



被害情報収集支援システムを用いた災害情報共有に関する研究

柴山明寛¹⁾、久田嘉章²⁾、村上正浩³⁾、座間信作⁴⁾、遠藤 真⁵⁾、
滝澤 修⁶⁾、野田五十樹⁷⁾、関沢 愛⁸⁾、末松孝司⁹⁾、大貝 彰¹⁰⁾

- 1) 正会員 独立行政法人情報通信研究機構、専攻研究員 博士 (工学)
e-mail : ashibayama@gmail.com
- 2) 正会員 工学院大学建築学科、教授 工学博士
- 3) 正会員 工学院大学建築学科、教授 博士 (工学)
- 4) 正会員 総務省消防庁消防大学校消防研究センター、室長 理学博士
- 5) 非会員 総務省消防庁消防大学校消防研究センター、支援研究員
- 6) 非会員 独立行政法人情報通信研究機構、グループリーダ 博士 (工学)
- 7) 非会員 独立行政法人産業技術総合研究所、博士 (工学)
- 8) 非会員 東京大学消防防災寄附講座、教授 工学博士
- 9) 非会員 株式会社ベクトル総研、代表取締役 博士 (工学)
- 10) 非会員 豊橋技術科学大学建設工学系、教授 工学博士

要 約

本研究では、既往の研究で開発した被害情報収集システムと被害情報収集伝達システムの2つのシステムと従来からの紙による調査方法とを詳細に見直し、調査時の効率化を図るために既往の被害情報収集支援システムの改良を行った。調査時の効率化を図る方法として、アドホック通信を利用した調査員同士の連携機能、及び調査員の安全確保を目的とした火災延焼、交通状況のシミュレーション解析システムとの連携機能の2つの開発を行った。開発したシステムの有用性を確認するために、愛知県豊橋市において開発した機能の実証実験を実施し、その有用性を確認した。

キーワード： 被害情報収集と共有, ICT, アドホック通信, GIS

1. はじめに

阪神・淡路大震災以降、大規模地震災害において早期に被災地の状況把握を行うことは、初動対応、救援救助、住居の復旧復興の支援につながる重要な要素を占めていることは周知のことである。早期に被災状況を把握する方法としては、航空写真や衛星画像を使用したリモートセンシング技術^{例えば1)2)}やヘリコプターによる映像送信システム、面的な被害推定システム^{例えば3)4)}などがあり、これらのシステムは、近年の地震災害で多く活用されている。しかしながら、ヘリコプターや航空機による被災把握では、迅速性には優れていると言えるが天候や昼夜の条件によっては飛行できない可能性がある。人工衛星による被災把握においては、衛星軌道にもよるが即座に撮影することは困難であり、また、光学センサでは天候や昼夜の条件によっては撮影が困難である。合成開口レーダに関しては、天候や昼夜の条件に左右されないが10m程度の解像度であるため、建物などの被災把握には極めて難しい。面的な被害推定システムに関しては、広範囲に被災地域の状況をだまかに把握するには適していると言えるが、地盤状況などにより大きく推定値が異なる可能性がある。

現状において迅速かつ確実な被災状況の把握の方法としては、現地での目視判断による被災調査となる。しかし、現地での目視判断による被災調査に関してもいくつかの問題点がある。まず、自治体や消防、警察などの職員の数は限られており、刻々と変わる災害の対応にほとんどの人員が割かれ、調査員の確保が難しいことや、調査には一般的に紙の調査票や紙地図を用いるため、集計に多くの時間を費やしてしまう問題がある。また、調査された情報に関しても、他の機関と情報を交換する際には通常FAX等でやり取りを行われ、自治体の災害対策本部では紙媒体の情報が数多く集まる結果となり、人手も少ないことから整理されていない状況で災害対応をしなくてはならない問題がある。これらの問題を解消するために、近年ではIT (Information Technology) を応用した被災情報を収集するための支援システムや災害対応の支援システムなどが数多く研究、開発されている^(例えば5)・9)。自治体では、それらと同様な支援システムなどが導入されているが、阪神・淡路大震災以降、被災地において貢献した成功事例はほとんど聞かない。一部、2004年新潟県中越地震において、緊急被害調査業務支援システム⁵⁾などが活用されたが、多くの研究者やその他の支援があつて実現したもので、自治体職員だけでは難しい面がある。この要因としては、紙の調査票や紙地図の調査方法に大きく関係していると考えられる。これは、ほとんどのシステムで紙の調査票に比べてユーザビリティが低く、扱えるまでに時間がかかることや、また、導入コストが高いこと、システムを維持管理するための費用がかかること、導入しても地震が起きるまでにはシステムが陳腐化してしまうこと、などの要因として挙げられる。そのため、これらの問題を克服できるシステムを提案及び開発することができれば、紙の調査票による調査方法に代わるものとなり得ると考える。

そこで著者らは、従来からの紙の調査票による調査方法に代わるものとして、2003年度にIT機器を活用した被害情報収集システムの開発¹⁰⁾をした。被害情報収集システムでは、既存の機材を活用し、ソフトウェアをライセンスフリーにすることにより、導入コストと維持管理の軽減を図った。また、実証実験から紙の調査票による調査方法と同等の調査時間で調査が可能であること、紙の調査票の集計より集計時間が短時間で済むことを確認し、紙の調査票による調査方法より有用性があることを示した¹⁰⁾。しかしながら、被害情報収集システムは、ユーザビリティが高いとは言えず、またシステム上の制限や拡張性が乏しい欠点があつた。そこで2006年度に新たにICT (Information and Communication Technology) を活用した被害情報収集支援システムの開発¹¹⁾を行った。被害情報収集支援システムでは、被害情報収集システムの欠点であつたユーザビリティの改善を行い、通信機能や収集を補助する拡張機能などを設け、システムの改善を図った。また、実証実験から紙の調査票による調査方法と同等の調査が可能であること、即座に集計が可能になることを示した¹¹⁾。しかし、両システム共に現場での調査自体は紙の調査票による調査方法と同等であり、データの集計のみの効率化だけではシステムを利用した調査方法の優位性が少なく、紙の調査票による調査方法に代わるまでのメリットが少ないのが現状である。

そこで本研究では、従来からの紙の調査票による調査方法と既往システムとを詳細に見直し、システムの有用性を高めるために被害情報収集支援システムの改良を行う。本論文では、まず、2006年度に開発した被害情報収集支援システムを概説し、従来からの紙の調査票による調査方法と2003年度に開発した被害情報収集システム、2006年度に開発した被害情報収集支援システムとの比較を行い、システムの優位性と問題点の洗い出しを再度行う。そして、その問題点からシステムの新たに改良及び機能追加した点について述べる。次に改良したシステムを用いて2つの実証実験を実施し、その有用性の確認を行う。

2. 被害情報収集支援システムの概要および開発について

2.1 被害情報収集支援システムの概要

ICT を活用した被害情報収集支援システムとは、ノートパソコンなどの一般的なIT機器とGIS (Geographic Information System : 地理情報システム) を活用し、自治体職員や防災専門家からボランティア、地域住民までの幅広いユーザが簡易に扱え、地域情報や防災情報などの情報登録や閲覧、管理、伝達が簡便できるシステムとして開発を行った。

被害情報収集支援システムは、2003年度に工学院大学が開発したノートパソコンを用いた被害情報収集システム¹⁰⁾と独立行政法人消防研究所(現:消防庁消防大学校消防研究センター)が開発したPDA (Personal Digital Assistance) 端末に用いた消防活動支援情報システム¹²⁾の2つの既存システムをベースに、一から開発をし直したシステムである。被害情報収集支援システムは、2つの既存システムと同様

