

# 1. 津波細密評価に関する研究 ～浅水理論解析と3次元流体解析による連結津波シミュレーション～

伊藤忠テクノソリューションズ株式会社 藤原 了  
 // 唐木田 泰久  
 // 是永 真理子  
 // 佐藤 暁拓  
 // 田向 剛  
 // 金 伝栄  
 // 臼井 嘉哉

## 1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震以降（3.11地震）、巨大津波に対する防災対策（インフラ施設設計及び候補地選定、津波災害避難経路策定など）を進める上で、津波シミュレーション技術の重要性は増している一方で、陸域構造物に対する津波遡上破壊力を含む現象に対する津波解析の精度が、十分ではなかった点が指摘され始めている。本研究では、津波解析の精度を向上させ、各重要インフラ施設の防護設計に資することを目的として、海洋津波解析と3次元流体解析による連結津波シミュレーション<sup>1)</sup>について紹介する。

## 2. 連結津波シミュレーションの概要

連結津波シミュレーションでは、津波現象に内在する様々な階層スケール性を考慮し、各物理スケールに対してそれぞれ効率的な複数の計算スキームを連結させた計算手法である（表1）。

表1 津波現象の階層スケール性

対象物	スケール	解析
地震断層帯	～100km	広域・非線形長波解析 1200～5mメッシュ
海域水深	<5km	海洋津波伝播の評価計算負荷（軽）
内陸部 インフラ施設など	～10m	局所・3次元流体解析 ～1mメッシュ 陸域対象構造物周辺の津波遡上分析及び波圧分布評価

## 3. 海洋津波伝播解析

海洋津波伝播解析は、浅水長波理論に基づく有限差分法により行う<sup>1)</sup>。次に、津波解析から3次元流体解析へ向けて局所スケール解析領域設定（福島県相馬港周辺）を行い、水位及び流速等の物理量を受け渡す（図1(c)）。

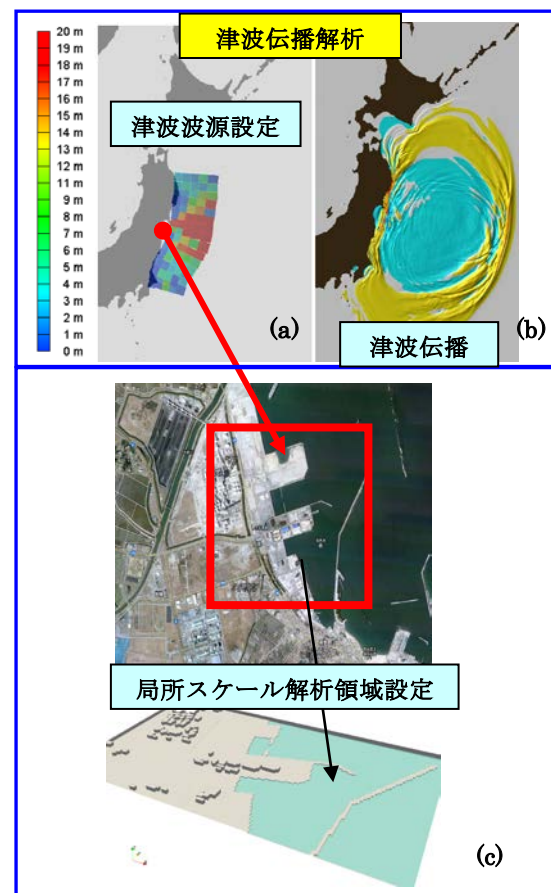


図1 (a) 海洋津波解析領域及び波源モデル<sup>2)</sup>、  
 (b) 地震発生後の海洋津波水位スタンプショット、  
 (c) 3次元流体解析用・局所領域設定

#### 4. 3次元流体解析

相馬港周辺の3次元流体解析(図1(c)赤線領域)は、非構造格子有限体積法ベースの3次元汎用流体解析コードFINAS/CFD(3次元流動支配方程式:非圧縮性流体の質量保存及び運動量保存式;速度-圧力連成手法:SIMPLEC法;津波自由表面:VOF法)<sup>1)</sup>を用い、FOCUSシステム<sup>3)</sup>による並列計算を行った。

