

# 災害情報管理における地理情報システムの活用 —リスク対応型地域空間情報システムの提言—

京都大学防災研究所/(兼)地震防災フロンティア研究センター  
亀田弘行

## 1. はじめに一阪神・淡路大震災の衝撃の経験から

筆者の元来の専門は地震工学であり、特にライフライン地震工学を核として、都市地震防災の様々な課題に関わってきた。こうした活動の一環として、1992年頃から、地理情報システム(GIS)を基本ツールとして災害研究のための情報システムを構築する研究会を有志で始めていた。当初は被害データの総合的分析ツールとしてGISを考えていたが、議論は、災害時の緊急対応の手段として防災GISの概念を成立させる方向に展開していった<sup>1)</sup>。このような議論を行っていた途上で阪神・淡路大震災が発生したことにより、それまでのいわば「想定された」議論の枠組ではなく、震災という「逃れようのない事実」を前に行ったその後の活動の経験が、災害情報管理における地理情報システムの可能性と解決すべき課題について、筆者に多くの教訓を与えてくれた。

上記研究会で育ってきたGISをDiMSIS(Disaster Management Spatial Information System)と名付け、このツールを震災からの復旧・復興に役立てるため、多くの模索を行った。例えば、国土院が刊行した構造物被災データと毎日新聞が調査した死者の発生箇所データのGIS表示を行い<sup>2)</sup>、発災直後の情報空白期を埋めるためにGISの活用が大いに助けになる可能性を示した。この結果を筆者も専門委員として関わった防災基本計画改訂の議論で提示し、新しい防災基本計画の中でGISの積極的な活用が明示されることとなった。

筆者にとってさらに重要な活動となったのは、神戸市長田区役所において、DiMSISを中核とするパソコンシステムにより、倒壊家屋解体業務の情報処理を行った経験である<sup>3)</sup>。この活動は、被災住民に直接接するという、災害対応の最前線に位置する自治体部門における情報システムのあり方に大きな課題を提起することとなり、その検証と教訓の普遍化という作業を経て、平常時と災害緊急時の連携・空間情報の時間管理・自律分散型(相互参照/共有化)を基本とする「リスク対応型地域空間情報システム(RARMIS: Risk-Adaptive Regional Management Information System)」の概念を提唱するに至った。そこでは、災害研究とシステム開発研究という、防災情報課題の概念構築とそのためにあるべき現実システムの作成というチーム構成され、RARMIS概念の実現に向けてDiMSISを発展・再構築するという、理想と現実を兼ね備えた研究・開発の努力が続けられている。

震災から4年を経たいま、GISは防災課題における空間情報を扱うツールとしてごく常識的に受け入れられるようになってきた。しかし、概念的な可能性の大きさや華やかさの陰には、現実の防災情報課題のストレートな実現を阻む壁が存在し、それらがコストの圧力やデータ共有化への障壁となって、GISの普及を妨げている面も無視できない。それらを克服する努力も今後ねばり強く続けなければならない。

以上に述べたような経験に基づき、本稿では、災害情報管理におけるGIS活用の現実と課題について、筆者の見解を述べることにする。特に、RARMIS概念が目指すところとそのひとつの実現形としてのDiMSIS-EXの意義を基調として、問題提起を行いたい。

## 2. 地理情報システム(GIS)の概念

地理情報システム(GIS: Geographic information system)は、従来紙地図により表現されていた地理情報(空間データとその属性データ)をデジタル情報の形で計算機上に構成することにより、紙地図では得られなかった多様な分析・表現能力を持たせた電子システムである<sup>4)</sup>。

GISを定義する言葉は人により様々であるが<sup>5)</sup>、例えば、地理情報システムを「空間デー

タモデルに基づきコンピュータ上に生成された地理的仮想空間に対して、操作的な時空間解析とこれを支えるデータベース管理の機能を備えた情報処理システム」と表現することができる。GISは、多様な時空間情報に関するデータ収集・管理・検索・重畳・統計的分析・位相学的分析・選択的な空間図形表示などの機能を持ち、都市診断・空間設計・都市施設の管理・災害時緊急対応など、影響要因が複雑であったり時間的に切迫する空間的課題の解決を支援するツールとして、またこうした課題に関する研究手段として有用である。

