

震災対策GISの基本構想

Basic Concept for GIS Utilization in Seismic Hazard Management

地図部 村上真幸・田中靖夫

Cartographic Department Masaki MURAKAMI, Yasuo TANAKA

要旨

災害対策及び災害時においてGIS(地理情報システム)を利用することは以前から注目されており、その効果に期待がもたれている。一方、GISの導入事例で、必ずしも幅広い利用、十分な効果が上がっていない状況もある。それは、災害対策におけるGISの利用の手法が確立されていないこと、GIS導入・利用のメリット・デメリットについての検討が十分なされておらず、導入に踏み切れないこと、又は、活用しきれないためと考えられる。しかし、そのようななか、平成7年1月17日に発災した阪神・淡路大震災においては、いくつかのGIS利用の事例も報告されている。

本報告では、地震防災対策、地震時の応急対策、震災後の復旧対策においてGISがどのような場面で有効に機能し、どのような用途に利用できるか、また、同時にこれらのGISを導入する際の課題について調査することを目的に実施した震災対策におけるGIS調査作業に基づいて、震災対策GISの基本構想について整理した。

1 はじめに

震災対策や震災時においては、多種多様な情報を迅速かつ正確に収集・分析し、的確な意志決定を行う必要がある。コンピュータを利用したGISがその有力な支援手段となることは、米国におけるFEMA(連邦緊急事態管理庁)の活動などから以前より注目されており、期待も大きい。国内でも実際にGISを利用した防災システムの導入事例(東京消防庁、川崎市等)がある。また、最近の震災時におけるGISの利用として、平成7年1月に多大な被害をもたらした阪神・淡路大震災において、震災後、倒壊建物の撤去作業にGISを利用して効果をあげたことなどがGIS学会で報告されている。

自治体は、震災時に迅速かつ確かな対応を求められる。その際、被災情報の収集、被災状況の把握が重要になる。しかし、膨大な被災情報の整理には、多大な労力を要する。その軽減のためには、被災情報の整理を支援できるGISの利用が有効であると考えられる。その重要性は平成8年6月に出された地理情報システム関係省庁連絡会議の中間取りまとめにおいても取り上げられている。

以上の観点から地震防災の対策、地震発災時の応急対策、震災後の復旧、復興対策のそれぞれにおけるGISの活用を考慮した場合、官公庁における、地図情報の整備にどのような課題があるかを自治体を中心に調査し、整理した。

2 震災対策GISの基本要件の抽出

2.1 阪神・淡路大震災におけるGIS利用の事例調査

震災GISの基本要件の抽出を目的に、阪神・淡路大震災におけるGIS利用の事例調査として関係自治体及び実際にGISを活用した大学にヒアリング・アンケート調査を行った。

ヒアリング・アンケート調査は、以下の日程で自治体・大学を対象に行った。

回答者：自治体 神戸市、西宮市

大 学 神戸大学、大阪大学、奈良大学

日 程：平成8年1月29日～1月31日

1) 調査内容

以下の目的で調査を行った。

- ・平時におけるGISの利用状況を把握し、その使用頻度を調査することにより震災時にGISが利用できるかの検討を行う。
- ・阪神・淡路大震災時のGISの活用場面を把握する。また、その際入手したデジタル地図情報の把握を行う。
- ・阪神淡路大震災の経験から担当者の震災対策GISに対する考え方の調査を行う。

2) 回答形式

事前に調査票を送付して、ヒアリング・アンケート調査で回答を得た。

3) 回答

震災前のGISの活用状況、発災時・復旧時の活用状況(発災時・復興時にGISを活用した業務、また、発災時・復興時に活用しなかった(できなかった)業務について)、震災対策GISの活用について回答を得た。

4) ヒアリング・アンケート調査より得られた自治体、

大学におけるGIS活用についての考え方は以下のと

おりであった。

【平時】

自治体では、人員・予算の関係から日常業務において防災業務のみに重点を置いた体制の確保は困難である。行政施策立案のための基礎情報が必要であることから、住民台帳・家屋台帳を管理し、自治体内の建物・世帯ベースの情報を管理する。これらの日常業務で整備されている情報から発災時に対策を立案するために必要な情報を効率よく抽出し、自治体の震災対策事業を支援するシステムの確立を考慮する。

GISの利用では、主に、道路・ライフラインの情報の管理をしたいと考えている。

地図情報の整備は、膨大な費用と人員を必要とする。これに自治体だけで対応することが困難であるため、民間の協力が不可欠と考えている。

震災被害予測については、被害予測に用いる項目（地形、地質、各種建物情報など）にはあまり変化がないため、数年に1回実施すればよいと考えている。また、震度分析を算出する方法は、地域ごとに複数あり、モデルシステムによるシミュレーション技術を確立するための研究を推進している。

【発災時（直後、応急対応時）】

発災時に自治体に集まった情報は、住民・家屋の被災情報、道路・ライフラインの被災情報であった。これらは、地震情報をういた被災状況を予測・算出する前に、被災直後から自治体に集まりはじめた。早期被害予測システムの構築が期待されている。

