

3.3.2 首都直下地震の発生が持つ問題構造の定量的把握

(1) 業務の内容

(a) 業務の目的

災害時の対応はもとより、災害の事前対策に関しても自治体等の災害対応従事者の能力が重要なファクターとなる。しかしながら、自治体においては人事異動等により数年で人員が交代してしまい、災害対応に関する知識やスキルは蓄積されないのが現状である。本研究の総括班としての機能を有する本研究課題では、能動的な学習の枠組みに従って、個別の研究成果を統合し、首都圏での地震被害低減に貢献する自治体等の災害対応従事者の知識とスキルの向上を目的とした研修・訓練システムを構築する。

(b) 平成22年度業務目的

これまで3年間の全体ワークショップを通して明らかになった「首都直下地震の発生が持つ問題構造」の全体像について、災害対応のボトルネックとなる主要課題を同定し、フェルミ推定の手法を活用する手法を提案し、中核問題構造について空間的・定量的に解明する。これら一連の解析を、これまで全体ワークショップのファシリテータを務めた中心的な研究者により進める。

(c) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
新潟大学危機管理室／ 災害復興科学センター	教授	田村 圭子	

(2) 平成22年度の成果

(a) 業務の要約

これまで3年間の全体ワークショップを通して明らかになった「首都直下地震の発生が持つ問題構造」の全体像について、災害対応のボトルネックとなる主要課題を同定し、フェルミ推定の手法を活用する手法を提案し、中核問題構造について空間的・定量的に解明した。これら一連の解析を、これまで全体ワークショップのファシリテータを務めた中心的な研究者により進めた。

- 1) 「首都直下地震の発生が持つ問題構造」の全体像
- 2) 災害対応のボトルネックとなる主要課題に対する解析手法の検討
- 3) 中核問題構造についての空間的・定量的解析を実施するための仮説構築
 - a) 問題構造の整理
 - b) 中核対立から対立解消図への展開
- 4) 課題における要素の定量的な把握
 - a) データセットの作成
 - b) 空地分類と分布

- c) 距離変化に基づく管理メリットの検討
- d) 空地の空間的分布解析
- 5) 空地情報の管理に向けた提案
 - a) 意思決定概念モデルの提案
 - b) データベース構築に関わる提案

(b) 業務の成果

1) 「首都直下地震の発生が持つ問題構造」の全体像

昨年度は、TOC の論理思考プロセスに従って、4 回の全体ワークショップと 3 回のファシリテーターワークショップを経て、首都直下地震の問題構造に関するエンティティが増え、問題構造が明らかになってきた。当初は考え出したエンティティの数が少なく、作成された問題構造も妥当性と信頼性が十分なものではなかった。なお TOC とは Theory of Constraints の略であり、日本語訳は「制約条件の理論」とされる、エリヤフ・ゴールドラット博士が提唱した問題構造解明のための手法である。ファシリテーターワークショップを通して、問題構造の解明の進め方を検討し、その結論を次回の全体ワークショップに運用させて、最後は専門家の活躍により、首都直下地震の問題構造を解明することができた。TOC 論理思考プロセスを用いてワークショップを通した首都直下地震の問題構造解明手法は以下の 4 点の効果があると考えられる。1) TOC 論理思考プロセスは災害に関する全体像の作成において、どのように使うべきかの手続きが明らかになった。2) 数回のワークショップを通して、問題構造の作業を繰り返して、問題構造のプロセスが見えてきた。3) 首都直下地震全体ワークショップおよびファシリテーターワークショップを通して、首都直下地震の問題構造が作成され、14 個の対立が存在することがわかった。4) 首都直下地震で対応すべきボトルネックとなる課題を発見することができた。

2) 災害対応のボトルネックとなる主要課題に対する解析手法の検討

本年度は、昨年度整理したボトルネックとなる主要課題に対し、フェルミ推定の手法を援用し、中核問題構造について空間的・定量的に解明する。フェルミ推定 (Fermi estimate) とは、実際に調査するのが難しいようなとらえどころのない量を、いくつかの手掛かりを元に論理的に推論し、短時間で概算する手法である。フェルミ推定は問題を要素に分解し、「仮説を立てて」「論理的に考え」「推定する」手法であり、災害発生前に「災害後に起こるであろう」多くの社会事象を想定して課題解決の方法を探索する必要がある場合には、「答えの分らない問題」に対して、問題解決する必要性要素を掛け合わせて、答えを得るフェルミ推定が有効である。

3) 中核問題構造についての空間的・定量的解析を実施するための仮説構築

フェルミ推定を用いて、空間的・定量的解析を実施する方法の検証と実際の解析対象として「空地」を選択した。空地カテゴリは、個人・民間活動・社会基盤・環境の全てのレイヤーに関わる重要な位置づけの一つとされている。これらの過程で収集されたエンティティを用いて、空地に関する問題構造の明確化を試みる。

a) 問題構造の整理（図1）

図1が問題構造を整理したものである。なおUDEとはUndesirable Effectの略であり、問題構造において、目的達成を阻むような望ましくない要因のことである。平常時において、緑地や公園に代表されるオープンスペースは良好な都市環境の形成にあたってヒートアイランドの緩和や生物多様性の確保、大気汚染・騒音・悪臭等の公害防止や緩和といった機能面において需要があり、また、人々が集う・憩う場所の提供や景観美化といった文化・社会・精神面においても需要がある。このように、都市公園の健全な発達を図り、公共の福祉の増進に資することを目的として都市公園の設置及び管理に関する基準等が都市公園法により定められている。同時に、万が一に備えて安全・安心を確保するために延焼防止や緊急避難といった防災面でも需要があり、オープンスペースは防災基本計画や各自自治体の地域防災計画により平常時から整備するものとして定められている。

しかしながら、市街地においては、利便性や生産性を求め発展して高度な土地利用がなされていることだけではなく、戦後の高度経済成長期における急激な人口増加の中で都市開発からこぼれ落ちて建設された木造密集市街地などにより、既に物理的容量が足りない状況であると考えられている。すると、いざ大地震が発生した際に諸活動において必要な空地が足りなくなることが予想される。仮に空地が存在したとしても、公共空間や民有空間といった土地所有の関係から、利用許可がもらえないケースや、所有者とのトラブル回避の観点から利用するのを控えた方が良いという判断に至るケースが生じる。一方で、混乱期には公的用地を私的に利用する人の増加も予測され、これにより空地の不足がさらに助長する。

効果的な災害対応を実施するうえで空地を必要とする諸活動とは、避難スペース(各自自治体)・がれきの処理(環境省)・物資や応援の召集(自治省・内閣府)・仮住まいの提供(厚生労働省)などが挙げられる。ところが、首都直下地震は複数の都県を襲う未曾有の大規模災害であり、これらの活動は災害発生直後から空間的にも時間的にも重なって展開されるため、現存の地域防災計画の枠組みの中では空地の効果的な配分は難しい。すなわち、圧倒的な被害量に対して必要空地が間に合わないなりにも、自治体毎に担当する各課がベストを尽くして災害対応業務を行おうとすると、前述したがれきの仮置き場・応急仮設住宅建設用地・応援物資や資機材置き場などの確保で空地の取り合いが起こり、調整のために貴重な時間を費やすこととなる。空地利用の意思決定に関わる優先順位には明確な基準が設けられているわけではないことや、現場も非常に混乱していることから、本部または自治体間で連携し効果的かつ迅速に調整や対応することは難しく、その分諸活動が遅れをとることとなる。その結果、活動が遅れても空地を確保できない状態は改善されず、業務の効率を落としていく負の循環が生まれることとなる。

