

3.2.2.3 建物被害調査に関する教育・訓練システムの開発

(1) 業務の内容

(a) 業務の目的

防災リテラシー向上のためのトレーニングシステム開発における一つのテーマとして、建物被害調査に関する教育・訓練システムの開発を行い、首都圏での実証実験によりその有効性を検証する。

(b) 平成 26 年度業務目的

1) 建物被害調査システムの設計

平成 25 年度には、高層建物を対象とする建物被害調査方法の検討をおこない、高層テナントビルを想定した建物被害調査の演習等において適用性を確認した。一方、具体的な建物被害調査システムの設計においては、建物全体の被害把握へつなげる検討が必要となる。そこで平成 26 年度は、平成 25 年度の検討結果をもとに、調査の効率性と調査結果の使用性を確保するような被害調査システムを設計し、「中心市街地における効果的な災害対応能力向上のための教育・訓練システムの開発（代表：久田嘉章 工学院大学教授）」と連携しながら高層建物を対象に検証をおこない、課題を抽出する。

さらにサブプロ②と連携すべく、研究運営委員会および研究監視委員会へ出席するとともに、建物に設置されたセンサー情報と目視調査の組み合わせによる建物被害調査方法の基礎的検討をおこなう。

2) 建物被害調査員に対する研修・訓練システムの開発と試行

平成 25 年度までの成果によって、建物被害調査における調査データの統合に関する課題の整理を整理し、解決策の提案とモバイルツールを活用したプログラムの試作をおこなった。これらによって紙データからデジタルデータへと調査データの統合は実現したものの、新しいシステムであるため調査開始からデータ集計までの一連の流れに基づく研修・訓練システムが必要になる。平成 26 年度は、研修・訓練対象として、ビル管理会社社員や自治体職員とし、モバイル訓練支援ツールを活用した建物被害調査研修・訓練システムの開発と試行を行う。

(c) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
富士常葉大学大学院環境防災研究科	教授	田中聡	
富士常葉大学大学院環境防災研究科	研究科長・教授	重川希志依	
富士常葉大学大学院環境防災研究科	准教授	河本尋子	

(2) 平成 26 年度の成果

(a) 業務の要約

1) 建物被害調査システムの設計

- ・調査の効率性と調査結果の使用性を考慮した建物被害調査システムの設計
- ・「中心市街地における効果的な災害対応能力向上のための教育・訓練システムの開発」と連携し、

新宿駅西口地域における防災訓練を事例としたシステムの検証

2) 建物被害調査員に対する研修・訓練システムの開発と試行

- ・モバイル訓練支援ツールを活用した建物被害調査研修・訓練システムの開発
- ・自治体職員を対象とした研修・訓練システムの試行と課題の検討

(b) 業務の成果

1) 建物被害調査システムの設計

a) 高層テナントビルを想定した建物調査システム

昨年度は、災害対応初動期において建物入居者自らが行う建物被害確認と情報集約に焦点を絞り、多数の入居者がいる高層テナントビルを対象とした具体的な調査フォーマットおよび携帯情報端末を用いた調査ツールを開発し、新宿駅西口地域で行われた地震防災訓練に適用して有効性を確認した。一方、調査の効率性および調査結果の使用性に関する課題も挙げられた。そこで今年度は、昨年度の検討結果を踏まえて建物被害調査システムを設計した。図1に高層テナントビルを想定した建物被害調査の流れを示す。図2～図4に図1に示す一連の調査に用いる調査シートと記入例を示す。図5には携帯情報端末(iPad)を使用した建物被害調査の流れを示す。昨年度の検討結果を踏まえた主な改善点は以下の通りである。

i) テナントが記入した建物被害をビル全体で集計する調査の流れを活かし、平常時から建物・室内の不具合の申告や施設管理ツールとして活用できる様式にした。(図1)

i i) 紙版チェックシートにおいて、建物の部位を12分類から7分類に集約し、記入・集計の簡便性と視認性の向上を図った。また、鉄骨造建物の構造躯体の詳細調査を実施する際の参考情報として、柱梁接合部の溶接部破断時等に発生する音も記録できるようにした。(図2)

i i i) 紙版チェックシートにフロア図面を追加し、テナントごとに図面に記入した情報をフロアで集約し伝達できるようにした。(図3)

i v) フロアごとに数値化した被害情報を建物全体で集計する際に、フロア単位の調査優先度を参考値として11段階で評価できるようにした。(図4)

v) 携帯情報端末版ツールにおいて、端末内蔵カメラを使用したオールインワンのパッケージとし使い勝手の向上を図った。(図5)

