

星間現象分科会

電波から γ 線まで - 多波長から探る星間現象

日時	7月29日 17:00 - 18:00, 18:00 - 19:00 (招待講演:井上 剛志 氏) 7月30日 9:00 - 10:15 7月31日 9:00 - 10:00 (招待講演:信川 正順 氏), 10:00 - 11:15 8月1日 12:30 - 13:30 (招待講演:立原 研悟 氏)
招待講師	井上 剛志 氏 (青山学院大学)「星間衝撃波の物理と天文学的応用」 信川 正順 氏 (京都大学)「天の川銀河中心領域の X 線観測:巨大ブラックホールの過去の大爆発の証拠を捉えた!」 立原 研悟 氏 (名古屋大学)「NANTEN 望遠鏡の見た宇宙」
座長	亀崎 達矢 (鹿児島大学 D2)、工藤 祐己 (千葉大学 D1)、菅原 隆介 (京都大学 M2)、高平 謙 (北海道大学 M2)
概要	<p>星間空間には、原子ガス、分子ガス、ダスト、電離ガス、高温プラズマなど様々な状態の物質が存在しています。これらは磁場、衝撃波、重力相互作用、輻射、乱流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、超新星残骸などの多くの天体を形作ります。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、系内を中心に可視光、赤外線、電波、γ線、X線など、多波長で観測が行われていて、幅広く理解することができます。今後は TMT(可視光、赤外線)、SPICA(赤外線)、ALMA、SKA(電波)、CTA(γ線)、ASTRO-H(X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。一方、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。</p> <p>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>

井上 剛志 氏 (青山学院大学)

7月29日 18:00 - 19:00 C(広瀬鳴瀬)

「星間衝撃波の物理と天文学的应用」

天体現象の多くは非常に動的であり、衝撃波と呼ばれる小さなスケールで物理量が突然変動する構造が普遍的に発生する。通常の流体力学とは異なり、星間媒質に代表されるような宇宙プラズマ中では磁場の効果や輻射過程を介した加熱冷却、宇宙線による非熱的効果、自己重力等の様々な物理を考慮しなければならない。これらの効果を考えると、例えば超音速飛行機が発生させるソニックブームの様な空気中では安定に伝搬する衝撃波も場合によっては不安定となり、その不安定性が様々な天体現象にとって本質的に重要になる場面が多々存在する。本講演ではなぜ衝撃波が発生するのかという基本的なところから出発して、宇宙プラズマ中での様々な衝撃波の不安定性やそれによって引き起こされる天体現象のダイナミクス (例えば星間雲の形成、大質量星形成、超新星残骸、ガンマ線バースト等) を著者の最近の研究成果を交えながら解説する。

信川 正順 氏 (京都大学)

7月31日 9:00 - 10:00 B(エメラルド)

「天の川銀河中心領域の X 線観測: 巨大ブラックホールの過去の大爆発の証拠を捉えた!」

天の川銀河の中心領域 (銀河中心) には X 線を放射する分子雲が存在している。低温 (10-100 K) の分子雲が自ら X 線を放射することはないので、銀河中心の巨大分子雲が高強度の高エネルギー粒子に照らされているという驚くべき事実を示すものであった。その起源として、巨大ブラックホール射手座 A* の過去の X 線フレア (Koyama et al. 1996; Murakami et al. 2000) や、低エネルギー宇宙線電子 (Yusef-Zadeh et al. 2002; 2007) が提案されていたが、これまでに観測的決定打はなかった。

そこで、我々は X 線天文衛星「すざく」を用いた観測を行い、(1) 鉄以外の中性元素輝線の発見 (Nobukawa et al. 2010)、(2) X 線を用いた分子雲の分布の測定 (Ryu et al. 2009)、(3) 分子雲からの X 線放射の時間変動の発見 (Inui et al. 2008; Nobukawa et al. 2011)、という成果を挙げてきた。これらの観測事実から、射手座 A* が数百年前に現在の 100 万倍以上の大フレアを起こし、分子雲を X 線で照らしていること以外に考えられないことが分かった。本講演では「すざく」によるこれまでの研究の経緯とその詳細な成果を報告する。

