

地震災害時における効率的な現地被害情報収集システムの開発

An Efficient System for Acquiring Earthquake Damage Information in Damaged Area

柴山 明寛¹, 久田 嘉章²

Akihiro SHIBAYAMA¹ and Yoshiaki HISADA²

¹工学院大学大学院工学研究科建築学専攻 学生 修士 (工学)

Graduate Student, Dept. of Architecture, Kogakuin Univ, M.Eng

²工学院大学建築学科 教授 工博

Prof., Dept. of Architecture, Kogakuin Univ, Dr.Eng.

Various real-time systems for estimating the strong ground motions and the earthquake damage have developed after the 1995 Hyogoken-Nanbu earthquake. However, it should be careful that the actual earthquake damage can be very different from the estimated damage. If we rely on only the estimated information, an appropriate emergency response may not be accomplished. On the other hand, the estimated information can be useful to locate the actual damage areas at the beginning of initial investigations. Therefore, on the basis of those ideas, we proposed the real-time system for acquiring earthquake damage information(Shibayama,et.al,2002).In this paper,we further develop the system to be flexible for various situations and carry out on-site experiments to check the effectiveness of the system.

Key Words : earthquake damage information, earthquake damage estimation, in-site Survey, GIS, mobile computing

1. はじめに

1995年の阪神淡路大震災で初期の災害情報空白期や初動対応の遅れの問題が上げられた。そこで、震災の教訓から様々な地震防災システム¹⁾²⁾³⁾が開発された。しかしながら、これらのシステムのほとんどが推定情報のみで実被害把握まで至っていないのが現状である。

実被害を正確に把握する方法としては、現地調査がある。現地調査とは、調査員が災害現場や調査場所の現場に行き、調査内容に準じながら調査対象物を目で観て状況を判断するもので、震災時の初動調査、学会等による学術調査、自治体等による応急危険度判定、被災度区分判定がそれに当たる。現状の現地調査方法は、紙地図もしくは紙の調査票に書き込む方式が一般的で、此処数十年の間、現地調査のスタイルに変化はみられていない。その理由としては、調査判断した内容を記載する行為に関しては単純であり、紙の調査用紙は複写機で大量に同様なものが作成できる利便性があるからである。しかし、紙の媒体では調査範囲・調査対象が増大すれば、それにともない紙地図や紙の調査票が増え、調査の支障をきたし、情報を送る場合においてもFax等では多くの時間を要し、運ぶにしても時間がかかる。また、自治体や災害対策本部等に大量に調査されたデータが運ばれた場合、集計に多くの時間を要し、初動などの迅速な対応が求められる場合では利用するのは難しい。そのため、現状の紙の媒体による現地調査方法では、地震災害時における迅速な対応が難しく、何らかのかたちで被害情報をデジ

タル化する必要がある。被害状況及びその位置情報をデジタル化をすることにより、GIS（地理情報システム）や防災システム等への移行が容易になり、また、地図上に被害状況が視覚化され、初動対応や復旧復興対応の判断がし易くなる。そのような観点からいくつかのシステムが研究開発されている。

現在、研究開発されているシステムとしては、まず、消防研究所の消防活動支援情報システム⁴⁾の携帯型被害情報収集端末がある。これは携帯情報端末を持ち、現場で情報端末で表示される地図を見ながら被害状況の位置・被害状況をスタイラスペンで入力し情報をデジタル化するシステムである。また、GPSの位置情報を利用し、その位置と被害状況を携帯電話に保存し被害情報を収集する横浜国立大学のGPS携帯電話による被害状況把握システム⁵⁾や、広島工業大学の音声入力による被害情報収集システム⁶⁾、その他に町内会等の地域コミュニティーを利用した情報収集端末で災害時期に応じた時系列の処理が可能な名古屋大学の安震君⁷⁾などのシステムがある。しかし、消防活動支援情報システムやGPS携帯電話、音声入力システムなどは専用の機器が必要であり、大規模災害などの多くの人員をかけて調査する場合には難しい。また、アプリケーションをダウンロードできるGPS携帯電話の被害状況把握システム以外は、災害時にすぐに誰でも自由に使用する事はできない。そして、これらのシステムは被害項目が、ある程度固定化しているため、様々な状況に応じた対応が難しい。

そこで、著者は実被害を効率的に収集するために推定情報、及び2つの実被害把握方法を組み合わせ早期被害情報把握システム⁸⁾の提案を行った。本研究では、この実被害把握方法として提案したシステムの1つ、特殊な機器を用いることなく汎用のデジタル情報端末を利用し、災害時期に応じた調査項目の変化に対応させた現地被害情報収集システムの開発を行った。また、本システムを開発するにあたって、従来の紙の媒体による現地調査手法と比較を行いシステムの有用性に関して実験を行った。

2. 現地被害情報収集システムの開発

現地被害情報収集システムは、ROSE (Real-time Operation System for Earthquake)^{9) 10)}などの推定被害情報を基に甚大な被害が予想される地域において地元又は周辺地域の防災専門家やボランティアが被災地に入りデジタル情報端末を用いて実際の被害状況を効率的に収集を行うシステムである(図1、写真1)。

本システムは、従来の紙の媒体で行う現地調査をデジタル情報端末に持ち替えて、調査対象物の状況情報、及び対象物の位置情報を地図上にマッピングし、視覚化及びデジタルデータ化するものである。また、震災直後の初動調査から震災復興の応急危険度判定、被災度区分判定の調査まで震災時期に応じた調査項目の選択が可能であり、被害情報の収集・伝達・集計の一連の流れをデジタルデータ化し、情報伝達の効率化を図ったシステムである。

