
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

2018年8月19日から同年9月17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。しかし、数値計算の結果、魚の後流の圧力に不明な点が残っているのが現状である。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。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の計算方法を検討することとなった。

3. 共同研究スケジュール

8月19日 出国
8月20日～9月14日 研究, プレゼンテーション
9月17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。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。魚の動きを模倣することで騒音を低減し、エネルギー消費も低減できるという利点がある。今回のAUVは魚の後流の圧力を検知し自動で追従するため、魚の後流の圧力を事前に数値計算する必要がある。しかし、計算結果に不明な点があり一度他の方法で数値計算をする必要があった。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。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することとなった。しかし、自身のプログラムは完成して間もない状況であり、簡単な形状かつ固定された物体が計算対象の場合でしか計算できないという問題点を抱えている。そのため、国立台湾大学のAUVに対応させるため、任意形状、移動物体に対しても計算が行えるようにプログラムを改良する必要がある。

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

作成したプログラムの妥当性の確認を行うため、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. 1)。様々な流れで検証するためにレイノルズ数を 10, 5000, 50000 の 3 パターンで計算を行った。計算対象は Fig. 2 に示すような円柱であり直径が 0.1, 長さが 5 である。また、円周方向に 36 分割, 長さ方向に 10 分割, 計 360 パネル分割している。

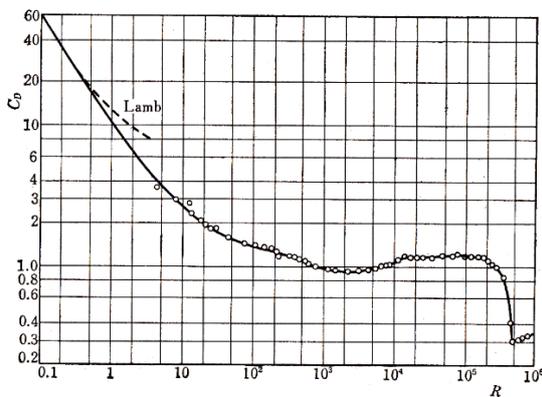


Fig. 1 レイノルズ数別の円柱の抗力係数

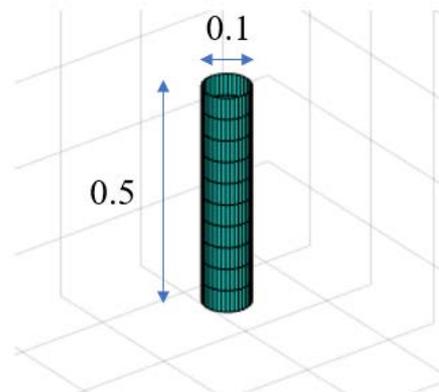


Fig. 2 計算対象

5. 4 結果

レイノルズ数が 10 の場合は渦が見られなかった。(Fig.4 左) また、抗力係数はおよそ 2 となった。(Fig.5 左) レイノルズ数が 5000 の場合はカルマン渦のような流れを確認することができ (Fig. 4 中), 抗力係数は 1 となった。(Fig. 5 中) レイノルズ数が 50000 の場合はレイノルズ数が 5000 の時と比べ、流れが乱れている様子が確認でき (Fig. 4 右), 抗力係数は 1 となった。(Fig. 5 右)

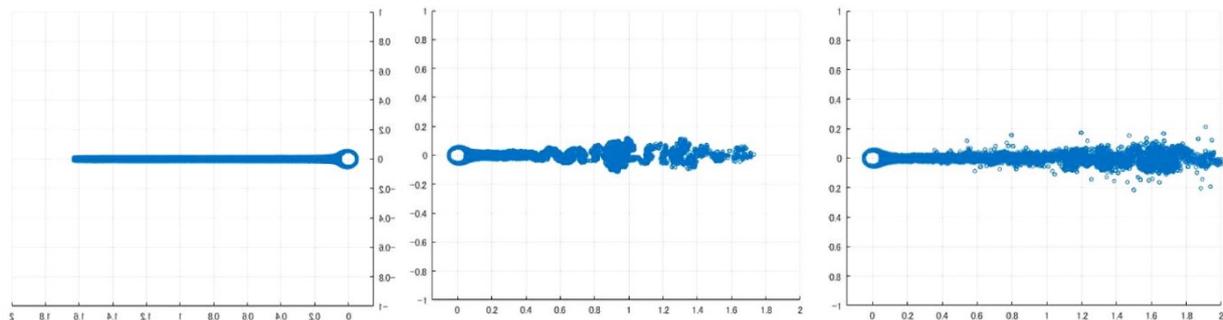


Fig. 4 流れの様子 (左 Re=10, 中 Re=5000, 右 Re=50000)