本研究成果は主に私が大学院在学時に行ったものである。天文・天体物理学のみならず広い分野から高い評価を受け、第 1 回日本学術振興会育志賞を受賞している。

立原 研悟 氏 (名古屋大学)

8月1日 12:30 - 13:30 C(広瀬鳴瀬)

「NANTEN 望遠鏡の見た宇宙」

名古屋大学の電波天文学グループでは、チリ・アタカマ砂漠に設置した口径4 mのNANTEN2望遠鏡を使い、南の空にあるさまざまな天体に対し、ミリ波・サブミリ波の波長で観測を行っています。特に広視野をいかしたCO輝線の大規模サーベイでは、銀河面や大小マゼラン銀河の分子ガスの姿を明らかにしてきました。最近の成果をご紹介します。

大質量星は周囲の星間物質に対し大きな影響を及ぼしますが、その形成のメカニズムはあまり研究がすすんでいませんでした。大質量星形成領域の分子雲に、あまり初期条件が保存されていないという困難があるためです。外的要因による誘発モデルがいくつか提案されてきましたが、観測的に確立されるには至っていません。私達は分子雲の衝突で大質量星形成が誘発されている証拠を見つけました。銀河系内では少なからぬ頻度で分子雲が衝突し、大質量星形成が誘発されていると考えられます。Spitzer宇宙望遠鏡で同定された多くのシェル状構造を網羅的に観測し、定量的分析を始めています。

星間ガスの運動は、超音速乱流的であると言われています。ガスの音速より大きな線幅をもつ分子スペクトルが至る所で観測されるためです。この乱流が長時間維持されることの理論的説明は、なかなか成功しませんでした。しかし非常に有望な二相乱流モデルが提唱され、分子雲の縁の微小な構造の発見も、このモデルをサポートしています。すなわち高温低密度の原子ガスから、低温高密度の分子ガスができ、両者が共存しているのです。

他にもガンマ線の観測との共同研究から、超新星残骸において高エネルギー陽子が高効果的に加速され、星間物質中の陽子と衝突することで、高エネルギーガンマ線の起源となることを突き止めました。多波長の観測データや理論モデルと組み合わせることで、星間現象の理解は近年飛躍的に進んだと言えるでしょう。

星間 01a 高銀緯天体 MBM53, 54, 55 の分子雲と原子雲

服部 桃 (名古屋大学 M1)

高銀緯分子雲 (High Latitude Clouds: 以下 HLCs) は典型的に銀緯 $-b > 20$ 度に位置する天体である。現在までに Magnani et al. 1985 をはじめとする様々な研究が行われてきた。MBM53, 54, 55 領域の分子雲は、Magnani et al. 1985 により発見されており、「なんてん」望遠鏡による観測でその全体像が明らかにされている Yamamoto et al. 2003。しかし、「なんてん」の観測はビームサイズ 2.6 分角に対し 4 分角グリッドであったため、アンダーサンプリングであったこと、比較に用いた水素原子データの分解能が 35 分角であったことなど、現在改善可能な点が多い。そこで、Kaji 修士論文 (2013) では、新しくフルサンプリングの機能を得た NANTEN2 のデータと、GALFA-HI survey (Peek et al. 2011) の 4 分角のデータ、更に IRAS100 μm のデータを用いて分子雲、原子ガスとダストについて、空間分布と存在量の比較を行っている。この研究結果から、原子ガスに付随するダストからの放射強度と、分子ガスに付随するダストからの放射強度の違いが、ダスト温度の違いで説明できることを示し、CO と H_I の観測量からダストの物理量 (100 μm の放射強度) を表すことができるとわかった。

1. Yamamoto et al. 2003. ApJ

星間 02a NGC3603 に付随する母体分子雲の観測的研究

服部 有祐 (名古屋大学 M1)