本システムの特徴をまとめると以下の9つになる。

- ①被害収集に特化した簡易型GIS(地理情報システム)
- ②災害時期に応じた調査項目の変更が可能
- ③被害情報の収集もしくは集められてきた情報の集計などの用途に応じた使い分けが可能
- ④地図と連動したGPSの利用可能
- ⑤汎用地図(ベクタ、ラスター)の利用が可能
- ⑥特殊機器を用いることなく汎用パソコンで使用が可能
- ⑦操作はマウス、タブレット、キーボードで可能
- ⑧プログラムソースを公開
- ⑨ライセンスフリーであるため災害時の大量配布が可能

本システムの大きな特徴として、GIS画面およびGPSで現在位置が確認できるため、土地感のない外部の人間でも道に迷うことなく使用可能なこと、ライセンスフリーで使用方法が簡単であるため、地震災害時にはボランティアによる調査員の大量動員が可能であること、なども挙げられる。



写真1 現地被害情報収集システムのハードウェア例

(1) システム構成及び機能

現地被害情報収集システムの基本となる構成要素は、現地被害情報収集システムのアプリケーションソフト、パーソナルコンピュータ(以下:パソコン)、及びアプリケーションにインポートする地図の3つからなる。

現地被害情報収集システムのアプリケーションソフト本体は、プログラム言語のMicrosoft Visual Basic 6.0 SP5を用いて開発を行った。プログラムは商用目的以外に用いる場合に限りオープンソースとし、また、災害時などの大量配布を可能にするためにライセンスフリーである。

パソコンとしては、一般的に市販されているデスクトップ型、ノートブック型、タブレット型で使用可能である。仕様は、Microsoft Windows 95以上のオペレーティングシステムでCPU: Pentium MMX 200MHz以上、メモリ:64MB以上、ハードディスク:20MB以上の空き、モニター:256色以上で動作するパソコンで使用可能である(地

[メイン画面]



[被害項目入力カウインドウ]

対象物の種類、建物の構造種別、被害程度、メモなど選択方式及び書き込みによる状況情報の入力

[ポインタ]

パソコンのキーボードによる位置決定のためのポインタ。

[補助画面]

地図全体でどの場所を表示しているかを表している。ポインタ位置を緯度経度、及び国土地理院が定めるメッシュコードを表示。

[入力方法選択画面]

入力方法・データ編集をする画面。入力方法は領域入力、任意位置入力、メッシュ入力の3つの方法がある。

[サブ画面]



[入力された情報の参照画面]

入力された情報を参照する画面。項目は、データ入力時刻、入力方法、調査項目、緯度経度などが参照できる。また、入力履歴も参照ができる。

図1 現地被害情報収集システムのアプリケーション

図の大きさによってはそれ以上の性能が必要)。パソコンは、目的用途に応じて使い分け、現地で被害調査を行う場合には、軽量なノートブック型パソコンもしくはタブレット型パソコン等のモバイル端末で調査を行い、情報収集拠点や災害対策本部など作業の場合は、デスクトップ型パソコンで使用する。

地図データは、ベクトル・ラスターデータの両方の使用が可能で、ベクトルデータとしては、国土地理院発行の数値地図2500（空間データ基盤）¹¹⁾、もしくはMapInfo Corporation社¹²⁾のMapInfoアウトプット形式に対応している。ラスターデータは、WindowsのBMP形式、JPEG形式、GIF形式に対応している。

本システムは、上述の基本構成で機能するが、状況に応じて様々な機器と連携が可能である（写真1）。まず、情報の相互交換を行うための携帯電話、PHS、無線LANもしくは有線LANなどの通信機器との連携が可能である。そして、被災地での調査員の位置把握を行うためのGPS（Global Positioning System）の使用が可能である。GPS端末に関しては、現在のシステムではGARMIN社製¹³⁾のハンドヘルドGPS端末が使用可能である。その他に被害状況を撮影するためのデジタルカメラなどが使用可能である。

（2）被害情報の入力及び出力

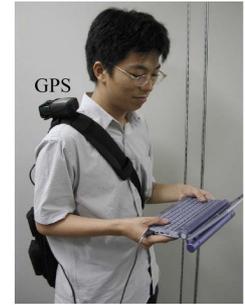
a) 被害情報の入力方法

本システムでは、地図上に被害情報を入力する場合、被災対象物の被災規模、被災対象物の位置、被災対象物の被害状況の順に行う。

被災対象物の被災規模は、被災範囲や調査用途、地図精度によって、メッシュ単位、建物・街区単位、ポイント単位の中から決める。例として、初動調査など緊急を要する場合や被災状況が一様な場合などはメッシュ単位（50m、100m、250m）で範囲を決定し、建物全数調査や街区単位で調査を行う場合は、建物・街区単位で行う。また、被災対象物が小規模の場合や、地図上に建物形状等がない場合などはポイント単位で行う（図2）。ここでの建物・街区単位の範囲決定は、住宅地図（ベクトル、ラスター）等の建物、又は街区の形状が地図上に描かれているものを認識することで行われる（図2中央）。