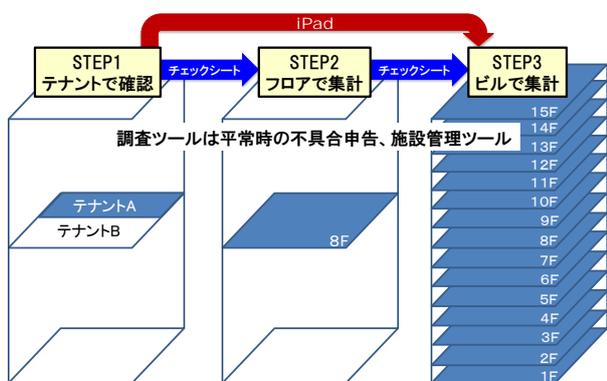


図1 高層ビルを想定した建物被害調査の流れ

部位	被害種類	被害状況	状況記入欄 (図面に記入)
①	柱	変形、傾斜、転倒、はがれ、割れ	○
②	梁	変形、陥没、開閉異常	○
③	窓	変形、陥没、開閉異常、割れ、ひび割れ	○
④	天井	変形、陥没、はがれ、ひび割れ	○
⑤	照明器具、設備機器	変形、陥没、傾斜、転倒、脱落	○
⑥	家具	変形、傾斜、転倒	○
⑦	上記以外の部位	図面記載の被害、目視での被害、調査結果等	○

図2 テナントごとに記入するチェックシートと記入例 (建物チェックシート① (テナント記入用))

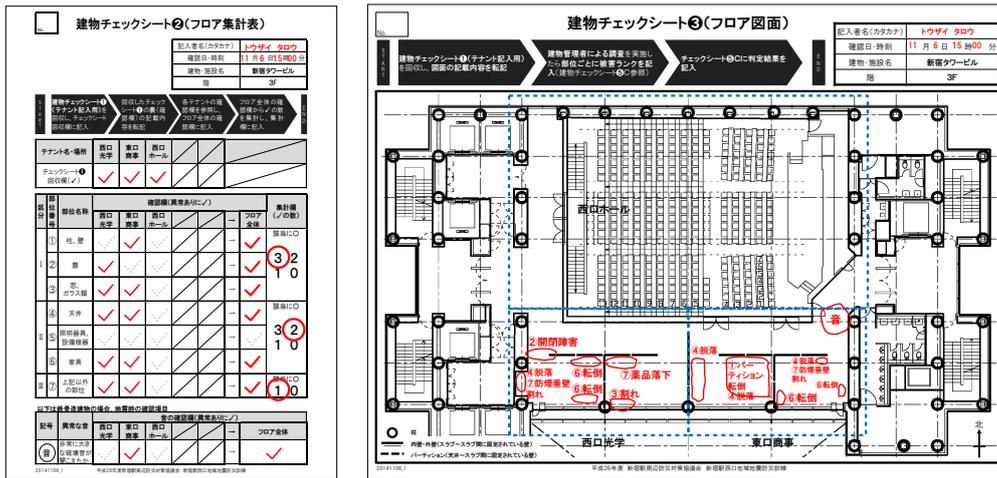


図3 フloorごとに記入するチェックシートと記入例

(左：建物チェックシート② (フロア集計表)、右：建物チェックシート③ (フロア図面))

建物チェックシート④ (建物集計表)

記入者名(カタカナ)	トウザイ タロウ
建物 施設名	新宿タワービル
建物チェックシート②を回収し、チェックシート④の集計欄に記入	回収したチェックシート④の集計欄の書き方集計結果記入欄に記入
被害箇所は、建物チェックシート③の被害箇所を記入欄に記入	被害箇所は、フロア集計結果記入欄①～③の被害箇所を記入欄に記入
被害箇所は、調査時に調査した被害箇所を記入欄に記入	被害箇所は、調査時に調査した被害箇所を記入欄に記入
被害箇所は、調査時に調査した被害箇所を記入欄に記入	被害箇所は、調査時に調査した被害箇所を記入欄に記入