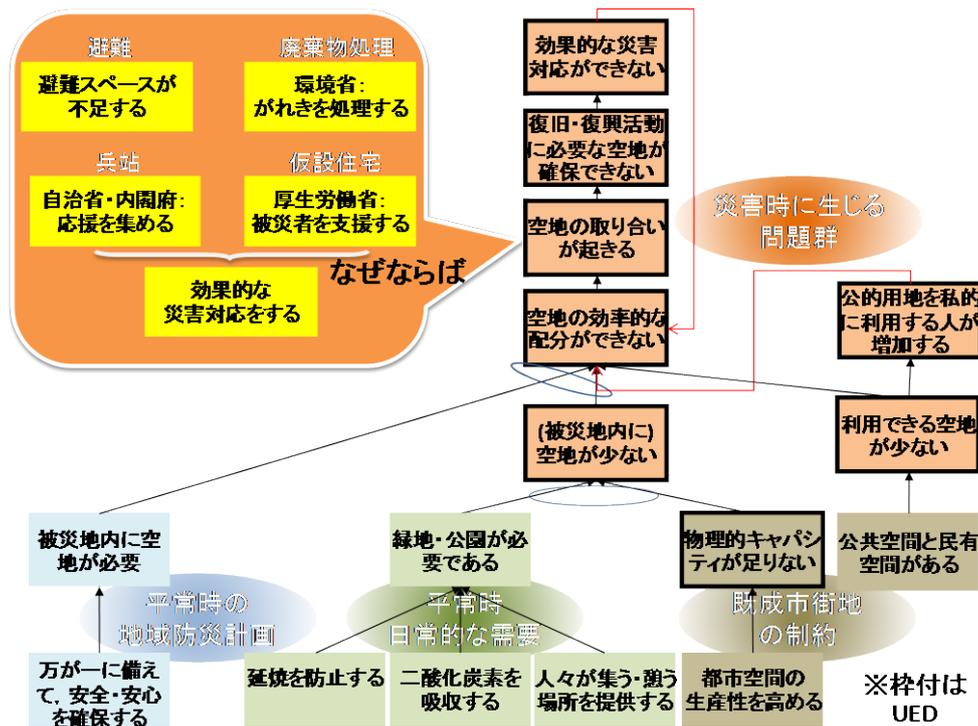


図1 空地に関する現状問題構造ツリー

b) 中核対立から対立解消図への展開

論理思考プロセスの手順に従い、前項で示した現状問題ツリーを踏まえて明らかとなった中核対立から、対立解消策を考える。社会一般の共通目標として「幸せな都市生活を送る」を掲げるならば、「都市空間の安全・安心を確保することも、「都市空間の生産性を高める」ことも目標達成のために必要な要望であり、これら自体は対立しているわけではなく、むしろ両立することが望ましいといえる。しかし、各々の要望を満たすための行動として、「被災地内空地が必要である」「被災地内に空地が少ない」が対立しており、このジレンマが、災害発生時に組織の迅速な立ち上げや業務の遂行にとっても支障となるボトルネックになるといえる。このように明らかとなった問題構造から、これらを解消するための対策を検討すると①「被災者を地方に移住させる」、②「新たに空地を作る」、③「総合的に空地をマネジメントする」が見出された。つまり、現状問題構造ツリーから中核対立を見直した結果、程ら（2009）で示された対立解消図¹⁾の妥当性が確認できた。

これらの3つの対策案について新たに検討を行った。まず①に関しては、阪神・淡路以来、従前の住まいから離れた地域へ移住させることの難しさや問題点も指摘されているが、中央防災会議の専門委員会によると、苫小牧や新潟県から100万人の被災者を受け入れたいという御申出があったことが報告されており、地方に受け入れの準備があることが確認されている²⁾。建物全壊・焼失は阪神・淡路の約8倍ともいわれる首都直下地震の被害規模を考慮すれば、選択肢としては残すべき案となる。次に、②に関しては、従来の都市計画に基づいた案や、コンパクトシティ構想の他、荒川にスーパー堤防をつくるといった壮大な案がワークショップで挙がっているものの、既成市街地において直ぐに実現できるかと言われれば、実効性は低い。さらに「空地がない」に対しては、「郊外には空地がある」、

「臨海部にも空地がある」、「都心にも空地がある」、「空地が無いのは山の手と木賃ベルト地帯である」などのエンティティも挙げられており、空地がどこにどれだけあるのかといったことに対して状況認識の統一が図られていないことも同時に示している。

以上のことから、本研究では一番現実的なソリューションは③「空地をマネジメントする」と位置付け、各々の要素に基づき、仮説に基づき、定量的に現状を把握し、その後、空間的に解析・検討を行うことで、フェルミ推定に基づく課題の分析を実施する。

4) 課題における要素の定量的な把握

米国では WTC 同時多発テロ後、カリフォルニア州の SEMS を参考として 2003 年 2 月 28 日に国家危機管理システムである NIMS (NIMS: National Incident Management System) が策定された。その要素として ICS (Incident Command System) があり、空地の管理を含むリソースマネジメントは本部が備えるべき機能として明確に決められている。日本国内においては、阪神・淡路大震災の教訓から、神戸市では地域防災計画において災害時空地管理マニュアルおよび災害時空地管理様式が定められている³⁾。これによると、災害発生後に必要となる空地用途として①ライフライン復旧用地、②防災関係機関復旧用地、③駐車場用地、④臨時ヘリポート、⑤避難所、⑥ゴミ・瓦礫置場、⑦救援物資置場、⑧応急仮設住宅建設用地、⑨その他用などが想定されており、概ね 1,000 m²以上の空地に対して、災害発生“後”に現存空地情報の把握や利用ニーズの調整、管理台帳の整理を行うものとされている。また、首都直下地震対策大綱によれば「地方公共団体は、あらかじめ利用可能な空地のリスト化を行い、随時、情報を更新しておく。」とあり⁴⁾、例えば、横浜市や町田市などの地域防災計画の資料編では市が保有する空地・未利用地の施設名・住所および面積に加えて、災害時の用途（場合によっては 1 箇所につき複数）が表形式で掲載されている。しかし、前章でも述べたように現行計画は管理主体毎のソリューションとなっており、さらに「土地」には所有権の問題も絡んでいる。首都直下地震のように被害規模が甚大で、かつ広範囲に影響を及ぼすことに対して地方団体間の広域連携が求められる場合、公有地も私有地も合わせて、行政界を越えて一元的に把握することが重要となる。つまり、前章の対立解消方策として挙げた「空地をマネジメントする」とは、現在地方自治体ごとに決められている空地に関する情報のリストをマネジメントしていくことだと考えられる。これを遂行するにあたり、地理空間情報としてデータベースを構築していくことが有効な手段となる。

空地の定量的な把握に関しては、国土交通省（2003）によって復旧・復興用地の必要量と確保量について市区町村単位の集計データによるシミュレーションされているが、より即地的な検討が必要とされている⁵⁾。

a) データセットの作成

空地に関する情報としては、各自治体の地域防災計画での記載を元に整理することも考えられるが、明確な位置情報を伴わないものも多数あるため、首都圏全域において総括的に比較検討するためには情報量が不足する。広域的な空間網羅性やデータ取得時期の差による情報信頼性を考慮すると、各自治体で整備されている都市計画データの土地利用現況データを利用することが本来であれば最適であると考えられるが、委託研究業務としての締結が

無い限り大学等へのデータ貸与を行わない自治体もある。そこで、今回は一般に入手可能性が高いデータとして、市販データのうち神奈川・埼玉・千葉に関しては国土地理院数値地図 5000(土地利用)首都圏 2000 年⁶⁾を、東京都に関しては国土地理院細密数値情報(10mメッシュ土地利用) 1994 年⁷⁾を用いた。さらに、作成年度や空間解像度の違いによって生じる分類精度の向上や属性情報の拡充を図るために、数値地図 2500 相当の場地区域(1)レイヤー⁸⁾および学校ポイントデータ⁹⁾を用いた。データ作成の手順は以下の通りである。

