

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—

Building Emergency Field Survey Support System by Using Mobile Device
-Development of Authoring System by Using ArcPAD-

浦川 豪¹, 吉富 望¹, 林 春男¹, 堀江 啓², 石本 常³, 大村 径⁴

Go URAKAWA¹, Nozomu YOSHITOMI¹, Haruo HAYASHI¹, Kei HORIE²,
Hisashi ISHIMOTO³ and Kei OMURA⁴

¹京都大学 防災研究所

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

²防災科学技術研究所 地震防災フロンティア研究センター

Earthquake Disaster Mitigation Research Center, NIED

³ESRI ジャパン株式会社

ESRI JAPAN Co.,Ltd.

⁴セントラル・コンピュータ・サービス株式会社

CENTRAL COMPUTER SERVICES Co.,Ltd.

The Niigata Chuetsu Earthquake with a magnitude of 6.8 shook the Chuetsu region of Niigata prefecture on October 23rd, 2004. In order to quickly grasp the overall situation of damages, various governmental organizations conducted structural damage assessments by utilizing a great number of personnels soon after the earthquake occurred. Our research team supported this damage assessment by developing a proto-type of GIS application with mobile device at Odiya city. Though this experience, we were able to develop a versatile GIS application for field data entry called "Authoring System," and build a field survey support system (POS), which involves a comprehensive information processing for post-disaster field survey.

Key Words : GIS Application, The Niigata Chuetsu Earthquake, Authoring System, Information Processing, POS, Post-disaster Field Survey

1. はじめに

平成16年10月23日、土曜日の夕刻17時56分に、マグニチュード6.8の新潟県中越地震が発生した。新潟県中越地域を襲ったこの地震は、震度7のゆれを記録し、死者46名、負傷者4,793名の人的被害¹⁾、建物倒壊、幹線道路の被害、新幹線の脱線、ライフラインの供給停止等の構造物被害を各地にもたらし、1995年に発生した阪神・淡路大震災以降、最大の地震災害となった。この地震では各地で度重なる余震による強いゆれが発生し、被災者は長期間の避難を余儀なくされた。また、災害対応の主体である被災地の自治体では余震の影響を受け、構造物の修復作業等の災害対応業務を中断せざるを得ない状況が続くとともに、次々と発生する災害対応業務を行わなければならなかった。

災害発生後の時々刻々変化する被災地の被害等の状況を迅速に把握し、効果的な災害対応を実施することが災害対応の主体である自治体の責務である。迅速な被災地の状況把握という命題のもと、これまでもヘリコプターからのリアルタイムの映像送信システムや面的に配備した地震計からの地震動のデータをリアルタイムで送信

し被害を想定するシステム等、被害の全体像を迅速に把握するための防災情報システムが導入された。研究機関では、災害発生時の被害情報収集の仕組みとして、GPS搭載の携帯電話を利用し、短時間に被害情報を収集する被害情報把握システム²⁾やノートパソコンとGPSを利用し建物被害等の情報を収集する現地被害情報収集システム³⁾、PDA(Personal Digital Assistance)を利用した消防活動支援情報システム⁴⁾、音声認識システムを利用した被害情報収集システム⁵⁾等が開発された。また、発災後の災害対応を支援するための事前対策として緊急対応GISのための空間データマトリクス⁶⁾、災害対応能力向上のための知識共有の枠組み⁷⁾等が提案された。これら防災情報システムは、どれも地理情報システム (GIS) を基盤としている。阪神・淡路大震災を契機とし、GISは防災対策システムの基盤となるソフトウェアであるとの認識が高まり、多くの防災情報システムとして導入されたが、約10年が経過した現在でも被災地に貢献した成功事例にはいたっていない。その一方で、2001年米国・ニューヨークのワールドトレードセンター (WTC) の同時多発テロ事件と2003年南カリフォルニアで発生した大規模森林火災の事例は災害対応にGISが多分に貢献できることを

証明している^{8) 9)}。つまり、災害対応を支援するためのGISを基盤とした防災情報システムは、災害現場、被災地での災害対応業務プロセスに深く係わり、そのニーズに対応し、被災地に貢献することが求められている。

本研究は多くの災害対応業務を行う上で必要不可欠であり、多くの時間と人的資源を投入する建物、ライフライン等の構造物に関する緊急被害調査業務に着目した。さらに、新潟県中越地震における緊急被害調査業務の支援活動を通して得られた知見に基づきGISを基盤とした緊急被害調査業務支援システムを構築し、被災地の緊急被害調査業務の効率化を通して被災地に貢献することを目的とする。

2. 研究の概要

本研究で着目している緊急被害調査業務は大きく分けて以下の2つの業務からなる。

- ① 被災現場（屋外）での緊急被害調査業務
- ② 調査後のデータの蓄積、集約業務

先に述べた従来研究で開発された被害調査支援システムは①に着目し、応急危険度判定や家屋被害認定調査といった単一の調査業務を支援するシステムである。また、調査データの履歴管理、別デバイス（デジタルカメラ）で収集されたデータとの統合等、収集した情報をデータベースに蓄積し、必要とする形式に集約する②のプロセスが考慮されていない。

本研究では建物や道路被害といった、調査内容の異なる緊急被害調査において簡易に利用できるモバイルデバイスを利用したデータ入力アプリケーションを開発し、Authoring Systemと位置づけた。さらに、調査後のデータの蓄積、集約に至る情報処理過程をGISを基盤とし自動化・一元化した緊急被害調査業務システム（POS⁽¹⁾: Point of Survey）を構築した。

本稿では、まず新潟県中越地震発生後、被災地である小千谷市においてモバイルデバイスとGISを活用し家屋被害認定調査業務を支援した実践的な事例について述べた。また、国土交通省北陸整備局が実施した緊急被害調査業務の内容等についてヒアリング調査を行った。これらの事例を通して、GISを基盤とした緊急被害調査業務システムに求められる要件、機能等の留意点を整理した。次に、その留意点に基づき緊急被害調査業務を効率化するためのモバイルデバイスを利用したAuthoring Systemを開発した。最後に情報収集から集約に至る情報処理を一元化した緊急被害調査業務支援システム（POS）を構築した。本研究は、これまでの災害対応におけるGIS活用

の可能性を示すのみにとどまった技術的指向の高い支援システムの開発ではなく、新潟県中越地震でのGISを基盤とした実践的な取り組みを通し、被災地において実行性の高い緊急被害調査業務システムの構築を目指した。

3. 新潟県中越地震における緊急被害調査業務

(1) 小千谷市における家屋被害認定調査業務支援

新潟県中越地震発生後、10月28日から11月15日にかけて被災地である小千谷市では税務課を中心とし、市内の建物の被災度を全数調査する家屋被害認定調査を実施した。本調査では、11月2日から県内外の職員の応援も含め1日最大で30人の調査員を動員した。外観目視による調査手法として非専門家が効率的に調査業務を実施できるDATS⁽¹⁰⁾¹¹⁾（Damage Assessment Total Support system）が採用された。新潟県中越地震発生直後から被災地の被害調査等を行っていた筆者も参画した合同研究チーム⁽¹²⁾は、DATSを用いた家屋被害認定調査手法の訓練、屋外調査、収集した情報のデータベース化、り災証明発行業務を支援した。その中で、被災度判定チャートや判定チェックシートを用い、図1のように調査業務を効率化するためのモバイルデバイス・PDAとGPSユニットを使用したデータ入力アプリケーションのプロトタイプを開発した。調査票での認定手順をPDAで再現し、判定結果の算出を自動化させると同時に、アプリケーションとGPSユニットを連携させ、現場でのデータ入力時の座標値（位置）も記録できる。さらに、り災証明発行業務後の再調査（内部立ち入り調査）の内容も付加し、外観目視調査と内部立ち入り調査内容を統合したプロトタイプとした。

