

早期被害情報把握システムの開発

柴山明寛 (工学院大学大学院工学研究科建築学専攻, dd02002@ccs.kogakuin.ac.jp)
 久田嘉章 (工学院大学建築学科, hisada@cc.kogakuin.ac.jp)

概要

1995 年の阪神淡路大震災以降、震災の教訓を活かし様々な地震防災システムが研究開発されてきた。主な研究事例として、横浜市の高密度地震動モニタリングや UrEDAS、ナウキャストの早期地震検知警報システム、SUPREME、気象庁計測震度、EES などのリアルタイム被害推定システム、人工衛星、空撮映像のリモートセンシングを用いた災害把握などが開発又は実用化されている。これらのシステムは近年の地震などで実績を上げている。しかし、様々な課題も見られた。高密度観測網の整備費用、日本においての地震発生からの主要動の短さ、地盤・建物構造の不確実性にともなう推定結果と実被害の隔たり、衛星、空撮の常時観測の難しさなどの課題である。しかし、これらの最も大きな課題は、ほとんどのものは推定情報のみであり実被害把握まで到っていないことである。

実被害を把握するシステムはすでにくつか研究されており、代表的なものとしては消防庁消防研究所の消防活動支援情報システムや安震君などがある。両システムとも被災地域の自治会などが被害収集用の端末を持ち、現地で被害情報を収集するものである。しかしながら収集担当者や担当場所をあらかじめ決めており、臨機応変に動きにくい場合も考えられる。また、担当者が被災者になり身動きがとれなくなる可能性もある。そして、地方自治体では、これらの情報に過度に依存した防災システムが多くあり、上述の問題により災害時に適切な初動体制が取れない可能性がある。

そこで本研究では、震災直後の被害推定結果をもとに、効率的に被害情報を収集する各種システムを提案する。具体的には、震災直後の早期被害把握から震災数日後の復旧支援として応急危険度判定、被災区分判定などの被害調査や収集した被害情報の開示を目的とするリアルタイム地震動・被害推定システムを活用した早期被害情報把握システムである。

早期被害情報把握システムとして

早期被害情報把握システムは、2 種類の被害情報収集システム (Pub-info 及び Pro-info システム) と被害情報統合システム及び地震動・被害推定システムから構成される。これらのシステムを用いて、地震動・被害推定情報を使用し、甚大な被害を受けた地域の特定や被害調査規模の推定など、被害収集の基礎情報として効率的な情報収集を行う。

(1) Pub-info システム(Fig.1)

ウェブページによるイラスト型アンケート調査方法を用いた広域的な被害情報の収集システムであり、一般の市民やボランティアなどが被災地域やその周辺から被害情報の発信を期待するシステムである。

(2) Pro-info システム(Fig.2)

被害情報統合システムから送信される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、実際の被害情報を、収集端末を用いて効率的に行うシステムである。

(3) 被害情報統合システム

Pub-info、Pro-info、ROSE システムを結ぶデータベース及びウェブサーバである。Pub-info、Pro-info システムから収集された被害情報の蓄積や実被害情報の配信などを行い、集計された情報の整理及び統合処理を行う。

(4) ROSE

防災科学技術研究所で研究開発されている ROSE (Real-time Operation System for Earthquake) は、面的な地震動推定情報と建物の被害推定情報 (現在開発進行中) をリアルタイムで情報の配信するシステムである。

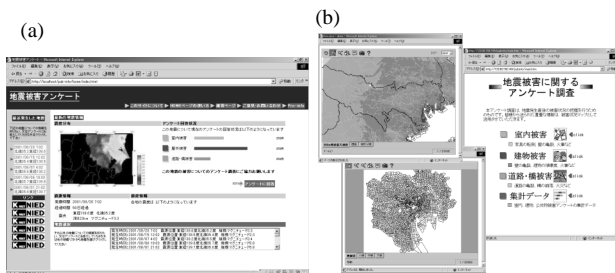


Fig.1 Pub-info system of (a) Main menu, (b) Questionnaire survey menu with earthquake damage information and earthquake damage estimation

