

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

Development of Seismic Emergency Information System
adaptable to Disaster Management Spatial Information System

○蛭沢勝三¹、久野哲也¹、柴田勝之¹、阿部一郎²、角本繁³、亀田弘行⁴

Katsumi EBISAWA¹, Tetsuya KUNO¹, Katsuyuki SHIBATA¹,
Ichiro ABE², Shigeru KAKUMOTO³ and Hiroyuki KAMEDA⁴

- 1 日本原子力研究所 地震情報伝達研究特別チーム
Seismic Emergency Information System Research Team, Japan Atomic Energy Research Institute
- 2 (株)富士総合研究所 解析技術第2部
Computation Engineering II, FIJI RESEARCH INSTITUTE CORPORATION
- 3 (株)日立製作所 中央研究所/東京工業大学 フロンティア創造共同研究センター
Central Research Laboratory, Hitachi Ltd./ Frontier Collaborative Research Center, Tokyo Institute of Technology
- 4 京都大学 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
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University/ Earthquake Disaster Mitigation Research Center, RIKEN

Seismic Emergency Information System developed at JAERI evaluates the parameters of hypocenter and earthquake motion using the soil data and earthquake motion data acquired through seismic monitoring networks. This system is adaptable with DiMSIS which has been developed by a consortium including Kyoto university and has following functions. 1) compatible application both in usual condition and emergency time, 2) the decentralized independence, and 3) the integration of space and time information. Based on function 3), users can update the data of geographic information etc. through the daily works in usual condition and the latest data of users can be used during emergency. Based on the function 2), a robust system can be developed by providing mirror sites

Key Words: Real-time information system, Monitoring Networks, Source and ground motion parameters, Seismic Disaster estimation, Geographic Information System, Distribution map

1. はじめに

原研では、科学技術庁の「地震総合フロンティア研究」の一環として、既存の地震観測ネットワークをリアルタイム活用し、震源・断層パラメータや都市及び産業施設立地地域での地震動パラメータの推定を迅速に行い、ユーザに提供する「地震情報緊急伝達システム」の研究開発を平成9年度から進めている^{1)~4)}。研究は、初動対応や被害推定に必要な震源・断層パラメータ及び地震動パラメータ推定手法やシステムの開発を目的としている。

システム開発は、地震情報を一方向で提供する基本システムと、多様なユーザのニーズ・環境を考慮し、情報の双方向授受が可能な応用システムに分けて行っている。前者では、詳細な震源・地震動パラメータ推定手法を開発し、ホームページによって地震情報を提供している。後者では、関連システム間の連携や平常時/緊急時両用システムの確立が重要と考え、京都大学防災研究所を中心とするコンソーシアムが開発してきた平常時/緊急時両用機能や情報の時空間・自律分散管理機能を有する「多次元地理情報システム (DiMSIS: Disaster Management Spatial Information System)⁵⁾」との連携が可能なシステムの概念を提案した。この概念に基づきプロトタイプシステムを開発すると共に、茨城県東海村に適用し機能を確認した。

本報では、システム開発上の課題について述べると共に、DiMSIS との連携が可能なシステムの概念とプロトタイプシステムについて記述する。また、東海村への適用例を示す。

2. 想定ユーザとシステムの形態

(1) 想定ユーザ

本システムの想定ユーザは、中小の市町村やプラント等とした。その理由は、既存の地震情報システムの現状について調査した結果、防災関連中央官庁や県及び政令都市の多くで既に整備されているものの、政令都市や一部の市町

村を除いて、中小の市町村での整備は少なく、また、ライフライン機関や大プラントで整備が進んでいるものの、中小プラント等での整備が少ないためである。

(2) システムの形態

既存の地震情報システムの多くは、クライアントサーバタイプの防災専用のものであり、所有者内でクローズした形で運用されている。また、データフォーマットが公開されていないか、されていてもデータフォーマットが異なるため、相互の連携が難しく、データ更新の度コストを要する。更に、所属職員がシステム管理を行っているため、定期異動に伴う技術の継承や24時間体制での管理が難しい。これらから、システムの形態に係わる以下の課題が挙げられる。