に地図画面を基本とした情報収集システムではあるが、幅広いユーザに対応するためにイラスト型の GUI (Graphical User Interface) の装備や入力情報項目のカスタマイズ機能、様々な汎用地図を利用することが可能である。また、被害情報収集支援システムには、情報収集を効率化させる拡張機能を設けており、GPS (Global Positioning System) を用いたマンナビゲーション機能や離れた場所にある対象物の位置を特定する中遠距離の情報収集機能¹³⁾、端末間の情報のやり取りを行うアドホック通信機能、無線 IC タグの読み書き機能¹⁴⁾などを有している。被害情報収集支援システムのシステム画面と機材例を図 1 に示す。

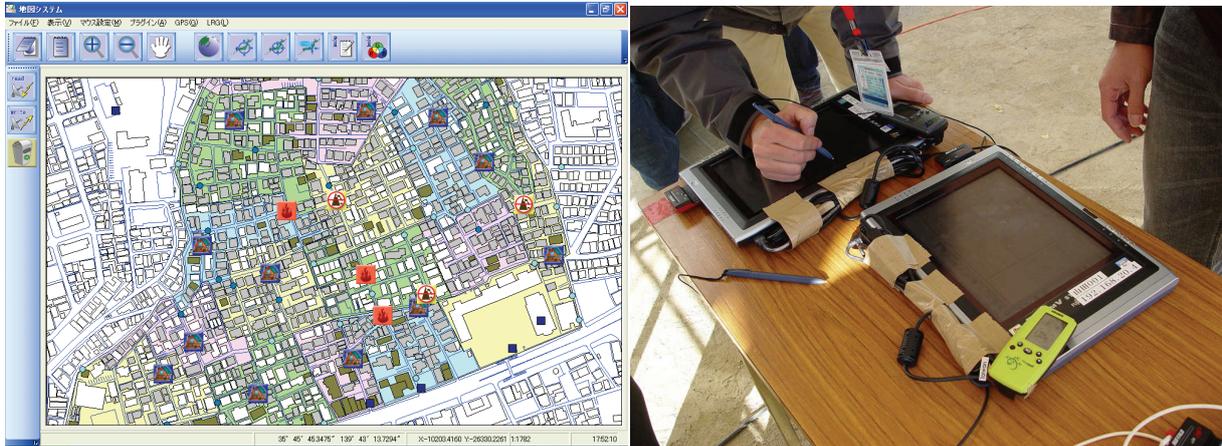


図 1 被害情報収集支援システム (左：システム画面, 右：システムの機材)

被害情報収集支援システムは、2003 年度に開発した被害情報収集システムと同様な特徴を持ちつつ、さらに独自の特徴を加えたシステムである。以下にその特徴を示す。

①被害情報収集システムと共通の被害情報収集支援システムの特徴

- ・災害時期に応じて、初動調査や建物全数調査などの調査項目の変更が可能
- ・調査項目のカスタマイズ機能を設けてあり、追記、変更などを簡易に行うことが可能
- ・モバイル情報端末を用いることで災害現場における被害情報の収集が可能
- ・被害の収集用途だけではなく、被害情報の集計用途として用いることも可能
- ・地図と連動した GPS の利用が可能
- ・市販地図もしくは無料地図のベクトルデータ、ラスタデータの利用が可能
- ・特殊機器を用いることなく汎用のパーソナルコンピュータで使用が可能
- ・ソフトウェアは、ライセンスフリーとし、第三者が自由に配布することが可能

②被害情報収集支援システムのみの特徴

- ・GIS エンジン (ESRI 社の MapObjects LT 2.0¹⁵⁾) を導入し、レイヤ管理、オブジェクトの検索、距離計測、オブジェクトのラベル表示、主題図の作成などを可能にした
- ・収集した被害情報を、XML (eXtensible Markup Language) 形式で管理し、自治体などの他のシステムと連携を容易にした
- ・被害状況を地図上にアイコンで表現し、被害状況を視覚的に簡便に判断できるようにした
- ・デスクトップパソコン、ノートパソコン、タブレットパソコンなどの様々なパソコンに合わせた最適なフォームの形状及び最適な GUI の配置を可能にした
- ・被害情報の入力や地図操作などの操作パネルにイラスト型の GUI を採用したことにより、パソコンを触ったことがある人なら誰でも直感で操作することが可能である (図 2)
- ・商用目的以外での利用に限り、基本部分以外の拡張機能の部分のプログラムソースコード及び DLL (Dynamic Link Library) を公開
- ・アドホック通信機能を用いた情報伝達、情報共有が可能
- ・中遠距離の情報収集機能を用いた距離の離れた目標物の位置の特定が可能¹³⁾
- ・無線 IC タグを利用した災害現場での情報共有化などが可能¹⁴⁾

- ・ユーザ独自の拡張機能の作成が可能



図2 被害情報収集支援システムの画面構成

2. 2 従来からの紙の調査票による調査方法と既往システムとの比較

従来からの紙の調査票による調査方法(以下, 従来調査), 2003年度に開発した被害情報収集システム(以下, 収集システム), 2006年度に開発した被害情報収集支援システム(以下, 収集支援システム)の3つの比較を表1に示す。比較対象とした従来調査の方法は, 建物を全数調査する応急危険度判定や学術調査の建物全数調査などを対象とした。

まず, 平常時の事前準備段階について比較を行う。導入費用や習得時間に関しては, 従来調査の方が両システムより優位性が高いと言えるが, その他の項目に関しては従来調査に比べて両システムの方が優位性が高いと言える。導入費用は, 従来調査の方が簡易に大量に印刷することが可能であり, システムの導入費用と比べて優位性が高いと言える。しかし, 両システムにおいても, 既存の機器を利用することで初期投資の費用を抑えることが可能である。習得時間に関しては, 収集システムに比べてシステムに様々な機能が付いたため, システムを習得するには多少の時間が必要である。収集システムの場合では, パソコンへのリテラシー有無などの個人差もあるが, 基本操作のみならば15分程度の講習が必要であり, すべて機能を習得するには1時間程度の講習が必要である。また, 収集支援システムの場合では, 基本操作の習得に15分程度, すべての機能を習得するには2時間程度の講習が必要となる。また, 収集システムでは, コンピュータに不慣れな人の場合では, さらに習得に多くの時間を必要とするが, 収集支援システムでは, 操作パネルにGUIを多く用いていることで, コンピュータに不慣れな人でも簡易に扱うことができ, 習得時間が短く済むことができる。

次に災害時の調査段階の比較を行う。まず, 調査項目の変更に関しては, 両システムともに変更を行うことは容易であるが, 従来調査においては調査内容が変更された場合に即座に対応することは難しく, 調査票を印刷し直す手間が必要となる。調査に際して必要となる地図や可搬性に関しては, 従来調査の場合, 調査範囲や調査棟数が増えることで必要となる地図及び調査票が多くなり可搬性が悪くなる。また, 両システムにおいては, 調査範囲や調査棟数の増減には関係性がないものの, システムを動作させるパソコン(ノートPC, タブレットPCなど)の重量の問題がある。2008年現在において, 軽いパソコンでも700g~1,500g程度の重量があり, 可搬性が優れているとは言い難い。調査場所や調査建物の位置などの場所の把握に関しては, 土地勘がない調査員の場合では紙地図のみで現在位置の把握をすることは難しい。両システムにおいては, GPSを利用することにより土地勘がなくても位置の把握が即座にできる。調査時間に関しては, 実証実験の結果¹⁰⁾からも従来調査と収集システムとの調査時間には大きな違

