

審査の結果の要旨

氏名 夏 一青

本論文は6章からなり、第1章は緒言、第2章は従来型翼素運動量理論の理論的背景と修正法、第3章は実験値との比較、第4章は Theodorsen 関数を用いた非定常影響の修正法、第5章は計算結果に関する様々な議論、6章は結論と今後の展望について述べている。

第1章では、文献調査を行い、近年の海洋エネルギーの開発の歴史と種類について整理している。その中で、水平軸タービンを用いて発電を行う潮流発電と海流発電の特徴と相違点についてまとめ、先行する技術として多くの研究成果が挙げられている風力発電との相似点と相違点を明らかにしている。また、一般に計測例が大変少ないとされている黒潮について、流速分布などの文献調査を実施し、海流発電開発において課題となる鉛直流速の分布状況を整理し、せん断流中におけるタービンブレード荷重の予測が大切なことを指摘している。さらに、せん断流によって生じる非定常なタービンブレード荷重の簡易推定法として利用可能な既存の手法を論じ、Theodorsen 関数の利用を提案している。

第2章では、簡易的な計算方法として従来から良く用いられている翼素運動量理論の理論的背景と各種の修正法を整理し、それらを用いた計算コードを作成している。また、これらの修正法の検証値として良く用いられる3枚翼の潮流発電用タービンの実験値との比較により、作成した計算コードの妥当性を検証し、本研究の主題である非定常な翼素運動量に基づく計算構築の基盤を固めている。なお、本章の物理的背景を理解する上で重要な誘導係数や局所迎角等のブレード上の分布を第5章に示している。

第3章では、回流水槽においてせん断流を発生させる装置について検討し、実際にせん断流を発生させている。このせん断流中において実施された2枚翼の海流発電用タービンの発電出力及びスラスト力の実験値と従来型翼素運動量理論値の比較を実施し、発電出力及びスラスト力の時間平均値については、一様流中とせん断流中における差は小さく、従来型翼素運動量理論を用いても、このことが良く推定できることを明らかにしている。また、一枚のブレードの根元における曲げモーメント荷重に関しても計算と実験の比較を行い、ブレードに働く曲げモーメント荷重の平均値に関しては従来型翼素運動量理論で十分な推定が行えることを明らかに

している。

第4章では、2次元の非定常翼理論として有名な Theodorsen の理論をこの問題に対してどのように応用するかを定式化し、ブレードに働く荷重の非定常な成分のうち主要成分であるフーリエ級数第一項に対する数値計算法を示している。また、この計算法による計算結果と2枚翼の海流発電用タービンのブレードに働く曲げモーメント荷重の比較を実施し、従来型運動量理論に対して変動振幅の推定精度が大幅に改善される結果を得ている。さらに、フーリエ成分の位相についても比較を行い、非定常効果の特徴である位相遅れも計算には反映されていることを明らかにしている。

第5章では、3,4章で示した計算結果に対して様々な考察を行っている。まず、Theodorsen の理論で仮定している直線的な後流渦の適用性について考察をしている。そのために、実際のブレードから流出する螺旋状後流渦に近い仮定を用いた Loewy の理論値との比較を行い、計算値に殆ど差異が生じないことを示している。また、4章で示された結果はせん断流の傾斜が比較的小さい場合であったが、実際の黒潮で予想される大きな傾斜を持ったせん断流中での計算の有用性を検討するため、CFD による結果との比較を実施し、大きな傾斜のせん断流中においても十分な精度で推定可能なことを明らかにしている。さらに、高回転数領域における発電出力の計算精度向上についても検討し、ブレード表面の摩擦抵抗を正確に考慮すれば精度向上が望めることを示唆している。

第6章では本論文の成果を纏めている。海流発電は2017年に100kW級の装置の海域実証試験が行われ、現在は商用化に向けて様々な研究開発が行われている。その中で、実海域中の装置の挙動をPC上で再現する運動シミュレータがキー・テクノロジーとなっている。本論文は、その運動シミュレータが長時間のシミュレーションを要求されていることに鑑み、高速・高精度のブレード荷重推定が可能な簡易推定法の確立を目指したものであり、得られた結論は十分に使用に耐えられると考えられる。また、本論文第3、4、5章は高木健との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

よって本論文は博士（環境学）の学位請求論文として合格と認められる。