

◆ 危機管理特集 ◆

震災情報システム整備マニュアル(案)の概要

杉田秀樹* 野崎智文**

1. はじめに

大規模地震の発生直後には、施設被害の全容を把握して機能回復に努めるとともに、避難活動や救急救命活動の円滑な実施に貢献するため関係自治体や地域住民に対して確度の高い施設被害情報をできる限り早期に提供することが重要である。地震規模が大きくなるほど避難活動や救急救命活動の重要性は増すが、一方で、発災時間帯、参集人員、通信回線の輻輳等の制約から、広範囲に分布する施設被害を短時間で把握することは難しい。例えば、平成7年兵庫県南部地震では道路施設被害の情報収集に12~24時間を要し¹⁾、迅速な初期対応の重要性が指摘されたことは記憶に新しい。

兵庫県南部地震の教訓を背景に、建設省では地震計ネットワークの整備、災害対策用ヘリコプターの拡充、防災行政無線のデジタル化等、震災対策の高度化に向けて情報技術を活用した種々の取り組みがなされてきた。また、幾つかの自治体や公益機関においても、災害情報を体系的に収集・分析・伝達・蓄積するための震災情報システムが開発・導入されているところである。

本文は、土木研究所においてとりまとめた「震災情報システム整備マニュアル(案)²⁾」の骨子を報告するものである。本マニュアルは、国・自治体・公益機関等の震災対策を担当する部局(以下、震災対策組織と呼ぶ)において、対策活動を支援するための各種情報技術の組み合わせ(以下、震災情報システムと呼ぶ)を検討する際の基本的考え方を示すものである。震災情報システムを新規に導入する場合だけでなく、情報共有・分散処理・セキュリティ等の基本要件に配慮しながら、先端の衛星技術やインターネット技術を活用して既存の震災情報システムを更新・拡張する場合にも参考することが可能である。

2. 本マニュアルの構成

本マニュアルの構成を示すと図-1の通りである。第2章では、様々な階層レベルの部局・部署からなる震災対策組織において震災情報システムを

第1章 目的と用語の定義
第2章 基本方針

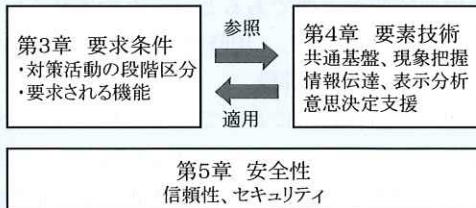


図-1 マニュアルの構成

計画・整備・運用する際の基本方針 記述している。第3章では、震災対策活動と扱われる情報を整理し、情報処理機能・情報精度・迅速性等に関するシステムの要求条件を記述している。第4章では、要求条件を満足する情報技術を具体的に記述している。最後に第5章では、震災情報システムの安全性確保のために留意すべき事項を、災害状況下の信頼性とセキュリティの側面から記述している。

3. システム整備の基本的考え方

(1) 震災情報システムの運用上の課題

兵庫県南部地震を契機として震災情報システムの整備が進められる一方で、整備後数年を経過したシステムに対しては運用上の課題が指摘されることも多い³⁾。比較的多く聞かれる課題を整理すると、以下の通りである。

- 1) 整備目的の不明確さに起因する課題：対策活動と連携して運用する体制が不十分/機器操作に手間がかかるため実用的でない/運用のメリットが認められない、等
- 2) オーダーメイド的なシステム構造に起因する課題：技術の進歩に併せた部分的な機能更新・追加が難しい/同じシステムが整備されていないと組織間の情報交換が難しい/ホストコンピュータの障害が全体に影響しやすい、等
- 3) 低頻度災害であることに起因する課題：平常時には運用しないため有事対応が心許ない/担当者が短期間に交替するためシステムに習熟した人材確保が難しい/データ更新が行われていない、等

本マニュアルでは、これらの課題を踏まえた上

で、“目的指向のシステム整備”、“システム構造の柔軟性の確保”、“平常時の利用”を、震災情報システムを整備・更新する際の基本方針として位置付けている。

(2) 目的指向のシステム整備

震災情報システムの整備・更新に際しては、PC(パソコン)/WS(ワークステーション)等のハードウェアや特定のアプリケーションソフトウェアを中心に考えるのではなく、震災対策組織の活動内容と扱われる情報を中心に考えることが重要である。このため、以下の手順で検討を進めるのが望ましい。