いは見られない。その他の問題点としては、両システムともにパソコンのバッテリーの動作時間に制限があり、調査時にバッテリーの電力が無くなった場合には調査が続行できない欠点がある。

最後に集計時の比較を行う。集計時では両システムともにデータベース化が即座にでき、集計に要する時間はほとんど必要としない。また、データベース化された被害情報は、地図上に即座に表示されるため被害の全体像の把握が容易になり、追加調査やその他の災害調査の二次利用が容易にできる利点がある。従来調査に関しては、紙の調査票を集計する時間が必要であり、また、集計の際の入力ミスが発生する可能性が高く、被害状況の把握には、集計が終了するまで詳細な被害状況の把握や二次利用は困難である。

以上の比較により、収集支援システムには、導入費用や習得時間、システムのバッテリー駆動時間などの問題点も残されているが、従来調査や収集システムより優れた点が多く、収集支援システムの有用性があると考えられる。しかしながら、上述でも述べたがシステムを利用することで調査時、集計時の利点があるものの、調査の効率化の要素は少ないと考える。

表 1 従来の紙の調査票による調査方法と各システムによる調査方法との比較

		従来の紙の調査票による調査方法 (従来調査)	被害情報収集システム (収集システム)	被害情報収集支援システム (収集支援システム)
事前準備	導入費用	安価	高価 (既存機器を利用する場合は安価)	高価 (既存機器を利用する場合は安価)
	習得時間	ほとんど必要ない	基本: 15~30 分程度 全体: 1 時間程度	基本: 15 分程度 全体: 2 時間程度
	操作性	容易	コンピュータに不慣れな場合は操作が困難	容易
調査	調査項目の変更	変更は容易であるが、調査票を印刷し直す必要性が有り	容易	容易
	調査地図	詳細な地図を大量に持つことは難しい	5km×5km 程度 (2500 分の 1 地図)	市区町村範囲 (2500 分の 1 地図)
	可搬性	調査量増大→悪化	調査量増大→変化無し	調査量増大→変化無し
	調査場所の把握	土地勘が必要	GPS の利用で、土地勘がなくても調査可能	GPS の利用で、土地勘がなくても調査可能
	調査時間	—	従来の方法と同等	従来の方法と同等
	現場からの状況報告	不可能 (携帯電話などを利用した音声による報告は可能)	可能 (通信途絶地域では不可能)	可能 (狭い範囲であれば、通信途絶地域でも可能)
	雨天時	調査票が濡れて調査がし難くなる	防水性のパソコンを使用することにより雨天時でも使用が可能	防水性のパソコンを使用することにより雨天時でも使用が可能
	その他の問題点	特に無し	パソコンのバッテリーの動作時間に制限がある	パソコンのバッテリーの動作時間に制限がある
集計	集計時間	長時間	短時間	短時間
	集計ミス	有	無	無
	被害状況把握	即座には不可能	即座に可能	即座に可能
	二次利用	困難	容易	容易
システム関連	他のシステムとの連携	—	可能	可能
	拡張性	—	低い	高い
	被害表示	—	ポイント, エリア, メッシュ	ポイント, アイコン, エリア
	レイヤ管理	—	不可能	可能
収集から集計までの全体時間		—	従来の方法より集計時間が短縮	従来の方法より収集, 集計時間が短縮

注) 色付きは、優位性が高い方を示している

2. 3 被害情報収集支援システムの改良

2.2 で示した通り、従来の調査方法と比較して両システムともに調査時の優位性が少ない。そのため、既存の被害情報収集支援システムにいくつかの改良を加え、調査時の優位性を高めるためのシステム開発を行った。

調査時の効率化を行う方法としては、調査員の最適配置や調査入力効率化など様々な方法が考えられるが、本開発では2つの方法により調査時の効率化を図ることとした。まず、一つ目にアドホック通信を利用した調査員同士の連携するための機能開発、二つ目は調査員の安全確保を目的とした火災延焼、交通状況等のシミュレーション解析システムとの連携するための機能開発の2つである。前者は、調査員同士の情報を共有し、重複調査などを減らし、戦略的な被害情報の収集することにより調査時間の短縮を図るものである。後者は、調査員が調査した情報から火災の延焼予測や道路閉塞による交通状況などをシミュレーションし、逐次変化する現場状況から調査員の安全確保をするものである。

(1) アドホック通信を利用した調査員同士の情報共有

被害情報収集支援システムには、既存の研究¹¹⁾においても示しているが情報伝達及び情報共有するためのアドホック通信機能が備わっている。この情報伝達・共有機能を利用することにより、調査員同士の連携を図ることができる。情報伝達及び情報共有するためのアドホック通信機能について以下に概要を示す。

情報伝達機能とは、災害対策本部や情報を集約するサーバ端末までいくつかの端末を経由して通信路を構築する機能である(図3)。まず、被害情報収集支援システムの端末を持つ調査員が情報を入力し、情報が記載されたファイルが生成される。アドホックの通信経路が確立されるまで、端末は収集したデータの送信を試み続け、通信経路が確立した瞬間に情報ファイルを一気に送り出し、サーバまでファイルを届ける仕組みとなっている。このような仕組みを取ることで、調査エリア内で複数の端末が動き回っていくうちに、サーバまでの通信路が自然に確立される瞬間ごとに各調査データがバケツリレー式で自然にデータがサーバに集約される。

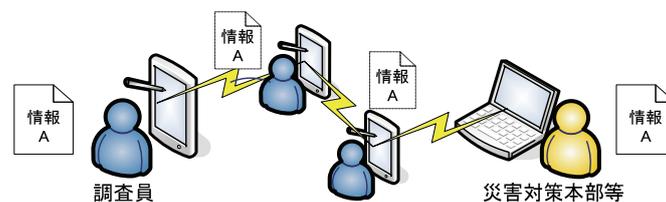


図3 情報伝達機能の概念図

情報共有機能とは、2つの端末間もしくは複数の端末間で収集した情報を共有する機能である(図4)。情報伝達機能では、バケツリレー式でデータを伝達させるだけで、経由した端末にはデータを残さない仕組みである。情報共有機能に関しては、各端末が情報収集し、端末同士の通信が確立したときに、端末同士で情報の整合性を取り、相手の持っていない情報を送る仕組みとなっている。したがって、一度整合性を取った端末同士は、相手の情報をすべて持つことになり、同じ情報を共有することが可能になる。また、この情報共有機能は、複数端末でも同様な動作が可能で、通信が確立できれば、すべての端末の情報共有が可能になる。

この情報伝達・共有機能を使用することで、調査員同士の連携を図ることは可能である。しかしながら、既往の研究¹¹⁾では、収集端末から情報を集約する端末までの情報伝達機能の実験を行い、その有効性を確認したのみであり、情報共有機能の有効性までは確認していない。また、情報共有機能は、相手の情報のみを受け渡す調査情報の共有のみであり、調査員が現在どこにいるのか、どのようなルートで調査したのかは不明であり、調査時に調査員同士が連携した調査を行うことは難しい。そこで調査員がマンナビゲーションに使用しているGPSの位置データを利用し、調査員同士の位置情報を情報共有機能を用いて互いの位置情報を交換し、相手の調査員の位置を把握する機能の開発を行った。この機能により、相手の位置及び調査済みの情報を共有することが可能になり、重複調査の軽減かつ戦略的に調査を遂行することが可能になる。

