HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	網漁具の状態推定と制御に関する基礎的研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	五味, 伸太郎
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(水産科学)
Dissertation Number	甲第14326号
Issue Date	2021-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/81830
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Shintaro_Gomi_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：五味　伸太郎

学 位 論 文 題 目

網漁具の状態推定と制御に関する基礎的研究

網漁具の形状を推定する場合は，それ自体の形状に定まったものがなく，外力によって大変形するため非線形性の強い力学問題として取り扱われる。そのため，網形状や動態を変化させる部材長さやウィンチ操作，船の操船のような制御パラメータについて，どのような操作量を与えればよいか，その最適解を解析的に導き出すことはできず，網漁具の動態制御を行うためには新たな手法の提案が必要となる。そこで，本研究では非線形カルマンフィルタの未知パラメータを同時推定する機能を応用し，観測値に目標となる動態や形状の物理量を入力することで，動態制御に必要な制御パラメータの操作量を推定する。そして，推定された制御パラメータを再度網漁具に適用することで，意図した形状や動態への制御を試みることとした。本研究は，網漁具を意図した形状・動態に制御可能とする基盤的なアルゴリズムを開発し，網漁具の水中動態制御を実現する新しいコンセプトに基づいた制御システムを提案するものである。

【形状制御の基礎技術に関する研究】 第 1 章では, 形状制御に必要な制御パラメータを推定するため，網漁具の水中動態シミュレーションシステム（NaLA システム）とデータ同化手法を統合した制御システムを構築した。当該システムの適用によって，解析的な導出が不可能な網漁具動態の制御パラメータを推定できるか，単純な網形状を制御する基礎的な実験により検討を行った。まず，制御システムにおける非線形カルマンフィルタによる制御パラメータ推定の機能を確認するため，一様流中に設置された平面網地の網裾の深度を制御する実験と，単純なトロール網の網口幅を制御する実験を，数値シミュレーション実験を通して実施した。また，制御システムにより推定される制御パラメータが数値シミュレーション上だけでなく実空間においても機能するか検証するため，一様流中の平面網地の膨らみを制御する実験を，回流水槽を用いて実施した。

これらの網地を主とした基礎的な形状制御実験を通して，当該制御システムを用いて目標形状へと形状変化させるために必要な網の部材長さや固定点の操作量を推定し，再度，形状計算や水槽内の網地にフィードバックすることで，網地形状の制御が可能であることが確認された。カルマンフィルタの推定原理は状態値が正規分布することにより成立することが前提だが，網漁具動態のような非線形システムでは状態値の正規性が失われる上，パラメータ推定のために拡大系を導入することによっても正規性が失われている。しかし，EKF や EnKF のような非線形カルマンフィルタを適用し，観測値として正規分布を持つ目標形状を毎計算ステップで入力することにより，この非正規性の課題に対応することが可能となり，必要な制御パラメータ推定ができたものと考えられた。

【網地に作用する流体力の動的推定と制御】 第 2 章では，前章で構築した制御システムと同様のアルゴリズムで，時間変化する動態を制御目標とした場合でも制御パラメータを推定し，動態を制御できるか検討を行った。網漁具の中でも特に短時間でダイナミックに形状が変化する旋網漁具を制御対象として，網漁具動態を制御するための制御システムを構築した。旋網操業では，漁船の運動や網，魚群の影響により正確な潮流速を取得するこ

とが難しい。そこで，実際の操業中の旋網動態を計測してこれを制御目標とし，制御システムにより潮流速を推定することにより網に働く流体力を制御し，数値シミュレーションにおける算定結果を実操業の網漁具動態に近付ける制御実験を実施した。

旋網漁具は投網開始から網が短時間で展開され，パースワイヤーの巻き上げによって網裾が絞り上げられることで形状が急激に変化し，その動態は特に非線形性が強い。また，漁船に対して網面積が非常に大きいことから，流体力の変化によって網漁具の動態も大きく変化する特徴を有していると考えられる。このような特性の網漁具を対象としても，形状制御と同様のアルゴリズムによる制御システムを適用することにより，制御目標を時間変化する網漁具動態としながら，動態制御に必要な制御パラメータを推定することができた。また，推定された制御パラメータを再度，動態計算にフィードバックすることで，数値シミュレーションの算定結果が実操業の網漁具の動態に近づく結果が得られ，必要な制御が行われていることが確認された。

【揚網量の動的推定】 前章で用いられた制御パラメータとなる流速ベクトルは，人為的に調整することはできない。実際の操業で網漁具動態を制御するには，パースワイヤーのウィンチ操作のような人為的に調整可能な制御パラメータによる操作量を入力することにより制御する必要がある。そこで，第 3 章では制御パラメータとして操業側が調整可能となる揚網速度を推定することにより，網漁具動態の制御が可能か検討した。当該実験を実施するために，これまで環巻き終了段階までの計算アルゴリズムしか与えられていなかった NaLA システムの旋網シミュレーションに新たに揚網アルゴリズムを実装した。旋網漁船では，揚網機によって網が巻き上げられるが，揚網量を計測する機器は装備されていない。そこで，揚網中の網漁具動態を計測して制御目標とし，未知の揚網速度を推定することにより，数値シミュレーションの算定結果を実際の揚網作業中の網漁具動態に近付けるための制御実験が実施された。

揚網量の動的推定実験により，実際の操業では計測されない未知パラメータである揚網速度を制御パラメータとして選択し，実操業の揚網作業中の網漁具動態を制御目標として，必要な制御パラメータが推定された。そして，再度，動態計算にフィードバックすることで，数値シミュレーションによる算定結果を揚網中の網漁具動態へと近付けるよう制御できることが確認された。これにより揚網速度のように操業者側が意図的に調整可能となる操作量を変化させることにより，網漁具の動態制御の可能性が確認されたことになる。

NaLA システムとデータ同化手法の統合により，非線形性の強い網漁具の力学問題において，網漁具の三次元形状やその動態を意図した形状に変化させるために必要な操作量を推定した。また，操作量を形状・動態計算や実際の網にフィードバックすることにより，形状･動態の制御が可能であることを第1章から第3章までの制御実験を通して確認した。これらの基盤的なアルゴリズムにより，三次元的に網形状や動態の制御を行うための足掛かりを得ることができた。これにより，例えば，対象漁具を目標とする水中形状や動態にするには，どの部位にどのような長さの部材を適用すべきか，あるいはどのような操作で操業すべきか等を設計段階で推定することが可能となることを示した。当該基盤技術の実用化は漁具設計の最適化を実現する上で大きな前進をもたらすものと考えられる。これを実現するためには，本研究で行った目標形状や動態に必要な操作量を推定した後，推定された操作量をどのように網漁具に入力していくか等の当該技術を実用化するための要素技術研究開発もさらに推し進める必要があると考えられる。これらの操作量の入力を調整する機構も含めて，はじめて実操業中の網漁具を制御し，意図した形状や動態へと自在に変化させることが可能となるだろう。