- 1) 当該震災対策組織の対策活動の内容を分析する
- 2) 対策活動で扱われる情報を分析する
- 3) 情報処理を高度化するための要求機能を分析する
- 4) 要求機能を満足する情報技術の組合せを分析する

なお、情報機器や情報処理技術は常に進歩しており、本マニュアルで記述する技術が将来陳腐化することも十分に考えられる。しかし、震災情報システムの計画に際して対策活動内容を分析し、必要な情報の種類や内容を明確にし、条件を満足する技術を選択するという手順は、情報技術の進歩によらず変わらないものである。

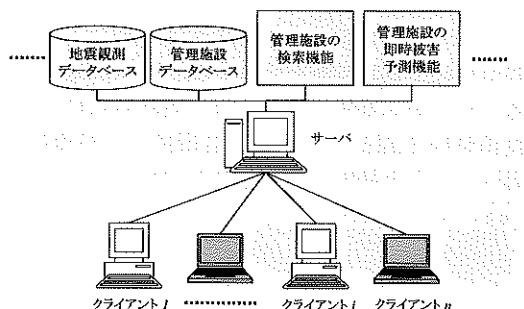


図-2 システムアーキテクチャ(機能と情報がサーバに集中)

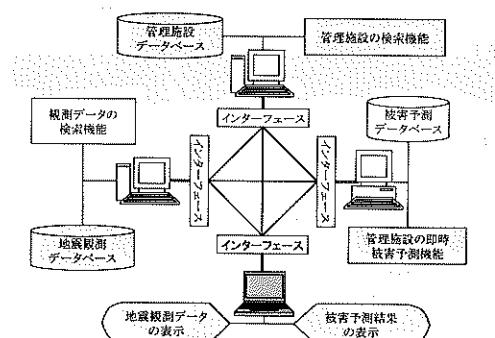


図-3 システムアーキテクチャ(機能と情報を分散)

(3) システム構造の柔軟性の確保

地震観測、施設被害検知、組織内外の情報連絡等様々な要求機能を実現するためのシステム構造は、多様な機能を持つ小規模システムが相互に連携した分散型システムとするのが望ましい。また、システムで扱われる多種多様な情報は、組織内外で共有可能な形式で管理されることが望ましい。これらの要求を満足するシステム構造としては、図-2に示すサーバ・クライアント方式と、図-3に示す分散方式が考えられる。

サーバ・クライアント方式では、様々な機能を集約したサーバを利用して各クライアントが情報を入手する。現状のハードウェア/ソフトウェア技術で比較的容易に実現できるが、情報管理の効率性や機能更新・追加の柔軟性は旧来の大型ホストシステムと大差ない。一方、分散方式では、共通のインターフェースを介して個別システムの情報や機能を相互利用できる。例えば、即時被害予測機能を保有するサーバは地震観測情報や施設管理情報をデータベースから取得して予測計算を実行する。予測結果は任意のクライアントから参照でき、予測結果と緊急点検結果を重ね合わせるなどの利用も可能である。個別システムが保有する情報は形式を問わないが、共通のインターフェースを設定しやすくするためには、同一のソフトウェアを採用するか、情報の構造を共有する等の工夫が必要である(図-4 参照)。

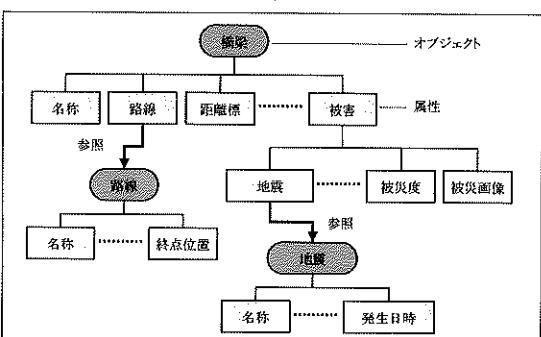


図-4 震災情報の構造化の例

(4) 平常時の利用

例えば緊急輸送活動の迂回路を設定する場合に、工事等が行われている区間を迂回路に含めることはできない。このように、震災情報システムが扱う情報には平常時から入力・蓄積・管理すべきものが多いため、平常時の施設管理等に用いる情報システムと機能や情報を共有化しておくことが望ましい。震災情報システムを平常時のシステムと連携しておけば、情報を効率的に更新でき、シス

