

成果に関連して出版、もしくは印刷、投稿中の論文リスト

(1) このプロジェクト（同様の過去のプロジェクトも含む）での成果

査読付き論文雑誌

- Nucleosynthesis of light elements and heavy r-process elements through the ν -process, in supernova explosions,
T. Yoshida, M. Terasawa, T. Kajino and K. Sumiyoshi,
Astrophysical Journal 600 (2004) 204-213.
- Hydrodynamical study of core collapse and supernova explosion with relativistic EOS table,
K. Sumiyoshi, H. Suzuki, S. Yamada and H. Toki,
Nuclear Physics A730 (2004) 227-251.
- Gravitational Radiation from Rotational Core Collapse: Effects of Magnetic Fields and Realistic Equation of States,
K. Kotake, S. Yamada, K. Sato, K. Sumiyoshi, H. Ono, H. Suzuki,
Physical Review D69 (2004) 124004.

査読付き論文雑誌（国際会議）

- Finite Temperature effects on supernova explosion energy and hyperon composition,
C. Ishizuka, A. Ohnishi, K. Sumiyoshi and S. Yamada,
in Proceedings of the 18th Nishinomiya Yukawa Memorial Symposium and the YITP Workshop on Nuclear Matter under Extreme Conditions,
Progress of Theoretical Physics Supplement 156 (2004) 152-153
- Nuclear data for astrophysical nucleosynthesis: a Japanese + LANL activity,
S. Chiba, T. Kawano, H. Koura, T. Nakagawa, T. Tachibana, T. Kajino, S. Oryu, T. Hayakawa, A. Seki, T. Maruyama, T. Tanigawa, Y. Watanabe, T. Ohsaki, T. Murata and K. Sumiyoshi,
in Proceedings of International Conference on Nuclear Data for Science and Technology (ND2004) (American Institute of Physics (AIP), 2004) in press.
- Supernova explosion energy with relativistic EOS including hyperon,
C. Ishizuka, A. Ohnishi, K. Sumiyoshi and S. Yamada,
in Proceedings of International Symposium on the Origin of Matter and Evolution of Galaxies 2003,
(World Scientific, Singapore, 2005) 489-492.

(2) これまでのプロジェクトの今年度中の成果

査読付き論文雑誌

- An approach toward the successful supernova explosion by physics of unstable nuclei,
K. Sumiyoshi, S. Yamada, H. Suzuki, H. Shen and H. Toki,
in Proceedings of the 8th International Symposium on Nuclei in the Cosmos (NIC8),
Nuclear Physics A (2004) in press.
- Postbounce evolution of core-collapse supernovae: long-term effects of equation of state,
K. Sumiyoshi, S. Yamada, H. Suzuki, H. Shen, S. Chiba and H. Toki,

Astrophysical Journal (2005) submitted.

口頭発表 (国際会議)

- Study of core-collapse supernovae: post-bounce evolution and EOS effects,
K. Sumiyoshi, S. Yamada, H. Suzuki, H. Shen and H. Toki,
Institute for Nuclear Theory Program INT-04-2, Supernovae and Gamma Ray Bursts,
Seattle, USA, 2004.7
- Study of collapse-driven supernovae by neutrino-transport hydrodynamics,
K. Sumiyoshi
East Asia Numerical Astrophysics Meeting,
National Astronomical Observatory, Tokyo, Japan, 2004. 12

口頭発表 (国内会議)

- 超新星爆発の数値計算とニュートリノの役割
住吉光介
RCNP ワークショップ「宇宙天体核物理—核物理の視点から—」
大阪大学核物理研究センター、2004.5
- ニュートリノ輸送流体力学計算による超新星爆発：バウンス後の振る舞い
住吉光介、山田章一、鈴木英之
日本天文学会、岩手大学、2004.9
- 超新星爆発と γ 、 ν 反応
住吉光介
RCNP ワークショップ「MeV γ 線による核物理」
大阪大学核物理研究センター、2004.10
- Core-collapse supernovae and nuclear physics
住吉光介
研究会「重力崩壊型超新星を舞台とする様々な高エネルギー物理現象」
東京大学、2005.2
- Core-collapse supernovae: Long-term effects of equation of state
住吉光介
東大 CNS 研究会「殻模型の学際的展開—宇宙物理と物性物理—」
東京大学原子核科学研究センター、2005.3

