

■ 相対論

三体相互作用による一般相対論的な近日点移動

相対
01a

山田 慧生 (弘前大学 M2)
8月2日 11:30 B (小会場1)

私は浅田秀樹准教授との共同研究である、三体相互作用による一般相対論的な近日点移動について講演する。我々は、太陽、木星、土星のような同一面上を運動する階層的な三体系における第三天体(土星)の近日点移動について、第二天体(木星)による効果を調べた。その結果、そのような三体系における、一般相対論的な近日点移動の三体相互作用による効果の定式化に成功した。

- [1] Yamada, K., & Asada, H. 2011, arXiv:1105.2998
- [2] Iorio, L. 2009, AJ, 137, 3615

グリーン関数分解による重力自己力の評価

相対
02a

佐野 保道 (大阪大学 M2)
8月2日 11:45 B (小会場1)

重力波のソースとしてはコンパクト連星系が考えられている。ブラックホール摂動法ではブラックホールと質量粒子の運動を解析する。このとき重力波の放出によって、粒子は背景であるブラックホール時空の測地線運動からずれていく。

一般に自己力 (self force) とは、粒子に粒子自身のつくる場が作用する力 (輻射反作用) のことである。Dirac (1938) は平坦時空で電磁場の自己力を解析し、遅延場を分解して自己力に寄与する部分と寄与しない部分に分けた。自己力に寄与しない部分は遅延場と先進場の平均であり、マクスウェル方程式の非斉次解である。粒子の位置では発散する。自己力を決めるのは残りの場で、斉次解である。こちらは粒子の位置近傍で発散せず、取り扱いやすい。

ところが、曲がった時空の場合にこの方法を適用すると、自己力に寄与する場は一般に場の方程式の斉次解にはならない。さらには粒子の位置で発散してしまう。そのため、粒子近傍の球 (world tube) 上での自己力を平均化してから粒子の位置へ極限をとるという方法がとられている。(重力: 参考文献 [2])

この問題に対して Detweiler & Whiting (2003) は遅延場の分解法とある斉次解の分だけ変更した。すると、自己力を決める場が場の方程式の斉次解として表すことができ、粒子の位置でも微分可能である。本発表ではこの論文のレビューを行う。

- [1] Detweiler, S., & Whiting, B. F. 2003, Phys. Rev. D, 67, 024025
- [2] Mino, Y., et al. 1997, Phys. Rev. D, 55, 3457
- [3] Dirac, P. A. M. 1938, Royal Society of London Proceedings Series A, 167, 148

静的または定常な時空における outer Killing horizons の存在条件

相対
03a

根岸 宏行 (大阪市立大学 M1)
8月2日 12:00 B (小会場1)

超新星や宇宙背景放射などの観測から我々の宇宙は現

在、加速膨張していると示唆されている。標準宇宙モデルでは宇宙の加速膨張は宇宙定数により説明されるが、宇宙定数がある場合、観測者は空間のある領域と因果的関係を持ってない。すなわち、時空に outer event horizon が存在する。outer event horizon は black hole event horizon とよく似た性質をもち時空の構造を理解するうえで非常に重要である。

宇宙定数を含むアイシュタイン方程式の解として Schwarzschild-de Sitter 解や Kerr-de Sitter 解 などがあるが、これらの解は宇宙定数による空間の加速膨張により outer Killing horizon を持つ。これらの解は真空解であるが、本講演ではより一般に宇宙定数の存在を仮定せず、静的または定常な時空に物質が分布している場合について、outer Killing horizon が存在するための条件を導く。本講演は参考文献 [1] のレビューを行う。

- [1] Bhattacharya, S., & Lahiri, A. 2010, Classical and Quantum Gravity, 27, 165015

重力崩壊するダスト時空の量子化による厳密な Hawking 輻射の導出

相対
04b

末延 博 (名古屋大学 M1)
8月2日 12:15 B (小会場1)

重力崩壊する天体を含む時空に場の量子論を適用すると、ブラックホールは黒体輻射を行うことが導かれる。これが Hawking 輻射である。標準的な導出法 [1] では、重力場は古典的に扱い物質場のみを量子化する。このとき得られる物質場の波動関数のうち、ブラックホールから無限遠へ向かう (outgoing) モードと無限遠からブラックホールへ向かう (ingoing) モードとの内積を計算することで Planck 分布 (黒体輻射) が導かれる。しかしこの方法では、重力は量子化されていないので半古典近似となっている。それに対し近年、特定のモデルについては重力場も含めた系全体の量子化ができるようになり、Hawking 輻射の厳密な導出が行えるようになった。本発表では、そのひとつとして C. Kiefer らが行ったもの [2] を紹介する。ここでは、重力崩壊するモデルとして球対称に分布したダスト (Lemaitre-Tolman-Bondi model) を採用し、それを正準量子化する。すると対応する Wheeler-De Witt 方程式が得られ、それを解くことで厳密な量子状態が得られる [3]。この量子状態を表す波動関数は、ブラックホールに相当する部分とダスト部分とに分離しているとみなすことができ、そのダスト部分には outgoing モードと ingoing モードが現れる。それらを標準的な導出法における二つのモードと同一視し、内積を計算することで Planck 分布からずれた分布を得る。このずれは、Planck 分布に対する補正因子となる。

- [1] Birrell, N. D., & Davies, P. C. W. 1982, Cambridge: University Press, 1982,
- [2] Kiefer, C., et al. 2007, Phys. Rev. D, 75, 124010
- [3] Kiefer, C., et al. 2006, Phys. Rev. D, 73, 044025

ブラックリングの蒸発の時間発展について

相対
05b

松本 光洋 (総合研究大学院大学 D1)
8月2日 12:18 B (小会場1)

ブラックホールは古典的には物質を吸収しながら成長してだけである。しかし量子論的には、黒体として輻射を起こすことが Hawking によって示された (Hawking 輻射)[1]。Hawking 輻射を通してブラックホールから質量や角運動量が放出される (蒸発)。また、弦理論などの要請から我々の世界が高次元であることが示唆されている。このことに関連して、高次元時空におけるブラックホールが盛んに研究されている。4次元時空においては、定常で漸近平坦なブラックホールの地平面は球面となることが示されている。しかし、5次元ではこの一意性定理が成り立たず、ドーナツ型をしたブラックリングなど球面以外のブラックホールが Einstein 方程式の解として発見されている [2]。ブラックリングは質量による自己重力と角運動量による遠心力が釣り合ってバランスを保っている。Hawking 輻射によりブラックリングから放出される質量と角運動量の減少を考えることで、その釣り合いを保ちつつ準定常的に時間発展する様子をリングの半径が大きい場合について調べた。

[1] Hawking, S. W. 1975, Communications in Mathematical Physics, 43, 199

[2] Emparan, R., & Reall, H. S. 2002, Physical Review Letters, 88, 101101

RSII プレーンワールドモデルにおける数値相対論

相対
06b

高橋 智嗣 (京都大学 M2)
8月2日 12:21 B (小会場 1)

超弦理論によると我々の世界が高次元時空であることが示唆されている。高次元時空を実現するモデルのひとつにプレーンワールドモデルというものがある。プレーンワールドモデルでは、高次元時空の中に存在する4次元の膜の上に我々が住んでいると解釈される。特に、Randall と Sundrum によって提案された RSII モデルは、高次元時空を AdS 時空とすることで、観測と矛盾することなく無限に大きい余剰次元を実現できることから注目を集めてきた。

RSII モデルに対する研究は多くなされているが、非線形性が効いてくる強重力現象に対しては多くの問題が残されている。非線形性が効いてくる場合、解析的アプローチは難しくなるので、数値的アプローチが重要となってくる。それらの強重力現象の数値シミュレーションを行うためには、Einstein 方程式を数値的に解く特別の定式化 (数値相対論) が必要である。

4次元の一般相対論での数値相対論は確立されているが、それを RSII モデルに応用する方法が提案されている。しかし、まだまだ問題点は多い。そこで我々はこの方法を改良し、実際に数値コードを作成し、テストシミュレーションを行った。

宇宙の無境界波動関数による古典的予言

相対
07b

金井 健一郎 (名古屋大学 M1)
8月2日 12:24 B (小会場 1)

物理学において、我々の住む世界は量子力学的な波動関数により記述されることが知られている。このことは、宇宙自体も波動関数により記述されることを示唆している。しかし宇宙の波動関数は、どのように確率的な解釈をすればいいのかという解釈問題や、境界条件をどう課すかという境界条件問題などを抱えており、どのように我々の宇宙

を記述しているのかがわからなかった。

このうち境界条件問題について、J. B. Hartle と S. W. Hawking は無境界条件仮説を提唱した [1]。この仮説は、宇宙の波動関数を経路積分で計算する際、「時間を虚数化 (Euclid 化) した時空のうち、境界のないコンパクトな幾何を持つ時空のみを足し上げる」とする仮説である。

解釈問題については近年、J. B. Hartle たちが量子論から古典的な予言を得るための手続きを見直し、宇宙の波動関数に確率的解釈を与える論文 [2] を発表した。今回の発表はこの論文をレビューする。この論文では特に、宇宙項とスカラー場を持つ一様等方な空間に焦点を当て、宇宙が現在に至るまでどのように進化してきたかを予言している。

[1] Hartle, J. B., & Hawking, S. W. 1983, Phys. Rev. D, 28, 2960

[2] Hartle, J. B., et al. 2008, Phys. Rev. D, 77, 123537

相対
08c

ワイルテンソルの電場・磁場成分
万城 秀人 (山口大学 M2)
ポスター発表 (口頭なし)

四次元時空にはリッチテンソルで定まらない共形曲率が存在し、リーマンテンソルにはワイルテンソルの自由度が存在する。長年多くの研究者によってワイルテンソルの電場・磁場成分についての研究がなされてきた。特に興味深いのは重力放射とワイルテンソルの電場・磁場成分の関係である。今回は特定の条件の下で定められたワイルテンソルの電場・磁場成分について論じた論文についてレビューする。

[1] Herrera, L., et al. 2006, Journal of Mathematical Physics, 47, 052502

[2] Herrera, L., et al. 2008, International Journal of Theoretical Physics, 47, 380

相対
09c

Kaluza-Klein 宇宙モデル中の
GPS モノポール解
加納 有規 (大阪市立大学 M2)
ポスター発表 (口頭なし)

近年4つの力の統一理論を4次元時空より高い次元の時空で構築しようとする試み (超紐理論など) が盛んにおこなわれている。そのため、高次元時空の性質を理解することは重要である。一方、我々が日常で認識できる時空は4次元であり、実験で確かめられている物理現象も4次元時空の理論である。このため、仮に時空が高次元ならば、まだ我々が実験で到達していない高エネルギー領域において効果が表れると期待されている。本発表では、余剰次元がコンパクト化された理論 (Kaluza-Klein 理論) で基本的な解である GPS モノポール解の紹介をする。これは低エネルギー領域において4次元時空の理論を再現することができる。本発表は参考文献 [1] のレビューとモノポール解をダイナミカルな解に拡張し解析した結果を発表する。

[1] Bizoń, P., et al. 2006, Physical Review Letters, 96, 231103

相対
10c

ミンコフスキー時空中の対称性のも
ったストリング
梶田 篤樹 (大阪市立大学 M2)
ポスター発表 (口頭なし)

Hiroshi Kozaki, Tatsuhiko Koike, Hideki Ishihara の三人は、ミンコフスキー時空中の cohomogeneity-one 対称性をもった Nambu-Goto string は7つのタイプに分類し、それぞれの運動方程式が可積分であることを明らかにした。この運動方程式は軌道空間上の測地線方程式として表され、可積分であるとは軌道空間上に十分な対称性があるといことである。本講演では彼らの論文を紹介し、この運動方程式の保存量と対称性の関係について考察を発表する。

[1] Kozaki, H., et al. 2010, Classical and Quantum Gravity, 27, 105006

量子重力理論の数値シミュレーション

相対
11a

引地 貴之 (名古屋大学 M2)
8月3日 18:30 B (小会場1)

自然界には重力、電磁気力、弱い力、強い力の4つの相互作用が存在する。これらのうち重力以外の3つの相互作用は量子化され素粒子の標準模型によって説明することが出来る。標準模型は場の理論を用いて記述されるが、通常場の理論の方法を用いて重力を摂動論的量子化すると、繰り込み不可能な発散が現れる。そこで経路積分を用いて非摂動的に量子化することが考えられる。今回はこの重力の経路積分を Causal dynamical triangulation(CDT) と呼ばれる手法を用いて数値シミュレーションで計算する方法とその結果について紹介する。

ループ量子重力の線形化重力場への適用について

相対
12a

野村 紘一 (京都大学 M2)
8月3日 18:45 B (小会場1)

現在、量子重力理論の有力な候補として、超弦理論とループ量子重力理論が挙げられる。超弦理論は、重力も含めて自然界に存在する全ての力の統一を行おうとするものであるが、理論の整合性から時空が10次元であることを要請する。一方で、ループ量子重力理論は、高次元を仮定せず4次元の時空内で一般相対性理論の正準量子化を目指す。ループ量子重力理論の最大の特徴は、時空の離散構造が予言されることであり、これを用いてブラックホールのエントロピー計算なども行われた。しかし、ループ量子重力理論は数学的に非常に複雑であるため、物理的な情報を引き出すことが非常に困難である。そこで、toy モデルとして摂動の一次までで線形化された一般相対性理論にループ量子重力理論の手法を適用し、どのようなことが分かるか考えてみる。この試みからは、ループ量子重力理論に対する何らかの示唆が得られるものと期待される。

[1] Varadarajan, M. 2002, Phys. Rev. D, 66, 024017

ホジバ・リフシツ重力理論における回転する星

相対
13a

塚本 直樹 (立教大学 D1)
8月3日 19:00 B (小会場1)

最近、ホジバによってローレンツ不変でない新しい量子重力理論が提案された [1]。ホジバ・リフシツ重力理論と呼ばれるこの新しい重力理論は、時間と空間が同等でないことを指導原理にしており、一般座標変換の不変

性は破られ、時間一定の超曲面を保つ変換でのみ不変な理論である。この理論はパワーカウンティング繰りこみ可能であり、繰りこみを目指したほかの量子重力理論で生じるゴーストや様々な不安定性を避けようとする量子重力理論である。ホジバ・リフシツ重力理論では詳細釣り合い条件と射影可能条件が本質的な役割をすることが指摘されている。詳細釣り合い条件は繰り込み可能性の観点から重要であり、作用の形を強く制限する。射影可能条件はこの理論を特徴づける本質的な要請である。射影可能条件によってハミルトニアン拘束条件は局所的ではなくて、空間積分で得られる。泉・向山によって、ホジバ・リフシツ重力理論では、エネルギー密度が区分的連続であり、エネルギー密度が負にならないで、中心において圧力が正であるという仮定の下で、完全流体で満たされた球対称静的な星は存在しないことが、運動量保存則と正則条件を用いて示された [2]。しかし、実際の星は必ず回転しているのでこの条件は強すぎると思われる。本発表ではADM面上での正則条件 [3] から、完全流体に満たされた軸対称定常な回転をする星について考察する。

[1] Hořava, P. 2009, Phys. Rev. D, 79, 084008

[2] Izumi, K., & Mukohyama, S. 2010, Phys. Rev. D, 81, 044008

[3] Bardeen, J. M., & Piran, T. 1983, Phys. Rep., 96, 205

余剰次元方向への Hawking 輻射とブラックホールへの反作用

相対
14a

榊原 由貴 (京都大学 M1)
8月3日 19:15 B (小会場1)

4次元時空に加えて余剰次元が存在する可能性は標準理論や階層性問題解決の候補として指摘されている。それが正しいとすれば、私たちの住む4次元時空は高次元時空中に埋め込まれたブレン (4次元超平面) のように考えることができる。余剰次元のスケールはニュートンの法則が成立するために少なくとも約10マイクロメートル以下である。例えば、LHCで粒子の衝突によって余剰次元のスケールよりも十分に小さいブラックホールを生成できる可能性がある。この時、Hawking 輻射によって余剰次元方向にエネルギーを放射することで、ブラックホールがブレン上から離れるという現象が考えられる。今回は、この描像を場の理論の枠組みでモデル化することでブレンを離れる確率を評価し、検証可能性についても議論する。

[1] Frolov, V., & Stojković, D. 2002, Phys. Rev. D, 66, 084002

重力波輻射におけるポストニュートン展開の正確性

相対
15c

磯山 総一郎 (京都大学 D1)
ポスター発表 (口頭なし)

一般相対論では時間発展する2体問題の厳密解は知られていない。このため相対論的なコンパクト連星系からの重力波を計算する場合は、数値計算か解析的な近似手法に頼る他ないのが現状である。近似手法としてよく用いられるのは連星系の速度が十分小さいとして、その速度と光速の比を展開パラメータとしてアインシュタイン方程式の近似を行うポストニュートン近似である。しかしこの展開では巨大ブラックホール周りのコンパクト天体など、連星系の速度が十分光速に近い場合にはどこまで正確に連星系を近

似てきているかはっきりしない。一方で連星系の質量の差が十分大きい場合は、その質量比でアインシュタイン方程式を展開するブラックホール摂動論とよばれる別の近似手法が存在する。本講演では Kerr ブラックホールを周回する点粒子からの重力波放射にポストニュートン近似を当てはめ、ブラックホール摂動論と比較することでその正確さを議論する。

[1] Yunes, N., & Berti, E. 2008, Phys. Rev. D, 77, 124006

[2] Zhang, Z., et al. 2011, arXiv:1103.6041

し、解析的に解くことができる。求めた解から構造形成の成長率を求め、ボイド宇宙モデルと標準宇宙モデルの構造形成の違いを明らかにした。

.....

de Sitter 時空上の massless 相互作用

相対

16c

用場について

高麗 雄介 (京都大学 D1)

ポスター発表 (口頭なし)

初期宇宙は、インフレーションと呼ばれる急激な指数関数的膨張を経験したと考えられている。我々の天の川銀河やお隣のアンドロメダ銀河のあるおとめ座銀河団などの宇宙の大規模構造は、インフレーション期に存在した量子ゆらぎがその種となっている。

ところで、現在の宇宙は宇宙項の導入によって初めて説明できる。この宇宙項の現在の値は非常に小さい正の数であることがわかっている。しかし子の不自然に小さい値を説明する理論は今のところ存在していない。これは宇宙項問題とよばれる。星や銀河で光り輝く宇宙を認識する知的生命体が今存在するためには、現在の宇宙項の値がおよそ宇宙の臨界密度程度でなければならないという人間原理に基づいた議論はあるが、それは問題の解決を意味しないと思われる。

そこで、ここでは宇宙項問題に対する一つの解答となりうるものを示す。

[1] Marolf, D., & Morrison, I. A. 2010, arXiv:1010.5327

[2] Hollands, S. 2011, arXiv:1105.1996

相対

17c

.....

ヴォイド宇宙における構造形成

西川 隆介 (大阪市立大学 D1)

ポスター発表 (口頭なし)

現代の科学的宇宙論の中で最も成功を収めている標準宇宙モデルは「我々は特別な場所にはいない」というコペルニクス原理を仮定している。近年、超新星の距離-赤方偏移関係の観測から宇宙は加速膨張しており、それを引き起こすダークエネルギーの存在が強く示唆されている。しかし、コペルニクス原理の仮定を外せばダークエネルギーを導入せずに観測を説明できる可能性はあり、ボイド宇宙モデルはその候補として盛んに研究されている。「我々はボイドという物質密度の低い領域の中心付近にいる」と仮定するボイド宇宙モデルは超新星の距離-赤方偏移観測や宇宙背景放射温度ゆらぎのパワースペクトルを説明することができる。しかし、銀河・銀河団などの大規模構造の形成に関する観測を用いた検証はまだ行われていない。そこで本研究では、ボイド宇宙における大規模構造の形成について調べた。構造形成は相対論的摂動論を用いて解析することができるが、球対称時空であるボイド宇宙は対称性が低いため摂動の扱いが困難である。この問題に対して、ボイド宇宙を近似的に一樣等方時空と球対称摂動に分解する方法を選んだ。この方法ではボイド宇宙における線形摂動方程式は一樣等方宇宙における 2 次摂動方程式に帰着

宇宙論
01a
早期加速膨張に対する観測的制限
小林 量平 (名古屋大学 M2)
8月2日 16:15 C (小会場2)

ダークエネルギーは、現在の宇宙を加速膨張させる原因と考えられている未知のエネルギーである。標準的な宇宙論では、時間変化しない真空のエネルギーがダークエネルギーの候補となっている。しかし、これは場の量子論から見積もられる真空エネルギーと観測値のオーダーが 121 桁もずれる fine-tuning problem と、なぜ現在近くになり真空エネルギーが支配的になり、加速膨張を引き起こしているかという coincidence problem を内在している。これらを解決するために、時間変化をするダークエネルギーのモデルが多数提案されている [1]。

従来の研究においては、ダークエネルギーが支配的になる現在近く ($z \sim 1$) において、その起源を探るため、時間変化を検証する試みが行われてきた。本研究では、[2] で提案された、早期 ($z > 2$) に加速膨張を起こす super-decelerating model に基づき、観測から過去の時間変化の様子を探る。

過去のある時期に加速膨張が起きると、構造形成や宇宙論的距離に影響が現れる。このモデルでは特に、宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) の温度揺らぎのスペクトルに顕著な変化を示す。そのため、WMAP7 のデータを用い解析を行った。得られた結果から、過去の宇宙でどの程度加速膨張が許されるか、その期間も含めて考察を行う。

[1] Copeland, E. J., et al. 2006, International Journal of Modern Physics D, 15, 1753

[2] Linder, E. V. 2010, Phys. Rev. D, 82, 063514

宇宙論
02a
Dyer-Roeder 近似の z の関係
と赤方偏移 z の関係
中島 友樹 (立教大学 M2)
8月2日 16:30 C (小会場2)

宇宙は一様等方として記述されるが、実際の宇宙には銀河などの構造があり、そうではない。この非一様性を考慮するための近似として Dyer-Roeder 近似がある。この近似において重要なパラメータに β がある。この β と赤方偏移 z の関係について講演する。

[1] Dyer, C. C., & Roeder, R. C. 1973, ApJ, 180, L31

[2] Dyer, C. C., & Roeder, R. C. 1972, ApJ, 174, L115

[3] Santos, R. C., & Lima, J. A. S. 2008, Phys. Rev. D, 77, 083505

宇宙論
03a
非パラメトリック法による宇宙密度
揺らぎの解析と重力理論の検証
宮本 玲奈 (早稲田大学 M2)
8月2日 16:45 C (小会場2)

従来、ダークエネルギーモデル (DE) の検証方法として、ある DE モデルを仮定し、そのモデルに含まれる理論パラメータに対して観測的制限を与えるという方法がとられている。しかし、そういった方法ではモデルそのものの整合性を直接議論することは難しい。一方、U.Alam らはモデルの仮定自体を評価する方法として、非パラメトリック法という手法を提案している。そこでは、揺らぎの発展方程式は仮定されたポアソン方程式と物質の保存則のみから導くことができ、揺らぎは背景時空である宇宙の情報

のみから再構築できることに着目する。ポアソン方程式が一般相対論の場合から変更を受けたり、物質の保存則が成立しないような DE モデルにおいて、これらの方程式を仮定して揺らぎを再構築した密度揺らぎは、現実に存在する構造揺らぎと一致しないはずである。この有効性を検証するために、本研究では Hu-Wayne によって提案されている Parameterized Post-Friedmann (PPF) 定式化を使用する。しかし、PPF 定式化は汎用性が高く、パラメータの値に制限がない。そこでまず、より具体的なモデルにおける検証を行なう必要がある。具体例として、 $f(R)$ 重力理論の 1 つである Starobinsky モデルとの比較を考えている。以上を検証することで、非パラメトリック法が有効であるモデルがどのようなモデルであるのかの範囲を限定することができ、観測に適用できるかどうかとも判別することが可能になるだろう。

宇宙論
04a
Ia 型超新星の弱い重力レンズ効果を用いた精密宇宙論
須藤 大地 (東京大学 M1)
8月2日 17:00 C (小会場2)

宇宙のエネルギー組成の大部分がダークエネルギーという未知のもので占められていることが数々の観測によって明らかになったが、今や精密観測の時代とあってその性質を探る試みが始まっている。中でも Ia 型超新星を用いた観測は、ダークエネルギーの効果が現れ始める時期の宇宙を見るため、その性質を探るのに適している。Ia 型超新星は絶対等級がほぼ均一であることが知られているため、それらの光度距離測定がダークエネルギーに関連するパラメータを制限する従来の手段であった。ところで、Ia 型超新星の光度は弱い重力レンズ効果 (ここでは、光源と観測者の間の物質分布に起因する重力場によって超新星の光度が増減する効果) を受けていることが知られている。この弱い重力レンズ効果によって、超新星の光度距離に非等方性が生まれる。そこで、この非等方性を利用してこの効果のシグナルに含まれる密度ゆらぎの情報を引き出すことができれば、その密度ゆらぎはダークエネルギーの性質に依存するため、ダークエネルギーに関連するパラメータを今まで以上に制限できると期待される。今回はこの効果に着目し、SNAP や LSST などの近い将来のサーベイにおけるこの効果の S/N 比を見積もり、さらに、上記のパラメータをどの程度まで制限できるかを推定する。

[1] Cooray, A., et al. 2006, ApJ, 637, L77

[2] Munshi, D., et al. 2008, Phys. Rep., 462, 67

宇宙論
05a
非等方相関関数を用いた SDSS の LRG データ解析と宇宙論パラメータへの制限
片岡 明日香 (名古屋大学 M1)
8月2日 17:15 C (小会場2)

近年、大規模な観測プロジェクトにより、宇宙論は定量的な科学として発展してきている。Sloan Digital Sky Survey (SDSS) という大規模銀河サーベイは、その観測プロジェクトの一つである。SDSS によって得られた Luminous Red Galaxies (LRG) の解析により、バリオン音響振動の構造が観測された。バリオン音響振動とは、宇宙の

晴れ上がり以前、光子とバリオンの混合流体のゆらぎが音響ホライズンと呼ばれるスケールまで伝播し、ゆらぎが進化することで、そのスケールに銀河の二点相関関数のピークができるというものである。この構造が現れるスケールを観測することで、ダークエネルギーを始めとする宇宙論パラメータへの制限が可能である。これまで、このような制限には角度平均した相関関数を用いられてきた。だが、実際の観測における赤方偏移空間では、幾何学的な効果などにより構造のスケールは非等方に変形する。そこで、非等方な構造の変形を考慮し、視線方向とそれに垂直な方向に分けて計算した非等方相関関数を用いる。これによって、バリオン音響振動の2次元的構造を検出し、宇宙論パラメータにさらに強い制限を与えることができる。本講演では、以下の論文のレビューを行い、非等方相関関数を用いて、観測されたバリオン音響振動の構造を解析することにより、どのように宇宙論パラメータが制限できるか議論する。

[1] Okumura, T., et al. 2008, ApJ, 676, 889

赤方偏移空間歪みを用いた Λ -CDM
モデルの検証

宇論
06a

舎川 元成 (京都大学 M1)
8月2日 17:30 C (小会場 2)

Ia 型超新星の距離測定をはじめとする様々な観測の結果によって宇宙は現在加速膨張期にあることが示され、加速膨張を引き起こす可能性としてダークエネルギーの存在が示唆されている。ダークエネルギーについては現在様々な解釈がなされているが、それらを検証する手段の一つに、赤方偏移空間歪み (RSD) を用いる方法がある。

RSD とは、宇宙の密度ゆらぎから生じる銀河の速度場がドップラー効果を生み、その結果、観測されるパワースペクトルに歪みが生じる現象である。この歪みの大きさは、銀河の速度場、すなわち密度構造の成長率に依存するため、大規模サーベイを行い、パワースペクトルから成長率を計算することで、宇宙モデルの検証を行うことができる。

本発表では、WiggleZ プロジェクトの最新結果をレビューする。WiggleZ プロジェクトとは、オーストラリア天体望遠鏡の可視分光装置を用いた大規模銀河赤方偏移サーベイプロジェクトである。 $z \sim 0.6$ の領域において初めて大規模サーベイを行い、成長率を計算したところ、その結果は現在最も有力と考えられている Λ -CDM 宇宙モデルとよく一致することがわかった。

また、すばる望遠鏡の赤外分光装置 FMOS を用いて、未だサーベイされていないより遠方の領域について RSD サーベイを行うプロジェクトも戸谷 (京大) らを中心に進行中である。このプロジェクトの概要や意義についても触れる予定である。

[1] Blake, C., et al. 2011, arXiv:1104.2948

[2] Guzzo, L., et al. 2008, Nature, 451, 541

ラグランジュ摂動論と N 体シミュレーションにおける非線形バイアスと赤方偏移歪み

宇論
07a

佐藤 正典 (名古屋大学 D2)
8月2日 17:45 C (小会場 2)

将来の大規模な赤方偏移サーベイの観測計画のひとつにバリオン音響振動 (BAO) という現象を測定するものがあ

る。BAO は銀河分布の統計に特徴的なスケールをつくるため、それを「ものさし」として測定することによって宇宙の膨張の歴史を知ることができる。それによって、ダークエネルギーなどの宇宙論パラメータを制限することができる。将来の広視野銀河サーベイにより、精密な観測結果を期待する一方で、銀河バイアスの影響、揺らぎの非線形成長、赤方偏移歪みといった系統誤差を生み出すものを考慮に入れた BAO の理論的評価方法はいまだに不十分である。そこで、これらの系統誤差を自然に理論に組み込んだ唯一の理論である参考文献 2 の理論 (LRT) と N 体シミュレーションから求めた結果を比較することにより非線形バイアスや赤方偏移歪みがどのように BAO に影響を与えるかを見るとともに、LRT がどれほど N 体シミュレーションから求めた結果を再現できるかを議論する。

[1] Sato, M., & Matsubara, T. 2011, arXiv:1105.5007

[2] Matsubara, T. 2008, Phys. Rev. D, 78, 083519

[3] Matsubara, T. 2008, Phys. Rev. D, 77, 063530

宇宙のトポロジーを決定するための、
天体分布を用いた新手法

宇論
08b

藤井 宏和 (東京大学 M2)
8月2日 18:00 C (小会場 2)

宇宙には正体不明のダークマター、ダークエネルギーが満ちているとする Λ -CDM 宇宙論が現在では広く支持されており、空間の局所幾何 (曲率) をはじめとして、各種パラメータが非常に良い精度で決定されている。にも関わらず、宇宙の大域幾何 (トポロジー) に関しては未だ多くの部分が謎につつまれているのが現状である。現在宇宙はほぼ平坦であることが知られているが、宇宙は果たして無限に広がるユークリッド空間なのか、有限な大きさを持つ 3 次元トーラスなのか、あるいはそれ以外なのか、といったことは決着のついていない問題であり、宇宙論に残された大きな課題と言える。

私は、天体分布を用いて宇宙のトポロジーを制限する新手法を考案した ([1],[2])。これは、平坦宇宙における 18 種類の全てのトポロジーに適用でき、かつ短時間でそれをこなすアルゴリズムを備えているものである。この点で、宇宙マイクロ波背景放射を用いる手法 ([3]) に対する大きなアドバンテージを持っている。講演ではこの手法の概要を示し、具体的にどういった観測データを必要とするかを述べる。

[1] Fujii, H., & Yoshii, Y. 2011, A&A, 529, A121

[2] Fujii, H., & Yoshii, Y. 2011, arXiv:1105.2337

[3] Cornish, N. J., et al. 1998, Classical and Quantum Gravity, 15, 2657

CMB の温度・偏光揺らぎにおける
弱い重力レンズ効果：再構築法の開発

宇論
09b

並河 俊弥 (東京大学 D2)
8月2日 18:04 C (小会場 2)

観測される CMB の揺らぎには、大規模構造によって生じる弱い重力レンズ効果の情報が含まれる。構造の進化は宇宙論に依存するため、弱い重力レンズを通じたダークエネルギーを持つ性質の検証やニュートリノの質量に対する制限など、多くの課題・理論を検証できると期待されている。この CMB の弱い重力レンズ効果は、Okamoto & Hu (2003) など示された手法により CMB の観測デー

タのみから測定可能である。このさい、弱い重力レンズの情報は2次元ベクトルである曲がり角を取り出すことで得られる。しかしこの手法では、曲がり角の2自由度(勾配、カール成分)のうち、カール成分は無視できると仮定されている。カール成分は、重力波や宇宙紐、相対論的な重力の高次摂動により生じるため、今後の精密観測を念頭に置くと無視できない可能性がある。特に PolarBear や ACTPol といった高角度分解能をもつ将来観測では、より正確かつ高精度な再構築法が要求される。本発表では、曲がり角を勾配・カール成分に分離・再構築することで、重力波や宇宙紐の検証にも適用可能な曲がり角の再構築法を示す。また、この手法で予想される S/N を評価する。

[1] Okamoto, T., & Hu, W. 2003, Phys. Rev. D, 67, 083002

[2] Hu, W., & Okamoto, T. 2002, ApJ, 574, 566

[3] Namikawa, T., et al. 2010, J. Cosmology Astropart. Phys., 12, 27

宇論
10b

インフレーションによる磁場生成

藤田 智弘 (東京大学 M2)

8月2日 18:08 C (小会場 2)

古くから銀河や銀河団の内部には $10^{-6}G$ ほどの磁場が存在することが知られており、その起源は宇宙物理学において半世紀にわたって未解決問題のまま残されている。磁場の起源を説明する仮説は2つある。一つは銀河内のプラズマの運動による生成(天体物理モデル)・もう一つは初期宇宙における生成(初期宇宙モデル)だ。昨年4月、Fermi衛星の観測により、銀河がないボイド領域に磁場が発見されたことによって後者の説が支持された。さらに、発見された磁場は Mpc スケールであり、初期宇宙で生成されたものとしては非常に大きなスケールに広がっている。従って、インフレーション期(初期宇宙における加速膨張期)において磁場が生成されたとすると、その急激な膨張によって大スケールへと引き伸ばすことができるため、その時期における磁場生成が有力視されている。しかし、現在のところインフレーションによって十分な磁場生成に成功したと認められているモデルはない。私の研究では、素粒子標準模型に基づき、フォトン(光子)に加えて Z ボソンを含めた包括的な解析をすることで、新たなインフレーション磁場生成モデルの可能性を検証する。Z ボソンを考慮することで、既存の先行研究にはない新しい磁場生成機構が考えられる。

[1] Neronov, A., & Vovk, I. 2010, Science, 328, 73

[2] Demozzi, V., et al. 2009, J. Cosmology Astropart. Phys., 8, 25

[3] Bamba, K., & Sasaki, M. 2007, J. Cosmology Astropart. Phys., 2, 30

宇論
11b

Observational constraints on assisted k-inflation

大橋 純子 (東京理科大学 D1)

8月2日 18:15 C (小会場 2)

ビッグバン宇宙論における平坦性・地平線問題などを解決するため、宇宙初期にインフレーションという加速膨張期があったと考えられている。インフレーション中には、宇宙大規模構造の種となる密度ゆらぎが生成され、理論的に予言されるスカラーゆらぎのスペクトラムは、WMAP グループをはじめとする宇宙背景放射(CMB)の

温度ゆらぎの観測と良く一致しているが、インフレーションを起こす起源は未だ明らかではない。様々な理論模型を評価する観測パラメータとして、(i) CMB 温度ゆらぎのスペクトラル指数、(ii) スカラー・テンソル比、(iii) 非ガウス性パラメータがある。特にゆらぎの三点相関から現れる非ガウス性は、新たな観測量として注目され、今後の観測精度の向上が期待されている。正準スカラー場による標準インフレーション模型は、小さな非ガウス性を予言するが、ラグランジアンが運動エネルギーの非線形項を含む k-インフレーション模型では、非ガウス性が大きな値を取り得る。また素粒子物理では一般に複数の場が存在し、複数場の存在によってインフレーションが起こる、相補的インフレーションという機構がある。本研究では、一般的なラグランジアンで記述される相補的 k-インフレーション模型を用い、上記の3つの観測パラメータの理論予測をするとともに、観測データの likelihood 解析により、モデルに対する観測からの制限を議論する。

[1] Armendariz-Picón, C., et al. 1999, Physics Letters B, 458, 209

[2] Liddle, A. R., et al. 1998, Phys. Rev. D, 58, 061301

[3] Ohashi, J., & Tsujikawa, S. 2011, Phys. Rev. D, 83, 103522

宇論
12b

Sagittarius A* 周りの強重力場から探る時空の構造

原 拓自 (東京大学 M1)

8月2日 18:19 C (小会場 2)

さまざまな観測により銀河中心の Sgr A* には大質量ブラックホールがあることが知られており、Sgr A* 周りの強重力場では一般相対論の影響が色濃く表れると考えられている。その一例として、銀河中心での極度の重力レンズ効果が考えられ、近年研究が進められている。大質量ブラックホールの場合、屈折角が数秒の一般的な重力レンズとは異なり、ブラックホールに密接に近づく光は大きな屈折角を持つ可能性がある。そのため光子は観測者に到達するまでにブラックホール周りを数回廻ることさえある。そのような屈折の様子から空間の計量を求めることが可能であり、時空の構造を特定することでブラックホールの姿の解明につながることを期待される。本発表では強重力場による光の屈折を用いてその空間の計量を探る方法を紹介する。また具体例として、銀河中心付近を運動している星(S stars)の屈折された光の性質について言及する。

[1] Bin-Nun, A. Y. 2011, Classical and Quantum Gravity, 28, 114003

宇論
13a

Chameleon 機構: 高密度領域における非線形機構

照喜名 歩 (広島大学 M1)

8月3日 16:15 B (小会場 1)

宇宙の加速膨張を説明することは、宇宙論の大きな目標の一つであり、これを説明するために様々なアプローチが考えられている。その中には一般相対性理論における重力場の方程式を修正する「修正重力理論」という考え方がある。ところがこの重力理論の修正は、太陽系スケールの重力テストなどから強い制限がかけられるため非常に困難である。 $f(R)$ 重力理論やスカラー・テンソル理論では、Chameleon 機構によりこの問題を回避できると考えられている。Chameleon 機構とはスカラー場の寄与が物

質密度に依存して変化するというものである。スカラー場の寄与は宇宙の加速膨張を引き起こすが、Chameleon 機構により地球などの密度の大きな領域ではその寄与を抑えることができる。本発表ではこの Chameleon 機構についてレビューする。また、可能であればハローにおける Chameleon 機構の影響についても議論したい。

[1] Khoury, J., & Weltman, A. 2004, Phys. Rev. D, 69, 044026
[2] Li, B., & Zhao, H. 2009, Phys. Rev. D, 80, 044027

ガリレオン宇宙論における密度ゆらぎの進化

宇論
14a

加瀬 竜太郎 (東京理科大学 M2)
8月3日 16:30 B (小会場1)

ガリレイ対称性を平坦な時空で再現するように構築されたガリレオン修正重力理論には、5つの共变的なラグランジアンが存在する。このラグランジアンに含まれるスカラー場の非線形な自己相互作用項は、ヴァインシュタイン機構と呼ばれる機構により、密度の高い局所領域においてモデルが相対論的振る舞いを回復することを許し、局所重力実験を説明しうる。更に安定な de Sitter 解の存在により、現在の宇宙の加速膨張を説明しうる事が先行研究で示されている。ガリレオン理論に基づく暗黒エネルギーモデルの観測的な兆候を探るためには、物質優勢期以降の宇宙論的ゆらぎの進化を知ることが重要となる。そこで我々は、5つの共变的ラグランジアンが存在するガリレオンモデルにおいて密度ゆらぎの進化を研究した。宇宙の大規模構造と関連するサブホライズン・スケールにおける準静的近似から、物質ゆらぎと実効重力ポテンシャルの方程式を導き、さらに摂動方程式を数値積分することで物質ゆらぎおよび実効重力ポテンシャルの具体的な進化を調べた。宇宙の大規模構造の観測や、宇宙背景放射の Integrated-Sachs-Wolfe 効果に対して、重力理論の変更による効果がどのように現れるのか、更にこの結果からガリレオンモデルと他の暗黒エネルギーモデル、特に宇宙項モデルとの振る舞いの違いについてを議論する。

[1] Nicolis, A., et al. 2009, Phys. Rev. D, 79, 064036
[2] de Felice, A., & Tsujikawa, S. 2010, Physical Review Letters, 105, 111301
[3] de Felice, A., et al. 2011, Phys. Rev. D, 83, 043515

Cosmology in Einstein-Aether Theory

宇論
15a

岡 アキラ (東京大学 M1)
8月3日 16:45 B (小会場1)

Einstein-Aether 理論とは、Einstein-Hilbert 作用に fixed norm ベクトル場の 2 階微分までの項全てを加えて、重力を修正する理論である。Einstein-Aether 理論は、一般共変性を保ちつつ、Lorentz 対称性を自発的に破ることができるため、量子重力理論と相性が良いとされており、近年、注目を集めている。しかし、その一方で、宇宙の加速膨張を説明できないと言う問題を抱えている。本講演では、主に、この問題について議論する。

[1] Carroll, S. M., & Lim, E. A. 2004, Phys. Rev. D, 70, 123525
[2] Donnelly, W., & Jacobson, T. 2010, APS Meeting Abstracts, 11004

クインテッセンスモデルにおけるトラッキングと宇宙進化

宇論
16a

松井 倫子 (東京理科大学 M1)
8月3日 17:00 B (小会場1)

近年の観測により現在の宇宙が加速膨張していることが示されている。加速膨張の原因である暗黒エネルギーの起源は解明されておらず、それを明らかにすることは現在の宇宙論の重要な課題の一つである。本発表では、クインテッセンスというスカラー場を用いた暗黒エネルギーモデルでの加速膨張の機構について調べる。特に、スカラー場の密度が背景流体の密度に最終的に追いつくトラッカー条件を明らかにし、トラッキングが起きる場合の宇宙進化について解析する。

[1] Amendola, L., & Tsujikawa, S. 2010, Dark Energy: Theory and Observations by Luca Amendola and Shinji Tsujikawa. Cambridge University Press, 2010. ISBN: 9780521516006,

Oscillating Bianchi IX Universe in Hořava-Lifshitz Gravity

宇論
17a

御園生 洋祐 (早稲田大学 M2)
8月3日 17:15 B (小会場1)

ビッグバン宇宙論は宇宙背景放射や宇宙初期に於ける軽元素合成など様々な観測的事実との整合性を持つ理論として支持されており、標準宇宙論としての地位を確立している。しかし、Penrose と Hawking により示された特異点定理により、ビッグバン宇宙の始まりは、エネルギー密度と曲率が発散する特異点であることが明らかになった。この問題はマイクロな高エネルギー状態にまで一般相対論を適用していることが原因であり、重力を量子化して扱えば初期特異点を回避できると期待された。このような動機付けにより量子重力理論への探求が始まったが、重力には繰り込み不可能という原理的な困難があり、未だ完全な量子重力理論は構築されていない。そのような中で Horava により提唱された Hořava-Lifshitz 重力理論 (HL 重力理論) は近年、量子重力理論の候補として注目を集めている。作用に含まれる時間微分は 2 階であるが、空間微分の数を増やすことによって、量子重力理論の困難であった繰り込み不可能という問題が解消できると期待される。また、空間の高階微分項が宇宙を膨張させる斥力を生み出す可能性があり、特異点回避に対しての期待が高まっている。そこで、我々は一様等方宇宙 (FLRW 宇宙) と閉じた一様非等方宇宙 (Bianchi IX 宇宙) に於ける初期特異点回避の可能性を探った。

[1] Maeda, K.-I., et al. 2010, Phys. Rev. D, 82, 064024
[2] Misonoh, Y., et al. 2011, arXiv:1104.3978

インフレーションにおける粒子生成：観測的制限とその特徴

宇論
18a

藤田 翔 (京都大学 M1)
8月3日 17:30 B (小会場1)

宇宙を初期に遡って行くと、温度が上がり非常にエネルギーの高い領域へと達するため、従来の素粒子モデルによって解明することは難しい。多数の物理理論が懸案されてはいるものの、どれも実験的裏付けがなされないまま多数の可能性が並び立っている。その中で初期の宇宙が急激な空間の膨張をしていたというモデルがインフレーションである。このインフレーション理論はホライズン問題、平

坦性問題といった、宇宙初期の標準モデルの問題点を解決し、現在の観測結果を非常にうまく説明出来るモデルとして有力である。この様々なインフレーションモデルにおいて、インフレーションを実現させる場であるインフラトンとの相互作用によって粒子の生成が起こると考えられる。この講演では粒子生成によって生じるインフレーション起源のパワースペクトルやゆらぎの非ガウス性といった宇宙論的観測量を計算し、さらにそれを実際の観測と比較してモデルの制限を行い、無数の可能性の中から宇宙初期の一つの方向性を示す。

[1] Barnaby, N., & Huang, Z. 2009, Phys. Rev. D, 80, 126018

[2] Barnaby, N. 2010, Advances in Astronomy, 2010,

.....

Hybrid inflation 終了時における waterfall field の原始曲率ゆらぎへの寄与

宇論
19a

小林 明美 (名古屋大学 M1)
8月3日 17:45 B (小会場 1)

近年において、インフレーション理論はビッグバン理論の問題点を解決し、観測的にも支持されている理論である。インフレーション理論は、宇宙が極めて初期の段階に加速膨張をしたとするものであり、この理論に基づくと、今日の宇宙の大規模構造の源となっているゆらぎも説明することができる。このゆらぎを原始曲率ゆらぎと呼び、標準的にはインフレーションを起こすスカラー場の量子ゆらぎが加速膨張によって引き伸ばされて生成されたと考えられている。

インフレーションを起こすモデルには多くの種類があり、今回考える hybrid inflation は、インフレーションを起こす場 () と、インフレーションを終わらせる場 (waterfall field) が異なるものである。hybrid inflation では、 μ がある臨界値を超えると μ が不安定化し、インフレーションが終了する。一般に hybrid inflation の終了時には、 μ と ν の相互作用によるパラメトリック共鳴や、のタキオン不安定などの非線形な現象が起こる。

本発表では、David H. Lyth (2010) の論文をレビューする。この論文では、上記の hybrid inflation の終了時に起こる非線形な現象が、インフレーションで生成された曲率ゆらぎに与える影響を検証する。その結果、この現象は曲率ゆらぎには影響しないことが分かった。

[1] Lyth, D. H. 2010, arXiv:1012.4617

[2] Lyth, D. H. 2010, arXiv:1005.2461

.....

POLARBEAR 実験による B-mode 偏光観測

宇論
20a

井上 優貴 (総合研究大学院大学 M1)
8月3日 18:00 B (小会場 1)

POLARBEAR 実験は宇宙背景放射の B-mode 偏光検出を目的として現在進行しているプロジェクトである。この実験はチリのアタカマ標高 5000m に off-axis Gregorian 型の望遠鏡を設置する。PBI では 150GHz、PBII では 95,150GHz の観測帯域、角度分解能 4arcmin の観測を行い、検出器は超伝導 TES ボロメーターを用いる。POLARBEAR が観測する B-mode 偏光シグナルは、主としてインフレーションに起因する原始重力波によるものと重力レンズによるものに分けられる。この偏光観測により、初期宇宙のインフレーションエネルギースケール、ま

たニュートリノの質量和についての情報を得られることが期待されている。本講演では、POLARBEAR の目指すそれぞれの B-mode について紹介し、これらの精密測定によって得られる Science を発表する。

[1] Arnold, K., et al. 2010, Proc. SPIE, 7741,

[2] Lewis, A., & Challinor, A. 2006, Phys. Rep., 429,

1

[3] de Putter, R., et al. 2009, Phys. Rev. D, 79, 065033

.....

「 Λ CDM VS 修正重力」宇宙の構造形成編 ~ N 体シミュレーションを用いて検証する

宇論
21a

鈴木 隆之 (山口大学 D3)
8月4日 9:15 B (小会場 1)

スカラー・テンソル・ベクトル重力理論は J.W.Moffat が考案した、ダークマターやダークエネルギーを仮定せずに宇宙進化を説明する修正重力理論の一つである (以下モファット重力と呼称)。様々な修正重力のモデルが近年の精密な観測により次々と棄却されているが、多くの観測データとの一致をみるモファット重力はとても興味深いものである [1]。一般に宇宙の構造形成には、ダークマターによる重力ポテンシャルが必要と考えられているが、モファット重力はこれについても、大規模なスケールで重力が強くなるものとして、バリオンのみで現在の宇宙構造を作り上げることができるとされる。予測されるパワースペクトルは SDSS の銀河団の観測データを満たしていた [2]。先行研究で主張される構造形成の議論は線形摂動にスケールにより実効重力定数が変化する効果を導入し、時間発展をさせたという単純な議論に基づくものであった。本研究ではこれをシミュレーションを用い精密に検証する。具体的には、モファット重力による宇宙構造形成の N 体シミュレーションを国立天文台スカラー計算機 CrayXT4 を用いて実行し、非線形な密度揺らぎの時間発展について予測を行う。その結果を、統計量を含め観測データと比較し、モファット重力による宇宙モデルを評価する。定性的な性質・通常の Λ CDM モデルとの差異や判別をするために求められる観測精度等についても言及したい。

[1] Moffat, J. W., & Toth, V. T. 2009, Classical and Quantum Gravity, 26, 085002

[2] Moffat, J. W., & Toth, V. T. 2011, arXiv:1104.2957

.....

