

【202】

氏 名	佐 藤 哲 也
	さ と う て つ や
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 323 号
学 位 授 与 の 日 付	昭 和 45 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	Nonlinear Study of Cross Field Plasma Instability and Its Applications to Ionospheric Irregularities (非線形クロス・フィールドプラズマ不安定波動の研究とその電 離層擾乱への応用)

(主 査)
論文調査委員 教授 前田 憲一 教授 加藤 進 教授 小川 徹

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は電離層の擾乱状態特にスボラディック E 層に関するプラズマ不安定性論的研究で 6 章よりなっている。

第 1 章は電離層の擾乱状態のうち古くから観測され、しかもまだその機構の説明が不十分ないわゆるスボラディック E 層（以後 E_s と略記する）について、従来の観測結果を紹介している。特に赤道地帯、極光地帯、中緯度地帯における E_s 層の電波反射の特性を説明し、この現象の発生機構を如何にして説明するかについて著者の考え方を述べている。

第 2 章は第 3 章とともに、直交電磁場内の弱電離プラズマの不安定性を論じたもので、これによって E_s 層の発生を説明しようと試みている。プラズマの数学的取扱いにその出発点となる各種の方程式（運転量輸送、状態、荷電粒子密度の連続、巨視的中性、運動などの方程式）に適当な近似を適用して、電子密度と電場強度をあたえる式を導いている。つぎにこれを線型理論によって解くために、前記 2 者の擾乱成分を求める形に式を変形し、これらの擾乱成分が生長する場合のいわゆる不安定性の生起の条件を導き出している。

この結果を実際の場合にあてはめて計算するのであるが、電子密度の高さに対する勾配、垂直電場、地球の永久磁場、電離層の伝導度、拡散などの実際の値を使用して具体的な不安定条件を計算している。これと観測によって得られている E_s 層の世界的分布とを比較対照しておおむね良好な一致を示すことを確かめている。

第 3 章は上述の不安定性を非線型理論で解くことを試み、これを電子計算機によって数値的に解いている。すなわち電子密度と電場とが結合した 2 個の非線型偏微分方程式を、変数である密度とポテンシャルを空間的フーリエ級数であらわすことによって数値計算可能な形におきかえている。これで不安定成分とが空間的な多数の波動の集合として解かれている。

その結果不安定生起条件は前章の結果と極めて近いことが示され、さらに密度の空間的な大小多数の波

動が時間的に成長する模様が明らかにされた。またその擾乱成分は定常成分の数10%に達することも明らかにされた。

さらに上記の数値計算を垂直方向を含めた2次元の場合に拡張して行なった。これによって水平方向の擾乱成分が垂直方向に分布する模様、その時間的推移などが明らかにされるとともに、この結果をロケットによる E_s 層電子密度の観測と比較対照してこの理論が有力であることを示している。

第4章は不安定性の生じている電離層に強力な電波をあてたときの散乱現象を理論的に取扱ったものである。強力な超短波による散乱実験は数ヶ所で行なわれているが、ペルー国リマ市郊外ヒカマルカの実験は磁気赤道での観測として有名である。この実験で得られるE層からの反射波には E_s 層の部分からの散乱波が認められ、主要な反射は荷電粒子の速度の異なる2個の流れによる不安定性理論（2流体不安定論と呼んでおく）で説明されている。しかしこの従来の説明では解釈し難いやや微弱な反射波があることが知られているが、著者はこれに対する説明を試みている。

2流体不安定論によると、E層では E_s 層反射を生ぜさせる擾乱が生起するが、このときイオンの疎密の縦波ができる。このイオン縦波に超短波電波があたると干渉を起し、散乱電波がかえってくる。入射電波の周波数に対して前記の主反射波も、この場合の副反射波もすべて周波数が一定の値だけずれるのであるが、副反射の周波数のずれが無理なく説明されるほか、逆に観測結果からイオン縦波の大きさや速度を推定することができるようになった。

著者はこの散乱をブリルアン散乱とよび、これの発生する条件を詳細に求め、実際の観測結果に適用している。さらに2流体不安定と異なった主反射が入射周波数のすぐ近くに生ずる観測結果を先の著者の直交電磁界不安定性理論によって解釈すべきであることを論じている。

第5章は著者の理論で発生すると考えられる E_s 層の電離状態を水平棒状反射体の集合というモデルにおきかえた場合、これに電波があたって反射するときの問題を理論的に取扱ったものである。棒状体に対する電波の再放射の問題は厳密には解決困難であるが、適当な近似モデルを設定してこれを解決し、入射波に対する反射波の強度、偏波を明らかにした。

第6章は本文の要約に加えて、この研究の結果から将来どのような研究ならびに観測手段を工夫すべきかについて提案している。

論文審査の結果の要旨

従来電離層内の特殊な擾乱状態と考えられてきたいわゆるスプラディックE層 (E_s と略記) は、古くから観測されているにも拘らず、その発生機構の説明は最近まで皆無であった。この現象は突発的にE層内に発生し、電波を反射させる。その反射の模様から推定して、E層内の一部にその周囲にくらべて極めて電子密度の大きな部分ができる場合と、不規則な擾乱的な電子密度分布ができる場合との2個の場合があるとされている。前者に対しては水平の風の垂直方向における変化によるとする説（風のよじれ説）が有力である。後者に対して著者の研究した理論は現在唯一のかつ有力な機構の説明であることが認められている。北むきの地球磁場と上むきの電場があって、電子密度が上に向かって増大している場合に、背景をなす定常電子密度のほかに数%から数10%の擾乱電子密度成分が波状に発生するというのが著者の理論の

基本的考え方である。この考えを線型理論，非線型理論の両方から詳細に展開して，観測結果の数多くの部分を無理なく説明することに成功したものである。

また E_s 層に斜めに強力な超短波をあてた場合にかえってくる散乱反射について考察しているが，特にイオン縦波と電磁波の相互作用という観点から問題を理論的に取扱って従来説明困難な現象を明快に解釈することに成功した。

前半の部分は， E_s 反射の機構として風のよじれ説とならんで学界の定説と認められつつあり，また後半の部分は，この理論によって電離層の電波による診断の基礎に新しい考察を与えたといえるのであって，学術上また電波技術上寄与するところすくなくない。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。