

講演予稿集

日時	8月1日 15:45 - 18:30, 19:30 - 22:00 8月2日 10:30 - 11:30(招待講演), 11:30 - 12:30, 15:15 - 17:00 8月3日 10:30 - 11:30, 11:30 - 12:30(招待講演) 8月4日 9:00 - 10:00, 10:00 - 11:00(招待講演), 11:00 - 13:15
招待講師	日影 千秋 氏 (名古屋大学) 「見えてきた宇宙大構造の進化」 中尾 憲一 氏 (大阪市立大学) 「ブラックホール宇宙」 横山 順一 氏 (東京大学) 「インフレーション宇宙論」
座長	柏木 俊哉 (東京大学 D1)、金井 健一郎 (名古屋大学 M2)、木村 蘭平 (広島大学 D2)、 小林 明美 (名古屋大学 M2)、塚本 直樹 (立教大学 D2)、舎川 元成 (京都大学 M2)、 野村 紘一 (京都大学 D1)、梶田 篤樹 (大阪市立大学 D1)、吉野 一慶 (東京大学 M2)
概要	<p>–最新の重力理論と次世代観測に備えた精密宇宙論–</p> <p>我々の宇宙は一体どのようにして生まれ、どのような進化を経て現在の姿に至ったのか？ これら人類の普遍的な問いに対し、近年の重力論・宇宙論の発展は着実にその答えを明らかにしてきました。インフレーション、ビッグバン、構造形成シナリオといった標準宇宙論モデルが確立され、その正当性はCMBや銀河サーベイなどの数々の観測結果によって強く支持されています。</p> <p>その一方で、現在の宇宙の加速膨張の原因とされるダークエネルギーや、宇宙の構造の種を作ったとされるインフレーション機構の正体など、未解決の問題も多く残されています。これらの問題に対して、バリオン音響振動やCMB・銀河分布の非ガウス性などを用いた観測的制限や、修正重力理論や高次元統一理論などの一般相対論や標準理論を超えたモデルの検証など、観測・理論の双方から様々なアプローチがなされてきました。そして今後のPlanck、LSST、LHCなどの観測・実験計画によって、大きな進展が得られることが期待されます。さらに各国で進行中の重力波観測計画が実現することで、インフレーション由来の背景重力波観測やブラックホールの直接観測によって相対論や量子重力理論を検証することも、ますます現実的なものとなってきています。</p> <p>これらの現状を踏まえて、本分科会では重力論・初期宇宙・観測的宇宙論の各分野から招待講師をお招きし、研究分野の基礎や最新の研究結果についての講演をしていただきます。また、広く重力論・宇宙論に関わる学生の方々を募り、各自の研究成果の発表とそれに関する議論を行います。本分科会が今後の重力論・宇宙論の発展を担う我々若手研究者同士の活発な交流の場となり、新たな研究視点や方向性を見出す契機となることを願います。</p>

日影 千秋 氏 (名古屋大学)

8月2日 10:30 - 11:30 A (大会場)

見えてきた宇宙大構造の進化

宇宙の加速膨張の起源の解明を目指して、世界中で大規模な宇宙大構造の観測プロジェクトが進行している。暗黒エネルギーの正体は何か？一般相対論は大規模スケールで破れているのか？一般相対論を修正したさまざまな重力理論モデルが提唱されるとともに、1パーセントレベルの高精度理論テンプレートの構築が進められている。今年、BOSSとWiggleZチームは、 $z \sim 1$ までの宇宙の膨張率・構造成長率を測定した結果を発表し、暗黒エネルギーの性質の精密測定・一般相対論の検証を行った。今後も、すばる望遠鏡を用いたSumireプロジェクトやESAによるEuclid衛星の打ち上げが検討されており、銀河赤方偏移サーベイと重力レンズサーベイを組み合わせた新たな宇宙論研究が展開される。宇宙の加速膨張だけでなく、ニュートリノの絶対質量や宇宙初期の物理も詳しく探ることができるかもしれない。本講演では、これまで宇宙大構造観測から分かったこと、将来の展望について紹介する。

中尾 憲一 氏 (大阪市立大学)

8月3日 11:30 - 12:30 A (大会場)

ブラックホール宇宙

我々の宇宙には大量のダークマターが存在することが、観測および理論的研究から強く示唆されている。ダークマターの候補は、アキシオンや超対称素粒子モデルが予言するほとんど電磁相互作用をしない素粒子的なものだけでなく、宇宙初期に形成された小質量ブラックホールの多体系のような天体起源の可能性も指摘されている。どちらの候補も速度分散が小さく、塵状物質の状態方程式で記述される連続体近似が良いと考えられているのだが、後者のブラックホールは、それ自身が自己重力の極めて大きな宇宙の非一様性であり、それらがほぼ等間隔に分布している宇宙が、塵状物質に満たされた一様等方宇宙と大域的に同じ進化をするかどうかは、実は極めて非自明な問題である。この講演では、ブラックホールに満たされた宇宙モデルに関する過去の研究と最近の研究成果を紹介する。

横山 順一 氏 (東京大学)

8月4日 10:00 - 11:00 A (大会場)

インフレーション宇宙論

インフレーション宇宙論について基礎的なお話を致します
参考文献 宇宙論 I 宇宙のはじまりの第6章
必ず第二版を用いてください。第一版の内容は保証しません

重宇
01a

重力波による初期磁場への制限

松本 平蔵 (東京大学 M1)

8月1日 15:45 A (大会場)

現在、多くの観測が銀河や銀河団に付随する磁場の存在が示唆されているが、明確な起源はわかっていない。また、近年の高エネルギー宇宙線観測は銀河間に存在する大スケールの磁場の存在を示唆している。そのような磁場の起源を初期宇宙に生成し説明する機構として、インフレーションや電弱相転移がある。本研究ではそのような初期宇宙磁場が非等方圧を通して重力波が生成される点に注目し、初期磁場に対する制限を考える。重力は電磁気力と比べて相互作用が弱いので初期磁場の情報を色濃く残しているため、将来の重力波実験で強い制限を得ることができる。生成される重力波は磁場のモデルに大きく依存するので磁場をパラメータ化し、将来実験から期待される磁場に対する制限を磁場のパラメータ空間で示す。磁場に制限を課すことで、初期磁場の生成機構についても制限をかけることが可能になる。

[1] Chiara Caprini and Ruth Durrer Phys.Rev.D 65, 023517

重宇
02a

重力波検出に向けての取り組みと将来の展望

手嶋 航大 (東京大学 M1)

8月1日 16:00 A (大会場)

重力波は、重力の作用により、その周りの時空がゆがめられ、波として伝播する現象で、アインシュタインが一般相対性理論の中で、その存在を予言している。間接的には J.H.Taylor らによる中性子星連星系の観測から、存在することはゆるぎないものとなっているが、直接的に検出された例はない。この重力波は非常に小さなものであり、地球と太陽の間の距離を水素原子 1 個分だけゆがめるような比率であるため、地上で観測するためには、非常に高精度の技術が必要とされる。実際にはあらゆる雑音があり、いかに信号を守るかがカギとなる。検出には Michelson と Morley がかつて行っていた干渉技術を応用し、日本では現在、大型低温重力波検出器 KAGRA を建設中である。本講演では、重力波、および KAGRA の検出技術の概要を述べ、あらゆる雑音と信号を守る戦いについてわかりやすく解説する。また、重力波が直接検出された場合、今後の展望としてどのようなことが期待されるかについても説明する。

重宇
03a

新型重力波検出器 TOBA による背景重力波探査

正田 亜八香 (東京大学 D1)

8月1日 16:45 A (大会場)

重力波とは、光速で伝わる空間の歪みである。その存在は間接的には確かめられているものの、未だ直接観測には至っていない。しかし、それは我々人類にとって宇宙を観測する新しい手段となり、光では見る事の出来ない宇宙の姿を見る事ができる。

特に、低周波数帯では、インフレーション起源の背景重力波などが観測できると期待されている。背景重力波が観測できれば、インフレーションのエネルギースケールに制限がつけられるなど、我々の宇宙が発展してきた過程の謎を解き明かす重要な鍵になると考えられている。

現在、重力波をとらえるために KAGRA 等といった大型

レーザー干渉計型重力波検出器の開発が進んでいるが、これらは高周波数帯にしか良い感度を持たず、低周波重力波の観測は難しい。

そこで我々が開発を行っているのが、ねじれ振り子を用いた新型重力波検出器 Torsion-bar Antenna (TOBA) である。これは、レーザー干渉計と異なる原理を用いて地面振動の影響を低減する事で地上でも低周波数帯にまで良い感度を持つ重力波検出器である。

我々は、このプロトタイプ 2 台を用いて同時観測を行い、背景重力波探査を行った。これにより、背景重力波に対して新たな上限値を設定することに成功した。

本講演では、TOBA の概要や背景重力波探査の結果、TOBA の将来性などについて説明する。

.....

重宇
04a

荷電粒子に働く自己力を用いた、星の内部構造の探索

磯山 総一郎 (京都大学 D2)

8月1日 17:00 A (大会場)

荷電粒子自身のもつ電荷により、粒子の周囲に生じる電場を自己場といいまた自己場のよって荷電粒子に働く力を自己力とよぶ。荷電粒子を平坦な時空ではなく曲がった時空中においた場合、時空のもつ曲率によって場の力線が捻じ曲げられるため、自己力には時空全体のもつ構造が反映される。この点に注目して我々は荷電粒子をポリトロップ状態方程式をもつ相対論的な星の外に静止させ、自己力によって星の内部構造が探れないか考察した。自己力を星と粒子の距離 r の逆ベキで展開すると、leading term である $1/r^3$ は星の内部構造に依存しないものの、次の $1/r^5$ の項は星の内部構造に強く依存することが明らかになった。すなわち原理的には自己力を厳密に測定すれば、星の内部構造を調べることができる。本講演では以上の結果を、できるだけ平易に紹介する。

[1] S. Isoyama and E. Poisson 1205.1236

[2] T. D. Drivas and S. E. Gralla, Class. Quant. Grav. 28, 145025 (2011).

.....

重宇
05a

two-scalar 場の場合でのガリレオン重力理論におけるド・ジッター解の解析

水島 高志 (早稲田大学 M1)

8月1日 17:15 A (大会場)

観測から現在の宇宙は加速膨張をしていることがわかっています。その源はダークエネルギーという「物質」だと言われていますが、まだその正体は全くわかっていません。この現代宇宙論の最重要課題に関して、私は修正重力理論を用いて研究しています。修正重力理論の中に「ガリレオン重力理論」というものがあります。従来のこの理論ではガリレオン場というスカラー場を 1 つ導入するのですが、私は、素粒子統一理論から予言されるように、場を複数に拡張した場合の研究をしています。

[1] T. Kobayashi, M. Yamaguchi and J.Yokoyama Phys. Rev. Lett. 105, 231302 (2010)

.....

重宇
06a

massive gravity 理論による

FLRW 宇宙解

山下 泰穂 (京都大学 M1)

8月1日 17:30 A (大会場)

近年、宇宙論的スケールにおける重力理論を説明するため、修正重力理論を構成する試みが多くなされている。このうちのひとつとして、massive gravity、つまり graviton に質量を持たせるという試みがある。これにより、一般相対性理論では宇宙定数を用いて説明されている宇宙の加速膨張を宇宙定数なしに説明することができ、また、宇宙項問題についても解決する可能性があると考えられている。massive gravity 理論の構築への試みの結果、質量項を含む、Lorentz 不変かつ ghost free な重力場の作用を導出することに成功した。重力理論を構築するにあたって、理論は実際の宇宙である FLRW 宇宙を再現しなければならない。よって、本講演では、この作用を用いて FLRW 宇宙解を導出できるかどうかを検証する。その結果、flat FLRW 宇宙解を得ることはできないが、open FLRW 宇宙解を得ることができることを示す。

[1] A. Emir Gumrukcuoglu, Chunshan Lin and Shinji Mukohyama arXiv:1109.3845

[2] Kurt Hinterbichler arXiv:1105.3735

重宇
07a

Nonlinear massive gravity における開いた FRW 宇宙の加速膨張解

宅舘 祐一郎 (広島大学 M1)

8月1日 17:45 A (大会場)

宇宙の加速膨張を説明する試みのひとつとして、グラビトンに質量を与えた massive gravity と呼ばれる理論がある。Fierz-Pauli 質量項をもつ線形理論では質量が 0 の極限が一般相対論に一致しない (vDVZ discontinuity) という問題があった。Vainstein は非線形項が重要であることを指摘し、この不連続性の問題を解決した。しかし、非線形項まで考えると、線形の場合は 5 つだった自由度が 6 つとなる。この余分な自由度は BD ゴーストと呼ばれ、長年問題となっていたが、de Rham と Gabadadze により、高次のポテンシャルを加えることで消せることが分かった。また、de Rham et al. は高次のポテンシャルを足し上げ、2 つのパラメータで表せる理論を構築した。この理論を用いると、fiducial metric がミンコフスキーである場合、平坦な FRW 宇宙の解は存在しないことが示されている。しかし、Gümürküoğlu et al. は開いた FRW 宇宙の場合は解が存在し、その解が有効的に宇宙項となることを示した。本発表は Gümürküoğlu et al. のレビューをする。

[1] Gümürküoğlu et al. JCAP11(2011)030

[2] de Rham & Gabadadze Phys.Rev.D82.044020(2010)

[3] de Rham et al. Phys.Rev.Lett.106.231101(2011)

重宇
08a

スカラーテンソル理論におけるスカラー重力波とブラックホールの準固有振動

大淵 将貴 (早稲田大学 M1)

8月1日 18:00 A (大会場)

スカラーテンソル理論はスカラー場を含む重力理論であり、重力波には重力場のテンソルモードである $+$ ・ \times モードに加えてスカラーモードも存在する (スカラー重力波)。また準固有振動 (Quasi-normal Mode) とは、ブラックホール (BH) が何らかの要因で振動し始めてから定常に至るま

での減衰振動において、放出される重力波の減衰振動モードのことで BH に固有である。重力波の研究としてはいろいろなアプローチがあるが、今回は典型的なスカラーテンソル理論のひとつである Brans-Dicke 理論におけるスカラー重力波に注目し、球対称 BH 時空における QNM の解析法をレビューする。

重宇
09a

Critical Gravity in Four Dimensions

桂川 大志 (名古屋大学 M1)

8月1日 18:15 A (大会場)

The theory of Einstein gravity is not renormalizable because the coupling constant has positive dimension in mass unit. To resolve this difficulty, there is one way to add higher-curvature terms to action, and then coupling constants of those terms have non-positive dimension. In high energy scale, higher terms are dominant, therefore this theory is possibly renormalisable. However, in general, these modified theories have some problems that the unitarity is lost and unusual propagating modes appear. In this presentation, I review "Critical Gravity in Four Dimensions". This theory includes curvature-squared terms to the usual Einstein-Hilbert action with cosmological constant. Although extra massive scalar mode and massive spin-2 mode appear, by choosing the parameters appropriately, we can eliminate these modes and cope with both renormalizability and unitarity. It is also shown that the mass and entropy of standard Schwarzschild type black holes vanish.

[1] H. Lu and C. N. Pope, Phys. Rev. Lett. 106 (2011) 181302 [arXiv:1101.1971 [hep-th]]

重宇
10a

クインテッセンスモデルにおける状態方程式の定量化

松井 倫子 (東京理科大学 M2)

8月1日 19:30 A (大会場)

1998 年 Ia 型超新星の観測により現在の宇宙が加速膨張していることが示唆された。その源である暗黒エネルギーは現在の宇宙の約 70 % を占める未解明のエネルギーである。暗黒エネルギーの可能性の一つが状態方程式 $w = -1$ を持つ宇宙定数である。現在の観測より状態方程式が一定の場合は $-1.062 \leq w \leq -0.958$ (68%CL) に制限されている。この標準 Λ CDM モデルにおいて暗黒エネルギーの密度は一定であり状態方程式は現在の観測と良い一致を示す。一方で暗黒エネルギーの観測値と素粒子物理から導かれる理論値の間に 121 桁もの差があるという問題を含んでいる。その他の可能性として状態方程式が時間変化する場が考えられる。その一つとしてスカラー場クインテッセンスは広く研究されており、場が時間発展と共に凍結する Freezing モデルと、宇宙初期に凍結していた場が現在付近で動き出す Thawing モデルの二つに分類される。クインテッセンスにより暗黒エネルギーが現れるのであれば、その状態方程式は現在付近に -1 に近い一定値を取ることが要請される。そこでポテンシャルの極大点付近で場がゆっくり転げ落ちる "ヒルトップクインテッセンス" (Thawing モデル) と、トラッキング領域において状態方程式が一定となる "トラッカー解" (Freezing モデル) において、状態方程式を標準 Λ CDM モデルからのズレとして定量化す

る。この定量化した状態方程式は数値的に解かれる状態方程式と良い精度で一致し、観測からの制限を考える際に役立つ。

[1] Sourish Dutta, Robert J. Scherrer Phys.Rev. D78 123525 (2008)

[2] Takeshi Chiba Phys.Rev. D81 023515 (2010)

暗黒物質と結合した暗黒エネルギー モデルの解析

重宇
11a

伊藤 仁力 (東京理科大学 M1)
8月1日 19:45 A (大会場)

観測より現在の宇宙は加速膨張していること、またその加速膨張を引き起こす源である暗黒エネルギーは宇宙の約75%を占めていることが示されている。この暗黒エネルギーの起源を解明することは宇宙論の重要な課題である。

暗黒エネルギーを解釈するには宇宙定数を用いることが最も単純であるが、エネルギーのオーダーに関連した厳密な微調整が必要になってしまう。この問題は、状態方程式が時間変化するスカラー場を考慮することにより緩和することができる。このようなモデルとして、quintessenceモデルを始めとした、様々なモデルが考えられている。暗黒エネルギーの場は物質場と分離して考えられることが多いが、これが可能となるのは何かしらの対称性が存在するときであり、一般的には両者の場が結合する可能性が考えられる。したがって、暗黒物質と結合した暗黒エネルギーモデルによる暗黒エネルギーの解析を行う。具体的には、スカラー場と順圧完全流体の結合による暗黒エネルギーモデルを考え、phantom field, dilatonic ghost condensate field, tachyon fieldの3つの場についての解析を行い、安定な加速膨張が起こる機構が得られるのかについて検証する。

