.5、pp.29-37、2005
- 16) 杉山雄一ほか、50 万分の1活構造図「東京」(第2版) および説明書、活構造図8、地質調査所、1997 17) 浅尾一巳、反射法地震探査により解明された上総 一下総層群堆積盆の形成過程、千葉大学博士論文、 2008
- 18) 古屋裕ほか、反射法地震探査による房総半島南西部内房沿岸の浅部地下構造、地震研究所彙報、No.84、pp.307-329、2009
- 19) 山本修治、反射法地震探査によって明らかとなった房総半島南部ならびに周辺海域の浅部地殻構造と 最近 100 万年間の地殻変動、千葉大学大学院自然科学研究科修士論文、p45、2008
- 20) 宍倉正展、宮内崇裕、房総半島沿岸における完新世低地の形成とサイスモテクトニクス、第四紀研究、 No.40, pp.235-242、2001
- 21) 小池一之・町田 洋 (編)、日本の海成段丘アトラス, CD-ROM3 枚・四六全版カラー付図2葉、東京大学出版会、2001
- 22) 遠藤香織、宮内崇裕、房総半島南部完新世離水海岸地形の高度と離水年代の再検討-相模トラフ沿いの巨大地震に伴う地震性地殻変動に関連して-、日本活断層学会 2011 年度秋季学術大会講演予稿 P-06、pp.52-53、2011
- 23) Seno, T. et al., Tectonic evolution of the triple junction off central Honshu for the past 1 million years, Tectonophysics, No.160, pp.91-116, 1989
- 24) Yamaji, A., The multiple inverse method applied to meso-scale faults in mid-Quaternary sediments near the triple trench junction off central Japan, J. Struct. Geol., No.22, pp.429-440, 2000
- 25) Sato, T. and Matsu'ura, M., A kinematic model for deformation of the lithosphere at subduction zones, J. Geophys. Res., No.93, B6, pp.6410-6418, 1988
- 26) DeMets, C. et al., Effect of recent revisions to the geomagnetic reversal time scale on estimates of current plate motions, Geophys. Res. Lett., No.21, pp.2191-2194, 1994

I-3 歴史地震等の記録の収集、整理及び再評価

佐竹健治(東京大学地震研究所)

1. 研究の目的

過去の地震及び近代観測がなされて以降の地震について記録を収集、整理するとともに、I-1 (地震計を用いた自然地震観測によるプレート構造調査)、I-2 (制御震源を用いた地殻構造探査)の成果等を踏まえた解析を行うことにより、これらの地震について再評価し、文部科学省地震調査推進本部¹⁾が2004年に「その他の南関東の地震」としてまとめて評価を行ったマグニチュード (M) 7程度の地震の震源域の位置 (プレート境界地震、スラブ内地震)、繰り返しの有無等を推定するのが目的です。

2. 研究成果の概要

2.1 地震記象の収集と解析による過去地震の調査研究

2.1.1 調査の目的

首都圏で発生した歴史地震等の再評価を行うためには、それらの地震の発生メカニズム等を明らかにする必要があります。このため、地震記録の収集・整理・再評価を行い、首都圏で発生する大地震の発生メカニズム、余震活動を明らかにします。首都直下地震の震源断層モデルを高度化し、首都直下地震の長期予測の精度向上や、高精度な強震動予測につなげます。

2.1.2 成果の概要

1900 年代以降に首都圏で発生した地震の観測記録を調査、収集しました。また、収集した過去の地震のアナログ記録をスキャンしてデジタル画像化を行い、強震計 記録をデータベース化し、ホームページ (http://www.seis.nagoya-u.ac.jp/sanchu/Shuto/index.ht ml)で公開しました(図 1)。

また、1931年西埼玉地震、1935年静岡地震(図2)、ならびに1949年今市地震前後の水準測量データの整理や、震源過程の解析等を行いました。さらに、1982年と2008年に発生した地震の震源過程解析から、茨城県沖の地震はほぼ同じ場所で発生したほぼ同規模の地震にも関わらず、全く様相を異にすることが明らかになりました。このことはプレート間地震の発生予測研究に大きな影響を与える可能性があります。

2.2 東北地方の地震記象を用いた首都圏の過去地震 の調査研究

2.2.1 調査の目的

首都圏で発生した過去の地震等の再評価を行うには、それらの地震の発生メカニズム等を明らかに

する必要があります。このため、東北地方で得られた首都圏で発生した過去の地震記録の収集・整理を行い、首都圏で発生する大地震の発生メカニズム、余震活動の特徴を明らかにします。首都直下の地震テクトニクスを高度化し、首都直下地震の長期予測の精度向上や、高精度な強震動予測につなげることを目的とします。

2.2.2 成果の概要

相模トラフ沿いの地震活動の長期評価(地震調査研究推進本部)に掲げられた5つの首都直下地震のうち、1921年茨城県南部の地震と1922年浦賀水道付近の地震について、東北大学向山観象所や国立天文台水沢センターで記録されている過去の地震記録を収集、整理しました(図3)。1921年茨城県南部の地震について、スキャンされた画像から読み取ったS-P時間やP波初動を既存の資料と併合処理し、震源とメカニズム解を推定しました。その結果、この地震がフィリピン海スラブ内の蛇紋岩化域の西縁で発生していた可能性が高いことが明らかになりました(図4)²)。1922年浦賀水道付近の地震は、1923年関東地震のアスペリティによる固着の影響を強く受けて発生した、フィリピン海プレート内部の地震であったことが明らかになりました。

また、2つの茨城県南西部の地震(1922年5月9日 M6.1と1923年1月14日 M6.1)について、すす書き記録紙をスキャンした画像ファイルから、国立天文台水沢センターと東北大学向山観象所におけるS-P時間を読み取り、震源位置の検討を行いました。その結果、1922年の地震の位置は宇津(1999)3つで報告されている震央から大きく移動することはないことが明らかになりました。1923年の地震の震源は、茨城県南西部のフィリピン海プレート上面で発生する地震の巣に位置することから、フィリピン海プレートと陸側プレートのプレート境界地震である可能性が高いことを示しました。

さらに、1924年1月15日の丹沢地震(M7.3)と 1931年9月21日の西埼玉地震(M6.9)について、 東北地方で記録されている過去の地震記録を収 集・整理し、本震および余震の震源分布やメカニズ ム解を明らかにしました。

2.3 被害記録による首都圏の歴史地震の調査研究 2.3.1 調査の目的

過去約 400 年間に首都圏で発生した被害地震に

ついて、歴史資料の発掘・データベース化ならびに 被害発生地点の現代地図上への照合作業から詳細 震度分布図を作成します。また、歴史資料が描き出 す地震像から、震源位置や発生メカニズムを推定す ることを目的とします。

2.3.2 成果の概要

既刊行の歴史地震史料集として東京大学地震研究所発行の「新収日本地震史料」⁴⁾がありますが、これは 1990 年頃までに発行された市町村史などに基づいて発行されたものです。そこで、関東 7 都県の図書館において 1990 年以降に発行された市町村史で紹介された地震に関する記録を収集しました。

関東地方に被害を及ぼした、1791 年(寛政二年) 埼玉県地震、1812 年(文化九年)神奈川地震⁵⁾、1843 年(天保十四年)神奈川県西部地震について被害記録の収集を行い、データベースを作成しました。また、得られたデータベースに基づいて広域・詳細震度分布を作成しました。さらに、江戸を中心とした関東地方に甚大な被害を及ぼした、1855 年(安政二年)江戸地震による江戸市中の町人地における死者の詳細な分布図を作成しました(図 5)。さらに、寺院や大名屋敷の被害分布(図 6)、液状化発生地点の分布を示しました。

2.4 液状化痕等による首都圏の古地震の調査研究 2.4.1 調査の目的

首都圏における古地震について調査研究を行い、 地層記録として保存された液状化痕等の発生履歴 を解明します。液状化痕等と対応する可能性がある 地震の被害との比較から、その地震の特定を試みる とともに考古遺跡の液状化痕データなどとあわせ て、首都圏で発生した古地震年表を作成します。

2.4.2 成果の概要

東京都江戸川区江戸川においてロングジオスライサー掘削、音波探査ならびに電気探査から、液状化痕などの調査を行い、古地震履歴の推定を行いました 6 。また東京都葛飾区水元公園小合溜において液状化痕の地震痕跡の有無を音波探査により調査しました 7 。

神奈川県三浦半島に位置する小網代湾奥の入り 江干潟において 3 m 長のハンディージオスライサーを用いた津波堆積物調査を実施しました。その結果、3 枚の津波堆積物が認定され、上位と中間の津波堆積物はそれぞれ 1923 年大正関東地震、1703 年元禄関東地震に対応することが明らかになりました。元禄関東地震の一つ前の関東地震によるものと考えられる、最下位の津波堆積物の放射性炭素による堆積年代と歴史資料との対比から、1293 年(永仁元年または正応六年)の鎌倉大地震が一つ前の関東地震であった可能性を示唆しました(図 7、図 8)8。 また、同湾内においてロングジオスライサーを用いた掘削調査を行い、過去 2000 年間の地層から 5 枚の粗粒堆積物を認定しました。また、同じく三浦半島に位置する江奈湾において、ハンディージオスライサーを用いた掘削調査から、過去 4000 年間の堆積物を採取しました。その結果、過去の関東地震によると考えられる津波堆積物を複数枚、認定しました。

さらに、三浦半島南部において航空レーザー測量 や古い地形図の比較から過去の関東地震によって 離水した海岸段丘面の調査を行いました。その結果、 大正関東地震による隆起の詳細や、それ以前の地震 による海岸隆起に関するデータが得られました。

2.5 過去地震の類型化と長期評価の高度化に関する 調査研究

2.5.1 調査の目的

1943 年鳥取地震などの活断層で発生した地震、 1993 年釧路沖地震などの深発地震・やや深発地震 についてクーロン応力変化(ΔCFF)と現在の地震 活動とを対比することで、現在の微小地震活動から 首都直下の過去の地震について情報が得られる可 能性を明らかにします。首都圏 M7 級地震をプレー ト境界地震とスラブ内地震に類型化し、それぞれの 平均再来間隔の推定や規模予測を行うとともに、最 新活動時期から確率予測を試みます。首都圏の古地 震年表、歴史地震年表により、震源間の相互作用の 有無を検討します。また、プレート構造調査、地殻 構造調査の成果等を踏まえた解析を行うことによ り、首都直下の地震について再評価し、地震調査研 究推進本部が「その他の南関東の地震」としてまと めて評価を行った M7 程度の地震の震源域の位置 (プレート境界地震、スラブ内地震)、繰り返しの 有無等を推定します。

2.5.2 成果の概要

1943 年鳥取地震など 1900 年以降に活断層で発生した大地震、1993 年釧路沖地震などのやや深発地震を対象として Δ CFF と現在の地震活動分布との相関性を調査しました。その結果、大地震による Δ CFF が、長期間にわたって周辺の地震活動に影響を及ぼす可能性を明らかにしました(図 9) 9 。これは、現在の地震活動から過去の大地震に関する情報が得られる可能性を示唆しています。

また、地震調査研究推進本部による「その他の南関東の地震」における長期評価の対象となった 5つの地震(1894年明治東京地震、1895年および1921年茨城県南部の地震、1922年浦賀水道付近の地震、1987年千葉県東方沖の地震)について、既往研究ならびにデータの収集を行いました 10)11)。その結果、これまで解析に用いられてこなかった波形記録

や検測値が発見されました(図10)。

これらの収集された記録や本プロジェクトで明らかとなった新たな地震波速度構造を、既に沈む込むフィリピン海プレート内部で発生したことが明らかにされている 1987 年千葉県東方沖の地震を除く4地震について、その震源域の位置と発震機構を推定しました。

その結果、1894 年明治東京地震は、フィリピン海プレート内部または、太平洋プレート上面で発生した地震であった可能性が示唆されました。1895 年茨城県南部地震は、読み取られた S-P 時間や震度分布から、太平洋プレート内部で発生した地震であった可能性が示唆されました。1921 年茨城県南部の地震、1922 年浦賀水道付近の地震(図 11)は震源の深さが 50 km 程度で、その発震機構が横ずれ型であることが明らかとなり、沈み込むフィリピン海プレート内部で発生した地震であったことが明らかになりました。

類型化による新たな評価としては、1894 年明治東京地震がフィリピン海プレート内部で発生した地震であった場合、フィリピン海プレート内部の地震(M6.7~7 程度)が1885 年以降2011 年までに4回発生していることから、頻度は31.5 年に1回となり、今後30年間の発生確率は60%程度と見積もられます。また、太平洋プレート内部の地震(M7.2程度)は126年以上に1回の頻度から、今後30年間の発生確率は20%程度以下と見積もられます。

一方、1894 年明治東京地震が太平洋プレート上面で発生した地震であった場合、フィリピン海プレート内部の地震(M6.7~7 程度)は3回発生していることから、頻度は42年に1回となり、今後30年間の発生確率は50%程度と見積もられます。太平洋プレート内部の地震(M7.2程度)、太平洋プレート上面の地震(M7 程度)はそれぞれ126年以上に1回の頻度から、今後30年間の発生確率は20%程度以下であると見積もられます。

2.6 考古遺跡における液状化痕データの収集並びにデータベース化

2.6.1 調査の目的

過去に発生した地震は液状化の痕跡として保存されます。過去の液状化痕は考古遺跡における発掘調査の際に記録されています。記載された液状化痕についての記録を収集・整理し、データベースを作成することにより、首都圏において発生した地震の履歴を把握します。

2.6.2 成果の概要

考古遺跡における液状化痕等の古地震に関する情報は、埋文関係救援連絡会議・埋蔵文化財研究会 (1996)「発掘された地震痕跡」¹²⁾に日本全国の資

料が取りまとめられています。本研究では、主にこれ以降の発掘調査報告書を確認しました。

平成 21 年度には、埼玉県 (563 編)、群馬県 (561 編)、栃木県(206編)の発掘調査報告書を収集し、 それぞれ 62 編、32 編、2 編から液状化痕等の地震 痕跡が確認されました。平成22年度には、東京都 (700編)、神奈川県 (305編)、千葉県 (508編) の発掘調査報告書を収集し、それぞれ4編、13編、 4編から地震痕跡が確認されました。平成23年度 には茨城県で266編、山梨県で195編の考古遺跡の 発掘調査報告書を調査し、山梨県の6カ所の遺跡か ら地震痕跡についての記述を確認しました。さらに 平成21年度および22年度に収集した、埼玉県、群 馬県、栃木県、東京都、神奈川県および千葉県につ いての情報を追加収集しました。その結果、確認し た報告書類の数量は、3年間で計3,572編に及びま した。その中で液状化等の地震痕跡の記述がみられ た遺跡の数は、埼玉県が59カ所、群馬県が55カ所、 栃木県が2カ所、東京都が6カ所、神奈川県が34 カ所、千葉県が5カ所、茨城県が0カ所そして山梨 県が6カ所でした。

これらの地震痕跡について調査表(図 12)を作成し、遺跡番号、遺跡名、所在地(緯度・経度:世界測地系)、地震痕跡の有無、地震痕跡の種類、噴砂の規模、被覆層および被貫入層の名称および時代とのその根拠、噴砂の主方向、幅及び粒径、時代分類などを整理した Microsoft Excel 形式の一覧表を作成しました。また、この一覧表に基づいて、地震発生年代や揺れの大きさに関連した情報を抽出し、地理情報システムを用いたデータベースを作成しました(図 13)。

参考文献

- 1) 文部科学省地震調査研究推進本部:相模トラフ 沿いの地震活動の長期評価、31pp、2004
- Nakajima, J. A. Hasegawa Cause of M7 earthquakes beneath the Tokyo metropolitan area, Japan: Possible evidence for a vertical tear at the easternmost portion of the Philippine Sea slab. *J. Geophys. Res.* 115, B04301, doi:10.1029/2009JB006863, 2010
- 3) 宇津徳治、地震活動総説、p876、東京大学出版会、1999
- 4) 東京大学地震研究所編、「新収日本地震史料」、日本電気協会、全21巻、1981-1994
- 5) 都司嘉宣、文化九年十一月四日(1812年12月7日)神奈川地震の震度分布、地震研究所彙報、84、pp.291-298、2009

- 6) 島崎邦彦、原口強、石辺岳男、中田高、旧江戸 川で見いだされた地震痕跡の再調査、地震研究 所彙報、No.84、pp.229-240、2009
- 7) 島崎邦彦、岡村真、松岡裕美、石辺岳男、小合溜における音波探査、地震研究所彙報、No.84、pp.267-270、2009
- 8) Shimazaki, K., H. Y. Kim, T. Chiba, K. Satake, Geological evidence of recurrence great Kanto earthquakes at the Miura Peninsula, J. Geophys. Res., 116, doi:10.1029/2011JB008639, 2011
- 9) Ishibe, T. K. Shimazaki H. Tsuruoka Y. Yamanaka, K. Satake, Correlation between the Coulomb Stress Changes Associated with Large Historical Earthquakes and Recent Seismic Activities: Effects of Large Historical Earthquakes on Background Seismicity Rate, Earth, Planets, Space, No.63, pp.301-314, 2011
- 10) 石辺岳男、西山昭仁、佐竹健治、島崎邦彦、南 関東で発生した M7 級地震の既往研究とデータ の整理-1894 年明治東京地震と 1895 年茨城県 南部の地震、地震研究所彙報、No.84、149-182、 2009

- 11) 石辺岳男、西山昭仁、佐竹健治、島崎邦彦、南 関東で発生した M7 級地震の既往研究とデータ の整理-1921 年茨城県南部の地震、1922 年浦賀 水道付近の地震ならびに 1987 年千葉県東方沖 地震、地震研究所彙報、No.84、pp.183-212、2009
- 12) 埋文関係救援連絡会議・埋蔵文化財研究会、発掘された地震痕跡、埋文関係救援連絡会議・埋蔵文化財研究会、大阪、p825、1996
- 13) 中田高、隈元崇、熊原康博、山中佳子、「形態 単位モデル」による一括活動型活断層の設定と 起震断層の再検討、活断層研究、No.24、pp.39-48、 2004
- 14) 菊地正幸、EIC 地震学ノート(No93s)2000 年 10 月 6 日鳥取県西部地震(M7.3)、 http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/sanchu/Seismo_Note/E IC News/001006.html、2000
- 15) Waldhauser, F. and W. L. Ellsworth A double-difference earthquake location algorithm: Method and application to the northern Hayward fault, Bull. Seism. Soc. Am., No.90, pp.1353-1368, 2000
- 16) 活断層研究会編、新編日本の活断層、東京大学 出版会、東京、p440、1991

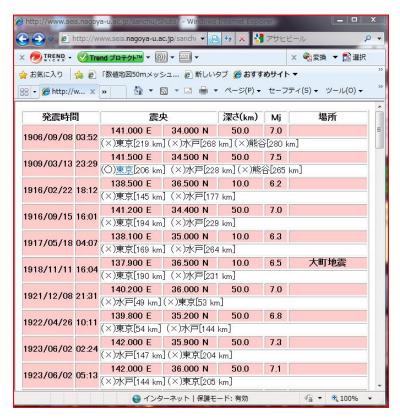


図1 本プロジェクトで収集した波形画像の公開 HP 例

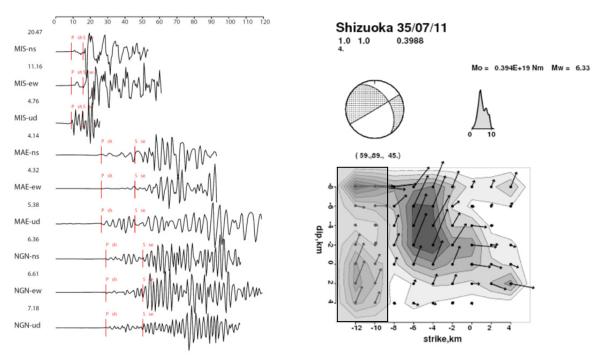


図2本プロジェクトで収集し読み取った1935年静岡地震の波形記録(左)と強震計解析結果(右)。ハッチをつけた長方形で囲んだ部分は解像度の低い領域。

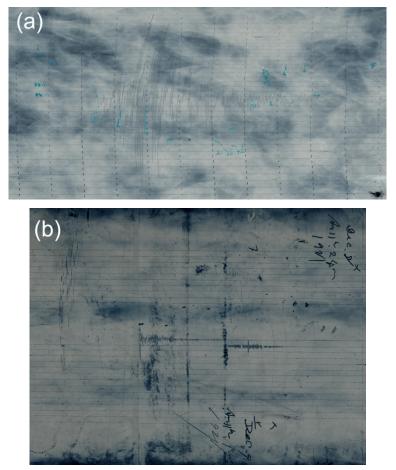


図 3 1921 年茨城県南部の地震のすす書き記録紙。(a) 水沢センターの大森式地震計南北動成分。(b) 東北大学向山観象所 Wiechert 上下動成分。記録紙全体を大型スキャナーで取り込み、本震部分を拡大して画像処理により白黒反転で表示。

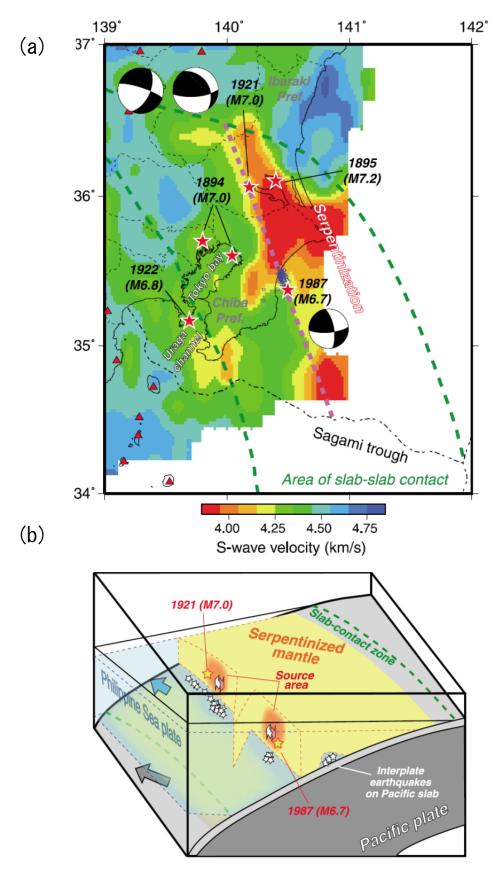


図4 (a) 太平洋プレート上部境界より 10 km 浅部の面に沿う S 波速度構造。茨城県南部から千葉県北東部にかけて分布する低速度域はフィリピン海プレート内部の蛇紋岩化領域。(b) フィリピン海プレート内部の蛇紋岩化領域と 1921 年茨城県南部の地震、1987 年千葉県東方沖の地震の関係の模式図。

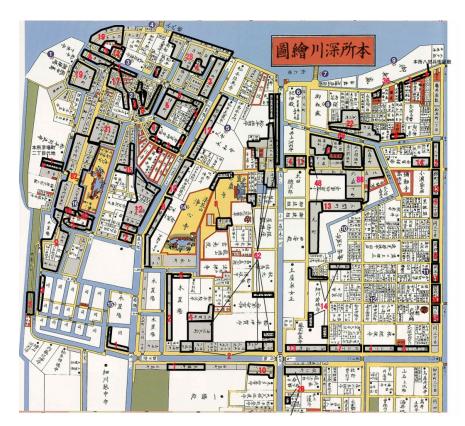


図 5 1855 年安政江戸地震による江戸町人地の死者数分布。『江戸切絵図』(原図番号 19-1、本所深川絵図 1) に対応 (人文社刊『江戸東京散歩・切絵図現代図で歩く』に加筆)。

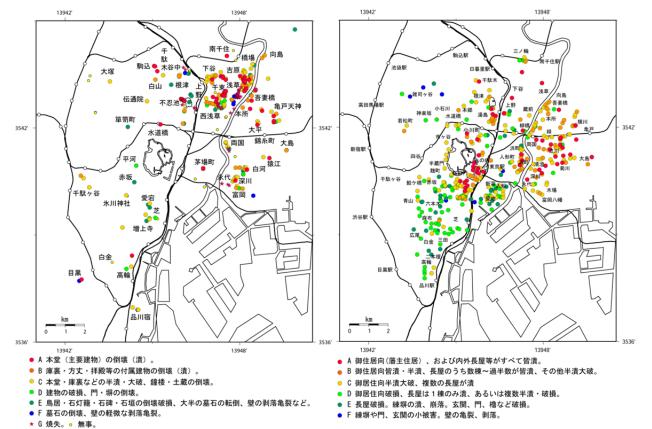


図6 (左) 1855 年安政江戸地震による寺院の被害分布。(右) 1855 年安政江戸地震による大名屋敷の被害分布。

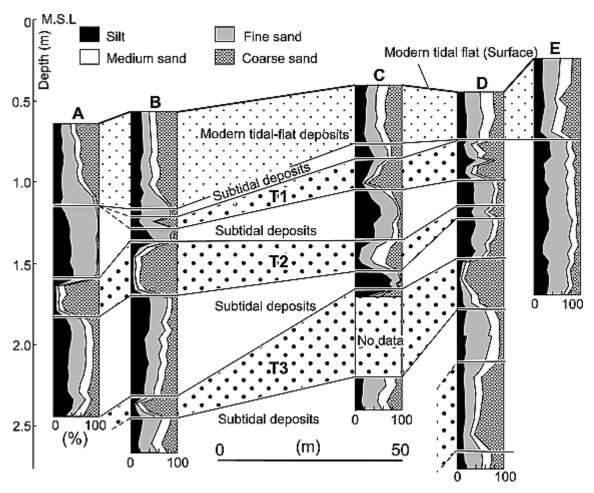


図 7 三浦半島小網代湾で掘削したコアの地層。T1 は大正関東地震、T2 は元禄関東地震、T3 はその前の関東地震による津波堆積物。

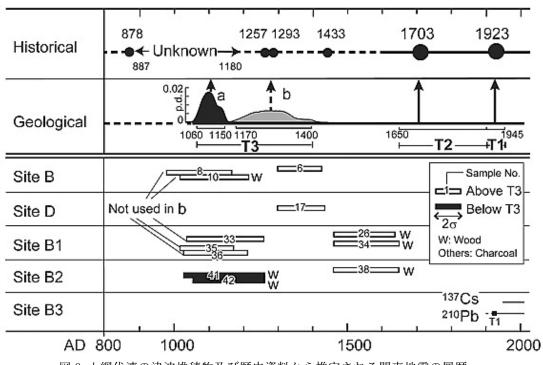


図8小網代湾の津波堆積物及び歴史資料から推定される関東地震の履歴。

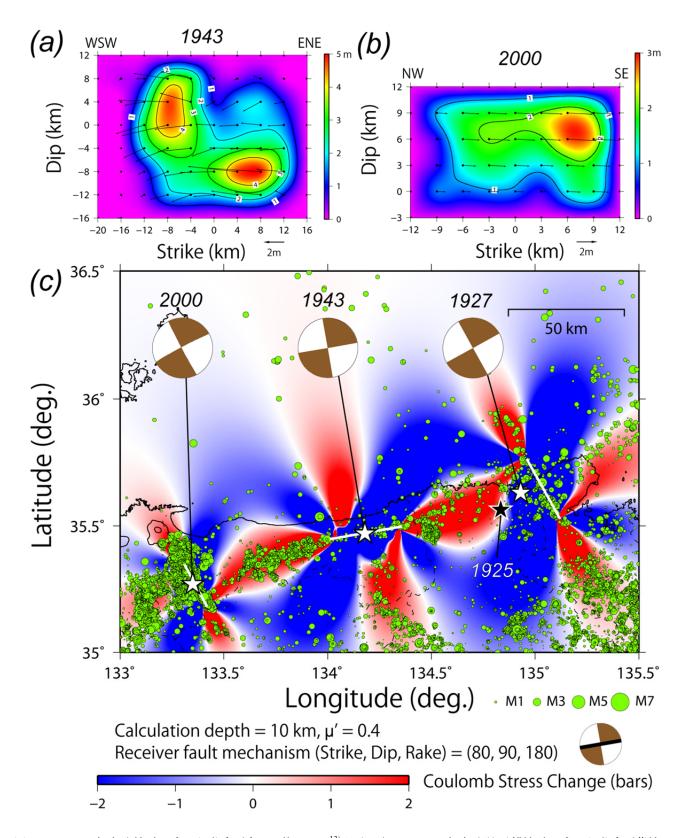


図9 (a) 1943 年鳥取地震のすべり分布 (中田・他、2004¹³⁾ による)。(b) 2000 年鳥取県西部地震のすべり分布 (菊地、2000¹⁴⁾ による)。 (c) 1927 年北丹後地震、1943 年鳥取地震、2000 年鳥取県西部地震による静的クーロン応力変化(Δ 鳥取県)と近年の地震の震央分布(1997 年 Δ 10 月~2010 年 5 月、気象庁一元化震源カタログによる)。

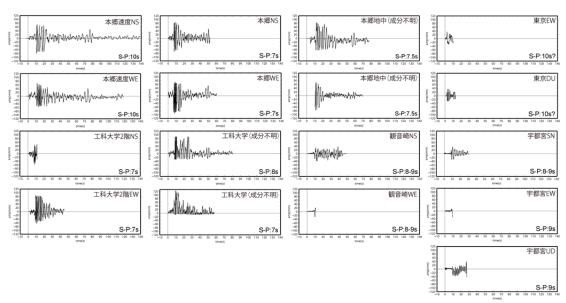


図 10 東京周辺で得られた 1894 年明治東京地震の地震波形記録と読み取った S-P 時間。観音崎、中央気象台の東京、宇都宮以外の観測点は円盤記録を復元。

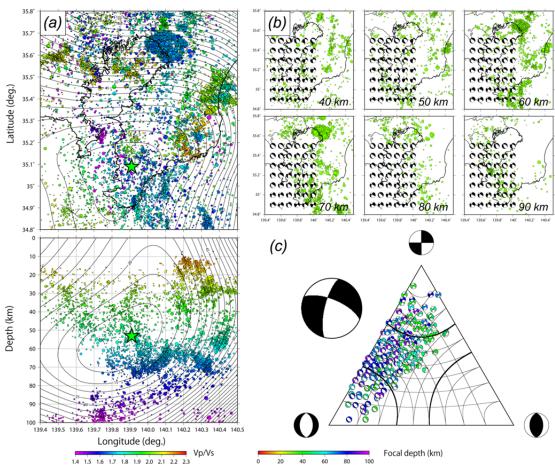


図 11 (a) S-P 時間による 1922 年浦賀水道付近の地震の震源(緑星)。コンターは残差の二乗和を表す。丸は気象庁一元化震源の Double Difference 法(Waldhauser and Ellsworth、2000¹⁵)による再決定震源。(b) 1922 年浦賀水道付近の地震の初動メカニズム解の震源位置による変化。(c) 1922 年浦賀水道付近の地震の初動メカニズム解(左)と震源位置による変化の三角ダイヤグラム表示(右)。

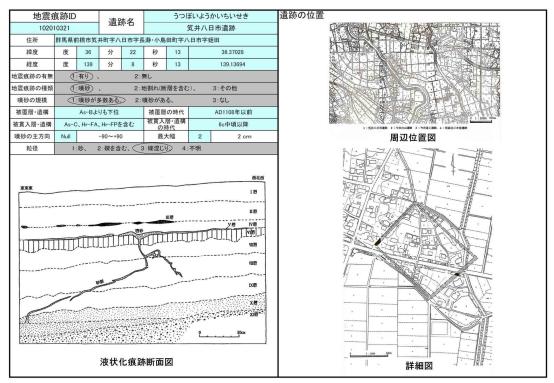


図 12 調査票の例 (笂井八日市遺跡:群馬県前橋市)

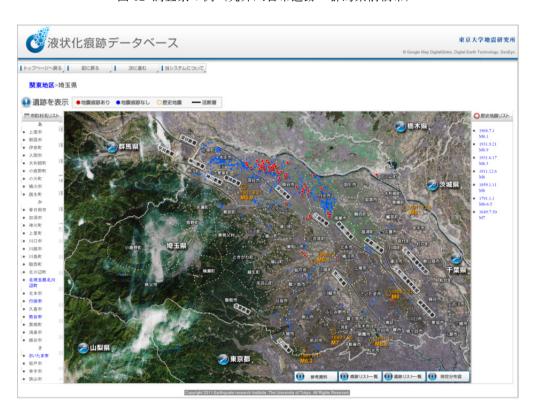


図 13 液状化痕跡データベースの画面 (埼玉県) [赤丸:地震痕跡の報告があった遺跡、青丸:報告書を調査した遺跡、 黒線:活断層線 (地震調査研究推進本部)、黄丸:歴史地震 (活断層研究会編、1991¹⁶)]

I-4 震源断層モデル等の構築

纐纈一起(東京大学地震研究所)

1. 研究の目的

本研究「震源断層モデル等の構築」では、首都圏に 脅威をもたらすプレート境界地震やスラブ内地震について、震源断層モデルの構築、及び地殻やプレートを含む地下構造モデルの構築を行って、短周期の強い揺れから長周期地震動を含む広い帯域での地震動予測を高度化することを目的としています。その際、「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」のサブプロジェクト1の他の研究で得られたデータ等を活用しました。

2. 研究の内容

地震はプレート境界、スラブ内、地殻内などで発生し、 震源から放射される地震動は、発生場所における応力 場の特徴と地震の規模に応じた周期特性をもっていま す。その後、地震動は、震源から地表まで伝播する間 に地下構造による影響を受けます。首都圏は関東平野 の中心に位置し、周辺域には山地や丘陵が存在すると いう地形が反映した複雑な地下構造になっており、この 地下構造は地震動に対して周期に応じた様々な影響 を与えます。

一方、首都圏に立地する建築物や構造物には、住宅・低層建築物・高層建築物・超高層建築物、石油・ガスの備蓄タンク、橋梁、上下水道・ガス・電気・電話等のライフラインなど、いろいろな種類が存在します。そして、それらは地震動に対して、それぞれの構造に応じた固有の応答特性をもっており、影響を受けやすい地震動の周期は幅広く存在します。

また、地震動による被害の程度は、この影響を受けやすい地震動の周期に支配されます。したがって、地震に対する防災・減災に役立てるためには、構造物の被害に関連する広い周期帯域で地震動を高精度に予測することが必要です。そして、そのためには、主に以下の基礎的な課題が重要です。

- (1)震源断層の拡がりと地震の規模の評価、及び震源 断層のうち特にすべりが大きいアスペリティ(あるいは 強い地震動を生成する強震動生成域)の想定とそ れらを含めた震源断層モデル化手法の高度化。
- (2)地震動が震源から地表に伝播する間に受ける影響 を評価するための地下構造モデルの精緻化と表層 地盤による地震動の増幅特性の評価。
- (3)地震を起こす震源断層が位置する場所の想定、及

び上記(1)と(2)の成果を活用した地震動予測の高度化。

ここに報告する内容は、上記課題に関して、東京大学地震研究所、京都大学防災研究所、防災科学技術研究所、東京工業大学大学院総合理工学研究科、東京大学大学院理学系研究科、北海道大学大学院工学研究科、九州大学大学院理学研究院、鹿児島大学大学院理工学研究科が実施した研究の成果です。

3. 研究の成果

3.1 震源断層モデル化手法の高度化

地震動の予測において特に重要な震源断層モデルの構築は、地震学的な知見及び地震動などの観測記録の解析結果に基づいて行われます。

プレート境界地震、スラブ内地震、地殻内地震のいずれにおいても、地震動は震源断層での応力の降下(解放)を伴うすべり(くい違い)によって発生すると考えられています。このとき、地震動の性質を決める主なパラメータは、震源断層の拡がり(長さと幅あるいは面積)と震源断層での平均すべり(すべり変位あるいはすべり速度)、及びアスペリティの拡がりとそこでのすべりです。断層の拡がりと平均すべりとの積は地震モーメント(地震の規模を測るひとつの指標)に比例した量です。震源断層における平均すべり変位は震源断層の拡がりを特徴づける長さと平均応力降下量に比例します。大きなすべりが生じるアスペリティの拡がりは断層面上での応力降下量の分布と関連し、また、アスペリティでのすべりの大きさはそこでの応力降下量の大きさと関連していると考えられます。

上記の特徴についての理論的考察は、地震動観測記録の解析により確認されます。本研究においては、破壊伝播が一様な断層面に限定されない場合にも適用可能な解析手法を開発し、2005 年福岡県西方沖地震、2007年新潟県中越沖地震、2007年能登半島地震、2008 年岩手・宮城内陸地震、2009 年駿河湾地震に適用して強震動生成域を特定しました。これは九州大学大学院理学研究院の研究成果です。図1に一例として、2009年駿河湾地震についての解析結果を示します。

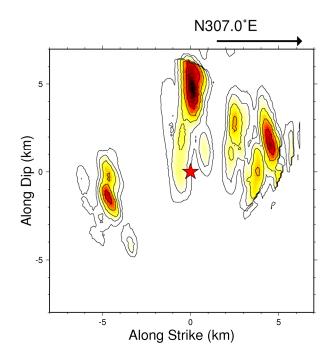


図1 非一様な破壊伝播を考慮して解析した 2009 年駿河湾 地震の主破壊断層面における P 波放射強度の分布。★は主 破壊開始点。

また、複雑な曲面形状をもつ震源断層に適用可能な解析手法を開発し、1703年元禄地震、1923年関東地震に適用しました。これは鹿児島大学大学院理工学研究科による研究成果です。図2に解析例を示します。

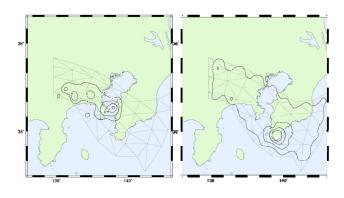


図2 曲面状の断層面を考慮した震源過程解析により得られたすべり分布。左図は1923年関東地震、右図は1703年元禄地震。

本研究ではさらに、2004 年新潟県中越地震、2004 年米国・パークフィールド地震を対象とした破壊過程の複雑性とマルチスケール破壊成長過程との関連とスケーリング則の研究、南海地域と米国・カスケード地域で発生する低周波微動の時定数インバージョン手法の開発、東京湾北部に発生するゆっくり地震と群発地震発生との関連に関する研究等、地震発生あるいは微動発生の各段階において震源で起こる物理過程に関する基

礎的研究を行いました。また、2011 年東北地方太平洋沖地震の震源過程を解析し、プレート境界で発生する超巨大地震の特徴を明らかにしました。これは東京大学大学院理学系研究科の研究成果です。

このような過去に発生した地震の震源過程に関する多くの研究成果を整理することにより、地震時に震源で起きている特徴的な過程が明らかにされてきました。これらの研究成果から、プレート境界、スラブ内、地殻内で発生する地震のそれぞれについて、震源断層での平均応力降下量は地震の規模が異なっても大きく変化せず、震源断層の面積と地震モーメントとの間には、地震モーメントの広い範囲で特定の関係が成り立つことが明らかにされ、また、アスペリティの面積やアスペリティにおけるすべり量についても地震モーメントと特定の関係が成立することが確認されます。

震源断層の面積と地震モーメントとの関係、あるいはアスペリティの面積と地震モーメントとの関係は、震源断層モデルの構築において重要です。

地殼内地震については、アスペリティの面積 S_a と地震モーメント M_0 との関係が詳細に調べられ、以下の関係が確認されています(Somerville *et al.*, 1999 11)。

$$S_a(km^2)=2.32\times10^{-11}M_0^{2/3}(Nm).$$
 (1)

地震モーメントは断層面積とすべり量との積に比例するので、この関係は、すべり量が断層面積の平方根、あるいは断層の特徴的な長さに比例し、平均的にみると応力降下量が地震によらず変わらないことを意味しています。

プレート境界地震についても、近年研究成果が報告されていて(Murotani $et~al.,~2008^2$)、内陸地震と同様な以下の関係が得られています。

$$S_a(km^2)=2.89\times10^{-11}M_0^{2/3}(Nm).$$
 (2)

本研究では、スラブ内地震やアウターライズ地震について、地震動波形記録の解析に基づく震源過程の研究を行い、今までに蓄積された成果と合わせて、スラブ内地震のスケーリング則を求めました。スラブ内地震のアスペリティの面積と地震モーメントとの関係は、Iwata and Asano (2011)³⁾により、

$$S_a(km^2)=1.04\times10^{-11}M_0^{2/3}(Nm),$$
 (3)

また、強震動生成域と地震モーメントとの関係は、笹谷・他 (2006)⁴⁾により、

$$S_a(km^2)=1.25\times10^{-11}M_0^{2/3}(Nm),$$
 (4)

と求められています。これらの関係も内陸地震やプレ

ート境界地震に見られる関係と傾きが似たものになっています。図3及び図4にスケーリング則についての解析結果を示します。これらは京都大学防災研究所、北海道大学大学院工学研究科による研究成果です。

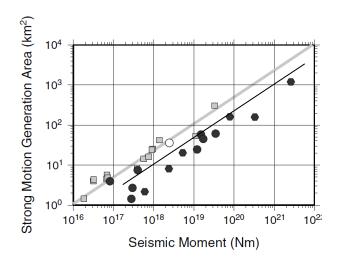


図3 スラブ内地震の強震動生成域と地震モーメントとの関係。 ●と黒色線はそれぞれスラブ内地震の強震動生成域についてのデータと統計的関係。■と灰色線は地殻内地震のアスペリティについての結果。(Iwata and Asano, 2011)

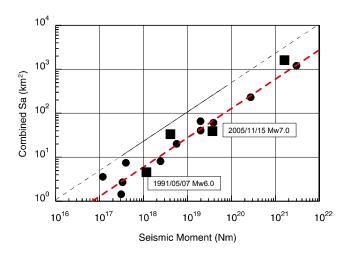


図 4 スラブ内地震の強震動生成域と地震モーメントとの関係。■は本研究での解析結果、●と破線はそれぞれ笹谷・他 (2006)のデータと統計的関係。

これらの研究成果は、首都圏において発生が懸念される地震の震源モデル構築に活用されました。

3.2 地下構造モデルの高度化

震源から地表まで伝播する間に地震動が受ける地下構造の影響は、建築物や構造物の被害を評価する上で震源断層モデルの構築と並び大変重要です。

地震が発生する場所は、硬い岩石等から成る地殻あ

るいはマントル内部です。そこでは P 波速度と S 波速度との比は 1.7~1.8 です。地殻の最上部では P 波速度は 6,000m/s 程度、S 波速度は 3,500m/s 程度の値で、地震基盤と呼ばれます。地震基盤より浅い部分は一般に浅くなるほど軟らかくなり、P 波速度と S 波速度は減少し、P 波速度と S 波速度との比は増大していきます。山地等で比較的硬い岩石が露頭しているところでは地表の S 波速度はあまり小さくなっていませんが、平野や盆地の地表付近では P 波速度も S 波速度もきわめて小さな値になっています。地表よりやや深いところの S 波速度が 300~400m/s、大きくても700m/s 程度の地層は、建築物や構造物の基礎を支持できると判断されることから、工学的基盤と呼ばれます。

工学的基盤より深い構造は深い地盤構造及び地震基盤以深の地殻構造(以下、深い地下構造と総称する)モデル、工学的基盤から地表までの浅い構造は地盤構造モデルとして、別々にモデル化されるのが一般的です。また、地震動の予測計算においても、地下構造による地震動への影響は、多くの場合、震源から工学的基盤までの伝播経路と工学的基盤から地表までの部分とに分けて評価されます。

深い地下構造のモデル化は、物理探査結果やボ ーリング調査結果等の点あるいは線のデータを基にし た初期モデルの作成、走時や R/V スペクトル比につ いてモデルからの推定値と自然地震の観測記録によ る実測値との比較による修正、地質学的データや重 力異常データ等の面的データによる調整、中小地震 による地震観測記録の再現計算に基づいた改良へと 続く手順が標準的です(Koketsu et al., 2009⁵⁾)。日 本国内では、内陸と沿岸を含めて物理探査やボーリ ング調査が比較的稠密に実施されていて、地質図や 重力異常分布図等は全国を覆い、また地震観測点も 全国的に密に設置されています。深い構造の変化は あまり急激ではないと考えられますから、これらのデー タの平面的密度に応じた三次元モデルの構築が可 能です。本研究では、上述の標準的モデル化手法に 従いながら、関東・東海地域、及び中国・四国地域の 深い地下構造のモデルを構築しました。これらの成果 の一部は「長周期地震動予測地図(地震調査研究 推進本部, 20096))」や「全国 1 次地下構造モデル (Koketsu et al., 20087))」に活用されています。

また、既往の各種データの整理と利用や地震観測記録の解析に加えて、微動アレイ探査や微動観測を実施して新たに解析結果を追加し、関東地域の地下構造モデルを精緻化しました。これは東京工業大学大学院総合理工学研究科の研究成果です。得られた結果の一部を図5に示します。

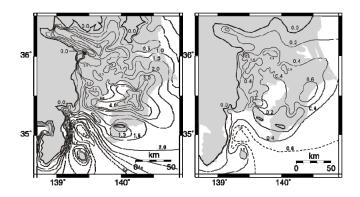
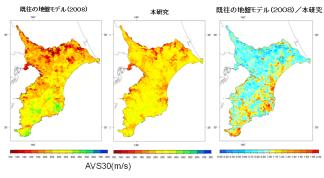


図 5 構築された関東平野の深い地下構造のモデル。左図は S波速度 3,000m/s、右図は 1,000m/s の層の上面の深さ。

一方、浅い地盤構造のモデル化は、物理探査結果 やボーリング調査結果等が利用可能ですが、少しの位 置の相違で大きな変化が見られるので、多くの場合三 次元のモデル化ではなく一次元のモデル化となります。 深い地下構造に影響される周期帯域と浅い地盤構造 に影響される周期帯域の境界は、1~2 秒程度と見積も られます。地震動予測において地下構造の影響は、一 般的に、深い地下構造のモデルと浅い地盤構造のモデ ルをつなぎ合わせて評価されていましたが、周期 1~2 秒程度の固有周期をもつ木造住宅等の構造物への影 響を評価するためには、深い地下構造と浅い地盤構造 を統一的にモデル化することが精度向上に効果的であ ると考えられます。本研究では、関東地域について、こ れらを含めた統合地下構造モデルの構築のために、既 往の物理探査データ、ボーリングデータの利用に加え て、地下構造のモデル化に十分な密度となるように多く の地点で微動観測を実施して、新たなデータを追加し、 データベースとして整備するとともに、モデル構築手法 を開発しました。これは防災科学技術研究所による研 究成果です。図6に結果を示します。また、図7に統合 地下構造モデルの構築に用いられた微動観測実施地 点を示します。



深さ30mの平均S波速度は、千葉県北西部で 既往地盤モデルに比べVs速度大

図 6 統合地下構造モデルの地表から深さ 30m までの平均 S 波速度の分布と既往モデルとの比較。

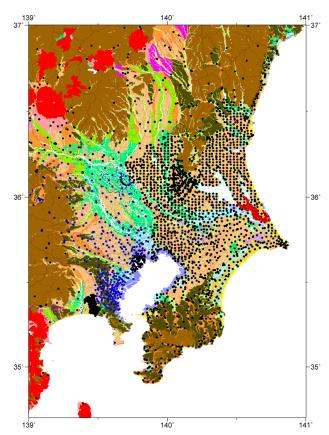


図 7 統合地下構造モデルの構築のために微動観測を実施した地点。

3.3 震源断層モデルの構築

首都圏において発生が懸念される地震として、本プロジェクトの「首都圏でのプレート構造調査」によるトモグラフィー解析を用いた研究成果を参照して、プレート境界地震とスラブ内地震を想定しました。

プレート境界地震については、中央防災会議(2004)⁸⁾が既に検討しています。その結果との比較を 念頭において、本プロジェクトの成果と中央防災会議 のモデルを参照し、震源断層モデルを構築しました。

スラブ内地震については、本プロジェクトの成果を活用して震源断層モデルを構築しました。

3.3.1 プレート境界地震の震源断層モデル

プレート境界地震については、過去に中央防災会議が検討したモデル(中央防災会議,2004⁸⁾)との比較を念頭において、その震源断層モデル参照しました。震源断層の水平位置、断層形状、発震機構、地震規模、並びにアスペリティの個数、位置、及び面積は中央防災会議のモデルと同様としました。また、震源断層を矩形に分割する方法も中央防災会議と同様としました。分割された要素断層の大きさはおよそ5km×5kmです。

想定地震の地震規模 Mw は 7.3、地震モーメントは 1.1×10^{20} Nm、断層面積は 2,000 km²、平均すべり量は 1.6 m、2 つのアスペリティの面積は断層面積のそ

れぞれ 0.16 倍と 0.06 倍、すべり量は 3.6 m ≥ 2.2 m、アスペリティ以外の背景領域でのすべりは 1.2 m です。ライズタイムは地震本部のレシピに従い、中央防災会議の 2 倍としました。

震源断層はフィリピン海プレート上面に沿って設定されています。本プロジェクトで確認されたフィリピン海プレート上面の深さ(図 8 参照)は中央防災会議が採用した当時のモデルより平均で10 km 程度浅くなっているので、震源断層の深さもおよそ10 km 程度浅くなっています。

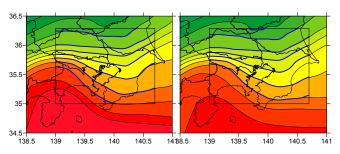


図 8 本プロジェクトで確認されたフィリピン海プレートの海洋性地殻第2層(左)と第3層(右)の上面深さ分布。矩形内部の青線が新たな深さ。

破壊開始点については、中央防災会議と同じ断層 中央の深部だけでなく、断層の東端深部、西側深部も 追加して3ケースを想定しました。図9に震源断層モデ ルを示します。

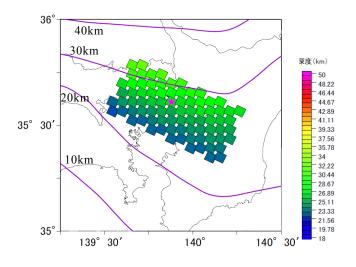


図 9 想定したプレート境界地震の震源断層モデル。

また、図 10 にアスペリティの位置を示します。図中、灰色の矩形がアスペリティ、白色の矩形は背景領域です。 星印はそれぞれ、断層深部の中央、東端、西端に想定 した破壊開始点の位置を示します。

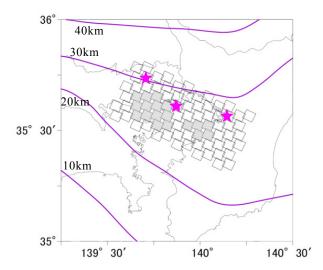


図 10 アスペリティの位置。星は3 通りの破壊開始点。

3.3.2 スラブ内地震の震源断層モデル

スラブ内地震の位置と面積については、本プロジェクト「首都圏でのプレート構造調査」のトモグラフィー解析結果を参照して想定しました。震源断層は、フィリピン海プレート内部で Vp/Vs 比が平均的値から急増する境界付近、また微小地震活動が活発な領域に位置しています。震源断層の走向は 185 度、傾斜は80度、すべり角は 105 度、断層上端はフィリピン海プレートの海洋性地殻第 3 層の上面に沿っていて、上端深さの範囲は 32~57 km です。断層は矩形で走向方向の長さは 48 km、傾斜方向の幅は 20 km、分割された要素断層の大きさは 4 km×4 km です。

想定地震の地震規模 Mw は 7.1、地震モーメントは 5.6×10^{19} Nm、断層面積は 960 km²、平均すべり量は 0.82 m、長周期と短周期で震源を区別し、長周期震源では 2 つのアスペリティの震源断層に対する面積比はそれぞれ 0.125 倍と 0.08 倍、すべりは 1.8 mと 1.5 m、短周期震源では面積比はそれぞれ 0.08 倍と 0.04 倍、すべりは 3.1 mと 2.2 m、アスペリティ以外の背景領域でのすべりは 0.65 です。破壊開始点は、断層中央の深部、2つのアスペリティに挟まれたところに想定しました。図 11 に震源断層モデルを示します。

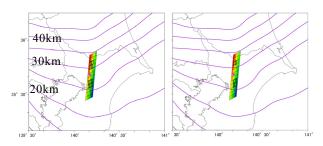


図 11 想定したスラブ内地震の震源断層モデル。左は長周期震源。右は短周期震源。

3.4 広帯域地震動予測

想定地震による地震動の予測計算は、プレート境界 地震とスラブ内地震とも共通に、長周期帯域での地震 動は三次元差分法、短周期帯域では統計的グリーン 関数法により計算し、接続周期 2 秒でハイブリッド合成 して、周期 20 秒から 0.1 秒 (=10 Hz) の広い周期帯域を 対象としました(ハイブリッド合成法)。

差分法シミュレーション・コードは林・引間 $(2001)^{9}$ を用いました。すべり時間関数は中村・宮武 $(2000)^{10}$ による関数を採用し、ライズタイムを $W/2V_r(W)$ は断層の幅、 V_r は破壊伝播速度)と設定しました。

地下構造モデルは、全国1次地下構造モデル、本研究における研究成果(3.2に既述)、本プロジェクト「首都圏でのプレート構造調査」で確認されたフィリピン海プレート構造を組み合わせた三次元地下構造モデルを用いました。地下構造モデルの各層の物性値は全国1次地下構造モデルの値を採用しました。非弾性減衰はメモリバリアブルによる粘弾性減衰とし、Q値の参照周期を4秒と設定しました。

応力と速度の差分格子をスタッガードグリッド配置として、空間 4 次、時間 2 次の精度を確保しました。水平方向の格子間隔は有効周期を考慮して 150 m とし、深さ方向の格子間隔は最小 150 m で可変としました。計算領域の境界からの不自然な反射波の発生を防ぐために吸収境界を設けています。

短周期帯域の地震動計算で用いる統計的グリーン 関数法において、分割された要素断層からの寄与を合 成する方法は Irikura (1986)¹¹⁾を採用しました。要素断 層における地震動は、Boore (1983)¹²⁾にしたがって、正 規乱数、包絡線関数、Brune (1970)¹³ によるω⁻² モデル の振幅スペクトルで計算し、グリーン関数の継続時間は コーナー周期の半分としました。すべり時間関数の補正 は指数関数型の補正関数(入倉・他、199714)を採用し ました。各要素断層から放射され評価地点に至る地震 動の振幅スペクトルは、SH波とSV波それぞれについて、 発震機構と、球殻構造で計算した射出角と震源から評 価地点を見た方位角で決まる波線方向に応じた放射 強度係数、幾何減衰、非弾性減衰、震源と地震基盤と の物性値の相違、地震基盤から工学的基盤までの地 盤の応答を考慮して計算しました。地下構造は、球殻 構造モデルと、長周期地震動の計算で用いた地下構 造モデルの地震基盤から工学的基盤までの評価地点 直下の一次元モデルを用いました。