- ①地理情報標準プロファイル (JPGIS) 準拠の XML 形式およびテキスト形式からシェイプファイル形式へフォーマットの変換。
- ②属性値の土地利用分類コードから災害時の諸活動で活用可能な空地的土地利用として「空地」、「公園・緑地等」、「その他の公共公益施設用地」、「その他」を抽出。
- ③場地ポリゴンデータの名称属性から墓地、寺社の境内地等を特定し、残りを②に従い再分類した上で、②と重なり合う部分を加除更新。
- ④抽出したフィーチャの面積を計算。
- ⑤空間結合 (位置関係に基づいたレイヤー間での属性情報の結合) による、想定震度および都道府県情報の付与。

b) 空地分類と分布

前項の手順で抽出した空地的土地利用を a)低未利用地、b)公園緑地、c)学校敷地、d)公共公益施設用地、e)その他、の 5 つに分類し、各分類における分布や規模、箇所数について定量的な把握を試みる。なお、土地利用データのみを元としているため、当該敷地に含まれる構造物の面積は考慮していない。また、東京都に関しては作成年度が古く、10m×10m のメッシュデータを基本としていることから面積集計は離散的な傾向となる他、同一敷地を複数箇所としての認識や、隣接する同一用途の敷地を連担しての認識など、3 県より精度面では劣っている。

まず全体像として、5 つの空地分類がワーストシナリオで想定されている東京湾北部地震の想定震度においてどのぐらい分布しているのかを表 1 および図 2 に示す。

表 1 対象範囲全体での震度別空地数

箇所[件]	震度4	震度5弱	震度5強	震度6弱	震度6強	総計
低未利用地		6,906	88,653	168,725	168,664	299,765
公園緑地	9	2,041	17,578	29,693	29,675	55,972
学校敷地	29	462	3,208	6,482	1,380	11561
公共公益施設用地		1,338	18,462	34,879	10,853	65532
その他	17	161	652	716	57	1603
総計	55	10,908	128,553	240,495	240,403	434,433

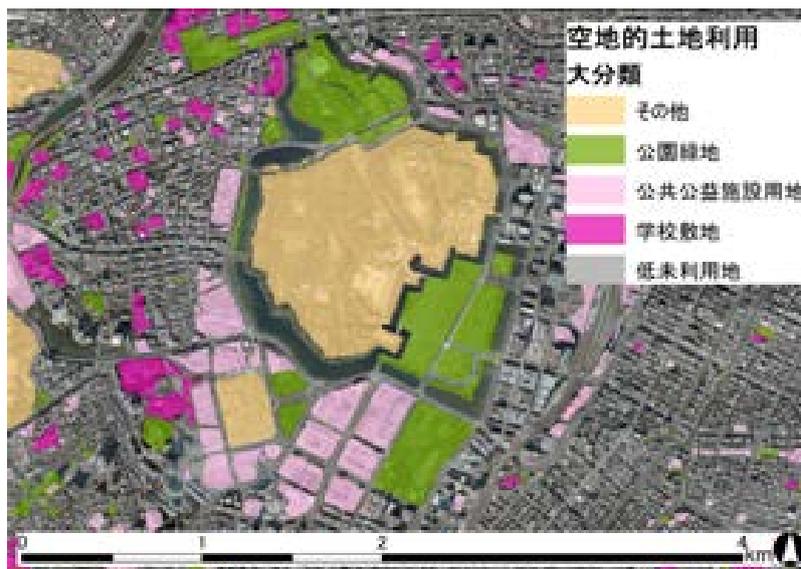


図 2 皇居周辺の空地的土地利用状況例(背景:航空写真)

i) 低未利用地

本分類は土地利用分類コードの「空地」に相当し、人工的に土地の整理が行われ、現在はまだ利用されていないものとして土地及び簡単な施設からなる屋外駐車場や資材置場等が該当している。b)～e)とは排他的な関係になっており、相対的に所有権がプライベートなドメインであることが考えられる。都県毎に震度別の面積集計した結果を表 2 に示す。また、特に甚大な被害となることが予測される震度 6 強および震度 6 弱のエリアに含まれる空地に関しては図 3a)に面積規模別の箇所数を示す。街中でも多くみられる数台から十数台分の場所など比較的面積が小さいところでは、一時避難場所としての利用が考えられる。また、近隣レベルでの瓦礫置き場や避難所へ入りきらない、もしくは入らない人たちが車上生活の場として利用することが考えられる。

表 2 低未利用地の震度別面積集計

面積[ha]	震度4	震度5弱	震度5強	震度6弱	震度6強	総計
東京都	0	60	2,087	3,048	1,781	6,975
神奈川県	0	7	2,013	5,245	164	7,429
千葉県	0	7	2,674	8,040	1,518	12,240
埼玉県	0	1,004	4,805	3,511	415	9,736
計	0	1,079	11,579	19,843	3,878	36,380

ii) 公園緑地

本分類は土地利用分類コードの「公園・緑地等」に相当し、公園、動植物園、遊園地等の公共的性格を有する施設及び総合運動場、競技場、野球場等の運動競技を行うための施設用地が該当している。場地データから特定できた墓地や寺社の境内地に関しては除外している。都県毎に震度別の面積集計した結果を表 3 に示す。また、図 3b)に面積規模別の箇所数を示す。もともと、都市計画的には都市緑地が 0.1ha、街区公園は 0.25ha、近隣公園は 2ha を目安として整備されており、広域避難所（避難場所）、応急仮設住宅の建設

用地、資機材・物資・廃棄物のストックヤード、大規模な応援部隊の集結地などの利用が想定される。なお、内閣府によれば、応急仮設住宅の設置場所は避難所や広域避難場所に無指定の公共空きスペースである運動公園等を想定している自治体が多く、次いでは広域避難場所と報告されている¹⁰⁾。

表 3 公園緑地の震度別面積集計

面積[ha]	震度4	震度5弱	震度5強	震度6弱	震度6強	総計
東京都	0	79	1,484	3,288	2,199	7,050
神奈川県	0	16	1,679	4,238	162	6,095
千葉県	2	39	1,268	3,742	776	5,827
埼玉県	15	1,372	3,103	2,146	221	6,856
計	17	1,507	7,533	13,415	3,357	25,829

iii) 学校敷地

本分類は教育文化施設（学校、研究所、図書館、美術館等からなる地区）を含む土地利用分類コード「その他の公共公益施設用地」の内、学校ポイントデータ⁹⁾から特定できた学校を抽出したものである。公立・私立を問わず、大学院、短期大学、高等専門学校、高等学校、高等学校通信課程、中等教育学校、中学校、小学校、幼稚園、盲学校、聾学校、養護学校、各種学校、専修学校が該当する。都県毎に震度別の面積集計した結果を表 4 に示す。また図 3c)に面積規模別の箇所数を示す。地域防災計画において通常は公立校が避難所に定められているが、同時に高校などではヘリコプターの緊急時離着陸場にも定められている。1都3県の学校ポイントを集計すると、公立校は 6,735 校であったが、仮に震度 6 弱以上にある学校の全てが避難所になったとすると、955 校増加し、約 1.7 倍の校数となる。