(2) 国土交通省の緊急被害調査業務

ここでは、新潟県中越地震における国の緊急被害調査業務内容を把握するために国土交通省北陸地方整備局にヒアリング調査を行った。発災後、国土交通省北陸整備局では直轄施設の被害状況の把握等の目的で調査業務を実施した。緊急被害調査業務は、国道被害調査業務、土砂災害危険箇所等応急点検業務、地震時河川巡視・点検調査、ダム臨時点検、港湾施設の被災調査等である。その中で、多くの時間と人的資源を投入した国道被害調査業務、土砂災害危険箇所等応急点検業務と先に述べた小千谷市における家屋被害認定調査の調査項目、調査手法等を表1のように整理した。国土交通省北陸地方整備局は、基本的には都道府県の応援を行い、国の直轄施設については管轄の土木事務所とともに被害状況の把握のための調査、復旧等を行う責務を持つ。

図1 家屋被害認定調査データ入力アプリケーション
表1 新潟中越地震における緊急被害調査業務事例

	発災後の緊急被害調査業務		
	国道被害調査業務	土砂災害危険箇所等応急点検業務	建物被害認定調査業務
調査種別	①異常(地震)時巡回 震度4以上 ②被害額の概略を把握するための被害調査 ③具体的復旧対策のための調査	地すべり危険箇所危険度判定調査	①第1次調査(外観目視調査) ②再調査(建物内部立ち入り調査)
業務主体	国土交通省北陸地方整備局、長岡国道事務所	国土交通省北陸地方整備局	小千谷市
調査期間	①2005/10/23-2005/10/24早期 ②2005/10/25-2005/10/26 ③2005/10/下旬-2005/11/中旬	2005/10/27-2005/10/31	①2005/10/28-2005/11/15 ②2005/11/21-2005/2/10
調査項目	1.斜面・切土のり面: はらみ出し、きれつ・移動・剥離 2.斜面・切土のり面等に付帯する構造物: はらみ出し、きれつ・陥没・ずれ、傾斜・転倒・ずれ落ち 3.盛土本体: 縦断きれつ・横断きれつ・沈下・陥没・路面下空洞・滑動・崩壊・傾斜(前傾)・横断・継目のズレ、開口 4.排水施設: 地表施設のきれつ・沈下・崩壊・地下施設の崩壊 5.構造物の取付部: 段差・沈下	1.小崩壊、落石、2.亀裂、段差、3.陥没、4.隆起、はらみ、5.湧水の状態、6.樹木の变形、7.建物、8.電柱、鉄塔、9.擁壁、10.道路、トンネル、11.地盤伸縮計、12.施設の有無、13.防止施設効果 その他、調査票には調査員がボンチ絵・地形図を記載する。	①傾斜、基礎、屋根、外壁 ②傾斜、屋根、外壁、基礎、柱、内壁、天井、床(合階段を含む)、建具、設備
調査結果	ガイドラインでは特大被害、大被害、中被害、小被害、被害無 今回は被災度の判定は行わなかった。	危険度A(直ちに緊急措置、緊急対応するもの) 危険度B(第2次調査後、対応を決めるもの) 危険度C(緊急性の低いもの)	全壊、半壊、大規模半壊、一部損壊、無被害
調査対象数	多数	1,469箇所	①住家、非住家を含めて15,975棟 (23,601件(22.5%))
計算プロセス	無	無	多数有
調査写真	デジタルカメラによる写真	デジタルカメラによる写真	デジタルカメラによる写真
反復調査	①～③までの調査が継続的に実施される	第2次調査等有	再調査以降有
調査備品	デジタルカメラ、テープ、調査票、地図等	デジタルカメラ、ボール、テープ、調査票、地図等	調査票(紙)、電卓、デジタルカメラ、家屋傾斜測定装置
調査手段	車、徒歩	車、徒歩	車、徒歩
人	①長岡国道事務所の4出張所ごとに4セクションの管轄があり、約16班で巡回した。 ②北陸地方整備局3班(1班約3名) ③長岡国道事務所約16班	国土交通省、土木研究所、県、防災ボランティア等5日間で延べ500人、約33班(1班あたり約3名)で調査にあたった。	1次調査では延べ1,578人、11/2から県を通して県内外の職員が応援した。1日最高で30人の動員した。

a) 国道被害調査業務

国道被害調査業務は大きく分けて異常(地震)時巡回、被害概略算定のための調査、復旧対策のための調査の3つの調査からなる。

① 異常(地震)時巡回(震度4以上) ③

震度4以上の地震発生直後に実施される調査で、地震発生による被害の状況・交通規制の状況を迅速に把握し、被災地内外の関連機関に情報を提供する目的を持つ。また「国道はできるだけ通す」を大命題に簡単な修復工事を行うことによって道路が利用できる場合は、巡回時に簡単な応急修復工事を行う。

② 被害の概略を算定するための被害調査

③ 具体的な復旧対策の方針を決定するための詳細調査

①から③の調査業務はそれぞれ目的は異なるが地震発生後から時間経過にともない同じ被害箇所を①、②、③の順に調査することになる。人的資源が不足する中、より効率的に調査を実施することが求められる。

b) 土砂災害危険箇所等応急点検業務

国土交通省北陸整備局を中心とし土木研究所、被災地外の都道府県、砂防ボランティア等の専門的見地を持つ「土砂災害対策緊急支援チーム」は、人命に影響を及ぼすおそれのある立ち入り可能な土砂災害危険箇所等を緊急点検した。10月27日から31日の5日間で延べ500人を動員し、調査員は定型の調査票を記入し、専門的見地から危険度を判定した。調査票には、調査項目の他、対象となる箇所の周辺の地形や被害の状況等をボンチ絵として記載することを義務付けている。

(3) 緊急被害調査業務支援のための留意点

小千谷市の家屋被害認定調査では、調査開始とほぼ同時にデータ入力アプリケーションの開発を開始した。判定プロセスが多岐に分岐すること、判定プロセスに計算が含まれること、建築の専門家がアプリケーションを監修し、屋外での作動確認等を通して数回の修正が必要であったことから開発に時間を要し、プロトタイプ開発にとどまった。また、家屋被害認定調査の再調査等、表1に示すように多くの調査が同じ場所を反復調査することとなり、データ入力時だけでなく調査後のデータの更新・履歴管理等を考慮した一元的な仕組みが必要であること

が分かった。さらに、表1のように現在の緊急調査業務は、デジタルカメラによる写真撮影が標準的となった。小千谷市の家屋被害認定調査では、常時約2名の合同研究チームの研究員が一次調査の期間中、終日複数班で撮影された写真の管理を行い、多くの時間と人的資源を必要とした。

