
国立台湾大学(台湾) 研修報告書

離散渦法を用いた魚の後流の数値計算

工学研究科 輸送・環境システム専攻 深町 允一

1. はじめに

2019年8月26日から同年9月24日の間、台湾の国立台湾大学にて共同研究を行った。その報告を以下にする。

2. 共同研究課題の決定

国立台湾大学では海底資源探査用に魚の後流の圧力を検知して追従する AUV の研究を行っている。現在、AUV の開発で用いる流体解析は二次元をベースに行っている。一方で、自身は広島大学にて離散渦法を用いた数値計算プログラムの開発を行っている。離散渦法は三次元に拡張が可能であると期待されている。そこで、今回の共同研究課題は離散渦法を用いて魚の後流の圧力を三次元的に計算、検討することである。

3. 共同研究スケジュール

8月26日 出国
8月26日～9月23日 研究、プレゼンテーション
9月24日 帰国

4. 共同研究派遣先の概要

大学名: National Taiwan University
所在地: 台湾 台北
指導教員: Prof. Jenhwa Guo

5. 共同研究内容

5.1 概要

台湾と日本は四方が海に囲まれている国家であり、海底資源に恵まれていると言える。海底資源の探査には様々な機械が用いられているが、国立台湾大学では魚の動きを模倣した AUV の研究を行っている。魚の動きを模倣した動力にすることで、海藻がプロペラに絡まるなどの問題を解決することができる。また、プロペラに比べエネルギー消費も低減できる。また、魚の後流の圧力を検知して追従することで複雑な操作が不要になり、長期間の探索に有利な方法となる。現在、国立台湾大学では魚の後流の圧力は二次元をベースにした数値計算を行っている。一方、自身は広島大学にて離散渦法を用いた数値計算プログラムを開発している。離散渦法は三次元に拡張が可能であると期待されている。また、離散渦法は魚の尾ひれのように動くものが計算対象の場合でも応用しやすいというメリットがある。そこで、今回の共同研究は国立台湾大学が開発している AUV に対して自身のプログラムも用いて計算し、検討を行う。そこで、自身の離散渦法の計算コードを二次元から三次元に拡張を行う。

5. 2 離散渦法

離散渦法とは、渦度の定義式から積分系として導かれる一般化された **Biot-Savart** の式を用い、仮定した渦層から放出された各渦要素からの誘起速度の和として速度場を計算する計算法である。また、流れ場に存在する渦度分布は、渦要素の持つ渦度分布の線形和によって離散化される。

5. 3 数値計算プログラムの妥当性の確認

離散渦法では、流れはポテンシャル流れと渦による誘起速度の和で表される。ポテンシャル流れは境界要素法を用いて、渦による誘起速度は前述した **Biot-Savart** の式を用いて計算する。そこで、境界要素法と離散渦法の数値計算コードを作成した。本節ではそれらの妥当性を確認する。作成した離散渦法のプログラムの妥当性の確認を行うため、長さの違う円柱に対して流速1の一樣流を与え、円柱周りの流速を計算した。計算対象の円柱は直径0.1、長さは0.1, 0.25, 0.5, 1.0の四パターンである。

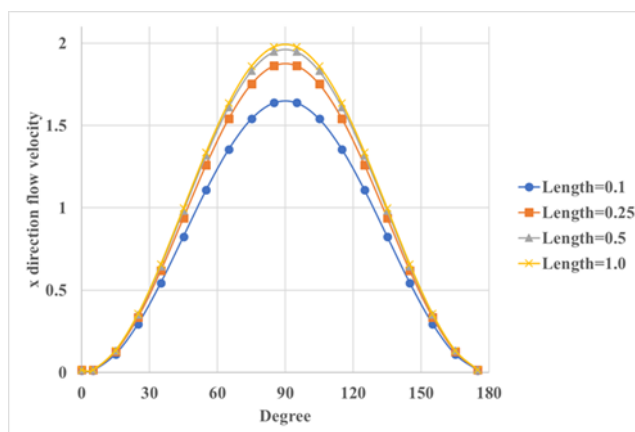


Fig. 1 円柱の長さ別の円柱周りの流速

Fig. 1に円柱周りの流速を円柱の長さ別に示す。円柱が長くなるにつれ流速が与えた一樣流の2倍に近づいていることが確認できる。このことから、境界要素法の計算コードの妥当性を確認できた。

次に、離散渦法の計算コードの妥当性を確認するため、可視化実験の結果が多く報告されている円柱を対象に数値計算を行った (Fig. 3)。直径0.1、長さは1となっており、円周方向に20分割、長さ方向に20分割、上面下面合わせ計420パネル分割している。

今回は、レイノルズ数5000となる一樣流 ($U=0.75$) を与えた。扱う流体は気体を想定し、動粘性係数は 1.5×10^{-5} 、密度は1.2としている。また、時間刻み幅はCFL条件を満たすよう0.01に設定し、400ステップ計算を回した。