[1] Burin Gumjudpai (Naresuan U., Thailand), Tapan Naskar (IUCAA, India), M. Sami (IUCAA, India), Shinji Tsujikawa JCAP 0506, 007 (2005), hep-ph/0502191

M1のための数値相対論の基礎

重宇
12a

稲畑 稔秋 (大阪市立大学 M1)
8月1日 20:00 A (大会場)

重力現象を記述する Einstein 方程式は、時間発展のある系においては多くの場合、解析的に解くことが困難である。そこで、時間発展のある系での重力現象を取り扱うためには数値計算の手法を用いた Einstein 方程式の取り扱いが必要になってくる。本講演では、Einstein 方程式の3+1分解によって得られる時間発展の方程式を用いて、個々の現象モデルに特化した特別な場合ではなく、数値相対論のより基本的な手法を、いくつかの代表的な座標とそれらの特徴とともに紹介する。

[1] Ericourgoulhon, 2007, 3+1 Formalism and Bases of Numerical Relativity Lecture notes

Chern-Simons 重力における量子干渉効果

重宇
13a

大河原 広樹 (弘前大学 M2)
8月1日 20:15 A (大会場)

私は、山田慧生氏と浅田秀樹氏との共同研究である、Chern-Simons (CS) 重力における量子干渉効果について

議論する。S. Alexander と N. Yunes らによって CS 重力への制限は、Gravity Probe B のような古典的な実験によって得られることが示された。我々は、量子干渉実験を用いた新たな CS 重力への制限を調べる。まず、CS 重力における量子干渉効果の定式化と、それを用いた実験的な CS 重力への制限について述べる。さらに、量子干渉実験を想定した数値計算を行い、位相差の性質を予言する。

[1] S. Alexander and N. Yunes, Phys. Rev. Lett. 99 241101 (2007)

ブラックホールの形状の潮汐力による変形

重宇
14a

渡辺 拓 (京都大学 M1)
8月1日 20:30 A (大会場)

連星系において潮汐力を受けて変形するブラックホールのイベントホライズンの振る舞いは null 超曲面上の幾何を調べる事によって知ることができる。本講演では null 超曲面における Gauss-Codazzi の定理を用いてホライズン上での物理量の表式を導出し、それを用いて超曲面上に埋め込まれた曲率はホライズンを定める null 測地線のパラメータの取り替えやゲージの選び方にかかわらず不変であることを示す。さらにこの結果をブラックホールの摂動に適用し、ブラックホールの近傍を天体が通過することによるホライズンの変形について考察する。

[1] I. Vega, E. Poisson and R. Massey Class. Quantum Grav. 28 175006 (2011)

[2] E. Poisson Relativist's Toolkit (2004)

[3] K. Martel and E. Poisson Phys. Rev. D71 104003 (2005)

Einstein-de Sitter 時空中の Schwarzschild black hole

重宇
15a

辰己 聡一郎 (大阪市立大学 M1)
8月1日 20:45 A (大会場)

漸近平坦かつ定常な Einstein 方程式のブラックホール解は、ブラックホール唯一性定理より Kerr 解に限られている。しかし現実的な場合を考えれば、ブラックホールは宇宙の中に存在するため、漸近平坦かつ定常の条件は破られており、Kerr 解以外の様々な形の解が許されることになる。宇宙の中のブラックホールである dynamical cosmological black hole は、よく知られたブラックホール解とは異なった構造、性質を持つことになる。本講演では dynamical cosmological black hole として Einstein-de Sitter 時空中の Schwarzschild 解 (Sultana-Dyer cosmological black hole 解) についての論文のレビューを行う。

[1] Joseph Sultana and Charles C. Dyer Gen. Relativ. Gravit. 37(8): 1349 (2005)

重力理論を用いた天体の研究

重宇
16a

塚本 直樹 (立教大学 D2)
8月1日 21:00 A (大会場)

重力レンズ効果は時空や天体のパラメータを決定するのにとても便利な道具である。重力レンズ効果の一つとして、ソース天体とレンズ天体と観測者が一直線上にあると、レンズ天体による時空のゆがみによって、アインシュタインリングと呼ばれる光の輪が観測できることが知られてい

る。21世紀になって、弱重力場だけでなく、(相対論的アインシュタインリングと呼ばれる) 強重力場でのアインシュタインリングの研究が盛んになってきている [1]。一般相対性理論はワームホールなどの自明でないトポロジーを持つ解を許すことが知られており、球対称で静的なワームホール解の一つとしてエリス時空が研究されている [2]。本講演では、天体間の距離が与えられているときに、アインシュタインリング系を観測することで、エリスワームホールとシュバルツシルトブラックホールが区別できることを示す。なお、本講演は原田知広准教授(立教大学)、矢嶋耕治氏(立教大学)との共同研究に基づいている。

[1] K. S. Virbhadra and G. F. R. Ellis, Phys. Rev. D62, 084003 (2000).

[2] H. G. Ellis, J. Math. Phys. 14, 104 (1973).

重宇
17a

Hu & Sawicki モデルによる宇宙の加速膨張 ~ 重力理論修正の可能性 ~

早津 夏己 (東京大学 M1)

8月1日 21:15 A (大会場)

現在、宇宙が加速膨張していることがわかっている。この加速膨張を説明するためには、アインシュタイン方程式に宇宙定数を導入する必要がある。しかし、宇宙定数には、理論的に予測した値と観測値の間に100桁以上も違いが存在する。さらに、宇宙定数を宇宙を構成するエネルギーの一つとみなすと、負の圧力をもつことになり物理的解釈が困難である。

つまり、一般相対論によって記述される重力理論が宇宙論スケールでは間違っている可能性がある。これを修正しようとする理論が修正重力理論である。代表的な修正重力理論の一つとして、 $f(R)$ 重力理論が挙げられる。これは、Einstein-Hilbert 作用の被積分関数をリッチスカラー R の任意関数 $f(R)$ とすることで、重力を修正しようとする理論である。

本講演ではこの $f(R)$ 重力理論を取り上げる。とくに Hu & Sawicki によって提唱されたモデルがどのように現在の宇宙の加速膨張を説明するかを中心に、宇宙論スケールでの観測と太陽系近傍での観測がそれぞれモデルのパラメータにどのような制限を与えるか紹介する。

[1] T.P.Sotiriou, arXiv:gr-qc/0805.1726v4(2010)

[2] W.Hu, & I.Sawicki, Phys.Rev.D75,064004 (2007)

重宇
18a

Chameleon 重力模型における銀河団ガス分布と観測的制限

照喜名 歩 (広島大学 M2)

8月1日 21:30 A (大会場)

現在の宇宙の加速膨張の起源は宇宙論における未解決問題の一つである。これを解決する可能性として、一般相対論を長距離スケールで変更する修正重力理論の研究が盛んに行われている。このように修正された重力理論は太陽系スケールの重力の制限を回避しなければならない。Chameleon 重力模型や $f(R)$ 重力模型は Chameleon 機構によってこの制限を回避することが知られている。一方、Chameleon 機構を伴う修正重力模型は銀河団スケールにおいて Chameleon force (第5の力) が現れ、銀河団ガスの分布に影響を与える可能性がある。本研究ではこれらの修正重力模型の検証を目的として、Chameleon force を考慮した銀河団ガスの密度分布を導出し、その特徴について調べた。この結果から得られる、銀河団ガスの観測用いた

修正重力模型の検証法とその可能性について議論する。

[1] A. Terukina, K. Yamamoto, arXiv:1203.6163 (2012)

重宇
19a

赤方偏移空間歪みを用いた $f(R)$

Gravity の制限

岡田 裕行 (京都大学 M1)

8月1日 21:45 A (大会場)

宇宙の加速膨張を説明するモデルとして、 Λ CDM, Dark energy のほかに $f(R)$ Gravity に代表される修正重力理論が考えられる。種々の重力理論は、宇宙の密度揺らぎの成長率を表す $f_g \sigma_8$ という量について理論モデルの予言と観測データを比較することにより、その妥当性を検証することができる。ここで、 $f_g \sigma_8$ は大規模銀河赤方偏移サーベイから測定される量で、銀河の特異速度によって生じる視線方向の銀河分布のずれ(赤方偏移空間歪み)のパラメータとして得られる。本研究では、 $f(R)$ Gravity のモデルとして代表的な Hu & Sawicki モデル

$f(R) = R - \lambda R_c (R/R_c)^{2n} / ((R/R_c)^{2n} + 1)$ を考え、モデルパラメータ n, λ の様々な場合について $f_g \sigma_8$ の時間進化を計算し、これまでの赤方偏移サーベイから得られたデータと比較することで、そのパラメータ空間に制限を付けた。VVDS, 2dFGRS, SDSS, WiggleZ の観測結果から、 Λ CDM に比べてより早い時期から加速膨張が抑制される $n < 2, \lambda < 5$ の範囲はほぼ完全に棄却できることがわかった。

[1] S. Tsujikawa, R. Gannouji, B. Moraes and D. Polarski, Phys. Rev. D80, 084044 (2009)

[2] W. Hu and I. Sawicki, Phys. Rev. D76, 064004 (2007)

重宇
20a

非等方相関関数を用いた銀河クラスタリングの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 M2)

8月2日 11:30 A (大会場)

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り、得られた銀河分布の解析が進められている。特に、宇宙論パラメータに制限を与える距離指標として、バリオン音響振動 (BAO) の構造が注目されている。BAO の構造とは、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、その後ゆらぎが進化することで、そのスケールに銀河の2点相関関数のピークができるというものである。これまで、BAO による宇宙論パラメータの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、BAO の2次元構造を検出し、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に加えて、私が実際にシミュレーションを用いて行った2点相関関数の計算を紹介する。BAO の構造を非等方相関関数を用いて解析することで、どのように宇宙論パラメータが制限されるか議論する。

重宇
21a

void 体積分布関数を用いた初期揺らぎの非ガウス性の制限

鄭 昇明 (東京大学 M1)

8月2日 11:45 A (大会場)

SDSS などの大規模な三次元赤方偏移サーベイが始まって以来、宇宙の構造がより詳細に知られるようになってきた。それによると、宇宙の大部分は void とよばれる銀河がほとんど存在しない領域からなることがわかっている。この void に着目することで様々な宇宙論的情報が得られると考えられている。その中でも近年注目されているのが宇宙の初期揺らぎの非ガウス性である。初期揺らぎはインフレーションによって作られると考えられており、これを知ることは数あるインフレーションモデルに制限を与えることにもつながる。CMB などの観測により宇宙の初期揺らぎはほぼガウス分布であることがわかっているが、非ガウス性がないと結論するには至っていない。初期揺らぎの非ガウス性を表すパラメーターの一つに f_{NL} がある。本講演では、Kamionkowski et al. (2009) に基づき void 体積分布関数からパラメーター f_{NL} の値を制限する方法を紹介する。void からは CMB とは異なったスケールの情報を得ることができるので、新たに独立した一つの観測手段となることが期待される。

[1] Kamionkowski et al. The void abundance with non-gaussian primordial perturbation, JCAP (2009)

[2] R. K. Sheth and R. van de Weygaert, A hierarchy of voids: much ado about nothing, MNRAS, 350 (2004) 517

[3] G. R. Blumenthal, L. Da Costa, D. S. Goldwirth, M. Lecar, T. Piran, 1992, The Largest Possible Voids, ApJ, 388, 234

重宇
22a

CONSTRAINTS ON REIONIZATION AND GALAXY FORMATION MODELS

内藤 嘉章 (東京大学 M1)

8月2日 12:00 A (大会場)

Subaru/XMM-Newton Deep Survey field で 207 個の $z=7$ Ly α emitters(LAE) が 1deg^2 の範囲で検出された。これらのサンプルを元に、 $z=6.6$ LAE の光度関数 (LF)、角度相関関数、Ly α 輝線プロファイルが求められた。まず、 $z=6.6$ の光度関数は、 $z=5.7$ のものと比べて減少していることが分かった。しかし、この減少量は今まで予言されていた値よりも小さかった。次に $z=6.6$ LAE の角度相関のシグナルが初めて検出された。角度相関の相関長は $r_0 = 2 - 5h_{00}^{-1}\text{Mpc}$ であり、バイアスの値にして 3-6 であった。この結果からは $z=6.6$ で宇宙再電離によって LAE の空間分布の疎密が大きくなったという結果は得られなかった。最後に KECK 望遠鏡の DEIMOS 分光装置により求められた輝線スペクトルでは、輝線幅 (FWHM) は $251 \pm 16\text{kms}^{-1}$ であり、 $z=5.7$ LAE の輝線プロファイルの平均との比較では有意な差は見つからなかった。これらの 3 つの観測結果は $z \sim 7$ では再電離に固有である intergalactic medium's (IGM's) Ly α の透過がわずかに減少するが、 $z=6.6$ で IGM の水素の中性度は高くないということを意味している。このことから、主な宇宙再電離は $z \geq 7$ に起きたと考えられる。

重宇
23a

ミニハローによる 21cm 線吸収で探る深宇宙

島袋 隼士 (名古屋大学 M2)

8月2日 12:15 A (大会場)

ビッグバンから約 38 万年後、それまで電離ガス状態であった宇宙の物質は中性化し、それからしばらく光を放つ天体の存在しない、いわゆる暗黒時代が続いた。その後、密度揺らぎが成長し、初期の天体が形成された。暗黒時代の観測は現在の技術では困難だが、今後、発展が期待される電波観測で可能になると考えられている。そこで本研究では、暗黒時代に存在するミニハローと呼ばれる初期天体による 21 cm 線電波の吸収に注目する。ミニハローとは、暗黒物質と水素ガスが重力収縮したものの、ピリアル温度が低いため、効率的に冷却せず銀河になることができなかった、初期銀河に比べて軽い天体である。また、21 cm 線電波とは、中性水素の超微細構造由来の波長 21 cm の電磁波である。

本研究では、まず、吸収の度合いを表すミニハローの光学的厚さと存在個数の関係を求めた。その後、インフレーションによって生成される初期のパワースペクトルや、ニュートリノの質量が存在個数に与える影響を計算した。将来的なミニハローの観測と、この理論的な計算を比較することで、宇宙初期や構造に関する情報を得る事ができると考えられる。

また、密度揺らぎの非ガウス性の与える影響や現在、設置計画が進んでいる大型電波望遠鏡 SKA (Square Kilometer Array) を用いた場合のミニハロー検出可能性についても議論する。

重宇
24a

Magnetic fields and Sunyaev-Zeldovich effect in galaxy clusters

渋谷 雄希 (名古屋大学 M1)

8月2日 15:15 A (大会場)

Sunyaev Zel'dovich (SZ) 効果とは、逆コンプトン散乱によって宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) に 2 次的な温度ゆらぎを生じさせる現象である。SZ 効果は銀河団内物質 (ICM) の密度分布に直接的に依存するため、銀河団中のガス密度分布の重要な指標となる [1]。また、ICM 中には数 μG 程度の磁場が存在することが知られており、これは銀河や銀河団内のガス密度に重要な影響を与える。従って、SZ 効果と磁場の関係について調べることは非常に重要である。そこで、本講演では SZ 効果に対する磁場の影響が議論されている Gopal & Roychowdhury (2010) [2] のレビューを行う。磁場の効果はローレンツ力として静水圧平衡の式に取り入れられる。この時、ローレンツ力は磁気圧と磁気張力の成分に分けることができる。先行研究では磁気圧だけが考えられてきたが、これは ICM 中の磁場の形状が特殊な時のみしか実現しない。今回紹介する研究では、磁気張力も含めたより包括的なモデルを考える。具体的には典型的な磁場の強さ ($\sim 10\mu\text{G}$) に対して磁気張力の効果を推定し、銀河団スケールでの 2 次的な CMB 温度ゆらぎによる角度パワースペクトルの見積もりを行った。その結果、磁場を含めない一般的な SZ 効果では説明できなかった $l > 2000$ での角度パワースペクトルの超過 [3] を再現できることがわかった。

- [1] Aghanim, Majumdar, Silk, *Repts. Prog. Phys.*, 71, 066902, 2008
 [2] Gopal, Roychowdhury, *JCAP*, 6, 11, 2010
 [3] Majumdar, *J.Phys : Conf. Ser.* 140, 01200, 2008

重宇
25a

ロケット実験 CIBER による宇宙赤外線背景放射の観測

大西 陽介 (東京工業大学 M1)
 8月2日 15:30 A (大会場)

宇宙赤外線背景放射 (Cosmic Infrared Background, CIB) は空の明るさから黄道光や星の光を差し引いても残る銀河系外の拡散光である。過去の IRTS(JAXA) や COBE(NASA) などの観測結果から、CIB の近赤外線領域のスペクトルには系外銀河の重ね合わせを超過する成分があることが分かっている。その超過の原因としてダークエイジ終盤の宇宙年齢数億年 (赤方偏移 $z \sim 10$ に相当) に形成された巨大な第一世代の星が、非常に高温のため紫外線領域で輝き、放出された紫外線とその紫外線により電離した星間物質からの Lyman- α が赤方偏移したものが寄与しているとの考えが理論的研究により有力である。第一世代の星々は非常に遠方にあるため、個別に検出するのが非常に困難である。しかし、多数の星々をまとめて宇宙赤外線背景放射としてまとめて観測すれば検出可能となり、得られた観測値から前景にある銀河や星の寄与を差し引いてやれば超過成分を見積もることができる。CIBER(Cosmic Infrared Background ExpeRiment) は、その $1 \mu\text{m}$ 付近での超過成分のスペクトルピークと CIB の空間的ゆらぎを観測するためのロケット実験であり、現在までに3度のフライトを行っている。本講演では、CIBER の概要及び今までの成果と今後の展望について述べる。

重宇
26a

弱い重力レンズ効果による銀河団の質量の推定

久保田 智穂 (名古屋大学 M1)
 8月2日 15:45 A (大会場)