ライフラインの被災については、直ちに職員が急行して応急対応するものである。ここでは、平時からライフライン施設の図面が効率よく管理され、情報が得られることが重要になる。

住民・家屋の被災については、発災直後は消防部が消防活動を行っている。応急対応時以降は、住民からの申請により、被災証明の発行を担当部署が住民台帳、家屋台帳と対比して行っているが、被災者数が膨大であるほど住民台帳、家屋台帳を迅速に検索する必要がある。同時に、復旧、復興計画を立案するためにも被災情報を記録していく必要性が高まる。これらの被災状況の整理は、家屋・世帯ベースで行う必要がある。

【発災後（復旧、復興期）】

道路・ライフラインの管理は自治体の日常業務で行われているものである。復旧、復興時には、応急対応を受けて施設管理を行う。大学と共同して研究を行っている施設の耐震性の研究用資料として、ライフラインの被害状況及び震度分布の状況を把握している例もある。大学の研究による震度分布図（1/25,000程度）との重ね合わせでは、被災情報調査のベースマップが大縮尺（1/500程度）の場合には両者が重ならない。1/10,000から1/2,500程度の縮尺が重ね合わせに適していると考えられている。

家屋・世帯ベースで被災情報の分布を把握することにより、効率的な復旧、復興計画の立案が可能になる。

2.2 現状の課題

ヒヤリング・アンケート調査の結果から現状の課題を自治体・大学別に整理・検討した。その結果は以下のとおりである。

【自治体】

地図データについては、使用できる地図情報が手元になく、作成には負担が大きいこと、利用できる情報がある場合であっても、情報更新のサイクルが長いために情報が古く現地の状況に適合しない場合があることなどが挙げられる。また、震災対策に必要な情報の所在、項目がわからないこと、被災時は航空写真が必要になることなども挙げられる。

GISの震災対策利用の機能に関する課題としては、次のような点が挙げられる。GISの構築では、防災を目的にしたシステムの開発が困難であることから行政の日常業務に対応したものを開発することになるであろうことが挙げられる。入力情報については、震災情報の初期入力ができなかったこと、情報を一箇所に集中してあると、もし、その保管場所が被災した場合に情報が利用できなくなること、行政側から住民、住民から行政側への情報提供を円滑に行いたいと考えていることなどが挙げられる。また、ネットワークへの対応ができていないことも挙げられる。

その他、地域防災計画におけるGISのあり方が確立されていないこと、システム構築費用が膨大であること、また、三角点等基準点情報が欲しいことなどが挙げられる。

【大学】

地図データについては、データを他機関と共有できないこと、社会、建物情報が活用できないこと、建物ベースのデータがないこと（国土地理院の数値地図10,000には街区までしか表示されていない）などが挙げられる。大学では、広域の大縮尺データが無かったために施設の被災情報を整理するため1/25,000の中縮尺地図を活用していた。また、使用できた地図データが重ならないこと、利用できる地図の整備時期が異なっていることも挙げられる。建物データがポリゴンになっていない（ポリゴンでないと塗りつぶしのできないシステムが多い）ことも挙げられる。

GISの震災対策利用の機能では、ライフライン情報の入手に労力を要すること、コンピュータが持ち運べないため、現地情報の収集は紙に記入した調票をシステムに入力する作業が必要になること、被災地においては位置の特定が困難であること、被災情報が多いために安価なパソコンから高価なワークステーションへ移行せざるをえなかったことなどが挙げられる。また、ジオコードによる住所位置の的中率が低い、漢字による一致判定は問

表1 自治体に於ける震災GISの基本要件

地図データ	縮 尺	被災情報	1/2,500 程度で建物または世帯別に管理できること
		平時のシステム利用情報	それぞれの日常業務に適した縮尺 発災時に震災対策に必要な情報を効率的に抽出でき、重ね合わせが可能であるもの
	投影法	投影法の技術の確立	抽出された情報の重ねあわせが可能であるもの 広域情報の作成（震災対応時は、単独の自治体だけでなく複数の自治体にわたって対応する必要がある）を可能にする。 国土地理院の技術指導が望まれる。
	書 式	標準的な情報 フォーマット	地理情報システムは、個々の利用によりその適用目的が異なるため保管する地図フォーマットが異なる場合が多い。 標準的な情報フォーマットに対応することにより他のシステムとの情報交換を可能にする。
	関連する各種情報	航空写真情報	有効活用を図り、迅速に入手できるようにしておく。
		基準点データ、 GPSデータ	データを組み合わせ、位置の把握に活用できること
	情報の情報	個々の情報の背景情報の管理	緊急時に既存の情報を有効に利用可能とするため、背景情報（縮尺、データタイプ、作成時、内容、保安など）を一覧として取りまとめる。これは、日常業務における無駄を省くことにもなる。（要ネットワーク化）
システム	運 用	平 時	日頃の業務に密着したもの リアルタイムに情報更新
		被災時	平時に管理している情報を抽出し、インテグレートできること 復旧・復興計画立案の基礎資料として活用する。
		携帯システム	携帯性に優れること 情報の収集、入力活動を支援する。（GPSと連携） ボランティアの支援活動などに活用できる。
	機 能	情報の収集・入力	既存の地図情報を検索しながら、情報の入力ができること
		情報の処理・出力	町丁目、街区で集計、複数の情報のクロス集計ができる。 分布図作成が可能、ポリゴン内集計ができるもの
		ネットワーク への対応	情報の入出力、他のシステムとのデータの交換にネットワークを利用できる。 情報の被災の可能性を考慮してデータベースを分散配置することが望ましい。遠隔地からも複数の職員が操作できるようにしておく。
		アドレスマッチング	被災情報が提供される場合、電話による提供などの場合、住所検索が必要となる。アドレスマッチングの機能を有することが望ましい。
		被害早期予測	予測システム構築は今後の課題である。

