

氏 名	橋 本 潔 はし もと きよし
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	工 博 第 516 号
学位授与の日付	昭 和 52 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	工 学 研 究 科 航 空 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Flows in a rapidly rotating cylinder (高速で回転する円筒内の流れ)
論文調査委員	(主査) 教 授 桜 井 健 郎 教 授 玉 田 珧 教 授 赤 松 映 明

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、高速で回転する円筒内の気体流れに関するもので、ウラニウムの遠心分離装置を念頭に置いている。剛体回転する温度一様な気体の平衡状態を基にして、それからの微少変動を論じている。解析には、粘性及び熱伝導が小さい場合に慣用の境界層近似を線型化された基礎方程式に用いており、2章、7節よりなっている。

第1章は、軸対称定常流れに関するものである。

第1節は緒論で、気体の定常回転流れの研究の現状及び本章の概略を述べている。

第2節は基礎方程式に関する。平衡状態に於ける圧力分布を求め、微少変動に対する無次元化された線型方程式を導き、基本的パラメータとして、回転マッハ数、エックマン数及びプラントル数を定義している。

第3節は非圧縮性流れに関する。之は、回転マッハ数が小さくなった場合の極限である。ストークスの流れ関数を導入し、境界層近似によって流れを調べている。(1)流れの領域が(イ)非粘性コア、(ロ)上下端板近くのエックマン層、(ハ)側壁の存在及び端板上の吹き出し吸い込みに関連したスチュアートソン層に分かれる事、(2)非粘性コアの流れは上下端板上の境界条件のみに依存する事を明らかにし、(3)子午面流れの流れ模様を描いている。

第4節は圧縮性流れに関する。この場合には、回転マッハ数が1の程度になる。基礎方程式の導出に当たり、気体の動径運動に伴って熱の発生或は吸収が起こり、それが流れの性質に影響を及ぼす事を述べている。境界層近似を用い(1)非粘性コアの流れが、上下端板だけでなく、側壁の境界条件にも依存する事、(2)端板上のエックマン層の厚みが、動径方向に変化する事、(3)流れが器壁の熱的条件によって変わり、特に端板が断熱壁の場合、子午面流れが著しく弱められる事、(4)端板と側壁の交わる隅の部分に、特有の境界領域が現れる事を明らかにしている。又、(5)(3)及び(4)の場合を見通しよく分類する方法を提案している。

第2章は、非定常流れの代表例：スチュアートソン層の安定性に関するものである。

第1節は緒論で、本章の概略を述べている。

第2節は非圧縮の場合に関する。スチュアートソン層の安定性に関する実験的或は理論的研究の現状を述べ、基本流れを与え、基本流れからの非定常微小変動に対する線型方程式を導いている。その際、基本流れに対する粘性の効果を取り入れている。基本モード解析法を用いて分散方程式を導びき、不安定条件が簡単な相似法則に従う事を明らかにしている。そして、(1)この結果が実験とよく一致する事、(2)基本流れから変動へのエネルギー移行の様子及び(3)変動による流体粒子線の時間的变化についても述べている。

第3節は圧縮性の場合に関する。基本流れの速度及び温度分布を与え、変動の基礎方程式を導びいている。その際、慣性力、コリオリ力及び圧力の全てが同程度になるパラメーター範囲に話を限り、基礎方程式を近似している。そして、(1)このように近似した方程式は、仮想的に断成層流れに加えられた変動の方程式と同じ形になる事、(2)(1)の事実に基づき、ここでの安定性が(i)剛体回転に関連した基本的密度成層、(ii)基本流れの断の強さ、(iii)基本流れに関連して誘起される温度成層の3者の大小関係によって統一的に理解出来る事及び(3)基本流れが安定である為の充分条件が積分関係から導ける事を明らかにしている。又、基礎方程式を数値積分し、不安定が現われるパラメーター範囲を明示している。

論文審査の結果の要旨

ウラニウムの遠心分離装置は、白色矮星の表面重力場に必敵する強い遠心力場を利用して、ウラニウムの同位体を分離する装置である。この装置の開発の初期には、上下端板の効果を単純化した空気力学的取り扱いに基づいて、分離効率が求められていた。近年、そのような簡単過ぎる扱いは不充分である事が明らかになって来た。

分離機内の流れは、回転円筒内の流れの特殊例である。回転円筒内の流れは、気象学或は天文学上の問題に関連して、分離機とは異なるパラメーター範囲について取り扱われていた。

本論文は、筆者が上記の回転円筒流れの取り扱い方法を分離機流れに対応するパラメーター範囲に適用した結果を括めたものである。即ち、遠心力が強い場合の回転円筒内の気体流れを、上下端板の効果を正しく取り入れて調べ、しかも見通しよい解析の結果を与えている。取り扱い方法のポイントは、線型化した基礎方程式の境界層近似である。得られた主な成果は次の通りである。

(1) (i)円筒内の気流が、器壁の熱的条件によって著しく変る事を示した。特に、(ii)上下端板が断熱壁である場合に子午面流れがひどく弱められる事を示した。又、(iii)端板と側壁の交わるコーナー部に特殊な境界域の現われる事を示した。更に、(iv)上記のような流れの見通しの良い分類方法を提案している。之等は、何れも、この研究によって始めて明らかにされた事である。

(2) 回転流れに特有の鉛直自由境界層の安定性を明らかにした。そして、(i)非圧縮流れの極限の場合、主流の現実的構造について安定性を調べ、実験とよく合う理論結果を示した。このような理論は今迄出されていなかった。更に(ii)圧縮性流れの場合を調べ、遠心力が強い場合にも存在する不安定の性質を明らかにした。又、結果を統一的に説明する物理的解釈を与えている。

以上のように、この論文は、回転円筒内の気体流れの研究を進展させた。その結果はウラニウムの遠心分離装置の開発に関係があり、既に、世界各国の分離装置の専門家によって高い評価が与えられている。学術上、工業上寄与する所が少なくない。

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。