新潟県中越地震における調査業務の事例を通して、GISを基盤とした緊急被害調査業務支援システム構築のための留意点を以下のように整理する。

① アプリケーションの開発速度と質

発災後から新しく発生する緊急被害調査業務の展開速度に対応できるデータ入力アプリケーション開発の仕組みが必要である。新潟県中越地震における緊急被害調査業務内容から、必要とされるデータ入力アプリケーションは大きく2つに分けられる。1番目は小千谷市の家屋被害認定調査のように、調査の判定プロセスに多くの分岐及び計算が含まれる場合である。ここでは、専門的知識・技術を持つGISエンジニア・プログラマーが必要となり、単一調査に特化した高度なアプリケーションは開発できるが、開発に時間を要する。2番目は国土交通省北陸地方整備局が実施した調査のように、位置情報や調査項目、判定結果等を入力する基本的なアプリケーションである。判定プロセスの有無は、被害の認定を行う調査員が専門家か否かに関連しているが、多くの緊急被害調査の場合、後者の基本的なアプリケーションのニーズが高く、開発に要する時間も短い。

② デジタルカメラで撮影された写真の管理

前述のように緊急被害調査では、デジタルカメラで写真を撮影する。対象物の位置と1つの対象物に対して複数撮影される写真の管理および場所と写真のリンクが手動ではなく、効率的な方法(自動化)で実行可能な情報処理技術・プロセスの確立が求められる。

③ 屋外での調査後のデータ管理

多くの調査業務が同一箇所を反復調査する反復性を持つ。つまり、1度調査した調査結果を再度持ち出し、異なる調査結果を入力することとなる。また、同じ調査員が同じ場所を調査するとは限らない。調査後のデータ更新等の履歴管理が効率的な方法(自動化)で実行される仕組みの確立が求められる。調査業務効率化のため②を含

め、情報収集からデータの蓄積、集約の情報処理プロセスが一元化された調査業務支援システムが必要である。

4. 緊急被害調査業務支援システムの構築

本章では、前章の新潟県中越地震での緊急被害調査業務を支援した実践的な取り組みから得られた留意点に基づき緊急被害調査業務支援システム構築のための要件定義を行い、緊急被害調査業務の流れを整理し、緊急被害調査業務支援システム（POS）を構築した。

(1) 緊急被害調査業務支援システムの要件定義

新潟県中越地震での緊急被害調査業務を支援した実践的な取り組みから得られた留意点に基づき以下のように求められる情報システムの要件を定義する。

- ・ 国道被害調査業務の効率化・高度化に貢献すること。
- ・ 調査員が現在地をリアルタイムで確認できること。
- ・ 調査項目を簡単に設定できること。
- ・ 被災場所や被災状況を現場で簡単に入力できること。
- ・ デジタルカメラで撮影した写真を簡単に整理できること。
- ・ 撮影した写真と位置を簡単に関連づけできること。
- ・ 必要な情報（地図）を素早く地図に表示できること。
- ・ 反復調査のための履歴管理が可能であること。

(2) 緊急被害調査業務の情報の流れ

緊急被害調査業務の業務フローに基づく情報の流れを示すDFD（データフローダイアグラム）を図2に示す。

災害発生後、調査員は管轄区域の地図を基盤として被害情報を入力、収集する。複数の調査員によって収集された情報が被害情報データベースに蓄積され、調査管理者はこれらの情報を集約し被害台帳データベースが随時更新される。被害台帳データベースを利用し、各関連機関に帳票等の形式で被害状況を報告する。

(3) 緊急被害調査業務支援システムの構築

緊急被害調査業務を効率化するために求められる情報

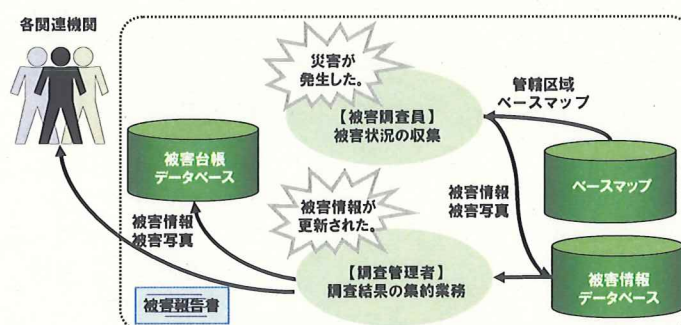


図2 緊急被害調査業務のDFD

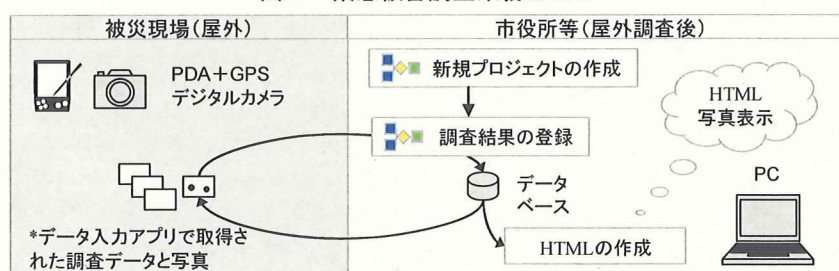


図3 緊急被害調査業務支援システムの概要

システムの要件と業務フローに基づき緊急被害調査業務支援システム（POS）を構築した。

a) システム構成およびシステム概要

本システムでは、モバイルデバイスを利用し被災現場（屋外）において簡単にデータ入力できるアプリケーションを作成するためのAuthoring Systemを開発し（PDA側）、さらに調査後のデータの蓄積、集約業務を自動化した（PC側）。

被災現場での調査では小型で携帯性に優れたPDAと位置参照のためのGPSユニット⁽⁴⁾を利用した。被災現場で利用するデータ入力アプリケーションはタブレットPCやノートPCの環境にも対応しているが、携帯性に優れ雨天時も利用できるPDAを採用した。また、PDAのデータ容量については小千谷市での家屋被害認定調査において1調査班あたりPDAに付属しているメモ리카ード100MBでベースマップと調査データ（1日約50～100ポイント）を格納できた。PDAとPC側のデータのやり取りは輻輳等の問題を考慮し、USB接続による通信方式とした。PDA側ではPDA用の汎用的なGISソフトウェアであるESRI社ArcPADを利用し、Window CE Pocket PCの環境でVB Scriptにより開発した。PC側では汎用的なGISソフトウェアESRI社ArcGIS9を利用し、WindowXP,2000およびInternet Explore, NetscapeのWebブラウザの環境でVB Scriptにより開発した。図3にシステム概要を示す。事前に調査管理者がAuthoring Systemを用い緊急被害調査の調査項目、入力項目を設定したデータ入力アプリケーションを作成する。調査員は、PDAを持参し、被災現場に出動する。被災現場でGPSから取得したデータを参照し、現在位置を確認し、調査対象物を特定する。次に、被害箇所（空間データ：形状と調査内容が入力された属性情報）と被害の状況等の入力項目を入力し、デジタルカメラで対象物の写真を撮影する。屋外での調査終了後、市役所等において調査管理者が複数の調査員が収集したデータをデータベースに蓄積し、被害箇所のデータとデジタルカメラの写真とを自動的に関連付ける。その際、被害箇所を入力したPDA側のOSの時刻とデジタルカメラの時刻を用いた。また、同時に同一の被害箇所を撮影した写真の集合体としてHTMLファイルが作成される。

