

特集：将来の安全・安心な国土の礎となる土木技術

# 大規模地震の迅速な危機管理対応を目指して

## —地震観測情報を活用した地震比較による災害対応支援情報の提供—

長屋和宏\* 片岡正次郎\*\* 運上茂樹\*\*\* 金子正洋\*\*\*\*

### 1. はじめに

国土交通省では地震の発生直後から所管施設の点検を実施しているが、大規模地震の際には被災状況の把握に数時間以上を要することも少なくない。甚大な被害が想定される首都直下地震や東海・東南海・南海地震ではさらに長時間を要する可能性があるが、その間、災害対策本部では被害の規模およびレベルが把握できず、危機管理対応の判断に多大な遅れを生じる恐れがある。

筆者らは、地震発生直後の情報の少ない段階において国土交通省の所管施設の維持・管理を統括している災害対策本部の意志決定をサポートすることを目的に、強震記録から被災状況を推計する手法と推計情報の提供に関する検討を行っている。

本報告は、国土交通省の強震観測記録に加え、

防災科学技術研究所のK-NETによる観測記録を利用し、発生地震の地震動分布を作成するとともに、既往地震との比較により近似性の高い地震を抽出し、既往地震の被害情報と併せて災害対策本部などで活用する仕組みについて検討したものである。

### 2. 参照地震情報

地震発生直後に得られる情報として、気象庁震度があるが、震度分布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。一方、一般土木施設の被害程度と比較的相関のある地震動指標として、SI値(スペクトル強度)があるが、SI値は災害対応担当者に馴染みのない指標であるとともに、SI値分布のみから被害状況を推測することも難しい。

国総研 危機管理技術研究センター

2011年4月8日1時00分作成

### 参照地震情報

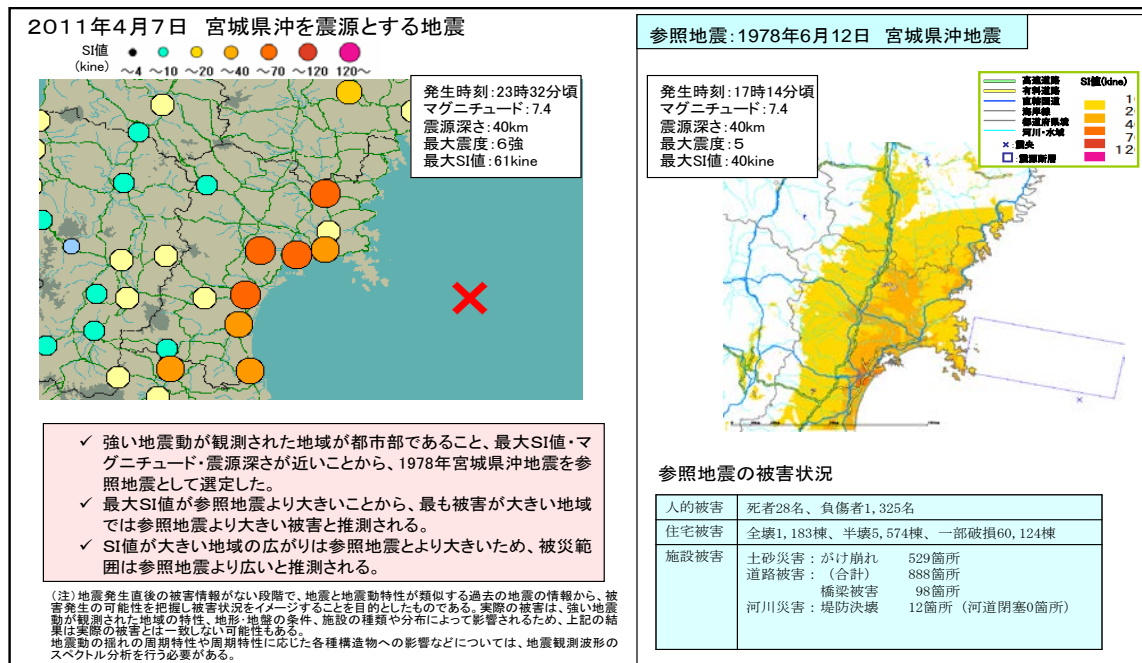


図-1 参照地震情報の様式 (2011年4月7日 宮城県沖を震源とする地震での例)