階層	柱・壁	窓	天井	床	階段	エレベーター	その他	合計
3F	0	2	0	0	0	0	0	2
2F	0	0	0	0	0	0	0	0
1F	0	0	0	0	0	0	0	0
各調査優先のフロア数	0	2	0	0	0	0	0	2

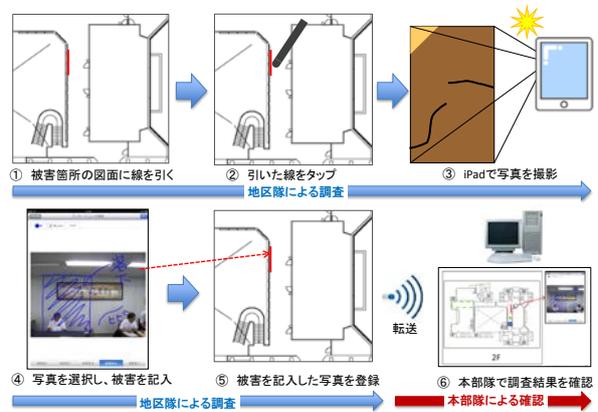


図4 建物全体で被害を集計するチェックシートと記入例 (建物チェックシート④ (建物集計表))

図5 携帯情報端末 (iPad) を使用した建物被害調査の流れ

b) 新宿駅西口地域における防災訓練への適用と検証

昨年度に引き続き、研究課題「中心市街地における効果的な災害対応能力向上のための教育・訓練システムの開発」と連携して新宿駅西口地域における自衛消防訓練において建物被害調査システムを用いた建物被害情報の収集を試行した。28階建ての超高層テナントビルにおける発災直後から10時間以内の初動対応の場面を想定した自衛消防訓練において、工学院大学新宿校舎の一部を使用し、3階に2つのテナント、8階に1つのテナント、1階に防災センターを設定してテナントごとに自衛消防隊の地区隊を編成し、防災センターには本部隊を編成して建物被害の確認と集約を行った。訓練では、仮想のテナント内にそれぞれ建物被害写真を6枚掲示し、紙版チェックシートを用いた訓練と、携帯情報端末版ツールを用いた訓練をそれぞれ1回ずつ行った。紙版チェックシートを用いた訓練では、図1の高層ビルを想定した建物被害調査の流れに沿って、テナントごとに確認するSTEP1、フロアで集計するSTEP2、ビル全体で集計するSTEP3の順に進められた。各調査ステップの内容は以下の通りである。

・STEP1: 各テナントの地区隊に配置した安全防護班2名が建物被害を確認し、建物チェックシート① (図2) の平面図に位置、部位および状況を記入し、表に損傷部位のチェックを記入し

た後、1階防災センターの本部隊に伝達した。

・STEP2: 本部隊に配置した安全防護班3名がチェックシート①の内容をフロアごとにチェックシート②、③(図3)に転記し、チェックシート②にはフロア全体で損傷した部位の数を区分Ⅰ～Ⅲに分けて集計した。なお、Ⅰは層間変形に依存する部位で0～3、Ⅱは床応答加速度に依存する部位で0～3、区分ⅢはⅠ、Ⅱ以外の部位で0または1に数値化した。

・STEP3: 本部隊の安全防護班がチェックシート②の内容をチェックシート④(図4)に転記し、集計欄Ⅰ～Ⅲの値を用い、下式により0～10の11段階でフロア単位の調査優先度を求めた。

$$\text{調査優先度(参考値)} = \text{Ⅰ} \times 2 + \text{Ⅱ} + \text{Ⅲ}$$

訓練における紙版チェックシートの表および図面への記入状況はおおむね良好であった。

携帯情報端末ツールを用いた訓練では、図5の建物被害調査の流れに沿って、各テナントの安全防護班が損傷位置・範囲のマーキング、写真の撮影、写真への損傷状況の記入および写真の損傷位置への登録をiPadのみで行い、ビル内のLANを介して本部隊の端末に調査結果を転送した。本部隊では、端末に表示された平面図上で調査結果を確認した。8階テナントの訓練における携帯情報端末版ツールによる建物被害の入力結果を図6に示す。損傷位置のマーキング、写真の撮影および写真への損傷の記入状況は良好である。