b) PDA を利用した Authoring System の開発

PDA側のデータ入力アプリケーションでは、要件定義のように調査項目を簡単に設定でき、被災場所や被災状況を現場で簡単に入力できることが求められる。日本のどこで起こるか分からない災害に備えて、発災時に緊急被害調査を実施する自治体等が平常時の段階で、被害調査を支援するシステムを開発し導入することは現実的ではない。また、新潟中越地震の家屋被害認定調査でも、新しく「大規模半壊」という項目が設定され、調査項目は必ずしも固定的ではない。発災後、各緊急調査業務の調査内容に応じて調査項目や調査結果の入力が専門的な技術と知識を必要とせず、簡易にかつ短時間で開発可能な仕組みが必要である。これらの要件を満たす、支援ツールがAuthoring Systemであり、各緊急被害調査業務に応じて簡易に調査項目を設定し、被害箇所の情報と被害状況の情報を取得できる。

調査管理者がデータ入力のためのアプリケーションを作成し、複数の調査員のPDAにベースマップとともに実装する。各調査員は作成したアプリケーションを実行し被災現場でデータを入力する。

(事前準備)

① 新規レイヤの作成

まず図4で示す新規レイヤボタンから、新規レイヤ画面を起動し、作成するレイヤの形状(点、線、面)を決定する。属性項目を設定したテンプレート(あらかじめ必要な属性フィールドを設定した空のデータベースファイル)を選択する。ここでは、国道被害調査¹²⁾のためのテンプレートを事前に作成した。テンプレートには、調査対象物ID(POSID)、名称(POSNAME)、調査日時:GPS(POSDATE)、調査日時:OS(POSOSD)、対象道路⁽⁵⁾(TAISHOU)、被害現象1(GENSHOU1)、被害現象2

(GENSHOU2)、被災度(HISAIDO)、調査メモ(POSMEMO)、調査フラグ(POSFLAG)を設定しており、調査対象物ID、調査日時:GPS(OS時刻の設定ミス等の際にバックアップ的に利用することを想定している。)と調査日時:OSはアプリケーション実行時に自動的に入力され、特にOSから自動的に入力される時刻は後述する写真との同期に利用する。最後に座標系を設定し調査項目と入力項目を設定するための準備は終了する。

② 入力項目の作成

作成した対象レイヤをもとに調査項目を入力する入力項目を作成する。入力項目を作成する対象レイヤを選択し(図4①)、調査員が入力する調査項目を追加する(図4②)。追加した調査項目ごとに入力する定型の入力項目を設定する。ここでは、定型の入力項目を手動で設定する方法(図4③-1)と入力項目をあらかじめ設定したテンプレートを読み込む方法(図4③-2)の2つの方法を準備している。

(データ入力アプリケーションの実行)

調査員は、ベースマップを背景とし、GPSからの情報で現在地を確認し、図5のように対象物の空間データをプロットする。同時に入力ウィンドウが起動し、調査員は図4で作成した入力項目を選択するだけで、国道調査レイヤに選択した入力項目の値が自動的に入力される。

ここで開発したAuthoring Systemは汎用性が高い。調査員がデータ入力するアプリケーション作成もプログラム言語を利用せず簡単なプロセスであり、発災後被災地で短期間で作成できる。また、緊急被害調査業務の調査内容は定型化された項目が多く存在し、入力項目を統制することによって入力データの質を管理できる。調査員はアプリケーションに組み込まれている「iボタン」で反復調査等の際に過去の履歴データも閲覧できる。

