

## 津波減災のための数値解析技術の世界展開

東北大学災害制御研究センター・津波工学研究分野

### 1. はじめに

私どもの研究室は、平成2年に東北大学工学部附属の災害制御研究センターの津波工学分野として設立されました。以来、20年以上にわたり、世界の津波研究のフロントランナーとして歩んできました。我が国は、地震・津波大国であり、「津波」という日本語が「TSUNAMI」として知られるように、幾度もの津波被害とその経験を活かした被害軽減技術の有効性についても国際的に認知されるようになりました。1992年ニカラグア、インドネシアでの津波以降、世界各地で津波災害が多発しており、津波警報システムやハザードマップなどの日本の防災技術や防災システムへの要望が益々高まっていました。低頻度大災害の代表例である津波は、その恐ろしさは理解されつつありましたが、すぐに関心や認識が低くなり、忘れられた頃に再び被害を繰り返すという悪弊を断ち切ることが長期的にみた津波防災上の課題でした。その中で私たちは、これまでの活動を通じて、科学的な評価に基づいた防潮堤・防波堤などのハード対策と避難計画、啓発活動などソフト対策を融合して実践することの重要性を指摘し実践していました。

2011年東日本大震災では、巨大津波により我が国に甚大な被害が発生し、2万人近くの尊い人命が失われてしまいました。津波の想定方法や予測技術の活用、避難体制など多くの課題が指摘されましたが、新たな防災対策技術の確立、津波評価技術の高度化や啓発活動への要望も益々高まることとなりました。現在東日本の津波被災地では、復旧・復興計画における海岸施設の高さ(施設の防護レベルや最大級津波に対する防護レベル)や性能を議論・検討するために津波数値シミュレーションが活用され、様々なシナリオや案に対して対策の効果を具体的に評価するための基準がつくられつつあります。復旧・復興計画の策定における数値解析の活用は我が国においても初めてであります。

### 2. 津波解析技術の国際移転

津波工学研究分野では、コンピューターシミュレーションを用いた津波の数値計算技術の開発を行ってきました。本研究分野の開発した津波計算技術は、世界に先駆けて実用化され、その有用性は世界の学界のみならず津波予報や災害予測に関わる実務者にも認知されはじめました。

1990年代は、日本とモロッコが共同提案し、国連総会満場一致で採択された国際防災の十年となりました。国際測地学地球物理学連合(IUGG)とユネスコ政府間海洋学委員会(IOC)が共同で「TIME 計画；Tsunami Inundation Modeling Exchange」を開始しました。その中身は、東北大学が開発してきた津波数値計算技術の普及を図るものです。

これは、津波防災・減災対策を必要とする諸国に無償で浸水予測の技術移転を実現する活動であり、技術移転にあたっては、非営利目的とすること、利用上の不具合が生じた場合には災害制御研究センターと相談の上解決すること、成果物にはTIME計画による技術移転の結果であると明記すること、という3つの条件を付しました。

プロジェクトを達成するための特筆すべき目標として以下の3点を挙げています。

- ・単なる解析プログラムの供与ではなく津波解析技術(特に遡上解析)を活用出来るように指導すること
- ・地域でのハザードマップなどを作成し、津波リスクの評価を支援すること
- ・得られた成果を用いて、ハード整備、津波警報システム、避難計画、津波啓発などの活動支援を行うこと。

私たちの開発した津波数値計算技術は、いまではユネスコIOC(Intergovernmental Oceanography Committee)のマニュアルとして出版され、プログラムのソースコードとともに広く使用されています。以

下では、津波数値計算技術移転の活動において実施してきた内容を報告します。

## 2.1 津波解析技術移転のためのマニュアル作成

移転の第一歩として、波動理論に基づく解析の基礎、数値解析コードの説明、必要な入力データ(地形データ、断層パラメータ)、解析結果の表示方法などをまとめたマニュアルを作成しました。英文化においては、ユネスコIOCの支援をいただき、正式なIOCマニュアル(No.35)として出版しています。現在(2011年9月段階)での移転先は、24カ国、51機関に達しています。なお、解析技術の更新や高度化については、国際ワークショップ(1997年、2001年)や国際会議(2000年、2002年)を主催して継続的な検討を行い、さらに津波の発生・伝播のメカニズム解明だけではなく、災害の地域性、共通性などの防災対策の内容を議論してきました。

## 2.2 研修生の受入、津波調査の共同実施

技術移転は、単なる解析プログラムの提供だけでなく、研究・実務を担う人材への育成(研修)も実施しました。IOC、JICA、宮城県海外技術支援などの制度を利用し、海外から若手担い手(人材)を本学に招へいしました。1992年に米国、1993年メキシコ、1995年インドネシア、2000年韓国、2004年以降はタイ、スリランカから、2010年にはペルーからの研修生を受け入れ、技術の習得の指導をしています。さらに、数多くの大学院留学生も本学に進学し、自身の研究活動を通じて津波数値解析への理解を深めてもらいました。彼らが母国に帰国した後は、津波警報システムの検討、ハザードマップ整備、地域での津波教育などの活動のリーダーとして活躍してくれています。

