
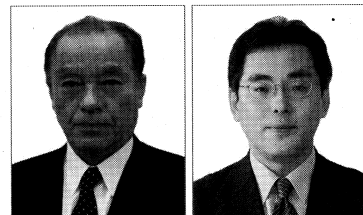


防災と津波・地震災害 シミュレータ

 地震防災, 津波, 減災, シミュレーション, GIS



後藤 洋三 片田 敏孝

1. はじめに

今後30年の間に我が国の太平洋岸で、いわゆる南海・東南海地震(M8.1~8.5)が起きる確率は40~60%、宮城県沖地震(M7.5程度)は98%とされる。これらの海底地震は大きな津波を発生させ沿岸部に甚大な被害をもたらす可能性がある。内陸でも、糸井川—静岡構造線の地震(M8程度)が14%、首都圏のどこかで直下型地震(M7程度)が起きる確率は70%とされている。加えて、昨年の新潟県中越地震(M6.8)や今年の福岡県西方沖地震(M7.0)から分かるように、やや小ぶりの地震なら我が国のどこで起きてても不思議ではない。

我が国の地震対策は1995年の阪神淡路大震災以降、さまざまな見直しが行われ、政府や防災機関の即応体制は改善されている。新潟県中越地震では17時56分に発生した地震に対し、その日のうちに政府の先遣チーム10名が新潟県庁入りし、現地連絡調整室を開設した。高速道路も19時間後には緊急交通が通過可能となった。新幹線も脱線はしたが橋脚は耐震補強の効果があって崩壊を免れ、最悪な事態は回避された。

しかし、阪神淡路大震災の死者のうち5,000名を超える人達の死因となった地震に弱い住宅が、まだ全住宅の1/4ほどを占めていて、その補強は進んでいない。大都市直下で再び大地震が発生したらまた惨事が繰り返される。

また、昨年末のスマトラ島沖地震・大津波災害では死者

ごとう・ようぞう 1965年3月京都大学工学部土木工学科卒業。1967年3月京都大学大学院工学研究科修士課程修了。同年4月(株)大林組入社。1969年5月同社技術研究所に勤務し地震工学関係の研究業務に従事。2001年4月西日本工業大学教授。2002年10月防災科学技術研究所地震防災フロンティア研究センター、川崎ラボラトリー所長。工学博士。

かただ・としたか 東海総合研究所(現UFJ総合研究所)、岐阜大学助手、名古屋商科大学講師、群馬大学助教授などを経て群馬大学教授。この間、アメリカワシントン大学客員研究員、京都大学防災研究所客員助教授など歴任。専門分野は災害社会学。東海豪雨災害、新潟豪雨災害、インド洋津波など多くの災害研究に従事。

が20万人を越え、本年1月に神戸で開催された国連防災会議でも津波対策が重要議題となった。津波対策の基本は速く高所に避難することであり、その避難を確実にする体勢を整えることが急務である。

我が国の防災対策は各省庁の関係部署で進められていて、その統括は総理大臣を会長とする中央防災会議⁽¹⁾である。地震に関する調査研究は主に文部科学省にゆだねられ、文部科学大臣を本部長とする地震調査研究推進本部⁽²⁾(推本)が我が国の活断層調査を重点的に進めている。防災科学技術研究所は文部科学省が主管する自然災害を対象にした研究機関であり、推本の進める研究プロジェクトにも参画している。一方、文部科学省は2002年より開始した重点5分野の研究開発委託事業の1分野に防災を選び、「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」⁽³⁾(通称:大特)を実施している。この大特は我が国の地震防災にかかる総合的な研究プロジェクトであり、予算額は約30億円/年程度である。その概要と著者らが参加し開発しているシミュレータを以下に紹介する。

2. 大特の構成

2002年度から開始された5か年計画のプロジェクトで、そのミッションは最新の科学技術を動員して大都市の震災被害を半減する施策を開発することである。次の4項目からなっている。

(1) 大都市圏地殻構造調査研究(地震力に関する研究)

首都圏の岩盤(プレートの表面)は3km以上の厚さの堆積地盤に覆われており、しかも、東京の直下は北米プレート(大陸側のプレート)の下にフィリピン海プレートと太平洋プレートが潜り込む複雑な地殻構造となっている。大深度弾性波探査や大規模ボーリングにより、地震を起こす震源断層の位置や活断層の所在、堆積地盤の性質などを調べ、高精度の地震動予測を行うための断層モデルと地下構造モデルを構築する。