テム操作の習熟を促進できるメリットもある。

4. 対策活動に即した要求機能

(1) 対策活動の段階区分

道路・河川施設の震災対策を担当する一般的な組織を想定し、対策活動に即した要求機能を考察する。まず対策活動を4段階に区分し、各段階の活動方針を整理すると以下の通りである⁴⁾。

- 1) 緊急対応段階：地震発生直後に施設被害の概略を把握して対応方針を定める。また、二次災害の発生可能性に基づいて緊急措置を行う。
- 2) 応急復旧段階：個別施設の被災状況を把握して応急復旧の必要性、優先順位、応急復旧水準を

表-1 震災対策活動の段階区分、情報、要求機能

(a) 緊急対応段階

対策活動	扱われる情報	システムの要求機能
震災対策体制の確立	地震情報	地震検知機能(4.3.1)
	施設被害情報	施設被害検知機能(4.3.2, 4.3.3)
	体制起動情報	一斉同報機能(4.4.1)
緊急調査	緊急調査方針	現象把握機能(4.3.1~4.3.5)
	緊急調査の活動状況	対策活動支援機能(4.3.4)
	施設被害情報	対策活動支援機能(4.3.4)
調査結果に基づく対応方針の検討	周辺情報	広域状況把握機能(4.3.5)
	関連機関情報	情報交換機能(4.4.3)
	資機材備蓄情報	情報管理機能(4.4.2)
緊急措置	優先順位と対応水準	意思決定支援機能(4.6.1~4.6.3)
	緊急措置の活動状況	対策活動支援機能(4.3.4)

(b) 応急復旧段階

対策活動	扱われる情報	システムの要求機能
応急調査	応急調査方針	広域状況把握機能(4.3.5)
	応急調査の活動状況	対策活動支援機能(4.3.4)
	施設被害情報	広域状況把握機能(4.3.5)
調査結果に基づく応急復旧方針の検討	周辺状況	情報交換機能(4.4.3)
	関連機関情報	情報交換機能(4.4.3)
	資機材備蓄情報	情報管理機能(4.4.2)
応急復旧	優先順位と対応水準	意思決定支援機能(4.6.1~4.6.3)
	応急復旧の活動状況	対策活動支援機能(4.3.4)

(c) 本復旧段階

対策活動	扱われる情報	システムの要求機能
本復旧のための調査	本復旧の調査方針	意思決定支援機能(4.6.1~4.6.3)
	本復旧調査の活動状況	対策活動支援機能(4.3.4)
	施設被害情報	対策活動支援機能(4.3.4)
調査結果に基づく本復旧方針の検討	周辺状況	情報交換機能(4.4.3)
	関連機関情報	情報交換機能(4.4.3)
	資機材備蓄情報	情報管理機能(4.4.2)
本復旧	地域の復興計画の情報	情報交換機能(4.4.3)
	優先順位と対応水準	意思決定支援機能(4.6.1~4.6.3)
	本復旧の活動状況	対策活動支援機能(4.3.4)

(d) 体制支援段階

対策活動	扱われる情報	システムの要求機能
対策活動状況の明示・伝達	体制レベルに関する情報	共通機能(4.2)
	要員の安否、参集、配備状況	情報管理機能(4.4.2)
防災拠点・設備の状況把握	建築施設の被災、修復状況	対策活動支援機能(4.3.4)
	電源、通信設備等の活動状況	対策活動支援機能(4.3.4)
対策活動の支援物資の管理	非常用物資の備蓄、配備状況	情報管理機能(4.4.2)

定め、応急復旧を行う。

3) 本復旧段階：施設の重要性、復旧の難易度、施設の将来計画、地域の復興計画を参照して本復旧水準を定め、本復旧を行う。

4) 体制支援段階：上記の各段階を通じて体制を維持するための支援活動を行う。職員の安否確認や資機材管理等が含まれ、体制解除まで継続的に必要とされる。

(2) 各段階区分で扱う情報と要求機能

上述した段階区分毎に、対策活動で扱う情報とシステムに要求される機能を整理すると表-1のようになる。要求機能を実現するための情報技術を選択する際には、要求される情報精度や処理速度にも留意する必要がある。

