

Two-Dimensional Regular Traveling Waves in Shallow Water and Irregular Ocean Waves

平川, 知明

<https://doi.org/10.15017/1931955>

出版情報 : 九州大学, 2017, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

氏 名 : 平川 知明

論 文 名 : Two-Dimensional Regular Traveling Waves in Shallow Water and Irregular Ocean Waves (2次元規則浅水進行波と不規則海洋波)

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、水波に関するものであり、内容は**規則波**と**不規則波**に大別できる。規則波の研究は、3次元2重周期進行波に関するものである。不規則波の研究は、波力発電の今後の発展を念頭に、九州近海で期待できる波エネルギーの賦存量を計算したものであり、Green Asia Programの一環として行ったものである。

<規則波に関する研究>

水波の関わる現象は、津波対策、護岸・海岸堤防の設計などに関連して重要であるが、現象の完全な理解には未だ至っていない。中でも、津波のような浅水波を理解することは重要だが、強い非線形性によって表面変位が尖った波を、水波の基礎方程式から直接解を求めることは、数値計算であっても極めて困難であり、これは数値流体力学分野における一つの課題と一般に捉えられている。

水波の基礎方程式に長波長近似などを課すことによって得られる Kadomtsev-Petviashvili (KP) 方程式は、浅水波の相互作用を表す方程式として有名であり、厳密解が既に知られていることから、注目されてきた方程式である。KP 方程式の厳密解の精度が比較的良好であることは、過去の実験との比較などを通して示されている。しかしながら、実験との比較は限定的であり、幅広いパラメータ領域で KP 解の精度を検証するには、水波の基礎方程式の直接解と KP 解を比較する必要がある。

以上を踏まえ、本論文では、まず、大振幅浅水波を含む3次元2重周期進行波の数値解を水波の基礎方程式から求めた。次に、求めた直接解と KP 方程式の厳密解を、幅広いパラメータ領域で比較することで、KP 方程式の妥当性を詳細に検証した。本論文によって得られた新知見は以下のように要約される。

- (1) 無限水深の波に対する Okamura (2010)の数値計算方法を、有限水深の波に対するものに拡張した。その結果、これまでになく大振幅かつ水深の浅い直接解の計算に成功した。これは本研究における最大の成果である。
- (2) KP 方程式は、弱非線形性・弱2次元性・弱分散性の3つの仮定を水波の基礎方程式に課すことで導出される。これらの仮定が成り立たない場合に KP 解が直接解からどの程度ずれるかが、KP 方程式の妥当性を知る上での焦点であり、本論文ではこれが定量的に示されている。また、直接解と KP 解の比較を通して、KP 方程式の持つ弱非線形性と弱2次元性の仮定が成り立たなくなると、KP 解の表面変位の精度は位相速度の精度よりも悪化しやすいことが確かめられた。一方で、水深が深くなり、KP 方程式の弱分散性の仮定が成り立たなくなる場合は、表面変位の精度よりも、位相速度の精度の悪化が顕著に現れた。

- (3) Yeh et al. (2010)は、KP ソリトン解の弱2次元性の補正方法を提案している。この補正を周期解に適用した結果、位相速度の精度は若干改善されるだけであったが、表面変位の精度に関しては劇的な改善が見られた。

<不規則波に関する研究>

東北復興プロジェクトの一環として、岩手県久慈市では波力発電の実験が行われている。東京都神津島でも三井造船が波力発電の実証実験中である。波力発電を実用化するには、沿岸の波エネルギー賦存量と波の統計的性質を過去の長期データから調べる(波気象追算)必要がある。九州沿岸に関しては、海上風長期データを基にした波気象追算から十分な考察を行った例はこれまでにない。

以上を踏まえ、本論文では、九州沿岸の波気象を追算し、波力発電の開発や設置に将来的に役立つ波の長期解析結果を提供した。また、過去10年間の海上風データを入力データとして、第3世代海洋波モデルSWANを用いて波気象追算を行った。本論文において得られた新知見は以下のように要約される。

- (1) 波力発電の実用化には、波のエネルギー賦存量を見積もることが重要である。SWANによる追算の結果、九州の南岸は北岸よりも波エネルギーに富んでおり、さらに、宮崎県から鹿児島県にかけての南東沿岸に大きな波エネルギーが存在することが明らかになった。また、九州南東沿岸における強い波エネルギーの大半は、夏季の台風に起因し、年間の総波エネルギーに対して、約半分程にも及んだ。
- (2) 九州の南西沿岸の年間波エネルギーは、南東沿岸のそれには及ばないものの、冬季に限っては、大陸からの季節風の影響によって南東沿岸よりも大きな波エネルギーが期待できることがわかった。これは、九州の南東と南西沿岸の両沿岸で波力発電を行うことにより、安定した電力供給の可能性を示唆するものである。また、九州南東と南西沿岸の各代表地点における、10年間に及ぶ統計データをまとめている。これは、今後の波力発電の設計・設置・調整のための重要な参考データになると期待される。