

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：82627

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）

研究期間：2018～2021

課題番号：17KK0138

研究課題名（和文）津波波源推定における2大手法の統合化研究

研究課題名（英文）Development of the unified method of tsunami source inversions

研究代表者

高川 智博（Takagawa, Tomohiro）

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・港湾空港技術研究所・グループ長

研究者番号：30451785

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 10,400,000円

渡航期間： 11ヶ月

研究成果の概要（和文）：津波波源推定における2大手法であるインバージョン手法と時間逆転イメージング手法を組み合わせた統合手法の開発を実施し、テストケースにおいて従来のインバージョン手法に対し14%の精度向上を達成した。この手法は観測波形データの時間逆転イメージングを活用して、基底波源を生成することで、精度向上を図っているが、データに応じて基底波源が変わるために計算時間がかかる点が早期予測の障害となっていた。最終年度にはこの部分の計算効率を大幅に高める手法を開発し、統合手法の早期予測への応用に大きく前進する成果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

津波波源データの逆解析方法に関して2つの新技術を開発したことが学術的な意義である。ひとつは、逆問題を線形化して解く際に用いられる基底を、観測データに基づいて事後的に生成する新手法の構築である。これにより、津波波源の推定精度と波形予測精度が向上した。もうひとつは事後基底を用いる際に必要なグリーン関数の計算時間を極めて短時間で行うことが可能な波形合成法の開発である。これにより、事後基底に基づく高精度な津波波源の予測を短時間で実行見通しが得られた。これらは観測データに基づく高精度な津波情報の発信に資する成果である。津波被害の軽減につながることを期待され、社会的な意義は大きい。

研究成果の概要（英文）：We developed an integrated method that combines two major methods for tsunami wave source estimation: the inversion method and the time reversal imaging method. In a target test case, we achieved a 14% improvement in accuracy over the conventional inversion method. This method generates a basis wave source using time reversal imaging of observed waveform data to improve accuracy, but the computational time required to change the Green's function of basis wave source depending on the data had been an obstacle to early forecasting. However, we developed a method that greatly improved the computational efficiency of the evaluation of the Green's function and made significant progress in the application of the integrated method to early forecasting.

研究分野：海岸工学

キーワード：津波 波源 インバージョン

1. 研究開始当初の背景

近年、津波の沖合観測網が世界的に拡充されている。これは、2004年インド洋津波や2011年東北津波による甚大な災害の経験から、津波の直接観測に基づく早期警報の重要性が広く認識されたためである。こうした高度なデータを活用し、適切な警報の発令・更新・解除を行うためには高精度な津波予測手法が必須である。この高精度津波予測の要となる技術が、波形データから津波の初期状態（津波波源）を復元する「津波波源推定手法」である。

津波波源推定法には、波形インバージョンと時間逆転イメージングという2つの手法がある。波形インバージョンは、全体的な波形の予測精度が高いが、津波のピークを過小評価しやすい欠点がある（図1）。一方、時間逆転イメージングはピークの再現性が高いが、医療用CTの解析技術として発展したことから、津波観測網のように観測点が偏在する場合（図2）に予測誤差を適切に評価する方法が未確立で、過小評価のリスクが認識できない欠点があった。