成果の概要

重力崩壊型超新星爆発のメカニズムの解明は宇宙物理学の長年の懸案であり、銀河の進化・重元素の起源を明らかにする上でも、非常に重要な未解決課題である。我々は、一般相対論のもとでニュートリノに関するボルツマン輸送方程式を流体方程式と同時に解くニュートリノ輻射輸送流体計算コードにより、超新星コアの重力崩壊と衝撃波伝搬の様子を調べ、最新の核データを用いた場合に、爆発が起きるか否か、を明らかにすることを主な目的として研究を行っている。

この計算コードでは一般相対論的輻射流体力学の方程式を陰的解法により一括して計算する方法を取っており、爆発現象を長い時間スケールで計算することができるユニークな利点を持って

いる。これまでの多くの計算では重力崩壊によるコアバウンスの後、数百ミリ秒程度までしか計算が行われてきていなかったが、重力崩壊型超新星爆発のメカニズムと考えられている Wilson らによる遅延爆発 (delayed explosion) では 500 ミリ秒から 1 秒頃までに起きている例もある。我々はニュートリノ加熱により衝撃波が復活するかどうかを、長い時間スケールで計算することにより明らかにした。

最近の超新星爆発の輻射流体シミュレーションでは、慣習的に 1 つのセットのマイクロ物理 (状態方程式・ニュートリノ反応などの核子間相互作用) が用いられてきていた。我々は最新の不安定核実験データを取り込んだ相対論的状态方程式データテーブルを構築し成果をあげて来ており、この新しい状態方程式のもとで超新星が爆発するのかが一つの大きな興味として注目されていた。我々は慣習的に用いられていた状態方程式の場合と新しい状態方程式データの場合について、超新星コアの重力崩壊と衝撃波伝搬の様子を調べ、最新の核データを用いた場合に、爆発が起きるか否か、新しい相対論的状态方程式を採用したことによる影響 (組成・かたさ・対称エネルギーなど) を定量的に明らかにした。特に、バウンス後の 300 ミリ秒以降の振る舞いの比較については世界で初めて行ったものである。

その結果、新しい状態方程式を用いた超新星爆発の計算においても、爆発は起こらないことが判明した。特に、バウンス後 200 ミリ秒程度までの衝撃波の伝搬の様子は以前までの結果と類似していることが分かった。200 ミリ秒以降においても遅延爆発もしくはその兆候は見られなかった。しかし、重力崩壊時においては、陽子混在度や出現する原子核の核種には顕著な違いがあり、新しい状態方程式において電子捕獲反応の進み方が抑制されて、バウンス時のコアがやや大きくなる事を発見した。ただし、バウンス後のニュートリノ加熱においては、ニュートリノの平均エネルギーがやや低い事により加熱率が下がってしまい、バウンスコアの増大の効果が打ち消されていることが分かった。この結果、状態方程式の違いにより、電子捕獲反応やニュートリノ加熱率にも違いが現れる事を新たに示して、爆発メカニズムの定量的な理解にとって、状態方程式による組成の決定とニュートリノ核反応の研究が重要であることを指摘した。

さらに、バウンス後 1 秒という今までにない長い時間の数値シミュレーションを行うことにより、中心部に形成される原始中性子星の性質の違いが、極めて早い段階で現れる事を初めて発見した。中心部の密度については、約 2 倍の差がすでに現れており、その結果、星の半径が大きくなることや、温度分布が異なることが分かり、結果として放出される超新星ニュートリノのスペクトルには地上観測で検出可能な大きさの差が現れることを予測した。