- 1) 緊急対応段階では、災害の拡大を防止するため、情報精度よりも処理速度が重要である。
- 2) 応急復旧段階では、緊急輸送路の確保等に際して、情報処理速度と情報精度の両方が要求される。情報精度と処理速度のバランスが重要である。
- 3) 本復旧段階では、情報精度が重要である。被災程度の大きな施設の復旧では、限られた期間内に新規整備と同程度の情報分析が要求される。

5. 利用可能な要素技術

(1) 要素技術の分類

システムの要求機能を実現するために、現状で利用可能な要素技術を分類すると図-5の通りである。システム整備に際しては、当該時点における技術動向を調査した上で、情報精度、処理速度、導入コストを勘案して要素技術の組み合せを検討

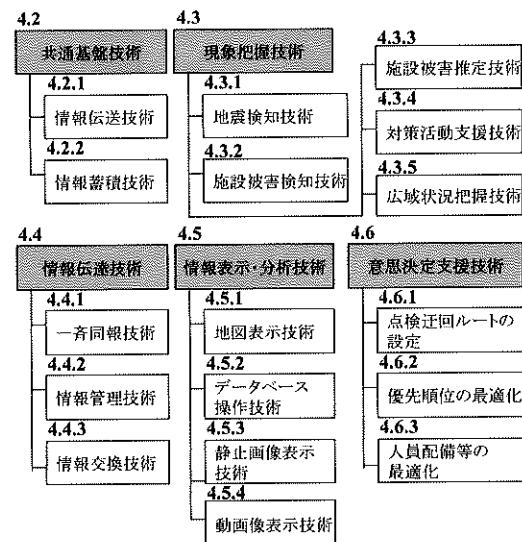


図-5 要求機能を実現させるために利用可能な要素技術

注：表中()内の数字は図-5に対応

表-2 主要な情報伝送技術の特徴

技術の名称	伝送速度	信頼性			費用		サービス地域
		輻輳	規制	断線	導入	維持	
一般公衆電話	○(56kbps)	×	×	△	○	○	○
ISDN	○(64kbps)	×	×	△	○	○	○
パケット通信	○(48-1.5Mbps)	○	○	△	△	△	△
携帯電話、PHS	○(9.6-32kbps)	△	△	○	○	○	○
無線通信	×(2.4kbps)	○	○	○	—	—	—
衛星通信	×(2.4kbps)	○	○	○	—	—	—

○：優れている、○：普通、△：やや劣る、×：劣る

無線通信はK-COSMOS、衛星通信はN-STARを想定

することが望ましい。ここでは、緊急対応段階の対策活動に有効と考えられる共通基盤技術、現象把握技術、情報伝達技術を例示する。

(2) 共通基盤技術

本技術は、対策活動の多くに不可欠な震災情報システムの基盤技術であり、情報伝送技術と情報蓄積技術が含まれる。

1) 情報伝送技術：記録媒体を輸送する方法と有線／無線回線による方法がある。有線／無線回線には一般回線と独自回線がある。地震発生直後には情報伝送の支障が初期対応に影響を及ぼした事例も多いため、各々が持つリスク、情報容量、品質、伝送速度を明確にすることが重要である(表-2)。

2) 情報蓄積技術：通常利用を目的に所定機器の内部記憶媒体(ハードディスク等)に蓄積する方法と、バックアップや輸送を目的に外部記憶媒体(メモリーカード等)に蓄積する方法がある。また、電子地図情報や施設管理情報等相互に関連する大量の情報を、検索等の操作が可能な形で蓄積する技術に、リレーショナルデータベース技術がある。リレーショナルデータベースでは、SQL (Structured Query Language) と呼ばれる共通化された方法により、異なるサーバ上に構築

