

星間現象分科会

多波長観測とシミュレーションが解き明かす星間現象

日時	7月28日 15:15 - 16:15(招待講演：田中 孝明 氏) 7月29日 10:15 - 11:15, 13:30 - 14:30(招待講演：福井 康雄 氏), 14:45 - 15:45
招待講師	田中 孝明 氏 (京都大学)「X線・ガンマ線で探る超新星残骸における宇宙線加速」 福井 康雄 氏 (名古屋大学)「星間物質による宇宙進化の探求」
座長	馬場達也 (鹿児島大 M2)、島和宏 (北大 M2)、高田明寛 (京大 M2)
概要	<p>星間空間には、原子ガス、分子ガス、電離ガス、ダストなど様々な状態の物質が存在しています。これらは加熱と冷却、磁場、乱流、重力相互作用、衝撃波、天体からのフィードバックなどの物理過程を経て、高温希薄なガス、低温高密度な分子雲、惑星状星雲、超新星残骸といった多彩な姿を見せます。したがって、星間現象を理解することは物質の進化過程を理解することにつながります。そのため、系内を中心に電波、赤外線、可視光、X線、γ線など、多波長で観測を行うことで星間現象を理解する試みがなされています。 今後は TMT(可視光、赤外線)、SPICA(赤外線)、ALMA(サブミリ)、ASTRO-H(X線)、CTA(γ線)などの次世代望遠鏡によってさらに進展することでしょう。さらに、理論分野からは高性能計算機を用いて、磁場の影響や分子雲の衝突、不安定性の非線形解析などの複雑なシミュレーションが行われています。多波長観測と理論を総合的に結びつけて考察することで、星間現象についての理解が深まり、さらにそれらは銀河や星のようなスケールの異なる現象の理解にもつながります。</p> <p>本分科会では、一般講演では多岐にわたる星間現象についての理解を目的に活発な議論や異分野との相互理解・交流を行います。招待講演では星間現象の分野の最先端で活躍されている講師の方々を招き、この分野の面白さや最新の成果、問題点などについて講演していただく予定です。</p> <p>注) 星形成領域、分子雲は星間現象分科会で扱います。 注) 分子雲コア、アウトフローは星形成・惑星系分科会で扱います。 注) 超新星自身の研究はコンパクトオブジェクト分科会で扱います。</p>

田中 孝明 氏 (京都大学)

7月28日 15:15 - 16:15 B(大コンベンションホール)

「X線・ガンマ線で探る超新星残骸における宇宙線加速」

地球に降り注ぐ宇宙線が、どこで加速されているのかという問題は長い間未解決であった。宇宙線加速源としては、超新星残骸が有力な候補であると考えられてきた。超新星残骸で形成される衝撃波において、フェルミ加速と呼ばれる機構で粒子がエネルギーを得るという考えである。近年、X線・ガンマ線帯域での観測により、超新星残骸で宇宙線が加速されていることが観測的にも立証されつつある。日本の「すざく」衛星などのX線帯域での観測により、衝撃波で加速された電子からのシンクロトン放射が検出されている。これにより、超新星残骸において電子がTeVを超える高エネルギーにまで加速されていることが明らかになっている。さらにフェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡によるGeV帯域のガンマ線観測によって、宇宙線の大部分を占める陽子も加速されていることが明らかになった。超新星残骸の衝撃波において加速された陽子は周囲のガスと相互作用することにより中性パイ中間子を生成し、これが2つのガンマ線光子に崩壊する。フェルミ衛星は、複数の超新星残骸から、この放射に特有なスペクトルを検出し、陽子加速の証拠を得ることに成功した。

本講演では、上に挙げたような最近の観測結果を紹介するとともに、そのデータがどのように解釈できるのか、放射過程などの基礎的事項を説明しながら解説する。さらに、2015年に打ち上げが予定されている日本のX線天文衛星ASTRO-Hなど、次世代の観測機器によって期待される進展についても話す予定である。

福井 康雄 氏 (名古屋大学)

7月29日 13:30 - 14:30 B(大コンベンションホール)