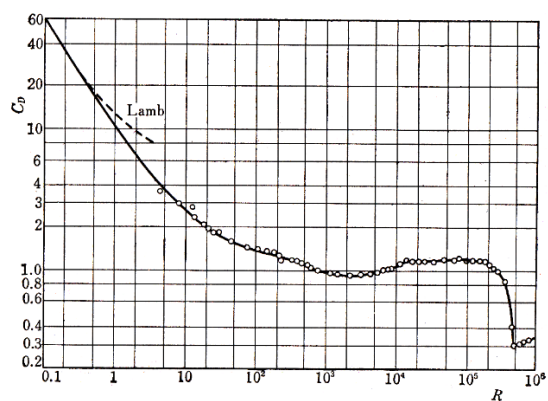


Fig. 2 レイノルズ数別の円柱の抗力係数

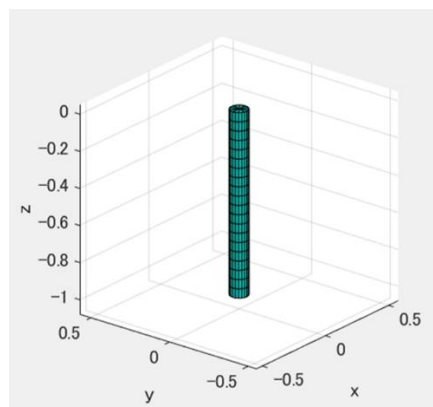


Fig. 3 計算対象

5. 4 結果

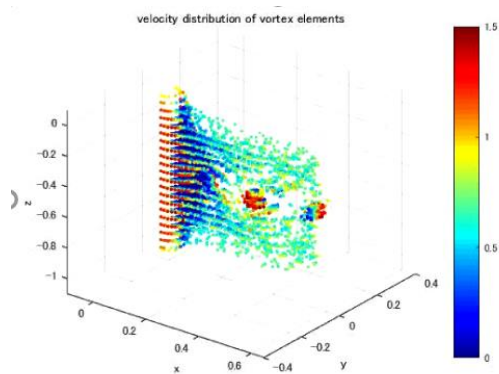


Fig. 4 円柱周りの流れ(Re=5000)

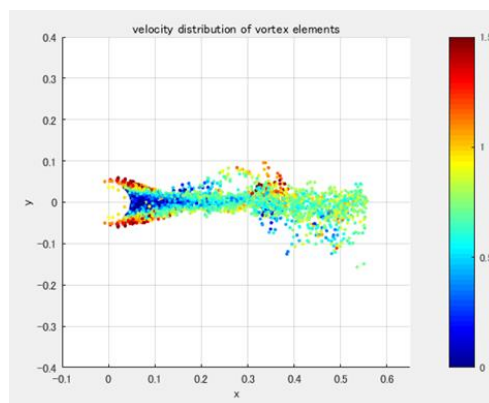


Fig. 5 円柱周りの流れ(Re=5000)

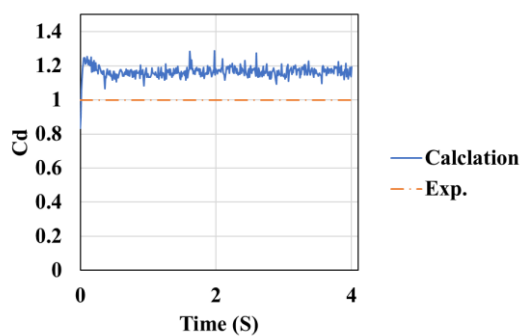


Fig. 6 時刻歴の抗力係数(Re=5000)

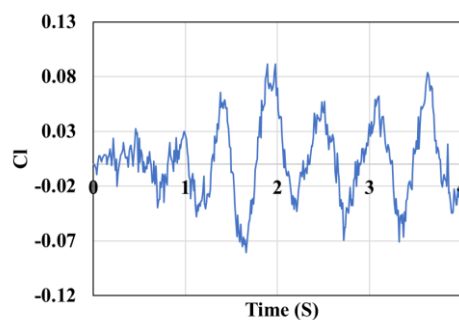


Fig. 7 時刻歴の揚力係数(Re=5000)

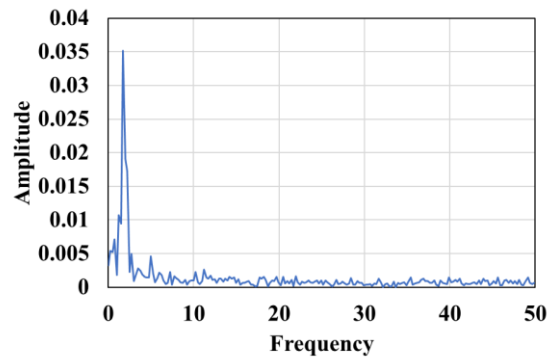


Fig. 8 揚力係数の FFT 解析 (Re=5000)

Fig. 4 に流れ場の様子, Fig. 5 にそれを上から見た図をのせる. また, Fig. 6 に計算された時刻歴の抗力係数, Fig. 7 に時刻歴の揚力係数, Fig. 8 に揚力係数の FFT 解析の結果をのせる, レイノルズ数が 5000 の時, 抗力係数はおよそ 1 となることが知られており, 解析結果は 1.16 と近い値となった. また, レイノルズ数が 5000 の時, ストローハル数はおよそ 0.2 となることが知られている. 発生したカルマン渦から計算されたストローハル数は 0.23 となり, その値に近い結果となった.

6. まとめ

離散渦法の計算コードを二次元から三次元に拡張し, その妥当性を確認するための検証計算を行った. レイノルズ数 5000 の場合, 実験値に近い抗力係数, ストローハル数の計算結果が得られた. しかし, 現在の計算コードでは魚のひれのように計算対象が移動する場合に対応できない. そこで, 今後は更に計算コードの改良素行い移動物体に対応させ, 実際に魚のひれ周りの計算を行う.

7. 謝辞

本研究において, ご指導してくださった Jenhwa Guo 教授, 研究面のみならず現地生活の手助けをして頂いた研究室の学生の方々には, 厚く御礼申し上げます. また, このような貴重な機会を与えて頂いた田中義和准教授, 陸田秀美准教授に厚く御礼申し上げます. 最後に, 海外共同研究プログラムをサポートしてくださいました実行委員会の諸先生方, 学生支援グループ国際事業担当の皆様, 金銭面的にサポートしていただいた両親に深く御礼申し上げます.