- ・防災専用システムであり、日常性の考慮が少ない
- ・関連システム間の相互の連携が難しい
- ・システム開発上重複投資となりコストの壁が大きい
- ・災害時に実際に役に立つシステムとして、阪神大震災における災害復旧支援活動を通して、次の5つの条件を満たすことの重要性がリスク対応型地域空間情報システム RARMIS (Risk Adaptive Regional Management Information System)で指摘されている⁶⁻¹⁰⁾。
 - ・平常時に使用しているシステム
 - ・複数システム間での情報統合が可能なシステム
 - ・最新の地域データベースを構築できるシステム
 - ・可搬型情報システム
 - ・専門家でなくても使用できるシステム

本システムの想定ユーザは、人口や地震活動に関する環境が大きく異なる中小市町村と、業種が多様な中小プラントであるが、これらは相互の連携やコストの課題を解決する上で最も難しいユーザでもある。しかしながら、RARMIS の概念を取り入れてシステム開発を行うと共に、複数のユーザによる共同運用を行うことによって上記課題を解決できると考えるので、システムの形態としては、以下の項目を考慮することが重要となる。

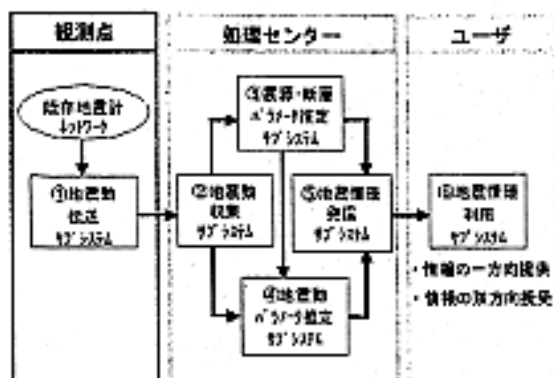


図-1 地震情報緊急伝達システムの構成

- ・ 平常時/緊急時両用システムであること
- ・ システム間の相互の連携が可能なこと
- ・ 情報の時空間・自律管理が可能なこと
- ・ 共同運用可能なシステムであること

3. 地震情報緊急伝達システム

(1) システムの構成及び内容

基本システムの構成は、図-1に示すように6サブシステムからなる。各サブシステムの機能の詳細については、著者等の文献^{1)~4)}を参照のこと。各サブシステムの概要を以下に示す。

- ① 地震計ネットワーク・地震動伝送サブシステム
地震計ネットワークの地震計によって地震動を検出し、地震動波形データを地震動収集サブシステムへリアルタイムで伝送する。
- ② 地震動収集サブシステム
地震計ネットワーク・伝送サブシステムから伝送された地震動波形データをリアルタイムで収集し、震源・地震動パラメータ推定サブシステムへ伝送する。
- ③ 震源・断層パラメータ推定サブシステム
地震動収集サブシステムから伝送された地震動波形（加速度時刻歴）データを用いて、震源及び断層パラメータを推定する。
- ④ 地震動パラメータ推定サブシステム
地震動収集サブシステムから伝送された地震動波形データを用いて、地震動分布を推定する。
- ⑤ 地震情報発信サブシステム
インターネットやファクス等を利用して、震源・地震動パラメータ等の地震情報をユーザへ発信する。
- ⑥ 地震情報利用サブシステム
地震情報利用サブシステムは、本来ユーザが各種地震対策や他の支援システムとして整備するものである。

(2) 推定手法及びシステムの検証

適用地域は、原研東海研周辺半径30kmの範囲である。選定理由は、原研東海研、大洗研、那珂研には大型の原子力研究施設があり、耐震設計のために詳細な地盤データが整備されていることと、この地域が我が国有効の地震発生地域の鹿島隆に面しているためである。

システムの検証のために、上記3研究所敷地内に地震計を設置し、試験用リアルタイム地震計ネットワークを整備すると共に、衛星データ受信システムの受信設備を設置した。また、原研の原子力研究施設耐震設計用の地盤データ等に基づき詳細な地盤データベースを整備した¹⁾。これらのデータや2000年7月21日の茨城県沖を震源と

