

日本天文学会早川幸男基金渡航報告書

2010年06月10日採択

申請者氏名	守屋堯 (会員番号 5262)
連絡先住所	〒 277-8583 千葉県柏市柏の葉 5-1-5
所属機関	東京大学 数物連携宇宙研究機構
職あるいは学年	M2
任期 (再任昇格条件)	
渡航目的	共同研究
講演・観測・研究題目	非常に明るい超新星の理論的研究
渡航先 (期間)	Max Planck Institute for Astrophysics(2010年8月9日～9月2日)

私は2010年8月9日から9月2日まで、ドイツのミュンヘン近郊ガーヒンにあるマックスプランク宇宙物理学研究所に Sergei Blinnikov 氏との共同研究のため滞在しました。私と Blinnikov 氏は、Blinnikov 氏が開発した多波長輻射流体計算コード STELLA を用いて非常に明るい超新星の理論的研究を行っています。超新星の中でも比較的明るく、宇宙論でも使われている Ia 型超新星は爆発後数ヶ月の間に $\sim 10^{49}$ erg の輻射エネルギーを出します。この輻射のエネルギー源は爆発の際に合成された ^{56}Ni の放射性崩壊によって発生する γ 線や陽電子です。近年まで、明るい超新星は爆発の際に合成された ^{56}Ni が単純に多いだけであると考えられていました。ところが超新星 2006gy を皮切りにここ数年で、数ヶ月間に $\sim 10^{50}$ erg を優に超える輻射エネルギーを放出し、爆発の際に起こる元素合成でどんなに ^{56}Ni を作り出してもその輻射エネルギーの量の説明が難しい超新星が数多く発見されています。このような ^{56}Ni の崩壊エネルギーだけではその明るさを説明出来ない「非常に明るい超新星」は、爆発の際にその親星の周りに高密度の星周物質が存在し、超新星の爆発噴出物がその高密度星周物質に衝突するために非常に明るくなると考えられています。爆発噴出物が高密度星周物質に衝突すると衝撃波が発生し、爆発噴出物の運動エネルギー ($\sim 10^{51}$ erg) が効率的に熱エネルギーに変換されるようになります。このため、通常は $\sim 10^6$ 年かけて徐々に熱エネルギーに変化していく爆発噴出物の運動エネルギーの一部が数ヶ月のタイムスケールで一気に熱エネルギーに変換され、その熱エネルギーが輻射エネルギーとなることで超新星が非常に明るくなるのです。実際にこのような非常に明るい超新星のスペクトルには高密度の星周物質由来であると考えられる非常に細かい水素の P-Cygni プロファイルが観測されています。 η -Carinae のように進化の途中で爆発的質量放出をする大質量星 (主系列質量が約 $50 M_{\odot}$ 以上) が超新星爆発を起こすと、このような非常に明るい超新星になると考えられています。

このように、非常に明るい超新星の大まかな描像は既につかめていると思われていますが、理論的な数値計算などを元に非常に明るい超新星の定量的な再現に成功した例はほとんどないのが現状です。これは、(1) 流体力学的な衝撃波を熱源とした超新星の光度曲線の理論的なモデルリングをするためには、流体力学と輻射輸送を同時に解く必要がある、(2) 輻射エネルギーが主に紫外線から可視光までの幅広い波長域にわたって放出されるた

め、きちんと観測と比べるためには多波長の輻射輸送を扱う必要がある、(3) 超新星の爆発噴出物内では様々な元素が複雑な分布をしている上に、多波長輻射輸送を扱う必要があるため、不透明度 (opacity) を各層で各波長ごとに評価しなければならない、など、多くの問題が存在するために、簡単にモデリングが出来ないといったことが原因となっています。STELLA はこのような系を適切に扱える数少ない数値計算コードの一つで、非常に明るい超新星の光度曲線の理論的計算に非常に有効であるので、私と Blinnikov 氏はこのコードを用いて非常に明るい超新星の現実的な光度曲線モデルを作り上げる事を目標に共同研究を行っています。

今回の滞在は、コードの開発者である Blinnikov 氏と会って集中的に議論する事で、これまで非常に明るい超新星の光度曲線の計算をする際にうまくいっていなかった点の原因を突き止め、現在のモデルやコードの問題点を洗い出す事でした。3週間じっくりと議論する事ができたため、多くの問題点を解決することができ、いくつか現実的な光度曲線を得ることに成功しました。今回、わざわざ Blinnikov 氏と直接会って議論を急いだ理由の1つに来年から運用が開始される Hyper Suprime-Cam による変光天体サーベイで $z \sim 6$ までの非常に明るい超新星を発見する事が出来る可能性がある事が挙げられます。そのため、観測可能性の評価や非常に明るい超新星の同定に使えるレベルのモデルを早急に必要ながあり、今回の集中的な議論でそれに向けた大きな前進をする事ができました。さらに、Blinnikov 氏との別の共同研究の論文についても議論を進め、原稿をほぼ完成させる事ができ、近日中に投稿出来る状態にまでする事が出来ました。詳細は割愛しますが、この研究も非常に明るい超新星と関連があり、大質量星の質量放出に関する示唆が得られています。

また、Blinnikov 氏や偶然ミュンヘンに住んでいた父親のドイツ人の友達の計らいのおかげで、生粋(?)のバイエルン文化を堪能する事も出来ました。現地で知り合った人々や、本場で味わった白ビール、ソーセージの味を決して忘れる事はないでしょう。さらにドイツ博物館では今まで教科書でしか見た事のなかった様々な物理実験を実際に手を動かして体験する事ができ、貴重な経験を積む事が出来ました。

最後になりましたが、私の研究を一気に前進させる事に成功した今回の滞中に援助をしてくださった早川基金に深く感謝をしています。ありがとうございました。