表 4 学校敷地の震度別面積集計

面積[ha]	震度4	震度5弱	震度5強	震度6弱	震度6強	総計
東京都	0	23	1,135	3,300	1,083	5,542
神奈川県	0	11	1,001	2,801	86	3,899
千葉県	4	132	954	2,536	436	4,060
埼玉県	60	768	2,050	1,501	122	4,500
計	63	934	5,140	10,138	1,726	18,001

iv) 公共公益施設用地

この分類は土地利用分類コードの「公共公益施設用地」から「道路用地」と「公園緑地等」を引いた「その他の公共公益施設用地」から、さらに c) で作成した学校敷地および場地データを用いた鉄道用地を除いたものであり、公共業務地区（国、地方自治体等の庁舎からなる地区）、教育文化施設（研究所、図書館、美術館等からなる地区）、供給処理施設（浄水場、下水処理場、焼却場、変電所からなる施設地区）、社会福祉施設（病院、療養所、老人ホーム、保育所等からなる施設地区）、バス発着センター、車庫、港湾施設用地、空港等の用地が該当する。都県毎に震度別の面積を集計した結果を表 5 に示す。図 3d)に面積規模別の箇所数を示す。

表 5 公共公益施設用地の震度別面積集計

面積[ha]	震度4	震度5弱	震度5強	震度6弱	震度6強	総計
東京都	0	44	798	1,518	1,770	4,130
神奈川県	0	5	876	3,369	319	4,568
千葉県	0	9	818	2,095	1,048	3,969
埼玉県	0	253	1,707	1,341	123	3,424
計	0	310	4,199	8,323	3,259	16,091

v) その他の空地

土地利用分類コードの「その他」に相当し、防衛施設、米軍施設、基地跡地、演習場、皇室に係る施設及び居住地の他、ゴルフ場等が該当する。都県毎に震度別の面積を集計した結果を表 6 に示す。図 3e)に面積規模別の箇所数を示す。

他の 4 分類に比べて絶対数は少ないものの、1ha 以上(=10,000 m²以上)の大規模な土地の割合が多いため、10ha 規模での一団型仮設市街地の形成や特大規模の応援部隊の集結地としての利用が考えられる。例えば、ゴルフ場は災害時利用協定において、食事や風呂の提供およびヘリコプターの離着陸場としての利用などが締結されているケースもあるが、現状ではコース内の利用許可を全面的に打ち出しているわけではない。しかし、今回抽出できたゴルフ場は 443 箇所、計 14,854ha となっており、空地残存量としては他の用途でも利用できるポテンシャルを持つといえる。

表 6 その他の空地の震度別面積集計

面積[ha]	震度4	震度5弱	震度5強	震度6弱	震度6強	総計
東京都	0	403	1,560	1,277	1,630	4,870
神奈川県	0	325	3,220	2,497	16	6,058
千葉県	9	178	3,999	4,395	170	8,750
埼玉県	361	2,615	1,984	1,257	8	6,226
計	369	3,522	10,763	9,425	1,824	25,904

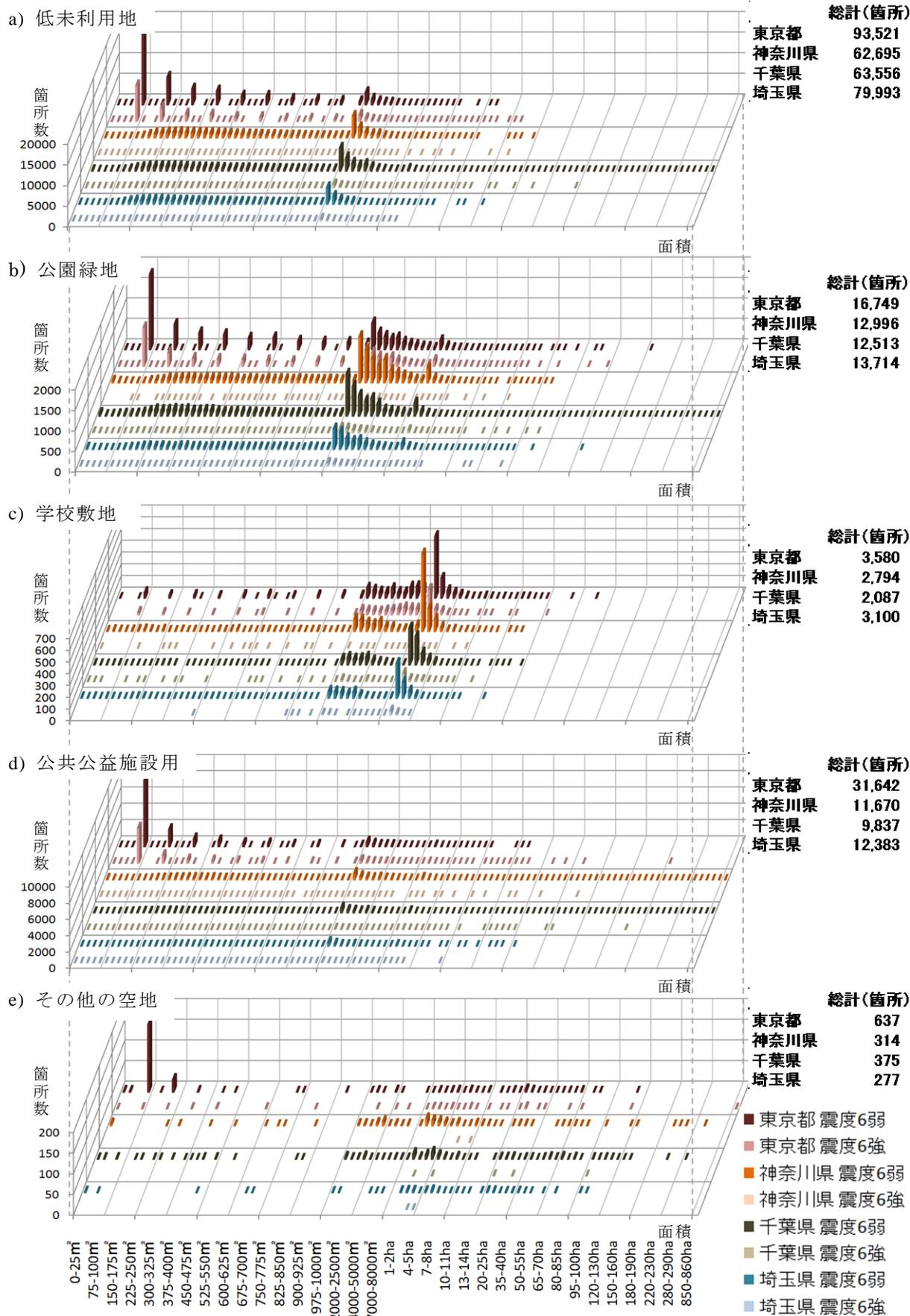


図3 空地5分類の震度別(震度6弱・6強)×面積規模別の箇所数

:総計(箇所)は震度4以上すべて

c) 距離変化に基づく管理メリットの検討

管理の最小単位となる市区町村レベルで個別の対応した場合と、広域的な連携の中で対応した場合とで、どれだけ近隣に存在している空地を選択肢として取りこぼすことになるのかについて検討を行った。ここでは市区町村界のポリゴンデータをラインデータに変換したのち、各空地から一都三県の海岸線を除く市区町村界までの距離を算出した。そして、5分類した空地的土地利用毎の距離変化における累積存在率を求めた。図4から、公園緑地以外の空地に関しては、1km圏内で約60%から70%の空地が近隣に存在していることが分かる。なお、公共公益施設用地と低未利用地の存在割合は非常に類似していたため、ほぼ同一の曲線に示されている。防災生活圏である1km四方を勘案すると、生活圏内に存在するにもかかわらず、管理自治体の違いにより有効な相互利用ができない可能性が高い空地が全体の半数以上存在していると考えられる。すなわち、自治体の枠組みを越えた広域的な視野で管理することによるスケールメリットが期待できることが確認できた。

