

審査の結果の要旨

氏名 舘畑 秀衛

本論文は、全7章から成っている。第1章が「緒言」、第2章で「津波の逆解析の理論」、第3章で「単純な津波波源での実験」、第4章で「観測点ネットとしての流速観測と観測点配置の実験」、第5章で「GPS 波浪計の水平動を用いた流速観測と逆解析」、第6章で「観測点配置の最適化」、そして第7章で「結論」を述べている。

第1章では本論文の研究の意義として、我が国の津波防災技術の特徴づける沖合設置型津波計とそれを利用した津波波源逆解析の技術を、アジア諸国に展開することであると定めている。多大なコストがかかることから、経済力の低いアジアの国々での展開は現実的でないため、より設置と運用が簡便なシステムを構築することが目標となる。本研究の目的は、

(1)従来の水位のみを用いた波源逆解析に流速を追加して水位・流速観測データを利用する解析に拡張すること

(2)沖合設置型津波観測網の観測点の最適配置を行って観測点数を削減することである。

第2章では、観測データの種類を水位・流速の3成分とし、同時に、波源における初期値も3成分へと既存の手法を拡張した波源逆解析の定式化を行った。また、実装するための数値解析手法の詳細について説明している。津波予報は迅速性が重要となるため、津波発生から解析開始時間までが短く、かつ、少ない観測点数の観測網の構築を前提として、従来の最小2乗解法に代わる、最小ノルム解の使用を提案している。また津波逆解析のデルタ関数に対応する単位波形の作成法に関して、数値分散ノイズを低減する三角錐型の単位波源の提案を行っている。

第3章では、理想実験による、手法の妥当性を検討している。いくつかの単純な津波波源と等水深(400km×800km×水深 1000m)の数値実験水槽を用い、仮想的な水位・流速観測データの逆解析を行った。水位と流速データを用いることで、少ない観測点でも波源推定の曖昧さがなくなることを示した。通常、津波の波源逆解析では、発生時の流速の初期値を一律にゼロとするが、初期値がゼロではない、発生時刻に時間差のある複数の断層による大津波は、過去に実例がある。この様な津波に対して流速の初期値を受け持つ単位波源と、初期水位を受け持つ単位波源の2種類があることは、有用である。

第4章では、3章同様の数値実験水槽を用い、複数の観測点を配置した観測網を構築した場合に、水位・流速観測網が水位のみの観測点と配置に対して、確かに逆解析の精度が向上することを確認し

ている。特に、水位・流速の3成分観測では、津波波源の上に観測点が位置する場合に精度向上の効果が高く、波源から離れた **Far-field** での観測点配置では精度向上の効果が低いことを確認した。

第5章では、係留ブイの運動から、津波を推定する可能性について検討している。311 東北津波時の三陸沖の GPS 波浪計の水平変位の記録は希少な観測であるが、津波流速観測記録に相当するデータと考えられる。ブイの運動を流速に変換する試みとして、ランプドマス法を用いて数値シミュレーションを試み、係留索と海底との摩擦など、課題を明らかにした。また、実測された水平変位の記録から直接流速に換算して波源の逆解析を試みたところ、再現された流速推定が観測と良く一致することが示された。

第6章では、実際の三陸沖の海底地形と 311 東北津波の断層モデルを用いて、特定の津波事例に特化した最適観測点配置と、発生海域の範囲だけを指定し任意の津波に平均的に良い推定を可能となる場合の、2通りの最適化のアルゴリズムを検討している。第4章で、波源の真上の海域への水位・流速観測点の配置が高精度化に有効であることを示したが、ひとつの観測点の寄与が十分大きいと、逆に観測点密度が低く配置される最適化が行われることが示された。後者では、グリーン関数であるデータカーネルの行ベクトルを状態ベクトルとし、観測点同士の状態ベクトルの平均的な直交性に注目して観測点を選択する最適化手法を提案している。その結果、日本海溝の様に大水深海域での観測点密度が若干低くなるという、新たな知見が得られた。これは、津波の伝播速度が水深に依存するからである。311 東北津波を契機として設置された日本海溝海底地震津波観測網 (**S-net**) と比較すると、津波の発生から 10 分程度の短い解析時間という制約下では、水位のみを用いる逆解析に対して水位・流速逆解析手法では、約 1/3 程度の観測点数で **S-net** と同等の精度が得られることを示している。

本研究により、水位・流速観測データを利用する波源逆解析手法の基礎理論が導かれ、数値計算による理想実験でその妥当性が検証された。また、効率的な観測地点の配置を求める手法を考案し、東北沖の観測網について新しい提案を行っている。よって、本研究の目的は達成されたと考えられる。

以上により、博士（環境学）の学位を授与できると認められる。

以上 1969 字