

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006年度～2009年度

課題番号：18540295

研究課題名（和文） 大質量星重力崩壊による天体現象の極限物質科学に基づいた
系統的解明

研究課題名（英文） Systematic study on the astrophysical phenomena of gravitational
collapse of massive stars based on the science of dense matter

研究代表者 住吉 光介（SUMIYOSHI KOHSUKE）
沼津工業高等専門学校・教養科・准教授
研究者番号：30280720

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学、素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：超新星、中性子星、ブラックホール、ニュートリノ、状態方程式

1. 研究計画の概要

本研究では、重力崩壊の数値シミュレーションを段階的に行い、大質量星の重力崩壊現象を系統的に解明する。極限物質科学による不定性を定量的に決定した上で、一般相対論のもとでの第一原理計算による最終的な答えを求める。主な研究項目として

- (1) 大質量星の質量の関数として、シナリオを決定して、高密度天体形成・超新星ニュートリノの予測データを提供する。
 - (2) 極限状況下での物質・ニュートリノ反応の研究を行い、爆発現象や超新星ニュートリノへの影響を探る。
 - (3) ニュートリノ観測シグナルの予測イベント数を提供して、地上における観測可能性を明らかにする。
- ことが計画である。

2. 研究の進捗状況

これまでに行ったニュートリノ輻射流体計算の数値シミュレーションにより、大質量星の重力崩壊から始まるダイナミクスとニュートリノ放出を系統的に調べることができた。特に、ブラックホールが形成される事例が注目すべき天体現象であることを明らかにして、ニュートリノ検出がブラックホール検出および高温高密度物質を探る手がかりであることを提案した。

- (1) 系統的に大質量星モデルを調べた結果により、原始中性子星に降着することになる外層部分の密度勾配が支配的な鍵を握ることが分かった。形成される原始中性子星と放出されるニュートリノスペクトル・光度の詳細の予測を行って論文に順次公表している。
- (2) 核子の自由度による状態方程式をベース

として、ストレンジネス・クォーク自由度に拡張した場合の状態方程式データテーブルを構築して公表した。また、ブラックホール形成時ニュートリノ放出への影響を明らかにした。

(3) ブラックホール形成の場合にはニュートリノ放出時間が短く、継続時間は状態方程式に敏感であることを明らかにして、観測シグナルの予測を行い、観測が現実的に可能な天体現象であることを示した。

3. 現在までの達成度

計画に沿っての研究成果の達成度として、現在まで「おおむね順調に進展している。」と考えている。第一原理計算の数値シミュレーションを系統的に実行することができたこと、それにより大質量星の重力崩壊の結末を明らかにすることを、多くの例について行う事ができている。

- (1) ブラックホール形成に至る場合について、質量や密度分布による違いを明らかにすることができており、当初の目的をほぼ達成しつつある。
- (2) 核子・ハイペロン・クォークが出現する場合について、段階的に状態方程式を拡張して、ニュートリノ放出への影響について調べることができている。
- (3) 大質量星の重力崩壊の際のニュートリノ放出のパターンについて、爆発の場合、ブラックホール形成の場合について、類型化することができている。

4. 今後の研究の推進方策

本研究の今後の推進については、当初の計画に沿って行うことが適当であると判断し

ている。

(1)大質量星の性質に応じたシナリオを確立していく。高密度天体・ニュートリノ放出の予測データを公開することを検討する。

(2) 状態方程式データの公開が進んでおり、天体現象におけるニュートリノ反応・高温高密度物質の影響を広く研究していく。

(3) 地上実験施設において、大質量星の重力崩壊に伴うニュートリノ放出を検出するための基礎データを整備する。

以上により、ニュートリノ天体物理学として大質量星の重力崩壊を探る方法について確立することを可能にすべく、最終年度の研究を続行する。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 14 件)

(うち、原著論文 12 件、国際会議プロシーディングス 2 件、すべて査読のある論文雑誌に掲載)

[1] Emergence of hyperons in failed supernovae: trigger of the black hole formation,

K. Sumiyoshi, C. Ishizuka, A. Ohnishi, S. Yamada and H. Suzuki,
Astrophysical Journal 690 (2009) L43-L46.

[2] Dynamics and neutrino signal of black hole formation in non-rotating failed supernovae. II. progenitor dependence,

K. Sumiyoshi, S. Yamada and H. Suzuki,
Astrophysical Journal 688 (2008) 1176-1185.

[3] Appearance of light clusters in post-bounce evolution of core-collapse supernovae,

K. Sumiyoshi and G. Roepke,
Physical Review C 77 (2008) 055804 (5 pages)

[4] Dynamics and neutrino signal of black hole formation in non-rotating failed supernovae. I. EOS dependence,

K. Sumiyoshi, S. Yamada and H. Suzuki,
Astrophysical Journal 667 (2007) 382-394.

[5] Neutrino signals from the formation of a black hole: A probe of the equation of state of dense matter,

K. Sumiyoshi, S. Yamada, H. Suzuki and S. Chiba,

Physical Review Letters 97 (2006) 091101 (4 pages)

[学会発表] (計 22 件)

(口頭発表のうち、国際会議 7 件、国内会

議・学会 15 件)

[1] 球対称シミュレーションの現状

住吉光介

重力崩壊型超新星と高エネルギー天文学研究会、東京大学、2009. 2. 2
(招待講演)

[2] 超新星爆発の大規模数値シミュレーション

住吉光介

日本物理学会、近畿大学、2008. 3. 23

(シンポジウム依頼講演)

[3] Equation of state of dense matter for core-collapse supernovae, compact object and neutrino bursts,

K. Sumiyoshi,

The 10th International Symposium on Origin of Matter and Evolution of Galaxies (OMEG07),

Hokkaido University, Japan, 2007. 12. 5
(Invited talk)

[4] ブラックホール形成時のニュートリノ放出における状態方程式の影響

住吉光介、山田章一、鈴木英之

日本物理学会、首都大学東京、2007. 3. 28

[5] Influence of nuclear equation of state in core-collapse supernovae,

K. Sumiyoshi,

In Heaven and on Earth 2006, The Nuclear Equation of State in Astrophysics,

McGill University, Montreal, Canada, 2006. 7. 7

(Invited Talk)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

研究会開催・代表者

[1] Numazu Workshop on Supernova EOS、沼津高専、2007. 3

[2] 第2回 Numazu Workshop on Supernova EOS、沼津高専、2008. 3

[3] 研究会「クォーク力学・原子核構造に基づく爆発的天体現象と元素合成」

沼津高専、2009. 3