位置情報は、アプリケーションの地図上で目標対象物が位置する場所でマウスポインタを合わせクリックすることにより位置が決定される。決定された位置情報は、

プログラム内部のX,Y座標を地図の緯度経度に変換を行



[左上]両手でパソコンを抱えて持っている例
[右上]災害現場での調査スタイル例
[左下]キーボードによる入力方法。操作ボタンの配列。

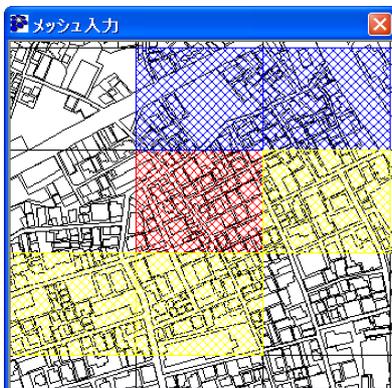
写真2 キーボードによる操作例、及び災害現場での調査スタイル

い保存される。

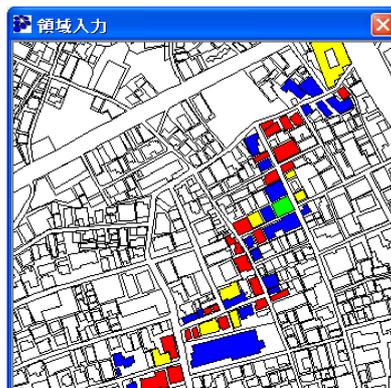
被害状況の情報に関しては、一問一答形式で情報を入力を行う。設問方式としてはツリー方式（図3）を用いている。設問及び設問数に関しては、予めよく使用されると思われる調査項目に関してはシステムに用意されており、また、自由に変更を可能にするためにカスタマイズ機能も設けてある。

被害情報の入力としてのハードウェアデバイス（ポインティングデバイス）は、マウス、タブレットからの入力だけではなく、キーボードによる入力方法もサポートしている。キーボード入力は、A4、B5サイズもしくはそれ以下のサイズのノートパソコンを災害現場に持ち出し、その場で両手で持ちながら被害情報を入力操作するためのものである（写真2）。キーボードの操作配列は、写真2左下に示すとおりで、キーボードの左右外側で操作ができるように配列を行っている。操作例としては、まず、ポインタ（図1左）の移動をキーボードの十字キーを使用して動かし、調査対象物の位置までポインタを移動させ、被害入力ボタンを押して被害項目入力ウィンドウが表示され、それを上下キーを使用して項目に移動し被害決定ボタンを押して入力完了する。

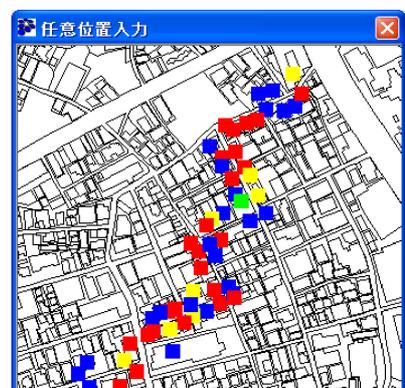
b) 災害現場における調査項目



[メッシュ単位] メッシュ入力-地震災害などである一定区域で同様な被害の場合などに用いる入力方法である。



[建物・街区単位] 領域入力-建物や街区など線で囲まれている領域を塗りつぶし情報を付加する入力方法。



[ポイント単位] 任意位置入力-数値地図2500など建物や街区など線データがない場合に用いる入力方法である。

図2 被災対象物の規模及び地図精度に応じた入力方法

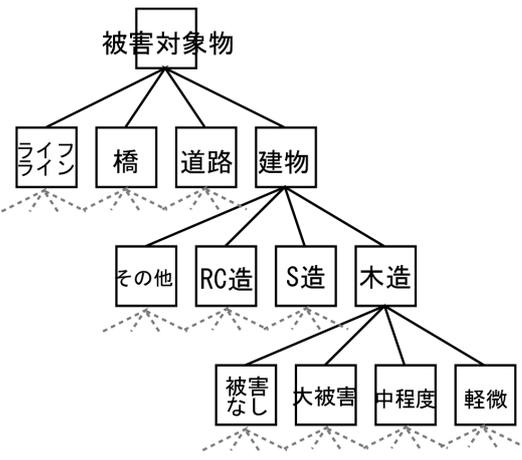


図3 設問方式（ツリー形式）例



図4 初動調査の簡易調査用の設問例

図5 被災建築物応急危険度判定（木造）

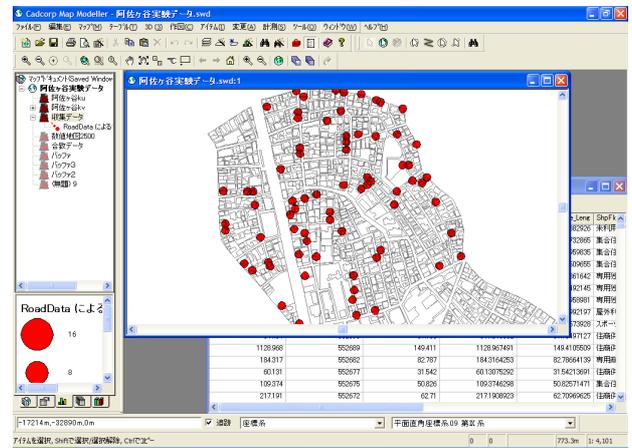


図6 本システムで取られた TXT 形式のデータの読み込み例（Informatix 社 SIS6.0）

収集する情報は、震災時期及び調査目的により変化する。そのために、震災直後の初動調査から震災復興の応急危険度判定、被災区分判定の調査など、震災時期に応じた被害情報の調査項目の変更を可能にした。

初動調査として簡易調査用・詳細調査用があり、簡易調査用は、地震発生直後の早期被害把握を目的としたもので被害項目を主要なものにした。調査対象物を「建物」「道路」「ライフライン」などに分類し、次に調査対象物に応じた設問があり「建物」の場合は構造種別、建物階数、被害程度となる。被害程度としては、4段階「被害なし」「軽微な被害」「中程度の被害」「大被害」である（図4）。詳細調査用は、建物被害に関しては岡田・高井の建物破壊パターン¹⁴⁾、及び建物沈下被害は小檜山他¹⁵⁾のイラストを用いて作成を行った。その他の調査対象物は、著者が作成を行った。