有限の質量の粒子に崩壊する暗黒物質について

宇論
22a

青山 尚平 (名古屋大学 M2)
8月4日 9:30 B (小会場 1)

崩壊しない安定な暗黒物質 (CDM) と宇宙を加速膨張させる暗黒エネルギーを含めた宇宙論モデルである Λ -CDM 模型は宇宙の大規模構造形成や弱い重力レンズ効果を非常にうまく説明できる。しかし、 Λ -CDM 模型では銀河系など小さなスケールでの暗黒物質の分布に関する観測事実を十分に説明できない。暗黒物質の崩壊現象を考慮することでその問題を解決できる可能性がある。

我々が研究したのは暗黒物質 (親粒子) が有限の質量の粒子 (娘粒子) に崩壊する暗黒物質模型である。私たちは暗黒物質の崩壊現象をボルツマン方程式を用いて記述し、娘粒子の運動量分布関数を求めた。そして様々な暗黒物質の寿命と親粒子・娘粒子の質量比の値に関して娘粒子の工

エネルギー密度を計算し、宇宙の膨張の歴史を数値計算で求めた。暗黒物質が崩壊すると宇宙のエネルギー密度が変わるため、CMBの最終散乱面までの距離、バリオン音響振動(BAO)の位置、そしてハッブル定数が崩壊しない場合と比べて変化する。さらに娘粒子の自由運動が構造を壊す効果は小スケールの構造形成にも影響を与える。これらの影響を含めた理論計算と観測データを比較することで親粒子と娘粒子の質量比や暗黒物質の寿命に制限を与えた。本発表では一連の研究成果を説明する。

- [1] Aoyama, S., et al. 2011, arXiv:1106.1984
- [2] Ichiki, K., et al. 2004, Physical Review Letters, 93, 071302
- [3] Ma, C.-P., & Bertschinger, E. 1995, ApJ, 455, 7

Lensing reconstruction using redshifted 21cm fluctuations

宇論
23a

島袋 隼士 (名古屋大学 M1)
8月4日 9:45 B (小会場1)

宇宙マイクロ波背景放射(CMB)は宇宙の大規模構造からの重力による影響を受けて経路が曲がる。これをCMBの弱重力レンズ効果と呼ぶ。この効果を測定することで高赤方偏移での物質の密度揺らぎの情報を知ることができるため、宇宙論パラメータをより正確に決定する上でも重要である。CMBの弱重力レンズ効果から物質密度ゆらぎの情報を再構築する方法としてはCMBのみを用いたHu & Okamoto(2002)によるものが有名である。しかし、近年では、中性水素からの21cm線放射から得られる情報を組み合わせる方法が注目されている。21cm線放射とは、陽子と電子同士のスピンの平行か反平行かで生じる微細なエネルギー準位差に相当するエネルギーの波長であり、周波数にして1.4GHzの低周波である。現在、我々に届く21cm線は宇宙膨張に伴い赤方偏移するため、異なる波長による21cm線の観測を行う事で、それぞれの波長に対応した時代の3次元的情報が得られる。このことは、最終散乱面からやってくるCMBの観測とは異なる21cm線観測の利点の一つである。現在では、高赤方偏移からの21cm線放射の観測を試みるSquare Kilometer Array(SKA)といった観測計画も進んでいる。本講演では、Hu & Okamoto(2002)による物質密度揺らぎの再構築方法を、21cm線から得られる3次元的情報を取り入れて拡張したZahn & Zaldarriaga(2006)による論文をレビューする。

- [1] Zahn, O., & Zaldarriaga, M. 2006, ApJ, 653, 922
- [2] Hu, W., & Okamoto, T. 2002, ApJ, 574, 566
- [3] Furlanetto, S. R., et al. 2006, Phys. Rep., 433, 181

21cm線の将来観測により得られるニュートリノ質量への強い制限の可能性

宇論
24a

大山 祥彦 (総合研究大学院大学 M2)
8月4日 10:00 B (小会場1)

ニュートリノ振動の観測は、ニュートリノに質量があることを示した。しかしそこから得られる情報は質量の絶対値そのものではなく、質量の2乗の差だけである。一方、CMB及び銀河分布の観測を組み合わせることで、ニュートリノ質量の和に対する制限を得ることもでき、現在その上限は約0.62eVと与えられている。将来的に行われる高感度の21cm線観測は、現在のCMB観測や銀河分布探査

以上の制限をニュートリノ質量に与えられる可能性がある。さらにニュートリノ質量和だけでなく、現在決定できていないニュートリノ質量の階層構造や、個々のニュートリノ質量の測定さえできる可能性も存在する。ニュートリノ質量の起源はシーソー機構などの質量生成のメカニズムに深く関係しており、大統一理論を始めとする新しい物理との関係が強く示唆されている。またニュートリノ質量やその階層性は、レプトン数生成の機構や、ニュートリノを用いて超新星爆発のメカニズムを探索する場合等でも影響が存在するため、その決定は素粒子論的にも宇宙論的にも重要な課題であると言える。本講演では、21cm線によってニュートリノ質量に対し強い制限を得られる可能性の説明と、今後の展望について述べようと思う。

- [1] Pritchard, J. R., & Pierpaoli, E. 2009, Nuclear Physics B Proceedings Supplements, 188, 31
- [2] Pritchard, J. R., & Pierpaoli, E. 2008, Phys. Rev. D, 78, 065009

原始磁場によるスニヤエフ - ゼルド ヴィッチ効果

宇論
25a

松田 康 (名古屋大学 M1)
8月4日 10:15 B (小会場1)

多くの観測によって銀河や銀河団に付随した大スケールの磁場の存在が示唆されている。大スケール磁場の起源の候補に「原始磁場」というものがある。この磁場は非常に初期の宇宙で生成されたと考えられる。今回レビューする論文はS-Z power spectrum produced by primordial magnetic fields by Hiroyuki Tashiro and Naoshi Sugiyamaである。論文では原始磁場に対して、スニヤエフ = ゼルド ヴィッチ効果 (sz 効果) を用いて制限をつける。

sz 効果は、宇宙マイクロ波背景放射(CMB)の光子がダークハローに付随する高温電子に散乱され、エネルギーを受け渡されることでCMBが温度揺らぎを新たに得るというものである。

再結合後、原始磁場によるローレンツ力により誘導されたイオンや電子がバリオン密度揺らぎを新たに生成する。この新たな密度揺らぎが、さらにダークマター等を重力的に引きつけることで成長し、ダークハローを形成する。元々の密度揺らぎに、原始磁場で新たに形成された密度揺らぎが加わることでダークハローの個数が増えるのである。原始磁場を含めた密度揺らぎからダークハローの形成論を考え、それに付随する高温電子により生じるsz効果を、観測されたCMB温度揺らぎと比較することで、原始磁場の強度とスケール依存性を得る。

- [1] Tashiro, H., & Sugiyama, N. 2011, MNRAS, 411, 1284
- [2] Birkinshaw, M. 1999, Phys. Rep., 310, 97
- [3] Subramanian, K., & Barrow, J. D. 1998, Phys. Rev. D, 58, 083502

宇宙の非一様構造の解明に向けた超新星データの再解析

宇論
26a

安達 大 (弘前大学 D2)
8月4日 10:30 B (小会場1)

我々はIa型超新星の観測からm-z関係を再解析し、ダークエネルギーなしで宇宙の加速膨張を表せるか吟味した。その結果、大域的な非一様性から宇宙の平均密度が異なることよりも宇宙の膨張率が異なることが重要である

こと、局所的非一様性から clumpiness parameter α が定数ではなく時間的に進化していることを考慮することで、ダークエネルギー無しで超新星の $m-z$ 関係を再現できるということが判った。その際、非一様宇宙の制限として、 $z = 0.1$ の穏やかな非一様性であること、遠方と近傍のハッブル定数 H_0 が 10% 程度違えば良いということもわかった。

[1] Kasai, M. 2007, Progress of Theoretical Physics, 117, 1067

[2] Tomita, K. 2001, 20th Texas Symposium on relativistic astrophysics, 586, 310

[3] Tomita, K. 2001, MNRAS, 326, 287

CMB と大規模構造との相関を用いた宇宙論パラメータの推定

宇論
27c

竹内 良貴 (名古屋大学 D1)
ポスター発表 (口頭なし)

CMB の光子には最終散乱面から現在まで伝搬してくる間の宇宙の情報が刻まれている。その一つに大規模構造の造るポテンシャルが変化することで引き起こされる ISW 効果が知られている。この ISW 効果を通して CMB の温度揺らぎはは大規模構造との間に相関があるだろうとされている。また、大規模構造と相関があると考えられるものとして CMB の弱重力レンズ効果があげられる。大規模構造の造るポテンシャルの中を通ってくることで CMB の光子は弱い重力レンズ効果を受け曲げられる。この CMB の弱重力レンズ効果は観測精度の向上に伴い、近年ようやく検出されとの報告がでており [1]、今後大いに期待される観測の一つである。

本研究はこの CMB の重力レンズ効果と大規模構造との相関の情報が宇宙論パラメータを推定する際にどのような影響を与えるかを調べた。そして、パラメータの決定制度を改善しうる可能性があることが分かった [2]。ここではその応用として、様々にあるダークエネルギーのモデルの一つである quintessence モデル [3] に注目する。

quintessence モデルでは、現在における加速膨張をあるスカラー場によって引き起こされるものとして説明するというもので、そのスカラー場がもつポテンシャルにも様々なモデルが存在する。ここでは、相関の情報が取り入れることでそのポテンシャルのモデルに対して何らかの示唆を与えられないかを検証したい。

[1] Das, S., et al. 2011, arXiv:1103.2124

[2] Takeuchi, Y., et al. 2010, Phys. Rev. D, 82, 023517

[3] Caldwell, R. R., et al. 1998, Physical Review Letters, 80, 1582

An analytic model for the distribution of matter and dust around galaxies

宇論
28c

正木 彰伍 (名古屋大学 D2)
ポスター発表 (口頭なし)

An analytic model for the distribution of matter and dust around galaxies is developed. We show that our model reproduces the observed results for the surface mass and dust density profiles. Using the model, we also discuss the typical host halo mass of the galaxies used in the observation and extent of the dust distribution in a halo.

[1] Ménard, B., et al. 2010, MNRAS, 405, 1025

[2] Masaki, S., et al. 2011, arXiv:1105.3005

SDSS 銀河の個数分布関数の精密測定

宇論
29c

福永 健介 (東京大学 D1)
ポスター発表 (口頭なし)

宇宙の大規模構造を記述する最も基本的な統計量が密度揺らぎの確率分布関数 (PDF) である。ガウス分布だと信じられている初期の原始揺らぎの PDF は、その後、重力の非線形進化により大きく変形を受ける。その結果、現在の PDF は対数正規分布でよく記述できることが数値計算によって示されている。一方、観測的に銀河の PDF を測定しようとする試みがなされてきたが、それらは必ずしも精度が十分とは言えなかった。そこで、私は観測データの解析から高精度で PDF を求め、数値計算の予言である対数正規分布に銀河の PDF がどの程度従っているか調べた。その結果として、銀河の PDF は概ね対数正規分布に従っているものの、両者に有意な違いを見出した。違いの主な原因は、数値計算が予言する PDF は、銀河でなくダークマターに関するものであるということ (銀河バイアス) と銀河の特異速度の影響で、分光観測される銀河の赤方偏移 (位置) が見かけ上ずれること (赤方偏移歪み) の 2 つである。私は、摂動論に基づき銀河バイアスを簡単にモデリングし、数値計算に赤方偏移歪みの寄与を入れて、銀河の PDF の再構築を試みた。再構築された PDF が銀河の PDF とよく一致することから、PDF に混入する 2 つの系統的効果を定性的に説明することが出来たといえる。

Kinetic gravity braiding モデルにおける大規模構造の進化と観測的制限

宇論
30c

木村 蘭平 (広島大学 D1)
ポスター発表 (口頭なし)

現在の宇宙の加速膨張の起源は今のところ未解決の問題であり、解決策として一般相対性理論に修正を加える試みが盛んに行われている。その中でも近年着目されているのが Galileon モデルである。このモデルはラグランジアンに 2 階微分を含むが、ゴーストや不安定性が現れないことが知られている。また、このモデルでは長距離における重力のみを修正し、銀河や太陽系スケールにおいては Vainshtein 機構と呼ばれる非線形効果によりニュートン重力に帰着することが知られている。我々はこの Galileon モデルをより一般的に拡張した Kinetic gravity braiding モデルにおける大規模構造の進化を調べた。その結果、線形摂動論における密度揺らぎの成長は、あるパラメータ極限では Λ CDM モデルに一致し、特殊な振る舞いであることを示した。また、本発表ではこのモデルにおける宇宙論的観測からの制限についても議論する。

[1] Kimura, R., & Yamamoto, K. 2011, J. Cosmology Astropart. Phys., 4, 25

Fine Features in the Primordial Power Spectrum

宇論
31c

熊崎 亘平 (名古屋大学 M2)
ポスター発表 (口頭なし)

A possible origin of the anomalous dip and bump in the primordial power spectrum, which are reconstructed from WMAP data corresponding to the multipole $\ell = 100 \sim 140$ by using the inversion method, is investigated as a consequence of modification of scalar field dynamics in the inflation era. Utilizing an analytic formula to handle higher order corrections to the slow-roll approximation, we evaluate the relation between a detailed shape of inflaton potential and a fine structure in the primordial power spectrum. We conclude that it is unlikely to generate the observed dip and bump in the power spectrum by adding any features in the inflaton potential. Though we can make a fine enough shape in the power spectrum by controlling the feature of the potential, the amplitude of the dip and bump becomes too small in that case.

[1] Kumazaki, K., et al. 2011, arXiv:1105.2398

.....

Mutli-field Open Inflation and the Effect of Interaction

宇論
32c

杉村 和幸 (京都大学 D1)
ポスター発表 (口頭なし)

オープンインフレーションとは、宇宙初期のスローロールインフレーションの前における、スカラー場の量子トンネリングを考えるモデルである。今回考える複数場のモデルでは、トンネリングに支配的な影響をもつスカラー場と、その後のスローロールに主要に寄与するスカラー場の二つの場を考えて、オープンインフレーションを実現する。宇宙初期における、スカラー場のトンネリングや、複数スカラー場の存在は、弦理論的宇宙論から示唆されているため、今回のようなモデルについて調べることは重要である。また、将来の PLANCK 衛星による CMB の揺らぎの非ガウス性の観測などからこのモデルに観測的な制限をつけることは、弦理論に対して宇宙論的に制限をつけていることに対応する。

本研究以前には複数場のオープンインフレーションの具体的なモデルが知られていなかった。そこで、本研究では、複数スカラー場のトンネリングをインスタントの方法によって記述し、さらにその後のスローロールの発展についても解くことにより、具体的なモデルを構成した。また、場が複数存在することによって、トンネリング確率に影響があると予想される。トンネリング確率をインスタントの方法を用いて求めることで、複数場の相互作用によって、単一の場の場合と比べてトンネリング確率が上がるということがわかった。

[1] Linde, A., & Mezhlumian, A. 1995, Phys. Rev. D, 52, 6789

[2] Coleman, S., & de Luccia, F. 1980, Phys. Rev. D, 21, 3305

[3] Freivogel, B., et al. 2006, Journal of High Energy Physics, 3, 39

.....

Sound Velocity and Primordial Curvature Perturbation

宇論
33c

中島 正裕 (東京大学 D3)
ポスター発表 (口頭なし)

宇宙背景放射 (CMB) の温度揺らぎは、宇宙初期の加速膨張 (インフレーション) 期に生成された原始密度揺ら

ぎを起源とすると考えられているが、近年、CMB観測の精密化が進んだことにより、標準的なインフレーションモデルが预言するスケール不変な揺らぎのパワースペクトルからの「ずれ」が見つかりつつある。こういった「ずれ」を生成する機構の候補として我々は非正準な運動項を持つスカラー場によるインフレーションモデルに注目した。このモデルでは、揺らぎの音速と呼ばれる自由度が新たに登場し、特に音速がインフレーション中に変化する場合には生成される揺らぎのスペクトルに特徴的な「ずれ」が現れる。本発表では、様々な場合の音速変化に関して、そのスペクトルへの影響を議論する。

[1] Nakashima, M., et al. 2011, Progress of Theoretical Physics, 125, 1035

.....

宇宙線

X線天文衛星「すざく」の硬X線観測による超新星残骸 Vela Jr. の非熱的X線の探査

宇宙線
01a

武田 佐和子 (埼玉大学 M1)
8月2日 17:30 B (小会場1)

超新星残骸は恒星が生涯の最後に超新星爆発を起こした後に残る星雲状の天体である。爆発のエネルギーで熱せられた物質はプラズマとなり、そこではX線の帯域で熱的制動放射や輝線が観測されている。さらに、爆発によってばまかれたガスや塵が周囲の物質とぶつかって衝撃波が発生する。この衝撃波により電子がTeVまで加速されるといふ観測的結果も得られている (Koyama et al. 1995)。超新星残骸 Vela Jr. では、TeVガンマ線が北西の縁から検出されたことにより1TeV以上に加速された電子もしくは陽子の存在が示唆された (Katagiri et al. 2005, Aharonian et al. 2005)。また、「あすか」衛星での0.7-10keVの観測によって加速電子からのシンクロトロン放射による非熱的X線の存在が確認されている (Slane et al. 2001)。衝撃波で加速された電子の最高エネルギーを測定するには硬X線でシンクロトロン放射のスペクトルの折れ曲がりを検出する必要があるが、Vela Jr. の硬X線帯域の高感度での検出はまだ報告されていない。そこで今回は10-700keVのエネルギー帯域を現在最高感度で観測できる「すざく」衛星搭載の硬X線検出器の観測データを用いて Vela Jr. のスペクトルが検出されているか確認した。本講演ではその結果を報告する。

[1] Bamba, A., et al. 2005, ApJ, 632, 294

[2] Slane, P., et al. 2001, Young Supernova Remnants, 565, 403

極高エネルギー宇宙線観測実験「テレスコープアレイ実験」の低エネルギー拡張計画～TALE計画～

宇宙線
02a

南平 兵衛 (大阪市立大学 M1)
8月2日 17:45 B (小会場1)

テレスコープアレイ実験とは、北半球最大の極高エネルギー宇宙線の観測実験であり、 10^{18} eV以上という極めて大きなエネルギーの宇宙線を観測している。テレスコープアレイ実験では、大気蛍光望遠鏡と地表粒子検出器の2種類の観測装置によるハイブリッド観測が行われており、お互いの観測装置から得た情報を共有することで1種類だけの観測装置による実験より良い精度で観測することができる。この実験装置で、エネルギースペクトル、化学組成、到来方向分布を測定し、これらの結果から極高エネルギー宇宙線の起源を研究している。テレスコープアレイ実験であげられている将来計画の一つに低エネルギー拡張計画があり、これは観測するエネルギー領域を 10^{16} eV以上に拡張しようというものである。過去にも、このエネルギー領域での観測を行った研究グループは存在したが、実験毎の大きな系統誤差により、宇宙線の起源や加速機構に迫るきちんとした解釈は行われていない。そこで、テレスコープアレイ実験は、エネルギー・化学組成測定の点で優れたハイブリッド観測をこのエネルギー領域に適用し、さらに加速器による装置較正を行って、この領域の宇宙線物理学に貢献する。

LHCf実験の最新結果と宇宙線観測への寄与

宇宙線
03a

磯 利弘 (名古屋大学 M1)
8月2日 18:00 B (小会場1)

宇宙線研究における課題として 10^{19} eVを越える超高エネルギー宇宙線のエネルギースペクトルの解明、高エネルギー宇宙線の化学組成の決定があげられる。これらの問題は宇宙線の加速源、加速機構、伝播過程を知るうえで重要であり、これらの解決を目的として現在も宇宙線の観測が行われている。宇宙線の観測では相互作用シミュレーションによって一次宇宙線の情報を求める。シミュレーションに用いられるハドロン相互作用モデルが一次宇宙線の情報決定において非常に大きな鍵であるが、ハドロン相互作用は複数存在し、またそれらのモデルは現時点では 10^{14} eV程度までしか検証されておらず、それ以上の高エネルギーでは観測結果に不定性が生じている。LHCf実験はこのハドロン相互作用モデルの検証を目的とし、世界最大の加速器LHCにおいて宇宙線空気シャワーの発展に重要な最前方放出粒子の測定を行う実験である。本講演ではこのLHCf実験に用いられている装置、またLHCf実験の近況について述べる。また、実験と同時に複数あるハドロン相互作用によって、空気シャワーの発達がどのように違うかを調べる解析も行っており、COSMOSという空気シャワーのシミュレーションを用いて、一次宇宙線の陽子が大気中で空気シャワーを発生させ、二次粒子の総数が最大に増える地点での大気の厚さ X_{max} を求める解析も紹介する。

An outline of XMASS experiment

宇宙線
04a

瀧谷 寛樹 (名古屋大学 M2)
8月2日 18:15 B (小会場1)

岐阜県飛騨市の山中、地下1000mで行われているXMASS実験の概要を紹介する。

太陽中性子観測のための性能試験

宇宙線
05a

佐々井 義矩 (名古屋大学 M1)
8月3日 13:30 B (小会場1)

太陽における宇宙線の加速機構を解明するため、我々は太陽中性子観測実験を行っている。太陽中性子は、宇宙空間の磁場によって曲げられることなく地球に降り注ぐため、宇宙線の検出手法として非常に有効である。今日まで使われてきた検出器は検出感度が不十分であり、太陽中性子の観測は10例ほどしか検出されていない。そこで、新たにKEKで行われていたニュートリノ実験「SciBar」やアメリカのFNALの加速器実験「SciBooNE」で使われていたscintillator barを14848本用いた「SciCR計画」を進めている。SciCR計画は、2013年に極大期を迎える第24太陽活動期に向けて装置をMexicoの標高4600mのSierra Negra山に設置する予定である。現在、SciCR本体はMexicoのINAOEに到着している。一方、読み出し回路は名古屋で試験をしており9月下旬にINAOEに送る予定になっている。現在、SciCRのバックグラウンド宇宙線測定のために、scintillator bar中での μ 粒子のattenuation測定と1光子信号の測定を行っている。本講

演ではそのことについて話す予定である。

宇線
06a

新型太陽中性子望遠鏡の検出感度の見積み

永井 雄也 (名古屋大学 D1)
8月3日 13:45 B (小会場1)

これまで太陽表面における粒子加速について、衛星による X 線やガンマ線を用いた観測や、中性子モニタなどの地上検出器を用いた GLE の観測が行われてきた。しかし高エネルギーイオンの加速についての観測は十分とは言えない。宇宙線について考える上で、これらの粒子の加速機構を知ることは大変重要である。そこで我々の研究室では、太陽フレアで加速されたイオンが太陽大気を叩いて作られる太陽中性子の観測を行ってきた。太陽中性子の特徴として、中性粒子を用いるため惑星間磁場の影響を受けず地上観測が可能である。世界 7 か所に太陽中性子望遠鏡を設置し、24 時間体制で観測を行っている。中性子はエネルギーによって地球までの飛行時間が変わるため、エネルギーを測らなければ放出時間分布とエネルギー分布が縮退してしまう。そこで、現在の太陽中性子望遠鏡よりも高いエネルギー分解能を持った 'SciCR 計画' が進行中である。SciCR は厚さ 1.3cm・幅 2.5cm・長さ 3m のシンチレータバー 14848 本を井桁状に組んだ飛跡検出器である。中性子により反跳された検出器内の原子核の軌跡をの方向とエネルギーを捉える。本講演ではモンテカルロシミュレーションを用いることで装置の検出感度を調べた。その結果、これまでの太陽中性子望遠鏡で 16 の有意性を観測したイベントに対し、SciCR では 57 の有意性を持つことが分かった。

[1] Sako, T., et al. 2006, Phys. Rev. B, 74, 045329

宇線
07a

太陽フレアニュートリノの数値計算

武石 隆治 (東京大学 M1)
8月3日 14:00 B (小会場1)

太陽フレアで加速された高エネルギー粒子 (100MeV ~ 数十 GeV) は、太陽大気と衝突して核反応を起こし、ガンマ線光子、中性子、ニュートリノなどさまざまな粒子を生成する。ここでは特にニュートリノに注目したい。フレアの際に生じたニュートリノは地球まで到達している筈だが、フラックスが小さくスーパーカミオカンデなど従来の観測装置では捉えられなかった。一方、現在計画中のハイパーカミオカンデはこれまでの装置に比べ格段に高感度であり、太陽フレアからのニュートリノの検出が期待されている。しかし既存のモデル計算は精度が粗く、将来の観測に向けて理論モデルの精密化が必要とされている。ここで、フレアでの高エネルギー反応の計算には、数値計算ツール「GEANT4」を用いた手法が有効である。ニュートリノの計算にあたって参考になるのはガンマ線の精密なシミュレーション (古徳、2007 など) であり、本発表ではまずその内容を紹介し、ニュートリノに対して同様の手法を用いる場合の留意点について述べたい。

[1] Kotoku, J., et al. 2007, PASJ, 59, 1161

[2] Fargion, D., & Moscato, F. 2004, arXiv:astro-ph/0405039

[3] Kocharov, G. E., et al. 1991, Nuovo Cimento C Geophysics Space Physics C, 14, 417

宇線
08a

2010年9月のかに星雲 線フレア: 観測結果とフレア発生機構モデルの紹介

三上 諒 (東京大学 M1)
8月3日 14:15 B (小会場1)

かに星雲は1054年に発見された超新星の残骸で、地球から約2 kpc のところに位置する。2010年9月、そのかに星雲の線フレアが AGILE 衛星で観測された。具体的には、約4日間にわたって線のフラックスが通常のかに星雲のフラックスに比べ約3倍に上昇した。このフレア現象はかに星雲における荷電粒子加速過程の通説では説明が難しい。大きな問題はフレアの持続時間の短さである。これまで考えられてきた加速過程はパルサー風の終端衝撃波における統計的加速機構 (Diffusive Shock Acceleration, DSA) であるが、この機構による加速のタイムスケールは非常に長く、今回のフレアの持続期間 (~ 数日) を説明することはできない。そこで、フレアを説明するため、様々なモデルが提案されている。これらモデルのいくつかを紹介したい。

[1] Schwarzschild, B. 2011, Physics Today, 64, 030000

[2] Tavani, M., et al. 2011, Science, 331, 736

[3] Abdo, A. A., et al. 2011, Science, 331, 739

宇線
09a

ASTRO-H ガンマ線検出器における集積回路の性能評価

渋谷 明伸 (名古屋大学 M1)
8月3日 14:30 B (小会場1)

X 線は非常に温度の高い領域から出ている波長の光で、激しく活発な活動をしている領域 超新星爆発、ブラックホール、活動銀河核といった現象を解明する手がかりになる。現在、その X 線を観測する次世代の天文衛星「ASTRO-H」の開発が進んでいる。この衛星は従来の観測機器と比較して、X 線エネルギー測定分解能やエネルギー範囲の検出感度を向上するなどの特徴を持つ。その搭載機器の一つである軟ガンマ線検出器 (SGD) は、X 線よりも更に高いエネルギーを持つガンマ線領域の検出感度を 10 倍以上向上させることを目指す。我々は SGD の開発を行うチームに所属している。SGD は 40 層もの半導体検出器から構成されるが、衛星搭載機器であることから大きさに非常に強い制限がある。そのため、半導体検出器からの微小信号を読み出すための電子回路の部品点数を最小限にする必要がある。その状況に対応するため、SGD のために開発した集積回路 (ASIC) は、非常にコンパクトで多くの機能を備えたものとなった。しかしそれ故に、この ASIC の性能を最大限に生かすためにはその多くの機能の性能評価を予め十分にしておく必要がある。私は一つ一つの機能の性能を測定し、それぞれの設定を最適化する方法を確立する作業を行う。今回の講演では、SGD やそのために開発した ASIC の機能の詳細、その性能評価結果について報告する予定である。

宇線
10a

チェレンコフ望遠鏡用カメラモジュールに向けた MPPC の性能評価

日高 直哉 (名古屋大学 M1)
8月3日 14:45 B (小会場1)

CTA (Cherenkov Telescope Array) は、次世代の TeV 領域ガンマ線望遠鏡国際共同実験計画である。CTA では、チェレンコフ望遠鏡群を用いて、高エネルギーガンマ線

由来の電磁シャワーを地上で測定する。観測するガンマ線のエネルギー領域は 10GeV から 100TeV に及び、ガンマ線バーストから宇宙線起源天体まで、様々な天体の物理現象が対象となる。従来の解像型チェレンコフ望遠鏡では、光検出器として光電子増倍管が広く用いられているが、これを新型半導体光検出器 MPPC(Multi Pixel Photon Counter) に代えることで、チェレンコフ光をより高い量子効率で検出する事が期待できる。量子効率が向上することにより、観測における有効エネルギー領域の下限値をさらに低くすることや、チェレンコフ光のエネルギー分解能の向上により、より高品質なデータを提供できることが見込める。発表では、MPPC を用いた場合のこれらの利点について定量的に評価するため、MPPC の波長特性も含めた性能評価について報告を行う。

[1] CTA Consortium, T. 2010, arXiv:1008.3703

CTA 計画に向けた高速波形サンプリング回路の開発

宇線
11a

今野 裕介 (京都大学 M1)
8月3日 15:00 B (小会場 1)

超高エネルギーのガンマ線が地上大気に入射すると、大気中の原子核と相互作用を起こして多くの二次粒子を発生し、空気シャワーを形成する。この空気シャワーが大気中の光速以上の速度で走るとことによりチェレンコフ光を放射する。数 10GeV から TeV にわたる超高エネルギー領域のガンマ線による天体観測は、この大気チェレンコフ光を捉える地上チェレンコフ望遠鏡によって行われる。

CTA(Cherenkov Telescope Array) 計画はこうした地上チェレンコフ望遠鏡の決定版といえる国際的プロジェクトであり、世界でひとつという大規模望遠鏡アレイを建設することにより従来の 10 倍にも及ぶ 1000 以上の TeV ガンマ線天体の発見が期待されている。

チェレンコフ光は鏡により焦点面の光電子増倍管(PMT) に集められ、電気的信号へと変換される。大気チェレンコフ光を捉えた際に出力される信号の幅は短くて数 nsec であるため、高速の読み出しエレクトロニクスが必要となる。

そこで我々は、PSI の開発したアナログメモリの ASIC である DRS4 を用いた高速波形サンプリング回路を開発した。この回路では 7 本の PMT からの信号を同時に最大 5GHz でサンプリングすることが可能である。取得したデータは KEK で開発された SiTCP プロトコルを用いて GbitEthernet で転送される。

本講演ではこれらの回路の構成と試験結果について発表する。

[1] CTA Consortium, T. 2010, arXiv:1008.3703

CTA における大口径望遠鏡のトリガーロジックと回路の開発

宇線
12a

栗根 悠介 (京都大学 M1)
8月3日 15:15 B (小会場 1)

CTA(Cherenkov Telescope Array) 計画は大規模な TeV ガンマ線望遠鏡群の建設計画である。数十 GeV ~ TeV 領域にわたる超高エネルギー領域のガンマ線による大気チェレンコフ光を地上で観測することを目的とする。超高エネルギー領域のガンマ線を観測することによって超新星残骸、ガンマ線バースト、宇宙論、ダークマターなど多岐にわたる物理を見ることができると考えられる。

数十 GeV ~ 1000GeV 程度のガンマ線を測定するためには大面積の望遠鏡が必要であり、大口径望遠鏡が計画されている。大口径望遠鏡ひとつにつき数百ピクセルに渡る鏡と PMT が必要となる。

大量の PMT の信号から望遠鏡全体のトリガーを決めるためには複雑なトリガーロジックが必要となる。まず個々のピクセルの閾値を判定し一次トリガーが生成される。さらにピクセルの位置分布などによって二次トリガーが生成される。二次トリガーが望遠鏡アレイ全体のトリガーを司るコンピュータに送られ、個々の望遠鏡に到達する時間差や望遠鏡アレイ間のコインシデンスの有無によって、それぞれの望遠鏡にデータ転送・破棄の指示が送られる。

我々は読み出し部分により近い特に一次、二次トリガー信号の送受信を制御する回路とそのロジックを開発している。

本講演ではトリガーロジックと開発中の回路の紹介を行う。

[1] CTA Consortium, T. 2010, arXiv:1008.3703

GALPROP の起動

宇線
13b

藤木 和城 (東北大学 M1)
8月3日 15:30 B (小会場 1)

宇宙初期のインフレーション期に生成された原始重力波が、宇宙の晴れ上がり期に宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) に偏光 B モードと呼ばれる特徴的な偏光シグナルを刻む。CMB 偏光モードの検出は、現代の観測的宇宙論分野における最重要課題の 1 つである。CMB 偏光 B モードシグナルは天体起源のミリ波偏光放射に埋もれている。これを前景放射と呼ぶ。前景放射のうち、CMB 偏光観測に深刻な影響を与えているものは銀河系内のシンクロトロン放射とダストからの熱放射である。これらの成分のミリ波域への侵入度の不定性が CMB 偏光 B モードの検出限界を決めており、前景放射成分のモデル精度の向上なくして、CMB 偏光 B モード検出限界向上はありえない。東北大学のグループでは、銀河系内偏光放射成分の物理的モデルを構築することによる。前景放射成分モデル精度向上を目指して、磁気流体シミュレーションを用いた 3 次元構造モデルの構築、あかり全天探査データを用いた銀河系ダストの全天分布モデルの高精度化を実践している。私は GALPROP を用いて、銀河系内の相対論的電子の分布モデルの構築を行い、シンクロトロン成分のモデル精度向上を担当する。この計算により同時に得られる相対論的陽子の分布モデルとあかりの解析で得られる星間物質の高精度モデルを組み合わせることで、diffuse γ -ray の系内モデルを構築できる。

[1] Moskalenko, I. V., & Strong, A. W. 1998, ApJ, 493, 694

宇宙線と雲核生成の関連性の検証実験

宇線
14b

伊澤 雄貴 (名古屋大学 M2)
8月3日 15:33 B (小会場 1)

太陽磁場によるモジュレーションが宇宙線強度を変化させるということは以前からよく知られていた。しかし、最近の研究によって地球の下層大気(高度 3.2km 以下)の雲量と宇宙線強度の間に強い相関関係があることが指摘された。この相関を説明するための仮説として、宇宙線の電離作用によって大気中につくられたイオンを介してエアロゾ

ルが生成され、そのエアロゾルが雲凝結核に成長して雲の種になるというものがある。しかし、定量的にはいまだわかっていないことが多く、この物理過程の一部を再現するための実験として SKY-実験が行われたが、この実験においてもいくつかの不明瞭な点が存在した。そこで我々は、下層大気を再現するガスチェンバーに、宇宙線に見立てた線と、波長 253.7nm の紫外線を照射して、下層大気において発生していると考えられる反応を再現する実験を行っている。この実験において、SO₂・オゾン・H₂O それぞれの濃度がコントロールできるガス供給システム、その供給されたガスを線および紫外線と反応させるためのチェンバー、そのチェンバー内のイオン密度を検出するためのイオン検出器を製作した。そして成分をコントロールした混合ガスを実際にチェンバー内に供給し、線や 253.7nm の紫外線を照射した際のエアロゾル密度の変化について測定を行った。今回の発表では、我々の実験についての最新結果を報告する。

[1] Kirkby, J. 2008, arXiv:0804.1938

宇宙線
15c

最高エネルギー宇宙線到来方向における異方性解析

堤 一樹 (東京工業大学 M2)
ポスター発表 (口頭なし)

現在までに観測されている宇宙線の最高エネルギーは 10²⁰eV を超えている。そのような宇宙線の起源は、ガンマ線バーストや活動銀河核などの天体現象や、ビッグバン初期に生成されたとされる宇宙ひもや超重粒子の崩壊などの未知の物理現象が考えられるが未だによく分かっていない。Telescope Array(TA) 実験は米国ユタ州ミラード郡の西部砂漠地帯、700 平方 km の領域に、3 箇所の大気蛍光望遠鏡ステーションと、507 台からなる地表粒子検出器アレイの 2 種類の検出器を配置し、最高エネルギー宇宙線のエネルギースペクトル、到来方向、化学組成を調べることによってその起源を解明することを目的としている。最高エネルギー宇宙線は伝播過程において磁場による偏向が比較的小さいため、その到来方向は加速起源天体を探す上で重要な情報である。当講演では Telescope Array 実験の観測結果より、最高エネルギー宇宙線到来方向における異方性解析について発表する。

宇宙線
16c

宇宙から来る放射線 - 発見から 100 年の歴史、そして彼らが人類に教えてくれたこと -

藤井 俊博 (大阪市立大学 D2)
ポスター発表 (口頭なし)

1912 年、V.F.Hess によって宇宙から来る放射線 (宇宙線) が発見された。この発見をきっかけとし、宇宙線を測定する実験が世界各地で始まった。まず飛翔体を用いた直接観測から始まり、その後、宇宙線が地球大気と相互作用し生成される大量の 2 次粒子 (空気シャワー現象) を利用した観測も行われ、近年では 10 の 20 乗電子ボルトという、最新の加速器で到達可能なエネルギーよりも遥かに高いエネルギーを持った宇宙線が観測されている。本講演では発見から約 100 年にわたる宇宙線観測の歴史と測定結果をレビューし、今後明らかになると期待される物理や宇宙現象、宇宙線観測による次世代の天文学、さらには将来計画について議論する。

[1] Blümer, J., et al. 2009, Progress in Particle and

宇宙線
17c

フェルミ衛星によるガンマ線観測の現状

福田 愛璃紗 (茨城大学 M1)
ポスター発表 (口頭なし)

フェルミ・宇宙ガンマ線望遠鏡 (フェルミ衛星) は、日米欧の国際協力による開発されたガンマ線天文衛星である。ガンマ線検出器として、Large Area Telescope(LAT) と GLAST Burst Monitor(GBM) を搭載しており、日本が開発に大きく貢献した LAT では 20MeV-300GeV のエネルギー領域をこれまでで最高の感度で観測することを実現している。一方 GBM では 8keV-30 MeV のエネルギー領域で、主に突発的現象を観測している。観測対象となる天体は、パルサー・活動銀河核 (AGN)・ガンマ線バースト (GRB)・超新星残骸 (SNR) など多岐にわたっていることで、高エネルギー現象の解明等さまざまな成果を期待されている。

2008 年 6 月 11 日に打ち上げられてから 3 年、サーベイ観測を継続中であり、検出された天体の数は 2000 を超えた。取得されたデータは逐次公開されており、フェルミチームから多くの論文が発表されている。フェルミ衛星ではガンマ線だけではなく他波長との連携も行われており、高エネルギー天文学を牽引する衛星となっている。今回のポスターでは、これまでのフェルミ衛星の成果の一部を紹介する。

宇宙線
18c

次世代地上 TeV 領域ガンマ線観測プロジェクト CTA に用いる光学素子開発

加賀谷 美佳 (茨城大学 M1)
ポスター発表 (口頭なし)

TeV ガンマ線観測は、反射鏡によって集光されたチェレンコフ光を光電子増倍管 (PMT) アレイによって撮像を行っている。現在では、ステレオ観測技術、高感度光センサー、高速電子回路などの技術を用いた地上ガンマ線望遠鏡より、銀河系内外にある高エネルギーガンマ線源を発見することが可能となっている。CTA は、これまでのガンマ線望遠鏡から一桁感度を向上するとともに、観測可能なエネルギー領域を拡大することを目的として研究が進められている。

本ポスターではライトガイド、鏡の開発状況を報告する。ライトガイドは望遠鏡のカメラとして用いる光電子増倍管の前部分に取り付ける光学部品である。光電子増倍管を並べたときにできるデッドスペースを無くし、カメラの修効率を向上させるのが目的である。ライトガイドの形状には WinstonCone と呼ばれる形状を用いる。この形状は最大入射角度以内で入射した光をほぼ 100% 集光でき、それ以外の光は全て外へ出すことができる。ROOT ライブラリを使用して形状の最適化を行っている。

鏡に関しては、高い反射率を長期間保持するための研究が行われている。鏡を作成する段階で生じるピンホールをできるだけ取り除いてコーティングをかけることで、金属表面を保護し腐食せずに長期的に運用可能となることが考えられている。現在では様々な条件でピンホールの刑事変化を定量的に観察することを行っている。

次世代地上 TeV 領域ガンマ線観測プロジェクト CTA に用いる光検出器モジュールおよびアナログメモリの性能評価

梅原 克典 (茨城大学 M1)

ポスター発表 (口頭なし)

TeV ガンマ線観測は、反射鏡によって集光されたチェレンコフ光を、光電子増倍管 (PMT) アレイによって撮像を行う。現在では、ステレオ観測、高速電子回路などの技術を用いた望遠鏡により、銀河系内外にある高エネルギーガンマ線源を発見することが可能となっている。CTA は、これまでのガンマ線望遠鏡から一桁感度を向上するとともに、観測可能なエネルギー帯域を拡大することを目的として開発が進んでいる。

本ポスターでは PMT、アナログメモリ DRS4 チップの性能評価、およびオンラインモニター・コントロールソフト開発について発表する。

PMT は光を読み出す検出器のひとつであり、CTA では量子効率が高く、電荷分解能や時間分解能などの性能も高い PMT が要求されるため、PMT がその要求に適合するか特性評価を行っている。

一方、PMT からの信号を電圧に変換し、その電圧の波形を記録するために DRS4 という、スイス PSI で開発された安価で消費電力が低く、毎秒 1GHz 以上の速度で波形サンプリングを行うアナログメモリ ASIC を用いる。チップの特性を知るため DRS4 チップの評価ボードを用い、温度等による波高値や時間応答の変化を測定している。また、各 PMT の波高値・タイミングや、高圧の電圧・電流、エレクトロニクスの温度等のデータをリアルタイムで表示し、制御するためのオンライン GUI プログラムを開発中である。

.....

