

# 道路・河川管理に向けた地震防災情報システム

杉田 秀樹<sup>1</sup>、野崎 智文<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 正会員 工博 建設省土木研究所耐震技術研究センター防災技術課長（〒3050804 茨城県つくば市旭1番地）

<sup>2</sup> 正会員 建設省土木研究所耐震技術研究センター防災技術課（現 道路局企画課道路防災対策室）

道路・河川等公共土木施設の地震被害は、施設自体の機能低下を通じて被災地域内外の復旧活動や経済活動に大きな影響を与える。地震直後に被災施設や被災程度をいかに迅速に把握できるかは、震災対策組織の初期活動の成否に極めて重要であることから、建設省ではこれまでに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、即時被害予測システムの開発等を実施してきた。一方、建設省では平成11年度より総合技術開発プロジェクト“先端技術を活用した国土管理技術の開発”を開始し、国土管理の視点から地震時の危機管理を高度化するための総合的な地震防災情報システムの開発に取り組んでいる所である。

本文は、リアルタイム地震防災の今後を展望する視点から、道路・河川施設の震災対策活動に必要なとされる地震防災情報システムの枠組について考察するものである。本文には、システム整備の基本的考え方、対策活動に即したシステムの要求条件、及び、システムに活用可能な要素技術が含まれる。

**Key Words:** earthquake, disaster prevention, information system, river facility, road facility

## 1. はじめに

近年の大規模災害や環境問題を背景に、適切な国土管理の重要性が指摘されている。社会資本の中でも社会活動を支える道路・河川等の公共土木施設は、施設整備だけでなく現状把握、分析、計画を含めて総合的な管理の高度化が求められている。建設省では、平成11年度より5箇年計画で総合技術開発プロジェクト“先端技術を活用した国土管理技術の開発”を開始し、施設管理を支援する各種情報技術の利活用について検討を進めている。

公共土木施設に焦点をあてた場合、国土管理の概念は、各種ミッションを達成するためのタスク（現状把握、分析、計画、実行）の総称と捉えることができる（図1参照）。公共土木施設が担うミッションには、例えば地域活動の活性化、良質な生活環境の形成、維持・管理の効率化、国民の安全・安心の確保が含まれ、地震防災は安全確保の一環として位置付けられる。

地震防災情報システムは、地震災害に対する震災対策組織の対策活動を支援するための情報技術の総称である（図2参照）。道路・河川施設の対策活動は、施設被害の発生を未然に防止するとともに、

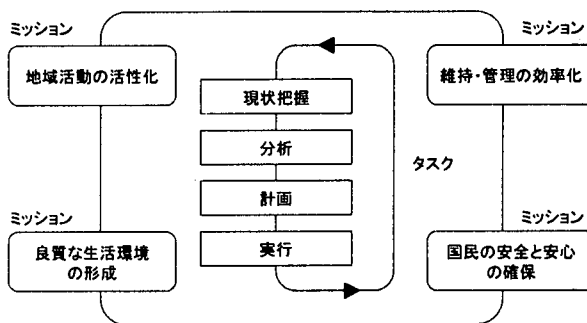


図1 公共土木施設に係る国土管理の概念

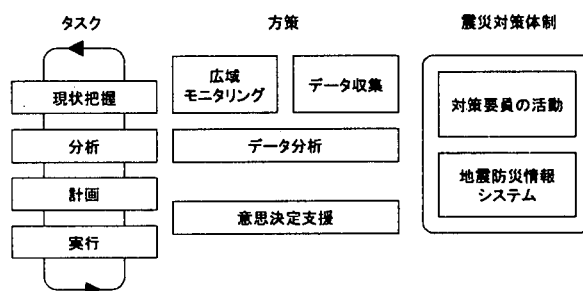


図2 地震防災情報システムの位置付け

施設被害が生じた場合には影響の拡大防止措置を講じ、可能な限り速やかな復旧に努めることを主眼とする。対策活動においては大量かつ多様な情報を扱う必要があるため、地震防災情報システムには広域モニタリング、データ収集、データ分析、意思決定支援等の機能が要求される。

建設省では、地震発生直後に被災状況を迅速に把握するため、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、即時被害予測システムの開発等を進めてきた。これら情報技術は、地震防災情報システムに要求される機能のうち、主として広域モニタリングに焦点をあてたものである。阪神淡路大震災以降、大規模な地震災害を経験していないが、震災対策上最も重要な局面である地震発生直後の初期対応（リアルタイム地震防災）を高度化できると期待される。