真の津波被害軽減を実現するためには、特に地域での津波被害特性の把握や地域での減災技術の適用が不可欠であるため、津波被害調査・共同研究などを継続的に実施しています、このような活動を通じて、迅速に津波実態及び被害状況を報告し、地域での復旧・復興への支援や防災対策の立案に貢献している。津波災害は、その発生の頻度は決して高くないため、このような結果を整理・公表して、継承していくことが重要であると認識しています。

## 2.3 津波ハザードマップ作成・津波避難計画の支援

津波の数値計算結果はハザードマップや防災マップなどに表示され、予想到達時間も活用することで避難計画にも利用されています。さらに成果の活用についても工夫をしています。津波の計算だけでなくコンピューターグラフィックス(CG)技術の活用を進めており、新聞、テレビ、ラジオなどのメディアを通じて、社会一般の知識・意識向上とともに災害対策・発生時対応の普及に役立っています。津波という災害の理解を助けるために、CGによる可視化は大きな効果を発揮しています。この技術は平成9年11月CVC(日経サイエンス主催Computer Visualization Contest)や平成13年9月サイエンス・ビジュアル・フェスタに入賞するなど、高く評価されました。

## 3. 津波解析技術移転の重要性

21世紀前後から地震活動の活発化に伴い津波が頻発し、沿岸での甚大な被害、特に推定25万名以上の犠牲者が各地で発生しています。今後、津波のリスクは太平洋やインド洋などの地域に留まらず、大西洋、地中海、カリブ海などでも指摘されています。我が国を代表する自然災害である津波災害およびその減災に関する科学的研究および実践的な技術開発の必要性が叫ばれています。

我が国では、三陸沿岸、東海道から南海道などの地域で、明治29年三陸大津波、昭和8年三陸大津波、1960チリ津波、1983年日本海中部地震津波などにより大災害を受け、津波防災・減災は地域の悲願でした。2011年東日本大震災を経験した今、復旧・復興の計画の中で、新たな津波防災・減災のあり方が問われています。さらに我が国では、今後南海トラフでの巨大地震津波の高い発生可能性も示されているところであり、東日本大震災の教訓を踏まえたたゆまない努力が必要です。

国外をみると、過去に津波災害はあったものの、その記録が十分残っていない現状があります。さらに、将来の津波リスクはあるが、専門家が不在であることや体制不足のためその評価を実施することが出来ない地域も多数あります。このような地域において本解析手法の技術移転はまさにニーズに応えた活動であり。実際に、インドネシア、タイ、チリ、韓国、米国、トルコ、ペルーでの過去の津波再現、対象地域でのハザードマップへの将来の津波の浸水域の表示、などに活用され

ました。

さらに、技術移転事業を通じて、基礎理論、プログラムの内容(特に、安定性や精度向上)、入出力データ作成のノウハウ、計算結果の解釈や問題回避が理解出来るように研修プログラムを工夫してきました。解析技術を学んだ研究者がより深く津波数値モデルコード(TUNAMIコード)を勉強し、共同研究を推進することにより、津波関係の学術研究の内容・レベルも高まり、さらに、彼らが地域対象での防災活動の一役を担うようになっていきます。対象地域の地形・土地利用データ及び想定地震などを独自で作成・入力し、自主的な評価・研究の活動も高まってきました。さらに、メキシコでは当時の研修生が中心となり、中南米で必要とされる地域に対して解析技術の普及プログラムも開始しており、活動が世界に広がっています。

#### 4. 災害制御研究センターから災害科学国際研究所へ

東日本大震災という未曾有の災害を経験した私たちは、新たな研究組織「災害科学国際研究所」を設立し、理学・工学だけでなく人間・社会科学、災害医学を加え、東北大学の英知を結集して被災地の復興・再生に貢献するとともに、国内外の研究機関と協力しながら、自然災害科学に関する世界最先端の研究を推進することになりました。災害制御研究センターも組織としての役目を終え、全ての教員が災害科学国際研究所に異動しました。

震災後に課題として挙げられた、新たな津波評価のあり方、1000年規模の津波災害にも対応する沿岸部の多重防御策、津波防災対策におけるハード・ソフトの役割の見直し、継続的な津波防災教育や減災を目標とする社会システムの構築など、特に新しい以下の視点を取り入れて、活動に取り組んでいきます。

- ・巨大地震・津波規模の発生メカニズムの解明
- ・減災への知見・科学的データの蓄積と解析技術の精度向上
- ・実際調査および結果、震災教訓の共有化
- ・人的・専門的支援のサポート
- ・地域と協働し、復興への実践を支援出来るシステムづくり

災害の規模は、自然の営みによる外力の大きさと、私たちの社会の脆弱性の関連で決まります。大きな津波の発生には時間間隔があり、街や社会状況も変わるために、災害は進化します。東日本大震災の教訓を踏まえ、これからの復興や対策をどう講じていくか、それに応えることが私たちの課題です。

東北大学大学院工学研究科災害制御研究センター・津波工学研究分野  
東北大学名誉教授 首藤 伸夫  
東北大学災害科学国際研究所 副所長・教授 今村 文彦  
東北大学災害科学国際研究所 教授 越村 俊一