

論文審査の結果の要旨

氏名 和田 良太

本論文は6章からなる。第1章は Introduction、第2章は Extreme Value Estimation Method、第3章は Inference of Likelihood、第4章は Likelihood-Weighted Method、第5章は Application to Wave Data、第6章は Conclusion となる。

本論文では、有義波高の極値推定手法の提案を行っている。100年再現期間有義波高値等の極値推定は、健全かつ効率的な海洋構造物の設計に必要不可欠である。提案された Likelihood-Weighted Method (以下、LWM) は、有義波高データの量及び質が限られる海域において、極値推定の不確実性を定量的に表現できる手法である。

第一章では、有義波高の極値推定に伴う不確実性を議論している。極値推定は発生しうる最大値を統計的に推定するため、高い精度の推定を実現するには長期間データを要する。台風通過海域における極値データは有義波高の全体頻度分布の外挿では表現できず、独立同分布の仮定を満たす為には台風イベントのみを抽出した解析が必要となる事を観測データから示した。こうした海域では推定に利用できる極値データは少ない。極値データの質と量は海域により異なり、推定には知識不足による大きな不確実性が発生する。また極値には自然のランダムさによる不確実性も存在する。本論文の目的は、有義波高の極値推定における不確実性の定量化である。

第二章では、極値推定に関する先行研究の課題を明らかとした。最尤法、モーメント法、合田の手法、ベイズ推定等の既存手法について信頼区間に着目して評価した。極値データが限られる有義波高の極値推定について、定量性、客観性、実用性の観点で不確実性を評価できる推定手法はなく、新たな推定手法の必要性を示した。

第三章では、尤度を利用した信頼区間の評価手法を提案した。尤度に基づく手法では非正則関数に対するパラメータ制約が課題となるが、グループ尤度の利用により克服した。グループ尤度はデータの信頼性を推定において陽的に扱えるという優位性もある。グループ尤度、プロファイル尤度、対数尤度比を組み合わせた手法から信頼区間の定量的な評価が可能である事を数値実験で検証した。極値分布の形状パラメータの分散を取り扱うことのできない合田の手法の課題を明らかとした。

第四章では、LWM の提案を行っている。同手法はベイズ推定に基づき、グループ尤度と一様事前分布を利用した推定手法である。両者を極値推定に導入する点に新規性があり、その有効性と効率性の検証を行った。モンテカルロシミュレーションで発生させてランダムデータによる数値実験から LWM の推定結果が信頼区間を定量的に評価していることを示した。また数値的な実装において、従来のベイズ推定手法に用いられるマルコフ連鎖モンテカルロ法より 200 倍以上計算効率の優れた手法になっていることを示した。LWM により定量化された各パラメタの信頼性を利用し、確率によって重み付けされた期待極値分布を提案した。期待極値分布は知識の不足と自然のランダムさによる不確実性の両方を表現する分布となっている。

第五章では、実波浪観測データに対して LWM による極値推定を実施した。日本沿岸における約 10 年分の有義波高データからの極値推定では、従来の海洋構造物設計では考慮されてこなかった大きな不確実性が示唆された。同じく台風の通過海域にあるメキシコ湾では、近年発生している大きな有義波高が極値推定の不確実性を考慮する事で説明できる事を示した。また期待極値分布を利用する事で、従来の最尤推定量のみに着目した手法と比べて極値の表現に優れているという結果を得た。

海洋構造物で考慮すべき波浪荷重は、有義波高の極値だけでは推定できない。しかし、この不確実性の大きさは健全な構造設計において考慮すべき信頼性に影響を与える可能性がある。荷重を要素分解した形で信頼性設計を理解、構築していくために、LWM が第一歩となる。

LWM により有義波高の極値推定の不確実性を定量的に扱う事が可能となり、本研究の目的は達成されたと判断する。

以上により、博士（環境学）の学位を授与できると認める。

以上 1602 字