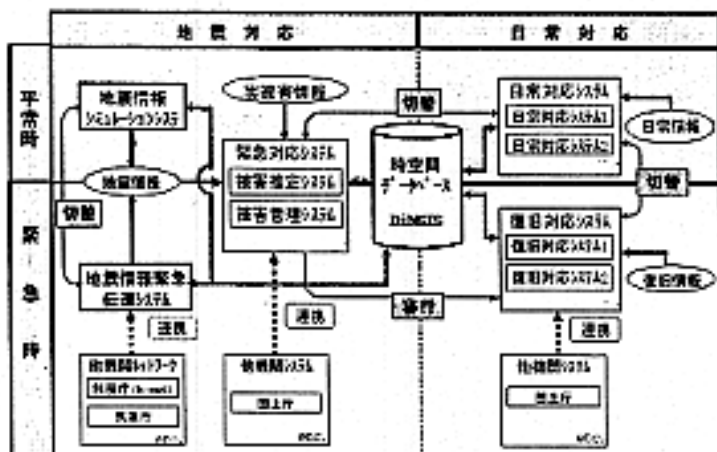


図-2 リアルタイム地震情報システムと災害情報関連システムとの連携のあり方

する地震（マグニチュード6.1、震源深さ50km）による地震動データを用いて地震動推定手法を検証している。

(3) ホームページによる地震情報の発信

地震の発生時刻、規模及び位置（科技厅防災科学技術研究所で推定した結果）や地震動の震度及び最大加速度等をリアルタイムで提供するホームページを作成した。そして、関東地域で発生した地震の位置及び規模や原研東海研周辺地域の500mメッシュでの地震動パラメータ分布を地震動検出後1分以内で提供している。

4. DiMSIS との連携

(1) リアルタイム地震防災システムと災害情報関連システムとの連携のあり方

リアルタイム地震防災システムは、一般的に地震情報システム、被害情報システム及び復旧情報システムからなり、原研の地震情報緊急伝達システムは地震情報システムに対応する。図-2には、RARMISの概念を参考として作成したリアルタイム地震防災システムと災害情報関連システムとの連携のあり方を示す。図は、地域防災の重要な担い手の自治体を想定し、リアルタイム防災システムを構成する地震情報、被害情報及び復旧情報の各システムで必要とするデータの時間的な流れを平常時/緊急時と日常対応/地震対応に対比させて示している。

多くの自治体では、地盤・道路等の地域環境情報、住民記録及び家屋・建物等の住民情報、上下水道等のライフライン情報、地域防災情報を日常業務で郵局毎に独立して管理している。これらの情報は、震災時に、リアルタイム地震防災システムのような震災支援システムの入力情報の大部分を占めるので、地震情報と併せて地理情報上に表示することで地震防災に活用できる。

合理的なシステムのあり方としては、分散した部局を通信媒体で繋ぎ、各部局の情報を同一フォーマットで管理すると共に、相互の連携が可能で、平常時から緊急時に円滑に移行できるようなシステムとする必要がある。

(2) DiMSIS-EX との連携が可能な地震情報緊急伝達システムの概念と適用範囲及び特徴

1) 概念

DiMSIS との連携が可能な地震情報緊急伝達システムの概念を図-3に示す。このシステムは、複数のユーザサイトと、複数の災害情報関連センターから構成され、通信媒体を介して連結された自律分散システムである。

ユーザサイトは、複数のユーザからなる共同体であり、それぞれのユーザでは地震情報推定関連データやユーザ管理データを日常業務で時空間データ管理機能を用いて更新する。また、ミラーサイトをもち、ここではユーザのデータのセキュリティを確保した上で一括管理する。

一方、災害情報センターは、地震動、地震被害及び津波等の推定センターからなり、その運営形態としては、複数のユーザによる共同運営方式や特定組織傘下の任意団体方式が考えられる。これらのうちの地震動推定センターには、地震計ネットワークが接続され、地震動データの検知・伝送を行うと共に、地震動の収集を行う。また、ユーザサイトと同様にミラーサイトをもつ。

