

氏 名	石 沢 俊 亮 いし ざわ とし あき
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	理 博 第 203 号
学位授与の日付	昭 和 46 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理 学 研 究 科 宇 宙 物 理 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Balmer Emission Lines in the Solar Atmosphere (太陽大気におけるバルマー輝線)

論文調査委員 (主 査) 教 授 清 水 彊 教 授 上 野 秀 夫 教 授 宮 本 正 太 郎

論 文 内 容 の 要 旨

恒星のスペクトルにおいて輝線が観測される場合には、水素原子の輻射によるバルマー輝線が一般に最強である。これは恒星大気中の水素中の水素原子が他の元素の原子に比べて格段に多いことによっていえる。それ故、バルマー輝線スペクトルを解析することによって、恒星大気の一般的物理状態に関する豊富な情報が得られるのである。とはいえ、恒星大気はライマン線、ライマン連続輻射およびバルマー線に対して光学的に薄くないため、水素原子の輻射場は原子や電子との強い相互作用を蒙っており、それを理論的に厳密に解析することは従来困難であった。しかし、近年の輻射輸達論における数値解法の進歩は、強い相互作用をもつ輻射場の輻射輸達式とともに、原子および電子の粒子密度を支配する統計平衡の式を連立して解くことを可能ならしめるようになった。

申請者が主論文において試みているのは、上述の連立方程式に対して Feautrier-Cuny の方法を利用することにより、太陽の紅炎ならびに彩層に対する水素原子の輝線強度を決定し、得られた理論的輝線強度を観測値と比較することにより、紅炎と彩層の物理的状态を明らかにすることである。

太陽大気モデルとして、水素原子からなる有限の厚さの均質大気が光球の輻射と彩層のUV輻射によって等方的に照射されていると想定した。そして、輝線の広がりには乱流をも含めた熱運動によるドップラー効果に基づくとし、またモデル原子は4個の離散準位と1個の連続状態よりなると仮定した。したがって、この太陽大気モデルの物理的状态は電子温度、全粒子密度、大気の幾何学的厚さおよび乱流速度をパラメーターとして記述することができる。

申請者は、まず4準位原子に対しては、ライマン線の詳細平衡が紅炎および彩層に対して充分の精度で成立つことを示した。そして、無限個の準位を持つ原子を4準位のモデル原子で置きかえた場合の誤差は、輝線強度において10%程度におさまることを明らかにしている。これらの確認に基づいて、申請者は各種の電子温度 (6000° , 8000° , $10,000^{\circ}$, $15,000^{\circ}$, $20,000^{\circ}\text{K}$)、全粒子密度 (10^{10} , 10^{11} , 10^{12} , 10^{13}cm^{-3})、大気の幾何学的厚さ (10^8 , 10^9 , 10^{10}cm)、乱流速度 ($10\text{km} \cdot \text{sec}^{-1}$) に対して、バルマー線 (H_{α} , H_{β}) と

パッシェン線 (P_{α}) の輝線強度を計算した。

かくて、申請者は、これらの計算結果から、 H_{α} 線と H_{β} 線の強度比の理論値は各種の物理的状态にも拘わらず、殆んど大気の光学的厚さのみに依存することを見出した。そして、その理由として、両線の励起は主として光球からの輻射によって決定され、また、全粒子密度および電子温度の増加は電子衝突による基底準位からの励起に伴い、第2準位の粒子密度のみが主として増加するためとしている。また、 H_{α} 線強度と H_{β} 線強度の相関を紅炎および彩層における諸観測から求めてみると、ほぼ理論的に導かれる関係を満たすことがわかった。しかし、観測値の理論的關係からの変動は、推定される観測誤差の大きさや乱流速度の相違のみでは説明できないので、紅炎および彩層はある程度非定常の状態にあるのであろうと推測している。さらに申請者は、 H_{α} 線のスペクトロヘリオグラムに見られる彩層の微細構造の差異に対応する物理的状态の変動範囲を明らかにし、斑点の明暗は光学的厚さの大小によることを示している。