しかしながら、阪神淡路大震災を契機として震災対策組織への情報技術の導入が進む一方で、地震防災情報システムを具体的に整備・運用するための課題が指摘されている。

- 1) 情報の整合性：複数の震災対策組織で同種のデータベースを保有し、相互に整合しない場合がある。
- 2) システムの構造：ホストコンピュータを主体とした巨大システムでは、技術の進捗に合せた部分的な機能更新・機能追加が困難な場合がある。
- 3) 先端技術の導入：衛星画像・地理情報システム等先端技術の対策活動に対する費用対効果や具体的な導入手続きが不透明である。
- 4) 震前・震後を通じた総合支援：平常時の震前対策を含めて、震災対策組織が行う緊急調査、応急措置、復旧・復興に連続的に利用できるシステムが必要。
- 5) システムへの習熟：国土管理の他分野との供用や震前対策への利用を通じて、平常時からシステム操作に習熟しておくことが重要。

建設省土木研究所では、上記の課題を踏まえて、道路・河川管理を行う震災対策組織が地震防災情報システムを整備・拡充する際の参考事項を「地震防災情報システム整備マニュアル（案）」として整理した。本文は、リアルタイム地震防災の今後を展望する視点から、道路・河川施設の震災対策活動に必要なとされる地震防災情報システムの枠組と技術動向を考察するものである。

## 2. 基本的考え方

### (1) “目的指向”のシステム整備

地震防災情報システムの整備に際しては、PC（パーソナルコンピュータ）/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主体として捉えるのではなく、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。具体的には、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分析
- 2) 対策活動で扱われる情報の分析
- 3) 情報処理を高度化するために地震防災情報システムに要求される機能の整理

道路・河川等の公共土木施設を所管する震災対策組織の対策活動を数段階に区分し、扱われる情報と情報処理を高度化するための機能を整理した例を第3章に示す。また、機能を実現するために現状で利用可能な要素技術を第4章に示す。

### (2) システム構造の柔軟性

地震防災システムには、地震動の観測、施設被害の検知、組織内外の情報連絡等様々な機能が含まれる。また、機能を実現するハードウェア/ソフトウェア技術も急速に進んでおり、短期間で既存技術が陳腐化することも多い。このため、システム構造を固定されたハードウェア/ソフトウェアと考えるのではなく、様々な機能を有する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、地震防災情報システムが扱う多種多様な情報は、効率的に蓄積・活用でき、また、関連部署間で共有可能な形式で管理する必要がある。

情報共有を実現するためのシステム構造としては、まず図3に示す構造が考えられる。地震防災情報システムのためのサーバが情報と機能を保有するもので、各クライアントはサーバの機能を利用して情報を入手できる。現状のハードウェア/ソフトウェア技術を利用して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・機能追加の柔軟性は大型ホストシステムと変わらない。

一方、図4には情報と機能を分散したシステム

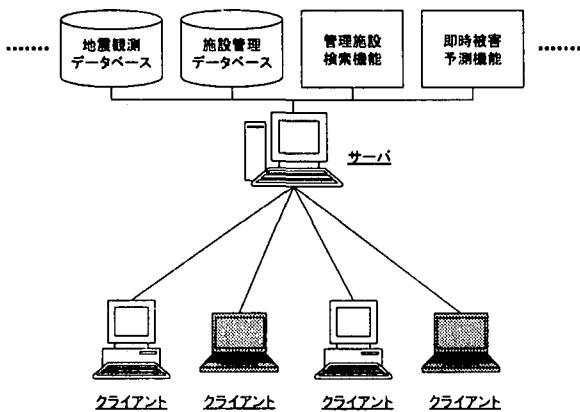


図3 サーバに機能と情報が集中したシステム構造

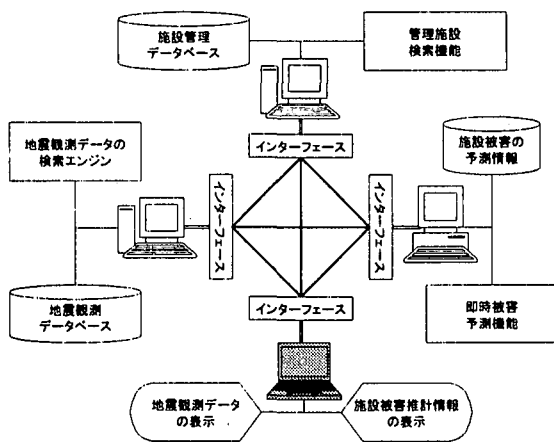


図4 機能と情報を分散したシステム構造

構造を示す。情報と機能は個別システムで扱われ、定められたインターフェースを介して相互に交換される。例えば、即時被害予測機能を有するサーバは地震計データベースや施設管理データベースから必要な情報を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ることも可能である。この場合各サーバに蓄積される情報は形式を問わないが、情報を交換するためのインターフェースを以下の方法で統一／明示する必要がある。