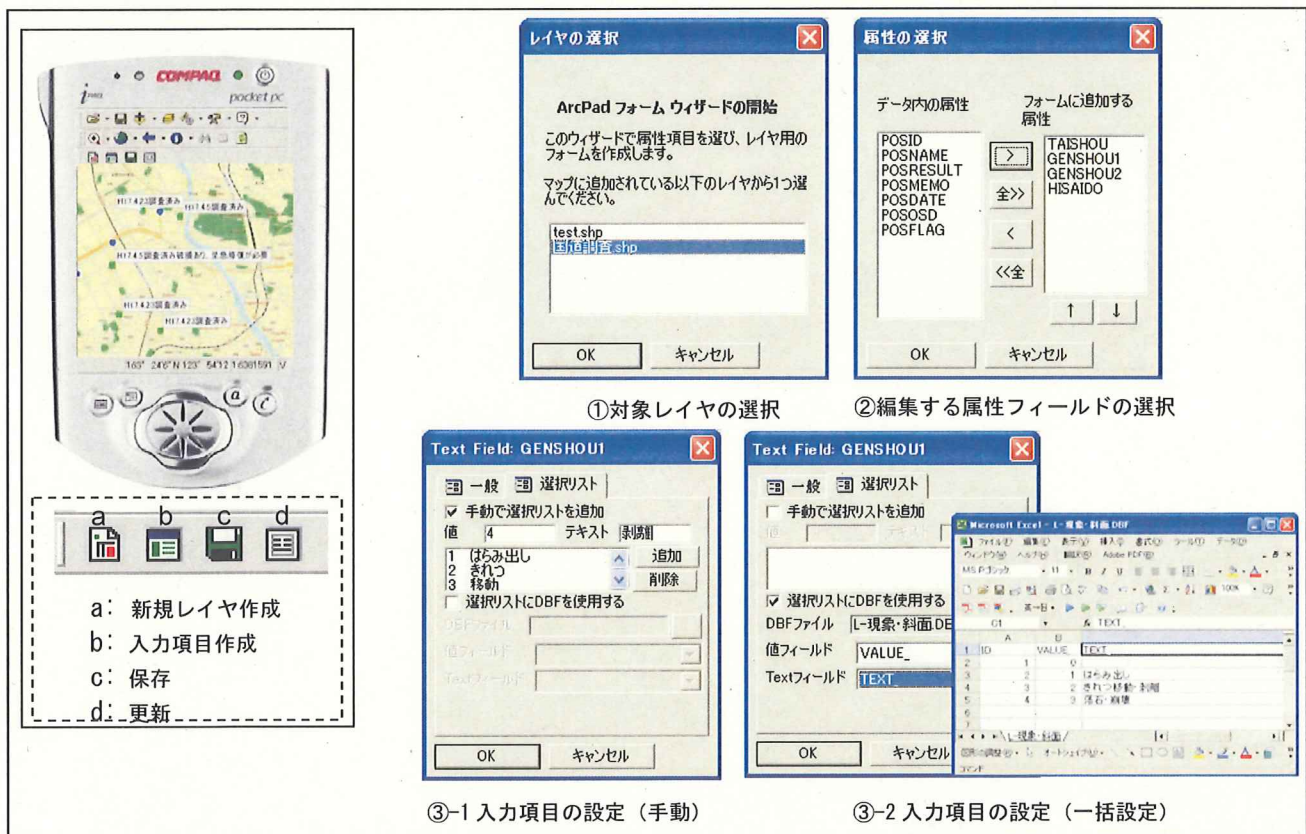


図4 入力項目の作成手順



図5 データ入力アプリケーションの実行画面

c) 緊急被害調査業務支援システム (POS) の構築

緊急被害調査業務支援システムは、要件定義のように屋外での調査業務を効率化するためのPDAを利用したデータ入力アプリケーションの開発するための仕組みと、調査後に市役所等でPCを用いて収集したデータのデータベースへの蓄積、現地で撮影されたデジタルカメラ写真とのリンク等の情報集約、また反復性の高い調査のためのデータ更新等の履歴管理といった情報処理プロセスを一元化した仕組みが必要である。つまり、多くの調査箇所と写真が自動的に整理・関連付けされることで緊急被害調査業務は飛躍的に効率化すると考えている。ここではAuthoring Systemを利用し収集したデータを蓄積、集約する仕組みを開発し緊急被害調査業務支援システム (POS) を構築する。前述のように、PDAを利用して屋外で収集した空間データとデジタルカメラで撮影された写真を蓄積するデータベースを構造化する。次に実際に屋外で収集したデータと写真をデータベースに蓄積する。最後に、PDAを利用して収集したデータとデジタルカメラの写真の同期を取り、自動的にHTMLファイルを作成する。必要に応じて写真の同期を修正する。反復調査の場合は、最初の調査でデータベースへ登録されたデータを再度持ち出し、変更内容と新しい写真から同様のプロセスを実行し、最新の情報に更新される。その際、最新情報とともに過去の履歴を追跡することができる。

一度、データベースの構造化を行えば、再調査の場合は、そのプロセスは省略できる。

(緊急被害調査業務支援システムの仕組み)

① データベースとファイル構造

図6に緊急被害調査業務支援システムのデータベースの構造を示す。データベース (*.mdb) は、屋外調査で収集した空間データや文字情報を管理し、POSは最新の調査記録を管理、POS_logは全ての調査記録を管理する。Imageフォルダは写真を管理する。Htmlフォルダは空間データに関連する写真を一覧表示するためのhtmlファイルを管理する。最後に*.mxdはGISのアプリケーションファイルで対象物の空間情報と相対パスでリンクがはられた写真の集合体 (htmlファイル) を表示する。

② データベースの構造

データベース (*.mdb) は前述のように、最新の調査記録を管理するPOSと全ての履歴を管理するPOS_logで構成される。図6で示すように、3月10日に1回目の調査が行われ、同一対象物に対して4月15日に再調査が行われた場合、

POSはPDAからの取得した最新の情報に更新されPOS_logには全ての調査履歴が残る。調査管理者は同一対象物の被害から復旧の状況等の時間推移にともなう状態の変化を追跡することが可能である。

③ データの構造

PDAを利用して入力するデータの構造と調査後のデータベース内のデータの構造を図7に示す。屋外で入力したデータとデジタルカメラの写真の同期する仕組みがデータベース内のデータ構造に含まれ (DBHtmlLink, DBPicLink, DBSurveyID) 調査データを登録するプロセスで自動的に追加される。

(屋外での緊急被害調査後の情報処理プロセス)

屋外での緊急被害調査後の情報処理プロセスは、データベースの構造化と調査データをデータベースに蓄積し、空間データと写真とを関連させる2つのプロセスからなる。前述のように新潟中越地震の小千谷市の家屋被害認定調査ではデジタルカメラで撮影された写真の手動による管理に多くの時間と人的資源を費やしたことから考えると、これらのプロセスを自動化することによって緊急被害調査業務が飛躍的に効率化すると考えている。

上記のプロセスを、GISを基盤として自動化するツールとして空間情報処理プロセスをフローチャートとして記述・実行できるArcGIS9モデルビルダー⁶⁾を利用した。

① データベースの構造化プロセス

調査管理者は屋外での調査データを格納するフォルダ・データベースを新規作成し構造化する。次に、図8に示す新規プロジェクトの登録のための情報処理モデルを実行する。情報処理モデルを実行することにより、図6で示したデータベース及びフォルダが自動的に作成される。つまり、情報処理モデルを実行し、自動的に調査データとデジタルカメラの写真を格納する仕組みを構築したことになる。また、図7で示した調査後の情報処理に必要な3つの新規フィールドが追加される。さらに調査管理者はここで座標系も統一することができる。

図8のようにモデルビルダーを利用することにより、それぞれの情報処理プロセスを階層化し、1つの情報処理プロセスとして実行することができる。

② 空間データ、写真の登録との同期プロセス

調査管理者は調査員が屋外で入力したデータとデジタルカメラで撮影した写真を前述したプロセスで自動生成されたInputフォルダにコピーする。図9で示すように、

写真と空間データを同期するための許容値と Web ブラウザで写真とともに表示する内容を設定し調査結果を登録するための情報処理モデルを実行する。また、PDA のOS の時刻とデジタルカメラの時刻の設定ミスを補正するための PDA 側の時刻とデジタルカメラの時刻の差分を設定することも可能である。

図 10 に示すように、写真は写真の撮影された時間と対象物の空間データが追加された時間により同期され、自

動的に調査対象物ごとにフォルダに振り分けられる。同時に図 11 のように同一対象物を撮影した複数枚の写真が自動的に Html フォルダに html ファイルとして作成され、調査対象物の空間データとリンクされる。図 12 のように図 6 で示した GIS のアプリケーションファイル (*.mxd) を開き、ユーザーは空間データをクリックすることで関連する写真を表示・閲覧することができる。

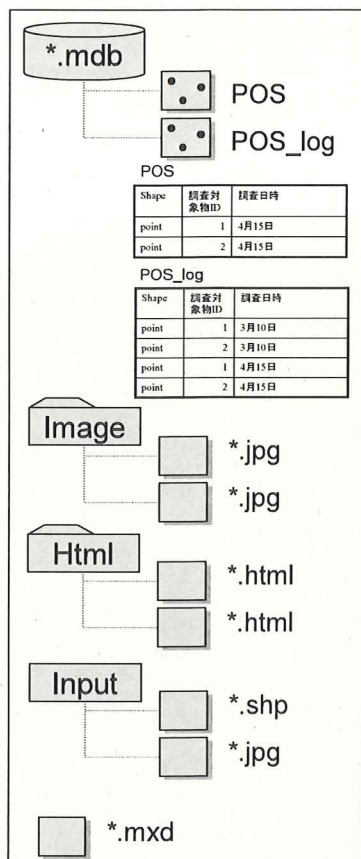


図 6 データベースの構造

屋外調査 (PDA)

項目	フィールド名	型	サイズ	備考
調査対象物ID	POSID	Long Integer	9	ArcGIS側で自動でIDを付与する
名称	POSNAME	Text	100	
調査日時(GPS)	POSDATE	Text	20	ArcPad側で自動で取得する。 例:2001.04.08 09.06.56
調査日時(OS)	POSOSD	Text	20	ArcPad側で自動で取得する。 例:2001.04.08 09.06.56
調査結果	POSRESULT	Text	50	
調査メモ	POSMEMO	Text	255	
調査フラグ	POSFLAG	Long Integer	9	新規:1 DB登録済み:2 更新:3

屋外調査後 (データベース)

