

時空間情報管理による緊急時情報伝達システムの開発

畑山満則*・角本 繁**・亀田弘行***

* 京都大学防災研究所／日本デジタル道路地図協会

** 東京工業大学フロンティア創造共同研究センター／日立製作所中央研究所

*** 京都大学情報学研究科・防災研究所／理化学研究所地震防災フロンティア研究センター

要 旨

本研究では、平常時から災害時を連続的につなぎ、計測やシミュレーションによって得られる結果を、災害現場で有効に利用できる情報システムについて述べる。まず、災害発生時の情報処理システムの構成に関して考察し、これを実現するために、時空間管理を行なうことができる地理情報システム (DiMSIS) を基盤として開発した情報処理システムについて説明する。最後に2000年5月に神戸市長田区で行なわれた総合防災訓練へのシステムの適応事例について報告し、提案したシステムの有効性を示す。

キーワード： リスク対応型地域管理情報システム (RARMIS)，時空間GIS，防災訓練，阪神・淡路大震災，緊急情報伝達

1. はじめに

阪神・淡路大震災を契機に地理情報システムの防災応用に対する関心が高まっている (亀田監修, 1997)。しかし、これらのシステムは災害予測を行なうものがほとんどであり、災害直後での有効な利用を考慮したものは少ない。また、地震などの自然災害においては、災害直後に計測された数値と地盤情報などを利用して災害規模などの予測を行なうシステムが開発されているが、予測を行なう機関、結果を参照する機関、結果を利用する機関の間でのデータの相互利用までを考慮したシステムは少ない。

本研究では、平常時から災害時を連続的につなぎ、計測やシミュレーションによって得られる結果を、災害現場で有効に利用できる情報システムについて述べる。まず、災害発生時の情報処理システムの構成に関して考察し、これを実現するために、時空間管理を行なうことができる地理情報システム (DiMSIS) を基盤として開発した情報処理システムについて説明する。最後に2000年5月に神戸市長田区で行なわれた総合防災訓練へのシステムの適応事例について報告し、提案したシステムの有効性を示す。

2. 災害発生時の情報処理システムの構成

阪神・淡路大震災のような都市型大災害発生時には、災害現場、避難所、病院等の拠点で同時に様々な活動が展開される。現地対策本部は被災地に点在する情報の収集活動の拠点となる。災害対策本部は現地対策本部から個々に収集された情報を統合し、被災していない地域からのバックアップを基に、意志決定を行い、その情報を被災地の現地対策本部にフィードバックする意志決定の拠点となる。このような活動拠点を結び、レスキュー活動などの緊急活動を効率良く支援するシステムは Fig. 1 に示すような全体構成となる。それぞれの拠点で行なわれる作業は、時間情報と位置情報をキーとして電子情報化されるため、このような災害発生時の情報処理システムは時空間地理情報システムを基盤することが求められる。システムを構成する各活動拠点は、作業内容により、以下の3つの機関に分類できると考えられる。

- 意思決定機関
- 決定事項実行機関
- 意思決定支援機関

これらの機関の役割や行なわれる作業について、以下で説明を行なう。

(1) 意思決定機関

災害対策本部がこれにあたる。情報処理を用いた活動として、以下のような作業が考えられる。

- 実行機関で収集される情報（被災地情報）の管理。
- 被災地情報の意思決定支援機関への提供。
- 意思決定支援機関での分析結果を基にした、今後の活動事項の決定。

災害発生時のシステムにおいて、中心に位置し、多くの情報が集められる。この機関は、安全な場所に設置され、情報伝達に関するインフラも整備されている場合が多い。しかし、このインフラを用いた通信が可能であるのは被災地外であり、被災地との通信が完全であることは期待できない。このため、この機関では、LAN/WAN といったネットワークを用いた情報通信以外の手段（携帯電話や無線による通信、FD や MO などの媒体を用いた情報伝達）も利用できることが望まれる。また、GIS を用いて行なわれる作業は、データ参照が中心であるので、システムに精通した人、高機能の情報機器が確保できなくても迅速に利用できる、軽くて操作性のよいシステムが望まれる。