「星間物質による宇宙進化の探究」

星の形成、宇宙線加速などの宇宙の基本過程を解明する上で、分子雲・原子雲の深い理解は不可欠である。星間物質の素過程を含めて、大質量星の雲衝突による形成、宇宙線の起源などの最新の研究成果を解説する。

1. Fukui et al. 2014arXiv1403.0999F
2. Fukui et al. 2014ApJ, 780, 36F

星間 a1 X 線天文衛星「すざく」による超新星残骸 G304.6+0.1(Kes17) の観測

鷲野 遼作 (京都大学 宇宙線研究室 M1)

超新星爆発では星の構成物質が飛び散り、星間物質と衝突することによって衝撃波が形成される。衝撃波は星からの噴出物や星間物質を加熱して高温のプラズマを形成する。この痕跡が超新星残骸 (SNR) である。SNR はその形状から分類があり、その 1 つに電波ではシェル状に広がり、X 線では中心に集中している混合形態型 SNR がある。近年、混合形態型 SNR から過電離状態にあるプラズマがいくつか見つかった [1]。過電離プラズマとは電離過程より再結合過程が優勢なプラズマで、従来の SNR の進化的理論では説明できないと考えられている。今後より多くの過電離 SNR を発見し、観測することが SNR の進化を系統的に理解するために必要である。

G304.6+0.1(Kes17) は銀河系内に存在する比較的古い混合形態型 SNR で、1970 年に電波によって見つかり [2]、赤外や X 線など多波長で観測されてきた [3]。我々は Kes17 が混合形態型 SNR であることから、附随する X 線プラズマが再結合過程優勢である可能性を考えている。そこでエネルギー分解能に優れ、広がった天体に対する低いバックグラウンドレベルを持つ X 線天文衛星「すざく」を用いて Kes17 の長時間露出観測を行った。今後はプラズマの電離状態を精度よく測定するためにスペクトル解析を行う予定である。本講演ではその解析結果について報告する。

1. e.g. Ozawa et al. 2009, ApJ, 706, L71
2. Shaver, P. A., & Goss, W. M. 1970, AuJPA, 14, 133
3. e.g. Combi, et al. 2010, A&A, 523, A76

星間 a2 SNR3C397 の観測と解析

小池 貴之 (京都大学 宇宙線研究室 M1)

3C397 は天の川銀河内に存在する超新星残骸 (SNR) である。5000 年程度の若い SNR であると推定されており、電波シェルに X 線プラズマが内在する複合型である [1]。その最大の特徴は突出した鉄の K 輝線である。その等価幅は 5 keV 以上にもなり、銀河系内 SNR の中で最も大きい。さらに、2010 年のすざくによる観測からクロム、マンガンの K 輝線も検出された [2]。しかし、これまでの研究では 7 keV 以上の高エネルギー帯域の統計不足により連続成分に不定性があり、元素組成量の推定に大きな誤差が残っていた。そこで我々は 2013 年 10 月にすざくによる追観測 (露光時間 105 ks) を行った。2010 年の観測 (露光時間 70ks) と合わせた解析により、これまでで最も高い統計のスペクトルを取得した。

3C397 を解析する上でのポイントは、バックグラウンドとして大きく寄与する銀河面拡散 X 線放射 (GRXE) をいかに精度よく推定し、引くことができるか、という点にある。我々は SNR 周囲のデータを調べ、GRXE が過去に報告されているパラメータ [3] と矛盾しないことを明らかにした。さらに、本講演では SNR の高エネルギー帯域のスペクトルから鉄族元素の組成量を求め、3C397 の爆発の型について議論する。

1. Safi-Harb et al. 2005
2. Yang et al. 2013
3. Uchiyama et al. 2013

星間 a3 Central Compact Object 1E 161348-5055 を伴う超新星残骸 RCW 103 の「すざく」による観測的研究

古田 禄大 (東京大学牧島中澤研究室 M1)

重力崩壊型 (II 型) の超新星残骸 (SNR) は、中心に中性子星 (NS) やブラックホールを伴って生み出されると考えられており、実際にかに星雲などでは活動的な電波パルサーが見つかっている。また近年、SNR の中心付近から軟 X 線点源が相次いで発見されており、これらは Central Compact Object (CCO) と呼ばれている [3]。CCO は若い孤立 NS と考えられており、電波放射がなく周期変化率が小さいなど、これまでよく知られていた NS とは異なる性質をもつ。その起源はまだまだ謎が多いが、CCO は若い NS のかなりの部分を占める可能性がある。私はそうした CCO を生み出した超新星爆発の特徴を調べるために、CCO を中心天体にもつ II 型の SNR を研究することにした。