GISソフトは多くのプロバイダーから商品として（Arc/Info, Arc View, Mapinfo, SIS, Earth Finder, Geodata など）発売されており、一般ユーザーはそれらを利用する事になるが、GISはまだ発展途上のシステムであり、次世代GISへ向けての開発も活発に進められつつある。

GISの基盤となるデジタル地図は、国土地理院作成の数値地図（(財)日本地図センターから発売）の他に、企業・団体からも発売されている<sup>5)</sup>。

### 3. 地理情報システムの防災応用の意義

自然災害は地震・台風・豪雨のような広域的な外力のもとで発生するから、その影響を空間的に把握し、またその時間的変化を捉えることが重要となる。このような目的のため、近年GISの活用が著しく進展した。特に、1995年の阪神・淡路大震災の発生により、大規模な複合都市災害のもとで、物理的課題と社会的課題のインターフェースとして情報課題がきわめて重要であることが示されたこと<sup>6)</sup>に加え、災害緊急対応という時間との勝負の中で、災害関連情報の時空間分布を多元的に把握し、そこに操作的な分析処理を施すための強力な手段としてGISの有用性が注目を集めた。

災害時の緊急対応では、発災後の段階に従って中心課題が変化していく。地震災害においては、発災時刻からみて i) リアルタイム（同時～分）、ii) 準リアルタイム（時間）、iii) 緊急対応期（日～月）、iv) 安定達成期（年）、v) 平常期（年以上）と推移し、次の災害に備えるサイクルに入る。こうした循環の中で、各段階における情報課題に対応して、的確な情報システムづくりが必要となる。こうした活動は阪神・淡路大震災以前から行われてきたが、震災後特に活発になった。この状況を表一1にまとめた。

表一1 既存の防災情報システムの例と阪神・淡路大震災後の実践事例

機能	震災前の既存システム	阪神・淡路大震災後の実践・開発
地震動モニタリング ／震源推定 (リアルタイム)	UrEDAS(JR)、CUBE(米国)、 *SIGNAL(東ガス)、気象庁、 関西強震観測協議会	大阪ガス地震動モニタリング、 強震ネット(k-net:科学技術庁)
発災時の被害推定 ／早期把握 (準リアルタイム)	HERAS(JR)、*EPEDAT(米国)、 *川崎市、*神奈川県、 *東京都消防局	*航空写真のデータ処理(国土地理院等)、 *防災情報システム(DIS:国土庁)、 *兵庫県(フェニックス)、*大阪府
災害対応における情報処理・管理 (緊急対応期)	*水道・ガス・電力等のライフライン事業者の管理システム	*被災家屋解体情報処理(京大防災研)、 *リスク対応型地域空間情報システム(RARMIS:神戸市長田区)
災害情報データベース (安定達成期:復興支援・研究)		*建物被害データベース(建築研究所)、 *瓦礫撤去・建物復興データベース(奈良大学)、 *建物被災情報GIS(神戸大学) *ライフラインの復旧過程(関西ライフライン研究会)

注) \*印: GIS上の展開を前提としたもの

阪神・淡路大震災の後、リアルタイムから準リアルタイムの段階に対応するための情報システムの開発が盛んである。これは、発災時の情報の空白期を埋め、災害対応に有効な初動体制を立ち上げるための努力の一環であり、その結果、「リアルタイム情報システム」の整備は格

