

氏名	藤 本 孝 ふじ もと たかし
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	論 理 博 第 434 号
学位授与の日付	昭 和 48 年 5 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	Validity Criteria for Local Thermodynamic Equilibrium and Coronal Equilibrium (局所熱平衡とコロナ平衡の成立条件)
論文調査委員	(主 査) 教授 中井祥夫 教授 巽 友正 教授 端 恒夫 教授 田中茂利

論 文 内 容 の 要 旨

プラズマ中における電離平衡ならびに励起原子の占有密度分布における平衡の成立条件に関しては、一般に局所的な熱平衡を仮定した上で議論がすすめられる。プラズマが十分濃い場合、励起準位において部分的局所熱平衡が成立するためには電子密度が大きくなければならないとする Griem の条件及び電子温度が高くないといけないという Byron 等の条件が従来から提出されているが、例えば密度さえ大であれば温度は低くてもよいのかといった意味での、これら二条件相互間の関連については厳密な議論がされていなかった。また、陽光柱プラズマにおいては、上記二条件が共に充たされているにもかかわらず、局所熱平衡が達成されていないという徴候のあることも従来よりしばしば指摘されている。

申請論文においては、Bates の提案による Collisional Radiative Model に基づいて、上記二条件の関連が吟味され、電子密度及び温度を共に考慮して、イオン化の割合に関して新しい条件を加えることにより、上記二条件の同時成立の限界が明らかにされている。これにより陽光柱に関する上述の疑問点についても解答が与えられた。

申請者は局所熱平衡についての議論を進めるにあたって、まず水素-類似イオンプラズマを衝突-輻射モデルによって取り扱い、プラズマの電離状態を規定する衝突-輻射係数と、プラズマ中での励起準位の占有密度を与える占有密度係数のふるまいを調べて、電子温度及び密度の関数としてそれらを定式化した。

次に光学的に薄いプラズマについて、部分局所熱平衡を占有密度係数に基づいて定義した上で、局所熱平衡の成立条件が導出されている。その結果それら成立条件のうちいくつかは従来から提出されていた条件に帰着することが判明し、同時に以下の事実が明らかとなった。即ち、部分局所熱平衡の成立条件は電子密度に対する Griem の条件と、温度に対する Byron 等の条件が同時に成立することである。ただし、この際電離状態に関しては特別の規定条件が充たされている必要がある。さきに述べた陽光柱プラズマでの事情は現実のプラズマでは通常この前提条件が充たされないためであることが明らかとなった。また、完全局所熱平衡成立のための Griem の条件についてはそれが申請者による厳密な取り扱いから得ら

れた結果とも一致することがわかった。

これらの結果を更に具体的な事例について適用させる目的で基底準位への遷移に対する線スペクトルに關しては‘光学的に厚い’プラズマについて検討した結果、以下の事実が明らかとなった。(1)この際部分的局所熱平衡の成立条件は殆んど緩和されない。(2)完全局所熱平衡の成立条件は低温 ($T_e \leq 10^4 K$) では電子密度の値にして約2桁緩和されるが、高温では殆んど緩和されない。

以上の条件とは逆に、プラズマが十分薄い場合に成立するコロナ平衡についても上述と同様の取扱いを試みたところ、電離状態がコロナ平衡になるためには同時に二つの条件の成立を必要とすることが明らかになった。これら二つの条件はそれぞれ本質的には Wilson 及び McWhirter によって相互の關連が不明のままに提出されていたものであるが、今回の論文でそれらの關連を明確に理解することが可能になった。

論文審査の結果の要旨

局所熱平衡およびコロナ平衡の概念はプラズマ分光学において重要な意義を有しており、分光学的にプラズマの状態を知るためには、それらの成立条件が明確であることが必要である。しかしながら従来から提出されてきた成立条件は、その導出の根拠があいまいであり、それぞれの平衡に対して幾種類かの成立条件が互いに無関係に設定されているきらいがあった。このため、各種の平衡成立条件を統一的に把握して理解することは極めて有意義なことである。

一方、1962年に発表されたプラズマの衝突-輻射モデルは、現在までは主としてアフターグロープラズマの再結合過程を取り扱うのに用いられていたが、申請者はこのモデルが励起原子の占有密度の問題をも含むこれら平衡の問題にも適用可能であることに着目した。

申請論文においては、拡張された衝突-輻射モデルによって初めて局所熱平衡、コロナ平衡を十分な厳密さで取り扱うことが可能になり、まずそれらの平衡を定義するところから出発して種々の重要な結論に達している。その中の主なものは以下の通りである。(1)部分局所熱平衡について Griem 及び Byron 等によって提出された成立条件はそれぞれプラズマの電子密度、温度に対する必要条件であるにすぎず、それ以外に電離状態に対する条件が充たされることが必要である。(2)基底準位への遷移に対する線スペクトルにおいて光学的に厚いプラズマでも(1)の条件は殆んど緩和されない。(3)‘光学的に厚い’プラズマでは、Griem による完全局所熱平衡の成立条件も従来から考えられていたようには緩和されない。(4)電離状態でコロナ平衡が成立するための二つの条件はそれぞれ Wilson 及び McWhirter によって提出されているものと一致する。

今回申請論文によって得られたそれぞれの平衡に対する必要十分条件に基づくときは、最初に述べられたような従来からの不明確さが一掃され、現実のプラズマに対して極めて明確な判断を下すことが可能となった点は有意義である。また、参考論文で得られた結果は衝撃波によって生じるプラズマや、陽光柱プラズマの分光学的研究の基礎となるものである。特に、参考論文5においては衝突-輻射モデルを構成する諸係数の物理的意義が詳細に検討されており、主論文の内容を指向する予備的な意義をもっている。

以上述べたごとく、主論文の内容はそれに至る各参考論文の内容とあわせて、申請者がプラズマ分光学

の分野で独創的な研究能力と広い知識を持つことを示すものであり、同時にこれらの結果はプラズマ物理学の分野の発展に寄与するところが少なくない。

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る。