コンパクトオブジェクト

超新星爆発のための核物質状態方程式の構築に向けて。

コン
01a

山室 早智子 (東京理科大学 M1)
8月2日 9:00 C (小会場2)

超新星爆発におけるシミュレーションにおいて、核物質状態方程式 (核物質 EOS) は非常に重要な役割を担っている。超新星爆発シミュレーションに用いられている核物質 EOS は密度 ρ_B 、陽子混在度 Y_p 、温度 T で幅広い領域をカバーしなくてはならず、現在シミュレーションに使うことのできる EOS は主に Lattimer-Swesty による EOS[1] と Shen らによる EOS[2] だけである。これらの EOS は現象論的モデルに基づいている。これに対し、今回、より EOS の精度を上げるべく、早稲田大学の鷹野グループは現実的核力に基づいた核物質状態方程式の作成を試みている [3]。私は、この EOS 作成における Thomas-Fermi (TF) 計算を担当している。TF 計算は、一様核物質 EOS に、表面エネルギー項、クーロンエネルギー項を加えることで、非一様核物質 EOS に近似し、その時の自由エネルギー F の最適化を行うことで、最も安定した原子核を導出するものである。今回の研究では、準ニュートン法という最適化計算法を使用し、 ρ_B, Y_p, T を与えた時の F の最適化を 7 変数として計算している。これを用いて、現在、絶対零度 $T = 0$ における TF 計算ができるようになり、各パラメータをみることで、 $T = 0$ における原子核の再現性や、中性子の drip の様子などを計算している。これらの評価をしながら、今後は有限温度へ拡張し、最終的には超新星爆発のための EOS table を作成することを目的としている。

[1] Lattimer, J. M., & Douglas Swesty, F. 1991, Nuclear Physics A, 535, 331

[2] Shen, H., et al. 1998, Progress of Theoretical Physics, 100, 1013

[3] Kanzawa, H., et al. 2009, Progress of Theoretical Physics, 122, 673

Shen の EOS テーブルを用いた中性子星の状態方程式の導出

コン
02a

庄司 圭佑 (千葉大学 M1)
8月2日 9:15 C (小会場2)

超新星爆発のシミュレーションには中性子星の状態方程式が必要である。中性子星内部は非常に高密度なので、核力を考慮した複雑な状態方程式を要する。ここでは超新星爆発のシミュレーションに使われている Shen et al. (2010) の EOS2 (2010 年版) を用いる。Shen のテーブルはその複雑な状態方程式を提供してくれるが、バリオンによる効果のみを含んでいる。中性子星内部に Shen のテーブルを適用するためには電子の縮退による効果を含めなければならない。また、Shen のテーブルは離散的なので、数値計算を行うにはフィッティング等で連続的に参照できるようにしなければならない。それらの手続きを行い、最終的に超新星爆発の数値計算に適用できる形の中性子星の状態方程式の導出を目指す。

重力崩壊の数値相対論的シミュレーション

コン
03a

中川 恵介 (新潟大学 D1)
8月2日 9:30 C (小会場2)

数値相対論の手法を用いた、重力崩壊型超新星爆発のシミュレーションについて発表する。また、超新星爆発におけるニュートリノの重要性についても説明する。

非球対称超新星爆発の偏光計算

コン
04a

釋 宏介 (東京大学 M2)
8月2日 9:45 C (小会場2)

近年の研究により超新星爆発は観測、理論面どちらからも非球対称が示唆されてきた。その非球対称性を測るのに重要なのが偏光度であるが、3次元輻射輸送計算は非常に時間がかかる。これをどう手早く計算するかに関して今回は話す。

初代星の超新星爆発による重元素汚染

コン
05a

横山 智広 (甲南大学 M1)
8月2日 10:00 C (小会場2)

鉄の水素に対する組成比が太陽の 1/1000 以下の星 ($[\text{Fe}/\text{H}] < -3$, $[\text{Fe}/\text{H}] \equiv \log_{10}(\text{N}_{\text{Fe}}/\text{N}_{\text{H}}) - \log_{10}(\text{N}_{\text{Fe}}/\text{N}_{\text{H}})_{\odot}$)。ここで N_{Fe} と N_{H} はそれぞれの元素の存在量、星の元素組成比を太陽の元素組成比で規格化) は超金属欠乏星 (Extremely Metal-Poor star: EMP star) と呼ばれている。炭素以降の重元素は星の進化と超新星爆発によって合成され放出される。そのため、EMP star は超新星爆発があまり起こっていなかった古い時代に形成された星と考えられている。EMP star の元素組成比は、宇宙で初めてつくられた金属量がゼロである初代星が合成する元素組成比を反映しているため、宇宙初期の化学進化を探るため盛んに研究が行われている (Beers & Christlieb 2005)。予てより、球対称の超新星爆発シミュレーションが行われ、さらに、重力崩壊型超新星爆発が非球対称であることが観測的に示唆されていることから、非球対称効果を考慮した超新星放出物質の元素組成比と、観測によって得られる元素組成比を比較する研究がおこなわれてきた。さらに、近年では多次元シミュレーションを用いて、ジェットによる混合 (Tominaga 2009) や、レイリーテイラー不安定性による混合 (Joggerst et al. 2010) などの混合の物理過程についての研究が行われている。本講演では、それぞれの研究についての論文を紹介する。

[1] Beers, T. C., & Christlieb, N. 2005, ARA&A, 43, 531

[2] Tominaga, N. 2009, ApJ, 690, 526

[3] Joggerst, C. C., et al. 2010, ApJ, 723, 353

マグネター降着円盤によるガンマ線バースト

コン
06a

衣川 智弥 (京都大学 M1)
8月3日 13:30 C (小会場2)

ガンマ線バースト (GRB) は宇宙で最も高いエネルギー

を持った天体現象である。観測より GRB と超新星爆発が関係している例が見つかっており、GRB の発生源の候補として、ニュートリノ放射によって冷却されるブラックホール (BH) や中性子星周りの降着円盤が考えられている。降着円盤とは、角運動量をもったガスが重力源の中心天体に引き寄せられ落ちていく時に disk を形成する現象である。一般に、BH 周りの降着円盤のモデルが多く考えられているが、磁気駆動の超新星爆発と関係したモデルも提唱されている。したがって、中心がマグネターという強い磁場を持った中性子星の降着円盤について考え、強磁場の降着円盤の場合に本当に GRB が起きるのか議論する。なお、この発表は Zhang, D., and Dai, Z. G. 2010, ApJ, 718, 841 のレビューである。

[1] Zhang, D., & Dai, Z. G. 2010, ApJ, 718, 841

ガンマ線バーストのジェット形成と伝搬の研究

コン
07a

大北 晨平 (東京大学 M1)
8月3日 13:45 C (小会場2)

ガンマ線バースト (GRB) は、1ms-100s という短時間に 10keV 以上の強いガンマ線が爆発的に放射される現象である。放射が等方であると仮定すると、そのエネルギーは $E_{iso} = 10^{54}$ erg を超えるものも観測されており、宇宙で最も明るい爆発現象とされている。そのような巨大な光度は、ローレンツファクター $\Gamma \sim 100$ の極相対論的な jet が観測者の方向に打ち出されることによって起こるビーミング効果として説明される。GRB の中心エンジンの解明は天文学における重要な課題の1つであり、特に数値計算による様々な努力がなされている。しかしながら、複雑な物理の関与する現象であるために、依然、中心エンジンの詳細なメカニズムは明らかになっていない。我々は、二次元球座標に基づく相対論的流体コード制作し、数値計算により GRB とその jet の動力学を調べることを目的としている。本研究では、GRB の中心エンジンに対する理解が十分なされていない現状を踏まえ、境界条件により計算領域に人工的な jet を注入し、親星内部での衝撃波形成と、星の表面を出た後の極相対論的な jet の伝搬を調べた。また、中心エンジンの性質をパラメーター化し、さまざまな jet を形成するパラメーターサーベイを行った。特に、中心エンジンの活動時間や、jet 注入を行うノズルの位置を変えることでどのような jet が形成されるかを詳しく調べ、その結果を報告する。

[1] Mizuta, A., et al. 2006, ApJ, 651, 960

超高エネルギー宇宙線の起源：GRB アウトフローの原子核組成

コン
08a

柴田 三四郎 (甲南大学 M2)
8月3日 14:00 C (小会場2)

超高エネルギー宇宙線は宇宙線の中でも最もエネルギーの高いものである。しかしその加速源については未だよく分かっておらず、活動銀河核やガンマ線バースト等の天体が候補として考えられている。最近の The Pierre Auger Observatory の観測結果からは、超高エネルギー宇宙線は重い原子核を含んでいるという事が示唆されているが、その結果を説明するためには加速源において重い原子核が大量に含まれている必要がある。そこで我々は加速源の候補である GRB アウトフローにおける元素組成を調べた。その結果、標準的なファイアボールモデルにおいては、初期

にアウトフローが多量の重元素を含んでいたとしても膨張する過程でそれらはほとんど壊されてしまうことが分かった。一方で磁場のエネルギーを運動エネルギーに変換してアウトフローを加速する様なモデルにおいては、アウトフローの初期温度はそれほど高くはならず、初期にアウトフローが多量の重元素を含んでいれば最終的にそれらが残り得るという事が分かった。本講演ではその結果について紹介する。

[1] Hooper, D., & Taylor, A. M. 2010, Astroparticle Physics, 33, 151

[2] Waxman, E. 1995, Physical Review Letters, 75, 386

[3] Murase, K., et al. 2008, Phys. Rev. D, 78, 023005

MHDリーマン問題の解の非一意性と安定性

コン
09a

高橋 和也 (早稲田大学 M2)
8月3日 14:15 C (小会場2)

宇宙における高エネルギー現象では、磁場が大きな影響を持つ。これは、高温で電離したプラズマ状態の物質が、星間空間に満ちている磁場や星が持つ磁場と相互作用し、複雑な現象を引き起こしているからである。このような背景のもと、高エネルギー現象の解明には、磁場と相互作用する流体 (磁気流体) の運動を考慮した大規模数値シミュレーションが強力な手法となる。磁気流体の運動は MHD (Magneto HydroDynamics) 方程式で記述される。天体現象の数値シミュレーションでは散逸ゼロ、電気伝導度無限大の極限をとった、理想 MHD 方程式が用いられることが多い。しかし、不連続を含む理想 MHD 方程式の初期値問題 (リーマン問題) は解が一意的でないことが知られている。そこで、複数個ある解の中から、現実にかかるであろう「物理的な解」を選び出す必要が生じるが、この「物理的な解」には今なお共通見解がない。現在、数値計算では厳密な MHD 方程式を解かず、近似的な「解」を各時間ステップで用いることで時間発展が解かれているが、それが正しい保証はない。本講演では、(1) どのような初期条件のリーマン問題が複数個の解を持つか、(2) それぞれの解の特性、(3) どの解を「物理的な解」として選べばよいか、を数学的な解析に基づき議論する。

[1] Wu, C. C., & Kennel, C. F. 1992, Geophys. Res. Lett., 19, 2087

[2] Wu, C. C. 1990, J. Geophys. Res., 95, 8149

ブラックホール降着流における衝撃波加熱領域の形成

コン
10a

小野 貴史 (千葉大学 M1)
8月3日 14:30 C (小会場2)

ブラックホール候補天体では、硬 X 線領域でべき成分を持つ輻射スペクトルが観測されることがある。このことから、逆コンプトン散乱が生じるような高温プラズマの存在が示唆されるが、その詳細な生成機構については未だ解明されていない。Kwashima et al. (2011) は超臨界降着流の輻射流体シミュレーションを行った結果、中心から数シュバルツシルト半径付近に衝撃波加熱領域が形成されていることを見出した。このような衝撃波加熱領域がどのような場合に形成されるかを明らかにすることは重要な課題である。そこで現在、輻射と物質の相互作用を無視する近似のもとでブラックホール降着流の研

究に取りかかっている。角運動量輸送機構としては粘性を仮定する。輻射を無視した粘性モデルに基づくブラックホール降着流の大局計算は Igumenshchev & Abramowicz (2000) によって行われているが衝撃波加熱については十分議論されていない。そこで今回の発表では、初めに Igumenshchev & Abramowicz (2000) が示した二次元流体シミュレーションによる降着円盤の大局的な構造の計算結果の紹介から始める。次に、ブラックホール近傍の構造に焦点を当て、衝撃波加熱領域の形成条件について自身の研究結果を踏まえて議論する予定である。

[1] Igumenshchev, I. V., & Abramowicz, M. A. 2000, ApJS, 130, 463

コン
11a

超臨界降着円盤と光学的に厚い円盤風モデルによる光度曲線の計算
龍野 洋平 (大阪教育大学 M2)
8月3日 14:45 C (小会場2)

超臨界降着円盤のような質量降着率の高い円盤では、輻射圧によって降着物質が円盤の外へ飛ばされる輻射圧駆動の円盤風が吹いていると考えられる。またそのような光学的に厚い円盤風が存在すれば、超臨界降着領域では円盤表面を見ることができず、円盤風によって形成される光球面を見ている可能性がある。今回我々は超臨界降着円盤から光学的に厚い風が吹いているモデルを構築し、このモデルを用いて SS433 の光度曲線の理論計算を行った。そして、kemp et al. (1986) における 1979 年から 1985 年の 783 点の観測データをまとめた平均的な光度曲線とのフィッティングを行った。また SS433 は歳差周期 162.5 日の歳差運動を行っており、歳差位相の変化により円盤の向き、系の見え方が変わり、それによって食の深さや全体の光度が変化し、光度曲線における非対称性も増す。そこで、panferov et al. (1997) における歳差位相ごとの光度曲線とのフィッティングも行った。今回の発表では今回用いたモデルの概要、平均的な光度曲線、歳差位相ごとの光度曲線それぞれにおけるフィッティングの結果について報告したい。

コン
12a

すぎく衛星による大質量 X 線連星 AX J1841.0-0536 の観測
河島 久実子 (京都大学 M1)
8月3日 15:00 C (小会場2)

AX J1841.0-0536 (以後、AXJ1841) はあすかによって発見されたトランジェント X 線パルサーである。立ち上がり時間が 1 時間程度のフレアがいくつか観測され、周期 4.7 s のパルスも発見された。スペクトルは吸収を受けたハードなベキ関数 (光子指数 1.2) と鉄の $K\alpha$ 線でフィットできた。また、赤外線分光から、対応天体は B 型の超巨星であることがわかった。これらから、AXJ1841 は Supergiant Fast X-ray Transient の一つであると考えられている。しかしこれまでの X 線観測では統計が悪く、スペクトルの詳しい性質は研究されていない。そこで我々はすぎくを用いて長時間観測を行った。

その結果、0.7–30 keV で持続時間が ~100 秒のフレアを多数検出した。最も明るいフレアのピークフラックスは $\sim 10^{-10}$ erg/s/cm² であった。また、明るさ毎に 3 つのフェーズ ($< 3 \times 10^{-11}$ 、 $\sim 8 \times 10^{-11}$ 、 $> 1 \times 10^{-10}$ erg/s/cm²) に分けたスペクトルを作った。スペクトルは吸収を受けたベキ関数と鉄輝線だけではフィットで

きず、さらに部分吸収モデルが必要であることが分かった。連続成分のベキは、フェーズの明るさの順にそれぞれ ~1.8、~1.5、~1.3 と変化している一方で、吸収量 ($NH \sim 2 \times 10^{22}$ cm⁻²) や部分吸収の割合 (~0.7)、また鉄輝線の等価幅 (40+/-30eV) は、フェーズ間で違いは見られなかった。

[1] Bamba, A., et al. 2001, PASJ, 53, 1179

[2] Romano, P., et al. 2011, MNRAS, 412, L30

重力マイクロレンズ法を用いた M A

コン
13a

CHO s の探索

滝野 奨 (名古屋大学 M1)

8月3日 15:15 C (小会場2)

宇宙にはダークマターと呼ばれる電磁波で観測することができない物質が大半を占めている。ダークマターの存在は 1933 年スイスの物理学 Fritz Zwicky によって銀河の回転曲線から見積もられる銀河の質量と、光学的に観測されるものから期待される質量との不一致から初めて提唱された。しかし、その正体は未だよく分かっていない。ダークマターの天体的な候補として MACHOs (MASSIVE Compact Halo Objects) と呼ばれる、銀河ハローに存在し電磁波を放射しない、あるいはその電磁波が弱すぎて観測することができない質量を持ったコンパクトな物体がある。褐色矮星や、赤色矮星、白色矮星、中性子星やブラックホールであると考えられている。重力マイクロレンズ現象を用いてこの MACHOs は観測が可能である。重力マイクロレンズ現象とは観測者とソース天体との間に質量を持った物体が横切ることによってソース天体の一時的な増光が見られる現象である。

私の所属する MOA (Microlensing Observations in Astrophysics) Group は、New Zealand にある Mt. John 天文台で重力マイクロレンズ現象を用いた観測を行っている。観測は銀河系ダークマター候補である MACHOs の探索を目的とした LMC、SMC (Large/Small Magellanic Cloud) 観測、及び系外惑星探索を目的とした銀河系中心方向の観測である。この発表では重力マイクロレンズ現象を用いた MACHOs 探索について話す。

コン
14b

星の周囲の定常的な磁気圏の研究

藤澤 幸太郎 (東京大学 D1)

8月3日 15:30 C (小会場2)

太陽をはじめとして多くの星は、磁場を伴いながらウィンドを放出し、磁気圏を構成している。このような磁気圏は、まずは球対称の仮定のもとに Weber & Davis (1967) に計算された。Sakurai (1985) はこの解を 2 次元に拡張して、軸対称の定常解を求めた。一方で、太陽ではなくパルサーを考えても、同じような定常的な磁気圏構造を考えることができる (Contopoulos et al. 1999)。しかし、これらの解はいずれも特殊な条件下での解であり、まだ一般的な解は求められていない。そこで本研究では、もっと一般的な解を系統的に求めるために、軸対称でポリトロプな系では最も一般的な定式化を用いて、定常的な磁気圏を求める新しい計算方法を開発した。本講演では、定式化や計算方法、現在まで求めた具体的な解に関して述べた後、今後の発展性に関して議論を進めていきたい。

[1] Weber, E. J., & Davis, L., Jr. 1967, ApJ, 148, 217

[2] Sakurai, T. 1985, A&A, 152, 121

[3] Contopoulos, I., et al. 1999, ApJ, 511, 351

コン
15b

電波による Sgr A*/M87 イベント
ホライズンスケールの観測的特徴
斉藤 秀樹 (京都大学 D1)
8月3日 15:33 C (小会場 2)

近年の観測技術の発達により、今まで多くの研究者たちが待ち望んでいたブラックホールの存在を直接確認できるかもしれないという期待が高まりつつある。その中で我々の銀河中心 Sgr A* は近年のミリ波、サブミリ波 VLBI 観測により、ブラックホールシャドー/ブラックホールシルエットを直接撮像するのに最も適した観測対象だと言われている。その Sgr A* やおとめ座にある楕円銀河 M87 は光学的に薄い降着流を周囲にまとっていると考えられ環境は似ているようだが、もともと M87 からはかなり遠方にまで飛ばれたジェットが噴き出しているのに対して、Sgr A* にはジェットのようなアウトフローを直接観測したという報告は今までのところまだない。しかし最近の電波観測の結果より Sgr A* からアウトフローが吹いている可能性があるという報告されている今日、ブラックホールシャドーの直接観測と合わせて、ブラックホール天体の観測的な特徴というテーマは非常に重要になってくる。

今回は、このような未解決な問題があるということを知ってもらい、今後私たち若手がどのようなアプローチでこの分野に取り組むべきなのか、短い時間ではあるが議論したい。

- [1] Falcke, H., et al. 2009, A&A, 496, 77
- [2] Falcke, H., et al. 2000, ApJ, 528, L13

コン
16b

ガンマ線バーストにおける放射エネルギーとスペクトルピーク関係式の起源について
仲内 大翼 (京都大学 M2)
8月3日 15:36 C (小会場 2)

ガンマ線バースト (GRB) における即時放射の機構は未解明な部分が多い。しかし近年即時放射のエネルギー量とスペクトルピーク値の間に成り立つ関係式がいくつか発見された。たとえば Amati 関係式、米徳関係式である。これらの関係式は GRB で広く成立することがわかっており、関係式の起源を考察することは放射機構を解明する上で重要である。一方スペクトルの観測では熱的放射と非熱的放射の重ね合わせで表せるスペクトルが見つかった。また放射機構にはガンマ線へのエネルギー変換効率が高い過程が関係していると予想されている。このような観測事実のため GRB のモデルとして火の玉光球モデルが提案され、近年火の玉光球モデルを用いて上記関係式を再現する研究が盛んである。以上の背景のもと本発表でも火の玉光球モデルを用いて上記関係式の起源について考察する。

- [1] Amati, L., et al. 2002, A&A, 390, 81
- [2] Yonetoku, D., et al. 2004, ApJ, 609, 935

コン
17b

QPO と Neutron star oscillation
との関係を探る
浅井 秀貴 (東北大学 M1)
8月3日 15:39 C (小会場 2)

パルサーが、安定した完全に周期的なパルスを送っていることは知られています。しかし、近年、QPO (quasi-

periodic oscillation) と呼ばれる全く新しい不安定な振動現象が観測されています。QPO の原因について、現在色々な可能性が検討されていますが、ここでは有望な可能性の一つである "Neutron star oscillation" を取り上げて、QPO のモデルについて議論していきます。

- [1] Strohmayer, T. E., & Watts, A. L. 2006, ApJ, 653, 593

コン
18b

ラインフォース駆動型円盤風の構造
と青方偏移したクエーサー吸収線の起源
野村 真理子 (お茶の水女子大学 D1)
8月3日 15:42 C (小会場 2)

クエーサーのスペクトルに青方偏移した幅の広い吸収線 [Broad absorption line (BAL)] が発見され、降着円盤のガスの一部が円盤風として高速で噴出していることがわかってきた。ガスの加速と電離状態を同時に説明できるモデルとして有力視されているのが、ラインフォース駆動型円盤風である (Proga et al. 2000, 2004, Risaliti & Elvis 2010)。この円盤風は、降着円盤表面の金属元素が円盤から放射された UV 光子を束縛-束縛遷移で吸収する際に発生する力 (ラインフォース) によって加速される。本研究では、円盤表面から打ち上げられた流体要素の軌道計算を行うことでラインフォース駆動型円盤風の定常構造を調べた。この際、X 線光源は中心点光源、UV 光源は降着円盤として輻射輸送を解きつつ、ガスの電離状態やドップラーシフトを考慮してラインフォースを評価した。その結果、Risaliti & Elvis (2010) と同様に中心から数 100 シュバルツシルト半径離れた限られた領域から円盤面に近い方向に円盤風が噴出することが確かめられた。さらに観測との比較を行い、ラインフォース駆動型円盤風が BAL を説明できる条件を調べたところ、この結果は円盤風の根元が広輝線領域であるとする新しい AGN モデル (Ganguly et al. 2003) を支持するものであることがわかった。

- [1] Ganguly, R., et al. 2003, ApJ, 598, 922
- [2] Proga, D., et al. 2000, ApJ, 543, 686
- [3] Risaliti, G., & Elvis, M. 2010, A&A, 516, A89

コン
19b

MOA グループによる重力マイクロ
レンズ法を用いた MACHO の探索
とその成果
大森 健吾 (名古屋大学 M2)
8月3日 15:45 C (小会場 2)

我々の住む宇宙は電磁波で直接観測することのできないダークマターがその大半を占めている。このダークマターの中でも MACHO と呼ばれる暗黒天体は、1986 年に Paczynski によって重力マイクロレンズ現象による探索方法が提唱された。この重力マイクロレンズ現象とは観測者と背景天体の間を質量を持つ天体が通過することで観測天体が増光する現象である。MACHO は複数のグループによって探索されており、銀河を構成する質量の主な要素でないことがわかってきた。しかし、その存在量については、既知の恒星の総質量と同程度が存在するという主張と、存在に否定的な主張の 2 つがあり、銀河の構造を議論するためにはその存在量を明らかにすることが必要不可欠であることに変わりはない。また重力マイクロレンズ現象は非常に発生頻度が低いため、より多くの星の観測を行い、また観測期間を増やすことで、統計精度を

上げていくことが MACHO の存在量を求める上で必要とされている。我々 MOA グループは、大/小マゼラン雲 (LMC/SMC) 観測による MACHO 探索を 1995 年より長期にわたって行っている。1995 年からは口径 61cm の望遠鏡で MACHO の観測を行ってきたが、2006 年からは広視野 (2.2 平方度) の口径 1.8m・主焦点式の MOA-II 望遠鏡を用いており、観測天体の数は格段に増加した。この発表は 2006 年 4 月から 2010 年 7 月の期間において MOA-II 望遠鏡によって撮像されたデータの初解析を行った結果についてである。

- [1] Paczynski, B. 1986, ApJ, 304, 1
 [2] Wyrzykowski, L., et al. 2011, MNRAS, 413, 493

A novel emission spectrum from a relativistic electron moving in a random magnetic field.

コン
20c

寺木 悠人 (大阪大学 D1)
 ポスター発表 (口頭なし)

相対論的なエネルギーを持った荷電粒子が磁場中を運動する時、磁場のスケール λ_B が粒子のラーモア半径 r_g よりもはるかに大きい場合は、シンクロトロン放射と呼ばれる放射を出す。逆に λ_B が、シンクロトロンのピーク振動数に対応する formation length r_g/γ よりも小さい場合はジッター放射、または DSR(Diffusive synchrotron radiation) と呼ばれ、放射スペクトルについてはよく分かっている。つまり放射スペクトルを特徴づけるパラメータを $a = \gamma\lambda_B/r_g$ として $a < 1$ と $a > \gamma$ の場合は分かっている。しかしその間の領域 $1 < a < \gamma$ の場合は放射スペクトルは知られていなかった。本研究ではこのパラメータレンジの放射スペクトルを明らかにすることを目的に、第一原理的な計算を行った。3次元等方のコルモゴロフ型乱流磁場を発生させ、その中を走るローレンツ因子 $\gamma = 10$ を持った電子の運動方程式を解き、加速度からリエナール=ヴィーヘルトポテンシャルを用いて直接的に放射スペクトルを求めた。そしてジッター放射とシンクロトロン放射を結びスペクトルを明らかにし、 $a \sim 7$ の場合に今まで知られていなかった新たなスペクトルを発見した。その物理的解釈も電子の軌道と formation length を考慮することで得られた。この結果を用いて AGN3C273 のノット領域の不可解なスペクトルの解釈ができる可能性がある。

- [1] Medvedev, M. V., et al. 2010, arXiv:1003.0063
 [2] Fleishman, G. D., & Urtiev, F. A. 2010, MNRAS, 406, 644

ブラックホール・中性子星連星からの重力波とスピンの影響

コン
21c

久徳 浩太郎 (京都大学 D3)
 ポスター発表 (口頭なし)

ブラックホール・中性子星連星の合体は重力波源の最有力候補の一つとして、またショートガンマ線バーストの母天体候補の一つとして今後注目される天体である。その合体過程や付随する重力波、合体後に形成される降着円盤の性質は各天体の質量だけでなく、中性子星の状態方程式やブラックホールのスピンといった要素に大いに依存する。決定的な違いは中性子星が潮汐破壊されるかどうかであり、潮汐破壊される場合はそのときの重力波によって状態方程式を制限できたり、あるいは降着円盤が形成されてガンマ線バーストになり得るといった期待が持たれている。

過去のブラックホールのスピンがない場合の研究では、比較的ブラックホールが軽い場合は中性子星が潮汐破壊されることが明らかになったが、同時にブラックホールが中性子星の3倍以上重いと潮汐破壊がほぼ起こらないこともわかってきた [1]。本研究ではそれをブラックホールのスピンがある場合に拡張し、スピンの大きさとより重いブラックホールでも潮汐破壊を起こし得ることを示した。

- [1] Kyutoku, K., et al. 2010, Phys. Rev. D, 82, 044049

磁気駆動ジェットと ambient gas との相互作用

コン
22c

出口 真輔 (熊本大学 M2)
 ポスター発表 (口頭なし)

銀河団コアにおいて X 線放射により失われるエネルギーはその周辺からのガスの流入 (Cooling flow) により供給されていると考えられてきた。しかし、観測されるべき Cooling flow が確認されず、コアを暖める他の加熱源として AGN ジェットや熱伝導などが提案されている。M.Ruszkowski ら (2004) は AGN ジェットによるモデルを取り上げ、磁場を伴わない流体力学的なジェットを仮定して計算を行った。一方、我々は新たに磁場により駆動されるジェットを用いたモデルの検討を行っている。具体的には、境界条件で印加したポロイダル磁場の磁気圧によりプラズマを加速、収束させてジェットを形成させる。宇宙流体数値シミュレーション用統合ソフトウェア CANS を用いた試算によると上記の機構により自然とジェットが形成されることが確認できた。Cooling flow 問題を考える前段階として、今回はまずこのように駆動されたジェットの特性を示し、さらにジェットが周囲の環境にどのような影響を与えるかを数値計算結果をもとに議論する。

- [1] Ruszkowski, M., et al. 2004, ApJ, 611, 158

白色矮星表面のヘリウム殻フラッシュによる元素合成

コン
23c

神谷 保臣 (東京大学 D2)
 ポスター発表 (口頭なし)

Ia 型超新星は、近接連星系の炭素・酸素白色矮星の核爆発現象が、伴星からの質量降着によって質量を増し、チャンドラセカール限界質量に非常に近付いたときに起きる核爆発現象である。伴星から降り積もった水素は、白色矮星表面で殻燃焼によってヘリウムになり、積もったヘリウムは更に殻フラッシュを繰り返す。このヘリウム殻フラッシュを Ia 型超新星に至るまで繰り返し計算することは困難であるため、理論では単純に炭素と酸素 (1:1) になって降り積もるとしている。一方で、Ia 型超新星の初期スペクトルの観測からは、爆発前や核爆発の最終段階における白色矮星の化学組成を推定することができる。例えば、炭素の吸収線が検出されるのは稀であり、これは白色矮星の最外層に炭素が多いとする理論と合わない。従って、ヘリウム殻フラッシュによる元素合成を計算する必要がある。

本研究では、白色矮星表面でのヘリウム殻フラッシュの進行を近似的に計算し、元素合成の様子を調べた。主な結果としては、ヘリウムが全て消費される前に炭素や酸素よりも重いケイ素や硫黄等が有意に合成されることが挙げられる。詳細はポスターにて報告する。

ディスクライン天体に対する電離部

分吸収モデルの検証

磯 直樹 (東京大学 M2)

ポスター発表 (口頭なし)

活動銀河中心核 (AGN) や銀河系内ブラックホール連星系 (BHB) の X 線エネルギースペクトル中には、一般相対論の効果で重力赤方偏移を受けて低エネルギー側に裾を引いた鉄輝線のように見える、特徴的なスペクトル構造が存在する。このスペクトル構造を説明するモデルとして、降着円盤内縁から放出される鉄輝線が相対論的效果によって歪められる「ディスクラインモデル」が提案されているが、まだ十分には検証されていない。Miyakawa et al. (2011) は、そのような鉄輝線構造をもつ代表的な天体であるセイファート?型銀河 MCG-6-30-15 のデータを解析し、電離した光学的に厚い吸収物質が視線を隠している「電離部分吸収モデル」を提案した。彼らのモデルは、直接成分、電離吸収成分、遠方からの反射成分、細い鉄輝線から構成され、広がった鉄輝線のように見える構造は電離吸収帯の鉄吸収端として説明される。また、スペクトルの強度変化を、ブラックホールからの X 線のうちどれだけの割合が吸収体によって隠されるかというパラメータ、「カバーリングファクター」の変化のみで説明できることを示した。このモデルでは、「ディスクライン」のように広がった鉄輝線は必要としない。我々は、このモデルが他の「広がった鉄輝線のように見えるスペクトル構造」をもつ AGN、BHB にどこまで適用可能か検証している。ここではその中間報告を行う。

[1] Tanaka, Y., et al. 1995, Nature, 375, 659

[2] Fabian, A. C., et al. 1989, MNRAS, 238, 729

銀河のディスクと pseudobulges の 超大質量ブラックホールとの関連に ついて

山口 健太郎 (東京大学 M1)

ポスター発表 (口頭なし)

超大質量ブラックホール (SMBH) とは、太陽の 10 の 5 乗倍から 10 の 10 乗倍程度の質量を持つブラックホールで、銀河系を含むほとんどの銀河中心に存在すると考えられている。SMBH の質量は母銀河のバルジの構成成分の特性と相関がある事が知られているが、その一方で、銀河のディスクとは相関がないと言われている。pseudobulges は、バルジとディスクの中間の特性を持っているが、それがバルジと同じ様に SMBH と相関があるのかどうかは明らかになっていなかった。そこで、ブラックホールが直接観測されている銀河に対して、pseudobulge の分類分けを行い、バルジを持たない巨大な銀河の速度分散と比較する事で、ブラックホールと銀河のディスク、pseudobulge には相関がないことがわかった。本発表では、John Kormendy (2011) の論文のレビューおよび、考察を行う。

[1] Kormendy, J., et al. 2011, Nature, 469, 374

ガンマ線連星 LS 5039 における軟 X 線源の効果

山口 正輝 (大阪大学 D2)

ポスター発表 (口頭なし)

ガンマ線連星 LS5039 について講演を行う。ガンマ線連星とは、X 線連星の中でガンマ線が検出されている天体であり、これまでに数個見つかっている。そのうちの

である LS5039 は、O 型星とコンパクト星からなっているが、コンパクト星の正体は不明であり、それゆえ詳細な放射機構も明らかにされていない。この天体に対しては、広帯域なエネルギースペクトルと光度曲線が比較的よく得られており、その光度曲線は TeV ガンマ線と GeV ガンマ線が反相関し、TeV ガンマ線と X 線が相関していることを示している。2010 年春季年会 (A06a) において、シンクロトロン冷却を無視したモデルでこれらの観測データを大まかに説明できることを示した。しかし、そのモデルでは X 線のフラックスが観測データに比べて小さく、X 線スペクトルを再現するためにはシンクロトロン冷却が重要になるほど強い磁場が必要であることがわかった。そこで、我々はこのモデルにシンクロトロン冷却の効果を取り入れ、X 線フラックスを再現することを試みた。その結果、X 線のフラックスを再現できたが、TeV のスペクトルが再現できなくなった。これは、シンクロトロン冷却により高エネルギー電子の数が減少したためである。このことは、X 線を放射する領域と TeV を放射する領域の磁場が異なっていることを示唆していると考えられる。

[1] Yamaguchi, M. S., & Takahara, F. 2010, ApJ, 717, 85

mm 波における銀河中心 Sgr A* の 光度変動及び準周期的振動の検出

遠藤 渉 (東京大学 M2)

ポスター発表 (口頭なし)

Sagittarius A* (Sgr A*) は我々の銀河系の力学的中心に位置するコンパクトな電波源であり、大質量ブラックホールの候補であると考えられている。過去数十年に渡り、X 線/赤外/電波において Sgr A* からの光度変動が観測されてきた最近傍の銀河核である。この光度変動は中心ブラックホール近傍から放射されていると考えられるが、その起源については未だ詳細な解明には至っていない。本研究では 2001 年 ~ 2007 年において行われた野辺山ミリ波干渉計による 140GHz 帯でのモニター観測のデータに対して周期解析を行い、周期が 19.1 分及び 26.0 分の 2 つの準周期的振動 (QPOs; Quasi-Periodic-Oscillations) の成分を検出した。これらの 2 つの周期の比は約 3:4 となっている。このような周期の比が整数で表される QPOs は小質量 X 線連星系 (LMXB; Low Mass X-Ray Binary) でも見られ、降着円盤の共鳴振動モデルで良く説明がされている。そして、今回発見した 2 つの QPOs の周期成分とブラックホール質量、及びブラックホールのスピンパラメータの間の相関関係の式を用いる事で、Sgr A* におけるスピンパラメータの値はおよそ 0.3 となった。本発表では、その解析の詳細な解析結果について紹介する。

[1] Miyazaki, A., et al. 2004, ApJ, 611, L97

[2] Kato, Y., et al. 2010, MNRAS, 403, L74

アーカイブ画像から探る、超新星の過 去の姿

佐藤 匡史 (九州大学 M2)

ポスター発表 (口頭なし)

超新星爆発の発生メカニズムを理解する上で、爆発前の星の姿 (親星) を知ることは大きな手がかりとなる。しかし、超新星は既に爆発してしまっているために改めて親星を観測することは不可能であり、かといって超新星の出現をあらかじめ予測し継続的に観測することは極めて困難で

ある。そのため、超新星が現れた後に、過去に同じ領域を撮像したアーカイブ画像を世界各地の観測機関から入手し、そこに親星が写っていないかを幾何学的に解析することは、爆発前の情報を直接入手するための有力な手段となり得る。親星が特定されれば、色や等級から質量等が推定され、超新星爆発への理解を深めることができる。近年は観測データの高品質化に加え、莫大な量のアーカイブデータを利用するための仕組みが整いつつあり、親星検出への更なる進展が期待される。近年爆発した近傍銀河の超新星について、これまで14例の親星探索を行ってきた。そのうち何例かでは、親星と考えられる天体を検出している。講演では、それらの親星候補について紹介する。

.....

コン 連星中性子星合体とその重力波
29c 仏坂 健太 (京都大学 D1)
ポスター発表 (口頭なし)

連星中性子星からの重力波は地上重力波干渉計 LIGO(米)、Virgo(伊)のメインターゲットの1つであり、2016年頃から始まるより高感度の干渉計 Advanced LIGO、日本に建設中の LCGT では年間10個ほどのイベントが観測されると期待されている。中性子星の力学的な性質は、高密度核物質の状態方程式に強く依存する。しかし、現実の状態方程式はほとんどわかっておらず、連星中性子星合体のシミュレーションには状態方程式の不定性がある。そこで、本研究では連星中性子星合体の状態方程式に対する依存性を数値相対論によって調べた。さらに将来、連星中性子星合体からの重力波によって高密度核物質の状態方程式の測定可能性を議論する。

.....

コン The inner jet of an active galactic nucleus as revealed by a radio-to-
30a -ray outburst
日浦 皓一朗 (北海道大学 M1)
8月4日 9:15 C (小会場2)

本発表は、Marscher, et al., 2008 のレビューである。ブレーザーは、活動銀河核 (AGN) の種類の一つであり、中心の超巨大ブラックホールから、光速に近い速さで放出しているプラズマジェットをもっている。このジェットの構造形成に関しては、いくつかの理論モデルが考えられているが、従来の観測からは確かめられていなかった。著者らは、ブレーザー BL Lac に対する高空間分解能の電波観測と可視光の偏光観測の結果から、電波域で遅れてバーストするだけでなく、可視光から TeV- 線におよぶ波長域で、2つのフレアを引き起こしている明るい特徴をそのジェットの中に見出した。彼らは、この現象は理論モデルと一致する螺旋状の磁場をもった領域で始まり、電波イメージで明るく輝いているコアに対応する Standing Shock Wave を横切ったときに、もう一度バーストしているのだ、と主張している。本発表では、著者らの最近の関連論文も紹介しながら、この主張の妥当性について議論する。

- [1] Marscher, A. P., et al. 2008, Nature, 452, 966
 - [2] Marscher, A. P., et al. 2010, ApJ, 710, L126
 - [3] Agudo, I., et al. 2011, ApJ, 726, L13
-

活動銀河核における輻射と広輝線領域ガス雲との相互作用

コン 大塚 淳輝 (千葉大学 M1)
31a 8月4日 9:30 C (小会場2)

キューサーやセイファート銀河で観測される広輝線は銀河中心超大質量ブラックホール近傍のガス雲で生成されると考えられている。このガス雲は、降着円盤から噴出する円盤風中で熱的不安定性などが起こり形成された可能性があるが、詳しい形成機構についてはまだ解明されていない。また、明るい活動銀河核の降着円盤からはX線やUVが放射されており、これらが円盤風の加速や熱的不安定性への影響を及ぼす。円盤風はUVの線吸収により運動量を得て加速されるが、X線による光電離のためUVによる加速が弱まることも知られている。

広輝線ガス雲の生成機構を解明する前段階として、円盤風へのX線の影響を知る必要がある。そのため今回の発表では、まず恒星風へのX線の物理的影響について議論をしている Stevens & Kallman (1990) を紹介する。この論文では、X線連星系において、主星から噴出する恒星風に、伴星である中性子星から放射されるX線が及ぼす作用について考察している。

現在、輻射流体コードに Stevens & Kallman (1990) に基づくライン加速項を含めて、輻射と円盤風・ガス雲の相互作用シミュレーションを実施中であり、その結果についても議論する。

.....

活動銀河核の X 線光度の時間変動とブラックホール質量の推定

コン 佐藤 良祐 (京都大学 M1)
32a 8月4日 9:45 C (小会場2)

活動銀河核 (AGN) は、銀河中心の超巨大ブラックホール (SMBH) にガスが降着して明るく輝く現象である。SMBH の質量は AGN の基本的なパラメータであり、降着流の物理や SMBH の成長を理解するために必須である。この講演では、X線光度の時間変動から SMBH の質量を推定する方法を紹介する。この方法には、可視の広輝線形状を用いた推定方法と比べて、広輝線領域が隠されている 2 型 AGN に対しても、X線光度の変動さえ観測できれば適用できるというメリットがある。AGN の X 線時間変動は様々な周期が混ざったカオス的なものである。X 線光度曲線のパワースペクトルは折れ曲がったべき関数で表され、高周波側では $f^{-1} \sim f^{-2}$ に比例し、低周波側では傾きが小さい。この折れ曲がりのタイムスケールとブラックホールの質量は相関があり、銀河系内の恒星質量ブラックホールと比較することで、AGN の SMBH 質量を推定することができる。しかし、AGN の折れ曲がりのタイムスケールは 1 週間程度と長く、長期間の観測が必要である。MAXI (全天 X 線監視装置) は、明るい AGN について 2 年近くにわたって光度曲線を提供しており、初めてその系統的調査が可能となる。その初期結果についても発表したい。

- [1] Hayashida, K., et al. 1998, ApJ, 500, 642
 - [2] McHardy, I. M., et al. 2004, MNRAS, 348, 783
 - [3] Markowitz, A., et al. 2003, ApJ, 593, 96
-

VERA 43 GHz による銀河系中心

コン Sgr A*のモニター観測

33a 秋山 和徳 (東京大学 M2)

8月4日 10:00 C (小会場2)

VERA 43GHz による銀河系中心 Sgr A*によるモニター観測の結果を報告する。銀河系中心には質量がおおよそ $4 \times 10^6 M_{\odot}$ の超大質量ブラックホールが存在しており、Sgr A*と呼ばれる非熱的電波源が付随していることが知られている。Sgr A*はいわば最近傍の AGN であり、数ある AGN 天体の中でも最も重要な天体の一つである。しかし既存の VLBI 観測では、Sgr A*近傍のプラズマ散乱によってイメージがぼかされ、詳細な構造を直接撮像することができないため、その放射機構は未だ明らかになっていない。しかし先行研究から 22 GHz を超える高周波数では散乱の効果が小さくなり、Sgr A*本来の構造が見え始め、そのサイズを推定できることが分かっている。一方で Sgr A*には数時間～数ヶ月のスケールで電波強度に変動があることが知られているが変動の原因ははっきりとは分かっていない。変動が Sgr A*のブラックホール近傍の構造に起因するとすれば、高周波 VLBI 観測による電波強度とサイズの同時測定によって、変動の原因および放射機構の検証が可能である。そこで我々は VLBI スケールでの Sgr A*の構造と電波強度の長期変動を調べるため VERA の 43 GHz のアーカイブデータを解析した。本講演では解析結果を報告し、この結果から考察される Sgr A*の放射機構モデルへの制限について議論する。

[1] Bower, G. C., et al. 2004, Science, 304, 704

[2] Lu, R.-S., et al. 2011, A&A, 525, A76

[3] Yuan, F., et al. 2003, ApJ, 598, 301

.....

銀河
01a

紫外線輻射場中での球状星団の形成

安部 牧人 (筑波大学 M1)

8月2日 9:00 B (小会場 1)

球状星団は古い星から成るコンパクトな恒星系で、最近の観測から、形成においては大質量による紫外線の影響を受けたことが予想されている。速度分散 σ_* と光度 L の関係は、観測から $\sigma_* \propto L^{1/2}$ という相関が得られており、これまでに多くの球状星団形成のシナリオは考えられてきたが、この関係はうまく説明されなかった。

今回は、この問題を解決するために提唱された紫外線輻射場中の球状星団モデル (Hasegawa et al. 2009) について紹介する。

シミュレーションにおいて、バリオン (cloud), ダークマターは球対称として扱い、紫外線の輻射輸送を解いて cloud の自己遮蔽を計算している。また、自己遮蔽により形成された星のダイナミクスについても調査している。結果として、紫外線輻射場中での球状星団をはじめとした subgalactic objects の進化は prompt/delayed star formation, supersonic infall の 3 タイプとなることがわかった。最後のタイプは新しいシナリオで、超音速で collapse した電離ガスがコンパクトなコアを作り、紫外線から自己遮蔽して星を形成するというものである。このシミュレーションの結果は、質量光度比、半質量半径、速度分散の観測結果とよく一致した。

[1] Hasegawa, K., et al. 2009, MNRAS, 397, 1338

.....

銀河
03b

ストリームを用いたミッシングサテライトの検出

古川 俊久 (東北大学 M1)

8月2日 9:18 B (小会場 1)

本発表は論文 (Yoon et al. 2011) のレビューである。ダークマターの標準理論 (Λ CDM) を用いた構造形成のモデルは、ラージスケールにおける構造形成に関しては説明できるとされている。一方、銀河程度のスケールにおいては、銀河のダークマターハロー内に、数千個の構造体 (サブハロー) が存在するという結果をもたらす。これは、銀河系内で観測される衛星銀河の数に比べ遥かに大きな値となっている。このような、理論と観測の矛盾 (ミッシングサテライト問題) を考える際、矮小銀河や球状星団がホスト銀河からの潮汐力を受けることで形成されるストリームを用いたアプローチがある。本論文では、数値実験から、ストリームとサブハローの encounter により、ストリームのエネルギーや表面密度などがどのような分布になるかを調べている。その結果、 Λ CDM モデルから予測されるだけのサブハローが存在すればストリームの分布に特徴的な形が残ることを示唆した。

[1] Yoon, J. H., et al. 2011, ApJ, 731, 58

.....

銀河
04b

銀河形成におけるサブハロー問題

小室 佑介 (東北大学 M1)

8月2日 9:21 B (小会場 1)

現在の宇宙は CDM モデルに従うとされている。CDM とは Cold-Dark-Matter (冷たい暗黒物質) の略で、正体は不明だが宇宙初期において速度分散が小さい粒子とされている。宇宙において観測される様々な観測事実を裏付けす

るためには、この「重力相互作用のみをする未知の物質」の存在が不可欠である。CDM モデルに従う宇宙において構造形成の過程を考えると、小さな構造が集まって大きな構造ができるという階層的合体過程を経て構造が形成される。この考えに基づいて構造形成のシミュレーションがこれまでに幾つか行われているが、その結果は観測される大規模な構造をよく再現できている。しかし、 $1h^{-1}$ [Mpc] よりも小さなスケールにおいてシミュレーション結果と観測結果との間に様々な問題が生じている。今回の発表ではこの問題の一つであるサブハロー問題を取り上げ、現状とこの問題に対してどのようなアプローチが行われているかを紹介する。

[1] Kravtsov, A. 2010, Advances in Astronomy, 2010,

[2] Kazantzidis, S., et al. 2009, ApJ, 700, 1896

.....

銀河
05a

Dwarf galaxy formation with H_2 -regulated star formation

藤本 裕輔 (北海道大学 M1)

8月2日 9:30 B (小会場 1)

Λ CDM 宇宙は、宇宙背景放射を非常によく説明できている。しかし、質量が重い銀河と軽い銀河において、 Λ CDM 宇宙の dark matter halos の質量関数と実際の銀河の光度関数に食い違いが知られている。これは観測から得られたバリオン質量に対する星の割合が低いことを示しているが、この要因はまだよくわかっていない。

今回の発表は Kuhlen et al. (2011) の紹介である。この論文では矮小銀河に焦点を当てている。これまで low mass dark matter halos では、超新星爆発が星生成効率を下げる主な要因として提案されている。今回、それに替わる要因として、適切な H_2 の存在量を考慮した時の星形成に影響を与える可能性を調べている。シミュレーションで使っているコードは AMR (adaptive mesh refinement) の Enzo である。 $z > 4$ での low mass dark matter halos ($M_h \leq 10^{10} M_\odot$) に、Krumholz, McKee & Tumlinson のモデルで H_2 の存在量を与えシミュレーションを行った。理論的な銀河形成モデルが直面している矮小銀河問題を軽減する結果が得られた。また、density threshold を使わなくても Kennicutt-Schmidt 則を再現することができた。

[1] Kuhlen, M., et al. 2011, arXiv:1105.2376

.....

銀河
06a

太陽近傍のハロー星の離心率分布から探る銀河系形成史

服部 公平 (東京大学 D1)

8月2日 9:45 B (小会場 1)

銀河系ハローは近似的に無衝突系であり、銀河系が形成された時点の情報、現在観測される星の運動に刻印されていると考えられている。特に、ハローの星の軌道離心率は断熱不変量とみなせるため、これを利用して銀河系ハローの形成シナリオを制限する試みが過去半世紀にわたって続けられてきた。現在では、SDSSをはじめとする大規模サーベイによって太陽近傍の1万を超えるハローの星の運動データが得られるようになってきている。ところが、観測によって得られた離心率の分布をどのように解釈すべきかについての理論的研究は殆ど未開拓であった。そこで

我々は球対称なハローのモデルを用いて離心率分布を理論的に求めることで、観測データを解釈する手法を考案した。我々の計算結果を利用して実際にSDSSのデータを解釈したところ、銀河系ハローが形成時に10kpc程度以下のスケールでviolent relaxationを受けた可能性が示唆された。本講演ではこれらの結果について報告する。

- [1] Eggen, O. J., et al. 1962, ApJ, 136, 748
- [2] Carollo, D., et al. 2010, ApJ, 712, 692
- [3] Hattori, K., & Yoshii, Y. 2010, MNRAS, 408, 2137

.....

A new method of determining the pattern speed of the Large Magellanic Cloud

銀河
07a

清水 貴治 (東京大学 M1)
8月2日 10:00 B (小会場 1)

銀河は宇宙を構成する基本的な物質であると考えられる。なかでも多くの銀河は円盤状の構造を持っており、銀河円盤は複雑な力学構造を持っている。銀河円盤がどのように、どうやって今日の形状となるかは天文学の大きな問題の一つである。そして近年、銀河の構造を研究する上で、個々の物質が作るパターンそして回転角速度、パターン速度とよばれるパラメーターが非常に重要になっている。しかし、このパターン速度は実際の物の速度ではないため観測から直接決定する方法がなく、どの手法も仮定に基づいて決定されていた。これらの方法では、LMC(大マゼラン星雲)のような円盤状ではっきりとした棒状構造を持っているが星生成が活発な銀河では適用することができなかった。そこで本研究では非軸対称の棒状のポテンシャル仮定し、動力学的に導かれる特徴を見出すことで、LMCの複雑な星生成領域に対し初の解釈を与えた。そしてこのことから観測結果とも矛盾のないパターン速度を決定することに成功した。

- [1] Binney, J., & Tremaine, S. 2008, Galactic Dynamics: Second Edition, by James Binney and Scott Tremaine. ISBN 978-0-691-13026-2 (HB). Published by Princeton University Press, Princeton, NJ USA, 2008.
- [2] de Vaucouleurs, G., & Freeman, K. C. 1972, Vistas in Astronomy, 14, 163
- [3] Westerlund, B. E. 1997, Cambridge Astrophysics Series, 29,

.....

Non-spherical Mass Models for Dwarf Satellites

銀河
08a

林 航平 (東北大学 M2)
8月2日 10:15 B (小会場 1)

銀河系に付随する伴銀河としての矮小銀河は表面輝度が小さく、質量-光度比が10~1000と他の銀河に比べて非常に大きい。これはダークマターが支配的であることを示している。したがって、ダークマターの基本的な性質を研究する上で非常に理想的な天体である。これまで行われてきた、Cold Dark Matter(CDM)理論に基づく階層的構造形成シミュレーションではCDMハローやそれに付随するCDMサブハローの形状は球対称ではなくtriaxialであることが分かっており、この結果はCDMの階層的進化の影響を良く反映している事も分かっている。よって、ハローの形状がどのようになっているかを明らかにする事は、銀河の形成と進化を知る上で非常に重要な物理情報であることがわかる。一方、矮小銀河を用いたCDMへの観測的制

限には、星の視線速度分布を用いるのが一般的である。しかし、先行研究ではハローの密度分布や恒星系の密度分布が球対称のみのモデルでしか解析が行われていない。したがって、ハローの形状に対する制限を与えるには非球対称な質量分布のモデル構築が必須である。そこで、私たちは軸対称ジーンズ方程式に基づく軸対称密度分布モデルを構築し、ハローの形状に対する議論を行った(Hayashi & Chiba in prep)。すると、ハローは球対称ではなく、形状に対してある一定の制限を与えられることがわかった。本講演ではこの詳細を発表する。

- [1] Hayashi, E., et al. 2007, MNRAS, 377, 50
- [2] Kuhlen, M., et al. 2007, ApJ, 671, 1135
- [3] Walker, M. G., et al. 2009, ApJ, 704, 1274

.....

VERAを用いた銀河系外縁部回転曲線の構築 II: ペルセウスアームに顕著に見られる非円運動

銀河
09a

坂井 伸行 (総合研究大学院大学 D1)
8月2日 10:30 B (小会場 1)

[研究目的] 銀河系の質量分布を明らかにし、銀河系の力学、構造、そして進化を考える上での基本的な物理量を取得したい。しかし銀河系の質量分布を求める為の回転曲線は、距離の不定性により未だ正確に求められていない。[研究方法] VERAという電波干渉計4局を用いたVLBI観測はこの距離の不定性を克服できる。VERAは目標位置精度10マイクロ秒角を誇り、10kpcの距離を10%のエラーで測る事を旗印に銀河系全体の位置天文観測を推進している。私はVERAを用い、2009年から現在まで10天体の観測を継続している。[研究結果] 10天体中1天体(IRAS 05168+3634)の観測結果については、2010年の夏の学校で発表した。本発表では、(i)IRAS 21379+5106の観測・解析状況、(ii)観測結果の局在化(R~8-10kpc)、(iii)IRAS 05168+3634の結果を含む、ペルセウスアームの顕著な特異運動(非円運動)について発表し、VLBAと並び現時点で世界最高精度の回転曲線の結果を紹介する。

- [1] Oh, C. S., et al. 2010, PASJ, 62, 101
- [2] Sofue, Y., et al. 2009, PASJ, 61, 227
- [3] Sumi, T., et al. 2009, ApJ, 699, 215

.....