このような II 型 SNR の一つが RCW 103 である。これは 2000 歳程度 [1] の若い SNR で、中心に 1E 161348-5055 と呼ばれる CCO をもつ。距離約 3.1 kpc、視直径約 11.9 分で、2005 年 8 月の XMM-Newton 衛星による観測から、CCO (NS) の X 線放射に 6.67 時間の周期変動が見つかった [2]。しかし、周期が数 msec から数十 msec の高速回転で誕生するはずの NS を、わずか 2000 年でここまでスピンドダウンさせることは不可能に近く、その起源が議論されている。

私はこの SNR の特徴を調べるために、X 線天文衛星「すざく」の公開データを解析した。観測は 2009 年 8 月 16 日から 17 日に行われ、XIS 検出器で得られた exposure は 66 ksec であった。0.5–5.0 keV における flux は 1.4×10^{-10} erg cm⁻² s⁻¹ で、その X 線スペクトルは電離非平衡プラズマモデルを使って、温度およそ 0.2 keV と 0.6 keV の二成分で説明できた。この二成分は SNR の shell を成す星間物質成分と内部の ejecta 成分と考えられる。この解析結果から、爆発前の周囲の星間物質密度は ~ 2 cm⁻³、爆発のエネルギーは $\sim 10^{51}$ erg と推定され、RCW 103 は重力崩壊型として典型的な SNR だとわかった。このことから、CCO を作る II 型の超新星爆発は特殊なものではないことが示唆される。

1. Carter, L. M., Dickel, J. R., & Bomans, D. J. 1997, PASP, 109, 990
2. De Luca, A., Caraveo, P. A., Mereghetti, S., Tiengo, A., & Bignami, G. F. 2006, Science, 313, 814
3. Pavlov, G. G., Sanwal, D., & Teter, M. A. 2004, Young Neutron Stars and Their Environments, 218, 239

星間 a4 X 線天文衛星「すざく」による超新星残骸 RCW 86 での宇宙線加速の系統的研究

坪根 義雄 (青山学院大学大学院 M2)

銀河系内宇宙線の加速メカニズムとして超新星残骸衝撃波での Diffusive Shock Acceleration (DSA) が広く受け入れられている。しかし、加速効率を決めているパラメータが何なのかはよく分かっていない。その候補として残骸衝撃波の周辺環境が考えられるが、加速効率と周辺環境との関連を調べた研究はあまり無かった。

RCW86 は視直径約 1 度、距離約 1 kpc、年齢約 2000 歳の系内超新星残骸である。この残骸の X 線スペクトルは加速電子からのシンクロトロン X 線とプラズマからの熱的 X 線の両方を示しており、場所によって

シンクロトロン X 線が優勢なところと熱的 X 線が優勢なところがある。シンクロトロン放射強度は加速電子の密度に比例し、熱的 X 線強度は加熱された周囲のガスの密度の 2 乗に比例する。したがってこれらと比較することで、どのような環境で効率よい加速が行われているかを明らかにできる可能性がある。

本研究ではすざくの XIS により観測された合計 6 観測を用いて、残骸全面を 44 の小さな領域に分割し、領域ごとのスペクトル解析を系統的に行った。それぞれのスペクトルは ~ 0.3 keV の星間物質と ~ 2 keV の鉄イジェクタからなる 2 成分プラズマモデルと、シンクロトロン放射を表すべき型分布の重ね合わせで再現することができた。宇宙線加速の環境依存を調べるため、我々はシンクロトロン X 線強度と熱的 X 線強度の相関を調べた。シンクロトロン X 線強度は 3.0–5.0 keV の積分強度で、熱的 X 線強度は低温プラズマ成分の Emission Measure で評価した。その結果熱的 X 線が暗い領域ほど (1) シンクロトロン X 線がより卓越し (2) その放射が硬くなることを明らかにした。この結果は周辺の星間ガス密度が低い領域ほど宇宙線の加速効率が良いことを示唆している。