3.4.1 プレート境界地震の広帯域予測地震動

想定したプレート境界地震について広帯域地震動の 予測計算を行った結果をこの節で示します。3通りの破 壊開始点についての最大速度の分布を図 12a、b、c に 示しました。

図12に示されるように、地震動の振幅は当然ながら、破壊開始点の位置によらず震源断層の直上、特に大き

な方のアスペリティの直上で大きくなっています。それに加えて、図 12a、b、c の比較から、破壊伝播の向かう方向に振幅の大きい領域が伸びていることがわかります。また、地震基盤から工学的基盤までの地下構造も最大速度の分布に影響していることも認められます。厚い堆積層が存在する地域では揺れが強まる傾向が見えます。これらの要因が地震動の大きさに影響することは注意すべき点です。

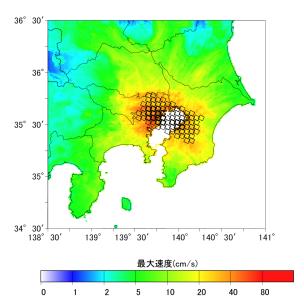


図 12a ハイブリッド法により計算されたプレート境界地震の工学的基盤における最大速度分布。断層中央深部の ★は破壊開始点。

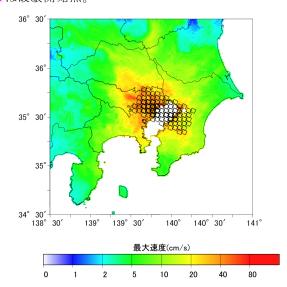


図 12b ハイブリッド法により計算されたプレート境界地震の工学的基盤における最大速度分布。断層中央東端の **は破壊開始点。

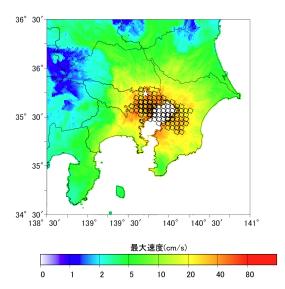


図 12c ハイブリッド法により計算されたプレート境界地震の 工学的基盤における最大速度分布。断層中央西端の★は 破壊開始点。

図 13 に、破壊開始点が断層中央深部にある場合について、最大速度振幅の距離減衰を示します。工学的基盤における最大速度は、司・翠川(1999)¹⁵⁾により経験的に求められた距離減衰と比較し振幅はやや小さいが概ね一致しており、予測の妥当性を示しています。

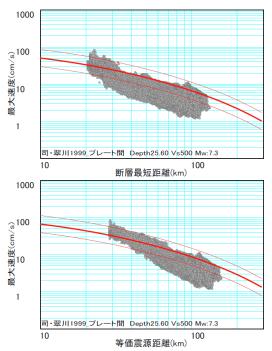


図 13 ハイブリッド合成法によるプレート境界地震の工学的基盤における最大速度の距離減衰。上は断層最短距離、下は等価震源距離を使用。曲線は司・翠川(1999)による経験式。

地表での震度分布を図 14a、b、c に示します。地表

における震度は、工学的基盤における計測震度に、 微地形区分により推定した地表から深さ 30m までの 平均 S 波速度に応じた震度増分(中央防災会議と同 じ値)を加算しています。平均 S 波速度が小さいほど 震度増分は大きくなります。

ただし、これらの推定には以下の理由で、大きな誤 差を含んでいる可能性があります。

- 1. 首都直下地震がフィリピン海プレートのプレート 境界地震になるかどうかはよくわかっていない (1-3 参照)。
- 2. 地震の規模(マグニチュード)、震源断層やアスペリティの位置は仮りに設定されたものである。
- 3. 地下構造モデルの空間分解能は数 km 程度である。
- 4. 強い揺れに対する地盤の非線形な挙動を十分 考慮していない。

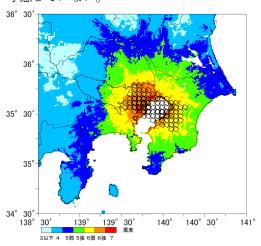


図 14a ハイブリッド合成法により計算されたプレート境界 地震の地表における震度分布。☆は断層中央深部の破壊 開始点。(大きな誤差を含む可能性があります。また、 専門家のレビューを受けていません)。

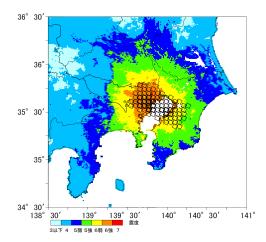


図 14b ハイブリッド合成法により計算されたプレート境界 地震の地表における震度分布。☆は断層東端深部の破壊 開始点 (大きな誤差を含む可能性があります。また、 専門家のレビューを受けていません)。

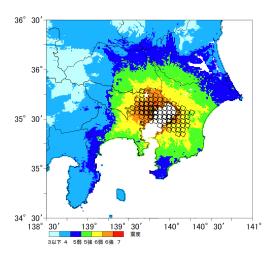


図 14c ハイブリッド合成法により計算されたプレート境界地震の地表における震度分布。☆は断層西端深部の破壊開始点(大きな誤差を含む可能性があります。また、専門家のレビューを受けていません)。

震度が大きな地域は、工学的基盤上の最大速度分布 (図 12a、b、c) と概ね一致しています。震源断層の直上、特に大きな方のアスペリティの直上が大きな揺れになっており、それに地下構造モデルや破壊の伝播方向などが影響した分布になっています。

図12と図14では最大速度や震度の分布を見てきましたが、次に予測計算された地震動の波形を示します。図15は破壊開始点が断層中央深部のときの、統計的グリーン関数法、三次元差分法、及び両者のハイブリッド合成のそれぞれによる工学的基盤における地震動の速度波形、フーリエスペクトル、速度応答スペクトルを示します。評価地点はそれぞれ(a)横浜、(b)新宿、(c)霞ヶ関です。

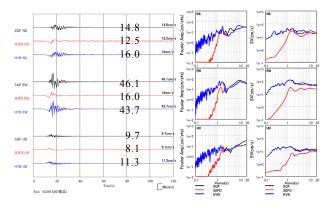


図 15a 横浜での速度波形(左)、フーリエスペクトル(中)、速度応答スペクトル(5%減衰、右)。破壊開始点が断層中央深部の場合の工学的基盤における値。上から南北、東西、上下成分。黒線は統計的グリーン関数法、赤線は三次元差分法、青線は両者をハイブリッド合成したもの。数字は最大振幅(cm/s)。

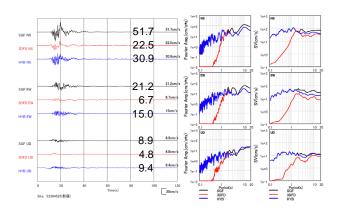


図 15b 新宿での速度波形(左)、フーリエスペクトル(中)、 速度応答スペクトル(5%減衰、右)。

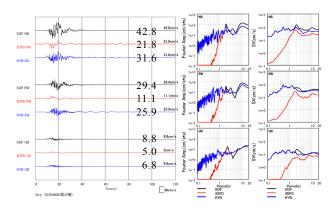


図 15c 霞が関での速度波形(左)、フーリエスペクトル(中)、速度応答スペクトル(5%減衰、右)。

左図は速度波形、中図はフーリエスペクトル、右図は減衰 5%の速度応答スペクトルです。それぞれ上から南北、東西、上下成分で、黒線は統計的グリーン関数法、赤線は三次元差分法、青線は両者をハイブリッド合成したものです。速度波形は破壊開始時から120秒間が表示されています。スペクトルは周期 0.1~20 秒の帯域で表示されています。

統計的グリーン関数法による波形は短周期成分に 富み、三次元差分法による波形は長周期成分が卓越しています。ハイブリッド合成の波形は両者の特徴 を兼ね備えた広帯域波形となっていることがわかります。

統計的グリーン関数法による波形は、波形計算手法の制約から実体波部分については短周期から長周期まで評価されていますが、地下構造に起因する表面波は含まれません。ただし図に示した評価地点では、震源からの距離が小さいため表面波は顕著に現れないと考えられるので、短周期成分を除いた統計的グリーン関数法による波形は三次元差分法の波形に近いものになっています。

図 16 に、破壊開始点が断層深部の中央(黒線)、 東端(赤線)、及び西端(青線)の場合の工学的基盤 における地震動の速度波形、フーリエスペクトル、減衰 5%の速度応答スペクトルの比較を示します。

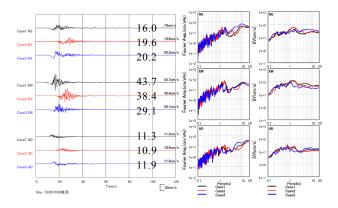


図 16a 横浜での速度波形(左)、フーリエスペクトル(中)、速度応答スペクトル(5%減衰、右)。プレート境界地震について、ハイブリッド合成法により計算された工学的基盤における値上から南北、東西、上下成分。黒線は破壊開始点が断層中央、赤線は東端、青線は西端にある場合。

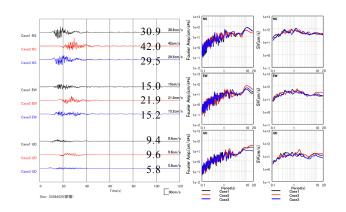
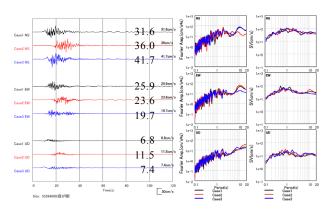


図 16b 新宿での速度波形(左)、フーリエスペクトル(中)、 速度応答スペクトル(5%減衰、右)。



左図は速度波形、中図はフーリエスペクトル、右図は減衰 5%の速度応答スペクトルで、上から南北、東西、

上下成分です。全てハイブリッド合成波形で、評価地点は(a)横浜、(b)新宿、(c)霞が関です。横浜では東西動、新宿と霞が関では南北動の速度応答スペクトルは周期1~2秒での振幅が100cm/s程度の大きさとなっており、構造物への影響が懸念されます。

次に、プレート境界地震についての本研究での予測地震動と中央防災会議の検討結果とを比較します。図 17 は中央防災会議による統計的グリーン関数法の地表震度分布です。先に述べましたように、プレート境界地震の震源断層モデルは、震源断層の深さとライズタイムの相違を除くと、本研究と中央防災会議の検討とでほぼ同じです。

中央防災会議の予測結果と比較して、本研究の図 14a に示された予測結果は、震源断層の近傍、特に面積の広い西側のアスペリティの近傍で、震度 6 強の領域がより広く広がっています。また、中央防災会議の予測には現れなかった震度 7 の地域が点在します。これは、フィリピン海プレートが新たにモデル化され、プレート境界が平均で10km程度浅くなったことによると考えられます。ただしここでは、震源断層モデルの仮定や地下構造モデルの精度などにより、大きな誤差を含む可能性があります。また、大きな揺れに対する地盤応答の非線形性を十分に考慮していません。

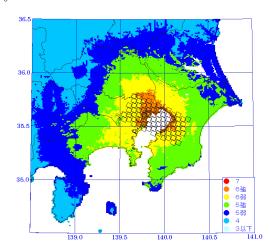


図 17 中央防災会議(2004)による統計的グリーン関数 法を用いた地表における震度分布の予測結果。

また、震源断層の周辺ではどちらも震度 6 弱の領域が広く分布しますが、中央防災会議の予測では神奈川県中央部に震度 6 弱が現れていましたが、本研究の予測では5強にとどまっている地域が見られます。また、震源断層の西側から南西側、房総半島の先端付近で、本研究の予測は中央防災会議の予測結果より小さな震度となっています。これは中央防災会議の検討当時より深部地下構造モデルの精緻化が進み、当該地域のモデルが改められたことによると考えられます。

3.4.2 スラブ内地震の広帯域予測地震動

プレート境界地震と同様に、震源断層モデル、地下構造モデルを用いてハイブリッド合成法により、想定したスラブ内地震について広帯域地震動の予測計算を行いました。図 18 に示します。評価視点は(a)幕張、(b)浦安です。

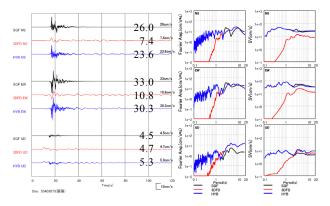


図 18a 幕張での速度波形(左)、フーリエスペクトル(中)、速度応答スペクトル(5%減衰、右)。スラブ内地震について、ハイブリッド合成法により計算された工学的基盤における値。上から南北、東西、上下成分。黒線は統計的グリーン関数法、赤線は三次元差分法、青線はハイブリッド法によるもの。数字は最大振幅(cm/s)。

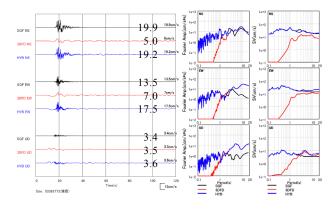


図 18b 浦安での速度波形(左)、フーリエスペクトル(中)、速 度応答スペクトル(5%減衰、右)。

参考文献

- 1) Somerville, P., K. Irikura, R. Graves, S. Sawada, D. Wald, N. Abrahamson, Y. Iwasaki, T. Kagawa, N. Smith, and A. Kowada, Characterizing Crustal Earthquake Slip Models for the Prediction of Strong Ground Motion, Seism. Res. Lett., Vol.70, pp.59-80, 1999
- 2) Murotani, S., H. Miyake, K. Koketsu, Scaling of characterized slip models for plate-boundary earthquakes, Earth Planets Space, 60, 987-991, 2008.
- 3) Iwata, T. and K. Asano: Characterization of

- Heterogeneous Source Model of Intraslab Earthquakes toward Strong Ground Motion Prediction, Pure Appl. Geophys., Vol.168, pp.117-124, 2011
- 4) 笹谷努、森川信之、前田宜浩、スラブ内地震 の震源特性、北海道大学地球物理学研究報告、 No.69, 123-134, 2006
- 5) Koketsu, K., H. Miyake, Afnimar and Y. Tanaka: A proposal for a standard procedure of modeling 3-D velocity structures and its application to the Tokyo metropolitan area, Japan, Tectonophysics, No. 472, pp.290-300, 2009
- 6) 地震調査研究推進本部地震調査委員会、長周期地震動予測地図 2009 年試作版、2009.
- 7) Koketsu, K., H. Miyake, H. Fujiwara, and T. Hashimoto, Progress towards a Japan Integrated Velocity Structure Model and long-period ground motion hazard map, Proceedings of the 14th World Conference on Earthquake Engineering, Paper No. No.S10-038, 2008
- 8) 中央防災会議、首都直下地震対策専門調査会、 2004
- 9) 林宏一、引間和人、差分法による三次元粘弾性波動場計算(その3)-不等間隔格子とPCクラスタによる大規模モデルの計算、日本地震学会講演予稿集、2001
- 10) 中村洋光、宮武隆、断層近傍強震動シミュレーションのための滑り速度時間関数の近似式、 地震、No.53、pp.1-9、2000
- 11) Irikura, K., Prediction of strong acceleration motions using empirical Green's function, Proceedings of the 7th Japan Earthquake Engineering Symposium, 1986.
- 12) Boore, D. M., Stochastic simulation of high-frequency ground motions based on seismological models of the radiated spectra, Bull. Seismol. Soc. Am., No73, pp.1865-1894, 1983
- 13) Brune, J.N., Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes, Bull. Seismol. Soc. Am., 77, pp.420-439, 1970.
- 14) 入倉孝次郎、香川敬生、関口春子、経験的グリーン関数を用いた強震動予測手法の改良、日本地震学会講演予稿集、B25、1997
- 15) 翠川三郎、藤本一雄、村松郁栄、計測震度と旧気 象庁震度および地震動強さの指標との関係、地域安 全学会論文集、No.1、pp.51-56、1999

II-1 震災時における建物の機能保持に関する研究開発

佐藤栄児(防災科学技術研究所)

1. はじめに

今後30年以内に70%程度という高い確率で、南関東にマグニチュード7程度の地震が発生すると予測されており10、この種の地震が首都地域に発生した場合、最大で死者数1万人以上、経済被害100兆円以上との予想がされています20。また、1995年に発生した兵庫県南部地震においては、死者6,434人、被害総額約9兆9千億円30でしたが、15年以上経過した現在でも被害対策が劇的に向上したとは言えません。

このような状況を鑑み、2007 年度から 5 ヶ年間の計画で、文部科学省は「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」を立ち上げ ⁴⁾、筆者らは本プロジェクトのうち「②都市施設の耐震性評価・機能保持に関する研究(1)震災時における建物の機能保持に関する研究開発」の研究課題を推進しました。

本研究課題は、首都直下地震に対する都市施設の被害を軽減し、施設の機能を維持するための防災・減災対策について検討することを主目的としています。都市部に大地震が発生した場合、建物の倒壊を極力防ぐことは重要です。一方、被災後の政治、経済、医療、情報発信等の社会活動の停止は、被害の拡大やその後の復興にも多大な影響を与えるため、これら都市機能を地震発生後も維持・継続させることは非常に重要な課題です 1,5)。

実際に兵庫県南部地震時には、兵庫県下で地震発生1週間までの患者数は12万人を超え、うち入院を要した患者数は約2万人にも及びましたが6、医療施設の総数約3,100施設(病院約220、診療所約2,920ただし歯科診療所は除く。)のうち半数以上の約1,600施設(病院約190、診療所約1,470)が被害を受け⁷⁾、1,000を超える医療施設(病院・診療所を含む)が診療不能となり、被害を拡大させました6)~8)。

これらの過去の教訓から、本研究課題では救急救命、 生命維持の拠点となる医療施設に着目し、施設内の機 器およびそれらの複合システムの耐震性を明らかにし、 具体的な地震対策方法を示すことをめざしました。

本研究課題では、以下の3つの研究項目に分けて研究を実施しました。

- (i) 医療機器の地震災害に対する脆弱性の定量 的評価
- (ii) 既存の耐震構造および免震構造の医療施設 の機能保持性能に関する実証検討と限界性能 の確認
- (iii) 既往の機能保持技術の医療施設への適用および新たな機能保持技術の検討評価

医療機器および医療設備では、運用上の安全性について JIS 規格 ⁹⁾などが存在しますが、地震時における耐震性についてほとんど考慮されておらず、公的な機関からも地震対策の基準および明確な対策方針が示されていません。そこで研究項目(i)では、医療機器およびこれらの複合システムの地震災害に対する脆弱性を定量的に評価することをめざし、平成19年度に中型振動台を用い機器単体での振動実験を実施し、耐震性の検証を行いました ^{10)~14)}。

研究項目(i)における機器単体耐震実験の結果を踏まえ、様々な医療機器の複合システムおよび医療施設全体としての耐震性評価のため、医療施設を模擬した実大試験体による振動実験を E-ディフェンス(防災科学技術研究所所有: 実大三次元震動破壊装置(15m×20m、最大搭載質量 1,200ton の震動試験装置))を用い、研究項目(ii)において実施しました。

研究項目(ii)では、研究項目(ii)での実大実験より明らかになった施設の機能保持のための問題点について整理し、その解決策等を検討しました。さらにより高度な機能保持のための要求に対応する技術検討も実施し、これらの地震対策技術等の実証に関して、E-ディフェンスを用いた実大実験を実施しました。

以上の研究項目で得られた知見をもとに、医療施設を含む重要施設が地震時においてその機能を保持させるための指標となる対策資料へと展開させました。

ここでは、研究項目(ii)(iii) 既存構造の医療施設の機能保持性能に関する実証検討と機能保持技術の検討評価として実施した医療施設の実大実験の結果について述べます。

既存の医療施設の多くは耐震構造であり過去の震 災でも多くの被害を受け、兵庫県南部地震では 41.7% が施設・設備の損壊が原因で診療機能の低下が発生 しています 15)。そこで耐震構造での医療施設の機能保 持性能および機能損傷状況、復旧性能を定量的に評 価することは、今後の耐震対策を検討するうえでの基 礎データとなります。また、地震災害から施設の構造お よびその機能を守る上で有効である免震構造 16)~23)は、 1994年まではわずか82件で、うち病院では1例もあり ませんでしたが、1995年の兵庫県南部地震を契機に 建設が急速に増加し、2000年までには700件を超え、 うち医療施設は全体の約 10%を占めています ²⁴⁾。この ように医療施設において急速に増加している免震構造 での機能保持性能および様々な地震動に対する限界 性能などについて定量的に評価し、問題点を抽出する ことは、今後の対策方法を検討するための有効な基礎



図1 試験体全景

データとなります。

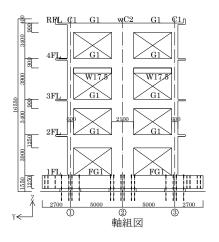
本実大実験は、医療施設の機能保持性能を評価するため実施された初めての大規模構造物振動実験であり、また世界で最初の大規模免震構造物の実験でもあります。耐震構造と免震構造それぞれに対して、直下地震による短周期地震動と、海溝型地震で発生が懸念されている長周期地震動²⁵⁾を用いて振動実験を行い、特に、短周期が卓越する地震動を受ける耐震構造の被害様相と、共振現象が想定される長周期地震動を受ける免震構造の被害様相を明らかにしました。

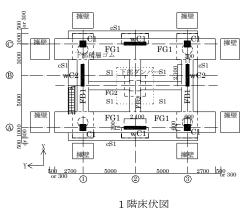
2. 試験体

2.1 耐震構造

実験に用いた RC 造4階建て試験体を図 1 に示しま す。本試験体は、繰り返しの振動実験に耐えられること、 地震直後においても機能保持が求められる病院建築 であるということ、および官庁施設の総合耐震計画基準 26)などを考慮し、現行の耐震基準における標準せん断 力係数 0.2 を 1.5 倍した 0.3 として設計しました。試験体 の軸組図および床伏図を図2に、部材断面リストを表1 に示します。試験体の総質量は 760t で、スパンは短辺 方向(X 方向)8m×1 スパン、長辺方向(Y 方向)5m×2 スパン、階高は1、3階を3,900mm、2、4階を3,400mm としました。3階の階高が大きいのは、この階に設ける 手術室に必要な天井高を確保するためです。柱につ いては、建物4隅に600mm×600mmの角柱、各隅柱の 間には 2,100mm×300mm の壁柱を配置した構造として おり、この壁柱により局所階の崩壊を防ぎ耐震性能を 高めています。基礎梁が幅 2,000mm、成 1,250mm と大 きいのは、本試験体を震動台へ設置するため実験施 設内の天井クレーン2基で揚重する際に試験体のひび 割れによる RC 架構の剛性低下を極力生じさせないた めです。

設計した試験体の荷重増分解析の結果を図 3 に示します。図には最大層間変形角 1/100 で定義した場合





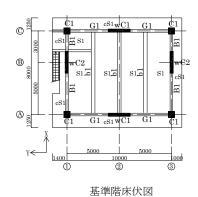
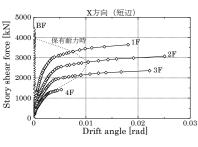
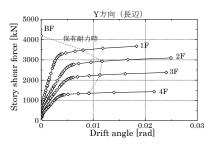


図 2 試験体図面





(a) X 方向 (短辺方向)

方向) (b) Y方向(長辺方向) 図 3 荷重増分解析結果

部材	寸法 [mm]
C1	600×600
wC1	2100×300
wC2	300×2100
G1,B1	(2F)250×1250, (3~RF)250×900
FG1,FB1,FB2	2000×1250
FG2	1250×1250
b1	300×750
S1,cS1	150

表1 部材断面リスト

衣 2 冗長表直任你(故可他)								
	仕様							
		呼称 (形式)	R30-1000					
		ゴム外径[mm]	1,000					
	天然 ゴム系 積層ゴム	天然 ゴム総厚[mm]						
		水平バネ定数 [kN/m]	810					
免震1		鉛直バネ定数 [kN/m]	2200×10 ³					
30,24		呼称 (形式)	NSUD50×6					
	鋼製 ダンパー	ダンパー本数	6					
		. ,	ダンパー板厚[mm]	40				
			降伏せん断力[kN]	348				
		初期剛性[kN/m]	12,500					
		2次剛性[kN/m]	216					
		呼称 (形式)	HH075X6					
		ゴム外径[mm]	750					
免震2	高減衰	ゴム総厚[mm]	200					
	積層ゴム	等価水平剛性 *[kN/m]	1,370					
		等価減衰定数*	0.24					
		鉛直剛性[kN/m]	3090×10^{3}					

*200mm 変位での等価剛性・減衰定数

の保有水平耐力もあわせて示していますが、このときの層せん断力係数は0.74~0.83となります。これは、建築基準法で定める最低限の強度である保有水平耐力時の層せん断力係数0.30~0.55を上回っていますが、既存RC造建物の耐震診断資料等²⁷⁾によれば、内外壁を有する低層のRC造建物においてほぼ一般的な値となっています。

耐震構造の実験では、試験体の基礎梁と震動台を、 PC鋼棒48本のプレストレス力により接合しました。試験 体の設計時の1次固有周期は短辺方向0.23秒、長辺 方向0.24秒です。

2.2 免震構造

既存の免震支承として積層ゴム支承や滑り支承などがあります ²⁸⁾が、本試験体の免震構造では、現在の普及率などを考慮し、以下に示す2種類の免震システムを採用しました。

1つ目の免震システム(以下、「免震1」といます。)は、 天然ゴム系積層ゴムと鋼製ダンパーを組み合わせた免 震システムです。天然ゴム系積層ゴムは、免震支承とし て最も普及率が高く約 30%強を占めています。天然ゴム系積層ゴムとの組み合わせで用いる減衰装置として は、履歴型ダンパーが最も用いられており、ここでは代 表例として鋼製ダンパーを採用しました。装置の配置 は、天然ゴム系積層ゴムを隅柱直下となる位置に4基、 鋼製ダンパーを試験体中央部に1基としました。

2つ目の免震システム(以下、「免震2」といます。)は、

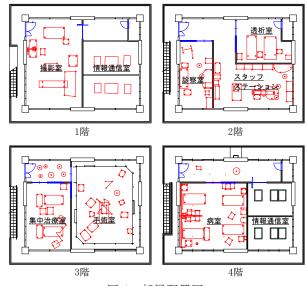


図4 部屋配置図

高減衰積層ゴムによる免震システムです。高減衰積層ゴムはダンパー機能を積層ゴムの材料自体が有しているため、省スペースで実現できます。同様のダンパーー体型の積層ゴムとして鉛プラグ入りがあり、普及率は、鉛プラグ入りが 30%程度、高減衰が 20%程度となっています。ダンパーー体型の積層ゴムの代表として、環境性も考慮し高減衰積層ゴムを採用しました。高減衰積層ゴムの配置は、免震1の積層ゴムと同じ位置に4基としました。

各システムに用いた免震装置の仕様を表 2 に示します。なお、変位量30cmでの免震周期は、免震1で2.56秒、免震2で2.41秒です。この値は、免震構造が建設されはじめた頃の免震周期が約2秒であったことを考えると、既存の免震構造の周期と同程度となっています。なお、最近の免震周期は約3~5秒²⁸⁾となっています。

それぞれの免震システムにおいて、上部構造と基礎の間で過大な変位が発生した場合の対策として、構造体のまわりにストッパーとしての擁壁を各方向に4台ずつ、合計8台設置しました。免震1では上部構造と擁壁のクリアランス(可動範囲)を50cmとし、免震2においては30cmとしました。免震2でのクリアランスを30cmにしたのは、免震構造において過大な相対変位が発生し周辺擁壁への衝突を想定した実験を実施するためであり、そのクリアランスの設定は事前の振動応答解析により決定しました。

2.3 部屋の配置および機器類

試験体内の各階の部屋の配置を図 4 に、主な部屋の状況および機器・設備等の設置状況を図 5 に示します。1階に撮影室、情報通信室、2階に診察室、スタッフステーション、透析室、3階に集中治療室(ICU)室、手術室、4階に病室、情報通信室を設けました。一般の医療施設では重量がある医療機器を低層階に配置







(b) スタッフステーション



(c)



給排水配管 (f)



情報通信室(4F) (d)

同様にしています。

(e) 高架水槽(旧) 図 5 設置状況

し、また滅菌状態の必要性から手術室やICU室を中層 階に配置することが多いです。そのため、本試験体の 縦方向の部屋の配置においても、通常の医療施設と

各部屋の内部には稼働可能な医療機器も含め、実 際の医療機器を多数設置しました。それらの配置状態 および設置条件は、通常の医療施設での使用状況を 考慮しました。

給排水設備として配管、屋上に新旧の高架水槽等 を設置するとともに、消火設備としてスプリンクラー、消 火栓も設置しました。また医療ガス配管も設置しまし た。

1階と4階に設置した情報通信室は、近年の医療施 設では患者のデータ管理のためのサーバー類も普及し ていることを考慮しています。

なお、高圧酸素治療装置、人工透析装置、情報通 信機器、気送管装置に関しては実際に稼働させながら 加振実験を行いました。それ以外の撮影装置などは、 設置上の問題や様々な制約により稼働させることが困 難であったため、地震動による機器類の挙動観察およ び様々な被害調査を行い、施設の機能保持性能を評 価することとしました。

設置した機器の内訳は、直接床に置いただけの機 器・棚等が31台、キャスター機器が57台(内43台はキ ャスターをロック)、アンカーまたは金物等で固定した機 器が26台、天井吊り機器が6台、扉類が10台、その 他の機器等が約50台です。

3. 加振条件

加振実験で用いた入力波を構造別に表 3 に示し、 加振順序も記載します。短周期地震動として、耐震構 造および免震構造のそれぞれに、エルセントロ波(1940、 Imperial Valley Earthquake)の最大速度を 50cm/s に拡 幅した地震動(以下、エルセントロ波という)、JMA 神戸

波 (1995、兵庫県南部地震) の最大加速度を 80 % にした地震動(以下、JMA 神戸波 80%という)を用いま した 29)。また長周期地震動として三の丸波(想定新東 海地震)を用いました 30)。耐震構造においては、首都 直下というプロジェクトの対象地域を考慮し、横浜波 (想定関東地震)を用いました 31)。JMA 神戸波を 80% レベルとしたのは、耐震構造での実験において構造体 の損傷、崩壊を避けるため、事前応答解析により決定 しました。また、免震2においては免震構造における鉛 直動の影響を評価するため、JMA神戸波を水平2方向 のみの加振と水平2方向に鉛直方向を加えた3方向の 加振で行いました。

表 3 入力地震動

X. Y. Z

方向 レベル 加振順序

100%

80%

80%

50cm/s

100%

構造

耐震

免震1

免震2

JMA神戸

Eの丸波

JMA神戸

入力方向については、各地震動とも NS 成分を試験 体の長辺方向(Y 方向)に EW 成分を短辺方向(X 方 向)に入力しました。

4. 計測

4.1 計測項目

構造体について加速度、変位、歪みなどを約 170ch、 内部設置機器のうち約半数の機器について、主に加 速度による応答計測を約 530ch、合計約 700ch の計測 を行いました。また、今回の実験では、加振中の内部の 状況観察が重要となるため、50 台以上の CCD カメラを 設置し、動画の記録を行いました。

4.2 免震層の変位計測

今回の免震構造の実験は、E-ディフェンスにおける 初めての大規模免震構造の振動実験です。免震構造 の実験において、免震層の変位量を正確に計測・算出 することは重要であるため、ここでは免震層の変位計測 について述べます。

今回、免震層の変位量は、各方向に最大で±50cm と大きく、大変位の計測となるため、震動台と試験体間 を図 6 に示すようにワイヤー変位計を配置し計測を行

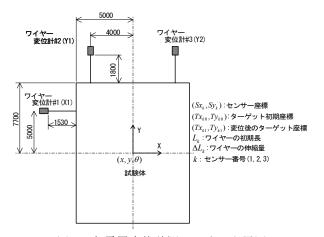


図 6 免震層変位計測センサー配置図

いました。計測値であるワイヤー変位計の伸縮量 ΔL_k を用い、試験体の正確な軸方向の変位 x、y や面内の回転量 θ を導出するために、以下に示す連立方程式を解く必要があります。

$$\begin{bmatrix} Tx_{k1} \\ Ty_{k2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Tx_{k0} \\ Ty_{k0} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$
 (1)

$$\Delta L_{k} = \sqrt{\left(Tx_{k1} - Sx_{k}\right)^{2} + \left(Ty_{k} - Sy_{k}\right)^{2}} - L_{k}$$
 (2)

しかし、これは非線形連立方程式となり、通常簡単に解を導出することができません。そのため、今回と同様の方法で計測を行う多くの実験の場合、簡略化のためそれぞれの軸の変位量が小さいとして他軸の干渉を無視し、ワイヤー伸縮量の平均や差分から近似的にx、y、 θ を求めます。しかし免震構造での免震層変位計測では、変位計の伸縮方向に対して直角方向に試験体が大きく移動した場合、ワイヤー変位計から出力値が発生するため、この出力値の平均や差分から単純に試験体の変位量を算出すると誤差が大きくなります。例えば、面内の回転がないとして変位量が X、Y 方向ともクリアランスの最大値 50cm になった場合、ワイヤー変位計の

出力値の平均より算出した Y 方向の変位量は約 41cm となり、真値との誤差が 18%発生し、無視できません 32)。 そこで今回は、式(1)、(2)からなる非線形連立方程式を、ヤコビ行列を用いた Newton 法による数値解法で解き、正確な試験体の変位量 x、y、 θ を導出することとしました。

5. 既存構造の医療施設の評価

既存構造の医療施設の評価として、耐震および免 震構造における実験結果とともに、医療機能に対して 特に地震対策を実施していない場合の室内被害と機 能保持性について述べます。

実験時に震動台上で計測された入力波の速度応答スペクトルを図7に示します。JMA神戸波80%のY方向において、耐震構造時に試験体の固有値付近で差がみられますが、それ以外の入力波形では速度応答ス

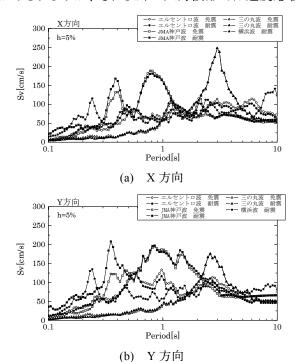
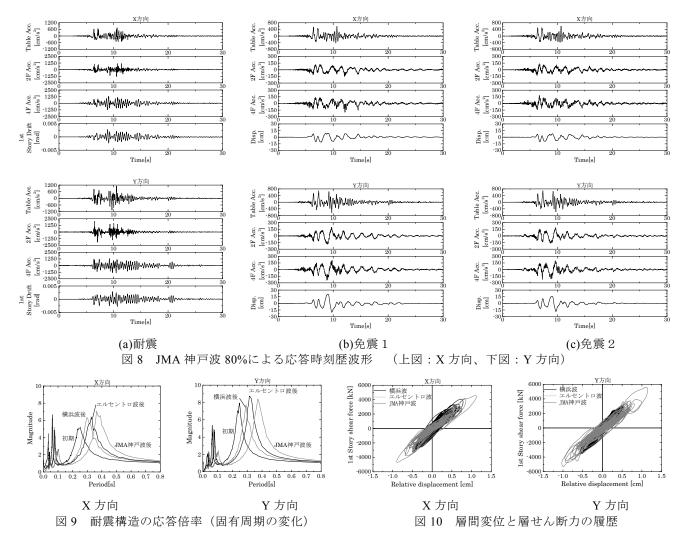


図7 目標波および再現波の速度応答スペクトル

表 4 実験結果(最大応答値)

		短周期地震動									長周期地震動													
構造		耐震					免震1				免震 2				耐震		免震1			免震 2				
地震波		横浜	菠	エルセン	归波	JMA 2	神戸波	80%	エルセン	恛波	JMA	神戸波	80%	エルセン	恛波	JMA	神戸波	80%	三の	丸波	三の	丸波	三の	丸波
項目	階	(方向	Y方向	X方向	Y方向	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	X方向	Y方向	X方向	Y方向
	R	1507	1434	1176	1480	1556	1971	1762	177	151	238	261	552	201	166	202	247	711	252	254	233	203	539	197
最大	4	1144	1113	947	1182	1323	1406	1005	171	159	198	242	548	176	160	186	224	631	217	220	250	211	524	205
加速度	3	916	1040	770	892	1538	2149	909	162	156	127	179	526	151	159	146	184	586	188	165	248	208	507	205
	2	712	726	545	614	1304	2032	599	163	157	150	198	512	150	161	140	194	565	183	151	246	204	541	203
(cm/s ²)	1	735	654	392	483	1105	1799	528	170	162	170	215	493	150	160	149	199	544	198	143	244	203	603	203
	台	666	650	351	438	750	1125	407	425	518	588	680	361	373	553	600	696	361	193	143	209	161	200	162
最大速度 (cm/s)	台	50.5	45.1	50.3	46.8	61.5	68.1	30.0	53.0	50.7	57.2	68.1	28.8	54.1	51.9	59.2	69.0	29.7	49.4	47.8	48.6	46.9	48.5	47.1
最大変位 (cm)	台	35.2	32.7	33.0	14.1	16.1	15.3	8.0	36.9	15.7	16.4	15.2	7.7	36.9	15.8	16.6	15.6	7.8	20.1	15.8	20.2	15.8	20.2	15.8
	4	0.20	0.19	0.25	0.30	0.36	0.59		0.02	0.02	0.02	0.03		0.03	0.03	0.03	0.03		0.03	0.03	0.03	0.03	0.07	0.03
最大層間	3	0.43	0.42	0.46	0.57	0.64	0.90		0.03	0.03	0.04	0.05		0.04	0.04	0.04	0.05		0.05	0.04	0.06	0.04	0.13	0.04
変位	2	0.51	0.45	0.48	0.65	0.70	0.97		0.04	0.04	0.04	0.06		0.04	0.04	0.04	0.06		0.05	0.05	0.07	0.06	0.12	0.05
(cm)	1	0.79	0.58	0.62	0.80	1.10	1.13		0.03	0.03	0.05	0.06		0.04	0.04	0.04	0.06		0.07	0.07	0.06	0.07	0.13	0.06
	В	0.09	0.06	0.06	0.07	3.55	4.28		19.46	18.92	11.16	20.41		13.34	15.85	10.38	18.54		0.01	0.01	40.86	33.89	28.61	27.63



ペクトルが比較的よく一致しており、各構造間で比較する上で問題ないと考えています。

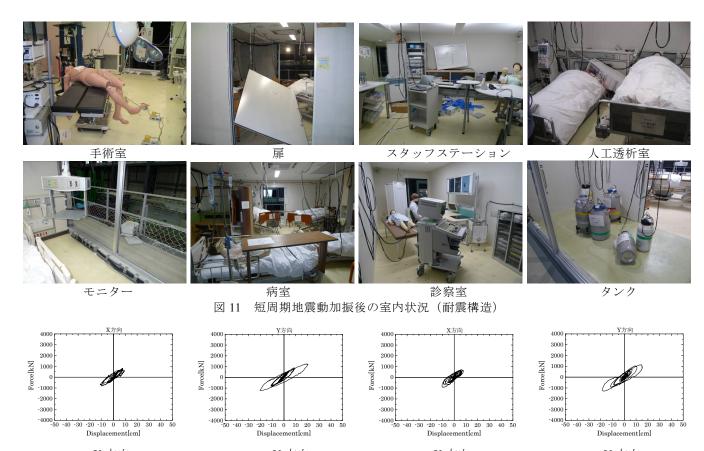
5.1 短周期地震動に対する結果

耐震および免震1、2での各階の応答加速度と層間変位および入力波の加速度、速度、変位の最大値を表4に示します。また、JMA神戸波80%加振時の耐震および免震1、2の時刻歴波形も図8に示します。耐震での時刻歴波形では、入力加速度、2、4階の応答加速度、1階層間変形角を示し、免震では、入力加速度、2、4階の応答加速度、免震層変位を示します。耐震におけるJMA神戸波80%加振では、免震時と比較し震動台上の最大加速度がかなり大きく計測されているが、これは後述する試験体の震動台上での滑りによる影響と考えられます。

耐震構造において、最上階の応答加速度が、入力加速度より、横浜波で最大約 2.3 倍、エルセントロ波で最大約 3.4 倍、JMA 神戸波 80%で最大 2.1 倍に増幅され、各階床応答加速度が相当大きなものとなりました。図 9 に示す各加振前後でのランダム波より求めた試験体の応答倍率から推定される固有周期は、表 3 に示す

順序で全ての加振を行う事で、初期より約 1.5 倍に伸びました。また、図 10 に示す各加振での1階の層間変位と層せん断力の履歴より、全て加振を行った後の剛性は初期剛性の約 1/2 に低下しており、これは固有周期の変化と一致しています。なお、ここでの層せん断力は各層の応答加速度と各層の質量より算出しています。この剛性低下は、RC 造構造物の損傷としては比較的軽微なものといえます。一方、歪みの計測値からは極一部ではあるが鉄筋が塑性化していることが確認されました。加振後の試験体観測でも柱梁端部に複数のクラックはみられましたが、幅 0.2mm 以下でほとんどがヘアクラックであり、その他の大きな損傷箇所も特にみられませんでした。

ただし、JMA 神戸波 80%では、加振中に上部構造体と震動台間に最大約4cmの滑りが発生し、試験体基礎固定用 PC 鋼棒と試験体との衝突が生じたため、計測された応答加速度に瞬間的な高加速度の発生がみられました。PC 鋼棒と試験体との衝突時の高加速度を無視すると、滑りにより試験体基礎部の加速度は650cm/s²以上になることはありませんでした。事前の検討ではJMA 神戸波 80%加振時に、1階層間変形角が



X 方向 Y方向 図 12 免震 1 免震層変位と層せん断力の履歴 (JMA 神戸波 80%)

約 1/100 に達すると予測していましたが、実験では1階 層間変形角が約1/350程度でした。変形および構造的

な損傷が事前の予測より小さいものとなった原因の一 つとして、この滑りにより試験体への入力荷重が想定よ

りも小さくなったためと考えられます。

耐震構造における室内状況として、床や壁に金物等 で固定されていない機器(CT スキャナ撮影部、手術台 など)および什器の移動、棚内に納められていた医薬 品等の物品の散乱、スライド式扉の脱落、機器の転倒・ 落下などが確認されました。これらの一部の状況を図 11 に示します。本研究に参加および協力している医療 施設に関する研究者等は、このような状況下では、高 度な医療行為は当然のことながら通常の医療行為で すら即座に実施することは困難であると判断しました。 また大規模地震災害時には放射線機器等による診断 を伴う災害医療が多く必要となることが予想され、さらに 災害後しばらく経過すると CT スキャナなども利用され 始め、こうした精密または重量機器の移動などはユー ザーが即座に解決できる問題ではなく使用上の安全も 確保できないとも判断しました。なお、今回用いたCTス キャナは撮影部の質量が約1,700kgであり、アンカー固 定をしていないタイプです。以上の実験結果から、耐震 構造における短周期地震動については、震災時の機 能保持のために抜本的な対策の検討が必要であると

X 方向 Y方向 図 13 免震 2 免震層変位と層せん断力の履歴 (JMA 神戸波 80%)

考えられます。

一方、免震構造においては、エルセントロ波では各 階の応答加速度をほぼ200 cm/s²以下に、JMA神戸波 80%では上層階の一部で 240~260cm/s² となっていま すがおおむね 200cm/s²以下に低減できています。また、 図 12、13 に JMA 神戸波 80%での免震1および2の免 震層の変位と層せん断力の履歴を示します。なお、ここ でも層せん断力は各層の応答加速度と各層の質量より 算出しています。最大変位量での等価周期と等価粘性 減衰定数を求めると、免震1で 2.26 秒、17.1%、免震2 で 2.1 秒、25.4%となり、減衰定数としてはほぼ一般的 であるといえます ²⁸⁾。これらの免震周期と減衰の違いが、 応答加速度と変位の差となったが、免震1、2とも十分 に免震効果が発揮されています。

内部の状況に関しても、ほとんど機能的な被害はな く、キャスター付き機器・ベッドでキャスターをロックして いないものが最大で約 1m 移動しているものもあります が、ほとんどが 60cm 程度でした。この移動により他機 器等への衝突はみられましたが大きな被害はありませ んでした。ロックしてある機器および床に直接置かれた 機器などの移動はほとんどみられませんでした。また、 高架水槽は、蓋および換気口(ベンチレータ)から水の 噴出がみられましたが、水槽本体への被害はほとんど みられませんでした。棚に収められた物品や書籍類の

表 5	短周期地震動に	よる宮内被害
1X J		- よる王川双古

構造	耐震構造	免震構造			
キャスター機器 (フリー)	70cm 程度の移動	60cm 程度の移動			
キャスター機器(固定)	50cm 以上の移動あり 衝突による転倒	移動なし			
置き型機器	モニターの落下	移動なし			
重量物の移動	CT 等の数 cm の移動	なし			
ベッド (フリー)	1m 程度移動	1m 程度移動			
ベッド (固定)	ロックはずれる	移動なし			
手術台	移動あり 患者転落しかかる	移動なし 患者問題なし			
手術室壁パネル	ダクトパネルの脱落	キャスター機器の衝突			
壁ボード	被害なし	被害なし			
引き出し	全開、落下なし	多少の開き			
棚	物品の散乱	物品の散乱なし			
吸引ビン	脱落あり	被害なし			
スライド式扉等	扉の脱落	扉の開閉			
高架水槽	蓋より溢水	蓋より溢水			

散乱もほとんどみられませんでした。以上より、震災後に大きな混乱は生じないと判断できます。

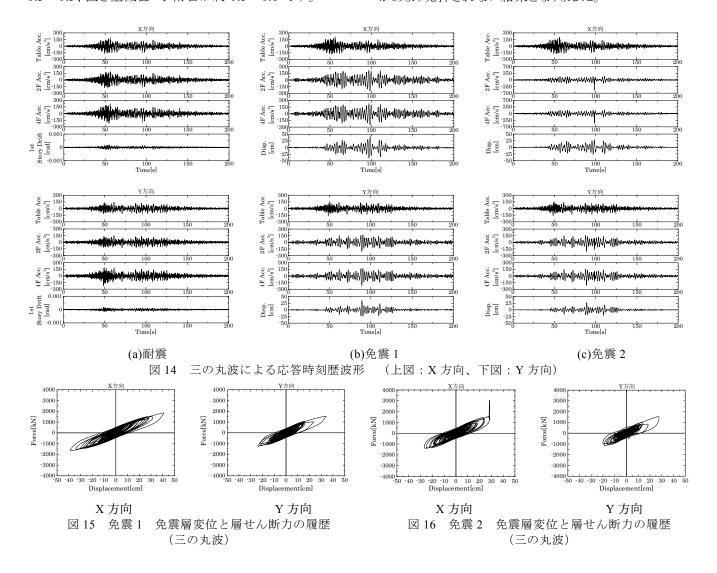
最後に各構造での機能的な被害を表 5 にまとめて示します。なお機器の摩擦係数は、キャスター機器・ベッド(フリー)が約 0.02~0.05、キャスター機器(固定)が約 0.3~0.5、置き型機器・手術台が約 0.5~0.6 です。

5.2 長周期地震動に対する結果

長周期地震動を入力した場合の耐震構造とそれぞれの免震構造での各最大応答値を、短周期地震動による結果と同じ表 4 に示します。また、時刻歴波形も短周期地震動の結果と同形式で図 14 に示します。なお、免震2で X 方向の応答加速度が 100 秒付近で大きくなっているのは、擁壁との衝突が発生したためです。

耐震構造では、加振実験前の1次固有周期が、X、Y 方向とも約 0.24 秒であり、三の丸波の卓越周期と構造物の固有周期とが離れているため、応答加速度はそれほど大きくなく最上階で最大 254cm/s²で、最大層間変位も 1mm 以下でした。

一方、免震1および2では、最上階の最大床応答加速度は耐震構造に比べ小さいですが、免震の周期と地震動の卓越周期が近接しているため共振現象により、応答加速度が入力加速度より免震1および免震2ともに約 1.2~1.3 倍(ただし免震2では衝突していない方向)に増幅されています。免震層の変位も入力波の変位より免震1で約2倍、免震2で約 1.7 倍と大きくなっています。共振現象により応答の増幅が発生し免震効果があまり発揮されない結果となりました。











手術室壁パネル

病室壁 人工透析装置 図 17 長周期地震動加振後の室内状況(免震構造)

高架水槽

表6 長周期地震動による室内被害

衣 び 及内別地展別による主 が 依古									
構造	耐震構造	免震構造							
キャスター機器(フリー)	50cm 程度の移動	最大 3m の移動 多数の衝突							
キャスター機器(固定)	移動なし	移動なし							
置き型機器	移動なし	移動なし							
重量物の移動	なし	なし							
ベッド (フリー)	80cm 程度移動	1.5m 程度移動							
ベッド (固定)	移動なし	移動なし							
手術台	移動なし	移動なし							
于1711日	患者問題なし	患者問題なし							
手術室壁パネル	被害なし	機器衝突により損傷							
壁ボード	被害なし	機器衝突により損傷							
引き出し	多少の開き	全開、落下なし							
棚	物品の散乱なし	物品の散乱なし							
吸引ビン	被害なし	被害なし							
スライド式扉等	扉の開閉	激しい開閉と破損							
高架水槽	蓋より溢水	蓋の損傷および溢 水							

免震1、2の免震層の変位と層せん断力の履歴を図15、16に示します。最大変位量での等価周期と等価減衰定数を求めると、免震1は2.59秒、14.5%、免震2は2.43秒、20.1%であり、減衰定数としては一般的です²⁸⁾が、免震周期が地震動の卓越周期の近傍であることで、応答が増幅する結果となってしまいました。

構造体の被害としては、耐震構造および免震構造ともに若干のヘアクラックがみられる程度であり、耐震実験前後での試験体の1次固有周期は、加振前が 0.240 秒、0.237 秒(短辺、長辺)、加振後が 0.244 秒、0.244 秒(短辺、長辺)でした。

内部被害に関しては、耐震構造ではほとんどみられず、キャスター付き機器・ベッドでロックしていないものが約 50~80cm 移動した程度でした。

一方、免震構造での内部被害の状況は、短周期地震動時の結果とは一変し、機能に関わる被害が多くみられました。キャスターなしで直接床においた機器はほとんど移動することはなく、たとえ移動したとしても、他の移動した機器の衝突による移動でした。キャスター付き機器でロックをしていない機器の加振後の残留移動量は、耐震時の2倍以上となり、多くのものが1m以上移動しており、最大で3m以上移動しているものや、移動での衝突により転倒した機器もみられました。また、移動した機器が約50cm/s~90cm/s以上の速度を持ち、その速度でまわりの影響を受けていない機器などに衝突し損傷する状況が多数みられ、手術室壁パネルと病

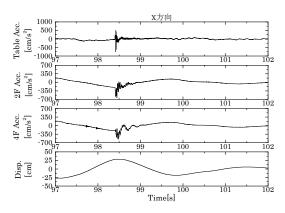


図 18 擁壁衝突時拡大波形 (免震 2 X 方向)

室壁ボードなどの大きな損傷は、100kg 以上の機器が 約 80cm/s 以上で衝突したことにより発生しました。スラ イド式扉は、激しく開閉し、扉の枠およびストッパーなど に約90cm/sで衝突し、扉、枠、ストッパーの破損などが みられました。ただし、実験後に開閉に支障が起きるこ とはありませんでした。屋上階に設置した新旧の高架 水槽がスロッシングの影響により、天板に設けられた蓋 およびベンチレーターから水を噴出するとともに、旧水 槽に関しては蓋の止め具部分の破損により、蓋が開き 大量の水が噴出する状況となりました。水槽の大きさは、 旧水槽が長辺 3m、幅 2.5m、新水槽が長辺 3m、幅 2m であり、それぞれ水位を 1m としました。それぞれのスロ ッシングの周期は既往の算出式 33)より約 1.6~2.2 秒と なり、これが地震動の卓越周期および免震の周期と接 近していることと、スロッシングの減衰が低いことからこ のような被害が発生したものと思われます。他の入力波 および耐震構造でも高架水槽からの溢水はみられまし たが、免震構造における長周期地震動の場合が最も 大きな被害となりました。長周期地震動に対する免震 構造での状況を図 17 に示します。以上の実験結果か ら、免震構造においても機器・什器に対する何らかの 地震対策を今後検討する必要があると考えられます。

最後に、各構造での長周期地震動による機能的な 被害を表 6 にまとめて示します。

5.3 衝突による影響

免票2においては、X 方向で擁壁と上部構造物の衝

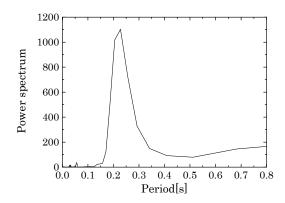


図 19 4 階加速度パワースペクトル (衝突時 98~100 秒)

突が発生しました。衝突時における X 方向の時刻歴波 形の拡大図を図 18 に示します。この時刻歴波形は衝 撃現象を詳細に検証するためハイパスフィルター処理 を行っていません。衝突は、X 方向正側で1回のみ発 生しました。4 階で応答加速度が 564cm/s^2 となり、衝突 がない場合として免震1との比較ではありますが、約2 倍の加速度が衝突とは逆方向(負方向)に大きく観測 されました。時刻歴波形と図 19 に示す衝突前後の2秒 間のパワースペクトルより、衝突後に建物の1次固有周 期での振動が励起されているのがわかります。また、衝 突が発生したときにかなり大きな衝突音も確認されまし た。しかし、今回の衝突は、免震層相対変位が最大に なったときに僅かに接触して生じたものであり、そのとき の相対速度は約 5.9cm/s であったため、上部構造体お よび擁壁等の大きな破損はみられませんでした。衝突 による内部被害として、キャスターなしで直接床に置か れた重量機器(約750kg)が数 mm 移動した程度で、今 回の場合では、特徴的な被害は確認されませんでし た。

5.4 既存構造の医療施設の評価のまとめ

耐震構造での医療施設は、過去の大地震で、甚大な被害を受けており、現在でもそれらの対策技術や指針は明確に示されていません。また、これまでに医療施設を含めた様々な免震構造は、大規模な長周期地震動を経験したことがなく、その被害予想なども明らかにされていないのが現状です。

本研究では、これらの現状を打破し、地震災害時に おける医療施設の機能保持性能の向上に取り組むも のであり、様々な状況においての対策技術と対策指標 を示すことを最終目標とました。

ここでは、E-ディフェンスを用い医療施設を模擬した 実大構造物を耐震構造または免震構造として、それぞれの構造に直下型地震である短周期地震動および海 溝型地震である長周期地震動を入力し、施設の機能 被害を比較検証した結果を述べました。 耐震構造では、長周期地震動を入力した場合はそれほどの被害は発生しなかったものの、短周期地震動を入力した場合は過去の震災時での甚大な被害と同様に、著しい機能低下が確認されました。

