

氏 名	大 家 寛 おお や ひろし
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 130 号
学位授与の日付	昭 和 42 年 1 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	Study on Boundary Value Problems of Magneto-Active Plasma and their Applications to Space Observation (磁化プラズマの境界値問題の理論とその宇宙空間観測への応用に 関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 大 林 辰 蔵 教 授 池 上 淳 一 教 授 前 田 憲 一

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は宇宙空間プラズマ内での電磁現象を境界値問題として理論的解析を行い、ホイッスラー電波の電離層内での振舞の考察、およびプラズマ探測用インピーダンス・プローブの開発研究を内容とし、7章からなっている。

第1章はプラズマ電磁力学に関する基礎理論を纏めたもので、静磁界をふくめた場合について、電磁界方程式、ボルツマン方程式、誘電テンソル、屈折率、変型ローレンツ・ゲージなどを導いている。

第2章は電離層と自由空間の境界におけるホイッスラー電波の透過および反射現象を取扱ったもので、自由空間から電離層への入射と、電離層から自由空間に入射する場合にわけて、両者の透過率と反射率を算定している。前者では入射角が90°付近にブルースター角が存在し、後者では境界にはほぼ垂直な狭い許容入射角内の電波のみが透過しうることを数値計算例を示して究明している。

第3章はプラズマ中におかれた電気振動子による局所的な高周波電界分布を境界値問題として解いている。磁界をふくめた非等方性媒質では、ジャイロ周波数およびハイブリッド周波数の付近で共鳴がおこり、電界分布も特異なものとなることを見出している。

第4章では上述の理論を発展させ、導体球上の電荷分布と電界分布から球型プローブのアドミッタンス対周波数曲線を求めることに成功している。また同様の解析方法を波長にくらべて短いモノ・ポール型アンテナの場合に適用して、そのアドミッタンス特性を明らかにし、従来云われていた無衝突プラズマの場合の電力損失は存在しないことを証明した。

第5章はプラズマ内におかれたプローブのまわりにできるイオン・シースの問題を取扱ったもので、適当なシース・モデルにより予想されるシース・アドミッタンス特性を求めている。えられた重要な結果は、シース共鳴が存在すること、固有のシース・ハイブリッド反共鳴が現われること、またジャイロ共鳴が抑圧されることなどである。

第6章は上記のプローブに対するアドミッタンス特性を総合して、宇宙空間におけるプラズマ測定用の

インピーダンス・プローブ（ジャイロ・プラズマ・プローブ）を設計している。測定器はセンサー回路、周波数掃引回路、振巾検波および位相検出回路からなり、それぞれ独自の考案がなされている。測定器の動作特性、ロケット搭載用機器としての技術的問題もあわせて述べてある。

第7章では鹿児島宇宙空間観測所で実施されたロケットによる測定の実験結果の解析で、各種のプラズマ共鳴の現象が実証された。ラムダ型ロケットによって電離層内の電子密度分布が高度1800kmの範囲まで観測され、またスボラディックE層やロケット飛翔による電子密度の乱れの検出などに成功している。

終章は結言で、以上の諸結果を総括したものである。

論文審査の結果の要旨

地球をとりまく外圏大気は電離したプラズマの状態にあり、地球磁界がそのなかに括れている。最近、ロケットによる超高層大気の探測が可能となって以来、この分野の研究が急速に発展しつつある。この論文はプラズマ内の電磁現象に関する基礎理論を進展させて、電離層内でのホイッスラー電波の振舞、電気振動子をもつ導体球上の高周波電界分布、アドミッタンス特性およびイオン・シース理論を解明し、これらを応用して宇宙空間プラズマを測定するインピーダンス・プローブを設計製作し、その実験結果について考察を行なっている。

本研究の主な成果をあげると次の通りである。

1) ホイッスラー電波（超低周波電磁波）の電離層境界面における透過現象を理論的に解明し、電離層入射波が透過する最適のブルースター角、および電離層から地上に降下する電波の許容入射角の範囲を決定している。この結果はホイッスラー空電の性質を究明するうえにきわめて重要であり、この分野の研究者の注目を引いている。

2) プラズマ内におかれた電波アンテナやインピーダンス・プローブの特性を理解するためには、それらとプラズマの境界面における高周波電界と電荷分布を知ることが必要である。すでにこの方面の研究は多く行なわれているが、プラズマ内に存在する磁界の効果を考慮に入れたものはほとんど行なわれていない。著者はこの問題を取扱う新しい解析方法として、ポアソン方程式を複素楕円変換とフーリエ変換を巧妙に組合せて完全な解を導いている。興味あることは、ジャイロ周波数以下およびプラズマ・ハイブリッド周波数帯では導体球のまわりで静電界が存在しない領域が発見されたことで、従来これに関して誤った見解がなされていたことを明らかにした。

3) 上述の高周波電界および電荷分布にもとづいて、球型プローブの場合のアドミッタンス特性がえられる。この特徴はプラズマのジャイロ周波数における共鳴と、プラズマ周波数とハイブリッド周波数における反共鳴のあらわれることである。著者は電離層内での条件を満たすパラメーターを用いて多くの数値計算例を示している。

4) プローブをプラズマ内に挿入した場合には電子とイオンの熱速度の相違からプローブをとりまいてイオン・シースが生ずる。したがって実際のプラズマ測定ではこの影響を補正する必要がある。ここでは適当なシース・モデルを用いてその効果を理論的に解明することが提案されている。

5) 理論的に検討されたプラズマ・プローブとしてのアドミッタンス特性を総合して、ロケット搭載用

ジャイロ・プラズマ・プローブが設計された。これは従来用いられてきたインピーダンス・プローブやレゾナンス・プローブにくらべてよりの確にプラズマの性質を把握しうるもので、ジャイロ共鳴より磁界強度、ハイブリッド共鳴より電子密度、シース共鳴その他から電子温度などが測定される。計測器ではセンサー系回路、周波数掃引回路、振巾および位相検出回路などに独創的な考案がなされている。

6) ジャイロ・プラズマ・プローブはロケットによる観測が数回行なわれて、その機能が実証されている。電子密度分布は高度1800kmまでの範囲にわたって誤差3パーセント以下の精度での測定がえられ、またスポラディックE層やロケット飛翔による乱れの影響なども検出されている。なおこのプラズマ・プローブは電離層域のみならず、宇宙空間全般の測定にも適用しうることが認められており、その優秀性は詳細な理論的考察と相俟って大いに評価される。

以上を要するに、本論文は宇宙空間プラズマに関する理論的並びに実験的研究において著者の独創性と着実な解析力を発揮して完成されたもので、学術上、工学上寄与するところが大きい。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。