- 1) 同一のアプリケーションを用いる方法
- 2) 情報の構造等を共通化する方法 (図5 参照)

(3) 平常時利用

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、地震防災情報システムが扱う情報には平常時から入力・蓄積・管理されるべ

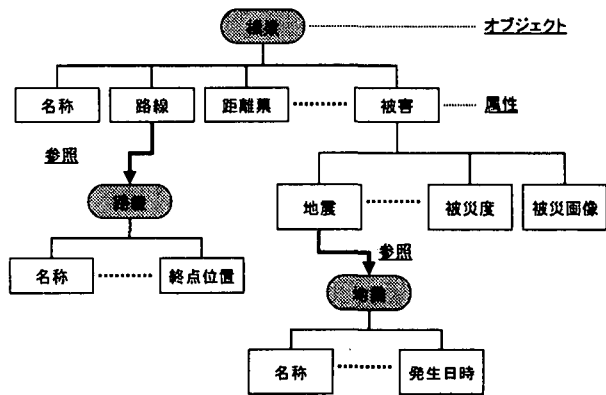


図5 震災情報の構造化の例

きものが多いため、平常時の施設管理や施工管理に利用する情報システムと機能・情報を共有・連携させることが望ましい。特に地震防災情報システムが持つ機能の中で平常時の施設管理を効率化する機能（緊急輸送路網の健全度評価を道路改築計画に用いるなど）については積極的な検討が必要である。

一方、地震防災情報システムには、対策活動においてのみ利用される機能も含まれる。このような機能については、防災訓練や小規模地震時の対応を通じてシステム利用の習熟を図る必要がある。

3. 対策活動に即した要求機能

(1) 一般

地震防災情報システムの整備に際しては、対策活動の内容と扱われる情報を分析し、情報を必要な精度・タイミングで扱うための要求機能を整理する必要がある。ここでは、道路・河川施設を管理する一般的な震災対策組織を対象に、地震防災情報システムの要求機能を考察する。

(2) 対策活動の段階区分

震災対策組織の対策活動を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。

- 1) 緊急対応段階：地震発生直後に施設被害の概略を迅速に把握し対応方針を定める。また、二次災害の発生可能性に基づき、必要に応じて緊急措置を行う。
- 2) 応急復旧段階：個別施設の被災状況を把握し、応急復旧の必要性、優先順位、応急復旧水準を定め、応急復旧を実施する。

3)本復旧段階：施設の重要性、復旧の難易度、施設の将来計画を考慮して本復旧水準を定め、地域の復興計画を考慮して本復旧を実施する。

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も対策活動である。支援活動には対策要員の安否確認や資機材管理等が含まれ、体制の起動から解除まで継続的に必要とされる。

