

# 即時震害推測システムの開発

長屋和宏・片岡正次郎・日下部毅明・松本幸司

## 1. はじめに

地震発生時における国土交通省の所管施設の管理では、大きな震度が観測されたエリアで点検を実施している。しかしながら、被害が甚大でその分布が広範にわたる場合や地震が夜間に発生した場合など、被害状況の把握に数時間以上を要することがある。

2011年3月に発生した東日本大震災では、被害が甚大であった東北・関東地方は点検終了まで多大な時間を要した。同様に広域かつ多様な被害が想定される南海トラフ地震や首都直下地震では、被害の概況把握すら困難になることが懸念される。

このように所管施設の被害が把握できない状況が続くと、災害対策本部などでは迅速な初動対応のための的確な意思決定が困難になる。

そこで、国土技術政策総合研究所(以下、国総研という)では、地震発生直後に各種観測網より得られる強震記録から地震動分布を推計する手法および地震動分布と所管施設の基礎情報をもとに被害状況を精度良く推測する手法の開発を行ってきた<sup>1)</sup>。開発成果を踏まえたプロトタイプシステムが構築されたので、これまでの研究およびシステムについて紹介する。

## 2. 即時震害推測システム

### 2.1 即時震害推測システム

地震発生直後に得られる情報としては、気象庁が発表する震度階級が一般的であるが、震度階級だけでは多様な振動特性を有する各種施設の被害を推測するのは難しいことが指摘されている<sup>2)</sup>。土木構造物の被害程度と比較的相関のある地震動指標としては、SI 値(スペクトル強度)が知られており、耐震設計における地盤の液状化判定などでは、最大加速度が用いられている。

また、地震の揺れによる施設被害を推測するにあたっては、その施設の直近で観測された地震動

強さが必要となる。しかしながら、施設近傍で地震観測が行われているものは少なく、複数地点での観測記録をもとに地震動強さの空間分布を推計する必要がある。

一方、地震動強さから施設被害を推測するにあたっては、施設が経験した地震動強さの他に、構造形式やその構造物の耐震設計レベル(一般的には設計された年代)が大きな影響を及ぼす。

「即時震害推測システム」は、これらを踏まえ、地震観測記録を用いてインフラ施設などの被害推測を行う。被害推測のフローを図-1に示す。

現在、本システムは、中部地方の模擬データを使用したプロトタイプシステムとして構築し、国総研内で試験運用している。

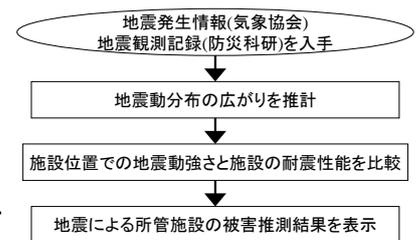


図-1 被害推測のフロー

### 2.2 地震動分布の推計

地表面で観測される地震動強さは、地点ごとに異なる表層地盤の特性に大きく影響を受けることから、地表面で観測された地震動強さをそのまま空間補間することは適切ではない。このため、本システムでは、表層地盤によって基盤面の地震動強さが何倍に増幅されるかを表す増幅倍率DBを作成しており、地震動分布の推計では、地表面で観測された地震動強さを増幅倍率で除して基盤面での値に変換し、空間補間している。また、地表面の地震動分布は、空間補間で得られた基盤面における地震動分布にそれぞれの位置での増幅倍率を乗ずることで得られる<sup>2)</sup>。

地震動分布の推計に用いる観測記録は、全国約1,000箇所を設置された地震計からなる(研)防災科学技術研究所のK-NET<sup>3)</sup>を活用している。また、気象庁が公表する震源位置やマグニチュードの情報は、(一財)日本気象協会のインターネットを通じて配信するサービスを活用して入手し、これらの情報を用いて地震動分布が推計演算される。

### 2.3 構造物被害の推測

構造物の被害推測は、道路橋、盛土を対象に実施しており、既往地震の被災データに基づいて提案された手法<sup>4),5)</sup>を用いている。また、施設被害に影響が大きい地盤の液状化についても推測<sup>6)</sup>している。