銀河団はダークマター、高温ガス、銀河で構成されていて、その約 80 パーセントがダークマターで占められている。銀河団を見つける方法としては高温ガスから放射される X 線を観測する方法が主に挙げられる。銀河団全体の質量を推定する方法の中ではダークマターの弱い重力レンズ効果を観測する方法が良い。弱い重力レンズとは、光源となる銀河からの光が我々と光源との間にある銀河団の重力ポテンシャルの影響を受け、観測される銀河の形がわずかに歪むという現象である。よって、その質量源が光を発しないダークマターだとしても、その重力ポテンシャルにより重力レンズ効果が起こる。したがって、重力レンズ効果をうけた銀河の歪みの観測はダークマターを観測する手段として有効である。今回の発表では、X 線観測により発見された銀河団から選んだ2つの銀河団 Abell1351、Abell1995 の重力レンズ効果を調べることで、銀河団の質量の推定、質量分布図の作成を行った K.Holhjem et al(2009) のレビューをする。

- [1] Holhjem, K., Schirmer, M., Dahle, H., 2009, *Astronomy and Astrophysics*, 504, 1 (H09)

LoCuSS 銀河団サンプルに基づいたアーク統計

重宇
27a

森岡 真代 (東北大学 M1)
 8月2日 16:00 A (大会場)

重力レンズはその効果を利用して宇宙論パラメータについて考察したり、物質の密度分布を推定したりと、観測的宇宙論の分野で現在注目を集めている現象のひとつである。レンズ効果を起こす確率は宇宙定数に大きく依存していることが示されており、レンズ効果による宇宙定数の制限は WMAP によって予言された宇宙定数の値とほぼ一致している。しかし、この宇宙定数を用いて行われたアーク統計では計算結果とサンプルのデータが矛盾することがわかった。アーク統計とは、重力レンズ効果によって生じる弓状のイメージ、アークの発生確率を計算して複数の天体に対し平均アーク数を求め、そのアーク数を用いて統計計算を行うことである。実際にはレンズ効果が生じる確率は宇宙定数だけでなく、物質の質量分布やソース銀河の密度分布など様々な要因に由来している。本研究では、このアーク統計の矛盾を解消することを目的とする。すばる望遠鏡の主焦点カメラ Suprime-Cam で観測された、赤方偏移 $0.15 < z < 0.3$ の範囲に存在する約 50 個のクラスターを対象にアーク統計を行う。レンズモデルには重力レンズの基本として用いられる SIS モデルと、クラスターの質量分布を表すといわれている NFW モデルを用いる。球対象モデルでの計算に加え、楕円率を導入しレンズモデルに楕円モデルを用いることで、計算結果が楕円率の関数としてどのように変化するかをみていく。

重宇
28a

多重重力レンズの摂動的解法

泉 洗次 (弘前大学 D1)
 8月2日 16:15 A (大会場)

私は浅田秀樹氏との共同研究である、多重重力レンズの摂動的解法について議論する。奥行きを考慮した多体のレンズ方程式を解くのは非常に困難である。そこで我々は、この方程式を複素数で書き表し、次にレンズ天体の質量比によるテイラー展開を適用することにより方程式を解析的に解くという試みを行った。その結果、方程式の解を質量比の3次までで表すことに成功した。またその解の精度は caustic curve の周辺以外では非常に高いことを確認した。さらに、レンズ天体が N 体の時、求められる像の個数の最低値が 2^N であることを示した。

- [1] Izumi K, Asada H *Prog. Theor. Phys.* Vol. 127 No. 2 (2012) pp. 355-367
 [2] Asada H., *MNRAS* 394 (2009), 818.

重宇
29b

宇宙論的な 21cm 線放射の将来観測によるニュートリノ質量とその階層構造への制限

大山 祥彦 (総合研究大学院大学 D1)
 8月2日 16:30 A (大会場)

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値そのものではなく、各質量固有状態の2乗の差だけである。一方 CMB と銀河分布の観測を組み合わせることにより、ニュートリノ質量の和に対し制限を与えることができ、現在得られている質量和の上限は約 0.3eV である。近年、宇宙が再電離する時期の密度ゆらぎを 21cm 線と呼ばれる中性水素起源の電波で観測する方法が提案されており [1]、

この 21cm 線観測によってニュートリノが密度ゆらぎに与える効果を精密に測定し、ニュートリノ質量に対し現在の CMB 観測や銀河分布探査以上の制限を与えられる可能性が指摘されている [2]。本講演では、将来的に 21cm 線観測から、ニュートリノの質量階層構造、及びニュートリノ世代数に対する制限がどの程度得られるのかについて、我々が行った解析の結果を発表する [3]。

[1] S. Furlanetto, S. P. Oh and F. Briggs, Phys. Rept. 433, 181 (2006)

[2] J. R. Pritchard and E. Pierpaoli, 2008, Phys. Rev. D, 78, 065009

[3] Y. Oyama, A. Shimizu and K. Kohri, arXiv:1205.5223 [astro-ph.CO]

Faraday Rotation Measure Synthesis を用いた宇宙磁場観測

重宇
30b

出口 真輔 (熊本大学 D1)

8月2日 16:34 A (大会場)

宇宙論の重要な課題の一つに宇宙磁場がある。宇宙の様々な天体はそれ固有の磁場を持っており天体の活動と密接なかんけいがあるがその起源は謎である。宇宙磁場の起源を考えているモデルは様々あり、それらは宇宙進化の様々な段階に置いて様々な過程で生成される種磁場が起源であると考えている。したがって、磁場を観測することで、宇宙進化に関する情報を引き出せる。天体に付随した磁場は天体の運動によって乱されているが、天体に付随しない磁場は初期の情報を持っていると考えられるため、銀河間磁場 (intergalactic magnetic field, IGMF) などは良い観測対象である。しかし、IGMF は非常に弱く直接観測することが困難である。そこで、Faraday Rotation Measure Synthesis (Faraday RM Synthesis) という手法を使って間接的に IGMF の情報を得ようという試みがなされている。今回の発表では Faraday RM Synthesis の概要を主に、磁場分布のモデルを作って実際の観測データとのフィッティングを行うことで IGMF がどのくらい制限できるかについても議論する。

[1] Brentjets, M. A. and de Bruyn, A. G. 2005, A&A, 441, 1217

重力波天文学に向けて

重宇
31b

陳 たん (東京大学 D1)

8月2日 16:38 A (大会場)

重力波とは、質量を持った物体の運動によって生じる、時空の変化が波として空間を伝わる現象である。重力波と物質の相互作用は非常に小さく、そのためいまだに直接観測がされていない。しかしその高い透過性を利用し、電磁波では観測ができない初期宇宙、中性子連星の合体、超新星爆発などの深部の観測が期待されている。重力波の観測は主にレーザー干渉計を用いた手法が取られ、現在世界中で数 km 級のレーザー干渉計による観測が試みられている。日本でも、現在 3km の大型低温重力波望遠鏡 KAGRA が建設中で、また DECIGO と呼ばれる宇宙空間での重力波観測の計画が進められている。本発表では重力波の検出原理、対象天体、それから現在日本で計画されている望遠鏡についての発表を行う。

ブラックホールと回転リングがつくる重力場の構築

重宇
32b

佐野 保道 (大阪大学 D1)

8月2日 16:42 A (大会場)

重力波源の有力な候補のひとつとして質量比の非常に小さな高密度連星系 (EMRI: Extreme Mass Ratio Inspirals) がある。これは近似的にはブラックホール時空で運動する質点の問題として扱われる。重力波源としてこの問題を取り扱う際、質点の運動は自分自身の重力場によって影響を受けることが重要である。この影響 (重力自己力) を評価するためには、ブラックホールと質点を作る摂動計量を計算することが有効である。ブラックホール摂動論で摂動計量を計算するための方法として CCK (Chrzanowski, Cohen and Kegeles) 形式を用いるものが提案されている。これは電磁気学での手法を一般相対論へ応用したもので、Hertz ポテンシャルを介して摂動計量を計算する。ただし CCK 形式を実際に利用してブラックホール時空の摂動を計算した例は二、三しかなく、この手法が実用例においてどのように機能するかはよく分かっていない。そこで我々は、単純ながらも CCK 形式の方法の理解が深まるような設定として Schwarzschild 時空で回転円リングが作る摂動計量を計算した。今回はその成果を発表する。

[1] Keidl, Tobias S., Friedman, John L., and Wiseman, Alan G., Phys. Rev. D 75, 124009 (2007)

[2] Keidl, Tobias S., et al., Phys. Rev. D 82, 124012 (2010)

Structure formation in Warm Dark Matter Universe

重宇
33b

黒川 拓真 (東京大学 M2)

8月2日 16:46 A (大会場)

宇宙の大規模構造は、宇宙初期のわずかな密度ゆらぎが Dark Matter 間の重力によって成長し形成されたものである。宇宙論の標準モデルでは熱速度分散の小さい "Cold Dark Matter" (CDM) を考え、シミュレーションと観測の結果は大スケールでよく一致している。一方小スケールでは、標準モデルの予想と観測の間に多くの不一致が生じている。特にシミュレーションの結果よりも観測される矮小銀河の数が少ない "Missing satellite problem" がある。これらを解決するために、CDM にかわる "Warm Dark Matter" (WDM) が提唱されている。WDM とは CDM よりもわずかに熱速度分散が大きい粒子で、銀河スケール以下のゆらぎの成長を抑え形成される矮小銀河の数を減らすことができる。本研究では、CDM およびゆらぎのカットオフスケールの異なる複数の WDM に対してシミュレーションを行い、その構造形成への影響の違いを明らかにする。ハローの密度プロファイルや concentration parameter を含む様々な統計量を調べ、CDM と WDM の違いがどのように反映されているのかを議論する。

重宇
34b

中村 史彦 (東海大学 M2)

8月2日 16:50 A (大会場)

観器 8月2日 14:54 に変更

重宇
35a

一般相対論的三体問題の三角解

山田 慧生 (弘前大学 D1)

8月3日 10:30 A (大会場)

私は浅田秀樹氏との共同研究である、一般相対論的重力場における三体問題に対する三角解について議論する。Newton 重力における Lagrange の正三角解は制限三体問題 (三体のうち一体を質量ゼロのテスト粒子として扱う三体問題) の場合に Lagrange 点の L4, L5 として知られている。我々は、この正三角解に一般相対論的重力場の効果を取り入れた。その結果、一般相対論的三体問題に対する正三角解は以下の特殊な場合を除いて成り立たないことを証明した: (1) 三体がすべて有限の等質量をもつとき; (2) 二体がテスト粒子で、一体が有限の質量をもつとき。さらに、天体間距離に相対論による補正を加えることで一般の質量比に対する Newton 重力における Lagrange の正三角解に対応する一般相対論的重力場での三角解を得た。

[1] T. Ichita, K. Yamada, H. Asada, Phys. Rev. D 83, 084026 (2011)

[2] E. Krefetz, Astron. J. 72, 471 (1967).

重宇
36a

天体の運動に対する宇宙定数の影響

伏見 直将 (弘前大学 M1)

8月3日 10:45 A (大会場)

私は、浅田秀樹氏と山田慧生氏との共同研究である、天体の運動に対する宇宙定数の影響について議論する。S. Perlmutter, B. P. Schmidt, A. G. Riess ら三氏がノーベル賞を受賞して以来、宇宙を加速膨張させる宇宙定数への関心が高まっている。我々は、宇宙定数による天体の運動への影響を調べるために、特に、二体系における近日点移動に着目して解析的な研究を行った。先行研究として、離心率が小さい仮定を用いた解析的な研究 [1] と数値計算による研究 [2] が上げられる。我々は厳密な手法を用いて、二体系における近日点移動に対する宇宙定数の影響の定式化に成功した。また、最新の観測による宇宙定数への制限についても述べる。

[1] J. N. Islam, Phys. Lett. A 97, 239 (1983)

[2] J. F. Cardona, and J. M. Tejeiro, Astrophys. J. 493, 52 (1998)

重宇
37a

Scalar Field Dark Matter

浅羽 信介 (名古屋大学 M1)

8月3日 11:00 A (大会場)

宇宙の構成要素として宇宙項 (Λ) とコールドダークマター (CDM) を考えるモデルがある。 Λ CDM モデルは大規模構造等の観測結果を上手く説明していて、現在の標準的なモデルとなっている。しかし、 Λ CDM モデルには、銀河よりも小スケールの構造が観測結果よりも多く形成されるというサブハロー問題がある。また、ハローの密度プロファイルに関して、 Λ CDM モデルの N 体シミュレーションでは、中心部の密度が発散するカスプ構造となり、観測結果の中心部の密度が一定であるコア構造を説明できないというカスプ-コア問題もある。CDM の代案として、とても軽い質量 ($m \sim 10^{-22} \text{eV}$) を持つスカラー場で記述されるダークマター (SFDM) がある。SFDM のポテンシャルは、初期宇宙において、形が変わる。そして、低温では振動する成長モードの密度揺らぎを持ち大規模構造を形成する。大スケールの SFDM の密度揺らぎは、CDM の密度揺らぎと同じように成長する。一方で、小スケールの SFDM

の密度揺らぎは成長できない。これは、サブハロー問題の解決策になる。また、SFDM はハローを形成するときに、ポーズ-アインシュタイン凝縮をする。このとき、ハローはコア構造の密度プロファイルを示し観測を説明できる。本講演では、SFDM についての論文のレビューを行う。

[1] Magaña, J., Matos, T., Robles, V., & Suárez, A. 2012, arXiv:1201.6107

[2] Magaña, J., Matos, T., Suárez, A., & Sánchez-Salcedo, F. J. 2012, arXiv:1204.5255

重宇
38a

インフレーション宇宙におけるヒッグス場の凝縮とその帰結

國光 太郎 (東京大学 M2)

8月3日 11:15 A (大会場)

インフレーションやその後の再加熱において、インフラトンではないスカラー場は量子ゆらぎにより大きな真空期待値を持ち、これは一般にホライズンを大きく越える長さの相関を持つ。このようなスカラー場の大きな真空期待値は再加熱やゆらぎの形成に大きな影響を与え得る。今回の研究では特にヒッグス場に注目し、ストキャスティック・インフレーションの手法 [1] を用いて、このような大きな真空期待値の帰結を解析した。今回はその結果について発表する。

[1] A. A. Starobinsky, J. Yokoyama, Phys. Rev. D 50 6357 (1994)

重宇
39a

インフレーション中の磁場生成と曲率ゆらぎ-磁場及び、重力波-磁場の3点相関関数

嵯峨 承平 (名古屋大学 M1)

8月4日 9:00 A (大会場)

インフレーション理論は、ビッグバンモデルの抱える問題を解決し、かつ、構造形成の種となる初期ゆらぎを生成する有力な理論である。しかし、インフレーションの物理機構は未解明な点が多い。宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) の温度ゆらぎや磁場の高次の相関を調べることで、インフレーションの多くの物理を知る手がかりとなることが期待されている。一方で、近年銀河や銀河団といった大きなスケールで数 μG の磁場が観測されている。この起源の詳細は未だに解明されていないが、インフレーション中に生成されたと考えるモデルが有力な候補の1つである。ところが、通常の Maxell 理論の枠組みでは磁場は生成されない。磁場生成を可能にするためには、電磁場 $F^{\mu\nu}$ とインフラトン ϕ との相互作用の存在が必要である。この相互作用は高次元の素粒子理論により示唆されているモデルである。本発表ではまず [1] をレビューする。[1] は、電磁場 $F^{\mu\nu}$ とインフラトン ϕ の相互作用によって曲率ゆらぎと磁場から作られる3点相関関数の波数依存性を示した。3点相関の情報は、インフレーションモデルを区別することを可能にする。[1] の結果に加えて、私はインフレーション中に生成される重力波と磁場の3点相関の計算を行い、波数依存性を明らかにした。また、この3点相関が CMB に与える影響についての考察も行う。

[1] L. Motta and R. R. Caldwell (2012), 1203.1033.

[2] R. R. Caldwell, L. Motta, and M. Kamionkowski, Phys.Rev. D84, 123525 (2011), 1109.4415.