申請者の参考論文は2編よりなり、いずれも本論文の研究の先駆となっている。その第1論文は、紅炎と彩層におけるカルシウム・イオンの輝線強度は、太陽大気の物理状態の決定に関係があることを立証したものである。また、その第2論文は、太陽大気からの輝線強度に及ぼす光球輻射の影響を推定する規準を与えたものといえる。

論文審査の結果の要旨

太陽大気の吸収線スペクトルに関しては、HearnやCunyなどの研究があるが、バルマー線強度についての十分な考察は、これまで殆んどなされていなかったといえよう。申請者の主論文は、太陽の紅炎および彩層中の水素原子の輝線強度を、種々の初期条件の下で精密な理論計算を行ない、その結果を観測値と比較することにより、太陽大気における物理状態を精しく検討したものである。

太陽大気のような希薄大気においては、局所的熱力学的平衡からの偏差が著しいと考えられる。したがって、輻射輸達式とともに、電子密度および原子の粒子密度を支配する統計平衡式を連立して数値解を導かねばならない。しかし、解析的に厳密な数値解を求めることは實際上極めて困難であるので、申請者は、Feautrier-Cunyの方法を利用して逐次的に解を求めたのである。

モデル太陽大気として、水素原子のみからなり、光球の輻射と彩層のUV輻射を等方的に受けている有限の厚さの均質大気を想定する。そして、輝線の広がりには乱流を含めた熱運動のドップラー効果のみによるとし、また、モデル原子には4離散準位と1連続状態を仮定している。したがって、このモデル大気の物理状態は、電子温度、全粒子密度、大気の幾何学的厚さ、乱流速度の4パラメーターで表わされる。

申請者は、かくてまず、紅炎および彩層の物理状態においては、このモデル原子に対してライマン線輻射の詳細平衡が十分の精度で成立つと見做しうることを示した。しかも、このモデル原子による近似は、無限個の準位をもつ現実の原子の場合に比べて輝線強度に対し1割程度の誤差に止まることをも確かめている。これらの結果は、今後この種の研究を進める場合に役立つ重要な指針を与えるであろう。

申請者は、以上の考察に基づき、種々の電子密度、全粒子密度、大気の幾何学的厚さおよび乱流速度について、バルマー線 (H_{α} , H_{β} 線) およびパッシェン線 (P_{α} 線) の輝線強度を計算した。そして、 H_{α} 線と H_{β} 線の輝線強度に対する理論値の検討から、それらの値は、主に大気の光学的厚さのみに依存すること

を見出し、その物理的機構を明らかにしている。すなわち、両線は主として光球からの輻射によって励起され、しかも全粒子密度や電子温度の増減は基底準位からの電子衝突に伴う第2準位の粒子、密度の増減を齎らすのみであることを示した。

次いで申請者は、紅炎および彩層における H_{α} 線強度と H_{β} 線強度の諸観測から両者の相関を求めて、それが上記の理論的關係に従うことを明らかにした。ただし、観測値の理論的相関からの変動は、考えられる観測値の誤差や乱流速度の相違よりも大きいので、紅炎や彩層は非定常状態の可能性があろうと推測している。しかし、申請者が均質且つ等方的という単純なモデル太陽大気を採用していることを考慮すれば、観測値はむしろ理論とよく一致しているというべきであろう。申請者は、なお H_{α} 線のスペクトロヘリオグラムで観測される彩層の斑点の明るさの違いについても、物理的状态の変化を対応させて明快な量的解釈を与えている。

申請者の参考論文の2編は、いずれも太陽大気の輝線強度に関するものであり、本論文の予備的若くは相補的研究にあたるといえよう。

以上の如く、申請者の研究は主論文および参考論文を通じて、幾つかの重要な新知見を見出しており、今後における太陽大気の研究の発展に寄与するところが大きい。

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。