(自治体の地域防災計画とGISの活用)		
地域防災計画	地域防災計画立案においてGISを用いて基礎資料を得ることが望ましい。	
	構成（3部で構成）	災害予防計画（平時） 災害応急対策計画（応急対応時） 災害復旧計画（復旧・復興時）
	建物、世帯情報	平時から復旧・復興時まで全てにおいて活用する。 1/2,500 地図上で表示することが震災対策GISとして優先度が高い。

題が多く発生すること、震災情報と震度の関係を調査したいと考えていることなどが挙げられる。

その他、使える情報がコンピュータの機種（メーカー）に依存していることが挙げられる。

（大学においては、研究及び社会貢献をするために調査団を結成し、積極的な震災対策活動がなされた。）

2.3 自治体における震災対策GISが必要とする基本要件の整理

ヒヤリング・アンケート調査の結果から震災対策GISに求められる項目の整理検討を行った。

整理結果を表1に示す。

2.4 市販システムの調査

ヒヤリング・アンケート調査による基本要件の整理の結果から抽出できた震災対策機能について「震災対策GISにおけるGISの有効利用」（財団法人日本建設情報総合センター、平成7年8月）の資料編に記載されている市販GISの機能に基づき調査した。

整理結果では、市販システムは自治体が求める機能をほとんど満足しているといえるが、実際の導入には、自治体の求める形にカスタマイズする必要がある。従来はワークステーションを使用するものが多かったが、今後はPCネットワークによる対応がさらに進むものと予想される。