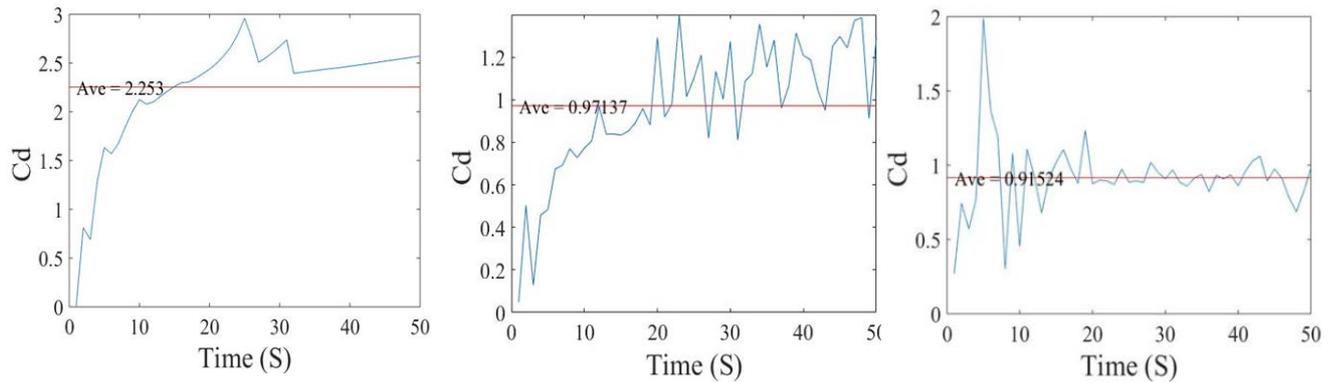


Fig. 5 無次元時間ごとの抗力係数とその平均(左 Re=10, 中 Re=5000, 右 Re=50000)

5. 5 考察

この結果から、流れの様子から定性的に、抗力係数の値から定量的に作成したプログラムの妥当性を確認した。しかし、実験的な検討は行えていないので、今後は更に様々なパラメータを用いて実験的に妥当性の確認をしていく必要がある。

5. 6 任意形状に対するアプローチ

次に、今回の挙げられた改良点を対策する。今回作成したプログラムは円柱に対してしか計算できない。それは、ポテンシャル流れの計算を式(1)、式(2)で表される複素速度ポテンシャルを用いて計算していたからである。そこで、ポテンシャル流れの計算を式(3)、式(4)で表される境界要素法を用いて計算することにより、任意形状に対しても計算できるようになった。

$$W(z) = U \left(z + \frac{a^2}{z} \right) \#(1)$$

$$z = ae^{i\theta} \#(2)$$

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \phi_j(P) + \iint_{S_H} \phi_j(P) \frac{\partial}{\partial n_Q} G(P; Q) dS(Q) \\ & = \begin{cases} \iint_{S_H} n_j(Q) G(P; Q) dS(Q) & j = 1 \sim 6 \\ \phi_0(P) & j = D \end{cases} \#(3) \end{aligned}$$

$$u = \int_S (n_0 \cdot u_0) \cdot \nabla G - (n_0 \times u_0) \times \nabla G \#(4)$$

5. 7 移動物体に対するアプローチ

複素速度ポテンシャルを用いたことにより、物体が移動する場合ポテンシャル流れを時々刻々と計算ができないのが現状である。そこで、前節で述べたような境界要素法を時間ステップごとに解くことによって、計算する対象が移動する場合でもポテンシャル流れが計算できるようになる可能性がある。しかし、プログラムはまだ完成していないため、今後も継続して研究を続ける必要がある。

6. まとめ

約一か月という短い期間での研究だったこともあり、プログラムの改良を進めるだけで実際に AUV の流体計算は未だ出来ていない。よって、今後も研究を続ける必要があり来年度も国立台湾大学との共同研究に参加することを希望している。また、初めての海外ということもあり戸惑うことも多かったが、現地の学生が親切に対応してくれたおかげもあり、ケガも病気もなく楽しく台湾で生活することが出来た。今回の経験で学んだことはたくさんあり、今後の大学生活に活かしていきたい。自身の経験だけでなく、帰国後の報告会などで他国に派遣された学生の話聞くことができ、とても興味深い内容が多くとても勉強になった。

7. 謝辞

本研究において、ご指導して下さった 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。