インフレーションに代わる、Galileon Theory に基づく初期宇宙シナリオ

重宇
40a

藤林 翔 (京都大学 M1)

8月4日 9:15 A (大会場)

本公演では Galileon の理論に基づいて、インフレーションに代わる新しい初期宇宙のモデルを紹介する。このようなモデルでは、Null Energy Condition (NEC。任意の Null ベクトル k^μ について $T_{\mu\nu}k^\mu k^\nu < 0$ という条件) を破る。多くの場合、NEC を破る系は不安定であることが分かっているが、Galileon の理論に基づけばこの条件を破りながらも安定な初期宇宙のモデルを作ることが出来る。本公演のモデルに基づくシナリオでは従来のインフレーション宇宙のシナリオとは異なり、過去に向かうにつれて時空が漸近的に Minkowski になる。過去に Minkowski であった宇宙は、理論の適用範囲を超えるエネルギースケールに達するまでエネルギー密度を上げながら膨張する。そしてその後、再加熱によって通常の FLRW 宇宙に移行する。しかもこのモデルの解は動的なアトラクタとなっており、初期条件にあまり依らないことが分かる。

[1] P.Creminelli, A.Nicolis and E.Trincherini,

Bimetric Gravity におけるインフレーション

重宇
41a

榎原 由貴 (京都大学 M2)

8月4日 9:30 A (大会場)

最近、修正重力理論の1つで graviton に質量を持たせて重力理論を修正する Massive Gravity が盛んに研究されている。この理論は、宇宙の加速膨張が自然に説明でき、真空のエネルギーが理論から予想されるよりずっと小さいという宇宙項問題も解決できると考えられている。Massive Gravity では通常、背景時空を平坦計量にとるが、背景時空に依存しない理論として背景時空を一般の計量にとる Bimetric Gravity がある。本講演では、Bimetric Gravity において実際に宇宙初期インフレーションが実現できるかについて議論する。

[1] S.F.Hassan and R.A.Rosen JHEP. 1202 126 (2012)

WMAP の観測からのインフレーションモデルの制限

重宇
42a

小林 由規 (東京理科大学 M1)

8月4日 9:45 A (大会場)

標準ビッグバン宇宙論が抱える、地平線問題や平坦性問題を解決するために、宇宙初期にインフレーションと呼ばれる指数関数的な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、後に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型のゆらぎのスペクトラムは、WMAP をはじめとする宇宙背景放射 (CMB) の温度ゆらぎの観測とよい一致を見せている。しかし、インフレーションを引き起こす起源がなんであるかは未だ明らかになっておらず、様々なインフレーションモデルが現在でも考え出され研究されている。その中で最も単純なモデルは、平坦なポテンシャル上をゆっくりと動く、正準スカラー場によるインフレーションモデルである。現在までに、素粒子物理から動機づけられるものなど様々なポテンシャルが考えられているが、今回の発表では、シングルフィールドなインフレーションモデルにおいて、インフレーション中の場の変化がプランクスケ-

ルより小さい small-field モデルと、その逆の large-field モデルのポテンシャルについて、CMB 温度ゆらぎのスペクトラル指数と、ゆらぎのスカラーモードに対するテンソルモードの比という2つの観測量を用いて、モデルに対する WMAP5 の観測からの制限を議論する。

[1] Alabidi, Laila et al. Phys.Rev. D78 103519 (2008)

[2] Bassett, Bruce A. et al. Rev.Mod.Phys. 78 537-589 (2006)

Search for B-modes in Cosmic Microwave Background Polarization – GroundBIRD and Other Experiments

重宇
43a

石塚 光 (総合研究大学院大学 M2)

8月4日 11:00 A (大会場)

インフレーション宇宙の検証は現在の宇宙論にとって最も大きな課題の1つである。インフレーションの重要な予言は原始重力波の存在であり、それを検出する有力なアプローチが宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) 偏光の精密測定である。そして、広い角度スケール ($> 1^\circ$) の奇パリティパターン「Bモード」はその決定的な証拠となる。本発表は CMB 偏光観測実験について発表する。特に、その実験手法と観測結果の現状について、チリ・アタカマ高地にて観測を行った QUIET (Q/U Imaging Experiment) 実験と南極点にて観測を行った BICEP (Background Imaging of Cosmic Extragalactic Polarization) 実験を例に挙げ、その理解を深める。また、講演者自身が携わっている GroundBIRD 実験についてもその概要を紹介する。

[1] QUIET Collaboration et al. ApJ 741 111 (2011)

[2] H. C. Chiang et al. ApJ 711 1123 (2010)

B-mode を探せ

~POLARBEAR 実験とその物理~

重宇
44a

秋葉 祥希 (総合研究大学院大学 M1)

8月4日 11:15 A (大会場)

宇宙マイクロ波背景放射 (CMB, Cosmic Microwave Background) は宇宙最古の光であり、その詳細な情報は宇宙論を更正、検証するのに非常に重要である。CMB は最終散乱時に偏光する。偏光には2つのパターン、発散 (E-mode) と回転 (B-mode) があり、E-mode については高い精度でその存在が確認されている。一方で B-mode は検出されておらず上限値がついているだけである。POLARBEAR 実験はチリで行なわれる地上実験であり、CMB の「B-mode」の検出を目指して活動している。

B-mode を探る理由はいくつもあり、インフレーション理論の検証ができるというのもその一つである。E-mode はスカラー摂動、テンソル摂動の双方から生まれる。それに対し B-mode はテンソル摂動のみから生じる。つまり B-mode はテンソル摂動の情報を含んでいる。テンソル摂動である初期重力波は各インフレーション理論によって特徴づけられる。従って初期重力波の観測、つまり B-mode の観測はそれを予言するインフレーション理論の検証につながるのである。また、偏光のパターンは光の伝播の過程で重力による影響を受ける (重力レンズ)。この過程で E-mode が B-mode に流れ込む成分が存在する。この重力レンズによる B-mode の観測からはニュートリノ質量の総和に条件を付けることができる。POLARBEAR 実

験は、 2σ で $r = 0.025$ の感度を目指している。

本講演では CMB の B-mode の観測で解き明かされ得る物理を解説し、POLARBEAR がどのような戦略で B-mode 検出に望むのかについて紹介する。

[1] Ultra High Energy Cosmology with POLARBEAR arXiv:1110.2110v1

重宇
45a

Affleck-Dine Baryogenesis における Q-ball 形成へのゲージ場の影響

吉野 一慶 (東京大学 M2)
8月4日 11:30 A (大会場)

我々の宇宙は物質ばかりで構成されているバリオン非対称な宇宙である。実際、ビッグバン元素合成理論と軽元素量の観測から、元素合成の時期にバリオンと反バリオンの数密度の差と、光子の数密度の比が $\frac{n_B - n_{\bar{B}}}{n_\gamma} \simeq 6 \times 10^{-10}$ であることが分かっている。元素合成時より前にこのような非対称性を生み出す物理機構が必要になる。素粒子標準模型の範囲ではこの非対称性を説明することが出来ない。超対称性理論は標準模型を超える理論の一つであり、その中に現れるスカラー場を用いてバリオン非対称性を自然に生み出すことができる (Affleck-Dine 機構)[1]。しかし、Affleck-Dine 機構によって生み出されたバリオン数の大部分は、非常に小さな領域に閉じ込められ、安定化することが知られている (Q-ball と呼ぶ)[2]。したがって、Q-ball 形成を正確に理解しなければ、元素合成時に必要なバリオン非対称性を正確に求めることができない。これまでの研究では関係するスカラー場のみが扱われてきたが、私の研究では、スカラー場に加え、ゲージ場を含めた形でより精密な計算を行う。本発表では、Affleck-Dine 機構を簡単に説明し、Q-ball 形成へのゲージ場の影響を議論する。

- [1] I. Affleck, M. Dine, Nucl. Phys. B249 361 (1985)
- [2] S. Coleman, Nucl. Phys. B262, 263 (1985)
- [3] T. Hiramatsu, M. Kawasaki, F. Takahashi JCAP 06 (2010) 008

重宇
46a

stochastic 効果を取り入れたハイブリッドインフレーションモデルによる巨大原始ブラックホールの生成

多田 祐一郎 (東京大学 M1)
8月4日 11:45 A (大会場)

通常ブラックホール (BH) は重たい星が重力崩壊することによって形成され、その質量はせいぜい $\sim 10M_\odot$ 程度である。一方銀河中心などには質量が $\sim 10^6 - 10^9 M_\odot$ にもものぼる、巨大ブラックホール (super massive black hole; SMBH) が存在することが観測されている。BH の成長、すなわち物質降着には BH の発する光の放射圧抵抗による限界速度 (エディントン限界) が存在し、仮に宇宙初期に通常サイズ ($\sim 10M_\odot$) の BH が形成され、それがエディントン限界で成長したとしても SMBH になるには宇宙年齢では少々時間のハンデが厳しい。そこで星の重力崩壊とは全く異なった過程で重たい BH が形成されることが期待される。すなわち宇宙初期の過密度領域が星という形態を経ずに、直接 BH へとつぶれる原始ブラックホール (primordial black hole; PBH) である。PBH の素となる過密度領域はもちろん、インフレーションによって古典化された量子ゆらぎである。通常通り背景場は古典的に発展し、摂動部分のみ量子化するというモデルでは、ゆらぎ

のパワースペクトルがブルーチルトの時のみ現在まで蒸発せずに残り得るサイズの PBH が形成される。もちろんブルーチルトは観測と整合しないし、サイズも小さすぎる。そこで今回はハイブリッドインフレーションモデルを用い、さらにポテンシャルを非常になだらかにすることで背景場にも量子ゆらぎに起因する揺動 (stochastic 効果) を取り入れ、数値計算によって SMBH となり得る PBH が形成される可能性について追究する。

- [1] 松原隆彦「現代宇宙論—時空と物質の共進化」東京大学出版 (2010)
- [2] H. I. Kim, C. H. Lee, Phys. Rev. D54, 6001-6007 (1996)
- [3] J. Martin and V. Vennin, arXiv:1110.2070v3[astro-ph.CO] (2012)

重宇
47a

ブラックホール不安定性と局所ペンローズ不等式

川口 恭平 (京都大学 M1)
8月4日 12:00 A (大会場)

種々の高次元ブラックホールは線形摂動による議論で不安定であることが知られている。しかしながら、高次元回転ブラックホールに対する線形摂動方程式の導出は非常に複雑であり困難である。そこでブラックホールの不安定性をペンローズ不等式を用いて論ずる。安定なブラックホールはペンローズ不等式に従う。したがって微小な摂動を表すブラックホールがペンローズ不等式を満たさなければそのブラックホールは安定ではあり得ないことを利用する。今回は微小な摂動を表すブラックホールの初期条件を無摂動のブラックホールの共形変換によって構築する。コンパクト化された BlackString においては、Gregory-Laflamme 不安定性が現れる条件とペンローズ不等式を破る条件が一致した。また Myers-Perry BlackHole における”高速回転”不安定性の存在も示すことができた。さらに BlackRing についてこの手法を用いて”fat”な BlackRing が不安定であるということが示せた。一方”thin”な BlackRing の回転対称性を保つ摂動に対する不安定性は確認されなかった。

- [1] Pau Figueras, Keiju Murata and Harvey S Reall Class. Quantum Grav. 28 (2011) 225030

重宇
48a

Kaluza-Klein 理論におけるブラックホール解

中村 晴貴 (大阪市立大学 M1)
8月4日 12:15 A (大会場)

近年、超紐理論などの4つの力を統一するために4次元以上の時空を仮定する理論が盛んに研究されている。そこで、高次元時空の性質を調べることは重要である。最も古くからある理論の一つとして、通常の4次元時空の他にもう一つ、コンパクト化された余剰次元を持つ5次元時空を考える Kaluza-Klein 理論がある。この理論では5次元 Einstein 方程式の真空解が、4次元時空上の Einstein-Maxwell-Dilaton 理論の解として解釈することができる。本講演では5次元時空中では特異点のない解として知られる GPS モノポール解など、Kaluza-Klein 理論でアインシュタイン方程式の解を考え、定常、球対称で漸近的平坦な構造を持つブラックホール解の性質について発表する。

- [1] G. W. Gibbons and D. L. Wiltshire. Annals Phys. 167 201 (1986)

一般相対性理論 (以下 GR) は四脚場と spin 接続を用いることで、局所 $SO(3,1)$ 不変性が明らかな形で記述できる。Loop Quantum Gravity (以下 LQG) の定式化のひとつの手法である canonicalLQG は、GR に現れる局所 $SO(3,1)$ 不変性について一部ゲージ固定を行い、局所 $SU(2)$ 不変性を持つ量子重力理論として構築される。すなわち、一見すると局所 $SO(3,1)$ 不変性が破れている。これはしばしば canonicalLQG の好ましくない性質として指摘される。そこで、spinfoam による LQG dynamics の定式化に着目する。spinfoam による定式化は通常量子論における経路積分量子化に類似した手法である。これは $SL(2, \mathbb{C})$ 共変な形で構築され、あるダイアグラムで表される dynamics を持つ boundary states 間の遷移振幅を与える。boundary states はある性質を満たす $SL(2, \mathbb{C})$ 上の関数で表現されるが、この関数空間が実際には canonicalLQG における $SU(2)$ -spin network によって作られる Hilbert 空間と同型であることが示される。 $SL(2, \mathbb{C})$ と $SO(3,1)$ の関係性とこの事実を応用することで、canonicalLQG の局所 $SO(3,1)$ 不変性を明白にすることが可能となる。本発表では、まず canonicalLQG 及び spinfoam について概観し、その後以下の論文 [1] に沿って具体的に canonicalLQG の Hilbert 空間と spinfoam の boundary states を表す関数空間との間に同型写像を構築する。そして、どのように canonicalLQG に局所 $SO(3,1)$ 不変性が再現されるかを見る。

[1] C. Rovelli and S. Speziale Phys. Rev. D83 104029 (2011)

因果的動的三角形分割による量子重力理論

重宇
49a

高松 良 (慶應義塾大学 M1)

8月4日 12:30 A (大会場)

二十世紀前半、現代物理学の柱ともいえる量子論と一般相対性理論が確立された。しかしそれから数十年たった現在においても、それらは未だに統一に至っておらず、重力の量子化は現代物理学におけるもっとも重要な課題の一つとみなされている。未だに統一に至っていない理由は、物理量を計算する際に行う経路積分が発散するためである。電磁相互作用などの場合には繰りこみと呼ばれる手法を用いることによって解決されたが、一般相対性理論において繰りこみは不可能であることが知られている。そのためその発散を防ぐための別の方法として、場を離散化する方法がある。本講演の主題である因果的動的三角形分割は、そのような重力の量子化に対する方法の一つである。この方法では、まず時空の最小単位として、内部が平坦で、辺に曲率が集中している 4 次元単体を仮定し、その組み合わせによって構成される時空を経路積分で足し合わせることで実現される全時空を考える。そしてそのようにして得られた時空が、いくつかの古典的な重力理論による帰結との整合性を確認することによって、この方法を量子重力理論として正当化する。実際に、全時空の次元が 4 であることや、ドジッター時空が形成されることなどが確認されている。今回の発表では、以上で述べた因果的動的三角形分割による量子重力理論についてレビューする。

時空の因果動的単体分割による重力の量子化と、時空の相転移の解析

重宇
50a

入江 力 (名古屋大学 M1)

8月4日 12:45 A (大会場)

我々の現在の物理学において、マクロスケールでの重力の振る舞いを記述する理論として一般相対性理論が挙げられる。しかし、くりこみを用いることによって量子化に成功した電磁相互作用に対し、重力は通常の場合の量子化による量子化をする際にくりこみができず、物理量が発散してしまう。この重力の量子化の問題は、現在の物理学における最大の懸案事項となっている。そこで、この発表ではまず前半に、4 次元時空を、内部が平坦で三角形に曲率が集中している、時間方向と空間方向の辺を区別した単体 (五胞体) で構成することにより、重力の作用積分であるアインシュタイン-ヒルベルト作用を離散化した時空上において求める。さらに、この作用積分を用いて経路積分を計算することにより、特定の物理定数の下で最も発生し得る時空などを数値解析することができる。この数値解析結果によると、物理定数の値によって 3 種類の異なる時空の形状 (相) を示していることが分かる。後半では、物理定数と、これらの相との関係を表す相図を示し、相の境界において物理量がどのような振る舞いを見せるかについて、数値解析結果により考察する。さらに、これらの相の境界における数値解析結果から、それぞれの相間の相転移次数を求める。

[1] J. Ambjorn, A. Goerlich, J. Jurkiewicz, R. Loll arXiv:1203.3591

[2] J. Ambjorn, S. Jordan, J. Jurkiewicz, R. Loll arXiv:1205.1229

ミンコフスキー汎関数を用いた背景

重宇 21cm 線への重力レンズ効果の検証

52c

竹内 良貴 (名古屋大学 D2)

21cm 線は中性水素原始のエネルギー準位間の遷移にもなうスペクトル線であり、宇宙に満ちあふれている水素原子はその光源となり得る。そのため、21cm 線の観測は星や銀河といった天体によって輝く以前の暗黒時代と呼ばれる時期を観測する唯一の手段とされている。この 21cm 線は我々に届くまでの間に大規模構造のつくるポテンシャルの中を通過することで重力レンズ効果を引き起こす。しかし、21cm 線の重力レンズ効果は CMB の偏光や銀河のシアアといったような特徴的な痕跡を残さないために観測は極めて困難とされている。本研究では重力レンズ効果によって作られる非ガウス性に注目し、ミンコフスキー汎関数を用いた解析を行い検出の可能性について議論する。また、21cm 線のシグナルは様々な物理過程の影響を受けるために、それ自体の統計的性質も非ガウス性になっている。よって、ミンコフスキー汎関数によってこれらの影響が分離可能かをも議論する。

[1] S. R. Furlanetto, S. P. Oh and F. H. Briggs, Phys. Rept. 433, 181 (2006)

[2] L. Gleser, A. Nusser, B. Ciardi and V. Desjacques, MNRAS 370 (2006)

重宇
53c

インフレーションについて 大西 武雲 (立教大学 M1)

ビッグバン理論において、平坦性、地平線、モノポール問題など、様々な問題を解決するためにグース、佐藤勝彦らによってインフレーション理論が提唱された。インフレーションによって何故解決されるかを紹介し、さらに、近年注目されているヒッグス粒子によるインフレーションモデルについても触れる。

[1] Alan H. Guth, Phys. Rev. D Vol 23 (1981), 347

重宇
54c

hspace1cm C T A 計画での大口径 望遠鏡に用いるライトガイドの開発 田中 駿也 (茨城大学 M1)

C T A 計画は、高エネルギーガンマ線観測を目指す国際協力プロジェクトである。C T A は、大・中・小の口径が異なる 3 タイプのチェレンコフ望遠鏡を数十台配置して、これまでの解像型大気チェレンコフ望遠鏡よりも高精度なガンマ線観測を行うことを目的とし、日本グループは大口径望遠鏡の開発を中心に進めている。望遠鏡のカメラ面には、チェレンコフ光を捕える光電子増倍管 (PMT) が一面に配置される。しかし、PMT の入射窓は円形なため、隣接させると隙間ができ、チェレンコフ光を捕えることができないデッドスペースが存在してしまう。ライトガイドは、この隙間を埋めるための光学部品であり、全ての PM T に取り付け、チェレンコフ光をより効率よく集光することができる。ライトガイドの曲面の形状としては、二次元において、ライトガイドにある角度以内で入射した光は 1 0 0 % 集光し、それ以上で入射した光はカットするという理想的な集光率の特徴を持つ Winston Cone 型が代表的である。しかし、三次元で考えた場合、Winston Cone はライトガイドに最適化された形状ではない。本研究では、ray tracing シミュレーションを行い、Winston Cone よりも最適化された形状を探し、より集光率の高いライトガイドの開発を目的としている。現在は、ライトガイドの試作に向け準備を進めており、講演では、開発の現状について報告する。

重宇
55c

GRB からのダークエネルギー時間 発展について 蓮尾 陽 (熊本大学 M2)