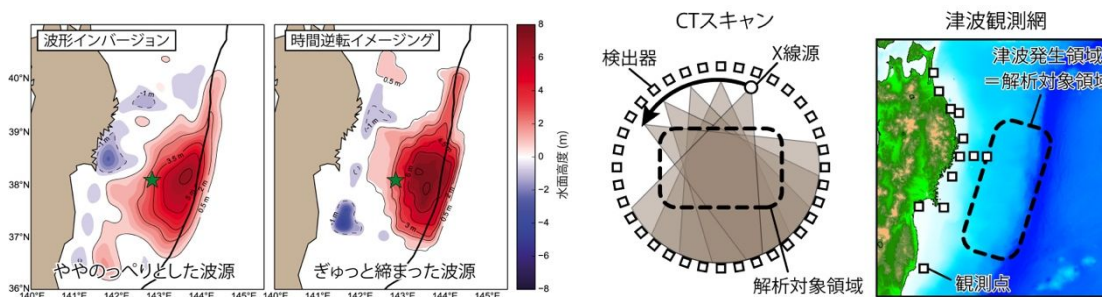


図1 波形インバージョンと時間逆転イメージングによる波源推定結果の例。後者は医療用CTの解析技術を応用しており、局所的な構造をシャープに復元することができる。

図2 時間逆転イメージングは医療用CTのように検出器が解析対象を等方的に囲む系を対象に発達した。一方、実際の津波観測網は解析対象の一方に偏っている。

2. 研究の目的

本研究では、時間逆転イメージングの先駆者、Phil Cummins 教授と共同研究を行い、2つの波源推定手法の利点を活かした新しい津波波形解析手法を開発する。2つの手法を階層ベイズモデルにより統合することで、波形のピークの再現性が高く、かつ、予測誤差も適切に評価可能な優れた波源推定手法を構築する。これにより、基課題の研究成果をさらに発展させ、津波の予測精度、特に甚大な災害を引き起こす津波のピークの予測精度を格段に向上させることを目的とした。

3. 研究の方法

研究開始当初は、波形インバージョン法と時間逆転イメージングの2つの手法を両方行い、それらを階層ベイズモデルによって結びつけ、両者の重みを観測データで最適化する方法を計画していたが、これでは両者の中間的な結果しか得られず、思うように波源の推定精度が向上しないことがわかった。問題は波形インバージョンを線形化するために事前に設定する基底波源のセットにあった。この設定が、津波波源をうまく近似するものであれば波源の推定結果が高精度になり、津波波形の予測精度が向上し、最大水位を適切に予測することができるようになるが、基底波源の近似性能が低いと、予測精度も低下してしまうのである。そこで、波源内部の近似精度が高い時間逆転イメージングを活用して近似性能の高い基底波源を生成し、この基底を用い

で波形インバージョンを行うという 2 段階で推定を行う手法を考案した。これを基本的な津波波源推定問題に適用したところ、事前に規則的に配置した基底波源による方法に比べて波源の推定精度が 14%向上することが確認された (図 3)。

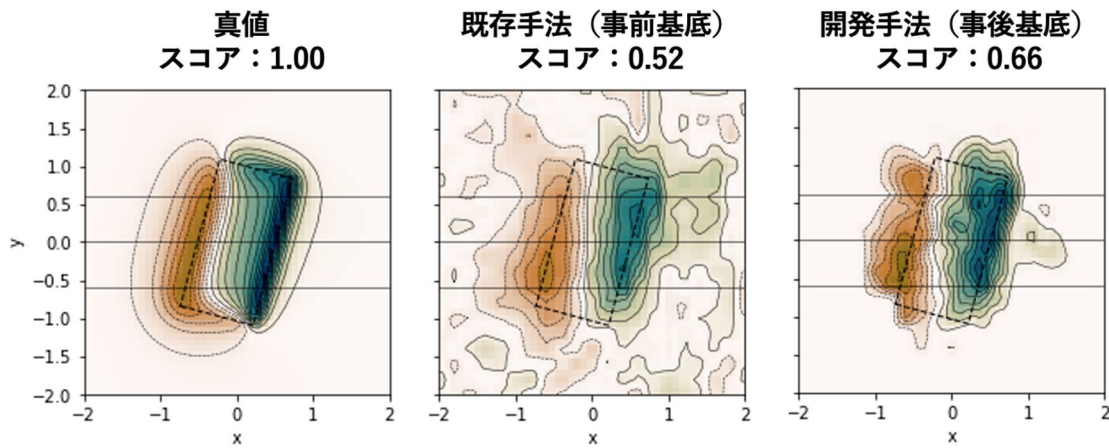


図 3 波源インバージョンのテストケースの結果比較

4 . 研究成果

事後基底を活用することで波源インバージョンの精度が向上することは確認されたが、観測データにともなって基底の位置や形が変化すると、グリーン関数を計算し直す必要が出てくる。津波伝播は通常地形の影響を強く受けるためグリーン関数は津波シミュレーションによって求められ、計算時間を要する。この計算を事後基底の決定後実施すると即時的な予測情報として活用することは困難になる。これが事後基底を用いる際の大きなデメリットとなるが、本研究ではさらにアジョイントシミュレーションの計算結果を用いて任意の事後基底によるグリーン関数を極めて短時間 (通常のシミュレーションの 1 億分の 1 の時間) で求めることができる新たな方法を開発した。これにより、高い精度が期待できる事後基底に基づく津波予測が短時間で実施できるようになった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Takagawa, T. and P. Cummins
2. 発表標題 TRI-based tsunami source inversion
3. 学会等名 The 23rd International Congress on Modelling and Simulation, Canberra, Australia, 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	フィル カミンズ (Phil Cummins)	オーストラリア国立大学・Research School of Earth Science・Professor	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
オーストラリア	The Australian National University		