

Title	Study of Young Pulsar Wind Nebulae with a Spectral Evolution Model
Author(s)	田中, 周太
Citation	大阪大学, 2012, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/59437">https://hdl.handle.net/11094/59437</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	田中周太
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 25224 号
学位授与年月日	平成24年3月22日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科宇宙地球科学専攻
学位論文名	Study of Young Pulsar Wind Nebulae with a Spectral Evolution Model (スペクトル進化モデルを用いた若いパルサー星雲の研究)
論文審査委員	(主査) 教授 高原 文郎 (副査) 教授 常深 博 教授 能町 正治 准教授 藤田 裕 准教授 林田 清

## 論文内容の要旨

我々の銀河系内には、パルサー星雲と呼ばれる天体が存在する。電波からガンマ線のすべての波長域で輝くパルサー星雲は、その雲状に広がった天体内部にあるパルサーという天体からのエネルギー供給で輝いている。パルサー星雲のスペクトルを調べることで、活動的な天体であるパルサー周辺で起こる物理過程を調べることができる。

パルサーは半径10kmで太陽程度の質量を持つ天体で、周期数十ミリ秒で回転している。パルサーの周期は徐々に長くなっており、回転エネルギーを徐々に失っている。その回転光度は太陽の10万倍に達するものもあり、そのエネルギーの大部分をパルサーの磁気圏で作られた電子陽電子の磁気プラズマ、パルサー風、として放出している。パルサー風が周囲の星間物質と衝突し、終端衝撃波を作ることで、星間物質に閉じ込められたパルサー星雲という天体が形成される。パルサー星雲は、終端衝撃波で加速された電子陽電子の磁気プラズマの雲であり、シンクロトロン放射や逆コンプトン散乱で電波からガンマ線の放射を出している。

本研究では、パルサー星雲のスペクトル進化モデルを構築し、いくつかの若いパルサー星雲に適用した。パルサー星雲は、減光率の観測や膨張進化が観測されており、時間発展を考慮するのが重要な天体である。初期の研究ではこの時間発展は考慮されていなかった。

スペクトル進化モデルは6つの若いパルサー星雲に対して適用され、以下のようなことがわかった。若いパルサー星雲の内部では、プラズマのエネルギーが磁場のエネルギーを大きく上回っていることが必要で、パルサーから供給される磁気プラズマの磁化率は千分の一程度の小さい量である必要があることがわかった。また、パルサー星雲は年齢を重ねるごとに電波からX線領域の光度がガンマ線光度よりも早く減衰することがわかった。この結果は、近年見つかった銀河系内のガンマ線源のうち、電波やX線などでは候補天体が見つからないものについて、そのうちのいくつかがパルサー星雲である可能性を示唆している。

本論文はパルサー星雲の放射スペクトル進化の理論モデルを構築し、いくつかの若いパルサー星雲に適用して、パルサー星雲の物理と進化を解明したものである。パルサー星雲は、強磁場をもって高速回転するパルサーと呼ばれる中性子星が、パルサー風と呼ばれる相対論的な速度の電子陽電子プラズマ流を放出し、周囲の物質と相互作用した結果、明るく輝いている天体である。パルサー星雲は50個以上が知られており、電波やX線とともに最近TeVガンマ線の観測が進み、多周波の観測スペクトルから相対論的な電子や磁場の情報をえることが可能になってきた。パルサー星雲には中性子星が生まれてから現在に至るまでの歴史が刻まれており、現在の時刻における瞬間的な性質だけではなく、その進化を探ることが可能である。

本研究では、中性子星からのエネルギー供給率を時間の関数として与え、エネルギーが磁場と粒子にある割合で配分されると仮定する。粒子については折れ曲がりを持つべき型スペクトルを仮定する。簡単のためパルサー星雲は単一領域とし、一定の速度で膨張しているとしている。磁場の時間進化は磁場の全エネルギー保存を仮定する。粒子の進化は輻射および断熱冷却を考慮した分布関数の時間変化を解いている。そこからシンクロトロン放射と逆コンプトン散乱による輻射スペクトルを時間の関数として計算している。年齢が既知であるかに星雲とそれ以外の5つの若いパルサー星雲にモデルを適用し、いくつかの重要な結果を得ている。第1に、どのパルサー星雲も磁場へのエネルギー供給は粒子へのエネルギー供給に比べ1%以下という小さな値でなければならないことである。第2に、TeVガンマ線の放射機構は、かに星雲ではシンクロトロン光子のコンプトン散乱であるが、他のものは銀河系内の拡散赤外光や可視光のコンプトン散乱であることである。第3に、かに星雲の電波や可視光の強度の減少率をほぼ再現している。第4に、それぞれのパルサー星雲の年齢をスペクトル進化の観点から推定することに成功し、それらが観測されるサイズと整合的であることを確認している。第5に、年齢とともに電波やX線は急速に減少するが、TeVガンマ線はほとんど変化しないことを見出していた。観測的にもX線強度にくらべTeVガンマ線強度が非常に強いパルサー星雲が多数発見されており、これらが比較的年齢の大きなものであることを示している。

また、これらの結果をもとに、パルサー風の生成機構の理論との関係を議論している。まず、輻射スペクトルを再現するようなパルサー風の粒子供給率の下限を求め、一粒子あたりの平均エネルギーが従来想定されていた値よりも2桁程度小さいことを発見している。これは、パルサー風のバルク運動のローレンツ因子が従来想定よりも2桁程度小さいことを意味している。このように、本研究はパルサー星雲のスペクトル進化の様相を解明すると同時に、従来のパルサー風生成理論が大きな修正を必要とすることを明らかにしたもので、その学術的意味は非常に大きい。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。