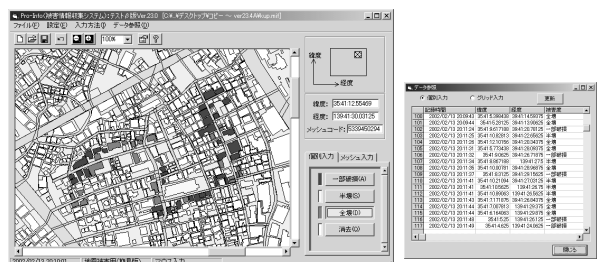


Fig.2 Application software of Pro-Info system

早期被害情報把握システムの開発 REAL-TIME SYSTEM FOR ACQUIRING EARTHQUAKE DAMAGE INFORMATION

柴山明寛¹，久田嘉章²

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）

Akihiro Shibayama, Dept. of Architectural Engineering, Kogakuin University, dd02002@ccs.kogakuin.ac.jp

²工学院大学建築学科，助教授 工博

Yoshiaki Hisada, Dept. of Architecture, Kogakuin University, hisada@cc.kogakuin.ac.jp

SUMMARY

Various systems estimating strong ground motion and earthquake damage have developed after the 1995 Kobe earthquake. But, it is difficult to acquire actual earthquake damage information only with the estimated information. In this paper, a real-time system for acquiring earthquake damage information was developed. The system consists of two components; both are based on the estimation for the strong ground motion and earthquake damage using the ROSE system, immediately after earthquakes. One is the Pub-info system, which acquires damage information using questionnaires on Web pages by public. The other is the Pro-info system, which acquires accurate damage information using mobile tools by professionals

キーワード: 地震被害情報，地震動推定，被害推定，リアルタイム，GIS，GPS

Key words: earthquake damage information, ground motion estimation, earthquake damage estimation, real-time, GIS, GPS

1. はじめに

1995年の阪神淡路大震災以降、震災の教訓を活かし様々な地震防災システムが研究開発されてきた。主な研究事例として、横浜市¹⁾の高密度地震動モニタリングやUrEDAS²⁾、ナウキャスト³⁾の早期地震検知警報システム、SUPREME⁴⁾、気象庁計測震度、EES⁵⁾などのリアルタイム被害推定システム、人工衛星、空撮映像のリモートセンシングを用いた災害把握などが開発又は実用化されている。これらのシステムは近年の地震などで実績を上げている。しかし、様々な課題も見られた。高密度観測網の整備費用、日本における地震発生からの主要動の短さ、地盤・建物構造の不確実性にとまなう推定結果と実被害の隔たり、衛星、空撮の常時観測の難しさなどの課題である。しかし、最も大きな課題は、ほとんどものは推定情報のみであり実被害把握まで到っていないことである。

実被害を把握するシステムはすでにいくつか研究されており、代表的なものとしては消防庁消防研究所の消防活動支援情報システム⁶⁾や安震君⁷⁾などがある。両システムとも被災地域の自治会などが被害収集用の端末を持ち、現地で被害情報を収集するものである。しかしながら収集担当者や担当場所をあらかじめ決めており、臨機応変に動き

にくい場合も考えられる。また、担当者が被災者になり身動きがとれなくなる可能性もある。そして、地方自治体では、これらの情報に過度に依存した防災システムが多くあり、上述の問題により災害時に適切な初動体制が取れない可能性がある。

そこで本研究では、震災直後の被害推定結果をもとに、効率的に被害情報を収集する各種システムを提案する。具体的には、震災直後の早期被害把握から震災数日後の復旧支援として応急危険度判定、被災区分判定などの被害調査や収集した被害情報の開示を目的とするリアルタイム地震動・被害推定システムを活用した早期被害情報把握システムである。

2. 実被害把握について

地震被害把握には様々な問題点がある。実際の被害状況を確認するには、被害現場に人が行って目で直接被害を確認するのが確実である。しかし、被害地域全体を調査する人員の確保や人員増大による被害調査の統一教育の困難、上述のような被害調査担当者が被災者になる問題等がある。また、被害把握を人員だけに頼るのは非効率である。そのため、被害地域の被害把握を効率的にするため