現在の宇宙は加速膨張であることは、観測から知られている。しかしながら、その加速機構はまだわかってはいない。その加速を促す要因としてのエネルギーを「ダークエネルギー」と名付け、日々研究がすすめられている。「ダークエネルギー」の研究には、観測が必要不可欠であり、より遠くの天体を観察し、どのような時間発展を遂げてきたかを調べることが重要である。そして現在、 $z \sim 8$ ほどの遠方でも情報を提供してくれる「ガンマ線バースト (GRB)」が、宇宙論パラメータの制限になる可能性があることが注目されている。GRB とは、数秒から数十秒という短い時間に、強烈なガンマ線を発生させる現象であり、宇宙最大の爆発現象として知られている。GRB の原因は、大質量星が崩壊し、ブラックホールになる際放出される超相対論的ジェットであると考えられており、つまり、昔の宇宙の情報を我々に強い光によって届けてくれる宇宙現象なので

ある。従って、GRB の解明が進めば、ダークエネルギーの解明にもつながる。現状として、ダークエネルギーの時間変化はあまり大きくないとされているが、今後の GRB の観測によって変化がみえてくる可能性がある。その際、宇宙論パラメータがどのように制限されるかを議論する。

重宇
56c

Charged Lovelock Black Hole の 安定性解析

高橋 智洋 (京都大学 D3)

Einstein 理論の自然な高次元への拡張として Lovelock 理論がある。この理論においては電荷を持つ static で spherical symmetric な Black Hole 解が知られている。本講演においてはこの Black Hole が安定に存在できるか否かを議論する。具体的には scalar type, vector type, tensor type それぞれの摂動に関する master 方程式を紹介し、それをもとに不安定モードがあるか否かを議論し、最終的には“extreme に近い Black Hole は不安定である”ことを述べる。

[1] T.Takahashi and J.Soda, Prog. Theor. Phys. Vol. 124 No. 5 (2010) pp. 911-924

[2] T.Takahashi and J.Soda, Prog. Theor. Phys. Vol. 124 No. 4 (2010) pp. 711-729

[3] T.Takahashi, Prog. Theor. Phys. Vol. 125 No. 6 (2011) pp. 1289-1310

重宇
57c

原始ブラックホールの合体から生じ る重力波の見積もり

小林 明美 (名古屋大学 M2)

一般相対性理論によると重力があると時空が歪み、質量を持ったものが加速度運動するとその時空の歪みが波となって伝わる。その波を重力波と呼ぶ。重力波を用いると、光では見えないブラックホールや、宇宙誕生直後を見ることができる。しかし、重力波の振幅は大変小さく未だ直接観測はされていない。重力波生成機構の一つとして、原始ブラックホール (PBH) の合体がある。PBH は、初期宇宙の過密度領域が重力不安定性により崩壊してできるブラックホールのことで、ダークマターの候補の一つとして考えられている。PBH は普通のブラックホールに比べて小さい質量のものも存在するが、たくさん存在していると考えられる。PBH は、宇宙の歴史の中で合体を繰り返し、成長していくと考えられる。PBH が形成されると、そのまわりにダークマターが集まり、ハローが形成され成長していく。PBH が連星系を作るとき、それらを取り囲んでいる 2 つのハローも合体し、その新しいハローの中で 2 つの PBH も合体していく。今研究では、銀河形成の準解析的形成モデルを用いて、PBH 連星合体過程で放出される重力波を計算する。この PBH 連星系からの重力波を重ね合わせると背景重力波となり、また、PBH 連星合体により生じる強い重力波は重力波バーストとなる。ここで評価した重力波を、現在、もしくは将来の重力波観測装置によって観測可能かどうか議論する。

[1] M. Enoki, K. T. Inoue, M. Nagashima and N. Sugiyama, Astrophys. J. 615, 19 (2004), [astro-ph/0404389]

[2] K. Hayasaki, K. Takahashi, Y. Sendouda, and S. Nagataki(2009), arXiv:0909.1738 [astro-ph.CO]

[3] H. I. Kim and C. H. Lee, Phys. Rev. D 54, 6001 (1996)

Search for Gravitational Wave Signal Using Hilbert-Huang Transform

重字
58c

平沼 悠太 (新潟大学 D2)

Gravitational wave existence is recognized “indirectly” from PSR 1913+16 data. But gravitational wave is not detected “directly”. Now, gravitational wave detectors are running in world. In Japan, gravitational wave detector “KAGRA” is been constructing. Gravitational wave signals are smaller than detector noises. So, gravitational wave data analysis is one of the most important things for gravitational wave detection. We introduce a novel data analysis method, which is Hilbert-Huang Transform (HHT). HHT is high time-frequency resolution. HHT is used mechanical engineering and medic. HHT is composed Empirical Mode Decomposition (EMD) and Hilbert Transform. HHT first step, original signal is decomposed by EMD, which is kind of high-pass filter. Second, decomposed signals are transformed by Hilbert transform. In this poster, we report that use HHT to search for gravitational wave signals.

- [1] N.E. Huang et al., Proc. Roy. Soc. Lond. 454, 903 (1998)
- [2] Jordan B. Camp, John K. Cannizzo, and Kenji Numata, Phys. Rev. D75, 061101 (2007)
- [3] Alexander Stroeer, John K. Cannizzo, and Joran B. Camp, Phys. Rev. D79, 124022 (2009)

de Sitter QFT on a sphere and on Lorentzian flat chart

重字
59c

高麗 雄介 (京都大学 D2)

de Sitter 時空上の場の量子論で二つの種類のことを摂動的に考える。一つは宇宙論的摂動論でも用いられる in-in 相関であって初期状態を自由 Euclid 真空とするもので、もう一つは Euclid 場の理論による相関、すなわち Euclid 経路積分により定義される相関である。この両者は一致することが [1] によって示されているが、ここではその別証明を与える。我々の方法は直接の計算に依っているので、[1] よりも適応範囲が広いと考えられる。実際、今回の方法では Euclid 経路積分により得られる解析表示が考察の本質となっている。

- [1] Higuchi et al., Phys.Rev. D83 084029 (2011)

スカラーテンソル理論におけるヴァインシュタイン機構

重字
60c

加瀬 竜太郎 (東京理科大学 D1)

現在の宇宙加速膨張の未知の源は暗黒エネルギーと呼ばれ、その最も単純な候補である宇宙項には理論的に予測されるエネルギー密度に比べて観測値が極端に小さすぎるという問題がある。そこで宇宙項が暗黒エネルギーの起源ではないとすると、長距離において重力理論が修正される可

能性が考えられ、活発に研究されているのが修正重力理論である。この枠組みでは、大スケールでは重力理論の修正により安定な後期加速膨張が実現されなければならない一方で、局所重力実験が一般相対論 (GR) とよく一致していることから、小スケールでは GR 的な振る舞いを取り戻すことが要求される。f(R) 重力理論、スカラーテンソル理論ではスカラー場のカメレオン機構によって高密度領域で GR 的振る舞いを取り戻すことができるが、それが上手く働くためにはポテンシャルのチューニングが必要となる。一方で DGP プレーンワールドではスカラー場の非線形な自己相互作用項によって生じるヴァインシュタイン機構 [1] により、局所領域で GR 的振る舞いを取り戻すことができる。しかし、DGP プレーンワールド自体は観測データの複合解析との一致の困難やゴースト問題等がある。そこで我々はこのヴァインシュタイン機構に着目し、一般化したラグランジアンのもとで物質場の存在する球対称時空を考え、どのようにこの機構が働くのかを研究した。その結果を用い、実際のモデルに関して局所重力実験からの制限との整合性を確認した [2].

- [1] A. I. Vainshtein, Phys. Lett. B 39, 393 (1972).
- [2] A. De Felice, R. Kase, S. Tsujikawa, arXiv:1111.5090 (2011).

境界を持つ時空における Causal Dynamical Triangulation

重字
61c

引地 貴之 (名古屋大学 D1)

一般相対論は、宇宙のダイナミクスなどマクロスケールの物理を記述する理論として大きな成功を収めた。一方で、量子論はミクロスケールの物理を記述する。素粒子の標準模型は、重力以外の 3 つの基本相互作用、すなわち電磁気力、強い力、弱い力を記述する量子論であり、これらの 3 つの力に関する実験結果を見事に説明した。しかしながら、極初期の宇宙や black hole の特異点近傍のような Planck スケールの領域においては重力の量子効果が重要になるため、一般相対論などの古典重力理論も他の 3 つの相互作用と同様に量子化する必要がある。重力の量子化の試みるアプローチの 1 つに、CDT(Causal Dynamical Triangulation) と呼ばれる手法が存在する。CDT では、時間的な辺と空間的な辺を区別する単体と呼ばれる基本格子により時空を離散化することで、重力の経路積分を非摂動的に定義することを試みる。CDT では主に数値計算により様々な物理量を評価するが、これまでの数値計算では基本的に時間方向に周期的で、境界のないコンパクトな時空のみを取り扱ってきた。今回は、この CDT の数値計算手法を時空に境界が存在し、時間方向に非周期的な時空に拡張することを考える。このような拡張により、時空に対する波動関数などの量が計算可能になると考えられる。

最も一般的なスカラー・テンソル理論における FRW 背景時空での Vainshtein 機構

重字
62c

木村 蘭平 (広島大学 D2)

近年の観測は宇宙の加速膨張を示唆しており、宇宙項を一般相対性理論に導入する標準模型は今のところ観測と矛盾しないことが知られているが、その「定数」の起源は未だ解明されていない。この加速膨張の起源を説明する代替として、重力理論の修正というアプローチが存在する。最

も単純な拡張としてはスカラー場を導入することであり、運動方程式が2階の微分方程式になるようなもっとも一般的なスカラー・テンソル理論が Horndeski により、また、Galileon 重力の文脈で Deffayet らによって独立に導出された。この理論は Nonlinear massive gravity などの有効理論として現れ、非常に重要な性質を持っている。短距離における重力、つまり太陽系スケールにおいては一般相対性理論が観測と矛盾しないため、重力の修正を施す際に何らかの「機構」によって一般相対性理論を回復しなければならない。Vainshtein 機構はその一つの例であり、短距離ではスカラー場の非線形性により、スカラー場と物質場の結合が有効的に弱くなることで通常の重力理論に帰着するというものである。本発表では、この最も一般的なスカラー・テンソル理論における Vainshtein 機構が FRW 背景時空で働くかを議論し、ある条件下では働かないことを示す。

[1] Rampei Kimura, Tsutomu Kobayashi, and Kazuhiro Yamamoto Phys. Rev. D 85 024023 (2012)

重宇
63c

曲がった時空中の量子力学
根岸 宏行 (大阪市立大学 M2)

量子論は原子や原子核といったミクロな世界を記述する。一方で、重力は銀河や宇宙といったマクロな世界で重要となる。この二つの効果が交わる現象はブラックホールの特異点近傍や宇宙初期などの極限状況でのみ量子重量や曲がった時空中での場の量子論として現れると考えられるが、必ずしもそうではない。量子力学にもニュートンポテンシャルによる重力の効果がよりも高次の効果がポストニュートンの効果として現れる。本講演では、量子系と重力との相互作用というトピックスに焦点を当てて議論する。

[1] Kohkichi Konno and Rohta Takahashi Phys. Rev. D85 061502 (2012)

重宇
64c

クインテッセンスと重力
舟田 成登 (立教大学 M1)

最近の観測では宇宙を加速膨張させるために負の圧力をもつエネルギー成分の存在が示唆されている。それらはダークエネルギーと呼ばれ宇宙項やクインテッセンスなどの種類がある。クインテッセンスはわずかに時間変化するスカラー場のダークエネルギーである。ここでは我々の宇宙は一様等方なモデルであると仮定して、クインテッセンスのスカラー場に対して、時間変化のない重力を遠方から与えることを考えて、場の方程式を解いていく。そして、クインテッセンスと重力の2つの間にある関係を考察していく。この発表は論文のレビューである。

[1] T. Chiba, Phys. Rev. D60, 083508

重宇
65c

Symmetron Cosmology
上條 正樹 (名古屋大学 M2)

現在の宇宙の加速膨張を引き起こしているダークエネルギーの候補として、スカラー場を含む様々な理論が考えられている Quintessence や、修正重力から現れるスカラー場などである。このようなスカラー場が通常の物質と相

互作用をするモデルを考えると、これが第5の力として振舞い、観測結果が一般相対性理論で予言されるものとずれてしまう。しかし、実際には一般相対性理論は高い精度で確かめられているので、物質と相互作用するスカラー場を考える場合には、ある機構が働いてその効果が現れないようにしなければならない。そのような機構の1つである Symmetron は、対称性のあるポテンシャルを持つが、物質との相互作用があるために、高密度の領域では対称性が保たれ、逆に低密度領域では対称性が自発的に破れる。すると、スカラー場と物質との相互作用はスカラー場のローカルな真空期待値に比例するので、高密度領域ではその相互作用は小さくでき、観測の制限内に抑えることができる。Symmetron はそのポテンシャルの形から、量子論と相性がいいとされている。

[1] Kurt Hinterbichler, Justin Khoury, Aaron Levy, and Andrew Matas Phys. Rev. D 84, 103521 (2011)

[2] Kurt Hinterbichler, Justin Khoury Phys. Rev. Lett. 104, 231301 (2010)

重宇
66c

**宇宙論パラメータ推定への重力レンズ
ズバイスペクトルの影響**
佐藤 正典 (名古屋大学 D3)

宇宙マイクロ波背景放射の観測から、宇宙初期の密度揺らぎは、ほぼガウシアン統計に従うことが知られているため、宇宙初期の宇宙論的な情報はパワースペクトルを調べることで尽きていると考えられる。しかし、現在観測されている大規模構造などは非線形重力進化の影響から、非ガウス統計に従い、高次の相関も持つことになる。従って、パワースペクトルだけでなく、バイスペクトルに含まれている宇宙論的な情報が、どれほど宇宙論パラメータの推定へ影響を及ぼすかを調べることは重要である。我々は、重力レンズの convergence 場に注目し、Seo et al. [1] で行われた重力レンズシミュレーションを用いた。1000 realization のシミュレーションからパワースペクトル、バイスペクトルの共分散行列を求め、宇宙論パラメータの制限をフィッシャー解析を用いて行った。本講演では、バイスペクトルが宇宙論パラメータの制限をどれほど改善するかを示す。また、パワースペクトルとバイスペクトルのクロス共分散がパラメータ推定に与える影響についても議論したい。

[1] H.-J. Seo et al., ApJ, 748, 57, 2012

重宇
67c

**SDSS+2dF クエーサーを用いた宇宙の
大域トポロジーの制限**
藤井 宏和 (東京大学 D1)

宇宙の幾何構造の決定は、観測的宇宙論における大きなテーマの1つである。現在標準とされている Λ CDM モデルによると宇宙の曲率はゼロであり、したがって至る所ユークリッド幾何学が成り立つ。しかし、標準宇宙論が基礎をおく一般相対論は局所的な理論であり、時空の大域的な性質(トポロジー)には何も言及しない。例えば、無限に広がるユークリッド平面と円柱面は局所的には等価であるが、円柱面には「穴」が空いているので大域的には異なるトポロジーを持つ。 Λ CDM 宇宙もそのような「穴」を持つことが数学的には可能であり (e.g., Ellis 1971; Lachièze-Rey & Luminet 1995)、そのうち最もシンプルなモデルは CMB の観測により棄却されている (e.g., Cornish et al.

2004; Key et al. 2007; Bielewicz & Banday 2011)。今回、私は SDSS(DR7; Schneider et al. 2011) および 2dF サーベイ (Croom et al. 2004) により得られたクエーサーの 3 次元分布を用いて、回転によってねじれた「穴」のモデルに対する観測的制限を初めて得た。講演ではその結果と今後の展望について報告する。

.....