The distribution of maser stars in the inner Milky Way: the effect of a weak, rotating bar

銀河
10a

南原 甫幸 (北海道大学 M1)
8月2日 10:45 B (小会場 1)

本講演は発表タイトルの論文(Habing, et al., 2006)のレビューである。電波の通過する領域の影響から、放射強度が増幅される現象(メーザー)が生じる分子がある。Elldér, et al. (1969)は天の川に、この現象を引き起こす複数のメーザー源があることを発見した。この発見は、天の川をサーベイすることが天の川銀河内部にあるメーザー天体の分布を得られる可能性をもっていることを予期させている。天の川の一部に対してのOH輝線探査(Bower, 1978, Band, et al., 1981)が行なわれ、その結果200近くのメーザー天体が発見された。さらに、これらは薄い回転ディスクを形成しているように見えることが分かった。OH輝線以外にもメーザー現象起こす分子として、H₂O(Knowles, et al., 1969)やSiO(Kaifu, et al., 1975)等が発見されている。この論文では、天の川銀河のOHと

SiO のサーベイで得た銀経-視線速度図 (*lv*-diagrams) からメーザー天体の分布を導いている。

[1] Habing, H. J., et al. 2006, *A&A*, 458, 151

銀河
11c

回転曲線から得られる系外銀河質量の推定誤差について

藤平 晋二郎 (鹿児島大学 M1)
ポスター発表 (口頭なし)

銀河中に存在する星間物質がディスクに沿って円運動をしていると想定した場合、回転曲線は銀河の質量分布の推定にたびたび使われます。しかしながら銀河ディスク中のガスは純粋な円運動をしておらず、特に中心領域ではバーの影響によって非円運動を引き起こしています。つまり回転曲線から求める質量は正確ではありません。私達はバーを持ったシミュレーション渦巻銀河を無限遠方 & edge-on 観測していると想定、シミュレーションでの回転曲線から推定される質量誤差を計算し、観測によって得られる視線速度からの質量推定ではどれほど誤差が生じるかを求めます。銀河内の gas の位置-速度図から最も速い速度を回転速度と仮定し、そこから作られた曲線を回転曲線と定義すると、銀河中心からのどの半径においても視線速度からの銀河質量推定では本当の質量よりも多く見積もってしまっていました。銀河中心近傍では約 30~50%、spiral arm 外周部付近では約 25~30% の誤差が生じました。

- [1] Baba, J., et al. 2010, *PASJ*, 62, 1413
- [2] Baba, J., et al. 2009, *ApJ*, 706, 471
- [3] Koda, J., & Wada, K. 2002, *A&A*, 396, 867

銀河
12a

円盤銀河内の巨大分子雲の形成と進化

榎本 潤次郎 (北海道大学 M1)
8月2日 11:00 B (小会場1)

本発表は Tasker&Tan(2009) と Tasker(2011) のレビューである。この研究では天の川銀河のような平坦な回転曲線を持つ円盤銀河を想定し、銀河内の巨大分子雲の形成や進化についてシミュレーションを行った。適合細分化格子 (Adaptive Mesh Refinement, AMR) 法を用いた三次元数値シミュレーションで、以下の3つのモデルを計算した。1) 星形成と光電子加熱によるフィードバックを無視し、重力不安定と分子雲の衝突、相互作用だけを入れたモデル、2) (1)+ 星形成、3) (2)+ 光電子加熱を入れたモデルである。1) の簡単なモデルから得られた分子雲の質量、表面密度、角運動量、速度分散、垂直分布は観測の値をうまく再現できた。2)、3) のモデルの比較から光電子加熱が星間物質の fragmentation を抑えていることが分かった。光電子加熱は初期の星形成率を下げ、ガスと星の反応をゆるやかにする。それゆえに周りの環境が巨大分子雲の進化において重要な役割を果たしていると示唆した。しかし星形成率は観測の値よりも高くなった。これは超新星爆発などの局所的なフィードバックを考慮していないのが原因である。

- [1] Tasker, E. J., & Tan, J. C. 2009, *ApJ*, 700, 358
- [2] Tasker, E. J. 2011, *ApJ*, 730, 11

中間赤外域での Young Stellar Object 探査で探る銀河系中心 400pc の星形成

銀河
13a

安井 一樹 (京都大学 M1)
8月3日 11:30 C (小会場2)

本講演は Star Formation in the Central 400pc of the Milky Way: Evidence for a Population of Massive Young Stellar Objects のレビューである。銀河系中心約 400pc には Central Molecular Zone と呼ばれる領域があり、周囲の環境と違って大量の星間物質が存在することが知られている。この領域は他の分子雲に比べて高温 (75-200K) なので星形成は起こりにくいが、高密度 ($> 10^4/\text{cm}^3$) のために星形成をしていると思われる。しかし、このような環境でも他の領域と同様の星形成をしているのかどうかはまだよく分かっていなかった。この研究では中間赤外線観測で銀河系中心 400pc にある Young Stellar Object (YSO) の探査を行っている。それによって多くの YSO 候補が見つかり、その結果と多波長のデータから星形成率を見積もると、銀河系中心付近では 10 万年前に大質量星が形成された時期があった。また星形成率とガス密度の相関を表す Schmidt-Kennicutt 則と照らし合わせて、銀河系中心領域も他の領域と同様の星形成を示すことが分かった。

[1] Yusef-Zadeh, F., et al. 2009, *ApJ*, 702, 178

Local star formation histories in nearby galaxies

銀河
14a

橋場 康人 (東京大学 M1)
8月3日 11:45 C (小会場2)

近年、SDSS(Sloan Digital Sky Survey) のような大規模サーベイが行われるようになり、大量の銀河の情報が手に入るようになった。そして、それら大量の情報から、一つの銀河を銀河全体の光を集めた情報で扱うことにより、さまざまな銀河の統計が調べられるようになった。しかし、同じ銀河内でどれだけ性質がばらばらについているかを統計的に詳しく調べる研究は、あまり行われていない。例えば、渦巻銀河では、バルジとディスクでは星生成史が違うことはよく知られている。また、密度波理論によると、渦巻腕には重力ポテンシャルの谷があり、そこではガスが圧縮され、星生成が起こるため、星生成が始まってからの時間に従って、渦巻腕の内側から外側に向かって新しい星からより寿命の長い星までが並ぶ構造をもつことが予言されている。そのため、近傍銀河を用いて、銀河内部の星生成史のばらつきを調べることは、大変重要な研究である。本講演では、近傍の渦巻銀河を SDSS の 5 バンド (u,g,r,i,z) を用いて解析を行った結果について報告する。

[1] Roberts, W. W. 1969, *ApJ*, 158, 123

銀河と AGN 共進化の研究への VLBI の貢献可能性を考える

銀河
15a

林 隆之 (東京大学 D1)
8月3日 12:00 C (小会場2)

マイクロ秒角の高分解能を持つ VLBI は輝度温度に対する感度が低く観測対象が限られている。例えば、連続波では AGN ジェットなどの非熱的放射を示す天体、ラインでは星形成領域などのメーザー天体などである。また、VLBI の分解能は他波長の観測スケールと極端に違うため、サイエンスの連携も一部に限られる。全ての銀河には

巨大ブラックホール (BH) が存在し、銀河の宇宙論的進化に影響を与えている。バルジ質量と BH 質量には相関があることから、質量の降着と放出を通じて、BH を保持する AGN と銀河は相互作用しているとされる。「キワモノ」である VLBI はこの分野にさほど貢献できていなかったが、それは貢献不可能を意味するだろうか？

一見、AGN を持たないような星形成銀河にも「埋もれた AGN」が存在し、質量降着の進んだ段階でフィードバックが働き、星形成が抑制されクェーサーへ進化すると考えられている。VLBI を利用すれば高輝度電波源を直接的に検出でき「埋もれた AGN」の探索が可能である。また、フィードバックの担い手と考えられているクェーサーアウトフローと AGN ジェットの活動には逆相関の関係が示唆されており、フィードバックの理解に VLBI が貢献できる可能性がある。

本講演では、VLBI の原理や主要サイエンスをレビューし、講演者の取り組んでいる「埋もれた AGN」とクェーサーアウトフロー天体の研究についての展望も述べる。

- [1] Montenegro-Montes, F. M., et al. 2008, MNRAS, 388, 1853
- [2] Parra, R., et al. 2010, ApJ, 720, 555
- [3] Lípári, S. L., & Terlevich, R. J. 2006, MNRAS, 368, 1001

種無し銀河は存在するか？
銀河 16b
國崎 恵理 (お茶の水女子大学 M1)
8月3日 12:15 C (小会場 2)

銀河中心に存在する大質量ブラックホール (SMBH) の形成過程については、様々な理論が展開されているにも関わらず未だ解明されていなく、大きな謎に包まれている。観測によると、遅くとも $z=6$ の時期には既に QSO が存在していたと考えられる。さらに SMBH の質量とバルジの速度分散 (Tremaine et al. 2002) そしてバルジの質量 (Magorrian et al. 1997) には相関が存在することも知られている。このことから銀河と SMBH の進化において、SMBH が primordial であるという視点を持ったときに、どの様な可能性や問題点が浮上してきているのか検討する。そしてその場合の BH と Pop2 との相互作用などを、観測的な方向からも整合性を見ていきたい。

高赤方偏移低光度クェーサー周辺におけるライマンブレイク銀河の空間分布
銀河 17c
池田 浩之 (愛媛大学 D1)
ポスター発表 (口頭なし)

超巨大ブラックホールの質量成長過程を明らかにするためには、クェーサーがどのような場所に存在するのか、すなわちクェーサー周辺の銀河数密度を調べることが重要である。過去の研究により、 $z \sim 3$ までのクェーサーと銀河の空間分布の比較が行われている。その結果、遠方のクェーサーほど周辺の銀河数密度が高くなっていることが確認され、銀河同士の衝突・合体が起こりやすい環境に存在することがわかっている (Shirasaki et al. 2011)。しかし、 $z \sim 3$ よりも遠については、クェーサーと銀河の両方の空間分布を調べられる程度の広さと深さを兼ね備えたサーベイデータがなかったため同様な研究は行われていない。

そこで本研究では、Ikeda et al. (2011) にて新たに発見された COSMOS 天域における 8 個の $z \sim 4$ の低光度

クェーサーを用い、その周辺のライマンブレイク銀河数密度を調査した。本講演では、その結果の詳細について報告する。

- [1] Shirasaki, Y., et al. 2011, PASJ, 63, 469
- [2] Ikeda, H., et al. 2011, ApJ, 728, L25

The First MAXI/GSC Catalog in the High-Galactic-Latitude Sky

銀河 18c
廣井 和雄 (京都大学 D2)
ポスター発表 (口頭なし)

We present the first source catalog of the Monitor of All-sky X-ray Image (MAXI) mission at high Galactic latitudes ($|b| > 10^\circ$), produced from the first 7 months data (2009 September 1 to 2010 March 31) of the Gas Slit Camera in the 4–10 keV band. We develop a systematic analysis procedure to detect the faintest sources from the MAXI data, by utilizing maximum likelihood image fitting method, where the image response, background, and detailed observational condition are taken into account. Our catalog consists of 143 X-ray sources above 7 sigma significance level down to a limiting sensitivity of 1.5×10^{-11} ergs cm^{-2} s^{-1} (1.2 mCrab). From cross-correlation with other catalogs, we identify 39 Galactic/LMC/SMC objects, 48 galaxy clusters, 38 Seyfert galaxies, and 12 blazars. The source counts of extragalactic objects are in good agreement with the HEAO-1 A-2 results.

- [1] Matsuoka, M., et al. 2009, PASJ, 61, 999
- [2] Mihara, T., et al. 2011, arXiv:1103.4224
- [3] Sugizaki, M., et al. 2011, arXiv:1102.0891

測光赤方偏移から探る銀河の進化
銀河 19b
本間 英智 (東北大学 M1)
8月3日 12:18 C (小会場 2)

銀河の形態や性質が多岐に渡っていることは、現在の観測から既に明らかになっている。銀河は恒星やガスなどの集合であり、それらは時間とともに複雑に相関しながら現在観測されているような姿に至ったと考えられる。そのため銀河をその時系列で調べていくことができれば、進化過程におけるどのような現象が銀河の性質に寄与しているのかが分かると期待される。銀河の構成要素を観測から調べる手法として、進化的種族合成法を用いたスペクトル解析があげられる。この手法はある集団としての恒星系のモデルスペクトルの足し合わせから銀河スペクトルを再現する最適解を探る手法で、銀河の質量、化学組成、星生成史、redshift、などのパラメータを得るための強力な方法であると考えられる。しかし銀河スペクトルを観測するには、比較的明るい銀河、集光力の高い望遠鏡が必要とされ、解析にも時間がかかる。そこでより暗い銀河、遠方の銀河から情報を引き出すための手法として、測光赤方偏移 (photo-z) に着目する。これによって銀河の redshift を測定すると同時に銀河の大まかな情報が得られれば、銀河が経てきた進化過程が大局的にどのような傾向にあるか調べることができると期待される。そのような目的のために測光赤方偏移がどの程度有効であるかを評価する。

- [1] Bruzual, G., & Charlot, S. 2003, MNRAS, 344, 1000

How was the Hubble sequence
6 Gyrs ago?

銀河
20b

本田 和志 (東北大学 M1)
8月3日 12:21 C (小会場 2)

ハッブル分類により分類される種々の銀河が、どのように構成されたかについては、これまで様々な議論がなされてきた。その中でも、数十億年前の姿を持つ遠方の銀河を、現在の銀河と関連付けるといふ試みは、興味深いものでありながら、その関連の中に多くの要素が含まれているため、困難なものとならされている。私は、その試みに関する、2009年に記された R.Delgado-Serrano 他論文を紹介する。これは、近傍銀河のサンプルを SDSS から、遠方銀河のサンプルを GOODS survey から、Jバンドの絶対等級が $M_J(AB) < -20.3$ であるという単一の基準に従って選び出し、それらを分析、比較することによって、現在のハッブル分類を 60 億年前のそれと関連付けようとするものである。最終的にこの論文では、60 億年前と現代の間において、E/S0 銀河がほとんど増加していないと思われる事、それとは好対照に渦巻銀河の割合が増加している事を見出し、遠方銀河の半数を占める特異な銀河が、現代の渦巻銀河へと関連付けられる可能性を示している。

[1] Delgado-Serrano, R., et al. 2010, A&A, 509, A78

COSMOS 領域におけるチェーン銀河
サンプルの構築

銀河
21c

村田 勝寛 (名古屋大学 D2)
ポスター発表 (口頭なし)

チェーン銀河とは、複数の巨大クランプが直線状に並び中心部に明確なバルジを持たない銀河である。我々は、チェーン銀河の起源・進化を解明することを目的に、大規模チェーン銀河サンプルの構築を進めている。本講演では、チェーン銀河の簡単な紹介をし、現在までに得られている我々の研究結果について報告する。

チェーン銀河は、1995年のハッブル宇宙望遠鏡による発見以来、これまでに深探査観測領域で約 250 天体見つかった。赤方偏移 0.2 から 3 程度の遠方宇宙に存在し近傍宇宙には存在しないことから、チェーン銀河が一部の近傍銀河の祖先であることが示唆される。また、暗い銀河ではチェーン銀河は一般的な形態の銀河であるとの報告もある。そのため、チェーン銀河を系統的に研究し理解することは銀河進化を考える上で重要である。

これまでに、いくつかのチェーン銀河形成・進化モデルが提案されているが、未だ明確な結論は得られていない。その原因の一つは、これまでに見つかったチェーン銀河の数が少なく統計的な議論が難しかったことである。我々は、先行研究の約 10 倍の観測面積である COSMOS 領域においてハッブル宇宙望遠鏡の近赤外線データを用いてチェーン銀河サンプルの構築を進めている。これまでにサンプル構築を終えたのでその結果について報告する。

[1] Cowie, L. L., et al. 1995, AJ, 110, 1576
[2] Taniguchi, Y., & Shioya, Y. 2001, ApJ, 547, 146
[3] Elmegreen, D. M., et al. 2004, ApJ, 603, 74

Classification schemes and
properties of infrared galaxies

銀河
22b

Rybka Piotr (名古屋大学 D1)
8月3日 12:24 C (小会場 2)

The AKARI/FIS All-Sky Survey Bright Source Catalogue Version 1.0 contains more than 400,000 sources from which almost 40,000 lay in regions of the sky where contamination from the dust emission is lower than 3We plan to discuss statistical properties of galaxies and show possible classifications schemes of different morphological types.

[1] Pollo, A., et al. 2010, A&A, 514, A3

近赤外 Pa α 輝線を用いて探る近傍
AGN のブラックホール質量

銀河
23a

今瀬 佳介 (総合研究大学院大学 D1)
8月3日 16:15 C (小会場 2)

活動銀河中心核 (AGN) の中心 BH の質量は現在可視・UV の分光観測で求められているが、この方法にはダスト減光の影響が大きく、主に用いられる H α 輝線、H β 輝線には共にブレンドが確認されていることなどから不定性が存在する。こうした状況において、赤外線領域は減光の影響が少なく、特に Pa α (1.875 μ m) 輝線は近赤外の波長域では最も強いことに加え、ブレンドが存在しないため BH の質量を探る上で最適な輝線であると考えられる。Pa α は静止波長では大気吸収の影響を大きく受けるが、本研究では赤方偏移の範囲を選択することによって K バンドにおいて観測することを実現した。また現在では半数以上の AGN はダストの向こう側にあると考えられている。本研究のように Pa α を用いれば、既存の方法とは違いこのような AGN についても適用が可能であると考えられる。そこで我々は今回 NASA、IRTF 望遠鏡の SpeX 分光器を用いて近傍 PG QSO のうち 21 天体に対して K バンドで Pa α 輝線を観測した。そして全天体に対して過去の文献より H β 輝線のデータを取得し、2つの輝線のフラックス比、およびプロファイルの違いを調べた。また Pa α を用いて新たに BH 質量を計算し、過去の結果との比較も行った。今回の講演では本研究の現在までの進捗状況、および今後の展望について述べる。

[1] McGill, K. L., et al. 2008, ApJ, 673, 703
[2] Landt, H., et al. 2008, ApJS, 174, 282
[3] Veilleux, S., et al. 1997, ApJ, 484, 92

Detection of optically elusive
buried AGNs in ULIRGs with
AKARI IRC 2.5-5 μ m spectroscopy.

銀河
24a

矢野 健一 (東京大学 M1)
8月3日 16:30 C (小会場 2)

Ultra-Luminous InfraRed Galaxie (ULIRG) は $L_{IR} > 10^{12} L_{\odot}$ で定義される赤外線非常に明るく輝く銀河であり、このエネルギー源が星形成と活動銀河核 (AGN) どちらなのかを分類することは重要なトピックとなっている。Imanishi et al. (2008) は、近傍 ($z < 0.3$) の 45 個の ULIRG に対して AKARI IRC による近赤外 (2.5-5 μ m) スペクトル解析を行い、PAH 3.3 μ m 輝線及び 3-4 μ m のダスト吸収の特徴から、可視光の観測では星形成銀河と分類されたもののうち約半分に、ダストに埋もれて隠された

AGN を持つ兆候があることを見出した。

本講演ではまずこの論文の紹介をした後、この結果を背景としてこれから私が行おうとしている、これら隠された AGN を持つ ULIRG における星形成率 (SFR) の推定法について議論する。2.5-5 μm のスペクトル解析では上記の PAH などの他に、水素原子の再結合輝線 $\text{Br}\alpha$ 、 $\text{Br}\beta$ も観測することができる。この 2 つの強度比から減光率 A_V を求め、本来の再結合輝線の強度を推定して電離に必要な全紫外線量を計算することで、SFR を見積もることができると考えている。

[1] Imanishi, M., et al. 2008, PASJ, 60, 489

銀河
25c

Swift/BAT 硬 X 線サーベイで検出された活動銀河核の赤外線における性質

市川 幸平 (京都大学 M2)
ポスター発表 (口頭なし)

Swift/BAT 硬 X 線サーベイ (BAT サーベイ) は、硬 X 線 (14-195 keV) 領域で初の全天かつ高感度サーベイである。軟 X 線と比べ、硬 X 線は厚いガスによる吸収の影響を受けにくいと、過去の軟 X 線サーベイでは取りこぼされていた近傍 ($z < 0.15$) の隠された AGN の検出が BAT サーベイによって可能になった。また、BAT サーベイで得られた活動銀河核 (AGN) サンプルのうち、特に 9 ヶ月積分カタログについては、軟 X 線におけるスペクトル観測および赤外 K バンドにおける観測から、AGN の様々な物理量が得られており、いままで不可能だった隠された AGN を含めての統計的議論が可能である。

そこで、我々は「あかり」中間赤外・遠赤外線カタログを用いて BAT 9 ヶ月積分カタログの AGN サンプル 128 天体のうち、対応天体が見つかった 84 天体について、柱密度 (=AGN の光学的な隠され具合)、および covering fraction (=AGN の幾何的な隠され具合) の違いによって 4 つのグループに分け、硬 X 線と赤外線との光度相関を調べた。その結果、中間赤外線 (中心波長 9 μm , 18 μm) と硬 X 線の光度が、柱密度の違いに関わらず非常に強い相関を示すことがわかった。この結果は、タイプによって赤外線光度が大きく変わるとされている一様連続なトラスモデルでは説明できず、クランプトラスモデルを支持している。

[1] Gandhi, P., et al. 2009, A&A, 502, 457

[2] Ueda, Y., et al. 2007, ApJ, 664, L79

銀河
26c

「あかり」による近傍スターバースト銀河の星間氷の近赤外線分光観測

山岸 光義 (名古屋大学 D1)
ポスター発表 (口頭なし)

近赤外線帯は、水素の再結合線、多環式芳香族炭化水素 (PAH) による輝線、氷 (H_2O , CO_2 , CO) による吸収などがあり、星間物質の物理状態を議論するためには非常に重要な波長帯である。特に氷は、銀河の化学組成やダストの温度に敏感に反応して吸収構造が変化するとされており、銀河の星間環境を調べる上では非常に重要な物質である。しかし、近赤外線帯は大気の影響を受けるため、地上からの観測では連続したスペクトルを得ることが出来ない、という観測的な困難がある。

そこで私は、「あかり」衛星によって近傍のエッジオンスターバースト銀河 NGC 253, NGC 3079, M 82 に対し

て近赤外線分光観測を行い、波長 2.5-5.0 μm までの連続的なスペクトルを得た。その結果、各銀河内の複数の領域から、強い PAH3.3 μm 、 $\text{Br}\alpha$ 輝線と共に、 H_2O 、 CO_2 氷による吸収を検出した。本発表では、3 つの銀河から得られたスペクトルを用いて、銀河内における H_2O 、 CO_2 氷の分布や、銀河ごとの星間環境の違いについて議論する。

[1] Yamagishi, M., et al. 2011, ApJ, 731, L20

銀河
27a

赤外線天文衛星「あかり」を用いた宇宙の星形成史の解明

中禮 沙也加 (東京工業大学 M1)
8月3日 16:45 C (小会場2)

活発な星形成銀河の大半が、塵 (固体微粒子) の雲に覆われていると言われている。この場合、可視光では星の周囲の塵に吸収されてしまい、正確な光度が分からない。しかし、可視光によって温められた塵は、赤外線強く光っている。つまり、赤外線観測で銀河を観測することで、正確な宇宙の星形成史を解明できる。近年の遠方銀河の研究により、今から 70-90 億年昔の宇宙では、現在の約 30 倍星形成が活発に行われていたことが示唆されている。今回、私は「あかり」による北黄極領域のディープサーベイデータを用いて、この時代の宇宙の星形成史を明らかにすることにした。このような研究を行う場合、まず銀河の正確な距離を決定する必要がある。そこで、「あかり」で検出されている銀河のうち、これまで赤方偏移の知られていないものについて、地上望遠鏡により可視光スペクトル線分光観測を行うことにした。測光学的な赤方偏移推定と比較して、より正確な銀河までの距離決定が、可視光スペクトル線分光観測により得られるからである。今後、「あかり」と地上望遠鏡から得られた様々な多波長情報を組み合わせることで、70-90 億年前の星形成史を明らかにしていく。

銀河
28a

AKARI でみた近傍銀河における星形成率とダスト減光率に関する研究

櫻井 茜 (名古屋大学 M1)
8月3日 17:00 C (小会場2)

銀河は長い宇宙の歴史の中で化学組成を変化させる。これを銀河の化学進化と呼ぶが、この化学進化と銀河を構成する星の形成には密接な関係があり、銀河内の星形成に関する量を正確に評価することは非常に重要である。銀河の中では、形成された大質量星から紫外線が放射される。また星形成に伴って、まわりにダストが形成され、ダストにより紫外線が吸収を受け中間-遠赤外線で再放射される。本研究では星形成に関わる紫外線、赤外線量の 2 つの量から (1) 銀河の星形成率、(2) 銀河のダストによる減光率を調べた。解析には、紫外線衛星 GALEX と赤外線衛星 AKARI の撮像データを用いた。

観測データから、遠紫外線および全赤外線の光度 (L_{FUV} , L_{dust}) を計算し、(1)(2) の結果を求めた。これらの結果はダストに関する量が効いており、星形成に関連した量を見積もるときにはダストの影響を十分に考慮する必要があることがわかった。先行研究でも主張されていたが、AKARI および GALEX の全天探査による大サンプルで精度よく確かめられたことは大きい。

発表ではこれらの結果と物理的な解釈についても延べる。

[1] Takeuchi, T. T., et al. 2010, A&A, 514, A4

近傍銀河星間ガスの原子ガス-分子ガス相転移

銀河
29c

田中 亜矢子 (鹿児島大学 M1)
ポスター発表 (口頭なし)

近傍銀河での全ガス密度 (HI と H₂ガスの総和) に対する水素分子ガス密度の比 f_{mol} を用いて、観測値から求めた f_{mol} と Elmegreen が提唱する ISM の相転移論を基にした計算モデル f_{mol} の比較と検証を行った。NGC4254 にて両者の f_{mol} を銀河半径方向に対してプロットした結果、観測値から求めた f_{mol} を最もよく再現していた計算モデル f_{mol} のパラメータパターンは、圧力がガス密度の 2 乗値で表され、かつ、CO-H₂コンバージョンファクター X_{CO} の値が金属量に依存する時であることが分かった。

- [1] Elmegreen, B. G. 1993, ApJ, 411, 170
- [2] Nakanishi, H., et al. 2006, ApJ, 651, 804

最遠方電波銀河の化学的特性

銀河
30c

松岡 健太 (愛媛大学 D2)
ポスター発表 (口頭なし)

高赤方偏移電波銀河の狭輝線領域 (NLR) に着目することで、広輝線領域 (BLR) では調べることができない空間的に広がった領域の金属量診断が遠方宇宙でも可能となった。この金属量は母銀河の星形成史を反映しているため、銀河進化の理解においても非常に有益な情報となる。これまでの研究によって、赤方偏移 $1 < z < 4$ の電波銀河における NLR の金属量が系統的に調べられてきた。その結果、赤方偏移 $z < 4$ の宇宙における金属量は赤方偏移に対して顕著な変化を示さなかった。これは電波銀河の主な重元素の生成時期が赤方偏移 $z \sim 4$ よりもさらに高赤方偏移に位置することを意味し、化学進化を理解するためにはより高赤方偏移の電波銀河を調べる必要があることを示している。そこで、我々は現在見つかっている最も高赤方偏移の電波銀河 TN J0924-2201 ($z = 5.19$) に着目し、Subaru/FOCAS を用いた可視分光観測によって化学的特性を調べた。本講演ではこれらの研究成果について発表する。

銀河の化学進化

銀河
31c

五十嵐 朱夏 (筑波大学 M1)
ポスター発表 (口頭なし)

今日の我々人間の住む環境は、炭素や酸素、その他の重元素と呼ばれる様々の元素によって成り立っている。しかしながら、宇宙に存在する元素のうち、90% は水素、10% はヘリウムであり、それ以外の重元素はごくわずかしか含まれない。これは、ビックバンで作られた元素のほとんどが水素とヘリウムであり、それ以外には、わずかな軽元素しか生成されなかったことを反映していると考えられている。それではそのような重元素はどのようにしてこの宇宙の中で生成されたのであろうか？ 原始のガス雲は、放射冷却によって温度が下がり、重力収縮によりコアを形成したのち、恒星となる。その恒星内部の熱核融合や超新星爆発によって重元素が生成され、星間ガスに戻る。そのようなガスから新たに恒星が誕生し、その進化の過程で新たに生成された重元素を星間ガスへ戻す。銀河のような天体内では、このようなサイクルが繰り返され重元素が増え続ける。これを銀河の化学進化と呼ぶ。銀河の進化と重元素の合成は、お互いに影響するので、ある銀河の化学組成からその銀河がどのように進化してきたのかを予想することが

できる。現在の観測では、赤方偏移 3 ほどまでの銀河の金属量分布を調べることができるようになった。本研究発表では、銀河の化学進化を軸に宇宙の中での物質循環過程の研究についてレビューを行う予定である。

GPU を用いた天文数値シミュレーション

銀河
32a

大野 純 (筑波大学 M1)
8月3日 17:15 C (小会場2)

GPU(Graphics Processing Units) は本来コンピュータ上で画像処理を専門に行うハードウェアであったが、近年になってその演算性能をそれ以外の目的で用いる GPGPU(General Purpose computing on GPU) として数値計算を高速に行う上で非常に強力な手段となっている。通常の CPU とその演算性能を比べてみると倍精度浮動小数点演算では、

CPU(Intel Core i7 2600k, ¥25,000) = 108GFlops
GPU(NVIDIA GTX580, ¥60,000 前後) = 500GFlops

となっていて、単純に見ればその理論演算性能は高々数倍の優位性しかない。GPU が CPU に対して優れている点は、膨大な数のスレッドを効率よく並列計算を行えることである。さらにメモリバンド幅についても CPU (Intel core i7) は 36GB/s、GPU (NVIDIA GTX580) は、307GB/s と CPU の 10 倍近いメモリバンド幅を持つ。本発表では、実際に GPU を用いて GPU が得意とする数値計算を実行し、その演算性能を調べた。

FMOS の近赤外分光画像データを用いた AGN と星形成銀河の分類

銀河
33b

藤井 慎人 (東北大学 M1)
8月3日 17:30 C (小会場2)

「活動銀河核:AGN」の性質を統計的に探るためには、通常銀河と AGN の分類が必要である。銀河の中には、H 6563、[OIII] 5007 等、電離レベルの異なる様々な輝線のスペクトルを示すものがあり、それが星形成銀河と AGN である。しかし星形成銀河と AGN とで紫外電離光の起源が異なるので、その高電離輝線の強度が天体毎に違ってくる。よって、銀河から放射される複数の輝線 (4 つ使用) の強度比をグラフ上に plot することで、AGN と星形成銀河を区別することができる。ここでは実際に画像データを解析して、天体を分類するのが目的である。

今回は、すばる望遠鏡に設置されている FMOS(Fiber Multi-Object Spectrograph:光ファイバー多天体分光器) の観測データを用いた。観測領域は SXDS(Subaru/XMM-Newton Deep Survey) 領域である。FMOS は近赤外波長帯 9000-18000 を分光観測できるので、ドップラー効果により H、[OIII] 等の輝線が近赤外波長帯にシフトしている、赤方偏移 z が 1-2 辺りの銀河に焦点を当てた。データを画像処理後、IRAF を用いてスペクトルを fitting することで Flux が求めることが出来、それぞれの天体の輝線強度比が分かる。結果は、おそらく上記の方法で実際に AGN を分類出来ているのではないと言える。

発表内容については画像処理から解析まで一連の流れと、結果について詳細を述べる。

赤外線天文衛星「あかり」による北黄極領域カタログの再構築

銀河
34b

村田 一心 (総合研究大学院大学 M2)
8月3日 17:33 C (小会場2)

赤外線天文衛星「あかり」は北黄極領域でディープサーベイを行い、 $z \sim 1-2$ の星生成史を明らかにしてきた。しかし、これまでの画像には様々なノイズが乗っており、期待した測光精度、検出限界を出せなかった。そのため、活動銀河核 (AGN) とスターバーストを明確には区別できなかった。また、 $z \sim 2$ における高光度赤外線 (LIRG) のサンプル数を稼げなかった。

私はこれまで「あかり」IRC (Infrared Camera) の近赤外線における画像評価、ノイズ除去を行ってきた。一方、Arimatsu et al (2011) により、IRC の中間赤外線におけるフラットフィールド補正が大幅に改善された。

その結果、「あかり」IRC の画像を再解析すれば、測光精度、検出限界を約 15% 改善できることが分かった。測光精度を改善すれば、銀河の SED モデルフィットをより正確に行える。そのため、AGN とスターバーストをより正確に区別できる。また、検出限界が向上すれば、 $z \sim 2$ における LIRG のサンプル数を増加できる。したがって、AGN の放射成分を分離した正確な星生成史を $z \sim 2$ まで求めることが期待できる。

そこで私は、「あかり」IRC の全 9 バンド (2-24 μm) の観測画像を再解析をし、北黄極領域のカタログを再構築することにした。本発表では、画像評価の方法、およびカタログ再構築の現況を報告する。

- [1] Wada, T., et al. 2008, PASJ, 60, 517
- [2] Goto, T., et al. 2010, A&A, 514, A6
- [3] Arimatsu, K., et al. 2011, arXiv:1105.5699

すざく衛星による低表面輝度銀河団 A76 のエントロピー測定

銀河
35b

藤野 遥子 (M1)
8月3日 17:36 C (小会場2)

銀河団は宇宙で最大規模の天体であり、その重力ポテンシャルには高温のガスが閉じ込められている。銀河団の進化に従い高温ガスは中心に集中していくため、集中度が低く X 線表面輝度が低い銀河団ほど若いといわれる。また、ガスがポテンシャルに落ち込み加熱を受けるとエントロピーは高くなるため、進化が進んだ銀河団ほどエントロピーが高くなることが予想される。しかし過去の ROSAT 衛星などによる観測から、表面輝度が非常に低い一方で、エントロピーが高い銀河団が数個見ついている。これらは力学的には若いにも関わらず、既に加熱が生じており熱的には進化段階が進んでいるとみなせる。これには従来の考え方とは異なる加熱過程が関わっている可能性があるが、まだ解明されていない。この問題にさらに迫るために、A76 という低表面輝度銀河団に着目した。今回すざく衛星による X 線観測データからエントロピー分布を求めることで、この銀河団の形成過程を探ることを目指している。本講演では、A76 の X 線スペクトル解析について報告する。

銀河団内のサブストラクチャーの運動に伴うガスの流れについて

銀河
36b

倉兼 務 (山形大学 M2)
8月3日 17:39 C (小会場2)

銀河団は数十から数千の銀河が互いの重力でまとまっている大規模な集団であり、銀河、銀河団ガス (Intracluster medium: ICM)、ダークマターから構成されている。(銀河: 銀河団の全質量の 10% 以下、ICM: X 線を放射する数千万から数億度のプラズマであり銀河団の全質量の 10-20%、ダークマター: 銀河団の全質量の大半を占めており銀河団の重力ポテンシャルを担っている。) 銀河団全体の大きさは直径数 Mpc である。また、銀河団は小さな銀河団や銀河群と衝突・合体を繰り返しながら成長し続けている天体である。近年 X 線観測などにより、銀河団内を運動するサブストラクチャーの構造 (cold front など) が確認されてきた。このサブストラクチャーの運動に伴って、周囲の銀河団プラズマに乱流が発生することが予想される。この乱流は粒子加速・ガスの加熱・重元素の輸送過程などに寄与すると考えられる。今回我々は銀河団内でのサブストラクチャーの運動に伴うガスの進化について、Roe TVD 法を用いた三次元流体シミュレーションを行って調査した。

[1] Takizawa, M. 2005, ApJ, 629, 791

THE BARYONIC TULLY-FISHER RELATION

銀河
37a

石川 寛 (名古屋大学 M1)
8月4日 11:00 B (小会場1)

我々が住む天の川銀河のような円盤銀河には、円盤の回転速度 v と光度 L の間に $L \propto v^\alpha$ ($\alpha = 3 \sim 4$) という関係がある。これは Tully-Fisher relation (以下 TF relation) としてよく知られているが、この関係の物理的基礎はまだはっきりと解明されていない。銀河円盤の回転速度は、HI ガスの放射する HI 21cm 輝線のドップラー効果による輝線幅で測定することができる。この値は銀河までの距離に依らないため、ここから推定される絶対光度と見かけの明るさから、その銀河までの距離を見積もることができる。TF relation における全光度 L は、すなわち銀河内の星の全光度だが、これは銀河内の総星質量に置き換えられると考えるのが自然である。ところが、実際には問題が生じる。小質量の渦巻銀河や矮小銀河では、星の質量に対してガスの質量の割合が無視できないため、上記の関係が成り立たなくなってしまうのである。この問題に対して S. McGaugh は、星質量に銀河のガス質量を加えることで、低質量の銀河でも単一のべき関係が成り立つことを発見した (McGaugh 2000)。この関係を baryonic TF relation と呼ぶ。本発表では、まずこの論文の内容について紹介し、さらにこの関係について最近の研究および将来展望を議論する。

[1] McGaugh, S. S., et al. 2000, ApJ, 533, L99

$z = 5.7$ protoclusters in SXDF

銀河
38a

篠木 新吾 (東京大学 M2)
8月4日 11:15 B (小会場1)

Subaru/XMM-Newton Deep Field (SXDF) で見つかった $z = 5.7$ の銀河数密度超過領域、すなわち原始銀河団 (protoclusters) の可視分光観測で得られたデータの解析結果を紹介する。SXDF の可視 ($R, i', NB816$) の撮像データをもとに選択されたライマン・アルファ輝線銀河 (LAEs) のうち、当該の原始銀河団に属すると予想されるものが Subaru/FOCAS で 22 天体分光観測されたが、その後さらに精度の高い解析のために Keck/DEIMOS で追観測され、合計 36 天体の分光データが得られた。これら

のデータを解析することにより $z = 5.7$ という原始銀河団の中でも最遠方のものの1つの銀河数密度、銀河団全質量等を見積もることができる。

- [1] Ouchi, M., et al. 2005, ApJ, 620, L1
- [2] Ouchi, M., et al. 2008, ApJS, 176, 301
- [3] Furusawa, H., et al. 2008, ApJS, 176, 1

近赤外分光による $z \sim 2.2$ Lyman Alpha Emitter(LAE) での nebular emission lines の検出

銀河
39a

橋本 拓也 (東京大学 M2)
8月4日 11:30 B (小会場1)

Lyman Alpha Emitter(LAE) は遠方宇宙にあまねく存在する銀河種族の1つだ。CDM モデルによれば、小質量銀河は、より大きな天体の building block になると考えられている。LAE は星質量にして $\sim 10^8 M_\odot$ と他の遠方銀河種族に比べて質量が小さいことから building block の候補天体だと考えられており、この天体の性質を理解する事は重要だ。静止系可視域の nebular emission lines は、銀河の物理的性質を知る上で極めて有用だが、LAE は暗いために、わずか4天体でしか分光検出されていない。そこで我々は、チリにある6.5m マゼラン望遠鏡の多天体近赤外分光装置 MMIRS を用いて、有望な $z \sim 2.2$ LAE を観測した。 $z \sim 2.2$ の銀河は地上から $Ly\alpha$ を観測出来るばかりでなく、物理量を得るのに重要な $H\alpha$ まで近赤外線波長域で観測出来るという利点がある。この観測で我々は、計3天体の nebular emission lines の分光検出に成功した。最初の2天体は、既に $Ly\alpha$ も検出されている。前述したように、これまで LAE の nebular emission lines の分光検出に成功した例は計4天体であり、我々の観測ではこの数をおよそ倍増させることに成功した。この結果を用いて、これまで充分な理解のなかった、LAE における Inter Stellar Medium(ISM) の運動に対して制限を付けた。さらに、ISM の運動と様々な物理量との相関を調べ、初めて LAE における ISM の運動について統計的な議論をした。

- [1] McLinden, E. M., et al. 2011, ApJ, 730, 136
- [2] Verhamme, A., et al. 2006, A&A, 460, 397
- [3] Steidel, C. C., et al. 2010, ApJ, 717, 289

多波長同定で探る SSA22 領域におけるサブミリ波銀河の性質

銀河
40c

梅畑 豪紀 (東京大学 M2)
ポスター発表 (口頭なし)

サブミリ波銀河 (SMG) は現在の宇宙において銀河団の中心に存在する大質量楕円銀河の先祖であると考えられている。ライマンブレイク銀河 (LBG) の観測から存在が知られるようになった $z=3.09$ 原始銀河団がある SSA22 領域はライマン α 輝線銀河 (LAE) が大きな密度超過を示し、DRG, LAB といった複数の高赤方偏移に位置する銀河種族も観測されている特異な領域である。SMG も多数発見されており、原始銀河団環境における SMG の形成について、或いは SMG と他の銀河種族との関係、また SMG という種族自体について調べる上でも適した領域であると考えられる。

我々は AzTEC/ASTE による波長 1.1mm の観測から SSA22 領域において SMG を 112 個検出した。これらの SMG の性質を調べるにはサブミリ波以外の波長の観測が欠かせないが、単一鏡のサブミリ波画像は $10''$ より低い分

解能しかなく、他波長における対応天体の同定は難しい作業となる。そこで、まず IRAC3.6um,4.5um,5.8um,8.0um のカラーを用いて高赤方偏移に位置すると考えられる天体を選び、SMGs の検出位置と比較して対応天体候補を抽出した。さらに $1''$ を切る高い位置精度を持つ VLA1.4GHz 画像及び Suprime-Cam や MOIRCS の可視から近赤外の波長においても同定作業を進めた。本講演では同定作業の手法及び得られた結果について議論する。

- [1] Tamura, Y., et al. 2010, ApJ, 724, 1270

Progenitors of massive galaxies in protocluster

銀河
41c

鈴木 賢太 (東京大学 D2)
ポスター発表 (口頭なし)

2011 年度より科学運用を開始するミリ/サブミリ波干渉計 ALMA をはじめとして、サブミリ波帯における測光、分光観測は遠方宇宙における銀河形成の重要な情報を提供する。特に遠方宇宙では、可視光でダスト減光の寄与が大きい星形成銀河の割合が多く、必然的にミリ/サブミリ波帯における観測が重要となる。ミリ/サブミリ波帯では星形成率 $1000 M_\odot \text{ yr}^{-1}$ もの爆発的星形成を行うサブミリ波銀河 (SMGs) が見つかっている。SMGs は近傍に見られる $10^{12} M_\odot$ にも達する巨大楕円銀河の祖先と考えられており、遠方における明るい SMGs の成長過程を見ることで巨大楕円銀河の進化を探ることができる。

私は、2007-2008 にかけて我々が行った ASTE 望遠鏡による AzTEC カメラ 1.1mm サーベイによって得られたサブミリ波銀河 (SMGs) について、(サブ) ミリ波干渉計による観測を提案している。干渉計観測によって、単一鏡の弱点である、高分解能による天体の同定、重ね合わせの効果 (スタッキング) の分離などができる。

本講演では、原始銀河団領域に存在する爆発的星形成銀河の候補である 10 mJy SMG の干渉計による連続波観測の解析結果、他波長データを用い、この天体と原始銀河団の空間的位置関係、星形成率の制限などを議論する。

X 線観測による銀河団の重力ポテンシャル形状の推定

銀河
42a

西田 瑛量 (東京大学 M1)
8月4日 11:45 B (小会場1)

X 線の撮像分光観測を行なうと、高温プラズマの静水圧平衡を仮定することにより、銀河団の重力ポテンシャル形状を推定することができる。こうして推定されたポテンシャル形状は、大まかには、等温自己重力系の近似解である King の近似式に合っている。しかし、Peruseus 銀河団や Centaurus 銀河団、A1795 といった銀河団の観測から、銀河団の中心 100 kpc より内側の領域で、King 解より深いポテンシャルを持つという観測結果が知られていた。この結果に対し、二つの解釈が提案されている。一つは N 体計算にもとづく解釈で、ダークマターが中心に強く集中し、ポテンシャルが深くなるよう寄与するというものである (Navarro, Frenk & White 1997)。もう一つは、King 解による典型的な銀河団中の質量分布に加えて、中心銀河に付随する質量分布が存在し、全重力質量が2つの空間スケールで階層的に分布するとする見方である (Ikebe et al. 1996; Xu et al. 1998; Makishima et al. 2001)。中心銀河に付随する質量は、バリオンの寄与をかなり含む可能性がある。これらの解釈の概要とその比較、またこれから X 線天文衛星「すざく」を使ってどう研究を進めていくかに

ついて、本発表で紹介したい。

- [1] Makishima, K., et al. 2001, PASJ, 53, 401
- [2] Navarro, J. F., et al. 1997, ApJ, 490, 493

銀河
43a

銀河団の宇宙論的シミュレーション
黒川 拓真 (東京大学 M1)
8月4日 12:00 B (小会場1)

宇宙論および宇宙物理学において銀河団を研究する意義と、数値シミュレーションによる銀河団の形成・進化に関する研究の近年の進展について論文をもとに紹介する。銀河団を研究する意義として宇宙論への応用がある。銀河団内の重力場は主にダークマターが支配している。銀河団の重力レンズを観測することで銀河団内の質量分布が求まり、ダークマターの分布を直接測定することが可能となる。さらに宇宙の大規模構造形成の N 体シミュレーションにおいて、複数の宇宙モデルでの銀河団の進化の違いを観測と比較することで、宇宙に存在するダークマターやダークエネルギーの量に制限を与えることができる。銀河団を研究するもうひとつの意義は、銀河団の形成・進化についての理解である。銀河団は多波長にわたる豊富な観測データが存在し、また重力が支配的であるために銀河のような複雑な過程を含むより小さなスケールの天体に比べ扱いが簡単である。重力だけを考えた簡単なモデルでもシミュレーションは多くの観測事実を再現しているが、銀河団中心の温度が観測を再現できないといった課題も残されている。これを解決するために何らかの加熱または冷却過程を加えたより複雑なモデルの作成、数値計算スキームの開発が行われ観測結果の再現が試みられてきた。以上のような点について理論モデル、数値シミュレーション、観測との比較といった観点からこれまでの進展を紹介する。

- [1] Borgani, S., & Kravtsov, A. 2009, arXiv:0906.4370

銀河
44a

「すざく」衛星による Abell 1835
銀河団の外縁部の研究
市川 和也 (東京理科大学 M1)
8月4日 12:15 B (小会場1)

銀河団は、重力的に緩和した宇宙最大の天体で、暗黒物質のポテンシャルにより束縛されている。銀河団の形成や力学的進化は、宇宙年齢と同程度のタイムスケールであり、暗黒物質による重力が重要な役割を果たしている。冷たい暗黒物質 (CDM) モデルに基づく階層的構造形成によると、銀河団の外縁部では現在も銀河団の重力場にひかれて、大規模構造のフィラメントに沿って質量降着流が起きていると考えられている。銀河団の外縁部の X 線輝度の低い領域も、安定した低い X 線バックグラウンドを持つ「すざく」衛星により観測することで、銀河団の形成現場を解明できる。

今回我々は、Abell1835 銀河団 ($kT=8\text{keV}$, $z=0.253$) を「すざく」衛星を用いて 4 ポインティング、計 200ks の観測を行った。Abell 1835 銀河団は質量集中度が低いことから、銀河団の核がより最近にできたと考えられる。我々は SDSS データを用いて、南方向に銀河分布のフィラメント構造を発見し、ピリアル半径までの X 線放射を検出することができた。また、ガス温度は中心部から外縁部まで低下しており、フィラメント方向である南方向では輝度が他の方向に比べ高い傾向がみられた。点源やバックグラウンドの差し引きによる系統誤差を詳細に評価し、エントロピーと静水圧平衡についての議論も行う。

- [1] Kawaharada, M., et al. 2010, ApJ, 714, 423

銀河
45a

NGC5044 銀河群におけるガスの鉄
の半径分布
佐々木 亨 (東京理科大学 M1)
8月4日 12:30 B (小会場1)

銀河群及び銀河団は宇宙年齢をかけて天体であり、数千万度の高温ガスが X 線を放射している。そのため、銀河群や銀河団の X 線観測を通じて宇宙のバリオンの歴史を調べることができる。これまでに、銀河群においては銀河団と比べてガスに含まれる鉄の質量と銀河光度の比が系統的に小さいことが指摘されてきた (Makishima et al. 2001)。これは銀河群の中心領域にガスが少ない傾向があることを反映している。

NGC5044 銀河群は中心に巨大楕円銀河を持つほぼ球対称で大規模な銀河群である。過去にすざく衛星を用いて中心領域が詳しく調べられている (Komiya et al. 2008)。しかし、低輝度領域のガスの分布やアバundanceを調べるための半径の大きな領域の観測はまだなされていなかった。そこで我々はすざく衛星の低く安定したバックグラウンドと低エネルギー側での優れたエネルギー分解能を生かし、外縁部の観測を新たに行った。X線スペクトルの解析から、外に向かってガスの温度、鉄のアバundanceともに中心から比べて減少していくことを確認した。さらにガスに含まれる鉄の質量と銀河光度の比が中心部では上昇するものの、外側で銀河団より小さいということがわかった。これは銀河群形成前の超新星爆発によってばら撒かれたガスを銀河群が集めきれずに広がっているためと考えられる。

- [1] Komiya, M., et al. 2009, PASJ, 61, 337
- [2] Makishima, K., et al. 2001, PASJ, 53, 401

恒星
01a

長周期変光星大気の力学モデル

木村 創大 (大阪大学 M1)
8月1日 14:00 B (小会場1)

恒星の中には光度が周期的に変化する脈動変光星と呼ばれるものが存在する。これの光度変化の原因は恒星大気の周期的運動であることが知られており、これを調べることで長周期変光星の進化の過程における質量放出についての知見が得られる。今回は G.H.Bowen(1988) による Mira 型変光星を用いた恒星大気の長周期的変化のシミュレーション結果を紹介する。Mira 型変光星は脈動変光星の一種であり、その周期が 100 ~ 1000 日程度の赤色巨星である。計算のモデルとして星の表面の位置が周期的に変動するものと考え、さらに条件として 100 ~ 1000 日程度の周期に対応する周波数またはその高調波で変動するもの、輻射圧を含むものと含まないものと考えそれぞれの条件で運動方程式を解くと、全ての場合において周期的なショックの伝播を伴う安定な定常状態が得られた。ここから質量放出を求めると比較的短い周期のものは Mira 型変光星のものに似ており観測と同程度の値が得られている。

[1] Bowen, G. H. 1988, ApJ, 329, 299

半規則型変光星うしかい座 RX 星の
年周視差計測

恒星
02a

亀崎 達矢 (鹿児島大学 M2)
8月1日 14:15 B (小会場1)

我々は半規則型変光星のうしかい座 RX 星 (RX Boo) の年周視差を計測した。VLBI Exploration of Radio Astrometry (VERA) の 2 ビーム機構を使って参照電波源 J1419+2706 を基準として RX Boo の星周のメーザーの位置を一年間測定した。その結果、RX Boo の年周視差は $7.31 \pm 0.50 \text{ mas}$ であった。これは距離に直すと $136_{-9}^{+10} \text{ pc}$ である。距離の正確性は HIPPARCOS の 2 倍程度向上している。この距離を使って、RX Boo の周期光度関係上の位置と光球の大きさなどを考察した。

[1] Nakagawa, A., et al. 2008, PASJ, 60, 1013
[2] Winnberg, A., et al. 2008, A&A, 482, 831
[3] Glass, I. S., & van Leeuwen, F. 2007, MNRAS, 378, 1543

Orbit determination for R
Aquarii

恒星
03a

Min Cheulhong (総合研究大学院大学 M1)
8月1日 14:30 B (小会場1)

R Aquarii (R Aqr) is one of the closest symbiotic systems and the only D-type system with radial velocity data suitable for orbital parameter estimation. The aims of our study are to derive reliable orbit of R Aqr, and to establish connections between the orbital motion and other phenomena exhibited in this system. R Aqr is a symbiotic system composed of a mass losing Mira long period variable and hot white dwarf companion which is believed to have an accretion disk. Interesting thing in this system is presence of a jet. A lot of orbital solutions

were published, but came up with different results had wide range. Though observations of the system have not yielded consistent values of the orbital parameters, the binary parameters of the orbit determine whether or not Roche lobe outflow of the long period variable is a possibility or if interacting stellar winds are necessary to the jet and formation of accretion disk. In this presentation, we introduce the symbiotic system, R Aqr, and the expected results so far achieved.