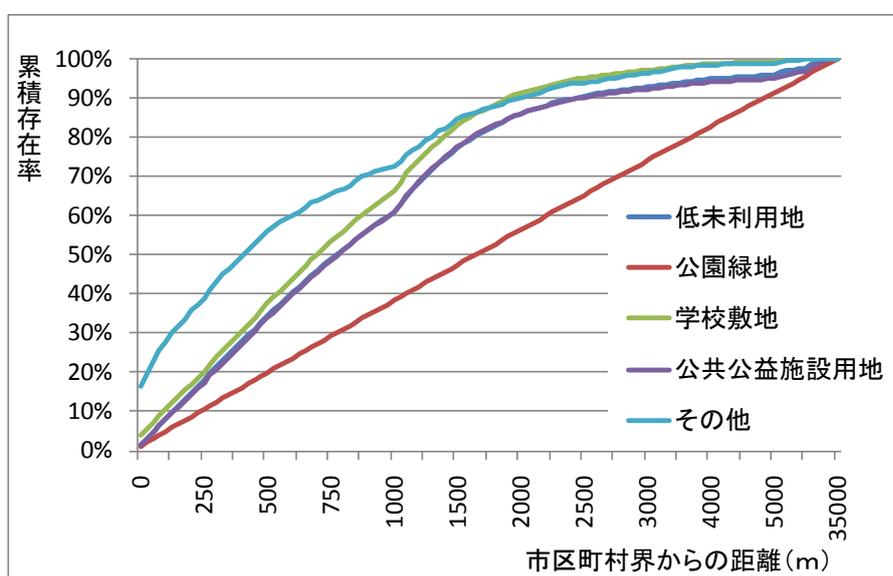


図4 市区町村界からの距離変化における空地率

d) 空地の空間的分布解析

5つに分類した空地が空間的にどのような様に分布しているかをより詳細に明らかにするために、確率変数の確率密度関数を推定する手法の1つとして知られるカーネル密度推定法を用い、その分析と可視化を試みた。ここでは、対象地域を250m四方の領域(セル)に分割し、検索半径(バンド幅)は徒歩圏内を意識して2kmに設定し、カーネル関数はGaussianを用いた。この手法により、離散的なデータの代表値を単にメッシュで面的に表現するということではなく、各セルおよびその周辺のセルからの影響を総和的に表現されることとなり、近傍も含めて利用可能なポテンシャルとして捉えることができる。

図5ではカーネル密度推定を用いることで、近傍に存在する空地もある程度利用可能とみなすために空間的重みづけを行いながら外挿補間することによって、平滑化された2次元平面分布が利用可能面積のポテンシャルとしての特性を示している。色が濃いセルほどポテンシャルが高い事を意味しているが、その連なり方にも注目したい。例えば、色が濃いセルが連担していれば、当該セルを含む空地だけではなく周辺にも広く利用が期待でき

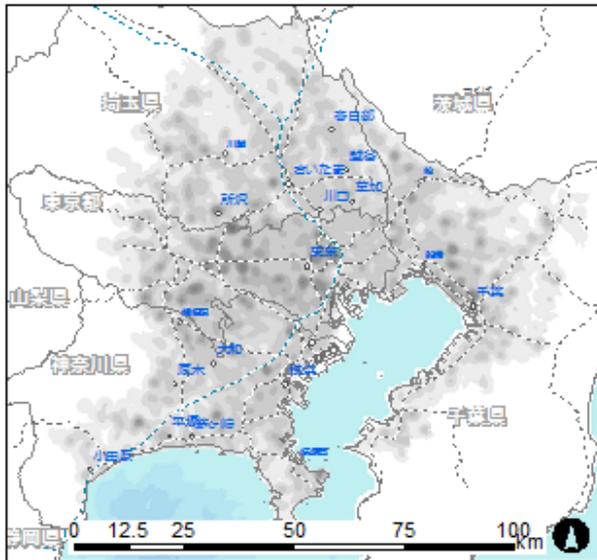
る空地が存在することを意味し、大規模な空地を必要とする災害対応活動の広域的な割り当て方を検討する余地があると考えられる。逆に色が濃くても連担していなければ、そこにはスポット的にその空地があることを意味しており、大規模を要する1用途で占めるか、それほど広い空地を必要としない用途を集約し利用するかを検討することとなると考えられる。また、色が中程度に薄い地域が連担していれば、中規模から小規模な空地が近傍で点在していることを意味しており、小規模対応で済む用地割り当てを行うか、近傍度合によって、1つの対応活動を複数個所に分散させるかを検討することとなると考えられる。

ここまでを振り返ると、樹木や構造物などの実際には利用困難な面積も含まれるため、利用可能面積率等も考慮しなければならないが、土地利用データを用いることで私有地・公有地に関わらず空地の絶対量や分布状況を明確化することができたといえる。また、都心にヒトや社会機能が集中している時間帯や震源モデルによる各シナリオに対して災害対応用の空地が足りる・足りないという議論は別途必要であるが、1都3県で相対的に比較した場合、東京都だけが物理量としての空地が取り分け少ないわけではなかった。このことから、「3)中核問題構造についての空間的・定量的解析を実施するための仮説構築」で述べた空地に関する認識のズレやバラつきは我々自らが何らかの制約条件をつけて思考していることによって、見た目の土地と管理上の土地、いわば台帳上の土地と認識の差異が生み出されているものと考えられる。

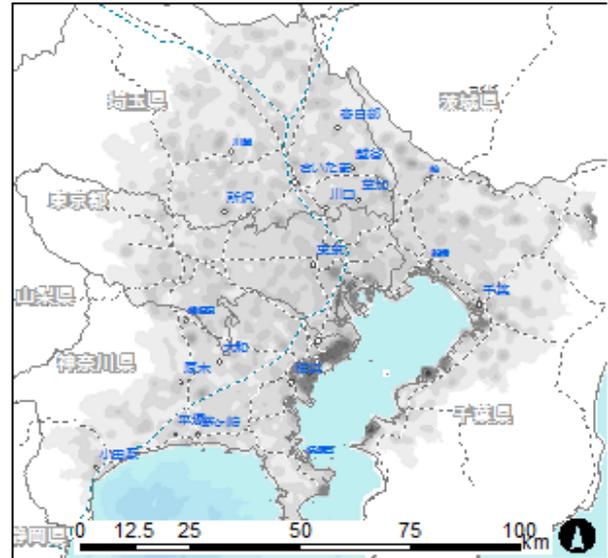
5) 空地情報の管理に向けた提案

災害対応における必要空地の意思決定および問題解決は、前述のような何らかの制約を受けない状態で空地の母集団を確定し、ある目的に対して必要となる諸条件を満たす空地が存在するかどうか、各種対応が時系列で進む中で必要な空地が周囲の自治体も含めて確保できるのかどうかといった判断が必要となる。たとえば、井ノ口ら(2010)¹¹⁾によれば、災害時の自治体業務でのデータベース活用における現実と認識の差を埋めることが重要とされている。つまり、空地に関するデータベースを活用するということは、ある時点までの活動で利用可能な資源量を状態変数とし、各空地が持つ様々な特徴も複合的に考慮して、限りある資源をどのように配分するのかというプロセスに他ならない。すなわち、最適資産配分問題や多期間計画問題のような数理モデルとして捉える事ができる。この様な意思決定の支援を可能とするためには、空地に関するデータベースを活かした総合的な空地管理システムの構築が重要な課題となる。