(2) 決定事項実行機関

災害現場、避難所、病院などがこれにあたる。情報処理を用いた活動として、以下のような作業が考えられる。

- 意思決定機関で決定された事項の実行
- 各拠点での情報収集（被災現場の状況、避難所の状況など）と意思決定機関への伝達
- ローカルなエリアでの意思決定と情報管理

災害発生時のシステムの中で、最先端に位置する機関で、必ず被災地に設置される。LAN などのインフラ整備が行われていない場所に設置される場合が多く、整備されていたとしても安定に利用できる保証はない。またシステムに精通した人、高機能の情報機器も確保できる保証がなく、厳しい状況下での作業となる。大規模災害時に災害現場近くに設置される現地対策本部も、環境に関しては、この機関と同様の特徴を持つ場合がある。GIS を用いて行なわれる作業は、データ入力を中心となる。

(3) 意思決定支援機関

災害分析解析、救助救援戦略研究機関などが、この機関にあたる。情報処理を用いた活動として、以下のような作業が考えられる。

- 災害発生時の観測データ（地震計情報など）の集計
- 航空写真や衛星写真などのデータ収集
- 意思決定機関から送られた情報の分析
- 分析・収集結果の意思決定支援機関への伝達

この機関は被災地ではない場所に存在すると考えられるため、意思決定機関との情報通信は、LAN/WAN などの

ネットワークを用いることが可能である。情報処理機器のマシンスペックや機器構成、システムを稼働させるための人材の制限を受けにくく、複雑な解析や大量のデータ処理が必要とされるので、システムは操作性より機能の豊富さを要求される。

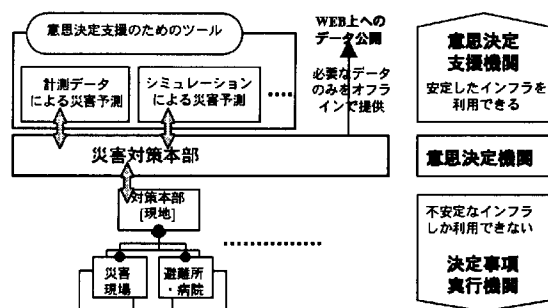


Fig.1 Information System for Disaster

3. リスク対応型地域空間情報システムの問題

2章であげた各機関で行なわれる作業を統合管理する場合、平常時のみで利用する（災害時は稼働しない）GIS では考慮しない以下の2つの重要な課題に注目しなければならない。

(1) 時々刻々と変化する状況の蓄積・管理

災害直後には、地理的状況が時間とともに急激に変化する。この状況を時間変化と共に復元することが、災害直後のレスキュー活動などにおける意思決定時に情報システムに求められる。また、場合によっては、動的な移動を行なう対象（消防車、救急車など）の管理を行なう必要もある。これを実現するためには、時間軸を持ったGISによるデータの蓄積・管理が必要となる。

(2) 点在する情報拠点間でのデータ交換

災害直後の情報活動は2章で挙げた3つの機関に大別できる。これらの機関で統合的な情報処理を行なうためには、決定事項実行機関のように情報端末や物理的なネットワークがある保証が無く、またあったとしても利用できる保証はないような厳しい状況下でも、情報収集を行ない、収集された情報を各機関内または機関間で交換することができなければならない。この課題を実現するには、有線のネットワークが存在しなくても利用できるシステムを構築する必要がある。また、情報端末の無いところでも迅速にシステムを立ち上げるには、ノートパソコンなどの携帯端末で利用できるようなシステムにしておくことが望ましい。

これらの課題は、リスク対応型地域管理情報システム

(Risk-Adaptive Regional Management Spatial Information System : RARMIS) コンセプトの技術的課題として提案してきた (亀田ら, 1997 ; 亀田監修, 2000) 。