段に進んだ<sup>7)</sup>。

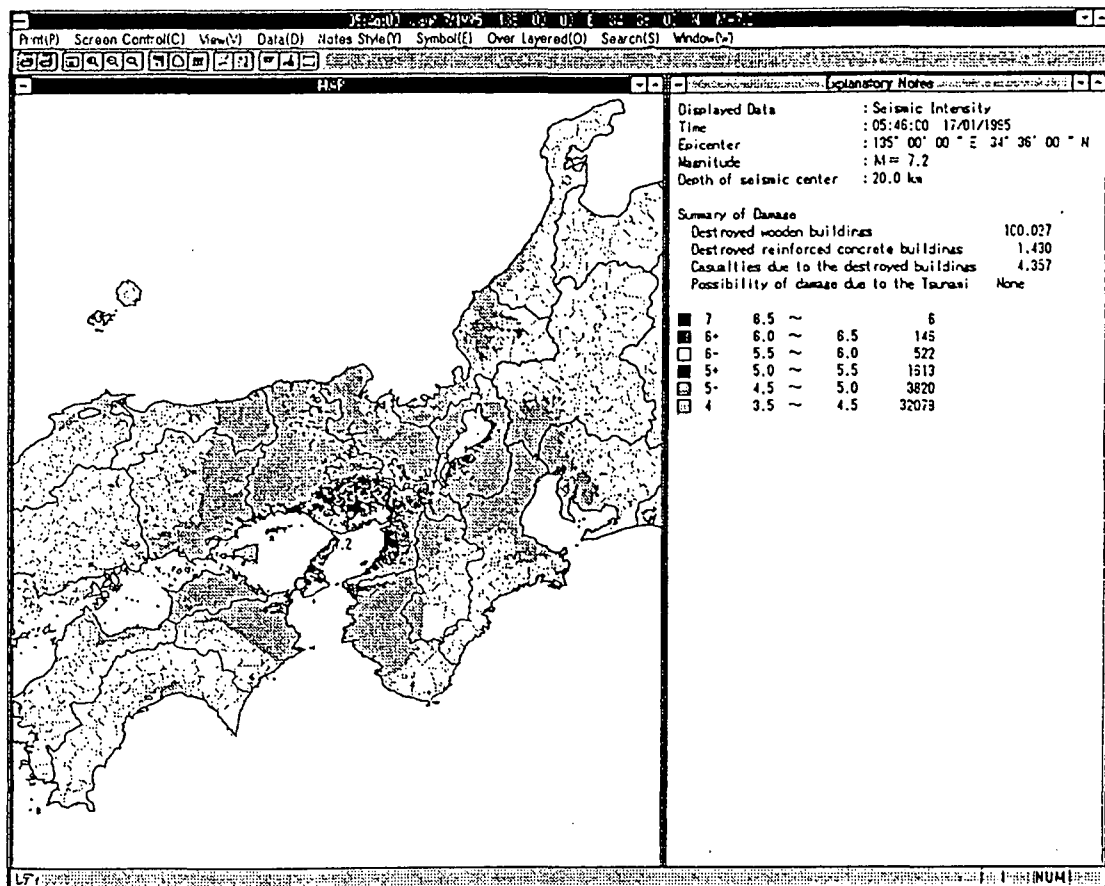
一方、緊急対応期に有効な情報システムの構築については、取り組みが不十分な現状がある。この時期には災害廃棄物の撤去、避難所の運営、復興状況の把握など、災害対応から生み出される多くの情報を把握して、次の対応に的確に生かすことが要請されるが、こうした機能を主に担うのは、災害対応の最先端にある地方自治体であり、その災害緊急対応を支える情報システムの整備がきわめて不十分な状況にある。この問題を解決するには、平常時と災害緊急時の機能が相補的に連携する「リスク対応型」の平常時用GISを整備が今後推進されねばならない<sup>8)</sup>。

GISの防災活用の重要な柱のひとつに、防災研究におけるデータベースの構築と、分析・表現がある。これは、災害後の復興支援にも重要な役割を果たす。この分野へのGISの活用も近年急速に進展した<sup>9)</sup>。

最後に、GISは空間データ処理を飛躍的に拡大する可能性が大きいツールであるが、ユーザー側から見れば、なお多くの課題を抱えている。GISにおけるデータ共有化の問題点とそれを克服するための標準化の動き、技術開発の動向は、今後のGISの防災応用に種々の形で影響を与えられられる。

#### 4. 発災直後の情報空白期を埋める緊急対応支援システム（リアルタイム／準リアルタイム期）

発災直後における情報課題は、①警報・自動遮断を中心とするリアルタイム制御と、②準リアルタイム領域における災害の早期把握を目的として、（条件付）シミュレーションの機能を持つ情報システムが必要とされる。地震災害におけるこうした分野を「リアルタイム地震防災」と呼び、最近の約10年間に発展してきた<sup>7)</sup>。