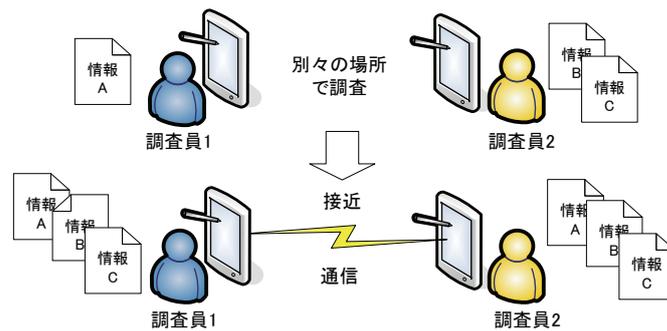


図4 情報共有機能の概念図

(2) シミュレーションとの連携機能について

調査員の安全確保を目的としたシミュレーション機能をシステム上に追加するにあたり、いくつかの問題点がある。まず、端末内で即座にシミュレーション結果を見られることは、調査員や近くの住民などに対して迅速に避難行動の対応ができると考えられるが、その調査者の調査データのみでは調査地域内の解析しか出来ず、同時多発的に火災が起こった際には、避難する際の情報としては不足する可能性がある。次に、火災延焼や道路交通等のシミュレーション解析を行うには、コンピュータの高い処理能力とそれに比例した電力消費量が必要となる。端末の消費電力が増えることは、動作時間の短縮に繋がりがり、調査自体にも支障を来す可能性がある。これらの問題により、現場で使用する端末内（システム上）でシミュレーション解析を行うことは、現状のコンピュータ能力では不十分であり、別の方法が必要と考える。そこで、シミュレーション解析を調査員の端末内で行うのではなく、サーバ側にシミュレーション解析する機能を設け、クライアント・サーバ型にする方法とした。しかしながら、クライアント・サーバ型にも問題があり、通信途絶状態では調査員に対して即時に情報を伝達させることが困難である。そのため、上記で述べたアドホック通信機能を用いてその欠点を補うこととした。

シミュレーション解析を行うサーバ側のシステムとして、防災科学研究所と産業技術総合研究所が共同で開発した減災情報共有プラットフォームを利用させて頂いた。減災情報共有プラットフォーム¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾とは、減災に関わる各種情報システムを連携させるためのシステムであり、減災情報共有プロトコル MIS¹⁶⁾¹⁸⁾で情報のやり取りが行えるものである。減災情報共有プラットフォームには、シミュレーション解析を行う解析システム群と連携がなされており、東京大学で開発した火災延焼シミュレーション¹⁶⁾や産業技術総合研究所が開発した交通シミュレーション¹⁹⁾、安全・安心マイプランが開発した避難シミュレーション²⁰⁾などと連携が可能である。これらの技術を用いシミュレーション解析と被害情報収集支援システムとの連携を行う。連携方法としては、調査員が得た情報をアドホック通信による伝達や収集端末を持ち込みによる伝達などにより災害対策本部等に情報を送り、減災情報共有プラットフォームにおいて収集端末で収集した情報及びその他の災害情報を利用して火災延焼や道路交通シミュレーション解析を行う。そして、その解析結果を再度アドホック通信で調査員の収集端末に送り表示する方法とした。

シミュレーションとの連携機能を開発するにあたり、解析シミュレーション群と連携するためのデータ定義、及び解析シミュレーション群で解析した結果をシステムに表示する機能の開発を行った。データ定義方法としては、減災情報共有プラットフォームで利用される XML の定義に則り、建物被害、火災被害、道路被害などのスキーマの作成を行った。データ定義の例として建物被害のスキーマを表2に示す。このスキーマ（XML の記述方法を定める構造化文）を基に災害情報の内容を XML に記述し、XML データを相互にやり取りすることで減災情報共有プラットフォーム及び解析シミュレーション群との連携を図ることが可能である。次に、シミュレーション結果の表示機能については、火災延焼シミュレーション結果、道路シミュレーション結果等を受取り、システム上にシミュレーション結果を表示する機能の開発を行った。シミュレーション結果のデータのやり取りは、上記で示したデータ定義と同様にスキーマを作成し、XML 形式で情報のやり取りが行われる。表示例などは、後述の実験結果で示す。

表 2 建物被害のスキーマ定義の例

項目名	項目名 (英語)	項目に対する入力内容
地物 ID	featureId	地物管理 ID (URL を記載)
重要度	levelOfImportance	{緊急 (人的被害あり) 重要 (住民への影響あり) 通常}
建物名	buildingName	建物名称を記載
目標物	landmarkObject	近くの目標物名を記載
被害場所住所	damagePointAddress	被害が発生した住所を記載
被害箇所	gml:GeometryPropertyType	被害箇所を記載
確認・未確認情報	confirmed	{確認 未確認}
電話	telephone	電話番号を記載
管理者	administrant	管理者もしくは家主名を記載
世帯主	headOfFamily	世帯主名を記載
所有者	owner	所有者名を記載
被害確認時間	confirmationTime	被害を確認した時間を記載
建物種別	damagebuildingClassification	{住家 庁舎 公民館 保健所 病院 文教施設 清掃施設 社会保険施設 港湾施設 砂防施設}
建物構造	structuralClassification	{木造 RC 造 S 造 その他}
火災被害種別	fireDamage	{ぼや 部分焼 半焼 全焼}
水害被害種別	floodDamage	{床下浸水 床上浸水 流失}
地震被害種別	seismicDamage	{一部損壊 半壊 全壊}
備考	note	備考欄

(3) 既往のシステムとの改良点

上述で開発した機能と既往の研究のシステムから改良した内容の一覧を表 3 に示す。これらの改良した機能は、被害情報収集支援システムのプラグインという形式になり、システムに簡単に追加・削除が可能になっている。

表 3 被害情報収集支援システムの改良点

プラグインの概要	内容
他の端末の位置情報を表示するためのプラグイン	アドホック通信を利用して、端末同士の GPS 情報の同期を行い、システムの地図上に他の端末の位置を表示するプラグイン。
他の端末の被害情報を表示ためのプラグイン	アドホック通信を利用して他の端末の被害情報の同期を行い、他の端末で収集した被害情報の位置と情報を表示する。
被害情報を XML 化するためのプラグイン	上述で示した被害情報を XML 化するためのプラグイン。項目は、火災、建物、道路の被害情報とし、災害報告取扱要領（昭和 45 年 4 月 10 日付消防防第 246 号）の消防庁 4 号様式に準拠した内容である。
減災情報共有プラットフォームヘデータ送受信するためのプラグイン	端末と減災情報共有プラットフォームとで被害情報やシミュレーション結果などの XML のデータ送受信するためのプラグイン。
シミュレーション結果を表示するためのプラグイン	減災情報共有プラットフォーム経由で延焼シミュレーション、交通シミュレーション、避難シミュレーション、避難所情報を取得し表示する。
調査時に画面が消えないようするためのプラグイン	ノートパソコンの場合電池駆動中に省エネモード、スクリーンセーバ、スリープモードが起動しないようにする機能。
地図の全域を表示するためのプラグイン	地図の全域をサブパネルで表示し、メイン地図の表示位置を表示、拡大・縮小・移動が可能。
工学院大学の WEBGIS と連携するためのプラグイン	減災情報共有プラットフォームを使用せずに、直接、工学院大学 WEBGIS と連携するためのプラグイン。工学院大学 WEBGIS の被害情報を取得しサブパネルに集計表示する機能。

3. アドホック通信を利用した端末間の情報共有実験

アドホック通信を利用した情報共有機能の有効性を確認するために2005年に愛知県豊橋市山田町・山田石塚町及び飽海町・東田町西脇二区の2地区においてアドホック通信を利用した端末間の情報共有の実証実験を実施した。