表-3 橋梁の被害検知に利用可能なセンサー

測定項目	センサー	落橋				遊間の開き				路盤段差(台裏、橋面)				各部の破壊			
		床版 ・桁	支承 部	橋脚	橋台	床版 ・桁	支承 部	橋脚	橋台	床版 ・桁	支承 部	橋脚	橋台	床版 ・桁	支承 部	橋脚	橋台
変位 (水平動)	伸縮計	○	×	×	×	○	×	×	×	○	×	×	×	△	×	△	×
	変位計	○	×	×	×	○	×	×	×	○	×	×	×	△	×	△	×
変位 (上下動)	伸縮計	○	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	△	○	△	△	△
	変位計	○	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	△	○	○	△	△
	沈下計	○	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	△	○	△	△	△
変位 (3次元)	光波測距儀	○	×	△	△	○	×	△	△	○	×	△	△	△	×	△	△
	GPS	○	×	△	△	○	×	△	△	○	×	△	△	△	×	△	△
傾斜	傾斜計	×	×	△	△	×	×	△	△	×	×	△	△	×	×	△	△
ひずみ	ひずみ計	△	×	△	△	△	×	△	△	△	△	△	△	○	×	○	○
応力	鉄筋計	△	×	△	△	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	○	○
	コンクリート応力計	△	×	△	△	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	○	○
土圧	土圧計	×	×	×	△	×	×	△	×	×	×	△	△	×	×	×	△
断線検知	ワイヤーセンサー	○				○				○				△			
変状検知	光ファイバーセンサー	○				○				○				△			
間接的検知	ITV カメラ等	○				○				○				○			

○：事象の有無及び程度・位置等を検知、○：事象の有無を検知、△：事象の可能性を検知、×：検知不可または対象外

されたデータベースを任意のクライアントが操作できる(図-6参照)。

(2) 現象把握技術

本技術は、対策活動のトリガー情報を収集するための技術であり、地震現象を把握する技術、施設被害を把握する技術、施設点検を支援する技術が含まれる。施設被害を把握する技術には以下のものがある。

- 1) 施設被害検知技術：管理施設に生じる変状をセンサー等で監視して情報発信する技術である。広域に分布する施設を効率的に監視するために、長大橋等の重要施設を高精度で集中的に監視する方法