応急危険度判定は、日本建築防災協会の「被災建築物応急危険度判定マニュアル」¹⁶⁾の応急危険度判定用の調査表をプログラム上に表現し、分類は鉄筋コンクリート造、鉄骨造、木造、項目内容はマニュアルに準じている。また、危険度判定、総合判定はすべての項目を埋めると自動的に判定結果が表示されるようになっている（図5）。

被災区分判定用に関しても「震災建築物の被災区分判定基準および復旧技術指針」¹⁷⁾をもとに作成され、現段階ではテスト段階である。その他に、調査項目をユーザーが変更できるようにカスタマイズ機能を設けてある。

c) 被害情報の出力

収集された被害情報は、集計処理、及び他の防災システムに使用が可能なように地図画像及びASCIIデータの出力が可能である。地図画像は被害情報が付加された状態での画像保存が可能で、WindowsのBMP形式で保存される。収集された被害情報は、調査日時、調査対象物の緯度経度、調査項目などの情報の出力が可能で、汎用フォーマットであるCSV形式（Comma Separated Value）、もしくはTXT形式のASCIIデータとして保存される。また、これらの保存したデータは、現在市販されているほとんどのGISソフトで読込むことが可能である。例として、本システムで取られたTXT形式のデータをInformatix社SIS6.0¹⁸⁾で読み込みを行った例を図6に示す。

(3) 震災時を想定した適用例

震災時における現地被害情報収集システムを用いた現場での適用例を述べる。

地震発生直後、調査者は、現地被害情報収集システムのアプリケーションがダウンロードできるウェブサイト (http://kouzou.cc.kogakuin.ac.jp/pro_info/index.html) にアクセスし、本システムのアプリケーションをノートパソコンにダウンロードし、インストールを行う。調査地域の地図は、紙地図の場合はスキャナーで読み込み地図画像データ化し、地図画像データを本システムに読み込み緯度経度の設定を行い、本システムに読み込ませる。また、ベクトルデータの場合は、数値地図2500などのベクトルデータを読み込み、ベクトルデータの測地系を選択決定すると自動的に緯度経度系に変換され本システムに読み込まれる。次に調査項目の設定を行い、調査を開始する。

災害現場での調査の場合は、写真2左上のようにノートパソコンを両手で持ち、キーボード操作で被害情報の入力を行う。また、GPSを利用できる場合は、写真2右上のように肩口に装着し、パソコンとGPSを接続しナビゲーションとして利用する。調査中は、本システムは常にログを記録しており、調査途中でパソコンのバッテリーがなくなった場合や、パソコンが予期せぬ停止をした場合でも調査記録が常に取られており、調査途中のデータの復元が可能である（バックアップ機能）。

収集を行った被害情報データは、被害情報を載せた地図画像ファイルと被害程度、緯度経度、時刻、GPSのトラッキングデータなどの情報がASCIIデータとして保存される。また、デジタルカメラで撮られた被害写真などは、保存された時刻などで収録されたデータとの連結を行い、関連ファイルとして保存される。収集した被害情報データは、情報収集拠点や災害対策本部などに送信を行う。通信手段が使用できない場合などは、データをメディア等に保存し直接運ぶ方法もしくはインターネットに接続できる場所まで移動し被害データの送信を行う方法も考えられる。

3. 現地被害情報収集システムの実証実験

現地被害情報収集システムを実際の地震災害に役立つものにするために、システムの有用性の検証方法として、地震災害を想定した初動調査、建物全数調査を模擬した実証実験を行った。

(1) 実験概要

災害時において現地被害情報収集システムの有用性を調べるために、従来から行われている紙の媒体に調査内容を書き込み調査する手法（以下：従来の手法）と本システムとの建物一軒あたりにかかる調査時間に関して実験を行った。調査時間の比較方法としては、地震災害を想定して建物全数調査を模擬した実験、及び初動調査を模擬した実験の2つの模擬実験方法で比較を行った。

以下に2つの模擬実験方法の特徴を説明する。

①建物全数調査を想定した模擬実験

建物全数調査とは、災害現場で建物一軒一軒を調査を行い調査内容を調査票等へ書き込む調査方法で、応急危険度判定などの被害状況を詳細に判断し建物の継続使用が可能なのかを調査するものや被害全容を詳細に把握するための学術調査などに用いられる調査方法である。

実験では、調査ルートを設定し、それに沿っている建物の一軒一軒に対して、調査内容を目視で確認し、建物位置及び調査内容を地図に書き込んで調査をする方法をとる。

②初動調査を想定した模擬実験

初動調査とは、震災直後の情報空白期に災害現場に行き広範囲に多くの情報を収集する調査で、自治体などが行う初動体制の基礎情報の収集の用途や大まかな災害規模の特定を行うための調査である。これは、建物全数調査とは違い、迅速性を有するものである。

実験では、調査範囲内から調査内容に該当する調査対象物の建物を探し出し、建物位置及び調査内容を地図に書き込み調査する方法をとる。

以上の2つの模擬実験で調査時間の比較を行い、また、同時に本システムの作業性も検証する。

(2) 実験方法

実験の調査方法に関して述べる。まず、本システムの調査方法に関しては、調査用のパソコンをA4もしくはB5サイズのノートパソコンとし、写真2右上のような調査スタイルで調査を行う。写真2右上にはGPSを装着しているが今回の実験に関しては使用しなかった。データの入力方法としては、キーボードによる入力方法とし、操作方法は、2章2節a)で説明した方法で行う。調査に使用する地図は、実験毎に異なり表1に示すとおりである。住宅地図に関しては、東京都計画局都市計画地理情報システム¹⁹⁾、及びゼンリンZmap²⁰⁾を用いた。実験用の地図として、建物名称などを除いた建物と街区のベクトルデータのみで使用した。ゼンリンZmapに関しては、Informatix社SIS6.0上で加工を行い、MapInfoのアウトプット形式で出力したものを用いた。数値地図2500に関しては、日本地図センターの数値地図2500（空間データ基盤）CD-ROM版²¹⁾のベクトルデータのみを使用した。同CD-ROMにバンドルされている建物形状が入っているラスターデータに関しては今回は使用しなかった。