3. 1 端末間の情報共有実験の概要

実験は、2005年11月20日に愛知県豊橋市山田町・山田石塚町及び飽海町・東田町西脇二区の2地区で実施された地域住民による総合防災訓練と並行して、アドホック通信を利用した端末間の情報共有の実証実験を実施した。実験方法は、地震発生直後の初動調査を想定して複数の調査員が収集端末を持ち、調査地区内の被害看板を探し出し、システムを用いて被害情報を収集し、その情報を端末間で情報共有しながら、調査員同士が連携して調査することとした。収集に用いた被害情報は、図5に示すような被害情報が記載された看板（火災、建物被害、道路閉塞の3種類）を被害と見立てて行った。看板の設置は、火災、建物被害を電柱に目の高さに設置し、道路閉塞に関しては、学生が道路上で看板を持つこととし、調査員が道路を通り抜け出来ないこととした。山田町・山田石塚町の看板の配置と調査範囲を図6に示す。

山田町・山田石塚町の実験では、タブレットPCを2班（A班、B班）、ウェアラブルPCを1班とし、3班で情報共有しながら一つの地区を調査することとした。収集に使用したタブレットPCと操作の様子を写真1に示す。飽海町・東田町西脇二区の実験においては、タブレットPCを2班（A班、B班）で情報共有しながら一つの地区を調査することとした。また、アドホック通信の情報共有・伝達を補助するための中継器端末をそれぞれの地区で用意し、山田町・山田石塚町では5台、飽海町・東田町西脇二区では6台とした（図7）。中継器端末は、情報集約端末の直近にある中継器端末のみを固定端末とし、その他の中継器端末は、同総合防災訓練で上記と同様な被害看板の情報収集を行っている実験者に中継器端末を持たせて、それを移動中継器端末とした。本実験では、アドホック通信の仮設のインフラとして中継器端末を設置しているが、実際の災害時では、調査地域内に救援救助を行う要員や消防隊員など多数の人員が同じ場所で活動しており、それらの人員に対して中継器を支給し、即席のインフラを構築することを想定している。アドホック通信には、無線LAN規格のIEEE801.11bを用い、中継器端末には一般に市販されているノートパソコンを利用した。

実験は、総合防災訓練が開始する9時を実験開始とし、山田町・山田石塚町では栄小学校から、飽海町・東田町西脇二区では豊城市民館からそれぞれ調査を開始することとした。調査時間は2時間とし、2時間以内に調査地区内のすべてを検索し終わった際は、調査を完了したこととした。調査終了後の調査員は、両地区の避難所に戻ることにした。調査範囲に関しては、調査員に事前に全体の調査範囲と調査員ごとに調査する大まかな調査範囲を指定して行ったが、調査員同士の明確な調査範囲の区切り位置は教えずに実験を実施することとした。また、調査員同士での事前打ち合わせなどは行わないこととした。

また、本実験と並行して、両地区の調査データを栄小学校に設置した災害対策本部に情報を伝達する実験も同時に行った。栄小学校と豊城市民館の間の情報伝達手段としては、長距離無線LANで栄小学校から豊橋市役所を中継して豊城市民館までを結んだ¹⁶⁾。情報伝達実験の概要図を図7に示す。



図5 被害情報看板（左：火災，中央：建物被害，右：道路閉塞）

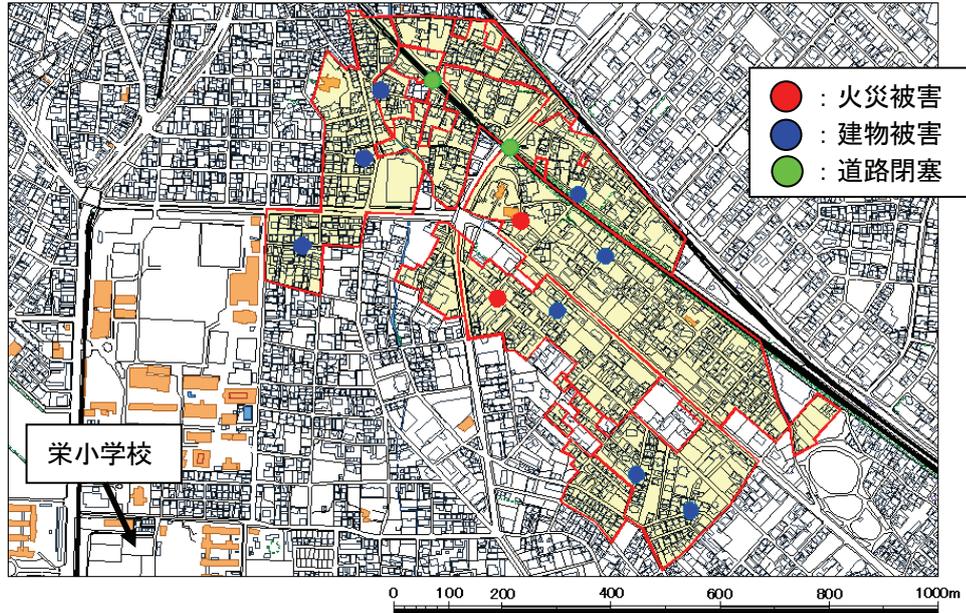


図6 豊橋市山田町・山田石塚町の実験地域



写真1 タブレットPCの収集端末（実験端末：左，調査員：右）

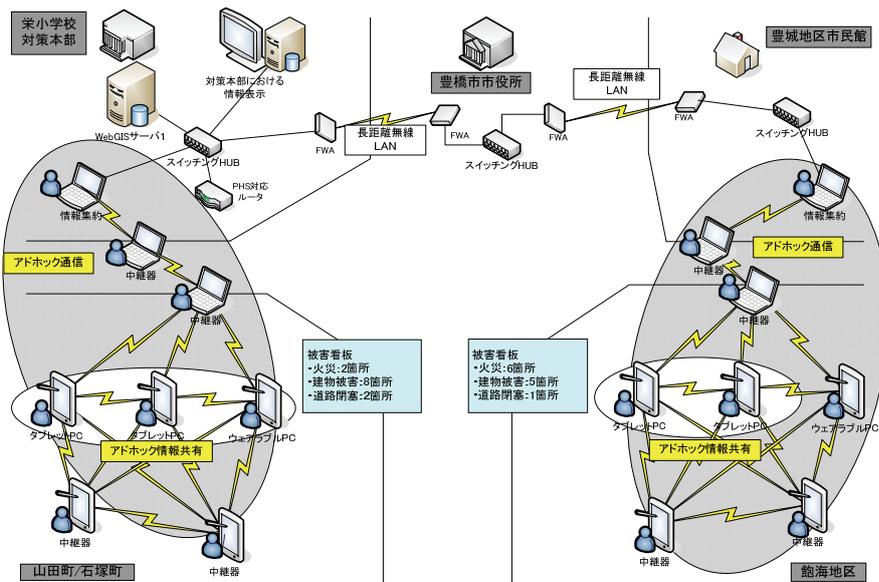


図7 情報伝達実験の概要

3. 2 実験結果

山田町・山田石塚町の実験結果を表4に示す。山田町・山田石塚町の実験では、調査時間内に12箇所のすべての被害看板を収集することができた。しかし、タブレットPCのB班とウェアラブルPC班で同一箇所の火災被害、建物被害を調査し、重複調査が2箇所あった。この原因は、情報共有が行われないうまま別の調査班が調査したためだと考えられる。タブレットPCのB班では9時50分前後に火災被害と建物被害の2箇所の調査をし、その10分後にウェアラブルPC班がその2箇所を調査した。その10分間の間に建物の影響等で情報の通信ができず、情報共有ができなかったことが原因と考えられる。

