

O-5

## 超新星からの X-ガンマ線スペクトルと南極氷床コアへの影響

## X and gamma ray spectra from supernovae and their effects on an Antarctic ice core

○古宮尚<sup>1</sup>, 藤井紫麻見<sup>2</sup>\*Takashi Komiya<sup>1</sup>, Siomi Fuji<sup>2</sup>

Abstract: When a massive star explodes as a supernova, it emits strong radiation and produces substantial amounts of radioactive elements - primarily  $^{56}\text{Ni}$  and  $^{44}\text{Ti}$ . Meanwhile on the earth, nitrate ions are generated by the gamma-ray radiation originating in supernova explosions in the upper region of the atmosphere of the planet, and concentrate in an Antarctic ice core. In this research, by comparing the nitrate ion concentration in an Antarctic ice core for the past 1000 years with numerical simulations of X and gamma ray intensity from a supernovae, we can give constraint on the explosion types of supernovae recorded in the ice occurred in the past.

## 1. はじめに

大質量星が超新星として爆発するとき、強い放射線と、かなりの量の放射性元素、主として  $^{56}\text{Ni}$  や  $^{44}\text{Ti}$  が生成される。一方、地球上では超新星爆発に由来する放射線により大気上層部で硝酸イオンが生成され、南極の氷床コア中の硝酸イオン濃度に変化を与えることがこれまでの研究で明らかになっている。本研究では過去 1000 年分の南極氷床コア中の硝酸イオン濃度のデータと超新星からの X, ガンマ線強度のシミュレーションを比較する。これらの比較によって過去に起きた超新星の爆発のタイプがどの種類に分類できるのか調べ、また計算方法の検証を行う。

## 2. 目的

南極氷床コア中の硝酸塩濃度は堆積当時の大気中の硝酸イオン濃度を反映しており、このデータと超新星からの X, ガンマ線放射強度のシミュレーション結果を比較することによって過去に起きた超新星の種類、計算方法について検証する。そのために熱核反応型超新星、重力崩壊型超新星、極超新星のモデルに基づき爆発後の経過日数に対する地球に到達するエネルギーを計算する。その結果から南極氷床コア中の硝酸塩濃度の増加が史実に記された SN1006 と SN1054 である可能性と史実にはない超新星によるものの場合、それが何型なのかの検証を行う。

## 3. 超新星の分類

超新星はそのスペクトルに水素の吸収がないものが I 型、あるものが II 型に分類される。

I 型の中でさらにケイ素の吸収が強いものが Ia 型である。白色矮星にその伴星から物質が降着して引き起こされ、熱核反応型超新星と呼ばれる。II 型は大質量星の中心核が重力崩壊することによって引き起こされ、重力崩壊型超新星と呼ばれる。重力崩壊型超新星のうち、通常の 10 倍以上エネルギーが大きいものが特に極超新星と呼ばれ、ガンマ線バーストとの関係が指摘されている。

## 4. 計算

今回は、熱核反応型、重力崩壊型、極超新星についてモンテカルロ法を用いて X, ガンマ線強度を求めるシミュレーションを行う。

超新星爆発として観測される衝撃波のエネルギーで合成された放射性元素は、崩壊の際に核ガンマ線や陽電子を発生する。爆発後しばらくの間は、光学的にまだ厚いため、ガンマ線は電子によりコンプトン散乱を受けて X 線になり、さらに鉄などの原子によって光電吸収を受ける。こうして加熱されたガスが可視光などを放出し地球上で観測される。本研究では  $^{56}\text{Ni}$  が、コンプトン散乱や光電吸収を受ける過程をモンテ

カルロ法でシミュレーションする。超新星の構造は球対称を考え、20~50 個の球殻にわけて計算を行う。爆発モデルについては熱核反応型、重力崩壊型、極超新星それぞれに W7[1], SN1987A[2], SN1998bw[3]を用いた。また、硝酸イオンの形成には主に 100keV 以上のガンマ線が寄与すると考えられることから 100keV 以上のガンマ線強度についても算出する。