従来の手法に関しては、紙の白地図に調査内容を書き込み調査する手法を用いて行う。調査方法としては、白地図を用いて行き、それをA4のバインダーもしくは、A3の画板に取り付け、ボールペンで調査内容を地図に直接書き込む。書き込み方法としては、図7の例のように調査項目を記号化し、地図の建物上に表記する。例としては、鉄筋コンクリート造3階建の建物の場合「R3」と簡略表記し地図上に記入がわかりやすいように丸で囲み表記する。実験用の地図に関しては、東京都計画局都市計画地理情報システムの地図を印刷したものとゼンリン住宅地図²²⁾を用いて行った。

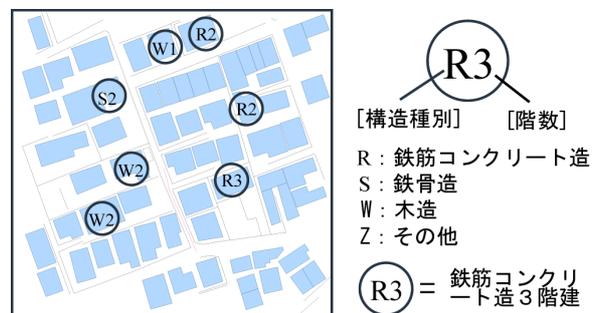


図7 従来の手法における調査項目の記入例

実験を行う被験者は、工学院大学の3年生、4年生の学生を対象とした。また、本システムを扱う被験者は、パソコンのリテラシー能力とし、パソコン上で表計算、文章作成が可能な学生を被験者とした。本システムの使用

表1 現地被害情報把握システム及び従来の手法の実証実験内容

No	手法	調査地区	模擬実験内容	使用した地図	面積	調査項目
1	現地被害情報 収集システム	東京都新宿区西新宿4丁目	建物全数調査	住宅地図(都)	25ha	建物構造種別(4種類)、建物階数
2		東京都新宿区西新宿4丁目	建物全数調査	住宅地図(都)	25ha	建物構造種別(4種類)、建物階数
3		東京都新宿区西新宿4丁目	建物全数調査	数値地図2500	25ha	建物構造種別(2種類)、建物階数
4		東京都新宿区西新宿4丁目	建物全数調査	数値地図2500	25ha	建物構造種別(2種類)、建物階数
5		東京都北区上十条5丁目	初動調査	住宅地図(ゼ)	15ha	建物構造種別(2種類)、建物階数
6		東京都北区上十条5丁目	初動調査	住宅地図(ゼ)	15ha	建物構造種別(2種類)、建物階数
7		東京都杉並区阿佐ヶ谷北1丁目	初動調査	数値地図2500	14ha	建物構造種別(2種類)、建物階数、外壁のひび割れの有無
1	従来の手法 (紙地図による被害調査手法)	東京都渋谷区西原3丁目	初動調査	数値地図2500	17ha	建物構造種別(2種類)、建物階数、建物老朽度
2		東京都新宿区西新宿4丁目	建物全数調査	住宅地図(都)	25ha	建物構造種別(4種類)、建物階数
2		東京都新宿区西新宿4丁目	建物全数調査	住宅地図(都)	25ha	建物構造種別(4種類)、建物階数
5		東京都北区上十条5丁目	初動調査	住宅地図(ゼ)	15ha	建物構造種別(2種類)、建物階数
5		東京都北区上十条5丁目	初動調査	住宅地図(ゼ)	15ha	建物構造種別(2種類)、建物階数
5		東京都北区上十条5丁目	初動調査	住宅地図(ゼ)	15ha	建物構造種別(2種類)、建物階数
6		東京都杉並区阿佐ヶ谷北1丁目	初動調査	住宅地図(ゼ)	14ha	建物構造種別(2種類)、建物階数、外壁のひび割れの有無

※住宅地図(都):東京都都市計画局都市計画地理情報システム、住宅地図(ゼ):ゼンリン住宅地図

方法は、実験開始直前に本システムの使用法を15分ほど説明し、数回の練習の後に実験を実施した。

調査は2人1組とし、一人が調査内容を記入もしくはパソコンに入力し、もう一人は、調査対象物の調査内容の判断を行う。被験者は、対象地域は初見であり、対象地域の情報としては住宅地図の情報のみである。

(3) 実験内容

実験は、建物全数調査を想定した模擬実験としてNo1~No4の4つ、初動調査を想定した模擬実験としてNo5~No7の3つ、計7つの路上実験を行った(表1)。No1,2,5,6に関しては調査時間の比較を行うための実験で、No3,4,7に関しては条件を変えた参考実験である。No1,2に関しては同条件で実験は行われて、No5,6に関しては本システムと従来の手法とは別の日に実験を行った。実験の被験者は総勢38名、19組で行われた。

No1,2の建物全数調査を想定した模擬実験は、調査項目として、建物構造種別を「鉄筋コンクリート造」「鉄骨造」「木造」「その他」の4種類、及び建物階数とした。また、調査ルートは予め決めたルートとし、道沿いに両側の建物で調査を行った。地図に関しては、建物形状が描かれている住宅地図を用いた。実験は、本システム1組、従来の手法1組で行った。