図一1 国土庁 DIS による地震被害早期評価（阪神・淡路大震災の模擬推定）

これらのうち、①は2次災害や被害波及を防ぐために、発災と同時に観測されるデータをもとに外力の危険度を解析して警報を発したり、システムの自動遮断を行う情報システムである。具体例として、危険な地震を検出して新幹線列車を停止させる列車防御システム UrEDAS は、世界で初めてのリアルタイム地震防災システムであるが、対象が線状の施設である鉄道であるので、GIS が特に重要な役割を果たしているわけではない。これに対し、東京ガスの地震防災システム SIGNAL のように、供給地域に配置された多数の地震計の記録をリアルタイムで供給センターに集約して分析し、2次災害を防止するための供給停止に関する意思決定の判断資料とする場合は、GIS により地域全体の状況を把握することが有効な手段となる。

②の準リアルタイム段階では、災害の具体的な数量データが明らかにされる以前に、強震計や震度計など、離散的に配置された複数地点での計測値を条件として、被災地全体の被害を即時推定するもので、表一1のように、震災前から種々の開発が行われ、震災後は特に行政レベルで活発な開発が行われてきた。図一1に、国土庁の DIS における地震被害早期評価システム(EES)により、兵庫県南部地震を想定した震度分布の推定を行った結果<sup>10)</sup>を示した。これは、全国の市区町村に配置された気象庁の震度計の計測値を外力条件として自動的に取り込んで、これに地形・地質の影響を加味して得られた推定値である。さらに、震度 IV 以上を記録した地震に対して、建築物データ、人口データなどの情報を加えて、建物被害・人的被害などの推計が発災後30分以内に行われる。

#### 5. 災害対応における情報の処理・管理支援システム(緊急対応期)―特に自治体情報システム

災害下の緊急対応時には、救命・救急、避難所運営、重要施設の機能回復、緊急輸送、最低限の生活基盤の確保、災害廃棄物処理、ライフラインの復旧など、多くの課題が時間との競争の中で発生する。これらの課題の多くは、平常時には日常の行政サービスを業務とする一般自治体の担当者によって担われるものであり、災害発生とともに、日常性とかけ離れた災害対応に関わることになる。しかも阪神・淡路大震災のような巨大災害では、多くの場合、行政担当者自身が被災者となる。

この状況は、災害時こそ本来の機能を発揮すべき機会である緊急対応の専門機関（国土庁や気象庁の防災部局・自衛隊・消防・警察など）や自己施設の管理を専門とするライフライン事業者と根本的に異なる。

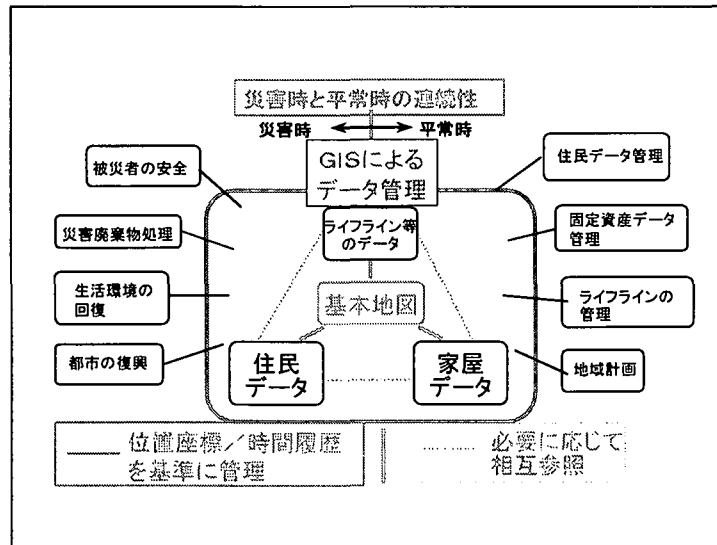
自治体の行政担当者が直面する災害対応の情報課題では、地域防災計画に基づく災害対応行動のマニュアル、緊急避難所や災害備蓄などの災害時特有の情報とともに、住民台帳や固定資産台帳など、地域の状況を示す正確なデータが必要となる。すなわち、災害緊急対応においても、平常時に集積されている地域情報を目的に応じて的確に活用できる体制が不可欠である。このことから、日常性と災害緊急時の活動が連携する情報システムを日頃から整備しておくことが重要であり、日常情報システムの中に災害対応機能を組み込んだ「リスク対応型地域空間情報システム」(RARMIS: Risk-Adaptive Regional Management Information System) の概念が自治体情報システムの姿として求められる<sup>11)</sup>。

