

離散渦法による球周りの流れについて

李, 聖旭
九州大学大学院工学府

<https://doi.org/10.15017/1495402>

出版情報：九州大学情報基盤センター広報：全国共同利用版. 5 (3), pp.141-143, 2006-02. 九州大学
情報基盤センター広報
バージョン：
権利関係：



成果報告 3

離散渦法による球周りの流れについて

李 聖旭（九州大学大学院工学府）

1 緒言

港湾や運河のような制限水域において、海難事故がかなりの数にのぼっており、船舶の損傷のみならず、積荷の原油などが流出して海洋汚染や環境破壊の原因となった例が多く挙げられている。

一般的に海難事故について分析する時、人間、船舶の固有性能及び環境の三つの要素の関係が最も大切な要素として指摘されている。特に、港湾や運河のような制限水域においての海難事故はこれらの三つの要素の関係がより密接になっているため、事故の分析が困難である。これは船体に働く流体力及び干渉力などが環境要素としての水深の影響を受けて大きく変化し、船舶の固有操縦性が変わり、操船が困難になるからである。言い換えると、事故の分析時、原因が操縦者の責任か船舶固有性能あるいは環境による天災地変かの判断が難しくなるためである。従って、制限水域における船舶の操縦性に関して、多くの研究者がCFD(Computational Fluid Dynamics)、細長体や揚力面理論などを用いて船体に働く流体力に関する研究を行っている。しかし、制限水域における操縦特性の研究においては流体力のみならず、干渉力なども重要である。これらの干渉力や流体力をともに含め、理論的に研究するのは現在の段階では非常に困難で時間や経費がかかる。また船型による制限水域におけるの操縦特性に関する研究はほとんど発表されていない。

従って、本研究では制限水域における船の操縦性能と船型要素の間にどのような関連性があるのかを明らかに調べるために理論計算による船体周りの流れ場の計算を目的とし、その初期段階としてより簡単な形状である球について離散渦法を適用して計算法の妥当性を検討する。

2 離散渦法

離散渦法[1][2][3]とは、粘性流れ場に存在する渦度について、その分布を微小な渦要素で離散的に表現し、この渦度場の時間変化を解析することで、非定常な流れ場を解析するものである。この手法の代表的な特長として、流れ場への格子形成が不要、比較的簡単な手順で計算が可能、解析結果から物理現象の理解が容易であることが挙げられる。ただし、このような特長が存在するにもかかわらず、一昔前の渦法には、渦の流出位置を予め指定する必要があるなど、実用上の問題があり適用対象が限られていた。しかし、ここ数年で数理的な研究が進展し、渦の流出に関して新たな取り扱いが登場するなど、その実用性が改善された。その結果、噴流や剥離非定常流れなど、工学問題への応用が数多く試みられ、実際に研究成果が報告されている。そして、次

世代のCFDを担う有力な手法として、現在注目を浴びつつある。

3 計算条件および結果

計算対象とした球は、図 1 のように $y-z$ 平面を赤道面として経度方向、緯度方向それぞれ10, 20分割した平面パネルで表面を構成しており、レイノルズ数を1000とした一様流中での解析を行った。また、計算の時間刻み幅は無次元時間 $t' = t \cdot U / L = 0.05$ であり、 t は実時間、 U は一様流流速、 L は球の直径である。

一般的に球まわりの流れはレイノルズ数により複雑に変化することが知られており、多くの研究者によって渦放出や後流における渦構造の変化が報告されている[3]。特に図 2 に示すように、 $3 \times 10^2 < Re < 1 \times 10^3$ のレイノルズ数領域における球後流の渦構造については、可視化写真およびスケッチにより明確に示している。図 2 に示す可視化実験において、球後方の流れは乱流化した後流渦が交互に大きく変動しながら流下する様子がみられる。図 3, 4 に示す本研究の計算結果においても、多少、差はあるが、このようなレイノルズ数による後流渦構造の変化が捉えられたと考えられる。また、本研究では計算時間の短縮のために九州大学の高性能演算サーバとCOW(Cluster Of Workstation)型のPCクラスタを用いて並列計算を行った。

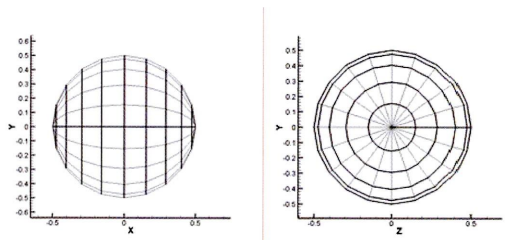


図1: 球表面の分割

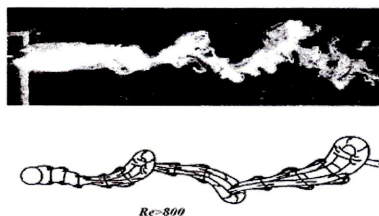


図2: 球後流における渦構造の可視化写真およびスケッチ[3]

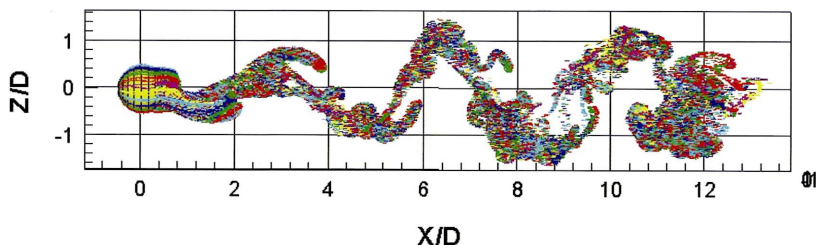


図3: 離散渦要素分布による球まわりのフローパターン($x-z$ 平面)

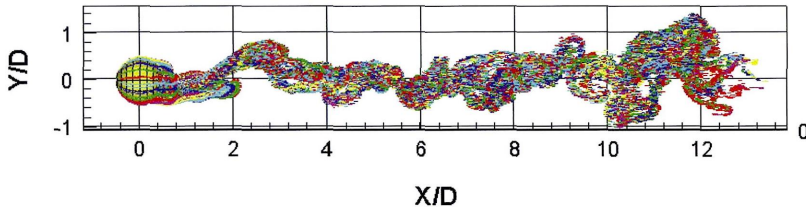


図4: 離散渦要素分布による球まわりのフローパターン(x-y平面)

4 結言

本研究において、流れ場を解析する手法として離散渦法を用い、球を対象にして解析を行った。船体まわりの流れ場を解析する目的の第一段階として、十分ではないが有効な手法であることを確認したと考えられる。今後、渦のモデルを改めて検討することで、精度良く流れ場が解析可能な手法に発展し、船体周りの流れ場解析に有効なツールになると考えられる。

参考文献

- [1] 亀本 喬司: “乱流モデルとしての渦法の発展性(前編: 渦法の基礎を考える)”, 数値流体力学第2巻 第1号(1993年10月)
- [2] 亀本 喬司: “乱流モデルとしての渦法の発展性(後編: 渦法で流れを捉える)”, 数値流体力学第2巻 第2号(1994年1月)
- [3] 小島 成: “渦法のターボ機械三次元非定常流れ解析への応用に関する研究”, 博士学位論文, 2001年1月