No3,4の実験は、No1,2と同様に建物構造種別、建物階数の調査項目であるが、建物構造種別に関しては、「木造」「非木造」の2種類とした。調査ルートは設け、道沿いに片側の建物のみを調査を行った。地図は、災害時にも入手性が容易だと思われる数値地図2500¹¹⁾を用いた。目的は、建物形状がない地図を使用した場合における調査時間の変化を見るために行った。実験に関しては、本システムのみで行った。

No5の実験は、初動調査を想定した模擬実験として、調査対象物を「木造家屋で外壁が木であるもの」(板張壁、写真3)とした。また、その調査対象物の調査項目として、建物構造種別を「鉄筋コンクリート造」「鉄骨造」「木造」「その他」の4種類、及び建物階数とした。ここでは、調査対象物が木造なので、調査項目が「木造」で決定しており、他の項目に関しては選択しないが、記入行為、入力行為をするために調査項目に入れてある。地図に関しては、建物形状がある住宅地図を用いた。実験は、本システム2組、従来の手法3組で行った。

No6の実験は、調査対象物を「目視で確認が可能な建物外壁のひび割れの有りの建物」とした。この実験は、初動調査の位置付けとしているが、建物全数調査に近い実験である。全部の建物を調査を行うが、記入はひび割れのある建物のみである。調査項目として、「木造」「非木造」の2種類、建物階数、及びひび割れの有無とし

た。地図に関しては、本システムは数値地図2500を用い、従来の手法は建物形状がある住宅地図を用いた。実験は、本システム1組、従来の手法1組で行った。

No7の実験は、調査対象物を「3階建の建物」とした。調査項目として、「木造」「非木造」の2種類、建物階数、及び建物老朽度「新しい」「やや古い」「古い」とした。地図は、建物形状がない数値地図2500を用いた。実験に関しては、本システムのみで行った。また、目的はNo3,4と同様に建物形状がない地図を使用した場合における調査時間の変化を見るために行った。

表2 実験結果

No	手法	調査建物棟数	調査時間	1軒あたりかかる調査時間
1	現地被害情報 収集システム	107棟	33分	18.50秒
2		130棟	44分	20.30秒
3		68棟	26分	22.94秒
4		65棟	25分	23.08秒
5		1103棟	143分	7.78秒
6		1103棟	140分	7.62秒
7		408棟	109分	16.03秒
1	従来の手法 (紙地図による被害調査手法)	329棟	71分	12.93秒
2		102棟	42分	24.71秒
2		130棟	41分	18.92秒
5		1103棟	140分	7.62秒
5		1103棟	153分	8.32秒
5		1103棟	113分	6.15秒
6		759棟	210分	16.60秒

(4) 実験結果、及び考察

建物全数調査を想定した模擬実験として、No1の本システムの実験結果を図8左、従来の手法での実験結果を図8右に示す。図から見て取れるように建物構造種別のRC造とS造の調査した内容の判断に違いが見られた。これは、建物の構造種別は外見からの判断ではRC造とS造の区別が難しいためだと思われる。そのため、外観判断が容易な木造に関しては、ほぼ両手法とも同様な結果が得られていた。次に、建物全数調査における建物一軒あたりかかる調査時間を求めた。算出方法としては、調査時間から調査された全建物棟数を割って算出した(表2)。No1,2の建物一軒あたりかかる平均調査時間としては、本システムで19.4秒、従来の手法では21.8秒という結果になり、本システムと従来の手法では変わらない調査時間で調査が可能であることがわかった。

No1,2の実験でいくつかの問題点が挙げられた。まず、No2の実験では、ノートパソコンのオペレーティングシステムが停止するアクシデントが起き、調査データが消去される問題が発生した。また、No1,2の共通として、地図上への入力方法で、建物・街区単位入力(領域入力)のみであったため、実験用の地図に新築された建物形状

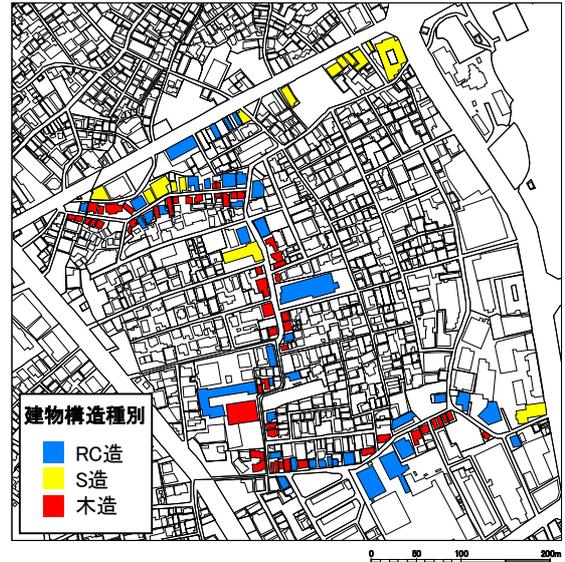
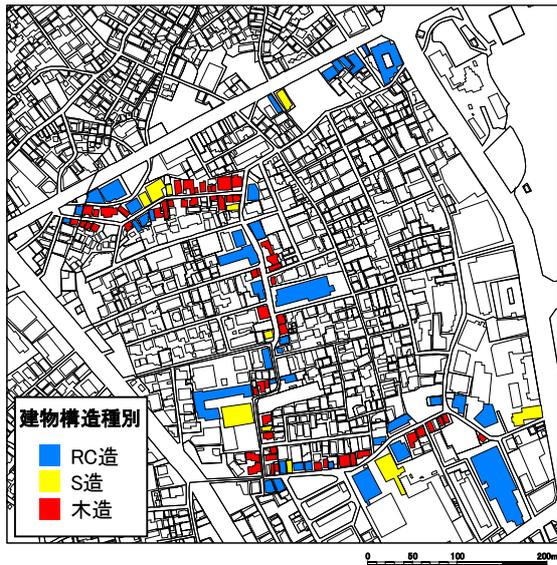