星間 a5 AKARI FIS データを用いた系外銀河のスタック解析によるダスト減光マップの補正

岡部 泰三 (東京大学 宇宙理論研究室 M1)

我々の銀河内にはダストが広く分布しており、あらゆる銀河系外の観測はこのダストを通った光を見ることになる。ダストは可視光線を吸収し遠赤外線 (FIR) を放射している。そのため、銀河系外の観測においては、銀河系内のダストによる減光の補正が本質的となる。現在最も広く使われているダストの減光マップは、1998 年に Schlegel, Finkbeiner, Davis(SFD) により発表されたもので、COBE と IRAS という二つの赤外線観測から作成された。SFD マップは FIR の放射量をもとにして作成されており、本来必要とされる可視光の吸収量を直接測定している訳ではない。これは SFD が可視光の吸収量と FIR の放射量に線形な関係を仮定し、FIR の放射量から可視光の吸収量を見積もるという構成方法をとっているからである。従ってこの仮定が妥当なものであるか検証することが重要となってくる。Yahata et al. (2007) は SDSS の銀河カタログの個数面密度を測定し、ダスト減光の値と比較することで SFD マップの信頼性を検証した。その結果 SFD マップはダスト減光が小さい領域で、僅かながら系統誤差が存在することを示した。しかしながらこのダスト減光が小さい領域は SDSS 観測領域のおよそ 7 割を占めており、系統誤差が小さいとはいえ精密宇宙論では有意に効いてくる可能性がある。この論文では系統誤差の原因を系外銀河の FIR フラックスによるものだと結論しているが、状況証拠のみで直接的な証拠は示されていない。そこで Kashiwagi et al. (2013) はスタック解析を用いてこの系外銀河の FIR フラックスを直接測定した。ここでは SDSS 銀河が存在する点を中心として SFD マップをスタックしていくことで有意なシグナルをとらえている。この結果、SFD マップの系統誤差が系外銀河の FIR 放射に起因することは確認されたと言える。しかしながら、IRAS の角度分解能は 3 分近くあり、さらなる定量的な解析は困難である。そこでこの講演では系外銀河のフラックスをより詳しく見るため、分解能のいい AKARI FIS データを用いてスタックした結果を発表する。

1. Schlegel, D. J., et al. 1998, ApJ, 500, 525
2. Yahata, K., et al. 2007, PASJ, 59, 205
3. Kashiwagi, T., et al. 2013, PASJ, 65, 43

星間 a6 NH₃ と H₂O メーザーによる M17SW の観測

馬場 達也 (鹿児島大学 M2)

鹿島 34m 電波望遠鏡および国立天文台 VERA を使用して M17SW の NH₃(J,K)=(1,1),(2,2),(3,3) 輝線のマッピング観測と H₂O メーザーの VLBI モニター観測を行った。観測によって得られた NH₃ の輝線強度比より、星形成が活発に行われている場所を推測することができた。また、H₂O メーザースポットの動きを見ることによって、原始星の存在しうる場所を推測することができた。

星間 a7 宇宙ダスト上におけるアミノ酸生成の理論的研究

木立 佳里 (筑波大学、宇宙物理理論研究室 M1)

宇宙における化学進化については未だ不明な点が多く、模擬実験や宇宙観測により分子生成を明らかにする研究が盛んに行われている。宇宙空間において、すでに有機物や高分子が生成されていることが明らかになってきている。地球に飛来した隕石からはアミノ酸やアミノ酸前駆体 (ヒダントイン) が検出されている (G. W. Cooper et al. 1995)。また、観測では他のアミノ酸前駆体が見つかったことから、ALMA によるアミノ酸の検出が期待されている。

宇宙でのアミノ酸生成過程については様々な反応経路が考えられる。本研究では、その中でも一般的な生成過程に対して反応物及び中間体の生成エネルギーの安定性を評価することで、宇宙におけるアミノ酸生成の仕組みの解明を試みた。ヒダントインやアミノニトリルを経由する、グリシン及びアラニンの生成過程について高精度な第一原理計算 (密度汎関数法) により検討を行った。また、水溶液中での反応経路の解析には、Polarizable Continuum Model(PCM) による溶媒効果を考慮した計算を行った。