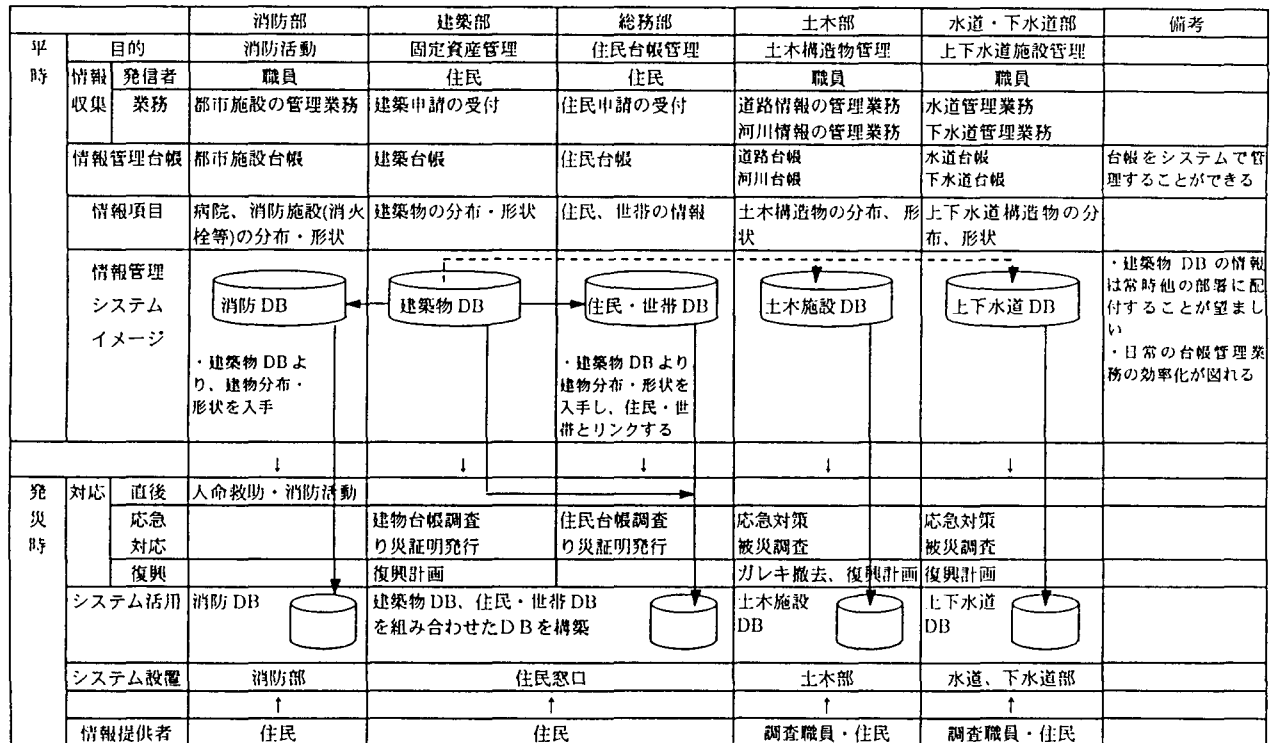


図1 情報の流通過程の体系化

3 情報の収集・管理の体系化

3.1 自治体における震災時における情報の流通過程の調査

調査結果によると、発災時に自治体に集まる被災情報は住民・家屋の被災情報と道路・ライフライン等の被災情報である。これらの情報を管理するのは以下の部署である。

消防部：消防活動業務（119番対応）を行う
 建築部：建築申請受付業務、固定資産管理業務等を行う
 建物台帳を管理する
 総務部：住民台帳を管理する
 土木部：道路、河川等の土木構造物を維持管理する
 水道部・下水道部：水道・下水道施設を維持管理する

これらの部署を中心に情報の流通過程を整理すると図1となる。

一方、東京都の地域防災計画を調査し、市町村と都道府県、国、関係機関の関係を整理した結果によると、市町村の周辺には都道府県、警察署、消防本部（消防団）、住民、自治体により依頼された被害状況の調査員がいる。

震災時には、これら都道府県、警察署、消防本部等と情報交換を行う必要がある。そのためには、円滑な情報交換を可能とする手法として情報交換システムの構築などを検討することが望ましい。

3.2 震災対策GISに入力すべき情報

震災対策GISに入力すべき平時及び発災後の情報として以下のものが考えられる。

【平時の情報】

1) 1/2,500都市計画図の情報

基本的には、全情報がベクトル化構造化されていることが望ましいが、現在の都市計画図の数値化の状況と調査による震災時の利用用途を考慮して、ラスター・イメージで処理したものとする。

2) 建物枠情報

一軒一軒がベクトル情報でポリゴン化がされたものとする。

3) 建物枠に付随する住民・家屋情報

日常業務で作成されるものを利用する。

4) 町丁目等での境界線情報

ポリゴン化がされている。発災時の集計基本単位として用いる。

【発災後の情報】

5) 家屋・世帯ベースの情報は、平時の建物枠情報に関係付けして入力する。

6) 道路、ライフラインの情報は「a) 1/2,500都市計画図の情報」の図上に表示する。

3.3 情報の保管方法

道路、ライフライン、建物・住民台帳等の情報を一極集中システムを用いて管理した場合、そのシステムの設置場所が被災した場合にその活用が困難となる。情報の

被災リスクをさけるために情報を分散配置することが望ましい。

情報の分散配置には、当該自治体内での保管、都道府県、地方（国）との共同保管の2つのアプローチが考えられる。

自治体内の保管としては、自治体本庁で自治体内の全ての情報の保管を、また、出張所・支所等の出先機関では管轄領域の情報の保管をリアルタイムで行う方法がある。自治体内における日常業務を支援するシステムがこのスタイルになると考える。

震災の被害は一つの自治体で収まるものではないため、広域の情報を整理することが重要である。自治体と都道府県、地方（国）との情報の定期的な交換、共同保管が必要になる。その際、地方（国）の情報を保管する機関として国土地理院地方測量部などが候補として考えられる。自治体には、個人情報など外部に出せない情報がある。一方、災害発生時には建物・世帯ベースでの情報管理が不可欠であり緊急措置としての情報公開などに今後解決すべき大きな課題がある。

震災対策活動を行うに当たり、自治体は基本的には自らが保管、運用している最新の情報に基づき行うことになる。自治体の情報が被災して活用できない場合、速やかに都道府県、地方（国）は、自治体と交換している情報を配布し、支援を行う。そのためにも、ネットワークの効率的な活用が望まれる。

4 震災対策GISの基本構想

4.1 情報処理技術、GIS機能の調査

1) コンピュータ技術

コンピュータ技術の進歩にともない、機器の小型化、高性能化及び低価格化が進み汎用機主流であったものがワークステーションへ、さらにパソコンへと移行してきている。従来、汎用機、ワークステーション上で開発運用されてきた地理情報システムもパソコン上での開発運用が可能となってきている。

現在、パソコンの処理速度の向上は著しいものがあり、数年前のワークステーションと同等となっている。また、ネットワーク技術にも対応が進んでおり、これら高性能化したパソコンによって地理情報システムがより効率的に稼働できるようになると考えられる。