大質量星は、一生の最期に超新星爆発を起こし周囲の環境に多大な影響を及ぼすなど銀河の進化において重要な役割を果たすが、その形成課程は明らかとなっていない。Furukawa et al.(2009) や Ohama et al.(2010) は、多数の大質量星を含む大規模 星団 (SSC) の 1 つである Westerlund2 の観測結果を用いて、分子雲同士の衝突による大質量星形成の説を提案した。三列星雲 (M20) においても同様の観測成果が報告されている (Torii et al. 2011)。以上の研究により、大質量星の形成において分子雲同士の衝突が重要であると考えられる。NGC3603 は、太陽系から約 7 kpc 離れた場所に位置する大規模星団 (SSC) である。星団近傍については観測がなされていたが、広範囲かつ高分解能な観測はされていない。そこで、NANTEN2 電波望遠鏡を用いて同領域の広範囲観測を行った。その結果、視線速度のことなる 2 つの分子雲を検出した。両分子雲は星団の中心方向で重なり、輝線強度比は星団周囲で高いため、2 つの分子雲は星団に付随すると考えられる。本研究では、NGC3603 が分子雲同士の衝突による結果であることを提案する。

1. Furukawa, N., Dawson, J. R., Ohama, A., et al. 2009, *ApJL*, 696, L115
2. Ohama, A., Dawson, J. R., Furukawa, N., et al. 2010, *ApJL*, 709, 9755
3. Torii, K., Enokiya, R., Sano, H., et al. 2011, *ApJ*, 738, 46

星間 03a MHD 乱流を用いた星形成シミュレーション

奥山 美奈 (新潟大学 M1)

本発表では論文 Padoan & Nordlund 2012 ApJ 759 L27 についてのレビューを行う。星形成過程の研究において、巨大分子雲 (GMCs) 内における星形成率 (SFR) の数値シミュレーションは様々なものが行われている。しかしながら実際に観測されている SFR に近い値を得ることは難しく、概して観測値よりも高い値となっているのが現状である。計算に比べ実際の SFR が異なる理由としては磁場と乱流の影響があると考えられており、実際分子雲内で超音速乱流の観測がされている。この研究では sink particle を導入して超音速 MHD 乱流及び自己重力のもとで AMR シミュレーションを行うことで、GMCs で観測されたのと同程度の SFR を得た。また SFR を表す関係式として銀河内での星形成によく用いられる Schmidt-Kennicutt 則があるが、これに含まれる係数を free-fall time と dynamical time を用いた簡単な式で表すことを提案する。

1. Padoan P. and Nordlund Å. 2012. ApJ, 759, L27

星間 04a すざく衛星で探る超新星残骸 3C 397 の鉄周辺元素組成

菅原 隆介 (京都大学 M2)

宇宙において鉄やその周辺元素 (マンガン、ニッケルなど) はほとんどが Ia 型超新星によって作られる。これらの元素は爆発の直前に合成されると考えられ、したがってその組成は爆発寸前の星の内部状態を反映していると考えられる。しかしマンガンやニッケルはその合成量の少なさから個別の超新星について組成量を測定した例は今まで一例しかなかった (Park et al. 2013[1])。

我々は X 線天文衛星「すざく」を用いて超新星残骸 3C 397 のデータを解析し、その結果今まで発見されていたクロム、マンガン、鉄の他にニッケルの輝線を発見した。プラズマモデルを用いてフィッティングを行ったところ、星間物質由来の電離平衡プラズマと高温低電離/低温高電離な 2 つの ejecta 成分で再現できることがわかった。Ejecta においてはシリコンやアルゴンに対する鉄のアバundanceが高く、このことから 3C 397 は Ia 型超新星起源である可能性がある。

さらに、鉄に対するマンガンとニッケルのアバundanceも 5 倍程度と非常に高かった。これらの値は Kepler (Park et al. 2013[1]) や銀河中心 (Koyama et al. 2007[2])、銀河団 (Matsushita et al. 2013[3]) における値に比べても非常に多かった。

1. Park et al. 2013. ApJ, 767, 10
2. Koyama et al. 2007. PASJ, 59, 245
3. Matsushita et al. 2013 ApJ, 680, 33

星間 05a 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 M1)