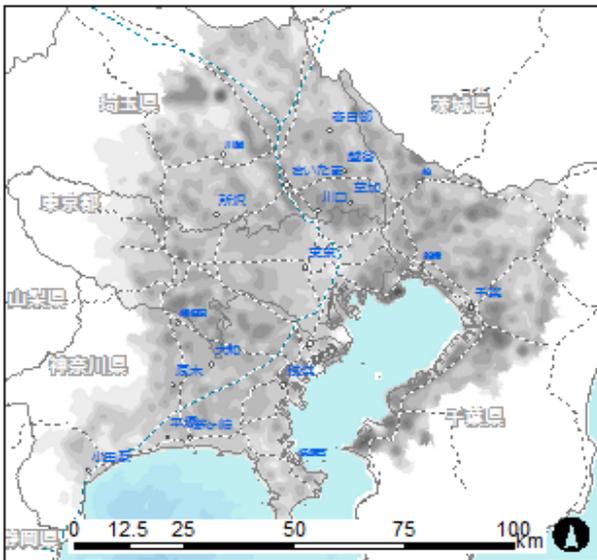
5)では、空地情報の管理に向けた意思決定概念モデルを提案し、各評価軸の必要性についてまとめを行った。そして、データベースの構築と運用に向けて、これらの過程で必要となる手続きに関して課題点の整理と実現性の考察を行った。



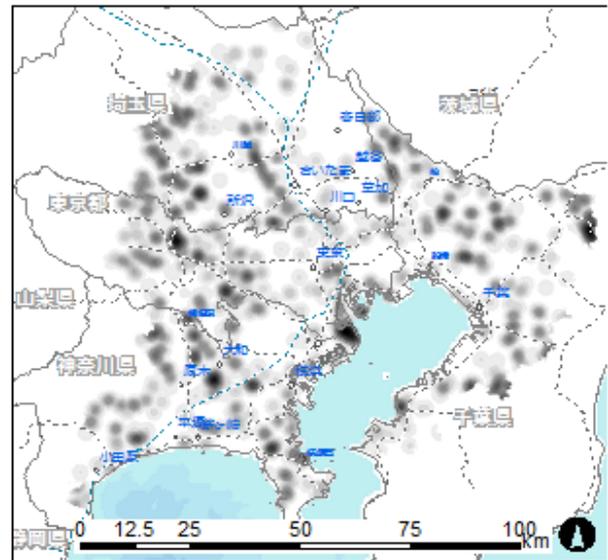
a) 低未利用地



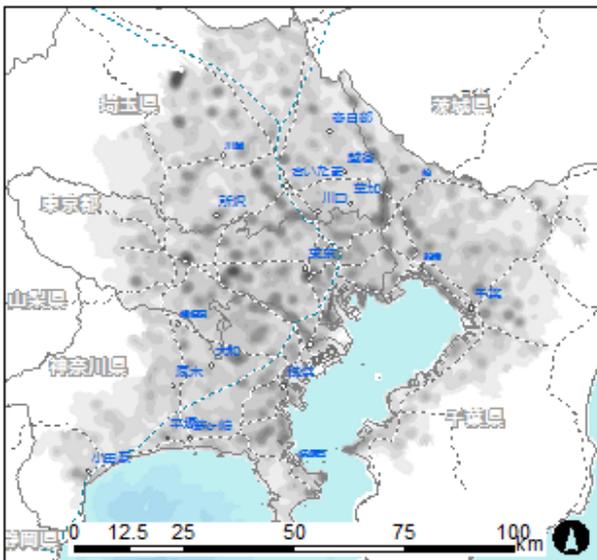
b) 公園緑地



c) 学校数地



d) 公共公益施設用



e) その他の空地

図5 カーネル密度推定法による空地の利用可能面積ポテンシャルの分布

a) 意思決定概念モデルの提案

空地利用に関する意思決定には、空地および空地に関する情報を収集して、作成された代替案から用途や機能などの評価基準に応じて選択することが求められることから、図 6 のように第 1 階層の総合目標に対して、第 2 階層に空地の用途を置き、第 3 階層に空地の機能を置き、そして第 4 の階層に空地の利用期間を置いた多階層のモデルを提案する。第 5 階層の代替案とは個別の空地を意味する。このような数理計画手法を応用した大規模な資源配分問題の一つとして、佐藤ら(2007)¹²⁾では応急仮設住宅の配分計画手法の構築を行っており、コジョイント分析よりも妥当としている。

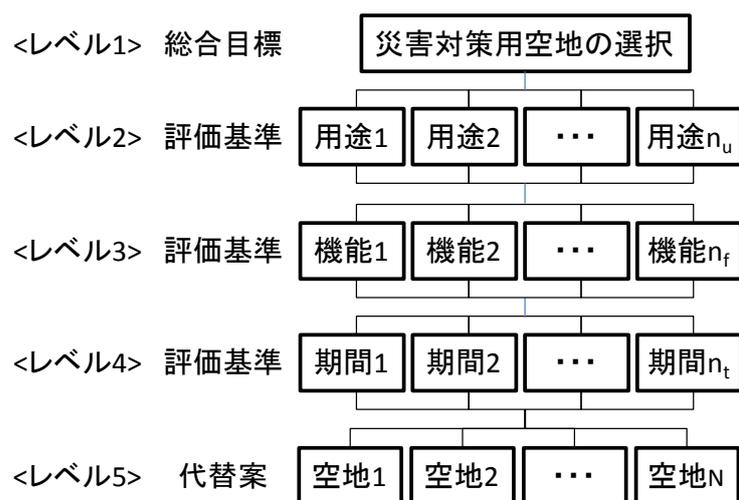


図 6 災害対策用空地選択の階層構造

代替案に関しては、前章で示したように、ある空間領域で切り取った場合において有限であり、事前に把握しておくことが可能である。かつ災害発生後に迅速な活動が求められる中で各基礎自治体が事前計画に基づいて初動の意思決定および行動した結果、一定時間が経過した時点での選択肢はより限定的となり得る。

第 2 階層の評価基準となる用途の要素としては、横浜市を例に挙げると、①いっとき避難場所、②ヘリポート、③自衛隊宿営地、④応援部隊集結、⑤物資輸送車両基地、⑥災害廃棄物仮置場、⑦家庭ごみ仮置場、⑧復旧資材置場、⑨仮設住宅建設用地、⑩仮設店舗・工事・事業所建設用地、⑪市街地整備用地、⑫災害公営住宅用地、⑬復興資材置場などが該当する¹³⁾。

第 3 階層の評価基準となる機能の要素としては、土地利用区分や面積（有効面積）をはじめとし、駐車場や運動場といった利用状況、電気・水道・ガスや接道などのインフラ整備、国や公社・公団、民間などの所有団体区分などが該当する。例えば、神奈川県での応急仮設住宅用地の設置基準では、「浸水、崖崩れ等の危険がないこと」、「水道、電気等のライフラインの整備が容易なこと」、「仮設住宅建設の資機材の搬入等が容易なこと」、「まとまった敷地であること」、「日常生活に支障を来さない場所であること」、「他の要件が同等である場合は、①公有地、②国有地、③民有地の順に選定すること」と定められており、面積に関しては公有地の場合に 2,000 m²以上、私有地の場合に 4,000 m²以上が目安とされている¹⁴⁾。その他、各自治体の地域防災計画によると、がれき仮置き場は公有地で 1 ha