システムは、平常時には時空間データ管理機能によって日常業務でデータの更新を行う。一方、緊急時には、日常更新された最新データを用いて円滑に地震情報を推定しユーザに提供する。ユーザが新たなデータに基づき地震情報推定の必要が生じた場合には、差分データだけを関連センターに伝送し、トラフィックの軽減を図る。通信媒体としては、携帯電話等を考慮できるものとし、共通原因多発発生故障も考慮できる機能が必要である。

2) 適用範囲及び特徴

システムの適用範囲は、約300km四方程度を考える。我が国でのプレート内地震をもたらす活断層の長さは、マグニチュード(M)8クラスで80km程度、M7で30km程度であるので、M8クラスの被害を想定すると適用範囲は断層長さの3~4倍の地域である。運用形態としては、北海道、東北、関東、中部、近畿、中国・四国、九州ブロックに1ヶ所を想定する。

本システムの特徴について述べる。

① 共同運営方式の特徴

- ・専門職員による24時間体制でのシステム管理が可能であり、職員の定期移動等による技術の継承問題や、操作不慣れによる緊急時の誤操作を防げる。
- ・広域防災計画の作成に有効であり、隣接市町村間での支援体制が取易く、システム管理費が低廉となる。
- ・データフォーマットの一元化が促進され、データの作成が低廉で、効率の良いデータ管理が可能である。

② 時空間データ管理・自律分散管理によるネットワーク方式の特徴

- ・ユーザサイトでは、平常時には日常の窓口業務等で関連データベースを時空間的に更新し、緊急時には最新のデータによる推定が可能であると共に、平常時から緊急時への移行が円滑にできる。
- ・センターでは、平常時には最新知見に基づき地震動分布や地震被害推定手法の高度化を図ると共に、地域防災訓練での活用を通じ、システム運用の熟練度を高め、緊急時での迅速な対応が可能である。
- ・ユーザ、センター、ミラーサイトそれぞれは、自律分散しており、データの伝送は差分データとして行いトラフィックの軽減が可能で、緊急時に情報の錯綜が発生し難く、災害時に強いシステムである。

(3) プロトタイプシステムの開発

上記概念に基づき開発したプロトタイプシステムを図4に示す。システムは、1ユーザ及び1ミラーサイトからなるユーザサイトと、地震動分布及び地震被害推定センターからなる災害情報センターから構成され、インターネットで繋がれた自律分散システムである。それぞれにおけるデータベースは、DiMSISによって時空間管理され、