(2) 震動台活用による耐震性向上研究(構造物の耐震性)

兵庫県三木市に建設された世界最大の実大三次元震動破

壊実験施設を活用し、都市建造物の耐震性の飛躍的向上を目指す研究開発を行う。研究対象は鉄筋コンクリート建物、地盤・基礎構造、木造建物である。なお、この実験施設はE-defenseと命名され、文部科学省の予算で防災科学技術研究所が建設を担当、2005年4月に完成、間もなく本格運用に入る。

(3) 災害対応戦略研究 (発災後の被害軽減)

IT、ロボティクスなどの先端技術を活用して災害シミュレーション技術、レスキューロボットなどの研究開発を行い、被災者救助などの災害対応戦略の最適化を図る。

(4) 地震防災対策への反映 (発災前の対策と発災後の復旧復興施策ならびに情報の課題)

社会の地震防災力を高めるため、事前対策を充実させる政策制度のあり方、時系列変化に対応した災害情報の収集・加工・伝達システムの高度化、復旧・復興のプロセスを円滑化するための手法・精度に関する研究を行う。

3. 大大特における地震災害シミュレータの開発

(1) 防災情報システムとシミュレータの役割

同じ防災情報システムであっても、平常時に使われるシステムと地震発生後の情報活動を支援するシステムは役割りと使用環境を明確にして作られるべきである。

阪神淡路大震災では情報通信が途絶、危機管理初動体制が十分に機能せず、発災後の救命活動や応急復旧、被災者支援が混乱した。その教訓から、発災後には、劣悪な環境下で被害推計、情報収集・共有、安否確認、罹災証明発行

など、激増する非日常の業務を支援するシステムが必要とされる。一方、日常の防災情報システムは、予測される被害の画像表示などによる防災訓練・教育や、ハザードマップ提供による防災都市計画の立案と合意形成など、リスクコミュニケーションに利用できることが必要である。

(2) 震災総合シミュレーションシステムの開発⁽⁴⁾

著者は大大特の⁽³⁾「災害対応戦略研究」の中で、自治体の発災後の緊急対応を支援する標記表題のシステムを開発している。開発の要件は次のように設定されている。

1) 停電やネットワークが機能しない状況でも所用の機能を発揮すること

日常は自治体内のLANに接続されていても震災時は仮設の庁舎や避難所に持ち込み独立して使えるものでなければならない。電源を自動車のバッテリーなどからとれるノートパソコンが前提になり、システムは地図情報なども含めオールインワンでなければならない。ネットワーク機能はスティックメモリなどの持ち回りで代換えること。

2) 日常業務システムとシームレスに連携すること

日常的に使われているシステムでないと災害時には使えない。これは日常業務で蓄積され更新されている最新データを使う意味でも、使用頻度の低い災害時システムのコストパフォーマンスを良くする意味でも重要である。