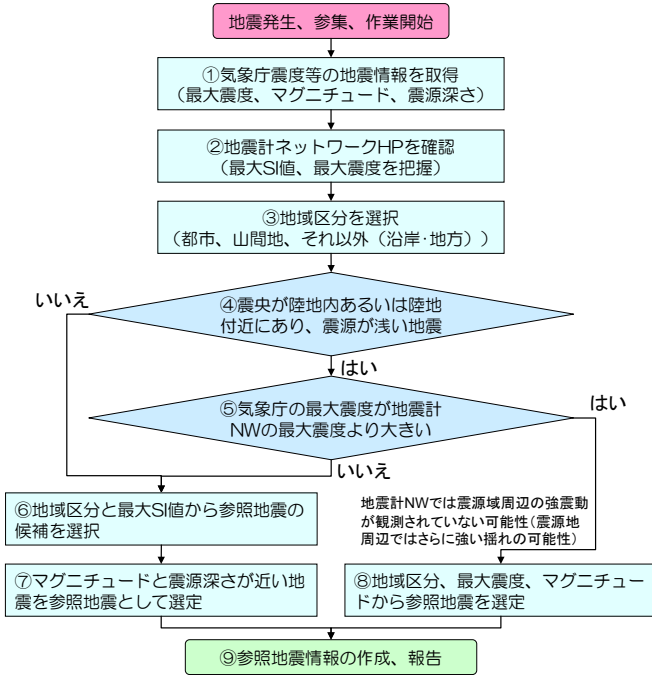


図-2 参照地震情報作成までの手順

そこで、国土交通省地震計ネットワーク(以下：地震計NW)<sup>2)</sup>によって地震発生後10分程度で観測、集約されるSI値の分布や最大値、さらには地震の発生地域などが類似する地震(これを「参照地震」とよぶ)を過去の被害地震から選択し、参照地震のSI値分布や被害状況を「参照地震情報」として災害対策本部に提供することを目的に、図-1に示す参照地震情報の様式と図-2に示す作成手順を策定した<sup>3)</sup>。

「参照地震」は、表-1に示す1968年十勝沖地震以降の25地震を選定し、「被害地震情報カタログ」としてデータベース化している。データベースには、後述する演算方法に基づく推計地震動分布の演算結果とともに、地震概況として人的被害、住宅被害、インフラ施設被害などの状況を併せて取りまとめている。

なお、「被害地震情報カタログ」の対象には、近年の被害地震とともに同程度の最大震度を観測しているが施設被害は報告されていない地震も含まれており、発生地震の特徴から施設被害の可能性が低い情報も提供できるようにしている。

現在、これらのとりまとめた資料を災害対策本部で活用できる情報として、震度6弱以上の地震発生時に省内関係部署に提供している。本情報の活用としては、例えばTEC-FORCEの派遣の必要性やその規模を検討する基礎資料とすることが想定される。