(3)各段階区分で扱う情報と要求機能

震災対策組織が行う対策活動、活動に必要な情報、及び、地震防災情報システムに要求される機能を、各段階区分毎に示すと表1の通りである。

表1 対策活動で扱う情報と要求機能

(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	一斉通報機能[4.4.1]
緊急調査	緊急調査方針	地震/広域状況把握機能[4.3.1-4.3.5]
	緊急調査活動状況	地上活動支援機能[4.3.4]
	施設被害情報	地上活動支援機能、広域状況把握機能[4.3.4,4.3.5]
	周辺状況	地上活動支援機能、広域状況把握機能[4.3.4,4.3.5]
調査結果に基づく対応方針の検討	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]
	優先順位、対応水準	意思決定支援機能[4.6.1-4.6.3]
緊急措置	緊急措置状況	地上活動支援機能[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]
	応急調査活動状況	地上活動支援機能、広域状況把握機能[4.3.4,4.3.5]
	施設被害情報	地上活動支援機能、広域状況把握機能[4.3.4,4.3.5]
	周辺状況	地上活動支援機能、広域状況把握機能[4.3.4,4.3.5]
応急復旧方針検討	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]
	優先順位、復旧水準	意思決定支援機能[4.6.1-4.6.3]
応急復旧	応急復旧状況	地上活動支援機能[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]
	本復旧調査活動状況	地上活動支援機能[4.3.4]
	施設被害情報	地上活動支援機能[4.3.4]
	周辺状況	地上活動支援機能[4.3.4]
本復旧方針検討	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]
	地域の計画に関する情報	情報交換機能[4.4.3]
本復旧	優先順位、復旧水準	意思決定支援機能[4.6.1-4.6.3]
	本復旧状況	地上活動支援機能[4.3.4]
	資機材備蓄情報	情報管理機能、情報交換機能[4.4.2,4.4.3]
(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
体制活動状況の明示・伝達	体制レベル情報	共通機能
	要員の安否・参集・配備状況	情報管理機能[4.4.2]
体制活動の拠点・設備の状況把握	建築施設の被災・修復状況	地上活動支援機能[4.3.4]
	電源・通信設備等の被災・稼働状況	地上活動支援機能[4.3.4]
体制活動支援物資の管理	物資備蓄・配備状況	情報管理機能[4.4.2]

1)緊急対応段階では、体制の確立や緊急措置を可能な限り迅速に行う必要がある。このため、情報の精度よりも情報処理の迅速さが要求される。

2)応急復旧段階では、緊急対応段階に比べて高い情

報精度が要求される。ただし、緊急輸送路確保や二次災害防止には迅速な情報処理が必要であり、精度と時間を比較勘案して適切な技術を選択する必要がある。

3)本復旧段階では、迅速な情報処理よりも情報精度が要求される。施設の恒久復旧では、限られた時間とはいえ新設時と同様の情報分析が必要である。また当該施設が含まれる地域計画との整合を図るため、柔軟な情報交換機能が重要となる。

4. 活用可能な要素技術

(1)一般

地震防災情報システムに要求される機能を実現するために、現状で利用可能な要素技術を整理すると図6の通りである。地震防災情報システムの整備・拡充に際しては、当該時点で最新の技術動向と導入に要するコストを勘案し、要求機能を満足できる要素技術の組合せを検討することが望ましい。

ここでは、要素技術のうち地震発生直後の緊急対応段階に関連する、共通基盤技術、現象把握技術、情報伝達技術を例示する。

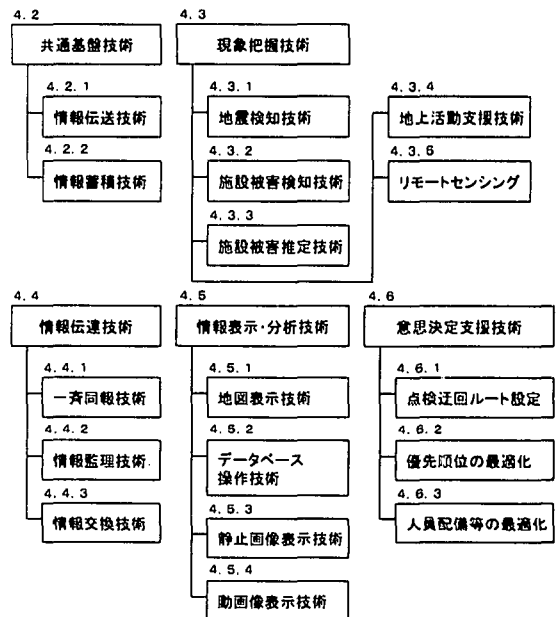


図6 要求機能を実現するために利用可能な要素技術

(2)共通基盤技術

共通基盤技術には、情報伝送技術と情報蓄積技

術が含まれる。地震防災情報システムが扱う情報は、多くの場合電子化されたデジタル情報であり、震災対策組織や現場において収集された情報は何等かの方法で伝送・蓄積されるのが一般的である。また、共通基盤技術は地震防災情報システムだけでなく、他目的のシステムにも利用／共有される。

### 1) 情報伝送技術

情報伝送には、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。また、有線／無線回線には、一般回線と独自回線がある。情報伝送技術の選択に際しては、各々が持つ伝送情報量、品質、リスクを考慮する必要がある（表2参照）。

表2 主要な情報伝送技術の特徴

名称	線種	A/D	通信速度	輻射の影響	通信規制	断線の危険性	導入コスト	維持コスト	サービス地域
一般公衆電話	有線	A	○: 56Kbps	×	×	△	◎	◎	◎
ISDN	有線	D	○: 64Kbps~	×	×	△	◎	◎	○
パケット通信	有線	D	◎: 48-1.5Mbps	◎	○	△	◎	△	△
携帯電話、PHS	無線	A,D	○: 9.6-32Kbps	△	△	○	◎	○	◎
無線通信	無線	A,D	×	△	◎	◎	-	-	-
衛星通信	無線	D	×	△	◎	◎	-	-	-