調査時間に関しては、3班ともに70分であり、合計の調査時間としては210分であった。調査時間の比較として1班で同地区を調査した結果と比較する。本実験での調査地域が広く調査員の疲労等の問題もあるが、1班での調査は同地区を複数班で重複調査が無く最適に調査したことと言い換えることができる。同地区において1班で調査をした場合の調査時間は、事前調査の結果から200分程度であった。この結果から1班で調査するより3班で情報共有を行った調査の方が10分ほど多くの時間がかかった計算となる。しかし、この調査時間は、調査開始場所である栄小学校から山田町・山田石塚町の調査地域までの往復20分の移動時間を含めた調査時間である。そのため、移動時間を含めない調査地域のみでの調査時間を算出した場合、1班での調査では、移動時間20分を差し引いた180分となり、3班で情報共有しながらの調査では、往復20分の3班分(合計60分)を差し引いた150分となる。1班の調査における調査員の疲労等の問題やウェアラブルPC班が一部道路を通っていないこともあることから、両者の調査時間の差は縮まることを考慮しても、1班での調査と3班で情報共有を行った調査と同等の調査時間もしくは3班で情報共有を行った調査の方が短い調査時間で調査が可能であることがわかった。

端末間の被害情報の送受信記録を表5、被害情報の送受信場所を図8に示す。調査中に端末間で情報共有が行われた被害情報の送受信数は、タブレットPCのA班で送信した被害情報が6、受信した被害情報が8、タブレットPCのB班では送信が10、受信が6、ウェアラブルPC班では送信が4、受信が6であった。これらの被害情報の送受信は、一回の通信で平均2~3つの被害情報が送受信され、全体で十数回の端末間の通信が行われた。また、端末間同士の通信が確立した距離は、最も長いものでタブレットPCのA班とウェアラブルPC班の300m(図8の通信①)で、次いで、タブレットPCのB班とウェアラブルPC班の110m(図8の通信②)、タブレットPCのA班とウェアラブルPC班の100m(図8の通信③)であった。それ以外に関しては、通信距離が50m未満で通信が行われた。このような通信距離の違いは、建物等の障害物による電波の遮蔽や高架線や線路などの電磁波による影響や家庭内にある無線LANの電波干渉などが影響しているためである。今回の実験では、最も長い通信距離が取れた要因としては、広い幹線道路で遮蔽物がなかったためである。

飽海町・東田町西脇二区の実験結果を表6に示す。飽海町・東田町西脇二区に関しては、情報共有の意図が伝わっておらず、調査員同士の連携が実施されなかったが、被害情報の伝達は両端末で行われた。

以上の結果から各班で収集した被害情報は、システムのアドホック通信機能により、その他の端末に被害情報が伝達され、情報共有がされていることがわかり、市街地においても情報共有できることがわかった。また、災害現場で端末間の情報共有が行われることにより、重複調査が軽減されることがわかり、調査時間が短縮されることがわかった。

表4 山田町・山田石塚町の実験結果

	火災被害	建物被害	道路閉塞	調査時間
タブレットPC (A班)		3	1	70分
タブレットPC (B班)	2 (重複調査:1)	3 (重複調査:1)	1	70分
ウェアラブルPC	1 (重複調査:1)	3 (重複調査:1)	0	70分
合計	2/2	8/8	2/2	

注) 重複調査とは、同じ箇所の被害を複数の班が重複して調査をしてしまったことを表す。

表5 山田町・山田石塚町の実験における端末ごとの被害情報の送受信記録

送信 \ 受信	タブレット PC (A 班)	タブレット PC (B 班)	ウェアラブル PC	送信数の合計
タブレット PC (A 班)		4	2	6
タブレット PC (B 班)	6		4	10
ウェアラブル PC	2	2		4
受信数の合計	8	6	6	

表6 飽海町・東田町西脇二区の実験結果

	火災被害	建物被害	道路閉塞	調査時間
タブレット PC (A 班)	3 (重複調査:2)	0	1 (重複調査:1)	60分
タブレット PC (B 班)	3 (重複調査:2)	4	1 (重複調査:1)	60分
合計	4/6	4/5	1/1	

注) 重複調査とは、同じ箇所の被害を複数の班が重複して調査をしてしまったことを表す。

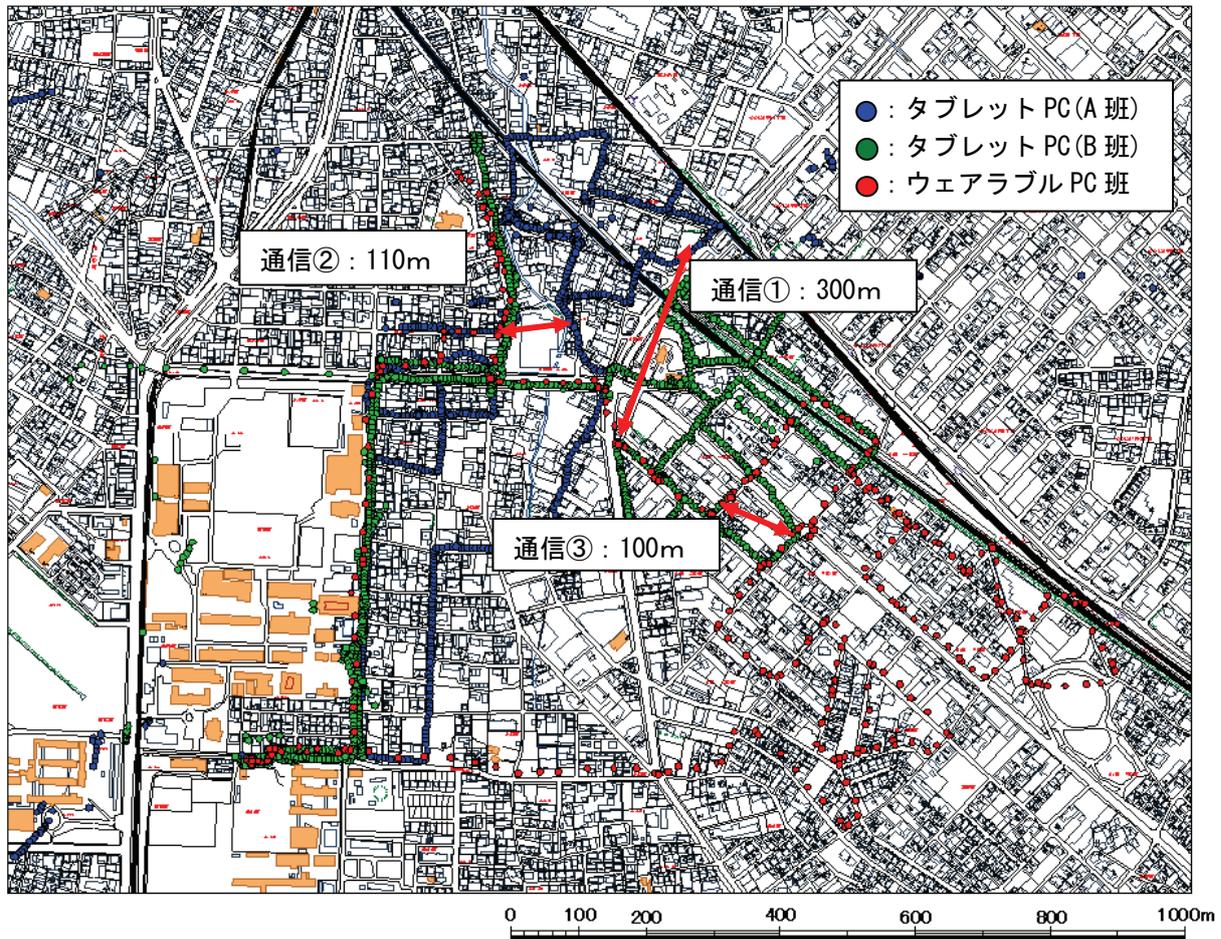


図8 山田町・山田石塚町の実験結果 (調査軌跡と情報共有ポイント)