に、以下のような被害把握の方法を考えた。

被害の全体像を簡便に把握するには、被害推定情報が最も有効である。しかし、推定情報だけでは被害の不確実性が高く、安易に推定情報を信頼することができない。そのために、推定情報を基礎情報として全体像の実被害把握に活用するために、推定情報を2段階に分けて実被害の全体像に近づける。推定情報の信憑性を高めるためには、現場状況の実被害情報の差異を判断する必要がある。そこで、まず1段階目として被災者から情報を収集することにより、推定情報と実被害情報の大まかな差異を判断する。次の2段階目として、そこで判断された甚大な被害状況があると予想される場所に最小限の人員派遣し、被災現場を人が直接目で被害確認を行い、推定情報をより実被害情報に近づける。このようにして推定情報を活用することにより早期の被害把握が可能ではないかと考える。

3. 早期被害情報把握システムの提案

早期被害情報把握システムは、2種類の被害情報収集システム(Pub-info及びPro-info)と被害情報統合システム及び地震動・被害推定システムから構成される(Fig.1)。これらのシステムを用いて、地震動・被害推定情報を使用し、甚大な被害を受けた地域の特定や被害調査規模の推定など、被害収集の基礎情報として効率的な情報収集を行う。

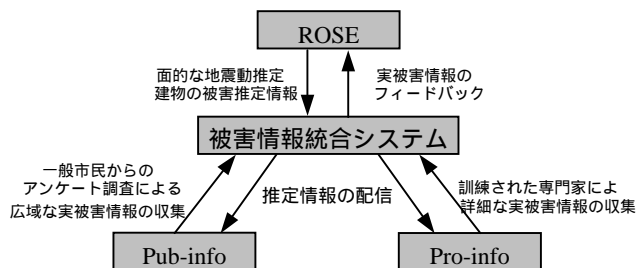


Fig.1 Outline of real-time system for acquiring earthquake damage information

(1) Pub-info システム

ウェブページによるイラスト型アンケート調査方法を用いた広域的な被害情報の収集システムであり、一般の市民やボランティアなどが被災地域やその周辺から被害情報の発信を期待するシステムである。

(2) Pro-info システム

被害情報統合システムから送信される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、実際の被害情報を、収集端末を用いて効率的に行うシステムである。

(3) 被害情報統合システム

Pub-info、Pro-info、ROSEシステムを結ぶデータベース及びウェブサーバである。Pub-info、Pro-infoシステムから収集された被害情報の蓄積や実被害情報の配信などを行い、集計された情報の整理及び統合処理を行う。

(4) ROSE⁸⁾

防災科学技術研究所で研究開発されている ROSE

(Real-time Operation System for Earthquake) は、面的な地震動推定情報と建物の被害推定情報(現在開発進行中)をリアルタイムで情報の配信するシステムである。

4. Pub-Info システムとは

Pub-Info システムとは、ウェブページによるイラスト型アンケート調査方法を用いた広域的な被害情報の収集システムであり、ROSE の推定情報や地震動情報、集計された実被害情報などの情報をウェブに配信するシステムである(Fig.2)。システム構成は、以下のものから成り立っている。

構成としては、ウェブページ、データベース、WebGIS、アンケートを行う CGI (Common Gateway Interface) から成り立っている。また、ウェブページで使用される地震のリストは、Freesia (防災科研: 広帯域地震観測網) の震源情報を用い、地震動及び被害推定に関しては、ROSE から送信される画像データを使用している。また、地震の観測点リスト、住所録、地図(ベクトル、ラスターデータ)などはデータベースが保存管理を行っている。また、WebGISは、被害情報を地図上に表示するために用いる。

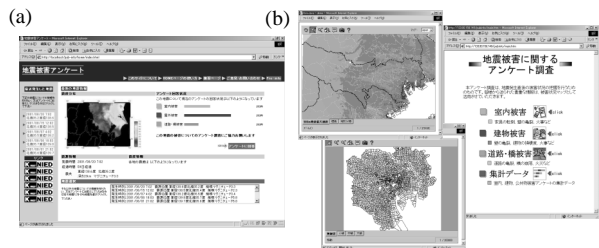


Fig.2 Pub-info system of (a) Main menu, (b) Questionnaire survey menu with earthquake damage information and earthquake damage estimation