地理情報システムでは、通常、大容量の情報を検索することから、速度の速いハードディスクを用いて管理する。ハードディスクは近年、大容量化、低価格化が進んでおり、パソコンでも大容量のものを取り扱うことが可能となり、地理情報システムに必要な情報を一元管理できるようになっている。

UNIXやMS-DOSをベースとした従来のコンピュータでは、文字やメッセージをキー入力することにより操作を行っていた。このため、利用に際してコンピュータに関する基礎的知識が必要となり、使いにくいもので

あった。それに対し、最近ではアイコンやメニューなどをマウスなどで操作するグラフィックユーザインターフェース（GUI）が多くなってきている。GUIは直感的で把握のしやすい操作環境を提供している。震災対策GISは、被災時にも操作しなければならない。操作の習得が容易で平易に操作できるGUI形式のGISである必要があると考えられる。

現在市販されているパソコンの代表的なGISについての調査を行った。結果を表2に示す。

2) ネットワークシステム

震災対策GISを構築する上で自治体庁内や出先機関内での情報の共有、本庁と出先機関との連携など震災情報を効率的かつ精度良く進めるためには、ネットワークシステム構築のための技術が必要な要素として挙げられる。

ネットワークは、自治体ごとの全体的な情報システム計画、構想等があるため、それに準拠することを原則とする。その際には、震災に強いネットワークの構築、‘震災無線’などの対応が求められる。

4.2 自治体の震災対策GISのあるべき姿の検討

1) 震災対策GISの情報の保管

平時及び震災時に求められる震災対策GISの情報の保管の姿を検討した。震災対策GISの情報は、平時の情報の管理をベースとして地震発生時に必要な部署へ必要な情報が提供されることになる。

図2にそのイメージを示す。

2) 日常業務での基礎情報の取り扱い

日常業務で取り扱う基礎情報で発災時に必要となるものとして、道路・ライフライン情報と建物・住民情報が重要となる。平時と発災時それぞれの情報の取り扱いについて整理を行った。

図3にそのイメージを示す。

3) 震災時の情報収集

震災時に得られる情報の流れとして、職員のパトロールによって得られる情報、住民から通報される情報がある。これら情報をGISで取り扱うためには、その位置判定が的確になされる必要がある。それぞれの情報収集について、その収集及び整理の形態についての整理を行った。

図4にそのイメージを示す。

4) 情報の表示

震災対策GISにおいて必要とされ、表示されるべき情報は地震発生後の時間経過とともにその内容や性格が変化する。

発災時、復旧・復興時それぞれの場面において震災対策GIS上に表示されるべき情報のイメージを図5に示す。

5) 国土地理院が自治体の震災対策支援として果たすべき役割

表2 主要パソコンGISソフト（ベクトル情報処理）の機能比較

評価項目	PC-ARC/INFO ESRI社(米)	MapInfo ComGraphics社(米)	SPANS TYDAC社(米)	H-Map IBM社(米)	MapInfo MapInfo社(米)	NGE InterGraph社(米)	microGIS INFORMATIX(米)	TerraSoft TerraSoft(米)
1. 開発会社								
2. 機能評価								
1) 日本版対応	可能	可能	不可	可能	可能	可能	可能	可能
2) 地図データ編集	可能	可能	可能	不可	可能	可能	可能	可能
3) 空間集計、解析	可能	可能	可能	可能	可能	可能	可能	可能
4) 地図データ管理	可能	可能	可能	可能	可能	可能	可能	可能
5) 属性データ管理	可能	可能	可能	可能	可能	可能	可能	可能
6) 背景画の表示	可能	可能	可能	可能	可能	可能	可能	可能
7) ARC/INFOデータ活用	可能	可能	可能	可能	可能	可能	可能	可能
8) 他システムとの属性情報活用	可能	可能	可能	可能	可能	可能	可能	可能
9) 出力/印刷	可能	可能	可能	可能	可能	可能	可能	可能
10) 3次元表示	不可	不可	不可	不可	不可	不可	不可	不可
11) メッセージ処理	不可	不可	不可	不可	不可	不可	不可	不可
3. 価格								
1) 基本ソフト	275万	100万	80万	60万	57万	245万	400万 (データは含まず)	不明
2) オプション								
メッシュ処理		市販ソフト利用	基本機能					
ネットワーク	68万	カスタム対応	135万					
3次元表示		約30万	36万					
その他								
合計								
3) ハードウェア								
総合比較								
導入実績								