4. 時空間地理情報システム DiMSIS

3章で示した RARMIS コンセプトを実現するための1つの GIS として、開発コンソーシアムとともに DiMSIS を開発してきた (畑山ら, 1999) 。 DiMSIS は、災害直後での利用も視野に入れた自治体業務対応を目的とし開発されており、以下の特徴を持つ。

- トポロジー構造を記述しないことでデータを可能な限り圧縮し、ハードディスク容量の少ない端末での利用を可能にしている。(このデータ構造は、カーナビデータの標準フォーマットとして ISO TC204 に日本から提案されている KIWI フォーマット (KIWI 検討委員会, 1998) に準拠したものである。)
- 時間情報を効率よく取り扱えるようにし、時々刻々と変化する状況を蓄積・管理できる。
- データ更新時に差分情報を管理し、これを交換することで、端末間のデータ統合を可能にしている。この際、データ交換に用いる通信手段は問わない。

5. 神戸市長田区総合防災訓練への適応

DiMSIS は、阪神・淡路大震災での被災地である神戸市長田区役所の窓口業務の一部で平常時に試験的に利用されており、さらにそのシステムを応用した災害時の対応についての研究も行なわれている (畑山ら, 1997) 。この研究成果は、1996 年から年に1度の長田区総合防災訓練において用いられ、その有効性は、自治体職員や地域住民が実際にシステムの操作を行なうことで確認されている。また、訓練時の使用から得られた意見を分析し、積極的にシステムにフィードバックすることで、システムの信頼性の向上を行なっており、2000 年度からは、実際の災害時に発生直後から本システムを利用した情報処理を行なう実験も予定している。この章では、2000 年度の防災訓練で利用したシステムについて示す。

5. 1 訓練の概要

(1) 実施日時

2000 年 5 月 24 日 (水) 午前 10 時～11 時 30 分

(2) 災害の想定

西日本一帯に梅雨前線が停滞し、兵庫県南東部地方では 6 月 1 日以来雨が降り続き、総雨量は 300mm 以上に達した。6 月 4 日午前 5 時頃から神戸地方は集中豪雨となり、降雨量は市街地で 150mm、山間部では 200mm を記録した。区内各地で崖崩れによる家屋倒壊、道路の崩壊・亀

裂等多大の被害が発生する恐れがあったため、長田区長は午前 10 時、災害対策本部を設置。関係防災機関は総力を結集して防災活動を開始した。なお、11 時 10 分区内で火災が発生したため、消火活動を開始した。

(3) 訓練内容

① 初動対応訓練

危険地区警戒パトロール・広報・仮設架橋設置・水防作業

② 避難・救助訓練

避難所救護所開設・避難勧告・避難誘導・救出救助

③ 救援・救護活動

救護活動・緊急物資搬送・応急給水・炊き出し

④ ライフラインの応急復旧訓練

ガス施設応急復旧・非常時臨時電話架設・緊急照明架設

⑤ 消火訓練

地域住民の消火・消防署の消火

5. 2 利用したデジタルデータ

長田区では、区案内用の地図データ (指定避難所を含む) を作成しており、この地図データをベースとして、平常時の苦情処理業務の管理を DiMSIS を基盤とするアプリケーションで行なっている。また、地図データとそれを取り扱えるアプリケーションを一部の地域コミュニティーに試験的に開放し、独自の防災マップ作成を推進している。訓練では、RARMIS コンセプトのシステム運用上の特徴として位置付けられる「平常時と災害時の運動」を考慮し、これらの活動で作成されたデータを有効に用いることにした。具体的に利用したデータは以下のようになる。

(1) 長田区内の指定避難所

長田区内の全指定避難所の位置と名称の情報。避難所開設、避難経路決定の資料となる。

(2) 長田区内の水防危険箇所

水防危険箇所の位置と名称の情報 (1996 年に調査元である長田消防署により作成され、その後、長田区役所で管理)。警戒パトロール結果の整理、避難勧告地域の設定の資料となる。