4. シミュレーション結果表示と情報集約の実証実験

被害情報収集支援システムと火災延焼、交通状況等のシミュレーション解析システムとの連携及び情報集約の有効性を確認するために、2006年に愛知県豊橋市の総合防災訓練において実証実験を実施した。3章で示した端末間の情報共有実験では、アドホック通信による情報共有を行ったが、本実験では、アドホック通信による情報共有機能は使用せず、被害情報収集支援システムの情報集約端末がある避難所(栄

小学校) への駆け込みによる情報伝達による実験を行った。

4. 1 実験概要

実験は、2006年11月12日に愛知県豊橋市で実施された地域住民による総合防災訓練と並行して、シミュレーション機能との連携及び情報集約の実証実験を実施した。本実験では、工学院大学、消防庁消防大学校消防研究センター、豊橋技術科学大学、産業技術総合研究所、安全・安心マイプラン、東京大学、建築研究所、防災科学研究所の8機関と豊橋市による合同実験の一部として実証実験を行った。実験概念図を図9に示す。

実証実験は、2006年11月12日8時30分に東海地震警報宣言発令が出されたという想定のもと、防災対策課・都市計画課の職員は、第4非常配備体制をとり、そして9時に東海・東南海連動型地震が発生したという想定で開始した。実験方法としては、南栄町・町畑町を調査地区とし、同校区内にある栄小学校を調査開始場所とした。調査員は、3名とし、調査時間を1時間として実施した。実験内容としては、南栄町・町畑町内に設置された27カ所の消火器を被害と見立てて実施した。被害情報と見立てた消火器と被害内容と関連付けるために、調査者にはあらかじめ撮影した消火器の写真と被害内容を書いた紙(図10)を渡し、それを見ながら端末に情報を入力する方法とした(写真2)。また調査員は、対象地域に土地勘のない工学院大学の学生とした。調査時間は1時間とし、1時間以内に調査地区内をすべて検索し終わった場合には調査を完了したことにした。

調査終了後は、調査員が栄小学校内の防災対策課職員に被害情報を報告し、情報集約端末(被害情報収集支援システムを集約端末として利用)を利用して減災情報共有プラットフォームへ伝達することとした。そして、減災情報共有プラットフォームに送られた被害情報から火災延焼シミュレーション及び交通シミュレーションの解析システムに渡し、その解析結果を、減災情報共有プラットフォームを經由して情報集約端末(被害情報収集支援システム)に火災延焼・交通シミュレーション結果を表示するまでの実験を行った。

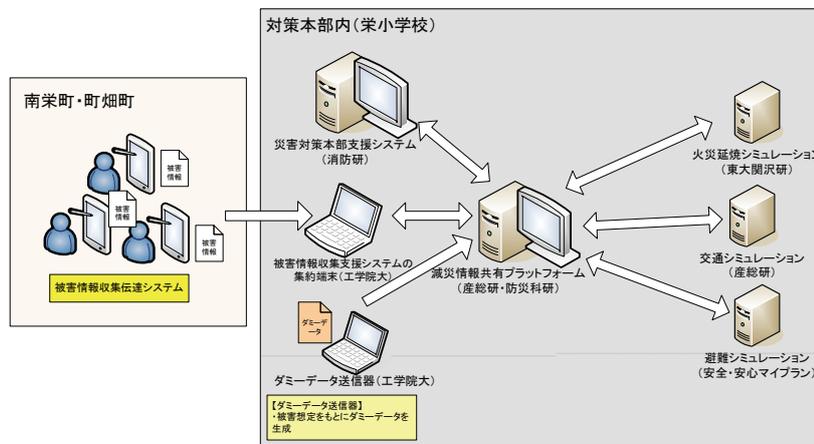


図9 実証実験概念図



図10 被害情報の例



写真2 被害情報収集支援システムの調査風景

4. 2 実験結果

(1) 収集実験の結果

収集実験の結果を図11, 表7に示す. 実験結果は, 一部, 被害情報の見落としがあったものの, 1時間以内の調査時間で調査地域のほとんどの被害情報は収集することができた. さらに収集した被害情報が情報集約端末から減災情報共有プラットフォームへ速やかに伝達し, 減災情報共有プラットフォームで情報共有できることが確認された.

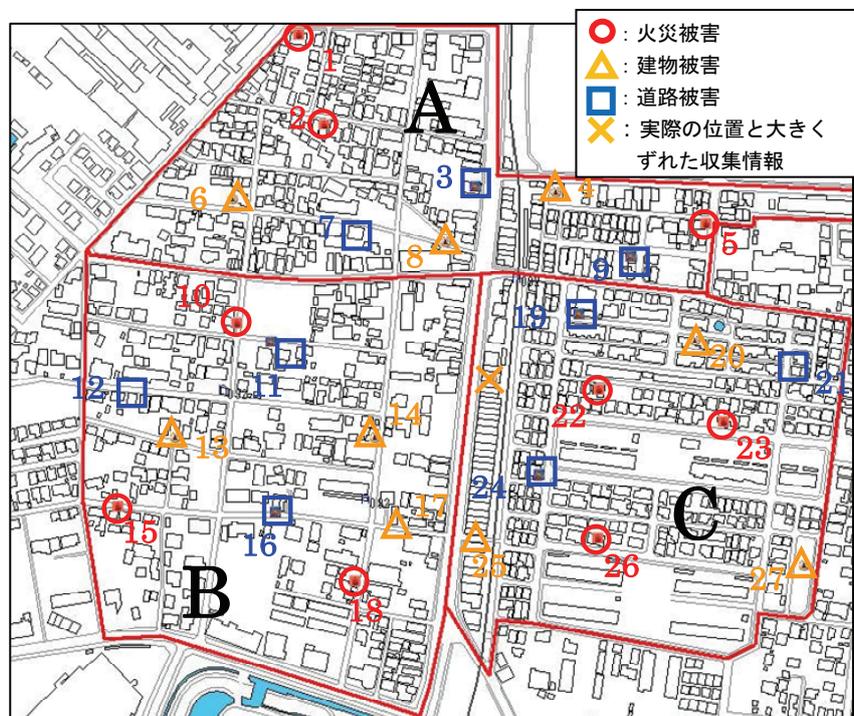


図11 被害情報収集支援システム実験の結果

表7 収集実験結果

	収集数	正解数	調査時間
タブレット PC (A 班)	7/9	7/9	60 分
タブレット PC (B 班)	8/9	8/9	60 分
タブレット PC (C 班)	8/9	7/9	60 分
合計	23/27	22/27(81.4%)	

(2) 火災延焼, 交通状況等のシミュレーション解析システムとの連携実験

火災延焼, 交通状況等のシミュレーション解析システムとの連携実験を行った結果, 情報集約端末(被害情報収集支援システム)から減災情報共有プラットフォームに被害情報が伝達され, その被害情報から火災延焼・交通シミュレーション解析が行われ, 減災情報共有プラットフォームを経由して情報集約端末にシミュレーション結果を表示することを確認した. 情報集約端末(被害情報収集支援システム)に火災延焼・交通シミュレーション結果を表示した例を図12に示す.

