

氏名	須川正雄 す がわ まさ お
学位の種類	理学博士
学位記番号	論理博第724号
学位授与の日付	昭和56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	Observation of Parametric Instabilities at Unstable Electrostatic Ion Cyclotron Waves in an Ion Beam- Plasma System (イオンビーム・プラズマ系における不安定な静電イオンサイクロ トロン波のパラメトリック不安定性の観測)
論文調査委員	(主査) 教授 田中茂利 教授 巽友正 教授 端恒夫

論文内容の要旨

静磁場中のプラズマに荷電粒子流が存在する場合、ビームはその自由エネルギーをプラズマ波動を介して放出するが、その際に種々の不安定波動を励起し、異常に早くプラズマ粒子へエネルギー輸送を行うことが多い。それ故、ビームプラズマ系の不安定性の研究はプラズマの波動現象として興味あるのみならず、プラズマの閉じ込め並びに加熱に関連して多くの研究者の関心をよぶ問題の一つである。

イオンビーム・プラズマ系においては理論的にはイオン音波あるいは静電イオンサイクロトロン高調波が、イオンビームにより励起される。併し比較的速いイオンビームを入射する磁化プラズマの実験においては静電イオンサイクロン波は励起され易いが、位相速度の遅いイオン音波を励起することは難しい。

申請者の論文はイオンビーム・プラズマ系において不安定な大振巾の静電イオンサイクロトロン波のパラメトリック崩壊不安定によってイオン音波が励起されることを初めて示し、波動エネルギーの輸送に関して興味ある実験結果を得たものである。

申請論文の内容は磁場と平行に入射したイオンビーム・プラズマ系において、励起された不安定な静電イオンサイクロトロン波が、より位相速度の遅い2つの静電イオン波に崩壊するパラメトリック不安定が存在することを実験的に観測したものである。以下に結果の概要を述べる。

(1) イオンビーム・プラズマ系において安定なイオンサイクロトロン波と負性エネルギーをもつビームの空間電荷波とが結合して静電イオンサイクロトロン波が励起される。その際に、ビーム・プラズマのパラメーターに依存して磁場と平行成分に関して波動は前進波または後進波となり、前者は対流的不安定性を、後者は絶対的不安定の特性を示す。対流的不安定を起す系では静電波動を外部から励起でき、その振巾は空間的に伝播し乍ら増大する。かくて大振巾に成長した不安定な静電イオンサイクロトロン波がポンプ波となって、安定な静電サイクロトロン波とイオン波とに崩壊する。

(2) ポンプ及び崩壊した静電イオンサイクロトロン波は磁場に斜めに伝播するが、イオン音波は平行に伝播するので磁場の影響を殆んど受けない。

(3) ポンプ波と崩壊波の間には周波数保存および波数保存の関係が満たされることが検証され、これらが3つの波の非線形結合であるパラメトリック崩壊不安定現象であることが示された。

(4) このパラメトリック不安定性はポンプ波の電場が、しきい値を越えた時にのみ起る。このしきい値の印加電力ではポンプ波の成長率は減少し、2つの崩壊波はポンプ波電力に対して指数関数的に増大する。

(5) 時間的发展を調べた結果は2つの崩壊波の時間的成長率は各々等しく、かつ印加高周波電場の強度に対して線形な依存性を示す。これらは3つの波の非線形結合による大振巾波の小振巾への崩壊を取扱った理論と定性的に一致することを示した。

(6) このパラメトリック不安定性に関するポンプ高周波電場のしきい値は上記の理論で得られた値と定量的にも一致をみた。

これらの実験結果はプラズマ中のイオンビーム入射においてイオンビームからプラズマへのエネルギー輸送の一つの過程が不安定な静電イオンサイクロトロン波の励起とそのパラメトリック崩壊不安定を通じ、ビームイオンからプラズマのイオンへエネルギーが効率よく転換されるという新たな輸送過程を実験的に明らかにしたもので興味ある結果と考えられる。

論文審査の結果の要旨

ビームとプラズマ系の不安定波動の実験はプラズマの波動、非線形現象及び輸送現象などに関連してプラズマ物理にとって重要な研究テーマである。この系においてはイオン音波あるいは静電イオンサイクロトロン高調波がビームのもつ負性エネルギーの波動とのチェレンコフまたはサイクロトロン結合によって励起される。これが大振巾波動に成長する時、波と波あるいは粒子との非線形相互作用によりビームからプラズマへとエネルギーが急速に輸送されるようになる。とくにイオン音波は位相速度が遅く、イオン・ランダウ減衰によって効果的に背景のイオンにエネルギーが転換される。それ故、イオン加熱においてはイオン音波を励起することが望ましい。併しながら静電イオンサイクロトロン波は励起し易いが、位相速度の遅いイオン音波をイオンビームによって直接励起することは困難である。申請者はイオンビーム・プラズマ系において大振巾静電イオンサイクロトロン波を励起し、そのパラメトリック崩壊不安定によってイオン音波を間接的に励起しうることを示した。

申請者は先づ磁場に平行に入射したイオンビームとプラズマの系において大振巾不安定波の波と波との非線形相互作用を調べた。この系では、イオンサイクロトロン波が励起されるが、系のパラメーターに依存して対流的不安定性または絶対的不安定性の波が励起された。この不安定性の起る条件、機構並びに理論との比較は参考論文(9, 15, 20, 25)に示され、主論文の研究の基礎となっている。対流的不安定性の起る系で外部印加により大振巾の波を励起する時、これがポンプ波となって静電イオンサイクロトロン波とイオン音波とに崩壊する。それらの波の間には周波数保存及び波数保存の関係が満たされ、パラメトリック不安定性であることが確かめられた。

このパラメトリック崩壊不安定性をみたく条件はボルツマン分布のプラズマでは非常に厳しく、イオンビーム・プラズマ系において申請者によって初めて実現したものである。不安定はポンプ電場がしきい値を越えた時に起り、この値以上では崩壊波はポンプ電場に対して指数関数的に増大する。また2つの崩

壊波の時間的成長率は等しく、ポンプ電場に比例して増大する。申請者はこれらの実験結果を3つの波の非線形結合を表わす理論と一致することを確めた。

以上、本論文で述べられたイオンビーム・プラズマ系での静電イオンサイクロトロン波の励起とそのイオン音波へのパラメトリック崩壊不安定性の実験は3つの静電波の相互作用を解明し、ビームエネルギーがプラズマ波動を介して、プラズマイオンに効率よく輸送されるという機構を明らかにしたもので、プラズマ加熱の分野に新しい知見を加えた興味ある結果である。

参考論文25編は何れもプラズマ波動に関するもので、(1)主論文に関連したイオンビーム・プラズマ系の波動とビームの減速(6編)、(2)電子ビーム・プラズマ系における電子サイクロトロン高調波不安定性とサイクロトロン減衰(6編)、(3)電子ビーム・プラズマ系における非線型ランダウ減衰と爆発的不安定性(8編)、(4)その他(5編)である。これらの参考論文は主論文と合わせて申請者のこの方面の研究への寄与を証するに足るものと云える。

よって本論文は、理学博士の学位論文として価値あるものと認められる。