

氏 名	鳥 居 平 和 とり い ひら かず
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 868 号
学位授与の日付	昭 和 51 年 5 月 24 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	三 次 元 境 界 層 の 近 似 解

(主 査)
論文調査委員 教 授 上 田 顕 教 授 玉 田 珧 教 授 神 元 五 郎

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、重みつき残差法と総称される函数方程式の近似解法である Galerkin 法、モーメント法を 3 次元的特点をもついくつかの境界層問題に応用し、これらの方法の有効性を示すとともに、流れの特徴についての解析結果をまとめたもので、5 章よりなっている。

第 1 章においては、3 次元境界層の基礎方程式および残差法と関連のある近似解法を概説したのち、残差法の定式化の一般論を簡略に述べている。

第 2 章においては、直角に交る半無限平板の角に沿う流れの境界層を取り扱っている。まず過去の研究を総括し、Carrier の近似解が境界層近似の精度での解として著者の近似解と比較すべき対象であることを論じている。ついで 2 次元 Blasius 流れに対し、Rayleigh の定性的解が Galerkin 法により Blasius の解に容易に近づけ得ることを確かめ、これに用いた近似解の函数形を 3 次元に拡張して Carrier の解と同精度の近似解を容易に導出している。Carrier の解との比較は流速分布、まさつ係数について行われている。

第 3 章においては、主流に直角な 2 次流れと 3 次元はくりとは互に関連する 3 次元境界層特有の問題であるとの観点から、2 次元的にはくりする流れ（主流）とそれに垂直方向の別の流れを組合せ、主流のはくり線上における 2 次流れの振舞いを調べている。この数値実験でとりあげた流れは、(1)半無限平板に沿う放物流の境界層、(2)一定逆圧力を受ける境界層のはくり、(3)Howarth の圧力上昇を溯上する放物流のはくりである。(1)と(2)は(3)の特別の場合に当たる。(1)では、Sowerby, Loos の解と比較することにより、モーメント法が大きな 2 次流れをもつ 3 次元境界層問題に有効であることを主張している。(2)と(3)でははくりが起る。このはくり線は平板前縁に平行な直線となり、その位置は(3)の場合 Howarth の流れのそれと極めてよい一致を示している。(2)、(3)でみられるはくりは、外端流を特徴づけるパラメータの選び方により、特異はくりと通常はくりに分けられる。これらの特徴について次の結果を得ている。i) いずれのはくりでも、はくり線近傍で境界層厚の急激な発達認められる。ii) 通常はくりでは壁面まさつはは

り線近傍で流れに沿って増大するが、特異はくりでは下流ほど減少し、はくり線上で消滅する。iii) 通常はくりでは、極限流線ははくり線に滑らかに接したのち板面から立ち上るが、特異はくりでは、極限流線の方法は前縁からはくり線に至るまで一定で、はくり線上で折れ曲って立ち上る。iv) 通常はくりでは、はくり線は極限流線の包絡線で与えられるが、特異はくりでは、極限流線の屈折点を連ねた線で与えられる。

最後にこの章で用いたモーメント法による近似解の精度を検討する目的で、問題(3)について、前縁に垂直および平行な流速成分をそれぞれ Howarth 流れの流速および差分解の流速と詳細な比較を行い、よい一致を得ている。

第4章においては、円柱を過ぎる流れが円柱の軸に垂直に置かれた半無限平板上に作る境界層を取り扱っている。従来の研究でははくり線が見出されていない点にふれたのち、モーメント法による近似方程式の定式化を行っている。近似解の決定方程式は円柱軸を含み前縁に直交する対称面内と面外の流れとにわけて数値的に解かれている。円柱の中心が前縁から距離 $10a$ (a : 円柱の半径)にあるとき、特異はくりが対称面内前縁より $6.65a$ の位置に孤立点として見出されている。対称面外の流れについては、円柱から十分離れたところでは2次元平板境界層の解で補うことにより、決定方程式を差分化して解いている。近似解は対称面からの距離 $7.2a$ 以内で、前縁より逆流点までの範囲で求めている。逆流点をつなぐ線ははくり線より下流に位置するが、これははくり線の第1近似として採用している。Peake と Galway の実験と比較すると、対称面内のはくり点はよい一致を示すが、面から遠ざかるほど、逆流点は実験のはくり点よりも下流側に位置する。この相異ははくり点を逆流点で代用したこと、外端流が円柱周りのポテンシャル流を無視したために当然予想されるものとしている。このようにして従来の方法では部分的あるいは定性的解しか与えられていないのに比べて、一応の精度ではくり線の位置を定めている。