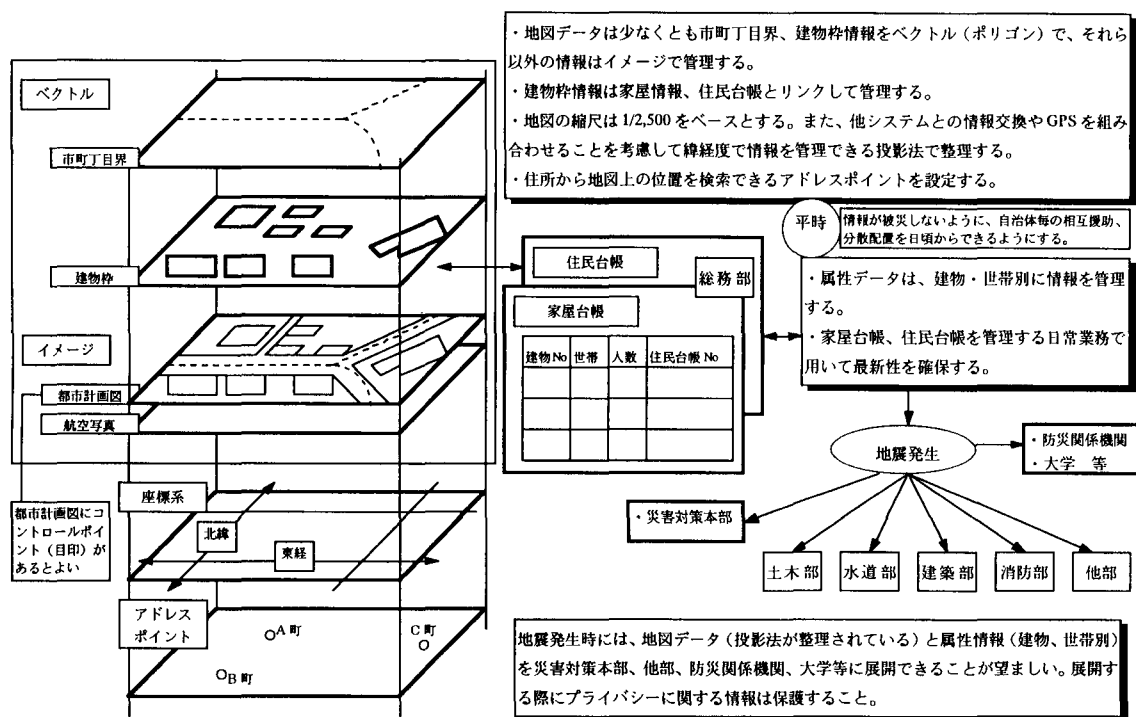
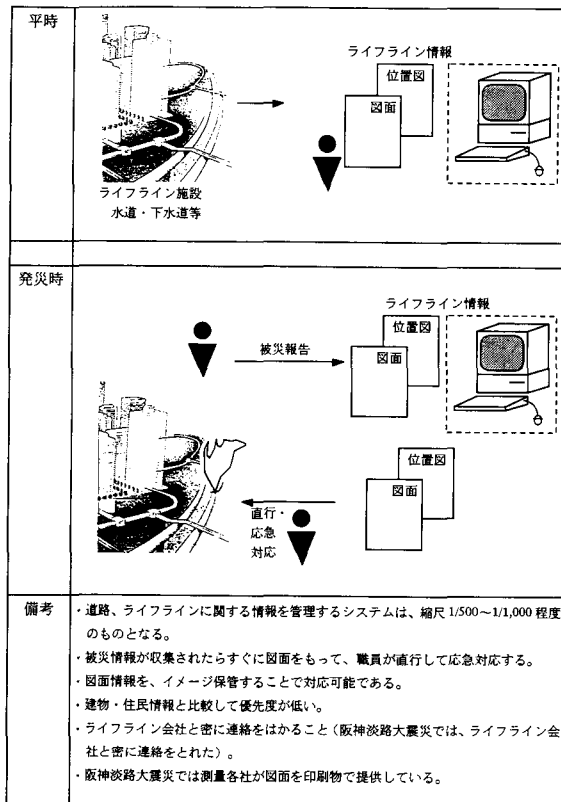