3) 建物や橋、梁などの被害が個別に推定できること

確率的な表現になるにせよ一軒一軒の被害が推定できないと個別の救援や避難誘導の方針が決まらない。

4) 現状の被害推定だけでなく被害進行が予測できるこ

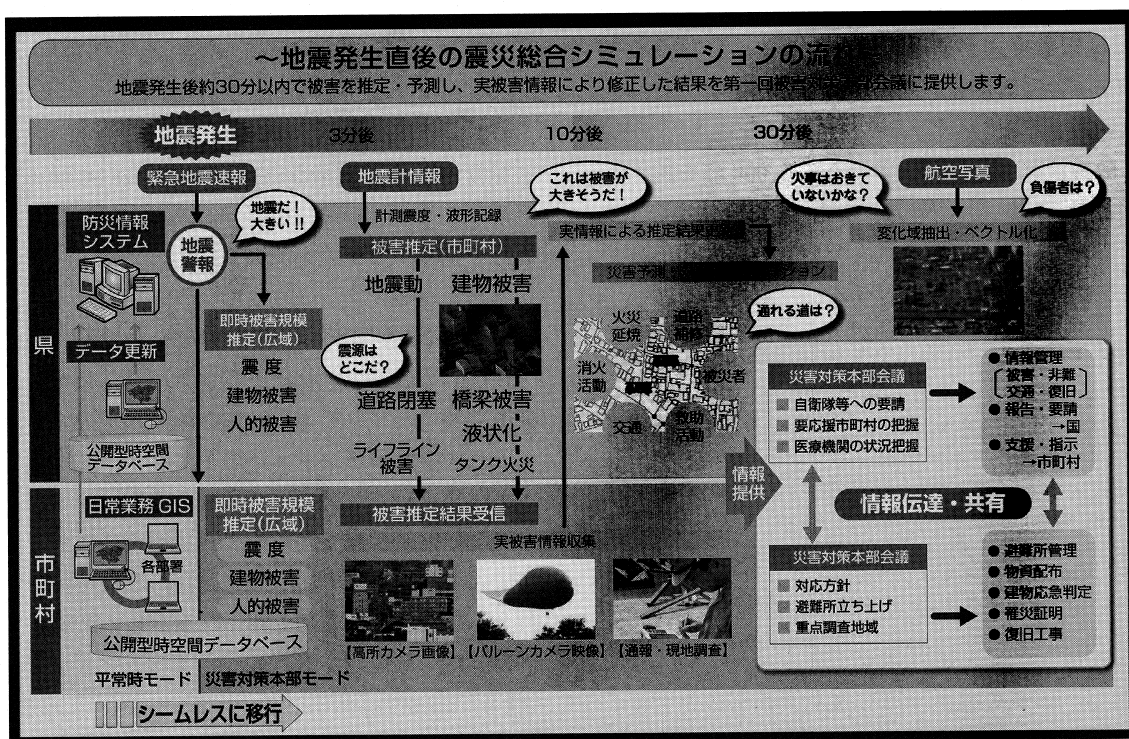


図1 震災総合シミュレーションシステムの開発

と

火災の広がりを考慮した消防力運用や避難誘導など、危機管理担当者の意志決定支援には予測機能が必要。マルチエージェントシミュレーション⁽⁴⁾が有効に適用できる。

5) 提供を求められる情報の時間変化に対応すること

図1のように、県レベルと自治体レベルに分け、地震発生から災害対策本部が立ち上がる1時間後程度までを目途に、必要とされる情報の時間変化に応じて次第に詳細な情報を提供するシステムを開発している。

4. 津波災害総合シナリオ・シミュレータの開発

(1) 近年の津波災害に見られる問題点

津波災害による人的被害の発生は、津波の規模や防災施設の整備状況に加えて、その時点での住民の避難状況により非常に大きな差が生じる。したがって、津波を対象とした防災対策では、従来のハード施設の整備に加えて、災害情報の伝達や避難誘導などにより、住民が的確な避難行動を実施することができる体制を築くことが非常に重要となる。

一方、地域住民においては、公助のみに依存することなく、自らの判断に基づいて迅速な避難など適切な対応行動を実施するという自助や住民相互がともに助け合う共助によって、人的被害の最小化を目指すことが求められる。しかし、2003年に発生した宮城県沖地震後に気仙沼市の住民を対象として実施した調査によると、津波による被害を避けるために避難した住民の割合は僅か1.7%と低いものであった実態が明らかとなった⁽⁵⁾。このような津波災害時の低い避難率や津波警報の軽視などの問題は、これまでも多く指摘されており、これらの問題への対応が求められている。

(2) 津波災害総合シナリオ・シミュレータの概要

筆者は、このような問題に対応するために津波災害時の地域状況を表現するシナリオ・シミュレータの活用を検討している。このシミュレータは、行政による住民への災害情報の伝達から、住民の避難に関する意思決定と避難行動、そして、津波氾濫による人的被害の発生という津波災害時に見られる一連の社会状況を表現する三つのシミュレーションモデルにより構成されている。本シミュレータは、想定される津波の規模や地域の各種防災対策をシナリオとして入力することで、津波災害時の地域状況を総合的に表現し、人的被害規模という単一の尺度で評価することが可能である。このような機能を持つことから、防災計画を検討するための危機管理ツールとして利用できるのに加え、各種防災対策の実施による効果や災害時における住民自らの行動による帰結を分かり易く表現することが可能な防災教育ツールとしても活用できると考えている。