G337.2-0.7 は天の川銀河内に存在するシェル型超新星残骸である。過去にあすか衛星 [1] と Chandra 衛星、XMM-Newton 衛星 [2] で観測され、元素量から爆発噴出物 (エジェクタ) が豊富な超新星残骸 (SNR) であることが発見された。また Ca の元素量が太陽組成の 12 倍であることや Fe 輝線の欠乏が報告されており、Ia 型超新星起源の SNR であることが示唆されている。今回我々はすざく衛星を用いて G337.2-0.7 の長時間観測を行った。その結果、この SNR に対して初めて Fe-K 輝線を確認した。今後は新たに得た Fe-K を中心に、SNR プラズマの詳細解析を行う予定である。

1. Cara E. Rakowski et al. 2006. ApJ,646:982-1000
2. Cara E. Rakowski et al. 2001. ApJ,548:258-268

星間 06a X 線天文衛星「すざく」による超新星残骸 RCW86 での宇宙線加速の系統的研究

坪根 義雄 (青山学院大学 M1)

超新星残骸の衝撃波は宇宙線の加速源の候補として重要である。しかし、どのような環境で粒子が加速しやすいかは解明されていない。その鍵になるのが X 線である。残骸の衝撃波面で加速された粒子は、磁場により軌道を曲げられシンクロトロン X 線を放射する。一方、衝撃波周囲のガスは加熱され高温プラズマとなり、熱的 X 線を放射する。これらを観測すれば、加速粒子とその周辺環境を調べることができる。

超新星残骸 RCW86 は、衝撃波面でのシンクロトロン X 線放射から高エネルギー電子の存在が知られる若い残骸である。我々は、X 線天文衛星「すざく」による合計 6 観測のデータを用いて、残骸全面を 44 の小さな領域に分割し、領域ごとにスペクトル解析を行った。その結果、残骸全域にわたり熱的放射とシンクロトロン X 線放射の強度分布を得た。

星間 07a 超新星残骸における乱流と磁場増幅

岡本 良太 (名古屋大学 M1)

一般的に星間媒質 (ISM) は高温側に warm neutrals medium(WNM; $n \sim 0.5 \text{ cm}^{-3}, T \sim 8000 \text{ K}$)、低温側に cold neutral medium(CNM; $n \sim 50 \text{ cm}^{-3}, T \sim 100 \text{ K}$) の熱的に安定な相を持ち、等圧下でこれらの相は共存することができる。Inoue et al.2009 は、この非一様性を持つ ISM と超新星爆発による衝撃波の相互作用を 2 次元磁気流体力学シミュレーションを用いて調べた。結果として、最大磁場強度はプラズマのベータ値が 1 あたりとなる条件まで増幅し、超新星爆発の典型的な衝撃波速度である 10^3 km s^{-1} 程度の衝撃を伝搬させた場合においては数 mG のオーダーまで増幅された。この磁場増強機構は、ISM の非一様性によって Richtmyer-Meshkov 不安定である。その結果生じた乱流によるダイナモ効果により磁場が増幅されたと考えられる。また近年の X 線放射の観測で、いくつかの超新星残骸 (SNR) では数 mG 程度の磁場を帯びた 0.05 pc 程度のスケールの X 線強度変動領域が発見されており、この空間スケールと磁場強度はシミュレーション結果と非常に良く一致している。

本講演では非一様性を考慮した ISM と衝撃波の相互作用の 2 次元磁気流体力学シミュレーションの結果から磁場増幅機構の説明と観測結果との対応を詳しく述べた論文 (Inoue et al.2009) を紹介する。

1. I Inoue, T., Yamazaki, R., Inutsuka, S., Apj, 695, 825 (2009)
2. Inoue, T., Yamazaki, R., Inutsuka, S., & Fukui, Y., Apj, 744, 71 (2012)

星間 08a 銀河中心ローブにおける電波連続波と電波再結合線の分布の差

名越 遥 (山口大学 D2)