免震構造に対して、短周期地震動を入力した場合、 免震効果により非常に高い機能保持性能が実現できることを確認しました。一方、長周期地震動を入力した 場合、地震に対し非常に有効である免震構造において も、地震動の卓越周期と免震周期が近接している場合 は、想像を超えるキャスター機器の移動などが発生し、 それらによる致命的な被害が確認されました。一般に 医療機器は、その使用条件などによりキャスターのロックを行わずに使うものも多く、またそもそもキャスターに ロック機能が付属していない機器も複数みられます。実 験結果から免震構造内の室内機器、家具、設備などに おいても固定などの地震対策について実施する必要 があります。

6. 機能保持向上技術に関する評価

機能保持向上技術に関する評価として、医療機能に対して、地震対策を実施した場合の機能保持の向上性について述べます。なお、建物の応答結果はこれまでに述べた結果とほぼ同等の結果が得られているため、ここで改めて述べないこととします。

地震対策を行っていない場合では、耐震構造の医療施設において、物品の落下・散乱、ドアの脱落などの被害に加えて、施設内にある無固定のほぼすべての機器が移動する被害が確認されました。CT をはじめとする高度な医療精密機器の移動や転倒、物品の散乱は大規模災害時にすぐさま必要となる災害医療の実施はおろか、高度な医療行為すら実施できない状況であり、病院の機能を著しく低下させることが明らかになりました。

一方、免震構造の医療施設においては、短周期地 震動に対しては免震が非常に効果的に働き、医療施 設の機能を十分保持できることが確認できました。しか し、免震構造の医療施設が長周期地震動に遭遇したと き、ロックされていないキャスター付き医療機器の移動 により引き起こされる被害が顕著であり、なかでも衝突 による手術室の壁の破損がみられ医療施設特有の衛 生保持機能が低下する深刻な被害が確認されました。 免震構造においても、場合によっては十分な機能保持 性能が実現できないことが明らかとなりました。

これらの明らかとなった様々な地震被害を防ぐ対策 方法を検討し、それらの対策を施した実大の医療施設 の試験体を用い E-ディフェンスによる震動台実験を再 度実施しました。

6.1 地震対策

地震時における医療施設の様々な被害を軽減させ

るための対策として、機器類の確実な固定が最も有効な方法と考えられますが、医療現場における様々な状況に対応するため、恒久的な機器類の固定の実施は、現実的でないとも考えられます。そこで、使用状況も考慮し、以下の4つの地震対策を実施し、機能保持性能を向上させます。

6.1.1 キャスター機器の簡便・高度な固定対策

医療施設内には、機動性を考慮しベッドやワゴンなど大小さまざまな機器にキャスターが取り付けられています。それらのキャスターの多くはロック機構があり固定可能でありますが、なかにはロック機構が存在しないものもあり、またロック機構が不衛生部にあるなどの理由からロックが行われない場合も多くあります。そこで、対策として以下を実施しました。

- ①常時ロック状態とし、移動時にロックを解除させる フェールセーフ方式
- ②緊急地震速報など外部信号でロックされる方式

6.1.2 機器の壁面等への簡易固定対策

建物側でキャスター機器類を固定しやすい状況にすることで、機器の固定を容易かつ常に実施しやすくなります。壁面や床に機器を簡易に固定する対策として以下を実施しました。

- ①連結器などで壁面などと、機器を簡易に固定する 方式
- ②壁の手すりなどに機器をベルト等で簡易に固定する方式



(a) フェールセーフ式ロック



(c) 機器バンド固定

6.1.3 衝突対策のための壁面の防護

ロック機構の改良が実施されない場合や、運用上必ずしも固定動作が実施されない可能性も考えられます。 その場合、壁面の被害を防ぐ必要があり、壁面に保護 具を設置する対策をおこないました。この保護具は、手 すりや機器の固定具と併用させることができるなど他の 利点もあります。

6.1.4 免震床・機器免震による対策

病室やスタッフステーションと言った運用の工夫で比較的地震に対して被害を軽減できる部屋と、地震の揺れで不具合を起こすような精密機器が多数存在する検査分析室やサーバー室など他の部屋と比較し地震に対して脆弱な部屋があります。これらの部屋およびその部屋内の機器類に対して、床免震や機器免震技術を用い、致命的な被害の回避を行う対策を実施しました。床免震は。試験体の屋上階に、水平方向のみの2次元床免震を施した部屋と、水平2方向に鉛直方向を加えた3次元床免震を施した部屋を新たに設けました。

また、実施した主な地震対策状況を図20に、試験体への床免震部屋の設置図と詳細図を図21、22に示します。

6.2 機能保持性能の結果

実験後の主な室内状況を、図23に示します。

免震構造の場合、キャスター機器の固定や壁面防 護などの地震対策を適切に施すことにより、キャスター

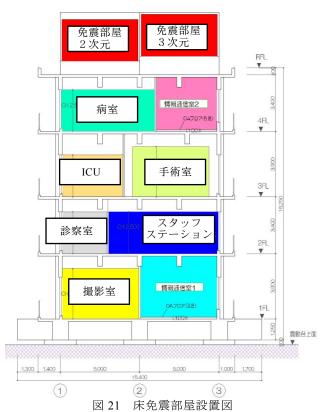


(b) ベットへの機器固定



(d) 機器免震

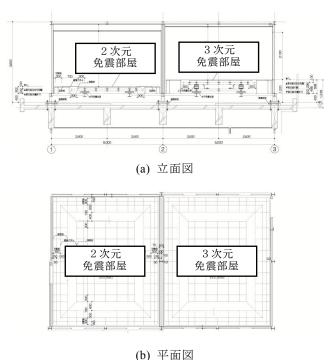
図 20 地震対策状況



機器の大きな移動により発生した被害を軽減させられることが確認でき、極めて稀に発生する短周期地震動および長周期地震動においても、施設の機能は十分保持されることが確認できました。だだし、設置状況や使用環境によっては、地震対策を必ずしも十分に実施できない場合がありました。

手術室内のキャスター付き機器でロック機構がないものは、適切な固定対策が実施できず、また機器によっては専用ワゴンの上部に主要な機器が搭載されているものがあり、機器全体として重心位置も高く不安定で、固定バンドなどで壁や床からある程度の移動を許容する固定方法(バンドに余裕を持たせる方法)での固定では、許容範囲内での移動により速度が増し、拘束限界付近(バンドが突っ張るところ)で急激にブレーキがかかるため、かえって転倒する事例がみられました。これらについては、機器の設計時に地震についても考慮する必要があるものと思われ、今後の課題であります。

一方、耐震構造に関しては、入力地震動の大きさのみで被害様相を評価できませんが、床の応答加速度が約500cm/s²~600cm/s²までであれば、地震対策を施すことにより、機器の移動、転倒、物品の散乱等はほとんどみられず、災害後の医療活動に支障がきたすことがない程度であることが確認されました。そのため、各階の床応答加速度が約650 cm/s²以下であるJMA神戸波Lv1(最大速度を25 cm/s に調整した地震動)による加振では、地震対策が有効に働き、ほとんど機能的



(b) 半面図 図 22 床免震

に問題となる被害はありませんでした。しかし、同じ加振 実験においても床応答加速度が、1Gを超える階では、 そうでない階と比較し、地震対策を施しても対策機器の 破損などにより機器の移動、物品の散乱等がみられま した。

間仕切壁や手術室の壁パネルについては、いずれ の構造および地震動においても、機器等の衝突による 損傷はみられず、今回の地震対策が有効であったこと が確認されました。

6.3 機能保持向上技術に関する評価のまとめ

医療施設の地震時における様々な被害について、 それらを防ぐ対策方法を検討し、その対策を施した実 大の医療施設を模擬した試験体を用い震動台実験を 実施しました。

その結果、免震構造に関しては、今回用いた地震動において、施設の機能保持対策として機器等に適切な 地震対策を施せば、地震後においても十分施設の機 能を保持できるものと考えられます。

一方、耐震構造に関しては、稀に発生する地震動に おいては、地震対策を施すことにより機能的に大きな 問題となる被害は発生しませんでしたが、極めて稀に 発生する地震動において、機能を健全かつほぼ無損 傷に保つためには、まだ多くの課題があるものと思われ ます。

7. まとめ

本研究課題では、首都直下地震に対する都市施設 の被害を軽減し、施設の機能を維持するための防災・



(a) 免震構造内の手術室



(b) 耐震構造内の手術室

図 23 実験後の室内状況

減災対策について検討することを主目的として、世界で初めてEーディフェンスによる医療施設の実大震動台実験を実施しました。そこでは、地震時における耐震および免震構造の医療施設の機能保持性能の確認と、機能保持技術の検討を実施し、地震対策の有効性と限界について多くの知見を得ることができました。これらの知見を、広く知っていただくため、地震対策のハンドブック(「病院スタッフのための地震対策ハンドブックあなたの病院機能を守るための身近な対策」)として取りまとめ、広く一般に普及にしていきます。

参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部:海溝型地震の長期評価 の概要、2012
- 2) 中央防災会議(首都直下地震対策専門調査会): 首都直下地震対策専門調査会報告、2005.7
- 3) 兵庫県:阪神・淡路大震災の復旧・復興の状況に ついて、2009.8
- 4) 地震調査研究推進本部:首都直下地震防災・減災 特別プロジェクト -その1 想定される直下地震の 全体像から減災技術、復興計画までを研究、地震 本部ニュース、2008年6月号、pp10-11、2008.6
- 5) 中央防災会議:首都直下地震対策大綱、2005.9
- 6) 薬業時報社大阪支局編集部:災害医療 阪神・淡 路大震災の記録 - 被災地の命はどう守られたか - 、薬業時報社、p.14、1995
- 7) 東京都:阪神·淡路大震災調査報告書-平成 7 年兵庫県南部地震東京都調査団-、東京都、 pp242-249、1995.3
- 8) 阪神・淡路大震災復興本部保健環境部医務課:災 害医療についての実態調査結果、1995
- 9) 日本規格協会: JIS ハンドブック 医療機器 I、2009
- 10) 佐藤栄児、中島正愛、井上貴仁、酒井久伸、筧 淳夫、小林健一、鎌田崇義:震災時の医療・情報通 信施設の機能保持に関する研究-震災時における

建物の機能保持に関する研究開発(その 1)-、日本 建築学会大会学術講演梗概集、E-1、pp.467-468、 2008

- 11) 小林健一、筧淳夫、中山茂樹、山下哲郎、佐藤栄児、井上貴仁、鎌田崇義:震災時における医療施設の重要機器の分類調査-震災時における建物の機能保持に関する研究開発(その 2)-、日本建築学会大会学術講演梗概集、E-1、pp.469-470、2008
- 12) 筧淳夫、小林健一、佐藤栄児、酒井久伸、井上 貴仁、鎌田崇義、小方康裕: 医療施設の機能保持 研究のための医療機器単体振動実験-震災時にお ける建物の機能保持に関する研究開発(その 3)-、 日本建築学会大会学術講演梗概集、E-1、 pp.471-472、2008
- 13) 小方康裕、鎌田崇義、佐藤栄児、井上貴仁、 酒井久伸、筧淳夫、小林健一:キャスタ付き医療 機器の地震応答に関する研究 -震災時における建 物の機能保持に関する研究開発(その 4)-、日本建 築学会大会学術講演梗概集、B-2、pp.67-68、2008
- 14) 佐藤栄児、酒井久伸、井上貴仁、筧淳夫、小林健一、鎌田崇義、丸山敦士、小方康裕: 医療機器 および什器の振動台実験(震災時における建物の機能保持に関する研究開発)、日本機械学会機械力学・計測制御部門講演会論文集(CD-ROM)、ROMBUNNO.411、2008
- 15) 阪神・淡路大震災神戸市災害対策本部:阪神・淡路大震災 一神戸市の記録 1995 年 、pp207-208、2006
- 16) 藤田隆史: 免震構法の現状と有効性、化学技術 誌、オーム社、No29、Vol.2、pp80-86、1991
- 18) 村山良雄:災害医療と病院設備 震災と病院、病

- 院設備、Vol.44、No.5、pp.583-589、2002
- 19) 上野薫:病院における耐震設計のあり方、病院設備、Vol.46、No.4、pp.255-262、2004
- 20) 鱒沢曜、西村嗣久:既存病院への耐震補強技術 の運用、病院設備、Vol.46、No.4、pp.249-254、 2004
- 21) 湯浅健司:透析医療における災害対策 IV 災害 を迎え撃つ-未来へ(4)究極の対策:ノースリッジ地震 に学んだ免震病院、臨床透析、Vol.22、No.11、 pp.1571-1577、2006
- 22) 小杉勝一: 財団法人 小千谷総合病院(新潟県中越地震)、建築防災、No.368、pp.5-8、2008
- 23) 北川良和:最近の免震・制震技術 最近の免震構造、No.148、pp.5-11、2005
- 24) (社)日本免震構造協会: MENSHIN、No.28、p33-75、2000.5
- 25) (社)土木学会、(社)日本建築学会:海溝型巨大 地震による長周期地震動と土木・建築構造物の耐 震性向上に関する共同提言、2006.11
- 26) 国土交通省:官庁施設の総合耐震計画基準、 1996
- 27) (財)日本建築防災協会:2001 年改訂版 既存鉄

- 筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・改修設計 指針・同解説、2001
- 28) (社)日本免震構造協会:免震構造入門、オーム 出版局、1995
- 29) 気象庁:87 型電磁式強震計波形データ(1993 年 ~1997年3月)、(財)気象業務支援センター、2002
- 30) 愛知県設計用入力地震動研究協議会:愛知県設計用入力地震動の作成—想定地震による強震動 予測—改訂版、2005
- 31) 佐藤俊明、壇一男:関東地震による首都圏の広帯 域強震予測、免震構造設計指針、日本建築学会、 pp.263-274、2001
- 32) 佐藤栄児、酒井久伸、井上貴仁、福山國夫、梶原浩一、筧淳夫、小林健一、鎌田崇義、古川幸、中島正愛:地震災害時における医療施設の機能保持評価のための震動台実験、日本機械学会機械力学・計測制御部門講演会論文集(CD-ROM)、ROMBUNNO.512、2009
- 33) Robert D. Blevins: FORMULAS FOR NATIONAL FREQUENCY AND MODE SHAPE, pp.337-385, 1997

II-2 長周期地震動による被害軽減対策の研究開発

長江拓也、吉澤睦博(防災科学技術研究所)

1. 研究の目的

首都圏を中心に数多く存在する超高層建物群は、社会の中枢機能を担っています。大地震による超高層建物の被害は、社会全体に甚大な影響を与えることが予想されます。直下型の地震動に加え、海溝型地震によって生じる長周期地震動を受ける超高層建物の骨組の耐震性、室内の被害様相等を総合的に検証することは切迫した極めて重要な課題です。

既存の超高層建物が、重度の損傷および機能損失を受ければ、大規模な補修や、場合によっては取り壊しも避けられない事態に陥ります。こうしたことを未然に防ぐ観点から、超高層建物の耐震性能を見直し、耐震性能が不足する場合については、骨組補強やダンパーの導入による耐震改修が必要と考えられます。ただし、超高層建物が大地震を受けた際のデータは不足しており、実際にどれほどの効果があるのかについては十分に実証されているわけではありません。

また、居住者の安全性について、大地震時において 超高層建物に大振幅の床応答が生じると、オフィス 空間や住宅は、家具什器の散乱状況等によって極め て危険な状況に陥ることが危惧されます。超高層建 物内のオフィス空間、住宅について、大地震時の応答 状況を総合的に検証し、被害様相を同定するとともに、 対策の効果について検証する必要があります。

こうした背景のもと、本研究テーマでは、以下の項目に対して、実大三次元震動破壊実験施設(Eーディフェンス)を用いる実験が計画されました。

- (i) 長周期地震動を受ける超高層建物の損傷過程・安 全余裕度把握
- (ii) 長周期地震動を受ける超高層建物の応答低減手 法の開発
- (iii) 超高層建物における非構造部材の機能損失・修 復性評価

Eーディフェンスは、文部科学省が兵庫県南部地震における被害を受けて建設した世界最大の振動台です。重さ1200tの構造物を震度7の地震動で揺さぶることができ、これを用いて、6階建ての鉄筋コンクリート造建物、4階建ての鉄骨造建物など、実建物に対する実験が数多く実施されています。しかし、相手が超高層建物となると、これを振動台にそのまま載せることは実質的に不可能です。そこで、本研究では、超高層建物から切り出した骨組を対象として、実際の揺れのなかで超高層建物が被る損傷を直接表現しうる振動破壊実験を行うという、世界的にも過去に例のない実験手法の開発に取り組みました。以降では、超高層建物の

骨組の耐震性能に関する実験内容として、平成 19 年度と平成 21 年度の実験内容を前半にまとめて示します。この成果は、設計や耐震改修に関連する技術資料に展開されます。後半では、室内の被害様相と対策の効果に関する平成 23 年度の実験内容を紹介します。この成果は、関係機関、オフィスビル関係者やマンション住民に防災資料として提供されます。

2. 超高層建物の骨組の耐震性能に関する実験

平成 19 年度と平成 21 年度では、研究項目(i)と(ii)に 焦点を当てた実験を実施しました。¹⁾⁻⁷⁾

2.1 骨組実験システムの概要

本実験では、図1に示す実験システムを用いて1970年代に建てられた初期の超高層鋼構造建物の耐震性能を工学的に評価することになります。まず、振動台上に下層部分の鋼構造骨組を用意しました。そして、そのうえに上層部分と同等の地震応答が生じるように設計されたコンクリート版と積層ゴムからなる実験装置を取り付けました。以下に、その設計手順を述べます。

(1) 数値モデル

図2は、高さ80 mの超高層建物に対応する数値モデル (21層モデル) です。振動台に搭載が可能な重量を踏まえ、1000 tの21質点せん断ばねモデルとしました。各階の層せん断力と層間変形の関係をトリリニア骨格曲線とし、パラメータについては、過去の設計に関する統計資料^{8),9)}を参照して平均的な値となるように定義しました。



図1 骨組実験システムの全景

まず、初期剛性については、1次固有周期 T_1 が建物高さH=80 mの0.03倍、すなわち2.4秒となるように与えました。このとき、高さ方向の剛性分布は、強度分布と同様に A_i 分布に基づいて決めています。第1降伏点、第2降伏点のベースシヤ係数は、設計用ベースシヤ係数 C_b の1.4倍、2.0倍としました。 C_b は、標準せん断力係数 C_0 を0.3とし、 T_1 に反比例させて0.125としました。第2剛性は初期剛性の0.6倍、第3剛性は初期剛性の0.1倍とました。骨組実験では、より大きな力が加わる下層部分を試験対象とし、上

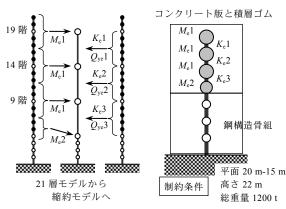


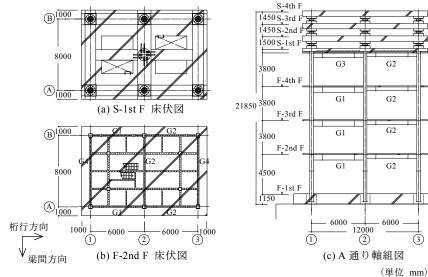
図2 骨組実験システム用モデル

層部分は上記21層モデルの上層部を数層ごとに縮約して導出しました。この上層部分を縮約層と呼びます。21層モデルに対する固有値解析では、1次モードから3次モードまでの刺激係数が全体の90%以上を占めたことから、縮約層は3層としました。21層モデルの19階、14階、9階に質量 M_e を集約し、その間の剛性は5層の直列剛性 K_e としました。降伏強度は5層の平均強度 Q_{ve} としました。

(2) 実験システムへの展開

縮約層の実験装置はコンクリート版と積層ゴムからなる実験装置によって表現しました。骨組実験システムの床伏図と軸組図を図3に示します。その重量分布と部材諸元を表1に示します。

骨組に対しては、21層モデルで採用した設計用ベースシヤ係数 C_b =0.125に対する許容応力度設計を実施し、部材寸法等を選定しました。柱は、幅厚比を超高層建物で用いられる値としたうえで、長期の軸力比を中柱で0.2程度、隅柱で0.1程度としました。梁については、G1梁およびG4梁を超高層建物に使用された断面 10 としました。図4に柱梁接合部の詳細図を示します。柱梁接合部について、G1梁には工場溶接接合部、G4梁には現場溶接接合部を適用しました。



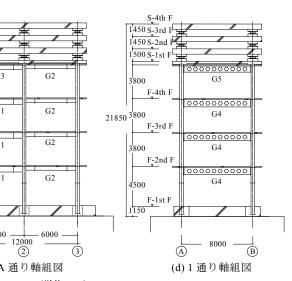


図3 骨組実験システム

表1 骨組実験システムの諸元

(a) 骨組実験システムの重量

,			
層	重量	層	重量
	(t)		(t)
S-4th F	180	F-4th F	53
S-3rd F	195	F-3rd F	53
S-2nd F	195	F-2nd F	56
S-1st F	166	F-1st F	221

総重量 1119 t

(b) 部材諸元

柱 (SM490A)		□-400 x 400 x 25
	G1	H -600 x 200 x 8 x 19
	G2	H -400 x 200 x 8 x 13
梁(SM490A)	G3	H -500 x 200 x 9 x 16
	G4	H -800 x 199 x 10 x 15
	G5	H -650 x 199 x 9 x 14

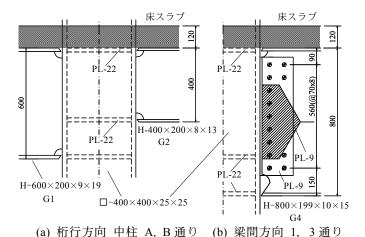


図 4 下層骨組部の柱梁接合部 (単位 mm)

上層部分は、図5に示すとおり、柱位置に対応する単体積層ゴム6基に加えて、鋼製U型ダンパーと積層ゴムを直列に結合した塑性化装置1基を組み込みました。各層の剛性と強度については、縮約した数値モデルに対応する値を目標として設計しました。先のモデル化の骨格曲線については、床スラブの影響を剛性にのみ見込み、強度に見込まない一般の設計条件が反映されています。そこで、実際の骨組である下層部分との強度7次に反映しました。

事前に実施したホワイトノイズ加振による応答評価について伝達関数を図6に示します。実験システムが実現した1次固有周期 T_1 は、桁行方向で2.13 秒、梁間方向で2.24秒となりました。当初設定した2.4秒よりも若干短いのは、製作段階において重量が設計値よりも約10 %小さくなったことによります。実験システムのモード形状と21層モデルのモード形状を、縦軸を階数として図7に示します。縮約層の値については、対応する19階、14階、9階にプロットしています。図において、実験システムと21層モデルのモード形状は、1次モードにおいて一致し、2次モード、3次モードについても良い対応を示しています。

2.2 骨組実験における入力地震動

骨組実験で用いた入力地震動の一覧を表 2 に示します 11)、12)。まず、設計で考えられていた地震時の応答性状を確認するために、設計に用いられてきたエルセントロ波を採用しました。実験では、現行の大地震想定レベル (レベル 2) の規定に合わせて最大速度を 0.5 m/sec としました。そして、長周期地震動として、東海地震で川崎市に予測される東扇島波と、東海・東南海地震で名古屋に予測される三の丸波の 2 つの人工波を採用しました。本実験では、骨組の終局破壊時にまでの変形性能を同定するこ

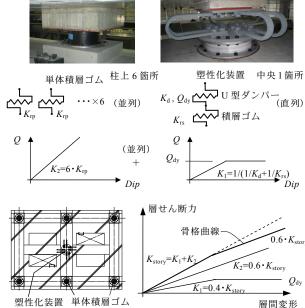


図 5 上層部分のモデル化

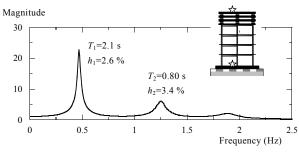


図 6 基礎と頂部の伝達関数

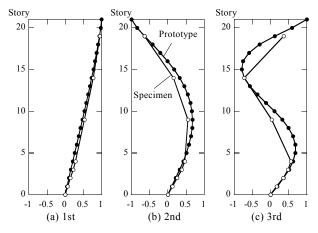
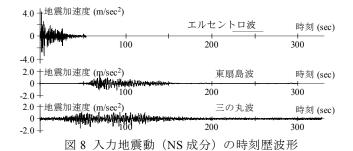


図7 モード形状の再現性

とを目的としており、予測波のなかでも大きな地震力を有するものを採用しました。実験は水平 2 方向の同時加振です。図 8 に入力地震動のうち NS 成分の時刻歴波形を示します。振動の継続時間はエルセントロ波で 50 秒程度であるのに対して、東扇島

表 2 地震動一覧

地震動	サイト	想定地震	震度	最大加速度	備考
エルセントロ波	-	-	6強	4.7 m/s ²	設計用
東扇島波	川崎市	東海地震	5強	1.5 m/s ²	予測波
三の丸波	名古屋市	東海·東南 海地震	5強	1.7 m/s ²	予測波



S_v (m/s)

1

エルセントロ波
東扇島波

0
0
1
2
3
4
5
建物周期 (sec)

図 9 桁行方向への入力地震動の速度応答スペクトル

波、三の丸波では 100~200 秒となります。実験では、それぞれの入力地震動の速度応答スペクトル(図 9) において、骨組実験システムに想定した固有周期 2.4 秒におけるスペクトル値が大きい方向成分(エルセントロ波は NS 成分、東扇島波は NS 成分、三の丸波は EW 成分)を桁行方向と一致させました。本実験システムの1次固有周期付近でのスペクトル値は、東扇島波でエルセントロ波と同程度、三の丸波でエルセントロ波の1.5 倍程度となりました。

2.3 鋼構造骨組の耐震性(平成19年度実験)

2.3.1 実験結果の概要

超高層建物の耐震設計では、レベル2地震動に対して最大層間変形角を0.01 radより小さく収めることが目標とされてきました。つまり、地震時に生じる上の階床と下の階の床の相対水平変位が、階高の1%未満という条件です。実験において骨組部(図10)の塑性変形は梁の端部に集中しました。これは、梁よりも柱を強くするという、超高層建物の設計において意図される条件が反映された結果といえま



図 10 梁降伏する骨組

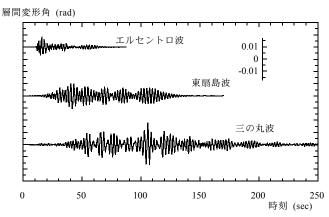


図 11 骨組の 2 階に生じた層間変形角の時刻歴波形

す。図11に骨組部の2層目の層間変形角の時刻歴波形を示します。エルセントロ波において、層間変形角の最大値は、設計で規定された0.01 radよりも約10%小さくなりました。東扇島波での最大値は0.01 rad程度となり、三の丸波での最大値はその1.7倍程度となりました。すなわち、骨組の最大層間変形角の相対関係は、先の速度応答スペクトル振幅の関係とほぼ同様といえます。一方、地震応答の継続時間と、それに伴う層間変形の繰り返し回数は大きく異なります。

長周期地震動を受ける超高層建物の骨組は、兵庫 県南部地震で倒壊した中低層の建物のように、設計 で考えられていた変形の数倍もの大変形を一気に 受けるのではなく、設計で考えられていた値の1.5 倍程度までの変形を何度も繰り返し受けます。

そして、その長時間振動が建物に入力されるエネルギーに反映されます。図12には、総入力エネルギーの比較を示します。総入力エネルギーは東扇島波ではエルセントロ波の約4倍、三の丸波ではエルセントロ波の約9倍に及ぶことがわかります。図13に、梁間方向、桁行方向の各層(1~4層目)に生じた最大層間変形角を示します。加振はエルセントロ波、東扇島波、三の丸波の順で行われました。実験において、東扇島波加振までに、骨組部に構造上の顕著

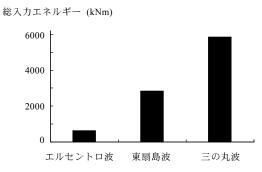
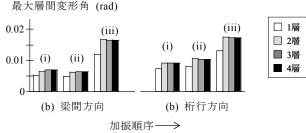


図12総入力エネルギー



(i) エルセントロ波 (ii) 東扇島波 (iii) 三の丸波 図 13 各加振に対する最大層間変形角

な損傷は見られませんでした。しかし三の丸波加振においては、現場溶接接合した梁間方向の柱梁接合部部のうち4箇所に梁下フランジ破断が生じました。工場溶接接合した桁行方向の柱梁接合部については、このとき破断は見られませんでした。その後は、工場溶接接合部の能力を同定するために、桁行方向に対する一方向加振に切り替えて実験を続行しました。その結果、三の丸波加振の3回目において、工場接合部の梁下フランジのうち2ヶ所に破断が生じました。

2.3.2 柱梁接合部の変形特性に関する分析

骨組部のG1梁の端部 (工場溶接接合部)、G3梁の 端部 (現場溶接接合部) について水平変位計を設置 し、梁端接合部の回転角(梁端回転角), θを求めま した。三の丸波加振による最大回転角時の柱梁接合 部の変形特性および応力伝達特性の分析結果を図 14と図15に示します。梁端の曲げモーメントについ て、床スラブが圧縮力を受ける側を正曲げ、引張力 を受ける側を負曲げと呼びます。図14 (a)に、工場 溶接接合部の梁端に貼付した歪ゲージの位置を示 します。弾性にとどまったB断面の歪分布(図14(b)) は、ほぼ直線となっており、歪みが0となる中立軸 高さは中心より上(1位置付近)に位置しています。 このB断面の各位置の歪から応力分布を仮定して 床スラブの負担軸力を求めると(図14(c))、正曲 げ時のスラブ軸力は、梁下フランジの軸力 (降伏軸 力の90%程度)と同程度、負曲げ時のスラブ軸力は、 その70%程度に達しています。つまり、床スラブが

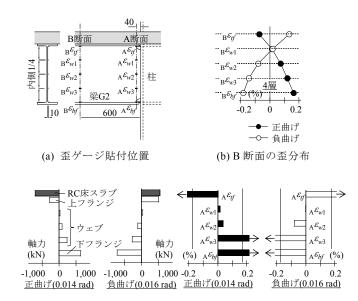


図14 工場溶接接合部の梁端における歪分布および軸方向力分布(三の丸波加振時)

(c) B 断面の軸方向力分布

(d) A 断面の歪分布

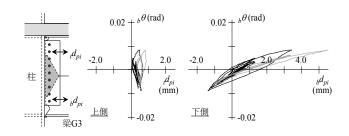


図 15 現場溶接接合部の梁端ウェブとシヤープレートのボルト接合部におけるすべり性状 (三の丸波加振時)

負担する軸力は梁フランジの降伏強度にほぼ相当する大きさであり、この影響により、正曲げ、負曲げ時のいずれにおいても梁断面の中立軸高さが上昇したと言えます。塑性変形が集中した接合部近傍のA断面の歪分布(図14 (d))においてウェブの歪は、床から離れた梁下フランジに近い $_{A\mathcal{E}_{W2}}$ の位置では降伏していますが、床に近い $_{A\mathcal{E}_{W1}}$ と $_{A\mathcal{E}_{W2}}$ の位置では歪みが小さな値に留まっており、梁端の下側に変形が集中したことが示唆されます。

一方、現場溶接接合部では、梁ウェブがシヤープレートとボルト接合されています。そのシヤープレートの上下位置(梁フランジの内側面から150 mmの位置)にパイ型変位計を設置し、梁ウェブとシヤプレートのすべりを測定しました(図15)。シヤープレートの上位置よりも下位置においてすべりが4倍以上大きく、このすべり性状は、ボルト接合部においてウェブの応力伝達効率が低いこと、さらに接合部の変形が床スラブの軸力の影響を受けて、梁の下側に集中したことを示しています。また、上位置の値は常に柱から梁ウェブが離れた領域にあり、中

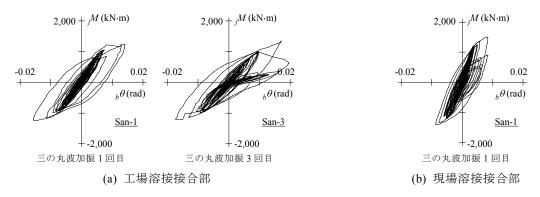


図 16 柱梁接合部梁端における曲げモーメントと回転角の関係

立軸はこの位置よりもさらに上になります。なお、この現場溶接接合部では、加振中に梁下フランジが破断したため、その後、すべり変位はさらに大きくなりました(グレーの線)。

2.3.3 柱梁接合部の累積塑性変形能力評価

工場溶接接合部と現場溶接接合部に作用する接合部モーメント $_{i}$ Mと梁端回転角 $_{b}$ θ の関係を図16に示します。接合部モーメントについては、柱と梁の弾性にとどまる断面における歪分布を軸応力分布に置換し、同断面の曲げモーメントを求め、これを外挿して評価しました。工場溶接接合部と現場溶接接合部のいずれも、 $_{i}$ Mと梁端回転角 $_{b}$ θ $_{p}$ の関係は、梁下フランジ破断前の安定した履歴と、破断後の観察では、いずれの場合もスカラップ底の亀裂を起点に梁下フランジが破断したと判断されました。現場溶接接合部の場合では、梁下フランジ側のスカラップがフランジの開先面に直接入り込む条件(図4(b))のため、亀裂発生位置は、溶接金属と梁下フランジ母材の境界付近のボンド部となりました。

本研究では、柱梁接合部の梁端における塑性変形 能力の指標として、接合部梁端モーメントと梁端回 転角の関係から求まる累積塑性回転角Σ,θ, を用い ます。ここでは、接合部モーメントが0の時に残留 する梁端塑性回転角を累積することにより、多数回 の繰り返し地震応答変形下における限界性能を合 理的に評価できると考えました。全ての加振におい て経験した塑性回転角の累積値を図 17 に示します。 検証対象とした柱梁接合部のうち、実験において破 断が確認された工場溶接接合部2箇所、現場溶接接 合部4箇所は、それまでの値を黒の棒グラフで示し ています。一方、破断しなかったものについては、 白の棒グラフで示しており、それ以上の能力を有し ていたことを意味します。破断した接合部について 累積塑性回転角Σ,θ,の平均値を比較すると、工場溶 接接合部の値は、現場溶接接合部の値の約5倍とな りました。

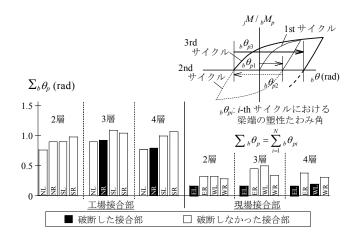


図 17 累積塑性回転角に基づく変形性能評価

2.4 柱梁接合部補強の効果(平成21年度実験)

2.4.1 実験方針と補強方法の提案

19 年度実験による骨組部の柱梁接合部における 梁端破断の被害を踏まえて、同じ骨組実験システム を再度準備し、柱梁接合部補強による骨組の変形能 力の向上について検証しました。平成 19 年度実験 において工場接合形式の柱梁接合部の性能が高か ったため、工場溶接接合形式であった桁行方向の梁 せい 600 mm の G1 梁についても、現場接合形式の 柱梁接合部に代えて、現場溶接接合部に対する補強 の効果を検証することにしました。

図 18(a)~図 18(c)に本実験で用いた 3 種類の補強 接合部を示します。骨組部の 24 箇所の補強対象柱 梁接合部のうち、溶接補強接合部を 4 箇所に、水平 ハンチ補強接合部を 12 箇所に、鉛直ハンチ補強接 合部を 8 箇所に採用しました。

(a) ウェブ溶接補強接合部

図 18 (a)に示すウェブ溶接補強接合部では、梁ウェブ接合部の応力負担を増加させ、梁フランジ接合部への歪集中を緩和することを意図しました。シヤープレート周りを溶接補強し、さらに梁ウェブと柱表面を溶接しました(Section A)。また、梁下フラ

ンジ側のスカラップをふさぐように付加的なプレートを隅肉溶接により梁ウェブ表面に取り付けています (Section B)。この補強方法の場合、大きな鋼材を新たに持ち込む必要はありません。

(b) 水平ハンチ補強接合部

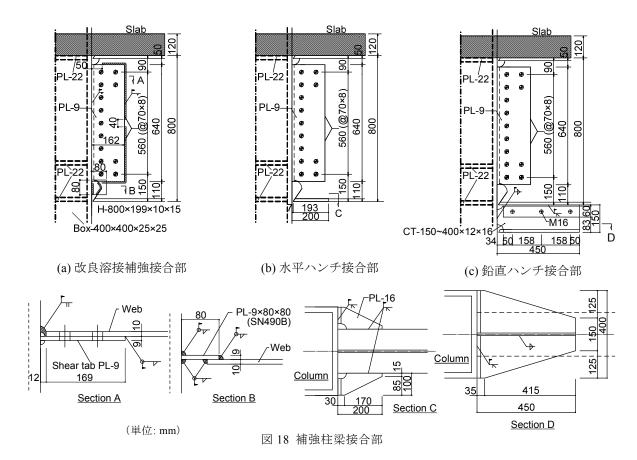
図 18(b)に示す水平ハンチにより補強した柱梁接合部では、梁下フランジを拡幅することで、梁下フランジへの歪集中を緩和することを意図しました。柱表面位置での水平ハンチの幅は、柱幅(400mm)と等しくしました。ハンチには既存の梁下フランジの溶接線と交差しないための半径 25 mm のスカラップを設ける必要があったため、その分を差し引いた75 mm がハンチの有効幅となりました。ハンチ厚は、梁下フランジと同じく19 mm とし、ハンチの有効幅に基づいて求まるハンチと柱表面の接合部の引張強度が、ハンチと梁下フランジの溶接接合部のせん断応力によって梁下フランジに伝達されるという条件から、ハンチの長さ(200mm)を決定しました。

(c) 鉛直ハンチ補強接合部

図 18 (c)に示す鉛直ハンチにより補強した柱梁接合部を示します。鉛直ハンチによる補強は、梁下フランジよりも下で作業することができます。また、既存の余盛りやエンドタブなどが障害となり水平ハンチを取り付けられない場合にも適用できます。

鉛直ハンチ (CT-150×150~400×12×19)の重さは、現場において人間 1 人が手で持ち上げられることとし、3.0kg 程度としました。水平ハンチと同様に柱表面位置での鉛直ハンチのフランジ幅は、柱幅(400 mm)を基本とし、フランジ厚は、梁下フランジと同じ 19 mm としました。ハンチのフランジ位置には内ダイヤフラムがないため、ハンチの左右端から柱の板厚の 3.5 倍だけ内側に入った有効幅(175mm)とし、ハンチのフランジ接合部の引張強度をハンチのウェブと梁下フランジの接合部におけるせん断応力により伝達するものとし、ハンチの溶接長さ(450mm)を決定しました。

現在、鋼構造骨組の設計では、柱梁接合部の変形能力を確保するため、梁の全塑性モーメントに対する、接合部の最大曲げ耐力の比 $_{j}M_{u}/_{b}M_{p}$ (接合部強度比)は、日本建築学会の鋼構造接合部設計指針において SM490A 鋼材の場合は少なくとも 1.2 を確保することが推奨されています。 平成 19 年度に実験した無補強の骨組において、接合部強度比は、工場溶接接合部で 1.30、現場溶接接合部で 0.98 であり、現場溶接接合部は現状の奨励値を下回っていたことになります。現場接合部では、本提案接合部は、溶接補強接合部で 1.25、水平ハンチ接合部で 1.42、鉛直ハンチ接合部で 1.55 になりました。



2.4.2 補強接合部の破壊性状と変形能力の向上

図 19 は、(a)ウェブ溶接補強接合部、(b)水平ハン チ補強接合部、(c) 鉛直ハンチ補強接合部の梁端履 歴を示しています。縦軸には、梁端に作用した曲げ モーメント (接合部モーメント), Mを、横軸には 梁端回転角 $_b\theta$ をとっています。縦軸の接合部耐力 については、(c) 鉛直ハンチ補強接合部において、 (a)ウェブ溶接補強接合部、(b) 水平ハンチ補強接合 部の値よりも大きくなっています。これは、接合部 が弾性に留まり、降伏ヒンジ部分が、ハンチの先端 に移動したことによるものです。層間変形角が 0.015~0.02 rad に至った時点での梁下フランジの 歪分布を図20に示して比較します。縦軸には接合 部が正曲げを受けるときの梁下フランジの歪 いる 横軸には柱表面からの距離をとっています。ウェブ 溶接補強、梁下水平ハンチ補強接合部の結果を、平 成 19 年度実験での無補強の現場溶接接合部の結果 と合わせて示します。図中の&は降伏歪を示してい ます。無補強接合部では、梁下フランジの柱表面か ら40 mm離れた接合部近傍での歪が3.0%を超えて おり、柱表面から離れると歪は極端に小さくなり、 その位置では他の接合部と比べて最も小さくなっ ています。一方、ウェブ溶接補強接合部では、柱表 面から 40 mm 離れた位置の歪が 1.1 %程度となり、 ウェブを溶接補強したことにより梁下フランジ接 合部近傍での歪集中が緩和されています。水平ハン チ補強接合部では接合部近傍の歪はさらに軽減さ れ、下フランジの応力集中を緩和し、広い範囲に降 伏域が拡がったことが分かります。

本実験では、補強接合部の変形能力を同定するために三の丸波加振を 3~5 回繰り返しました。梁ウェブ溶接補強接合部と水平ハンチ補強接合部の下フランジの破断状況を図 21 に示します。梁ウェブ溶接補強接合部では、最終的に梁下フランジがフランジ溶接境界部において破断しました。水平ハンチ補強接合部では梁下フランジハンチ先端部において梁下フランジ母材が破断しました。図には示しませんが、鉛直ハンチ接合部では、ハンチ先端において梁下フランジに局部座屈が生じましたが、最後まで亀裂等の損傷は生じませんでした。

図 22 に補強接合部の梁端塑性回転角 $\Sigma_b\theta_p$ を示します。梁端の降伏が確認された加振における累積値で評価しています。実験終了時まで破断しなかった接合部は、区別するために黒塗りで示しています。破断が生じたウェブ溶接補強(図中(a))および下フランジ水平ハンチ接合部(図中(b))の $\Sigma_b\theta_p$ の平均値は、それぞれ 1.58、1.36 rad となりました。これらのうち、破断した接合部の $\Sigma_b\theta_p$ の平均値と、同様に平成 19 年度実験で破断した現場溶接接合部の $\Sigma_b\theta_p$ の平均値を併せて図 23 に示します。なお、鉛

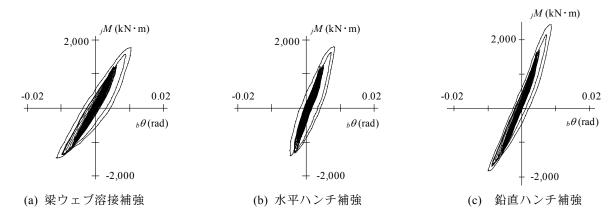


図 19 補強柱梁接合部の梁端履歴(三の丸波加振の4回目)

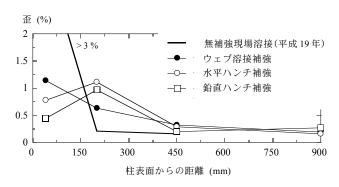


図 20 梁下フランジの材軸方向に対する歪分布

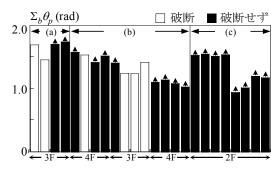


(a) 梁ウェブ溶接補強



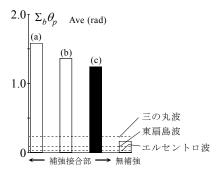
(b) 水平ハンチ補強

図 21 補強柱梁接合部の最終損傷状況



(a) 梁ウェブ溶接 (b) 水平ハンチ (c) 鉛直ハンチ

図 22 補強した柱梁接合部の梁端における累積塑性回転角



(a) 梁ウェブ溶接 (b) 水平ハンチ (c) 鉛直ハンチ

図 23 補強による変形能力の向上

直ハンチ接合部(図中(c))については、破断が生じなかったため、図 23 における 8 つ値の平均値とし、他の接合部と区別するため黒塗りで示しています。図中の点線は、エルセントロ波、東扇島波、三の丸波に対する梁端塑性たわみ角の要求値(4 階床位置の梁の累積塑性回転角)です。

無補強の現場溶接接合部では、1回目の三の丸波加振時に破断が生じ、これら破断した接合部における $\Sigma_b\theta_p$ の平均値は 0.16 rad 程度でした。この値は、設計地震動であるエルセントロ波に対する要求値を上回っています。しかし、三の丸波に対する要求値を下回っています。一方、ウェブ溶接もしくは下フランジ水平ハンチによって補強された接合部の $\Sigma_b\theta_p$ の平均値は、無補強接合部に対して 8 倍程度まで値が向上し、また、三の丸波に対する要求値を大きく上回り、その 6 倍程度となりました。

2.5 ダンパーの応答低減効果(平成 21 年度実験) 2.5.1 実験方法

実験システムの軸組図および伏図を図 24 に示します。本実験では、下層の鋼構造骨組内にブレース型ダンパーを配置しました。ダンパーの種類としては鋼製ダンパー(座屈拘束型)およびオイルダンパーを採用し、まず、鋼製ダンパーを配置した場合の実験を実施し、その後、オイルダンパーに交換してオイルダンパーを配置した場合の実験を実施しました。ダンパーの取り付け状況およで表記を関係を図 25、図 26 に示します。本研究では既存超高層建物に対する耐震改修を視野に入れているを対しました。ガセットプレートは、ダンパーの上限と考えられる強度に対して十分な耐力となるように設計しました。

鋼材ダンパーのダンパー量については、実際の

建物における配置条件を念頭に現実的であることを確かめたうえで $^{13)}$ 、等価な減衰が最も高くなると評価される値を採用しました。その結果、下層骨組の2層目と3層目において、骨組の水平剛性に対するダンパーの水平剛性の比は2.3倍、全体の水平耐力(=骨組+ダンパー)に対するダンパーの水平耐力の比は26%となりました。一般にダンパー 長さ $_{d}L$ に対する塑性化部長さ $_{d}L_{c}$ の比 $_{d}\lambda_{L}$ を小さい値にするとダンパーの剛性が増加し骨組の負担せん断力が低減される傾向にありますが、ダンパーの塑性化部における歪が大きくなります。本実験ではなるべく $_{d}\lambda_{L}$ を小さくすることとし、設計において下限値に相当する 0.25 を採用しました。歪ゲージによってダンパーの荷重を、変位計によってダンパーの変位を計測しました。

オイルダンパーについては、荷重が頭打ちになるリリーフ荷重が鋼製ダンパーの降伏強度と同等になる $400~\rm kN$ クラスのものとし、1 次粘性係数は $12500~\rm kN/(m/s)$ としました。また、歪ゲージによってダンパーの荷重を、変位計によってダンパーの変位を計測しました。

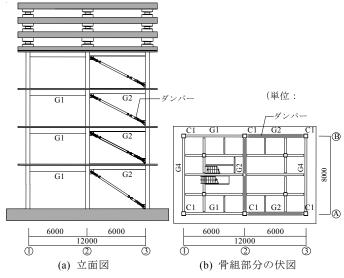


図 24 ダンパーの配置状況

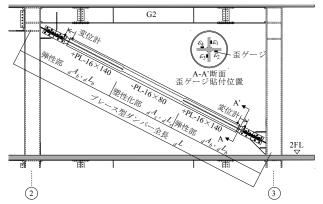


図 25 鋼製ダンパーの取り付け状況および計測条件

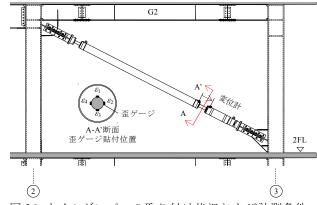


図 26 オイルダンパーの取り付け状況および計測条件



(a) 平成 19 年度実験 名称: 耐震試験体





(b) 平成 21 年度実験 名称:制震試験体

図 27 加振状況と実験名称

加振状況と実験名称を図27に示します。以降で は、平成19年度に実施したダンパーの無い条件を 耐震試験体と呼びます。ダンパーを組み込んだ本実 験条件を制振試験体と呼びます。本実験でも平成 19 年度実験と同じ入力波を用いましたが、ここで は、最もエネルギー入力の大きい三の丸波加振にお けるダンパーの制振効果を考察します。

2.5.2 実験結果

図 28 に三の丸波加振より得られた鋼製ダンパー の荷重 aF-変位 au 履歴を示します。多数回の繰り 返し変形が生じており、紡錘形のループを何度も 描いています。材料試験結果に基づき計算した降 伏強度 $_dF_v$ および初期剛性 $_dk$ を合わせて示します。 変形が繰り返される条件下で降伏耐力や剛性の低

下は見られず、ダンパーの性能が保持されているこ とが分かります。図 29 (a)と図 29 (b)には、オイル ダンパーの荷重 dF-変位 du 履歴、および荷重 dF-ダンパー速度_du (ダンパー変位_du を微分) 関係を 示します。オイルダンパーは速度に比例して荷重 が上昇し、リリーフ荷重設計値約 400 kN において、 荷重が頭打ちとなる傾向を示しています。

床の応答加速度から慣性力を求めて骨組部分の 層せん断力を求め、上記のダンパー荷重の水平方 向成分を差し引くと、ダンパー以外の骨組に働く 荷重が分かります。本実験では、ガセットプレー トや周辺骨組の変形によって、最大層間変形 に対 するダンパーの最大変形 (水平方向成分) の実効変 形比が約 0.75 となったため、その影響を反映しま

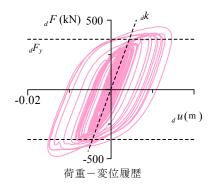


図 28 三の丸波加振時における 鋼製ダンパーの応答

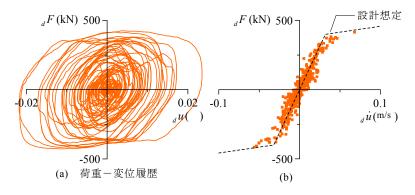


図 29 三の丸波加振時における オイルダンパーの応答

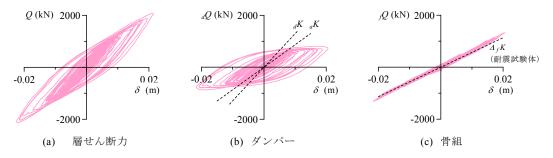


図30 鋼製ダンパーの水平力が骨組全体の水平力に与える影響(三の丸波加振)

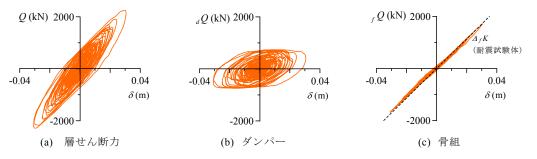


図31 オイルダンパーの水平力が骨組全体の水平力に与える影響(三の丸波加振)

した。図30および図31には、鋼製ダンパー設置時 の制振試験体と、オイルダンパー設置時の制振試 験体について、各荷重と層間変形の関係を示しま す。縦軸は左から、(a) 層せん断力 O、(b) ダンパ ー荷重の水平方向成分 $_{d}O(t)$ 、(c) 骨組のせん断力 $_{f}$ O(t)になります。(c)には、耐震試験体の実験結果 から求めた剛性を合わせて示していますが、制振 試験体の骨組の履歴とほぼ一致しています。なお、 図 31 (b)の鋼製ダンパーの関係に示す剛性 aK はダ ンパーそのものの値、剛性 aK は実効変形比を考慮 した値で、実験結果は。K と対応しています。これ らの図から、いずれのダンパーを用いた場合にも、 骨組がほぼ弾性にとどまり(図30(c)、図31(c))、 ここにダンパーの履歴(図30(b)、図29(b))が足 されることで、骨組部全体として紡錘形のエネル ギー吸収に有利な履歴を(図30(a)、図31(a))描

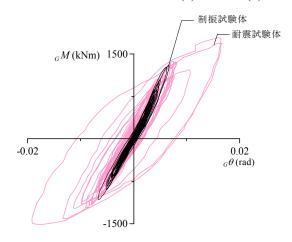


図32 梁端モーメントと回転角 (三の丸波加振)

くことが示されました。

耐震試験体では、骨組部分における塑性変形が梁の端部に集中し、梁端の柱梁接合部の破断を引き起こしました。図 32 には、耐震試験体と制振試験体 (オイルダンパー設置時)における梁端の曲げモーメント $_{G}M$ 一回転角 $_{G}\theta$ 履歴を示します。耐震試験体の場合は、紡錘形の履歴を描き大きな塑性変形が生じているのに対して、制振試験体の場合は、概ね弾性の履歴を示しています。すなわち、ダンパーを設置することで、骨組部分の塑性変形が大きく軽減されることが示されました。

こうした、梁の端部の曲げモーメントー回転角履歴、ダンパーの荷重-変位履歴から、それぞれ履歴吸収エネルギーを計算し、層せん断力と層間変形角履歴から得られる履歴吸収エネルギーに対する割合を求めたものが、図33です。耐震試験体では、

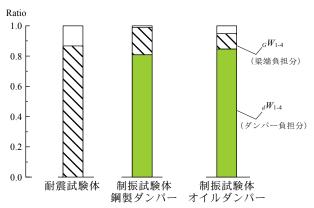


図33 下層骨組内部でのエネルギー分担率 (三の丸波加振)

骨組全体のエネルギー吸収のうち、約90%が梁の 端部によるものであるのに対し、制振試験体では、 骨組部全体のエネルギー吸収のうち、80%以上をダ ンパーで吸収しており、梁の端部における負担を 1/5 以下に低減できています。すなわち、ダンパー による耐震改修によって骨組の損傷が大幅に軽減 できることが実証されました。

3. 超高層建物の室内被害に関する実験

3.1 実験方針

平成23年東日本大震災では、新宿周辺の超高層 ビルでは、長周期地震動により、構造被害は発生し ませんでしたが、スプリンクラーヘッドの損傷によ る散水、高層階での天井板の落下、コピーなどキャ スター付きの什器類の移動、室内での書籍等の落 下・散乱、間仕切り壁の変形によるドアの開閉の障 害等が発生しました。また、過去の被害調査でも重 量のある家具什器や情報機器が不適切な耐震支持 によって転倒し、長期間にわたってオフィス機能を 停止した例が報告されています。平成23年度実験 では、超高層のオフィスビルの長周期地震動に対す る、地震時の建物機能維持(空調設備、消防設備)、 地震時の人の安全確保(天井、壁、家具什器)に関 する知見を入手するために、説明力の高いオフィス ビルの室内空間をモデル化した実験を行いました。