さらに、構造物の被災度の推測については、本研究としても精度向上を図っている。その一例として、道路盛土では以下の改良を行った。2004年新潟県中越地震および2011年東北地方太平洋沖地震で発生した多数の道路盛土の被災事例をもとに、被災しやすい構造的要因を抽出するとともに、地震動強さと道路盛土の被災度の関係を分析した。平地と傾斜地では盛土の被災パターンが異なる<sup>7)</sup>ため、平野・台地部と丘陵部の2つに分類し、被災データを整理した。その結果、基礎地盤条件、盛土構造(盛りこぼしか擁壁か)および盛土高さとの関連が強いことがわかったため、これらの条件で被災事例を分類した上で、被災した盛土位置での地震動強さと被災パターン・被災度との関係を整理し、道路盛土の被災度を推測している<sup>8)</sup>。

### 2.4 斜面構造の地震被災リスクの表示

道路に面している斜面構造は、地震発生時に度々被害を生じ、通行に支障を来している。しかしながら、斜面構造の地震に対する被災評価は、

多様な斜面特性や地震発生前の降雨状況などが大きな影響を及ぼすことが知られており、地震被害を推測する一般的な手法が確立されていない。

このため、本システムでは、道路斜面を対象に、地震に対する被害発生リスクとして、防災カルテ点検時<sup>9)</sup>に「要対策」と判定された斜面を対象に、震度に応じたリスク(震度7:被

災リスク「大」、震度6強:被災リスク「中」、など)を表示している。

## 3. 現場での活用を踏まえた機能実装

本システムの開発では、地方整備局の災害対応職員を対象としたヒアリングおよび意見交換を重ね、災害対応現場での実践的な活用を目指した検討を行うとともに、災害対応を支援する機能の構築している。

### 3.1 「参照地震情報」の抽出・表示

国総研では、地震が発生した際(その時発生した地震を「発生地震」と呼ぶ)、既往地震の中から、地震特性(震源のタイプ(海溝型、活断層型)、地震動の強さと広がり、都市域もしくは沿岸地域などの地震の発生地域)が類似する地震(これを「参照地震」と呼ぶ)を抽出し、「発生地震」の諸元と「参照地震」の諸元および被害状況などを取りまとめた「参照地震情報」を作成している<sup>10)</sup>。

本システムには、地震後30分程度で「参照地震」を自動で抽出し「参照地震情報」を作成する機能を有している。抽出は、250mメッシュで推計したSI値を用い、その大きさに応じたメッシュ数による近似性の評価を行い、「参照地震」の候補となる既往地震を3つ示し、ユーザーが地震の発生地域などを踏まえた選択をすることで「参照地震情報」が作成される。