真空中では、計算した全ての反応過程の中ではグリシンが最も安定であり、過剰に安定な中間体は存在しなかった。アラニンについても同様の傾向が見られた。水溶液中でもグリシンが最も安定であったが、ヒダントイン形成は起こりにくい可能性があることがわかった。以上より、構成要素となる反応物があればグリシン、アラニンは容易に起こりうるようになった。

1. G. W. Cooper and J. R. Cronin, Geochim. Cosmochim. Acta. 59, 11003 (1995)

星間 a8 乱流分子雲におけるフィードバックのシミュレーション

島 和宏 (北海道大学 宇宙物理学研究室 M2)

観測される星形成率は、重力崩壊による星形成率に比べると数桁低いという問題がある。この問題を解決するのがフィードバックであると考えられる。30 Doradus のように多数の OB 星を含む星形成領域では、HII 領域、winds, jets, Supernova といった OB 星からのフィードバックが次世代の星形成に影響を与えその結果形成が阻害される。だが、その詳細は明らかでない。よってフィードバックを含めたシミュレーションによって理解することを目的とする。

本研究では Enzo コードを使用して、乱流分子雲でのフィードバック

をとまう星形成の AMR シミュレーションを行った。今回取り扱ったフィードバックは Photoionizing radiation と Supernova の 2 種類である。Photoionizing radiation は ray-tracing アルゴリズムにより輻射輸送方程式を解いて計算している。

Probability Density Function(PDF) や星形成率などの結果から、フィードバックが分子雲や星形成に与える影響を報告する。

1. Dale J.E., Ercolano B., Bonnell I. A., 2012a, MNRAS, 427, 2852
2. Dale J.E., Ercolano B., Bonnell I. A., 2012b, MNRAS, 424, 377

星間 c1 大小マゼラン銀河における孤立した大質量原始星の観測的研究

原田 遼平 (大阪府立大学 宇宙物理学研究室 M1)
観測的研究から大質量原始星は巨大分子雲の中で形成されると考えられていた。しかし、最近の観測から巨大分子雲 ($10^5 M_{\odot}$ 以上) から離れている孤立した大質量原始星が見つかったが、それらの起源はまだ知られていない。大小マゼラン銀河において、過去の観測では、これらの原始星の周りに分子雲が見つかっていなかったため、本研究でより高空間分解能の Mopra 望遠鏡を用いて、大小マゼラン銀河の 10 個の孤立した大質量原始星に付随する領域を観測した。その結果、大マゼラン銀河の 4 つの領域で CO の放射を検出し、そのうち 2 つの領域は原始星のある場所のみで放射が見られた。このことは、非常に小さな分子雲 (7 pc 以下、 $10^4 M_{\odot}$ 以下) が存在したことを示しており、この領域において小さな分子雲から大質量星が生まれた可能性が極めて高いことが示唆される。今後はより高感度・高空間分解能の ALMA 望遠鏡で観測を行い、分子雲の物理的性質を求め、そのような大質量星がどのように生まれるのかを調べる予定である。

星間 c2 大気吸収線の環境依存性

高橋 一馬 (信州大学 理工学系研究科 M1)
私の研究での主目的は比較的地球に近い星雲である、オリオン大星雲方向の星間物質によって分光スペクトル中に現れてくる吸収線の分析である。この中でも特に、まだ吸収物質が明らかになっていない 4000-13000Å の領域に約 600 本発見されている吸収線 (DIB) について詳細に分析したいと思っている。現在この DIB の吸収物質として最有力な候補としてフラレーンが挙げられている。しかし、フラレーンと DIB の同定を行う上で大きな障害となってくるのが地球大気吸収線である。大気吸収線のノイズを除去しきれないために DIB が大気吸収線の中に埋もれてしまっているという現状がある。現在でも、大気吸収線の除去作業は行われている。その手法としては、DIB が写り込んでいる対象星からのスペクトルデータと DIB が写っていない対象星近くの標準星からのスペクトルデータを割り算することで DIB だけを残そうとするものである。しかし、これは完全には上手く行っていない。対象星と標準星のデータを取った時の大気状態は異なっており、その違いにより 2 つのデータ上での大気吸収線スペクトルが異なってしまう、割り算をしても除去しきれずに残ってきってしまうという問題がある。この大気吸収線の除去精度の向上を目指して、標準星と対象星のデータ取得時の大気の違いに着目し、大気状態の違いによる吸収の違いを補正するために吸収線と大気状態の環境依存性を調べた。