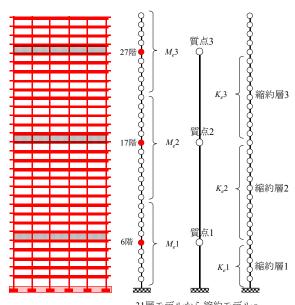
試験体は高さ 120m レベルの 30 階建ての超高層 建物の揺れの再現を目的とし、上層階と下層階の揺 れの違いを同時に再現することを意図しました。さ らに、包括的な室内被害の検証を可能とするために、 低層建物の揺れも再現できるように試験体に工夫 を施しました。より現実性の高い室内被害を再現す るために、実際のオフィスビルの室内空間をモデル 化できるよう約 20m×10m の広い平面を作成し、天 井や間仕切り壁、空調設備を組み込んで室内空間を 作成しました。床は高さ5cmの二重床(OA床)と し、家具類を設置しました。

実験で用いた入力地震動は、平成23年東北地方 太平洋沖地震の際に首都圏地震観測網(MeSO-net) で観測された波形をもとに、想定される首都直下地 震レベルに拡幅して設定しました。また、短周期の 直下地震タイプの耐震性の検証として平成 7 年兵 庫県南部地震での観測波形も用いました。

3.2 室内実験システム概要

超高層建物を模擬する実験では高さ 100~120m 級の建物を想定し、1次固有周期で約3~4秒を目 標として実験システムを設計しました。設計は平成 19年度および平成21年度の実験で用いた縮約モデ ルの考え方を応用しました。その基となった設計用 数値モデルの概要を図34に示します。31層モデル

を3質点の縮約モデルで置き換え、質点1で下層階 の揺れを、質点3で上層階の揺れを再現します。高 さ方向の剛性分布は Ai 分布に基づいて設定し、積 層ゴムを組み合わせて剛性を近似しました。室内実 験システムの立面図を図 35 に示します。



31層モデルから縮約モデルへ

図34 試験体の概要

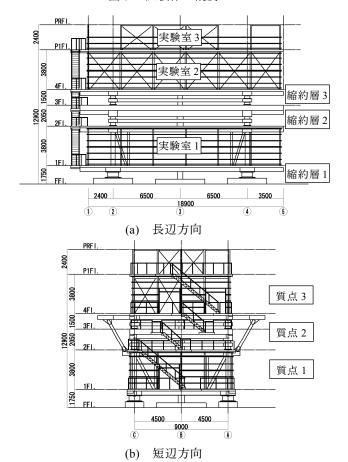


図 35 室内実験システムの立面図

縮約層 1 は震動台上に積層ゴムを設置して作成し、 質点 1 となる鋼構造架構を載せます。質点 1 には 6 階相当の揺れが生じます。質点 2 の上に積層ゴムを 2 段重ねて縮約層 2 を作成し、縮約層 2 の上にコン クリートで重量のみをモデル化した質点 2 を作成 します。質点 2 の上に積層ゴムを 2 段重ねて縮約層 3 を設け、質点 3 の鋼構造架構には 27~28 階相当 の揺れが生じます。また縮約層 1、2 には高層建物 の履歴減衰を模擬するために塑性化装置 (鋼材ダン パー+積層ゴム) を組み込みました。図 36 に縮約層 2 の詳細を示します。

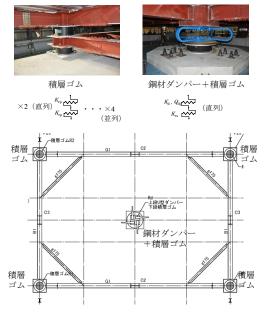


図36 縮約層2の詳細

超高層建物モデルの上部の質点 3 (実験室 2 および 3) では片振幅で 100cm 程度の変形が可能です。ただし、室内実験システム製作の制約から実験室 1、実験室 2 の骨組みは実際の超高層建物の骨組みよりも剛に構成されているため、超高層建物が 100cm変形した場合に骨組構造に発生する変形 (層間変形角) は再現していません。

同一の室内実験システムで低層建物の振動特性をモデル化するためには、縮約層部分の鉄骨梁をスプライスプレートで固定し、積層ゴムの縮約層剛性を無効にします。図 37 にその詳細を示します。

実験システムの全景を図 38 に示します。室内空間は、実験システムの内部に実際の天井、空調設備機器、オフィス家具を組み込んで作成しました。高層のオフィス建物ではシステム天井が多いため、実験システムにはシステム天井を採用しました。システム天井の地震時の被害は、壁・柱際での天井の破損や落下、間仕切り壁、天井カセット式空調機などの周辺での天井の破損や落下の発生が多いことが報告されています 14)。そこで間仕切り壁や空調機などが天井の被害に及ぼす影響に着目してモデル

化を行いました。図 39 に天井伏図と間仕切り壁の位置、および空調設備とスプリンクラーの平面位置を示します。システム天井にはラインタイプとグリッドタイプを用いました。

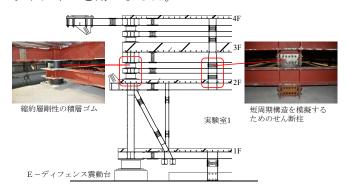
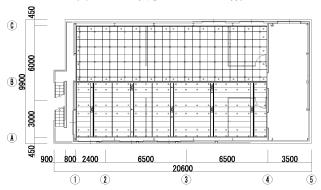


図 37 縮約層部分の詳細



図38 室内実験システムの全景



(a) 天井伏図と間仕切り壁の位置

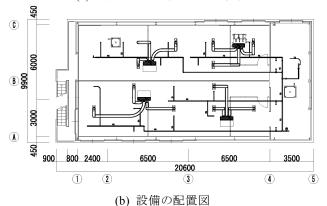
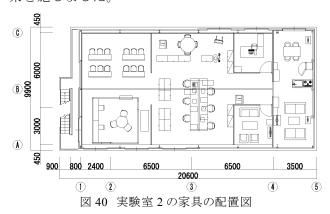


図39 実験室2の天井部分のモデル化

実験室1と実験室2では、建物の上層階と下層階の揺れの違いによる室内被害の違いを明らかにするために、オフィス家具の設置のレイアウトはほぼ同一のものとしました。図40に実験室2の室内のレイアウトを示します。書棚の転倒防止対策効果を検討するために、対策を施したものと施さないものとを組み込みました。またキャスター付きのコピー機は、実験室2では建物の揺れによる転がり防止対策を施しました。



3.3 入力地震動の設定

首都直下地震防災減災特別プロジェクトでは、東 京湾北部地震や東海ー東南海地震などの想定地震 による首都圏での被害様相を明らかにするための 研究を進めてきました。このプロジェクトの間に発 生した平成23年東北地方太平洋沖地震では、改め て長周期地震動が超高層建物に与える被害につい て、注意を喚起するものでした。そこで本実験では 首都圏を襲う長周期地震動を考慮した地震動によ る震動実験を行うために、平成23年東北地方太平 洋沖地震の際に首都圏で観測された地震動を、被害 想定地震で推測されている地震動レベルに拡幅し て入力地震動としました。東北地方太平洋沖地震で はマグニチュード 9.0 の本震の約 30 分後に、茨城 県沖でマグニチュード 7.7 の余震が発生しました (図41)。この余震は、首都圏での大地震発生時に 予想される長周期地震動特性が含まれています。そ こで首都圏地震観測網(MeSO-net)での余震観測記 録をもとに、入力動を設定しました。今回は MeSO-net の観測記録の中から、西新宿の観測点で の余震記録をもとに検討しました。

中央防災会議の想定による東京湾北部地震の震度分布では、首都圏では震度6弱~6強の揺れが予想されています。新宿地区では震度6弱の揺れが予想されており、工学的基盤での最大速度レベルで45~60(cm/s)の強さが予測されています。これを踏まえて、西新宿の観測点での余震記録を、地震動の最大速度レベルで調整しました。その結果、余震記録を330%に拡幅すれば、NS成分で26(cm/s)、EW

成分で43(cm/s)となり、ほぼ中央防災会議での想定 レベルになるため、余震記録の330%を入力地震動 に採用しました。実験に用いた入力地震動の時刻歴 を図42に示します。

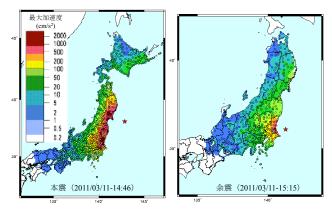
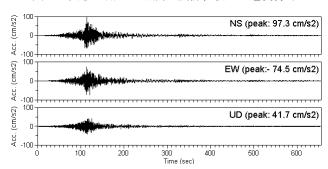
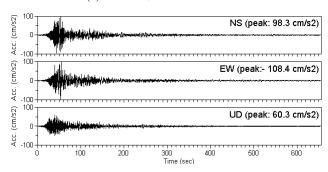


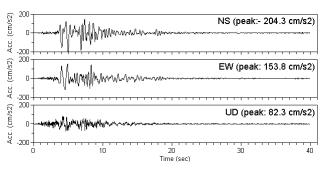
図 41 実験で用いた地震の震源位置と加速度分布



(a) 西新宿観測波 本震 100%



(b) 西新宿観測波 余震 330%



(c) JMA 神戸観測波 本震 25% 図 42 実験に用いた入力地震動の加速度波形

入力地震動の速度応答スペクトルを図 43 に示します。図中には建設省告示 1461 号(超高層建物の

構造耐力上の安全性を確かめるための構造計算)での地震力の疑似速度応答スペクトルと、西新宿での本震記録と1995年兵庫県南部地震のJMA神戸での観測記録の25%の場合とを併記しています。余震記録の330%入力は、3~6秒では告示スペクトルを上回る地震力であることが解ります。

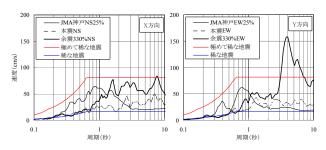


図 43 入力地震動の速度応答スペクトル (h=0.05)

3.4 実験結果

3.4.1 超高層建物実験

超高層建物実験では30階相当の建物の揺れを再現しました。図44に示すように、実験室1では30階建ての6階相当の、実験室2では27階相当の、実験室3では28階相当の揺れになります。表3に構造体の床応答加速度から求めた実験システムの固有周期を示します。

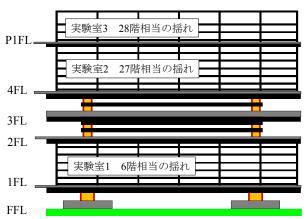


図 44 超高層建物実験で再現される揺れ

表3 実験システムの固有周期

		長辺方向(Y方向)			短辺方向 (X方向)		
		設計時	本震100%	余震330%	設計時	本震100%	余震330%
超高層	1次	3.50	3. 13	3.57	3.47	3.13	3.13
担 同 増	2次	1.40	1.20	1.28	1.40	1.22	1.23
モナル	3次	0.88	0.78	0.77	0.88	0.77	0.78
							出 片, 私

図 45 に超高層建物実験での最大応答値分布から、加速度、速度、層間変形角を示します。加速度・速度は JMA 神戸 25%、西新宿本震観測記録 100%、西新宿余震観測記録 330%を入力した結果を、層間変形角は西新宿余震観測記録 330%の結果を示します。加速度は JMA 神戸 25%入力では、実験室 2・3の上層階では実験室 1 よりも減衰して伝達してい

ます。一方、西新宿余震観測記録 330%入力では、特に建物の長辺方向(Y方向)で上層階に向けて増幅して伝わっています。実験室で観測された加速度から計測震度を計算した結果を表 4 に示します。地震のタイプによる超高層建物の揺れの違いが実験結果でも表現されました。

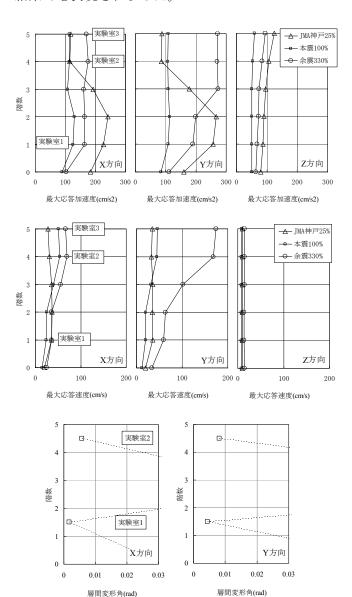


図 45 最大応答値分布(超高層) 表 4 床応答加速度から計算した計測震度(超高層)

	震動台(1階相当)		実験室1 (6階相当)		実験室2 (27階相当)	
JMA神戸25%	5. 2	震度5強	5.6	震度6弱	5. 1	震度5強
本震100%	4. 4	震度4	4. 9	震度5弱	5.0	震度5弱
余震330%	4.8	震度5弱	5.3	震度5強	5. 5	震度6弱

図 46 は図 45 の最大応答加速度と最大応答速度から計算した家具の転倒についての評価 ¹⁵⁾です。全体として激しい家具の転倒は発生しないと予想されますが、書棚の転倒可能性と比較すると、高層階の実験室 2 は西新宿余震観測記録 330%の場合に転倒の可能性が高くなると予想されました。これらの

転倒可能性の傾向は実験室内に設置したビデオカ メラの映像と整合的な結果でした。

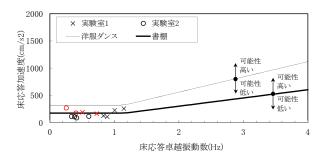
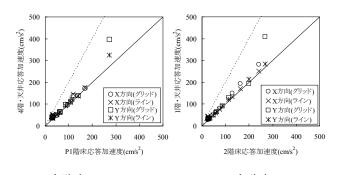


図 46 家具の転倒可能性(赤印は西新宿余震 330%)

図 47 は天井面と躯体の水平方向加速度の最大値の関係です。横軸に躯体の最大加速度を、縦軸に天井面に設置した加速度計の観測値の最大値を、ライン天井部分とグリッド天井部分とで平均して表示しました。なお、超高層モデルの実験では、天井下地には振れ止め防止のブレースをロックウール工業会の耐震基準に準拠し設置しました 160。

天井面で観測された加速度記録の波形には 20~25Hz の台形型のローパスフィルタ処理をして最大値を求めました。これは天井面に設置した加速度計の時刻歴に、天井ボードと天井ボードを支える下地材との衝突によるパルス状の成分が観測されていたため、パルス成分を除去する目的で行いました。実験室1・2の天井面とも、躯体の床応答加速度に対する倍率でみると、システム天井のタイプの違いによる差は小さく、ほぼ応答倍率は1.0となりました。これは天井下地に設置した振れ止めのブレースが有効に働いたためと考えられます。250(cm/s²)を超える床応答加速度に対してはグリッド天井の応答倍率がやや大きくなる傾向がありましたが、グリッド天井・ライン天井ともに天井ボードの落下等は発生しませんでした。

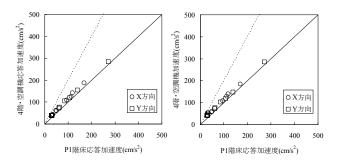


実験室 2 実験室 1 図 47 天井面と躯体の最大応答加速度(超高層)

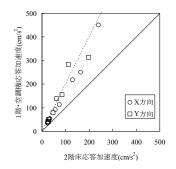
図 48 は天井内の吊り式の空調設備と躯体の水平 方向加速度の最大値の関係です。横軸に躯体の最大加速度を、縦軸に空調機器の最大加速度を、空調機

の吊りボルトに振れ止めブレースを設置した機器と設置しない機器とでまとめて平均をとっています。空調設備で観測された加速度記録の波形には20~25Hzの台形型のローパスフィルタ処理をして最大値を求めました。これは空調機を稼働した状態で実験を行ったため、空調機の稼働に伴う高振動数成分を除去する目的で行いました。

実験室2の空調設備では、振れ止めの有無によらず躯体の床応答加速度に対する空調機の応答倍率はほぼ1.0ですが、実験室1の振れ止めの無い空調設備は約2倍程度の応答倍率となりました。これは設備機器の固有周期と建物の揺れの周期との関係と考えられます。



実験室 2・振れ止め無し 実験室 2・振れ止め有り



実験室1・振れ止め無し

図 48 空調設備と躯体の最大応答加速度(超高層)

図 49 は西新宿余震観測記録 330%を入力した場合の、応答 65 秒時の実験室 2 および実験室 3 の室内状況のビデオ映像の切り出し画像です。(a)(c)のオフィス部分のキャスター付きの椅子、袖机、コピー機などは大きく移動しましたが、書棚などの転倒は発生しませんでした。(a)のオフィス部分のコピー機には間仕切り壁にバンド固定する移動防止対策を施したところ、十分に移動防止効果が発揮されました。(b)の集合住宅部分では、転倒防止対策を施していない書棚は一斉に倒れました。一方、壁にL字型の金具で固定した書棚は転倒防止効果が発揮されました。図 46 の転倒可能性と比較すると、書棚の転倒可能性は実験室 2 では倒れる可能性が高く、図 46 と整合的な結果でした。



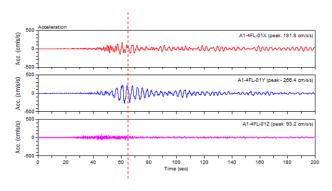
(a)実験室2 オフィス部分



(b)実験室 2 住宅部分



(c)実験室3 オフィス部分



(d) 実験室2の床応答加速度

図 49 超高層モデルの室内状況(西新宿余震 330%入力)

3.4.2 低層建物実験

低層建物実験では 4 階相当の建物の揺れを再現しました。図 50 に示すように、実験室 1 では 4 階建ての 1 階相当の、実験室 2 では 3 階相当の、実験室 3 では 4 階相当の揺れになります。表 5 に構造体の床応答加速度から求めた実験システムの固有周期を示します。

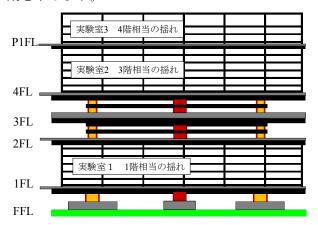


図 50 超高層建物実験で再現される揺れ 表 5 実験システムの固有周期

	長辺方向(Y方向) 短辺方向(X方向)			長辺方向(Y方向)			向)
		設計時	神戸25%	神戸75%	設計時	神戸25%	神戸75%
任民	1次	0.65	0.62	0.83	0.52	0.52	0.74
低層	2次	0.21	0.17		0.28	0.19	
T / /V	3次	0.11			0.13		

単位:秒

図 51 に低層建物実験での最大応答値分布から、加速度、速度、層間変形角を示します。加速度・速度は西新宿余震観測記録 330%、JMA 神戸 25%、JMA 神戸 75%を入力した結果を、層間変形角は JMA 神戸 75%の結果を示します。超高層建物では、西新宿余震観測記録 330%を入力した場合には上層階の実験室 2・3 で増幅して伝達していましたが、低層建物モデルでは実験室 2・3 では大きな増幅はありませんでした。一方、JMA 神戸入力の場合には上層階に大きく増幅して伝達しています。また層間変形角を見ると、JMA 神戸 75%入力時には、実験室 2の Y 方向では 1/50 を超える大きな変形が発生しました。実験室で観測された加速度から計測震度を計算した結果を表 6 に示します。

図52は図51の最大応答加速度と最大応答速度から計算した家具の転倒についての評価¹⁵⁾です。床応答加速度が1000(cm/s²)を超えるJMA神戸75%入力では著しい家具の転倒は発生すると予想されます。実験室内に設置したビデオカメラの映像の分析と比較すると、実験室2・3の室内家具の転倒状況は図52と整合的な結果でした。一方、実験室1では、実験室2・3と同様に床応答加速度は1000(cm/s²)を超え、図52では家具の転倒可能性が高い領域に入りますが、実際には家具の移動程度の状況でした。図52を室内被災度予測に活用していくためにも、

適用性の検証を実験結果や被災調査と合わせて進めていくことが重要です。

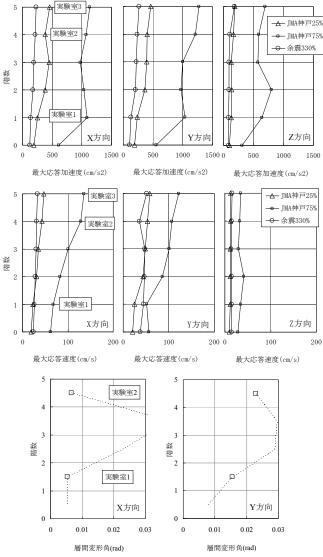


図 51 最大応答値分布(低層)

表 6 床応答加速度から計算した計測震度(低層)

	震動台(1階相当)		実験室1(1階相当)		実験室2(3階相当)	
余震330%	4. 9	震度5弱	4. 9	震度5弱	5.3	震度5強
JMA神戸25%	5. 2	震度5強	5.3	震度5強	5. 9	震度6弱
JMA神戸75%	6. 2	震度6強	6.2	震度6強	6.8	震度7

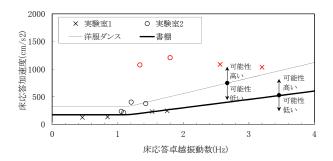


図 52 家具の転倒可能性(赤印は JMA 神戸 75%)

図 53 は天井面と躯体の水平方向加速度の最大値の関係です。データのまとめ方、処理方法は超高層モデルと同様です。なお、低層モデルの実験では、超高層モデルの際に天井下地に設置した振れ止め防止のブレースは撤去して実験を行いました。天井下地への振れ止めブレースの設置率は実際にはあまり高くないことから、ブレースが無い場合の天井の地震時応答を評価することを目的として行いました。

実験室1・2の天井面とも、躯体の床応答加速度に対する倍率でみると、システム天井のタイプの違いによる差は小さく、500(cm/s²)を超える床応答加速度に対しては、応答倍率が1.5~2.0倍程度となっていました。また、実験後の観察によると実験室1および2ともに、ライン天井部分の点検口周辺の天井ボードの落下が発生しました。グリッド天井ではほとんど天井ボードの落下はありませんでしたが、上下方向に天井ボードが跳ね上がった影響による落下が数枚発生しました。

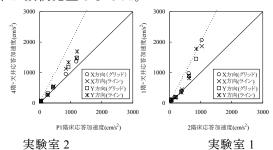
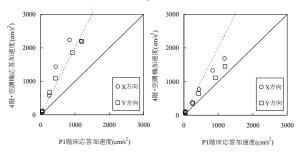


図 53 天井面と躯体の最大応答加速度(低層)

図 54 は天井内の吊り式の空調設備と躯体の水平方向加速度の最大値の関係です。データのまとめ方、処理方法は超高層モデルと同様です。振れ止めのブレースの無い場合には、実験室 1・2 の設備機器はともに加速度の応答倍率は 2.0 倍程度となりました。実験室 2 の振れ止めを設置した機器では、応答倍率は 1.5 倍程度となりました。 なお、実験時には全ての空調設備を稼働した状態で加振を行いましたが、空調機器が停止する、実験後に機器の稼働が正常でなくなる等の状況は発生しませんでした。また天井面に設置された空調設備機器の吹き出し口の移動等は発生しましたが、吹き出し口が落下する等の破損は発生しませんでした。

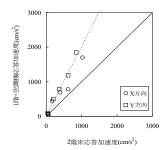
図 55 は JMA 神戸 75%を入力した場合の、応答 13~14 秒時の実験室 2 および実験室 3 の室内状況のビデオ映像の切り出し画像です。(a)(c)のオフィス部分では転倒防止対策を施していない書棚・ショートキャビネットは転倒しました。(a)のオフィス部分の書棚で間仕切り壁および構造床に転倒防止対策を施したものは、最終的な転倒は免れましたが内容物の書籍が全て散乱しました。また(a)の写真

中には右上から落下してくるシステム天井の天井ボードが映っています。(b)の集合住宅部分では、壁に L 字型の金具で固定した書棚もその接着部分が剥がれて転倒してしまいました。あらゆる地震外力に対して安全な室内を作ることは、現実的には非常に難しいことが解りましたが、それでも建物内での室内被害を低減するためには、室内の耐震対策は有効です。対策を施した時点で安心するのではなく、地震が来たら身の安全を確保するための避難場所はどこであるかを考え行動する、といったソフトな対策と合わせることが、より効果的な室内被害の減災につながると言えます。



実験室2・振れ止め無し

実験室 2・振れ止め有り



実験室1・振れ止め無し 図54 空調設備と躯体の最大応答加速度(低層)

4. まとめ

これまでに超高層建物の地震被害調査や復旧事例 調査、耐震対策に関する事項について系統的にまとめられた資料は少なく、特に大地震時に超高層建物に生じる被害に関する詳細なデータはありませんでした。本研究では、Eーディフェンスを用いて、実際の揺れのなかで超高層建物が被る損傷、被害様相を直接表現しうる振動破壊実験を実施しました。

長周期地震動を受ける超高層建物の構造躯体を再現した平成19年度の実験では、長時間振動することによって設計で想定されていた値の数倍以上のエネルギーが入力され、骨組には長時間にわたって30往復以上の層間変形が繰り返し加わりました。梁の端部における柱との接合部分には、塑性変形が累積し、溶接接合部付近の局所変形には、ウェブの接合方法、スカラップ形状、および床スラブの存在等が影響していました。

実験の結果、現在の設計法で要求される接合条件を



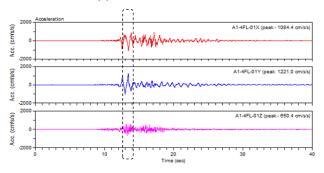
(a)実験室 2 オフィス部分



(b)実験室 2 住宅部分



(c)実験室3 オフィス部分



(d) 実験室2の床応答加速度

図 55 低層モデルの室内状況(JMA 神戸 75%入力)

満たしていない 1970 年代に設計された梁端溶接接合部に破断が生じやすいことが明らかになりました。構造躯体に対する実験では、実験システムに機器を組み込むことから、損傷探知技術の開発、検証についても取り組み、大きな成果を得ることが出来ました ⁶⁾⁻⁷⁾。

本研究では、平成 19 年度の実験における分析結果を踏まえ、接合部分の溶接補強方法を提案し、平成 21 年度の実験において、これを適用した骨組の変形能力が飛躍的に向上することを実証しました。一方、長周期地震動によって長時間共振する超高層建物に対するエネルギー入力は不可避です。こうした観点から、平成19 年度の実験では、ダンパーを骨組内に設置する骨組に対する分析から、骨組部分の吸収エネルギーの80 %以上をダンパーが負担し、その結果、骨組に発生する塑性変形を大きく軽減できることを実証しました。

既存の超高層建物に対して、上記の観点から骨組の性能を評価し、耐震性能が不足する場合には、ダンパー等を用いた骨組補強を実施し、建物としての安全性を向上させることが重要になります。

室内に関する実験では、長周期地震動を受ける超高層建物の高層部分を居室表現して、オフィス空間や住宅の地震時の被害様相を映像等を用いて明らかにするとともに、対策方法とその有効性を検証しました。天井や空調設備については、高密度な応答加速度データを取得し、建物の構造躯体の応答との相関について考察しました。また家具什器の転倒については、既存の評価式の適用性を検討しました。室内被害を評価するための高密度な実験データが入手できましたので、安心・安全な高層建物の一層の普及を目標として、研究成果を建築関連団体と連携して技術資料として取りまとめていきます。

本研究の成果物については防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センターのウェブサイトにて公 開する予定です。

http://www.bosai.go.jp/hyogo/index.html

参考文献

- 1)長江拓也, 鍾育霖, 島田侑, 福山國夫, 梶原浩一, 井上貴仁, 中島正愛, 斉藤大樹, 北村春幸, 福和 伸夫, 日高桃子: 超高層建物の耐震性能を検証す る実架構実験システムの構築-E-ディフェンス 振動台実験-, 日本建築学会構造系論文集, pp.1163-1171, No.640, 2009, 6
- 2) 佐藤大樹,島田侑,大内隼人,長江拓也,北村春幸,福山國夫,梶原浩一,井上貴仁,中島正愛:長周期地震動を受ける鋼構造超高層建物のエネルギー吸収と分担率一部分切り出し架構に対する E-ディフェンス振動台実験-,日本建築学会構造系論文集,pp.1217-1227, No. 653, 2010.7
- 3) 松宫智央, 長江拓也, 鍾 育 霖, 岡崎太一郎,

- 福山國夫,中島正愛:超高層鋼構造建物の柱梁接合部に関する4層骨組振動台実験,日本建築学会構造系論文集,pp.85-94,No.671,2012.1
- 4) 佐藤大樹,長江拓也,大内隼人,島田侑,北村春幸,福山國夫,梶原浩一,井上貴仁,中島正愛,斉藤大樹,福和伸夫:長周期地震動を受ける超高層建物の鋼製ダンパーによる制振改修に関するE-ディフェンス振動台実験,日本建築学会構造系論文集,pp.1639-1648, No. 667, 2011.9
- 5) 長江拓也,福山國夫,梶原浩一,井上貴仁,中島正愛,北村春幸,斉藤大樹,福和伸夫:超高層建物に関するEーディフェンス振動台実験,第13回日本地震工学シンポジュウム論文集,pp.2677-2684,2010.11
- 6) 飛田潤,福和伸夫,平田悠貴,長江拓也:普及 型強震計による高層建物の応答特性と損傷のモニタリング実大震動台実験における高層建物試 験体の震動特性評価,構造工学論文集,Vol.56B, pp.229-236, 2010.3
- 7) 尾野勝,金澤健司,飯野夏輝,佐藤大樹,北村 春幸,長江拓也:実大震動台実験における高層鉄 骨造建物の地震損傷検知,日本建築学会構造系論 文集,pp.775-784, No.662, 2011.4
- 8) 福島東陽、市村将太、寺本隆幸:超高層建物の 基本的特性の時系列的変化、日本建築学会大会学 術講演梗概集、C-1、pp.307-308、1999
- 9) 建築研究所、長周期地震動による建築物への影響及び対策技術に関する研究報告書、2005.2
- 10) 武藤清:構造物の動的設計、1977
- 11) 土方勝一郎、植竹富一、金谷淳二、真下貢、早川崇、渡辺基史、佐藤俊明:想定東海地震の東京湾岸における長周期地震動予測、日本建築学会構造系論文集、No.617、pp.55-62、2007.7
- 12) 愛知県設計用入力地震動研究協議会:愛知県設計用入力地震動の作成-想定地震による強震動 予測-改訂版、2005
- 13) 島田侑、佐藤大樹、長江拓也、北村春幸、福山 國夫、梶原浩一、井上貴仁、中島正愛、斉藤大樹、 福和伸夫、日高桃子:超高層建物の下層階に部分 配置する履歴型ダンパーの効果と影響に関する 検討 -長周期地震動を想定した耐震改修-、日 本建築学会構造系論文集、第649号、pp.549-557、 2010.3
- 14) ロックウール工業会:阪神大震災 システム天井被 害状況調査及び原因と対策案報告書、1995.03
- 15) 日本建築学会:非構造部材の耐震設計施工指 針・同解説および耐震設計施工要領、pp270-275、 2003
- 16) ロックウール工業会:システム天井 新耐震基準, 2011年

III-1-1 一元的危機管理対応体制の確立

重川希志依(富士常葉大学)

1. 研究の目的

災害発生後の被災者の生活再建に関しては、公的 支援に加え民間の支援も含めてさまざまな制度が用意 されてきています。これら個々の支援策は、提供主体が 個別に実施するもので、支援策全体が統一的な視点 でデザインされているわけではありません。そのため、 実際の運用の現場では被災者・行政双方に多くの混 乱が発生しているという問題があります。特に被害認定 調査からはじまる一連の被災者支援業務には未経験 のためシステム化されていない部分が多く、これら一連 の業務のシステム化と、事前の研修プログラムの構築 は、首都直下地震に向けて緊急に解決を要する課題と いえます。本研究では、応急・復旧に関わる現行の制 度やシステムを前提としつつ、阪神・淡路大震災や新 潟県中越地震などの過去の災害対応の事例をふまえ て、建物被害認定調査からり災証明書発行に至る対応 プロセスに焦点をあて、災害過程全体を通した災害対 応業務の標準仕様の設計と、首都直下地震の特殊性 を前提とした被災者の生活再建支援に資する対応策 のあり方の枠組みを構築することを目的としています。

2. 建物被害認定調査システムの検討

2.1 過去の地震災害時における教訓と課題の抽出

2004年新潟県中越地震、2007年能登半島地震ならびに 2007年新潟県中越沖地震を対象として、被災者の生活再建のスタートとなる建物被害認定調査と罹災証明書発行に関わる一連の災害対応の業務プロセスならびに課題を抽出しました。調査は地震により被災した新潟県小千谷市、石川県輪島市・穴水町、新潟県柏崎市を対象として、研究チームが行った支援活動ならびにその後実施した災害エスノグラフィー調査に基づいています。

表1 調査対象と得られた成果

調査対象	研究成果
①新潟県中越地震: 小 千谷市における災害 対応業務 ②能登半島地震: 輪島 市及び穴水町におけ る災害対応業務 ③新潟県中越沖地震:	建物被害認定調査に関する業務プロセスの解明 罹災証明書発行に関する業務プロセスの解明 住宅応急修理業務プロセスの解明 は変者生活再建相談窓口業務プロセスの解明
柏崎市における災害 対応業務	自治体職員広域応援業務プロセスの解明

(1)過去の教訓をいかす

災害対応現場においては事前に想定されていない事態が多く発生するため、過去の災害における対応事例や教訓をふまえた対応は、きわめて重要となります。過去の災害の事例や教訓に関する情報は、形式知化されずに実際に経験した担当者の中に暗黙知として蓄積されている場合が多いため、被災経験をもつ自治体職員の応援はきわめて有効でした。新潟県中越地震の際に小千谷市おいて、応援に駆けつけた神戸市の震災対応経験者の的確なアドバイスがきわめて有効であったことが明らかとなりました。

(2)複数の被災市町村間で共通の調査方法を採用

新潟県中越地震では市町村によって調査方法が異なったため、調査結果にばらつきが生じ、被災者支援の段階で大きな問題となりました。しかし能登半島地震では、先行して調査が進められていた輪島市、穴水町、志賀町が小千谷市の調査方法を採用したため、石川県が調整に入り、全被災市町村で同じ調査方法が採用されることとなり、調査結果の自治体間格差が発生しなかったことは、災害対応調査上大きな前進といえます。

(3)"建物一棟"の定義

建物被害認定は建物一棟ごとの判断となりますが、この"建物一棟"の定義が曖昧であるため、被災者の理解を得ることが難しい事例が発生しました。過去の事例では、建物一棟とは、家屋の課税台帳における一棟資産番号をもつ建物を基本単位としていますが、居住者の実感と異なる場合も多く、その取り扱いは個別のケースごとに検討されてきました。さらに、被災者支援策は"災害発生時に居住していた住家"の被災度を対象としていますが、1敷地に複数の建物が存在する場合、居宅の建物の判別は被災者の証言に頼らざるを得ず、被災者に不公平感を生む可能性が懸念されます。

(4)再調査を申請する3つのパターン

一次調査の結果に納得せず、再調査を申請するパターンは以下の3つに分類されることが明らかとなりました。

- ・建物の外観上は被害がないが、建物内部には大きな 被害が発生している場合
- ・調査方法や判断基準がわからないので、とりあえず内 部も調査してもらおうという場合
- ・被災者生活再建支援制度や応急修理制度などさま ざまな支援制度の適用を受けたい場合

(5)自治体職員による訪問調査の限界

新潟県中越沖地震時では、柏崎市の調査は悉皆調査であり、調査棟数は6万棟をこえ、調査を1ヶ月以内で終了するには、外観目視調査であっても1日100人以上の調査員の動員が必要となりました。毎日100人以上の調査員を確保することもきわめて困難な仕事ですが、これだけの数の調査員が一定の視点で調査を継続するための調査の質の管理業務は、さらに困難をきわめました。首都直下地震のような新潟県中越沖地震を上回る災害においては、自治体職員による訪問調査は、実現不可能と考えられ、新たな枠組みで建物被害認定調査システムを構築することが急務の課題といえます。

2.2 建物被害認定自己診断システムの試行

これまでの災害時における建物被害認定調査上の課題を要約すると以下の4点があげられます。

- (1)被災者は内部被害調査なしでは判定結果に納得しない
- (2) 時間、人材、資材などさまざまな制約のため、調査 員が個別に訪問する被害調査は大規模災害では実施 不可能である
- (3)判定結果を被災者に客観的に説明できる資料が必要である
- (4)被災者は自宅の安全性、復旧性の確認のため、自分であるいは建設業者に委託して調査をおこなうことも多い。しかし、この独自の調査は内閣府指針と異なるため、議論がかみ合わず、被災度の確定が長期化する

これらの課題を解決するために最も重要と考えられるのは、被災者自身に調査方法を理解してもらい、調査結果に対する理解と納得を得ることと考えられます。そこで、自治体職員が調査を直接担当し被災者に対しては単に調査方法を広報するという既存の方法ではなく、被災者自身が自宅の被害を調査することによって理解を深める手法を試行しました。具体的には2007年新潟県中越沖地震時に、柏崎市において再調査を申請したすべての被災者に対して、自己診断シート(図 1)を配布し、自宅の被害調査を促しました。

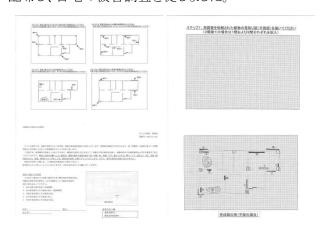


図1 建物被害認定自己診断シート

このシートは調査員が訪問した際に渡され、調査員は自己診断結果を参考にしながら調査することによって、調査方法の理解を促進するとともに、被害の見落としを防止し、被害の認定を巡るトラブルを最小化することを目的としています。

調査員によると、およそ 4 割の再調査申請者がこのシートに何らかの情報を記入していたと報告され、またこのシートで自己診断を体験した被災者は、調査結果の理解がスムーズであったとの報告もあり、このシートの目的はある程度達成されたと考えられます。

2.3 被災者による建物被害認定自己診断システムの 提案

新潟県中越沖地震時の柏崎における自己診断シートの試行から、被災者自身による自己診断がある程度可能であることが明らかとなりました。特に被災者にとって自己診断は、自宅の被害の発生箇所や被害程度を客観的に認識し、被災者が調査プロセスに参加することによって、調査への理解を深める機会となり、きわめて有効な手段であるといえます。

また、首都直下地震のように調査棟数がきわめて膨大な数になるケースでは、調査人員の確保の問題、調査の質の管理の問題など、現行のシステムでは解決できない問題の発生が予想され、この問題の解決方法として、税金の確定申告のような被害の自己診断・自己申告に基づく被害認定システムを構築することは、有効な選択肢の一つであると考えられます。そこでこれらの課題を解決する一方策として、以下に自己診断ー自己申告モデルを提案します。

2.3.1 システムの構成

図 2 の建物被害認定自己診断-自己申告モデルに示 すとおり、本システムは、被害の見方、調査・評価方法 に関するシステムであり、4 つの要素システムから構成 されます。「相談システム」は、調査方法、評価方法、申 告方法など被災者の疑問に答えると共に、スムーズな 申告を促す、いわば税務相談会に相当するものです。 「申告システム」は、確定申告と同様に必要書類をそろ えて申告するシステムですが、この段階で世帯と居住 建物関係を同定し、被災者生活再建支援制度へ接続 する基本的な情報の確認をおこないます。「審査システ ム」は、申告された内容が妥当であるかどうかを審査す るシステムで、必要があれば調査員を派遣して実地調 **査をおこない現況を確認する、いわば税務調査に相当** するものです。これらのシステムのほかに、虚偽申告に 対しては罰則規定、さらに不服申し立て制度の整備が 同時に求められます。

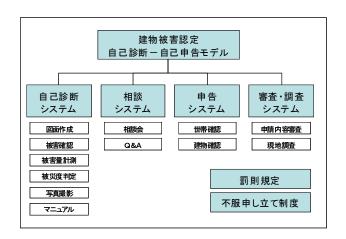


図2 建物被害認定自己診断-自己申告モデル

2.3.2 自己診断の手順

建物被害認定における自己診断の手順は、1)図面の作成、2)被害箇所の確認、3)被害量の計測と記入、4)被害量の集計と被災度判定、5)被害認定箇所の写真撮影、の5つのステップとなります。建物外観の調査部位は、屋根、外壁、基礎であり、建物外観の被害調査時には屋根伏図および立面図を作成し、被害を記入します。図面の作成にあたっては、立面全体のプロポーションが正しければ被害面積率が算出可能なため、縮尺は無視してもかまいません。建物内観の被害調査は、平面図に柱、内壁、床、天井、建具、設備の被害を記入します。柱、建具、設備は点で表現し、床、天井は外壁と同様に、方眼紙を用いて被害部分の面積率を算出することになります。

2.3.3 自己診断ー自己申告モデルで予想される運用上の問題点とその対応策

(1)自己診断が困難であると感じる被災者への対応

本提案の目的の一つは、行政などの第三者の訪問による調査棟数を減らすことによる、被害認定結果の確定の迅速化にあり、自分でできる被災者には自己診断ー自己申告を促し、その結果を行政が認定する仕組みの提案です。これは、いわば自助を促進する仕掛けであり、自己診断が困難であると感じる被災者へは、従来通り自治体職員などの第三者が被災建物を訪問して調査を実施する必要があるといえます。

(2)モラルハザードへの対応

自己診断-自己申告モデルでは、モラルハザードの 発生が懸念されます。すなわち、自宅の被害を実際より 過大に申告して、より大きな被害認定を得ようとする被災 者も存在するのではないかという懸念です。これには税 の確定申告と同様のアナロジーで、申告された被災建物 のサンプル調査を実施するとともに虚偽申告に対する罰 則規定の制定が有効な防災策になると考えられます。

2.3.4 自己診断モデルまでのシナリオの検討

本研究で提案する建物被害認定における自己診断

-自己申告モデルは、従来の建物一棟一棟を行政職員が調査する方法と異なるものであるため、次に発生する地震の被災地において一気に適用することは不可能と考えられます。順次、システムや制度を整備しつつ、試行を繰り返す必要があり、ここでは本モデルの完全適用へのロードマップを考案しました(図3)。

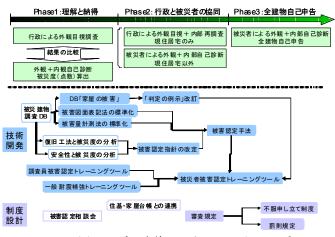


図3モデル実施にいたるロードマップ

ロードマップでは完全適用までを 3 段階に分けています。「フェーズ1」で実現すべき課題は、"被災者の理解と納得を得る"ことで、そのためには、調査の明確性を確立する必要があります。現行の調査員が訪問する一次(外観目視)調査を行うと同時に、外観および内観の被害を被災者が自己診断し、両者の結果を比較し、両者の判定結果が一致すれば判定確定、両者の結果が異なった場合は再調査を実施することとなります。このような現行システムと新システムの併走によって、被災者の調査への参加を促すとともに、彼らの理解と納得を得やすくなるものと考えられます。

「フェーズ 2」で実現すべき課題は"被災者と行政の協同"、すなわち公的な被災者支援策の対象である居宅以外の建物の被害調査を、自己診断一自己申告制に移行し、自治体の負担の減少を目ざすものです。このような被災者と行政の協同によって、調査の効率化を可能とします。「フェーズ3」では全ての建物の被害認定について、自己診断一自己申告制を適用するものです。居宅の判定結果は、被災者の生活再建支援策と直結するため、被災者間の不公平を排除するとともに、不利益とならないよう十分に注意が必要であり、虚偽申告に対する罰則規定とともに、不服申し立て制度を整備する必要があります。

3. 建物被害認定支援システムの開発

3.1 東日本大震災時における課題の抽出

東京都では、東日本大震災の対応において、23 区 の職員を被災地に応援職員として派遣しています。特 に建築職の職員は被災地からの要請に応じて、被災 自治体の建物被害認定調査に従事しました。そこで本研究では、建物被害認定調査へ応援職員を派遣した 23 区から大田区ならびに荒川区を選び、東日本大震災での対応経験に基づいて、首都直下地震における建物被害認定調査の問題点を抽出するとともに、実現可能性に関する調査を行いました。明らかとなった建物被害認定調査の制度に関する課題を以下に記します。

(1)複数の部局の連携が難しい

現行の地域防災計画では、複数部局が連携しながら被害認定調査から罹災証明書発行の業務を実施することになっているが、分担が未定の業務が多く存在し、分担の押し付け合いが発生する可能性が予測されます。

(2)応援職員の研修・引き継ぎ

東日本大震災では、応援職員の研修や引き継ぎ体制の整備まで、すべて応援職員が請け負っていました。特に判定がぶれないようにするためのマニュアル作りや、現場での評価の"目あわせ"についても、それぞれの被災自治体ごとに応援職員が作成している場合が多く、他の被災自治体との整合性は検討されておらず、ばらっきが生じる結果となりました。

(3)応援職員の派遣期間

応援職員の派遣期間は4日から6日の短期間である場合が多く、研修や引き継ぎの時間を考慮すると、実働可能な日数はさらに少なくなります。調査の効率化を図るためには、より長期にわたる派遣が求められます。

上述の抽出した問題点を踏まえ、建物被害認定調査の制度のフィージビリティスタディを行った結果、現状の地域防災計画、およびその運用に関する内規だけでは、首都直下地震への対応として十分に機能しないであろうということが明らかとなりました。また建物被害認定調査を中心とした災害対応業務の標準仕様と危機管理対策業務支援パッケージについて検討を行った結果、以下の結論が得られました。

(4)調査の質を確保した調査員動員体制の構築

首都直下地震における建物被害認定調査の最大の 課題は、調査員の確保であり、この課題の解決には他 都市からの応援職員に頼らざるをえませんが、単に人 工を揃えるだけではなく、調査の質を確保しつつ、周辺 自治体と整合のとれた調査の実施が重要と考えられま す。

(5)調査の質を担保するための研修システムの構築

応援調査員の研修や引き継ぎには、被災地での調査を開始する前に事前学習をおこなうことが極めて有効であると考えられます。

(6)一元的な人材派遣マッチングシステムの構築

一方、応援職員の派遣期間も含めた、よどみなく応援をし続けるための人材派遣マッチングについては、 東日本大震災においてはさまざまな組織が活動しまし たが、効率的であったとは言い難く、複数の部局が多数の応援を求める中で、被災自治体内に応援を調整する部局を設置し、外部に対して一元的に対応することが必要と考えられます。

3.2 被害認定調査支援システムの開発

3.1 で述べたように、通常業務ではない建物被害認 定調査を、調査担当者に事前に研修するシステムを開 発することは極めて重要と考えられます。東日本大震 災の被災自治体においても、建物被害認定調査の実 施にあたり 1 週間程度の短期間で交代する応援調査 員への研修は大きな問題となりました。建物被害認定 調査の研修には、内閣府の調査指針や基準となる被 害写真、さらに調査のコツ・ポイントなど多くの資料が必 要となります。さらに実際の調査現場においては、調査 票や計算書など調査結果の記録および結果の算出も 必要となります。そこでこれらの情報を統合した被害認 定調査支援システムを開発し、モバイル機器に統合す ることによって、調査業務全体の効率化をはかるシステ ムを構築しました。モバイル機器には、アップル社の iPad を採用し、開発したアプリケーションの基本的な流 れを図4に示します。



図4 開発したアプリケーションの基本的な流れ

内閣府の指針に基づく調査手順は、①平面図の描画、②被災箇所の記録、③被災箇所の損傷程度の記入、④部位ごとの損傷程度の合計による被災度の決定となります。そこでアプリケーションもこの手順にしたがって構成し、またワークブック機能を充実させるために、被害認定トレーニングビデオ、被災建物事例写真集、内閣府調査指針、判定の事例と例示、などこれまで散在していた調査実施上で必要な情報を電子化しモバイル機器に統合しました。調査者は、これら手順にしたがい被災箇所の記録、部位ごとの損傷度データの入力をおこなうとともに、必要に応じてワークブック機能を参照することとなります。

本システムは、小千谷市役所において実証実験をおこない、システム改善に向けたさまざまな意見が出されました。特にタッチパネルの操作について、パネルの感度と選択範囲の調整について問題点があきらかになり、

今後はじめてタッチパネル・システムをさわる人を対象とした、システムの改善が課題として残されています。

4. 非木造集合住宅の被害認定調査体制の検討 4.1 研究の目的

本章では、想定される首都直下地震における非木造集合住宅の被災状況を予測し、現行の調査方式を適用した場合の問題点を整理したうえで、これらの問題点を解決するための新たな調査スキームについて検討を行いました。特に、非木造集合住宅の被害認定調査において最も重要な要件である建築専門家の活用方法については、専門家を擁する各種業界団体等へのヒアリング調査を行い、その結果をもとに現実的な仕組みを提案しました。さらに、行政職員を含むステークホルダーによるワークショップを開催して、提案した仕組みの実現性について議論するとともに課題認識の共有化を図ることを目的としました。

4.2 首都直下地震による非木造集合住宅の被災状況 の想定

平成 15 年住宅・土地統計調査に基づき、首都圏 (東京、千葉、埼玉、神奈川)の市区を対象に、構造種別、年代別、階数別、建て方別の住宅数および棟数を推定した結果、首都圏の総住宅棟数は 627 万棟、このうち非木造集合住宅は43.6 万棟となっています。

東京湾北部地震(M7.3)に対する想定震度分布から 非木造集合住宅の全半壊棟数、全壊棟数を被害率曲 線を用いて算定した結果、首都圏全体で全半壊 69,600 棟、全壊 14,100 棟の被害が発生することが予 想されました。次に、建物被害認定調査の対象棟数を 推定するため、東京湾北部地震(M7.3)において震度 5 強以上および震度 6 弱以上の揺れに曝される非木 造集合住宅の棟数を集計結果、非木造集合住宅の調 査対象棟数は約 40 万棟に上ることがわかりました。

表 2 非木造集合住宅の震度別暴露棟数

	震度5強以上	震度 6 弱以上
RC造共同住宅	333,000 棟	290,000 棟
S造共同住宅	97,300 棟	79,600 棟
非木造共同住宅	430,000 棟	370,000 棟

4.3 現行調査方式を適用した場合の問題点

建物被害認定調査の現行スキームは、被災した市 区町村の主に税務を担当する職員が第1次調査と第2 次調査の両方を実施することが前提となっています。し かしながら、建築構造の専門家でなければ正確な診断 が難しい非木造建物に対し、膨大な量の調査を実施し なければならない首都直下地震の場合には、以下に示 す課題の発生が予想されます。

- ・ 行政職員の負担が増大する
- 調査員を確保することが困難になる
- ・ 調査期間が長期化し、被災者への罹災証明発行が 遅れる
- ・ 調査結果の信頼性が低下し、被災者の納得性が得 られない
- ・ 応急危険度判定調査等の類似調査との整合性がと れず、混乱が拡大する
- ・ 判定が甘くなり、不必要な解体・建て替えを誘導して 経済損失を拡大する

非木造建物の被害認定調査では、判定結果の信頼 性を確保するためにも建築専門家の関与が不可欠で あることが指摘されており、現行の調査スキームを踏襲 した場合の建築専門家の必要動員数を試算しました。 専門家の関与が必要となるのは、第1次調査の結果に 不服がある被災者からの申請に基づき実施する第2次 調査の段階であると考えられるため、まず第2次調査の 対象棟数を推定します。近年の被害地震における再調 査率(=第2次調査棟数/第1次調査棟数)は、自治 体が採用した被害認定調査の方法によって異なります が、堀江ら¹⁾によれば、2004年新潟県中越地震にお ける住家・非住家を含めた再調査率は小千谷市 22.5%、長岡市7.1%、十日町市15%、川口町5.3%で あり、平均再調査率は9.8%となっています。また、2007 年能登半島地震における輪島市の住家・非住家を含 めた再調査率は 9.3%(=1,693 棟/18,243 棟)であり、 以上から非木造集合住宅の再調査率を 10%と仮定す ると、東京湾北部地震における再調査(第2次調査) の対象棟数は約4万棟(=40万棟×0.1)となります。次 に、動員すべき専門家の人数を下記の条件で算定しま した。

- ① 第2次調査は各調査班が1日3棟実施する。
- ② 各調査班に専門家 2 名が同行する。
- ③ 1 人の専門家は 5 日間もしくは 10 日間、調査に 従事する。

その結果、必要動員数は表3のように算定されました。

表 3 専門家の必要動員数の試算

調査対象棟数	40,000 棟
専門家の必要延べ人工	26,700 人日
専門家の必要動員数 (1人が5日間従事)	5,340 人
専門家の必要動員数 (1人が10日間従事)	2,670 人

非木造集合住宅のみに建築専門家を 3~5 千人も動員することは現状の体制では極めて困難と考えられ、上述した課題を解決する新たな調査スキームを構築することが必要です。

4.4 実現可能な被害認定調査スキームの検討

前述した課題を解決するためには、行政職員主体による従来の調査方法の枠組みを抜本的に見直し、専門家の活用のための新たな被害認定調査スキームを考える必要があります。そこで本研究では、従来型の被害認定調査の枠組みに比べてより合理的と考えられる下記の3つの改善案を対象に上述の問題点に対する解決の可能性を検討しました。

- ① 行政主体方式
- ② 自己申告方式
- ③ 行政+自己申告方式

このうち、②は田中²⁾による自己診断(self-inspection)の考え方を全面的に取り入れたものであり、③はそれを第2次調査のみに取り入れたものです。表4に、従来方式および3つの改善案の枠組みを模式的に示すとともに、量および時間への適応性、調査結果(質)の信頼性、行政の対応性、および住民の納得性の観点からそれぞれのメリット、デメリットを整理し、さらにこれらのスキームを実現するために解決すべき主な課題を示します。

以上の検討結果から、首都直下地震における非木 造集合住宅の被害認定調査の問題点を解決できる最 も有効かつ現実的な枠組みとして図 5 に示す「行政+ 自己申告方式」を選定し、次項以降ではこの方式につ いてのより具体的な仕組みの検討を進めることとしまし た。

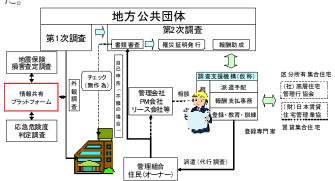


図5「行政+自己申告方式」のスキーム

4.5 建築専門家の活用可能性の検討

これまで述べたとおり、非木造建物の被害認定には、 建築専門家との連携が不可欠と考えられます。そこで、 建築専門家を擁する各種業界団体等へのヒアリング調 査を実施し、専門家の活用可能性についての意識調 査を行うとともに、自己申告方式を取り入れた新しい被 害認定調査スキームに対する意見を聴取しました。そ の結果をもとに各業界の専門性を考慮した被害認定調 査への適性と、活用形態、およびヒアリングで得られた 要点を表 4 に示します。