表-1 データベース化した「被害地震情報カタログ」対象

地震名	日時	マグニチュード	震源深さ	最大震度	犠牲者数	全壊家屋
1968年十勝沖地震	5月16日 9時48分	7.9	0km	5	52名	673棟
1978年宮城県沖地震	6月12日 17時14分	7.4	40km	5	28名	1,183棟
1983年日本海中部地震	5月26日 11時59分	7.7	14km	5	104名	934棟
1993年釧路沖地震	1月15日 20時06分	7.5	101km	6	2名	53棟
1993年北海道南西沖地震	7月12日 22時17分	7.8	35km	5	202名	601棟
1994年三陸はるか沖地震	12月28日 21時19分	7.6	0km	6	3名	72棟
1994年北海道東方沖地震	10月4日 22時22分	8.2	28km	6	0名	39棟
1995年兵庫県南部地震	1月17日 5時46分	7.3	16km	7	6,434名	104,906棟
1997年鹿児島県西部を震源とする地震	3月26日 17時31分	6.6	12km	5強	0名	4棟
1997年鹿児島県西部を震源とする地震	5月13日 14時38分	6.4	9km	6弱	0名	4棟
1998年岩手県内陸北部を震源とする地震	9月3日 16時58分	6.2	8km	6弱	0名	0棟
2000年鳥取県南部地震	10月6日 13時30分	7.3	9km	6強	0名	435棟
2001年芸予地震	3月24日 15時27分	6.7	46km	6弱	2名	70棟
2003年宮城県沖を震源とする地震	5月26日 18時24分	7.1	72km	6弱	0名	2棟
2003年宮城県北部を震源とする地震	7月26日 7時13分	6.4	12km	6強	0名	1,276棟
2003年十勝沖地震	9月26日 4時50分	8	45km	6弱	0名	116棟
2004年新潟県中越地震	10月23日 17時56分	6.8	13km	7	68名	3,175棟
2005年宮城県沖を震源とする地震	8月16日 11時46分	7.2	42km	6弱	0名	1棟
2005年千葉県西部を震源とする地震	7月23日 16時34分	6	73km	5強	0名	0棟
2005年福岡県西方沖を震源とする地震	3月20日 10時53分	7	13km	6弱	1名	144棟
2007年新潟県中越沖地震	7月16日 10時13分	6.8	17km	6強	11名	1,086棟
2007年能登半島地震	3月25日 9時41分	6.9	11km	6強	1名	638棟
2008年岩手・宮城内陸地震	6月14日 8時43分	7.2	8km	6強	17名	30棟
2008年岩手県沿岸北部を震源とする地震	7月24日 0時26分	6.8	108km	6弱	1名	1棟
2009年駿河湾を震源とする地震	8月11日 5時07分	6.5	23km	6弱	1名	0棟

### 3. 推計地震動分布の演算と地震近似性評価

参照地震情報の提供を迅速化することを目的に、地震発生後に自動で地震動の面的な広がりを出す推計地震動分布を作成するとともに、発生地震と既往地震の推計地震動分布の比較により参照地震を抽出する仕組みの検討を行った。

検討に先立ち、推計地震動分布の演算法および参照地震の評価手法の検討を行った。検討では、他機関の地震被害推定システムなどで用いられている既往の演算法の整理を行い、それぞれの手法における補間手法、演算に要する時間などの特徴および震度分布の推計に必要なデータセットを比較した。その結果、演算時間では他の手法と比較して劣るものの震源情報などを組み合わせることで観測記録のない地点の地震動を高い精度で補完することが出来るKRIGING法を用いた推計地震動分布の演算法を構築した。

#### 3.1 推計地震動分布の演算法

推計地震動分布の演算の流れは以下の通りである。

地震計NWより地震発生を感知すると、地震計NWおよび(独)防災科学技術研究所K-NETにおける地震観測記録(計測震度相当値、SI値、最大加速度)を取得するとともに気象庁が発表する地震情報(震源位置(緯度、経度、深さ)、マグニ

チュード)を取得する。

推計地震動分布の演算にあたっては、地盤地表面の増幅を考慮するため、基盤面で面的な補間を行う。このため、観測された地震観測記録は地盤増幅度を考慮して基盤面の地震動強さの推定を行う。推定にあたっては、J-SHIS<sup>4)</sup>にて公開されている250mメッシュごとの深度30mまでの平均 S 波速度(AVS30)および速度増幅度(ARV)から算出される各地震動指標値別の地盤増幅度<sup>4), 5)</sup>より、各観測記録の観測点が位置するメッシュの地盤増幅度を用いて基盤面の地震動強さを算出する。並行して経験的な地震動推定式<sup>6)</sup>より地震情報に基づく基盤面の面的な地震動分布を算出する。

それぞれの算出結果を用いて、基盤面における推計地震動分布の補間を行う。補間には、前述の通りKRIGING法(SIMPLE KRIGING法)<sup>7)</sup>を用いた。本手法は、距離減衰特性式で算出した地震動分布をトレンド成分の期待値として評価し、地震観測点における観測記録に基づく値を残差成分として補間する手法である。