4.1 Pub-info システムの収集方法

Pub-info システムは、平常時・地震時にかかわらず常に稼動するシステムを目標としている。

平常時には、過去に起きた地震で集計されたアンケート結果や地震動・被害推定結果などの閲覧、及び市民にアンケート方法に慣れてもらうための練習モードが用意されている。その他に地震災害関係のホームページなども紹介している。

地震時には、Web ページに最新の地震情報としてリストに追加され、その震源情報を押すと、ROSE による面的な地震動推定の画面とアンケートの集計結果のグラフが表示される。また、画面の切替えで被害推定、実際の被害情報が地図画像で表示される。この中の地震動・被害推定画面は ROSE による広域的な被害推定分布が表示されており、画面を押すと ROSE にリンクされ、詳細な推定情報が確認できる画面に移るようになっている。

被災者が被害情報を提供する場合は、地震情報の欄にあるアンケート入力ボタンを押すとサブ画面が表れ、アンケート画面とアンケートで集計された被害情報の地図画面の2画面構成になる。アンケート画面では、被害項目(参照 4.2)として室内、室外、道路・橋被害の3つから選択をし、数個の設問に回答を行う。その際に、地震動・建物

被害情報と照らし合わせる事により推定情報との差異が明確になり、推定情報の自分なりの判断材料にもなる。得られた回答は、データベースに保存され数分後に WebGIS で地図画像なり、Web ページの実被害情報の地図画面に反映される。地図画像は、町丁目単位で表示がされ、拡大縮小、検索などが行える。また、実被害情報のデータは、グラフなどで集計したデータの表示を行う。

4.2 イラスト型アンケート調査の適用について

被害情報の収集方法として、既往の研究(USGS、横浜市⁹⁾など)では、アンケート震度調査¹⁰⁾が一般に用いられている。しかし、高い精度を得るためにアンケートの項目数が多くなり、情報提供者に負担をかけ素早い被害収集には適していないと言える。

そこで本研究では、室内、室外、道路・橋被害の程度を簡単なイラストで表現し、同時に数個の質問(時間、場所、人的被害など)とともに送信してもらう方法を考えた。アンケート項目としては、現在検討段階中であるが、室内・室外、火災及び道路・橋の被害の4つを考えている。まず、室内アンケートは、気象庁震度階を参考に、被害程度を4段階に分類し、また、火災は2段階でイラスト化した。室外アンケートは、岡田・高井¹¹⁾の建物破壊パターン分類のイラストを参考にし、室内アンケートと同様に、建物被害4段階、火災2段階で表現した。道路・橋被害としては、液状化、地盤沈下、橋の崩落など6事例及び火災2段階のイラストを作成した(Fig.3)。

これらのイラストの信憑性を調査するために、阪神淡路大震災の建物被害写真を使用して約50人からアンケートを行ったが、著者らの答えを既知として回答者の正解率は90%~50%が得られた。正解率が低いものは、建物の被害写真の写りが不鮮明(建物ひび割れなど)や地盤沈下による建物傾きが写真では判断がしづらいことが原因だと考えられた。

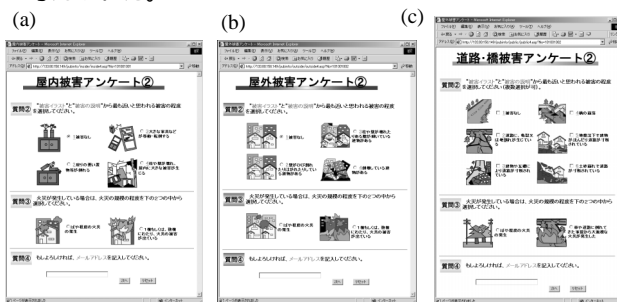


Fig.3 Questionnaire menu for Pub-Info system

(a) Indoor damage menu (b) building or housing damage menu
(c) road or bridge damage menu