[1] Hollis, J. M., et al. 1997, ApJ, 482, L85
[2] McIntosh, G. C., & Rustan, G. 2007, AJ, 134, 2113
[3] Gromadzki, M., & Mikołajewska, J. 2009, A&A, 495, 931

恒星
04a

ヘリウム燃焼殻の熱的不安定性
高倉 理 (大阪大学 M1)
8月1日 14:45 B (小会場1)

質量が $1M_{\odot}$ の恒星の進化を調べることは我々の太陽の進化を知る上で重要であり、これまでに様々な研究が行われている。恒星の進化の過程でヘリウム燃焼殻と水素燃焼殻が共存する段階を漸近巨星枝段階という。この漸近巨星枝星のヘリウム燃焼殻において熱的不安定性が生じることが Schwarzschild & Harm(1965) によって初めて指摘された。ヘリウム燃焼殻は幾何学的に薄く、星の中心から離れているので、加熱されて膨張しても圧力はほとんど変化しない。膨張して密度が減少しても、圧力が変わらないので、温度が上昇する。ヘリウム燃焼は温度依存性が極めて大きいので、温度上昇によるエネルギー発生率の増加が、放射による冷却の効果を上回り、熱的不安定性が生じる。この熱的不安定性によりヘリウム燃焼殻が急激に加熱されると、対流が起こり、効率よくエネルギーが拡散するので、熱的不安定性は収束する。収束後も 30 万年程度の間隔でこの熱的不安定性は繰り返されることが Schwarzschild & Harm(1967) により確認されている。また、対流に伴って炭素などのヘリウム燃焼生成物が汲み上げられるので、この熱的不安定性は炭素星や S 型星の生成においても重要な役割を担っている。

本発表では、ヘリウム燃焼殻の熱的不安定性について Schwarzschild と Harm の論文をレビューする。

[1] Schwarzschild, M., H^{arm}, R. 1965, ApJ, 142, 855
[2] Schwarzschild, M., H^{arm}, R. 1967, ApJ, 150, 961

新しい triple- α 反応率が恒星進化に
おける s-process 元素合成に与える
影響

恒星
05c

菊池 之宏 (九州大学 D1)
ポスター発表 (口頭なし)

太陽質量の 10 倍を超えるような質量を持つ大質量星は主系列星段階の後、中心コアでのヘリウム燃焼や炭素燃焼などを経て進化し、最終的には鉄コアを形成する。この進化でのヘリウム燃焼と炭素燃焼において中性子照射が起きるため、weak s-process と呼ばれる重元素合成過程が起きると考えられている。近年、Ogata et al. (2009) によって新しい triple- α 反応率 (以下 OKK rate) が発表された。

この反応率は恒星進化に関わる 10^7 から 10^8 K 付近で従来の反応率より数桁から数十桁大きい。Triple- α 反応は、進化における主要な生成元素である ^{12}C と ^{16}O に関わる重要な反応であり、OKK rate を用いた恒星進化計算並びに元素合成計算は従来の結果を大幅に変える可能性がある。

本研究では主系列段階での質量が $25M_{\odot}$ で中心に $8M_{\odot}$ のコアを持つ星をモデルに、球対称静水圧平衡を仮定した比較的小さい核反応ネットワークで恒星進化計算を行い、その結果を用いて post-process によって大規模元素合成計算を行った。Triple- α 反応率については、OKK rate と従来の反応率として Fynbo et al. (2005) のものを用いて比較した。得られた結果として、s-process の中性子源となる ^{22}Ne の量は同程度であるため、OKK rate が s-process に与える影響は少ないと考えられる。

[1] Ogata, K., et al. 2009, Progress of Theoretical Physics, 122, 1055

太陽活動領域 NOAA10930 における磁束上昇活動とプリフレア発光の関係

恒星
06a

伴場 由美 (名古屋大学 M1)
8月1日 15:00 B (小会場1)

太陽フレアは、太陽コロナ中に蓄積された磁場のエネルギーがプラズマの運動と熱エネルギーとして解放される現象である。科学衛星「ようこう」や「SOHO」による観測から、太陽フレアの主な磁気エネルギー解放機構が磁気リコネクションであることが判明した。しかし、フレアの発生過程についての定量的な理解は未だ不十分であり、いくつかの定性的なモデルが提案されている段階にある。最近、草野は一定以上のシア角を持つ活動領域磁場中に特定の水平角を持つ磁場が浮上することで、太陽コロナ中で連鎖的な磁気リコネクションが起り、太陽フレアの発生に繋がることを提唱した(草野, 2011)。本研究では、このモデルの定量的な検証を目指し、活動領域 NOAA10930 における磁束上昇活動とプリフレア発光の関係について解析する。

解析には 2006 年 12 月 12、13 日にひので衛星可視光望遠鏡 (SOT) で観測された波長 6303\AA (Fe I) のフィルターマグネトグラム、 3969\AA (Ca II H) のフィルターグラムで観測されたデータを使った。マグネトグラムの解析より磁束上昇活動を、Ca 線画像の解析よりプリフレア発光を調べた。本発表では、磁束上昇活動とプリフレア発光の位置とタイミングの相関について定量的な議論を行う。

硬 X 線領域での太陽フレアの時間発展の観測 (Endo et al. (2010) のレビュー)

恒星
07a

坂本 明弘 (埼玉大学 M1)
8月1日 15:15 B (小会場1)

太陽フレアとは、太陽面の磁気ループによる爆発的なエネルギー放出現象であり、電波から X 線にわたる広帯域電磁放射だけでなく、大規模な粒子加速を伴うことが知られている。今回は、すざく衛星による硬 X 線観測に焦点を当ててレビューを行う。これまでのようこう衛星など他衛星の X 線観測により、磁気リコネクションが太陽フレアの主因であり、特に硬 X 線放射が非熱的粒子加速に関係していることが分っている。2005 年の打ち上げ以来、すざく搭載の WAM は、105 以上の太陽フレアを観測している。

結果をまとめた Endo et al. (2010) は、観測された 105 のフレアについての系統的解析を実行し、特に 100 keV 以上の硬 X 線放射を伴うフレアの特徴を明らかにした。本論文では、100 keV 以上で支配的になる粒子加速を示す非熱的成分と熱的成分に着目し、GOES, RHESSI により同時に観測されている 100 keV 以下のスペクトルからの外挿を超越する“Hard”なイベントを抽出した。その他のイベントと比較し、フレアの規模などのパラメータの調査を行った。結果、特に長時間にわたるフレアほど Hard イベントを含むことが判明した。さらに長時間にわたって質の良いデータが得られた一部のイベントでは、全時間帯にわたり硬 X 線スペクトルの Hardening がみられる等、粒子加速は硬 X 線フレア全体にわたり続くことが示された。

[1] Endo, A., et al. 2010, PASJ, 62, 1341
[2] Masuda, S., et al. 1994, Nature, 371, 495

ガンマ線バースト偏光検出器を用いた太陽フレアの偏光観測の可能性

恒星
08a

高橋 拓也 (金沢大学 M1)
8月1日 15:30 B (小会場1)

ここ数年、太陽活動は約 100 年ぶりの低水準にあった。2009 年に新たな活動サイクル (第 24 活動周期) に入ったが、活動の立ち上がりが遅く、大きなフレアが長期間起きていない状況が続いていた。しかし、2011 年 2 月 15 日に 4 年ぶりとなる X クラスの巨大フレアが発生し、太陽観測衛星「ひので」や GOES 衛星で観測された。今後は太陽活動が活発になると予想されている。太陽フレアの偏光観測は、RHESSI などの例があるが、数が少ない。そこで、ガンマ線バースト偏光検出器 (GAP) を使い、太陽フレアの偏光の測定を試みる。元々、GAP はガンマ線バーストの偏光の観測を目指して開発された検出器で、昨年 5 月に打ち上げられた小型ソーラー電力セイル実証機 (IKAROS) に搭載され、現在も金星軌道上で観測を続けている。GAP は定常的にバックグラウンド情報の測定を行っているが、そのカウント数の変化から、巨大太陽フレアを観測していることがわかっている。ただ、太陽フレアの偏光検出に向けた設定にはなっていなかった。GAP が検出したデータを地上実験やモンテカルロシミュレーションで検証を行った。今回の発表では、GAP についての紹介と太陽フレアの偏光情報として判明したことについて報告する。

フレアループ上部から噴出する高速のプラズマ流について

恒星
09a

青木 邦哉 (東京大学 M1)
8月1日 15:45 B (小会場1)

本研究では、2011 年 2 月 18 日に活動領域 NOAA11158 において発生した M クラスフレアについて、「ひので」の極端紫外線撮像分光器 (EUV Imaging Spectrometer; EIS) による分光観測、および Solar Dynamical Observatory (SDO) の Atmospheric Imaging Assembly (AIA) によって得られた画像を解析した結果について報告する。

EIS による分光観測では、太陽フレアの発生に伴いフレアループの上部から高温かつ高速のプラズマが噴出している様子がとらえられた。この構造は Fe XXIV/192.03A で明るく、10 MK の高温であることが確認された。また、輝線の広がりからプラズマ自身は視線方向に 300 km/s 以上の高速の速度を持つことが分かった。SDO/AIA の画像解析によると、このプラズマはフレアループから完全に分

離しておらず、再びループに引き戻される動きを示している。講演ではこの流れの詳細と、これらの解析から示された高速のプラズマ流の 3 次元的位置変化について議論する。

恒星
10c

ストリーマー / CME 相互作用における I I 型電波バーストの発生可能性

玉澤 春史 (京都大学 M2)
ポスター発表 (口頭なし)

太陽フレア・コロナ質量放出 (CME) に伴って観測される電波バーストは振動数・時間経過によって区分され、それぞれ異なった情報を与える。I I 型バーストはフレア・CME によって発生した衝撃波がコロナ中を伝播することによりプラズマ振動数に相当する周波数の電波が発生するものである。このため、I I 型電波バーストの解析はフレア・CME による衝撃波の発生、伝播、さらにはコロナの磁場構造や密度分布などについて多くの情報を得るために重要である。Cho et al. (2008) は、観測により CME 発生の際、従来の動径方向への衝撃波伝播によるバーストの発生 (CME-front) だけでなく、太陽風によって太陽の大局的な磁場構造が引き延ばされてできるストリーマーに CME が衝突することにより境界でバーストが発生する機構 (CME-frank) を提案している。我々は太陽風を考慮に入れた 3 次元電磁流体シミュレーションを行い、擬似的にストリーマーを形成し、衝撃波をあてることにより、衝撃波がストリーマーに沿って上昇する場合と突き抜ける場合が可能性として考えられることを示した。また、形状も一様ではなく、slow-shock を伴う場合も見られる。観測との比較では、ストリーマーに沿った衝撃波の移動が観測されている CME-frank 型の電波バーストと予想される。本発表では解析の経過報告を行う。

恒星
11a

SU UMa 型矮新星 HT Cas の測光観測

飯野 瑛里子 (大阪教育大学 M1)
8月2日 10:30 C (小会場2)

HT Cas は SU UMa 型矮新星である。矮新星とは、白色矮星 (主星) と晩期型主系列星 (伴星) との近接連星であり、白色矮星の降着円盤が変動することによって発光 (アウトバースト) する天体群である。HT Cas は矮新星の中でも比較的珍しい、食を持った矮新星である。1985 年に起こして以来、スーパーアウトバーストは見られておらず、2010 年のスーパーアウトバーストは注目されていた。そこで、我々は大阪教育大学天文台に設置されている 51cm 反射望遠鏡を使用して測光観測を行った。

観測は 2010 年 11 月 3 日から 2010 年 12 月 1 日までの計 15 夜で行い、そのうち 10 夜には明確な食が見られた。この観測データから、食の形状が広く浅くから深く狭くに変化していることが分かった。また、O-C が過去のデータの流れと大幅に異なっていることが分かった。これはスーパーアウトバースト中に形成される楕円円盤によって食の中心を正確に捉えられていないからだと考えられる。

講演では、HT Cas のスーパーアウトバースト時の光度曲線と O-C 図の結果について報告する。

WZ Sge 型矮新星 OT J012059.6+325545 の同時多色測光観測

恒星
12a

中川 辰一 (大阪教育大学 M2)
8月2日 10:45 C (小会場2)

2010 年 11 月末に OT J012059.6+325545 が増光現象を引き起こした。8 等ほどの大きな増光幅であり、WZ Sge 型矮新星の新たな候補として観測が行われた。我々も大阪教育大学 51cm 反射望遠鏡と京都産業大学の荒木望遠鏡を用いて、増光が発見された翌日から同時多色連続測光観測を行った。その後約 1 か月の観測で、WZ Sge 型に特有の早期スーパーハンプ・再増光現象を捉えることに成功した。

今回の観測結果によると早期スーパーハンプは極大で赤くなっていた。この現象を捉えたのは今回が 3 例目で、この観測的特徴が確立した。これはハンプの原因が円盤外縁部の低温成分にあるということを示している。しかし WZ Sge 型矮新星の観測例は少ないため、早期スーパーハンプの具体的な物理的根拠については議論がまとまっていない。

早期スーパーハンプの解析のために、植村氏が開発されたプログラムを使用した。これは早期スーパーハンプが円盤のゆがみとして説明できると仮定して円盤の高さをベイズモデルにより推定するプログラムである。この計算結果により、早期スーパーハンプを再現できる円盤の構造が可視化できた。また、この円盤のゆがみの構造は理論計算で得られていた潮汐的な円盤のゆがみと似た構造をしていた。

恒星
13a

新星状変光星 TT Ari の大減光期及び短時間変動

野口 亮 (大阪教育大学 M1)
8月2日 11:00 C (小会場2)

新星状変光星 TT Ari は、2009 年 7 月から大きな減光を示した VY Scl 型の新星状変光星である。VY Scl 型星は、普段は明るい状態であるが、数ヶ月から数年の期間で一時的に 2-6 等の減光を示すタイプの激変星である。同天体は、1982 年から 1985 年にかけて同様の減光を起こしているが、その減光時における TT Ari の詳しい挙動についての研究は多くない。そこで我々は、2009 年 10 月から大阪教育大学天文台に設置されている 51cm 反射望遠鏡を使用し、TT Ari の測光観測を開始した。

観測は 2009 年 10 月 15 日から 2011 年 1 月 8 日までの全 70 夜で観測を行い、TT Ari の減光初期から増光にかけての概観をとらえることが出来た。この観測データから、今回の減光は約 1 年半と前回に比べ大変短いことが分かった。また他にも、1 夜のうちに、わずか約 20 分という短時間において約 1.8 等の大きい増減光が見られる日と、TT Ari の軌道周期約 3 時間の間に全く等級の変動が見られない日の 2 つの状態があることが分かった。今回の観測では、TT Ari の軌道周期における規則性は証明できなかった。また、PDM 法でもデータ fitting を行ったが、この値においても周期の優位性が示せるものではなかった。この短時間に起こる増減光は、降着円盤が起源と思われるがその原因は不明である。

講演では、TT Ari の減光期における光度曲線の変化や周期についての fitting した結果について報告する。

古典新星 KT Eridani の銀河面にお

ける分布と距離

恒星 14b 今村 和義 (岡山理科大学 D2)

8月2日 11:15 C (小会場 2)

KT Eridani (以下 KT Eri) は 2009 年に板垣公一氏 (山形県) によって発見された古典新星 (以下新星) である。天の川銀河で発見される新星の多くは、主に銀河中心から銀河面に沿って集中的に分布し、その総数は 2010 年までに約 300 個確認されている。その内、銀河面から離れた位置 (銀緯: $b > 20^\circ$, $b < -20^\circ$) に出現した新星の数は、全体の約 8% にしか満たないが、KT Eri は高銀緯 ($b = -32.0^\circ$) で詳細に観測された数少ない新星である。筆者らが行った可視測光観測の結果を用いると、MMRD (Maximum Magnitude / Rate of Decline) という経験則から、極大時の絶対等級 (-9.1 等) と距離 (~ 7 kpc) を推定することができた。しかしこの距離を採用すると静穏時の絶対等級が約 0 等となり、典型的な新星の値と比べると約 4 等は明るい。さらに銀緯を考慮すると、この天体が銀河円盤の外側に存在することになり、幾つかの問題点を含んでいる。本講演では KT Eri の銀河面での分布を考慮しつつ、この天体の距離や絶対等級などについて議論する予定である。

[1] Yamaoka, H., et al. 2009, IAU Circ., 9098, 1

[2] Downes, R. A., & Duerbeck, H. W. 2000, AJ, 120, 2007

[3] Warner, B. 1987, MNRAS, 227, 23

全天 X 線監視装置 MAXI による古典新星の検出可能性について

恒星 15c 島ノ江 純 (九州大学 M2)

ポスター発表 (口頭なし)

古典新星は激変星の一種で、降着連星系における白色矮星表面での核爆発現象として知られている。中性子星表面での爆発現象である I 型 X 線バーストと同様に爆発時に X 線で輝くことが期待されているが、その発生のタイミングを予想することは難しく捉えられた例は無い。全天 X 線監視装置 MAXI は国際宇宙ステーションに搭載されている広視野の X 線観測装置であり、約 90 分ごとに一度のペースで全天をスキャンすることができる。得られたデータはアーカイブされ、時間を遡って現象を探索することができるので、変動の激しい天体に対して非常に有効な観測手段であるといえる。MAXI 運用開始後に発見された古典新星のうち 8 例について爆発時の X 線を調査したが、確認することはできなかった。そこで今回、ガンマ線バースト観測衛星 Swift によって得られた V407 Cyg と RS Oph のライトカーブを参考に、MAXI による古典新星の検出可能性を見積もった。その結果、前者は距離が 1.7 倍近ければ GSC (Gas Slit Camera) で、後者は 1.3 倍近ければ SSC (Solid-state Slit Camera) で検出可能であることを示した。本講演ではその詳細について発表する。

つばさ衛星における Single Event Upset と太陽活動の比較

恒星 16b 鋤田 大日 (鹿児島大学 M1)

8月2日 11:18 C (小会場 2)

JAXA が 2002 年 2 月に打ち上げた民生コンポーネント実証衛星「つばさ」は 2003 年 9 月までの運用期間で宇宙環境データや半導体に放射線が入射することで起こるソフトウェア、Single Event Upset (SEU)、を記録した。地球近

傍での宇宙環境を左右する原因は放射線帯、太陽活動、銀河宇宙線などが挙げられる。本研究では太陽フレア、放射線帯による高エネルギー陽子、電子と Single Event Upset との相互関係を調べた。

[1] Koshiishi, H., et al. 2008, Advances in Space Research, 42, 1500

ひので/XRT の観測データを用いた X 線ジェットの自動検出

恒星 17b 佐古 伸治 (総合研究大学院大学 D1)

8月2日 11:21 C (小会場 2)

太陽観測衛星「ひので」の観測から、太陽極域が光球磁場、太陽風、そして太陽活動周期の観点から大きく注目されるようになった。申請者は太陽極域で発生する太陽コロナの活動現象の内、X 線ジェットに注目し、その基礎研究を行ってきた。

「ひので」/XRT で撮像された X 線強度画像から直接目で検出した極域 X 線ジェットを基に、統計的研究を行った。その結果、極域周辺のコロナホールと静穏領域では、日別発生頻度の平均が 2 倍程度異なり、そして足元フレアの X 線強度による発生頻度分布のべき指数に差があることが分かった。しかし、この統計のイベント検出は目で行ったために、不確実性が残る結果になっている。特に、コロナホールや静穏領域は明るさが全く異なるために、検出のしやすさが異なってくる。

本結果で示された領域依存性は、本当に物理的意味を示しているかどうかを確かめるため、X 線ジェットの検出に使用した「ひので」/XRT の X 線強度画像から、明るさの変動に注目し、X 線ジェットの自動検出を行った。本発表では自動検出の中身とその結果を報告する。

「ひので」、SDO、SMART データを用いたモス、低温ループの比較研究

恒星 18a 吉田 憲悟 (立命館大学 M1)

8月2日 11:30 C (小会場 2)

太陽において、極端紫外線による活動領域の高空間分解撮像で見られる苔 (moss) が生えたような背の低い構造は、モスと呼ばれる。このモス領域は 3-5MK の高温ループの足元に相当する場所にあることが知られている。また、同じ波長帯では 1MK ほどの低温ループが見られるが、これらの構造体の差異について詳細は明らかでない。

SDO により観測された 171Å の極端紫外線のデータと京都大学飛騨天文台の SMART により観測された H α 線のデータを解析すると、彩層において低温ループとモス領域の足元で違いを見ることができた。そこで、太陽コロナにおける低温ループ、モス領域、静穏領域 (QS) それぞれに対して、足元である彩層での状態にどのような違いがあるかを、SMART で観測した H α 線のラインセンター、及び $\pm 0.5\text{\AA}$ のウィングで明るさのヒストグラムを作ることによって調べた。

その結果、H α 線のラインセンターにおいて、モス領域は低温ループや QS よりも分布のピークが明るい側にあり、かつ明るい方に大きくテールを引くことを確認した。対して低温ループでは分布のピークは QS と変わらないが、明るい方へ小さなテールがある。また H α 線の両ウィングでは、QS よりもモス領域が、モス領域よりも低温ループが暗い方へ分布が移動することがわかった。今回は多くの観測データを用いてこの結果の普遍性について議論するとともに、結果の要因について考察していく。

Cool ジェットを駆動する磁気「遠心力」の効果

恒星
19a

高棹 真介 (京都大学 M1)
8月2日 11:45 C (小会場2)

宇宙プラズマにおいて、重力と磁場が存在するシステムでは Parker 不安定性が発達して磁場が浮上する事が知られている [1]。この現象は太陽の黒点形成を生むものとして知られている他にも、銀河円盤で星形成領域を作る機構としても考えられており、宇宙のあらゆる階層で起きる普遍的なものである。浮上磁場の上空に別の磁場がある場合、浮上磁場との間で磁気リコネクションが起きる事が考えられる。そのような磁場構造は太陽大気中で観測されているが、興味深い事に浮上磁場とコロナ磁場が磁気リコネクションする際、X 線で見える hot ジェットだけでなく 1 万度程度である Ca ジェットなどの cool ジェットが隣り合わせの状態で見られる [2]。この cool な成分は、磁場のつなぎ変わりに伴う磁気張力によって加速された彩層プラズマだと考えられている [3]。しかし磁気張力による加速はあくまで磁場に垂直方向であり、観測されているような磁場に沿った上空方向への加速の説明には不十分である。そこで我々は磁力線に沿った方向へのプラズマの加速機構として磁気遠心力加速に着目した。本研究では太陽で実際に観測される浮上磁場とコロナ磁場の磁気リコネクションを、2 次元抵抗性 MHD シミュレーションを用いて調べることで磁気遠心力による cool ジェットの加速機構を考察した。本発表ではその結果を報告する。さらに、この物理機構の太陽以外の天体への応用可能性についても議論する予定である。

- [1] Parker, E. N. 1955, ApJ, 121, 491
[2] Nishizuka, N., et al. 2008, ApJ, 683, L83
[3] Yokoyama, T., & Shibata, K. 1995, Nature, 375, 42

MHD 数値シミュレーションによる
コロナ斜め磁場中の彩層蒸発ジェットの再現

恒星
20a

松井 悠起 (東京大学 M2)
8月2日 12:00 C (小会場2)

太陽大気中では太陽コロナジェットと呼ばれる突発的な放出現象が見られる。太陽コロナジェットは X 線や EUV で観測され、分光観測から EUV ジェットの速度は音速程度になることが知られている。太陽コロナジェットはコロナ中の磁場と浮上磁場の磁気リコネクションによっておこる。またその際にもなう彩層蒸発により音速程度まで加速されると考えられている。

我々は MHD シミュレーションにより彩層蒸発ジェットの再現を行った。彩層蒸発を再現するために熱伝導を取り入れた計算を行った。また熱伝導の効果によってコロナの初期状態が崩れてしまうが、コロナ加熱と放射の効果を取り入れることで安定したコロナを保つことに成功した。

講演では再現された彩層蒸発ジェットと観測との比較を主に行う。

- [1] Yokoyama, T., & Shibata, K. 1996, PASJ, 48, 353
[2] Shimojo, M., et al. 2001, ApJ, 550, 1051
[3] Miyagoshi, T., & Yokoyama, T. 2004, ApJ, 614,

電磁流体シミュレーションによる 3
次元非対称リコネクションと半暗部
ジェットの研究

恒星
21a

中村 尚樹 (京都大学 M1)
8月2日 12:15 C (小会場2)

近年の高時間分解能、空間分解能の太陽観測により太陽表面はより活動的で無数のジェット構造が見られることがわかってきた。こういったジェットには磁気リコネクションが関係していると考えられている。磁気リコネクションは磁力線のトポロジー変化を伴う磁気エネルギーの開放現象でありジェットだけでなく、フレアなどの突発的現象も説明することができると考えられている。一方で、太陽黒点半暗部で発見された半暗部ジェット (Katsukawa et al. 2007) においてはそのジェットの方向は通常のリコネクションジェットの方向とは異なることが観測されている。

今回我々はこの原因はリコネクションする磁場どうしの非対称性によるものと考えた。黒点半暗部での磁場構造には二つの要素があり、太陽表面と水平方向の弱い磁場とより水平方向から傾いた強い磁場が混在していることが観測されていて、それらの間でリコネクションが起こりジェットが観測されていると考えられる。そのようなつなぎ変わる磁力線どうしの磁場強度が異なる状況におけるリコネクションを 3 次元電磁流体シミュレーションにより研究した結果、磁場強度の非対称が増すにつれてジェットの方向は観測されているように強い磁場の方向に傾くことがわかった。本講演ではこの結果の物理を考察し実際の観測されたジェットとの比較を行う。

- [1] Katsukawa, Y., et al. 2007, Science, 318, 1594
[2] Cassak, P. A., & Shay, M. A. 2007, AGU Fall Meeting Abstracts, A1725

大阪教育大学 51cm 反射望遠鏡による
高分散分光器 LHIRESIII を用いた
分光観測の開始

恒星
22a

小倉 和幸 (大阪教育大学 M1)
8月3日 18:00 C (小会場2)

大阪教育大学では、これまで分光の装置はなく測光観測のみが行われてきたが、分光観測ができるようになれば、研究の幅が大きく広がる。そこで、フランスで比較的小型の望遠鏡での使用を想定し、安価で開発された高分散分光器 LHIRES III を購入した。2010 年 2 月から調整をはじめ、初期の調整や性能評価は、大口径の望遠鏡のほうが効率が良かったため、1.3m 荒木望遠鏡のある京都産業大学に協力をいただいた。その後、2011 年 3 月に大阪教育大学に持ち帰り、51cm 望遠鏡での分光観測を開始することができた。現在も調整と並行をしながらではあるが、明るい星や、分光連星の観測を中心に、明るい新星も観測することができた。本発表では、大阪教育大学で分光観測を開始してからの調整や、観測の成果について紹介する。

Numerical simulations of line-
profile variation

恒星
23a

内藤 純 (東京大学 M2)
8月3日 18:15 C (小会場2)

Prior to the last decade, most observations of roAp stars have concerned the light variations. Recently some new, striking results of spectroscopic observations with high time resolution, high spectral dispersion, and high signal-to-noise ratio became available. Since the oscillations found in roAp stars are high overtones, the vertical wavelengths of the oscillations are so short that the amplitude and phase of variation of each spectroscopic line are highly dependent on the level of the line profile. Hence the analyses of variation of spectroscopic lines of roAp stars potentially provide us with new information about the vertical structure of the atmosphere of these stars. In order to extract such information, numerical simulation of line profile variation beyond a single-surface approximation is necessary. We carry out numerical simulation of line profile variation by taking account of finite thickness of the line forming layer. We demonstrate how effective this treatment is, by comparing the simulation with the observed line profiles.

- [1] Kurtz, D. W. 1982, MNRAS, 200, 807
- [2] Kochukhov, O., et al. 2007, MNRAS, 376, 651
- [3] Shibahashi, H., et al. 2008, PASJ, 60, 63

太陽内部対流大規模計算のために音速抑制法の提案

恒星
24a

堀田 英之 (東京大学 D1)
8月3日 18:30 C (小会場 2)

太陽には 11 年の磁場周期があることが知られているが、ダイナモという物理機構によって活動周期は維持されているのだろうと考えられている。ダイナモとは運動エネルギーから磁場のエネルギーへの変換機構全般を意味する。しかし、この過程の詳細は明らかになっていない。この問題の理論的解決のためには、太陽内部の乱流、大規模流れ、磁場の相互作用を理解することが必要不可欠である。これらの現象は非線形であり、理解するためには数値計算が有効である。しかし、太陽内部を数値計算で解こうとすると音速が 200 km/s と 100m/s ほどである対流速度の 2000 倍もあることが大きな困難になっている。対流による現象を扱う場合でも音速による CFL 条件で小さい時間幅をとらなければならないのだ。ここで、多くの研究では非弾性近似 (anelastic 近似) という音速を無限大と仮定する近似によって、時間幅が小さくなるのを避けている。しかし、この非弾性近似にも問題がある。この近似では、毎回全グリッドの情報が必要になり、大規模並列計算をおこなう時でもグローバルな通信が毎回必要になってしまうのだ。その結果、非弾性近似では 1000 から 2000CPU ほどしか有効に使えないことが知られている。ここで、話者が提案するのが音速抑制法である。音速を実効的に遅くすることで、時間幅を大きくしてやろうというものである。本研究では、この音速抑制法が太陽の対流の問題を扱う上で妥当であるか議論した。

太陽光球の対流運動

恒星
25a

飯島 陽久 (東京大学 M1)
8月3日 18:45 C (小会場 2)

太陽光球での対流運動は、輻射による冷却とプラズマとしての運動がよく結合しているため、その正確な記述には大気の高層による効果などを含めた状態方程式や輻射輸送を考える必要がある、魅力的な研究対象である。光球付近

での様々な磁場現象においても対流の影響は無視できない。また、彩層やコロナの磁気エネルギーの供給源でもあり、対流運動による磁束の構造化はグローバルダイナモにも影響があるという説もある。この講演では、太陽光球の対流運動についての先行研究を紹介したあと、基礎研究として 2 次元の (磁気) 対流に関する先行研究の再現結果を報告する。

- [1] Nordlund, Å., et al. 2009, Living Reviews in Solar Physics, 6, 2

太陽観測衛星「ひので」による半暗部マイクロジェットの統計的解析

恒星
26a

吉永 祐介 (京都大学 M1)
8月3日 19:00 C (小会場 2)

半暗部とは太陽黒点の外側で、中心部分 (暗部) より明るく、筋状の構造が見られる部分である。2006 年 11 月、太陽観測衛星「ひので」の可視光望遠鏡の Ca II H 線 (396.9 nm) フィルターによる観測で、半暗部に小さなジェット状の現象 (長さ 1000 ~ 4000 km、幅約 400 km) が見つかった (Katsukawa et al. 2007)。この半暗部マイクロジェットと呼ばれている現象は、10 秒未満の短い時間で現れ、しばらくその長さを保ち、消えていく (寿命は 2 分以内)。半暗部では水平な磁場と比較的垂直な磁場が混在している。半暗部マイクロジェットはそれらの完全に反平行でない磁場による磁気リコネクションによって発生していると考えられている。このような磁場構造は容易に起こりうるため、その構造を明らかにすれば、その結果を宇宙のいたるところで適用できる。半暗部マイクロジェットは瞬間的に現れる上に非常に小さい構造であるため、解析が難しくあまり調査が進んでいない。本研究では半暗部マイクロジェットの 3 次元の構造も含めて一般的な情報を明らかにするために、黒点を真上から見た場合と斜めから見た場合で統計的調査を行った。本発表ではその調査の結果と、これまでに分かっている特徴的な性質を紹介する。

- [1] Katsukawa, Y., et al. 2007, Science, 318, 1594

飛騨天文台ドームレス太陽望遠鏡における補償光学装置の開発

恒星
27a

山口 雅史 (京都大学 M1)
8月3日 19:15 C (小会場 2)

天体観測では、天体から出た光の波面は本来平面であるはずだが、望遠鏡開口部に達したときには地球大気のゆらぎによって、その波面は乱されてしまっている。それにより、検出される像にはブレが生じ、細かい構造は判別困難になってしまう。補償光学 (Adaptive Optics, AO) とはそのような波面の歪みを感知し、補正することにより高い空間分解能を達成するシステムである。

太陽表面の構造を調べる観測において、太陽表面における磁場は直径 50-100km 程度の磁気要素からなっていると推定され、太陽表面における光の平均自由行程も同程度であるため、太陽表面で 70km に相当する角分解能 0.1'' を達成したいというのが目標になってきた。この角分解能を達成するには望遠鏡単体の能力では達成が難しく、AO による補正が必要不可欠になってきている。

太陽観測における AO は近年、多くの望遠鏡で導入され始めているが、飛騨天文台ドームレス太陽望遠鏡 (Domeless Solar Telescope, DST) では、未だに開発段階で運用には至っていない。本発表では、一般的な AO に

おける原理について紹介し、また現時点での飛騨天文台
DST における AO の進捗状況、これからの予定について
報告する。

[1] Rimmele, T. R. 2004, Proc. SPIE, 5490, 34

.....

X 線天文衛星すざくによる超新星残骸 Cygnus Loop の観測

星間
01a

米森 愛美 (大阪大学 M1)
8月1日 16:30 C (小会場2)

Cygnus Loop は、15 太陽質量程度の大質量星が約 10000 年前に爆発した痕跡である。現在は断熱膨張期から放射冷却期にさしかかっている。距離は 540pc と比較的近傍にあるため、視直径が 3° と大きい。そのため、内部の温度分布や重元素の空間構造をより詳しく調べることが可能である。

すざくなどの X 線天文衛星の観測結果から、爆発前に空洞壁が周囲に形成され、空洞爆発が起こったことが示唆されている。衝撃波はここ 1000 年ほどで空洞壁に衝突して薄いシェルを形成したと考えられる。一般的に超新星残骸のシェル構造は非対称だが、Cygnus Loop は空洞爆発のためほぼ点対称である。重元素分布の観測では Si, Fe は中心付近に、O, Ne, Mg などの比較的軽い元素はその周りに分布し、たまねぎ構造を反映していると考えられる。しかし、Si, Fe の分布中心は幾何学的中心からずれており、非対称爆発やリバーショックの圧力の差異の影響と考えられる。また、Cygnus Loop のシェルでの金属組成は、北東部と南東部の外縁部で周囲の星間物質と矛盾しない 0.5 太陽組成程度の高い組成であり、ほとんどのシェル領域で 0.2 太陽組成程度と一様に低い。高い組成については分子雲と衝撃波が相互作用しているとされる南東のシェルでの強い放射構造の観測により、電荷交換反応によるものであることが示唆されている。

今回の発表では、「すざく」によるこれまでの Cygnus Loop 観測の成果について報告する。

- [1] Katsuda, S., et al. 2011, ApJ, 730, 24
- [2] Kosugi, H., et al. 2010, PASJ, 62, 1035
- [3] Kosugi, H., et al. 2010, 38th COSPAR Scientific Assembly, 38, 2789

赤外線天文衛星「あかり」による超新星残骸 RX J0852.0-4622 の観測

星間
02a

近藤 徹 (名古屋大学 M1)
8月1日 16:45 C (小会場2)

宇宙線の主な加速源として、超新星残骸が考えられている。超新星残骸の衝撃波面で荷電粒子が加速されることにより、さまざまな波長の電磁波を出す。特にガンマ線の放射機構は、陽子起源によるものと電子起源によるものが考えられる。宇宙線の主要な成分は陽子であるが、超新星残骸において陽子が加速されているという観測的な証拠は未だに得られていない。陽子加速による TeV ガンマ線放射は、超新星残骸とその周囲の星間物質との相互作用が重要となってくる。近年、TeV ガンマ線望遠鏡 H.E.S.S. などの観測によって、次々とガンマ線で輝く超新星残骸が検出されるようになり、超新星残骸からのガンマ線と他波長との比較が可能となった。本研究では、そのような TeV ガンマ線で受かっている超新星残骸の一つである RX J0852.0-4622 (Vela Jr.) に対し、赤外線天文衛星「あかり」の中間赤外線全天サーベイのデータ (波長 9, 18 μm) を用いて周辺の星間物質の分布を詳しく調べた。その結果、PAH やダストからの赤外線放射と TeV ガンマ線が空間的に相関することが分かった。

超新星残骸 RX J0852.0-4622 領域の分子雲、原子ガス雲の詳細観測と TeV 線との比較

星間
03a

佐藤 淳基 (名古屋大学 M2)
8月1日 17:00 C (小会場2)

超新星残骸 (SNR) は宇宙線の主要な加速源であると考えられている。宇宙線電子加速が観測的に確認されつつある (Bamba et al. 2008) 一方、宇宙線の主要成分である陽子が SNR で加速されている決定的な証拠は未だ得られていない。近年、RX J1713.7-3946 などの SNR に付随する超高エネルギーガンマ線天体の、カウンターパート (CP) 分子雲が検出されており、宇宙線陽子と星間物質陽子の相互作用による線 (以下、陽子起源ガンマ線) の発生を強く示唆している (Aharonian et al. 2006, 2008)。また、分子雲だけでなく、低温高密度の水素原子ガス (HI) も陽子起源ガンマ線の発生に重要な役割を担っていることが指摘されている (Hayakawa et al. 2011)。RX J0852.0-4622 (Vela Jr.) はシェル型 SNR で、付随する TeV ガンマ線が、HESS の観測で検出されている (Aharonian et al. 2007)。「なんてん」CO 銀河面サーベイ (Mizuno, Fukui 2004) と、Parkes・ATCA HI ガス 21cm 線銀河面サーベイ (McClure-Griffiths et al. 2005) のデータを使って、CP 分子雲・原子雲の検出を試みた。その結果、シェル北西の CP となる分子雲・原子雲が視線速度 24-50 km s⁻¹ 付近で見つかった。それらの雲の密度とガンマ線の強度から、宇宙線陽子のエネルギーを見積ると、10⁴⁸ erg 程度となり、この値は超新星爆発のエネルギーに矛盾しない。本公演では、この結果を元にさらに詳細に解析し、ガンマ線陽子起源の妥当性を議論する。

超新星残骸 RX J1713.7-3946 における星間陽子と TeV ガンマ線放射

星間
04a

佐野 栄俊 (名古屋大学 D1)
8月1日 17:15 C (小会場2)

RX J1713.7-3946 (G347.3-0.5) は、TeV ガンマ線を放射し周辺の高密度分子雲との相互作用が確認されているシェル状超新星残骸 (SNR) のひとつであり、宇宙線加速の面から注目される [1]。宇宙線電子については、SNR の衝撃波面で加速されていることが知られているが [2]、宇宙線陽子については、未だに決定的な観測的証拠は得られていない [3]。もし RX J1713.7-3946 において宇宙線陽子が加速されているとすると、周辺の星間ガスと相互作用して TeV ガンマ線を放射する。

我々は、なんてん望遠鏡による CO 輝線と ATCA&Parkes による HI 21 cm 輝線のデータから、宇宙線陽子のターゲットとなる星間陽子の分布を世界で初めて明らかにした。ここで星間陽子とは、水素分子と原子を構成する陽子の総量であり、密度にして 100-10³ cm⁻³ の領域をトレースしている。今回新たに特定された原子成分は、密度が 100 cm⁻³ 以上と高いために低温となり自己吸収として観測される。この低温原子成分を考慮すると、分子・原子の両方を含む星間陽子の総量は、ガンマ線分布と良い相関を示すことが明らかになった。これは SNR で宇宙線陽子が加速されているという有力な証拠となりうる。本講演では、RX J1713.7-3946 における宇宙線粒子加速研究の最前線について報告する。

- [1] Fukui, Y., et al. 2003, PASJ, 55, L61
 [2] Tanaka, T., et al. 2008, ApJ, 685, 988
 [3] Abdo, A. A., et al. 2011, ApJ, 734, 28

圧縮性流体乱流に対する統計的アプローチへ向けて

星間
05a

堤 昭裕 (名古屋大学 M1)
 8月1日 17:30 C (小会場2)

流体運動の様子は運動方程式の粘性項と慣性項の比をとることで見積もられる「レイノルズ数」によって特徴づけられる。宇宙空間での流体现象を考える場合、その多くはレイノルズ数が大きい値をとる。そのため宇宙流体の多くは乱流状態にあると考えられ、乱流の性質がその力学的機構に重要な役割を果たしている。例えば原始惑星系円盤での質量降着や角運動量輸送は円盤内での乱流が大きく寄与していると考えられている。従って乱流現象についての理解を得ることは非常に重要な課題である。しかしながら、そのレイノルズ数の大きさにより、乱流状態は強い非線形性を有している。また乱流状態のスケールは大小様々で、境界条件や初期条件にも強く依存している。これらのことは乱流の数学的扱いを非常に困難なものにしており、それゆえに一般的な乱流現象に対する理解はまだ十分に得られていないと言ってよい。現在、乱流に対するアプローチには種々の手法があり、一様等方性乱流などの理想極限では分かっていることも多いが、多くは非圧縮に限られる。今回は理論の圧縮性乱流への応用を紹介し、今後の展開を論じる。

- [1] Kritsuk, A. G., et al. 2007, ApJ, 665, 416
 [2] Pan, L., et al. 2009, Physical Review Letters, 102, 034501

銀河宇宙線を考慮したパーカー不安定性の時間発展

星間
06a

工藤 祐己 (千葉大学 M1)
 8月1日 17:45 C (小会場2)

銀河磁場は、分子雲形成、星間乱流生成の一因となると共に、星間ガスの加熱源にもなる。銀河磁場は円盤ダイナモによって維持されていると考えられる。

Nishikori et al. (2006) は、磁気回転不安定性とパーカー不安定性の相乗作用によって銀河ダイナモが駆動されることを3次元磁気流体シミュレーションによって示した [1]。パーカー不安定性によって円盤内で増幅された磁束が流出することを通して円盤内部の平均磁場方向の準周期的反転が生じる。この機構で生成される大局的な銀河磁場構造が RM (ファラデー回転量度) 等の観測を通して明らかになりつつある。また、銀河中心部でパーカー不安定性に起因すると思われる分子ガスループが発見されている [2]。

Nishikori et al. (2006) では銀河宇宙線の効果が無視されていた。銀河宇宙線のエネルギー密度は磁気エネルギー密度と同程度であるため、パーカー不安定性が宇宙線によってどの程度影響を受けるかを知る必要がある。本講演では、宇宙線を考慮したパーカー不安定性の磁気流体シミュレーション結果を報告した論文 [3] のレビューを行い、磁気流体シミュレーションソフトウェア CANS を用いてその再現を試みた結果を報告する。

- [1] Nishikori, H., et al. 2006, ApJ, 641, 862
 [2] Fukui, Y., et al. 2006, Science, 314, 106
 [3] Kuwabara, T., et al. 2004, ApJ, 607, 828

星間空間における乱流について:

星間
07a

Kolmogorov の理論
 井尾 勇貴 (名古屋大学 M1)
 8月1日 18:00 C (小会場2)

天文学においてその空間スケールに比べて平均自由行程が十分小さい場合が多く、流体力学における粘性項に対する慣性項の比であるレイノルズ数が非常に大きくなる。そのため何らかの流れが宇宙流体中に発生すると乱流状態に移行することが期待される。実際、宇宙では乱流は至る所に存在し、分子雲中での星形成や降着円盤での角運動量輸送、さらに銀河中心部の加熱など様々な現象を支配している。したがって、乱流を研究することは天文学を理解する上で重要である。本発表では星間ガスの観測から良い近似で成立することが知られている亜音速流体乱流の Kolmogorov の理論を紹介する。

- [1] Chepurnov, A., & Lazarian, A. 2010, ApJ, 710, 853

無衝突垂直衝撃波の2次元PICシミュレーション

星間
08a

長谷部 英賢 (千葉大学 M1)
 8月1日 18:15 C (小会場2)

宇宙に見られる高エネルギー粒子の加速メカニズムについてはまだ解明されておらず、様々な議論がなされている。特に粒子が衝撃波の前後で反射を繰り返す度にエネルギーを得るフェルミ加速が応用されることが多く、また最近ではプラズマ中の磁気エネルギーを解放し粒子のエネルギーへと変換する磁気リコネクションによる加速や、衝撃波の波面での波乗り加速なども高エネルギー粒子を作り出す可能性があると考えられている。

その中の一つのメカニズムとして、磁場が衝撃波面の法線方向に垂直 (垂直衝撃波) の場合、衝撃波のマッハ数が大きくなると、一部のイオンが反射され衝撃波に向かう電子と反射されるイオンの間の2流体不安定性が急激な電子加熱を引き起こし、加えて相対論的なエネルギーをもつ粒子が形成されるというメカニズムが提案されている。

そこで今回は垂直衝撃波について調べるため、宇宙シミュレーション統合ソフトウェア (CANS) に新たに組み込む PIC コードのテスト計算も兼ね、Amano & Hoshino (2009)、Kato & Takabe (2010) による無衝突垂直衝撃波の2次元PICシミュレーションを再現した結果を報告する。

- [1] Amano, T., & Hoshino, M. 2009, ApJ, 690, 244
 [2] Kato, T. N., & Takabe, H. 2010, ApJ, 721, 828

初期宇宙における原始星まわりの降着円盤の分裂

星間
09a

横井 慎吾 (甲南大学 M1)
 8月2日 13:30 B (小会場1)

初期宇宙における原始星まわりの降着円盤の分裂のシナリオが示された Clark, P. C., Glover, S. C. O., Smith, R. J., et al. 2011 を紹介する。この論文では原始星まわりの降着円盤が重力の分裂に不安定なこと、宇宙初期で形成される星は狭い領域で多数の星を形成することを示している。初期宇宙ではヘリウム以上の重元素はほとんど存在せず、密度の僅かなゆらぎが存在するので高密度の領域は

自己重力により宇宙膨張を遅くし、重力収縮を始め、ダークマターとダークマターの重力によって捕えられたガスの雲からなるミニハローを形成する。ガス雲は自己重力によりさらに収縮し、雲内部で水素分子を形成していく。ガスの冷却過程である水素分子の放射冷却後、ガス雲中心部が重力不安定となり中心部に原始星を1つだけ形成し、その周りに降着円盤が存在すると考えられていた。しかし、これまでシミュレーションされていなかった段階である降着円盤形成後まで計算の範囲を広げると降着円盤が重力不安定となり、円盤は分裂した。この分裂した所から新たな原始星が形成される。その結果、最初に形成された原始星を中心として地球と太陽の間ぐらいの狭い領域で4、5個星が生まれる。また、降着が不十分で質量の軽い原始星が他の星と衝突してはじき飛ばされる可能性もあり、宇宙初期に形成した星は現在でも生き残っているかもしれない。

- [1] Clark, P. C., et al. 2011, Science, 331, 1040
- [2] Yoshida, N., et al. 2006, ApJ, 652, 6
- [3] Yoshida, N., et al. 2003, ApJ, 592, 645

星間 10a 初代星周りの磁場生成
城本 雄紀 (甲南大学 M1)
8月2日 13:45 B (小会場1)

宇宙の磁場の起源はまだよく分かっていない。宇宙初期に種磁場(種となる弱い磁場)がありその磁場が増幅されて現在の磁場強度となっている。現在の銀河は、磁場 $\sim 10\mu\text{G}$ の磁場が観測されており、このような磁場は銀河の星形成過程で重要な役割を果たすことが知られている。一方で初期宇宙では磁場が増幅されておらず、どの程度の種磁場が存在するかによって、星形成に影響があるのかどうかが決まってくる。今回の発表では、初代星周りでの種磁場の生成について考える。種磁場の生成プロセスには2つの重要な効果がある。一つ目は輻射圧による効果であり、2つ目はバッテリー効果である。初代星からの非一様な輻射は電荷分離を引き起こし、それに伴う電場のシアによって磁場が生成される。バッテリー効果とは、HII領域(電離された領域)での圧力、密度勾配が平行でないことに起因する効果であり、非等方輻射の場合同様に、磁場が生成される。今回紹介する論文では輻射圧、バッテリー効果のみ、両者を考慮した磁場生成について議論している。結果として生成される磁場は $\sim 10^{-10}\text{G}$ 以下となり、初期宇宙の星形成を変更するほど強くはないことが分かった。

- [1] Ando, M., et al. 2010, ApJ, 716, 1566

星間 11a 初代星形成過程の物理
久保田 明夏 (筑波大学 M1)
8月2日 14:00 B (小会場1)

初代星は宇宙で一番始めにできた、光を放つ天体である。初代星の形成シミュレーションは、多くのグループにより行われており、その中でも重要な成果としては、原始ガス(Metallicity=0の中性水素原子ガス)の進化中に起こる物理プロセスを正確に取り入れた三次元の宇宙論的な大規模計算(Yoshida et al. 2006)や原始ガスを輻射流体力学用い三次元で解いた計算(Hasegawa et al. 2010)などがあげられる。Yoshida et al. 2006では重力収縮を始めたガス雲が分裂することはなかったが、Stacy et al. 2010では重力収縮中にガス雲が分裂し非対称な多重構造が見られる。これは、原始ガスからパイナリーなどの多重構造が生まれ得る事を示唆している。今回はYoshida et al.