天の川銀河の中心領域には、銀河中心ローブと呼ばれる電波で明るい構造が存在する。銀河中心ローブは観測から、熱的な放射と非熱的な放射が混在していることが示唆されているが、詳細な構造については明らかになっていない。山口 32 m 電波望遠鏡を用いて銀河中心ローブの大部分を占めると考えられる電離ガスが放射する電波再結合線の観測および銀河中心ローブ周辺の電波連続波の観測を行った。得られた電波連続波と電波再結合線の強度分布から、銀河中心ローブの熱的放射成分と非熱的放射成分を分離した。また、熱的放射の強度から銀河中心ローブの電離ガスの電子密度・質量・エネルギー・冷却時間を求めた。本講演では、これらの結果から、銀河中心ローブの構造について議論する。

1. Y. Sofue, Handa 1984 Nature, 310, 568
2. M. Tsuboi. and M. Inoue. and T. Handa. 1986 AJ, 92, 818T
3. C. J. Law 2010 ApJ 708, 474

星間 09a 6.7 GHz メタノールメーザの視線速度ドリフト現象

下村 忠資 (山口大学 M1)

我々の研究グループは、山口 32m 電波望遠鏡を用いたメタノールメーザの観測を行っている。2011 年に視線速度ドリフトを調査するために 13 天体を対象とした単一鏡モニター観測を行った。その結果、11 天体の 18 成分でドリフトが検出された。そして 2012 年度に同 13 天体及び MonR2 を対象に再び視線速度ドリフトのモニター観測を行った。今回は 2012 年度の結果を示し、2011 年度とさらに過去の観測データとを比較をした結果、過去データと 2011 年のドリフトにおいて違う傾向が見られたことに関して報告する。

星間 10a 星形成領域領域 NGC2264C で見つかった Class0 天体に付随する X 線

亀崎 達矢 (鹿児島大学 D2)

NGC2264C は、Mon OB1 巨大分子雲複合体の東に位置する CO のアウトフローが観測された星形成領域である。NGC2264C には合計で 13 個のコンパクトな高密度コア (ミリ波連続波源 CMM1 - 13) が見つかっている [1][2]。この領域には水メーザが付随しており、我々は VERA 入来局の単一鏡観測でそのメーザの増光を確認したため、VERA4 局による VLBI 観測で NGC2264C の年周視差計測を開始した。2009 年 9 月から 2010 年 12 月まで約 1 ヶ月おきに計 13 回のモニター観測を行い、得られた年周視差は $1.365 \pm 0.098 \text{ mas}$ 、距離に換算すると $738_{-50}^{+57} \text{ pc}$ であった。これまでは測光学的距離に基づいて $\sim 700 -$

800 pc とされており、今回得られた距離はそれと一致する。VLBI によるマッピングの結果、検出された 2 つの水メーザー源はそれぞれミリ波連続波源 CMM4 の南のダストコア (CMM4S) とセンチメートル連続波源 VLA3 に付随することがわかった。センチメートル連続波源 VLA3 に付随するメーザーは 150 km s^{-1} 程度の高速度の特異運動を持つことがわかった。もう一つのメーザーは CMM4S に付随する事がわかった。CMM4S の中心星は中間・近赤外線で見ることができないことから Class 0 天体である。この中心星からの X 線も観測されていることが今回わかった [3]。CMM4S の質量、光度、柱密度はそれぞれ $\sim 1-4 M_{\odot}$, $\sim 4.8 L_{\odot}$, $\sim 5.4 \times 10^{23} \text{ cm}^{-2}$ であった。この質量と光度から $M - L_{bol}$ 図上にプロットすると CMM4S は低質量の Class 0 天体だと考えられる。減光量は $A_V = 160 (81 - 290) \text{ mag}$ とかなり大きかった。

1. Peretto, N., André, P., & Belloche, A. 2006, A&A, 445, 979
2. Peretto, N., Hennebelle, P., & André, P. 2007, A&A, 464, 983
3. Flaccomio, E., Micela, G., & Sciortino, S. 2006, A&A, 455, 903

星間 11a Tornado Nebula に付随するミリ波分子輝線の観測

酒井 大裕 (東京大学 M1)