① 情報伝達シミュレーション

情報伝達シミュレーションは、津波警報や避難勧告などの災害情報が防災行政無線の屋外拡声器や広報車、そしてマスメディアといった情報伝達メディアにより住民に対して発信される様子、また情報を受けた住民が口頭や電話による伝達行動を行うことにより災害情報が地域全体に広まって行く様子を表現するシミュレーションモデルである。本シミュレーションでは、情報伝達の^{しつぱい}悉皆性や速達性の指標となる結果を得ることができる。

② 避難行動シミュレーション

避難行動シミュレーションは、災害時において住民が自宅から避難場所まで避難する様子を表現するシミュレーションモデルである。また、このモデルでは、避難の有無や避難準備時間など、避難行動以前の意思決定に関するシナリオについても表現することができる。

このモデルでは、表現する要素の最小単位となる世帯ごとに避難速度、避難開始時刻、避難先を設定することが可能であり、各世帯が指定した時刻になると自宅から避難先に向けて一定の速度で避難する状況が表現される。また、計算に利用する道路の条件を操作することで、一部に通行規制がかけられた場合や、家屋や電柱などの倒壊により通行不能となった状況についても表現することができる。

③ 津波氾濫シミュレーション

津波氾濫シミュレーションは、人的被害の発生状況を求めるために用いられる。本システムにおいて津波氾濫は、行政や住民による社会的な対応から影響を受けない現象として、情報伝達シミュレーションや避難行動シミュレーションとは、独立して計算する構成を採っている。津波氾濫を表現するシミュレーションモデルから得べき情報は、氾濫域や域内の波高や流速であり、地震発生から津波が沈静するまでの間、経過時間ごとにこれらの情報を蓄積したものを一つの外力シナリオとして取り扱う。

④ 情報伝達シミュレーション総合シナリオ・シミュレータとしての機能

本シミュレータの最大の特徴は、各シミュレーション技術の結果を統合して取り扱うことにより、災害情報伝達から住民避難、そして津波の状況までを考慮して人的被害の発生を推計し、その結果をもとにシナリオ分析を実施することが可能な点にある。

情報伝達シミュレーションは、行政やその他情報伝達メディアによる情報伝達状況を表現するとともに、情報の受け手である住民の情報取得状況や住民間での情報伝達状況の表現を行う。ここで得られた情報取得時刻以降、住民は避難の意思決定を行うとともに、避難の準備行動へと状態を変化させる。そして、避難開始時刻となった段階で避難行動を開始する。この部分は、避難行動シミュレーションが担う部分である。避難行動が開始されると、一定時間ご