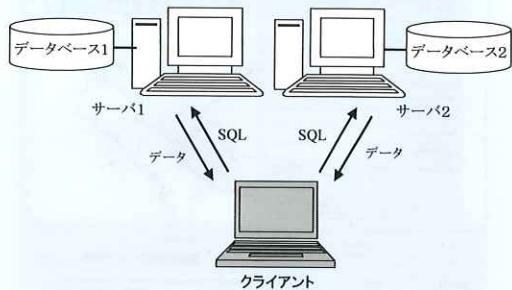


図-6 SQLによる複数データベースの利用

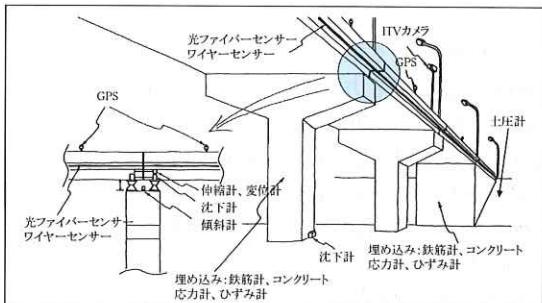


図-7 橋梁へのセンサー設置イメージ

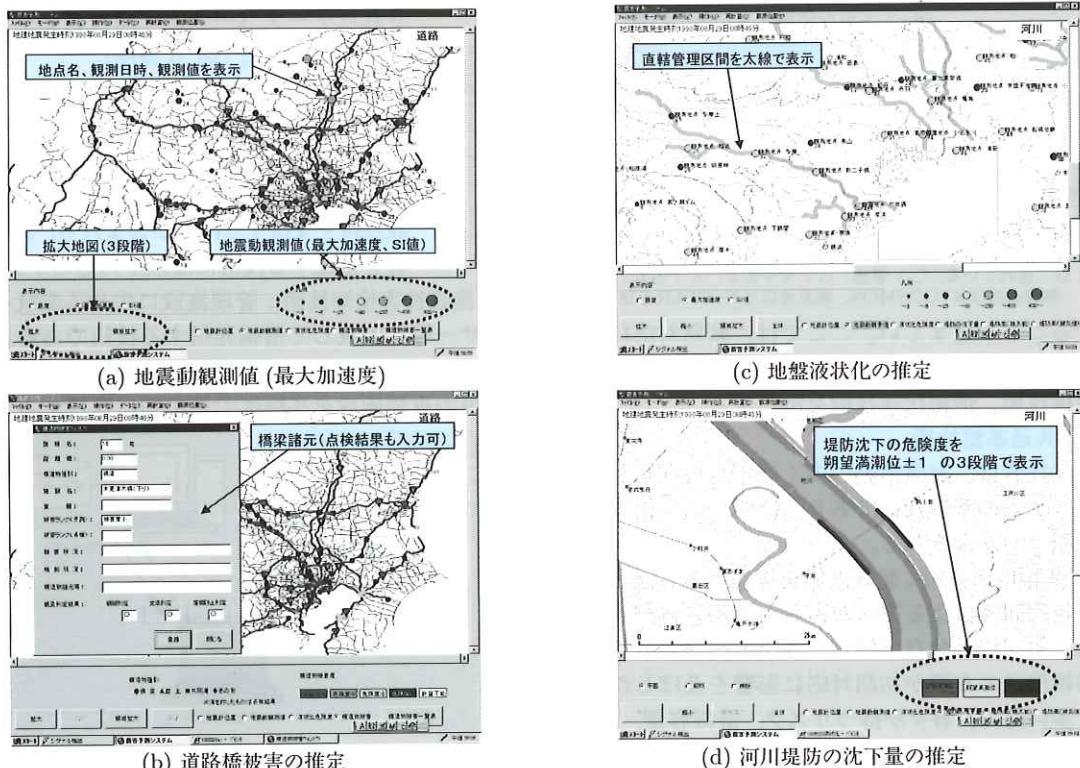


図-8 即時被害予測システム (SATURN)

と、精度は低くても多数の施設を広範囲で監視する方法を、コストと効率性を勘案して組合せる必要がある。例えば、橋梁施設の被害検知に利用可能なセンサー種類とセンサーの設置イメージを示すと表-3 及び図-7 の通りである。

2) 施設被害推定技術：地震観測情報に基づいて施設被害を間接的に推定する技術である。広域にわたって検知センサーを導入することが困難な場合、地震発生直後の意思決定に有用な情報を与える。代表的な技術には、遠隔で観測されるP波強度に基づいて軌道近傍の揺れを推定するUrEDAS(JR)、建物倒壊数や死傷者数を推定するDIS(国土庁)等がある。また、土木研究所と関東地方建設局が共同開発した道路・河川施設の即時被害予測システム(SATURN)⁵⁾を図-8に示す。

3) 上空からの被害状況把握技術：上空からの被災調査は、地上調査に比べて広域性と迅速性に優れている。プラットフォームやセンサーの性能により情報精度は制約されるが、大規模被害の有無や

表-4 リモートセンシングによる被害状況把握

(a) リモートセンシングデータの特徴

	ヘリコプターVTR	航空写真	衛星画像
即時性	◎	○	△
機動性	◎	◎	△
広域性・同時性	△	○	◎
精度	○	○	△
対応可能な段階	地震発生直後～救援期	救援期～復旧期以降	復旧期以降
主な用途	・早期情報収集 ・機動的活動	・細密部の判読/計測 ・正確な被害規模把握 ・地盤変形の計測	・広範囲な被害状況把握 ・被災直前との状況比較
課題	・位置情報の取得 ・GISデータ化	・デジタル変換 ・GISデータ化	・情報提供の安定性と確実性

◎：優れている ○：普通 △：やや劣る

衛星画像は、Quickbird, SPOT, LANDSATを想定

(b) プラットフォームの特徴

	航空機	人工衛星
機動性	通常は地震発生直後に飛行可能。ただし、日中に限られる。	再帰日数により必ずしも地震発生直後の撮影が可能とは限らない。
天候の影響	荒天時には飛行不可能	センサーによっては、雲の影響で撮影できない場合がある。
解像度	高度が低いため、解像度は高い。	高度が高いため、解像度は比較的低い。
広域撮影	一度に広域を撮影できない。	広域撮影が可能。

施設被害の分布を把握できる。衛星データの利用環境が整いつつある現在、一層の活用が期待される技術である。プラットフォームとして利用可能な航空機と衛星について、リモートセンシングデータの特徴を整理すると表-4の通りである。また、