項目	フィールド名	型	サイズ	備考
調査対象物ID	POSID	Long Integer	9	ArcGIS側で自動でIDを付与する
名称	POSNAME	Text	100	
調査日時(GPS)	POSDATE	Text	20	ArcPad側で自動で取得する。 例:2001.04.08 09.06.56
調査日時(OS)	POSOSD	Text	20	ArcPad側で自動で取得する。 例:2001.04.08 09.06.56
調査結果	POSRESULT	Text	20	
調査メモ	POSMEMO	Text	255	
調査フラグ	POSFLAG	Long Integer	9	新規:1 DB登録済み:2 更新:3
HTMLリンクパス	DBHtmlLink	Text	255	関連するHTMLの相対パス
写真リンクパス	DBPictLink	Text	255	関連する写真の相対パス
調査ID	DBSurveyID	Text	12	調査ID 調査年月日+連番

図 7 データの構造

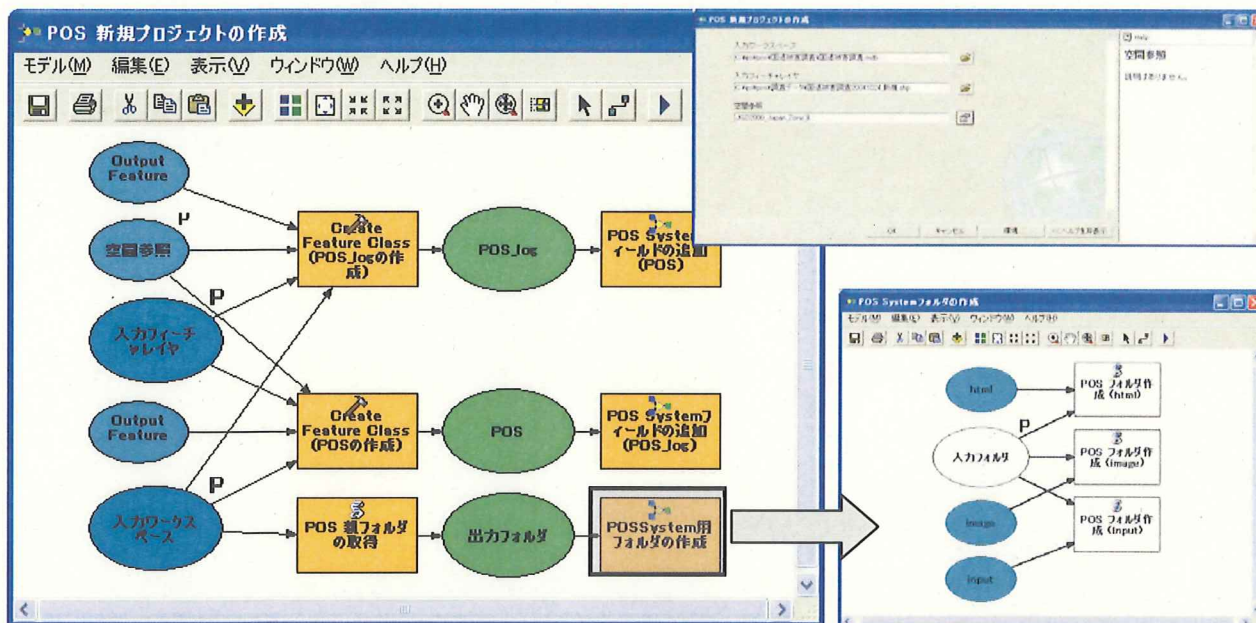


図 8 データベースの構造化の情報処理プロセス

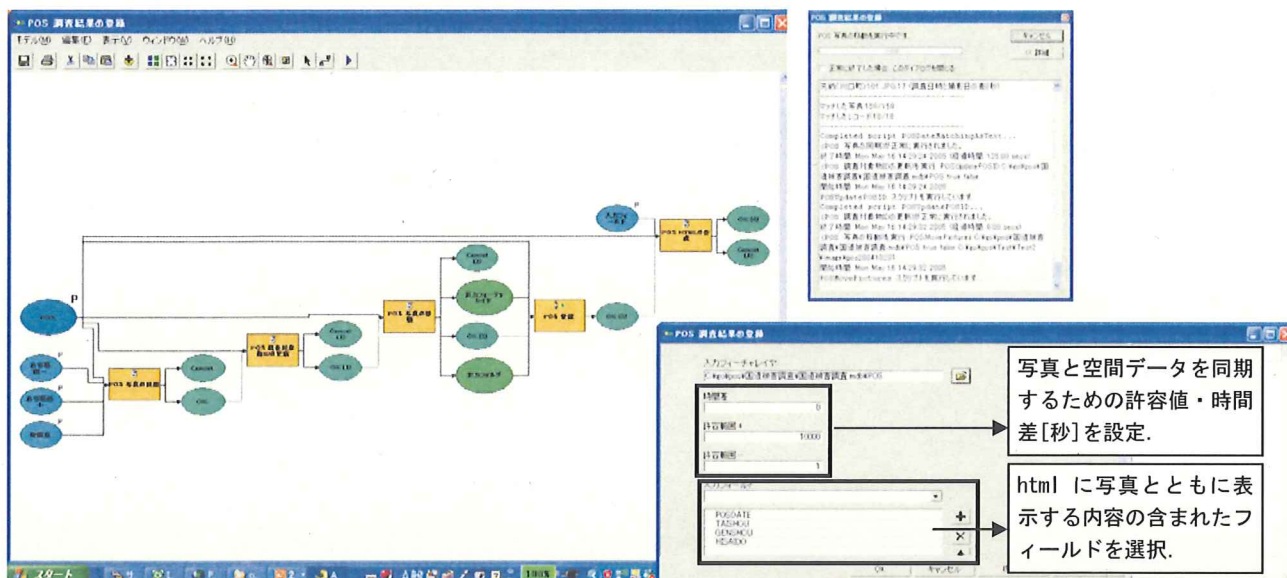


図9 空間データ、写真の登録との同期プロセス

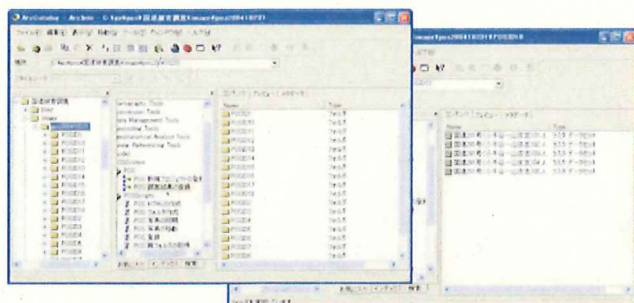


図10 処理後の写真



図11 作成されたhtml ファイル

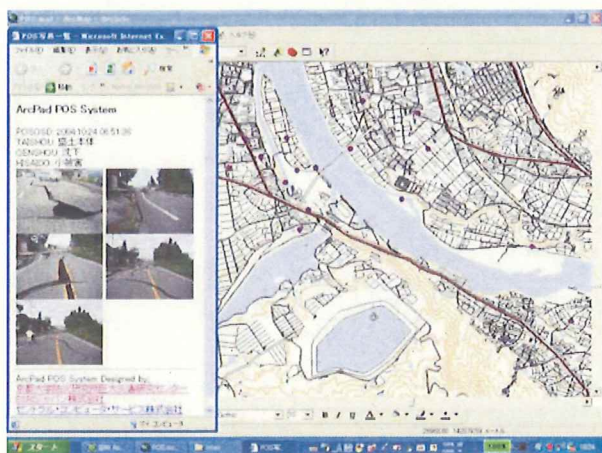


図12 空間データと写真の表示

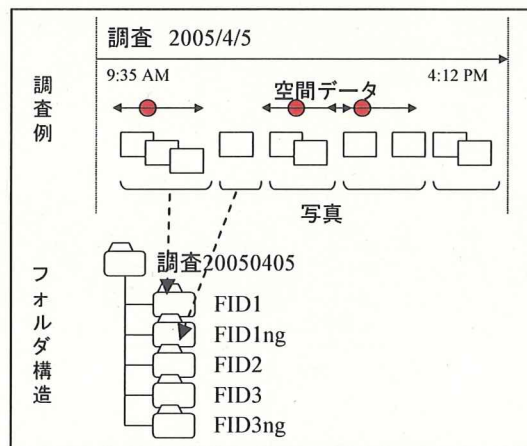


図13 空間データと写真の同期

③空間データと写真の同期

前述のように調査結果を登録するための情報処理モデルを実行することによって自動的に空間データと写真が同期されhtmlファイルが作成される。ここでは、空間データと写真の同期の仕組みおよび検証について述べる。空間データと写真の同期には、PDAを利用して対象物の空間データを追加した際、自動的にOSの時刻が空間データに付与される。また、Jpegファイルの中には最近のデジタルカメラのほぼすべてが対応しているExif⁽⁷⁾情報を持ち、写真が撮影された時刻の情報等が含まれている。別デバイスで記録された2つのデータの時刻を利用することによって自動的に同期させている。

図13にその同期の仕組みを示す。対象物の空間データを追加した時刻を中心に、調査時間の平均値等の許容値を設定すると許容値内の写真は対象物の空間データと同期される。設定した許容値の範囲が前後の調査対象物の許容値と重なる場合は、対象物の空間データを追加した時刻と写真が撮影された時刻の差分から写真は最も近傍の空間データに同期される。また、許容値の範囲外の写真、同期されなかった写真は図13のように最初の対象物の写真フォルダ FID1 と 2 番目の対象物の写真フォルダ FID2 の間の FID1ng に格納される。この同期の仕組みは、1つの調査対象物に対する調査時間の最大値を許容値として設定すれば理論上全ての写真が同期される

表 2 写真と空間データの同期検証

					0～300秒		2:20:56	
	開始時間	終了時間	調査時間	写真総数	マッチ	ヒット率	マッチ	ヒット率
1	2004/10/23 10:52 PM	2004/10/24 1:13 AM	2時20分56秒	65	8	12.3	65	100
2	2004/10/24 2:01 AM	2004/10/24 2:26 AM	0時24分50秒	17	3	17.6	17	100
3	2004/10/24 2:40 AM	2004/10/24 2:50 AM	0時09分42秒	16	8	50.0	16	100
4	2004/10/24 3:05 AM	2004/10/24 3:11 AM	0時05分56秒	6	5	83.3	6	100
5	2004/10/24 3:57 AM	2004/10/24 3:58 AM	0時01分26秒	5	5	100.0	5	100
6	2004/10/24 4:08 AM	2004/10/24 4:13 AM	0時05分33秒	5	3	60.0	5	100