Tornado nebula (G357.7-0.1) は太陽系から 12 kpc の距離にある双極的構造をもつ特異な電波天体であり、発見以来その起源は永らく不明であった。最近、X 線天文衛星「すざく」により、電波で見える双極構造の両端に、ほぼ同じスペクトルを呈する 2 つの熱的拡散 X 線源が検出された。加えて野辺山 45 m 望遠鏡による分子スペクトル線観測によって、2 つの拡散 X 線源の外側に隣接する分子雲 (MC1, MC2) が検出されたことから、Tornado の正体は双極構造の中心部分にある中性子星またはブラックホールを含む近接連星系から放出されたジェットに駆動された構造と考えられるようになった。さらに我々は CO スペクトル線データの解析を進め、分子ガスの圧力が熱的拡散 X 線源のそれとほぼ同程度である事を見出した (酒井他、2012 年秋季年会 Q42a)。さらに、VLA のアーカイブデータの検索を行い、Tornado nebula 方向の OH 1720 MHz 輝線データの入念な解析を行った。その結果、その観測の PI が報告した強力なメーザー・スポットの他に、微弱かつ空間的に拡散した OH 輝線放射を確認した。この放射は 20 cm 電波連続波で見える Tornado nebula の形状に沿って分布しており、強度パターンも強く相関していることから物理的に付随している事は間違いないと考えられる。この拡散 OH 1720 MHz 輝線放射は、 $V_{LSR} \cong -12 \text{ km s}^{-1}$ と $+4 \text{ km s}^{-1}$ の二つの速度成分から成り、どちらも“head”部分に分布している。特に“head”部分だけに限るならば、拡散 OH 放射の速度構造は膨張運動と解釈する事も可能であるが、“tail”部分も含めた大局的な運動を記述するモデルは今のところ見出されていない。

1. Sawada, M., Tsuru, T., Koyama, K., & Oka, T., 2011, PASJ, 63, 849
2. Shaver, P. A., Salter, C. J., Patnaik, A. R., van Gorkom, J. H., & Hunt, G. C., 1985, Nature, 313, 113

星間 12c オリオン星雲における近赤外 DIB とフラレーンの関係

岡本 理奈 (信州大学 M2)

星間物質によって生じる多数の未同定吸収線のことを、「拡散星間バンド (Diffuse Interstellar bands; DIBs)」と呼ぶ。DIBs の起源は高分子有機化合物であると考えられているが、厳密な吸収物質は未解明のままである。これまでの観測と地上実験により、フラレーンが DIBs の起源の候補として大きく注目されている。 $\lambda_{sim} 9577, 9632 \text{ \AA}$ の DIBs をはじめとする複数の DIBs が C_{60}^+ の吸収線の候補として検出されており [1]、2010 年以降には中性状態のフラレーン C_{60}, C_{70} の存在が宇宙空間で確認されている [2][3]。このように、フラレーンが DIBs をもたしている可能性は非常に高い。本研究では、星形成領域を含むオリオン星雲付近の星 16 天体を観測したデータを用い、フラレーンに起源をもつ可能性がある DIBs と、その物理環境の関連について考察する。

1. Misawa, T., Gandhi, P., Hida, A., Tamagawa, T., and Yamaguchi, T. 2009. ApJ, 700, 1988
2. Cami, J. et al. 2010. Science, 329, 1180
3. Sellgren, K. et al. 2010. ApJ, 722, L54

星間 13c 近赤外線域における宇宙背景放射と銀河拡散光

佐野 圭 (東京大学 M2)

銀河拡散光とは、銀河系内の星の光が星間空間のダストによって散乱された成分である。銀河拡散光のスペクトルを測定することにより、その散乱/放射源であるダストの性質についての情報を得ることができる。可視光での銀河拡散光の測定例はあるが、近赤外線域での銀河拡散光は測定されていない。