表 4 専門家とヒアリング要点・活用形態・活用の可能性

幸福	+ 99.14.	想定される	w b	ヒアリング実施	
米 種	専門性	活用形態	要点	2010	2011
総合建設会社 (工事管理会社)	・建設技術に精通	専門家	・得意先対応を優先 ・要請あれば対応可能(人数は限定的)	0	
住宅系建設会社 (工事管理会社)	・建設技術に精通(特に住宅)	専門家	・自社施工物件に対する協力の可能性が考えられる(今後の検討事項)		
設計事務所 (工事監理会社)	・意匠、構造、設備に精通 ・図面保有	専門家	・自社設計または監理物件に対する協力の可能性が考えられる(今後の検討事項)		
損害保険会社	- 損害査定に精通	情報共有	・損保会社としても査定要員の限界から、情報 共有のメリットあり	0	
確認検査機関	・意匠、構造、設備の遵法性等検査 技術 (検査物件の図面保有)	専門家	・震災後の確認検査業務の繁忙度に依存・報酬等の条件が整えば対応可		0
住宅性能評価機関	・意匠、構造、設備の遵法性等検査 技術 (検査物件の図面保有)	専門家	・性能評価した建物の被災度調査は今後やる べき		0
管理会社	・管理組合との関係・設備の維持管理技術・建築専門家少ない	専門家	・平常時から管理組合を支援 ・メンテナンスは外部委託 ・教育・訓練制度があれば対応可能		0
デベロッパー (不動産会社)	・図面保有・建築専門家は少ない	資料提供	・竣工後関係が希薄		
住宅リース会社	・建物を把握 ・建築専門家は少ない	オーナー代行	・賃貸では賃借人への情報提供サービスが求 められる		0
高層住宅管理業協会 (管理会社関連団体)	· 管理会社の教育 · 訓練	教育訓練 情報共有	・分譲マンション管理の9割加盟会社担当 ・被災状況調査者(430人)・マンション修繕技 術者の資格資格制度有(1696人) ・マンション被災状況調査マニュアル有		0
日本賃貸住宅管理業協会 (管理会社関連団体)	・管理会社の教育・訓練	教育訓練 情報共有	・賃貸住宅管理の約1/3加盟会社担当 ・賃貸不動産経営管理士資格制度(2万人)		0
地方公共団体 (所管部局)	・固定資産税評価の一環として住宅 の調査を実施 ・建築専門家は少ない	住民対応	・被災住民の感情に配慮した対応が求められる		0

このうち、全国の分譲マンションの約9割の管理会社を会員に持つ高層住宅管理業協会を中心に実施される地震時の被災状況調査手法を分析しました。

地震時に分譲マンションの管理組合から要請があった場合に、管理会社によりマンション被災状況調査(以下、被災状況調査)が行われます。この調査は、マンションの復旧に向けた第1ステップとして、補修での修復の可能性、居住者や通行人に対する安全確保などを示唆することを目的に実施されるものです。調査は原則として、高層住宅管理業協会が整備した調査マニュアルに従い、協会の講習を受けた1級・2級建築士、マンション維持修繕技術者などの専門家が調査を実施します。

被災状況調査の項目は、(1)建物の傾斜、(2)建物の主要構造部、(3)主要構造部以外の躯体部分、(4)建物の使用にあたっての安全性で、その結果に基づき、詳細調査の要否の判断や、補修・補強等の助言、管理組合への報告を行っています。この調査と、高度な知識を有する専門家が必要な被害認定・第2次調査の項目と評価基準を比較し、両者の共通点と相違点を抽出したのが表5です。

表 5 マンション被災状況調査と被害認定調査の比較

共通点	・基本的に共用部分を調査し、棟単位で判定する。 ・傾斜、柱、梁、耐力壁、床、階段、雑蟹は共通の調査項目。 ・各調査部位こついて被災程度を分類する。
相違点	・被害認定調査における最大沈下量や内部仕上げ・天井、建具、設備などの調査項目が被害状況調査では対象がとなっている。 ・被害認定調査における各調査部位の被害量の判定は被害状況調査では行わない。 ・被害状況調査では落下物や人の転落などの危険性をあわせてチェックする。 ・被害状況調査の調査結果は詳細調査(被災度区分判定、構造調査)の要否を判定する。

表 5 に示す結果から、被災状況調査の項目は被害認定調査と共通する部位が多いこと、一方で、各部位の評価の仕方や調査結果の活用に異なる点がみられることが明らかとなりました。したがって、被災状況調査内容を被害認定調査に活用するためには、各調査部位について被災状況調査時に被害量を判定することや、被害認定特有の調査項目を実施するなど、現状の調査手法を拡張することが求められます。

以上の検討結果を踏まえて、分譲マンションを対象とした調査のフレームワークを構築しました(図 6)。

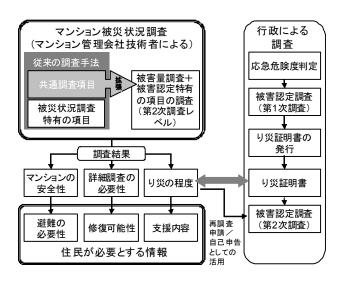


図 6 分譲マンションを対象とした調査のフレームワーク

このフレームワークでは、マンション管理会社の専門家を活用し、従来の被災状況調査の範囲を拡張することにより、業務負担が大幅に増加することなく、被害認定の基準に沿った第2次調査を実施することが可能となります。このフレームワークに従って管理会社に所属する専門家と被災状況調査の内容を被害認定における第2次調査に活用した場合には以下の効果が期待できると考えられます。

- ・建築士などの専門家による調査のため判定結果に対する信頼性を向上できる
- ・調査結果を自己申告方式で活用することにより、自治 体の業務負担を軽減できる
- ・世帯単位ではなく、管理組合単位での対応となり、業 務効率を改善できる
- ・マンション管理会社は住民(管理組合)が必要とする (1) 安全性、(2) 修復可能性に加えて、(3) どの程度 の支援が受けられる見込みかに関する情報を提供す ることにより、復旧の見通しを早期に説明することがで きる
- ・住民は管理会社による調査結果を通して被害認定の 第 1 次調査結果が妥当かどうか、再調査を申請する かどうかを判断するための情報を得ることができる

また、管理会社の状況は区分所有か賃貸かによって 大きく異なっており、区分所有の場合は、管理会社が 日常より管理組合を支援している点で住民から相談し 易い環境ができており、震災時にも建物の代行調査を 管理会社に依頼することが可能と思われます。区分所 有の集合住宅の管理会社の関係団体である社団法人 高層住宅管理業協会は、加盟企業で全国の区分所有 の集合住宅の約9割を占めていますが、賃貸集合住 宅の場合は、管理形態のバリエーションが大きく、法制 度の整備も遅れていることから統一的な仕組みを構築 することが難しいと思われます。賃貸集合住宅の管理 会社の関係団体である財団法人日本賃貸住宅管理協 会は、加盟企業で全国の賃貸集合住宅(木造・非木造 あわせて)の約 1/3 程度を占めており、集合住宅の被 害認定調査をこれらの協会に何らかの方法で委託した とすれば、かなりの調査棟数をこなせるものと思われ、 また、それぞれの協会では独自の資格制度があり、資 格の試験、教育等も実施しており、教育・訓練機能とし ての能力もある。

このように、技術的には被害認定の第 2 次調査レベル程度の調査であり、建築士等の専門家であれば十分な技量を有しているため、管理会社においても大きな問題なく調査の実施が可能と考えられますが、実際の運用にあたっては、行政の調査をどのように外部機関に委託するか、あるいは自己申告を採用する場合には仕組みをどのようにするか等の運用体制や、運用のためのマネジメント方法を検討していく必要があります。

4.6 今後解決すべき課題

以上の調査検討から、首都直下地震における非木 造集合住宅の被害認定調査体制として現状で最も合 理的かつ実現性の高い仕組みは図 5 に示すものと考 えられます。この仕組みでは、外観目視による第1次調 査は類似調査との情報共有による効率化を図り、基本 的には現行の行政主体の調査を実施します。現行と大 きく異なるのは内部調査を含む第2次調査の部分で、 住民もしくは管理組合あるいは委託を受けた管理会社 が自ら調査を行い、行政に自己申告する方式を採用し ています。さらにこれらの関係者だけで調査が困難な 場合に備えて、調査支援機構(仮称)のような第三者組 織を設置し、そこから登録専門家を派遣してもらい、調 査と申告を代行してもらえる仕組みが必要であり、調査 支援機構(仮称)には、相談窓口、専門家の登録、教 育・訓練、派遣手配、報酬管理などのマネジメント機能 を備えるものとします。また、このような自己申告方式が 適正に運営されるためには以下のような課題を解決す る必要性が指摘されます。

- ・ 虚偽申告の防止対策
- ・ 悪徳専門家の排除
- ・ 自己申告のための調査マニュアルの作成と普及

- ・ 専門家への教育・訓練・登録制度の整備
- 申告内容に対する行政としてのチェック機能の確保

5. 生活再建支援業務管理システムの検討

5.1 生活再建支援カルテの必要性

災害発生時、多くの被災自治体にとって、被災者向 けの各種支援制度の提供は初めてであり、どのような 内容の支援をどのような形で提供できるのか、その全体 像を把握していないことが多いと思われます。また、各 種支援制度は、被災者生活再建支援法、災害救助法 の応急住宅修理、応急仮設住宅のように、支援提供の 内容が全国一律で比較的詳細に決っているものもあれ ば、県独自の被災者生活再建支援金補助制度、公営 住宅の提供、災害廃棄物処理、税・保険料の減免ある いは義援金の配分、復興基金の設立と基金を利用し た事業等、法制度で大枠が定められているものもありま す。あるいは過去の災害に前例があるものの、支援の 具体的内容・提供方法は実態として災害毎、自治体毎 にその都度検討・決定している支援制度もあります。従 って、被災世帯に体系的に支援を提供する為には、自 分たちの提供できる支援のラインアップを把握すると共 に、その支援を円滑に提供開始・終了する上で何をい つまでに実施する必要があるのか、その段取りを把握 する必要があります。

5.2 生活再建支援カルテの開発

従来の被災者生活再建相談窓口業務では、窓口に 持ち込まれる個々の相談が個別の案件として扱われ、 その相談内容の記録も残らないことが多く、被災者は、 窓口に来るたびに自分の状況、これまでの相談の経緯 を相談員に説明しなければならず、行政側も、これまで の経緯が全く分からないまま対応することが迫られます。 その結果、被災者と行政との間の意思疎通がうまく行 かず、様々なトラブルの元となっています。そこで、研究 チームでは、被災者と行政の間のやり取りを記録する 「被災者生活再建カルテ」(図7)を開発しました。

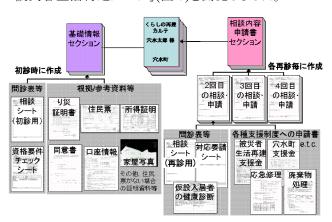


図7 被災者生活再建カルテの構成

このカルテは、各被災世帯と行政との間の、被災者 支援業務上の様々な窓口でのやり取りを、世帯単位で、 一貫した形で管理し、被災者の生活再建状況をモニタ ーすることを目的としています。

提案したシステムを利用した被災者対応のあり方の有 効性の検証と、実際の被災者生活再建支援業務の支 援を目的として、2007年3月25日に発生した石川県 能登半島地震で被災した市町村の一つである穴水町 に対し、著者らが提案するカルテシステムを導入しまし た。穴水町を選択したのは、被災者生活再建支援制度 の対象となる半壊以上の世帯数が紙ベースでも管理が 可能な規模(164世帯;2007年10月30日時点)である と考えられたからです。4月11日に、穴水町に対し、こ の紙ベースのカルテシステムの導入を提案したところ、 受け入れていただくこととなり、研究チームでは、相談 窓口において、業務の様子を観察することを許されまし た。その結果、カルテがどのように利用・拡張されている かを確認したり、カルテを使った業務への感想・問題点 を日常的に相談員から伺う機会を得たのです。カルテ は、4月17日の被災者生活再建支援相談窓口の設置 より本格的に導入されることとなりました。導入にあたり、 カルテの呼称は「くらしの再建カルテ」(以下カルテと略 す)と決定され、以下ではこのカルテが実際の被災者 生活再建支援業務の中でどのように機能しているかを 検証します。

5.2.1 カルテを用いた相談業務の流れ

このカルテを用いることで、世帯を単位とした情報管 理、一度入手した情報の再利用、相談履歴の管理、を 紙ベースで実現することが可能となりました。ある世帯 が初めて相談に来た場合には、新しいフラットファイル に、その世帯のカルテが作成されます。そして、被災の 状況、世帯の事情、再建の方針等が幅広く聞き取られ、 相談シート(初診用)に記録されることとなります。加え て、その世帯が種々の生活再建支援制度を利用する に当たって求められる資格要件への適合状況を、資格 要件チェックシートを用いて確認します。その確認に用 いた住民票システム、税務システムの閲覧画面を印刷 したもの、被災世帯から提出されたり災証明書のコピー も、カルテに収められるので、以降の相談で改めてこれ らの事項をチェックする必要がなくなります。次の相談 からは、窓口で世帯主の名前を告げると、相談員はそ の世帯のカルテを棚から抜き出し、前回までの相談内 容を確認の上、今回の相談の内容を相談シート(再診 用)に記録することとなります。相談シート(再診用)に は、a)被災世帯の相談内容、b)それに対する役場の対 応内容、c)その場で対応しきれず役場の宿題として残 ったこと、d)次の相談までに被災世帯の方で決定・準 備してきて欲しいこと、の4項目を記載します。記載され た相談シート(再診用)と、その回の相談で提出された 種々の書類がまとめて、カルテに挿入されます。以上の

ような形で、各被災世帯の情報が 1 冊のカルテに集約 されていく為、ある世帯の生活再建がどのような状況に あり、どのような課題を抱えているのかを効率よく把握、 共有することが可能となりました。図 8 に相談の流れを 示します。

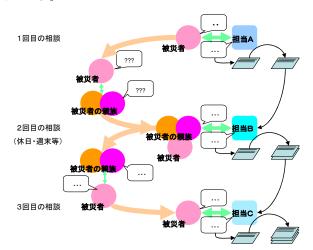


図8 高齢単身被災者世帯の被災者生活再建相談

5.2.2 被災者生活再建相談窓口の相談分析

約1年間の運用を通してカルテシステムに蓄積された相談記録を分析したところ、相談内容の大多数は制度の内容と申請方法に関する問い合わせ・説明であること、何度も相談窓口を訪れ、相談内容も複雑な世帯がある一方で、特に込み入った相談も無く数回の窓口訪問で申請を済ませてしまう世帯も多いことが明らかとなりました。このことは、必ずしも全ての被災世帯が同様の相談サービスを必要としているわけではなく、ある程度の支援制度の説明さえ受けられれば、自立的に再建を進められる世帯の存在を示しています。

被災世帯は、大きく(1)相談も数回で、相談内容について詳細な記録を残しておく必要性がない世帯、(2)相談は数回であるが、詳細に記録を残しておく必要性がある世帯、(3)何度も相談に訪れるが、特に詳細に記録を残しておく必要が無い世帯、(4)何度も相談に来て、その度に詳細に記録を残しておく必要がある世帯、の4群の存在が明らかとなりました。相談業務の業務プロセスの分析によれば、そのプロセスは大きく4つに分けられます。

- a)資格要件の確認(被災程度への不服、みなし全壊、 世帯分離の申し立て、居住の実態の申し立て、等に 関する相談をここに分類した)。
- b)支援内容の説明(制度に関する問い合わせ、再建方 針に関する相談をここに分類した)。
- c)申請方法の説明(申請方法、申請期限等に関する問い合わせ・相談をここに分類した)。
- d)申請後のサポート(支援金等の振込み時期、申請受理後に必要な手続きに関する問い合わせ・相談・不満をここに分類した)。

この結果より、相談内容として大きな割合を占めるのは、支援内容の説明、続いて申請方法についてであり、資格要件、申請後のサポートに関する相談の占める割合は小さいことが明らかとなりました。以上の結果から、上述の4つの世帯群を次のように特徴付けることができます。

世帯群(1)

資格要件の確認で特に問題もなく、数回の相談で自 分の利用できる支援制度を理解し、早々に再建方針を 確定し、申請を済ませ、申請書の処理手続き上も特に 問題が生じない世帯。

世帯群(2)

いずれかの、窓口業務プロセスで問題や特殊な案件が生じるものの、その課題が解消されれば、あとは円滑に手続きが進む世帯。

世帯群(3)

いずれの窓口業務プロセスでも特に問題がないが、 簡単なことを何度も窓口に問合せ・確認し、とりとめの 無い話をする世帯。

世帯群(4)

いくつかの窓口業務プロセスで問題や特殊な案件を 抱えていて、支援の利用が進まない世帯。

世帯群(1)は、自助再建力が高く、行政側から見れば手間のかからない被災世帯群と考えられます。この世帯群に対しては、例えば、ウェブを通じた支援制度の自習システムや、e-tax のようなウェブ申請・手続確認システムがあれば、貴重な人的資源を割り当てなくとも、自分で手続きを進めてくれる可能性が高いと考えられます。世帯群(3)は、生活再建の相談にのるというよりも、話を聞くことそのもの、あるいは別の分野の専門的アドバイスが必要と考えられ、当該分野の専門家が対応すべき世帯群と考えられます。本来カルテシステムが対応すべきなのは、世帯群(4)および世帯群(2)であると考えられ、これらの世帯群は相談履歴を管理する費用をかけて得られる便益が大きいことが期待できます。

6. まとめ

(1)災害対応業務支援システムの活用と新たな支援策の枠組みの検討

災害発生後の被災者の生活再建や都市機能の復旧・復興に関しては、さまざまな制度が用意されてきていますが、特に被害認定調査からはじまる一連の被災者支援業務には未経験のためシステム化されていない部分が多く、これら一連の業務のシステム化と研修プログラムの構築は首都直下地震に向けて緊急に解決を要する課題といえます。

本研究ではこれまで、阪神・淡路大震災以降発生した大規模地震災害時における災害対応業務プロセスに関し、エスノグラフィー調査によりヒアリング・グループ

ディスカッション・参与観察等の成果に基づき、災害対応プロセスの検討ならびに課題の抽出と、それに基づく新たな業務のあり方の検討を進めてきました。その中で開発された「被害認定調査支援システム」は、建物被害認定調査員の事前研修と調査効率の向上を目指すものであり、今後本システムを活用し、自治体職員などが平常時から研修・訓練を体験することにより、個人と組織の災害対応能力向上を図っていくことが必要と考えられます。

また、現行の制度を前提とした災害対応において、 被災者の納得と自助努力を促すことを目的とし、建物 の被害認定を被災者自身が行う自己診断システムの 開発と試行、生活再建支援業務管理システムの開発と 導入等を行い、これらシステムが行政ならびに被災者 の双方の視点から見て、業務の効率化、被災者の自 助努力の促進のいずれにおいても有効であることが証 明されました。

さらに首都直下の特殊性として、非木造集合住宅居住者の割合が高いため、近年発生した地震災害では発現していない諸課題が予想されます。そこで、分譲マンションを対象とした被災規模の概略推定を実施したところ、半壊以上の被害を受けるマンション居住者が

東京都区部だけで約 10 万戸に上るという結果となりました。住居/非住居を問わず、非木造建物の被害認定調査には建築の専門家を活用することが不可欠になると予想されますが、大規模地震時に予想される建築の専門家の役割は、建物被害認定調査のみならず、応急危険度判定調査、修理・再建など多様となります。本研究では、マンション管理会社と連携した新たな調査システムを提案していますが、地震発生直後から、被災者の住宅再建の一連のプロセスの中で、建築の専門家を含めた関連業界との連携による役割分担や動員体制など、新たな枠組みを構築し、被災者を含めたステークホルダーとの情報共有を進め、実装に向けた体制づくりに取り組むことが急務の課題といえます。

参考文献

- 1) 堀江啓他、新潟県中越地震における被害認定調査・訓練システムの実践的検証: 小千谷市のり災証明書発行業務への適用、地域安全学会論文集、No.7、pp.123-132、2005
- 2) 田中聡他、建物被害認定自己診断システムの提案:自己診断-自己申告モデルの構築にむけて-、 地域安全学会論文集、No.10、pp.233-242、2008

III-1-2 地域·生活再建過程の最適化に関する研究

中林一樹(明治大学)

1. 研究の目的と研究成果の構成

人口減少・高齢化時代を迎え、財政状況・人的資 源の制約が厳しくなる中で、首都直下地震は、阪神・ 淡路大震災を遙かに超える大規模な建物被害と政 治・行政・経済の首都中枢機能への支障を発生させ ると危惧されています。内閣府及び東京都等が被害 想定の対象としている東京湾北部地震を対策対象地 震と設定し、首都機能・経済活動および都市・地域社 会・住宅・生活の効果的な再建・復興を実現するため の、災害発生前に行う事前復興のあり方を構築するこ とが本研究の目的です。被災自治体と被災地域住民 が協働して災害復興に取り組むために、地域社会・ 居住生活の再建過程を最適化するためには、単に都 市基盤施設や建物施設・住宅等のハードウェアの再 建・復興のみならず、経済活動や雇用・生活等のソー シャルウェアの再建・再生を効果的に実現する必要が あります。そのために、事前に準備しておくべき事前 復興対策の体系化と、継続的な事前復興対策の訓 練手法の開発を目標として研究を進めました。

研究成果は、1)首都直下地震からの復興を最適化するシナリオ・モデルの構築(2 章、3 章、4 章)、2)行政が策定し運営する復興計画策定の最適化とその体系化(5 章、6 章、7 章)、3)地域と行政が協働して取り組む復元力・復興力を培う復興まちづくり訓練の手法開発(8 章)にまとめることができます。

2. 都市計画としての指定容積率からみた人口減少 時代の市街地復興シナリオ検討(首都大学東京)

2.1 研究の目的

人口減少時代を視野に入れると都市復興の空間 需要が限定的になることが想定されます。東京といえ ども被災市街地の整備が制約される可能性がありま す。このような問題意識から、「都市計画として指定さ れている容積率からみた市街地復興シナリオの検討」 をおこないました。

2.2 人口減少時代に対応した市街地復興計画と整備手法に関する事前復興計画論研究

大規模な災害からの復興において、被害の大きいところでは大規模な市街地整備事業が行われます。 阪神・淡路大震災では「黒地地区」と呼ばれたエリアです。被害が小さいところでは、用途地域等の一般的な都市計画のみに規制されて個別の住宅や施設の再建が行われます。阪神・淡路大震災で「白地区域」 と呼ばれたエリアです。黒地地区は一体的に事業が進むため合意形成に時間がかかり、迅速な復興に応えられませんが、整序された災害に強い都市空間として再興されます。白地区域では敷地毎に個々の地権者の状況にあわせて復興が進むため、迅速な復興が実現する一方で復興が出来ない敷地が発生し、再興された都市空間は十分に整序されていません。人口減少社会において均衡ある復興を実現するためには、黒地地区と白地区域に適正に人口を想定する必要があり、そのためにも白地区域の土地利用の誘導方針を事前に検討しておく必要があります。

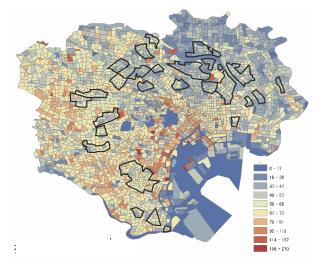


図1 特別区における指定容積率の利用率

こうした問題意識のもと、東京 23 区を対象に 2006 年の土地利用データを用いて「容積率指定」とその利 用状況の分析を行いました。指定されている容積率と 利用されている容積率は都心が高く、周辺になるに 従って低くなる「富士山型」ですが、指定容積率の利 用率をみると西側が高く東側が低く、特に荒川、足立、 墨田、葛飾、江戸川区が低いことが明らかになりまし た(図1)。被害が想定される木造密集市街地(図1中 の黒実線で囲われたエリア)は都心を囲むベルト上に 形成されており、放射状の構成を持つ東京の都市構 造を鑑みると、被害エリアから放射状に住居や事業所 が移転することが想定されます。東部は23区内で需 要が吸収され、区部の縁辺部に開発が集中する可能 性が示唆されました。しかし、比較的土地区画整理事 業が完了したエリアが多く、十分な道路基盤のもと新 規開発が進み、木造密集市街地エリアの人口が回復 しない可能性があります。西部では 23 区内で需要が

吸収されないために多摩部への移転が多くなる一方で、現状よりさらに高密化する方向で復興が進む事が 示唆されました。

現実の被害は様々なパターンが想定されるため、 行政職員等が図上訓練としてシナリオスタディを重ね ることが重要です。本研究ではそのための基礎的データを作成しました。

3. 生活基盤としてのすまいの復旧・復興戦略に 関する研究(人と防災未来センター)

3.1 研究の目的

首都直下地震においては、日本における経済産業の中心であり、人口密集地である首都圏が多大な被害を受けるため、生活基盤としてのすまいの復旧・復興戦略を立案することが重要となります。

そこで過去の災害事例の教訓に学びながら、今後 の首都圏のすまいの復旧・復興の重要なテーマであ る「公的住宅の再建」、「高齢者のすまいの再建」、 「家計の再建」についての検討を行いました。

3.2 住宅の再建

首都直下地震後の住宅再建シナリオについては、 阪神・淡路大震災をはじめとする過去の都市型災害 事例における住宅再建過程を分析し、首都直下地震 後のすまいの被害類型と再建パターン分析を行い、 地域の復興シナリオを検討しました。

阪神・淡路大震災の住宅再建過程の詳細を分析した結果を用いて、首都直下地震の住宅再建シナリオを起草すると、自由市場における住宅供給と被災者の住宅再建が膨大なミスマッチを起こし、都市全体の地域再建に多大な影響を及ぼすことが示されました。そのため、住宅被災世帯を一定期間、地域再建と連動させた枠組みで公的管理するプログラムが必要です。

首都直下地震における住宅再建課題は、量が膨大であり、その量が供給できないところにあるのではなく、地域再建を考える上で被災者の住み替え動態・移動動態の予測が不確定となる点にあります。そのため住宅再建を決定する3因子(居住意思・可能性・能力)で8分類し、それぞれの住宅再建支援策を準備することが必要です。

3.3 高齢者のすまいの再建

高齢化社会でのすまいの再建については、東日本 大震災における応急修理・仮設住宅(グループホーム型仮設を含む)・借上げ仮設住宅の選択、行政の 復興計画や住宅再建計画の業務の流れや課題を整 理し、その上で、阪神・淡路大震災以降の住宅政策 の変化、住宅と地域福祉政策との接近や高齢化が進 む日本の社会事情などをふまえ、首都直下地震後の 高齢者の被災直後から仮住まいを経たすまい再建の プロセスについて、公的・民間高齢者賃貸住宅・小規 模多機能施設等の果たす役割を含め、年齢毎の人 口分布の視点から復興シナリオを検討しました。その 結果、高齢化社会でのすまいの再建については、下 記の課題と対策が明らかになりました。

首都直下地震では、仮設住宅建設地が限られ、余 剰住宅ストックの有効活用の観点からも、借り上げ仮 設住宅の確保と恒久住宅としての利用が課題となりま す。借り上げ仮設のあっせんから、借り上げ公営住宅 としての認定を円滑に行うための仕組みづくり、恒久 住宅として、平常時の民間高齢者賃貸住宅に準ずる 設備改修や福祉的なケアを含めた高齢者住宅として の質の確保のための対策が必要です。

また、被災した福祉施設の入所者や一般仮設住宅に入居が難しい被災者が多数発生することが課題であり、東日本大震災では直後に許可されなかった仮設の福祉施設(施設基準の一次的緩和と介護士等の雇用の確保)を地域や仮設住宅と連動させた形で建設し、地域の福祉力の継続につながる高齢者の住まいのための対策が必要です。

3.4 家計の再建

企業被害による家計への影響については、すまいの復興を実現するための制約要因である家計の被害・再建について、企業が被災した場合の家計への影響を推定し、すまいの再建における被災者の家計制約を考慮した復興シナリオを検討しました。

特に日本の経済中枢が被災する首都直下地震では、勤務先の被災による家計収入の被害が大きいと予測されます。すまいの再建資金は、世帯においては家計という制約条件が、行政においては財政支出の上限という制約条件があります。阪神・淡路大震災では、避難所→仮設住宅→復興公営住宅という選択肢の少なさを「単線復興」と称する批判があったように、多様な被災者の多様なニーズに対応するためには、被災者負担と公的負担が制約条件の範囲内に収まるように、被災者の選択肢のバリエーションを確保する仕組みを構築すれば、被災者は、家族やコミュニティ等の条件、生活への価値観によって自由に生活再建過程を選択できます。

家計制約は、被災者の年齢、収入、資産により異なります。被災者の住まい再建の原資は、被災時の資産額と将来得られる収入総額の現在価値です。したがって、住宅ローン等を保有していて家計資産額がマイナスの被災者や、高齢者等の将来収入が見込めない被災者は、自力負担が可能な額が小さくなります。これらの被災者は再建パターンの選択幅が少なくなるため、特別の対応が求められます。例えば、収入の少ない高齢者持家世帯には、リバースモーゲージ

や賃貸住宅居住への移行を促し、資産の少ない若い 世代には二重ローンの減免や新規ローンへの信用保 証を行うなど、対象の特性に応じた効率的な支援が 必要です。

近年、借家から持家への移行が進みつつあること、また高齢化が進みつつあることから、震災に脆弱な家計バランスシートを持つ世帯は増加しています。そのため震災前に耐震化の推進、震災前の企業の防災対策、事業継続計画(BCP)を進めることが、震災後のすまいの再建においても重要となります。

3.5 首都直下地震でのすまいの復興シナリオ

これらは個別に重要なテーマですが、実際には複合的な関係があり、首都性を踏まえた総合的な住宅の被害・復興シナリオを検討しました。

- ①社会環境要因によるすまい被害の特徴
- ・高齢化、持家化の進展により、高齢の被災者数や住宅ローンを抱えた被災者が多数発生しますが、これらの被災者は将来の収入や二重ローンの問題により住宅再建に困難を抱えます。
- ②地域格差の発生
- ・老朽住宅の比率や火災地域により被害の地域格差が発生します。さらに復興では、住宅地としての評価や再開発等の事業の適用状況、道路・敷地条件、住宅地としての評価の違いによって、地域間の格差が発生します。
- ③住宅市場のミスマッチの発生
- ・自由市場で供給される住宅は、マンションや戸建て 住宅などが中心です。資金負担力の低い高齢者のニーズが高い安価な賃貸住宅、ケア付きの賃貸住宅、 福祉施設等は、市場任せでは供給されません。 ④公的支援の役割
- ・上記の課題を解決するためには、一律の基準ではなく、被災者の資金負担力の特性に応じたメリハリのある公的支援が求められます。一方、借上仮設、借上公営住宅、仮設福祉施設、リバースモーゲージ等の活用により、公的負担額を軽減する対策も必要です。地域間格差の解消には、住宅施策だけでなく、地域の魅力を高めるための都市計画・まちづくり施策との

4. 復興シナリオの構築と復興シナリオの選定(京都大学)

4.1 研究の目的

連携が必要です。

地震によって住宅を被災した後、被災者がどのように住宅の再建をしていくのでしょうか。それは、災害前の住まいの状況や、家族・仕事など様々な状況によって、住宅の再建方法が変わると考えられます。それは、行政が準備する住宅再建計画の策定と対策の準備を規定することになりま

す。住まいの再建を最適化するために、阪神・淡路大震災での住まいの再建パターンをモデルとして対比しながら、住宅が大きな被害を受けた場合に、どのように再建するのかを質問するアンケート調査を通して、シミュレーションを行い、住宅再建のシナリオの構築を目的としました。

4.2 九都県市全域におけるすまい再建シミュレー ション

これまでのすまいの再建シミュレーションを行った 研究は、いずれも住宅が居住不可という大きな被害を 受けた場合に、どのように再建するのかを質問するア ンケート調査を元にシミュレーションを行っていますが、 いずれのアンケートにおいても持ち家層の 17%が公 営住宅を選択する結果となっています。しかし、阪神・ 淡路大震災の全半壊・持ち家で公営住宅に入居した 割合の 2.2%に比較して非常に大きな数字となってい ます。これは一般市民にとって災害後のすまいの再 建は未経験の課題であり、すまいの再建に関する意 向調査を行っても、マスコミ等で報道されるステレオタ イプな被災地のイメージ・すまいの再建のイメージの 影響を受け、実際の災害時のすまいの再建の実状を 示すものとはならないためであると考えられます。こう いった背景を踏まえ、本研究では、首都直下地震後 の「すまいの再建」にかかわるシミュレーションを実施 するための基礎的資料の構築を目的とし、阪神・淡路 大震災の「すまいの再建」プロセスのデータを踏まえ た首都直下地震後のすまいの再建シミュレーションを 行いました¹⁾。

災害後の住宅取得手法としては 1)市場で調達、2) 公的な事業(都市計画事業、住宅地区改良事業等) による住宅再建、3)公営住宅という3つの手法が存在 します。

東京都、千葉県、埼玉県、神奈川県の住民が阪神・淡路大震災の被災者と同様の住宅取得を行ったという過程に基づき、首都直下地震後の公営住宅必要戸数を推計します。具体的には人口・総住宅数が変化しないという前提のもとで、国勢調査における「東京都、千葉県、埼玉県、神奈川県の住宅」のデータを阪神・淡路大震災の被災者の「10年後のすまい」の割合に合わせて再分配し¹⁾、さらに震度6弱以上の人口割合を掛け合わせたものです。人口データは2005年の国勢調査メッシュ統計を用いました。表1に各都県における公営住宅の想定必要戸数を示します。その結果、4都県で172,333戸の公営住宅が新たに必要となるという推計結果を得ました²⁾。

公的事業による再建については、重点密集市街地ではすべて都市計画事業を行うという前提のもとに、 平成17年度国勢調査資料(東京都)、都道府県のデータを元に推計を行い、357,427世帯が公的事業によ り再建するという推定結果を得ました。

表 1 首都直下地震(東京北部)における想定必要公営住宅戸数

	オリジナルデータ	震度6以上曝露人口の割合	推計必要公営住宅戸数
東京都	105,993	85.54%	90,670
埼玉県	42,032	48.03%	20,188
千葉県	25,425	74.43%	18,924
神奈川県	53,966	78.85%	42,551
総計			172,333

内閣府の被害想定における被災者数のデータを用いて、「風速 15m、建物被災要因による被災者/1世帯当たりの人口」という関係から被災世帯を推定しまた。被災 521 万世帯がすべて住宅再建を行うという前提での推計では、市場での住宅取得=159 万世帯一公的事業での再建(36 万世帯) - 公営住宅での再建(17 万世帯)ということになり、約 106 万世帯が市場で住宅を取得するという結果が得られました。しかしながら、首都圏においては人口の流動性が高いことから震災を機に住宅を売却して別の場所に移動するという住宅取得行動も同時に発生することが予想され推定結果+αの件の市場での住宅取得活動が行われると推定されます。

本推計はあくまでも 2005 年に首都直下地震が発

生したという前提での推計ですので、人口減少社会を迎えるということを考慮して 2030 年に地震が発生した場合の推計も実施しました。その結果、将来人口構成を考慮しても、「建て替え」および「親せき宅等」の需要が若干増加しますが、2005 年のモデルと大きな変化は見られないこと分かりました³⁾。

4.3 将来の状況を踏まえた「都市の復興モデル」の検討

阪神・淡路大震災、新潟県中越地震の復興状況の分析から災害前の地域類型(「持続型」(Sustainable):若年・子育て世代が多く存在する、「依存型」(Dependent):子育て世代が少ない、「限界型」(Marginal))と復興後の地域の姿の間に強い相関があることが明らかになっています。具体的には、地域類型に以下のような関係が見られます。1)災害前に持続類型であった地域は、基本的には災害復興後も持続類型の地域特性を維持していますが、震災の影響を受けていない郊外住宅地で高齢化に伴い持続類型から依存類型へと変化する地域が存在します。2)震災前に依存類型であった地区には、①災害復興を経て持続類型に変化、②依存類型の維持、③限界類型に変化、という3つのタイプが存在します4。3)限

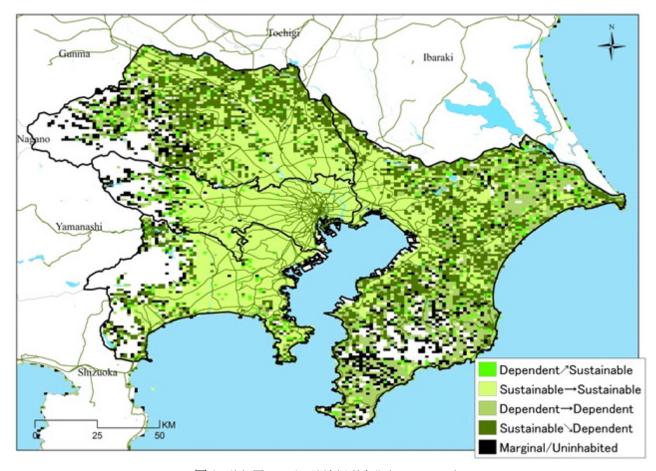


図 2 首都圏における地域類型変化(2005-2030)

界類型であった地域については、災害復興後も限界類型のままです。依存類型であった地域において、 人口を戻すための復興事業を実施しても限界類型に 変化しているケースがあるなかで、限界類型の地域に おいては、地域の存続が課題となってきます。

図 2 に首都圏における 2005 年~2030 年における 地域類型変化を示します。東京都心部においては 2030 年においても持続類型を維持している地域が多いですが、千葉県南東部、埼玉県北部といった都心 から離れた地域においては、持続類型から依存類型 へと変化する地域が多く見られます。ニュータウン地域においてこういった現象が顕著です。その一方、埼玉県北部においても古くからの市街地が連続する高崎線沿線においては持続類型が維持されています。

こういった分析結果から明らかになる首都直下地震 後の復興モデルは、以下の通りです。

- i) 都心地域、首都圏西部地域は、将来的にも持続 類型地域であり、より良い町として地域を再建すると いう従来型の災害復興モデルを適用することが妥当 であると考えられます。
- ii) 埼玉県・千葉県のニュータウン地域については、持続類型→依存類型へと変化する地域であり、災害後に大規模な復興投資を実施しても災害前のトレンドを変化させることは困難であり、必要最小限の復旧だけを実施し、将来的には地域の縮小・撤退も考慮した新たな復興モデルを適用することも検討する必要があります。

5. 住民意識の動向と地域の行政対応に関する研究(明治大学)

5.1 研究の目的

首都直下地震では、人口減少時代を迎える日本の 財政状況・人的資源の制約が厳しくなる中で、阪神・ 淡路大震災の被害を遙かに超える大規模被害と政 治・行政・経済の中枢機能への支障の発生も危惧さ れています。これらの被害からの地域・生活再建過程 を最適化し、都市・地域社会・生活の効果的復興を実 現するために、本研究では、地域コミュニティの再生 や被災者個々人の生活の再建を視野に入れた、総 合的な社会復興プロセスの最適化に資する理論の具 体化を目的としています。

具体的には、1)復興時における住民意識、行動に関する研究、2)自治体における復興プロセスの実態に関する研究、3)住民意識の動向、及び、行政対応能力に基づく復興プロセスの最適化、復興マネジメント手法に関する研究、という3つの研究業務に分けて、本研究を進めてまいりました。

5.2 復興時における住民意識、行動に関する研究 災害復興に関わる住民の意識や行政に対するニ

ーズを明確化・網羅化することを目的に、本研究は以下の業務を実施してきました。

5.2.1 荒川区内在住の住民へのフォーカス・グループ・インタビュー(FGI) (2007 年度)

荒川区内在住の住民に対して、高齢者・自営業者・主婦・会社員といった 4 つのフォーカス・グループごとにインタビュー調査を実施し、被災経験のない住民の復興に関する認識や、行政への要望について把握することに努めました。

5.2.2 旧山古志村住民代表への FGI(2008,2009 年度)

2004 年の中越地震で被災した旧山古志村の各集落区長に2年間にわたってFGIを実施し、各集落の復興活動や復興経過、自治体・地方議会・NPO・ボランティアとの調整、復興を進める上での課題について明らかにしてきました。

5.2.3 都市部住民へのアンケート調査(2010年度)

人口 100 万人以上の 12 都市(札幌市、仙台市、さいたま市、東京特別区、横浜市、川崎市、名古屋市、京都市、大阪市、神戸市、広島市、福岡市)の住民に対してインターネットによるアンケート調査を実施し、復興に関する都市部の住民意識と行動、政治・行政に関する信頼性の把握に努めました。

5.3 自治体における復興プロセスの実態に関する研究

災害復興時における行政の対応や復興体制の整備、復興計画や復興支援メニューの策定過程、または事前の復興体制の整備状況を明らかにすることを目的に、本研究は以下の業務を実施してきました。

5.3.1 被災経験のある自治体へのヒアリング調査 (2008、2009 年度)

2004年の中越地震、2007年の能登半島地震、2008年の岩手・宮城内陸地震で被災した広域自治体(新潟県、石川県、宮城県)と基礎自治体(長岡市、輪島市、栗原市)に対してヒアリング調査を行い、復興計画の策定過程や住民や庁内間での連絡調整上の課題について明らかにしてきました。

5.3.2 政令市・中核市・特例市・特別区へのアンケート調査(2011 年度)

政令市19団体、中核市41団体、特例市40団体、特別区23団体に対してアンケート調査を実施し、事前復興計画の策定状況や地域防災計画における復興編の策定状況、東日本大震災における被災自治体への支援の経緯などについて明らかにしました。

5.4 住民意識の動向、及び、地域の行政対応能力に基づく復興プロセスの最適化、復興マネジメント手法に関する研究

本研究では、復興過程における住民の意識と行政

対応能力を適合させるための復興マネジメント手法を構築し、災害復興プロセスの最適化を目指しました。 具体的には、1)復興時における住民意識、行動に関する研究から析出された復興についての住民意識や行政へのニーズと、2)自治体における復興プロセスの実態に関する研究から析出された行政の組織・体制・設備等の整備度合いから、住民意識と行政対応能力との適合度やギャップに関する課題・問題群を把握することに努めました。

その結果、復興プロセスを最適化するためには4つの課題(災害に所与の課題、行政運営における課題、社会的・経済的課題、政治的課題)があることが分かりました。また、復興プロセスにおける住民意識と行政対応能力のギャップは以下の8つの内容に類型化できることが分かりました。

- A) 行政と住民間のアクセスの方法
- B) 行政と住民間のアクセスの質・量
- C) 住民からの要望への対応の質・量
- D) 住民からの要望への対応のスピード
- E) 復興活動の範囲
- F) 復興活動の質・量
- G) 復興活動のスピード
- H) 復興活動の優先順位

復興プロセスを最適化するための 4 つの課題を解消・低減することで、これら 8 つのギャップを埋めることが可能になるとの結論に至りました。

5.5 本研究の最終年度成果の公表

本研究の成果である住民意識と行政対応能力のギャップの8類型を踏まえて、地方自治体の防災・危機管理等担当職員が復興計画や復興条例案等の作成できるように、本研究によって得られた住民意識・行政対応のデータや分析結果を参考資料集として編集し、明治大学危機管理研究センターのweb上に公開します。参考資料集には、都市部住民の復興ニーズを時系列的に網羅しているほか、普段の防災意識や行政への信頼度について紹介しています。また都市部自治体の危機管理・復興体制の整備状況やその内容について把握することもできます。

6. 震災復興マニュアルの構成と策定手法の開発 (首都大学東京)⁵⁾

6.1 研究の目的

基礎自治体職員向けの事前からの復興への備えとして、震災復興マニュアルの策定があります。東京都都市整備局の調査によれば、2011年12月時点で23区中20区で震災復興に関するマニュアルが策定済みです(市部では策定済み自治体はない)。マニュアルを策定する手法として、外部委託任せにするのではなく、実際のユーザーである行政職員自らが作成

する取り組みがいくつかの自治体で実施されています。 そこで本研究では、2008年度に首都大学東京チーム で実施した葛飾区での取り組みを分析し、策定手法 と職員ワークショップ型での策定の意義を考察しま す。

6.2 葛飾区における震災復興マニュアル策定作業

葛飾区では、2004 年度に新小岩地区で震災復興まちづくり訓練を実施し、地域組織、区役所、専門家が協働で復興準備に取り組む手応えを得ました。その後、2008 年度に葛飾区にとって 2 地区目となる堀切地区での震災復興まちづくり訓練と同時に震災復興マニュアルの策定に区役所として取り組むことになりました。震災復興マニュアルの策定ワーキングは次の体制で構成されました。

- ①復興本部 WG
- ②地域協働復興 WG
- ③都市復興 WG
- ④住宅再建 WG

各ワーキングは、関連する職員5~7名とアドバイザーとして首都大スタッフが加わりました。進行は職員が担いました。ワーキングは、次のように全5回開催されました。

第1回:キックオフ全体会

第2回:担当作業内容の中間報告と議論

第3回:各分担内容の作業報告と議論(1/2)

第4回:各分担内容の作業報告と議論(2/2)

第5回:最終全体会(マニュアル素案作成)

第1回の前と第5回の後に、部課長クラス庁内委員会を構成し、全体議論と組織としての意思決定がされました。完成したマニュアルのサンプルを図3に示します。マニュアルは各課に紙冊子体として配布した他、庁内LANにアップされ、またPDF形式で区役所のホームページからダウンロードできるようになっています。

復興まちづくり訓練とセットで震災復興マニュアル 策定を進めることで、行政目線だけではない、地域と の協働をより意識したマニュアル構成と内容になった と言えましょう。それは具体的には地域協働復興の章 の作成に反映され、東京都が 2003 年に提示した「東 京都の考える地域協働復興のプロセス」をより地域特 性に即したものに改編されたと言えます。

なお、首都大学東京チームでは、2010年度に豊島 区での震災復興マニュアル策定の支援を実施してい ます。そのプロセスは葛飾区と類似し、職員自らが震 災復興マニュアルを作成することは、一般性を持ちう ると言えましょう。また最終成果としての「震災復興ま ちづく訓練のすすめ」にも自治体マニュアルの策定に ついて提案をおこないました。

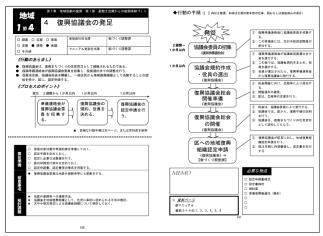


図3 葛飾区震災復興マニュアルサンプル

7. 市街地復興政策検討支援システムの構築による市街地復興の最適化(東京大学)⁶⁾⁻¹⁰⁾

7.1 研究の目的

首都圏の特殊な地域特性、時代背景の変化を踏まえると、これまでの災害事例では顕在化していない復興課題が現れる可能性が高いと考えられます。したがって、既存の復興対策だけでは不十分であり、新たな政策立案が必要となってくると考えられます。しかし、被災後に目新しい施策が展開された事例はほとんどありません。「復興で使われる施策は従前に使われていたものか、あるいは、検討したことのあるもの」に限定されています。未経験の復興課題に対しては、被災前から起こりえる復興課題を理解し、それに対応する施策について議論、検討しておくことが大切だと考えています。

本研究は、市街地復興の最適化にあたって不可欠となる事前の復興政策検討支援システム(しくみ)を構築することを目的とし、主に行政職員を含む専門家を対象として、復興状況の想定方法、そして復興課題解消のために必要となる政策検討のしくみを構築しています。

復興の最適化においては、「個人の生活の早期再建」という視点と良い街として復興するという「市街地復興」の視点のバランスが大切であることが指摘されています。本研究では、この二つの視点のバランスに着目して研究を進めました。

7.2 研究成果の概要

市街地復興政策検討支援システム(政策検討のためのプログラム)の基軸として復興状況イメージトレーニング手法(略称:復興イメトレ)(図 4)を開発、検証を行うとともに、さらにその普及を実践的に行うと同時に自主的に実施しようとする自治体への支援を行いました。さらに普及を後押しするため、最終年度にホームページを開設し、復興準備の必要性、復興イメトレの

手法を解説しています。加えて、各地域での復興イメトレで培われたノウハウや工夫、あるいは、今後の経験を共有する場の提供を行うこととしました。この他には、復興イメトレを広域に展開するための基礎資料として首都圏を地域特性による類型化を行い、特定地域の復興イメトレの成果を同じ類型の地域へ展開していく準備を整えました(表 2)。

「復興イメトレ」は、復興政策を検討の前提として復興 状況を想定する手法です。防災対策の検討に対する 地震被害想定と同じ位置付けと言えます。その目的 は、①個人の生活再建シナリオと市街地の復興シナリ オを具体的に描くことによって、②事前に地域に即し た復興課題を理解し、③それに対応して必要とされる 生活再建支援対策、及び、復興まちづくり方策を検 討しておき、④次の災害に向けて検討結果を蓄積、 発展させることです。背景としては、首都圏は多様な 地域特性をもつ市街地で構成されていること、かつ、 震源域が事前に確定できないことを踏まえて、地域特 性の違いにより、これまで経験していない復興課題が 現れる可能性が高いことが指摘できます。いつ起こる か分からないという中で時代が変わればこの傾向はな お強くなるものと推察されます。さらに東日本大震災 で採られた被災地主体の復興が今後の前例になると すれば、ますます事前に未経験の復興課題を理解し ておくことは不可欠と考えています。

復興イ外レの手法構築にあたって次の点に着眼しています。災害による被害は物理的なメカニズムによって生じますが、復興状況は人間の意思決定の積み重ねの結果として現れるものです。したがって、リアリティのある状況想定を行えば、被災前においても復興状況を描き得ると考えました。つまり、人間の推論力を積極的に位置付けた方法と言えます。具体的な方法は、次の3段階のステップのワークショップによる議論です。まず準備としてリアリティのある被災状況とそこに居住する典型世帯、復興弱者となりそうな世帯を設定します。その上で①個人の立場からの生活再建、

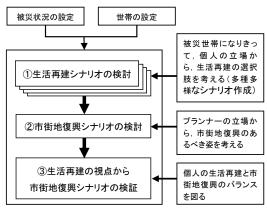


図4 復興イメトレの流れ

表 2 市街地復興政策検討支援システムの構築による市街地復興の最適化の全体像

1) 復興状況イメージトレーニング手法の構築 とその普及

- 2007 年度~2008 年度:埼玉県の 4 類型地区 を対象とした復興状況イメージトレーニン グ手法の開発
- 2009 年度:復興状況イメージトレーニング 手法の検証
- 2010 年度~2011 年度:復興状況イメージトレーニングの検証と普及
- 2) 復興イメトレの成果の再整理による復興モデルの構築による復興メカニズムの構造的理解
- 2007 年度~2009 年度: 災害復興事例の調査 と考察
- ・ 2010 年度~2011 年度:生活再建シナリオ及 び市街地復興シナリオの構造的理解と最適 化の視点の明確化
- 3) 市街地の類型化による復興モデルの広域への展開
- ・ 2008 年度~2010 年度:首都圏の統計 GIS の 構築と市街地復興の視点からのデータによ る首都圏の地区類型

②プランナーの立場からの市街地復興について議論し、最後に③両者の整合性を図るという3段階で議論を進めます。対象地域は、各世帯の生活がイメージできる地区レベルを基本としています。対象者は、事前の復興課題の理解と必要となる政策の検討ということから、行政職員としています。研究においては、標準的なプログラムを提示しており、丸1日のプログラムとするのが適切であることが得られています。

「復興イメトレ」によって復興課題、及び、必要とされる政策についての検討結果が蓄積されれば、実際に被災時に国や県に対して速やかに効果的な政策提言を行うことができます。また、多様な復興シナリオの検討結果から、その時点での最適な復興シナリオを選択できる環境の実現につながりやすくなります。本研究期間では、復興イメトレ手法として、「標準手法」を構築しました。今後、各地の自治体で本格的に実施されるに伴って、各地域の独自の工夫を積み重ねられると想定しています。いわば、「自律発展的」に成長していく手法と考えています。

本研究の成果のアウトカムとしては、実際の都市計画行政、あるいは、防災行政の中で復興イメトレが定着したことを挙げることができます。2009年度には、埼玉県には、市町村対象の研修プログラムとして定着し

ています。また、2010年度からは、埼玉県飯能市、神 奈川県茅ケ崎市で、地域の特性を踏まえた工夫され た形式で継続的に実施されています。2011 年度につ いても、バージョンアップした形式で現在準備を進め ているところです。さらに、2011年度、千葉県が市町 村研修の一環として開催した他、東京都三鷹市でも 実施される予定です。このように復興イメトレは、着実 に都市計画行政、あるいは、防災行政の中で着実に 普及しつつあり、研究期間終了後も各地域の自治体 において実施されることになると考えられます。現在、 さらに今後の成果を積み重ねることによって、最適な 復興への礎となると考えられます。今後の展開として は、各地域での普及の他、地区レベルの検討を蓄積 し、それを横並びにすることによって全市スケール、あ るいはそれを超える広い範囲での復興状況の検討に 展開することが考えられます。研究グループとしては、 研究期間終了後もフォローアップをしていく予定で す。

8. 復興まちづくり訓練手法の開発と体系化(首都大 学東京)¹¹⁾

8.1 研究の目的

事前から復興に備える試みとして、2001 年頃から 東京では、震災復興まちづくり訓練が実施されてきま した。訓練は 6 節にある震災復興マニュアル策定とセットでの取り組みとしても展開しています。

本研究では、本研究プロジェクト期間中の取り組み 経緯と開発してきた手法を説明した上で、訓練によっ て達成された内容を事例に即して考察することを目的 としています。

8.2 研究成果の概要

復興訓練の位置づけを整理した上で、訓練手法を開発し、訓練の成果をあきらかとしました。また一連の復興まちづくり訓練のノウハウを「震災復興訓練のすすめ」という冊子にまとめ、HP上で公開しました。

8.3 1960 年代以降の東京の防災都市づくりからの事前復興まちづくりの位置づけ

事前復興まちづくりの直接的な出発点は、1995 年の阪神・淡路大震災からの復興まちづくりにあります。そしてその出発点とは、「減災」アプローチに他なりません。すなわち、予防型の取り組みにより被害をゼロに押さえ込むことは不可能であり、発災直後だけでなく、避難生活や復興まちづくりを含めて震災像として共有し、対策を立て、準備しておくという取り組みです。1995 年からの系譜を述べれば、阪神・淡路の復興まちづくりとシンクロした動きとして、1997 年の東京都「都市復興マニュアル」の策定とマニュアルを基にした市区町村職員向け連絡会や職員研修の実施(1998

年度以降)、2001 年の東京都都市復興グランドデザインの公表といった東京都ベースの対応がなされ、その後、2000 年代前半からは、世田谷区、北区、足立区、練馬区、葛飾区、豊島区、八王子市など市区自治体レベルで、地域住民、専門家も交えた協働での取り組みが本格化しました。