(3) 住民情報

長田区南部の 2 つの街区の住民位置情報 (名前の情報は個人情報となるため、訓練ではダミー情報を作成)。防災マップを作成している真陽地区防災福祉コミュニティーが管理している独居老人の位置データを利用。

(4) 平常時の状態 (静止画・動画)

長田区の平常時の状態を示す、動画 (MPEG ビデオで作成)、静止画 (デジタルカメラで作成) データとその位置の情報。長田区役所の苦情処理業務における現地調査時に作成したものを一部利用し、足りないものは作成した。

5.3 システム構成

以下の機能を DIMSIS をベースに構築した。

- (1) 意思決定機関 (災害対策本部)
 - 決定事項実行機関, 意思決定支援機関から送信された入力データの受信, 取込と可視化。
 - 決定事項実行機関への指示情報の入力とデータ送信。
 - 意思決定支援機関への地図データの送信。
 - (2) 決定事項実行機関 (災害現場, 避難所)
 - 現状の状況情報入力と意思決定機関へのデータ送信。
 - 意思決定機関から送信されてきたデータの受信, 取込と可視化。
 - (3) 意思決定支援機関 (外部研究機関)
 - 意思決定機関からの地図データの受信。
 - 意思決定支援ツールにより作成されたデータの送信。
- 構築したシステムのハードウェア構成を Fig. 2 に示す。

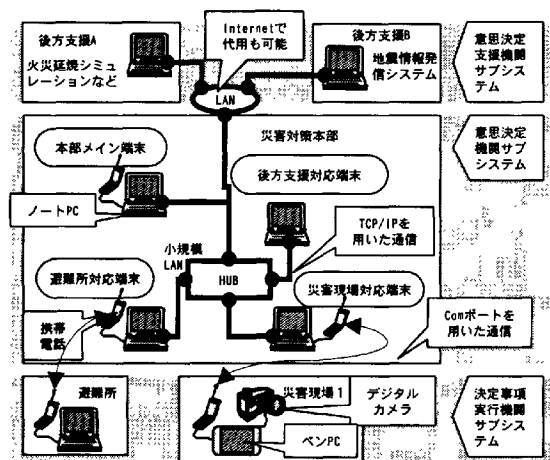


Fig. 2 Information System for Disaster Drill in 2000

5.4 意思決定支援ツール

今回の訓練では意思決定支援ツールとして, 地震情報発信システム (蛭沢ら, 2000) と RoboCup-Rescue シミュレーターを介した火災延焼シミュレーションシステムを用いた。ここでは, 後者の RoboCup-Rescue シミュレーターについて説明する。RoboCup-Rescue は, 人工知能, ロボティクスと防災・災害救助技術を融合することで, 安全で安心して暮らせる社会を創造することを目的としたプロジェクトである (田所・北野監修, 2000)。RoboCup-Rescue シミュレーションプロジェクトは, プロジェクトを構成する4つのサブプロジェクトの一つであり, GISが提供する仮想世界上で, 複数の災害シミュレータが互いに干渉しあいながら働き, これによって生じた仮想災

害の中を消防隊などのエージェントが自律行動するシミュレーターである (Fig. 3)。この RoboCup-Rescue プロジェクトにとって, 空間情報システムは大きな役割を果たす。地図情報のみならず, 災害情報, エージェント行動情報などが空間情報システムから供給されるからである。また, 時々刻々変化する災害情報や動的なエージェントの行動情報などは空間情報と時間情報を対応させ管理しなければならず, これらの情報を柔軟に取り扱うことのできる時空間情報システムが重要な役割を果たす。また, RoboCup-Rescue は, 計算機処理の中に作られた仮想世界と, 現実世界で起こっているをつなぐことを最終的な目的としている。このシステムは, 現在の状況を基に数時間先の状況を予測するシステムと考えられるため, 2章で述べた災害直後の情報処理システムにおいて, 意思決定支援機関で動くシステムの1つとして位置付けることができる。逆に, RoboCup-Rescue において, GISは, 仮想世界と実際の災害現場を結ぶためのインターフェースとして位置付けることができると考えられる。