◎: 優れている ○: 普通 △: やや劣る ×: 劣る

### 2) 情報蓄積技術

情報蓄積には、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。情報蓄積技術の選択に際しては、蓄積情報量、蓄積期間、リスクを考慮する必要がある。

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、検索等の情報操作が可能な形で蓄積

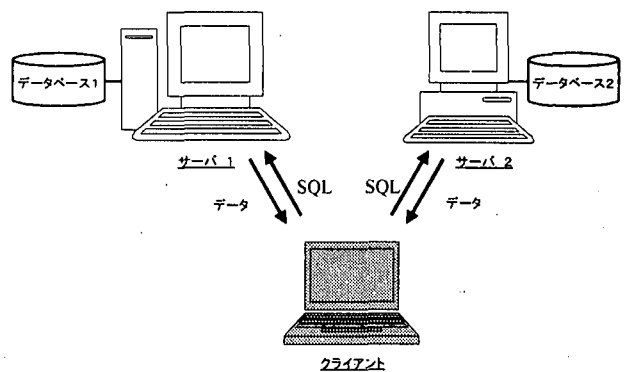


図7 SQLによる複数データベースの利用

する技術に、リレーショナルデータベース技術がある。SQL(structured query language)と呼ばれる共通化された方法により、異なるサーバ上で構築されたデータベースを、任意のクライアントが操作することが可能となる（図7参照）。

### (2) 現象把握技術

現象把握技術には、地震現象の把握に関する技術、施設被害の把握に関する技術、施設被害の点検を支援する技術が含まれる。

#### 1) 施設被害検知技術

施設被害検知技術は、管理施設に生じる変状をセンサー等で直接検出し、情報発信する技術である。道路・河川施設は広域に分布するため、長大橋梁など重要施設の被害を高精度で集中的に監視する方式と、精度は低くても多数の施設を広範囲で監視する方式を、コストと効率性を勘案して組合せることが望ましい。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

表3 橋梁施設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				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	ワイヤセンサー	○				○				○				△			
変状検知	光ファイバーセンサー	○				○				○				△			
間接的検知	TV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 -: 対象外

すと表3及び図8の通りである。

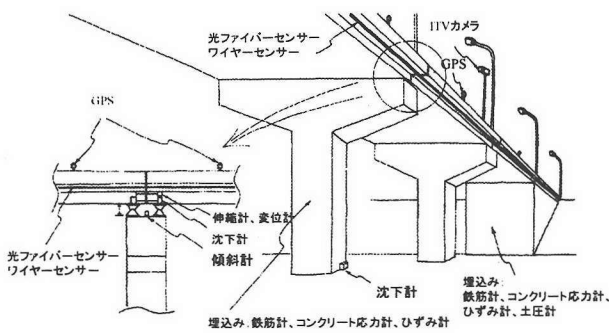


図8 橋梁施設へのセンサー設置イメージ

## 2) 施設被害推定技術

施設被害推定技術は、管理施設の被害を地震観測情報等を用いて間接的に推定する技術である。広域にわたって施設被害検知技術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。地震観測情報から施設被害の可能性をある程度推定することは可能であるが、必ずしも管理施設の近傍で地震観測情報が得られるとは限らず、また、同程度の地震動強度でも構造特性により被害程度が異なる可能性があることに注意を要する。



図9 道路・河川施設の即時被害予測システム

地震観測情報に基づく施設被害推定の仕組みは、既に多くの地方公共団体やライフライン機関等で導入が進められている。例えば、建設省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)を図9に示す。

## 3) リモートセンシングによる被害状況把握技術

上空からの被害情報把握技術には、リモートセンシング画像の分析技術と、プラットフォームの位置を特定する技術が含まれる。上空からの被害状況把握は、地上点検に比べて広域性と迅速性に優れており、施設被害の程度が大きい場合には地上点検と同程度の情報精度が得られる場合もある。

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して表4に示す。また、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模擬的にシミュレートした結果を図10に示す。