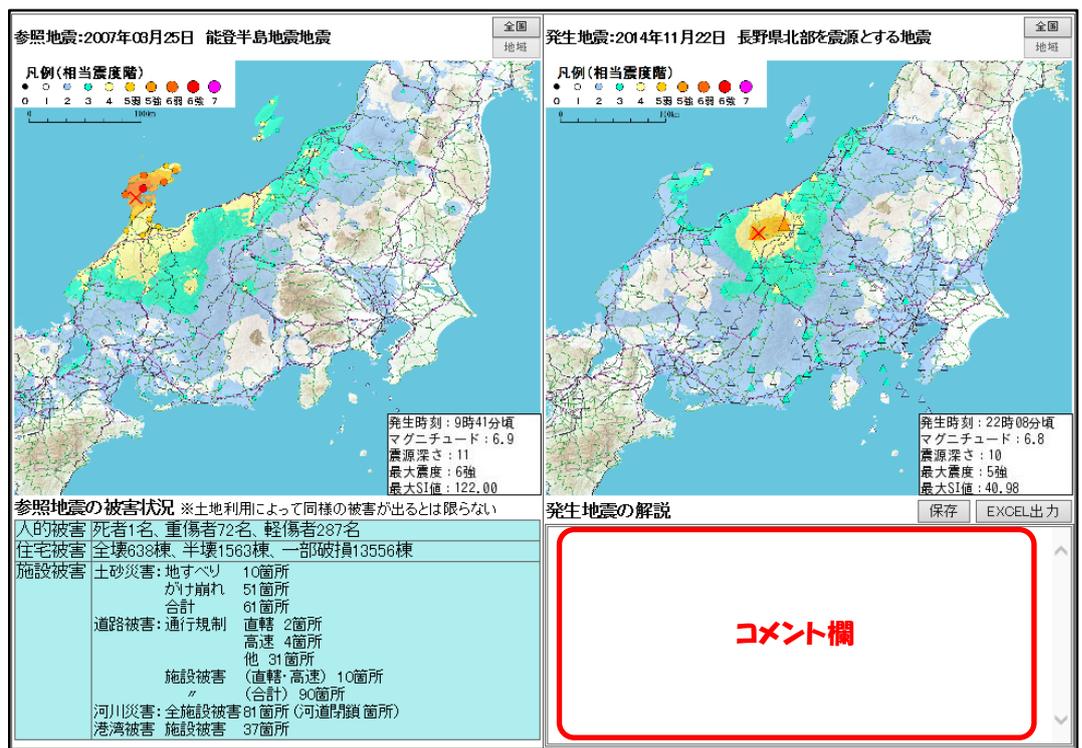


図-2 参照地震情報の例

図-2に2014年11月22日に長野県北部の地震(気象庁マグニチュード6.7、最大震度6弱)が発生した際の、本システムでの「参照地震」の抽出および「参照地震情報」の作成例を示す。

地震の規模、震源深さ、地震動の広がりおよび近接する地域で発生した地震として、平成19年能登半島地震を抽出し、その際の被害概況などを表示している。なお、本画面はエクセル形式で保存

