

## 論文審査の結果の要旨

氏名 王 宇晨

大地震に伴う津波の早期予測を通じた災害軽減は喫緊の課題である。本研究は、近年、日本周辺及び世界の海域に設置が進む沖合津波観測網によるリアルタイム津波データと先端的な津波解析・シミュレーション技術とを結合するデータ同化手法の適用により、沿岸に到来する津波のリアルタイム予測の実現を目指すものである。本論文は7章からなる。

第1章は、イントロダクションであり、地震波や津波データに基づく津波早期警報手法の現状と分類、津波数値計算の基礎方程式とその適用範囲、データ同化手法とその津波データへの適用、国内外の沖合津波観測網の整備状況、リアルタイム津波検出法をレビューし、本研究の目的へと導いている。第2章では、津波伝播のグリーン関数を用いた津波データ同化手法、並びにそれに基づく即時予測手法を開発し、2012年 Haida Gwaii 地震と 2004年 紀伊半島沖地震の、線形・非線形津波方程式に基づく津波即時予測を通じて、その有効性を検証している。第3章では、沖合観測網が粗い場合の津波観測データの線形補間によるデータ同化の高精度化について議論し、2004年 Sumatra-Andaman 地震のシミュレーションデータ、2009年 ニュージーランド沖地震の観測データに適用して、その効果を評価している。第4章では、津波の自動・リアルタイム検知に向けた新たな信号処理法 (EEMD 法) の利用を提案し、巨大地震の大津波から中規模地震の微小津波の観測データを用いて、その検出性能を詳しく評価している。第5章では、本研究の成果を統合化したリアルタイム津波予測システムを構築し、2016年 福島県沖地震の観測データを用いた津波予測実験により、その有効性を議論している。第6章では、津波早期警報システムの実現に向けた研究開発の方向性と、津波防災に向けた将来展望を論じている。第7章の結論では、以上の研究成果を統括している。

観測データ同化に基づく津波の早期予測は、従来の初期波源からの津波伝播の評価に基づく予測と比較して、精度と迅速性共に優位性が高く、また海底火山噴火や地滑り等を起源とする非地震性津波にも対応可能な革新的な技術である。早期警報のためのリアルタイム予測の実現には、線形長波方程式又は線形分散波方程式に基づく津波伝播計算時間が大きな課題であった。本研究では、要求される計算速度等を検討し、最適内挿法を用いた高速なデータ同化手法と、予め計算した津波伝播のグリーン関数を組み合わせることで、リアルタイム予測の実現に成功した。また、沖合での津波伝播特性を考慮した津波波面の空間補間法を開発し、津波の波長よりも観測点間隔が粗い状況下での津波データ同化の精度を高めた。さらに、EEMD 法を採用したリアルタイム津波検出手法の開発により、見逃しや誤検知を抑えた、実用的な津波予測システムの実現に目処を付けた。そして、研究開発の成果を統合化した津波早期警報システムを、日本海溝海底津波観測網 (S-net) の設置後最初に観測された 2016年 福島県沖地震の津波データに適用し、その高い性能を検証した。

以上のように、本研究は、沖合津波観測データ同化に基づく津波早期警報の実現に向けた、データ同化・高速予測手法、津波補間法、リアルタイム津波検出法を通じた総合的な開発研究であり、その成果は津波災害軽減のみならず、地震動を含めた幅広い物理現象の未来予測と自然災害軽減に著しく貢献するものである。

なお、本論文の2章～6章は、前田拓人、佐竹健治、Aditya R. Gusman、Mohammad Heidaradeh、Heng-Yi Su、Anne F. Sheehan、Rodrigo Cienfuegos、Marco Quiroz、Paula Navarrete、三反畑修、篠原雅尚、酒井慎一との共同研究の成果として、これまで7編の論文として国際学術雑誌から出版されたものであるが、論文提出者が主体となって開発、解析及び検証を行ったもので、その寄与が十分であると判断する。

したがって、審査委員一同は、論文提出者に博士 (理学) の学位を授与できると認める。