

断層破壊伝搬を考慮した津波遡上解析の必要性

九州大学大学院	学生会員	○仲矢直樹
九州大学大学院	正会員	浅井光輝
徳島大学	正会員	馬場俊孝
海洋研究開発機構	正会員	縣亮一郎
海洋研究開発機構	正会員	堀高嶺
東京大学	正会員	市村強

1. まえがき

東日本大震災においてマグニチュード 9.0 という我が国観測史上最大の巨大地震、大津波が発生し、東北地方の沿岸部を中心に、甚大かつ広域的な被害をもたらした。最大クラスを想定した災害への備えが不十分であったことが指摘されており、大規模地震の被害想定、対策の見直し、「減災」の考え方を防災の基本理念として位置付け、想定し得る最大規模の浸水等への対策以下の措置が講じられている¹⁾。減災のためには、津波による沿岸地域への安全性・危険性を把握することが重要であり、特にソフト防災の一環として行う津波防災地域づくりにおいては、浸水域が的確に推定できる手法が必要となる。

上記の目的のために実施する津波シミュレーションの実務においては、鉛直方向に平均流速と静水圧を仮定する浅水長波方程式に基づいた2次元差分法が採用されている。この2次元解析を実施するには、初期水位の入力が必要となり、事前に地殻変動量を算定しなければならない。この地殻変動量の予測方法としては、現在 Okada 式が用いられることが多い。Okada 式では、食違い弾性理論を用いており、この理論は、地表面は水平とし、地盤は均質で連続的な地質構造であり、一様で等方な半無限弾性体を仮定することで導出されている²⁾。しかし、実際には地盤は不均質性や不連続性、非一様性等を有しており、この仮定に基づく予測では、実際の現象とは乖離する可能性が否めない。また、Okada モデルでは、地殻変動量の時系列変化を考慮しておらず、最終変動量を推定してから、そこまで時間と共に線形に変動することを想定することが多いことから、これらのモデル化が「想定し得る最大規模の浸水」となる保証はない。

そこで、本研究では、地層構造の不均質性を考慮した FEM により地殻変動解析を実施し、空間・時間ともに変動する地殻変動量に伴う水位変動を考慮した解析を実施することにした。その際、従来の最終的な地殻変動量を線形的に与えた場合、時系列ごとの地殻変

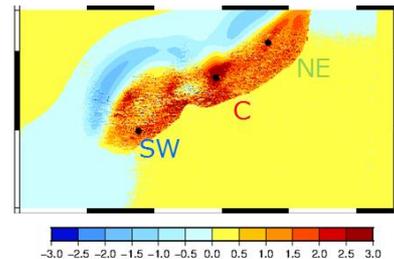


図-1 最終変動量分布 (Mw9.0)

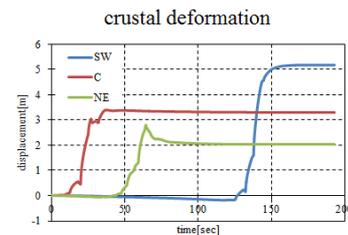


図-2 地殻変動量の推移 (Mw9.0)

動量を与えた場合の両者を比較検討した。この際の地震シナリオについては、地震発生サイクルプログラム (RSGDX) により、Mw9.00 及び Mw8.62 となるシナリオを抽出し採用した。

なお、数値実験の対象領域は、南海トラフ地震時に甚大な被害が予想されている高知県高知市とした³⁾。

2. 数値実験モデル

2次元津波解析には、海洋研究開発機構が開発した JAGURS⁴⁾を用いた。JAGURS は、Navier-Stokes 方程式を長波として近似した式を有限差分法により解くことで、津波の波源からの伝搬、陸地や河川への遡上を計算することができる。本研究では、計算コストを削減するため、対象としている高知県高知市周辺のみ解像度を上げるよう、ネスティングを行った。本研究では、6つの領域を設定しており、解像度はそれぞれ、18 s, 6 s, 2 s, 2/3 s, 2/9 s, 2/27 s としており、時間間隔は 0.05 秒とした。なお、水位変動推定に用いた地殻変動量の算定に用いた FEM 解析の詳細については、参考文献 5)を参照されたい。

