大型シミュレーション研究「重力崩壊型超新星爆発と超新星ニュートリノ、重元素合成」実施報告書

研究組織

代表者：　鈴木 英之 東京理科大学理工学部 助教授
メンバー：　住吉 光介 沼津工業高等専門学校教養科 助教授
山田 章一 早稲田大学理工学部 助教授

実施報告

我々は、スーパーコンピューター上での数値シミュレーションを用いて、重力崩壊型超新星爆発の際に放出される超新星ニュートリノや重元素に関する研究を行ってきた。

重力崩壊型超新星爆発の際、形成された熱い原始中性子星がニュートリノを放出して冷えた中性子星に進化していく段階の数値シミュレーションを、Multigroup Flux Limited Diffusion scheme のニュートリノ輸送コードを用いて行ない、放出される超新星ニュートリノのエネルギースペクトルを求めた。今年度は、これまで使ってきた Wolff、Shen の状態方程式に加え、Lattimer-Swesty の状態方程式を Y_e =3Dに拡張して使用し、状態方程式の依存性を詳しく調べた。その結果、ニュートリノ光度の減衰率などに大きな影響が現れることを示した。また、衝撃波が外層を通過する際の密度分布がニュートリノ振動に与える影響について調べるため、コアの (仮想的な) 断熱崩壊による爆発モデルでの外層の密度分布の時間変化を計算した。今後、原始中性子星の収縮の効果も取り入れなければならないが、Wilson らによる delayed explosion モデルの密度分布とは異なる結果を得、ニュートリノ振動によるエネルギースペクトルの変形の様子を調べた。

また住吉を中心として、山田の Boltzmann solver によるニュートリノ輸送コードを用いた、超新星コアの重力崩壊のシミュレーションを進め、昨年までの電子型ニュートリノのみを考慮した計算に加えて、電子型反ニュートリノや非電子型ニュートリノを考慮したシミュレーションも開始した。コアのバウンス・衝撃波の発生と伝播、電子型ニュートリノの中性子化バーストなどの振舞を調べたが、動径方向のメッシュのとり方により振舞いに差異が見られ、物理的に意味のある結果を導き出すための数値計算精度の評価が必要となっている。

口頭研究発表

- ”相対論的状態方程式と重力崩壊型超新星爆発”,
  住吉 光介, 天文学会, 2003 09/25-09/27, 愛媛大学
- ”Neutrinos from Protoneutron Stars with various Equation of States”,
  H. Suzuki, The 5th International Workshop on Neutrino Oscillations and their Origin, 2004 02/11-02/15, Time 24 Building (Tokyo)
- ”ニュートリノ輸送流体計算による超新星爆発と核物理”,
  住吉 光介, 天文学会, 2004 03/22-03/24, 名古屋大学
- ”ニュートリノ輸送流体計算による超新星爆発シミュレーション”,
  住吉 光介, 物理学会, 2004 03/27-03/30, 九州大学

発表論文 (査読)

- ”Properties of a relativistic equation of state for collapse-driven supernovae”,
  K. Sumiyoshi, H. Suzuki, S. Yamada and H. Toki, Nuclear Physics A730 (2004) 227.

国際会議等の proceedings 論文

- ’Patterns of r-process in collapse-driven supernovae: delayed or prompt mechanism?’,
  K. Sumiyoshi, The 7th International Symposium on Nuclei in the Cosmos, Fuji-Yoshida, Japan, Nucl. Phys. A718 (2003) 303c.
- ’Protoneutron Star Cooling with A New Equation of State’,
  H. Suzuki, H. Kogure, F. Tomioka, K. Sumiyoshi, S. Yamada and H. Shen, The 7th International Symposium on Nuclei in the Cosmos, Fuji-Yoshida, Japan, Nucl. Phys. A718 (2003) 703c.