表4 リモートセンシングによる被害状況検知の特徴

	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

### (b) 航空機と衛星の長所と短所

	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。

## (3) 情報伝達技術

地震防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

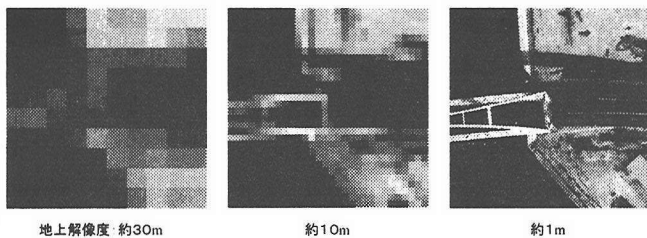


図10 高解像度衛星画像のシミュレーション  
(阪神高速湾岸線西宮港大橋の落橋現場)

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。

特に大規模な地震の場合、地震後の混乱を軽減して効率的な対策活動を実施するために、国・自治体・ライフライン機関等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行う際には、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、一部の情報を組織内と同様の方法で共通化しておきネットワーク技術を用いて共有化する方法と、共有化は行わず電話・電子メール等で不定形情報を伝送する方法がある。

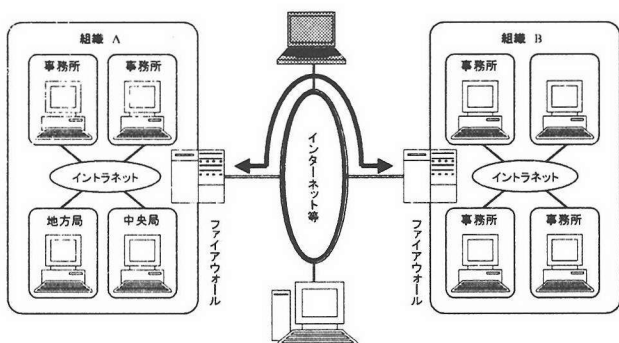


図11 エクストラネットによる相互アクセス

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みであり(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。

## 5. まとめ

本文では、リアルタイム地震防災の今後を展望する視点から、道路・河川施設の震災対策活動に必要とされる地震防災情報システムの枠組を考察し、システム整備の基本的方向を整理した。

1)地震防災情報システムの整備に際しては、対策活動の内容と扱われる情報を分析し、“目的指向”の視点からシステムの要求機能を定めることが合理的である。道路・河川施設等震災時の緊急活動を支える公共土木施設では、地震発生直後の初期対応が重要であるが、地震防災情報システムでは初期対応に重点を置きつつ、震前対策・緊急対応・応急復旧・本復旧段階における対策活動を連続的に支援できることが望ましい。

2)地震防災情報システムには、情報収集/分析/管理に係る多様な機能が要求される。また、機能を実現する情報技術の進捗に応じて部分的な機能更新や機能追加が要求される場合が多い。このため、地震防災情報システムを多様な機能を持つ小規模システムが連携した分散型システムとして捉え、システム構造の柔軟性を確保することが重要である。また、分散型システムの運用に際しては、震災対策組織内外での情報共有、及び、セキュリティ確保に留意する必要がある。

3)地震防災情報システムが扱う情報には、平常時から入力/蓄積/管理されるべきものが多い。このため、平常時の施設管理や施行管理に向けたシステムと機能・情報の共有・連携を図ることが望ましい。また、震災対策活動にのみ利用される機能については、防災訓練等を通じてシステム利用の習熟を図る必要がある。

4)地震防災情報システムに利用可能な技術の中で、衛星画像を用いた被害状況把握技術は、地震発生直後の初期対応を一層効率化できる可能性がある。主として国土管理の多分野において研究開発がなされてきた当該技術を、震災対策活動に導入する際には、現状の技術水準で施設被害がどの程度の情報精度・タイミングで把握可能かを調べるとともに、震

災対策の観点からプラットフォームやセンサーの要求性能を明らかにすることが重要である。

#### 参考文献

- 1) 杉田秀樹：道路及び河川施設における地震防災システムの現状、第1回リアルタイム地震防災シンポジウム論文集、土木学会地震工学委員会、リアルタイム地震防災小委員会、1999.1
- 2) 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
- 3) 建設省土木研究所：基幹施設の災害情報システム・ガイドライン（案）、土木研究所彙報、第58号、1992.3
- 4) (社)日本道路協会：道路震災対策便覧（震前対策編、震後対策編、震災復旧編）、1988.2
- 5) 建設省：震災に強いまちづくり構想、1995.4
- 6) 建設省土木研究所：平成7年兵庫県南部地震災害調査報告、土木研究所報告、第196号、1996.3