本実験結果より, 情報集約端末までのシミュレーション結果の表示に止まったが, 火災延焼, 交通状況等のシミュレーション解析システムと連携することで被害情報収集支援システム上に調査員の安全情報となるシミュレーション解析結果が表示されることを確認した.



図 12 被害情報収集支援システムによるシミュレーション結果表示
(左：火災延焼シミュレーション, 右：交通シミュレーション)

4. まとめ

本論文では、従来からの紙の調査票による調査方法と既往の2つのシステムを詳細に見直し、調査時の効率化を図るために既往の被害情報収集支援システムにアドホック通信を利用した調査員同士の連携機能及び調査員の安全確保を目的とした火災延焼、交通状況のシミュレーション解析システムとの連携機能などの改良を行った。実証実験からアドホック通信を利用した調査員同士の連携機能を用いることで重複調査が軽減し、調査時間の短縮が可能であることがわかり、その有効性を確認した。また、調査員の安全確保を目的とした火災延焼、交通状況のシミュレーション解析システムとの連携機能の実証実験を実施した結果、調査員の安全情報となる情報が被害情報収集支援システム上に表示されることを確認した。

今後の課題としては、シミュレーション結果表示と情報集約の実証実験において情報集約端末までのシミュレーション結果の表示までで止まっており、災害現場の調査員の端末までのシミュレーション結果の伝達がなされていない。今後は、調査員の端末までシミュレーション結果の情報を伝達し、調査員の安全確保が図れるのかの実証実験を行う予定である。

謝 辞

本研究は、文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクト、及び科学研究補助金基盤研究B(課題番号17310101)、科学技術振興調整費「危機管理対応情報共有技術による減災対策」研究プロジェクト(H16-H18)による研究助成によって行われた。なお、本実験は、工学院大学、消防庁消防大学校消防研究センター、豊橋技術科学大学、産業技術総合研究所、安全・安心マイプラン、東京大学、建築研究所、防災科学研究所との協働により実施された。研究の推進のご支援を頂いた関係機関に感謝する。共同研究の推進をご支援いただく関係者に感謝する。そして、実験に際して工学院大学の学生及び豊橋技術科学大学の学生、愛知県豊橋市山田町・山田石塚町及び飽海町・東田町西脇二区の住民の方々に多大なるご協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 松岡昌志, 山崎文雄, Tuong Thuy: 高分解能衛星画像を利用したイラン・バム地震での被害地域の自動抽出, リアルタイム災害情報検知とその利用に関するシンポジウム論文集, pp.75-82, 2004
- 2) 三富創, 松岡昌志, 山崎文雄: 空撮画像を用いた汎用的な建物被害抽出方法に関する考察, 土木学会論文集, No. 710/I-60, pp.413-425, 2002.7
- 3) 清水善久, 小金丸健一, 中山渉, 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, pp.17-20, 2002

- 4) 翠川三郎:最近の強震計ネットワークについて—阪神大震災以降の動向—, 建築防災 12月号, pp.12-16, 1996
- 5) 浦川豪, 吉富望, 林春男, 堀江啓, 石本常, 大村径:モバイルデバイスを利用した緊急被害調査業務支援システムの構築—ArcPADを利用したAuthoring Systemの開発—, 地域安全学会論文集, No7, pp.53-62, 2005
- 6) 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, pp.113-116, 2001
- 7) 秋本和紀, 浦川豪, 佐土原聡, 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, pp.159-165, 2002
- 8) 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, pp.253-256, 2001.3
- 9) 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, pp.227-232, 2001
- 10) 柴山明寛, 久田嘉章: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, 地域安全学会論文, No.5, pp.95-103, 2003
- 11) 柴山明寛, 遠藤真, 滝澤修, 細川直史, 市居嗣之, 久田嘉章, 座間信作, 村上正浩:地震災害時における情報収集支援システムの開発, 日本建築学会技術報告集, 第23号, pp.497-502, 2006
- 12) 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, pp.113-116, 2001
- 13) 柴山明寛, 久田嘉章, 村上正浩, 座間信作, 杉井完治, 滝澤 修:災害時における中遠距離被害情報収集システムに関する研究, 日本建築学会技術報告集, 第29号, pp.329-334, 2009.2
- 14) 柴山明寛, 滝澤修, 細川直史, 市居嗣之, 久田嘉章, 村上正浩:平常時から災害時におけるRFID(無線タグ)を活用した情報共有化システムの研究, 地域安全学会論文集, No.8, pp.135-144, 2006.11
- 15) ESRIジャパン:MapObjects LT 2.0, <http://www.esri.com/>
- 16) 危機管理対応情報共有技術による減災対策, 平成18年度成果報告書, 2007
- 17) 鈴木猛康:減災情報共有プラットフォームの開発と実証実験による検証, 日本地震工学会・大会, pp.316-317, 2007
- 18) 下羅弘樹, 横田裕思, 松井宏樹, 野田五十樹:減災情報共有プロトコルおよびデータベースによる災害情報システム統合, 日本地震工学会・大会, pp.318-319, 2007
- 19) 松井宏樹, 野田五十樹:シミュレーションによる災害時道路交通の障害予見と救助計画立案支援システムの構築, 日本地震工学会・大会, pp.338-339, 2007
- 20) 末松孝司, 山田武志:災害時の共有情報の活用による地域住民の避難誘導支援システムの研究と開発, 日本地震工学会・大会, pp.336-337, 2007

(受理:2008年6月11日)
(掲載決定:2009年1月9日)

A Study on Intelligence Sharing using the Support System for Disaster Information Collection with Information and Communication Technology

SHIBAYAMA Akihiro ¹⁾, HISADA Yoshiaki ²⁾, MURAKAMI Masahiro ³⁾,
ZAMA Shinsaku ⁴⁾, ENDO Makoto ⁵⁾, TAKIZAWA Osamu ⁶⁾, NODA Itsuki ⁷⁾,
SEKIZAWA Ai ⁸⁾, SUEMATSU Takashi ⁹⁾ and OHGAI Akira ¹⁰⁾

1) Member, Expert Researchers, National Institute of Information and Communications Technology, Dr. Eng.

2) Member, Professor, Kogakuin University, Department of Architecture, Dr. Eng.

3) Member, Associate Professor, Kogakuin University, Department of Architecture, Dr. Eng.

4) Member, National Research Institute of Fire and Disaster, Dr. Sci

5) Member, National Research Institute of Fire and Disaster

6) Nonmember, Group Leader, National Institute of Information and Communications Technology, Dr. Eng.

7) Nonmember, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Dr. Eng.

8) Nonmember, Professor, The University of Tokyo, Dr. Eng.

9) Nonmember, Vector Research Institute, Inc, Dr. Eng.

10) Nonmember, Professor, Toyohashi University of Technology, Architecture & Civil Engineering, Dr.Eng

ABSTRACT

We have developed a support system to facilitate the rapid and effective collection of disaster information. We have improved the system to make the investigation efficiency. As the method of improving the efficiency of the investigation, two developments of the investigator's coordinated function using an ad hoc communication and the coordinated function of the simulation to aim at investigator's security. We applied the system to an experiment in Toyohashi City in Japan, and confirmed its validity and effectiveness.

Key Words: Sharing and Quick Collection of Damage Information, Information and Communication Technology, Ad-hoc network, GIS