7	2004/10/24 4:23 AM	2004/10/24 4:50 AM	0時26分21秒	5	2	40.0	5	100
8	2004/10/24 6:00 AM	2004/10/24 6:14 AM	0時14分33秒	5	3	60.0	5	100
9	2004/10/24 6:16 AM	2004/10/24 6:52 AM	0時36分17秒	14	4	28.6	14	100
10	2004/10/24 8:10 AM	2004/10/24 8:28 AM	0時18分15秒	8	2	25.0	8	100
11	2004/10/24 9:12 AM	2004/10/24 9:57 AM	0時44分44秒	3	1	33.3	3	100
12	2004/10/24 10:56 AM	2004/10/24 11:04 AM	0時07分45秒	7	4	57.1	7	100

こととなる。しかし、新潟県中越地震における被災認定調査支援において、デジタルカメラの使い方が分からない、事前に決めた手順に従わない等の人的ミスが多数発生したことから写真の管理に多大な労力を費やした。空間データを追加せずに、写真のみ撮影する等の人的ミスが発生した際に役立つ仕組みを情報処理プロセスの自動化とともに確立している。

国土交通省北陸整備局でのヒアリング調査の際、国道被害調査業務で撮影された写真（2004年10月24日の異常（地震）時巡回12地点）を用い空間データと写真の同期プロセスを実行した。空間データには、調査対象物ははじめに撮影された時刻を追加した。表2で示すように、任意の許容値300秒（5分）と調査時間の最大値（2時間20分56秒）とで同期プロセスを実行した結果、調査時間の最大値を許容値として設定すれば、全ての写真が空間データと同期された。

本章では開発した屋外での緊急被害調査のための Authoring System によって収集したデータを蓄積、集約する仕組みである緊急被害調査業務支援システム(POS)を構築した。緊急被害調査業務を効率化するために屋外での被害調査だけではなく、収集した情報の調査後の情報処理プロセスを ArcGIS 9 モデルビルダーの情報処理技術を利用し汎用性の高い仕組みを確立すると同時に、屋外調査、調査後の情報処理といった調査業務全体を支援するシステムを開発した。

5. 考察

緊急被害調査業務支援システムはPDAとデジタルカメラを採用し、調査後、市役所等において空間データと写真を同期する仕組みを確立している。その際、調査員は事前に2つのデバイスの時計が正確か否かを確認し、不正確な場合は再設定し、被災現場の調査に出動することになる。時計の設定ミス等人的なミスが想定され、前述のように時間差を設定することで対処している。また、GPS機能が搭載されたデジタルカメラを利用すれば、位置情報（緯度・経度）と写真が撮影時間や撮影方向とともに入手できる。しかし、空間データとして点のデータのみでの自動取得となること、平常時から自治体等がGPS機能搭載のデジタルカメラを所持することはデバイスの価格等から現実的ではないと考えている。また、家屋被害認定調査において小千谷市職員に3章で開発したデータ入力アプリケーションのプロトタイプを利用してもらい、PDAの操作には問題なかった。また、電卓等の備品が不必要になり便利であるとの評価を受けた。本システ

ムの仕組みは、緊急被害調査の目的で構築したが、平常時の自治体の調査業務（市民からの苦情・要望に対する現地調査等）に利用されることが災害発生時にも役に立つと認識している。理想的には屋外調査単一の専用システムではなく、自治体のエンタープライズGIS¹³⁾と連携してベースマップや主題データ等の情報共有された枠組みの中で利用されることが望まれる。

6. まとめ

本研究では、新潟県中越地震での緊急被害調査業務を支援した活動を通して得られた知見をもとに、屋外での調査業務を支援するためにPDAを利用したアプリケーション (Authoring System) を開発し、さらに情報収集から集約に至る情報処理プロセスと情報処理技術を一元化した緊急被害調査業務支援システム (POS) を構築した。以下に本研究で得られた成果をまとめる。