基盤面において算出された推計地震動分布は、250mメッシュごとに前述の地盤増幅度を用いて地表面の地震動を算出し、地表面における推計地震動分布として算出する。

### 3.2 地震近似性の評価

一方、異なる地震の近似性の評価手法の検討にあたっては、可能な限り定量的な判断が行えるようにすることを念頭におき、推計地震動分布の地震動レベル毎の面積を比較する手法、面積に加えその分布形状を考慮した手法、地震発生エリアに有するインフラ施設延長などを考慮する手法について、それぞれの特徴について整理し、比較検討を行った。

その結果、近似性の評価が比較的簡便で短時間で参照地震を抽出することができる、地震動レベル毎の面積による比較手法を用いることとした。なお、施設管理者の意志決定をサポートするという観点からは、施設延長などに鑑みた評価を高精度化する必要があることも判ったが、インフラ施設に関する情報が必要であることから、今後、必

## 今回発生した地震の観測記録および推計地震動分布

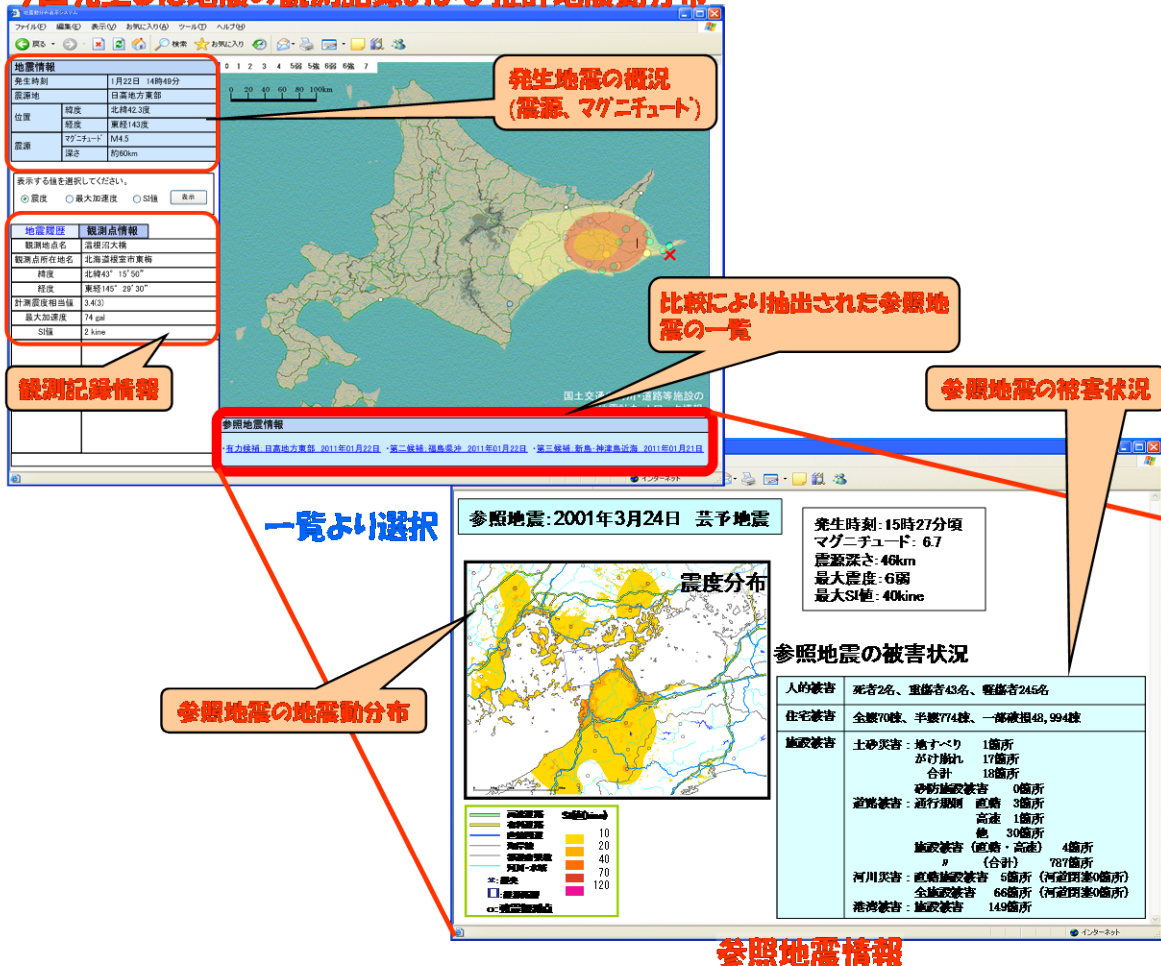


図-3 構築した「地震観測情報による地震比較システム」のイメージ



要なデータセットなどの絞り込みを行う必要がある。

#### 4. 地震比較システムの構築

3. で検討を行った推計地震動分布の演算および表示する仕組み、既往地震との比較により参照地震を抽出する仕組みについて、国土技術政策総合研究所において運用できるシステムを図-3の様に構築した。

構築したシステムでは、国土交通省地震計ネットワークによる観測記録に加え、防災科学技術研究所のK-NETで得られた観測記録を用いるものとし、地震発生後にK-NETの記録を同研究所より自動的に取得する仕組みの整備も併せて行った。

システムの構築にあたり、K-NETの観測記録からの取得手法、接続回線などの検討を行い構築に反映させた。また、演算処理を高速化するために、演算対象となる観測記録の絞り込みとして、震源より離れた場所の地震動が小さな記録は除外する仕組みを取り入れた。

#### 5. 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の意志決定をサポートすることを目的に、近年に発生した被害地震および同程度の規模の地震を「参照地震」とし、地震動分布および被害状況を「参照地震情報」として災害対策本部に提供する仕組みを策定した。

また、情報提供の迅速化を目的に仕組みのシステム化を図った。システム化にあたっては防災科学技術研究所のK-NETの観測情報を活用するとともに「参照地震」となる既往地震の推計地震動分