8.4 復興訓練手法の開発経緯

研究期間内に携わってきた事前復興のフィールドを整理したものが表 3 です(表は 2003 年以降の首都大学東京チームの貢献経緯も掲載しました)。

復興まちづくり訓練運営支援で8地区、2区(葛飾区と豊島区)で震災復興マニュアルの策定支援、また訓練以外の事前復興まちづくり支援として、練馬区の防災密集事業計画策定支援、貫井ガラクタ公園でのバンブーシェルターProject、東京都都市整備局の市区町職員向け都市復興図上訓練の運営支援を実施してきました。

この中でも「震災復興まちづくり訓練」は事前復興まちづくりの中心に位置します。この経緯は市古

(2009)に詳しく述べられていますが、2000年の世田谷区三宿地区、北区志茂地区から始まって、2012年3月末で都内で32地区で実施実績があります。訓練運営も首都大以外に早稲田大、東京大、仮設市街地研究会といった多様な主体によって担われています。

8.5 開発した復興まちづくり訓練手法

表 3 に示した事前復興まちづくりへの運営支援を通して、本プロジェクトとして新規開発ないし改良してきた復興訓練手法が表 4 です。

開発した手法は 20 にのぼりますが、復興訓練全体を組み立てる上では、単に手法を組み合わせるのではなく、対象地域の空間的脆弱性、地域社会特性、地域防災の活動経緯等をていねいに読み解き、手法をカスタマイズしていく手法設計が不可欠です。表 4 は復興訓練手法の多様性を意味するものと理解することが妥当で、まちづくりや防災の専門家が見れば、復興訓練がクリエイティブな場になっていることが理解されます。

表3 首都大学東京チームが支援した事前復興まちづくり地区と自治体の推移

年度	震災復興	まちづくり訓練	復興マニュアル策定支援	事前復興まちづくり支援	地域防災組織のエンパワーメント	東京都都市復興図上訓練
2003	練馬区貫井地区(5回)					no commitment
2004	葛飾区新小岩地区(4回)					no commitment
2005		八王子全域(1回)				葛飾区新小岩地区
2006	練馬区桜台地区(4回)	八王子市打越団地(1回)	練馬区策定支援(2006-2007	徳島県美波町津波事前復興WS		練馬区貫井地区
2007		八王子市打越団地(1回)				練馬区桜台地区
2008	葛飾区堀切地区(4回)	八王子市諏訪町周辺地区(3回	葛飾区策定支援(2008)	静岡県富士市吉原事前復興WS	町田金井地区防災点検	足立区北千住地区
2009	豊島区上池袋地区(4回)	八王子市上恩方地区(2回)	豊島区策定支援(2009-2010	練馬貫井富士見台地区防災密集整備まちづくり支	町田市シナリオ型震災イメージW	品川区戸越豊町二葉地区
2010		八王子市子安地区(2回)		練馬区貫井バンブーシェルター	町田市自主防災組織力UP講習	板橋区大山地区
2011		八王子市別所二丁目地区(3回)		町田市避難所地域運営WS	豊島区上池袋地区

表 4 本チームが開発してきた復興まちづくり訓練手法

カテゴリー	手法	適用地区
被害再建イメージづくり	復興資源点検まちあるき	練馬貫井, 葛飾新小岩, など殆どの地区
	訓練用被害想定の作図	ほぼ全地区
再建プロセスイメージづくり	住まい再建ロールプレイング	葛飾新小岩, 八王子諏訪周辺, 上恩方
	避難所からの生活再建Yes/Noゲーム	練馬桜台地区,八王子諏訪周辺,上恩方
	地域リーダー用復興問題トレーニング	豊島上池袋, 葛飾堀切
	町工場・作業所再建シナリオゲーム	葛飾堀切
	マンション管理組合再建シナリオづくり	八王子別所
	マンション建て替え再建プロセスデザイン	八王子別所
時限的市街地デザイン	仮設のまちキャパシティサーベイ	練馬貫井,桜台,葛飾新小岩,堀切,豊島上池袋
	仮設の住まいデザインゲーム	練馬貫井,桜台,葛飾新小岩,堀切,豊島上池袋,八王子子安
	仮設の商店街デザインゲーム	練馬貫井,葛飾新小岩,堀切
	時限的公園利用デザインゲーム	八王子子安
	実寸バンブーシェルターづくり	八王子上恩方,練馬貫井
復興課題の明確化	復興ワールドカフェ	豊島上池袋, 八王子上恩方
	専門家復興何でも相談会	葛飾新小岩, 堀切, 練馬桜台, 豊島上池
復興まち空間像のデザイン	訓練用復興まちづくり方針エスキス	豊島上池, 葛飾新小岩, 堀切, 八王子諏訪周辺
	住民による復興方針づくり	葛飾新小岩
地域協働プロセスデザイン	地域協働プロセスデザイン	葛飾堀切, 八王子諏訪周辺, 別所
復興訓練成果のアーカイブス	地域組織版復興手順書	葛飾堀切
	訓練映像作品づくり	練馬桜台,八王子諏訪周辺,豊島区上池

8.6 事前復興対策の体系化

現場支援と手法開発経緯に基づいて、事前復興 対策の体系化という視点で到達点を考察します。

8.6.1 地域協働復興のためのしくみづくり

阪神・淡路復興まちづくりにおいて機能してきた都市計画の手法、すなわち復興まちづくり協議会やこの協議会による「まちづくり提案」といったしくみ、住み続けながら復興を進めるための拠点となる自力仮設住宅といった住まい再建手法、平常時の法定都市計画事業、すなわち区画整理事業、再開発事業、地区計画制度といった手法の大災害非常時に適用する改善点といった内容について、現行手法の検証と新手法の制度検討がなされてきました。この成果は「練馬区震災復興の推進に関する条例」や「葛飾区被災市街地復興対策に関する条例」として法定化されています。

8.6.2 各地域特性に応じた復興まちづくりの事前プロセスデザイン

東京にも様々な地域社会特性があります。また、そもそも地盤条件と建造環境の点から震災に対する脆弱性には多寡があります。復興まちづくりの事前プロセスデザインとは、地域特性に応じて震災像を共有し、発災から避難生活、仮住まい、本格再建のプロセスデザインをしておこうという取り組みで、表3に示した「震災復興まちづくり訓練」という場を通して検討がされます。

8.6.3 復興に取り組むための布陣を整える

前述した震災復興まちづくり模擬訓練の成果として、 震災時に地域として対応するために必要な人的資源 や、頼れそうな専門家像といった人的ネットワークが 共有されてきます。これらの人的ネットワークを描き、 必要な「つながり」を事前からつくっておこうという事前 の取り組みが展開しています。たとえば、図 5 は葛飾 区堀切地区で復興訓練を経て作成された「堀切地区 震災復興の進め方の手引き」です。いざという時のた めの「復興協議会」のメンバー構成案を作成しており、 毎年の防災訓練で見直しがされています。

8.6.4 事前から復興に取り組む

日本の地域組織は、「自分たちの町は自分たちで守る」という自主防衛の取り組みを伝統とし、地域防災訓練や自警活動を担ってきました。「事前から復興に取り組む」とは、こういった地域の防災活動において、阪神・淡路で明らかとなった「減災」の視点から、発災後に不可欠となる取り組みを準備しておこうという活動をさします。具体的には応急仮設住宅の地域内での建設場所を検討しておくことや、復旧復興活動のためにも細街路を拡幅整備しておくといった内容です。これらは従前の地区を単位とした「防災まちづくり」と大きく変わらない内容に見えるかもしれませんが、災害像の共有と復興プロセスデザインといったエンパワ

ーメントを経て、地域住民にとっての意味は大きくなっています。



図 5 葛飾区堀切地区 震災復興の進め方の手引き

図 6 は練馬区貫井地区で 2010 年 11 月に実施したバンブーシェルターProject の様子です。在宅避難生活を余儀なくされ、生活支障が生じた際、地域で災害対応拠点を設置し、協力しながら生活再建をすすめようという旨からの社会実験であり、復興訓練には参加しづらい親子連れの参加が見られました。

以上の復興訓練手法開発、復興訓練による社会的効果を体系的にまとめることにより、首都直下地震に備える事前復興対策への貢献に寄与する成果が得られました。



図 6 練馬区貫井バンブ-シェルター Project の様子

9. 今後の課題

地域・生活再建過程の最適化に関する研究では、 首都直下地震からの復興過程で予測される地域・生 活再建の課題に対して、復興過程を最適化するため の事前復興の考え方と課題解決のための手法開発を 進めてきました。

本研究を通して、①首都直下地震からの復興を最適化するシナリオ・モデルの構築(2章、3章、4章)、

②行政が策定し運営する復興計画策定の最適化とその体系化(5章、6章、7章)、そして③地域と行政が協働して取り組む復元力・復興力を培う復興まちづくり訓練の手法開発(8章)を行ってきました。

首都直下地震は、本研究で取り上げてきた、150万戸にも及ぶような膨大な住宅被害からの地域・生活の復興という課題のみならず、首都機能・中枢機能の喪失や支障という高度な質的被害の軽減という課題があります。首都機能や経済中枢機能に対しては、その存続確保の問題として BCP(業務継続計画・事業継続計画)の実践と運用の問題がありますし、被災からの復興の課題も事前に考えておかなければなりません。この課題については、今後の重要な課題となります。また、高齢化の急激な進行とともに、世界経済の動向が、財政を含めて様々な課題を引き起こすことも想定でき、今後の研究課題といえます。

高齢化の中で地域協働復興として災害復興を推進するためには、いよいよ脆弱な市街地での防災まちづくりの促進も不可欠です。そのような市街地で新たな防災の取り組みとしての「復興まちづくり訓練」手法の体系化(8章)、行政の復興力育成を目指した「復興イメトレ」(7章)や「復興マニュアル策定手法」(6章)、さらに「住民意識と行政対応の協働マネジメント手法」(5章)を構築しました。さらに巨大都市での大規模な住宅被害からの復興シナリオと空間的課題についても、最適化のシナリオ(2、3、4章)を検討してきました。これらの成果は、web公開により広く社会に還元できるようにしました。今後は、本研究で構築された地域・生活再建モデルおよび復興マネジメント手法の融合と、それを反映させた復興訓練手法の開発と普及の可能性を高めることが課題と考えます。

参考文献

- 1) 牧紀男、首都直下地震における東京都の住宅再建シミュレーション、自治体危機管理研究、No.6、pp.103-110、2010
- 2) 牧紀男、首都直下地震後の住宅再建シミュレーションのための基礎的考察-公営住宅必要戸数の概算、日本建築学会大会学術講演梗概集 F-1 分冊、pp929-930、2010
- 3) 佐藤慶一、牧紀男、中林一樹、翠川三郎、想定 首都地震後の住宅再取得に関する社会シミュレー ション、都市計画論文集 No.45-3、pp.571-576、 2010
- 4) 陳海立、牧紀男、林春男、地域人口特性に基づく地域復興の評価--阪神・淡路大震災と新潟県中越地震の地域特性と復興像、地域安全学会論文集、No.13、pp347-355、 2010

- 5) 市古太郎、饗庭伸、吉川仁、中林一樹、高見澤邦郎、震災復興まちづくり模擬訓練による地域協働型事前復興準備の可能性-新小岩地区における実践と参加者調査から-、地域安全学会論文集 No.7、pp.385-394、2005
- 6) 加藤孝明,中村仁,佐藤慶一他:未経験の復興状況に対応するための事前準備-復興状況イメージトレーニング手法の構築-埼玉県における取り組み、都市計画論文集(46), pp.913-918、2011
- 7) 加藤孝明、中村仁: 復興イメージトレーニング 手法の開発とその実証からみえる復興シナリオと 復興課題、生産研究 63(4)、pp.501-510、2011
- 8) 加藤孝明:「復興イメトレ」からみえる復興シナリオと復興課題、自治体危機管理研究 6、pp.85-92、2010-
- 9) 加藤孝明:復興状況イメージトレーニング(復興イメトレ)の標準手法と今後の課題、自治体危機管理研究 4、pp.125-135、2009
- 10) 加藤孝明:首都直下地震における復興状況想定の試行--埼玉県における復興イメージトレーニングの実践、自治体危機管理研究 2、pp.87-98、2008 11) 市古太郎、震災復興まちづくり模擬訓練、日本建築学会叢書『大震災に備えるシリーズ 2 復興まちづくり』、丸善、pp.207-244、2009

III-1-3 効果的な研修・訓練システムの確立

田村圭子(新潟大学 危機管理室/災害・復興科学研究所)

1. 研究の背景・目的

1.1 研究の背景

近年の災害発生時の被災地では、応急対策から復旧・復興対策までにおいて、迅速かつ効果的な被災者の生活再建を目指して、さまざまな試みがなされてきましたが、生活再建そのものが着目されたのは阪神・淡路大震災以降です。以降、各種法律が成立し、ガイドラインとしての「生活再建支援業務」の進め方については示されてきましたが、具体的な業務手順や業務フローは未だに確立されておらず、被災基礎自治体に任されているのが現状です。

この弊害として、同じ災害の被災自治体であった としてもその対応にバラつきが見られたり、被災者 が感じる公平性が十分に担保されていなかったり など、多くの課題があることは周知の事実です。

首都直下地震を首都圏を現場とする我が国全体の危機としてとらえると、どの地域よりも多くの被災者の対応を迫られ、それに比例して多くの業務が発生します。

生活再建支援業務における業務フローの確立に加え、それをほう助するような業務ツールを開発し、その進め方について事前に行政を中心とする関係機関に、適切な研修・訓練を実施し、十分な対応力を身に着けることは、首都直下地震後の最大 2,500万人の被災者の生活再建を進めるにあたり必要不可欠な方策です。

1.2 研究の目的

首都直下地震発生時の生活再建業務フローを確立し、さらに業務フローに沿って業務を効率的に進めるためのツールを開発しました。それらを包括的なシステムに結合・統合し、行政員であれば誰もが使用可能となるような事前研修・訓練プログラムを確立しました。

1.3 研修・訓練プログラム構築のため採用した枠組み

事前研修・訓練プログラムの確立のために、インストラクショナルデザインという枠組みを採用しました

(1) インストラクショナルデザイン採用の背景

人は経験を積むことによって、優れた対応能力を 持つようになります。このようなプロセスを学習と いいます。心理学事典によると、学習とは「一定場 面でのある経験が、その後同一または類似の場面に おいて、その個体の行動もしくは行動の可能性に変容をもたらすこと」と定義されます。組織の中で人が経験から学習する際には、「良い経験にめぐり合うこと」、「良い経験から多くのことを学ぶ力を持っていること」、「良い経験を積む機会が多く、学ぶ力を養ってくれる組織に所属していること」の3要素が学習の達成度に関係するとしています。しかし非常時の出来事である災害・危機事態は、直接的に事態を経験することは稀です。そのため、災害・危機事態になる前に、平時のうちに災害時の危機対応事側の実態と経験を整理し、現行の体制の不備を見直しながら事態に備えることが効果的です。つまり危機対応力を向上・維持させるには、OJT(On the Job Training)などの現場学習ではなく、研修・訓練といった学習機会を設ける必要があります。

訓練は「適切な身体的・運動的・知的・社会的技能を獲得するために行われる組織的な一連の活動系列をいう。この系列には、教示、試行、点検、テストなどの諸段階(その繰り返し)が含まれる」と定義されます。つまり訓練・研修を企画する際には、その目的や実際の訓練内容を決めるだけでは完全ではなく、点検・テストなどの効果測定・評価についても一連のプログラムとして設計する必要があります。

(2) インストラクショナルデザイン

効果的な訓練・研修プログラムを設計するために、心理学分野での学習理論として「インストラクショナルデザイン」(Instructional design: ID)という方法論が存在します。これは「教育活動の効果・効率・魅力を高めるための手法を集大成したモデルや研究分野、またはそれらを応用して教育支援環境を実現するプロセス」として定義されます(鈴木、2006)。

インストラクショナルデザインでは、訓練・研修プログラムづくりの具体的なプロセスを開発していますが、その最も有名なものに ADDIE (アディー) という考え方があります (図 1)。これは、研修の目的や学習者、組織の課題、業務内容、必要な知識など研修の目的や要件を洗い出し(A)、分析結果をもとに研修で用いる教材やツールなどの設計図を描き(D)、そのイメージに基づき研修で用いる教材やツールを開発し(D)、実際に研修を行います(I)。その後、研修全体や教材などの問題点を洗い出して改善を行う(E)という考え方です。このプロセスによって、1人1人のコンピテンシー(competency:

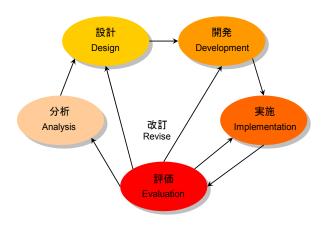


図1 インストラクショナルデザインに おけるADDIEモデル

業務遂行能力)を高めるために必要な、知識・技能・態度(KSA: Knowledge, Skill, Attitude)を習得することができます。

ちょうどこれは、製造業などの品質管理サイクルにおける PDCA サイクルの考え方とも合致しており、Plan (計画:方針のもとに計画を策定する)、Do(実施:計画に沿って実施する)、Check (点検:結果の点検を行う)、Act (改善:点検結果をもとに見直しをする)という流れで計画をスパイラルアップ(継続的な改善)する PDCA サイクルを、学習の現場に適応させたものが ADDIE だと理解することもできます。本研究ではこの ADDIE の枠組みをもとにプログラムをデザインしています。

(3) 具体的なインストラクショナルデザインの活用法

インストラクショナルデザインを実践するためには、日本の学校教育場面で恒常的に活用されている学習指導案に適用することが効果的です。学習指導案とは、指導者が、あるまとまった期間における指導計画に位置付けられた単元(題材)を指導するにあたって、学習者の実態に立って、指導者自身の専門性を生かして作成する指導計画のことです。具体的には、単元(題材)の目標を達成するために、何を、どのような順序や方法で指導し、学習者がどのように学んでいくかを十分に考慮して、学習指導の構想を一定の形式に表現したものです。

2. 被災者台帳を用いた生活再建支援システム

生活再建支援のための業務フローを確立するためには、行政を中心とした生活再建支援のための日本の枠組みを分析する必要があります。日本の生活再建支援は、被災者の主たる居宅の被災程度に応じて、ほとんどの支援メニューが決定されます。行政側においては、被災地域における建物被害認定調査を実施し、その結果をり災証明書として被災者に対し発給します。被災者は、り災証明書に基づいて、自分が該当する支援メニューに申請します。それ以

外にり災判定に基づき、行政側が庁内処理を実施し、 税の減免などの支援を実現します。

2.1 システムの要件と構成要素

生活再建支援を効率的・迅速に行うためには、建 物被害認定調査から生活再建支援までを一貫して 行える包括的なシステムの構築が必要不可欠とな ります。

「生活再建支援システム」の要件は、

- ①大量の被災者情報を迅速かつ正確に処理するための情報処理システム、
- ②自治体が持つ既存業務の情報処理システムと被 災情報とのデータ連携、
- ③被災者支援業務を総合的にマネジメントするしくみ、の3点です。

具体的な構成要素は、

- a)誰をも調査員にできる建物被害認定手法、
- b)QR コードを用いた調査票のデジタルデータ化、
- c) り 災証明発給データベース構築および申請受付・発給システム、
- d) り 災証明申請受付・発給業務管理、
- e)被災者支援業務管理、です(図2)。

2.2 生活再建支援を実現するための基盤となる被災 者台帳の必要性

これらの構成要素をつなぐ情報基盤として、「誰が被災者で」「どこに住んでいて」「どのような被害を受けて」「どのような支援を受けたのか」について一元的に整理・管理する基盤が必要です。これを「被災者台帳」と呼び、平時において行政業務を実施するための基盤台帳、たとえば住民基本台帳や課税台帳のように、被災者の状況を管理し適切な支援を実現します。研修・訓練プログラムは、具体的には「被災者台帳をどのように構築し、どのように活用し、また管理し、生活再建支援を実現していくか」について、学習する必要があり、これらを学習目標(学習者が研修・訓練を通して目標において学習ができ構成要素)として設定しました。以下、「被災者台帳に基づいた生活再建支援システム」のそれぞれの構成要素について概説します。

2.3 誰をも調査員にできる建物被害認定手法

建物被害認定調査は、膨大な調査票に加えて、調査員である自治体職員の実務経験が乏しいことから、判定結果にばらつきをきたしやすく、それによって被災者が不公平感や不満を持つ要因となります。ここでは、研修・訓練を受けた人であれば、誰もが建物被害認定調査の実施が可能になるよう、調査手順や要員の訓練を標準化しました。

2.4 QR コードを用いた調査票のデジタルデータ化

建物被害認定調査後、調査票に調査員が記入してきた建物被害判定の状況や判定結果、紙地図上に示された調査点情報を短時間にデータ登録する必要があります。QRコードを活用することで、紙に記された文字や位置情報を自動的に読み取り、デジタルデータ化するための仕組みであり、災害時における調査業務の情報処理を飛躍的に効率化できます。

2.5 り災証明発給データベース構築および申請受付・ 発給システム

「誰が (人/世帯)」「どの家に」「どのような被害」を受けたかを明らかにするために、「住民基本台帳」「家屋課税台帳」「建物被害認定結果」の必要情報を参照する仕組みが必要です。しかし、平時において、3つのデータベースは参照可能なキーを持ちません。既存行政システムの独立性を保ちながら、被災建物の位置情報を共通のキーにして、それぞれを参照し、り災証明書申請受付・発給とその後に行われる業務の効率化を実現します。

2.6 り災証明申請受付・発給業務管理

情報処理システムが構築されても、職員対応を含めた総合的な運用ができなければ、住民の満足度は高まりません。短期間に大量の処理が求められる「り災証明書申請受付・発給業務管理」において、現場運用のための空間配置、体制構築、業務管理について、サービスマネジメントの観点より設計された業務管理マネジメントの仕組みです。

2.7 被災者支援業務管理

生活再建支援を、ひとりの取り残しもなく確実に進めるために、被災者の状況を一元的に状況管理する「被災者台帳」とそれを効果的に活用するためのシステムが必要となります。このシステムでは支援が行き届いていない被災者を特定し、積極的な働きかけを実現します。また、内容や量が刻一刻と変化する生活支援にかかわる業務に対し、どのような作業がいつまで続くのかを、新潟県中越沖地震の被災地である柏崎市を事例に紹介しています。

3. 研修プログラムの構築

このような各構成要素を用いた研修・訓練システムを構築するにあたって、各構成要素実現のための方策、その導入に向けた課題と解決による効果について明らかにしました。

3.1 建物被害調査票の設計

(1) 実施に向けた具体的方策

・複雑な内閣府指針の判定手順や数的根拠を調査票にわかりやすく記載・配置する。

- ・判定基準を視覚化するため、被害程度の目安を図 示したパターンチャートを記載する。
- ・実際の建物被災写真を用いた訓練ツールも開発する

(2) 導入に向けた課題と解決による効果

- ・木造建物に対する調査手法の標準化が図られる。
- ・非木造建物を対象とした調査票が未完成である。

3.2 建物被害調査担当者の研修

(1) 実施に向けた具体的方策

- ・調査方法の手順やコツに関するわかりやすいトレーニングビデオ教材を用いる。
- 過去の被害調査経験から特異事例や住民対応などの教訓を学ぶ。

(2) 導入に向けた課題と解決による効果

- ・災害発生後のみならず、平常時の研修にも活用可 能である。
- ・非木造建物の一次調査や内部立入を含めた二次調 査のビデオ教材が未完成となっている。

3.3 QR コードを用いた建物被害調査結果のデジタル データ化

(1) 実施に向けた具体的方策

- ・紙ベースの調査票と住宅地図のセットを調査エリアの対象建物数分、印刷する。
- 調査票の各項目をチェックし、地図上に対象建物の位置を書き込む。
- ・調査票をスキャナで読み込む。
- ・OCRを使って位置情報を自動的に認識させ、調査結果をデジタル化する。
- ・調査票の内容をイメージで確認することが可能と かる

(2) 導入に向けた課題と解決による効果

- ・莫大な量のアナログ情報を短時間でデジタル化で き、調査結果の入力業務時間が抜本的に短縮でき る。
- ・電子地図とGISアプリケーションの選定等にか かる検証が必要となる。

3.4 り災証明申請受付発給システムの構築

(1) 実施に向けた具体的方策

- ・住民基本台帳での人の情報、家屋課税台帳での建 物の情報を地図上でゆるやかに統合する。
- ・位置情報付の調査結果の DB と統合することにより、あいまいな情報を検索することが可能となる。
- ・この DB を基に、申請者と職員が対話的に交渉し、 人や建物に関する不確かな情報を確定させる。
- ・繰り返すことにより台帳がより正確となり、り災 証明の発行を合理的に行うことが可能となる。

(2) 導入に向けた課題と解決による効果

- ・人、家、被害の情報を DB で一体的に管理する ことにより、確かな情報と不確かな情報を選別で きる。
- 特別区における固定資産台帳との連動性にかかる 検証が必要となる。

3.5 り災証明受付発給業務管理

(1) 実施に向けた具体的方策

- ・業務量を算定し、庁内の人的・物的資源の確保、 応援要請など立上げを準備する。
- ・発行期間の決定、発行会場の確保、台帳の構築な ど戦略を業務方針とする。
- ・役割分担に基づき、発行業務、相談窓口業務など を実施する。
- ・発行業務を「行政が実施している業務についての 被災者の理解を求める機会」と捉える。

(2) 導入に向けた課題と解決による効果

- ・過去の災害対応事例の分析結果をもとにした業務 マネジメントに関するノウハウを事前に習得で きる。
- ・各区市町村の資源や実用に応じて、マニュアル化 (会場選定、レイアウト、窓口業務と庁内業務の 切分け等)が必要となる。

3.6 被災者支援業務管理

(1) 実施に向けた具体的方策

- ・被災者台帳に基づく効果的な生活再建支援業務管理のしくみを作る。
- ・各業務の時系列の業務量を算定し、それぞれの課題を抽出する。

(2) 導入に向けた課題と解決による効果

- ・被災者台帳の整備により、個々の被災者に対する 一元的な管理と合理的な対応が可能となる。
- ・平常時の業務との関連付けにかかる検証が必要
- ・被災者台帳により、各業務の進捗状況や申請の有 無などが管理でき、「攻めの再建」が実現可能と なる。

4. 研修におけるプログラム・指導案の作成

被災者生活再建支援を効果的に実施するためには、被災者生活再建支援の担当職員が、災害発生前の「事前研修」によって被災者生活再建支援の全体像および各種技術を身に付けることが必要です。そこで、東京都豊島区および東京都調布市を事例として、被災者生活再建支援のための事前研修プログラム・指導案の作成を行いました。

4.1 プログラムの構成

プログラムは図3の通りです。行政職員のスケジ

I.あいさつ

1000-1010 あいさつ

Ⅱ.研修

1010-1050 0101 被災者生活再建の全体像

1050-1100 休憩

1100-1200 02 建物被害認定調査

1100-1120 0201 総合

1120-1140 0202 ゆれ

1140-1200 0203 非木造

1200-1300 昼休み

1300-1320 0204 火災

1320-1340 0301 QRコードを用いた調査票のデジタルデータ化

1340-1400 0401 被災者台帳システムの全体像

1400-1410 休憩

1410-1430 0501 り災証明書発行

1430-1510 0601 り災証明書発行マネジメント

1510-1530 0701 各種相談窓口

1530-1545 休憩

図3 プログラム案

ュールからいって、事前研修は1日が限度です。そこで10:00 開始15:30 終了で、各研修が20分もしくは40分のプログラムを作成しました。具体的には、

- ①被災者生活再建の全体像(40分)
- ②建物被害認定調査(総合)(20分)
- ③建物被害認定調査(ゆれ)(20分)
- ④建物被害認定調査(非木造)(20分)
- ⑤建物被害認定調査(火災)(20分)
- ⑥QRコードを用いた調査票のデジタルデータ化(20分)
- ⑦被災者台帳システムの全体像(20分)
- ⑧り災証明書発行(20分)
- ⑨り災証明書発行マネジメント(40分)
- ⑩各種相談窓口(20分)
- の10のプログラムです。

4.2 指導案の構成

指導案は、大きく分けて、受講条件、基礎データ、 研修の流れ、関連研修・内容、研修対象者の評価の 5項目にわけることができます。

「受講条件」とは、前提条件として受講までに習得が期待される条件のことを言い、「基礎技能」と「研修プログラム」の2項目によって構成されます。 基礎技能は、研修を受けるにあたって期待される基礎的技能のことであり、研修プログラムは、本研修より前に受講しておくべき研修について記載します。

「基礎データ」には、研修を実施するにあたって 必要な各種項目について記載されています。「タイトル」、「学習目標」、「学習されるべき能力」(言語情報、知的技能、認知的方略、態度、運動技能)、「研修実施者」、「研修対象者」、「位置付け」、「学習形態」、「必要資機材」の8項目によって構成されま す。タイトルには、学習目標を端的に表したものであり、わかりやすい研修タイトルが求められています。

学習目標には、「まなぶ(講義)」「ならう(やっ てみる)」「ためす (実際に近いシチュエーションの 中でやってみる)」を用い、3 つ程度の学習目標を 記述します。学習されるべき能力は、具体的に研修 を通して身に付けることができる能力について記 述し、その能力は、インストラクショナルデザイン の考え方から、言語情報(言葉で述べることができ るような知識。指定されたものを覚える。例:47 都道府県庁所在地を言う、憲法第9条を説明する)、 知的技能(事物の弁別、ルール・原理の適用、問題 解決等のシンボルを使う能力。ある約束ごとを未知 の例に応用するルール学習。例:三角形の合同の定 義を応用して三角形の合同を証明する、英語の第 III 文型文を、第 V 文型に書き換える)、認知的方略 (学習者が自分自身の学習・想起・思考活動を制御 する能力。「学びかたを学ぶ」ことで、どうやって 学習・想起・思考活動をすれば効果的かを学ぶこと。 例: 単語を覚える際イメージを頭に浮かべながら暗 記する、文章のポイントについて自分なりに要約し て説明する)、態度(学習者の個人的な選択行動に 影響を及ぼす内的な状態。例:数ある小説のなかか ら、歴史小説を読むことを選択する、エコを考えて 「ビニール袋はいりません」と拒否する)、運動技 能(目的のある行動を実現するための組み合わされ た骨格筋の動き。例:卒業検定で指定されたコース を車で運転する、実際に目玉焼きを作る)の5つの 能力について分類され、実施される研修について該 当するものについて記述します。研修実施者につい ては、研修実施可能者について列挙し、研修対象者 については、実施される研修について適切な対象者 を列挙します。位置付けは、本研修の位置付け(例: 初任者研修、課長級研修、防災担当者研修、システ ム利用方法研修など)を記載します。学習形態は、 例えば、全員、グループ、個別などを記載し、必要 資機材については、例えば、配付資料(全員に配布 する研修用資料)、研修実施者が使用する資料・機 材、研修対象者(各受講者)が使用する資料・機材)、 研修対象者全体で必要な資料・機材などを列挙しま す。

「研修の流れ」は、実際の研修における時間配分について記載し、研修構成(「導入」「展開」「まとめ」など研修全体のプロジェクトマネジメント)、研修対象者の活動(「導入」「まとめ」については、それぞれの研修展開に応じて設定します。「展開」については、原則的に既述の学習目標とする)、研修実施者の支援(発問(対象者が主体的に教材に向き合うように、授業目標の達成に向けて計画的に行

う実施者の働きかけ)、具体的手順(研修の具体的な進め方)、留意点(進め方において注意すべき点)等)の3要素について記述します。

「関連研修・内容」は、シリーズの研修の中で関わりのある研修について、その関連性を記述するもので、例えば、後続の研修を受講するための受講条件になっている、担当者だけでなく広く受講をすすめるなどを記述します。

「研修対象者の評価」は、基礎データにおける学習目標および学習されるべき能力から評価方法・評価尺度を記述します。研修においては、研修後の筆記テストなどによって評価をされるのが一般的です。以上のような指導案を、各プログラムについて作成しました。以下にその内容を記述します。指導案の例を表1にあげます。

4.3 プログラム「被災者生活再建の全体像」(40分)

(1) 受講条件

基礎技能:特になし 研修プログラム:特になし

(2) 基礎データ

タイトル:被災者生活再建の全体像

学習目標:

- 1. 災害過程における生活再建の位置づけをまなぶ
- 2. 生活再建業務の流れをまなぶ
- 3. 被災者台帳援システムの必要性をまなぶ
- 4. 東日本大震災を受けて新しいシステムの方向性をまなぶ

学習されるべき能力:

言語情報:生活再建業務の流れを説明する 知的技能:生活再建業務の流れを東京都の仕組み

に置き換える

認知的方略:東日本大震災を受けて被災者台帳システムに新しい方向性が必要であることを自分なりに説明する

態度:効果的な被災者の生活再建支援を成し遂げるために被災者台帳システムを選択する

運動技能:特になし

研修実施者:被災者生活再建の研究者

研修対象者:行政職員、り災証明書発給担当職員、 消防署職員、主税局職員、区職員

位置付け:実証実験における研修プログラム作成、

学習形態:全員 必要資機材:

配付資料: 研修テキスト、確認シート(4. まとめで配布)

研修実施者:PPT、パソコン、プロジェクター、スクリーン

(3) 関連研修・内容

- 1)本研修が、後続の研修の受講条件になるため、す べての受講生が受講する必要がある
- 2)職員の中で、直接生活再建支援業務に関わらない 者であっても、共通認識を持つために、本研修だけ でも受講するように勧める
- (4) 研修対象者の評価

研修中における「確認シート」によって評価をする

4.4 プログラム「建物被害認定調査手法(総合)」(20 分)

(1) 受講条件

基礎技能:り災証明書の使われ方や重要性に対する 基礎知識を身につけていること

研修プログラム:(必須)被災者生活再建の全体像

(2) 基礎データ

タイトル:建物被害認定調査手法(総合) 学習目標:

- 1.2段階調査プロセスの必要性と効果をまなぶ
- 2.建物被害認定調査における外観目視調査の流 れや手法の基礎をまなぶ
- 3.内閣府ガイドラインの考え方や、過去の災害事 例を通して被害調査のコツ、ポイント、ノウハ ウをまなぶ

学習されるべき能力:

言語情報:具体的な被害の見方(調査箇所、被害 状態、方法、手順) や調査道具の使い方を身に つける

知的技能:マニュアルには記述されていない被害 調査方法に対して、内閣府の調査指針の考え方 に基づいて自治体内での見解を統一し、標準的 な調査手法が整備できるようになる

認知的方略:学習者が、次の学習者の講師になる ことを想定して、理解した内容を説明できるよ うになる

態度:建築の非専門家であっても迅速・公正に調 査を実施できる手法を選択する

運動技能:建物被害認定調査を標準的な手順で実 施できる

研修実施者:建物被害認定調査の経験者、建築専門

研修対象者:建物被害認定調查担当職員、消防署職 員、主税局職員、区職員

位置付け:実証実験における研修プログラム作成

学習形態:全員

必要資機材:

配付資料:研修テキスト (開始前に配布)、確認 シート(4. まとめで配布)

研修実施者: PPT、パソコン、プロジェクター、 スクリーン、DVD、PC 用スピーカー、レーザ

表 1 指導案 (例)

0101 被災者生活再建の全体像・実務担当者向け 指導変(40分)

基礎技能	特になし
	研修を受けるにあたって期待される基礎的技能 例:エクセルが使える。
研修プログ	特になし
ラム	本研修より前に受講しておくべき研修

9.	イトル	被災者生活再建の全体像
		学習目標を端的に表したことばで研修タイトルをつける。本頁の一番上のタイトルと同じにする。
学	習目標	1. 災害過程における生活再建の位置づけをまなぶ
		2. 生活再建業務の流れをまなぶ
		3. 被災者台帳援システムの必要性をまなぶ
		4. 東日本大震災を受けて新しいシステムの方向性をまなぶ
		「末なぶ(講義)」「ならう(やってみる)」「ためす(実際に近いシチュエーションの中でやってみる)」を用い記述 日標は3つ程度が理想的。
学	含語情報	生活再建業務の流れを説明する
習され	(列集する)	言語情報(verbal information): 言葉で述べることができるような知識。指定されたものを覚える 例: 4.7 都道房県庁所在地を言う、憲法第9条を設明する
5.	知的技能	生活再建業務の流れを東京都の仕組みに置き換える
き能力		知的技能(intellectual skills): 事物の弁別、ルール・原理の適用、問題解決等のシンボルを使う能力。ある約束ごと 未知の例に応用さルール学習 例: 三角形の合同の定義を応用して三角形の合同を証明する、英語の第 III 文型文を、第 V 文型に書き換える
	認知的方略	東日本大震災を受けて被災者台帳システムに新しい方向性が必要であることを自分なりに
		明する
		認知的方路 (cognitive strategies):学習者が自分自身の学習・想起・思考活動を制御する能力。「学びかたを学ぶ」こ で、どうやって学習・想起・思考活動をすれば効果的かを学ぶこと。
	l	で、とうやって子音・忽応・思考活動をすれば効果的かを子かこと。 例:単語を覚える際イメージを頭に浮かべながら暗記する、文章のポイントについて自分なりに要約して説明する
	態度	効果的な被災者の生活再建支援を成し遂げるために被災者台帳システムを選択する
		態度(attitudes): 学習者の個人的な選択行動に影響を及ぼす内的な状態。
	ļ	例:数ある小説のなかから、歴史小説を読むことを選択する、エコを考えて「ピニール染はいりません」と拒否する
	運動技能	一 運動技能(motor skills): 目的のある行動を実現するための組み合わされた骨格筋の動き。
		理解反応 (Micro SKT15): 自可がある行動を失成するためがあるとってに背骨がか知る。 例: 卒業検定で指定されたコースを車で運転する、実際に日玉焼きを作る
研信	多実施者	☆被災者生活再建の研究者
		研修実施可能者を列挙。今回の研修担当には☆
研信	5対象者	☆行政職員全員、☆り災証明書発給担当職員、☆消防署職員、☆主税局職員、☆区職員
位前	置付け	実証実験における研修プログラム作成、
		「初任者研修」「課長級研修」「防災担急者研修」
学	冒形態	全員
		「全員」「グループ」「個別」
Ø.5	 受機材	配付資料:研修テキスト、確認シート (4. まとめで配布)
		研修実施者: PPT、パソコン、プロジェクター、スクリーン
		「配付資料(全員に配布する研修用資料)」「研修実施者(講師がつかう資料・機材)」「研修対象者(受講者全員用の資料機材)」「研修対象者全体(全体で1つまたは複数つかう資料・機材)」

■研修の流れ		
研修構成	研修対象者の活動	研修実施者の支援 (発問・具体的手順・留意点等)
「導入」「展開」 「まとめ」など研 修全体のブロジ エクトマネジメ	「導入」「まとめ」については、それぞれの研 修展開に応じて設定する 「展開」については、 <u>原則的に既述の学習日標</u> とする	●「発問」対象者が生体的に教材に向き合うように、授業目標の達成に向 けて訂確的に行う実施者の報合かけ。「この文章のどおり発言する」ことで はない □ 「具体的手順」研修の具体的な進め方 ※「要異事項」表の方において注意すべき点
1 導入	配付資料をもとに研修の目的と学	「発災から生活再建の実現までの全体像を知り、被災者台帳シ
(1分)	習目標を理解する	ステムの必要性を学びましょう」
2 展開	災害過程における生活再建の位置	「発災から復興にいたる道のりと、復興モデルについて学びま
(19分)	づけをまなぶ	Liji
講義		□阪神・淡路大震災の事例を用いて発災から復興に至る道のりのイ
		メージを養う
		□復興モデルの構造を学ぶ
	生活再建業務の流れをまなぶ	「被災者への行政の生活再建支援業務の流れを見てみましょう」
		□建物被害認定調査→り災証明発行→支援業務の流れを知る
	被災者台帳システムの必要性をまなぶ	「被災者台帳システムの必要性を学び、実現するための課題と 解決策を学びましょう」
	19.00	□様々な部局で同時並行的に実施される業務を整理統合する仕組
		みがあることを知る
		□被災者台帳のマスターであるべき人・家・被害をつなぐデータ項
		目をそれぞれのデータベースが持っていないことを知る
		口その課題を解決するための、Geo Wrap 技術について学ぶ
3 展開	東日本大震災を受けて新しいシス	「東日本大震災により発生した新たな課題と、システム的な解
(15分)	テムの方向性をまなぶ	決策について考えましょう」
講義		□広城かつ行政界をまたいで生活再建支援業務を行う対象である
		被災者が存在していることを知る
		口岩手県では、岩手情報ハイウェイを用いて、広城利用型プライベ
		ートクラウド被災者台帳システムのプロトタイプが展開されてい ることを知る
		○ ことを知る □将来に向けて全国に標準的に生活再建支援を進めるための、シス
		口行来に向けて宝田に保証的に土苗丹地又仮を地のるための、シス テム的な解決策を考える
) HENSING TANK
4 まとめ	研修実施者がふりかえる	「発災から生活再建の実現までの全体像を知り、被災者台帳シ
(5分)		ステムの必要性が理解できたでしょうか。また、将来に向けての展
		間について考えることができたでしょうか」
		※研修実施者のふりかえりの間に、確認シートを配布する
	研修対象者がふりかえる	□確認シートを記入する
		※研修内容を振り返り、記憶の定着化を図る。同時に研修プログラ
		ムの検証を実施する

2) 職員の中で、直接生活再建支援業務に関わらない者であっても、共通認識を持つために、本研修だけ 受講するように勧める

■研修対象者の評価 (「学習されるべき能力」から作成する

ーポインター、AC アダプター、延長コード、 マイク

研修対象者:筆記用具

(3) 関連研修・内容

- 1)別研修で実施した「被災者生活再建の全体像」 が具体的に顧客に対してシステムを用いてど のように対応業務を実施するかについて、具体 的に内容を学ぶものである
- 2)「QR コードを用いた調査票をデジタル化」「り 災証明の発給・マネジメント研修」を実施する ための機能訓練になる

(4) 研修対象者の評価

研修中における「確認シート」によって評価をする

4.5 プログラム「建物被害認定調査(ゆれ・木造)」(20分)

(1) 受講条件

基礎技能: り災証明書の使われ方や重要性に対する 基礎知識を身につけていること

研修プログラム:(必須)被災者生活再建の全体像、 (必須)建物被害認定調査手法(総合)

(2) 基礎データ

タイトル:建物被害認定調査(ゆれ・木造) 学習目標:

- 1.木造建物の被害認定調査手法をまなぶ
- 2.木造建物の被害認定用パターンチャートと調 査票の使い方をならう
- 3.演習を通して調査票を使いこなせるようになったかをためす

学習されるべき能力:

言語情報:調査票の使い方を身につける

知的技能:演習問題を工夫して作成し、組織内で 活用できるようになる

認知的方略:学習者が、次の学習者の講師になる ことを想定して、理解した内容を説明できるようになる

態度: 建築の非専門家であっても迅速・公正に調査を実施できる手法を選択する

運動技能:木造建物の被害認定調査を標準的な手順で実施できる

研修実施者:建物被害認定調査の経験者、建築専門 職

研修対象者:建物被害認定調查担当職員、消防署職員、主税局職員、区職員

位置付け:実証実験における研修プログラム作成 学習形態:全員

必要資機材:

配付資料:被害認定用パターンチャート2種類、 演習用被害写真5パターン、調査票5枚セット (開始前に配布)、確認シート(4. まとめで 配布)

研修実施者: PPT、パソコン、プロジェクター、 スクリーン、レーザーポインター、AC アダプ ター、延長コード、マイク

研修対象者:筆記用具

(3) 関連研修・内容

- 1)別研修で実施した「被災者生活再建の全体像」 が顧客に対してシステムを用いてどのように 対応業務を実施するかについて、具体的に内容 を学ぶものである
- 2)「QR コードを用いた調査票をデジタル化」「り 災証明の発給・マネジメント研修」を実施する ための機能訓練になる

(4) 研修対象者の評価

研修中における「確認シート」によって評価をする

4.6 プログラム「建物被害認定調査(ゆれ・非木造)」 (20分)

(1) 受講条件

基礎技能: り災証明書の使われ方や重要性に対する 基礎知識を身につけていること

研修プログラム:(必須)災者生活再建の全体像、(必須)物被害認定調査手法(総合)

(2) 基礎データ

タイトル:建物被害認定調査(ゆれ・非木造) 学習目標:

- 1.内閣府ガイドラインに基づく非木造建物の被 害認定調査手法をまなぶ
- 2.演習を通して調査票の使い方をならう
- 3.非木造建物の調査の場合には、専門家の必要性 が高いことをまなぶ

学習されるべき能力:

言語情報:調査票の使い方を身につける

知的技能:演習問題を工夫して作成し、組織内で 活用できるようになる

認知的方略:学習者が、次の学習者の講師になる ことを想定して、理解した内容を説明できるよ うになる

態度: 建築の非専門家であっても迅速・公正に調査を実施できる手法を選択する

運動技能:非木造建物の被害認定調査を標準的な 手順で実施できる

研修実施者:建物被害認定調査の経験者、建築専門 職

研修対象者:建物被害認定調查担当職員、消防署職員、主税局職員、区職員

位置付け:実証実験における研修プログラム作成 学習形態:全員

必要資機材:

配付資料:演習用被害写真1パターン、調査票1

枚セット (開始前に配布)、確認シート (4. まとめで配布)

研修実施者: PPT、パソコン、プロジェクター、 スクリーン、レーザーポインター、AC アダプ ター、延長コード、マイク

研修対象者:筆記用具

(3) 関連研修・内容

- 1)別研修で実施した「被災者生活再建の全体像」 が具体的に顧客に対してシステムを用いてど のように対応業務を実施するかについて、具体 的に内容を学ぶものである
- 2)「QR コードを用いた調査票をデジタル化」「り 災証明の発給・マネジメント研修」を実施する ための機能訓練になる

(4) 研修対象者の評価

研修中における「確認シート」によって評価をする

4.7 プログラム「建物被害認定調査(火災)」(20分)

(1) 受講条件

基礎技能:特になし

研修プログラム:(必須)被災者生活再建の全体像

(2) 基礎データ

タイトル:建物被害認定調査(火災)

学習目標:

- 1.震災時の火災調査の目的についてまなぶ
- 2.火災のり災証明発行には現場の調査結果の他、 住民基本台帳、固定資産税課税台帳の情報が必 要であることをまなぶ
- 3.迅速なり災証明発行へ向けての課題をまなぶ 学習されるべき能力:

言語情報:調査票の使い方を身につける

知的技能:演習問題を工夫して作成し、組織内で 活用できるようになる

認知的方略:学習者が、次の学習者の講師になる ことを想定して、理解した内容を説明できるよ うになる

態度:建築の非専門家であっても迅速・公正に調査を実施できる手法を選択する

運動技能:火災建物の被害認定調査を標準的な手順で実施できる

研修実施者:建物被害認定調査の経験者、建築専門 職

研修対象者:建物被害認定調查担当職員、消防署職員、主税局職員、区職員

位置付け:実証実験における研修プログラム作成 学習形態:全員

必要資機材:

配付資料:演習用被害写真1パターン、調査票1 枚セット (開始前に配布)、確認シート (4. まとめで配布) 研修実施者: PPT、パソコン、プロジェクター、 スクリーン、レーザーポインター、AC アダプ ター、延長コード、マイク

研修対象者:筆記用具

(3) 関連研修・内容

- 1)別研修で実施した「被災者生活再建の全体像」 が具体的に顧客に対してシステムを用いてど のように対応業務を実施するかについて、具体 的に内容を学ぶものである
- 2)「QR コードを用いた調査票をデジタル化」「り 災証明の発給・マネジメント研修」を実施する ための機能訓練になる

(4) 研修対象者の評価

研修中における「確認シート」によって評価をする

4.8 プログラム「QRコードを用いた調査票のデジタルデータ化」(20分)

(1) 受講条件

基礎技能:業務で日常的にパソコンを使っている研修プログラム:(必須)被災者生活再建の全体像、(必須)(いずれか1つ以上)建物被害認定調査(ゆれ)、建物被害認定調査(非木造)、建物被害認定調査(火災)

(2) 基礎データ

タイトル: QR コードを用いた調査票のデジタルデ ータ化

学習目標:

- 1.災害対応における調査票のデジタルデータ化の課題をまなぶ
- 2.QR コードを用いた調査票のデジタルデータ化 の仕組みをまなぶ
- 3.QR コードを用いた調査票のデジタルデータ化 をならう

学習されるべき能力:

言語情報: 災害対応における調査票デジタルデータ化の課題を列挙する

知的技能:-

認知的方略:災害対応の現場においてデジタル化 すべき情報は(建物被害認定調査のみではな く)他にもあることに思い至る

態度: QR コードを用いて迅速・正確に調査票を デジタルデータ化することを選択する

運動技能:QRコードを用いて調査票をデジタル 化できる

研修実施者: QR コード技術の開発者・技術者、QR コード技術を用いた実務経験者

研修対象者:建物被害認定調查担当職員、消防署職員、主税局職員、区職員

位置付け:実証実験における研修プログラム作成

学習形態:全員

必要資機材:

配付資料:研修テキスト、QRコード調査票読み 込みマニュアル (参考資料・開始前に配布)、 確認シート (4. まとめで配布)

研修実施者:PPT、パソコン、プロジェクター、 スクリーン

研修対象者: QR コード付き調査票(読み込ませる見本)、赤マジックペン

研修対象者全体: スキャナ、スキャナドライバが イントールされたパソコン、マウス、マウスパッド、AC アダプター、延長コード

(3) 関連研修・内容

- 1)別研修で実施した「被災者生活再建の全体像」 が具体的に顧客に対してシステムを用いてど のように対応業務を実施するかについて、具体 的に内容を学ぶものである
- 2)別研修で実施した「建物被害認定調査 (ゆれ) / (非木造) / (火災)」の調査票をデジタル化する手法を学ぶものである
- 3)「り災証明の発給・マネジメント研修」を実施 するための機能訓練になる
- (4) 研修対象者の評価

研修中における「確認シート」によって評価をする

4.9 プログラム「被災者台帳システムの全体像」(20分)

(1) 受講条件

基礎技能:特になし

研修プログラム:(必須)被災者生活再建の全体像

(2) 基礎データ

タイトル:被災者台帳システムの全体像 学習目標:

- 1.被災者台帳システムを用いた生活再建支援業 務の効果をまなぶ
- 2.被災者生活再建支援を進める上で被災者台帳が業務の基本台帳となることをまなぶ
- 3.被災者台帳システムにおいて、行政と住民との 主たる居宅の被害に関する双方合意であるり 災証明書が、生活再建支援業務の開始要件とな ることをまなぶ
- 4.り災証明書発給の場が被災者台帳を確定させる機会であることをまなぶ

学習されるべき能力:

言語情報:被災者台帳システムを用いた生活再建 支援業務の効果を列挙する。被災者台帳の基本 項目を説明することができる

知的技能:一

認知的方略:り災証明書発給の場を被災者台帳を 確定させる機会として活用すべきであること に思い至る 態度:生活再建支援業務の開始要件として、り災 証明書発給を、単なる証明書の発給ではない重 要業務として位置付ける

運動技能:一

研修実施者:生活再建支援業務の実務者・研究者 研修対象者:り災証明書発給担当職員、消防署職員、 主税局職員、区職員

位置付け:実証実験における研修プログラム作成 学習形態:全員

必要資機材:

配付資料:研修テキスト、確認シート(3. まとめで配布)

研修実施者:PPT、パソコン、プロジェクター、 スクリーン

(3) 関連研修・内容

1)別研修で実施した「被災者生活再建の全体像」 を理解した上で、生活再建支援業務を支えるためにどのようなシステムが必要かについて、り 災証明書発給業務を核として学ぶものである

(4) 研修対象者の評価

研修中における「確認シート」によって評価をする

4.10 プログラム「り災証明書発給」(20分)

(1) 受講条件

基礎技能:業務で日常的にパソコンを使っている 研修プログラム:(必須)被災者生活再建の全体像、 被災者台帳システムの全体像

(2) 基礎データ

タイトル:り災証明書発給

学習目標:

- 1.り災証明書発給データベースおよび発給システムの全体像をまなぶ
- 2.り災証明書発給システムの使い方をまなぶ
- 3.り災証明書発給システムの使い方をならう

学習されるべき能力:

言語情報: り災証明書発給データベースおよび発 給システムの全体像を説明する。り災証明書発 給システムの使い方を説明する

知的技能:一 認知的方略:一

態度:一

運動技能: り災証明書発給システムを用いてり災 証明書を発給する

研修実施者:り災証明書発給システムの開発者・技 術者、り災証明書発給システムの実務経験者

研修対象者: り災証明書発給担当職員、消防署職員、

主税局職員、区職員

位置付け:実証実験における研修プログラム作成

学習形態:全員 必要資機材: 配付資料:研修テキスト、確認シート (3. まとめで配布)

研修実施者:PPT、パソコン、プロジェクター、 スクリーン

研修対象者:り災証明書申請用紙

研修対象者全体: り災証明書印刷用紙、り災証明 書発給システムとプリンタドライバがイント ールされたパソコン、プリンタ、プリンタイン ク、マウス、マウスパッド、AC アダプター、 延長コード

(3) 関連研修・内容

- 1)別研修で実施した「被災者台帳システムの全体 像」が具体的にり災証明書発給システムにどう 反映されているかを具体的にまなび・ならうも のである
- 2)「り災証明の発給・マネジメント研修」を実施するための機能訓練になる
- (4) 研修対象者の評価

研修中における「確認シート」によって評価をする

4.11 プログラム「り災証明書発給マネジメント」(40分)

(1) 受講条件

基礎技能:特になし

研修プログラム:(必須)被災者生活再建の全体像、 被災者台帳システムの全体像

(2) 基礎データ

タイトル:り災証明書発給マネジメント

学習目標:

- 1.り災証明書の発給が被災者へのサービス提供の場であることをまなぶ
- 2.り災証明発給の空間設計における配慮事項をまなぶ
- 3.過去の事例から具体的な業務フローをまなぶ
- 4.9月4日の実証実験を題材にしてり災証明書発給マネジメントのあり方をならう

学習されるべき能力:

言語情報:り災証明発給の空間設計の配慮事項を 列挙する。具体的な業務フローを過去の事例を もとに説明する

知的技能:-

認知的方略: り災証明書発給マネジメントを与え られた空間で設計する

態度: り災証明書発給を単なる発給の場ではなく、 被災者の顧客満足を得るための場として選択 する

運動技能:一

研修実施者:り災証明書発給マネジメント実務者・ 研修者

研修対象者: り災証明書発給担当職員、消防署職員、 主税局職員、区職員 位置付け:実証実験における研修プログラム作成 学習形態:全員

必要資機材:

