

論文審査の結果の要旨

氏名 濱崎 勝俊

本論文は、「非定常流れの時間空間における特徴抽出法と低レイノルズ数流中の翼型への適用に関する数値的研究」と題し、本文6章と付録から成っている。

第1章は序論であり、研究の背景と目的を述べている。着陸時の大迎角飛行など、航空機は剥離を伴う流れを利用することがあり、その安全性には、機体周りの流れ場が時間と空間でどのように変動しているかを知る必要がある。近年、数値流体力学（CFD）と計算機の発達により、時間と空間ともに高分解能な流れ場のデータが得られるようになってきている。一方、実験においても、感圧塗料などの面計測技術により、物体表面であれば、時間と空間の両方で高い解像度のデータを得ることが可能になりつつある。いずれも、データ量が大きく、時間空間における重要な特徴を抽出し、可視化する手法の確立が望まれている。また、非定常流れでは、局所的に時間遅れが生じることがあり、それがヒステリシスなど特異な空力特性の原因のひとつとなることが知られている。以上を踏まえ、筆者は、非定常流れ場の特徴として、表面圧力分布における局所時間遅れに着目し、その空間構造を可視化する新しい手法（相関マップ）を提案している。それを2次元翼型まわりの非定常流れの数値解析結果に適用し、有用性を実証している。

第2章では、解析対象となる流れ場のデータを得る手法について説明している。提案する手法は、実験と計算、どちらの結果に対しても有用であるが、妥当性を検証する際に非定常流れ場の観察がしやすいCFD結果を対象としている。流れ場は2次元とし、流線型形状の代表としてNACA0012翼型を、複雑な折れ曲がり形状としてコルゲート翼を選んでいる。いずれも非定常非圧縮性層流ナビエ・ストークス方程式を高精度で数値解析しており、迎角をパラメータとして、単周期的変動や多重周期変動を含むものまで様々なサンプルデータを得ている。相関マップでは表面圧力分布の時間変動データのみを使用し、時間空間全データを使った流れ場観察で得られる特徴が正しく捉えられているかを検証する。本手法は流れ場が単周期で局所的位相遅れを伴って変動している状況を仮定しており、乱流など高レイノルズ数でのカオス的流れには適用することができない。そのため、対象とする流れ場のレイノルズ数は10000と低い値が設定されている。

第3章は提案する相関マップ作成法の詳細である。ここでは、表面上の任意のデータ点を2個とり、それらの時系列データを調べる手法として相関関数を用いることが提案されている。相関関数は時間遅れに対する相関値として定義されるが、その最大値を与える時間を2点間の時間遅れとして定義する。2次元流れ場の場合、2点相関で得られた時間遅れは、縦軸横軸ともに表面に沿った1次元座標をとった2次元マップ上の分布図として表示することができ、筆者はこれを相関マップと呼んでいる。なお、マップ作成に際し、単一周期中で変動するデータでは1周期ごとに相関値の極大が現れるので、最

初に現れたものを時間遅れとして採用することや、時間遅れは振動周期で規格化することなどの処理が必要であり、それらの詳細が説明されている。

第4章では、第2章で説明した2次元翼型周りの非定常流れ場に対し、相関マップを適用した結果が述べられている。まず、境界層理論における表面摩擦と圧力勾配に関する考察から、表面圧力ではなく、表面に沿った圧力勾配の相関マップが剥離による非定常流れの特徴を良く捉えることを見出し、以後、それを用いた結果について論じている。相関マップが異なるパターンを持つ領域に分けられることから、変動の少ない定常的流れ領域と振動が卓越する領域の存在を知ることができ、マップの縞構造から剥離で放出される渦の移流速度が推定できることなどを示している。さらに、このような有意な結果を本法で得るために必要なデータ分解能についても詳しく述べられている。

第5章は本手法の適用限界に関する考察である。多重周期のカオス的変動が卓越した流れ場となると、相関マップ上で明確なパターン構造が見られなくなり、特徴抽出ができなくなることが説明されている。

第6章は結論であり、本研究で得られた成果をまとめている。

以上要するに、本論文は、剥離を伴い周期的に変動する流れ場の特徴を物体表面圧力分布から抽出する手法を構築し、2次元翼流れの数値解析に適用してその有効性を示した点で、先端エネルギー工学、特に非定常流体力学に貢献するところが大きい。

なお、本論文の第2章から第5章は鈴木宏二郎氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。

以上1964字