3次元流体解析では、局所的な水流の巻込や落下、越堤等の3次元流体現象を表現でき、津波の衝突、遡上、引波時の波圧を直接的に評価できる。

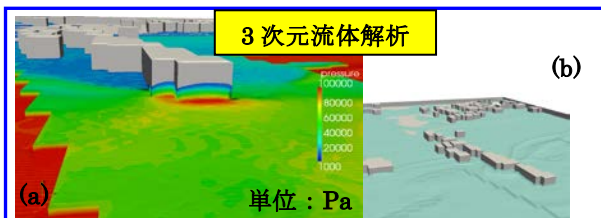


図2 (a) 波圧分布, (b) 局所スケール津波遡上水位

#### 5. 今後へ向けた連携と高精度化

##### (1) 連結津波計算と構造解析との連携

今後へ向けた連結津波シミュレーションの拡張としては、津波波力を考慮した構造解析との連携にある。それにより、実際に有限断層としてモデル化された巨大スケールの波源モデルから励起される海洋津波の津波遡上破壊力を評価し、局所スケールの重要インフラ施設の破壊解析までを一元的に評価することができる。

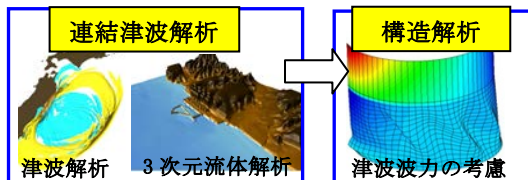


図3 連結津波解析と構造解析の連携

##### (2) 地震津波断層モデルの高精度化

巨大地震に起因する陸域津波遡上過程については、陸域付近の複雑な伝播効果に加え、波源モデルの性質にも大きく影響される<sup>4)</sup>。我々は津波解析のスイッチとなる断層モデル

の高精度化を図るため、CT スキャンの原理を用い、破壊進展を考慮した3.11地震の断層モデルを観測津波波形や観測地震波形から構築している。これにより、過去の解析<sup>1)</sup>で用いた(破壊進展を考慮しない)静的津波波源モデル<sup>2)</sup>よりも、高精度に津波観測波形を説明できるようになっている<sup>5)</sup>。

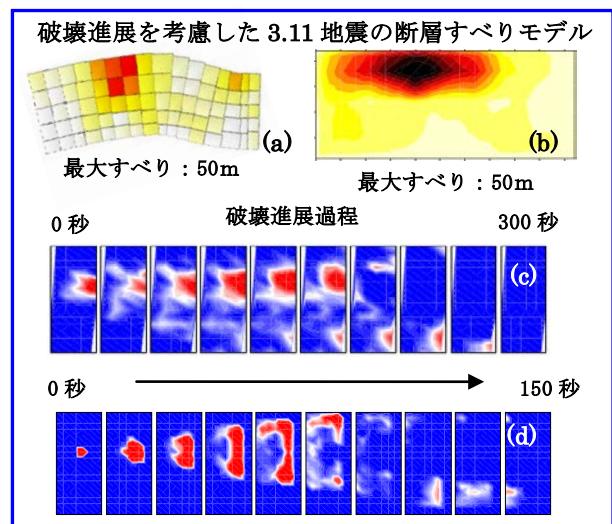


図4 破壊進展を考慮した3.11地震断層モデル  
(a) (c) 津波波形インバージョン解析による<sup>5)</sup>,  
(b) (d) 遠地・地震波形インバージョン解析による

#### 参考文献

- 1) 藤原了, 唐木田泰久, 國司晴生, 秋山伸一, 田宮貴洋, 是永真理子, 佐藤暁拓, 田向剛, 臼井嘉哉, 金伝栄, 中村均 (2012): 非線形長波理論解析と3次元流体解析との連結による津波シミュレーションの開発, 第17回計算工学会
- 2) Fujii, Y. et al.: Tsunami Source of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, *Earth Planets Space*, Vol.63, pp.815-820, 2011.
- 3) 財団法人計算科学振興財団, <http://www.j-focus.or.jp/>
- 4) 藤原了, 田宮貴洋, 是永真理子, 秋山伸一, 國司晴生 (2013): 津波波源モデルの違いによる津波挙動の差異の評価, 2013年日本地球惑星科学連合大会
- 5) 藤原了, 是永真理子, 田宮貴洋, 秋山伸一 (2012): 震源断層面の形状を考慮した津波インバージョン解析, 日本地震学会2012年秋季大会