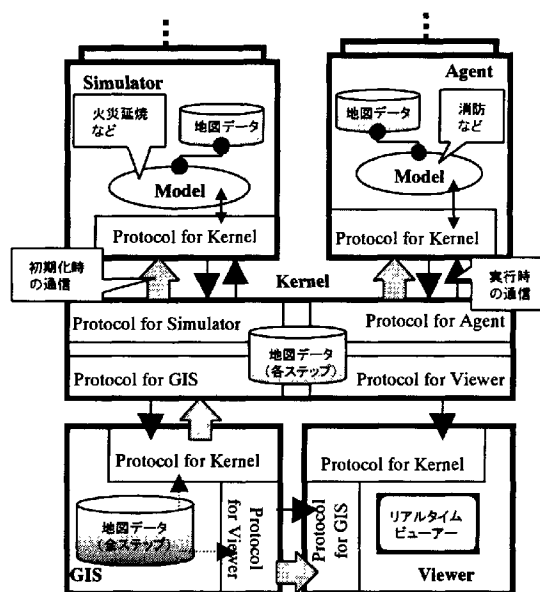


Fig. 3 RoboCup-Rescue Simulator

5.5 実験と考察

(1) 実験内容

各機関で, 以下の実験を行なった。実験中の画面は, 対策本部長である長田区長の前にも表示され, 長田区職員により説明が加えられた。

- ① 意思決定機関サブシステム (Fig. 4 巻末参照)
 - 危険地域の特定
 - 平常時/災害時での写真, ビデオの参照
 - 住民安否情報の確認 (決定事項実行機関との関連)

- 災害現場写真の参照（決定事項実行機関との関連）
- シミュレーション結果の参照（意思決定支援機関との関連）

② 決定事項実行機関サブシステム

- 住民安否情報の確認
- 災害現場写真の地図への登録
- 収集したデータの共有化（意思決定機関との関連）

③ 意思決定支援サブシステム

- 地震動分布情報の共有化（地震情報発信システム）
リアルタイム地震被害想定システムより作成される地震動分布を長田区地図データ上に表示する。

- 火災延焼シミュレーション（RoboCup-Rescue シミュレータ）

長田区の地図データと火災発火点を与えることで1時間後の延焼状況（消火活動なし）のデータを作成する。さらに、この情報と災害弱者である独居老人の位置データを重ね合わせることで、レスキュー活動の計画を支援する（Fig. 5）。



Fig. 5 Result of Fire Simulator

(2) 考察

1996年より意思決定機関と決定事項実行機関の情報交換に関する研究を進めてきたため、この部分については実用化への期待が高まってきた。今後は、災害に関する既知情報や過去の災害の記録などをデータベース化していくことで十分に実用に耐えられると考えている。反面、災害現場での情報収集活動はハードウェアが使いにくい（重い、機器が分散している等）との評価もあった。今回はパソコンを利用したが、作業効率上げるためにさらに軽量のハンドヘルドPCなどの利用を考える必要がある。

6. おわりに

災害直後から利用を想定した情報システムについて考察を行なった。現在の防災GISは、意思決定を支援する災害予測、データ分析が中心であるが、これらの結果は、意思決定機関、決定事項実行機関で有効に利用できること、意思決定支援機関で再利用できることで、さらにその価値を増す。このためには、3つの異なる作業環境で統合的に利用できる情報基盤が必要となる。これを実現するため、時空間地理情報システムDiMSISを開発し、各機関での情報処理活動の可能性を示すため、神戸市長田区総合防災訓練での評価実験を行なった。この結果から、以下の事項に対する可能性が実証できた。

- (1) 自治体で平常業務に使う地域管理を汎用処理の組み合わせで実現でき、業務の1つとして緊急対応ができること。
- (2) 緊急時の状況下で使える情報伝達手段を組み合わせることでシステムを複雑にしくなくても高度な分析処理結果も利用できること。