本研究では、すばる望遠鏡で取ったデータについて、私が主に調べたいと思っている近赤外領域 (9000-10000Å) にある二本の大気吸収線について、データ取得日時での地表での気象データ (気温、湿度、大気圧) と比較して大気吸収と大気状態との相関を調べた。

星間 c3 すざく衛星を用いた超新星残骸 G337.2-0.7 の観測

高田 明寛 (京都大学 宇宙線研究室 M2)
G337.2-0.7 は銀河系内の若い超新星残骸である。これまでの観測で X 線スペクトルは光学的に薄い熱的プラズマと重元素からの輝線で再現できることが示された。高い重元素量 (Ca 12 solar) からはこのプラズマが Ia 型超新星の爆発噴出物起源であることが示唆される。それにもかかわらず、これまで Fe-K 輝線は見つかっていなかった。そこで私たちはすざく衛星を用いて 300 ks の長時間観測を行った。G337.2-0.7 は銀河面上に位置するため銀河リッジ X 線放射が主な X 線バックグラウンドである。また、明るい X 線連星 4U1630-47 からの迷光も無視できない。私たちはこれらのバックグラウンドを注意深く見積もり差し引くことで、エネルギーが 6.4-6.5 keV の低電離 Fe-K 輝線を発見した。超新星残骸全体のスペクトルは 1 成分のプラズマでは再現できず、少なくとも 2 成分の電離非平衡プラズマが必要であることが分かった。

星間 c4 スタック解析による銀河遠赤外放射量測定が与えるダスト分布への示唆

柏木 俊哉 (東京大学 宇宙理論研究室 D3)
Ménard et al. (2010, 以下 MSFR) は SDSS 測光銀河の分布と遠方クエーサーの色との角度相関を用いて、銀河周辺での平均的なダスト赤化量を測定し、銀河の中心から数 Mpc のスケールにまでクエーサーの赤化が見られることを示した。この赤化が中心の銀河に付随するダストのみによるものとするれば、ダストの分布が普遍的に、銀河ディスク (~10kpc) をはるかに超えた銀河団スケールまで広がっていることを意味する。

一方で我々はこれまでに、SDSS 銀河を IRAS の全天遠赤外放射マップ上でスタックすることで、銀河の平均的な遠赤外放射を検出・測定することに成功している (Kashiwagi et al. 2013, 以下 KYS)。遠赤外放射の主な寄与はダストによるものと考えられるため、MSFR と KYS はそれぞれダストの吸収量と放射量という独立な物理量を通して、本質的には同等の観測結果を示したものと期待される。ただし、MSFR での解釈はダストは個々の銀河というよりも、むしろそれらを包むより大きなスケールの親ハローに広がって分布しているという描像であるのに対して、KYS ではクラスタリングした銀河内のダストが統計的に重なり合うことによる見かけ上の広がりであるとしており、両者の物理的解釈は全く異なっている。

本講演では、MSFR によるダスト赤化と、我々のスタック解析により得られたダスト放射のプロファイルを定量的に比較する。まず、2 つの観測結果から得られるダストモデルを、銀河系やマゼラン雲の減光曲線と比較することで、両者の整合性を検証する。さらに、KYS で提案した銀河内ダストの統計的重ね合わせという解釈のもとで、MSFR の観測結果がどの程度説明可能かについても議論する。

1. B. Ménard, R. Scranton, M. Fukugita, & G. Richards, MNRAS, 405, 1025 (2010)
2. T. Kashiwagi, K. Yahata, & Y. Suto, PASJ, 65, 43 (2013)

星間 c7 チャンドラ衛星による超新星残骸 RX J1713.7 – 3946 北西領域のスペクトル解析

荒川 真範 (立教大学 M1)