銀河拡散光は宇宙背景放射の前景光になりうるが、これまでの近赤外線域での宇宙背景放射を測定した研究では、銀河拡散光は無視できると考えられて除かれていない。しかし、近赤外線域でも銀河拡散光が無視できない強度を持つならば、銀河拡散光を除いた上で、宇宙背景放射の強度を再測定する必要がある。そこで我々は遠赤外線の diffuse map を利用する手法を用いた。星から出た光は、ダストに散乱されて銀河拡散光になるだけでなく、ダストに吸収もされる。吸収された光はダストを暖め、遠赤外線として再放射される。したがって銀河拡散光と遠赤外線放射の間には相関関係があるはずである。この相関関係を利用することで銀河拡散光と宇宙背景放射を分離した上で、宇宙背景放射の強度を測定できる。

我々は COBE 衛星の DIRBE (拡散赤外背景放射実験装置) によって作られた近赤外線域の J, K バンドにおける全天マップを用いて、銀河拡散光の成分を除いた上で、宇宙背景放射の強度を再測定した。本講演では、その結果得られた銀河拡散光のスペクトルと宇宙背景放射の強度について報告する。

星間 14c 数値シミュレーションで探る遠方銀河の分子雲質量推定法

早津 夏己 (東京大学 M2)

本研究では数値シミュレーションによって得た銀河カタログを用いて、遠方銀河の物理的特徴を予測する [1]。今後の ALMA による高感度ミリ波・サブミリ波観測によって銀河進化への理解が深まると期待される。このような観測に先立って理論予測を行うことは非常に重要である。銀河を特徴づける物理量のうち、とくに分子雲質量は銀河進化の段階を知るために重要な物理量である。そのトレーサーとしては CO 輝線が挙げられるが、一方で分子雲質量を CO 輝線から見積もる為の変換係数は環境依存性がある [2]。本講演の目的は、遠方銀河の分子雲質量をより正しく観測で見積もる方法を見つけることである。基本的な手順は次のようになる。まず分子雲質量と CO 輝線を銀河カタログから独立に計算する。つぎに変換係数と分子雲の環境を表す物理量の関係を調べる。最後に分子雲の環境を特徴づける物理量を観測量で表現する。これらの具体的方法を探るべくいくつかの論文のレビューをし、夏の学校の時点での研究成果を示す [3]。また ALMA Observing Tool を用いて現実的な観測条件に従った疑似観測を行い、その場合に観測される銀河の定量的予言を示す。さらに CO のみでなく、特に強い輝線である [CII] 輝線観測の具体的なストラテジーを提供する。また CO 輝線が起源としない dark gas の有力なトレーサーとして注目されている [CI] 輝線についても考察を与える予定である。

1. Shimizu et al. 2012. MNRAS, 427,2866
2. Tacconi et al. 2008, ApJ, 680,246
3. Vallini et al. 2013,MNRAS, in prep.

星間 15c 分子雲衝突による大質量星形成過程の数値シミュレーション

高平 謙 (北海道大学 M2)

大質量星は重元素の供給や UV 光による星間空間への影響により銀河の進化に多大な影響を及ぼすが、その形成過程については未だに解明されていない点が多い。本研究の目的は分子雲衝突による大質量星形成メカニズムの解明に寄与することである。大質量星形成の困難は分子雲コアへの質量降着の時間と Kelvin Helmholtz 収縮時間の関係で理解できる。分子雲コアの重力崩壊により星が形成される過程で、分子雲の中に高密度コアが作られ、その質量が大きくなると Kelvin Helmholtz 収縮時間が短くなり質量降着が十分に行われる前に原始星となり降着が止まってしまう。そのため大質量星を形成するためには分子雲コアの (1) 乱流速度が大きく質量降着率が大きく、かつ、(2) 質量の大きな分子雲コアが重力収縮する必要がある。分子雲衝突はこの二つをクリアする可能性がある。我々は Enzo code を用いて高解像度流体シミュレーションを行っている。乱流状態にある大きさの異なる分子雲の正面衝突の場合、分子雲衝突により (1),(2) の大質量星形成の条件を満たす高密度コアが形成され、Core Number の時間変化や分子雲の衝突による Probability Density Function の変化を調べ、分子雲衝突が大質量星形成を引き起こすメカニズムである可能性が高いことが示した。