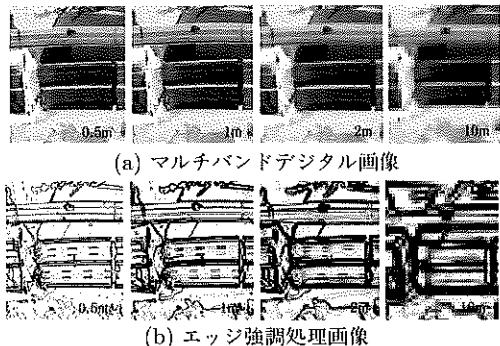


図-9 卫星画像による橋梁被害の判読
(図中の数字は画像の解像度)

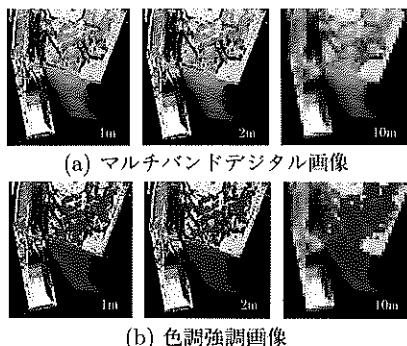


図-10 卫星画像による港湾被害の判読
(図中の数字は画像の解像度)

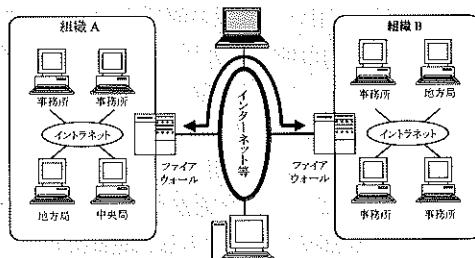


図-11 エクストラネットによる相互アクセス
高解像度衛星画像を用いて被害状況をどの程度把握できるかを調べるために、航空機から撮影した被害写真を衛星画像に模擬し、画像の解像度を変化させて被害判読状況を比較した結果を図-9 及び図-10 に示す。

(3) 情報伝達技術

震災情報システムでは、上述した情報伝送技術の他に、震災対策組織内の指示・報告や組織間の連携活動を支援する情報伝達技術が必要である。情報伝達技術には、多数の要員に指示を行う一斉同報技術、組織内で活動状況や備蓄資機材等の周辺情報を共有する情報管理技術、及び、関連組織間で施設被害情報や対策活動情報を交換するための技術が含まれる。

特に大規模地震時には、国・自治体・ライフライン機関等との密接な情報交換が必要となる。関連組織間で情報交換を円滑に行うためには、地震発生時に必要な情報を相互に整理しておくことが重要である。情報交換には、電話や電子メール等で

不定形情報を伝送する方法と、組織内と同様の方法で共通化した情報をネットワーク技術を用いて共有化する方法がある。ネットワーク技術には、インターネット/イントラネット/エクストラネットが含まれる。ここでエクストラネットは、イントラネットを構築する複数の組織同士が限定的に相互アクセスする仕組であり(図-11 参照)、各組織がセキュリティ上の独立性を保ちながら、ユーザ認証や暗号化技術を用いて情報交換を実現できる点が特徴である。

6. まとめ

本文では、土木研究所でとりまとめた「震災情報システム整備マニュアル(案)」の骨子を報告した。本マニュアルは、国・自治体・公益機関等の震災対策を担当する部局において、対策活動を支援するための情報技術の効果的な組み合わせ(震災情報システム)を検討する際の基本的な考え方を提案するものである。本マニュアルが関係各方面において震災情報システムを新規整備・更様・拡張する際の参考となれば幸いである。

参考文献

- 建設省監修：新時代を迎える地震対策－地震に強いみちづくりへの提言，1996.10
- 建設省土木研究所：震災情報システム整備マニュアル(案)，土木研究所資料，第3674号，1999.11
- 土木学会地震工学委員会：リアルタイム地震防災シンポジウム論文集(第1回、第2回)，1999.1、2000.5
- (社)日本道路協会：道路震災対策便覧(震前対策編、震災復旧編、震後対策編)，1996.10
- Hideki SUGITA, et. al: Development of Urgent Earthquake Damage Estimation System for Road Facilities, Proc. of 12th WCEE, New Zealand, 2000.1

杉田秀樹*



国土交通省建築研究所
国際地震工学部第2耐震工学研究室長
(前耐震技術研究センター防災技術課長)，工博
Dr. Hideki SUGITA

野崎智文**



国土交通省道路局企画課
道路防災対策室課長補佐
(前防災技術課主任研究員)
Tomofumi NOZAKI