布の演算、被害状況のデータベース化を行った。

今後、地震発生直後に把握する被害状況の精度向上を図るとともに、個別の施設の被災度を即時に推測する技術を開発し、災害対応担当者のニーズに合った情報が提供できるよう検討を進めて行く予定である。

本研究のうち、地震発生直後の地震動情報の共有、融合データによる地震動分布の推定については、(独)防災科学技術研究所との共同研究で実施された。

#### 参考文献

- 1) 例えば、境有紀、額額一起、神野達夫：建物被害率の予測を目的とした地震動の破壊力指標の提案、日本建築学会構造系論文集、No.555、pp.85～91、2002.05.
- 2) 国土技術政策総合研究所、河川・道路等施設の地震計ネットワーク情報ウェブサイト <http://www.nilim.go.jp/japanese/database/nwdb/index.htm>
- 3) 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、47p、2011.03.
- 4) 独立行政法人防災科学技術研究所：地震ハザードステーション
- 5) 例えば、山口亮、翠川三郎：地盤の平均S波速度を用いた地盤増幅率の推定手法の改良、日本地震工学会論文集、第11巻、第3号、pp.85～101、2011.
- 6) 片岡正次郎、佐藤智美、松本俊輔、日下部毅明：短周期レベルをパラメータとした地震動強さの距離減衰式、土木学会論文集A、Vol.62、No.4、pp.740～757、2006.
- 7) 例えば、山崎文雄、大西淳一、田山聡、高野辰雄：高速道路構造物に対する地震被害推定式の提案、第10回日本地震工学シンポジウム論文集、pp.3491～3496、1998.

長屋和宏\*



国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター地震防災研究室 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危機管理技術研究センター地震防災研究室 主任研究官、工博  
Dr. Shojiro KATAOKA

運上茂樹\*\*\*



国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター地震防災研究室 主任研究官、工博  
Dr. Shigeki UNJHO

金子正洋\*\*\*\*



国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター地震防災研究室 主任研究官  
Masahiro KANEKO