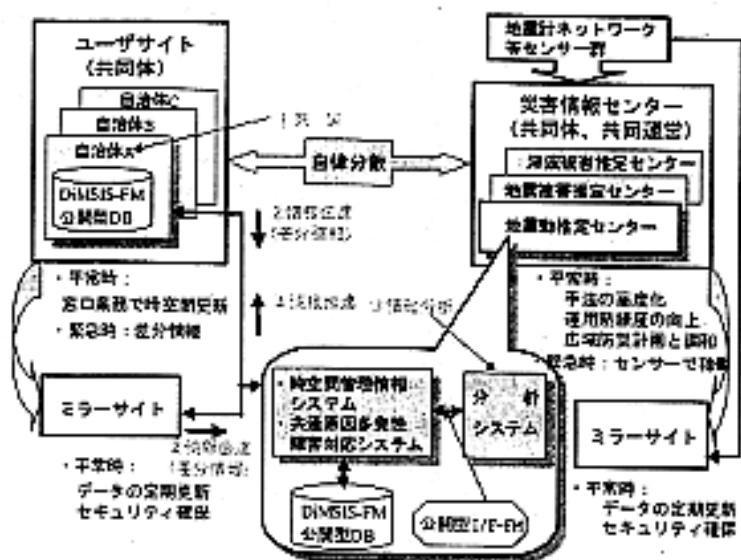


図-3 DiMSIS との連携可能な地震情報緊急伝達システム

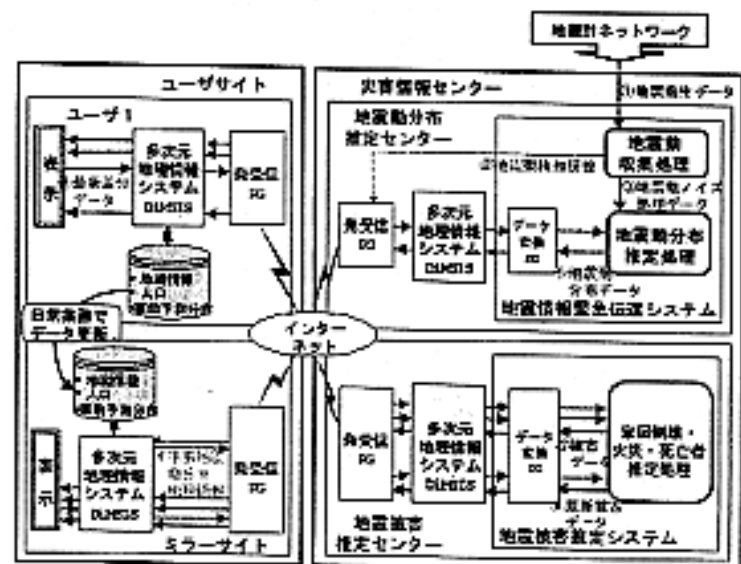


図-4 プロトタイプシステムの構成

センターでの計算に当たってはデータ変換を行う。

地震動分布推定センターには、地震計ネットワークが接続されている。緊急時には、あるレベル以上の地震動を検知し、地震動データをセンターに伝送すると共に、このトリガー信号によってミラーサイトから関連データを地震動及び地震被害推定センターで収集する。各センターでは、それぞれ地震動及び地震被害を推定し、推定結果をユーザへ伝送する。地震動分布の推定は、地震動データ収集の信頼性の観点から現在ワークステーションで行っているが、他はノートパソコンで行っている。

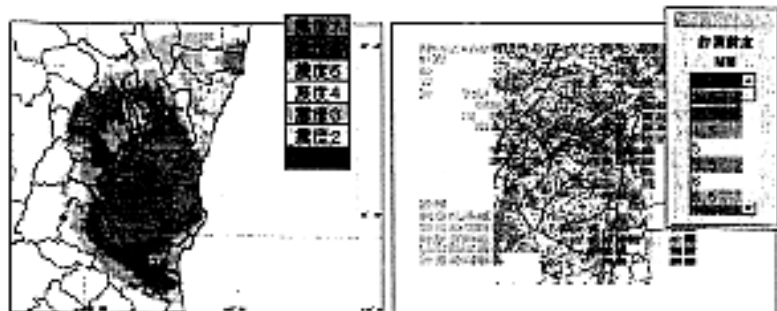
(4) 適用例

1) 想定シナリオ

対象適用地域は、茨城県東海村とし、想定シナリオは図4中に示すように以下の2段階とした。

第1段階

- ・東海村周辺で大地震が発生した。
- ・災害情報センターの地震動及び地震被害推定センターは、ミラーサイトから東海村周辺の地震被害推定関連情報や



地震動推定結果 (計測震度)
(東海村を中心とした半径30km範囲)

地震動推定結果 (計測震度)
(東海村近辺)

図-5 原研東海研周辺半径30kmと東海村における500mメッシュでの計測震度分布のシミュレーションの例



東海村における500mメッシュでの家屋倒壊のシミュレーションの例

地理情報を収集した上で地震動分布及び地震被害を推定し、推定結果を防災担当部署へリアルタイムで通知する。

- ・防災担当課では、地震・被害情報を初動対応の意思決定に活用する。

第2段階

- ・通知された被害情報を確認したところ、建物データが最新ではなかったため、最新データだけ差分データとして被害推定センターに送付し再計算を依頼する。
- ・被害推定センターは、最新データを基に被害状況を推定し、結果を防災担当部署へ通知する。
- ・防災担当課では被害情報を確認し、防災出動に活用する。