以上、広域避難場所は 10ha 以上が目安であるとされている。

さらに、第 4 階層の評価基準となる利用期間については、多様な空間利用を行うために不可欠な時間軸マッチングの要素である。例えば、増田(2003)¹⁵⁾は初動期および応急対応機における公園の利用形態が震災後の時間経過に伴って順次変化していったことや、公園の規模や立地によって利用形態の役割分担が発生することを述べており、また、小口(2003)¹⁶⁾も都立公園の震災時利用について、災害フェーズによる時系列的なゾーニングの必要性を述べている。これらの空地が必要となる場面を時系列的に整理したものを次に示す。まず、初動活動期（発災から 3 日間程度）においては、職員の動員や拠点・避難所の開設、被害情報の収集のほか、人命救助や消火活動や混乱防止に利用されることから、避難場所や救援拠点のニーズが高まることが考えられる。また、応急活動期（4 日～ 10 日程度）においては、避難所運営は安定化に向かい、インフラ等の復旧に重点が置かれることから、復旧拠点のニーズが高まる。さらに、復旧活動期（11 日目以降）は、被災者の生活再建や復興施策の計画及び実行を行うことから、仮設住宅用地のほか、災害公営住宅用地や復興資材置場、解体廃棄物 仮置場等の復興用地のニーズが高まるといえる。したがって、意思決定に対する重みづけはこの時系列による空地ニーズの変化の影響も受けることとなる。

b) データベース構築に関わる提案

首都直下地震の被害規模や対象範囲、そして外部応援者も含む業務従事者の多様性を考慮すると、書類ベースの業務処理では対応が間に合わない。そこで ICT 技術を活用し、個々の空地に対して、a) 事前に空地情報を整備し、災害発生後に b) 利用希望の状況を整理しつつ、c) 利用可能な空地を割り当てていくためには、先に提案したモデルを踏まえてデータベースを構築し、d) 広域連携型の総合的な空地マネジメントシステムとして運用することが必要となる。これらの過程で必要となる手続きに関して課題点の整理と実装に向けた実現性の考察を行った。

i) 空地情報の事前整備

機能に関わる評価で用いられる空地の特性値は基本的に事前の計画段階で可能な限り埋めておくべきであり、災害発生後に必要に応じての現地調査した結果を効果的に反映させる仕組み作りも必要である。各自治体で整備対象となり利用想定用途が何であるのかを公表されている空地は公有地が主である。しかし、大規模災害時には私有地も選択肢として把握して残しておく必要がある。今回は市販の土地利用データを用いたため、刊行年度と都市化が進んだ現在においては土地利用現況の一部に乖離があるものの、5 年に 1 回程度見直されている都市計画データを用いることによってより正確かつ簡便に現存空地の母集団特定が可能となる。

地域防災計画に関しては web 上で PDF 形式にて公開されている自治体がほとんどであるが、紙をスキャンした画像のため特定の用語で検索が不可能であったり、編集ロックがかかって別のアプリケーションへコピー＆ペーストできなかつたりと、緊急時の再利用性に乏しいケースも存在する。一方で、たとえデジタル化されていたとしても、単に一覧表ができていだけでは十分に機能しない。災害発生後に収集されるデータと結合利用する

ことや、他組織も利用すること、および空間的な把握・可視化を行うことを前提としてリスト化することが重要となる。位置情報については、住所や地番を表記した文字列同士で直接的に情報を結合することは困難であるが、例えば、浦川ら(2009)¹⁷⁾は標準的な情報処理手法として、平常時の自治体業務の中で GeoTag 付スプレッドシートを利用することで、災害時との連続性を保ったデータベースを構築する手法を実証提案している。もし自治体毎に住所と位置座標の対応付けを整備していくことが困難な場合でも、全世界共通で扱える場所コードとしてはロカポ(LocalPoint)や N コードなど民間からも提供されている。また、昨今では国土地理院でも場所位置コードや ucode の利活用が検討されていることから、これらの一意の位置と ID を結び付ける仕組みが広域連携型の災害対応を実施する際に役立つことが期待できる。

さらに、設計・施工時の CAD データを空間参照可能な状態にすることによって土地利用データに記載されていない有効面積の算出が容易となる。情報の電子化と共有に関しては CALS/EC(2)が提唱されており、また近年 GIS データや表形式のデータを web を通じて遠隔地からも共有できる仕組みは技術的には確立されているが、積極的に共有されているとは言い難い。

これらの改善のためには、情報提供を行う側の個人情報保護への正しい認識と情報リテラシーの向上が必要である。単一のリストとしてだけでなく、社会情報基盤として公開する部分と公開制限部分を分離しながらも、緊急時には即座に相互参照可能なデータベースとして整備しておくことで平常時の情報共有はより円滑なものになり得る。

ii) 利用希望の状況整理について

申請者は確認・通達用の連絡先に加えて、利用目的や必要面積、利用期間を明記する必要がある。データベース入力担当者は 1 希望用途を 1 単位として、帳票の固有 ID や申込日などの文章管理情報を記載するとともに、必要面積や希望地域などのケース情報を拡充していくプロセスとなる。

iii) 利用可能な空地割り当てについて

利用可能な空地に対して、利用希望内容に記載されている条件を満たす、もしくは条件に準じるものを対応させていくプロセスであり、具体的には利用希望リストの ID と空地 ID のマッチングを確定させていくこととなる。また、照会結果だけではなく、照会プロセスも記録することが重複作業を避けるためにも必要であることから、照会日・利用決定日・利用辞退日などのログ管理もここに含まれる。

利用可能な空地の絞り込みにおいては、大規模な土地利用に対して、例えば「避難場所＋災害廃棄物仮置場＋復旧資材置場」のように複数の機能を同時に受け入れるケースが想定される。逆に、例えば家庭ごみ仮置き場では可燃ごみ・不燃ごみ・リサイクルなどの分別が求められることから、輸送コスト等に配慮して、単一機能でも近接する小規模な土地利用を複合的に利用するケースも想定される。そのためにはデータベースに格納されている文字や数値の属性だけではなく、特定の範囲から対象を空間的に絞り込むことができる空間検索機能も必要となる。例えば、稲垣ら(2010)¹⁸⁾は、防災拠点とされる公共的施設を業務担当範囲別に整理し、ライフライン途絶時の自立性について基本計画策定に資する地

域分類手法を提案しており、空間面・機能面・利用面での複合的な利用方法の在り方を示唆している。

さらに、災害フェーズによる時系列的なニーズの変化に対応するため、利用予定期間とも対応がとれる仕組みでなくてはならない。特に、必要量に対して提供可能な空地が不足する場合は、時間軸で棲み分けをしながら災害対応業務全体を最適化していくことが望ましい。例えば、利用したい空地が現在もしくは近い将来に占有されていないかどうか自動的に判断し重複判定フラグを立てることで、その時点での検索候補から除外する仕組みや、プロジェクトのスケジュール管理で一般的に利用されえるガントチャートを地理空間情報および属性情報とリンクさせ、都市レベル・地区レベル・個別レベルで状況把握できる仕組みも効果的な手法であると考ええる。

iv) 運用について (図 7)

意思決定の品質を担保するには、意思決定の情報と評価基準に加えて、意思決定を行う人・組織が必要となる。しかも、首都圏を中心とした周辺自治体や応援自治体における全体状況を見渡し管理するような組織でなければならない。現在、首都直下地震対策の一環として基幹的広域防災拠点の整備計画が実施されており、国や地方自治体などの合同現地対策本部を設置する本部棟施設として有明の丘基幹的広域防災拠点が 2009 年 6 月に竣工された。各自治体の情報を収集し、全体調整の検討を行いながら意思決定していくために、管理主体としては有明へ参集する広域防災のヘッドクォーター組織が妥当であると考えられる。また、平常時における社会基盤の管理と連続性をもって対応することが必要なことから、有識者や実務経験者から構成される団体・協会・独立行政法人との柔軟な連携もしくはそれらへの業務委託も検討に入れる必要があると考える。

(c) 結論ならびに今後の課題

「首都直下地震の発生が持つ問題構造」の全体像の中で、災害対応のボトルネックとなる主要課題に対する解析手法の検討を実施するために、中核問題構造についての空間的・定量的解析を実施した。

具体的には、空地の課題に対して、災害対応用空地の広域圏での総合的なマネジメントの実現に向けて、首都直下地震の発生が危惧されている東京都・神奈川県・埼玉県・千葉県 の 1 都 3 県を対象とし、必要となるデータベースシステム構築の基礎的検討を行った。まず、空地に関する問題の整理からは、各種災害対応において必要となる空地が、既成市街地では物理的および利用制約的な観点から不足しているという問題構造を明確化し、その対立を解消する実現可能性の高い解決策として空地のマネジメントの重要性を示した。