図8 建物全数調査を想定した模擬実験No1 (左:本システム、右:従来の手法)
(東京都新宿区西新宿4丁目)

が地図上に描かれていない場合、データの入力できない問題点があった。そこで、問題を解決するために本システムは、パソコンの予期せぬ停止などで調査データの消去を防ぐために常に調査記録を保存するバックアップ機能、及びポイント単位(任意位置入力)の入力方法を加えた。また、No3以降の実験から調査項目の建物構造種類の「RC造」「S造」の判断が難しいため、「木造」「非木造」の2種類の分類に変更した。

次に、No3,4の建物形状がない数値地図2500の地図で行った建物全数調査を想定した模擬実験(本システムのみ)では、No1,2の建物1軒あたりかかる平均調査時間より少し時間がかかり23.1秒という結果になった。これは、建物形状がない分、建物の位置関係を把握するのに時間がかかったのだと思われる。

No5の調査対象物を「木造家屋で外壁が木であるもの」とした初動調査を想定した模擬実験では、別の日に調査範囲内の調査対象物を再度調査を行い、それを正解値とした(図9)。また、本システムで調査したデータを図10に示す。結果、正解の建物棟数50軒中、両手法ともに7割程度の調査対象物を探すことが可能であった。しかし、見落としも3割ほどあり、これは、建物の改築時に壁面をすべて改築せず、道路から見にくい場所の壁面だけが板張壁のまま残されているものがあり、それらが見つけられたためだと思われる。初動調査における建物1軒あたりの調査時間の算出方法は、調査時間を調査範囲内の建物全棟数で割って算出をした。No5の建物1軒あたりかかる平均調査時間として、本システムでは7.7秒、従来の手法では7.4秒という結果になり、建物全数調査と同様に本システムと従来の手法と変わらない調査時間で調査が可能であることがわかった。

No6の調査対象物を「目視で確認が可能な建物外壁のひび割れの有りの建物」で行った実験では、調査対象物の検索が難しいことから、建物1軒あたりかかる調査時間が多くかかり、本システムは、16.03秒、従来の手法では16.6秒という結果になった。表2における本システムと従来の手法との調査建物棟数に違いのあるのは、実験日時が別で本システムの実験を行っていた際に雨が強くなり調査範囲をすべて終了する前に打ち切ったため

ある。そのため、ここでの調査建物棟数は、調査した範囲のみの棟数である。

建物形状がない地図で行ったNo7の実験(本システムのみ)では(図11)、No5の建物1軒あたりかかる平均調査時間より少し時間がかかり12.9秒という結果になった。これは、No3,4と同様な理由だと考えられる。

これらの結果から本システムと従来の手法での調査時間に関してほぼ同等の調査時間で調査することが可能であることがわかった。また、集計作業を入れた場合、本システムでは収集したデータが既にデジタルでデータベース化されているが、従来の手法では実験終了後にデータをデジタル化する作業があるため、本システムの方が作業効率の点で優れていると言える。

4. まとめ及び今後の課題

本論では、災害時の効率的に被害情報を収集するために、特殊な機器を用いることなく汎用パソコンを用いて、災害時期に応じた調査項目の変化に対応させた現地被害情報収集システムの開発を行った。また、本システムの有用性を調べるために、建物全数調査を想定した模擬実験、及び初動調査を想定した模擬実験を行い、従来の紙の媒体による現地調査手法と本システムの建物1軒あたりにかかる調査時間を比較検証した。その結果、本システムと従来の紙の媒体による現地調査手法では、ほぼ同等の調査時間で調査が可能であることがわかり、本システムの有用性が実証ができた。

しかし、一方で、大震災直後に使用することを想定した場合に本システムの課題も見られた。まず、調査に使用するノートパソコンのバッテリーを常時用意しておくてはいけない問題や、現場の天候による影響問題として、炎天下でのパソコン画面の視界不良の問題や雨天でのパソコンの使用の問題がある。また、被災地の地図に関する問題として、今回は緊急時においても入手が容易な数値地図2500を利用したが、日本全土を網羅してなく、地図の存在しない地域についての調査には問題が