第5章は各章の梗概とまとめに当てられている。

論文審査の結果の要旨

3次元境界層の研究は、その取扱いの困難さのため、現実の必要性にも拘らず、あまり進展をみていない。

本論文は Galerkin 法・モーメント法を3次元的特徴をもつ境界層問題に應用し、その有効性を示すとともに、流れの特徴についての解析結果をまとめたものである。その際、これらの近似解法の信頼度が必ずしも十分ではないため、近似解を導出する手順、従来の結果との比較は慎重に行っている。取扱った問題は、(1) 直交する半無限平板の角に沿う流れの境界層、(2) 半無限平板に沿う放物流の境界層、(3) 一定逆圧力を受ける境界層のはくり、(4) Howarth の圧力上昇を溯上する放物流のはくり、(5) 直立円柱をもつ半無限平板上の3次元境界層である。得られた主な結果は次の通りである。

1. 流れ(1)については、境界層近似の精度の解として Carrier の近似解がある。著者はまず2次元 Blasius 流れに対し、Galerkin 法により Rayleigh の定性的解を Blasius の解に容易に近づけ得ることを確め、これに用いた近似解の函数形を3次元に拡張して、Carrier の解とよい一致を示す解を得た。

2. 従来の近似解法では大きな2次流れをもつ問題の取扱いは複雑となり、解の精度もよくない。問題

(2), (3), (4)はこのような問題であって, (2), (3)の流れは(4)の特別の場合である。著者は流れ(2)にモーメント法を適用し, Sowerby, Loos の解析解とよい一致を示す結果を得, 大きな2次流れの問題へのモーメント法の有効性を示した。

3. 流れ(4)については, 平板前縁に直交する流速成分は Howarth 流れの流速と一致すべきものである。著者はモーメント法を用いた結果を Howarth の解と詳細に比較しよい一致を得た。とくにはくり線の位置は0.4%の精度で一致する。また前縁に平行な流速成分は差分解と比較しよい一致を得た。

4. 流れ(3), (4)で生じるはくりはパラメータの選び方により, 特異はくりと通常はくりに分けられる。両はくりの特徴として次の結果を得ている。i) 両はくりともはくり線近傍で境界層厚は急激に増加する。ii) 通常はくりでは壁面まさはくり線近傍で増大するが, 特異はくりでは次第に減少し, はくり線上で消滅する。iii) 特異はくりと通常はくりでの極限流線, はくり線の性格の相異を明らかにした。この解析に用いた流れはやや人口的ではあるが, これらの結果は一般の3次元はくりの発生機構についての手掛りを与えている。

5. (5)の流れに対する従来の取扱いでは円柱前方に生じるはくりの存在は示されておらず, 円柱から離れた場での流速分布と壁面まさが求められている程度である。著者はモーメント法を適用し, 対称面内に特異はくり点が存在し, その位置は実験結果によく対応することを示した。対称面外ではくり線は逆流線で代用しているが, 外端流に後流を無視したポテンシャル流を採ったこととあわせ考えると, はくり線の位置は定性的に実験結果を説明している。

以上を要するに本論文は, Galerkin 法, モーメント法を3次元境界層問題に初めて応用し, 従来の方法よりも容易に精度よい近似解を求めうることを示し, またその流れに関するいくつかの新知見を得たものであり, 学術上, 実際上貢献するところが少なくない。

よって, 本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。