図2 震災対策GISの情報の保管

道路・ライフライン情報



建物・住民情報

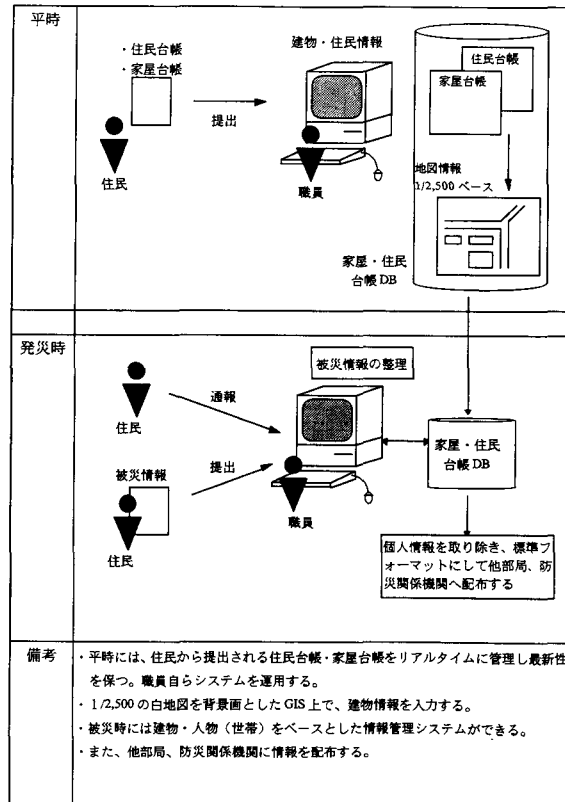
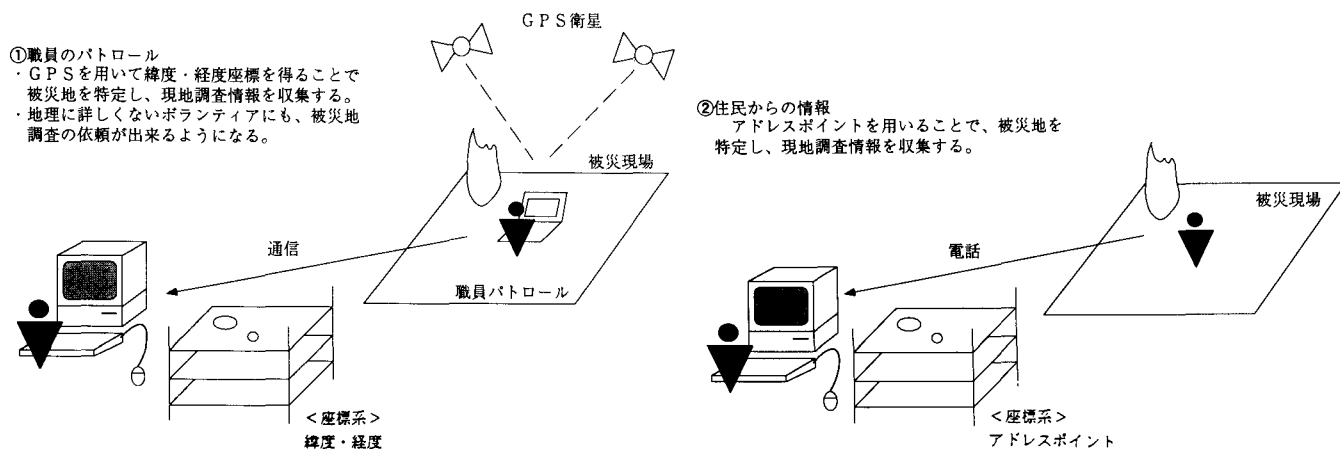


図3 日常業務での起訴情報の取り扱い



●情報の表示

図5にイメージを示す。

図4 震災時の情報収集

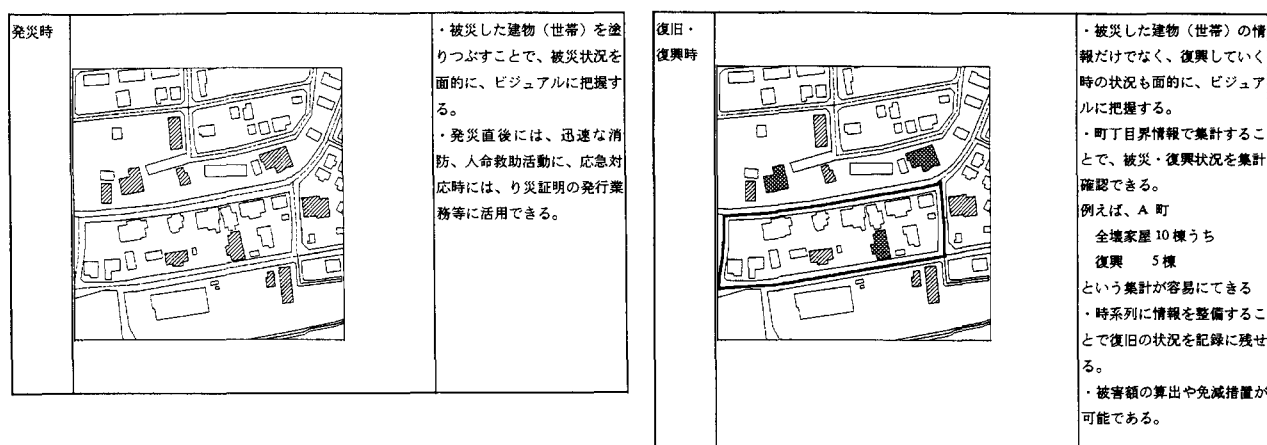


図5 情報の表示

国土地理院が自治体の震災対策において果たすべき役割として、次のような事項が挙げられる。

- ・自治体がGISを導入する際の基本データの提供
- ・地理的データベースの構築（自治体と連携）

発災時のバックアップ

復旧、復興計画立案時の広域情報としての基礎資料

- ・発災時の基準点（電子基準点）情報、航空写真の提供
- ・衛星リモートセンシング情報の迅速な提供

4.3 震災対策GISの段階的整備計画

1) データ項目

震災対策に必要な情報を一度に整備することは人的、予算的に負担が大きい。震災対策GISを構築するためには、日常業務の中で情報の整備、備蓄が行え、さらに、業務の支援ができることが望ましい。

