

論文審査の結果の要旨

氏名 江副祐一郎

本論文は、大質量星生成領域から放射される広がった（ディフューズ）硬 X 線放射の存在を検証し、そのエネルギー源について議論したものである。

論文は 9 つの章から構成されている。1、2 章での導入に続いて、3 章で研究に用いられた観測機の概要が記述されている。4、5、6、7 章において、星生成領域からの X 線放射の観測、結果を論じ、大質量星生成領域からのディフューズ硬 X 線放射の存在を検証している。続いて 8 章において、その起源、およびエネルギー源について議論し、9 章で議論をまとめている。

大質量星は莫大な重カエネルギーと運動量を解放しながら誕生し、主系列星に成長すると強い紫外線で周りの物質を電離し、また高速の星風を通じて、重元素と運動エネルギーとを解放する。このように、大質量星は、銀河の星間物質に多大な影響を与える存在である。しかし成長が早く、濃い分子雲に埋もれているという理由から観測が難しく、星としての初期段階において、どのような物理現象が起きているのかについてはよく分かっていない。

1974 年に Uhuru 衛星によってオリオン星雲から X 線放射が観測されて以来、透過力の強い X 線はこうした若い大質量を探る手段として確立されてきた。さらに驚くべきことに Einstein 衛星や「あすか」衛星などによって、個別の X 線の放射源とは別に、広がった(ディフューズ)成分があることが示唆された。ただし、空間分解能やエネルギーバンドが限られていたため、真に広がった成分なのか、それとも暗い点源の集合であるかを区別することはできなかった。

本論文では、このような視点から、優れた角度分解能を誇る最新の X 線衛星 Chandra を用いて、大質量星の形成に伴うディフューズ X 線放射の存在を検証し、その放射機構とエネルギー源を明らかにすることを試みた。

論文提出者は、まず、代表的な大質量星の形成領域 NGC6334 を Chandra 衛星で観測し、点源以外に、広がって見える放射を発見した。検出された 800 個の点源の寄与を定量的に差し引いた "Excess Emission" においてもこの放射は検出されている。さらに、バックグラウンドを差し引いても、統計的に十分有意 ($>20\sigma$) な存在である。

次いで、この放射が「検出しきれなかった暗い点源の集合」で説明つくのかどうかを検証するため、検出点源の光度関数を用い、暗い点源の寄与を見積もったところ、広がった放射の約 90% が真に "ディフューズ" であるという結論を

得た。これにより、大質量星の形成に伴うディフューズ硬 X 線放射が確かに存在するということが検証された。

さらにディフューズ放射の放射機構とエネルギー源に迫るべく、X 線スペクトルの解析を行なった。ディフューズ放射の X 線スペクトルは場所により異なり、分子雲の薄い部分では 1-10keV の熱的プラズマ放射で表され、一方、分子雲のコア部には非常にフラットな光子指数のべき関数スペクトルが見られた。このフラットなべき関数スペクトルは非熱的放射を強く示唆する。すなわちディフューズ放射は場所によって熱的と非熱的放射が違う割合で混じっていると考えられる。

この発見をより確かなものにするため、論文提出者はさらに近傍の大質量星形成領域の 1 つである NGC2024 の Chandra データを解析し、統計的に有意なディフューズ放射を検出した。スペクトルはフラットなべき関数スペクトルを示し、非熱的な放射と思われる。

以上の観測事実に基づき、ディフューズ放射の起源を考察した。まずディフューズ放射のうち、フラットなべき関数スペクトルをもつ成分については、そのスペクトルの平坦さから、その起源は sub-GeV 領域の電子からの制動放射のスペクトルと予想される。すると例えば NGC6334 では少なくとも $\sim 10^{36}$ ergs s^{-1} もの膨大なエネルギー供給がなくてはならない。

大質量星とその形成に伴う数ある現象の中で、こうした莫大なエネルギーでプラズマの加熱と粒子加速を可能にするメカニズムとしては、高速の星風が最有力候補である。そこで、観測された各領域に期待される個数の大質量星の星風の影響を見積もったところ、上記のエネルギーを定量的に説明することができることがわかった。また、高速の星風による衝撃波は高温の熱的放射や非熱的放射の存在も説明しうる。さらに、観測されたディフューズ放射のサイズも、徐々に広がってゆく星風の予想される大きさとよく一致する。また、水素柱密度と表面輝度とに正の相関が見つかっているが、この相関も理論的に説明することができる。このように星風の衝撃波説は、観測された結果を矛盾なく説明できることがわかった。

なお、本論文第 4, 5, 6, 7 章の主要部分は、牧島一夫、国分紀秀との共同研究であるが、論文提出者が主体となって、観測提案及び解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。