図9 初動調査を想定した模擬実験 No 5
実験後に行った再調査結果（正解値）
（東京都北区上十条5丁目）

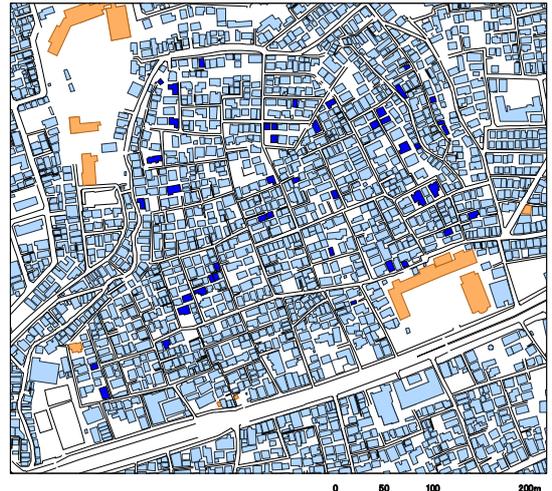


図10 初動調査を想定した模擬実験 No 5
本システム調査したデータ
（東京都北区上十条5丁目）



写真3 No 5で行った模擬実験
の調査対象物（板張壁）

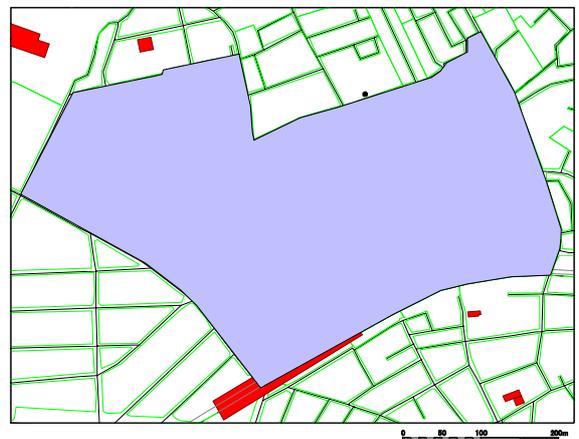


図11 初動調査を想定した模擬実験 No 7
本システム調査したデータ
（東京都渋谷区西原3丁目）

ある。これらの解決方法としては、パソコンの場合は、過酷な状況下でも使用できる屋外の 使用目的としたノートパソコンなどの利用が考えられる。また、地図に関しては、国土地理院発行の数値地図25000の利用も考えられる。

今後に関して、本論では大きくは触れていないが、災害時における通信トラブルによる被害情報データ送信の問題がある。この問題に関しては、今後、通信トラブルを想定した課題の整理、対処法などを考えていく予定である。また、本システムは、汎用パソコンだけでなく、携帯性に優れているPDA(Personal Digital Assistant)やJavaやFlash対応の携帯電話などでも同様なシステムの開発、そして実験を行う予定である。

本論で紹介した現地被害情報収集システムのアプリケーションソフトは以下のURLでダウンロードが可能である。

http://kouzou.cc.kogakuin.ac.jp/pro_info/index.html

謝辞

本システムの開発は、（株）ネットワークとの共同研究で行われ、また、本システムの実験に際して、工学院大学の卒研究生、及び関係者各位に多大なる協力を頂きました。本実験で使用した地図は、東京都都市計画局の都市計画地理情報システム、及び日本地図センターの数値地図2500（空間データ基盤）、ゼンリンZmap（東京都北区、新宿区）を使用させて頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

また、この本研究の一部は、文部科学省学術フロンティア推進事業、及び文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクトによる助成を頂いています。

参考文献

- 1)横田崇：気象庁におけるナウキャスト地震動情報への取り組み,国土セイフティネットシンポジウム, pp37-47, 2002
- 2)清水善久,小金丸健一,中山涉,山崎文雄：超高密度地震防災システム(SUPREME)の開発,国土セイフティネットシンポジウム, pp17-20, 2002
- 3)桐山孝晴：国におけるリアルタイム地震防災のあり方,リアル

- タイム地震防災シンポジウム論文集,pp143-148,2000
- 4)座間信作,遠藤真,細川直史,畑山健,柴田有子,原田隆:地震情報収集システムの開発-消防活動支援情報システムの一構成要素として-,地域安全学会論文報告集,pp113-116,2001
 - 5)秋元和紀,浦川豪,砂土原聡,西山寿美生:GPS搭載の携帯電話による被害情報把握システムの開発,地域安全学会論文集,No4,pp159-165,2002
 - 6)岩井哲:音声認識システムを導入した建物被害情報収集法の開発,日本建築学会中国支部研究報告集,第24巻,pp253-256,2001.3
 - 7)福和伸夫,高井博雄,飛田潤:双方向災害情報システム「安震システム」と携帯型災害情報端末「安震君」,日本建築学会技術報告集,第12号,pp227-232,2001
 - 8)柴山明寛,久田嘉章:早期被害情報把握システムの開発,日本地震工学シンポジウム第11回,pp2313-2316,2002
 - 9)石田瑞穂,大井昌弘:地震情報伝達システムROSEの開発,災害部門パネルディスカッション「インフォメーションテクノロジーと地震防災」,2002年日本建築学会大会(北陸),pp5-10,2002
 - 10)ROSE:防災科学技術研究所,
<http://www.hinet.bosai.go.jp/rose/index.htm>
 - 11)国土地理院:数値地図2500(空間データ基盤),
<http://mapbrowse.gsi.go.jp/dmap/sdf/index.htm>
 - 12)MapInfo Corporation社:MapInfo,<http://www.mapinfo.com/>
 - 13)GARMIN社:eTrackシリーズ,<http://www.garmin.com/>
 - 14)岡田成幸,高井伸雄:地震被害のための建物分類と破壊パターン,日本建築学会構造系論文集, No524,pp65-72,1999
 - 15)小檜山雅之,堀江啓,牧紀男,林春男,田中聡:災害対応としての建物被害認定過程に関する研究,日本建築学会構造系論文集, No531,pp189-196,2000
 - 16)被災建築物応急危険度判定研究会編:被災建築物応急危険度判定マニュアル,日本建築防災協会,1998
 - 17)国土交通省住宅局建築指導課監修:震災建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針,日本建築防災協会,2001
 - 18)Informatix社:SIS6.0,<http://www.informatix.co.jp>
 - 19)東京都都市計画局:都市計画地理情報システム,1998
 - 20)ゼンリン:Zmap-TOWNII,東京23区VOL.2, VOL.3(北区,新宿区),2002
 - 21)日本地図センター:数値地図2500(空間データ基盤)(東京-3,4,5,6),1997
 - 22)ゼンリン:ゼンリン住宅地図2001,東京都(世田谷区,杉並区,新宿区),2001

(原稿受付 2003.5.23)