5. Pro-Info システムとは

Pro-info システムは、被害収集に特化した簡易型の GIS (地理情報システム)であり、ソフト本体は多くの方に使用してもらうためにライセンスフリーである。被害状況もしくは収集方法の変化に対応できるようにオープンソースとし、入力項目や操作方法の変更が可能なシステムとなっている(Fig.4)。

ハードウェアとしては、携帯情報端末を中心としたシステムであり、一般的に使用されているノートパソコンでも被害収集が可能なシステムである。携帯情報端末の他に、随意に選択して取り付けられるものとして、被災地での自分の位置把握を行うための GPS (Global Positioning System)、情報の相互交換を行うための携帯電話又は PHS(無線 LAN もしくは有線)、建物道路などの被害状況を撮影するためのデジタルカメラなどを使用することが可能である。

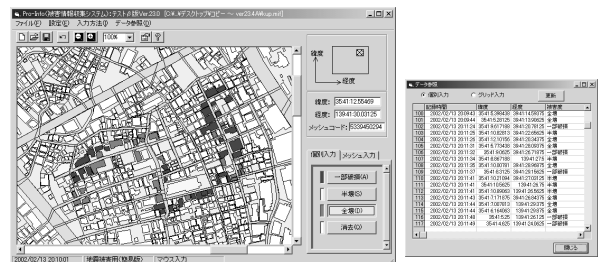


Fig.4 Application software of Pro-Info system

5.1 震災時における適用方法

震災時における Pro-Info システム適用の1事例として述べる。地震発生直後、調査者(防災専門家、ボランティアなど)は、被害情報統合システムのウェブページにアクセスし、調査者本人の現在位置の入力を行う。そこから近い被害地域がウェブページに表示され、その中から調査地域の選定を行い、対象となる調査地域のデータ及び被害の推定情報を携帯情報端末にダウンロードを行う。そして、Pro-Info システムに調査地域の地図を読み込み、緯度経度の設定を行い調査の開始をする。GPS を使用できる場合はそれも用いる。

被害調査は、震災時期に応じて入力項目を5つの中(参照5.2)から選択することができ、被害状況に応じて選択を行う。また、被災程度に応じて被災範囲を変更することができ、メッシュ単位(50m、100m、250m)建物・街区単位(住宅地図等などの建物または街区の形状が地図上に描かれているものに限る)任意場所指定による入力の3つの方法があり、地図の精度などで使い分けができる。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、時刻などの情報がテキスト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、被害情報統合システムに送信を行う。通信手段が使用できない場合などは、被災地の外もしくは、Web に接続できる場所まで移動し被害データの送信を行う。継続する場合は、最新の被害状況データをダウンロードし、新たな情報を用いて効率的な被害情報の収集を行う。

5.2 震災時における被害調査項目の変更

被害調査は、初動時期、建造物危険度判定時期、復旧時期とその時期に応じて調査する項目は変化するものであ

る。また、海外などでは建物構造の違いから被害項目も変化してくる。そこで、様々な被害に対応するために5つの入力項目を作成した。初動調査用の簡易版、詳細版、応急危険度判定用、被災度区分判定用及び、状況に応じて項目の設定変更できるものの5つである。初動調査用の簡易版は、地震発生直後の早期被害把握を目的としたもので、被害項目を単純化し被害程度を4段階にし、建物、ライフラインなど種別を作成した。詳細版は検討段階であるが、被害パターンをイラスト化したものとして、建物被害を岡田・高井¹¹⁾の建物破壊パターン分類、建物沈下被害は、小檜山他¹²⁾を用いる予定である。応急危険度判定用、被災度区分判定用はRC造、S造、木造の項目を分け、紙で調査するのと同様の項目を作成した。

6. 被害情報統合システムとは

被害情報統合システムとは、Pub-info、Pro-info、ROSE から得られた被害情報を蓄積、実被害情報の配信、情報の整理及び実被害情報と推定情報の統合処理を行うシステムであり、システムは以下のものから成り立っている。

システム構成としては、ROSE の推定情報、Pub-info、Pro-info から収集される実被害情報、地図、地域データ、震源データなどのデータベース、及びデータベース管理システム(DBMS)、GIS (地理情報システム)、収集された情報を表示する WebGIS、情報の配信・収集を行う各種サーバ (Web、Mail、FTP サーバなど) から構成される。また、これらのシステムは人の判断により管理されるシステムである(Fig.5)。