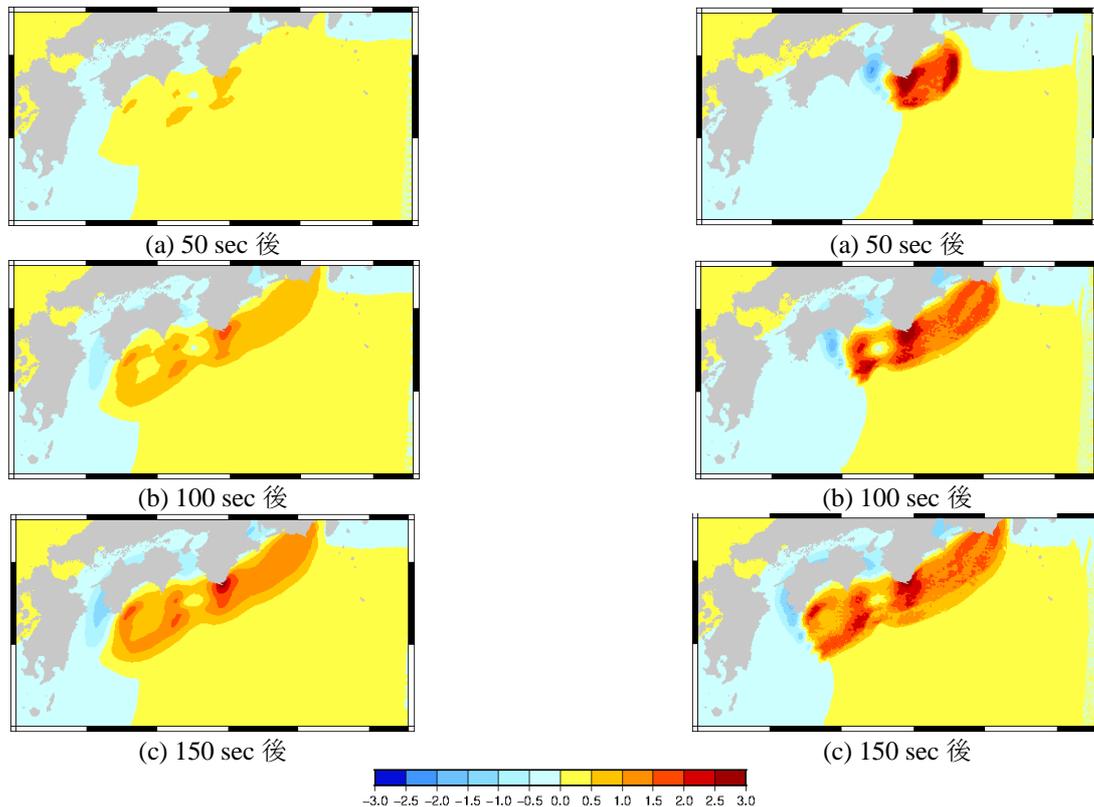


図-3 線形的に与えた場合の津波伝搬 (Mw9.0)

図-4 時系列に与えた場合の津波伝搬 (Mw9.0)

3. 数値実験結果および考察

図-1 に Mw9.0 のケースでの最終変動量の分布, 図-2 に地殻変動量の推移を示す. この変動量を入力とし, 図-3 に最終的な地殻変動量を線形的に与えたケースでの津波伝搬の様子を, 図-4 地殻変動量を時系列に与えたケースでの津波伝搬の様子を示す. 図-3 は, 初めに生じた水位変動の領域で水位が時間と共に線形的に水位が上昇している. これに比較し, 図-4 は, 水位変動領域も時間と共に変化し, その変動も不連続である. たとえば, 図-4 は, 波が発生地点から北東方向に進展し, その後, 南西方向に進展するという傾向が確認できるが, 図-3 の線形的に与えるモデルでは, このような現象を再現することができない. FEM による地殻変動解析結果は場所・時間と共に線形的に広がるものではなく, 津波伝搬にも大きな影響を与えていることが確認できる. また, FEM による地殻変動解析を用いた場合の波高の方が大きくなっていることから, 「想定し得る最大規模の浸水」の想定の見直しの必要性を示唆した結果となった.

4. まとめ

通常の津波解析では, 断層モデルを推定し, 断層の破壊伝搬速度を仮定することで断層を連続的に破壊させ, それに基づき Okada 式により地殻変動を予想したものを入力していた. 本研究では, 地震サイクルシミュレーションにより断層破壊のシナリオを解析し, 断層面でのすべりを入力とし, また海底の地層構造を適切にモデル化した FEM により地殻変動量を解析した. 以上のプロセスにより断層破壊伝搬から地殻変動までを物理モデルとしてモデル化し, これをシミュレーションした結果を入力情報とし, 津波解析を実施した. 今回の数値実験においては, 時間と共に線形的に変動することを仮定した結果よりも FEM 解析により時系列に逐次与えた場合の津波規模の方が大きくなる傾向が得られ, 断層破壊シナリオを適切にモデル化した結果を用いて津波解析を実施する必要性を示した.

参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局海岸室 国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部海岸研究室: 浸水設定の手引き (平成 24 年 10 月 ver2.00) .
- 2) Okada : *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.82, No.2, pp.1018-1040, 1992.
- 3) 高知県: 高知県沿岸における津波浸水想定説明資料, https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/bunkakai/dai49kai/dai49kai_siryou2-5.pdf (2017 年 1 月 5 日参照) .
- 4) Baba et al : *Pure and Applied Geophysics*, 172, pp3455-3472, 2015.
- 5) Ichimurra et al : *Journal of earthquake and tsunami*, Vol. 11, No.5, 18pages, 2017.