これらの訓練結果により、超高層オフィスビルを想定した個々のテナントを情報提供者とした建物被害情報の収集および建物全体での情報集約方法として、建物被害調査システムの有効性を確認することができた。

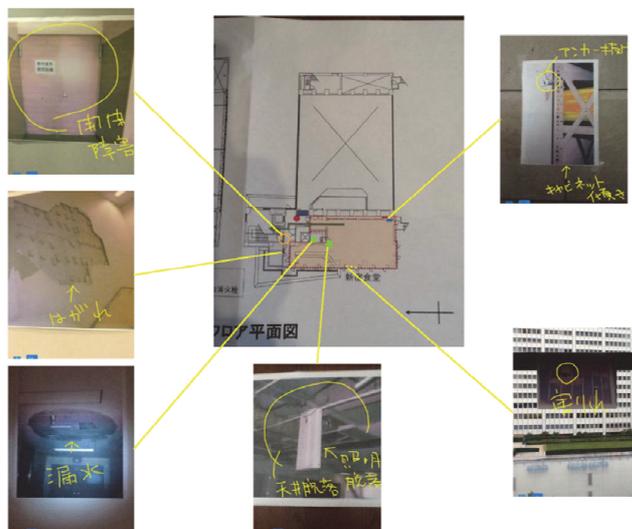


図6 携帯情報端末(iPad)による建物被害の入力結果(8階テナントによる結果)

2) 建物被害調査員に対する研修・訓練システムの開発と試行

a) 建物被害調査システムのアプリ化

モバイル訓練支援ツールを活用して被害調査研修・訓練おこなうためには、支援ツールをどのタブレット端末にもインストールできるようにアプリ化する必要がある。そこでまず、昨年度まで開発した建物被害調査システムをアプリとしてApp Storeにおいて公開し、誰でも入手可能な状態とした(<https://itunes.apple.com/jp/app/jian-wu-bei-hai-diao-zha/id918601296?ls=1&mt=8>)。本年度はまず、開発が進んでいる木造建物の調査システムについて公開した。

b) YouTubeによるインストラクション・ビデオの配信

次に、研修者が各自で調査アプリの使い方が学習できるように、建物被害調査アプリの使い方を解説するビデオを作成し、YouTubeにて配信した。ビデオ作成においては、調査手順を a)平面図の取り込み、b)被害を平面図上にプロット-柱の被害-、c)被害を平面図上にプロット-壁の被害-、d)被害部位の写真撮影、e)被害写真への被害状況の記入、f)損傷程度の確認と入力、の6ステップに分け、それぞれについて実際の被災住宅を使って説明した(図7)。



図7 建物被害調査ツールのインストラクション・ビデオ
(<https://www.youtube.com/watch?v=KlqpJrjX-PQ>)

c) 標準的な練習問題の作成

アプリの性能を検証するとともに、システムの使い方練習のための例題として、標準的な練習問題を作成した。練習問題の一例を図8に示す。練習問題は5m×5mの正方形の平面図上に面要素、線要素、点要素を配置し、それぞれの要素にさまざまな被害程度を設定した。図面は縮尺1/50で作図され、各要素の面積・長さが測定可能であるため、これらの各部位の損傷率および損害割合の正解が計算できる。この正解と研修者がアプリを使って算出した結果を比較しながら、アプリの使用方法を学習する(図9)。