N 体シミュレーションを用いた線形成長率 f の評価法の開発

重宇
68c

石川 敬視 (京都大学 D1)

Ia 型超新星の観測から、我々の宇宙は現在加速膨張をしていることがわかった。これを説明するために、ダークエネルギーの存在が仮定されたり、または種々の修正重力理論が提唱されており、この謎は現代宇宙論における最大の課題である。これに対し日本では現在、すばる FMOS を用いた FastSound 計画がすばる戦略枠に採択され、赤方偏移が $z > 1$ を超える領域での初の赤方偏移空間歪み (RSD) 探査が遂行中である。RSD とは銀河の持つ固有速度によって生じる、観測された銀河分布が持つ非等方性である。これを解析することにより大規模構造形成の成長率 f を測定し、修正重力理論に制限を課すことができる。(Guzzo et al. 2008, Blake et al. 2011)。ここで重要となるのが RSD 解析における系統誤差評価である。構造形成進化は小スケールでは重力による非線形成長のため、解析的な記述が難しい。そこで我々は、N 体シミュレーションを多数回実行することで、銀河分布に対応するダークハローの模擬カタログを作成、これを実際に解析することにより f 測定における系統誤差を定量的に評価した。様々な解析公式、近似式、バイアスのパラメトリゼーションや、解析に用いる波数領域等のあらゆるケースを系統的に調べた結果、洗練された最新の公式 (Nishimichi & Taruya 2011) により、広い波数領域から系統誤差なく情報が引き出せることがわかった。

- [1] L. Guzzo et al., Nature 451, 541 (2008)
 - [2] A. Taruya, T. Nishimichi and S. Saito, Phys. Rev. D82, 063522 (2010)
 - [3] T. Nishimichi and A. Taruya, Phys. Rev. D84, 043526 (2011)
-

ゆらぎの発展に対する非摂動論的くりこみの方法

重宇
69c

岡 アキラ (東京大学 M2)

現在観測されているような宇宙の大規模構造を説明しようとする構造形成の理論において、その基本方程式は非線形の連立微分方程式であり厳密に解くのは不可能だと考えられている。そのため、構造形成の理論から大規模構造を予言するためには、これらの基本方程式をなんらかの形で近似して取り扱わなければならない。今回の講演では、「非摂動論的くりこみ」あるいは“Renormalized Perturbation Theory (RPT)”と呼ばれる計算方法を紹介する。

- [1] A. Taruya, T. Nishimichi, S. Saito and T. Hiramoto, Phys.Rev.D 80 123503 (2009)
 - [2] Crocce Martin and Scoccimarro Roman, Phys. Rev. D 73, 063519 (2006)
-

面対称時空における相対論的 Lagrange 摂動法による密度ゆらぎの解析

重宇
70c

津田 陽 (早稲田大学 M1)

現在、宇宙にはさまざまな構造が満ちあふれている。宇宙マイクロ波背景放射の観測により、初期の宇宙はほとんど等方的であるが、微小なゆらぎの存在が示唆された。その密度ゆらぎが重力によって成長し、現在の宇宙構造が形成されたという考え方を重力不安定性による構造形成理論と呼び、現在標準的な理論になっている。

このゆらぎの発展を非線形領域まで解析することは複雑で困難であるため、大規模シミュレーションを行うか、近似を用いた解析的なアプローチが用いられる。この解析的なアプローチとしては、通常のオイラー的摂動論より、良い近似法が提案されている。それはラグランジュの見方に基づく摂動論であり、非線形領域のゆらぎの成長も記述可能である。

ニュートン重力理論の場合、面対称性をもつ一次のラグランジュ摂動法を用いた解は、結果的に厳密解であることが分かっている。

そこで本研究では、面対称性をもつ相対論的ゆらぎをラグランジュ的摂動法を用いて解析し、その発展をオイラー的摂動法と比較することで、近似法の精度などを評価をする。

結論として解析結果から、面対称時空においてラグランジュ摂動法の方がよりよい近似法であることが分かった。

- [1] M. Kasai, Phys. Rev. D, 52, 5605 (1995)
 - [2] H. Russ, M. Morita, M. Kasai, and G. Borner, Phys. Rev. D 53, 6881 (1996)
 - [3] M. Morita, K. Nakamura, M. Kasai, Phys. Rev. D 57 6069 (1997)
-

2次元ディラトン重力モデルにおけるブラックホールの蒸発

重宇
71c

末延 博 (名古屋大学 M2)

古典論においてブラックホール (以下 BH) は、何かを放出することはなく拡大するばかりである。しかし量子論を考慮すると BH は輻射を起し (Hawking 輻射)、やがて蒸発して消えてしまうと考えられている。BH の蒸発過程を詳しく議論するためには、Hawking 輻射による反作用を含めた取り扱いが必要である。その方法の一つとして、4次元球対称時空に対応する 2次元ディラトン重力モデルを用いるというものがある。4次元球対称時空での重力の作用は、2次元の重力 (アインシュタイン・ヒルベルト作用) とスカラー場 (ディラトン場) が結合したもので表すことができる。その作用に物質場として 0 質量スカラー場を加えるとともに、簡素化を施したモデル (CGHS モデル等) が存在し、それらは古典レベルで BH 解を持つことが知られている。このモデルにおいて物質場 (スカラー場) を量子化すると、古典的には 0 となる物質場のエネルギー運動量テンソルのトレースは、Hawking 輻射によって 0 でなくなる。これを反作用として運動方程式に取り入れることで、BH の形成から収縮・消滅に至る過程の解析が可能となる。この方法によって、BH 質量や輻射エネルギーの時間変化などを求める。

- [1] A. Ashtekar, F. Pretorius, and F. M. Ramazanoglu, Phys. Rev. D 83, 044040 (2011)
-

重宇
72c

Reissner-Nordstrom 時空の BSW collision

国分 隆文 (立教大学 M1)

最近 Banados, Silk, West によって extremal Kerr ブラックホールの horizon で 2 つの粒子を衝突させると、2 粒子の重心系のエネルギーが発散するということが示された [1]。それに対して Zaslavskii は、Reissner-Nordstrom 時空で同じ現象が起こるかどうかを調べた [2]。今回の発表では Zaslavskii の論文をレビューし、この時空ではどのような条件で重心系エネルギーが発散が起こるかをみる。

[1] M. Banados, J. Silk and S. M. West, Phys. Rev. Lett. 103, 111102 (2009)

[2] O.B.Zaslavskii, "Acceleration of particles by nonrotating charged black holes," JETP Lett. 92, 571 (2010)

.....

重宇
73c

Kerr Metric Kruskal 座標上の null・timelike 軌道

押賀 弘行 (立教大学 M1)

ブラックホール (以下 BH) 内部の時空構造を探るには Kruskal extension という手法が用いられる。この手法は R. GAUTREAU によって示された。Kerr は自転している軸対象な metric で extension は、回転軸周りに一部の座標を固定し数回の座標変換を行うことで実現する。よく知られているように真の特異点は自転する BH の角運動量のパラメータ a を半径としたリング形をしている。horizon 内部の時空構造は非常に興味深い。本講演では彼の論文のレビューと特にこの horizon 内部での particle の取りうる軌道について、Schwarzschild metric との比較を交え考察した結果を発表したいと思う。

[1] R.G. Gautreau, IL Nuovo Cimento, 50A, 120 (1967)

.....

重宇
74c

Kerr Black Hole 周りでの円偏光状 態にあるビーム光の伝播

梶田 篤樹 (大阪市立大学 D1)

Valeri P. Frolov と Andrey A. Shoom は定常時空において、空間と時間を分離する (3+1) 形式で円偏光状態にある光子の運動方程式を求めた。この方程式に従う円偏光状態を含んだ光子の軌道は、Kerr black hole のような特定の重力場では光子の軌道がヌル測地線からずれる。本発表は (3+1) 形式の運動方程式を 4 次元時空形式に直し直し、その軌道は測地線とは違い光線束のツイストが生成されることを示す。

[1] Valeri P. Frolov and Andrey A. Shoom Phys. Rev. D84 044026 (2011)

.....

日時	8月2日 15:15 - 16:00, 16:00 - 17:00(招待講演) 8月3日 16:00 - 18:30, 18:30 - 19:30(招待講演)
招待講師	手嶋 政廣 氏 (東大宇宙線研) 「超高エネルギーガンマ線天文学と CTA」 埜 隆志 氏 (名古屋大学) 「加速器実験から見える宇宙 ～急がば回れ～」
座長	栗根 悠介 (京都大学 M2)、磯 利弘 (名古屋大学 M2)、武石 隆治 (東京大学 M2)
概要	<p>–見えない粒子で宇宙を見る–</p> <p>宇宙は目に見えないもので満ちあふれています。これは決して比喩や想像ではなく、ひとたび天文学的な目を向けると、宇宙空間は宇宙線粒子やニュートリノ、ガンマ線が飛び交い、随所にダークマターが存在するような世界です。ガンマ線バーストや超新星爆発、太陽フレアなどにより放出される宇宙線、ニュートリノやガンマ線からは、高エネルギー天体现象を理解するための手がかりが得られます。またダークマターの探索は、宇宙の起源の解明につながると言われてしています。</p> <p>近年の観測技術の向上により、これらの粒子について多くのことがわかってきました。超高エネルギー宇宙線の起源を調べるテレスコープアレイ (TA)、ニュートリノ検出器スーパーカミオカンデ、ダークマター検出器 XMASS、高エネルギーガンマ線天文台チェレンコフテレスコープアレイ (CTA)。現在進行中のさまざまなプロジェクトにより、これまで以上に多くの知見が得られると期待されています。さらに、LHCfのように加速器実験から高エネルギー粒子の相互作用を明らかにし、宇宙線物理に応用するという研究も進められています。</p> <p>当分科会ではこれらの物質をひとくくりに「宇宙素粒子」と名付けました（ガンマ線は波ですが、散乱など粒子的にも振る舞うためここに含まれています）。分科会の特徴としては、扱う範囲が広いため、さまざまな分野の学生同士で話し合うことができるという利点があります。多くの方々の参加をお待ちしています。</p>

超高エネルギーガンマ線天文学と CTA

超高エネルギーガンマ線による極限宇宙の研究は、MAGIC, HESS, VERITAS により 150 を超える多種多様なガンマ線源が銀河系内外に観測され、過去 10 年間に急速に発展してきた新たな天文学の一分野である。

現在、パルサー、ガンマ線連星、超新星残骸、活動銀河核、スターバースト銀河等が観測され、天体での高エネルギー現象、宇宙線加速、ガンマ線放射機構が次々と明らかになってきている。さらにこの分野を発展させるため、国際共同により、次世代の超高エネルギーガンマ線天文台 CTA 建設にむけて準備研究をすすめている。CTA は 20GeV-100TeV の広いエネルギー領域のガンマ線を観測するため、数 10 台からなる 大口径 (23m)、中口径 (12m)、小口径 (6m) のチェレンコフ望遠鏡群をおよそ 10km² の広大な領域に展開する。感度は現在稼働中の望遠鏡の 10 倍以上の感度 10⁻¹⁴erg/cm²s (1m Crab) を達成し、銀河内のほぼ主要なガンマ線源 (パルサー星雲、超新星残骸等) をすべて観測する。また、角度分解能も現在稼働中のものより数倍向上し 2 分角 (1TeV) となり、パルサー星雲、超新星残骸等の広がった天体に関しては、X 線観測等とあわせて多波長での詳細なモルホロジー研究が可能となる。またエネルギー閾値を 10-20GeV まで下げる事により、ガンマ線観測の地平線を大きく広げ、 $z < 2$ までの活動銀河核、 $z < 6$ までのガンマ線バーストを観測可能とする。

本講演では、超高エネルギーガンマ線天文学の現状をレビューし、CTA 準備研究の状況、CTA で期待されるサイエンスについて報告する。

加速器実験から見える宇宙 ～ 急がば回れ ～

宇宙線観測は伝統的な天文観測と何が違うのか? 天文学の観測は (大雑把に) 「宇宙からの電磁波の到来時刻、方向、エネルギー (波長) を測定すること」である。電磁波と検出器の応答は正確に理解できること、電磁波は磁場中を直進することから、観測ができればすぐに放射天体の現象を議論できる。一方、宇宙線観測とは「宇宙からの荷電粒子の到来時刻、方向、エネルギー、粒子種を測定すること」である。荷電粒子であるため到来方向は発生源を向かない。粒子種という新しい自由度が増える。さらに、観測に使われる空気シャワー現象は電磁相互作用だけではなくハドロン相互作用を介して発達するため、地球大気という検出器内での応答の理解が難しい。これらの困難から宇宙線観測ははまだ「天文学」としての地位を確立しているとは言えない。しかし、新たな自由度があることは、未知の現象を探索できる可能性を示している。宇宙線の観測を確立することで天文学の対象範囲を大きくひろげることができる。

困難項目の中で「ハドロン相互作用」は宇宙物理とは独立の要素であり、この不定性を抑えることで他の宇宙物理的要素の議論が可能になる。ハドロン相互作用は量子色力学 (QCD) によるクォーク・グルーオンの反応だが、電弱相互作用 (QED) のように第一原理から全ての反応を計算することができない。これらの反応を正しく理解するためには現象論的モデルと加速器実験による検証が不可欠である。人類は今、Large Hadron Collider という最強のハドロン衝突型加速器を手に入れた。LHC は重心系での最大衝突エネルギー 14TeV を実現する加速器である。重心系 14TeV は、片方の陽子の静止系で見れば 10¹⁷eV に相当し、超高エネルギー宇宙線観測の領域に踏み込むことができる。

本講演では、講演者が推進する LHCf 実験の背景と最新結果、将来の計画を中心に加速器実験と宇宙物理の接点について紹介、議論したい。LHCf は LHC の実験のひとつで、宇宙線空気シャワーの理解のために日本の研究者が中心となって推進している。また、できれば太陽高エネルギー粒子観測と加速器実験についても紹介したい。

新型太陽中性子望遠鏡のデータ取得回路の開発

宇素
01a

伊藤 司 (名古屋大学 M1)
8月2日 15:15 C (小会場)

太陽フレアによって加速されたイオンが太陽大気と衝突し、太陽中性子が生成される。電荷を持たず惑星間磁場の影響を受けない太陽中性子の観測により、太陽表面における粒子加速機構を解明するべく我々は研究を行っている。太陽中性子はエネルギーによって地球までの飛行時間が異なるため、高いエネルギー分解能を持つ検出器の開発が必要となる。現在、24時間観測を行うために世界七箇所に太陽中性子検出器が設置されており、新たに Mexico の標高 4600m の Sierra Negra 山に設置される高いエネルギー分解能を持つ太陽中性子望遠鏡による「SciCRT 計画」が進められている。本計画では K2K 実験やアメリカの FNAL の加速器実験「SciBooNE」でニュートリノ検出器として使用されていた SciBar 検出器を用いており、これは scintillator bar を 14848 本使用した飛跡検出器として利用可能である。これにより中性子により反跳された検出器内の原子核の軌跡の方向とエネルギーを観測する。計画の第一期では SciBar 検出器が加速器実験において使用されていた際のデータ取得回路を用いて観測を行い、第二期では宇宙線観測用にデータ取得回路を最適化して実験を行う。今回、太陽中性子望遠鏡の検出効率の向上のために進んでいる第二期のデータ取得回路の開発について紹介する。

太陽中性子観測計画 SciCRT における高速読み出し用バックエンドボードの開発

宇素
02a

佐々井 義矩 (名古屋大学 M2)
8月2日 15:30 C (小会場)

地上の太陽中性子観測では、太陽フレアが起こったときに世界のどこかで観測ができるように経度の異なる 7 拠点到に観測ネットワークが張り巡らされている。その内のメキシコ・シエラネグラ山にて現在 SciCRT 実験が準備中であり、2013 年から観測の予定である。SciCRT 実験の検出器は K2K 前置検出器で使われた SciBar 検出器を使用している。この SciBar 検出器の読み出し回路を使うことで、データ収集は 1kHz 以下に限定されている。近い将来にはより高い頻度でデータを収集し、より有意な太陽中性子信号を得るために、観測と平行して新たなデータ収集システムの開発を始めた。現在のデータ収集速度は VME パスによって制限されている。そこで高速読み出しのために、新たに DAQ モジュール開発を開始した。新モジュールは VME を使わずに、高速データ収集が可能な SiTCP を導入する。SiTCP は FPGA から Ethernet を介してデータ転送を行う技術であり KEK で開発された。現在、写真の Xilinx 社 Spartan-3AN FPGA Startar Kit を使い、モジュールと PC 間の SiTCP によるデータ転送を試験している。本講演では、これまでの開発状況について説明する。

シミュレーションを用いた ASTRO-H 衛星搭載軟ガンマ線検出器の検出感度の評価

宇素
03a

富塚 慎司 (名古屋大学 M1)
8月2日 15:45 C (小会場)

硬 X 線やガンマ線は高エネルギー粒子と電磁場や星間物

質などの相互作用によって放射されるため、ブラックホールや超新星残骸などの高エネルギー天体における粒子加速の過程や宇宙線の起源の解明に重要な役割を果たす。次世代 X 線衛星「ASTRO-H」に搭載する軟ガンマ線検出器 (SGD) は、40 keV - 600 keV のエネルギー領域において、運用中である X 線衛星「すざく」に比べて 10 倍以上の検出感度を実現することを目的として開発されている。SGD では入射ガンマ線のコンプトン散乱と光電吸収のエネルギー測定から入射ガンマ線の到来方向を制限し、コリメータとの整合性を要求する事でバックグラウンドを排除し、検出感度を向上させている。観測したガンマ線のカウンタ数から入射スペクトルを算出するためには、ガンマ線の検出効率とそのエネルギー依存性を精度よく決定する必要があり、その目的の為にシミュレーションを用いた検出器応答の徹底的な理解が重要である。ただし、シミュレーションには検出器モデルをはじめとした様々な不定性があるため、試作検出器での実測とシミュレーション結果を比較することで検出器応答を評価する必要がある。今回の発表では、SGD の原理や構造の詳細と粒子反応シミュレータ Geant4 を使った結果について報告する。

CTA 計画に向けた大口径望遠鏡のトリガー開発および試験状況

宇素
04a

畑中 謙一郎 (京都大学 M1)
8月3日 16:00 C (小会場)

CTA (Cherenkov Telescope Array) 計画は、超高エネルギーガンマ線天文学のための、国際的な次世代チェレンコフ望遠鏡群の建設計画である。CTA では大口径、中口径、小口径の望遠鏡を南北両半球に配置し、現在稼働中の望遠鏡の 10 倍の感度、また 20~30GeV から 100TeV までの広いエネルギー領域、1~2 分角という高い角度分解能で全天観測が可能となる。日本は主に大口径望遠鏡に貢献する。望遠鏡の焦点に配置されている PMT は、周りの 6 本の PMT とあわせて 7 本で 1 クラスターとして束ねられる。1 クラスターにつき 1 枚の波形読み出しボード、トリガー生成回路が搭載される。トリガー生成の際まず、各 PMT ごとの閾値判定を行い (L0)、次に L0 トリガーの位置分布によって L1 トリガーが生成され、最後に望遠鏡アレイ間のコインシデンスの有無によるトリガーが作られる。チェレンコフ光では、光子が隣り合った複数の PMT に同時に入るのに対し、夜光はランダムに単発で入る。L1 トリガー生成の際、クラスターをまたいで隣接する PMT に同時に光子が入る場合も考慮しなければならない。そのため、クラスター内だけでなく隣接するクラスター間での L0 トリガー信号のやり取りが必要になってくる。本講演ではクラスター間連結の試験結果について発表する。

CTA 計画に向けた波形サンプリング回路の開発

宇素
05a

岸本 哲朗 (京都大学 M1)
8月3日 16:15 C (小会場)

Cherenkov Telescope Array (CTA) 計画は国際協力のもとに計画が進められている次世代のチェレンコフ望遠鏡である。100 台程度の大きささまざまな望遠鏡によって数十 GeV から 100TeV の領域における天体ガンマ線に対する感度を現行より一桁よいものを目指す。チェレンコフ望遠鏡は鏡で光を反射して焦点面に集める。焦点面に集められた光は光電子増倍管によって信号に変換

