HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	CFD解析を用いたオッターボードの設計に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	高橋, 勇樹
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(水産科学)
Dissertation Number	甲第11776号
Issue Date	2015-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58609
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Yuki_Takahashi_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（水産科学）　　氏名：高　橋　勇　樹

学 位 論 文 題 目

CFD 解析を用いたオッターボードの設計に関する研究

オッターボードはトロール網の網口を開かせる拡網板としての役割をもつトロール漁業では重要な副漁具であり，過去に様々な形状のオッターボードについて模型実験による研究，開発が行われてきた。これらの模型実験では，模型作成の手間や費用の面から多くの仕様を比較するのは難しく，主要な設計条件について数種類の異なる模型で比較を行うのが一般的であり，オッターボードの形状は経験的に踏襲したものが基本となっていた。これに対して，本研究では CFD 解析(Computational Fluid Dynamics)に着目した。CFD 解析とは，流体に関する運動方程式をコンピュータ上で解くことによって対象物周りの流れを解析するシミュレーション手法であり，工学の分野ではすでに一般的な方法となっている。オッターボードに対しても同手法を用いることで，様々な形状を試行でき，経験則によらない，自由度の高い設計が可能になると期待できる。以上から，本研究ではオッターボード設計の効率化，自由度の向上を目標として，CFD 解析を用いたオッターボードの設計方法を確立することを目的とした。

本研究では，はじめに複葉型オッターボード(福田, 1999)と縦湾曲型オッターボード(e.g., 松田ら，1990)を対象に，CFD 解析の精度を検証した。その後，同解析を用いてオッターボード周囲の流れ場を可視化し，その流体力特性について考察した。また，オッターボードの設計の効率化のために，形状最適化の手法の提案を合わせて行った。最後に，これまでに得られた知見，および提案した最適化手法を用いて新しい形状のオッターボードを提案することで，CFD 解析を用いた開発の一連の流れを示した。

【CFD 解析の妥当性の検証】

複葉型オッターボードと，縦湾曲型オッターボードを対象に，流体力と流れ場の可視化の両面から CFD と模型実験を比較した。複葉型オッターボードについて，その最大揚力係数は推定値と実験値でよく一致し，抗力係数については全ての迎角で実験値とほぼ一致した。また，縦湾曲型オッターボードについて，一部で実験値との誤差が見られたものの，設計パラメータを変えたことによる流体力の増減傾向はよく一致した。また，水素気泡法による可視化実験では，複葉型オッターボードの後方に翼端渦が確認できたが，CFD 解析でも同様の形状の翼端渦が再現できた。以上から，CFD 解析を用いることでオッターボード周囲にできる流れ場と流体力特性の関係を評価することが可能になったといえる。

【CFD 解析によるオッターボードの流体力特性の考察】

複葉型オッターボードと縦湾曲型オッターボードについて，CFD のポスト機能を用いて周囲の流れ場を可視化し，その流体力特性を議論した。複葉型オッターボードについて，前翼と後翼の流体力を抽出した。その結果，低い迎角では後翼で揚力を稼ぎ，迎角が大き

くなると前翼によってその揚力を維持するように働くことが分かった。これは，後翼によって前翼周囲の流れが整えられたことによって，剥離が減少したためだと考えられる。次に，縦湾曲型オッターボードを対象に翼端渦の影響を評価した。オッターボードを高さ方向に分解しそれぞれの流体力を抽出したところ，翼端渦の渦度と各部位の抗力係数との相関をみると，翼端部で強い正の相関が見られた。今後は翼端渦を抑制するように設計することで，翼端渦に起因する抗力を削減できると考えられる。

【多目的最適化を用いたオッターボードの設計手法】

効率的に最適な設計パラメータの組み合わせを見つけ出すために，CFD 解析を基とした，多目的遺伝的アルゴリズムとニューラルネットワークを用いた最適化手法を提案した。同手法を複葉型オッターボードに対して適用し，揚力係数と抗力係数を目的変数とした最適化を行った。最適化したモデルを従来型と比較したところ，全てのモデルで従来型よりも性能が向上した。以上から，本手法を用いることで，効率的にオッターボードを設計することが可能になると考えられる。

【新型オッターボードの提案と設計】

これまでに議論した流体力特性と流れ場の関係を考慮し，新複葉型オッターボードと新縦湾曲型オッターボードを提案した。提案したオッターボードについては，それぞれ従来型のオッターボードと比較すると共に，提案した最適化手法を用いて形状の最適化を行った。以下に提案したオッターボードの概要を示す。

・新複葉型オッターボード

後翼から前翼への整流の効果を最大限得るために，後翼の翼弦長を前翼の 20%のサイズにし，前翼の前方に配置することで補助翼の役割を与えたものを新複葉型オッターボードとした。CFD 解析によってその流体力を算出したところ，揚力係数は従来型よりも下回ったものの，抗力係数は大幅に削減でき，揚抗比も向上した。また，提案した手法によって形状の最適化を行うことで，揚力係数についても従来型に劣らないモデルを設計できた。

・新縦湾曲型オッターボード

新縦湾曲型オッターボードでは，翼端渦を抑制するために翼端板を取り付け，さらに最大反り位置を変化させることで翼後方の傾斜を緩やかにし，剥離の抑制を試みた。新縦湾曲型オッターボードの基本形では翼端部で揚抗比に改善が見られ，全体の流体力特性も従来の縦湾曲型と比較して大幅に改善した。ただし，翼端板を取り付けることで二次元翼の特徴に近づいたことから，急激な失速を招いた。これに対して，形状を最適化した結果では，最大反り位置を前方に配置することで剥離を抑制し，広い迎角で高い揚力を維持できる形状を提案できた。

本研究では，これまでに得られた流体力特性に関する知見と提案した最適化手法を用いて，新しいオッターボードを設計した。その結果，従来よりも優れた性能を持つオッターボードを開発できた。以上から，CFD 解析を用いることで経験則によらないオッターボードの設計ができ，設計手法の一連の流れを示すことができたといえる。

実際の漁業の現場においては，利用する網の規模，漁船のエンジンの馬力等からオッターボードに求められる流体力が変わってくる。こうした問題に対して，これまではオッターボードのサイズを変更することで様々な網規模やエンジン出力に対応してきた。これに対して，本研究における設計では，揚力係数と抗力係数を目的変数とした最適化を行うことで，一つのオッターボードから様々な特性を持つものを提案できる。そのため，網や漁

船規模に適した流体力特性を持つオッターボードを比較的容易に設計でき，それによってオッターボードの小型化が期待できる。結果的に，オッターボードの取り扱いが容易になるばかりでなく，かかる抗力を極力抑えることができるため，環境にも配慮したスマートな漁業の実現に貢献できると考えられる。