2006を参考に、原始ガスの力学的進化と化学進化のプロセスを紹介する。

- [1] Yoshida, N., et al. 2006, ApJ, 652, 6

星間 12a Star Formation Triggered by Supernova Explosions in the Early Universe

千秋 元 (東京大学 M2)
8月2日 14:15 B (小会場1)

なぜ現在の宇宙は様々な元素で満ちあふれているのか? 我々の身の回りには水素や鉄など様々な元素がひしめき合っているため、この問いはともすれば忘れ去られがちである。しかし、原初の宇宙にはビッグバン元素合成(BigBang Nucleosynthesis: BBN)により水素、ヘリウム、それから少量のリチウムまでしか合成が進まなかったことを考えると、実はこの元素の多様性は自明のものではない。

まだ宇宙に水素とヘリウムしかなかった時代、最初に生まれた星(第一世代星という)の核燃焼によりヘリウムより重い元素(以下、天体物理学の慣習に従って「金属」と呼ぶ)が作られる。それが第一世代星の超新星爆発によって星間空間に金属が拡散すると言われている。

宇宙の元素進化を追うための前段階として現在私が行っている研究では、撒き散らされた金属が再び自己重力によって収縮し、第二世代の星になるまでの過程を数値シミュレーションで追っている。

このとき、重元素はより複雑な電子軌道状態を持つので、ガスの放射冷却にも大きく寄与する。これまでの研究の結果、ガスの冷却率が上がればそれだけ星形成率にも影響を及ぼすことが明らかになってきた。

まだ研究途上であるが、本講演では金属量の違いによる

- 1. 第一世代星の超新星残骸の時間進化の違い
- 2. 第二世代星の星形成率の変化

を議論する。

- [1] Nagakura, T., et al. 2009, MNRAS, 399, 2183
- [2] Machida, M. N., et al. 2005, ApJ, 622, 39
- [3] Kitayama, T., & Yoshida, N. 2005, ApJ, 630, 675

星間 13a 大マゼラン雲における巨大分子雲の進化とその分類

長谷川 敬亮 (名古屋大学 M1)
8月2日 14:30 B (小会場1)

大マゼラン雲(LMC:Large Magellanic Cloud)は若い大規模星団や巨大分子雲(GMC:Giant Molecular Cloud)が多数存在し、星形成の活発な領域も数多い。またLMCは太陽系から50kpcの距離にあり、銀河面から離れたフェイズオン銀河である。そのため銀河全体でのGMCの詳細な観測が可能である。またLMCのメタリシティーは銀河系内太陽系近傍に比べて半分程度であるため、異なった星形成過程を見せている。今回の発表はKawamura et al(2009)のレビューである。この論文では、NANTENによって識別された272個の分子雲のうち230個について、HII領域・若い星団の分布と比較し、3つに分類した。TypeI(72個)は、星団もHII領域も付随しておらず、星形成が始まっていない最も若い段階。TypeII(142個)は、比較的小さいHII領域が付随しており、大質量星形成が始まっている段階。TypeIII(58個)は、星団とHII領域が付

随しており、さらに進化が進んで活発に星が形成されている段階と考えられる。それぞれのタイムスケールは、最も若い星団の年齢 (1000 万年) を基準として、おおよそ 600 万年、1300 万年、700 万年と推定される。

- [1] Kawamura, A., et al. 2009, ApJS, 184, 1
- [2] Fukui, Y., et al. 2008, ApJS, 178, 56

星間 14a
大マゼラン雲における分子・原子ガス
CO と HI の三次元的相関
大谷 信吾 (名古屋大学 M1)
8月2日 14:45 B (小会場1)

大マゼラン雲 (LMC) は他の銀河に比べ我々の銀河系に圧倒的に近く、銀河全体の巨大分子雲 (GMC) を高分解能で分解できる数少ない銀河である。また、GMC までの距離がほぼ一樣なため、物理量の不定性も少なく、銀河全体の進化、星団形成を探る上で最も有用な天体である。名古屋大学のグループはこれまで、南米チリの高地に設置した望遠鏡を用いて LMC の観測を精力的に行ない、LMC に存在する GMC の全貌を 40pc のスケールで明らかにしてきた。さらに、星団との比較から、GMC を星形成活動別に TypeI-III の三段階に分類して、その進化段階を提示した。また豪州のグループによって、Parkes 望遠鏡と ATCA 干渉計を用いて LMC における中性水素ガス (HI) が明らかにされている。本講演では、視線速度方向を含む三次元で CO・HI の分布を明らかにし、GMC と HI ガスの物理的関連を提示する。得られた結果は以下の通りである。(1) GMC は HI の外層に付随する。(2) GMC においては、CO と HI の平均強度が線形に相関する。(3) HI の強度は、GMC の星形成活動が活発になるにつれて増大する。これらの事実から、HI ガスは GMC に降着し、水素分子に転移していることが考えられ、GMC の進化過程が観測的に裏付けられたと言える。

- [1] Fukui, Y., et al. 2009, ApJ, 705, 144
- [2] Fukui, Y., et al. 2008, ApJS, 178, 56

星間 15a
大質量星形成に伴う化学的フィードバック : NGC2264 CMM3 の場合
古屋 隆太 (東京大学 M2)
8月2日 15:00 B (小会場1)

NGC2264 はオリオン座に次いで太陽系に近い大質量星形成領域であり、その中心の CMM3 は 8 太陽質量程度の大質量星が形成されている現場と考えられている。そのためこの天体は未解決の問題が多い大質量星形成のメカニズムを解き明かす上で非常に有望な天体とされており、活発な研究がなされている。我々は国立天文台野辺山の 45 m 望遠鏡を用いて、CMM3 の周辺を SiO (J=2-1, 86.847 GHz)、SO (J=2-1, 86.094 GHz) などの分子で 4' x 5' 程度の領域にわたってマッピング観測を行った。その結果、SiO の分布がこの CMM3 を取り囲むように球殻状に分布していることが判明した。SiO は衝撃波によりシリケート系のダストが破壊されることで気相中に放出されると考えられているため、この結果は原始星からのアウトフローとクランプの相互作用により生じる乱流供給についての手がかりを与えるものと考えられる。一方で同様に衝撃波をトレースするとされている SO では、SiO とは全く異なった分布をしていることが明らかとなった。これは SiO、SO が単なる衝撃波のトレーサーとなるだけでなく、背後に衝撃波の化学過程が関係していることを示唆しており、大

変興味深いものである。今発表ではこれらの分子に加え、同時に観測した他の分子の分布も交えつつ、CMM3 周囲で起こっている物理的・化学的現象について考察する。

星間 16b
原始銀河形成時における超大質量星の形成について
稲吉 恒平 (京都大学 D1)
8月2日 15:15 B (小会場1)

初期宇宙 ($z \sim 6$) に存在する超巨大ブラックホールの起源として、初代星の影響下で形成される超大質量星 ($\sim 10^6 M_{\odot}$) が注目されている。初代星からの強い紫外線によって始原ガス中の水素分子は解離されるため、水素分子の輝線冷却が効かずにガスの温度は高温にまで達する。すると、ガスは原子冷却 (主に Ly γ) により等温のまま収縮し、冷却による激しい分裂時期を回避して、最終的に超大質量星が形成される可能性が指摘されている。ところが、強い紫外線が存在する環境には当然存在する宇宙線や X 線による電離の効果を考えると、分裂を回避し超大質量星を形成するために必要な輻射の量は、宇宙で実現される値よりも非常に大きくなることが分かった。一方で、強い紫外線が存在しない場合でもガスは分裂を回避する可能性がある。最近の銀河形成の研究からダークマターの重力ポテンシャル中でガスは密度の大きい低温のフィラメント状の構造を形成し、より中心付近まで超音速で落下していくことが分かってきた。そのガス流は中心付近で衝突し、ここでは強い衝撃波が形成され高温・高密度の状態が実現される。その状態のガスでは、水素分子は衝突解離によって壊されてしまい、分子冷却は働かずに、ガスの分裂は回避されることが期待される。本研究では、銀河形成時の現実的なガスの進化を考慮した上で、強い紫外線を必要としなような、超大質量星の形成条件について議論する。

- [1] Dekel, A., & Birnboim, Y. 2006, MNRAS, 368, 2
- [2] Bromm, V., & Loeb, A. 2003, ApJ, 596, 34
- [3] Shapiro, P. R., & Kang, H. 1987, ApJ, 318, 32

星間 17b
自己重力的な星周円盤の粘性降着進化
大谷 卓也 (大阪大学 D1)
8月2日 15:18 B (小会場1)

宇宙空間に存在する恒星の多くは、円盤を伴って形成されると考えられている。円盤は分子雲コアの収縮時に星とともにできるものであるが、惑星系形成の初期条件としてその形成過程が注目されている。観測によると中心星と周りの円盤の質量の比は様々で、その質量比の起源の解明が求められている。星周円盤の中では角運動量輸送が行われることで一度円盤に降着したガスが中心へと降着する。星と円盤の質量と、それらの比を理解する為には円盤内の角運動量輸送に伴う質量再分配の理解が重要である。本研究では中心星質量より円盤の質量の方が大きい時代での円盤の進化について考察する。この時代では円盤の自己重力を考慮する必要がある。主降着期の開始から 10 万年後までの星周円盤の粘性降着進化を一次元軸対称非定常コードにより数値的に計算し、円盤の面密度分布や中心星と円盤の質量の時間進化を求めた。角運動量輸送を実効的な粘性係数を使った標準降着粘性 (モデル) として扱う。初期条件には分子雲の暴走収縮時の履歴を踏まえた面密度分布と角運動量分布を設定し、様々な粘性の大きさに対し系統的に原始星と円盤の両方の質量を求めた。結果として、降着後実現される面密度分布や降着速度は円盤内での粘性

係数の大きさや温度分布といったパラメータに依存することが分かった。他にも、円盤の中で自己重力的な分裂が起こる可能性についても調べ、その条件についての考察を行った。

- [1] Saigo, K., & Hanawa, T. 1998, ApJ, 493, 342
- [2] Pringle, J. E. 1981, ARA&A, 19, 137

星間
18b

初代星形成における水素分子冷却モデルの影響

平野 信吾 (東京大学 M2)
8月2日 15:21 B (小会場1)

初代星の形成過程は様々な数値シミュレーションによって研究されており、原始星の形成、質量降着期間、ガス雲の分裂による連星・多重星の形成などが議論されている。重元素を含まない原始ガス雲は、主に水素分子による冷却過程によって熱的エネルギーを失い収縮していく。最終的に重力不安定な状態となり、原始星を形成するに至る [1]。このときの水素分子の冷却効率 (opacity) として、1次元の解析的近似モデルが計算されており [2]、実際に初代星の形成計算に用いられている [3]。しかしこの近似モデルでは、ガス雲の収縮途中の冷却率を低く見積もることになり、また1次元モデルであるため冷却率の方向依存性も扱えない。このためガス雲収縮のタイムスケールが変化すると考えられ、この違いが原始星形成にどの程度影響するのか調べる必要がある。そのため我々は冷却効率を計算しながら原始星形成を数値シミュレーションし、一次元モデルを用いた場合との結果の比較を行う。今回は現在行っている数値シミュレーションの結果を紹介し、前述のモデル依存性について議論する。

- [1] Yoshida, N., et al. 2006, ApJ, 652, 6
- [2] Ripamonti, E., & Abel, T. 2004, MNRAS, 348, 1019
- [3] Clark, P. C., et al. 2011, Science, 331, 1040

星間
19b

すざく衛星による超新星残骸 G355.6-0.0 の高温プラズマの観測

南 沙里 (奈良女子大学 M1)
8月2日 15:24 B (小会場1)

超新星爆発によって形成される超新星残骸は、衝撃波によって加熱されたガスを内部に含んでおり、この高温ガスからは熱的 X 線が放射される。X 線放射のスペクトルに見られる輝線の強度とエネルギーを測定することにより、超新星残骸に含まれるさまざまな重元素イオンの存在量、温度、電離状態、運動速度などを求めることができる。また、高エネルギー電子からのシンクロトロン放射が検出されるものもあり、宇宙線生成の現場としても重要なターゲットである。しかし、銀河面上は明るい点源も多く存在するため、暗く広がった構造を持つ超新星残骸は検出が難しく性質がわかっていないものが多い。G355.6-0.0 は電波により検出された超新星残骸で、あすか衛星による銀河面サーベイで初めて X 線放射が発見された。しかし、あすかによる観測では観測時間が短く、X 線放射の特徴については十分な検討を行うことができなかった。そこで、広帯域で X 線分光が可能なすざく衛星を用いて、超新星残骸 G355.6-0.0 の観測を行った。得られた X 線観測データをもとに解析を行った結果、G355.6-0.0 は 5keV 以下のエネルギー領域で輝いており、Si, S, Ar, Ca による明確な輝線が検出された。これにより G355.6-0.0 には高温プラ

ズマが存在し、熱的放射を行っていることがわかった。本発表では G355.6-0.0 の観測結果について報告する。

星間
20b

銀河系中心部銀経正方向の分子雲ループ

古橋 絵利 (名古屋大学 M2)
8月2日 15:27 B (小会場1)

銀河系中心部数 100 pc は、恒星とガスが集中する銀河の特異領域である。福井らは「なんてん」望遠鏡によって得られた分子雲データから、中心部から距離 700pc の位置に、2つの巨大な分子雲ループを発見し、これらの起源としてパーカー不安定性による磁気浮上モデルを提案した (Fukui et al. 2006)。これは長年の懸案であった銀河系中心部の分子ガスの高い温度と大きな速度分散の起源として新たな解釈を与えるものである。また、ループの根元部分では、ガスの落下によって形成されたと思われる特徴的な U 字、L 字型の速度構造を持つことが明らかにされ、磁気浮上モデルがさらに支持された (Torii et al. 2010a; Kudo et al. 2011)。パーカー不安定性は普遍的な現象であり、銀河系中心部全域にわたり、多数のループが存在していると予想される (Machida et al. 2010)。実際、第3の分子雲ループの存在が藤下らによって報告された (Fujishita et al. 2009)。そこで今回、分子雲ループの発見が報告されていない銀経正方向に対して、「なんてん」分子雲データの詳細解析を実施したのでこれを報告する。本ポスターでは、銀経正方向の分子雲ループ候補の詳細なガスの分布と運動を明らかにすると共に、既知の分子雲ループとの比較を通し、銀河系中心部全域における分子雲ループの全体像を提示する

- [1] Fukui, Y., et al. 2006, Science, 314, 106
- [2] Torii, K., et al. 2010, PASJ, 62, 675
- [3] Kudo, N., et al. 2011, Astronomical Society of the Pacific Conference Series, 439, 69

星間
21b

4m 電波望遠鏡を用いた CO 全天サーベイ計画

梶 良平 (名古屋大学 M1)
8月2日 15:30 B (小会場1)

宇宙初期に起こったと考えられているインフレーションが起源であるとされる、始原重力波は、宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) の高感度観測によって、B モードと呼ばれる偏光成分として検出できる可能性があり、インフレーションを直接的に検証する手段として期待されている。

現在、欧州宇宙機関によって打ち上げられた Planck 衛星がミリ波・サブミリ波帯で CMB の高感度全天観測を行っている。B モード偏光は CMB の中でも他の成分より卓越することがない弱い成分であるため、前景成分の確度よい定量・分離が B モード偏光をとらえる上で非常に重要である。また、特に検出器の帯域に CO 輝線が無視できないレベルで含まれているため、CO の強度を正しく見積り、Planck のデータに反映させること、またそこから推定される銀河系内起源の偏光成分を取り除くことが重要課題である。

そこで我々は Planck 側の共同研究者と共に CO 観測の結果を Planck と比較することを目標に 4m ミリ波サブミリ波望遠鏡 NANTEN2 による超広域分子雲観測 (NASCO) を開始した。観測地から観測可能な全天の 70% を 2000 万点規模でカバーする予定である。また、この観測によって得られるデータは Fermi, Akari といっ

た他波長での全天観測衛星のデータとも広域で比較しうる唯一の分子雲データベースとなり、他の研究分野に対してもその波及効果は絶大である。

今回、NASCO 計画の概要とこれまでの成果を NANTEN2 の説明を交えつつ報告する。

星間
22a

乳酸水溶液の円偏光紫外線照射実験

蔡 承亨 (大阪大学 M1)

8月2日 16:15 B (小会場1)

地球生命においてキラリティーを持つ分子は片方に偏っており、この不斉の起源については未だ明らかになっていない。これに関して色々な仮説が立てられているが、炭素質隕石中に L 型過剰のアミノ酸が検出されたこと及び星形成領域において大規模な円偏光領域が観測されたことから、宇宙からの円偏光によって不斉が生じたという説が有力となっている。近年、炭素質隕石中に乳酸の L 体過剰 (3 - 12%) が報告された。その原因の一つには宇宙由来の円偏光が影響しているかもしれない。本研究ではこの可能性を検証するために、乳酸水溶液の円偏光紫外線照射実験を行い、照射前後での乳酸濃度及び D / L 比の変化を分析した。その結果、D L 乳酸では濃度の減少に伴い、過剰率の変化が見られた。この過剰率が有意な値かどうかは現段階では判断が難しい。また、D 乳酸、L 乳酸の照射結果からラセミ化が進むことが分かった。このことから乳酸は円偏光照射による不斉分解があると仮定しても、ラセミ化が同時進行し、やがてある過剰率に収束すると考えられる。実験に基づく計算結果よりその収束過剰率は 1 - 2% 程度であることが分かった。したがって円偏光は最初のわずかな不斉を誘発する役割を果たし、不斉を増幅する作用は他のプロセスにあると考えられる。

[1] Pizzarello, S., et al. 2010, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 74, 6206

星間
23a

超広域分子雲観測による宇宙背景放射の研究

柏野 大地 (名古屋大学 M1)

8月2日 16:30 B (小会場1)

ビッグバンによって宇宙が誕生したことは今ではほとんど疑いようがなく、研究の焦点は、インフレーションの検証に向かっている。インフレーションによって発生すると考えられる始原重力波は、宇宙マイクロ波背景放射の高感度観測によって、B モードと呼ばれる偏光成分として検出できる可能性があり、インフレーションを直接的に検証する手段として期待されている。

現在、欧州宇宙機関によって打ち上げられた Planck 衛星が宇宙背景放射の高感度全天観測を行っている。しかし、1年目の観測結果から、夥しい前景放射が銀河系から放たれていることが明らかになり、B モード検出のためには前景成分の定量・分離が重要課題であることが明らかになった。

我々は国内外の研究者と協力して、Planck 衛星の観測データを解析し、前景成分を高い確度で分離することによって、宇宙背景放射の B モード偏光の検出を目指している。

この研究の主軸となるのが我々の研究室が開発・運営する 4m ミリ波サブミリ波望遠鏡 NANTEN2 による超広域分子雲観測 (NASCO) である。本観測の目標は、観測地から観測可能な全天の 70% の領域を、2000 万点規模でカバーすることである。この観測によって得られるデータと

Planck の観測結果をはじめ他の波長における観測データを総合的に比較・解析することによって、B モードの検出を目指す。

本講演では、最新の観測データを交え、今後の観測・研究計画について紹介する。

星間
24a

銀河系中心部の Double Helix Nebula に付随する分子雲の発見

榎谷 玲依 (名古屋大学 M2)

8月2日 16:45 B (小会場1)

銀河系中心部数百 pc は、百万太陽質量を超える巨大ブラックホール SgrA* を有し、また円盤部と比べ星やガスが密集している点で特異である。銀河系中心部の進化は円盤部のそれとは明らかに異なると考えられるが、その理解は円盤部に比べ遅れている。また、この領域は、銀河面を垂直に貫く磁気フィラメント (Yusef-Zadeh et al. 1984) などに代表されるように、非常に特徴的な磁場構造を持つことでも知られている。しかし、その起源の多くは未だ謎に包まれている。2006 年 Morris らによって、SgrA* の上方約 100 pc に、螺旋状構造を持つ直線的な赤外線フィラメントが発見された (Double Helix Nebula, 以下 DHN, Morris et al. 2006)。その特異な形状から明らかに磁場に起因する現象であることが期待されているが、その起源は未だ明らかにされていない。我々は 2010 年、NANTEN2 望遠鏡を用いて、 $^{12}\text{CO}(J=2-1)$ 輝線による銀河系中心部 300pc の高分解能観測を行ない、その結果、DHN に付随すると思われる 2 つの分子雲を発見した。また、これら分子雲が SgrA* 付近まで直線的に伸びた構造をしていることを明らかにした。以上の結果から、本講演では、DHN の起源として、SgrA* とそれを取り巻く Circumnuclear disk からの磁気流体力学的ジェットを提案し、その可能性を議論する。

[1] Yusef-Zadeh, F., et al. 1984, *Nature*, 310, 557

[2] Morris, M., et al. 2006, *Nature*, 440, 308

星間
25a

電波再結合線による銀河中心ローブの観測

名越 遥 (山口大学 M2)

8月2日 17:00 B (小会場1)

銀河中心ローブ (GCL) は銀河系の中心に存在する特異な構造である。GCL 形成は、銀河中心からのガスのアウトフローであるとするモデルや磁場により吹き上げられたジェットであるというモデルが提案されているが、その結論は出ていない。過去の観測から、GCL は銀河回転と異なる速度構造を持っており、さらに東西で異なる放射構造を持っていると考えられる。しかし、GCL 全体の速度や温度の状態についてはまだはっきりとは分かっていない。GCL の電離ガスの構造を知るために電波再結合線を用いることによって電離ガスの温度だけでなく、その速度状態を知ることができる。過去に、GCL 全体の電離ガスの再結合線観測が行われているが、望遠鏡のビームサイズや観測時間による制限により観測が粗く電波の強度分布と速度分布から GCL の起源を研究するには不十分である。そこで、本研究では山口 32m 電波望遠鏡を用いてより密な GCL の電波再結合線観測を行うことにより、GCL 全体の速度構造・温度分布を明らかにし、GCL 形成を明らかにする。

[1] Sofue, Y. 1996, *ApJ*, 459, L69

パイプ星雲中の B59 領域における星形成について

星間

26c

原 千穂美 (東京大学 M1)
ポスター発表 (口頭なし)

銀河系中の多くの星が星団として生まれてきたと言われているが、星団がどうやって出来ているかは未だによく分かっていない。今回の発表の対象となる Barnard 59 という領域は星形成が活発な暗黒星雲であるパイプ星雲中で唯一星形成が活発な領域であり、多くの星形成が過去に起こり、現在も星形成が盛んな領域と比べると、星団形成の初期状態を観測できる領域と言える。また、狭い領域で多くの星が形成されていると共に、どの原始性から出されているのかは分からないが、0.4~0.5pc ほどの大きさの双極分子流も確認されている。そのため星形成の誘発もしくは抑制という可能性も含め、少なからずこの双極分子流が星団形成に影響を与えていると考えられる。本発表ではこの領域での力学構造等を過去の観測データや現在得られている観測データと共に見ていき、この領域で何が起きているのかを探っていく。

[1] Onishi, T., et al. 1999, PASJ, 51, 871

[2] Rathborne, J. M., et al. 2008, ApJS, 174, 396

[3] Nakamura, F., et al. 2011, arXiv:1105.4481

低金属量のガス雲からの磁場の散逸

星間

27c

土井 健太郎 (甲南大学 D1)
ポスター発表 (口頭なし)

磁場は星形成において重要な役割を担っているが、ガスとのカップリングに関しては、初期宇宙と現在の星形成領域では大きく異なっている。現在の星形成領域においては、ダストが電荷のキャリアとなり収縮の過程でオーム損失により磁場は大きく散逸すると考えられているが、初期の宇宙での星形成領域ではダストが存在しないため磁場はガスに凍結したままになる。しかし初代星形成から現在の星形成の間の、どの程度の重元素・ダストが存在すると、磁場が散逸するのかはまだ分かっていない。我々は、低金属量のガス雲での化学組成の進化、およびダストの電荷進化を計算することにより、ガス雲と磁場の結合の様子を調べ、初代星以降の磁場の散逸を評価した。その結果、重元素量 $Z > 10^{-6}Z_{\odot}$ で、磁場はガスから散逸することがわかった。

[1] Maki, H., & Susa, H. 2004, ApJ, 609, 467

[2] Nakano, T., & Umebayashi, T. 1986, MNRAS, 218, 663

[3] Omukai, K., et al. 2005, ApJ, 626, 627

SDSS 銀河カタログを用いた銀河系ダスト減光マップの検証

星間

28c

柏木 俊哉 (東京大学 M2)
ポスター発表 (口頭なし)

あらゆる系外天文観測は、我々の銀河系空間越しになされる。したがって、正確な銀河系ダスト減光マップは本質的である。現在最も広く用いられている減光マップは Schlegel, Finkbeiner, Davis (1988:SFD) によるもので、

これは COBE と IRAS の全天赤外天文観測から推定されるダストの赤外「放射量」を用いて構築されている。しかしこれを可視域での「吸収量」に変換するには様々な仮定が必要なため、その信頼性を独立な方法で検証することは重要である。Yahata et al. (2007) は、SDSS DR4 (Sloan Digital Sky Survey 4th Data Release) 銀河カタログを用いて SFD マップを検証し、減光量が 0.1 等以下の領域において系統誤差が存在することを示した。この系統誤差は、SFD で推定した銀河系内ダストの赤外放射に、系外銀河による赤外放射の寄与が混入したために生じたと結論されている。我々はこの結果を発展させて、SDSS 銀河カタログを用いて SFD マップを補正する可能性を検討している。今回は (1) 観測領域が 2 割増えた SDSS DR7 を用いて、この結論をより精密に検証し、(2) IRAS 銀河の赤外光度と SDSS 銀河の可視域光度との相関から、SDSS 銀河の赤外放射量を推定し、ダスト量推定の系統誤差を統計的に見積った。本講演では、これらの解析結果について報告する。

[1] Yahata, K., et al. 2007, PASJ, 59, 205

[2] Schlegel, D. J., et al. 1998, ApJ, 500, 525

HESSJ1457-593 における分子雲と

星間

29c

TeV ガンマ線の相関関係
花岡 直樹 (名古屋大学 M2)
ポスター発表 (口頭なし)

近年の H.E.S.S., Fermi 等のガンマ線観測により、GeV から TeV 域にわたるガンマ線の強度分布がこれまでにない数分角という高分解能で明らかになってきた。特に RXJ1713.7-3946 のような近傍の超新星残骸においてはその内部構造も分解できるようになり、星間物質との比較から、その起源に詳しく迫ることができるようになった。

GeV-TeV ガンマ線においてはその放射起源は陽子起源と電子起源に大別される。前者は加速された陽子と高密度な星間物質との衝突により発生する π^0 中間子の崩壊によるもの、後者は加速された電子の逆コンプトン散乱によるものである。このことから TeV ガンマ線の放射起源を区別する上で、星間物質の有無を調べることが非常に重要となる。

我々の研究室ではこれまで「なんてん」望遠鏡によって得られた CO($J=1-0$) の銀河面サーベイの地図、また、「NANTEN2」望遠鏡による CO($J=1-0$, $J=2-1$, $J=4-3$, $J=7-6$) 輝線の観測から HESS, Fermi チームとの共同研究により、複数の超新星残骸に対してガンマ線放射起源について議論を重ねてきた。本講演では、それらの中でも現在比較を行っている HESS J1457-593 (843MHz の連続波も検出されている) に対して NANTEN2 による $^{12}\text{CO}(J=1-0)$, $^{13}\text{CO}(J=1-0)$ の観測結果と他波長との詳細な比較の結果、またガンマ線放射起源について報告する。

[1] Whiteoak, J. B. Z., & Green, A. J. 1996, A&AS, 118, 329

MHD シミュレーションによる銀河円盤のモデル構築

星間

30a

中村 翔 (東北大学 M2)
8月3日 9:00 B (小会場 1)

宇宙空間には広くプラズマと磁場が存在し、それらが相互作用し合うことで様々な興味深い現象が理論・観測の両

面から研究されている。その中でも私は、天の川銀河のような渦巻き銀河円盤の大局的なプラズマ・磁場構造に興味を持ち、シミュレーションを用いての研究を修士の課題として進めている。この研究により磁場の構造が理論的に構築されれば、そこからシンクロトロン放射強度・偏光 Map を作成することができる。これは観測的宇宙論で活発に研究されている CMB 観測偏光 Map に大きな影響を与えるため、MHD の星間物理現象としての興味だけでなく、宇宙論の研究者たちにとっても非常に重要な問題となっている。本講演ではこれまで行われてきた銀河磁場に関する観測や解析結果・3次元 MHD 方程式のシミュレーション結果の紹介、そして渦巻き銀河のもつ spiral arm により期待される物理についての解説を行う。この修士の研究が進み、皆様にお見せできるようなシミュレーション結果が得られれば、そちらも講演に盛り込む予定である。

[1] Nishikori, H., et al. 2006, ApJ, 641, 862

[2] Wada, K., et al. 2011, arXiv:1104.1287

[3] Tanaka, M., et al. 2005, Magnetic Fields in the Universe: From Laboratory and Stars to Primordial Structures., 784, 792

光解離領域 (Photodissociation region:PDR) における物理的・化学的過程および、PDR のモデルについて

星間
31a

藤井 浩介 (東京大学 M1)
8月3日 9:15 B (小会場 1)

恒星などからの紫外線放射によって星間物質 (分子ガス) が光解離される領域を、光解離領域 (PDR) という。本発表では、PDR で起こっている物理的・化学的な現象について簡単に説明し、そのモデルをいくつか紹介する。

[1] Hollenbach, D. J., & Tielens, A. G. G. M. 1997, ARA&A, 35, 179

On Radiation Pressure in static,dusty HII regions

星間
32a

根本 耕太郎 (北海道大学 M1)
8月3日 9:30 B (小会場 1)

HII 領域の Radiation Pressure について、B.T.Drain(2011) の論文のレビューを行う。

HII 領域の研究の出発点は、Strömgren(1939) による hot stars の周りの光イオン化された領域を静的で一様密度を持つ球状と理想化して考えたことから始まる。しかし、実際には H をイオン化する光子をダストが吸収してしまうことや、ガスとダストに働く星からの Radiation Pressure などのいくつかの物理的影響により、Strömgren の球モデルはずれが生じてしまう。これらの影響に関して、Kahn(1954) や Mathews(1967, 1969)、Dopita(2003, 2006) などにより、いくつかの研究がなされてきた。

この論文では、HII 領域の境界で外からの圧力がある時の平衡状態を仮定し、ダストの多い HII 領域の構造の体系的な議論を行う。この時、HII 領域は基本的に 3 つのパラメータの相似解で表現される。この 3 つのパラメータとは星のスペクトルを特徴づける量、ダストとガスの比率、そして stellar ionizing photo と HII 領域中の二乗平均密度の積である。これらがどのように依存するのかを示し、実際の HII 領域に対する適用可能性についても議論する。

[1] Draine, B. T. 2011, ApJ, 732, 100

輻射輸送における M 1 スキームの数値的解法

星間
33a

菅野 裕次 (千葉大学 M1)
8月3日 9:45 B (小会場 1)

天体におけるエネルギー輸送や、天体の見え方を議論する上で輻射輸送方程式を精度よく解くことは重要である。最も簡単な計算方法である拡散近似では、エネルギー密度 E とその勾配だけで輻射を表すので、光を当てた物体の背後に光が回り込んでしまい影を計算できない。エネルギー密度のほかに、エネルギー流束 F も考慮した M 1 モデルでは影も表現できる。しかし M 1 モデルでも少ない計算量でくっきりとした影を表現するためには工夫が必要である。簡単な HLL 法で計算すると、影が不自然にぼやける。特性方程式を解くと影はシャープになるが、計算が面倒である。ここでは、少ない計算量でシャープな影を計算できる方法を提案する。この方法では、二つの隣接する数値セルの境界を通過する光の流束と圧力を、左右のセルからの寄与の和として求める。すなわち、左のセルでの E と F を用いて左からへの流束と圧力を計算し、右のセルでの E と F から右のセルへの値を計算する。一見、複雑に見えるが、流束と圧力は E と F の解析関数であらわされるので計算量は少ない。

この方法の性能を確かめるため、不透明な四角い板に左から一樣な強度の光をあてた場合を計算した。今回の方法では、HLL 法より影はシャープにできるが、シャープになるかどうかは流束の初期値に依存することがわかった。

この方法は、原始惑星円盤の dust inner rim によりできる影などの計算に応用できる。

[1] González, M., et al. 2007, A&A, 464, 429

冷却過程を考慮した磁気流体ジェットと星間ガスの相互作用シミュレーション

星間
34a

朝比奈 雄太 (千葉大学 M2)
8月3日 10:00 B (小会場 1)

「なんてん」望遠鏡によって銀河系内ジェット天体 SS433 から噴出しているジェットの延長上に、分子雲が並んでいることが観測された (Yamamoto et al. 2008)。これらの分子雲の近傍には高密度な中性水素 (HI) ガスが分布しており、SS433 から噴出するジェットと HI ガスの相互作用によって分子雲が形成されている可能性が指摘されている。

分子雲の形成には加熱・冷却過程が重要であると考え、冷却効果を考慮した磁気流体ジェットと星間ガスの相互作用シミュレーションを実施した。初期状態は 10^4K の温かいガスの領域と 10^{2-3}K の HI ガスの熱的に安定な 2 つの領域が圧力平衡状態で接しているとし、ジェットの軸に垂直な弱いトロイダル磁場を持つジェットを注入した。計算コードは近似リーマン解法の一つである HLLD 法 (Miyoshi and Kusano 2005) に基づく、磁気流体コードを用いた。冷却効果を扱うために、このコードに星間ガスの冷却関数 (Inoue et al. 2006) を加えた。

HI ガスはジェットのバウショックにより一旦加熱・圧縮されるが、冷却効果により温度が下がり、ジェットを鞘状に包むより高密度な領域を形成した。本発表ではこの 3次元構造について報告する。

[1] Yamamoto, H., et al. 2008, PASJ, 60, 715

[2] Miyoshi, T., & Kusano, K. 2005, Journal of Com-

星間
35a

原始惑星系円盤と磁場の相互作用によるアウトフローについてのシミュレーション

石本 大貴 (京都大学 M1)

8月3日 10:15 B (小会場1)

観測により原始星や古典的 T タウリ型星からアウトフローが出ていて、そのアウトフローには星の回転軸方向に強く collimate した (幅の狭い) 高速のジェットと、その周りにある低速のアウトフローの 2 つの成分で構成されていることが確認されている。しかし、アウトフローの形成メカニズムは理論的に解明されておらず、それを調べるために多くのシミュレーションが行われてきた。従来多くのシミュレーションは観測を説明できるほどの長時間計算ができないことが問題であった (Hayashi et al. 1996)。また、長時間計算されたシミュレーションは円盤を境界条件として扱っており、アウトフローの形成を説明することはできなかった (Fendt et al. 2000)。アウトフローの形成メカニズムを調べるには円盤を境界条件としてではなく、現実的な構造を持った円盤を仮定して計算しなければならない。

本講演では星からの磁場と現実的な円盤を仮定したシミュレーションで初めて観測を説明できるほど長時間のジェットやアウトフローを再現したシミュレーションの論文 M.M.Romanova et al.(2009) をレビューし、円盤物質のアウトフローへの加速機構について概説する。

[1] Romanova, M. M., et al. 2009, MNRAS, 399, 1802

[2] Hayashi, M. R., et al. 1996, ApJ, 468, L37

[3] Fendt, C., & Elstner, D. 2000, A&A, 363, 208

星間
36a

星形成過程の“ミッシングリンク”を求めて

富田 賢吾 (総合研究大学院大学 D3)

8月3日 10:30 B (小会場1)

ファーストコアは星形成過程の初期に形成される主に水素分子からなる過渡的な準平衡天体である。この天体の寿命は 3000 年程度と短い、星周円盤形成、連星形成、双極分子流の駆動など様々な現象の舞台であり、星形成を理解する上でキーとなる重要な天体である。ファーストコアは暗く短寿命なため Larson (1969) で理論的に予言されて以来観測されていないが、近年候補天体が複数報告されており (Chen et al., 2010, Enoch et al. 2010, Kawabe et al. in prep.), ALMA で理論が直接検証できると期待されている。

我々は来るべき ALMA での観測に向けて、理論・観測の両面から準備を進めている。理論面では世界的にも先駆的な輻射磁気流体シミュレーションを行うことで現実的な理論モデルを構築し (Tomida et al. 2010a)、それに基づいて連続波の Spectral Energy Distribution や Visibility Amplitude 分布、CO や CS 等の分子輝線の強度分布といった直接観測可能な性質を予測している (Tomida et al. 2010b, Tomisaka & Tomida 2011)。一方観測的には ALMA での観測に活用するために候補天体について多波長での観測を行うことで可能な限り詳細な情報を引き出すと同時に、既存の観測装置を用いてサーベイを行うことで更なる候補天体の発見を目指している。

本講演ではファーストコアの (主に理論的な) 研究の現状と、ALMA の初期科学運用から更に将来の観測に向けた戦略について報告する。

[1] Tomida, K., et al. 2010, ApJ, 714, L58

[2] Tomida, K., et al. 2010, ApJ, 725, L239

[3] Tomisaka, K., & Tomida, K. 2011, arXiv:1104.2438

惑星系

周惑星円盤の電離状態と衛星系形成過程について

惑星

01a

藤井 悠里 (名古屋大学 M2)

8月1日 16:30 B (小会場1)

原始惑星系円盤中で巨大ガス惑星が形成されると、その惑星の軌道に沿って密度の低いリング状の領域が形成される。この領域は円盤ギャップと呼ばれる。ギャップ中の惑星には、原始惑星系円盤からガスが流入し、円盤状の構造を形成していると考えられている。この円盤は周惑星円盤と呼ばれ、ガス惑星形成時には惑星への質量供給に重要な役割を果たす。また、周惑星円盤は衛星系形成の舞台であり、その進化を理解することは衛星系の起源を明らかにする上で非常に重要である。原始惑星系円盤の降着メカニズムは磁気回転不安定性 (MRI) によって駆動される磁気乱流であると考えられている。周惑星円盤においても同様に、MRI による乱流が降着を促しているという仮定の下で、Canup & Ward(2002) などによって衛星系形成が議論されてきた。ところが、周惑星円盤の電離度を調べてみたところ、MRI による乱流は期待できないということが明らかになった。本講演では、周惑星円盤の電離状態の計算結果や MRI の発展条件について説明し、考え得る他の降着メカニズムについて議論する。

[1] Canup, R. M., & Ward, W. R. 2002, AJ, 124, 3404

原始惑星系円盤の非一様密度分布とダスト集積

惑星

02a

瀧 哲朗 (東京工業大学 M1)

8月1日 16:45 B (小会場1)

本研究では原始惑星系円盤に圧力バンプが存在する場合の円盤ガスの時間進化をダストからガスへのバックリアクションを考慮して数値計算した。Kato et al. (2009,2010) によると非一様 MRI が拡散したあとには純定常な圧力バンプが残り、その圧力勾配の影響から付近に特徴的な速度分布が作られる。円盤内にこのような速度分布が存在する場合、スーパーケプラー領域とサブケプラー領域の境界にはダストが集積し、そのような領域でダスト密度が高まることで自己重力不安定による微惑星形成の可能性を論じることができるようになるが、従来の研究ではダストの濃集過程におけるダストからガスへのバックリアクションが考慮されていなかった。ダストの濃集領域では通常ガス円盤と違いダストの運動が支配的であるので、ガスがダストに引きずられ、ガスがケプラー運動することによりダストの濃集が妨げられることが予想される。今回の計算結果では、空間一様に分布するダストが濃集を始めるとその最大集積度はガスに対する質量比で 1.0 のオーダーであり、想定されるよりも小さな密度で集積が止まってしまうことが示唆された。

[1] Kato, M. T., et al. 2009, ApJ, 691, 1697

[2] Kato, M. T., et al. 2010, ApJ, 714, 1155

惑星系の形成と多様性

惑星

03a

石川 善隆 (新潟大学 M1)

8月1日 17:00 B (小会場1)

原始惑星系円盤における微惑星と原始惑星の成長過程を理解することは、惑星系の形成を考える上で非常に重

要である。微惑星の段階では、微惑星同士の合体衝突により微惑星は成長していく。大きな微惑星の成長モードは runaway growth で、小さい微惑星よりも早く成長する。その結果、小さな微惑星は小さいまま、大きな微惑星はより大きくなり、これを通して原始惑星が形成される。原始惑星の段階では、成長モードが oligarchic growth になり、ほぼ同じ大きさの原始惑星と小さいままの微惑星が残る。その後、地球型惑星は原始惑星同士の衝突、木星型惑星はコア (大質量の原始惑星) にガスが降着、天王星型惑星はコアに木星型惑星よりも少ないガスの降着で形成される。しかし原始惑星系円盤のダストの初期密度分布の違いによって、形成される惑星系は変化する。

現在発見されている系外惑星系は、太陽系と大きく異なるものが多い。本発表は、原始惑星系円盤のダストの初期密度分布と形成される惑星系の関係を示した Kokubo & Ida (2002) のレビューである。

[1] Kokubo, E., & Ida, S. 2002, ApJ, 581, 666

Debris disk の進化と主星年齢との関係

惑星

04a

横田 英博 (東京大学 M1)

8月1日 17:15 B (小会場1)

Debris disk は主系列星を取り巻く塵の粒子からなり、惑星系形成に関わる重要な一段階であると考えられている。Poynting-Robertson 効果のため不安定であり、より大きな物質同士の衝突など、絶えず粒子を供給する過程が存在すると予想されている。Debris disk は赤外領域にピークがある輻射を持つので、予想される主星のスペクトルと比較して赤外領域におけるフラックスがどの程度超過しているかを検出することで定量的な測定が可能である。

Rieke et al. (2005) によれば、 $24\ \mu\text{m}$ の波長での観測において、主星の年齢が 150 Myr を超えると急速にフラックスの超過が減少することが観測された。これは debris disk が主星の成長にしたがって減衰していることを間接的に意味している。

本発表では、Rieke et al. による上記研究のレビューを行ったうえで、AKARI・WISE などの観測を加え、debris disk の進化について、さらに詳細な統計調査を行う計画について述べる。

[1] Rieke, G. H., et al. 2005, ApJ, 620, 1010

化学反応を含めた衝撃波の流体シミュレーション：微惑星まわりの弧状衝撃波の考察

惑星

05c

山崎 布美香 (東京工業大学 M1)

ポスター発表 (口頭なし)

原始太陽系星雲内を超音速で運動する微惑星のまわりには、弧状の衝撃波が発生する。この弧状衝撃波によって、微惑星の蒸発やコンドリュールの形成が起こるのではないかと考えられている。星雲内で発生する衝撃波の先行研究では、様々な化学反応を含めた 1 次元平行平板での衝撃波の計算や、断熱の条件で 2 次元での微惑星まわりの弧状衝撃波の計算が行われているが、化学反応を含めた 2 次元での衝撃波の計算はこれまでにされていない。本研究の目的は、原始太陽系星雲内で衝撃波が起こる際に支配的にな

と思われる化学反応（水素分子の解離・再結合反応）を組み込んだ1次元の流体力学計算コードを作成し、衝撃波を含む流れに与える化学反応の影響を調べることである。計算の結果、水素分子の解離・再結合の効果を流体計算に加えると、衝撃波後面の温度が水素分子の解離が起こる温度に到達する時には、解離を考慮しない場合よりも衝撃波後面での温度が下がり、一方で密度は高くなることが分かった。このことから、2次元計算においても、衝撃波後面の流れを求めるために水素分子の解離などの化学反応を考慮することが必要な場合があると考えられる。本講演では、微惑星まわりの衝撃波の2次元数値流体計算の結果も提示する予定である。

- [1] Iida, A., et al. 2001, *Icarus*, 153, 430
- [2] Ciesla, F. J., et al. 2004, *Meteoritics and Planetary Science*, 39, 1809
- [3] Connolly, H. C., Jr., & Love, S. G. 1998, *Science*, 280, 62

衝撃波加熱モデルによるコンドリユール形成

惑星
06c

渡辺 圭亮 (東京工業大学 M1)
ポスター発表 (口頭なし)

コンドリユールはコンドライト隕石中に含まれる0.1-1.0mmサイズの球状組織である。このような球状の構造を作るためには、コンドリユールの原料となったダストがかつて急激な加熱を受け、液滴となった後、急冷され凝固するという過程を経る必要があったと考えられている。しかしこの加熱が具体的にどのような現象の結果起こったものであるのかは、いまだ明らかになっていない。本発表では、現在有力とされているダストの衝撃波加熱モデルを用い、化学反応を考慮した1次元の流体シミュレーションを行うことで、衝撃波加熱によってコンドリユール形成が起こるための条件を考察した研究 Iida et al. 2001 *Icarus* 153, 430 のレビューを行う。

- [1] Iida, A., et al. 2001, *Icarus*, 153, 430

原始惑星系円盤におけるダストの沈殿と成長

惑星
07c

長谷川 幸彦 (大阪大学 D1)
ポスター発表 (口頭なし)