され読み出し回路に送られて処理される。大気チェレンコフ光の継続時間は数 ns と非常に短いので GHz 程度の非常に速い波形サンプリング回路が必要である。そのために CTA では DRS4 と呼ばれるチップを用いた超高速の波形サンプリング回路を開発し、試験中である。この回路は 7 本の PMT からの信号を 2GHz でサンプリングできるようになっている。これまでに試験・改良が進められており、今年度内にもさらに新しくした基盤を開発予定である。本講演では、この回路の詳細といくつかの試験結果及び今後の開発予定について発表する。

CTA 計画における大口径望遠鏡用 焦点面検出器校正のための試験系の 開発

宇素
06a

上野 遥 (埼玉大学 M1)
8月3日 16:30 C (小会場)

宇宙には GeV~TeV のガンマ線を放出するような高エネルギー天体が数多く存在する。例えば、ガンマ線バースト (GRB) 現象がその一つである。MAGIC や H.E.S.S. などの現行の地上チェレンコフ望遠鏡による GRB の検出はまだ成功していないが、数十 GeV で観測ができれば系外背景放射光による吸収の影響が少ない帯域での GRB 観測ができ、より詳しい GRB 放射の様子が調べることが可能となる。次世代地上チェレンコフ望遠鏡を建設する Cherenkov Telescope Array (CTA) 計画では、大中小口径解像型大気チェレンコフ望遠鏡群の建設により数十 GeV~100 TeV という高帯域かつ従来よりも一桁良い感度での超高エネルギーガンマ線観測を目指す。CTA の 23 m 大口径望遠鏡 (LST) では、~20 GeV のエネルギー閾値が実現される。我々は、LST に用いられる 1855 本の光電子増倍管で構成される焦点面検出器の校正用試験系の開発を行っている。これまでは PMT 試験用光源を nsec の時間で光らせるパルスジェネレータを MAGIC 望遠鏡での技術用いて CTA 用に開発し、それを用いて PMT から 1 p.e. 相当の信号検出を確認することができた。またゲインの温度依存性試験を行い、HV 値に関係なくゲインは ~-1%/度で温度変化するという結果が得られた。

CTA 計画における鏡開発

宇素
07a

馬場 浩則 (茨城大学 M1)
8月3日 16:45 C (小会場)

CTA 計画は、大規模な地上チェレンコフ望遠鏡群により、20、30GeV~100TeV の広いエネルギー範囲の高エネルギーガンマ線観測を目指す次世代の国際協力実験である。この計画は口径が大・中・小の 3 種類の望遠鏡を数十台配置して観測を行うもので、日本グループは主に大口径望遠鏡開発を行っている。大口径望遠鏡では、約 1.5m の分割鏡を約 200 枚用いた放物面複合鏡を使用する。この複合鏡の焦点距離は 28m と長く、各分割鏡には反射率 90% 以上、角度分解能 2 分角以下、10 年以上の耐久性などの高い性能が要求される。現開発段階では、反射率、スポットサイズの要求仕様を満たした分割鏡の試作に成功している。分割鏡の表面は、腐食によって反射率低下を引き起こし、観測の精度に影響を与える。我々は、スパッタリング技術を用いたコーティングの耐久性について要求仕様を満たしているかを調査する、評価試験を行っている。また、8 台の大口径望遠鏡を建設する予定のため、大量の分割鏡を高精度かつ効率よく評価するための形状測定システ

ムが必要となる。現在、このシステムとして PMD 法という方法を採用し、実施に向けて装置設計を行っている。本発表では、CTA 計画の大口径望遠鏡における鏡開発の現状と成果についての報告を行う。

テレスコープアレイ実験における低 エネルギー拡張計画

宇素
08a

後藤 昂司 (大阪市立大学 M1)
8月3日 17:00 C (小会場)

テレスコープアレイ (TA) 実験は、米国ユタ州で稼働中の北半球最大の宇宙線観測実験であり、 10^{18} ~ 10^{20} eV 付近で宇宙線の組成が陽子であるという結果を報告している。さらに、 $10^{18.7}$ eV と $10^{19.7}$ eV のところで宇宙線のエネルギースペクトルに折れ曲がりの構造がみられ、この折れ曲がり構造は陽子と宇宙背景放射による電子対生成と π^0 生成によって作られると考えられている。また、 10^{18} eV より低いエネルギーで宇宙線の組成が鉄から陽子に変化しているという結果も出ており、これは宇宙線起源が銀河系内から銀河系外への遷移を現していると期待される。なぜならば銀河系内において最も加速される原子核は、磁場によって閉じ込められる効果が最も強い鉄だと考えられているためである。本公演では、その宇宙線の組成の移り変わりを明らかにするために、史上最高の検出感度の地表検出器アレイと大気蛍光望遠鏡によるハイブリッド観測を行っている TA 実験をさらに低エネルギーに拡張する TALE (TA Low Extension) 計画について報告する。

極高エネルギー宇宙線観測プロジェクト「テレスコープアレイ実験」の最新結果

宇素
09a

山崎 勝也 (大阪市立大学 D1)
8月3日 17:15 C (小会場)

日米韓露国際共同プロジェクト「テレスコープアレイ実験」は、2008年から稼働している北半球最大の有効検出面積を誇る極高エネルギー宇宙線観測実験である。観測開始から3年のテレスコープアレイ実験の最新結果と現状を報告し、極限的高エネルギー宇宙線の謎に迫る。

宇宙線による雲凝結核生成の室内検証実験

宇素
10a

鈴木 麻未 (名古屋大学 M1)
8月3日 17:30 C (小会場)

太陽活動と地球気候は相関関係があるが、これらをつなげるメカニズムは未だに明確な関連性が理解されていない。その一つの例として考えられているのが、太陽活動の影響によって地球に飛来してくる宇宙線強度が変動し、雲量が増えるという説である。最近の研究で、宇宙線強度と下層雲量の間により相関関係があることも示された。このメカニズムを説明するためのモデルとして、イオン誘導核生成モデルが考えられている。これは地球に入射する宇宙線の電離作用によって大気イオンが生成され、この大気イオンが存在することで粒子の生成が助長されるというものである。そして、最終的にこの粒子が雲核に成長するのである。このようなメカニズムを解明するためには、大気組成に近い濃度のガスに、宇宙線に見たてた放射線を照射してその反応過程を検証するという手法の室内検証実験

が有効であると考えられる。本研究では、実験室内の大型チェンバーに実際の気環境に近くした調整ガスを供給し、UV 光と β 線を照射して、チェンバー内の反応をイオン検出器や凝縮粒子カウンター、ガス濃度検出器で測定し実際の気と比較する。また、チェンバーに加速器ビームの照射実験を行い、イオン源としてのどのような放射線源が新しいエアロゾルの生成において重要な役割を果たしているのかに関する検証とガス濃度の違いによるイオン密度とエアロゾル密度の明確な関係性の解明も追求していく予定である。

.....

字素 **11a** **XMASS 実験の現状と将来の展望**
瀧谷 寛樹 (名古屋大学 M2)
8月3日 17:45 C (小会場)

XMASS 実験は、岐阜県飛騨市にある神岡宇宙素粒子研究所にて行われているダークマター直接探索実験である。約 1t の液体キセノンを用いたシンチレーション検出器であり、キセノン原子核とダークマターとの原子核反跳をとらえることでダークマターの直接検出を可能とする。2010 年から本格的に運用され始めた XMASS 実験の検出器だが、ガンマ線などのバックグラウンドが予想されていたよりもかなり大きいことが判明した。しかしながら解析の結果、バックグラウンド源の同定はほぼ完了しており、現在はバックグラウンド低減を目指しハードウェア、ソフトウェアの両面からアプローチがなされている。本講演では、時間情報を用いた反応位置再構成によるバックグラウンド低減に関する準備と展望を中心に、XMASS 実験の概要と、XMASS 実験を中心とした世界各地で行われているダークマター探索実験の現状および展望について概観する。

.....

字素 **12a** **有限の質量の粒子に崩壊する暗黒物質がつくる密度ゆらぎについて**
青山 尚平 (名古屋大学 D1)
8月3日 18:00 C (小会場)

WMAP 衛星による宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) の温度ゆらぎの精密観測から、電磁相互作用や強い相互作用をしない冷たい暗黒物質 (CDM) が宇宙全体のエネルギーの 23% 程度を占めていることが明らかになった。CDM は、その大部分は、未知の素粒子で構成されている可能性が高いと考えられている。そして CDM と宇宙を加速膨張させる宇宙項 Λ を含んだ宇宙論模型である 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、暗黒物質粒子は直接観測には成功しておらず、その性質にも未知の部分が多い。私は暗黒物質の持ちうる性質の 1 つである崩壊現象に注目した。暗黒物質粒子が 2 つとも質量 0 の崩壊する場合は密度ゆらぎが消えることが知られているが、有限の質量の粒子に崩壊する場合は崩壊の寿命と娘粒子の質量に依存する構造形成になると予想される。過去の研究において、私は暗黒物質 (親粒子) が 2 つの有限の質量を持つ他の粒子 (娘粒子) に崩壊する暗黒物質模型を考え、この崩壊を記述するボルツマン方程式を解いて一様等方宇宙での娘粒子の 0 次の運動量分布関数を求めた。今回、私は求めた 0 次の運動量分布関数に対して摂動方程式を解き、親粒子、娘粒子が膨張する宇宙の中でどのような密度ゆらぎを作り、そのゆらぎはどのように時間進化をするのかを求めた。本発表ではこれら一連の研究結果を発表する。

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

.....

字素 **13a** **LHCf 実験の新型検出器の位置検出**
松林 恵理 (名古屋大学 M1)
8月3日 18:15 C (小会場)

$10^{19.5}$ eV を超える最高エネルギーの宇宙線観測は、様々なグループで行われてきた。 $10^{19.5}$ eV 以上のエネルギーをもつ宇宙線は宇宙背景放射と数 Mpc の平均自由行程で衝突しエネルギーを失うため、エネルギースペクトルは $10^{19.5}$ eV 付近で急激に折れ曲がるはずである (GZK カットオフ)。しかし大規模地上アレイ (SD) を用いた AGASA 実験では、GZK カットオフが見られず、一方、大気蛍光望遠鏡 (FD) を用いた HiRes 実験、これら二つの手法を併用した Auger 実験と TA 実験では GZK カットオフと矛盾しないスペクトルが見られた。GZK カットオフから最高エネルギーの宇宙線は陽子であることが予想されるが、Auger 実験では、 10^{20} eV 辺りから重原子核に遷移している。しかしこれらの結果は、解析に用いるハドロン相互作用のモデルによって大きく異なるため結果は大きな不定性が残る。

そこでモデルの不定性をはっきりさせるのが、LHCf 実験の目的である。LHCf 実験では、LHC の衝突点から 0 度の方向に放出された中性粒子から発生するシャワーを、衝突点前後の 2 つのカロリメーターでシャワーの発達過程を測定する。この結果から、超前方のハドロン相互作用のモデルが求められる。

我々は今年 6 月に、今後 LHC で行われる予定の 7TeV+7TeV 衝突に向け、GSO シンチを用いてアップグレードした検出器を、HIMAC で性能評価した。今回発表するのは、その時の位置検出の結果である。

.....

字素 **14c** **到来方向に感度を持つ暗黒物質探索実験 NEWAGE**
中村 輝石 (京都大学 D2)

NEWAGE 実験は 3 次元飛跡検出器 μ -TPC を用いた到来方向に感度を持つ暗黒物質探索実験である。我々は、 μ -TPC の読み出しに、画像検出器 μ -PIC を用いている。銀河系内での太陽系の運動により、暗黒部室の候補である WIMP の速度は地球に対して非対称性を持つ。ガス検出器は WIMP と弾性散乱した原子核の飛跡を検出し、この非対称性を検出することができる。神岡での初の地下測定の後 (PLB686(2010)11)、我々は検出器の改良を行っている。主要な改良に、ガス圧を 152torr から 76torr に減らすことでエネルギー閾値を 100keV から 50keV に下げるといったものがある。予想されるエネルギースペクトルは高エネルギー側で指数関数的に減衰するので、エネルギー閾値が低い方が検出器の感度は向上する。これまで、飛跡の短さがエネルギー閾値を律束していた。そこで、低圧ガスを用いて飛跡をより長く、エネルギー閾値をより低くする研究を行った。我々は、76torr の CF_4 ガスを用いて、検出効率と角度分解能を測定した。具体的には、検出器に ^{252}Cf 線源からの速中性子を照射して弾性散乱を起こし、シミュレーションとの比較を行った。今回は、NEWAGE 実験の概要と、低圧ガスを用いた検出器の性能、バックグラウンド低減試験等を紹介し、今年度秋に予定している次期地下実験で予想される感度を発表する。

- [1] H. Nishimura et al *Astropart. Phys.* 31 185 (2009)
- [2] K. Miuchi et al *Phys. Lett.* B686 11 (2010)
- [3] K. Nakamura et al *JINST* 7 C02023 (2012)

宇素
15c

ASTRO-H 軟ガンマ線検出器用 集積回路の性能評価

渋谷 明伸 (名古屋大学 M2)

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っている。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。

宇素
16c

フェルミガンマ線宇宙望遠鏡による 超新星残骸の観測

杉山 重実 (茨城大学 M1)

フェルミガンマ線宇宙望遠鏡 (Fermi Gamma-ray Space Telescope, フェルミ衛星) は、日米欧の国際協力によって開発されたガンマ線天文衛星である。主要なガンマ線検出器である Large Area Telescope (LAT) は、20MeV-300GeVのエネルギー領域で、約3時間おきに全天をサーベイ観測している。観測対象となる天体は、超新星残骸・パルサー・活動銀河核 (AGN)・ガンマ線バースト (GRB) など多岐にわたっていることで、運用開始以来大きな功績をあげると共に、さまざまな現象の解明等高エネルギー天文学を牽引する衛星として成果をあげている。この中で超新星残骸 (SNR) は、重い恒星の一生の最期となる現象である超新星爆発により生じた天体を指す。生成に際し生じる衝撃波によって、フェルミ加速と呼ばれるメカニズムで宇宙線が高エネルギーまで加速されるという機構が提唱されており、銀河系内の宇宙線加速源の候補として有力視されている。フェルミ衛星は、この加速機構の証拠となる GeV ガンマ線をこれまでに多数の SNR から検出しており、解明に向けて重要な観測機である。今回のポスターではこれまでに観測・研究された、超新星残骸に関する結果について紹介する。

宇素
17c

太陽フレアニュートリノの数値計算 武石 隆治 (東京大学 M2)

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二次粒子を生成する。太陽フレアの粒子加速機構には謎が多く、その解明には高エネルギー粒子からの二次粒子の観測・理論計算が必要となる。ここでは加速された陽子が生成する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はずだが、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。本発表ではまず既存のモデル計算の問題点を明らかにし、ニュートリノ検出量の補正值を示す。次に、ニュートリノの精密な検出量を求めるための独自の計算手法について紹介する。ニュートリノの計算にあたって参考になるのは、数値計算ツール「Geant4」を用いたガンマ線の精密なシミュレーション (古徳、2007 など) であり、ここでは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. *PASJ*, 59, 1161 (2007)
- [2] Fargion, D. et al. *arXiv:astro-ph/0405039* (2004)
- [3] Kocharov, G. E. et al. *Nuovo Cimento C Geophysics Space Physics C*, 14, 417 (1991)

宇素
18c

宇宙線発見から100年 — 幕を開けた 極高エネルギー宇宙線天文学 —

藤井 俊博 (大阪市立大学 D3)

100年前、V.F.Hessの気球実験によって宇宙から高エネルギーの放射線、「宇宙線」が発見された。この発見をきっかけとし、現在まで 10^8 eV から 10^{20} eV を超えるエネルギーの宇宙線観測が世界各地で始まった。一般的に宇宙線の大部分は電荷を持った原子核であり、銀河磁場で曲げられるため、天体起源であった場合でも相関と見えにくいと考えられている。しかし、頻度が極端に少ない 10^{19} eV を超える巨視的なエネルギーを持つ極高エネルギー宇宙線は銀河磁場で曲げられにくく、その到来方向と起源天体との相関が期待され、次世代の天文学として非常に注目されている。本公演では、宇宙線の発見から100年にわたる観測の歴史をレビューし、さらには最新の天文学的な観測結果について報告する。

コンパクトオブジェクト

日時	8月1日 13:30 - 14:30(招待講演) 8月2日 11:30 - 12:30(招待講演)、13:30 - 15:00 8月3日 16:00 - 19:30
招待講師	深沢 泰司 氏 (広島大学) 「フェルミガンマ線宇宙望遠鏡で見えてきた宇宙高エネルギー現象」 根来 均 氏 (日本大学) 「全天X線監視装置 MAXI によるブラックホール探査」
座長	青木 雄太 (山形大学 D2)、志達 めぐみ (京都大学 D1)、日浦 皓一郎 (北海道大学 M2)、 眞榮田 義臣 (京都大学 D2)、斉藤 秀樹 (京都大学 D2)
概要	<p>—観測・理論の両面から迫るコンパクト天体の謎—</p> <p>コンパクトオブジェクト分科会では、ブラックホールや中性子星などの高密度星、超新星爆発、降着円盤、活動銀河核、ガンマ線バーストなどを含めた、高密度天体に関する観測的、理論的研究について扱います。これらの天体は強い重力、強磁場といった極限状態にあり、近年の理論やシミュレーション技術の発展、電波からガンマ線にわたる幅広い波長域の観測により、様々な事実が明らかになりつつあります。しかし、ブラックホールや中性子星連星、活動銀河核からのジェット噴出機構や超新星の爆発メカニズムなど、謎は未だ多く残されています。本分科会では、これら高密度星に関する研究の進展、最新の成果、将来性について、理論と観測の両面から議論したいと思えます。</p> <p>注) 超新星爆発や中性子星はコンパクトオブジェクト分科会で扱いますが、激変星（新星や矮新星など）や白色矮星は太陽・恒星分科会で扱います。</p> <p>注) 活動銀河核 (AGN) のブラックホールとしての挙動やジェットに注目する場合はコンパクトオブジェクト分科会で扱いますが、AGN ホスト銀河や AGN と銀河の共進化については銀河・銀河団分科会で扱います。</p> <p>注) 相対論の基礎理論に関する話題は重力論・宇宙論分科会で扱います。</p>