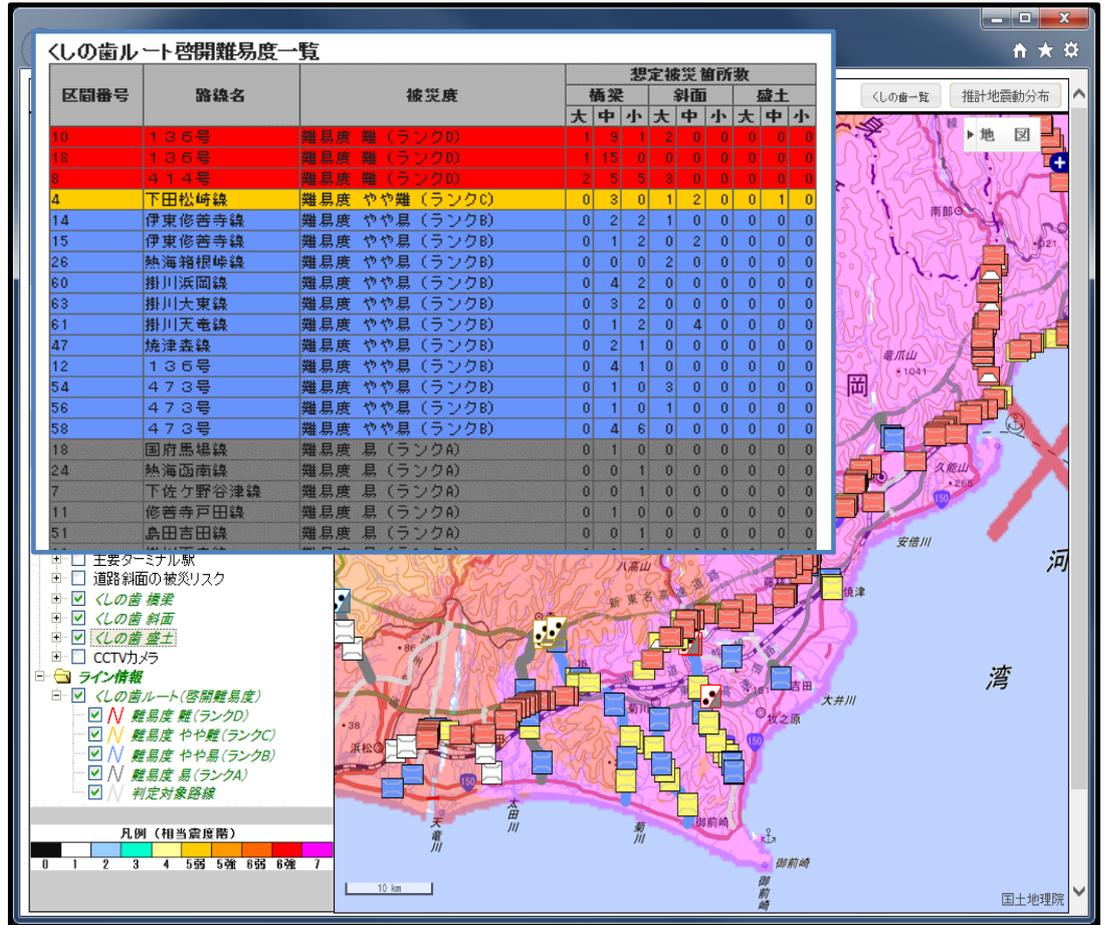


図-3 被害推測結果の表示(くしの歯作戦ルートの評価)

「発生地震」と「参照地震」の比較に基づくコメントなどをユーザーが記載することができる。

なお、システム内には、「参照地震」の候補として1968年十勝沖地震以降に発生した比較的最大震度の大きい38地震について、人的被害、住宅被害、施設被害(土砂災害、道路被害、河川被害など)を整理したデータベースを有している。

「参照地震情報」は、「発生地震」の被害状況を直接推測するものではないが、「参照地震」の被害概況および当時の災害対応を踏まえることで、支援要員の派遣や復旧に要する資機材の手配などの災害対応の意思決定を支援する。

### 3.2 道路啓開難易度の評価および表示

東日本大震災では、津波により甚大な被害が発生した沿岸部への輸送道路をくしの歯型に緊急啓開する「くしの歯作戦」<sup>11)</sup>が有効に機能したことから、南海トラフ地震による被害が懸念される地域の整備局などでは同様の計画が策定されている<sup>12)</sup>。

「くしの歯作戦」は、高速道路などの広域支援ルートを確認するSTEP1、沿岸被災地へのアクセスルートを複数確保するSTEP2、津波ガレキ

除去などにより沿岸ルートの道路啓開を行うSTEP3、の三段階からなる<sup>12)</sup>。

本システムは、地震に対する施設被災の評価を行うことから、STEP1およびSTEP2の対象路線に位置する橋梁、盛土、斜面の地震被害の推測を行う。特にSTEP2の対象路線に関する推測では、路線毎の被害箇所数とその程度を踏まえ、路線間の道路啓開の難易度を評価し、図-3に示す形で表示する機能を付与した。

### 3.3 CCTVカメラの抽出・表示

CCTVカメラは、平常時の施設保全をはじめ、災害発生後の被災箇所の管理・監視を行うツールとして広く使われており、国土交通省では所管施設の沿線などに20,000台を越えるカメラが設置されている。

しかしながら、地震発生直後における迅速かつ網羅的な状況把握ツールとしてのCCTVカメラの活用には、現場職員の平常時を踏まえた豊富な経験などに依存<sup>13)</sup>している。一方、機器の廉価化やネットワーク化により地震時に見るべきカメラの数が膨大となっている。特に南海トラフ地震など

の広域災害の想定では、その傾向は顕著となる。  
また、CCTVカメラで確認された状況を共有する仕組みがないため、災害対応場面に応じて複数の職員が繰り返し同じカメラの映像を確認していることがある。

このため、本システムでは、推計された地震動分布にCCTVカメラ位置を重ね合わせ、点検すべき地震動(一般的に震度4以上)の発生箇所のCCTVカメラを抽出する機能を具備した。

