

Title	物体を過ぎる粘性流体の流れに関する研究
Author(s)	中林, 幸三郎
Citation	大阪大学, 1990, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2174
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名・(本籍)	なか 中	ばやし 林	こう 幸	ぎぶ 三	ろう 郎
学位の種類	工	学	博	士	
学位記番号	第	8982	号		
学位授与の日付	平成2年2月28日				
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当				
学位論文題目	物体を過ぎる粘性流体の流れに関する研究				
論文審査委員	(主査) 教授	三宅	裕		
	教授	中村喜代次	教授	辻	裕

論文内容の要旨

本研究は、比較的高レイノルズ数に於ける物体を過ぎる流れのナビエ・ストークス方程式に基づく数値解法とオゼン方程式に基づく解析解の確立を追求したものであり、本論文は、球および円柱を過ぎる一様流と円柱を過ぎる一様せん断流の流れの研究から構成されている。

第1章は、序論で、上述の流れの過去の研究の総括と本研究の意義を述べている。

第2章では、オゼン流れの解析解の比較的高レイノルズ数までの数値計算を可能にし、一様流中の円柱および球の周りの流れ、流体力などを明らかにしている。また、流れのレイノルズ数展開による解を求めている。

第3章では、一様流中の球を過ぎる流れの高精度数値解を得るための外側境界条件と計算領域の大きさについて検討し、外側境界条件の設定のために流れ方向の軸をもつ単一のオゼン源を用いることを提案し、このとき計算領域の大きさを最も小さくすることができることを明らかにしている。

第4章では、第3章の試みを円柱の場合について行い、計算領域の大きさを最小とすることができる外側境界条件の設定法は球の場合と同じであること、その数値計算が困難である場合には今井の漸近解が有用であることを明らかにしている。

第5章では、一様流中の球と円柱の周りの流れについて第2章のオゼン解と第3章、第4章の数値解を詳細に比較検討し、オゼン流れの解析解の適用限界を明らかにしている。また、この解を数値解析の初期値として用いて逐次近似を行うとき、比較的高レイノルズ数まで高精度の数値解が得られることを示している。

第6章では、一様流中の円柱の周りの流れについてオゼン解を出発値とするナビエ・ストークス方程

式の解析的な逐次解を求めている。

第7章では、一様せん断流中の円柱の周りの流れについて、流れ場で圧力が一価になることを条件とする新しい境界条件の設定法に基づく数値解法を提案し、従来の結果を修正する解を得ている。

第8章では、一様せん断流中の円柱の周りの流れについて、円柱近傍の速度場を支配する運動方程式を線形化し、シアパラメーターを含む項の効果をオゼーン解を基にした逐次解法によって調べ、解析解を求めている。さらに、解析解から第7章に得た結果を確認し、速度勾配の効果を明らかにしている。

第9章では、第8章で求めた逐次解の中に一様せん断流のポテンシャル解が含まれることに着目し、それらの解をオゼーン方程式の一般解に加え、オゼーン方程式の非対称な解を誘導している。

第10章では、第2章から第9章までの研究成果を総括している。

論文の審査結果の要旨

本研究は、物体を過ぎる流れをできるだけ高レイノルズ数領域まで拡張して解析する事を可能にするために、ナビエ・ストークス方程式に基づく数値解法の確立とオゼーン方程式に基づく解析解の構築を追求したものである。この為に、本論文は、球および円柱を過ぎる一様流と円柱を過ぎる一様せん断流を取り扱っており、主な成果は次のとおりである。

- (1) オゼーン流れの解析解を拡張し、比較的高レイノルズ数までの数値計算を行い、一様流中の円柱および球の周りの流れ、流体力などを明らかにしている。また、これらの結果をナビエ・ストークス方程式の数値解^②と詳細に比較検討し、オゼーン流れの解析解の適用限界を明らかにしている。また、小さいレイノルズ数領域でより有利に流れ場や流体力の計算が可能となるレイノルズ数展開に基づく解析解を求めている。
- (2) 一様流中の球を過ぎる流れを支配するナビエ・ストークス方程式の高精度数値解を得るために外側境界条件と計算領域の大きさについて検討し、外側境界条件の設定のために流れ方向の軸をもつ単一のオゼーン源を用いることを提案し、このとき計算領域の大きさを最も小さくすることができることを明らかにしている。また、同じ試みを円柱の場合について行い、計算領域の大きさを最小とすることができる外側境界条件の設定法は球の場合と同じであること、その数値計算が困難である場合には今井の漸近解が有用であることを明らかにしている。
- (3) 一様流中の円柱の周りの流れについてオゼーン解を出発値とするナビエ・ストークス方程式の解析的および数値的な逐次解を求め、解析解は従来の解より高精度であること、数値解は比較的高レイノルズ数にいたるまで高精度を保ち得る事を明らかにしている。
- (4) 一様せん断流中の円柱の周りの流れの数値解について、流れ場で圧力が一価になることを条件とする新しい境界条件の設定法に基づく数値解法を提案し、従来の誤った結論を修正する数値解を得ている。

一方、この流れについて、円柱近傍の速度場を支配する運動方程式を線形化し、シアパラメーターを含む項の効果をオゼーン解を基にした逐次解法によって調べ、解析解を求めている。この解析解を用い

て上述の数値解の結論を確認し、速度勾配の効果を明らかにしている。また、この逐次解の中に一様せん断流のポテンシャル解が含まれていることに着目し、それらの解をオゼーン方程式の一般解に加え、オゼーン方程式の非対称な解を誘導している。

以上のように本論文は、物体の周りの流れの基本的な場合としての球および円柱を過ぎる粘性流れに関して、高次精度あるいは新形式の解析解を求めるとともに、より高精度の数値解を求める手法を提案しており、その成果は工学的に重要な、物体を過ぎる流れに有益な新しい技術と知見を提供し、寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。