原始惑星系円盤進化におけるダストの運動と成長は、その後の惑星形成過程を左右する重要な要素である。ダストの沈殿によって円盤の赤道面付近では Kelvin-Helmholtz 不安定が起きてガスの乱流が発生し、ダストの巻き上げが起こる可能性があることが分かっている。しかし、それはほとんどのダストが赤道面付近に沈殿した段階で起こると考えられている。本研究では、沈殿の初期段階におけるダストの成長と乱流の可能性に注目した。林モデルにおいて、ダストが中心星の重力によって円盤の赤道面に沈殿しつつ、沈殿と熱運動によって衝突・合体し成長する場合を考え、その様子を数値的に解いた。その結果、ダストの成長は沈殿による効果が支配的となり、その合体率は赤道面からの高さ按比例するため、ダストの平均サイズの空間分布も高さ按比例する依存性を持つようになった。また、ダストの成長がない場合にはダストの多くが沈殿してから起こると考えられていた Kelvin-Helmholtz 不安定がダストの成長を考えることで沈殿の初期段階でも赤道面付近で起こる可能性があり、乱流によるダストの巻き上げの効果は

常に考慮されるべきであることが示唆された。

- [1] Nakagawa, Y., et al. 1981, *Icarus*, 45, 517

原始星形成過程から迫る原始惑星系円盤形成過程の研究

惑星
08b

高橋 実道 (京都大学 M2)
8月1日 17:30 B (小会場1)

惑星系形成過程は原始惑星系円盤の性質に強く依存している。しかし、現在の多くの惑星形成の研究では原始惑星系円盤のモデルとして今の太陽系を再現できる最小限のガス・ダストで構成した仮想的なモデルが用いられている。それは、観測敵にも理論的にも、原始惑星系円盤の現実的なモデルが分かっていないためである。原始惑星系円盤は中心星に比べて暗いため観測が難しく、観測例は少ない。理論から原始惑星系円盤の性質を決めるためには、原始星形成過程で円盤が形成され、進化していく過程を追う必要がある。近年分子雲コアの重力崩壊から原始星・円盤形成までを追ったフル3DMHDシミュレーションが行われ [1][2]、この際に磁場が本質的な役割を果たすことが分かった。しかし、フル3DMHDシミュレーションではこの円盤の長時間進化・惑星系形成を追うことは困難なため、解析的な理解が必要である。本研究では磁場を考慮した現実的な円盤形成の解析的モデルを構築するため、過去の研究で行われた円盤形成期における中性ガスの軌道の解析解 [3] と、フル3DMHD計算との比較を行い、原始惑星系円盤形成期のガスの運動に対する磁場の寄与を評価した。

- [1] Inutsuka, S.-i., et al. 2010, *ApJ*, 718, L58
- [2] Machida, M. N., et al. 2011, *ApJ*, 729, 42
- [3] Cassen, P., & Moosman, A. 1981, *Icarus*, 48, 353

惑星形成メカニズム ~ 2次元乱流ディスクモデル~

惑星
09b

皆川 紘恵 (お茶の水女子大学 M2)
8月1日 17:33 B (小会場1)

現在、標準惑星形成モデルとして林モデルが議論されている。しかしこのモデルで解決しなくてはならない問題点は山積し、その問題を引き起こす一番の要因はガスの存在であろう。ガスが存在するため微惑星が中心星への落下を防ぐのが難しくなり、またダストの沈殿の妨げにもなってくる。さらにはそのガスの散逸メカニズムも明らかになっておらず、ガスが大きな妨げとなっているモデルと言えよう。その林モデルで妨げとなっていたガスの存在をむしろ積極的に惑星形成を促す形で取り入れたモデル、それこそがガス乱流を考えたモデルであり、これを今回提案する。これは渦にトラップされたダストが渦中で成長し惑星になるモデルである。つまり惑星は公転周期によらず成長できるため、一様に成長するモデルとなる。今回、このモデルの中でも注目した点は、渦の相互作用である。ガスを考える上で生じる一番の困難は圧縮性流体を記述しなくてはならないという点であろう。そこで昔から言われている渦点を記述したオンサガーモデルに重力と湧き出し、吸い込みという圧縮性の効果を補填した拡張版を考えた。というのも、渦はケプラー回転している円盤状に存在するため、コリオリ力が生じる。それにより順渦は湧き出し渦のように、逆渦は吸い込み渦のように振舞っている様相が見られるためだ。今回はこの拡張版オンサガーモデルで渦の動きを数値計算したので、ぜひご覧いただきたい。

- [1] Johansen, A., et al. 2004, *A&A*, 417, 361

原始惑星系円盤の熱過程と自己重力不安定

惑星
10b

木村 成生 (大阪大学 M2)
8月1日 17:36 B (小会場 1)

角運動量を持った分子雲コアが自己重力により収縮すると、原始星と円盤が形成される。このとき、円盤が原始星に比べて比較的大きいと自己重力不安定になると考えられている。重力不安定状態になった円盤は分裂し、連星や巨大ガス惑星を形成すると期待されている。自己重力不安定になる条件は、円盤の温度が低く、回転が遅く、面密度が高いということが知られている。また、Gammie(2001)によれば、円盤が分裂するためには冷却時間と角速度の比が十分小さいことが必要である(ガミー条件)。そのため、円盤の角速度、面密度、温度を適切に求めることが重要である。本研究では、円盤の輻射冷却と粘性加熱との熱収支のつり合いを考え、与えられた面密度 Σ 、半径 r における温度を解析的に求めた。その際、温度によりダストの組成が変化することによるオパシティの変化を考慮して計算を行った。そして、 $r - \Sigma$ 平面上で重力不安定になる領域をプロットし、それが実現されるかどうかを考察する。また、ガミー条件は粘性加熱の際、 α 粘性を用いて議論している。 α 粘性は円盤を過熱するので、分裂を起こりにくくする方向に働くと考えられる。そこで、 α 粘性が存在しない場合を考える。円盤に周囲からガスが降着し、円盤が成長するとき、円盤形成時に熱化したガスがどのように熱進化をするのかを計算し、どこで最初に重力不安定が起こるのかを考察する予定である。

[1] Gammie, C. F. 2001, ApJ, 553, 174

ハービック Ae 星ぎょしゃ座 AB 周りの原始惑星系円盤の巨大惑星形成領域における微細構造の直接的な撮像

惑星
11b

藤井 淳 (東北大学 M1)
8月1日 17:45 B (小会場 1)

惑星形成領域と考えられる領域を超えた場所で広い軌道に存在する大質量惑星は、惑星形成後の惑星移動のシナリオ(惑星間の散乱や重力不安定)によって説明されると考えられている。それらのシナリオの検証には、原始惑星系円盤の内部領域($r < 50\text{AU}$)における詳細な情報が重要となる。今回紹介する論文は、円盤内部領域の微細構造を明らかにし理解するため、ハービック Ae 型星の一つであるぎょしゃ座 AB の周りの星周円盤を視線距離 22AU から 554AU まで高分解能 $1.6 \mu\text{m}$ 偏光強度 (PI) 撮像を行った。観測の結果、先の同天体の観測で報告された円盤外部領域における渦巻構造を確認し、それぞれ 40AU と 100AU において歪み(くぼみや傾斜角のずれ)を伴う二つリング構造とその間に広い楕円のリングギャップを新たに発見した。これらの微細構造は、円盤内に埋め込まれて見えない惑星の存在による摂動、または重力不安定 (GI) や磁気回転不安定 (MRI) に起因するのではないかと考察している。

[1] Hashimoto, J., et al. 2011, ApJ, 729, L17

可視高分散分光観測によるアウトフローの消失過程の研究

惑星
12b

井口 尚人 (神戸大学 M1)
8月1日 17:48 B (小会場 1)

アウトフローとは若い天体において観測される質量放出現象である。アウトフローは系から角運動量を捨て去ることから、円盤から中心星への質量降着と密接な関係があると考えられている。Hartigan et al. (1995) は高分散分光観測によってアウトフローには二つの視線速度成分があることを発見した。大きい視線速度を持つ成分は星起源のジェット、小さい視線速度を持つ成分は円盤起源のウインドと呼ばれている。アウトフローは光学的に厚い円盤を持つ古典的 T タウリ型星では普遍的に検出されるのに対し、光学的に薄い円盤しか持たない弱輝線 T タウリ型星ではほとんど検出されない。そこで、アウトフローの消失過程について調べるために Transition 天体に注目した。Transition 天体とは古典的 T タウリ型星と弱輝線 T タウリ型星の間の進化段階と考えられている天体で、 $10 \mu\text{m}$ よりも短い波長では赤外超過を示さないが、 $10 \mu\text{m}$ よりも長い波長では赤外超過を示すという性質を持つ。この性質は、円盤の内側 ($r \sim 1\text{AU}$) では、塵が合体・成長し、円盤が光学的に薄いのに対し、外側の円盤は光学的に厚いために起こると考えられている。私は Keck 望遠鏡のアーカイブデータを解析して Transition 天体の [OI]6300, [OI]5577 等の禁制線の強度比を測定した。本講演では禁制線の強度比を古典的 T タウリ型星と比較し、アウトフローの消失過程について議論する。

[1] Hartigan, P., et al. 1995, ApJ, 452, 736

[2] Kwan, J., & Tademaru, E. 1995, ApJ, 454, 382

[3] Najita, J. R., et al. 2007, MNRAS, 378, 369

New destriping method and the detection limit for planets around HD 23863

惑星
13b

小西 美穂子 (大阪大学 M1)
8月1日 17:51 B (小会場 1)

SEEDS (Subaru Strategic Exploration of Exoplanets and Disks Survey) は、すばる望遠鏡の HiCIAO/AO188 を用いて系外惑星探査とその形成過程解明を目的とするプロジェクトである。我々(散開星団チーム)は Pleiades のメンバー星を対象に選んだ。これによって系外惑星存在割合の統計的に議論が可能になる。本発表では、Pleiades 星団のメンバーである HD 23863 の解析結果を報告する。観測は ADI (Angular Differential Imaging) モード、H バンド ($1.6 \mu\text{m}$) で行った。取得した画像は 87 枚、積分時間は合計で 1200 秒、視野回転角は 46.6 度である。解析ではまず、アレイの読み出し時に生じるストライプ状パターンを高精度で除去する必要がある。中心星のマスクやストライプ除去の順番を工夫した新たなストライプ除去法を適用した。次に独自の手法で ADI 解析を行い、惑星の有無と検出限界を調べた。解析の結果、HD 23863 周辺には伴星・惑星は検出されなかった。検出限界は 21.4 等である。Baraffe et al. (2003) の進化モデルに従えば 7.2 木星質量に対応する。また他の天体での解析結果も合わせて報告する。

[1] Baraffe, I., et al. 2003, A&A, 402, 701

[2] Lafrenière, D., et al. 2007, ApJ, 660, 770

MOA-2010-BLG-523 の隠れた惑星

惑星
14b

神原 周平 (名古屋大学 M2)
8月1日 18:00 B (小会場1)

我々 MOA (Microlensing Observation in Astrophysics) グループは、ニュージーランドに設置した口径 1.8m の光学望遠鏡で、重力マイクロレンズ現象の観測をおこなっている。重力マイクロレンズとは、観測している天体 (ソース天体) と観測者の間に質量をもった天体 (レンズ天体) が通過したとき、ソース天体からの光がレンズ天体の重力によって曲げられ観測者にはソース天体が増光したように見える現象である。この原理を利用し我々は系外惑星を発見してきた。レンズ天体が系外惑星を付随していない場合、光度曲線が左右対称のイベント (シングルレンズイベント) として観測されるのに対し、レンズ天体が惑星を伴っている場合はシングルレンズに対してこぶのようなずれが見られる。そのずれの大きさは様々なパラメータに依存するので、いつも惑星の存在が一目で分かるとは限らない。今回紹介する MOA-2010-BLG-523 というイベントは一見するとシングルレンズのように見られるのだが、解析してみるとそのなかに隠れた惑星の存在が明らかになった。本講演では、その解析状況について報告する。

高軌道傾斜角を持つメインベルト小惑星の可視分光観測

惑星
15b

岩井 彩 (神戸大学 M1)
8月1日 18:03 B (小会場1)

小惑星帯 (メインベルト) に存在する一部の小惑星は、高い軌道傾斜角を持つ。このような小惑星は、天体形成後何らかの力学的作用を受けて軌道が変化したと考えられる。太陽系初期における力学的な天体軌道進化を明らかにするために、本研究では高軌道傾斜角を持つメインベルト小惑星の分光観測を行い、スペクトル形状による分類を行った。解析の結果、黄道面領域に存在するメインベルト小惑星よりも D タイプ小惑星の存在割合が高いことが分かった。

- [1] Morbidelli, A., et al. 2005, Nature, 435, 462
- [2] Bus, S. J., & Binzel, R. P. 2002, Icarus, 158, 146
- [3] Lazzaro, D., et al. 2004, Icarus, 172, 179

中質量赤色巨星による惑星飲み込み

惑星
16b

國友 正信 (東京工業大学 M2)
8月1日 18:06 B (小会場1)

1.5-3 太陽質量の赤色巨星の周りでは短周期惑星が発見されていない。その原因として、中心星が主系列星から巨星へと進化する間に短周期惑星が中心星に飲み込まれた可能性について調べた。そのために、恒星進化の数値計算と同時に、惑星の潮汐軌道進化を数値計算した。そして、惑星が飲み込まれない限界の軌道長半径 (= 「限界軌道長半径」) を計算した。観測と比較した結果、比較的質量の小さい巨星については飲み込み説が有効である一方、質量が大きな巨星については惑星飲み込みだけでは必ずしも観測を説明できないといえる結果を得た。

- [1] Villaver, E., & Livio, M. 2009, ApJ, 705, L81
- [2] Sato, B., et al. 2008, PASJ, 60, 539
- [3] Hut, P. 1981, A&A, 99, 126

ダークマターハローによる太陽系天体の軌道進化

惑星
17a

鈴木 貴之 (東京工業大学 M2)
8月1日 18:15 B (小会場1)

現在、長周期彗星の観測から、太陽系外縁部にはオールト雲という微惑星からなる構造があることが知られている。オールト雲が形成されたシナリオはいくつか考えられているが、そのなかで微惑星の軌道に影響をあたえるものとして考えられてきたのは太陽、太陽以外の恒星、惑星、銀河系の重力、の4つであった。しかし銀河系の質量の大部分はダークマターである。最近のシミュレーションによるとダークマターはサブハローの形でかたまりを持って銀河系に存在している。サブハローは銀河団サイズのものから地球質量サイズのものまで様々なサイズで存在し、小さなハローはその分、数多くある。現在のシミュレーションによると銀河系内のハローの個数密度はハローの質量のおよそ 2 乗に比例すると言われていて、地球質量程度のハローは 100 個/ pc^3 ある可能性がある。これは恒星の個数に比べると多く、太陽系に近接遭遇する頻度も高い。したがって、これらのハローがオールト雲の微惑星に摂動を与えた可能性が考えられる。本研究では、ダークマターハローが太陽-微惑星系に等方的に流入してくるモデルを考え、その時の太陽-彗星の相対速度分散の増加率を調べた。そのさい、ダークマターハローの質量プロファイルによって、その摂動の強さは変化する。その結果、質量プロファイルの与え方によっては、恒星の通過による効果と同等になる可能性があることが分かった。

- [1] Springel, V., et al. 2008, MNRAS, 391, 1685
- [2] Diemand, J., et al. 2008, Nature, 454, 735
- [3] Dones, L., et al. 2004, Comets II, 153

ドップラーシフト法による分光連星系の星周に付随する系外惑星の探査

惑星
18a

加藤 則行 (神戸大学 D2)
8月3日 11:00 B (小会場1)

FGK 型主系列星の半数以上が伴星を伴う連星系である。この連星系で系外惑星は、主星と伴星の平均距離が長い実視連星系のみで約 60 個が確認されただけである。一方、主星と伴星の平均距離が短い分光連星系では、系外惑星はまだ発見されていない。分光連星系では主系列星になる前に保持していた星周円盤が小さく、惑星が力学的に安定で存在できる領域も制限されるので、惑星を形成・維持できないと考えられてきた。しかし、近年の理論研究では、分光連星系の星周円盤では、もう一方の星からの摂動により、内部に濃い密度ムラがでやすいと考えられている。また、若い分光連星系の観測では、星周円盤は巨大ガス惑星を形成するのに十分な質量を持つことが分かった。以上のことは、分光連星系でも主星や伴星の周りに惑星が数多く存在することを示唆する。そこで、ドップラーシフト法を用いて、分光連星系を対象とした系外惑星の探査を実施した。観測には、岡山天体物理観測所の 188cm 望遠鏡と高分散分光器 HIDES を用いた。本講演では、2005 年から開始した探査の結果の一例を報告する。

- [1] Duquennoy, A., & Mayor, M. 1991, A&A, 248, 485
- [2] Boss, A. P. 2006, ApJ, 641, 1148
- [3] Duchêne, G. 2010, ApJ, 709, L114

重力マイクロレンズ法を用いた浮遊

惑星
19a

惑星探索

鈴木 浩太 (名古屋大学 M1)

8月3日 11:15 B (小会場1)

私の所属する MOA (Microlensing Observations in Astrophysics) グループでは、New Zealand の Mt. John 天文台で MOA-II 1.8m 広視野望遠鏡を用いて重力マイクロレンズ現象による系外惑星探索や浮遊惑星探索を行っている。重力マイクロレンズ現象とは、観測者と観測している天体 (ソース天体) との間に質量を持った物体 (レンズ天体) が横切ることによってソース天体の一時的な増光が見られる現象である。レンズ天体が木星質量程度の惑星の場合、この増光現象は数日程度である。今回、2006 年から 2007 年に我々 MOA グループが観測したデータを解析した結果、増光期間が 2 日以下の増光現象を 10 例検出し、これらの増光を引き起こしたレンズ天体は木星質量程度の浮遊惑星であることがわかった。この検出数の多さから、このような木星質量程度の浮遊惑星は主系列星の 2 倍ほどの数があるのではないかと予想されている。浮遊惑星の存在はすでに指摘されていたが、その量が見積もられたのは今回が初めてである。この結果により惑星の形成過程における議論をより定量的に行えるようになった。本公演では重力マイクロレンズ法を用いた浮遊惑星探索について発表する。

[1] Sumi, T., et al. 2011, Nature, 473, 349

惑星
20a

secondary eclipse 観測へ向けて

大貫 裕史 (東京工業大学 M2)

8月3日 11:30 B (小会場1)

今や系外惑星の発見数は 555 個 (6月9日現在) となり、次第に惑星の発見だけでなく、惑星自体の性質を詳しく観測しようという動きも始めている。その 1 つの観測手法として secondary eclipse の観測がある。(惑星の公転面が天球面にほぼ垂直なとき、地上の観測者から見ると惑星が主星の前を通過するときと後ろを通過するときがあり、前者を primary transit、後者を secondary eclipse と呼ぶ。)

secondary eclipse が起こる時は、惑星 (の昼側) 由来の光の分だけ地上から観測される光の強度が減ることになる。したがって、secondary eclipse を検出することは、惑星由来の光、つまり、惑星の反射光と惑星自身の輻射による光の交差光を検出することに同義である。このように、惑星の情報を直に得られる点が、最大の長所である。また、secondary eclipse を観測することで、惑星の有効温度やアルベド、惑星軌道の離心率などに大きな制約を与えることができ、さらに複数の波長で観測することにより、吸収線の位置や強度から惑星大気の組成が分かるという大きな利点もある。

本講演では、secondary eclipse 観測における状況を踏まえつつ、我々が岡山天体物理観測所の次期観測 (7月下旬 12月下旬) に提案した内容を、予測される (期待される) 観測結果と共に報告する。

[1] Smith, A. M. S., et al. 2011, arXiv:1101.2432

[2] Charbonneau, D., et al. 2005, ApJ, 626, 523

埼玉大学 40cm 望遠鏡を用いた太

惑星
21c

陽系外惑星のトランジット観測

大島 吾一 (埼玉大学 M1)

ポスター発表 (口頭なし)

太陽以外の恒星の周りを周回する惑星 (系外惑星) は、1995年に 51 Peg で初めて検出され、現在までに約 550 個検出されている。視線速度法で検出されている系外惑星を、惑星が恒星光を遮蔽することで起こる減光を観測するトランジット法を用いて追観測をすることによって、系外惑星の質量・半径・密度・軌道傾斜角といったより詳しい物理量を得ることができる。埼玉大学には、口径 40cm 望遠鏡が教育学部屋上 (8階) に設置されている。2009年度からこの望遠鏡を用いた系外惑星のトランジット観測を目指している。本研究では、この 40cm 望遠鏡と CCD カメラ ST-9XE を用いて、トランジット観測が行える環境を整えること、また、トランジット既知天体を観測、解析し、観測法と解析法の確立および観測精度の向上を目指すことである。対象天体は、減光率 1% 以上、3時間以上観測可能、 $V < 12$ 等以下とした。取得した画像の解析方法 (ダーク処理、フラット処理、アパーチャ測光) を 5 種類行い、それぞれの結果について観測精度を求めた。本講演では、各手法での解析結果と、精度向上のための課題であるフラットを含む観測方法、解析方法について議論する。

すばるアーカイブデータの詳細解析

惑星
22c

による太陽系外惑星探査

桑田 嘉大 (大阪大学 M2)

ポスター発表 (口頭なし)

惑星形成理論の構築や、地球外生命体の探査などを目的とした惑星探査が広く行われているが、現在までの成果には惑星検出方法ごとに検出実績の偏りが存在し、中心星からの距離ごとの統計的議論を行う際の障壁となっている。私の研究ではこの情報の偏りを改善するため、直接撮像法に注目し、すばる望遠鏡のアーカイブデータを総ざらいすることで系外惑星を探している。系外惑星探査の方法には、恒星から届く光の時間変動から惑星の存在を示唆する間接検出法と呼ばれる方法と、惑星からの光を直接捉える直接撮像法がある。これらの惑星探査法が行われてきた成果として、550 個以上の系外惑星が発見された。しかし、発見された惑星の大部分が間接検出法によって発見されたものである。間接検出法では恒星に近い領域に惑星検出感度が高いという特性がある。この惑星検出実績の偏りが存在するために、恒星から遠方の領域における惑星の情報を考慮することが難しく、惑星形成理論を観測結果から議論する際の致命的欠陥となっている。そこで注目されている方法が、恒星から遠方の領域に存在する惑星にも検出感度のある直接撮像法である。私は、この方法による惑星検出実績向上への手段として、現在までに撮影された恒星画像のうち、アーカイブデータとして公開されているものを入手・解析を施すという手法を用いることで、多くの恒星に対する惑星探査を効率的に行っている。

[1] Ida, S., & Lin, D. N. C. 2004, ApJ, 604, 388

[2] Boss, A. P. 2006, ApJ, 637, L137

[3] Nielsen, E. L., et al. 2008, ApJ, 674, 466

惑星
23a

ホットネプチューンの質量と平均密度 関係に対する系統的理解

黒崎 健二 (東京工業大学 M1)
8月3日 11:45 B (小会場 1)

1995年に系外惑星が発見されて以来、現在では500を超える系外惑星の発見が報告されている。系外惑星の検出方法の中で、中心星のゆれを測定する視線速度法と、惑星の食による中心星の見かけの減光を観測するトランジット法が主流である。とりわけ後者の発展がここ数年顕著である。最近では、 $1-10M_{\oplus}$ という小質量の系外惑星が次々に発見されている(それらは中心星近傍にあるため、「ホットネプチューン」あるいは「スーパー地球」と呼ばれる)。これら2つの観測法の組み合わせから、系外惑星の平均密度を求めることができ、この情報は、惑星の組成や内部構造を推定、さらには惑星の起源と進化を知る上で有用である。

発見された系外惑星を横軸を質量、縦軸を平均密度としてプロットすると、分布に特徴が見られ、惑星が未発見の領域がある。特に、低質量($1-10M_{\oplus}$)、低密度($<0.1g/cm^3$)で未発見の理由はまだよくわかっていない。

本研究では、ホットネプチューンを主なターゲットとし、 H_2O を主成分とする惑星の1次元内部構造モデリングと熱進化過程を数値計算した。また、中心星に近い($0.05AU$)ことから、質量散逸も考慮した。そして、惑星の内部構造、熱輸送形態の議論だけでなく、時間的な発展も含めて質量と平均密度の図上で H_2O 主体の惑星がどう分布すべきか系統的に調べた。

- [1] Nettelmann, N., et al. 2011, ApJ, 733, 2
[2] Sanz-Forcada, J., et al. 2011, arXiv:1105.0550
[3] Erkaev, N. V., et al. 2007, A&A, 472, 329

惑星
24a

系外惑星大気構造についての理論 的研究

田中 佑希 (名古屋大学 M1)
8月3日 12:00 B (小会場 1)

近年の観測技術の向上により、非常に多くの系外惑星が発見されている。なかでも、トランジット法を用いた検出方法では系外惑星の大気透過スペクトルが得られることがあり、これにより大気に含まれる物質や温度分布の推定が可能になりつつある。例として、ハッブル宇宙望遠鏡による系外惑星 HD 189733b の透過光の観測から、大気中に水とメタンが検出されている。また、系外惑星 HD 209458b が中心星の背後に隠れる“secondary eclipse”の際の測光観測からこの惑星が強い輝線スペクトルを出していることが分かっており、大気中の温度分布が逆転していることを示唆している。このように系外惑星の大気組成や構造が明らかになってくるにつれ、詳細な理論的予測がますます重要になってくる。系外惑星大気組成や温度分布の理論的な計算方法として、例えば parametric P-T profile という手法がある (Madhusudhan & Seager, 2009)。これは、パラメータ化した気圧と温度のプロファイルを、1次元の輻射輸送、静水圧平衡とエネルギー収支から求めるものである。この手法の従来の1次元大気モデルとの違いは、エネルギー収支を各大気層それぞれではなく大気最上部のみ与えているという点である。これにより得られる結果は広い範囲のパラメータによる大気構造の推測と良い一致を示す。本発表ではこのような手法についてのレビューを行い、惑星の構造や形成過程の決定への応用について議論する。

- [1] Madhusudhan, N., & Seager, S. 2009, ApJ, 707,

惑星
25a

Revisiting the Habitable Zone with hydrogen greenhouse effect

Xue Yuxin (東京大学 M1)
8月3日 12:15 B (小会場 1)

Classically, the habitable zone (HZ) is the region where an planet can maintain liquid water on its surface. Among more than 500 exoplanets discovered so far, some orbit of their host stars inside or near the HZ. Although, most of these planets are Neptune or Jupiter like gas planets. However, the Kepler mission can detect Earth-size planets in the HZ of solar-type stars which are most interesting for us. Also, some habitable candidates such as GL581d have been claimed via RV methods.

The HZ is typically calculated assuming an H_2O-CO_2 greenhouse atmosphere. However, since there are a variety of planets, we could consider the possibility that other atmospheres can maintain surface temperatures above the freezing point of water. For example, The H_2-He mixtures with Collision induced absorption could act as an incondensable greenhouse gas on Earth- to SuperEarth- mass planets beyond the classical habitable zone. I will discuss the HZ of exotic atmospheres, their dependence of some physical parameters like surface gravity and possible biosignatures from extraterrestrial planets in such HZ.

- [1] Pierrehumbert, R., & Gaidos, E. 2011, ApJ, 734, L13
[2] Burrows, A., & Orton, G. 2009, arXiv:0910.0248
[3] Seager, S. 2010, Exoplanet Atmospheres: Physical Processes. By Sara Seager. Princeton University Press, 2010. ISBN: 978-1-4008-3530-0,

D-term 較正による単一鏡偏波計測の高精度化

観器

01a

水野 いづみ (鹿児島大学 M2)
8月1日 14:00 C (小会場2)

本講演は Cenacchi et al.(2009) のレビューである。電波単一鏡観測で偏波 (Stokes I, Q, U, V) を計測するための手法を確立した。観測信号系の伝達経路において、光学系の非対称性や直交偏波間の混信 (D-term) がストークスパラメータに系統誤差を及ぼす。特に円偏波成分 V は天体由来の値が小さいので、高精度な観測システムが必要で、測定が困難と考えられてきた。今回開発した手法では、偏波較正天体を幅広い pallalactic angle で観測し、その結果から D-term の 2 次の項を解いて系統誤差を削減する。この手法を EB 100m 電波望遠鏡で試験した。この結果、D-term が 0.04-0.08% の精度で得られた。この D-term を惑星状星雲などの観測に適用した結果、Stokes V を 0.04-0.19% の精度で測定できた。今回の手法は多くの単一鏡でのシステムで使える。

[1] Cenacchi, E., et al. 2009, A&A, 498, 591

大型低温重力波望遠鏡 (LCGT) 計画

観器

02a

- 重力波の初検出を目指して -
関口 貴令 (東京大学 M2)
8月1日 14:15 C (小会場2)

神岡鉱山に 3 km の基線長を持つ干渉計型重力波検出器を建設し、重力波の世界初検出を目指す LCGT (Large Cryogenic Gravitational-wave Telescope) 計画がついに昨年始動した。本講演では LCGT の現状や今後の計画、海外の他の検出器 (LIGO, Virgo, GEO) との違いなどを説明する。

LCGT の技術的側面とノイズ対策

観器

03a

牛場 崇文 (東京大学 M1)
8月1日 14:30 C (小会場2)

神岡鉱山に基線長 3 km の干渉計型重力波検出器を抽出し、世界初の重力波検出および年に数回程度の重力波観測をめざす LCGT (Large Cryogenic Gravitational-wave Telescope) 計画が昨年より始動した。重力波観測は種々のノイズとの闘いであり、ノイズ低減のために様々でかつ非常に高度な技術がいたるところで活用されている。本講演では LCGT の特徴に関して技術的な側面とノイズとの関係を取り入れながら概説するとともに、特に海外の重力波検出器にはない地下サイトの利用および低温技術に重点を置いて説明する。

スペース重力波アンテナ DECIGO 計画

観器

04a

田嶋 茂樹 (法政大学 M2)
8月1日 14:45 C (小会場2)

重力波は一般相対論により予言されていた光速で伝播する時空のさざ波である。その発生源として連星中性子星や巨大ブラックホール、超新星爆発などがある。1970 年代には Taylor らによる連星パルサーの観測でその存在が

間接的に証明されたが重力波の相互作用が非常に小さいことから直接検出は成されていない。重力波の検出方法としてはレーザー干渉計によるものが主流であり日本の TAMA300 や LCGT、アメリカの LIGO などの基線長が数百 m から数 km の大型レーザー干渉計型重力波検出器が挙げられる。これらの干渉計の高感度化により近い将来、重力波の直接検出が期待されている。一方、宇宙空間で重力波観測を行う計画もありそれがスペース重力波アンテナ DECIGO (DECi-hertz Interferometer Gravitational-wave Observatory) である。これは太陽周回軌道に設置した宇宙機によって構成される正三角形の基線長 1000km の重力波検出器で 2027 年を打ち上げ目標として研究開発が進められている。DECIGO 計画は 0.1 Hz 付近の重力波を観測対象としていて LCGT や LIGO の観測帯域に比べ非常に低周波である。この帯域による観測でインフレーションの確認、ダークエネルギーの解明、巨大ブラックホール形成のメカニズムの解明などが期待され、LCGT で創成されるであろう重力波天文学をさらに発展させることを目指している。本講演では DECIGO の目的、ロードマップ、概念設計の現状などを報告する。

重力波観測におけるデータ解析の概要と今後の課題

観器

05a

橋詰 克也 (総合研究大学院大学 M1)
8月1日 15:00 C (小会場2)

重力波は重力場の時間変動で生じる時空のさざ波である。この波は光速で時空を伝播し、物質との相互作用が非常に弱いという性質を持つ。よって電磁波とは異なり、波源からの信号は吸収、散乱されにくい。これを観測できれば電磁波では得られないような天体の情報を得ることができる。重力波は連星パルサーの観測から間接的にその存在が確かめられているが、未だに直接的な検出がされておらず、そのための技術開発が進められている。

現在、我々は大型光干渉計による重力波検出を目指している。検出器の高感度化に並んで重要なのは検出器からの信号のデータ解析である。理論的に予測される重力波信号の大きさは、検出器自体の多くの雑音と同程度以下である。したがって、雑音に埋もれている微弱な重力波信号を切り分ける技術が必要になる。

本講演では、現在の重力波データ解析の手法や今後の課題について扱う。

ガス検出器を用いた MeV ガンマ線

観器

06a

観測に向けての気球実験計画その 1
古村 翔太郎 (京都大学 M1)
8月1日 15:15 C (小会場2)

サブ MeV から数十 MeV 領域での線観測は、活動銀河核のジェット、ブラックホール近傍の重力場、超新星残骸による元素合成など現在未解決な現象の解明に重要である。

この領域で優位な相互作用はコンプトン散乱であるが、検出器中でコンプトン散乱を起こすと線のエネルギーの一部しか捉えられないため、通常の検出器では精度良く観測することができない。そのためこの領域ではコンプトンカメラと呼ばれる、コンプトン散乱における反跳電子と散乱線のエネルギーを同時に観測する検出器が用いられ

る。しかしこの領域ではバックグラウンドが非常に強い
ため、従来のコンプトンカメラでは他の波長域よりはるかに
感度が悪い観測しか行えていない。

そこで当研究室では、従来のコンプトンカメラでは測定
できなかった反跳電子の飛跡も捕らえる電子飛跡検出型
コンプトンカメラ (ETCC) の開発を行っている。反跳電子
は多重散乱により容易に方向を変えるためその飛跡を検出
することは難しいが、我々は μ -PIC と呼ばれる独自に開
発したガス検出器を使用することでこれを実現している。
反跳電子の飛跡を捕らえることで、反跳電子と線の幾何
学的な配置を決定でき、光子毎にコンプトン散乱を再現す
ることができる。さらに運動学的な制限により、我々の検
出器は強いバックグラウンド除去能力をもつ。

本講演では MeV 領域におけるガンマ線観測の意義と、
ETCC の原理について発表を行う。

[1] Takada, A., et al. 2011, ApJ, 733, 13

ガス検出器を用いた MeV ガンマ線 観測に向けた気球実験計画その 2

観器
07a

佐藤 快 (京都大学 M1)
8月1日 15:30 C (小会場 2)

我々はサブ MeV から MeV ガンマ線での全天探査を目
指し、電子飛跡検出型コンプトンカメラ (ETCC) を開発
している。

ETCC の衛星搭載の前段階として、気球に搭載しての
テスト観測を行っている (SMILE 計画)。一回目の気球実
験 (SMILE-?) では宇宙拡散ガンマ線、大気ガンマ線の検
出に成功した。

今後さらに大規模な気球実験 (SMILE-?) が計画されて
おり、それに向けて ETCC の検出感度の向上が必要であ
る。今回はカメラを構成するガス検出器の大型化と側面を
覆うシンチレーションカメラの増設を行った。

本講演では SMILE 計画の概要と ETCC の開発状況に
ついて口述する。

[1] Takada, A., et al. 2011, ApJ, 733, 13

[2] Ueno, K., et al. 2008, Proc. SPIE, 7011,

雷や雷雲からの放射線観測実験

観器
08a

岩田 憲一 (芝浦工業大学 M1)
8月1日 15:45 C (小会場 2)

放射線観測技術が発達した近年になって、BATSE 衛星
による地球由来のガンマ線のバースト現象 TGF の発見
や、Fermi 衛星による雷雨からの陽電子の発見、また自然
雷からの硬 X 線放射の検出が報告されている。この硬 X
線は雷や雷雲内の高電場領域によって相対論的領域まで加
速された電子からの制動放射 X 線に由来するといわれて
いる。具体例の一つとして、柏崎刈羽原子力発電所内のモ
ニタリングポストから、冬の日本海沿岸で活発化する雷雲
活動と同期した放射線量の増大が報告されている。この現
象についてより詳しく観測するために、理研を中心とした
研究グループによって制作された観測装置が柏崎原発内の
建物の屋上 2カ所に設置されている。この装置はガンマ線
検出用に NaI シンチレータを使用し、環境放射線や荷電粒
子による影響を少なくするために BGO シンチレータとプ
ラスチックシンチレータを使用している。これまでの観測
によって、雷雲から 10MeV のガンマ線が数十秒にわたっ
て放出されていることが分かっている。しかしガンマ線が
放出される範囲は狭いうえに雷雲とともに移動してしま

うため、正確な継続時間や放出点については分かっていな
い。これらの問題を解決するために新しく検出器を設置す
ることが決まったのでその特徴についてと、ガンマ線放射
と雷雲内の電場についての関係性をより明確に示している
昨年の観測結果についての報告を合わせて行う。

TES 型 X 線マイクロカロリメータ の開発と現状

観器
09a

榎島 陽介 (首都大学東京 M1)
8月2日 13:30 C (小会場 2)

我々はダークバリオン探査や宇宙の大規模構造の解明を
目指し、次世代 X 線天文衛星搭載へ向けた X 線分光器
TES (Transition Edge Sensor) 型マイクロカロリメータ
の開発を行っている。これは入射 X 線光子のエネルギー
による素子の微小な温度上昇を、超伝導遷移端における急
激な抵抗変化を利用して測る検出器である。従来の半導体
型に比べ 1 桁以上優れた分光能力を持ち、100 mK 程度
の極低温で動作させることで数 eV という高いエネルギー分
解能の達成が可能である。我々は TES 温度計に超伝導金
属 (Ti) と常伝導金属 (Au) の二層薄膜を使用することで、
近接効果を利用して遷移温度をコントロールしている。こ
れまでにチーム内で自作した単素子で 2.8 eV @ 5.9 keV
(Mn-K) を実現した。これは NASA の世界最高性能
1.8 eV に迫る性能である。搭載の実現には 1 cm 四角の
基盤で、16 x 16 ピクセル以上のアレイ素子全体でエネ
ルギー分解能が ≈ 5 eV を得る必要があり、X 線吸収体無
しの 16 x 16 ピクセルで 4.4 eV を得た。しかし、配線を
同一平面に配置した単層配線では、密集した大規模ピク
セルの実現において、配線スペース、ピクセル間クロスト
ークが問題となる。そこで我々は $\sim 15 \mu\text{m}$ 幅の Al や Nb
の配線を酸化膜の絶縁体を挟んで重ね合わせた積層配線
を試作し、性能評価を行った。現在は積層配線化に伴い見
つかった課題の解決に取り組んでいる。本講演では開発の現
状等を述べる。

[1] Ohashi, T., et al. 2006, Proc. SPIE, 6266,

[2] Akamatsu, H., et al. 2009, American Institute of
Physics Conference Series, 1185, 191

TES 型 X 線マイクロカロリメータ における X 線吸収体の最適化

観器
10a

永吉 賢一郎 (東京大学 M1)
8月2日 13:45 C (小会場 2)

TES 型 X 線マイクロカロリメータは、入射した X 線光
子 1 個 1 個のエネルギーによる素子の温度上昇を、超伝
導遷移端における急激な抵抗変化を温度計として利用す
る (Transition Edge Sensor ; TES) ことで測定する検出器
である。そのため 0.1K 程度の極低温において数 eV という
高いエネルギー分解能を達成でき、次世代の X 線分光器
として世界中で研究が進められている。我々は 5.9keV の
X 線に対し、2.8eV の分光性能を達成している。しかし X
線吸収体の面積は TES より小さく、開口効率の向上が課
題であった。X 線吸収体は検出効率が高く、熱容量が小さ
く、熱伝導度が高いことが要求される。吸収体が大い
方が検出効率が向上するが、熱容量が大きくなるためエネ
ルギー分解能は劣化する。これらを最適化し、実現可能なプ
ロセスを選択する、様々な条件を考慮した設計が不可欠
である。私は TES より大きい面積を持ち TES と接続す
るための細い幹を持つ構造の、マッシュルーム型吸収体の開
発を始めた。マッシュルーム型吸収体では、吸収体の面積

が大きくなることによって吸収体内部の熱拡散が問題となり得る。熱伝導度の高い良質な膜を作成できる電析を利用して吸収体を成膜し、開口効率とエネルギー分解能の向上の両立を目指している。

[1] Yoshino, T., et al. 2008, Journal of Low Temperature Physics, 151, 185

X線マイクロカロリメータ読み出しに用いる SQUID 電流計の開発と評価

観器
11a

山本 亮 (東京大学 M1)
8月2日 14:00 C (小会場2)

宇宙空間における高温、高エネルギー天体からは X 線が放射されており、その X 線を精密分光し、各輝線の微細構造を見ることで、放射天体の物理状態や元素組成を理解することができる。X 線マイクロカロリメータは X 線のエネルギーを素子の温度上昇として測定する分光器であり、我々は温度計として超伝導遷移端を使用する TES 型 X 線マイクロカロリメータの開発を続けている。TES の超微小な電流変化を読み出すには、低ノイズかつ低インピーダンスの電流計が必要である。その点で超伝導量子干渉計 (SQUID) は最良の電流計である。SQUID はジョセフソン効果 (二つの超伝導体を各々の波動関数が重なりを持つ程度に接近させるとその間で超伝導トンネルの位相差に比例した電流が流れるという現象) を利用した測定素子である。DC-SQUID は二つのジョセフソン接合を持つワッシャーであり、位相差はワッシャーを貫く磁束によって決まる。そこで、TES と SQUID をコイルを介して結合することで電流計として使用できる。我々は 8 入力 SQUID という複数の入力コイルによって TES の信号を多重化できる SQUID の開発を行っている。また、宇宙環境下での動作を確認するため SQUID にプロトン照射し、照射前と照射後の SQUID の特性を評価した。本講演では SQUID の原理、特徴および、我々の開発している SQUID の特性について発表する。

X線マイクロカロリメータ動作のための断熱消磁冷凍機の開発

観器
12a

國久 哲平 (金沢大学 M1)
8月2日 14:15 C (小会場2)

X 線マイクロカロリメータは X 線天文学に画期的な発展をもたらすことが期待される X 線分光検出器である。入射光子 1 つ 1 つのエネルギーを素子の温度上昇として計測するため、100 mK 以下の極低温下で動作させることで優れたエネルギー分解能を実現する。無重力の人工衛星上で 100 mK を実現するには断熱消磁冷凍機 (ADR) が必要であり、我々のグループはその開発を進めている。我々はこれまでに、常磁性体のカプセルを自作し、超伝導磁石や熱スイッチとともに専用のクライオスタットに組み込んで ADR として動作するようにした。また冷凍機内部の配線や多層断熱材 (MLI) の設計を見直して侵入熱を極力抑えるようにした。その結果、これまでに最低到達温度 84 mK と、100 mK で 7 時間以上の保持時間を達成することができた。現状では、励磁した際に発生した磁化熱を排熱しきるまで、また消磁後に最低温度に到達するまでに長い時間がかかり、ADR のオペレーションを律速しているが、これについては系の熱容量や熱伝導度を調べて原因を追求し、その結果をもとに性能改善を目指している。現在は自

作した ADR を用いての X 線マイクロカロリメータの動作に移行しつつある。これまでに素子の抵抗 - 温度特性の評価を行ない、読み出し系として使用する SQUID 素子の動作にも取り組んでいる。本講演では、これらの研究内容について紹介する。

ASTRO-H 衛星搭載 SXS 波形処理システム PSP のアルゴリズム検証

観器
13a

檜山 祐一 (首都大学東京 M1)
8月2日 14:30 C (小会場2)

現在 2013 年度打ち上げを目指し日米欧の国際協力での X 線天文衛星 ASTRO-H の開発が進められている。衛星には軟 X 線分光システム SXS (Soft X-ray Spectrometer) が搭載され、0.3-12keV のエネルギー領域を 5eV という超高精度のエネルギー分解能の実現が可能である。入射 X 線は、50mK の極低温に冷却されたマイクロカロリメータと呼ばれる検出器で、素子の微小温度変化として検出される。カロリメータは 36 ピクセルから成り、各ピクセルで吸収された X 線パルスは、XBox (X-ray Box) と呼ばれる装置で増幅・A/D 変換され、PSP (Pulse Shape Processor) に送信される。PSP とはカロリメータのデジタル波形処理を担う装置であり、ここで詳細な波高解析が行われる。今回、NASA/GSFC が製作したカロリメータ素子の試験モデルで実際に取得した生波形データを、PSP の機能をソフトウェア上で模擬したプログラム (sxspsspsim) を用いて波形処理を施し、詳細な解析を行った。その結果、PSP による波形処理アルゴリズムで 5eV のエネルギー分解能を実現できることを確認した。

X線 CCD 用可視光遮断膜の性能評価

観器
14b

池田 翔馬 (工学院大学 M1)
8月2日 14:45 C (小会場2)

我々は宇宙 X 線を検出するための X 線 CCD の開発を行っている。X 線 CCD は X 線以外に、可視光・紫外線にも感度があるため、可視光・紫外線を遮断する必要がある。Suzaku 衛星に搭載している XIS (X-ray Imaging Spectrometer) は CCD の前面に可視光・紫外線を遮断するための薄膜 (OBF: Optical Blocking Filter) を装備している。OBF は薄膜であるため、取り扱いが難しく、衛星を打ち上げる際の振動で破れる恐れがある。そこで我々は可視光遮断対策として、CCD 素子表面に直接コートする OBL (Optical Blocking Layer) の開発を進めており、OBL をコートした X 線 CCD (OBL-CCD) を試作した。この OBL-CCD の性能を評価するために、我々は高エネルギー加速器研究機構のビームライン BL-11A において、2keV 以下の軟 X 線を照射し CCD のエネルギー分解能、読み出しノイズ、暗電流の測定を行った。また何もコートしていない CCD (NO-OBL-CCD) にも同様の実験を行い、OBL の有無で性能に違いがないか確認を行った。1400eV の単色の X 線に対して、OBL-CCD のエネルギー分解能は、 $220 \pm 15\text{eV}$ と分かり、結果として OBL をコートすることによって性能が劣化することがないことを確認した。また、読み出しノイズと暗電流はそれぞれ $16.1 \pm 0.7\text{e}^-$ 、 $1.00 \pm 0.36\text{e}^-/\text{s}$ であった。ASTRO-H SXI (Soft X-ray Imager) の X 線 CCD は Al 単層の OBL を採用する予定となっているため、今後は Al 単層の OBL-CCD の性能評価を行っていく。

観器
15b

ガス電子増幅器 (GEM) を応用した
X 線検出器の研究開発
金子 健太 (工学院大学 M1)
8月2日 14:48 C (小会場 2)

近年の微細加工技術の発達によって生まれたガス放射線検出器の総称を MPGD(Micro Pattern Gas Detector) という。MPGD の一種であるガス電子増幅器 (GEM) は、高い増幅率をもち、大型化が容易で、高い解像度の 2 次元イメージングが可能なることから、医療機器、宇宙観測など、様々な分野への応用が期待されている。我々は、GEM を利用して、医療応用や宇宙利用を視野に入れた X 線検出器の基礎開発を行っており、その一環として、硬 X 線に対して感度を持たせるために、表面に Au をコーティングした GEM(Au-GEM) の開発を行っている。Au は大きい物質質量を持つ物質なので、ガスよりも硬 X 線と光電効果を起こしやすい。この特性を利用して、硬 X 線を GEM 表面の Au で相互作用させ、Au-GEM 表面で発生した光電子を、Au-GEM の下段に設置した普通の GEM(Standard-GEM) で増幅することで硬 X 線を検出する。現在、我々はこの Au-GEM が検出器として応用できるかを調べるための性能評価を行っている。性能評価項目は、Au-GEM への印加電圧、取得したスペクトルの形状、検出効率などである。性能評価実験では、10cm × 10cm の大きさの Au-GEM を同じ大きさのドリフトプレーン、Standard-GEM、3cm × 3cm の読み出しパッドと一緒に検出器内に搭載した。検出器内は Ar と CH₄ が 9:1 で混合されたガス (P10 ガス) で満たし、校正線源として 55Fe(5.9keV) を照射した。本発表では、本研究の経過について発表する。

観器
16b

湾曲 Si 結晶に対する偏光 X 線評価
岡田 豪太 (中央大学 M1)
8月2日 14:51 C (小会場 2)

X 線偏光観測では検出効率、検出感度、エネルギー帯域が重要である。中でもブラッグ反射を利用した偏光計は検出感度は良いが、エネルギー帯域が狭いという欠点がある。我々は湾曲させた Si 結晶を測定に用いることでエネルギー帯域に幅を持たせようと考えた。DLC(ダイヤモンドライクカーボン) を Si 結晶 (400) に蒸着することで残留応力が生じ円筒状に湾曲させることができ、その反射面は非常に滑らかである。無偏光 X 線 (銅の特性 X 線:8.05keV) で様々な曲率の試料を用いて反射率測定を行った。曲率に対応した反射幅を得ていることを確認した。さらに積分反射率は曲がっている Si 結晶のほうがより高い結果を得た。これは完全結晶性による消衰効果が薄れたのが原因だと思われる。次に偏光 X 線で M:モジュレーションファクターを求めた。モジュレーションファクターは偏光感度を意味する指標であり 0 から 1 で表される。Si 結晶の曲率によらず、銅の特性 X 線に対してモジュレーションファクターは 0.8 という結果が得られた。もし X 線天文学において重要である鉄の特性 X 線 (6.7keV) を用いたならばこの値は約 1.0 になる。以上の結果から湾曲 Si 結晶は有効な偏光計になりうると思われる。