RARMIS の概念を図一2に示した。中核に GIS を持つ RARMIS の基本機能は以下の3点に要約される。

- (1) 平常時の機能と災害時の機能が連携する情報システムであること：平常時に使われているシステムの中に、災害対応の機能が組み込まれていること。
- (2) 空間データの時間管理が徹底していること：デジタル地図と対応する座標系をあわせ持つ空間データとして関連行政データが整備されていること、属性の変化に対応してオブジェクトごとにデータをリアルタイム更新する仕組みを持つこと。
- (3) 災害緊急時に行政の部署を横断するデータの相互参照を実現すること：クライアント・サーバー型のデータを一極集中管理する統合型システムではなく、緊急時には自律分散型

システムとして分散管理され、必要に応じて相互参照するシステム構造を備えていること。

いくつかの先進的な自治体ではすでにGISの導入が行われており、またGIS導入を検討中の自治体も多い<sup>12)</sup>。日常業務へのGIS導入は、災害時にも破綻することのないシステムとして実現するべきであり、ここで述べたRARMISの概念は、そのための条件を示すものである。その具体的な実現形態の一例(DiMSIS-EX)について、後に述べる。



図一2 リスク対応型地域空間情報システムの概念  
(RARMIS: Risk-Adaptive Regional Management Information System)

## 6. 災害情報データベースの構築（安定達成期：復興支援・研究）

災害情報、特に被災状況を示す記録は空間的・時間的に複雑に分布することが多い。災害の原因を究明し、そこから導かれる教訓を将来の防災対策に生かすためには、個々の地点における被害とともに、被害の時空間分布を把握し、多元的に分析することが不可欠である。そのための情報処理ツールとして、GISは強力である。

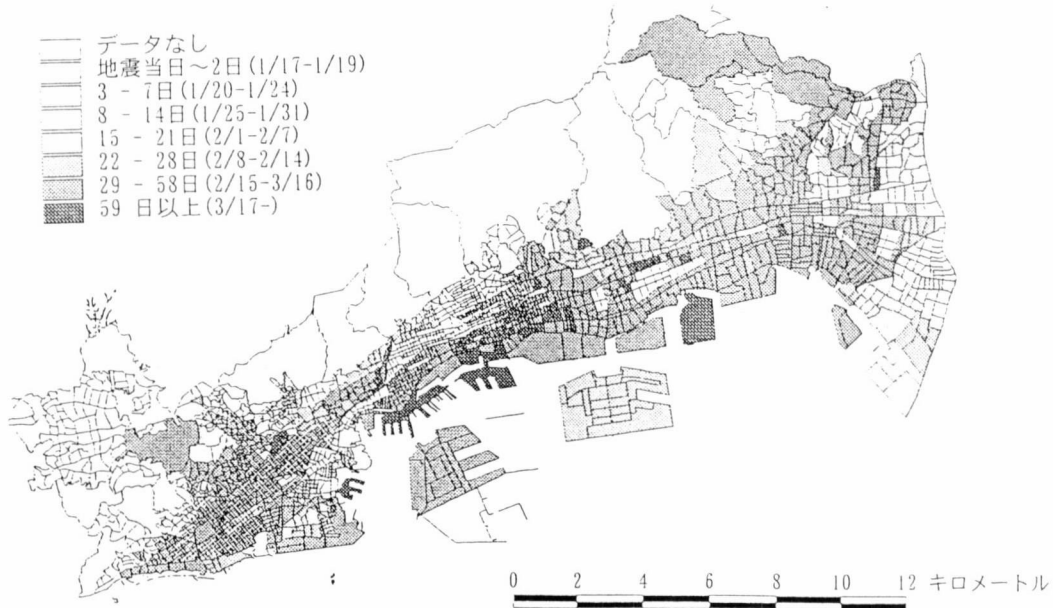
詳細な被災状況を示す例として、図一3は阪神・淡路大震災における建物の被災度調査の結果を示すGIS出力である。この調査は日本建築学会関西支部と日本都市計画学会近畿支部の合同調査の結果に兵庫県内の補足調査を加えたデータを建設省建築研究所の復興計画策定支援システムに収録したものであり、町丁目単位の集計結果がCD-ROMで公開されている<sup>13)</sup>。