これにより、RARMIS概念として提唱してきたシステムで災害対応が実現できる見通しが得られた。

今後の課題として、以下の事項が挙げられる。

- (1) 開発した防災訓練システムの現実災害時における適応実験。
- (2) 作成した情報の公開に関する検討。

また、本稿では詳細には触れなかったが、各自治体では使う可能性のほとんどない被災分析などへの対応を行なう意思決定支援機関として設置を検討している情報センターに関しての情報分野からのアプローチも検討項目として考えている（角本ら、2000）。

謝辞

本稿作成にあたっては、平成10-11年度文部省科学研究費補助金。基盤研究B(1)「リスク対応型地域管理情報システム(RARMIS)による災害マネジメント」(課題番号10558063、代表・亀田弘行)の補助を受けた。また、神戸市長田区役所、真陽地区防災福祉コミュニティ、RoboCup-Rescue委員会、DiMSIS関連企業支援者の協力を得た。ここに記して、謝意を表す。

参考文献

- KIWI 検討委員会(1998): KIWI Format Ver. 1. 10, KIWI 検討委員会(協力 日本デジタル道路地図協会)。
 蛸沢勝三・久野哲也・柴田勝之・阿部一郎・角本繁・亀田弘行(2000): 多次元地理情報システム DiMSIS との連携が可能な地震情報緊急伝達システムの開発, 地

域安全学会梗概集, No. 10, pp. 133-136.

角本繁・畑山満則・亀田弘行・蛭沢勝三: 時空間情報管理による緊急時情報伝達システムの提案, 地域安全学会梗概集, No. 10, pp. 129-132.

亀田弘行編(1995): 『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』集.

亀田弘行・角本繁・大野茂樹・畑山満則・谷口時寛・岩井哲(1997): 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ーリスク対応型地域空間情報システムの提言ー, 京都大学防災研究所総合防災研究報告書, 第1号.

亀田弘行監修(2000): リスク対応型地域管理情報システム(RARMIS)による災害マネジメント, 文部省科学研究費基盤研究B(1)(課題番号10558063)研究報告書.

田所諭・北野宏明監修(2000): ロボカップレスキュー緊急大規模災害救助への挑戦, 共立出版.

畑山満則・松野文俊・角本繁・亀田弘行(1999): 時空間地理情報システム DiMSIS の開発, GIS-理論と応用, Vol. 7, No. 2, pp. 25-33.

畑山満則・中谷範之・永井潤・角本繁(1997): リスク対応型自治体システムの神戸市長田区総合防災訓練への適用, 地理情報システム学会講演論文集, Vol. 6, pp. 145-150.



Fig. 4 Image of Disaster Drill

Development of Spatial-Temporal Information System using under the Disaster

Michinori HATAYAMA*, Shigeru KAKUMOTO**, Hiroyuki KAMEDA***

* Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University / Japan Digital Road Map Association

* Frontier Collaborative Research Center, Tokyo Institute of Technology / Central Research Laboratory, Hitachi Ltd.

*** Graduate School of Informatics • Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Earthquake Disaster Mitigation Research Center, RIKEN

Synopsis

Through the experience with disaster and recovery support activities obtained as a result of the Great Hanshin-Awaji Earthquake, the information systems to be used in times of disaster must have the following three features: 1) continuity between normal times and times of emergency, 2) decentralized independence, and 3) integration of space and time information. To achieve these capabilities, we have proposed, as a concept, the Risk-Adaptive Regional Management Information System (RARMIS). Then, to actualize this concept, we have developed DiMSIS, a multi-dimensional spatial temporal information system. Here we will report on effective information processing in emergencies using a case study for the disaster drill in Nagata ward, Kobe city.

Key Words : Risk-Adaptive Regional Management Information System (RARMIS), Spatial Temporal GIS, Disaster Drill, Great Hanshin-Awaji Earthquake, Communication