

|             |                                                    |
|-------------|----------------------------------------------------|
| 氏 名         | 森 岡 茂 樹<br>もり おか しげ き                              |
| 学 位 の 種 類   | 工 学 博 士                                            |
| 学 位 記 番 号   | 論 工 博 第 90 号                                       |
| 学位授与の日付     | 昭 和 41 年 3 月 23 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 | 一部分電離した気体の線型化流れにおける非平衡，輻射，<br>非一様磁場との相互作用に関する理論的研究 |
| 論文調査委員      | (主 査)<br>教 授 玉 田 珧 教 授 藤 本 武 助 教 授 神 元 五 郎         |

### 論 文 内 容 の 要 旨

この論文は一部分電離した気体の流れにおける電離反応の非平衡性，輻射によるエネルギー損失，非一様な外部磁場の存在が流れに及ぼす影響を流体力学的に線型近似の範囲で研究したもので，緒論および6章からなっている。

まず緒論に於ては電離反応，輻射損失，さらには電磁場の存在が電離気体の流れに重要な影響を与えることを説き，これらに関する従来の研究を概観すると共に，流体運動と電離効果との複雑な結び付きを調べる為には流れや電離度の変動が微小であると仮定して問題を線型化することが有用であるとしている。

第1章では電離気体が中性原子，イオン，電子の混合体であることを考え，まず気体論における Boltzmann の方程式と電磁場に対する Maxwell の方程式から三流体理論を展開し，更に電気的中性，イオン-原子間の平衡，電子の運動量とエネルギーに対する局所準平衡を仮定して二流体近似理論の基礎方程式を導出している。これは従来の MHD 方程式を一般化したものである。第2および第3章では衝突輻射過程の流体運動への影響を取扱っている。まずこれらの過程が基礎方程式系中の電子の連続の式および全体としてのエネルギー式に直接関与すること，また衝突効果の支配的な場合と輻射過程の支配的な場合とを区別して考察するのが適当であることなどを注意し，一様流れ又は平衡状態からのずれが小さいという仮定にもとづく線型近似の範囲内でこれらの効果の表式を論ずると共に，それぞれの場合に対する基礎方程式を導びいている。次に例題として超音速二次元噴流の問題を取扱っている。衝突が支配的な場合の基礎方程式は複雑な形をとるが，Laplace 変換を用いると，ある無理方程式の根の系列を含む厳密解が得られることを示している。またアルゴン型の電離気体について物理的に可能なパラメータの値を吟味し，それらに適する近似解をも与えている。さらにパラメータの代表的な値について詳しい数値計算を行なった結果，衝突，輻射の効果（特に非平衡性）によって流れの変動の振幅が下流方向に減少することや，輻射損失による新しい型の変動が引き起されること等を明らかにしている。第4章では非一様磁場と導電性，圧縮性流れとの相互作用の問題を取扱っている。これはふつうの電磁流体力学の問題に属するが，磁場

が一様でない場合の研究はこれまでに余り多くはなされていない。これは磁場の形状に関する複雑さがつけ加わるためであるが、著者は平面壁を過ぎる流れを選び、また一部分電離した気体に適当な磁気Stokes近似を用いて問題の単純化をはかっている。そして任意の磁場を伴う場合について亜音速と超音速の場合に分けて解を簡単な公式の形にまとめることに成功している。例題として同心円型および双極子型の磁場を扱い、任意点の速度の表式、壁上の速度分布、壁の近くの流線の勾配などについて具体的結果を求め、とくにこの種の流れには拡散を伴わない渦後流（渦跡）の現われることや超音速流れの場合の圧縮波、膨張波の模様などについて重要な知見を得ている。さらに壁にはたらく抵抗やモーメントをも計算し、円型磁場ではそれらが対数的に発散することや、亜音速流れでは Mach 数に依存しないこと等を明らかにしている。

第5章では非一様磁場を過ぎる導電性圧縮性流れの問題に電離非平衡の効果を取入れているが、その基礎方程式は複雑となり一般的に解くことは困難である。著者は再びアルゴン型電離気体がついくつもの特性をたくみに利用して、反応速度パラメータと平衡、凍結両極限の解のみで構成される簡単な近似解を見出した。そしてこれを用いて円型磁場を含む平面壁を過ぎる流れを解析し、壁上速度分布や流線の形に対する非平衡効果の影響を詳しく調べている。結果的には非平衡性が渦跡の構造等を大きく変えることはないが、この結論は非平衡な流れを用いる電磁流体力学上の実験結果の解釈に有用である。

最後の第6章ではかような非一様磁場が壁中に埋められた導線に電流を流すことによって作り出される場合を想定し、そのような非定常問題を特性曲線法によって解き、磁場の時間的変化に伴う渦跡の発達状況などを明らかにしている。

## 論文審査の結果の要旨

一部分電離した気体の流れにおいては電離、再結合反応に伴う非平衡性、輻射によるエネルギー損失、および電磁場との相互作用が重要な影響を及ぼすことはよく知られている。著者はこの問題を解明するために、これらの効果が流体運動と同程度の役割をもつ様に近くまた平衡に近い流れについて問題を線型化し、理論的、解析的に研究することが有用であるとしている。すなわちまず第1章では電離気体の混合体としての特質を巨視的に表わす二流体近似理論を導入しているが、その際、気体運動論、三流体理論、電磁流体力学の近似との関係を明らかにしている。

第2及び第3章は衝突、輻射効果の流体運動への影響を扱った部分であるが、まず衝突が支配的な場合と輻射が支配的な場合とを区別し、それぞれについて反応速度および輻射損失の適当な近似表式を提案すると共に、流れを記述する基礎方程式系を導出している。ついで Laplace 変換を用いて形式的な厳密解を求め、またアルゴン型電離気体についてパラメータの取り得る値の範囲を吟味し、それに適する近似解を与えている。次に例題として超音速二次元噴流を取り上げ、噴流の形と速度分布について詳しい計算を行なった結果、衝突、輻射効果の散逸性が流れの変動を下流方向に減衰させることや、輻射損失による新しい型の変動が引き起されることなどを明らかにしている。

第4章以下では非一様な外部磁場と導電性、圧縮性流れとの相互作用を扱っている。問題の複雑さを考慮して平面壁にそう流れをとり上げ、また電磁流体力学における磁気 Stokes 近似が適用できる場合を考

察の対象にしている。そして任意の磁場について流速の表式を亜音速と超音速の場合に分けて簡単な公式の形にまとめ、同心円型および双極子型の磁場について具体的な計算を行なっている。その結果、このような流れには拡散をともなわない特有の渦後流(渦跡)があらわれることを見出し、また超音速流における圧縮膨張波の模様、壁に働く抵抗とモーメントについて新しい知見を得ている。著者はまた磁場が時間的に変化する非定常の場合に問題を拡張し、特性曲線法によって解を求め、渦跡の発達状況などを調べている。最後に、電離の非平衡効果を取り入れて問題をさらに一般化し、再び電離気体がついくつかの特性をたくみに利用して、非常に簡単で実用的な近似解を求めることに成功している。そして円型磁場について詳しい計算を行ない、非平衡効果が渦跡の構造などに大きな変化をもたらさないことを明らかにしているが、この結論は非平衡流れを用いる電磁流体力学上の実験結果の解釈などに有用であると思われる。

以上を要するに本論文は一部分電離した気体の流れにおける電離の非平衡性、輻射効果、ならびに一様でない外部磁場の影響を一般的に考察し、有力な解析法を提案すると共にこれを代表的な流れに適用して種々の重要な知見を得たもので、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。