## 5. 結果

3 つの超新星のモデルによる全 X- $\gamma$  線強度および 100keV 以上の  $\gamma$  線強度の時間変化の計算結果を Fig1,2 に示す。全 X- $\gamma$  線強度と 100keV 以上の  $\gamma$  線強度に差はあまり見られなかった。熱核反応型と極超新星はほぼ同じ傾向であるが、重力崩壊型は  $\gamma$  線の立ち上がりがなだらかで、ピークに達するのも遅い。ピーク後の減少はどれも  $^{56}\text{Co}$  の半減期に同期している。

南極氷床コアの硝酸塩濃度は、AD1000 と AD1050 付近に堆積したと考えられる部分で硝酸塩濃度が増加しているが、前者はその幅が広く後者は幅が狭い[4]。歴史の書物から同じ時期に超新星爆発を観測したと思われる記述があり、それぞれ SN1006、かに星雲の SN1054 と考えられ、また該当する超新星残骸のこれまでの研究で SN1006 は熱核反応型、SN1054 は重力崩壊型と考えられている。 $\gamma$  線が地球大気に到達してから硝酸塩を生じて氷上に堆積するまでの時間が一定であるとすれば、氷床コア中の硝酸塩濃度の変化の傾向から上記 2 つの時期の硝酸塩濃度の増加がこれら 2 つの超新星の影響によるものである可能性が高い[4]。100keV 以上のガンマ線の光度変化と合っていると考えられる。硝酸塩濃度が AD1060 付近で増加しているが、この幅が狭いことから記録に残っていない重力崩壊型の超新星からのガンマ線の影響を受けたものである可能性が考えられる。

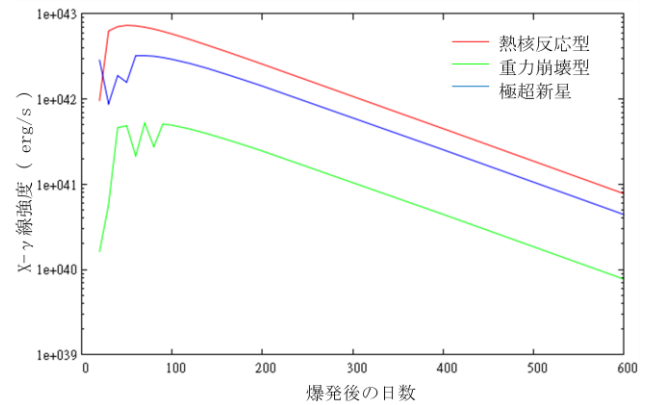


Fig 1. 爆発後の日数と X- $\gamma$  線強度の関係

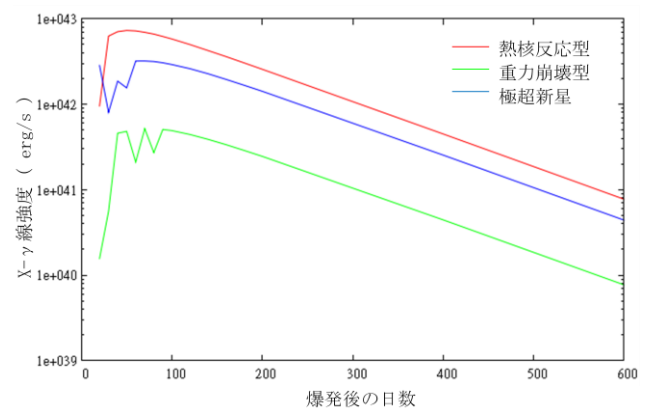


Fig 2. 100keV 以上のガンマ線についての爆発後の日数と  $\gamma$  線強度の関係

## 6. 今後の課題

重力崩壊型と極超新星については Fig1,2 で爆発後 20~50 日あたりにおいてグラフ上のエラーが大きいいため、計算の改良が必要である。また、超新星の  $\gamma$  線強度と氷床コアの硝酸塩濃度の時間変化を比較するためには、 $\gamma$  線が地球大気に到達してから氷上に堆積するまでの大気循環も詳しく調べる必要があり、今後の課題である。

## 7. 参考文献

- [1] Yamaoka et al.: Astrophysical Journal, 393, L55,1992
- [2] Shigeyama et al.: Nature, 328, 320, 1987
- [3] Iwamoto et al.: Nature, 395, 670, 1998
- [4] Motizuki et al.: ArXiv e-prints (arXiv:0902.3446), 2009