配付資料:研修テキスト、確認シート(3. まとめで配布)

研修実施者:PPT、パソコン、プロジェクター、 スクリーン

研修対象者:9月4日の文成小学校の実証実験の 進行案、資機材リスト一覧、小学校レイアウト、 事務局メンバーリスト、参加者予定リスト

研修対象者全体: A4 用紙・数十枚、付箋、ラッションペン

(3) 関連研修・内容

1)「被災者台帳システムの全体像」を前提として 理解する。実際のり災証明書発給マネジメント に用いるシステムについての具体的な操作に ついては「り災証明書発行」によって理解する。

(4) 研修対象者の評価

研修中における「確認シート」によって評価をする

4.12 プログラム「各種相談窓口」(20分)

(1) 受講条件

基礎技能:特になし

研修プログラム:(必須)被災者生活再建の全体像

(2) 基礎データ

タイトル:各種相談窓口

学習目標:

- 1.り災証明書の発給が生活再建支援につながっていくことをまなぶ
- 2.具体的に実現される生活再建支援サービスに はどのようなものがあるかまなぶ
- 3.生活再建相談窓口においては行政の生活再建 支援サービスのみならず、各種組織団体が実施 する支援活動があることをまなぶ

学習されるべき能力:

言語情報:災害時の被災者に対する生活再建支援 の流れを説明することができる。り災証明書が開 始要件となる生活再建支援メニューを列挙する

知的技能:一

認知的方略:-

態度:被災者に必要な生活再建相談を行う際に、 行政のみならず各種団体の支援活動を紹介する

運動技能:一

研修実施者:生活再建支援業務の実務者・研究者 研修対象者:り災証明書発給担当職員、消防署職員、 主税局職員、区職員 位置付け:実証実験における研修プログラム作成

学習形態:全員 必要資機材:

配付資料: 研修テキスト、確認シート(3. まとめで配布)

研修実施者:PPT、パソコン、プロジェクター、 スクリーン

(3) 関連研修・内容

- 1)被災者生活再建の全体像については、前提条件として学んでおいた方が、内容がよくわかる
- 2)被災者台帳システムの全体像と続きで聞くと、 その全体像が最も理解しやすい

(4) 研修対象者の評価

研修中における「確認シート」によって評価をする

4.13 確認シートによる研修評価

各プログラムの最後(5分程度)には確認シートを用いて研修対象者に解答を求めました。確認シートは、指導案における「学習目標」「学習されるべき能力」が学習されたかどうかを確認するための問題によって構成されています。「確認シートの問題に正答できる」ことは、「効果的な被災者生活再建支援のために災害対応従事者が学ぶべきと考えられるプログラムの内容を理解している」ことにつながります。

解答に際しては、配布資料などの閲覧は禁止し、 終了後には事務局側で回収して採点を行いました。 この確認シートは、研修対象者の確認度合いを測る とともに研修プログラム自体の評価を行うことも 意図して作成したものです。確認シートの例を図 4 に挙げます。

確認シートを採点した結果、どのプログラムについても約7割の正答率を得ることができました。このことからも、本研究で構築したプログラムおよび指導案は、効果的な生活再建支援を実現するためには有効なものであると結論づけることができます。

5. 実証実験等の実施

5.1 実証実験に係る全般の概要

研修の成果が実際の生活再建支援業務の中でどの程度発揮されるかを検証するために、訓練形式の実証実験を計画しました。実証実験においては、対象を「東京都下の区市町村職員」、対象業務は「首都直下地震発災後における被災者台帳を用いた生活再建支援業務」とし、実験の場として「区市民を対象とした生活再建支援業務実施訓練」を設けました。

具体的には「a) 誰をも調査員にできる建物被害 認定手法」においては、「首都直下地震において、 甚大な被害の発生が想定される「木造被害」「非木

0101	被災者生活再建の全体像		確認シー	۲
------	-------------	--	------	---

		AU7 80 -7	1000
問1.	生活再建業務の流れについて、以下の文章	を流れに沿って並びかえ、	□の中に数字を入れて下さい。
	■ 建物被害認定調査結果のデータベースを	構築する	
	生活再建支援業務を実施する		
	応急危険度判定を実施する		
	■ 建物被害認定再調査・内観目視を実施す	る	
	■ り災証明書を発給する		
	建物被害認定調査・外観目視を実施する		
問2.	生活再建業務の流れを東京都の仕組みに置	き換えたときに、どのよう	な流れになるか、以下のそれぞれに
	ついて正しいものにチェック([])して	てください。	
[] 建物被害認定調査の主体はまだ決定して	いない	
[] 課税台帳データの提供は主税局が実施す	ることになる	
[] 消防署との連携がなくても火災によるり	災証明の発行ができる	
[] 応急危険度判定と建物被害認定調査は、	現時点ではリンクしていた	ev.
[] り災証明書の発給者は、東京都知事であ	5	
[] り災証明書の発給について、都・区・消	防署の役割分担ができてい	いる
[] 生活再建支援業務に関わる相談の業務フ	ローはまだ確定していない	Y

問3. 以下のそれぞれの文を読み、最もあてはまるものにチェック ([---]) してください。

			2 どちらか といえば そう思う		3 どちら でもない		4 どちらか といえば そう思わ ない			
様々な部局でそれぞれにデータを参照しながら生活再建業 務を実施しても特に大きな問題は生じない	[]	[]]]]]]]
. 人・家・被害をつなぐキーとなるデータ項目が存在しないが、 GeoWrap 技術を用いて課題を解決すべきである	[]	[]]]	[]]]
生活再建支援業務を円滑に実施するためには、被災者台帳システムが必要である]]]]]]]]	[]

問4. 東日本大震災を受けて、被災者台帳システムに新しい方向性が必要だと言われていますが、その理由について思いつくものを挙げてください(いくつでも構いません)。

問5. 最後の研修全体の印象について、<u>最もあてはまるものにチェック</u>([---]) してください。

	1		2		3		4		5	
	そう思	う	どちら といえ そう思	ば	どちに		どちら といえ そう思 なし	ばわ	そう 思わな	
1. わかりやすい内容だった	[]]]	[]			[]
2. 内容に満足することができた	[]]]	[]	[]	[]
3. ちょうどよい時間の長さだった	[]]]	[]	[]	[]
4. 研修のねらい (何を学ぶことが自分たちに求められてい スのか) がわかった	[]]]]]]]]]

以上です。ありがとうございました。

回答が終わりましたらスタッフにお渡し下さい。



図4 確認シート (例)

造被害」「火災による建物被害」について、職員が 区市民に対し、建物被害の実際、被害認定の流れ、 具体的な評価方法を説明しながら、仮想の住宅につ いて、被害の判定デモを行い、調査票記入を実施す る」。「b)QR コードを用いた調査票のデジタルデー タ化」については「区市民に対し、建物被害調査結 果である QR 調査票をスキャナ及びソフトを用い て、デジタルデータ化すると共に、調査対象建物の 位置特定を実施するデモを実施する」。

「c)り災証明発給データベース構築および申請受付・発給システム」においては「主たる居宅の被害を同定するために、誰が(住民基本台帳における基本情報)どの建物に住んでいて(課税台帳における基本情報)どのような被害(建物被害調査結果)を受けたかを知るためのデータをあらかじめ地理空間情報で整理し、データベース化し、システムへの

読みこませを実施する」。

「d)り災証明申請受付・発給業務管理」においては「り災証明発給システムを用い、訓練の場で、区市民とのやりとりを通じて、データベースから必要なデータを呼び出し、必要事項を確認しながら、被災者台帳を確定する作業を実施する」。

「e)被災者支援業務管理」においては「区市職員が、プロジェクトマネジメントのフレームに則り、スコープ(プロジェクトの目的と範囲)、時間、コスト、品質、人的資源、コミュニケーション、リスク、調達、統合管理の9つの観点(「知識エリア」と呼ばれている)で、訓練マネジメントを実施する」。

5.2 実証実験の実施

東京都 23 区からは豊島区、市町村からは調布市がそれぞれ実証実験モデルとして訓練を実施しました。平成 23 年 8 月 11 日 (木) に豊島区で事前研修を実施し、9 月 4 日 (日) 豊島区立文成小学校において、訓練参加の地域住民に対し、生活再建支援業務を訓練形式で実施、一方、調布市においては、10 月 17 日 (月) に職員に対し事前研修を実施し、11 月 20 日 (日) 調布市立第二小学校において、訓練参加の地域住民に対し、生活再建支援業務を訓練形式で実施しました。

5.3 研修実施後の事前準備

事前準備においては、首都直下地震の想定被災地 で特徴的な被害として顕在化すると予想される課 題、①火災による建物被害の発生、②高層建物にお ける被害認定、③特別区における行政的課題(被災 者台帳に読み込みが必要な住基データは区が保有、 課税データは主税局が保有している等)、について、 各関係主体と協議を重ね、問題の整理に勤めました。 「a誰をも調査員にできる建物被害認定手法」にお いて①②の方法論について検討、「c)り災証明発給 データベース構築および申請受付・発給システム」 において③の行政的課題の整理、を実施しました。 また、「e)被災者支援業務管理」においては、訓練 計画、訓練の運営マネジメントを実施しました。各 要素において、事前に検討した結果を「り災証明発 行システム (生活再建支援システム) 実証実験マニ ュアル」として整理しました。

5.4 訓練当日

訓練当日は、「り災証明発行システム(生活再建支援システム)実証実験マニュアル」に基づいて、区市職員が区市民を対象として、生活再建支援業務を実施しました。区市においては、訓練の目標を、①生活再建支援業務を全庁業務として位置づけ、関係各課から参画を得る、②生活再建支援業務につい

て、区市民に事前に理解を得る、ことに設定し、それぞれが訓練に取り組みました。

5.5 訓練の評価および改善点(自治体職員)

訓練について、職員による評価等を実施しました。 その結果、以下のような評価結果を得ることができ、 生活再建支援業務を全庁業務として位置づけ、前向 きな姿勢が見られました。さらに、被災時における 区市民への対応にも積極的な態度が醸成されまし た。

(1)区市民対応について

- ・住民の方が想像以上に興味を持っていた。
- 特に混乱はしなかったが、苦情対応があったら混乱する事が考えられる。
- ・税の減免について興味がある方が多いと感じる。
- ・これだけの人数でも結構混雑したので、何千人と 集まったらもっと混乱するように思った。
- ・実際の現場でり災証明の発行業務を行うには、よ り多くの人手が必要となる。

(2)区市民相手に訓練をすることの効果

- ・職員が区市民に業務やサービスの説明を行う事により、職員自身の理解度が飛躍的に向上した。今後、訓練システムに「職員による説明」を採り入れたい。
- ・分かりやすい説明を行うために、どの順序で話すべきか、ウエイトを置くべきか、時間配分等について考えておくことが必要であることがわかった。

(3)それぞれの業務について

- ・現実の調査に関する説明、相談は、り災証明発行 担当が行う事となるので、調査の客観性及びその 根拠とする写真等の資料作成が重要と思う。
- ・被害認定調査の方法、重要性等は理解できた。実際に実施する場合に備えてもっと詳細に実施方法等検討しておく必要があると思う。
- ・り災証明書発給時にデータを手入力で直す範囲を 厳格にすべき。

5.6 訓練の評価および改善点(参加者)

訓練について、参加者である市民へ評価等を実施しました。その結果、以下のような評価結果を得ることができ、首都直下地震発生時には、被災者となる区市民において生活再建支援業務に事前に取り組む行政に対して一定の評価が得られ、生活再建支援業務過程においても理解が得られました。

(1)行政側の準備について

- ・迅速な対応を行政側が準備していることが理解できた
- ・本日の実証実験は期待以上だった。直下地震が発 災して、役所庁舎が全壊した場合、各種データが

使えなくなる心配をしていたが、日々データは、 区市から遠く離れた「ある場所」に送達されてい ると聞いて、安心した。

(2)り災証明書について

- ・り災証明は必要だと思う。
- ・り災証明書の発行に関しては、良く分かった。
- ・り災評価の基準・評価内容が良く分かった。
- り災証明のデータ化がしっかりできていると感じた。
- ・り災証明発行には建物調査票が必要でその他に住宅に関する調査や証明書があることがわかった。 (半壊、全壊、立入禁止等)
- ・「被害調査票」→データ化が災害時に十分に機能できれば、よいシステムと言えると思う。
- ・実際に、災害が起きた時、あわてずに、り災証明 の手続きができそうな気がする。
- ・り災証明書発行の認知度をあげていくことがとても重要です。豊島区、調布市が先駆けとのことですが、これから、どのように啓蒙、普及活動をすすめていくのか、課題を感じた。「防災の日」などに一日中、NHKなどから本日の説明内容を放送するなどしないと、(ある程度、強制的に)難しいのではないかと思いました。

(3)建物被害認定調査について

- ・建物の被害の認定について.実際、調査員がどのように全壊・半壊などの認定を行うのか、むしろそちらの方が知りたかった。70%、20-70%、こういった区別をどのくらいの目安で行うのか、など。
- ・火災、倒解等で、全半、ぼや等区分を見分ける割 合がわかった。
- ・データ処理により、かなり、スムースに、事がは こべる事がわっかた。
- ・家の被害状況 (2.0cm 傾いている・2%の壁の被害) などは自分では、判断できないので、判定してもらうのに、時間等がかかるのではないかと思った。
- ・今回全壊の判断だったことで、生活再建支援金が 最高300万支給されるが、住宅再築費用の現金支 給はないということを理解することができた。
- ・建物火災のり災証明が消防であることはしらなかった。実際初めて経験したら、パニックになると 思うので、シミュレーションはありがたいと思う。

(4)各種制度について

- ・各種制度の概要がわかりました。
- ・展示してあるポスターも良くわからない

(5)対応について

- ・今回の運営は、期待以上の対応であると思う。
- ・こちら側が係の人に声をかけた時の対応の仕方が よかったと思う。

- ・番号札を渡す受付(看板なし)がわかりにくかっ た。説明が不足していた。
- ・説明する時の声が小さく聞き取れ無い。
- ・他のブースの声が聞こえ、説明がよく聞こえなかった。
- ・パソコンをやらないのでデータをみてもよく判ら なかった。
- ・実際の災害時には、手続業務を行う職員の員数は、 交通事情等からり災に備えて、十分考慮を。

(6)会場について

- ・4 つのブースに分かれての説明があったが他のブースの声と混じって若干、説明者の声が聞き取りにくい面があった
- ・運営は体育館の中で少し混んでいたのでスペース をもう少し広くしてほしかった。

(7)実習の感想について

- ・とても良い勉強になった。被害状況が正しく出せるか不安の所も有る。
- ・本当になったら大変だと思う。改めて日頃から注 意、用意も必要です(出来る範囲で)
- 自分に出来るか今日は実験なのでほんとうの事は 出来るかまだ不安です。
- ・災害時に実験の時と同じようにいけるか?不安は 感じます。
- ・有(在)ってはならない事ですが、実験(体験) する事の重要性を実感しました。
- ・こんな大規模な訓練だとは知らずにびっくりしました。

6. まとめ

被災者の生活再建に向けて自治体の公的支援業務を効率的に進めるための災害時の情報システムの構築とその研修・訓練プログラムを作成しました。首都直下地震発生の際には、未曾有の被災者への対応が求められるが、その数量的特殊性を踏まえた現実的・包括的な対応策を確立することができました。

東京都内でそのシステムやプログラムの実証実験を行い、その有効性を確認したところですが、その参加者からの指摘事項については、今後の改善すべき点・研究課題として抽出することができました。

III-2 広域的情報共有と応援体制の確立

目黒公郎(東京大学生産技術研究所)

1. 研究の目的

本研究では、広域連携に必要不可欠な情報共有基盤として、事前から復旧・復興過程までの防災対策に活用可能な情報共有プラットフォームを構築した上で、広域連携による応援体制と広域的危機管理・減災対策を実現するための課題を抽出し、その解決策をまとめることを目的としています。

「広域連携のための情報コンテンツの構築」では、効 果的な災害対応において共有すべきコンテンツとして 防災アプリケーションと情報共有データベースを開発/ 改良します(2章、3章)。「広域連携のための情報シス テム連携や枠組みの構築」では、減災情報共有データ ベース"DaRuMa"をベースに、必要とされる機能の拡 張を図り、情報共有環境を構築します(4章)。「広域連 携システムのための汎用災害情報ビューアの構築」で は、開発された広域連携システムの普及のための安価 な災害情報ビューアを開発します(5章)。そして、「広 域連携体制の構築とその効果の検証」で、上記3つの 研究成果を集約し、災害情報を共有して広域連携体 制が構築できた場合の効果を実務者にわかりやすく示 して、そのような体制を構築するための技術的・制度的 な課題の抽出と課題解決のためのワークショップを行 い(6章)、情報共有に関するルール作りを行います(7 章)。なお、モデル地域としては、神奈川県と横浜市、 川崎市と相模原市の4県市を選定しました。

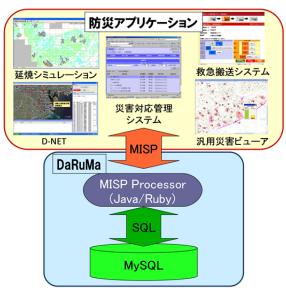


図1 防災アプリケーションと情報共有データベース

2. 広域連携のための情報コンテンツの構築

2.1 概要

本研究では、効果的な災害対応において共有すべきコンテンツとして防災アプリケーションと情報共有データベースを開発/改良しました。具体的には、災害情報の生成または入出力を行う防災アプリケーションとして火災延焼シミュレーション、災害救援航空機情報共有ネットワーク(D-NET)、救急搬送システム、災害対応管理システムと汎用災害情報ビューア、防災アプリケーションを連携する枠組みとなる情報共有データベースとして減災情報共有プロトコル(MISP)と減災共有データベース(DaRuMa)で構成されています(図 1)。各アプリケーションの概要は 2.2 節以降で述べます。なお、開発/改良したシステムのうち、災害対応管理システムは 3 章、DaRuMa と MISP は 4 章、汎用災害情報ビューアは 5 章で述べます。また、地震火災への円滑な対応のための支援情報についても検討しました。

2.2 防災アプリケーションと情報共有データベースの概要2.2.1 火災延焼シミュレーション

火災延焼シミュレーションは、消防庁消防研究所によって開発された消防力運用支援情報システムを構成する機能の一つです。ある地区の建物データをベースとして延焼経路データを作成することにより、火災発生建物と風速、風向を設定することで、時間経過による各建物の状況を被害なし、延焼中、焼失建物として判定します。多点同時出火の状況や同時延焼火災の状況、および各出火点の出火時刻の違いを想定できるとともに、延焼状況は最終時刻までに任意の時間間隔で把握できます(図 2)。本研究では、横浜市ならびに川崎市全域の建物の形状・構造データ、消防署所データ(位置と部隊数)、道路ネットワークデータ、消防水利データ(位置と部隊数)、道路ネットワークデータ、消防水利データ(位置と水量)等のシミュレーションに必要な基礎データを整備しました。また、100件程度の同時多発火災に対しても高速に処理できるよう、改良を行いました。



図2 火災延焼シミュレーションの表示画面



図3 D-NET 地上システム画面

2.2.2 災害救援航空機情報共有ネットワーク(D-NET)

災害救援航空機情報共有ネットワーク(D-NET)は、宇宙航空研究開発機構(JAXA)と京都大学防災研究所が共同で提案している航空機の運航に関する情報を共有するための規格です。首都直下地震発生時には、首都圏上空に災害救援へりは425機集結すると試算されていますが、全国の消防防災へりを統括する消防庁、救援部隊を受け入れる県災害対策本部へリ運航調整室には、これらの機体を一元管理し、相互に情報を共有するための情報ツールは現在のところ整備されておりません。そこで、D-NETの導入により下記の効果が期待されます。

- 多数機の運航状況のリアルタイム管理による救援活動の効率向上
- 航空機が収集する被災地情報の共有化による即応 性向上
- 航空機と地上部隊との連携強化、救援物資輸送の 効率化
- 高密度空域での空中衝突防止

D-NET 地上システムでは機体の位置、任務情報をリ アルタイムに表示することが可能です(図3)。本研究で は、D-NET を活用した広域の機体情報の共有に加え て、D-NET と情報共有データベースを接続し、ヘリが 把握した出火点情報や災害拠点病院の収容状況など を相互に共有できるようにしました。具体的には、神奈 川県災害対策本部内に設置されたヘリ運航調整室か ら、横浜ヘリポートの横浜市消防防災ヘリ、東京ヘリポ ートにある川崎市消防防災へリのそれぞれに対して指 示された任務情報が D-NET へ入力され、D-NET から は機体情報(任務や位置などの情報)を情報共有デー タベースに出力するように設定しました。同時多発火災 シナリオでは、赤外線モニタを搭載した偵察ヘリが把握 した出火点の位置情報を D-NET から情報共有データ ベースへ出力します。この出火点情報は、先に説明し た火災延焼シミュレーションの入力となります。また、救 急搬送シナリオでは、拠点病院の患者収容状況が、情 報共有データベースを介して D-NET に入力されること により、各機体において拠点病院の状況がリアルタイム



図4 救急搬送システムの表示画面例

に共有されるようになります。

2.2.3 救急搬送システム

救急搬送システムは、救急車による患者搬送を対象として、救急車と病院をはじめとした組織間で情報を共有するものです。本研究では、救急車と病院にシステム端末が設置されていることを想定しています。救急車端末には、情報共有データベースから道路状況(道路規制、混雑、被害)、延焼状況や周辺病院の状況(診療可否など)が入力されます。救急車内から患者の集中程度が低い病院を検索し、通行可能な道路を通って搬送先に患者を運ぶことが可能となります。救急車からは、救急車の位置情報と患者情報が情報共有データベースに出力されます。病院の端末には、情報共有データベースから救急車の位置情報と患者情報がリアルタイムに入力されます(図 4)。病院側は患者到着前の医療体制の準備が可能となり、患者受け入れ後に患者数の更新が可能となります。

2.3 地震火災への円滑な対応のための支援情報の創出

中央防災会議による被害想定でも示されているように、木造密集市街地を多く抱える首都圏では、大規模首都直下地震に襲われた場合、公設の消防力を上回る同時多発火災が発生し、兵庫県南部地震時に見られた以上の甚大な延焼被害を受け、火災だけでも6,000 名を超す死者が発生すると予測されています。ここでは、この地震火災に係る被害想定で扱われていないが極めて重要と考えられる課題として以下を掲げ、住民の安全確保、消防活動の円滑化のために必要な情報を創出することを目的として研究を実施しました。火災旋風の発生メカニズムと発生条件の解明

- ① 地震時の中規模建物火災抑制機能障害に関する検討
- ② 産業施設(特に石油タンク)からの油漏洩危険の 評価と広域応援支援情報に関する検討
- ③ 緊急消防援助隊等の広域応援部隊を考慮した消防力最適配備支援情報の創出
- ④ 地震火災時における避難情報共有の実態

①に関しては、有風下の火災域周辺に発生する2種類の渦(火災からの上昇気流が横風で傾き風下で二股に分かれ、逆回転する渦対になったもの(CVP)、火

災域風下の地表面に接して発生し風下に流れ出すもの)のうちの CVP も、火炎風下に流れ出す旋風の一つである可能性が高いことを室内実験で明らかにし、更に数値シミュレーションによって、CVP は地表面上に速度境界層がなくても、熱源側面上に発生する横風方向に軸を持つ水平渦度が成長して発生することを確認しました。

②では、地震時における中高層建物防災設備等の 損傷時の延焼危険度評価手法の検討を行うための基 礎データとなる過去の地震(兵庫県南部地震、新潟県 中越沖地震、能登半島沖地震、岩手・宮城内陸地震、 岩手県沿岸北部の地震、駿河湾を震源とする地震 (2008)、東北地方太平洋沖地震)における屋内消火栓、 スプリンクラー設備、自動火災報知設備、泡消火設備、 粉末消火設備、非常用放送設備を対象とした被害情報の収集と地震毎の被害状況の違いに関する一次分析を行いました。

③では、特に緊急地震速報を用いた石油タンクのスロッシング予測システムの構築を行ない、地震動予測のための地域特性データとタンク諸元を入力すればリアルタイム予測が可能となる Excel ベースのソフトを開発しました。また、石油コンビナートでの発災時対応の実際について、応急対応計画、防災資機材、共同防災体制等の現状について調査しました。

④では、広域の同時多発火災の迅速な延焼シミュレーションを可能とするためのプログラム開発と川崎・横浜地区への適用を行いました。また緊急消防援助隊の駆けつけ時間の推定、援助隊の最適配備情報の創出、避難路の危険度情報の提示を可能としました。

⑤においては、東京都、東京消防庁、警視庁の情報の流れ及び東北地方太平洋沖地震でのガスタンク火災・爆発に伴う避難勧告に係る情報の流れに関するヒアリングを行いました。前者では東京都という一括りできる組織のため、円滑な情報共有が可能な体制だと考えました。一方、後者では他組織との連携が必要であり、地震直後の電話の輻輳もあったことから、情報伝達に課題を残していることが判明しました。

今後、上記個別技術の高度化、調査分析の継続、 そしてそれらがもたらす住民の安全確保等のための支援情報の円滑な共有化、活用について更に検討する ことが望まれます。

3. 災害対応管理システム

3.1 災害対応管理システムの概要

災害対応管理システム(図5)は、災害時の地方自治体の対応活動を支援する庁内情報共有システムです。 同システムは、災害対策本部からの指示・対応、各部局からの被害報告、避難所管理・運営、県への報告等、災害対策本部を中心とした必要最小限の災害対応業務に関する情報共有を支援することを目的として、新潟 県見附市の協力を得て開発されました。現在同市で試験運用されています。また、同システムは、ヒューマンインタフェースとしてのユーザビリティを高めた Web アプリケーションで、インターネット/イントラネット環境下でサーバにアクセスできれば使用することができます。

3.2 九都県市適用に向けた機能拡張

本研究では、この災害対応管理システムを首都圏の 九都県市(東京都、神奈川県、川崎市、横浜市、相模 原市、埼玉県、さいたま市、千葉県、千葉市)に適用す るにあたって機能拡張すべき部分を検討し、モデル地 域の一つである横浜市災害対応管理システムのプロト タイプを構築しました。横浜市は政令指定都市である ので、災害対応の最前線は区であって、横浜市は災害 対応活動の調整が主業務であるため、災害対応管理 システムとしては従来の市町村機能ではなく、市町村 の調整を行う県の情報共有システムに近い機能が要求 されました。そこで本システムの開発に際しては、被害 情報や対応活動を各区から入力させ、それらを整理し て県への被害報告を取りまとめる、という従来の政令指 定都市の災害情報システムではないものを目指すこと にしました。

まず、市内の各区は災害対応を支援する独自の情報システムを用いて災害対応を行っており、横浜市は各区の情報システムと情報連携が可能な独自の情報システムを運用していることを前提条件としました。すなわち、各区は横浜市災害対応管理システムの端末から横浜市へ報告するための情報入力をするのではなく、新潟県見附市のように自らの災害対応のために情報をシステム入力して共有しながら、円滑な災害対応活動を行っていることを前提条件としました。各区では横浜市とは異なるメーカーで、異なる機能を有する情報共有システムを採用していても何ら問題はなく、横浜市災害対策本部と各区の情報共有システムは、情報共有データベース(DaRuMa)を介して必要なデータの共有ができるようになっています。横浜市災害対応管理システムの主な機能は以下のとおりです。

- 災害対策本部が庁内の各部、各区に対して指示を 出し、各部、各区が対応の報告を行う機能
- 各区の災害対策本部の指示・対応を確認する機能
- 各区の被害情報の集約結果を確認する機能



図 5 災害対応管理システムの指示・対応画面

- 各区の被害情報を集計して市の集計結果をまとめ、 共有データベースへ自動登録する機能
- 情報共有データベースから情報を検索、取得し、そ して登録する機能

一見、従来の情報共有システムとの大きな相違はないように思われますが、情報共有データベースを介することにより、異種情報システム間のシステム連携が可能となっています。その結果、相手機関に対して情報を要求する、あるいは相手機関へ情報を報告する、という操作が不要になります。情報へのアクセス制限や登録機能を情報システムに持たせることにより、災害対応管理システムは円滑な災害対応のための支援ツールとして大いに役立つものになります。

3.3 災害対応管理システムを用いた広域情報連携

本研究では、前節で紹介した横浜市災害対応管理システムのプロトタイプもとに、神奈川県、横浜市、川崎市、ならびに横浜市鶴見区、川崎市川崎区、幸区、中原区の災害対応管理システムのプロトタイプを開発し、避難所運営に関する災害対応管理システムを用いた広域情報連携を可能としました。

区の災害対応管理システムは各指定避難所毎に ID を与えており、避難所は同システムを用いて区役所への避難所の開設状況の報告、避難者名簿の管理、そして区への人的支援、食糧支援、物的支援要請を行います。

まず区役所の災害対応管理システムの機能について説明します。図 6 は避難者名簿登録の画面を示しています。各避難所では Microsoft Excel のシートを用いて、避難者名簿を管理し、1 日に一度情報の更新を行います。災害対応管理システムにこのファイルをアップロードすると、自動的に避難者数だけでなく高齢者や乳幼児の数も登録されます。さらにライフラインの情報などを加え、登録ボタンを押すことにより、災害対応管理システムに避難者名簿が作成されます。避難所はMicrosoft Excel を用いて避難者の管理を行いますが、川崎区はどの職員でも災害対応管理システムの避難者名簿の検索によって、家族からの問合せに対応することができます。また、区は区内の避難所運営状況を確認し、必要な支援を行うことができます。

次に、県と市の災害対応管理システムの機能について、説明します。図 7 は川崎市のシステムで避難所運営状況を確認している画面です。各区役所の避難者数だけでなく、要援護者や乳幼児の集計結果も表示でき、これだけでも物資配給の目安が得ることができます。図 8 は神奈川県のシステムで避難状況を表示しています。県全体の避難者集計だけでなく、市ならびに区毎での避難者集計も表示することができます。

4. 情報システム連携の枠組み構築

4.1 概要



図 6 避難者名簿登録



図 7 避難所運営状況(川崎市)



図8 避難状況(神奈川県)

自治体間の広域的な情報共有を実現するためには、各自治体や関係機関が運用する災害対応のための情報システムを柔軟に連携させる仕組みが必要となります。減災情報共有プラットフォームはその連携を可能にするための枠組みで、減災情報共有データベースDaRuMaを中心としてデータ仲介を基本とした情報システムの連携を実現するものです。本研究ではこのDaRuMaおよび周辺ツールを改良・増強することで、各種情報システムの連携を容易にし、さらに、このプラットフォームに参画するために必要となる情報システム設計のガイドラインを整備しました。具体的には以下のような研究開発を行いました。

- DaRuMa および周辺ツールの改良・充実
- 実証実験での動作検証
- 情報システム設計ガイドライン策定と標準化

4.2 DaRuMa および周辺ツールの改良・充実

本研究では、情報システム連携を容易とするために、 DaRuMa およびそれへのアクセスプロトコルである減災 情報共有プロトコル MISP (Mitigation Information Sharing Protocol)を改良し、さらに、既存システムとの連携を容易とするための接続支援ツールを整備しました。 以下では、それらの改良・拡張機能を述べていきます。

4.2.1 HTTP への対応

広域連携時には、各機関に必要となる情報は多種多 様であり、広域連携システムではこれら多様な情報を、 必要に応じて必要な場所で取得出来る必要があります。 Web 環境の発達した現在においては、Webページ上で さまざまな防災上有効な情報が公開されており、防災 関係機関も Web ページ上で情報の公開を行っていま す。しかしながら、これらは一部を除き人が Web ブラウ ザを通して見ることを想定しているものがほとんどで、コ ンピュータでの自動処理を困難にしています。一方、 MISP はコンピュータによる自動処理を前提としていま すが、専用のプロトコルであるため、Web 環境からの利 用は困難でした。そこで、Web上での2次利用を考慮し、 MISP を HTTP 上でのデータの受け渡しが可能となるよ う拡張し、DaRuMa をその拡張に対応させました。つま り、図9のようにHTTP over TCP/IPでの通信を可能とし、 要求をXML形式もしくはURL形式で指定してアクセス することが可能となる枠組みを実装しました。この HTTP への対応により、認証、暗号化に関しても通常の Web 環境での SSL を利用した高度なセキュリティ機能を併 用したシステム連携が実現できます。

4.2.2 検索結果の整列

共有されるデータが多数になるに従い、多量の検索 結果の扱いが問題となってきます。このような大量デー タを適切に扱う機能として、多数の情報を任意の基準 で整列させ、分割してデータを送り出す機能が必要に なってきます。これを実現するために、MISP に SortedBy(検索結果の整列)・PropertyIsMax(最大・最 小値検索)・maxFeatures/startPosition(データの分割取

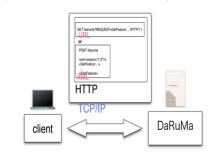


図 9 TCP/IP 経由による MISP の実装



図10 道路情報の表示例

得)の機能記述方法を追加し、DaRuMaに実装しました。

4.2.3 バックエンドデータベース切り替え機能

減災情報共有プラットフォームでは、できるだけ多様な計算機環境での動作・運用を可能にすることを目指しています。それを実現するために、DaRuMa のバックエンドで利用するデータベースを、従来の MySQL から、PostGIS など広く使われている SQL 系データベース全般に移行できるよう、改変を加えました。また、対応 OSも Windows・Linux・FreeBSD に加え MacOS をサポートし、一般に使われているほとんどの OS 上で動作可能としました。

4.2.4 共通スキーマの整備

情報共有を効果的に行うためには、基本的な情報の表現法を定めておくことが必要となります。 DaRuMa/MISPは汎用のデータベース機能を実現していますので、ほぼ任意のデータ表現を扱うことができますが、システム連携を迅速に進めるためには、共通のデータ表現を多く持つことが有効な手段となります。

道路状況の情報は、広域における災害情報共有で最も重要性が高いものになります。このため本プロジェクトでは、従来の消防庁 4 号様式の情報表現に加え、道路情報の標準的な情報項目を整理し、それに基づき XML の表現形式を設計しました。

道路の表現は、以下の3つの要素からなります。

- 道路:道路そのものをさす。緊急交通路指定情報なども含む。
- 道路区間:道路路線の一部を示す。車線数などの 情報を含む。
- 道路被害:災害における道路の被害状況を表す。

図 10 は上記形式で DaRuMa に格納された南関東の主要道路の情報を画面に表示したものです。実際の利用場面ではこれらの道路基盤情報に被災状況や渋滞状況、プローブカーによる現況情報が重畳されることになりますが、基盤形式が定められたために、今後は情報付加が容易になると考えられます。

4.2.5 時系列再現による訓練再現機能

情報共有の有用性を実感し、具体的なアクションに 結び付けていくためには、合同訓練を利用した情報共 有の体験が大事です。ただ合同訓練はスケジュールの 摺合せ等で実現困難であることも多いため、情報シス テムに再生機能を持たせるなど擬似的な合同訓練を 実現する仕組みを構築する必要があります。そこで本 プロジェクトでは、擬似的な合同連携訓練を容易に実 現するための仕組み(訓練再現機能)のプロトタイプを、 減災情報共有プラットフォームに組み込みました(図 11)。 この機能により、異なるシステム・場所で行われた災害 対応およびその訓練状況をデータベース上に時系列 で再現し、擬似的にシステム連携を実現できるようにな ります。この機能は、2010 年 12 月に静岡県立総合病 院で行ったトリアージ訓練にて動作検証を行いました。

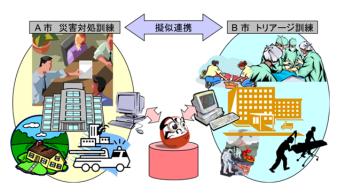


図 11 訓練再現機能

4.3 実証実験での動作検証

DaRuMaを中心とする減災情報共有プラットフォームの機能を検証するために、各種既存システムや本プロジェクト内で開発されたシステムを連携させ、情報共有の有効性を確認し、また、自治体や災害対応現場での活用の実用性を検討しました。以下では、本プロジェクトで行ったこれらの実験について述べます。

4.3.1 EMIS との連携

厚生労働省が整備している広域災害救急医療情報システム(Emergency Medical Information System: EMIS)は、災害医療・対策情報の収集・提供を行い、迅速かつ的確な救護活動の仕組み作りを支援することを目的としています。この目的をより効果的にする試みとして、本プロジェクトでは、文字主体である EMIS の情報を GIS 上に表示し、他の災害情報と統合表示することで、救援活動を支援する情報システム連携実験を行いました(図 12)。

まず、各医療機関の住所表記(テキスト)に対して Geo Coding の手法を使い、各医療機関の地図上の位置を直角座標系および緯度経度系に変換して、情報をDaRuMa上で付加します。それをもとに、地図上の医療機関の位置に、各機関の状況や能力が棒グラフやアイコンで表示されるようになります。同時に、停電情報や道路情報をまとめて地図上に表示して、各種情報を一覧することも可能になります。これにより、医療機関の被害や受け入れ容量が直感的に把握でき、外部からの救援人員に対しても容易に理解可能な形で情報提示ができると考えることが出来るようになります。本成果については、救急医療機関との共同研究により、視覚効果により状況把握が向上することが実験により示されています。

4.3.2 新潟県中越沖地震における通れた道路マップ

災害時においては、道路の利用可能状況は各救助/避難活動に影響をおよぼすため、災害時の交通情報の提供は必ず喫緊の課題となります。しかし、VICS など交通状況を捉えるための通常時用インフラは、災害によって被害を受ける可能性があり、また、土砂崩れな

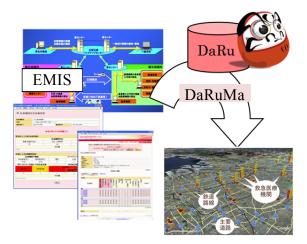


図 12 EMIS と交通・被害状況の連携



図13 中越沖地震における通れた道路マップ

ど通常時とはタイプが異なる交通障害が発生するため、 災害時のための情報提供としては十分ではない場合 が考えられます。また、VICS などの現状の ITS では国 道など主要道のみが情報提供の対象となっており、細 街路や山道など網羅的な交通情報を得ることができま せん。

一方、現在の通信カーナビでは、各車の位置情報を携帯電話や衛星回線などを用いてセンターに集約できるため、その情報を用いて車の走行可能地域を洗い出すことが可能となります。そこで本プロジェクトでは、このカーナビを搭載したプローブカーからの情報を集約して減災情報共有プラットフォームに取り込み、さらにそこから通行可能な道路を抽出するシステムを構築し、新潟県中越沖地震において通れた道路マップサービスとして一般に提供しました(図13)。提供にあたっては、(1)元データに含まれるプライバシー情報を保護するための匿名化・統計化処理、(2)車位置と道路とのマッチング、(3)走行速度の推定処理と重体検出の技術開発を行い、最終結果 DaRuMa を介して KML で出力し、GoogleEarthを用いて地図を作製しました。

4.3.3 九都県市連携のための実証デモ

情報システム連携の枠組みの有効性を示すため、各種情報システムを DaRuMa/MISP を介して接続して円滑な情報共有を実現する実証デモを行いました。このデモにおいて接続を行なったシステムは以下の通りです。

- 救急搬送システム
- 災害対応管理システム
- 延焼シミュレーションシステム
- D-NET
- 汎用災害情報ビューア

この実証デモにより、DaRuMa を核にして多種多様なシステムを様々な形で接続・連携し、既存・新規開発を問わず、多くのシステムを柔軟に統合して情報共有を実現できることを示すことができました。同時に、XMLや通信をベースとしたシステム連携は、対応コストの削減が必須であり、連携を円滑化する機能やツールの充実と、ガイドラインなどの整備が必要であることも判明しました。

4.3.4 東日本大震災での情報提供

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地 震では不幸にも非常に大きな被害が発生しました。こ の被害の拡大を少しでも軽減するため、本プロジェクト などで培った情報共有技術を活用し、被災地における 自動車交通状況を中心とした情報の統合・集約を行い、 救助活動の支援のための情報提供活動を行いました (図 14)。

提供した情報(通れたマップ)は、2007 年の中越沖地震で提供した通れた道路マップの延長にあり、プローブカー情報に加え、この震災で問題となったガソリンスタンドの情報や、自治体から提供されている通行止め情報を集約した(図 15)。本情報提供は震災後 3 日目の3月14日より提供を開始し、救助活動が一段落する6月末まで続けました。提供された情報は、九州など遠方からの救助隊や、現地の被災者の方々などに活用され、情報の集約の有効性が示されました。

5. 広域連携システムのための汎用災害情報ビューアの横築

5.1 マルチマウス・仮想画面共有システム「天窓」

現在、計算機が複数存在し、かつネットワーク接続されている環境は珍しくありません。そこでディスプレイを多数統合することで大きな領域を実現するとともに、遠隔地で同じ画面を供用しつつ、その共有画面で複数箇所からの入力を可能にする基盤システムが「天窓」です。ネットワーク経由でディスプレイにアクセスするソフトウェアさえあれば、ハードウェアを買い足す必要もなく、1台のPCから複数のディスプレイを制御できます。また統合ディスプレイ環境を実現するのに「覗き窓方式」を採用しています。この方式では、大型ディスプレイが必要な計算機には、必要なだけの大きさの仮想画面領域を用意して、各々の覗き窓がその領域の一部を覗きます。覗いている部分の少しずつ異なる覗き窓を並べると大型画面ができあがります(図 16)。



図 14 通れたマップ統合システム

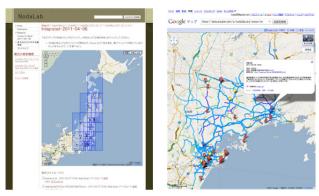


図 15 通れたマップ

5.2 広域連携システムの汎用災害情報ビューア 「CountryMaam」

CountryMaam は「天窓」の上に構築された災害対策本部システムのプロトタイプです。広域連携をしている自治体等の機関のいずれかに広域地図を表す仮想画面を保持しているサーバを設置することにより、ネットワーク接続している様々な機関が、必要な範囲の地図を自由に見ることができます。自治体の枠をオーバーラップして見ることもできるので、隣接自治体等との連携も容易になります。CountryMaam は減災情報共有プロトコル(MISP)を用いて、減災情報共有データベース(DaRuMa)と接続されていますので、現場隊員や各種関係機関との連携を図れるようになっています。

これまで本プロジェクトで開発された種々のデータベースやシステムとの連携を DaRuMa および MISP を経由して行いました。具体的には下記のとおりです。

- 災害救援航空機情報の表示
- 道路情報や道路被害データの表示
- 病院情報(空きベッド数など)の表示
- 救急車の表示・移動
- 発火点情報に基づく延焼シミュレーションの表示
- 避難勧告発令地域の表示

図 17 は連携事例として被災地の発火点、延焼地域と推定される通行不能道路および横浜市鶴見区ならび



図 16「天窓」を用いた大型画面

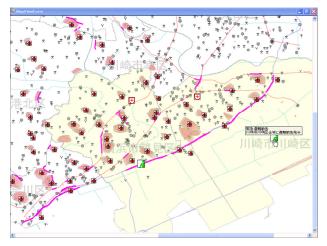


図 17 CountryMaam による表示例

に川崎市川崎区に避難勧告が発令されている状況を 表示したものです。

本システムはソフトウェア開発の最新技法を活用して 開発することで、技術的な可能性を示すことができたと ともに、運用に持ち込めるよう高い柔軟性と拡張性を持 たせることができました。

6. 広域連携体制の構築とその効果の検証

6.1 情報連携デモンストレーションの実施

6.1.1 概要

本研究では、首都直下地震において組織横断的な情報共有環境が求められる災害対応状況を設定し、これまでに紹介した防災アプリケーションと情報共有データベース(以下、情報システム)のデモンストレーションを行うことで、情報システムが技術的には利用可能であることを実務者に示し、実務者から所属組織にあるシステムの連携の可能性と、システム導入および運用の課題を抽出することを企図しています。

デモンストレーションで取り扱うテーマとして、首都直下地震初動期において大変重要なテーマである、「同時多発火災」と「救急搬送」の2つを選定しました。デ

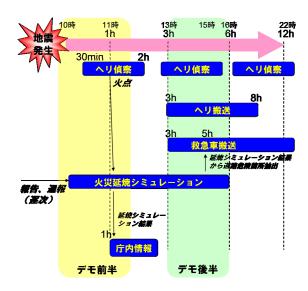


図 18 デモンストレーションの時間フェーズ

モンストレーションの具体的なシナリオを構築するに際しては、国が定めた首都直下地震応急対策活動要領や自治体の地域防災計画等の既存計画を調査するとともに、関係組織にヒアリングを行い、首都直下地震時における同テーマへの対処計画や現行システムを調査した上で、組織横断的な情報共有が有効となるようなシナリオについて検討しました。

なお、デモンストレーションを実施する際には、地震後の時間経過の中で、シナリオを前半と後半で分け、個々のシステムを説明するというよりは、シナリオの中で特定の場面を示しながらシステムを活用した意思決定や対応状況をデモンストレーションすることとし、より実際的な活用状況を理解してもらえるよう努めました(図18)。

6.1.2 デモンストレーションの実施と実務者からの意見

デモンストレーションは1回目を2009年12月18日有明の丘基幹的広域防災拠点にて第19回八都県市首都直下地震対策研究協議会参加者を対象として、2回目を2010年3月25日横浜市危機管理室にて横浜市安全管理局、川崎市危機管理室、川崎市消防局、神奈川県安全防災局の消防・防災職員21名を対象として実施しました。デモンストレーションでは、プロジェクターを2台使用し、災害の発生状況を説明した上で、誰がどのような場面で使用するのかを、災害対応業務の内容を踏まえてシステム連携の実演を行いました。デモンストレーション後には、意見交換会とアンケートの実施により、実務者から所属組織にあるシステムの連携の可能性と、システム導入および運用の課題を抽出しました。

意見交換会の内容やアンケートから得られた実務者からの意見を整理して構造化した結果、大きく「システム導入の可能性」と「運用上の課題」の2種類の意見を得られました。

「システム導入の可能性」については、開発したシステムやアプリケーションを、実際に活用する場面を説明した上で実演したこともあり、否定的な意見はほとんどありませんでした。また広域連携に必要となる情報が提案されただけでなく、平時でも活用したいとの意見が上がりました。

一方で「運用上の課題」としては、いくつかの障害が 存在することがわかりました。「情報システムの位置づけ」 としてそもそも情報システムとはどのような範囲まで情報 を取り扱うのか定義する必要があることと、情報を共有 してからどのように対策に結びつけることが挙げられま した。「情報入力の負担」として、システムが整備されて も限られた人的資源の中で誰がどのように入力するか が課題であることがわかりました。また、情報活用の法 的制限として特に個人情報保護に注目すべきであるこ とがわかりました。「情報活用の法的課題」としては、情 報の共有が実現した上で、個人情報保護以外の利用 に関する法的課題や情報の信頼性が損なわれたとき の責任問題、組織間の情報共有よりまず組織内の情 報共有が課題であることもわかりました。「財政負担」と して、システムの導入および保守に係る費用も課題とし て挙がりました。また「データ更新」は、一度構築された システムに保存されているデータと日々更新されている データとの同期をどのようにとるかを示しています。

以上から、災害時の防災機関間情報共有については、筆者らが開発した防災アプリケーションならびに情報共有データベースにより、技術的な側面での課題は概ね解決されているものの、実際に導入するに当たっては運用上での課題が大きな障害となることがわかりました。

6.2 課題解決ワークショップの実施

6.2.1 概要

本研究では、前節の結果を踏まえて、具体的な業務として認識することで、地域防災計画に記載されている業務の課題や情報システムの導入について検討する課題ワークショップを実施しました。対象は神奈川県下の4県市の防災担当職員を対象としています。テーマは、「物資配送計画と調達計画」としました。具体的には、近年の災害で課題となっている避難所ニーズのリアルタイムな把握と必要な応援物資の受援を効率的に実施することを目的としたものです。従って、より良い物資調達・配送計画を議論するためには、区であれば各避難所のニーズを、市であれば各区のニーズを、県であれば各市のニーズをそれぞれできるだけ迅速に把握しなければなりません。

想定する災害は、中央防災会議首都直下地震対策 専門調査会で示された、川崎直下地震(M6.9)としました。この地震では、避難者数はピーク時で 41 万人 (2,700 人/避難所)、避難所数 150 とされており、避難 所のキャパシティを越える避難者が想定されています。

ワークショップでは、災害直後の初動期ではなく、地 震発生から1週間程度経過して、停電や通信途絶・輻 輳は既に解消されていることを前提としました。川崎市 は川崎区、幸区、中原区、横浜市は鶴見区を中心に 避難者が多数避難所に避難しており、避難所では毎 日避難者名簿を作成している状況を想定します。

6.2.2 第1回ワークショップの実施と実務者からの意見

第1回目のワークショップは2011年9月5日に川崎市危機管理室で実施しました。目的は主に問題認識の共有として、既に実施した各県・市へのヒアリング調査結果と仙台市・宮城県へのヒアリング調査結果を報告し、現行の計画の問題点や東日本大震災で課題となった事項を踏まえて、首都圏における広域的な情報共有環境構築に向けて自由討議を行いました。討議の結果、以下の3点が確認されました。

- 区は各避難所から、市は各区から、県は市から、国は県からの要請の結果に基づいてしか、支援の判断を行うことはできません。そのため、現行のやり方では、必要なときに必要な物資が届かない需給ギャップが発生します。
- 川崎直下地震により臨海部が被害を受けた場合には、神奈川県内には物資の拠点となるような保管場所が非常に限定されます。このような場合、自治体の枠を越えた支援態勢が不可欠です。
- 九都県市など広域的な物資の調達・配送を行う支援態勢を構築するに際しては、避難者数や物資ニーズなどを広域的に情報共有する環境が必要です。

6.2.3 第2回ワークショップの実施と実務者からの意見

第2回ワークショップは2011年10月20日に川崎市 危機管理室で実施しました。ここでは第1回ワークショ ップで確認された広域的な情報共有環境のプロトタイ プを、実際に避難所運営を行う避難所、各避難所の避 難状況を把握する区災害対策本部、各区の避難状況 を把握する市災害対策本部、さらに市町村の避難状 況を把握する県災害対策本部、それぞれの立場からシ ステムにログインして、災害対応業務を行う仮想下でシ ステム操作をしながら、ワークショップを行いました(図 19)。



図 19 災害対応管理システムを使った実演と防災担当者に よるシステムの操作(避難所、区、市、県の各立場か ら操作)

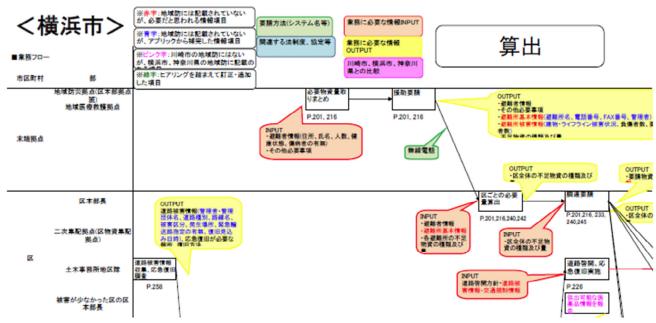


図 20 業務フロー図の一部

	部署	業務項目	ページ		避難	各情報	ž		物	資情報	
	情報項目			避難	者数	負傷 傷児者		不足	物資の ・量	要請 物資種 類・量	各区へ の物質 分配量
	情報種別			末端	区	末端	区	末端	区		
末端	避難所	必要量取りまとめ	94,149			in					
端	发生关张171	援助要請	94,149	out		out		out			
	区本部長	道路被害情報収集	139								
区		道路被害情報報告	資-17								
×	区役所	物資収集·保管	182								
		各避難所へ物資配送	182								
_		道路被害、交通規制情報集約	資-17								
		各物資の必要量算出	170	in		in		in		out	out
	災対本部	売り渡し要請	170,171							in/out	
	火对本部	輸送要請	170,182							in/out	in/out
		道路啓開要請									
市		他自治体への援助要請	114,167,182							in/out	
Ш	総務部	輸送支援要請	170,182							in/out	in/out
	45-435 pp	輸送支援	182								in
	市民部	生活必需品売り渡し要請	171							out	
	建設局	道路啓開実施	139								
	建設局	道路情報提供									
	集積拠点	市外の救援物資を保管	182								

図 21 情報伝達マトリクスの一部

システムを使った実演では、「事前の説明ではイメー ジがわかなかったが、システムを使っての説明で業務 のイメージがわかった」、「各避難所の収容可能人数は 地域防災計画で決まっている。あらかじめその人数を システムに入力しておき、現在の収容人数と差分を取 ることで受け入れ可能人数を算出できる。」、「都県市の 枠組みで川崎市と鶴見区で協定結んでいるが、具体 的な対応には結び付いていない。このようなシステムで 情報共有できれば速やかな移動や誘導など対応し易 いのではないか。」といった、システム操作を通して業務 内容の理解とイメージが深まり、具体的な避難所の運 営管理や広域的な市同士の連携について議論が及び ました。また、ワークショップ後に参加者に対して実施し たアンケート結果からは、災害シナリオ、設定したワーク ショップの課題、課題解決の方向性の全てについて、 妥当であったとの評価を得るとともに、具体的な防災計 画の見直しや、広域的な情報共有の必要性の気付き を得たとの回答をいただきました。

7. 情報共有ガイドラインの作成

7.1 情報共有化を阻害する課題の分析と構造化

本研究では、これまでの成果を踏まえて、情報共有 化を阻害する課題を分析・構造化してから、広域的情 報共有に基づいた連携体制の構築に必要となる情報 共有ルールを取りまとめた情報共有ガイドラインを作成 しました。

7.2 情報共有化を阻害する課題の分析と構造化

本研究では、はじめに、神奈川県、横浜市、川崎市を対象とし、各自治体の地域防災計画に基づいた「業務フロー図と情報伝達マトリクスを作成しました。

業務フロー図は、業務の流れと関係部局との関連、 および各業務において発生する情報のやりとりを把握 するために作成しました。今回は神奈川県、横浜市、 川崎市の各地域防災計画をもとに作成しています。図 20 は物資の調達・配送業務の一部を抜粋したもので す。

情報伝達マトリクスは各業務に発生する情報のやりとりを情報の入力者と利用者、および情報の内容の視点から整理するために作成しました。図 21 は地域防災計画と業務フロー図をもとに作成した物資の調達・配送業務の情報マトリクスの一部を抜粋したものです。

これらを踏まえ 2011 年度は上述の検討会から東日本大震災で実際に対応にあたった上での課題を整理しました。表 1 と表 2 は物資に関する課題を構造化した事例であり、被災地内と被災地外の対応で区別し、広