自治体における震災対策GISの整備すべき情報の優先順位(案)は、1. 建物・世帯データ、2. 人的データ、3. 道路・ライフライン情報となる。これらの情報が整備できた後、自治体の計画に応じて他の情報を作成することをここでは提案する。

2) システムの構築手順

システムの構築手順には、大規模システムを一括で開発する方法と個別のシステムを作成し融合する方法の2つがある。

大規模システムを一括で開発する場合、短期間で開発できるが専任の開発担当者、運用担当者を必要とし、開発、運用、維持の労力・費用共に多大になる。また、システムの仕様を変更する際、全ての機能を確認しなければならないため、大がかりな作業を必要とする。

個別のシステムを作成し融合する場合、それぞれのシステムが現場に即したものとなり、また、システム運用のための専任の担当者が不要となる、個別の業務に即したシステムであるため、仕様の変更は容易にできる。各システムが、部署間で情報交換を密に行うことにより、震災対策GISとして活用できることになる。

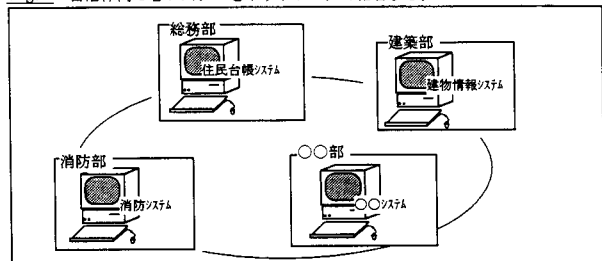
3) 震災対策GISの段階的整備計画（案）

震災対策GISを整備するには、一括してシステムを導入する方法と、段階的にシステムを整備整備していく方法がある。日常業務との連携の面から、ここでは段階的

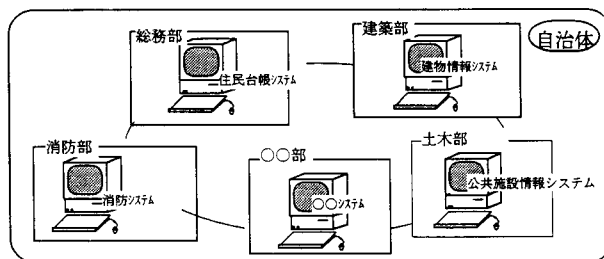
Stage 1 自治体内の総務部と建築部のシステムを開発し連携付ける。
また、他のシステムも構築する



Stage 2 自治体内の各システムをネットワークで結合する。



Stage 3 自治体の全庁ネットワークを構築し、建物・世帯ベースの震災情報の共有を図るようにする。



Stage 4 建物・世帯ベースの情報だけでなく、ライフライン等の自治体内の震災情報の共有を図るようにする。

図 6 震災対策GISの段階時整備

整備について整理した。

必要となる情報の整備・運用を考慮した場合、個別の業務に即したシステムを作成、運用し、震災対策時に融合できるものとしてネットワークを介した震災対策GISの段階的整備（案）を検討した。そのイメージを図6に示す。

5 まとめ

今回、震災対策におけるGISの有効利用に関する調査研究作業を行うに当たり、阪神・淡路大震災で被災した自治体及び震災対策にGISの利用を実施した大学にそれぞれヒヤリング調査を行い、その結果に基づき震災GISの基本要件の抽出を行い、それらを整理することにより、求められる震災対策GISのあるべき姿を考察した。

今回の調査研究作業の結果、震災対策GISを構築するに当たり技術的な意味でのソフトウェア・ハードウェアについては必要十分なものがそろっており、その高性能化、低価格化も相まって利用者の求める用途でシステムの構築が可能であった。その一方、GISの基盤となるべ

き情報については（数値化も含めて）そのインフラ整備と有効的な相互利用の面で課題があることが明らかになった。今後、これらの情報をいかに整備運用していくかが重要になる。

また、以上のことからGISの基盤情報である地図情報の整備について、国の地図作成機関である国土地理院に求められるものは大きい。

なお、本調査は平成7年度に（財）日本建設情報総合センターに委託して実施した「震災対策におけるGISの有効利用に関する調査研究作業」を取りまとめたものである。

謝辞

本調査を実施するにあたり、ヒアリング調査に御協力いただいた地方自治体及び大学の方々と、調査の取りまとめ方についてご教示いただいた「震災対策におけるGISの有効利用に関する調査研究作業委員会（委員長：柴崎亮介東京大学生産技術研究所助教授）」の委員の方々に、お礼申し上げます。

参 考 文 献

- 建設省国土地理院（1996）：平成7年度 震災対策におけるGISの有効利用に関する調査研究
建設省国土地理院（1995）：地図管理部技術報告 第2号「震災対策におけるGIS利用に関する調査」
財団法人日本建設情報総合センター（1995）：震災対策GISにおけるGISの有効利用（資料編）