- ①新潟県中越地震における小千谷市の家屋被害認定調査や国土交通省北陸整備局が実施した国道被害調査業務、土砂災害危険箇所等応急点検業務等の緊急被害調査には、多くの時間と被災地内外の人的資源を要したことがわかり、緊急被害調査業務の効率化することは、その後の様々な災害対応業務の負担を軽減することにつながる。
- ②小千谷市の家屋被害認定調査における PDA を利用したデータ入力アプリケーションのプロトタイプ開発を通して、被災地での緊急被害調査業務の展開速度に対応できるアプリケーションの開発速度が求められ、開発時間を短縮することが必要不可欠となることがわかった。また、国の緊急被害調査業務等全ての調査業務が高度なアプリケーションを必要としているわけではなく、被災地で迅速に開発、利用できる汎用的なアプリケーション開発手法の確立が求められる。また、屋外調査業務では多くのデジタルカメラの写真を撮影し、写真データの整理に多くの時間と人を費やしていた。調査対象物と写真を簡易に同期できる情報処理技術と再調査の際の履歴管理等屋外での調査後の情報処理プロセスの確立が必要不可欠であることが被災地の調査業務支援を通してわかった。
- ③新潟中越地震の緊急被害調査業務支援活動を通して得られた留意点から、屋外のデータ入力アプリケーションを作成するための Authoring System システムを開発した。結果として専門的な GIS エンジニア・プログラマを必要とせず各調査項目に応じたデータ入力アプリケーションを短時間で作成することができる。
- ④被災現場で収集したデータを蓄積、集約する調査後の業務の流れに沿った一元的な仕組みを開発し緊急被害調

査業務支援システム(POS)を構築した。調査後の調査対象物の空間データと複数枚の写真とをそれぞれに付与した時刻をもとに自動的に同期させる情報処理モデルを確立した。視覚的・直感的に情報処理プロセスが理解できる ArcGIS 9 モデルビルダーの情報処理技術を利用することによって、情報処理モデルの処理プロセスの理解、拡張等が容易であり、多くの調査業務に汎用性の高い仕組みとなった。

緊急被害調査業務には家屋被害認定調査のように、高度なデータ入力アプリケーションを開発する必要性もあり、制約された開発時間を考慮し、調査開始段階は Authoring System を利用し、並行して高度な GIS アプリケーションを開発する等戦略的な支援システムの活用方法を計画することも必要である。また、緊急被害調査業務支援システム (POS) に蓄積されるデータは、被災地で新たに作成される新しい業務のための、新しいデータベースとなる。この調査結果は他部局の災害対応業務に利用されるため市庁舎内の情報共有の仕組みと連携することが、より効率的な災害対応を実現すると考える。

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Ⅲ-3 第5課題「新公共経営 (New Public Management) の枠組みにもとづく地震災害対応シミュレーターによる災害対応力向上」(研究代表者：林春男 京都大学) および文部科学省科学技術振興調整費 先導的研究等の推進「日本社会に適した危機管理システム基礎構築」(研究代表者：林春男 京都大学) によるものである。

また、ヒアリング調査に協力して頂いた国土交通省北陸整備局の方々、被災地認定調査及び被災証明発行業務にたずさわった小千谷市役所および合同研究チームの方々、本研究を進める上で協力して頂いた全ての方々に深く御礼申し上げます。

補注

- (1) POS は "Point of Sales"あるいは "Point of Service" の略称で従来小売業において収集した各商品の販売情報、仕入れ、配送などの活動で発生する各種情報をコンピュータに送り、各部門が有効に利用できるよう情報を加工、伝達する総合情報システムであり、本研究の屋外調査業務の情報を多くの災害対応業務に利用できる形に収集、蓄積、集約する仕組みの概念と一致する。
- (2) 富士常葉大学、京都大学防災研究所、防災科学技術研究所地震防災フロンティア研究センターの研究者からなり、後にハードウェア、GIS ソフトウェアの提供、支援システムの開発等民間企業も参画した。
- (3) 道路巡回実施要領第4条5に基づく異常時(地震)巡回実施要領に巡回の実施条件、巡回体制、協力体制の確立、連絡体制、巡回方法、点検項目等が定められている。
- (4) GPS は、NMEA、TSIP、DeLorme Earthmate、Rockwell PLGR GPS binary protocol のいずれかのプロトコルを出力する GPS デバイス。
- (5) 調査対象は斜面・切り土のり面、盛土本体、被害現象は、斜面・切り土のり面の場合、はらみ出し、きれつ・移動・剥離、盛土本体の場合、縦断きれつ・横断きれつ・沈下・

陥没・路面下空洞・滑動・崩壊・傾斜(前傾)・横転・継目のズレ、開口、被災度は特大被害、大被害、中被害、小被害、被害無を調査項目の入力データとして設定した。

- (6) ArcGIS9 モデルビルダーは、入力データを決め GIS の機能を実行し、派生したデータが作成される空間情報の処理プロセスをフローチャートで記述でき、処理プロセスを視覚的・直感的に理解できるとともに、ユーザー間で共有できる等すぐれた仕組みである。
- (7) Exchangeable Image File Format の略で、標準化されたフォーマットとして各社のデジタルカメラに採用されている。写真の幅・高さ、フラッシュの有無、焦点距離、撮影日時等の様々な情報が含まれている。

参考文献

- 1) 新潟県 ホームページ：新潟県中越大地震災害対策本部
http://bosai.pref.niigata.jp/content/jishin/higai0517_0900.pdf
- 2) 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、No.4, pp.159-165, 2002
- 3) 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、地域安全学会論文集、No.5, pp.95-103, 2003
- 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開発-消防活動支援システムの一構成要素として、地域安全学会梗概集、No.11, pp.113-116, 2001
- 5) 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
- 6) 朴英眞・川崎昭如・佐土原聡：緊急対応 GIS のための空間データマトリックスの提案-横浜市保土ヶ谷区のケーススタディーによる有用性の検討、地域安全学会論文集、No.6, pp.95-102, 2004
- 7) 有村陽介・川崎昭如・吉田聡・佐土原聡：GIS を基盤とする震災対応ナレッジマネジメントシステムの概念設計、地域安全学会論文集、No.5, pp.105-112, 2003
- 8) 河田恵昭他：米国世界貿易センタービルの被害拡大過程、被災者対応等に関する緊急調査研究、平成13年度科学技術振興調整費緊急研究開発等
- 9) R.w.Greene, Confronting Catastrophe, ESRI Press, 2002.6
- 10) 堀江啓・牧紀男・重川希志依・田中聡・林春男：外観目視による建物被災度評価手法の検討-建物被災度判定トレーニングシステムの構築-、地域安全学会論文集、No.4, pp.167-174, 2002
- 11) 堀江啓・牧紀男・重川希志依・田中聡・林春男：非専門家に対する建物被災度判定訓練の効果検証、地域安全学会論文集、No.6, pp.373-382, 2004
- 12) 財団法人日本道路協会：道路震災対策便覧(震災復旧編)、平成14年4月
- 13) 浦川豪・吉富望・林春男：マルチハザード社会の安全・安心を守るための GIS の活用方策-Enterprise GIS を基盤とした Combat GIS-、地域安全学会論文集、No.6, pp.305-314, 2004

(原稿受付 2005.5.27)