表 1 被災地内における物資に関する課題の構造(一部)

				対応
		算出 (ニーズ把握)	要請	物資仕分け・保管
	宮城県	・発災所の場合では、 ・発災所のと、 ・で、 ・で、 ・で、 ・で、 ・で、 ・で、 ・で、 ・で	・震災前業者のは協力を結在 でいた通い。 を発達した。 でで、一般では、 でで、一般では、 でで、一般では、 でで、一般では、 でで、一般で、 でで、一般で、 でで、一般で、 でで、 でいたが、 でで、 でいたが、 でで、 では、 では、 でいたが、 では、 では、 では、 では、 では、 では、 では、 では	・当初は、いまない。 ・当初は、いまない。 ・当初は、いまない。 ・当初は、いまない。 ・当初は、いまない。 ・できまでながオーパーで、 ・でのでは、 ・でのでは、 ・でものでは、 ・でもなのでは、 ・でもない。 ・でもないで、 ・でもない。 ・でもいる。 ・でもいる。 ・でもいる。 ・では、 ・でもいる。 ・でもいる。 ・でもいる。 ・がでする。 ・では、 ・でもいる。 ・でもいる。 ・では、 ・でもいる。 ・でもいる。 ・でもいる。 ・・では、 ・・でもいる。 ・・では、 ・・でもいる。 ・・では、 ・・でもいる。 ・・でもいる。 ・・でもいる。 ・・でもいる。 ・・でもいる。 ・・でもいる。 ・・でもいる。 ・・でして、 ・・でして、 ・・でして、 ・・でして、 ・でして、 ・でし、 ・でして、 ・でして、 ・でして、 ・でして、 ・でして、 ・でして、 ・でして、 ・でし、 ・でして
受援側	仙台市	・避難所には物資要求リストを作成してもらい、自衛隊が物資をとどけにきたときにリストを渡してもらった。その段階握でようやくニーズが把握できるようになった。・配送が必要な避難者所とその避難業計し、企画局がまとめ、そのリストを経済局が受け取って、	・HP等を通したが、来たいでは、またいではないでは、またいではないではないではな	・当初を ・当初を ・当初を ・当初を ・当初を ・留を地では ・留を地では ・留を地では ・留を地では ・の館はいいは ・日のでまりいあった。 ・13日にありまるは ・13日にかがまる ・13日にかのとにかがまる ・13日にかのでも ・14時のでも ・14時のでも ・14時のでも ・14時のでも ・14時のでも ・14時のでも ・15年のでも ・16年のでも ・17

表 2 被災地外における物資に関する課題の構造(一部)

				対応
			要請	物資仕分け・保管
	神奈川県	一般論としては、応援要請は具体的な中身がないと対応できない。	支援については全国 知事会や省庁等、いる んなところから要請が 来た。どれにどのよう に対応したらよいか混 乱したところがある。 含め、統制取れたもの ではなかった。	・いつまで在庫を管理 しておけばよいかが不 確定。
	横浜市	・被災地へはHPIに掲載された不足物質の情報を見たうえで電話で問い合わせた。 ・災害時に設置される(本来は横浜市内の物質関係を取りまとめる)物質・一人が被災地のニーズ把握を行なった。		・いつまで在庫を管理しておけばよいかが不確定。
支援側	川崎市	・県にどういう物資が 必要か照会したが情報 が止まってしまってい た。そこで、被災自治 体に一通り問合せをか けた。 ・被災した県からは神 奈川県経由で情報が 来ることになっていた が、照会は来るもの	要請としては「20大都市協定に基づく仙台市からの依頼」、「9都県市協定に基づく千葉県の依頼」、「単独協定に基づく花巻市」、「国・リー市というルートでの宮城、茨城県への応援要請」、「福島市からの援助依頼」。	・いつまで在庫を管理 しておけばよいかが不 確定。

域応援体制のために応援する側と応援を受ける側の両面から課題を整理したものです。これは横軸に、「ニーズ把握・要請・仕分・搬送・供給等の各業務における課題、連携体制全体に関する課題、情報共有を阻害する課題、その他個別課題」を取り、縦軸に「モデル地域」を取ったものです。例えば、被災地内における課題では、宮城県の連携体制全体に関する課題に関しては、「仙台市(政令市)との関係で、周辺市町村への支援が重複、政府調達は要望してもタイムラグが発生」等の課題が整理されました。一方で、被災地外に関する事例としては、神奈川県の要請において、「支援については全国知事会や省庁等、いろんなところから要請が来た。どれにどのように対応したらよいか混乱したところがある。国含め、統制取れたものではなかった。」等、他組織との要請方法の共有に関する課題が整理されました。

7.3 広域連携に資する災害情報の共有ルールの構築

広域的情報共有に基づいた連携体制を構築するに あたって、構造化された情報共有化の阻害要因を踏ま えて、必要となる災害情報の体系化と広域連携を実現 する上での共有ルールをまとめました。まず、構造化さ れた情報共有化の課題を踏まえて、「あるべき姿」を描 き、次に、これを実現するために必要となる災害情報を 体系化し、共有ルールとして整理しました。

図22は、上述の構造化された課題を踏まえ、検討会においてニーズに応じた物資配送と調達計画について「あるべき姿」を描いたものです。これは、各避難所の避難者数の把握、物資の在庫状況の把握、物資の提供等の各業務の流れを示したものです。この「あるべき姿」を実現するために必要となる災害情報の体系化と広域連携を実現する上での共有ルールをまとめました(表3)。これは、横軸に、「情報カテゴリ・共有情報細目・現状の情報の流れ・新たな情報共有先・現状の課題・実現する内容・実現するための方向性」を取り、縦軸に、「避難者情報・物資要請情報(物資の種類・量)・物資

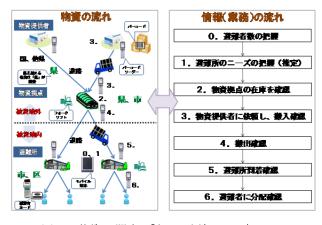


図 22 物資に関する「あるべき姿」の一案

表3 物資の調達・配送に関する情報共有ガイドライン (一部)

共有情報細目	現状の情報の流れ	新たな情報共有先	現状の課題	実現する内容
避難者数	避難所→区→市→ 県	他避難所	避難者数を迅速に集計、共有する方法 がない。	避難所同士の避難者の移動・融通
	要 避難所一区→市	県	発災直後は市町村が避難所のニーズ を吸い取るという機能が働いていな かったので、情報のしわ寄せが県に。	市災対本部が機能を失っているとき に県が対応可能になる。また、避難 所レベルで物資が充足されているか 県が把握できる。
避難所による物資要 請		物資提供者	 各避難所に、誰が何を提供しているかがリアルタイムで把握できない。 「他自治体からの支援の手を誰がコントロールするのかが定まっていない」 	物資提供業者側で避難所のニーズ をまとめ、提供する物資・場所を調整。市、県を通さずにダイレクトに物 資搬送
		物資輸送者	通信が途絶した場合、市が避難所の ニーズを集めるのが困難	通信途絶時、避難所と区(市)の連絡 媒体に。
	区→市	他区	区と物資要請情報を共有できないの で、区同士での物資の共有ができな	区同士の物資の融通
		県	市本部が被災又は壊滅した地域では、 県に要請が殺到。	市災対本部が被災した場合に県が 対応可能
区による物資要請		物資提供者	市本部が被災又は壊滅した地域では、 県に要請が殺到。	市災対本部や県災対本部と連絡が つかないときに、直接物資提供者と 連絡を取り、物資を提供してもらう。 その上で、各区へダイレクトに物資 配送。
		物資輸送者	通信が途絶した場合、市が区のニーズ を集めるのが困難	通信途絶時、区と市の連絡媒体に。
市による物資要請	市一県、物資提供者	物資輸送者	・需要とのミスマッチ ・要請と物資到着のタイムラグにより、 到着時には物資が不要になるケース。	避難者数から必要物資の推計により要請を待つことなく必要な物資を 提供できるようにする。
		市	ネームバリューの高い都市(例えば仙 台)においてはむしろ物資が溢れる状況 発生。物資の再配分機能(物資が余っ ているところと足りないところの均し)	市間の物資の融通、再配分が可能
県による物資要請	県→物資提供者	物資輸送者	- 需要とのミスマッチ ・要請と物資到着のタイムラグにより、 到着時には物資が不要になるケース。 ・(物資提供側は全国知事会や名庁 第、いろんなところから更請があり、混 乱(他自治体からの支援の手を誰が ントロールするのかが定まっていな い。)	避難者数から必要物資の推計により要請を得つことなく必要な物資を 提供できるようにする。

在庫情報・輸送関連情報・道路交通情報」の情報カテゴリを取ったものです。この整理方法により、新たな情報共有先を把握し、情報共有する際の課題と解決の方向性も理解できます。

7.4 情報システム設計ガイドライン策定と標準化7.4.1 情報システム設計ガイドライン

本研究の成果と、東日本大震災における東北地方および関東地方の自治体に対するヒアリング結果をもとに、災害時の広域連携のための情報システムの設計および運用に関するガイドラインとして災害情報システム設計ガイドラインを策定しました(表 4)。

7.4.2 国際標準化との連携

現在、災害情報の基礎となる位置情報や地理情報については、Open Geospatial Consotium (OGC) やObject Management Group (OMG) においてさまざまな側面から標準化が進められています。本プロジェクトではこのなかで、センシングやロボットの技術などへの応用を目指して位置情報の標準化活動を行なっているOMG の技術委員会に参加し、その動向などを調査すると当時に、プロジェクトで用いているMISPとの整合性を保つ形で、標準化に働きかけを行いました。

OMG ではユビキタスセンシングやロボットによる自動情報収集における位置・地図情報の取り扱い方の標準化を進めてきています。この標準化は2009年に正式採用され、その後も引き続き改定作業が進められています。本標準には、プロジェクトで開発を進めている減災情報共有データベースのプロトコルである MISP で

採用している検索概念を採用しており、本プロジェクトのプラットフォームを比較的容易に標準に準拠させられるようになっています。

表 4 災害情報システム設計ガイドライン(案)

災害情報システム設計ガイドライン(案)

1. 災害情報システムは、各種データの入出力を、端末からの入力・表示だけでなく、CSV や XML 等の計算機処理に適した形式のファイル入出力あるいはMISP等のWebサービスプロトコルとしても用意しておくべきである。また、災害情報を公開する場合にも、PDF等の人向け情報公開と並行して、計算機処理向けデータ提供を行うべきである。

2. 災害情報システムは機能別に切り分けて独立して 運用できるよう、モジュール化を行うべきである。災 害の様相は多様で必要とされる機能の組み合わせを 事前に網羅しておくことは困難であるため、機能単位 での動作とそれを事後にデータ仲介で連携させるこ とを前提としたシステム設計を行っておくことが望 ましい。

3. 広域連携・相互支援を充実させるためには、国・県・市といった縦のラインでの情報伝達だけでなく、自治体相互やボランティア・事業者との横の連携を重視した情報システム設計を行うべきである。たとえば支援物資の要求・調達では、オークションシステムのような相対支援マッチングシステムを有効活用すべきであり、それを前提とした支援物資情報管理システムを構築すべきである。

4. 防災業務およびそのための情報システムの運用単位は、平時の行政階層にこだわらず、適切な規模で設計すべきである。事前に定型化が難しい防災業務では適切な人員配置ができる規模が被害の大小で大きく異なる。このため、業務の単位を臨機応変に変更できる必要がある。これに伴い情報システムも、平時の行政界に依存しない形で運用できる設計が望ましい。

また、この標準の形式は汎用性が高いものであるため、単なる位置情報以外に、個人特定情報など情報サービスにも適用が可能であるという議論が進められており、広く災害情報や安全情報への応用が広がると予想されます。

8. まとめ

本研究では、広域連携に必要不可欠な情報共有基盤として、事前から復旧・復興過程までの防災対策に活用可能な情報共有プラットフォームを構築した上で、広域連携による応援体制と広域的危機管理・減災対策を実現するための課題を抽出し、その解決策をまとめました。

「広域連携のための情報コンテンツの構築」では、効果的な災害対応において共有すべきコンテンツとして防災アプリケーションと情報共有データベースを開発/改良するとともに、地震火災への円滑な対応のための支援情報について検討しました。「広域連携のための情報システム連携や枠組みの構築」では、減災情報共有データベース"DaRuMa"をベースに、必要とされる機能の拡張を図り、情報共有環境を構築しました。「広域連携システムのための汎用災害情報ビューアの構築」

では、開発された広域連携システムの普及のための安価な災害情報ビューア CountryMaam を開発しました。そして、「広域連携体制の構築とその効果の検証」で、上記3つの研究成果を集約し、災害情報を共有して広域連携体制が構築できた場合の効果を実務者にわかりやすく示して、そのような体制を構築するための技術的・制度的な課題の抽出と課題解決のために情報連携ワークショップと課題解決ワークショップを行うとともに、広域連携に資する情報共有に関するルールとして情報共有ガイドラインと情報システム設計ガイドラインを検討しました。

繰り返しになりますが、首都圏の自治体は近年大災 害を経験していないため、自分たちで現行の防災体制 や防災計画の不備、不十分な箇所を検証し、改善する ことは決して容易なことではありません。特に組織間連 携が求められる広域的情報共有課題については、責 任主体が明確でないこともあって、対策の具体化が遅 れているのが現状です。ここでお示しした情報共有環 境の整備や課題解決ワークショップ手法は、具体的な 問題解決のための必要なステップであると私たちは考 えています。

III-3 相互に連関したライフラインの復旧最適化に関する研究

山崎文雄(千葉大学)

1. 研究の目的

首都圏には重要インフラや社会機能が一極集中し、 首都直下地震時の連鎖的被害波及と都市機能マヒが 大きな懸念材料となっている。その被害軽減を図るに は、ライフライン相互連関および社会機能の相互依存 性に起因する被害波及構造を解明し、都市機能の防 護戦略と早期復旧戦略を確立することが必要である。 本研究テーマでは、被害波及と復旧過程を記述・解析 するモデルを構築して都市機能の防護戦略を策定し、 安全で迅速な機能過程の実現と地域防災力の向上を 図ることを目的とする。具体的には、「広域連携」、「復 旧調整」、「自律分散」という相互補完的な対策軸にお ける被害軽減戦略を提案し、社会的インパクトを最小 化することを目的としている。

本研究は、以下のテーマについて 5 機関が分担し、 実施した。

- ① ライフライン施設被害の相関性と復旧過程の実態 解明 千葉大学 山崎文雄、丸山喜久
- ② ライフライン被害波及モデルと解析法の開発 岐阜大学 能島暢呂、久世益充
- ③ 交通インフラ網等の復旧を基点とした広域連携による復旧効率化に関する検討 筑波大学 庄司 学
- ④ 自律分散型拠点構築による地域防災力向上 横浜国立大学 佐土原 聡、吉田 聡、稲垣景子、古 屋貴司、岡西 靖
- ⑤ ライフラインの復旧最適化による企業の事業継続性向上に関する検討 鹿島技術研究所 永田 茂

研究の全体構成と個別テーマ間の関係を図 1 に示す。研究全体は、「実態把握」、「モデル化と対策」、「シ

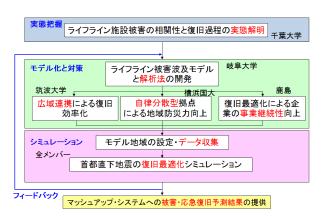


図1 相互に連関したライフラインの復旧最適化に関する研究の構成とフロー

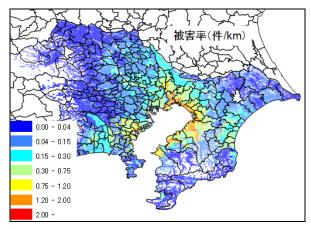


図2 東京湾北部地震における上水道管の被害率

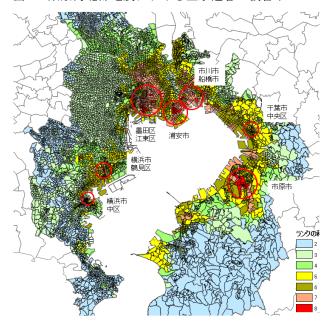


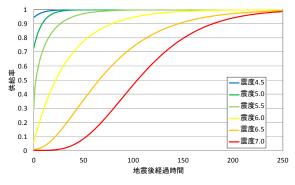
図3 木造建物全壊率と上水道被害率の相対評価

ミュレーション」の3つの大項目からなり、本年度の研究事業は、いずれのテーマも「シミュレーション」に分類される。

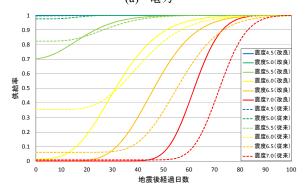
2. 研究成果の概要

2.1 ライフライン施設被害の相関性と復旧過程の実 態解明

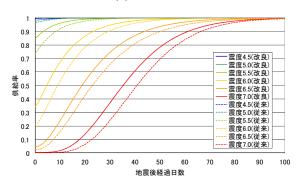
この研究では、近年の上水道管(配水管)の地震被害データと観測された地震波形を用いて、配水管の被害関数を提案した。さらに、この被害関数を用いて、東京湾北部地震が発生した場合の上水道管の被害予測を、1都3県について一括に統一された手法で予測し







(b) 都市ガス



(c) 上水道

図 4 所与の計測震度に対する供給率曲線の予測

た。なお、この際には、1都3県の地震被害想定に用いられている都市基盤データ(250m メッシュ)を使用した。

1都3県について広域かつ一括で被害想定を行うと、 都県境を超えて相対的に被害量を比較することができ、 広域連携や復旧調整の戦略を立てるのに有益と考え られる。図2に、東京湾北部地震の際の1都3県で予 測される上水道管の被害率を示す。震度6弱以上の揺 れが予測されている東京湾側の地域で被害件数が多 く推定されており、震度6強が予測されている東京都東 部低地よりも千葉県などの東京湾側地域が大きくなっ ている。水道統計を用いた都道府県別の上水道管管 種延長の分析結果によると、千葉県は地震に弱い石綿

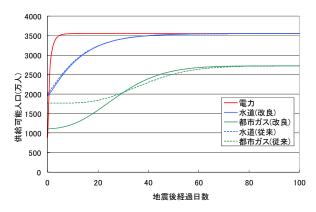


図5 東京湾北部地震で推定されるライフラインの供 給可能人口

セメント管 (ACP)の残存距離が全国一であり、比較的 地震に強いダクタイル鋳鉄管 (DIP)の敷設割合が小さ い。また東京都では、配水管にはDIPが主として使用さ れていることが明らかとなっている。このような敷設され ている管種の割合の違いが主として影響して、強い揺 れが予測されている東京都よりも千葉県の方が水道管 被害率が高く予測されていると考えられる。

図3に、木造建物の全壊率と上水道管の被害率がともに相対的に高かった地域を示す。ここで、木造建物のデータは1都3県の地震被害想定に用いられている都市基盤データ(250mメッシュ)であり、1都3県を統一された被害関数で、一括に被害予測を行った。木造建物と上水道管の被害程度がともに高いと想定される地域は、神奈川県横浜市中区、鶴見区、東京都墨田区、江東区、千葉県浦安市、市川市、船橋市、千葉市中央区、市原市などの一部の町丁目であり、東京湾沿いの一部地域で地震被害が複合的に作用するものと予測された。これらの地域では、倒壊した住宅による道路閉塞が発生し、ライフラインの復旧に支障が生じる可能性があるため、東京湾北部地震が発生した際には相対的に迅速な緊急対応が望まれる地域であると考えられる。

2.2 ライフライン被害波及モデルと解析法の開発

この研究では、兵庫県南部地震における被災事例に基づき構築されたライフライン被害・復旧過程の分析モデルを地域固有のライフライン脆弱性を考慮できるように改善し、さらに、ハード面での対策効果を反映できるように改良した。また、この結果を用いて、東京湾北部地震を対象とした復旧シミュレーションを行った。

ライフライン被害・復旧過程の分析モデルの改良については、ライフライン施設の脆弱性やライフライン事業者の地震防災対策の効果を考慮できるようにした。電力供給システムについては、特筆すべき事項はなかったため変更なしとした。都市ガス供給システムについ

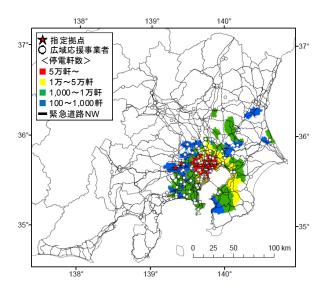


図 6 指定拠点及び広域応援事業者の分布(電力)と 停電件数

ては、自動供給遮断装置が作動する SI 値に基づく機能的フラジリティ関数を採用するとともに、初動体制確立の面での改善を反映して復旧曲線の立ち上がりを早期化してモデルを改良した。上水道システムについては、兵庫県南部地震の被災地域における水道事業者の配水管の脆弱性と予測対象地域の脆弱性との違いを考慮して、脆弱性指数に基づく改良を行う方法を示した。図 4 に、電力、ガス、上水道(東京都)の供給率曲線を示す。東京湾北部地震における震度暴露人口を考慮し、図 4 を適用して 1 都 3 県の供給可能人口を推定した。結果を図 5 に示した。

2.3 交通インフラ網等の復旧を基点とした広域連携 による復旧効率化に関する検討

この研究は、道路交通インフラ網の中でも広域連携に直結し、インターシティ間の道路交通を担う一般国道クラスの道路網を対象に絞り、緊急交通路並びに緊急輸送路としての機能支障が電力、ガス、上水、下水、通信等の各種ライフラインの復旧遅延に与える影響を明らかにした。さらに、その具体的な影響の低減を目指した広域連携・復旧効率化案を検討した。

シナリオ地震として、東京湾北部地震を想定する。緊急道路ネットワークの発災後の機能を評価する際には、物理的被害に伴う道路機能の低下及び渋滞等に伴う通行支障(交通支障と定義)を考慮する必要がある。ここでは、物理的被害に伴う道路機能の低下を測る指標として震度に曝露された道路延長距離(震度曝露距離 d_{SI})及び液状化危険度に曝された道路延長距離(PL値曝露距離 d_{PL})を、道路渋滞の可能性を測る指標として混雑度重み付距離 d_c を、そして所要時間を測る目安として混雑時平均所要時間 t_c をそれぞれ用いる。

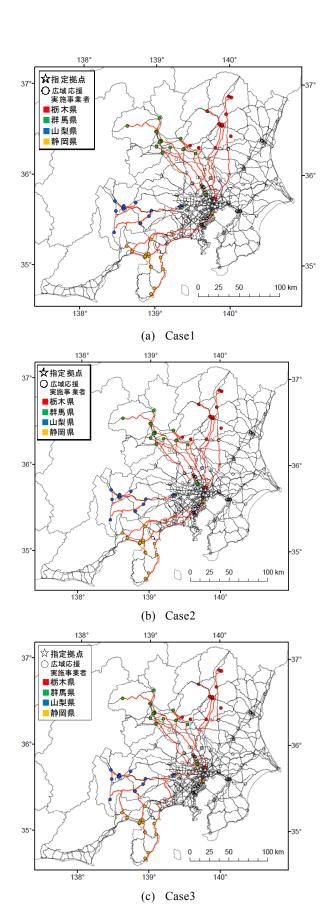


図7 各ケースにおいて選択された経路(電力)

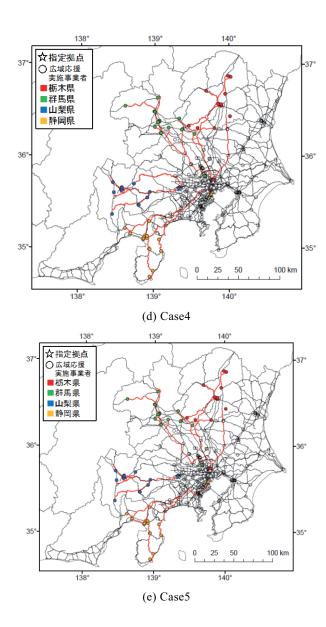


図7 各ケースにおいて選択された経路(電力)

広域応援実施拠点から指定拠点までの経路を選択する際には、実距離に加え、上記の 4 つの指標を各リンクの移動コストとし、広域応援実施拠点から指定拠点までの移動コストの総和が最小となる最短経路を探索する。実距離を移動コストとしたケース(Case1)では移動距離の総和が最小となる経路が選択される。次に震度曝露距離を移動コストとしたケース(Case2)及び PL値曝露距離を移動コストとしたケース(Case3)ではそれぞれ地震動又は液状化による物理的被害の可能性が最も低い経路が選択される。これらは震後の移動経路として想定しており、地震ハザードの高い地域を迂回するような経路となる。さらに混雑時重み付距離を移動コストとしたケース(Case4)及び混雑時平均所要時間を移動コストとしたケース(Case5)では、混雑の可能性が比較的低い経路及び所要時間が最短となる経路がそ

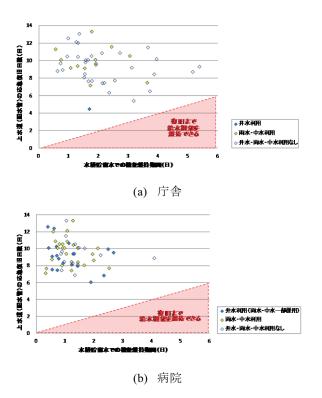


図 8 水槽貯留水での機能維持期間と上水道(配水管)応急復旧日数

れぞれ選択される。

電力の応急復旧活動の場合について考えると、東京 電力の施設の中で、東京都地域防災計画において緊 急輸送ネットワークの指定拠点として選定されている施 設は、本・支店、資材置場等の計 18 箇所ある。また、 東京電力の防災業務計画に従って、東京湾北部地震 の際に広域応援が実施可能な施設は66箇所であった (図6)。図7に、各ケースで推定される最短経路を示す。 Case1及びCase2では応援先となる指定拠点によって、 東京都外において選択される緊急道路ネットワークの 経路が複数存在するが、Case3 から Case5 にかけては 指定拠点の所在地に関わらず、とくに東京都内で選択 されるルートが共通していることが分かる。これは、広域 応援実施事業者が位置する各地域において、液状化 の危険性が比較的高い経路や交通量の多い経路が存 在することを示している。また、復旧人員の指定拠点へ の参集に要する時間が最も早い地域は移動距離の短 い山梨方面であり、2.5 時間~4.5 時間となる。次に参 集の早い地域は栃木方面で 2.5 時間~5.0 時間であっ た。反対に参集までに時間がかかる地域は静岡方面で あり、4.5 時間~6.5 時間となった。さらに、経路ごとの特 徴を見ると、震度曝露及び混雑度の程度に関しては静 岡方面が、液状化の観点からは静岡方面及び栃木方 面がやや危険であると言える。また混雑度の面からは 群馬方面及び栃木方面が非効率であった。

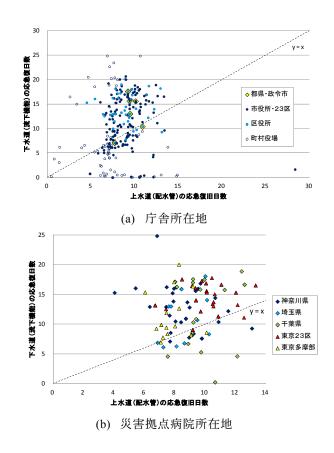


図9 上下水道の復旧日数

2.4 自律分散型拠点構築による地域防災力向上

この研究は、地方公共団体の災害対策本部が設置される庁舎と災害拠点病院を重要拠点と位置付け、自律可能性の実態把握を行った。1 都 3 県(東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県)に立地する当該施設(都県庁舎、政令市庁舎、東京 23 区および政令市の区役所庁舎、災害拠点病院)に対し、平成 19 年度より建物設備やエネルギー・水消費量等に関するアンケート調査を継続してきた。さらに、この結果とライフライン施設被害と被害波及モデル、広域連携による復旧効率化の検討結果に基づく拠点の自律の必要性とあわせて分析した。

東京湾北部地震の際の庁舎と病院の上水用水槽貯留水での給水機能維持期間と、各所在地の上水道(配水管)の応急復旧日数との関係を図 8 に示す。給水機能維持期間は、各施設の受水槽と中間・高置水槽の容量を、当該施設の年間水消費量で除して算出した。上水道(配水管)の応急復旧日数は、ライフライン施設被害(2.1)と被害波及モデル(2.2)、広域連携による復旧効率化の検討(2.5)に基づく市町村単位の平均値である。全ての庁舎と病院で、水槽貯留水のみでは需要量を復旧まで賄うことができない結果となった。病院の方が、機能維持期間が短いが、井水・雨水・中水

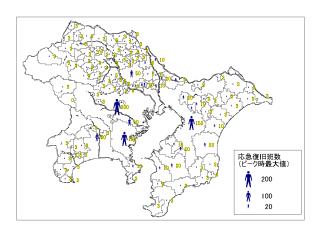


図 10 配水管の復旧予測に用いた配水地区とピーク 時の復旧班数

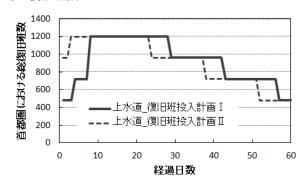


図11 首都圏全域の総復旧班数の経時的推移

利用は多い。井水を利用している場合、ポンプ用電源を確保できれば、給水機能を維持できる可能性が高く、雨水や中水を利用している施設では、貯留水を生活用水として利用できる。ただし、井水・雨水・中水利用がなく、水槽容量が1日分の需要量に満たない病院もあり、給水機能の維持に支障が生じる可能性がある。

1都3県の地方公共団体庁舎(島しょ部を除く)と災害拠点病院の所在地における上水道(配水管)の応急復旧日数を、図9に示す。庁舎では上下水道復旧に最大約1ヵ月間を要し、病院では上水復旧に最大2週間、下水道復旧に約1ヵ月を要する。都県別にみると、東京都区部は、上下水道とも応急復旧日数が長く、下水道の応急復旧がより長い。また、庁舎の約6割(都県・政令市の7割、東京23区と政令市区役所の9割)、災害拠点病院の約8割が、上水道より下水道の応急復旧に日数を要するため、上水道からの給水支障だけでなく、下水道への排水支障も各施設で考慮する必要がある。

以上の結果をふまえて、配水管復旧まで上水用受水槽と中間・高置水槽の貯留水で給水機能を維持できるケースと、維持できないケースに分類し、主な対応を整理した。庁舎・病院の現状は、機能維持できないケースに分類される結果となった。貯留水や地下水利用等で

表 1 断水人口の評価結果(中央防災会議の結果との比較)

	都道府県	1日目		4 E	応急復旧日数	
	郁坦州乐	支障数(人)	支障率	支障数(人)	支障率	(最大値)(日)
	埼玉県	6,614,802	94.9%	3,452,414	49.5%	23
本検討	千葉県	5,823,068	96.9%	3,660,987	60.9%	19
結果	東京都	12,213,464	98.3%	9,347,616	75.2%	24
(計画I)	神奈川県	8,594,966	98.5%	5,404,478	61.9%	24
	4県合計	33,246,300	98.4%	21,865,495	64.1%	
都道府県		1日目		4 E	応急復旧日数	
	都坦府乐	支障数(人)	支障率	支障数(人)	支障率	(日)
中央 防災会議	埼玉県	1,800,000	26.9%	550,000	8.1%	
	千葉県	2,400,000	41.4%	720,000	12.4%	30
	東京都	3,900,000	33.3%	780,000	6.7%	(目標値)
	神奈川県	3,100,000	37.3%	920,000	11.2%	
	4県合計	11,200,000	34.4%	2,970,000	9.2%	

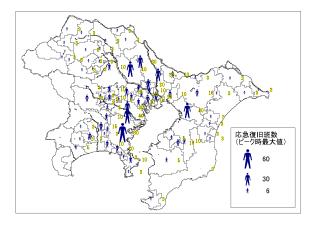


図 12 汚水管の復旧予測で用いた下水処理区とピーク時の復旧班数

給水機能を維持できる場合においても、下水道復旧までは上水道の利用制限を受けると考えられるため、節水等の配慮が求められる。

2.5 ライフラインの復旧最適化による企業の事業継 続性向上に関する検討

この研究では、関連のサブテーマ担当者による被害 予測手法、相互連関評価手法を考慮しつつ、上下水 道の応急復旧過程の簡易評価モデルを用いて複数の 応急復旧戦略に関する上下水道の復旧過程解析を実 施した。

東京湾北部地震による埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県の上下水道施設の応急復旧日数の予測解析を行った。応急復旧日数の予測方法としては、配水拠点を中心としてメッシュでモデル化された配水本支管の被害箇所数や給水人口等を考慮して面的に復旧過程を予測する方法を用いた。応急復旧に従事する1都3県の総復旧班数は、中央防災会議首都直下地震対策専門調査会(以下、専門調査会と呼ぶ)の報告を参考に1,200班(1班10人と仮定して12,000人)とし、給水区域の被害箇所数に応じて比例配分した。配水本管及び支管の復旧速度は、それぞれ 0.5 箇所/(班日)、

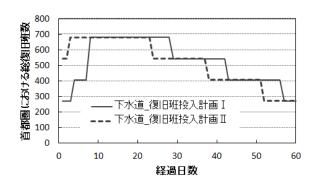


図13 首都圏全域の総復旧班数の経時的推移

表 2 下水道の機能支障人口の評価結果(専門調査会の結果との比較)

#7:苦 r ロ 目	1日目		4日目	応急復旧日数	
郁坦桁乐	支障数(人)	支障率	支障数(人)	支障率	(最大値)(日)
埼玉県	4,889,166	70.34%	4,338,098	62.4%	18
千葉県	4,807,846	86.14%	4,358,594	78.1%	18
東京都	12,002,473	97.26%	10,376,715	84.1%	20
神奈川県	8,307,595	96.74%	6,875,888	80.1%	17
4県合計	30,007,080	89.68%	25,949,296	77.6%	
都道府県	1日目		4日目		応急復旧日数
	支障数(人)	支障率	支障数(人)	支障率	(目)
埼玉県	64,000	0.95%	47,000	0.70%	
千葉県	110,000	1.86%	77,000	1.30%	30
東京都	130,000	1.07%	97,000	0.80%	(目標値)
神奈川県	130,000	1.54%	93,000	1.10%	
4県合計	434,000	1.31%	314,000	0.95%	
	千葉県 東京川県 4県合計 都道原県 埼玉葉京京川県 神奈川県	おり おり おり おり 大学数(人) 特工県	おいます まいます まいます	お追原料 支障数人 支障率 支障数(人) 埼玉県 4,889,168 70,34% 4,338,098 東京都 12,002,473 97,26% 10,376,715 神奈川県 8,307,595 96,74% 6,875,888 4県合計 30,007,080 98,68% 25,949,296 都道府捍 1日日 1日	おります 大学学 大

1.0 箇所/(班日)とし、また、配水池などの給水拠点の近傍の被害の多いメッシュから順次復旧作業を進める戦略を用いた。応急復旧日数を検討する際に使用した配水地区と各配水地区に投入したピーク時復旧班数を図10に示し、1 都 3 県の総復旧班数の経時的な推移を図11に示す。ピーク時1,200 班の復旧班は各配水地区の被害箇所数に比例して配分するとともに、発災から8日目または3日目にピーク時班数となる2種類の応急復旧班の投入計画 IとIIを使用した。

2種類の復旧班投入計画のもとで250mメッシュごとに応急復旧日数を評価し、これを市区町村ごとの平均応急復旧日数に整理した結果を図12に示す。専門調査会では、発災後1、2、4日目の断水人口を示しており、4日目に支障率10%以下に低下することから配水機能停止地域は限定的と想定していると考えられる。一方、本検討結果では、埼玉県・千葉県・東京都・神奈川県で広く被害が発生しており、復旧が早いと考えられる復旧班投入計画IIの1日目と4日目について応急復旧が完了していない250mメッシュの夜間人口を集計して断水人口と支障率を求めたところ、1日目で専門調査会の約3倍の98%、4日目で7倍の64%が断水する結果となった(表1)。

同様の方法で、下水道施設(汚水管)の応急復旧予測を行った。なお、応急復旧予測の際の前提条件となる汚水管の被害予測式としては、近年の地震における下水道管の被害分析に基づいて提案した予測式を用

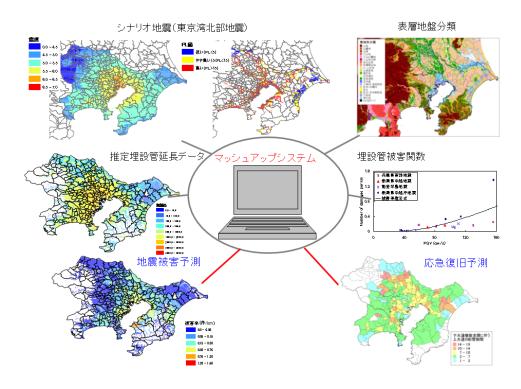


図 14 ライフライン被害・応急復旧予測結果ダウンロードシステムの概要

いた。応急復旧に従事する復旧班数としては、専門調査会の報告に情報がないため上水道の半分の約 680 班(1 班 5 人と仮定し 3,400 人)をピーク時の班数とし、被害延長に応じて各処理区に配分した。また、汚水管の復旧速度は近年の被害地震時の応急復旧活動の実態を踏まえて、口径 600 mm以上、600 mm未満の復旧速度をそれぞれ 150m/(班日)、300m/(班日)とした。汚水管の復旧作業は処理場に近く被害延長の大きなメッシュから順次実施する戦略を採用した。また、処理場の応急復旧日数の予測方法としては、近年の被害地震における復旧過程データをもとに作成した予測式を使用し、処理場の復旧人員については十分な人数が配置されるものとした。

図 12 に、応急復旧日数を検討する際に使用した下水処理区と各処理区の被害延長に比例して配分したピーク時復旧班数を示す。また、図 13 には検討で使用した首都圏全域における総復旧班数の 2 種類の経時的な復旧班投入計画 I とII を示す。

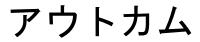
本検討の応急復旧班投入計画 II の発災後1日目、4日目の結果を表2に示した。この表には、比較のため専門調査会による発災後1、2、4日目の機能支障人口を示した。本検討の応急復旧完了日数は専門調査会の結果より約10日早くなっているが、4日目の段階では専門調査会の機能支障率約1%に対して77%と高い支障率となった。専門調査会の復旧日数の評価方法

に関して不明点が多く単純に比較することはできないが、専門調査会の評価では発災直後から膨大な復旧 資源を投入することを前提としていることが考えられる。

3. アウトカム

以上のような一連の研究によって、1 都 3 県における 東京湾北部地震の際の上水道管、下水道管の被害予 測および相互連関を考慮した応急復旧予測、自律分 散型拠点の機能支障等を評価することが可能となった。 本研究の成果をダウンロードできるシステムを、京都大 学防災研究所で運営・管理しているマッシュアップシス テムの一つのコンテンツとして構築する。本システムの 概要図を図 14 として示す。このシステムは、中小自治 体によるライフライン施設の地震被害想定の一助になり 企業の事業継続計画策定に利用できる。また公共施 設等の自律分散拠点の整備効果が明らかになるなど が国民の「安全・安心」の実現にも寄与するものと期待 できる。

さらに、広域連携・復旧効率化の観点からみて、首都圏の社会・経済機能に与えるマイナスのインパクトを最小化・最適化する広域連携復旧方策のガイドライン案、地方自治体や医療機関等を対象とした「自律分散拠点」の計画や手法をとりまとめた提案書などを作成した。



「アウトカム」について

「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」では、地震防災・減災に関わる研究の前進はもちろんのこと、研究成果の社会還元を重要な点ととらえ本プロジェクトの活動を進めてきました。以降に掲載する「アウトカム」は、本プロジェクトで得られた成果のうち、社会での活用が比較的容易な形にまとめられたものを示しています。

ここでは、どういった内容の成果で、想定される利用者はどういった組織・人なのか、 どうすれば利用できるのかといった内容について概要がまとめられています。また、個々 の成果について利用したい場合には、項目ごとに問合せ先も記載していますので、利用の 検討を進める際の資料として頂ければ幸いです。なお、詳細に関しては第 2 部本編を参照 下さい。

本プロジェクトの成果が実際の地震防災・減災対策の一層の進展に繋がりますことを願っております。

アウトカム一覧

- 1) 病院スタッフのための地震対策ハンドブック
- 2) 大地震を受ける超高層建物の被害様相とその対策
- 3) iPad による機動性を確保した建物被害認定調査支援システム
- 4) 震災復興まちづくり訓練のすすめ
- 5) 被災者生活再建支援の基本システムの開発と地方自治体への導入支援
- 6) 広域連携のための情報共有に関するガイドライン
- 7) 首都直下地震後のライフライン被害・応急復旧予測結果ダウンロードシステム

病院スタッフのための地震対策ハンドブック

-あなたの病院機能を守るための身近な対策- (報告書Ⅱ-1)

成果物の 内容

将来起こり得る大地震に備え、病院において現状のままではどのような被害が生じるか、それを回避するためには、今何をすべきで、どう具体的に行動すべきかの答えを導きだす手助けとなるのが、本ハンドブックです。

医療スタッフを対象として、自分が関わっている医療施設が来るべき大地 震に襲われても、医療施設内の人々の身を守り、さらには医療施設としての 機能を保持させ続けるために、どのような地震対策を実施することが良いの かを、本実験研究で明らかとなった事実に基づいて具体的に示しています。

大地震による被害を想像できるような資料であるため、医療機器・什器メーカー等がこれまでほとんど考えていなかった地震被害について新たに考えさせることができ、更には地震対策を考慮した新たな医療機器を設計するうえでの参考資料にも成り得ると考えています。

本ハンドブックとともに、Eーディフェンスで実施した世界初の医療施設の震動台実験の映像データから、地震対策の必要性と対策方法とその効果がおのずと導き出される教育用地震対策啓発映像もまとめました。

想定される利用者

病院スタッフ、病院管理者、病院経営者、病院設計者、患者様、医療機器・ 什器製作メーカー、地震対策に興味がある方、一般国民

成果物の 概要

医療施設が地震に見舞われた時の被害を予測します。それらの被害を軽減させ、施設の機能を保持させるための参考資料です。また、実際の地震時の状況を把握しやすくするため、Eーディフェンスでの実験映像データを取りまとめました。







病院スタッフのための 地震対策ハンドブック

教育·啓発用映像

成果物の 問合せ先

独) 防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センター

主任研究員 佐藤栄児

E-mail:e-def@bosai.go.jp http://www.bosai.go.jp/hyogo/index.html

大地震を受ける超高層建物の被害様相とその対策

-Eーディフェンス実験に基づく技術資料集と啓発用パンフレット-(報告書Ⅱ-2)

成果物の 内容

これまでに超高層建物の地震被害調査や復旧事例調査、耐震対策に関する 事項について系統的にまとめられた資料はほとんどありませんでした。

本研究では、長周期地震動を受ける超高層建物の構造躯体を再現した大型 震動台実験の結果を分析・整理することで、骨組に繰り返し変形が加わるこ とによる弱点を見極めるとともに、効果的な対策手法を提案し、耐震性能を 定量的に検証しました。

さらに、長周期地震動を受ける超高層建物の高層部分の居室空間を再現し た震動実験を行い、多数の映像や高密度なデータの取得によりオフィスや住 宅の地震時の室内被害様相を明らかにするとともに、家具や天井下地、空調 設備などに施した転倒防止対策等の有効性を検証しました。また、家具什器 の転倒については、既存の評価式の適用性を検討しました。

こうした内容を、大地震を受ける超高層建物の耐震性評価や耐震性向上策、 室内の地震被害軽減に関わる技術資料集として取り纏めるとともに、地震防 災意識の向上に寄与するパンフレットを作成しました。

想定され る利用者

- ・超高層建物の建築構造・設備設計者、地震防災に関わる技術者
- ・超高層建物を所有する不動産会社・管理会社、居住者
- ・一般市民に地震の被害様相、被害軽減効果等の啓発活動などを行う自治体 など防災機関

成果物の 概要

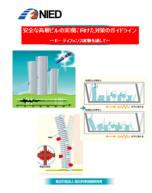
超高層建物が大地震に見舞われた時の被害を想定する際の技術資料です。 また、それらの被害を軽減させ、超高層建物の機能保持を検討するための参 考資料です。







- ① 超高層建物の耐震性能
- ② 耐震補強の方法とその効果
- ③ 室内空間の被害状況と対策の効果 技術資料集



啓発用パンフレット

成果物の 問合せ先

独) 防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センター

主任研究員 長江拓也 研究員 吉澤睦博

E-mail:e-def@bosai.go.jp http://www.bosai.go.jp/hyogo/index.html

iPad による機動性を確保した建物被害認定調査支援システム

(報告書Ⅲ-1-1)

成果物の

1) 概要

内容

被災地での被害認定調査を実施する自治体職員等への事前研修・教育なら びに、調査現場での作業効率を高めるため、モバイル機器アプリケーション、 ワークブック等を含む被害認定調査支援システムを開発しました。

2) 詳細

建物被害認定調査上で必要な情報である内閣府調査指針、被災建物事例写 真集、判定の例示、被害認定トレーニングビデオ、調査のコツ・ポイント等 の情報を電子化し、モバイル機器に統合して、調査員の事前研修や調査現場 での疑問解消に役立てます。さらに調査現場においては、調査手順にしたが い被災箇所の記録、部位ごとの損傷度データの入力をおこなうことができ、 調査業務全体の効率化を図ることが可能となります。

3) 活用方法

平時における被害認定調査の講習・演習での利用、被災直後の調査方法を 自習する際の利用が可能です。

想定され る利用者

- ・被災建物の被害認定調査を行う市町村職員もしくは調査員
- ・平時における研修講師および受講者

成果物の 概要



建物被害認定調査支援システムアプリケーションのながれ

成果物の

富士常葉大学大学院環境防災研究科教授 田中聡

問合せ先 〒417-0801 富士市大渕 325,120545-37-2047

E-mail:tanaka_s@fuji-tokoha-u.ac.jp, http://ddm.fuji-tokoha-u.ac.jp

震災復興まちづくり訓練のすすめ タイトル ー復興訓練を始める方むけのガイダンス的パンフレットー (報告書Ⅲ-1-2) これから震災復興まちづくり訓練に取り組もうと考えている自治体担当者 成果物の や専門家への導入実施の手引きとなる冊子です。 内容 首都大学東京事前復興計画研究会では、2003年から2011年度までに都内を 中心に 12 地区で震災復興まちづくり訓練の企画実施に従事し、20 程度の訓練 手法を開発してきました。その事例と訓練手法の紹介を中心としたパンフレッ トです。 ・自治体の都市計画担当, 防災担当 想定され ・まちづくりや防災、災害復興に関わる専門家 る利用者 ・防災活動に携わる地域リーダーや NPO 関係者 成果物の 冊子構成 ①復興の経過と訓練の流れ 準備が始まり本格復興に移行する。その地区 でどのステージの課題にとりくむことが必要 まず、訓練全体の大枠を定める必要がある。 概要 その時に、震災から復興に至る時間的経過を かを考えると、各回の訓練テーマと訓練方法 を設定するのが容易になる。 念頭におくと考えやすい。 1.訓練の意義とプログ 災害直後の応急活動が一段落したら復興の ラム設計 (P1-7) E. 仮設の商店街デザインゲーム F. 復興問題トレーニング 2. 訓練手法の紹介 1/100の仮設店舗模型を用いて、仮設商店街イメージをつ くり、仮の商店再開でどんな課題が生じるか、検討するプロ式で考える手法です。地域協働復興の意義、問題の広がりを 理解できます。 (P8-15) [第二回] 被災後の住まいや 生活を確保する [ガイダンス] 体験者の話を聞いて 復興を考える [第一回] まちを歩いて被害を イメージする 3. 訓練事例 (P16-18) (平成21年9月28日) 訓練内容の紹介、神戸市から復興経験者 の話を伺い学習した。 4. 支援体制と参考資料 復興またづくり支援ブラッ 情報交流/学習 相互支援/活動調整 リスト (P19-20) 4.4 たちづくり協議: 町会・自治会 自主防災経緯 防災拠点会議 首都大学東京都市環境科学研究科都市システム科学域・市古研究室 成果物の 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 tel 042-677-2354 問合せ先 E-mail: ichiko-taro@tmu.ac.jp

被災者生活再建支援の基本システムの開発と地方自治体への導入支援 (報告書Ⅲ-1-3)

成果物の 内容

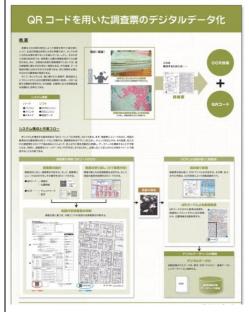
1)概要 被災者の生活再建の行政支援を受けるには、建物被害認定調査結果を基に、り災証明を受領しなければなりません。広域災害時には、発行までに多くの時間が費やされ復旧活動が滞ることが予想されます。本システムでは、被害認定調査とり災証明発行、行政支援の申請の3ステップを一貫して行い、迅速に大量の被災者のデータを処理するものであり、各地方自治体にあわせた運用体制を考慮して基本的なシステム基盤部分を開発しました。また、東京都のシステム導入に向けた実証実験から明らかになった知見を反映し、システムを高度化します。

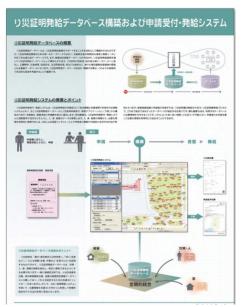
2)詳細 QR コードを用いた建物被害認定調査票により大量の調査を迅速に行うためシステムを高度化します。被害認定調査結果をもとに地図情報から被害と個人をユニークに結合し、り災証明発行をスムーズに行います。り災証明発行情報をデータベースにし、行政支援を漏れなく提供可能とします。3)活用方法 特に広域災害発生時に建物被害認定調査、り災証明発行までの作業を迅速・円滑に行います。

想定される利用者

東京都、その他の地方自治体

成果物の 概要





「被災者台帳を用いた生活再建支援システム」のコンセプト

成果物の 問合せ先

東京都総務局総合防災部防災管理課 (03-5388-2569)、京都大学防災研究所巨大災害研究センター (0774-38-4273) 、新潟大学災害・復興科学研究所(025-262-6115) http://www.drs.dpri.kyoto-u.ac.jp/medr/

| 広域連携のための情報共有に関するガイドライン (報告書Ⅲ-2) タイトル 成果物の 1) 概要 ・九都県市等を対象として、災害時の広域的な情報共有に関する課題の分析 内容 とその阻害要因を明らかにする。 ・上記の広域的な情報共有の課題を踏まえ、広域的な応援体制を確立するた めに必要な要件を示す。 2) 詳細 ・災害時の地方自治体内における情報共有に関するガイドライン ・都道府県内市町村間における情報共有に関するガイドライン ・都道府県間における情報共有に関するガイドライン 3) 活用方法 ・地方自治体内、地方自治体間での情報共有に関する条例、協定を策定する 上でのガイドラインとする。 ・災害情報システム導入に必要な資料とする。 想定され|・全国地方公共団体防災・危機管理部局(都道府県 47、市町村 1,750) る利用者 ・情報システム業者 ・災害時に地方公共団体に関連する組織 (ライフライン業者等)

成果物の		ID	情報カテゴリ	共有情報細目	現状の情報の流れ	新たな情報共有先	現状の課題	実現する内容
概要		1	避難者情報	避難者数	避難所→区→市→県	他避難所	避難者数を迅速に集計、共有する方法 がない。	避難所同士の避難者の移動・融通
		2				県		市災対本部が機能を失っているとき に県が対応可能になる。また、避難 所レベルで物資が充足されているか 県が把握できる。
		3		避難所による物資要請	避難所→区→市	物資提供者	・「他自治体からの支援の手を誰がコン	をまとめ、提供する物資・場所を調
		4				物資輸送者		通信途絶時、避難所と区(市)の連絡 媒体に。
		5				他区	区と物資要請情報を共有できないの で、区同士での物資の共有ができな	区同士の物資の融通
		6				県		市災対本部が被災した場合に県が 対応可能
		7	物資要請情報 (物資の種類・量)	区による物資要請	区→市	物資提供者	市本部が被災又は壊滅した地域では、 県に要請が殺到。	市災対本部や県災対本部と連絡が つかないときに、直接物資提供者と 連絡を取り、物資を提供してもらう。 その上で、各区へダイレクトに物資 配送。
		8				物資輸送者	通信が途絶した場合、市が区のニーズ を集めるのが困難	通信途絶時、区と市の連絡媒体に。
		9		市による物資要請	市→県、物資提供者	物資輸送者	・需要とのミスマッチ ・要請と物資到着のタイムラグにより、 到着時には物資が不要になるケース。	避難者数から必要物資の推計により要請を待つことなく必要な物資を 提供できるようにする。
		10				市	ネームバリューの高い都市(例えば仙 台)においてはむしろ物資が浴れる状況 発生。物資の再配分機能(物資が余っ ているところと足りないところの均し)	市間の物資の融通、再配分が可能に。

物資の調達・配送に関する情報共有を進めるためのガイドライン(一部)

問合せ先

成果物の | 東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター 沼田 153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1, Be604, numa@iis.u-tokyo.ac.jp

首都直下地震後のライフライン被害・応急復旧予測結果ダウンロードシステム タイトル (報告書Ⅲ-3) ライフラインの地震被害予測は各都県単位に独自の手法で実施されてきて 成果物の 内容 おり、首都直下地震後のライフライン復旧連携などを考える際には広域を一括 で被害予測することが不可欠です。そこで、首都直下地震(東京湾北部地震お よびサブプロジェクト1が想定する地震)による1都3県のライフライン施設 (上下水道の地中埋設管)の被害・応急復旧予測を実施し、その結果をダウン ロードできるシステムを京都大学防災研究所で運営・管理しているマッシュア ップシステムの一つのコンテンツとして構築しました。このシステムは、中小 自治体によるライフライン施設の地震被害想定の一助になり企業の事業継続 計画策定に利用できます。また公共施設等の自律分散拠点の整備効果が明らか になるなどが国民の「安全・安心」の実現にも貢献します。 ・9 都県市内の各防災部局 想定され る利用者 ・災害対応拠点病院等の災害直後の機能維持が求められる施設の管理者 • 防災関連企業 成果物の 概要 シナリオ地震 埋設管延長 マッシュアップシステム 埋設管被害関数 地震被害予測 応急復旧予測 ライフライン被害・応急復旧予測結果ダウンロードシステムの概要 成果物の 千葉大学大学院工学研究科建築・都市科学専攻 准教授 丸山喜久 問合せ先 〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33 TEL 043-290-3555 E-mail ymaruyam@tu.chiba-u.ac.jp