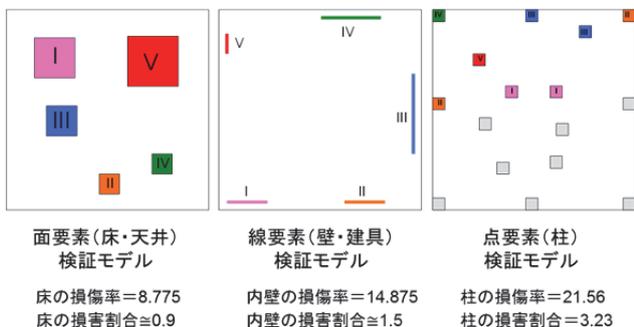


図8 標準的な練習問題の例

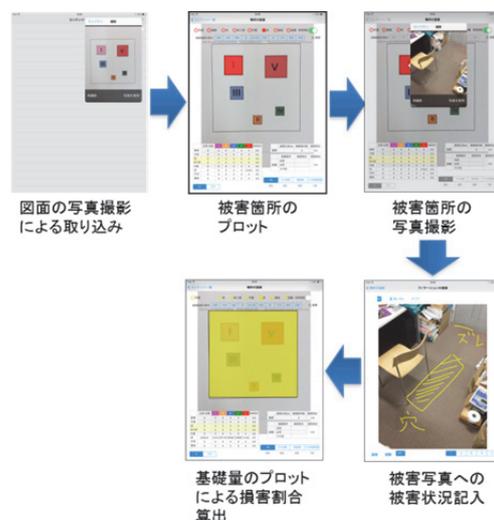


図9 アプリの使い方手順

d) 自治体職員に対する被害調査研修の実施

これらの仕組みを活用して、小千谷市に現存する被災住宅を使い、自治体職員の建物被害調査研修を実施した。研修は2014年6月16-17日、10月31日の3日間、計46自治体（88名）に対して実施された。参加者ほぼ全員、建物被害調査が初めての職員であった。研修では、各班（二人一組）にタブレット端末1台を配布し、一人はタブレット端末を用いた調査、もう一人は従来実施されている紙の図面を用いた調査をおこなった。はじめに、被害調査の概要の説明の後、ビデオ学習、さらに練習問題に取り組んだ後、被災建物において実際の調査を実施した（図10）。タブレット端末による自治体職員の調査結果の一例と正解を図11に示す。



図10 自治体職員に対する被害調査研修の様子

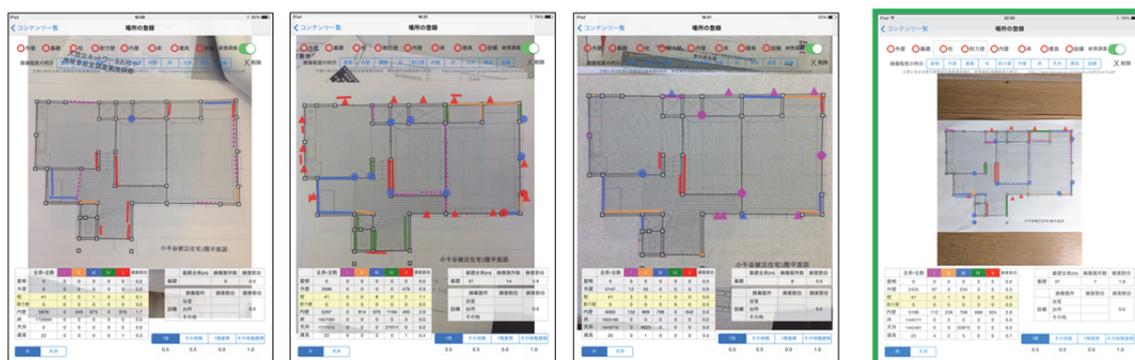


図11 自治体職員による建物被害調査結果の例（左3枚）と正解（右端）

研修者の調査結果を比較すると、調査した部位、すなわち被害を確認した部位はどれも大きく違うことはないが、その損傷程度の評価が班によって異なっていることがわかる。さらに撮影された被害写真を確認すると、損傷箇所はほぼ間違いなく確認されており、損傷程度の評価がばらつく主な原因は損傷箇所の見落としではない。これは、初心者であっても損傷箇所の確認は可能であるが、損傷程度の評価にばらつきが発生することを意味する。研修者からは、特に損傷程度 II、III、IV の違いの判別が難しいことが、研修後のブリーフィングでも指摘された。また、調査終了後、結果を集計し建物の損害割合を算出した。タブレット端末ではアプリケーションが自動計算するが、紙の図面での調査結果から損害割合を集計する作業は、多くの研修者が手間取り、時間内に結果を算出できなかった。調査終了後、この建物の被害状況の正解を配布し、各自の結果と比較し、課題を検討した。