1. Habe and Ohta. 1992. 発行元 PASJ

2. Kainulainen. J., Beuther. H., Henning. T. & Plume. R. 2009. A&A

星間 16c M17SW の NH₃ 輝線と H₂O メーザーの観測

馬場 達也 (鹿児島大学 M1)

M17SW 分子雲は OB 型星のクラスターからの紫外線放射により、分子雲が圧縮され、誘発的な星形成が進む領域として注目されている。M17SW 分子雲内の H₂O メーザー、コンパクト H_{II} 領域、ダストに埋もれた赤外線星の存在から、北東方向の広がった H_{II} 領域により、M17SW で 2 次的な星形成が起こっていることが示唆されている。我々は星形成と高密度分子ガスのトレーサーである H₂O メーザーと NH₃ 輝線を観測し、この領域の星形成について調べた。

情報通信研究機構鹿島 34m 電波望遠鏡を使用して M17SW の NH₃ (J, K) = (1, 1), (2, 2), (3, 3) 輝線のマッピング観測を行った。その結果、8'×12' に広がった NH₃ を検出した。NH₃ (J, K) = (1, 1) のサテライトラインとメインラインの比 $R_{s/m} = 0.362 \pm 0.021$ から光学的厚み $\tau = 0.79 \pm 0.20$ が得られた。この光学的厚みと (2, 2)/(1, 1) 輝線強度比から求められた領域内の回転温度は平均で $T_{rot} = 24.0 \pm 0.8K$ であった。各観測点ごとの回転温度マップと、8.7GHz 連続波源のマップを比較すると、電離境界面で約 2K 高くなっていることがわかった。また、オルソ/パラ比と関係する (3, 3)/(1, 1) 輝線強度比は電離境界面で高いことがわかった。オルソ/パラ比は衝撃波が発生する領域で高くなる傾向があることからこの場所で活発な星形成が行われていることが示唆される。

さらに 2010 年 1 月から 2011 年 12 月まで国立天文台 VERA により、H₂O メーザーの VLBI モニター観測を行った。視線速度 16 から 23km/s で、約 100 ミリ秒角に広がった H₂O メーザースポットを検出できた。本講演では M17SW の NH₃ と H₂O メーザー観測の結果について報告する。

星間 17c 超新星残骸の電波偏光観測：効率的宇宙線粒子加速の証拠か？

霜田 治朗 (青山学院大学 M1)

粒子加速の現場である若い超新星残骸では磁場が動径方向を向いていることが、電波シンクロトロン放射の偏光観測によって確認されている [1]。しかしながら、放射の偏光度は 20-30% 程度と低いために、乱流状態でありながら動径方向にバイアスされた磁場構造が必要であると考えられている。

最近の理論的研究の進展から、非一様な媒質中を伝搬する衝撃波の下流は強い磁気乱流状態となることが知られている [2],[3]。我々はそのような超新星残骸形成のシミュレーションデータが実際の偏光観測を再現することを、擬似的な電波シンクロトロン放射の偏光観測によって明らかにした。

この乱流生成機構は、衝撃波が非一様な媒質中を伝搬する際に、上流の密度の揺らぎから伝搬速度に差が生まれ、下流に衝撃波進行方向に対して非等方な乱流が駆動することによる。これによって衝撃波進行方向に磁場が選択的に増幅され、磁場は動径方向を向くことができる。

特に垂直衝撃波において、磁場が下流で動径方向に遷移するまでの遷

移長は、ISM 乱流を仮定した場合、現在の観測と同程度か少し長いくらいである。将来、ALMA などの高分解能電波観測によってさらに短いスケールでの磁場の遷移を確認することが出来れば、上流の密度揺らぎの起源として ISM 乱流を排除できる。代わりに Drury Instability や非線形段階の Cosmic-Ray Streaming Instability といった、宇宙線が効率的に加速される際に発生する不安定性を起源とする密度ゆらぎが起源だと考えることができ、若い超新星残骸における効率的な宇宙線加速の新しい証拠になり得る。

1. e.g.Reynoso et al. (2013) for SN1006 AJ,145,105
2. Giacalone & Jokipii (2007) ApJ,663,41
3. Inoue et al. (2009) ApJ,695,825