観器
17b

X 線撮像偏光観測に向けた曲がった
Si 結晶反射鏡の作製
栗屋 崇 (中央大学 M1)
8月2日 14:54 C (小会場 2)

我々は X 線撮像偏光計の新しい素材の開発のために、高いモジュレーションファクターを期待できる、結晶におけるブラッグ反射の原理に着目した。さらに、X 線天文学で重要とされる鉄の特性 X 線に対してブラッグ反射を起こすように基板に Si(400) を採用し、それを曲げることによってエネルギー帯域を広げ偏光 X 線の連続成分も観測できる反射鏡を作製しようと考えた。

プラズマ CVD 装置を用いて Si ウエハの反射面と反対の面に Diamond-like Carbon(DLC) 薄膜を蒸着した結果、基板と薄膜の間に残留応力が発生し、蒸着面が凸となる方向に滑らかな円筒状に曲がった。そこで薄膜の厚さと曲率半径の関係性を見出し、自由な曲率を再現できるようになった。この工程では大きい試料を大量に作製することができるため、必要に応じて広い有効面積を持った反射鏡を作ることが可能である。さらに、基板の種類によらず曲げることができるため、異なる結晶を加工してみることでより高い検出能力を得ることができると期待される。

現在我々は、円筒状に曲がっている結晶を双曲面に曲げようと試みている。双曲面は入射した X 線を一点に集光するため、検出器を小さくし S/N 比を下げるができる。さらに CCD カメラなどを用いることで撮像も可能となる。我々の研究によって、他波長の観測で見ることのできなかった多くの新しい情報を得ることができると期待される。

観器
18b

MAXIDB(Monitor of All-sky
X-ray Image DataBase) の高速化
浅田 真 (日本大学 M1)
8月2日 15:00 C (小会場 2)

全天 X 線監視装置:MAXI(Monitor of All-sky X-ray Image) では、観測された 1 つの X 線イベントに対してデータを取り MAXIDB(DataBase) に保存する。このイベント数は 1 日に約 500 万件と膨大なデータ量である。膨大なデータが納められてる DB からデータの検索を行うと、全データを検索にかけるため、検索時間がデータ量に比例して増加する。そこで、検索の高速化技術であるインデックス機能を用いたが、データ量が多すぎたため、データ検索時に DB の記憶媒体である HD のシーケンシャルタイムが増加し、検索時間が遅くなる。そこで、シーケンシャルタイムが HD と比べて非常に少ない SSD を記憶媒体に用いた時、HD と比較して DB において、挿入・削除・検索等の評価を行った。講演では 2 つの比較結果を示す。

観器
19b

実験室における広視野多天体補償光
学の評価、および開発
大野 良人 (東北大学 M1)
8月2日 15:03 C (小会場 2)

地上にある望遠鏡は、特に可視・赤外の領域で大気の影響を受けて望遠鏡自体の回折限界での観測が難しい。例えば、すばる望遠鏡では回折限界が ~0.07arcsec であるのに対して、大気の影響により分解能は ~0.5arcsec まで下がってしまう。補償光学 (Adaptive Optics, AO) はこの大気による影響をリアルタイムで補正し、地上での望遠鏡の回折限界での観測を実現するシステムである。しか

し、従来の AO システムでは一度に補正できる範囲が ~ 10arcsec と非常に狭い。これに代わる新しい AO システムとして広視野多天体補償光学 (Multi-Object Adaptive Optics, MOAO) が検討されている。この MOAO システムを用いれば数 arcmin ~ 数 10arcmin まで補償範囲を広げることが可能となる。現在、この MOAO システム開発のための基礎実験として、実験室で MOAO システムを再現し、システムの評価、開発を行っている。本発表では MOAO システムの概念と研究の現状について説明する。

観器
20b

南極 2.5 m 可視望遠鏡による観測システムの開発

近川 祥雄 (東北大学 M2)
8月2日 15:06 C (小会場2)

南極大陸高原は極寒で乾燥しているため、天体観測において好条件が揃っているスポットである。南極観測ではシーイングが地球上で最も良い 0.3 秒角、つまり大気の影響が少なく、ドームふじは標高 3810 m で、雪が凍った高原地帯の氷床では高気圧帯ということもあり天気が年中良い。そして、低温であるから大気熱放射が少なく、水蒸気による吸収も少ない。また、接地境界層と呼ばれる乱流層があるがドームふじでは極めて低く (1.8 m) 接地境界層の上に大型望遠鏡を建設できるという点で有利である。我々東北大学市川研究室グループは、ドームふじに口径 2.5 m の望遠鏡を建設予定であるが、この南極望遠鏡は現在世界でもトップクラスのハワイ島マウナケア山 (4200 m) にある口径 8 m のすばる望遠鏡と比べて遜色ない性能である事が期待される。口径 2.5 m の望遠鏡を南極の極寒の環境で問題なく動作させることは極めて難しい。よって、その前段階技術実証試験として 2.5 cm 望遠鏡観測システムを開発し、ドームふじに設置、観測を行う。

観器
21b

セプタム型円偏波分離器を用いた ASTE 搭載サブミリ波 VLBI 観測用 230GHz 帯受信機の開発

木澤 淳基 (大阪府立大学 M2)
8月2日 15:09 C (小会場2)

我々は現在、サブミリ波 VLBI 観測のための ASTE 搭載用 230GHz 帯カートリッジ型受信機を開発を行っている。2010 年には円偏波発生手法として 1/4 波長板を用いた SIS 受信機を開発し、2010 年 4 月に ASTE に搭載、VLBI 観測が行われた。この観測ではいくつかの天体からの信号の受信に成功し、現在は相関処理を進めている。この方法では片円偏波のみの観測となるため、円偏波発生的手法を 1/4 波長板から新たに開発を行ったセプタム型円偏波分離器へと変更し、これを用いた新たな受信機を開発を進めている。230GHz 帯でのセプタム型円偏波分離器は世界的にもまだ実用化されておらず、搭載されれば世界初となる。

常温でのシミュレーションで、周波数 220GHz ~ 240GHz における挿入損失 0.8dB 以下、反射損失 20dB 以下、アイソレーション 30dB 以下、位相差 $90^\circ \pm 5^\circ$ 以内という結果が得られている。現在、新たに 200GHz 帯のネットワークアナライザを整備し、開発した円偏波分離器の電気的特性の評価を進めている。230GHz での測定結果として、挿入損失 1.4dB、アイソレーション 12dB という値が得られており、解析結果や測定系、製作誤差等につい

て検討中である。

本講演では 230GHz 帯円偏波分離器の特性、および新たな受信機開発の進捗状況について述べる。

観器
22b

ASTE 望遠鏡搭載 345GHz 帯両偏波受信機の開発

栗津 友哉 (大阪府立大学 M1)
8月2日 15:15 C (小会場2)

私は南米チリ、アタカマ砂漠に設置されている ASTE (Atacama Submillimeter Telescope Experiment) 望遠鏡に搭載する、345GHz 帯の新受信機を開発を行っている。現在 ASTE で用いられている 345GHz 帯用の受信機は、天体からくる信号のうち、片偏波成分しか受信できないシステムであった。観測対象である分子雲は 10K と低温であるため、その信号は非常に弱い。そのような弱い信号を受信するためには、できるだけ性能の良い (感度の良い) 受信機を用いる必要がある。そこで私は片偏波しか受信できない ASTE 345GHz 帯用の受信機を改良し、両方の偏波を受信できるシステムにすることを目指した。345GHz 帯用受信機の両偏波化を実現するために OMT (Orthomode Transducer) と呼ばれる、入力された信号を縦偏波と横偏波の二つに分離する装置を取り付けることにした。OMT を取り付けると、受信機に取り付けるコンポーネントの数は約二倍となる。しかし、ASTE の受信機は装置を取り付ける範囲が小さい。そこでまず、3D CAD のソフトを用い、全てのコンポーネントが収まるように受信機の設計を行った。また、345GHz 帯の OMT の挿入損失・アイソレーションの測定も行った。本講演では ASTE 望遠鏡搭載用の 345GHz 帯受信機の設計と、OMT の評価実験に関する報告を行う。

観器
23b

野辺山 45m 電波望遠鏡に搭載する 100GHz 帯新マルチビーム受信機 Dewar の開発

片瀬 徹也 (大阪大学 M2)
8月2日 15:18 C (小会場2)

我々は、野辺山 45m 電波望遠鏡に搭載する 100GHz 帯新マルチビーム受信機を開発を行っている。この受信機の目標は 4 ビーム、両偏波、両サイドバンドの同時受信による高効率な観測である。この目標を達成するためには冷却ホーン $\times 4$ 、2SB Mixer $\times 8$ 、IF コンポーネント (Isolator, LNA) $\times 16$ など、多数の受信機コンポーネントが必要となり、実装や熱流入などの問題がある。そこで、1) 作業性: 実際に組立が可能であるかを考慮した設計、2) 熱流入の計算: 既存の冷凍機 (3W @ 4 K) で冷却可能であるか、3) 光学アライメントの調整: 冷却によるホーンのずれなどのアライメント誤差の減少を目指して設計を行い、実装を進めた。さらにこの受信機は横倒しの状態で設置され、望遠鏡の駆動に合わせて $\pm 90^\circ$ 以上回転するため、光軸変形の防止機構や Dewar の外側にある常温 LO 系などの配置方法も検討した。今年の 5 月には 45m 鏡に搭載し、試験観測を行った。その際、サブレフの位置調整や土星を用いたビームパターン測定などを行い、IR+10216 の $^{13}\text{CO}(J=1-0)$ を観測し、ファーストライトを達成した。今回の発表では、受信機の設計、組立、試験観測の様子について報告する。

観器
24b

NANTEN2 望遠鏡と観測結果

福田 達哉 (名古屋大学 M1)
8月2日 15:21 C (小会場2)

NANTEN2 望遠鏡はミリ波・サブミリ波帯の電波を観測できる口径4mの電波望遠鏡である。本望遠鏡はチリ・ラスカンパナス天文台(標高2400m)で稼働していた「なんてん」望遠鏡のアップグレード版であり、2004年にミリ波・サブミリ波観測に最適な場所であるチリ北部のアタカマ高地(標高4800m)に設置したものである。観測周波数帯は115GHz、230GHz、500GHz、800GHz帯であり、CO輝線及びCI輝線の観測が可能である。また、500・800GHzは各8素子の多素子受信機であり、同時受信が可能である。NANTEN2に搭載されている高感度受信機または多素子受信機システムと小口径望遠鏡の組み合わせが、短時間に高感度で広範囲のサーベイを可能にしている。我々は現在115GHz受信機、500・800GHz帯受信機を搭載しており12CO(J=1-0)と13CO(J=1-0)等のスペクトル観測を精力的に行っており、分子雲の形成や進化過程、そして星形成のメカニズムの解明などに取り組んでいる。これまでの観測対象は大小マゼラン銀河、超新星残骸に付随する分子雲、大質量星形成領域、銀河系中心部での分子雲磁気浮上ループ、および分子雲ジェット等と非常に多岐にわたっている。本発表ではNANTEN2の性能および研究成果、およびこれからの研究計画について紹介する。

観器
25b

NASCO 計画に向けた100GHz帯受信機の開発及び展望

和田 雅司 (名古屋大学 M1)
8月2日 15:24 C (小会場2)

我々の研究室では南米チリ北部・アタカマ高地(標高4800m)に設置したミリ波・サブミリ波望遠鏡を用いて分子雲の観測を行っている。ミリ波においては昨年度までは230GHz帯のCO(J=2-1)輝線観測を主に行ってきた。今年度からは新たに100GHz帯での超高域サーベイ計画NASCO(Nanten Super-CO survey as Legacy)を実施している。2010年度よりY-factor法による115GHz用のSIS素子の評価を行ってきた。2011年1月より100GHzテスト受信機(DSB1ビーム)の搭載、多輝線同時観測のための中間周波数帯(IF系)の広帯域化、分光計の増強を行い、12CO(J=1-0)輝線、13CO(J=1-0)輝線の同時観測システムを構築し現在観測を行っている。NASCOは全天の70最終的には4ビーム、両バンド分離型ミキサ(2SBミキサ)、両偏波同時観測システムにする予定である。本公演では2011年1月より搭載したシステムの概要から最終目標のシステムの概要、さらに現在進めている実験・計画について報告する。

[1] Nakajima, T., et al. 2008, PASJ, 60, 435

観器
26b

1.85m 電波望遠鏡：望遠鏡の性能評価

阪口 翼 (大阪府立大学 M2)
8月2日 15:30 C (小会場2)

我々は、広域分子雲観測を目的とする1.85mミリ波・サブミリ波望遠鏡の開発を行っている。現在までに、2SB受信機を用いた230GHz帯(J=2-1)の一酸化炭素(12CO、13CO、C18O)の3ライン同時観測、OTF スキャンによる

マッピング観測を実現している。また本望遠鏡の特徴として、電波透過のドームに覆われている点があげられる。観測に向けて、ビームサイズ・能率、ドームの影響等を含む望遠鏡の性能評価を行ってきた。ビームは対称性があり、そのサイズは3分角程度とほぼ設計通りであること、またビーム能率に関してOri-KL方向のアンテナ温度を他の望遠鏡での結果と比較することにより、ドームを設置した状態でのMain Beam Efficiencyが70%程度であること等の概ね妥当な結果が得られた。さらに、いくつかの分子雲のマッピング観測の結果と他の望遠鏡の結果との比較を行い、天文観測に必要なこれらの基礎パラメーターを算出した。また、ドームを設置する前と設置した後では、Main Beam Efficiencyが10-15%程度低下しているが、ドーム設置時のビーム形状を見る限り観測には大きな影響はないと考えている。

観器
27b

1.85m 電波望遠鏡：望遠鏡・観測システムの現状

辻 英俊 (大阪府立大学 M2)
8月2日 15:33 C (小会場2)

我々は、口径1.85mのミリ波・サブミリ波望遠鏡の開発を進めている。1.85m望遠鏡では、一酸化炭素分子の同位体(12CO, 13CO, C18O)の回転遷移スペクトル(J=2-1)を同時に観測するため、搭載した2SB受信機の両サイドバンド出力を、IF系によりそれぞれのスペクトルに対応する3バンドに分割し、一つのデジタル分光計(帯域0-1GHz)に導いている。また、OTF観測(スキャン観測)を実現し、各種デッドタイムを最小限に抑えることで、効率よい広域観測実現を目指した。そのため、各種ハードウェア・ソフトウェアを効率的に結びつける観測・制御システムの構築を進めてきた。光学系・受信機・IF系の開発にはほぼ完了し、ドーム内機器のリモート制御も可能になった。その後、2010年冬シーズンの本格観測に向けて、観測データの品質保証・リモート観測の簡便化を図るために各種開発を進めた。具体的には、IF系のフィルターアンプ等の再設計・再製作を行い、IF出力の安定化等に取り組み、ドーム内外の気温・湿度・受信機システム等の様々な望遠鏡・観測手順を含む各種ステータスのデータベース化(MySQL)の推進を行い、科学運用、完全リモート観測に向け、ハードウェア・ソフトウェアの充実を行ってきた。本講演では、受信機・IF系を含む1.85m望遠鏡観測システムの全容とこれを用いた観測結果についても簡単に報告する。

観器
28b

DECIGO Pathfinder の開発について

権藤 里奈 (お茶の水女子大学 M1)
8月2日 15:36 C (小会場2)

重力波とは、時空の歪みが光速で伝わっていく現象であり、A.Einsteinが提唱した一般相対性理論によりその存在が予言されていた。重力波と物質の相互作用は電磁波のそれと比べて非常に弱く、直接検出はいまだにされていない。一方で、重力波は高い透過性を持つので、電磁波では観測することのできない初期宇宙などの現象を観測することができると予想されている。重力波検出器は、現在は長基線長をもつレーザー干渉計を

用いたものが主流であり、日本では TAMA300(300m)、CLIO(100m)、アメリカの LIGO(4km) などが稼働している。これら地上の検出器の他に、宇宙空間での重力波観測も計画されている。宇宙での観測は、地面振動の影響がない事・レーザー干渉計の基線長を長くできることから、低周波での観測に適している。日本で計画が進んでいる DECIGO(DECi-hertz Interferometer Gravitationalwave Observatory) は、基線長 1000km で 0.1-1Hz 付近に感度を持ち、初期宇宙期限の重力波の観測が期待される。現在、DECIGO の前哨衛星である DECIGO Pathfinder(DPF) が、2010 年代中盤の打ち上げを目標とし開発がすすめられている。本講演では、DPF の開発の現状について発表する。

新型重力波検出器 Torsion-bar Antenna

観器
29b

正田 亜八香 (東京大学 M2)
8月2日 15:39 C (小会場2)

現在、世界各地で重力波検出器の開発が行われ、重力波の直接検出は目前とされている。これにより、重力波は宇宙を観測する新しい手段となるであろう。特に、低周波重力波では、背景重力波などの宇宙論的に興味深い観測対象が多くあると予想され、これらの観測が銀河形成モデルやインフレーションモデルの発展に大きく貢献できると期待されている。しかし、現在世界各地で開発されている LCGT などの大型レーザー干渉計は、約 100 Hz 以下の低周波数帯には感度を持たず、背景重力波などの検出には適していない。そこで現在計画されているのが DECIGO などといった宇宙重力波望遠鏡である。しかし、これらの計画は開発に莫大な予算と時間がかかる事が問題とされている。更には、衛星観測器である事から、アップデートやメンテナンスも困難である。そこで考え出されたのが、Torsion-bar Antenna (TOBA) である。これは、重力波からの潮汐力によるねじれ振り子の回転を読み取るという、全く新しい原理を用いた重力波検出器であり、地上で低周波重力波をとらえる可能性のある装置として注目されている。我々は、このプロトタイプを開発し、現在までに同時観測・相関解析などを行った。その結果、背景重力波に対して 0.1 - 1.0 Hz 帯の低周波領域で世界で最も良い上限値を求めた。本講演では、この TOBA の装置や解析結果などについて紹介する。

[1] Ando, M., et al. 2010, Physical Review Letters, 105, 161101

[2] Ishidoshiro, K., et al. 2011, Physical Review Letters, 106, 161101

広がった天体のためのフラットフィールド

観器
30c

家中 信幸 (東京大学 D2)
ポスター発表 (口頭なし)

フラットフィールドリングは CCD 上の位置による感度ムラを補正するための重要なステップである。望遠鏡の視野を超えた広い範囲にわたって観測 (拡散光の輝度分布マッピングなど) をしようとするとき、視野をずらして撮像した多数の画像をつなぎ合わせる事がしばしば行なわれる。しかしながら空の明るさは地球大気の影響によって

刻々と変化しているため、観測の際に隣り合った画像の一部が重複するように撮像し、重複した部分の輝度がそれぞれの画像において等しくなるように補正が行われる。しかしこの手法では、感度ムラ補正に使用したフラットが理想的フラットに対して傾斜を持っていた場合に、その誤差が基準となる画像からの距離に比例して増大してしまうという問題がある。したがって多数の画像をつなぎあわせた広い領域にわたって均質な画像を得ようとする場合には、非常に高い精度のフラットが要求される。

我々は東京大学木曽観測所 105cm シュミット望遠鏡のフラットについて、望遠鏡を通常の姿勢から 180 度 (HA で 12h) 反転させて撮像を行なうことによって理想的なフラットからの傾斜の程度を調査した。この調査の結果、ドームフラットは理想的なフラットに対して 1 % per degree の傾斜を持っている事が明らかになった。さらにこの傾斜を補正することによって、最終的にフラットの誤差は 0.1 % per degree に抑えられることも明らかになった。

ソーシャルメディア衛星開発プロジェクト SOMESAT (サムサット) とは何か?

観器
31c

渡辺 謙仁 (北海道大学 D1)
ポスター発表 (口頭なし)

現在進行中のソーシャルメディア上で展開する宇宙を題材とした興味深い協働学習の例として、「ソーシャルメディア衛星開発プロジェクト SOMESAT (サムサット)」が挙げられる。SOMESAT: SOcial MEdia SATellite development project は、人工衛星を社会の宇宙への関心を媒介するメディアとして捉えた上で、社会の注目を集めやすいキャラクター (初音ミクなど) を搭載して宇宙に打上げ、社会の反応を調べるために開発が進められている超小型衛星およびその開発プロジェクトである。ソーシャルメディアにおいては、異なるカテゴリのクリエイターたちの相互作用によってコンテンツが生成されることがあるが、SOMESAT の開発は、特定の研究機関や大学、企業などによってではなく、また仕事縁や学閥などではなく、主にインターネット上で知り合った、異なるカテゴリの技術者や事務担当者たちの相互作用、つまりソーシャルメディア的な手法によって行われている。現在でも SOMESAT には原則的に誰でも参加できる。また衛星打上げ後は、キャラクターが宇宙でパフォーマンスを行っている映像を撮影して地上に送信し、ソーシャルメディアに流すなど、ソーシャルメディアと連動した実践を行っていくことが考えられている。SOMESAT とは、ソーシャルメディアによる、ソーシャルメディアとしての衛星開発プロジェクトである。

南極ドームふじ基地における無人での冬期赤外線天体観測

観器
32c

沖田 博文 (東北大学 D2)
ポスター発表 (口頭なし)

第 52 次日本南極地域観測隊によって 2011 年 1 月にドームふじ基地での望遠鏡による初めての天体観測と無人発電モジュールの設置が行われた。我々はこの経験を生かし、2013 年 1 月に口径 40cm の赤外線望遠鏡をドームふじ基地に設置、無人での冬期赤外線天体観測の実施を計画する。南極の極低温環境がもたらす 2.36um 付近の暗い空 (K-dark) と豊富な観測時間は極めて深い撮像を可能とし、また GRB 等の突発現象にも柔軟に対応出来るユニー

クな観測装置となる。しかし南極において無人での赤外線観測には課題が多い。南極固有の問題として (1) 雪面の不等沈下によって望遠鏡のアライメントが困難、(2) 結露やダイヤモンドダストによる観測障害、(3) イリジウム衛星電話による限定的なリモート観測・データ転送、があり、さらに真空・冷却を必要とする赤外線カメラの無人での運用はそれ自体が困難である。本発表はこれまでの技術開発によって上記の問題を克服しつつある現状を報告し、2013年の赤外線観測について提案を行うものである。

- [1] Okita, H., et al. 2010, Proc. SPIE, 7733,
- [2] Ashley, M. C. B., et al. 2010, Proc. SPIE, 7735,

観器
33a

ASTRO-H 搭載軟 X 線 CCD カメラ (SXI) 用 CCD 素子の開発

菅 裕哲 (大阪大学 M1)
8月3日 9:00 C (小会場 2)

我々は次期 X 線天文衛星 ASTRO-H 搭載軟 X 線撮像検出器 (SXI) を開発している。SXI は軟 X 線望遠鏡の焦点面に位置し、大面積 CCD 素子を用いることで既存の衛星に比べ、より広い視野で軟 X 線撮像分光観測を行う。

一般に CCD は軌道上で、陽子を主とする放射線により損傷を受けることが知られている。ASTRO-H の軌道上では、衛星が南大西洋地磁気異常帯 (SAA) を通過する際、磁場に補足された陽子が散乱を経て CCD 素子に入射し、CCD の転送電極に電荷トラップが生じる。このトラップに信号電荷が捕獲されることで、暗電流の増加と電荷転送効率の劣化を招く。これらの性能の劣化は分光性能の劣化に直結するため、可能な限り放射線損傷を低減した検出器設計をすると同時に、被曝量に応じた性能劣化を精密に較正することが必要である。そこで CCD の放射線損傷を補償する方法として SCI (Spaced-row Charge Injection) を行う。これは各ピクセルに人工的に電荷を注入し、その電荷により陽子によるトラップを埋めることで電荷転送効率の劣化を防ぐ方法である。我々は SCI による放射線損傷の補償効果を検証するため放射線医学総合研究所の HIMAC を使用して、裏面照射型 P-channel の SXI プロトモデル CCD 素子に、4.8MeV の陽子を X 線入射面の複数箇所に照射した実験を行った。本講演では SXI への電荷注入のメカニズムと、陽子照射で放射線損傷を与えた CCD 素子への電荷注入による補償効果を中心に報告する。

観器
34a

ASTRO-H 衛星搭載 X 線 CCD カメラ開発用試験系の整備

岩井 将親 (東京工業大学 M1)
8月3日 9:15 C (小会場 2)

現在、2014 年打ち上げ予定である次期 X 線天文衛星 ASTRO-H に搭載する X 線 CCD カメラ (SXI) の開発を進めている。そのため、搭載品と同等だが小型の mini-CCD と駆動読み出し回路の試作モデルを用いた試験系の整備を行っている。

SXI では、CCD をマイナス 120 程度で動作させるので、本試験系でも mini-CCD をマイナス 120 まで冷却できる必要がある。そこで、CCD は真空槽に設置し、機械式冷凍機とヒーターで温度制御が可能な構成にしている。CCD 読み出し回路は、3 つの基板から構成される。Sequencer からのタイミングをもとに駆動信号を CCD へ供給するドライバーボード、CCD からの出力の A/D 変換処理を行うビデオボード、それらに必要なクロックパ

ターの供給と外部へのインタフェースを提供するインタフェースボードである。本試験系の整備として、各基板の単体試験・基板噛み合わせ試験・CCD 冷却試験を行った後、mini-CCD からのデータ取得試験に入る。

本発表では、ASTRO-H 衛星・X 線 CCD カメラ (SXI) の概要とともに、CCD カメラ開発用試験系の整備について私が担当している箇所を中心に述べる。

- [1] Tsunemi, H., et al. 2010, Proc. SPIE, 7732,
- [2] Takahashi, T., et al. 2010, Proc. SPIE, 7732,

観器
35a

かに星雲を使ったすざく衛星 X 線 CCD カメラのキャリブレーション

市原 昂 (首都大学東京 M1)
8月3日 9:30 C (小会場 2)

天体の X 線を観測したとき、望遠鏡の幾何学的構造や反射率、また、検出器の検出効率等により、実際に観測される強度は、本来の値とは異なったものになる。そのため、天体の真の物理情報を得るためには、望遠鏡、検出器の正確な X 線特性の把握が必要となる。運用中の衛星における X 線特性の較正は、強度やエネルギースペクトルのよく知られている天体を観測することで行う。かに星雲は A.Toor, F.D.Seward (1977) らによってその特性が詳しく知られており、多くの衛星の較正に利用されている。すざく衛星の X 線望遠鏡、X 線 CCD カメラの較正でもかに星雲を利用し、高い精度を得てきた。X 線 CCD カメラは、軌道上では荷電粒子の照射によりエネルギー分解能や一様性が劣化する。これを回復するために、すざく衛星の X 線 CCD カメラでは、2006 年より電荷注入という手法を用いている。それによって性能は回復しているが、検出器特性の変化により、今までと異なる Out of Time Events (フレーム転送中に入射する X 線) が検出されるようになった。そのため、かに星雲を使って、その Out of Time Events を考慮したバックグラウンドデータの較正を行った。また、異なる検出器でも、同条件で天体を観測した時には同じ結果が得られなければならない。異なる検出器間での強度の違いを比較することにより、個々の X 線特性の相互較正を行うことができる。この、クロスキャリブレーションについても紹介する。

- [1] Toor, A., & Seward, F. D. 1977, ApJ, 216, 560

観器
36a

GEMS 衛星の X 線偏光計に用いられるガス電子増幅フォイルからの電荷量測定

武内 陽子 (東京理科大学 M1)
8月3日 9:45 C (小会場 2)

2014 年、世界で初めての X 線偏光観測衛星 GEMS を NASA が打ち上げる。この GEMS 衛星が打ち上げれば、ブラックホールや強磁場天体の構造解明に大きな足掛かりとなることが期待されている。GEMS 衛星にはガス検出器型の X 線偏光計が搭載されており、X 線が検出器内のガスに当たると入射 X 線の偏光方向に光電子が飛び出す。この光電子は周りのガスを電離しながら進むため、光電子の飛跡上のガスから電離した電子を測定することで X 線偏光を測定できる。しかしそのままでは電子の数が圧倒的に少ないので測定できない。そこで、素粒子検出用に開発されたガス電子増幅フォイル (Gas Electron Multiplier: GEM) を我々が X 線偏光計用に応用し、電子の数を数千倍に増やすことで、偏光を測定可能にした。GEM は薄い

銅極板で約 100 μm の絶縁体を挟んだシートの表面に均等に直径 70 μm の貫通穴が開いた構造をしている。検出器中で GEM の銅極板に電位差を与えると、電子を増幅することができる。偏光計内部の電場は偏光計の性能に大きな影響を与えるが、電子増幅が起きると偏光計内の電場に揺らぎが生じ、直接電場を測定するのが困難になる。またわずかな幾何の違いによって電場構造に影響するため数値計算も難しい。そこで収集された電荷量は電場構造を反映するので、私は電荷量を読み出す装置以外に GEM の両極板に到達する電荷量を測定することで、間接的に内部の電場構造を推定することができたので報告する。

[1] Benloch, J., et al. 1998, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 419, 410

[2] Tamagawa, T., et al. 2006, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 560, 418

[3] Tamagawa, T., et al. 2009, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 608, 390

観器
37a

南極赤外線望遠鏡の開発

足利 崇貴 (東北大学 M1)

8月3日 10:00 C (小会場2)

南極は、低温のため大気からの熱放射が小さく、非常に乾燥した大気のため赤外領域での透過率が高い。また南極の標高 3000m 以上の高地では、晴天率が高く、高気圧帯にあるため大気が安定している。従って、南極は赤外波長において、地上で最も良いサイトされている。南極の高地に設置された口径 2m の望遠鏡は、マウナケア山にある 8m のすばる望遠鏡と同等の性能を発揮するものと期待されている。そこで我々のグループでは、南極のドームふじ(標高 3810m) に赤外線望遠鏡を設置して、次のような観測を行うことを計画している。1) 豊富なマシンタイムを用いて近赤外線で大域撮像探査を行い、銀河団や大規模構造の進化を探る。2) 惑星が主星の前後を通過する時の明るさの変化を捉えるトランジット法を用いて、惑星の大気の組成や構造について調べる。以上のような目的の元、我々は南極望遠鏡の開発を行っている。

観器
38a

気球搭載型遠赤外線干渉計 FITE の光学調整方法の改良

佐々木 彩奈 (大阪大学 M1)

8月3日 10:15 C (小会場2)

我々は気球搭載型遠赤外線干渉計 (Far-Infrared Interferometric Telescope Experiment: FITE) を開発している。FITE は Michelson 天体干渉計であり、4 枚の平面鏡と 2 枚の軸外し放物面鏡で構成されている。この干渉光学系は天体からの光を一次平面鏡、二次平面鏡で反射したあと放物面鏡で集光し、二光束を焦点で干渉させる。光学調整では放物面鏡の焦点位置を調整する。これまで調整時の光学系の評価をハルトマンテストで行ってきた。しかしリアルタイムでデータを取得するシステムを構築できず、画像の撮影と解析に時間が掛かり調整作業の効率が悪いことが問題であった。このことを改良する為に、ハルトマンテストに代わる光学系評価手段として、レーザー干渉計またはシャックハルトマン波面センサーを用いることを検討中である。これらの機器では光学系の状態をリアルタイムで測定可能であり、光学調整の効率化が期待できる。従って、今後これらの機器を用いて試験をし、FITE の光学調整に実際に使用可能かどうか確認する予定である。本発表では FITE での光学調整方法の紹介と、その改良点につい

て述べる。

観器
39a

常温ウエハ接合による BIB 型 Ge:Ga 遠赤外線検出素子の性能評価

服部 和生 (名古屋大学 M1)

8月3日 10:30 C (小会場2)

現在、波長 100–200 μm に渡る遠赤外線で天体観測を行う際、主に圧縮型 Ge:Ga 検出器という量子型検出器が用いられている。しかし、この検出器は、宇宙放射線によって長時間にわたる感度の変化が引き起こされることや、モデル化が困難な過渡応答特性を持つこと、大きな加圧機構を必要とするためアレイ化が困難であること、等の問題を抱えている。

我々は、これらを解決する新しい検出器として、BIB(Blocked Impurity Band) 型 Ge:Ga 検出器を考案している。この検出器は、Ga を高濃度ドーブした Ge:Ga 層と、暗電流を防ぐための高純度 Ge 層を張り合わせた構造をしている。高濃度ドーブした受光層は、薄くした場合でも十分な感度が得られるため、小型化が可能であり、放射線の衝突確率を減少させることができる。また、ドーブ量の増加により、加圧なしで感度を持つ波長帯が広がる、過渡応答が見られなくなる、といった性能が期待されている。

我々は、この BIB 型素子を、三菱重工業の表面活性常温ウエハ接合技術を用いて作製した。これは、常温下で表面を活性化させて接合するため、ブロック層への不純物の拡散を防ぎ、接合面での急な濃度比を得られる。本研究では、この常温ウエハ接合を用いた BIB 型素子の実用可能性を調べるため、電流-電圧特性、光感度特性、波長感度特性などの測定を行い、従来使用されてきた素子との性能比較を行った。本講演では、これらの試験結果について報告する。

観器
40a

超高感度赤外線検出器 CSIP(電荷敏感型赤外光トランジスタ) の評価研究

二瓶 亮太 (筑波大学 M2)

8月3日 10:45 C (小会場2)

天文観測用として今日まで多くの中間～遠赤外線領域の半導体検出器が開発されてきた。その中で現在、有感波長を中間～遠赤外線領域に持つ CSIP(電荷敏感型赤外光トランジスタ) という検出器の開発が進められている。この検出器は GaAs₂ 重量子井戸構造を有する単一電子光トランジスタの機構を持つ。入射光子 1 個がゲート部分に入射すると、これに対する信号としてソース-ドレイン間の電流が pA のオーダーで増加する。さらに、信号変化が数秒程度維持されるため、ノイズの大きな環境下でも、単一光子の検出が可能となる。また、検出速度が数 ns のオーダーで速いという利点もある。これまでに、有感波長 15 μm 帯がまず開発され、今では 12、15、27、29、45 μm 帯の素子が開発されている。ただし、波長幅は 1 μm 程度と狭い。CSIP は素子自身が積分機能を有することで、大規模アレー化しやすい機構を持つ。天文用検出器に向けて、長波長側への感度拡張と、大規模 2 次元アレー化が今後の課題となる。CSIP は、まだ天文観測に用いられた例はないため、まずは、これを実現するために 15 μm に有感波長を持つ 2 素子 CSIP を用いて、天文用検出器に適した素子パラメータの最適化を行っている。本講演では、これまで得られた素子の応答評価の結果について報告する。

[1] An, Z., et al. 2006, Journal of Applied Physics,

[2] An, Z., et al. 2007, IEEE Transactions on Electron Devices, 54, 1776

[3] Ueda, T., et al. 2008, Journal of Applied Physics, 103, 093109

「あかり」近赤外線 InSb アレイ検出器の昇温運用における動作評価

観器 41a

森 大輔 (名古屋大学 M1) 8月3日 11:00 C (小会場2)

日本初の本格的な赤外線天文衛星である「あかり」は、2006年2月に打ち上げられ、これまで多くの科学的成果を上げてきた。液体 He で冷却している期間 (Phase1、Phase2) では全天サーベイとポインティング観測が行われた。液体 He を使い切った 2007年8月以降は、冷凍機のみによる冷却で焦点面付近の温度を約 48~54 K に保ちながら運用 (Phase3) し、近赤外線におけるポインティング観測を続けてきた。

「あかり」の赤外線カメラ (IRC) の近赤外線チャンネルは、512x412 素子の InSb フォトダイオードとマルチプレクサからなるハイブリッド型 2次元アレイ検出器 (Raytheon 社製 InSb/SBRC-189) を使用し、1.8~5.5 μm の波長範囲をカバーしている。従来は約 10K の低温下で使用することを想定していた検出器である。

2010年春に冷凍機の性能劣化にともない、検出器を十分に冷やすことが出来なくなった。その冷凍機の性能回復を目指し、冷凍機を含めた望遠鏡全体を温める昇温運用を行った。この昇温運用の IRC への影響を調べるために、運用前後の IRC のデータを用いて、暗電流、ホットピクセル、ノイズ、そして感度の調査比較を行なった。その結果、昇温運用における IRC への影響はないと結論付けた。また、48~54 K と高温時での検出器のふるまいを調べ、IRC と同型検出器を用いた地上実験室での高温時のふるまいと比較した。

低消費電力高密度実装 ASIC の開発状況報告

観器 42a

吉田 賢司 (甲南大学 M1) 8月4日 10:30 C (小会場2)

JEM-EUSO 用に開発が行われている低消費電力高密度実装 ASIC の開発・試験状況について報告する。

突発天体自動追尾望遠鏡 WIDGET-L に用いる冷却 CCD カメラの性能評価

観器 43a

小林 沙緒里 (埼玉大学 M1) 8月4日 10:45 C (小会場2)

ガンマ線バースト (GRB) は約 40 年前に発見され、エネルギー的には宇宙最大級の爆発現象であることが知られており、発生頻度は一日に一回程度である。NASA の Swift を始めとする衛星や地上からの多波長観測が精力的になされている。しかし、現在もその起源や発生機構が完全に判ったとはいえない。このような突発天体の発生起源を解明するために我々は東大木曽観測所に WIDGET (WIDE-field telescope for GRB Early Timing) を設置した。WIDGET は運用中の 64° の広い視野を持つ WIDGET-2 と試験段階である口径 30cm カセグレン式反

射望遠鏡の WIDGET-L の 2 台の観測装置で GRB の発生前後から可視光残光までを捉えられるように構成されている。WIDGET-2 は Swift の位置情報を取り込み衛星の視野方向の自動サーベイを行っている。そして、より視野が狭いが導入速度が速く限界等級が大きい WIDGET-L は Swift から GRB の発生速報を受けてから観測を行い、それ以外の時間は変光星等の観測を行う。この WIDGET-L の本格導入に向けて冷却 CCD カメラの性能評価実験を行った。今回はその結果を元に埼玉大学所有の 40cm 口径カセグレン式反射望遠鏡を用いて測光観測を行い限界等級と測光精度を評価した。本講演ではこれらの性能評価と測光観測の結果について報告する。

[1] Urata, Y., et al. 2011, PASJ, 63, 137

超広視野望遠鏡 WIDGET2 の画像処理及び突発天体サーチパイプライン開発

観器 44a

朝比奈 正人 (埼玉大学 M1) 8月4日 11:00 C (小会場2)

超広視野望遠鏡 WIDGET2 (WIDE-field telescope for GRB Early Timing 2) は、全天で突発的に発生するガンマ線バースト (GRB) の発生前後の可視光閃光を捉えることを主な目的として、東京大学木曽観測所内に設置し、運用を続けている。WIDGET2 の視野は、最小構成で 32 度四方、最大で 64 度四方に及ぶ。また、Swift/BAT の視野を追尾しながら、結果として一晩のうちに何回も視野を変えるため、北天を広く、ランダムにサーベイしている。このため、GRB 以外にも、超新星や変光星などの探査に役に立つデータベースとして利用できる。

そこで、我々は観測と並行して、データベース化に向けた画像処理を自動で行うパイプラインを考案した。具体的には、まず画像上に含まれる雲や月、小屋の屋根等が写っているデータを判断し取り除く。続いて CCD のノイズやレンズの周辺減光及びムラなどの影響を差し引く「一次処理」を行ったうえで、撮像された星を用い、画像ごとにアストロメトリを行う。

本講演では、WIDGET の現状と、自動パイプライン中の主にアストロメトリについて紹介する。さらに、そのデータを用いて、突発天体候補を自動的に探すことのできるパイプラインの開発状況も紹介する。

岡山 3.8 メートル新望遠鏡制御系のための多点温度計開発

観器 45a

出口 和弘 (京都大学 M1) 8月4日 11:15 C (小会場2)

我々は現在、京都大学を中心として国立天文台・岡山天体物理観測所に新技術を用いた口径 3.8m の可視・近赤外望遠鏡の建設を計画している。この望遠鏡の主目的は将来口径 30m 級の望遠鏡制作に必要な技術を開拓すること、口径 3m 以上の望遠鏡が存在しない東アジアの観測空白地帯を埋めること、日本の研究者が優先的に使用することができる中口径望遠鏡を作ることである。従来一枚鏡方式では口径 10m 以上の鏡を作成することは困難であるため、当プロジェクトでは望遠鏡の主鏡に扇形のセグメントを組み合わせて一枚の円形の鏡にする分割鏡方式を採用している。分割鏡方式で望遠鏡として機能させるには、セグメントが全体で一枚の鏡として扱える必要があり、例えば隣接するセグメント同士に段差があれば像が乱れてしまう。こ

のため段差がなくなるようセグメントの位置を制御する必要がある。制御方法としてはセグメント間に取り付けたセンサーで段差を計測し、セグメント背面に取り付けたアクチュエータで姿勢制御を行うのが一般的だが、日本国内ではまだこの技術が存在しないため、我々は独自の位置制御方法の開発を行っている。我々が用いるセンサーには温度特性があるため、精度のよい主鏡制御には各センサー周辺の温度情報が必要になる。今回は温度情報を知るために作成した温度計とそれによつてのセンサー補正を行った結果について発表する。

岡山 3.8 メートル新望遠鏡の分割鏡制御

観器
46a

田中 健嗣 (京都大学 M1)
8月4日 11:30 C (小会場 2)

京都大学では現在、岡山天体物理観測所に 3.8m 口径の新望遠鏡を建設予定である。国立天文台岡山天体物理観測所、名古屋大学、(株) ナノオプトニクス・エナジーと共同開発している日本初の分割式で、18 枚の扇形セグメントからなり、セグメントの配置精度として、 \pm 数十 nm を目標に開発を行っている。鏡の背後には数 nm の分解能をもつアクチュエータが、各セグメントごとに 3 本ずつついており、制御の際は、それらに変位量の指示を与えるセンサフィードバック機構が不可欠となる。フィードバックの原点を与える機構に、シャックハルトマンカメラと位相カメラ用い、その後エッジセンサーを用いたフィードバックを行うプランで、現在開発を進めている。今回の発表では、新望遠鏡の特徴の紹介と、2 つのセグメントアライメント機構の駆動原理の概説を行い、セグメントの配置からフィードバック制御試験の流れを説明する。

硬 X 線望遠鏡搭載用レプリカ反射鏡の結像性能の向上

観器
47a

渡邊 剛 (名古屋大学 M1)
8月4日 11:45 C (小会場 2)

我々の研究室では、次期 X 線天文衛星 ASTRO-H 搭載予定の硬 X 線望遠鏡の開発を行っている。今回の望遠鏡で採用した多重薄板光学系は、集光力に優れるが、反射鏡の薄さのため、結像性能が悪化しやすい。主な要因は、反射鏡表面形状の誤差である。反射鏡は、ガラス母型に Pt/C 多層膜を成膜し、それをアルミ基板に写し取るレプリカ法により製作される。反射鏡の表面形状はガラス母型の表面形状に依存し、高い形状精度をもつガラス母型の選別が必要であるが、その数が少ない事が現在までの問題の一つである。ガラス表面形状の評価は、可視光をガラス表面に当てその反射光を見る事で行った。具体的には、平行光源と 1.5m ガラス母型の間にスリットを設置し、スリットを 1cm ずつずらしながら平行光を当て、形状の良い部分を探し出す。カメラで撮影した反射光から推定される、ガラス表面形状の法線分布が 1 分角以下の場合を良い形状と決めた。続いて形状の良いガラス母型から反射鏡製作を行い、大型放射光施設 SPring-8 にて、望遠鏡の光学調整、反射鏡の性能評価を行った。ASTRO-H 計画での結像性能の要求値は、望遠鏡全体で 1.7 分角、反射鏡単体は 0.85 分角であり、それを目標値とした。本講演では、まずガラス母型の選別過程と、そこから製作される反射鏡について紹介する。また X 線特性評価の結果から考えられる、現在の反射鏡の課題と今後の展望を述べる。

ガラスコーティングによるレプリカ母型の高精度化開発研究

観器
48a

出本 忠嗣 (名古屋大学 M1)
8月4日 12:00 C (小会場 2)

現在、我々は次期 X 線天文衛星 ASTRO-H に搭載する硬 X 線望遠鏡 (HXT) の研究開発を行っている。反射鏡製作は、ガラスのレプリカ母型に薄膜を成膜し離型することで、表面を写し取るレプリカ法を用いている。反射鏡面の形状はガラス母型の形状をそのまま写し取ることがこれまでの研究で明らかになっている。よつて、反射鏡の結像性能の向上のためには、多くのより形状の良い母型が必要不可欠である。しかし、レプリカ母型の選別では表面形状による像の広がりか 1 分角という要求精度を満たすものはなかなか見つからない。そのため、Glass Coated Mandrel (GCM) と呼ばれる新たな母型の開発が行われている。これは、厚さ 200 μ m の薄く形状の比較的良好と思われるフロートガラスをガラスのレプリカ母型に巻き付けることで、形状の良い母型を作製するものである。先行研究において半径 120mm バンドから半径 160mm バンドまでの径で GCM が作製されている。そのうち半径 135mm、160mm の GCM で作られた反射鏡は HXT の鏡面形状に由来する像の広がりか要求精度である 0.85 分角を満たすことが実証されている。本研究では半径 160mm より大きい径でも、実際に GCM を作製し可視光、X 線で評価した。また最近の成果として、厚さ 145 μ m のより薄いガラス板を用いることで半径 120mm より小さい径での GCM の作製に成功している。これも可視光、X 線で評価することで、小さい径での GCM でも望遠鏡性能の向上が見込めることも実証する。

硬 X 線望遠鏡に用いる多層膜スーパーミラーの反射率評価

観器
49a

宮本 庸平 (名古屋大学 M1)
8月4日 12:15 C (小会場 2)

10keV 以上の高いエネルギー領域 (10keV-60keV) での硬 X 線の集光撮像観測を実現させるため、我々の研究室では、次期 X 線天文衛星 ASTRO-H 衛星に搭載する硬 X 線望遠鏡の開発を行っている。硬 X 線望遠鏡により、活動銀河中心核、超新星残骸や銀河団などでの非熱的現象の解明が期待される。硬 X 線望遠鏡には深さ方向に周期長を変化させた Pt / C の多層膜スーパーミラーを用いており、その性能評価が重要となる。人工的な周期構造を持つ多層膜スーパーミラーはブラッグ反射に対応したエネルギーで、単層膜反射鏡と比較して 100 倍もの反射率を得ることができる。多層膜スーパーミラーの反射率はその界面の粗さに依存し、界面の粗さが増加すると反射率は指数関数的に減少する。そのため、界面粗さを 5Å 以内に押さえないといけない。多層膜が設計通りにできたかや界面の粗さは、反射鏡の X 線反射率を測定すれば分かる。そこで、エネルギー 8keV の X 線を、作製した多層膜スーパーミラーに照射し、反射率の入射角依存性を測定した。また、より高いエネルギー領域 (硬 X 線領域) での反射率を知るため、高輝度放射光施設 SPring-8 においても反射率測定を行った。今回の発表では、これらの測定結果をもとに、製作した多層膜スーパーミラーが硬 X 線領域においても十分な性能を持つことを実証する。

観器
50a

マイクロマシン技術を用いた超軽量・

高角度分解能 X 線望遠鏡の開発

小川 智弘 (首都大学東京 M1)

8月4日 12:30 C (小会場2)

宇宙からの X 線は地球大気により吸収されるため、観測するためには人工衛星などの飛翔体を必要とする。しかし衛星での打ち上げには、数百万円/kg の費用がかかるため、将来の X 線天文衛星に向けて軽量かつ大面積、高角度分解能の望遠鏡が望まれている。X 線の物質に対する屈折率は 1 よりわずかに小さいため、宇宙 X 線望遠鏡では全反射を利用する斜入射光学系を用いる。有効面積を確保するためには、反射鏡を多数配置するので、大重量となる。そこで、我々はマイクロマシン技術を用いた独自の世界最軽量、高角度分解能の望遠鏡を開発している。厚さ 300 μm 程度の薄い基板に数十 μm 程度の微細な曲面穴を数千個開け、側壁を反射鏡として利用する。高い反射率を得るには、側壁の粗さは X 線の波長すなわち 1 nm 程度以下に滑らかにする必要があり、高温アニールや磁気流体を用いた研磨により、平滑化する。天体からの X 線は平行光なため、高精度の球面変形を施し、2 枚の異なる曲率半径の基板を重ねることで、ウォルター I 型望遠鏡として完成する。本手法では薄い基板を用いることで、従来に比べて 1 桁以上の軽量化が可能で、角度分解能も X 線回折で決まる原理的限界は 15 秒角程度と、すざく衛星のものより 1 桁程度良い。我々は本手法で、世界で初めて X 線反射や結像の実証に成功してきた。本講演では本光学系のレビューおよび最新の開発について紹介する。

.....