被災状況の時間的推移を示す例として、図一4は、阪神・淡路大震災の水道の仮復旧に要した日数を町丁目ごとに示したGIS出力である<sup>14)</sup>。同図にはさらに、配水管の被害箇所を重畳して示してある。GISでは、異なる性格の空間データを個別のデータセット（レイヤー）としてデータベース化し、それらを自由に重畳（オーバーレイ）させて表示したり、操作的な処理を行うことができる。例えば、図一4の日数から修理開始日を引くと修理作業に要した日数となる。また、町丁目を表す閉領域（ポリゴン）内の破壊個数を数えたり、面積単位の破壊数（破壊率）を算出することなどはGISのごく基本的な機能に含まれる。

こうした事例は、地理情報システム学会、地域安全学会、建築学会、土木学会などの論文として活発に報告されるすう勢にある。



図一三 建物被災度調査結果の GIS 表示 (建設省建築研究所)



図一四 水道の仮復旧に要した日数の GIS 表示 (関西ライオン研究会)

## 7. GIS技術と空間データ整備の課題

これまで、GISによる災害情報処理の有効性を種々の角度から論じた。実際、防災課題におけるGIS応用の価値は高い。また、計算機技術の発達により、かつてEWS(ワークステーション)上でのみ作動したGISはPC(パソコン)上で十分機能するようになった。これ

により、GISは今後一層身近なツールとして、防災行政の場にも、防災研究の場にも普及する可能性が高い。しかしながら、我々が商品として手にすることができるGISは、まだ理想的な姿からは遠い存在であることも現実である。ユーザー側からは何が問題となるのか、2～3の側面から、GISが今後向かうべき方向を論じておく<sup>15)</sup>。

まず、現在商品として入手できるGISの間では、それぞれのシステム内で生成される空間データの間原則として互換性がない。これは、研究的に多種のデータを扱う場合に大きな障害となる。この点をカバーするためにデータ交換の規約が作られているが、制限が多い。このことは、自治体など行政へのGIS導入のさらに大きな妨げになる。行政の業務は多様であり、異なる部署に相応しいGISはそれぞれ異なるものとなる場合が多い。しかしながら、部署間のデータ参照の機能を持たせようとする、結局はじめに採用したシステムをいつまでも使い続けるという硬直した運営となり、かつデータ更新はシステムの専門家に全面的に頼るという機動力に欠けた姿にならざるを得ない。

こうした点を打開するためには、GISのデータ構造を公開して、GIS商品間の競争はそれらが持つ機能的な付加価値で競うよう環境が整備されるべきである。我が国が世界をリードしているカーナビゲーション用の空間データベースはこの方向に向かいつつあり、ISO/TC204で標準化の作業が進み、その仕様書（検討形式のコード名：KIWI）も作成されている<sup>16)</sup>。

現在市販のGISでは、空間データ更新は、各データセット（レイヤー）ごとの一括更新（バッチ方式）の方法がとられている。しかしながら、この方式がGISにおける空間データ管理の労力とコストを押し上げ、GISの普及を妨げる一つの原因となっている。特に、自治体の業務のように日々情報が更新されている現場では、バッチ方式では、GISデータが常に陳腐化された状態で存在することになるから、バッチ方式で全庁システムを作っても、それは日々の業務には使えないという矛盾を抱えることになる。このことは特に、時間が切迫する災害緊急時の情報処理において重大な機能的欠陥となる。

この問題を解消する一つの有効な方法は、空間データのオブジェクトごとに、時間履歴を残す形でデータを更新することである。この方法により、任意の時間断面を指定すれば、その状況の空間データが構築される。前述のカーナビゲーション用のKIWIもこれに近い考え方で構築されている。また、阪神・淡路大震災の際に神戸市長田区で倒壊家屋の解体撤去業務の情報処理支援を行った経験から生まれたGISであるDiMSISはこの思想に従って構築されている<sup>17)</sup>。ここでは、従来のライン/ポリゴンにより空間データを固定的に定義した方式から、ベクトルエレメント/コネクタエレメントを基礎データとして、空間の定義は時間が指定された段階で操作的に自動生成される方式に変わっている。このようなデータ構造とシステム機能の変革を契機として、より柔軟な次世代のGISが育つことが期待される。

