

# 論文審査の結果の要旨

氏名 <sup>ハ ミ ダ ニ</sup> <sup>ハ ミ ド</sup> Hamidani, Hamid

本論文は、ガンマ線バーストの多様性を理解するために、エネルギーの注入の仕方を様々に変えて大質量星の爆発の数値計算を行い、その力学的特徴から多様なガンマ線バーストとの対応について重要な結果を得たものである。

本論文は、8章と3つの補遺からなる。第1章では、本研究の対象天体である継続時間が長いガンマ線バースト(以下、GRB)の特徴がまとめられている。光度曲線の形、全放射エネルギー、継続時間、およびスペクトルがそれぞれのGRBごとに多様な様相を呈していることを強調している。それらの多様性をコラプサーモデル(仮説)に基づいて説明する可能性を追究するのが本論文の目的であることが述べられている。この仮説によると、大質量星の中心核が重力崩壊してできたブラックホールに外層が円盤状に回転しながら落下し、重力エネルギーを解放し、運動エネルギーおよび熱エネルギーに変換される。これらのエネルギーを磁場またはニュートリノ放射を介して回転軸方向に集中させ絞り角が数度で相対論的な速度を持つジェットを生成し、GRBを起こす。

第2章では、GRBの中でも暗い天体(以下、IIGRB)に焦点をあてている。IIGRBの頻度は他のGRBに比べても頻度が二桁ほど高いことと、超新星が付随していることを特徴としてあげている。その起源を説明する二つのモデルが紹介されている。一つは、現象自体は他のGRBと同じだが、見る角度がジェットの中心軸から外れているという統一モデルで、もう一つはジェットを駆動するエネルギー注入時間が短かったため、絞り角が大きく相対論的な速さに達しないジェットに伴う現象とするフェイルド・ジェット説である。

第3章では、コラプサーモデルに基づいて数値流体計算が行われた先行研究を概観し、多くの先行研究ではジェットを駆動するエネルギー注入時間がパラメータとして導入されていることが指摘されている。論文提出者は先行研究での継続時間が数秒以上に設定されていることに注目した。そこで、それより短い継続時間にも着目し、系統的に数値流体計算を行うことが強調されている。その目的は、第2章で説明されているIIGRBの起源に関する二つの説をこの一連の計算によりテストすることであると述べられている。

第4章では、本研究で用いられる二次元軸対称を仮定した特殊相対論に基づく流体力学方程式を数値計算するコードについて説明されている。また、初期条件、メッシュの取り方、設定したエネルギー注入の角度の値と時間の範囲についてまとめられている。

第5章では、エネルギー注入する角度の範囲は対称軸から10度以内と固定した計算結果について述べられている。エネルギー注入時間の違いに対するジェット依存性についてまとめられている。ジェットに効率的にエネルギーを注入するのに最適な時間は数十秒であることを指摘している。また、短い注入時間ではエネルギーの多くが外層を超新星のように非相対論的な速度で膨張させるのに使われていることが指摘されている。

第6章では、第5章の結果を基にしてII GRBに関する二つの説の妥当性を議論している。長い継続時間を持つモデルからのジェットの計算結果を基に統一モデルに基づいてII GRBと明るいGRBの頻度の比を計算すると観測ほど高い比を再現できないことが示されている。他方、短い注入時間を持つモデルがII GRBに対応すると考えるとこの高い頻度が再現可能で、さらにII GRBには超新星が付随して観測されることも説明可能であると結論づけている。

第7章では、エネルギー注入の角度を $1^\circ$ から $90^\circ$ まで変えた計算結果も加えて、前章の議論を拡張させている。その結果、角度が大きいためにジェットの速度が相対論的にならなかったモデルでもII GRBが説明可能であることが指摘され、II GRBを再現できるエネルギー注入の角度と時間の範囲が示されている。

第8章は結論とまとめである。

補遺では本研究で使用された数値流体計算コードのテストの結果が示され、先行研究の結果を必要な精度で再現していることを示している。

以上のように、本論文は、ガンマ線バーストの多様性、特に暗いガンマ線バーストの起源について、コラプサーモデルに基づく数値流体計算を行い、エネルギー注入の継続時間が短く注入角度が $10^\circ$ から数 $10^\circ$ の範囲のエネルギー源を持つことを初めて示し、ガンマ線バースト研究にとって重要な結果であり、高く評価できる。

なお、本論文の内容は梅田秀之との共同研究である。数値計算及び、議論の進め方、計算結果の解釈は論文提出者が主体になって行われており、論文提出者の寄与は十分であると判断できる。したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。