CCTVカメラにより確認された施設状況などはシステムに記録することができ、異常が認められたカメラは地図上のアイコンが着色される。これにより、現地からの点検結果報告が入手できない場合でも、集中的な被災箇所の把握が可能になる。

### 3.4 その他の機能

この他、気象庁より発表される震度階情報で各行政区を塗り分ける機能や任意の想定地震を入力することで被害想定を作成する機能を有している。

## 4. まとめ

地震発生直後の情報の少ない段階において施設管理者などの意思決定を支援することを目的に、地震観測記録からインフラ施設被害を推測し、提供する、「即時震害推測システム」の開発を行った。

開発にあたっては、地方整備局との意見交換などを踏まえ、基本的な機能に加え、災害時の意思決定支援に資するいくつかの機能を備えた。

本開発成果は、今後、地方整備局などの災害対応の現場への普及を図っていく予定である。さらに、今後、被害推測情報を起点として、地震発生後に得ることが出来る様々な情報を組み合わせることで、より確度の高い情報を提供する仕組みについての研究・開発を進めていく。

## 参考文献

- 1) 運上茂樹、金子正洋、片岡正次郎、長屋和宏：大規模広域型地震被害の即時推測技術に関する研究、土木技術資料、第54巻、第1号、pp.64～65、2012
- 2) 運上茂樹、金子正洋、片岡正次郎、長屋和宏、中村洋光、功刀卓、青井真：強震記録に基づく地震動分布即時推定システムの構築、土木技術資料、第55巻、第4号、pp.18～21、2013
- 3) 防災科研ウェブサイト：強震観測網(K-NET、KiK-net)、  
<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>
- 4) 小林寛、運上茂樹：大地震時における道路橋の被災度推定手法、土木技術資料、第47巻、第12号、pp.48～53、2005
- 5) 土木研究所：道路盛土の簡易耐震性評価法(案)、2003
- 6) 長屋和宏、日下部毅明、真田晃宏：東北地方整備局における即時震害予測システム(SATURN)の開発、土木技術資料、第47巻、第9号、pp.155～160、2005
- 7) 日本道路協会：道路震災対策便覧(震災復旧編)平成18年度改訂版、2007
- 8) 長屋和宏：大規模広域型地震被害の即時推測技術に関する研究、建設マネジメント技術、No.435、pp.11～18、2014.8
- 9) (社)道路保全技術センター：防災カルテ作成・運用要領、平成8年12月
- 10) 運上茂樹、高宮進、片岡正次郎、長屋和宏：地震発生直後の概略被害状況の推測、国総研レポート2011、p47、2011.3
- 11) 国土交通省東北地方整備局：災害初動期指揮心得、pp.61～65、2013.3
- 12) 例えば、中部地方幹線道路協議会、道路管理防災・震災対策検討分科会：「中部版 くしの歯作戦」(平成26年5月改訂版)【道路啓開オペレーション計画】、2014.5
- 13) 長屋和宏、真田晃宏、日下部毅明、小路泰広：国交省地震計ネットワークとCCTVカメラネットワークの連携による被災状況確認迅速化に関する検討、震度計の設置促進と震度データの利用高度化に関するシンポジウム、2007.3

長屋和宏



国土交通省国土技術政策  
総合研究所防災・メンテ  
ナンス基盤研究センター  
国土防災研究室 主任研  
究官  
Kazuhiro NAGAYA

片岡正次郎



国土交通省国土技術政策  
総合研究所防災・メンテ  
ナンス基盤研究センター  
国土防災研究室 主任研  
究官、工博  
Dr. Shojiro KATAOKA

日下部毅明



国土交通省国土技術政策  
総合研究所企画部評価研  
究官  
Takaaki KUSAKABE

松本幸司



国土交通省国土技術政策  
総合研究所防災・メンテ  
ナンス基盤研究センター  
国土防災研究室長  
Koji MATSUMOTO