RX J1713.7–3946 は距離 1 kpc、年齢 1600 years 程度の若いシェル型の超新星残骸である。この天体からシンクロトロン放射による非熱的 X 線があすか衛星で観測され、高エネルギー電子の存在が示された。すざく衛星による観測から、シンクロトロン放射は 10 keV でカットオフが存在し、RX J1713.7–3946 の衝撃波における磁場の乱れが非常に大きいことが示された。また、チャンドラ衛星による解析では RX J1713.7 – 3946 が 1 年スケールの X 線強度変動を持つことが発見された。これは加速された電子によるシンクロトロン冷却と考えられ、磁場が 1 mG 程度まで増幅されていることが示唆されている。

本研究では 2006 年から 2011 年の間で我々がチャンドラ衛星によって行われた RX J1713.7–3946 の北西領域の 5 回の観測データを用いて、残骸の北西領域を 40 分割しスペクトル解析を行った。今回は、すざく衛星によるスペクトル解析によって確認されている 10 keV でのカットオフを各領域で検証した結果について報告する。

1. Koyama, K., et al. 1997, PASJ, 49, L7
2. Tanaka, T., et al. 2008, ApJ, 685, 988
3. Uchiyama, Y., et al. 2007, Nature, 449, 576

星間 c5 CIP 法による数値流体計算

柴野 祥平 (筑波大学、宇宙物理理論研究室 M1)

銀河は恒星をはじめとする天体及び星間ガスによって構成されている。星間ガスは銀河全体の質量と比べると小さいが、星間ガスは星の誕生プロセスに密接に関わっている。星間ガスの運動を記述する際には系の典型的尺度が物質を構成している分子の平均自由行程より十分小さいことが多く、星間ガスは流体とみなすことができる。本研究では宇宙空間で起こる流体現象を数値計算によって解析することを目的とし、CIP 法 (Constrained Interpolation Profile Scheme) による数値シミュレーションを行った。

本研究ではシミュレーションは一次元で考えた。まず、速度場が時間・空間的に一定の場合で、移流方程式を差分法の一つである一次風上差分法、Lax-Wendroff 法及び本研究のメインである CIP 法により数値シミュレーションを行った。次に精度評価を上記の三種類の手法について行った。また速度場が一定でない場合について、数値シミュレーションを行った。最後に CIP 法を用いて、実際に流体についてテスト計算を行った。

1. 矢部孝, 内海隆行, 尾形陽一: CIP 法-原子から宇宙までを解くマルチスケール解法 (森北出版株式会社, 2003)
2. 坂下志郎, 池内了: 宇宙流体力学 (培風館, 1996)

星間 c6 VERA で観測した星形成領域 ON2N での水 メーザーの内部運動

濱畑 秀峰 (鹿児島大学 M1)

光領域のレーザーと同じ原理で電波領域で放射されるものにメーザーがある。メーザーは温度が 400 K の比較的高温高密度な領域で励起されるため、ジェットがディスクや周囲のガスと衝突する衝撃波領域で発生すると考えられている。特に水メーザーは、大質量原始星をとりまくガスと、大質量原始星に由来する分子流やジェットとの境界領域に位置すると考えられている (中小質量星形成領域や晩期型星の周囲などでも検出されるため、必ずしも大質量星形成の指標とはならない)。メーザーの増幅は特定の物理条件の領域でのみ起こり、ビーミングにより非等方的に放射され、強く偏波しているという特徴がある。放射領域はサイズが 1 AU 程度とコンパクトであり、メーザー源を VLBI の高分解能で観測して固有運動を測定することにより、ジェットの運動やディスクの回転を直接測定することが可能である。そこで我々は VERA を用いて Onsala 2 North (ON2N) の水メーザーの VLBI 観測を行った。ON2N は星形成領域の 1 つで、ウルトラコンパクト HII 領域や水メーザーが付随する。VERA を用いることで、相対 VLBI の手法により銀河系のメーザー源の位置と運動を高精度に測り、水メーザーの分布と内部運動を詳細に調べた。9 観測分のデータを解析し、視線速度幅 60km/s 内にあるメーザースポットを 1000 個ほど検出できた。また、メーザーの固有運動を測定し、原始星周りでは膨張円盤と双極流が形成している様子が明らかになった。