2) シミュレーションの条件

地震計ネットワークによる地震動の検知・データ伝送は、システムの地震動伝送シミュレート機能で模擬した。地震動データは、茨城県震度観測ネットワークで観測した2000年7月21日の茨城県沖の地震(マグニチュード6.1、震源深さ50km)による東海研周辺32市町村の観測点での加速度時刻歴波形の振幅を拡張したものを用いた。地震データは、原研で整備した500mメッシュでのものを用いた¹⁾。家屋、人口、町丁目境界等のデータは都市計画図等の公開資料に基づき作成した。これらのデータの授受は、携帯電話及び原研LANで行った。被害推定は、国土庁のモデル²⁾を用いて行った。

3) 推定結果

第1段階での500mメッシュでの計測震度分布の例を図-5に示す。ミラーサイトのデータ収集からユーザによる推定結果表示までの所用時間は約5分で、データ伝送量は4.5キロバイトであった。図-6に500mメッシュでの家屋倒壊の例を示す。推定結果表示までの所用時間は6分で、データ伝送量は5キロバイトであった。

6分の内訳は、地震動分布や被害推定が約1分、伝送時間や地理情報の読み込みが2分、手動による端末処理が3分であった。この3分は、原研LANのセキュリティの都合で全自動化できないためでありこれがなくなれば、全所用時間は3分程度に短縮でき、電話回線の輻射発生前に第一報の通報が可能と考える。第2段階での差分データの伝送からユーザの推定結果表示までに1分を要した。

5. まとめ

平常時/緊急時両用機能や時空間データ管理及び自律分散管理機能を有する先進的な地理情報システムのDIMSとの連携が可能な地震情報緊急伝達システムの概念を提案すると共に、それに基づくプロトタイプシステムを開発した。このシステムを用いて、茨城県東海村を対象とした携帯電話によるシミュレーションを実施し、システ

ムの機能を検証すると共に、推定・伝送時間データを得た。その結果、発災から電話回線の輻射発生前の3分程度で地震動分布や被害情報の第一報の入手が可能であり、初動対応の意思決定に活用できることや、携帯電話によって双方向での最新差分情報の授受を短時間で実施できることが分かった。

今後は、開発したシステムの自治体等の防災訓練での活用を期待している。また、データのセキュリティの確保、推定情報と実情報の選別手法、共通原因多発生障害対策の取り組みが重要と考えている。

謝辞

2000年7月21日の茨城県沖の地震による東海研周辺36市町村の観測点での加速度時刻歴波形を茨城県防災消防課から提供していただいた。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 純沢勝三他：地震動パラメータ推定手法の開発と詳細地震データの整備、第1回リアルタイム地震防災シンポジウム論文集、pp.121-128、1999年。
- 2) 純沢勝三他：原研における地震情報緊急伝達システムの開発、第25回地震工学研究発表会論文集、pp.1121-1124、1999年7月。
- 3) K.Shibata et al: Development of Methodology for Evaluating Ground Motion Parameters and Information System under Seismic Emergency, Proc. of 12th World Conference on Earthquake Engineering, No.2419/4/A, Auckland, New Zealand, 2000.
- 4) 地震情報伝達研究特別チーム：地震情報緊急伝達システムの研究開発の進捗、JAERI-Tech 2000-063、2000年9月。
- 5) 岡本茂明他：多次元時空間GISのソフトウェア部品の開発—DIMS-EX—、第8回地理情報システムシンポジウム、1997.4.
- 6) 亀田弘行他：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、pp.29-32、1998.10.
- 7) 青木繁他：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、pp.33-36、1998.10.
- 8) 畑山満則他：GISを応用した総合防災情報システムの地域防災活動への導入—リスク対応型地域空間情報システムの実現に向けて(3)—、地理情報システム学会講演論文集、Vol.7、pp.37-40、1998.10.
- 9) 国土庁：地震被害推定支援マニュアル、国土庁ホームページ。