最後に、GISはデジタル地図を基盤とするシステムであるが、計測技術・通信技術の発達により、多種のメディアと結合してその機能が広がりつつある。すなわち、航空写真、高解像度衛星画像との重畳による地域解析、GPSと結合させたモバイルGIS、インターネットを活用した自律分散型GISネットワークの構築などが有用な手段として活用され始めている。これらの新しい機能も防災課題へのGISの活用の可能性をさらに開くものと考えられる。

## 8. 謝 辞

地理情報システム DiMSIS ならびに DiMSIS-EX の構築、それらを活用した災害情報処理活動は、冒頭に述べた研究会の主要メンバーであった角本 繁氏（日立製作所中央研究所/京都大学防災研究所非常勤講師）が発案し、その後新たに形成された研究開発グループの核となって頂いて、震災後一貫して今日まで継続されてきたものである。本稿で述べた関連する事項は、こうした努力の成果に負うものである。同氏ならびに今日まで努力を続けてこられたグループの各位に深謝の意を表するものである。

## 参考文献

- 1) 亀田弘行・林 春男・浜田政則・角本 繁：地域情報統合処理による都市災害の分析・予測支援システムの研究、第12回日本自然災害学会学術講演会講演概要集、1993.10、pp.71-72.
- 2) Kameda, H. Kakumoto, S. Iwai, S., Hayashi, H., and Usui T.: DiMSIS: a geographic information system for disaster information management of the Hyogoken-nanbu Earthquake, *Natural Disaster Science*, Vol.16, No.2, 1995, pp.89-94.
- 3) 亀田弘行・角本 繁・大野茂樹・畑山満則・谷口時寛・岩井 哲：阪神・淡路大震災下の長田区役所における行政対応の情報化作業とその効果分析—リスク対応型地域空間情報システムの提言—、総合防災研究報告、第1号、京都大学防災研究所総合防災研究部門、1997.3.
- 4) 坂内正夫・角本 繁ほか：コンピュータマッピング、昭晃堂、1992年.
- 5) 桜井博行：GIS電子地図革命、東洋経済新報社、1997年.
- 6) 文部省緊急プロジェクト「兵庫県南部地震をふまえた大都市災害に対する総合防災対策の研究」報告書（研究代表者：亀田弘行）、京都大学防災研究所、1995年3月.
- 7) 山崎文雄：リアルタイム地震防災システムの現状と展望、土木学会論文集、No.577/I-41、1997.10、pp.1-16.
- 8) 亀田弘行・角本 繁ほか：リスク対応型地域空間情報システムの構築へ向けて—神戸市長田区での災害情報処理の経験から—、日本リスク研究学会、究発表会論文集第10巻、1997.11、pp.124-129.
- 9) 亀田弘行編：都市地震防災のためのデータベース構築と共有化の課題に関する研究集会、京都大学防災研究所研究集会9S-1、1998年2月.
- 10) 国土庁：地震災害情報システム(DIS Earthquakes)パンフレット
- 11) 亀田弘行・角本 繁・畑山満則：災害緊急時と平常時の連携による総合防災情報システムの構築—リスク対応型地域空間情報システムの実現に向けて(1)—、地理情報システム学会講演論文集、Vol.7、1998.10、pp.29-32.
- 12) 渡邊孝三・田中清次・富沢武夫他：地方公共団体におけるGIS共有効果に関する研究、地理情報システム学会講演論文集、Vol.6、1997.10、pp.101-104.
- 13) 建設省建築研究所：平成7年兵庫県南部地震被害調査最終報告書、1996年.
- 14) 関西ライフライン研究会：ライフライン復旧過程の時空間分布と都市生活の回復過程のGIS分析、平成9年度関西ライフライン研究会第2ワーキンググループ研究報告書、1998.10.
- 15) 角本 繁・亀田弘行・畑山満則：空間データベースから時空間データベースへの転換と総合防災情報システムの構築—リスク対応型地域空間情報システムの実現に向けて(2)—、地理情報システム学会講演論文集、Vol.7、1998.10、pp.33-36.
- 16) KIWI検討委員会：KIWI Format Ver.1.10カーナビゲーション用地図・地理データベース構造（国際標準化に向けた提案）、1998年5月.
- 17) 畑山満則・松野文俊・角本 繁・亀田弘行：4次元地理情報システム DiMSIS-Ex の開発、GIS—理論と応用、地理情報システム学会（1999 登載予定）.