(c) 結論ならびに今後の課題

1) 建物被害調査システムの設計

高層テナントビルにおける個々のテナントを情報提供者とした建物被害情報の収集および建

物全体での情報集約方法について、昨年度の検討結果を踏まえ、調査の効率性と調査結果の使用性を考慮した建物被害調査システムを設計し、新宿駅西口地域で実施された地震防災訓練における自衛消防隊の活動に適用して有効性を確認した。一方、訓練で行ったような組織的な建物被害情報の収集が困難な場合の対策として、建物内の滞在者個人々人を情報提供者として建物被害情報を収集するための仕組みを検討することも有効であると考えられ、今後の課題である。

2) 建物被害調査システムの設計

災害発生後の建物被害調査において活用するモバイル調査支援ツールを活用するために、建物被害調査研修・訓練システムの開発し、自治体職員を対象とした研修の試行をおこなった。開発したアプリケーションを公開し、誰でもインストール可能な状態とするとともに、使用方法に関する映像や練習問題を作成した。これらを用いて建物被害調査研修を実施し、その有効性を確認するとともに、課題を検討した。特にモバイル調査支援ツールを用いることによって、研修後、研修者の結果と正解との比較が可能となり、学習として有効であることが明らかになった。

(d) 引用文献

なし

(e) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

発表成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表場所 (学会等名)	発表時期	国際・国内の別
超高層ビル街における地震後の建物被害確認と情報集約手法の検討（口頭）	本橋直之、鱒沢曜、田中聡、久田嘉章、水越熏、中嶋洋介、宮村正光、諏訪仁	第14回日本地震工学シンポジウム	2014年12月	国内
建物被害調査におけるVisual Monitoring System構築に向けたデータ共有システムの開発（口頭）	田中聡	第14回日本地震工学シンポジウム	2014年12月	国内
超高層ビル街における地震後の建物被害確認と即時使用性判定に関する研究 その1：テナント入居者による建物被害確認と情報集約（口頭）	本橋直之、鱒沢曜、田中聡、久田嘉章、宮村正光、諏訪仁	日本建築学会 2014年度大会	2014年9月	国内
超高層ビル街における地震後の建物被害確認と即時使用性判定に関する研究 その2：携帯情報端末を活用した建物被害調査システム（口頭）	田中聡、鱒沢曜、水越熏、中嶋洋介、久田嘉章	日本建築学会 2014年度大会	2014年9月	国内

学会誌・雑誌等における論文掲載
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

名称	機能
建物被害調査	災害時に建物に発生した被害を調査し、内閣府の基準に準拠した建物の損傷程度を評価する。

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 27 年度業務計画案

(a) 個人を対象とした建物被害情報収集システムの検討

平成 26 年度には、高層建物を対象とする建物被害調査システムを設計し、超高層オフィスビルを想定した個々のテナントを情報提供者とした建物被害情報の収集および建物全体での情報集約方法について、その適用性を確認した。一方、オフィスビルや商業施設には従業員のほかに、訪問者など多くの滞在者が存在する。そこで平成 27 年度は、オフィスビルや商業施設の従業員や訪問者など、滞在者個人々人を情報提供者として多数の建物被害情報を効率的に収集するための仕組みを検討する。さらに、収集した情報を効果的に活用するための基礎的検討として、超高層オフィスビルの管理体制の実態把握を目的とするヒアリング調査を行う。

(b) スマートフォンを活用した建物被害調査システムの検討

平成 26 年度までの成果によって、開発したモバイルツールを建物被害調査において活用するための建物被害調査研修・訓練システムを開発し、実建物を利用してビル管理会社社員や自治体職員を対象とした建物被害調査研修・訓練を試行した。これらの試行によって、開発したシステムは有効に機能し、研修によって調査員がシステムを使用できるようになることが確認されたが、携帯端末としてのタブレット端末の普及があまり進んでいないことも明らかになった。そこで平成 27 年度は、開発したシステムをスマートフォン向けに改修し、タブレット端末との使用性の比較を行う。さらにビル管理会社社員や自治体職員を対象に実建物において試行し、調査員に対する研修・訓練方法を検討する。