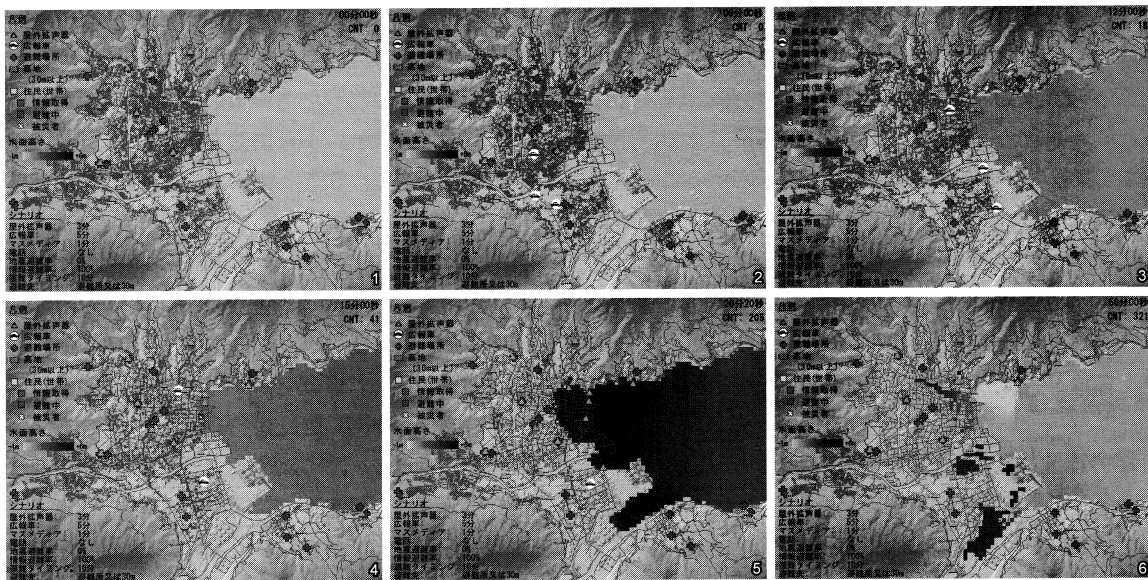


図2 津波災害時の地域状況を示すアニメーション

No.	経過時間	状況
1	0分	地震発生
2	6分	情報伝達メディアにより情報伝達が行われている (情報取得世帯を青で表示)
3	12分	情報を取得した一部の世帯が避難行動を開始(避難世帯を赤で表示) ※この時点での被害者数: 18人
4	15分	海面の上昇とともに河川の遡上が確認される ※この時点での被害者数: 41人
5	20分20秒	津波の襲来により多くの人的被害が発生(人的被害の発生瞬間を黄色の×印で表示) ※この時点での被害者数: 205人
6	50分	津波襲来後 ※この時点での被害者数: 321人

(設定シナリオ) 防災行政無線: 3分後, 広報車: 5分後, マスメディア: 1分後, 電話の利用: なし, 避難タイミング: 情報取得後10分, 避難先: 避難場所又は標高30m以上

とに避難者の分布と津波の氾濫範囲を空間解析し, 津波の氾濫域内に避難者が存在していた場合, 人的被害の発生としてカウントする仕組みとなっている。

(4) 防災教育でのシナリオ・シミュレータの適用事例

図2は, 三重県尾鷲市を対象にシミュレータを適用し作成した津波災害時の地域状況を示すアニメーションからの抜粋である。画面右下の番号順に, 下の表に示す内容を表す場面を示している。筆者らは, 住民を対象とした津波災害の防災教育の中で, このようなアニメーションを教材として活用している。また, インターネットを通じて住民が自由にシナリオを設定しそのシミュレーション結果を閲覧することができるシステムも公開している⁽⁶⁾。

住民は, このようなアニメーションやシステムによる防災教育を通じて種々の津波災害シナリオを仮想的に体感することで, 発生する地震のシナリオにより津波被害の規模や範囲が大きく変化することや, 自分たち自身の対応によって人的被害の発生を大きく軽減することが可能であるこ

とを効果的に分かりやすく学ぶことができる。

このような取り組みの中, 2004年9月5日に発生した紀伊半島沖地震と東海道沖地震では, 尾鷲市全域を対象とした避難勧告が発令された。その後実施された住民調査によると, 沿岸部の一部の地域において避難率が7割を超えるなど, 近年の津波災害では見られない積極的な避難が実施されていたことが明らかとなっている。

5. おわりに

2005年1月に神戸で開催された国連防災会議では, 津波警戒システムの構築などを初めとする国際的な防災戦略の指針となる行動枠組みが採択された。日本国内においても近年多発する地震や, 巨大地震や津波の発生が迫るなど, 国や地方自治体, そして住民個人においても, これまで以上に地域防災の向上に向けた取り組みが求められている。

地域社会の進展に伴い, 災害現象やその被害の発生形態も複雑さを増しており, そのための対策や復旧の実施には, 本稿で紹介したようなシミュレーションシステムの活用が必須となっている。そして, 住民の防災教育という新たな問題に対しても, 有効な技術となることが期待されている。

(平成17年7月20日受付)

文 献

- (1) <http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/>
- (2) <http://www.jishin.go.jp/main/>
- (3) http://www.mext.go.jp/a_menu/kaihatu/jishin/04031203.htm
- (4) http://www.kedm.bosai.go.jp/japanese/seikahoukoku/seika_index.html
- (5) 片田ら: 「住民の避難行動にみる津波防災の現状と課題—2003年宮城県沖の地震・気仙沼市民意識調査から—」, 土木学会論文集, No. 789/II-71, pp. 93-104 (2005)
- (6) <http://dsel.ce.gunma-u.ac.jp/simulator/owase/>