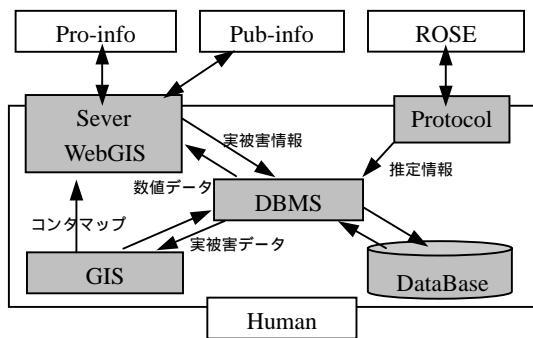


Fig.5 Outline of earthquake damage integration system

6.1 被害及び推定情報の整理

被害情報統合システムでは、地震発生後、まず Freesia の震源情報、ROSE の推定情報を一旦被害情報統合システムに蓄積を行う。震源情報及び推定情報を基に、甚大な被害を受けたと思われる地域の被害推定情報を Web に表示し、Pub-info、Pro-info システムの推定情報として反映される。

Pub-info、Pro-info システムから逐次に送られてくる実際の被害情報は、時刻歴を基準とした整理が行われる。時刻歴の情報は、蓄積されていく被害情報を逐次把握を容易にし、特に火災など時刻歴で大きく変化する災害状況に対して速やかに対応を行うためのものである。被害情報統合システム上では、建物被害データは逐次情報を重ね合わせ、火災は時刻と共に変化させて表示される。収集・処理され

た被害情報が Pub-info、Pro-info システムにも反映される。また、実被害の全体の情報を整理すると同時に、Pro-info システムによる各調査班の調査状況や調査範囲なども把握し、より効率的な調査地域の振分けなどを速やかに行う。

7. まとめ

本論では、早期被害情報把握システムとしてリアルタイム地震動・被害推定システムを活用した早期被害把握方法について提案した。また、Pub-info、Pro-info システムの開発を行い、本システムの用いる様々な利用法についても提案を行った。今後は、本システムを利用する上での様々な問題点 (Pub-Info システムの電話回線の輻輳や Pro-Info システムの人員の確保、被害収集時間など) の解決を行い、システム開発を行っていきたいと考えている。

謝辞

本システムの開発は、防災科学技術研究所の大井昌弘氏、石田瑞穂氏、藤原広行氏、(株) ネットウェブとの共同研究で行われ、関係者各位に多大なる協力を頂きました。本研究では、東京都都市計画局の都市計画地理情報システムの地図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。

参考文献

- 1) 阿部進・他：横浜市リアルタイム地震防災システムについて、リアルタイム地震防災シンポジウム論文集，pp,11-18,2000
- 2) 中村豊：世界最初の実用 P 波警報システム「ユレダス」の現状と将来、リアルタイム地震防災シンポジウム論文集，pp,107-112,2000
- 3) 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、国土セーフティネットシンポジウム，pp,37-47,2002
- 4) 清水善久・他：超高密度地震防災システム (SUPREME) の開発、国土セーフティネットシンポジウム，pp,17-20,2002
- 5) 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，pp,143-148,2000
- 6) 座間信作・他：地震被害情報の効率的収集方法、第 10 回日本地震工学シンポジウム，pp,3479-3484,1998
- 7) 福和伸夫他：災害情報整理に基づく双方向災害情報システム「安震システム」の提案、日本建築学会大会学術講演集梗概集，B-2,pp,69-72,2000
- 8) 大井昌弘・他：リアルタイム地震情報伝達システム (その 1)，地球惑星学会 2001 年度大会
- 9) 翠川三郎・他：インターネットを利用したアンケート震度調査、地域安全学会梗概集，No9,pp44-45,1999
- 10) 太田裕・他：アンケートによる地震時の震度の推定、北海道大学工学部研究報告 92 号，pp,117-128
- 11) 岡田成幸・他：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
- 12) 小檜山雅之・他：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