空地に関する空間データベースのエントリ（ケース情報）は土地利用データを用いることによって比較的簡便かつ網羅的に整備できること、および他の施設や場地の空間レイヤーを組み合わせることによって属性情報を拡充することが可能であることを確認できた。また、どの程度の規模の空地が、どの辺りに分布しているのかをそのポテンシャルも含めて定量的に把握するとともに、広域連携による情報管理によってスケールメリットが期待できることを確認した。

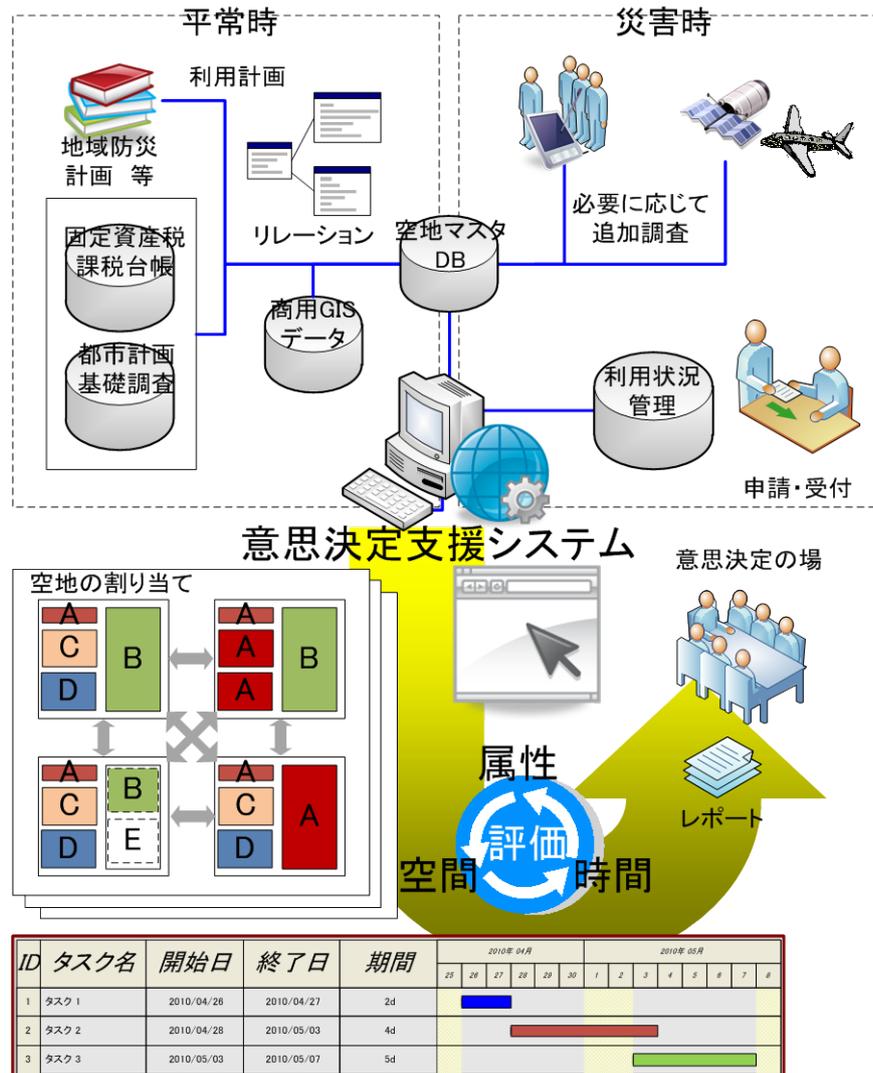


図 7 空地マネジメントシステムの利用イメージ

仮説に基づく、解析を実施したことで、さらに、災害対応における必要空地の意思決定および問題を最適資産配分問題や多期間計画問題と捉え、意思決定プロセスを整理するとともに、データベースの実装に向けた問題点の整理と考察を行うことにより、既存データの利用促進および効果的運営に注目したシステムの整備施策を提示することができた。

今後の展開としては、各自治体の現行計画で指定されている対応や管理の計画と、本研究で示した手法を用いて明らかにした実態を照らし合わせ、意思決定モデルの評価基準の重みづけを明らかにしていくこと等を目指す。

(d) 引用文献

- 1) 程潔他：首都直下地震における問題構造解明のための TOC 論理思考プロセスの適用，地域安全学会論文集 No.11，pp.225-233，2009.
- 2) 中央防災会議：防災分野の研究開発に関する委員会第 52 回，公表，2009.
- 3) 神戸市防災会議：災害時空地管理マニュアル空地管理，pp.86-91，2009.

- 4) 中央防災会議：首都直下地震対策大綱，2005
- 5) 国土交通省 都市・地域整備局 都市・地域政策課 広域都市圏整備室：平成15年度大都市圏震災市街地における広域的な復興方策検討調査報告概要，2003.
- 6) 国土地理院：数値地図5000(土地利用)首都圏2000年，(財)日本地図センター，2007.
- 7) 国土地理院：細密数値情報(10mメッシュ土地利用)1994年，(財)日本地図センター，2002.
- 8) ESRI ジャパン(株)：ArcGIS データコレクションスタンダードパック，2008
- 9) (株)JPS：学校ポイントデータ，2007.
- 10) 内閣府（防災担当）：避難者に関わる市区町村等の対策現況（アンケート結果）と課題について，pp.56-64，2007.
- 11) 井ノ口宗城，田村圭子，林春男：生活再建支援台帳システムの効果的運用を目指した被災者確定業務の効率化手法，地域安全学会論文集 No.12，電子ジャーナル，2010.
- 12) 佐藤慶一、石橋健一：応急仮設住宅の配分計画手法の構築と検証，日本建設学会計画系論文集第616号，pp.121-128，2007.
- 13) 横浜市：横浜市地域防災計画資料編，pp.575-578，2007.
- 14) 神奈川県保健福祉部保健福祉総務課，神奈川県県土整備部住宅課：神奈川県応急仮設住宅供給マニュアル，2006.
- 15) 増田昇：都市防災と公園配置及び機能，ランドスケープ研究，Vol.66 No.3,pp.180-184. 2003.
- 16) 小口健蔵：都立公園における防災公園整備プログラムと震災時利用計画の策定，ランドスケープ研究，Vol.66 No.3,pp.208-212，2003.
- 17) 浦川豪，林春男：位置情報に基づく災害対応業務を効果的に遂行するための標準的な情報処理手法の確立，地域安全学会論文集 No.11，2009.
- 18) 稲垣 景子，佐土原 聡：災害時の自律性を確保する拠点区域選定のための地域分類－横浜市の公共的施設を対象とした調査分析－，地域安全学会論文集 No.12，電子ジャーナル，2010.

(e) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表
なし

学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載論文（論文題目）	発表者氏名	発表場所 （雑誌等名）	発表時期	国際・国内の別
なし				

マスコミ等における報道・掲載
なし

(f) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成23年度業務計画案

これまで4年間の全体ワークショップを通して明らかになった「首都直下地震の発生が持つ問題構造」の全体像と災害対応のボトルネックとなる主要課題についての定量評価をもとに、以下の4つのシステムの構築・高度化を行う。

- ・地震ハザードプラットフォーム
- ・首都圏直下版災害対応シミュレーター
- ・地理空間情報マッシュアップシステム
- ・Web上で統合した首都直下地震ジオポータル

それらをもとに、科学的知見にもとづく蓋然性の高い地震災害シナリオとしてまとめる。サブプロ①で得られる最新の知見をもとにした災害シナリオワークショップ等を通して地震断層モデルと強震動予測を行い、それによって発生が予想される各種被害量とその空間配置を明らかにする。これらの知見を専用サーバーによってマルチメディアを用いてわかりやすく情報発信する。