深沢 泰司 氏 (広島大学)

8月1日 13:30 - 14:30 C (小会場)

フェルミガンマ線宇宙望遠鏡で見えてきた宇宙高エネルギー現象

フェルミガンマ線宇宙望遠鏡 (フェルミ衛星) は、20MeV-300GeV の宇宙ガンマ線を観測する観測衛星であり、その主検出部であるシリコンセンサーは日本の広島大学と浜松ホトニクスが中心に開発したものである。GeV ガンマ線観測衛星は、現状では主にフェルミ衛星のみであり、1990年代に活躍したコンプトン衛星 EGRET 検出器以来の本格的観測となる。2008年 NASA により打ち上げられ、以降、順調に観測を続けており、既に2000個前後の GeV ガンマ線天体を検出している (フェルミ衛星 2年カタログとして公開されている)。100個以上のガンマ線パルサー (新種のパルサーも含む)、パルサー星雲、超新星残骸、ガンマ線連星、新星などの系内天体、多数のブレーザー、電波銀河、狭輝線クエーサー、スターバースト銀河、近傍銀河などの系外天体が検出されている。従来の GeV ガンマ線観測では主にパルサー 7個とブレーザー 約200個が見えていたのと比較すると、新種の GeV ガンマ線天体が多く、フェルミ衛星による観測の発展がわかる。さらに、フェルミバブル、ガンマ線背景放射や暗黒物質からの放射の強い制限、電波ローブ、太陽フレア、宇宙線の直接間接測定などでも大きな成果をあげている。本講演では、GeV ガンマ線観測の検出方法、放射機構などの基礎とともに、フェルミ衛星で見えてきた宇宙高エネルギー現象について他波長での観測との関係も交えながら紹介する。

根来 均 氏 (日本大学)

8月2日 11:30 - 12:30 B (中会場)

全天X線監視装置 MAXI によるブラックホール探査

国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」に 2009 年に取り付けられた全天X線監視装置 MAXI は、同年 8 月の運用開始以来、これまでに 4 (or 5) つのブラックホール候補天体の発見をはじめ、様々な天体の諸活動を捉え、世界に速報してきた。

また、すでに 3 年近くなるこれまでにない精度の高いモニター観測からも、ブラックホール候補天体や中性子星にみられる様々な「状態」に関する新たな知見も得られつつある。

本講演では、MAXI による全天X線観測の最新の成果を紹介するとともに、X線以外の「他」波長観測の意義を踏まえ、近年のブラックホール研究について解説する。

具体的には、次のような内容の予定である。

- 1) ブラックホール候補天体の特徴と探査
- 2) MAXI が見つけたブラックホール候補天体
- 3) 観測される様々な「状態」と降着円盤
- 4) 各状態が示すブラックホール (存在) の証拠!?(老人の仕事)
- 5) 各状態と状態遷移での未解決問題 (若者の仕事)

コン
01a

連星系中の超新星爆発

平井 遼介 (早稲田大学 M1)

8月2日 13:30 C (小会場)

近年の観測により、恒星の多くが連星系を組んでいることが知られている。また、質量の大きい星ほどその割合が高いことも知られている。つまり、大質量星の形成や進化、爆発について論じる際に連星系を組んでいることによる影響は無視できない。

私の研究では、そんな大質量の星同士の連星系内において片方の星が爆発した際に、その爆風が伴星へ与える影響(剥ぎ取られる質量、与えられる速度)を数値シミュレーションにより調べた。このような研究は、Type Ia Supernova を起こすような比較的低質量の連星系については進められているが、大質量の連星系に関してはほとんどやられていない。

使った流体コードは centered scheme のオイラー方程式を解くもので、爆発から爆風が伴星に届くまでを大きく2段階に分けてシミュレーションを行った。第一段階は実際に星が爆発してから爆風が伴星に到達する前までで、第二段階は爆風が伴星に当たってからである。また、爆発する星の質量や伴星との距離などを変えていくつかのモデルで計算を行った。

本講演ではその結果などを紹介する。

.....

Axisymmetric Toroidal Modes of Relativistic Magnetized Neutron Stars

コン
02a

浅井 秀貴 (東北大学 M2)

8月2日 13:45 C (小会場)

magnetar candidate と呼ばれる極めて強い磁場を持つ中性子星では、QPO(準周期振動)と言われる現象が観測されている。この現象は magnetar の起こす hyperflare によって励起される中性子星の固有振動によるものであると考えられている。そこで、本研究では特に toroidal mode について計算を行った。その際には一般相対論的に扱い、軸対称な摂動を仮定している。また、磁場についてはポロイダルな双極子磁場を仮定している。もしも理論的な計算によって得られた結果と観測結果を一致させることができれば、振動している中性子星について状態方程式や磁場の構造などの情報を得ることができる可能性がある。今回の発表では、具体的な計算手法やその結果、そして課題点などについて説明する。

[1] H. Sotani, K.D. Kokkotas and N. Stergioulas *Astron.Soc.*375,261-277 (2007)

[2] Umin Lee *Astron.soc.*385,2069-2079 (2008)

[3] Tod E. Strohmayer and Anna L. Watts 653:593-601,2006

.....

マグネター磁場の進化とホール不安定性の関係

コン
03a

田中 洋輝 (広島大学 M1)

8月2日 14:00 C (小会場)

マグネターとは、中性子星の一種で他の中性子星と比べて特に磁場の強い天体であると考えられている。通常の電波パルサーの磁場が 10^{12} G 程度なのに対し、マグネターは 10^{14} G 以上にもなる。

このようなマグネターのもつ強力な磁場の進化について考える場合、ホールドリフトが重要になる。この効果に

よって磁場が不安定となり、マグネターの磁場の進化は磁場強度に対して非線形に変化する。その後、ジュール散逸が支配的となり、次第に減衰していく可能性が理論的に示されている。マグネターの磁場を大スケールの背景磁場と線形ゆらぎの項で表すことで、ゆらぎの磁場強度が、背景磁場の形状と強さに依存して指数関数的に増幅されることを示すことができる。これはその後の磁場の減衰にも影響を与える。

本発表では、上記の非線形的な磁場の進化について書かれた U.Geppert & M.Rheinhardt(2002) の論文をレビューする。その後、それを元にして背景磁場の強度の変動を考慮に入れた場合のホール不安定について議論する。

[1] U. Geppert & M. Rheinhardt *A&A* 392, 1015-1024 (2002)

.....

相対論効果を取り入れた衝突系のブラックホールの力学進化シミュレーション

コン
04a

山井 勇樹 (筑波大学 M1)

8月2日 14:15 C (小会場)

銀河中心には大質量ブラックホール (BH) が存在するとされているが、その形成過程は解明されていない。しかし、それは小質量 BH の合体の連続で構成されたかもしれず、その過程に銀河中心領域ではガスの摩擦が有意に効く可能性が先行研究で示唆されている。現在行っている研究では、大質量ブラックホール形成過程の一端としてガスによる摩擦が BH の力学進化に与える影響に焦点を当て、エルミート積分法 (Makino & Aarseth(1992) のタイムステップを採用) のシミュレーションコードを作成して数値計算を行っている。その際、*PostNewtonian* 項による修正を加速度計算に加えて、相対論効果も含めた衝突系シミュレーションとして BH の軌道進化を追い、バイナリー形成後の合体やその後の進化過程を知る事を目的としている。

今回の発表では、主に相対論効果のシミュレーションへの取り入れとその基本物理に重きを置きたいと考えている。具体的には、*Hermite* 法と *Leapfrog* 法での違い、あるいは *PostNewtonian* 項による修正の際に、近日点移動と重力波放出の効果の有無でどのような違いが出るかなど、2体の BH 系の単純モデルでの数値計算の結果を踏まえて発表する。

また、この相対論効果の取り入れによる今後の研究の展望についても言及したい。

[1] Kupi, G., Amaro-Seoane, P., & Spurzem, R. *MNRAS* (2006)

[2] A. Tanikawa and M. Umemura. *ApJ* (2011)

[3] Makino, J., & Aarseth, S. *PASJ* (1992)

.....

重力波観測のための連星進化のモンテカルロシミュレーション

コン
05b

衣川 智弥 (京都大学 M2)

8月2日 14:30 C (小会場)

現在、世界初の重力波観測を目指し、各国では次世代検出器の開発が行われている。日本でも 2018 年から地上大型レーザー干渉計 KAGRA の本格的観測が始まる。観測される重力波源として最も期待されているのがブラックホール、中性子星などのコンパクト連星からの重力波である。コンパクト連星は重力波を発生してエネルギーを失いな

がら近づきあい、連星合体を起こす。合体時にも強い重力波を放出することが理論的に予測されている。中性子星連星合体の重力波について KAGRA は赤方偏移 $z \sim 0.07$ (~ 300 Mpc) までの距離を検出できる。検出に適した重力波観測器を作るためには、観測範囲内で重力波がどの程度観測できるかを前もって評価する必要がある。そのため、重力波のイベントレートの計算は重要である。本研究では、モンテカルロシミュレーションで星々の進化を追うことによって、銀河にどれだけコンパクト連星が存在するかを考え、特に、初代星起源のコンパクト連星がどれだけ現在でも存在するかについて考察する。これより、コンパクト連星合体についてイベントレートを出すことが本研究の目的である。

- [1] K.Belczynski et al. ApJ 572 407(2002)
- [2] K.Belczynski et al. ApJ 608L 45(2004)
- [3] P.Marigo et al. AandA 371 152(2001)

コン
06b

ガンマ線バーストジェットからの熱的放射のモンテカルロシミュレーション

柴田 三四郎 (甲南大学 D1)
8月2日 C (小会場)

ガンマ線バースト (Gamma-Ray Burst: GRB) は宇宙で最も激しい現象の一つであり、放射されるエネルギーは 10^{51} erg にもものぼる。そのため赤方偏移 ~ 8 といった宇宙論的遠方のものでも観測可能である。様々な観測的、理論的研究から GRB は大質量星の重力崩壊に付随して生まれる超相対論的なジェットに起因すると考えられている。しかしその放射メカニズム自体は未だ分かっていない。最近ではその放射メカニズムとして相対論的なジェットからの熱的放射が注目されており精力的に議論されているが、相対論的ジェットからの熱的放射をきちんと調べるには親星や星周物質中におけるジェットの伝播とジェット中での光子の輸送の両方を考慮に入れ計算する必要がある。そこで我々は相対論的ジェット中での輻射輸送計算を行った。その結果ジェット中での輻射輸送を考慮に入れた場合には、光子が光学的厚さが 1 となる面 (光球) から放射されると仮定するような場合とは異なるスペクトルが得られるということが分かった。この事はジェット中での輻射輸送計算の重要性を示している。本講演ではその結果について発表する。

- [1] P. Meszaros, Rep. Prog. Phys., 69, 2259 (2006)
- [2] A. Mizuta, S. Nagataki and J. Aoi, ApJ, 732, 26 (2011)

コン
07b

低質量の種族 III 星が起こすガンマ線バーストの特徴とその観測可能性

仲内 大翼 (京都大学 D1)
8月2日 C (小会場)

ガンマ線バースト (GRB) は宇宙で最大の爆発現象である。近年では赤方偏移 10 に迫るような GRB が発見されており、初期宇宙を探る手段の一つとして注目されている。GRB の中には大質量星の死と関係したのがあると考えられているが、遠方 GRB に注目する場合宇宙初期に存在する Population III 星 (Pop III) が起こす GRB を考慮する必要がある。かつて Pop III は $100M_{\odot}$ を超える大質量星であると考えられていた。しかし最近の研究から典型的な質量が $\sim 40M_{\odot}$ になることが示された。このような

低質量の Pop III が GRB を起こすかどうかは自明ではない。そこで本講演では、初めに $30 - 90M_{\odot}$ という様々な質量の星に対して、Pop III が GRB を起こす可能性をもつかどうかを調べる。次に低質量 Pop III GRB の特徴と、次世代観測計画による Pop III GRB の観測可能性を議論する。その結果、 $\sim 40M_{\odot}$ の Pop III は GRB を起こす可能性をもつこと、また Pop III GRB は継続時間の非常に長い X 線フラッシュになることが示される。

- [1] Suwa, Y. and Ioka, K. 2011, ApJ, 726, 107
- [2] Matzner, C. D. 2003, MNRAS, 345, 575
- [3] Woosley, S. E., Heger, A. and Weaver, T. A., 2002, Reviews of Modern Physics, 74, 1015

コン
08b

磁気リコネクションの縦磁場の影響についての数値計算

瀬尾 崇之 (熊本大学 M2)
8月2日 C (小会場)

回転するブラックホールの周りでは、磁気リコネクションが起こるほぼ反平行な磁場が自然と発生することが、理想 GRMHD (一般相対論的 MHD) の数値計算により示されてきた。従来までは、完全反平行となる磁場を仮定した磁気リコネクションの数値計算が行われてきたが、現実的な磁気リコネクションの磁力線は、縦磁場 (z 方向の磁場) を含み、ねじれの位置となっているはずである。今回、非相対論的な MHD コードを用いて、縦磁場が無い場合とある場合の磁気リコネクションの数値計算を行い、両者にどのような違いが現れるかについて調べた。詳細はポスターで紹介する。

コン
09b

高エネルギー未同定天体 RX J2056.6+4940 の多波長観測

和田 師也 (東京大学 M1)
8月2日 14:45 C (小会場)

近年の宇宙 γ 線観測は INTEGRAL, Swift, Fermi 衛星などの観測により急激に発展してきており、高エネルギー天体の発見が相次いでいる。Fermi 衛星 LAT 検出器による全天 GeV 放射天体カタログには 1451 個もの γ 線放射天体が列挙されているが、このうち種族分類ができたのは全天体の約 60% 程度でしかない。これは γ 線のスペクトルからだけではその天体種族を決定することは難しく多波長にわたる観測が要求されるためであるが、GeV 放射を持つ天体はその位置決定精度が低いために特に天体密度の高い低銀緯における高エネルギー天体の多波長観測は困難である。そこで我々は Fermi 衛星 GeV 天体を母集団として硬 X 線、軟 X 線、超軟 X 線の対応天体を探していくことで低銀緯における γ 線放射天体の位置決定を行った。こうして絞り込んだ高エネルギー未同定天体のひとつが RX J2056.6+4940 である。我々はこの天体に対し、X 線衛星すざくとすばる望遠鏡の多天体近赤外撮像分光装置 MOIRCS を用いて観測を行った。X 線帯域では軟 X 線から硬 X 線に伸びるべき型スペクトルをもっており、その軟 X 線には鉄輝線が存在しなかった。また 40ks の間に 30% 以上の X 線の減光が見られたものの、フレアやスペクトル硬化などの時間変動は確認できず、周期性も見出すことはできなかった。MOIRCS によって得られた近赤外線スペクトルからは目立った輝線は見られなかった。以上のような結果から我々はこの天体がブレーザーであると結論付けた。

- [1] Adbo et al. 2010, ApJ
 [2] A.Maselli et al. 2011, A&A

Cassiopeia A 中性子星の冷却曲線の観測から考えられる物理過程について

コン
10b

林田 晃太郎 (九州大学 M1)
 8月2日 C (小会場)

$8M_{\odot}$ 以上の大質量星は進化の最後に超新星爆発を起こし、外層を吹き飛ばして、中心にコアを残す。 $8\sim 25M_{\odot}$ の星で、コアは中性子星 (NS) となる。NS は表面からの熱放射、NS 内部で生成されたニュートリノの放射により冷却される。ニュートリノの平均自由行程は通常、NS の半径より十分長いので、様々な過程で生成されたニュートリノはエネルギーを持って NS を抜け出ていく。このようにして NS は冷却される。今までのニュートリノ生成過程はウルカプロセスやエキゾチックマターによるものが考えられていた。この冷却過程を考慮した観測では理論値と大きく矛盾はなかった。しかし、近年 Chandra により観測された Cas A の冷却の様子は、今までの冷却過程では説明がつかなかった [1]。Cas A は孤立しており、若い NS で約 330 歳、表面組成は炭素大気と考えられている。観測された約十年間のデータは、Cas A が約 4% で表面温度を低下させていることを示していた。これは今までに見られた孤立 NS にはない特徴で、ほかの NS に比べて冷却が極端に早い。この冷却過程は超流動を用いて説明される。本発表では超流動によって説明する論文をいくつか紹介し、その詳細を説明する [2][3]。

- [1] Sachiko Tsuruta, 2006, arXiv:astro-ph/0602138v1
 [2] Peter S. Shternin et al, 2011, MNRAS 412, L108
 [3] Dany Page et al, 2011, PRL 106, 081101

世界の超新星サーベイの現状と今後の展望

コン
11b

高木 康平 (九州大学 M1)
 8月2日 C (小会場)

星の一生の最期を締めくくる超新星爆発は極大光度が銀河に匹敵する明るさである。非常に明るいためにはるか遠方で起こったものも観察することができ、標準光源として利用できることから観測的宇宙論においてたいへん重要視されている。その超新星が属する銀河までの距離を決定することができるのだ。このような点から、超新星のサンプルを多く得ることは重要である。今日、世界では様々なグループが超新星の捜索を行っている。その中でも多くの超新星を観測しているグループ、LOSS、CRTS、SDSS などの超新星サーベイを紹介する。例えば SDSS では、赤方偏移が $z=0.05\sim 0.4$ の中赤方の超新星を対象としており、ハッブル図の補完を通して宇宙パラメータの正確化を目指している。このように各サーベイの超新星観測の目的や視野や限界等級といった観測対象域の詳細、使用している望遠鏡などを用いて各サーベイの特徴をつかむ。また、これらのサーベイの本来の目的は超新星探査ではないことが多い。この本来の目的についても触れていく。

SN1987A の ^{56}Ni の膨張速度を説明するニュートリノによる非球対称な超新星爆発について

コン
12b

守田 佳永 (九州大学 M1)
 8月2日 C (小会場)

大質量星は進化の最終段階で超新星爆発を起こす。超新星爆発は鉄より重い重元素の起源であり、中性子星やブラックホール形成に深く関わっているため、非常に重要な現象である。しかし、その爆発メカニズムは完全には理解されていない。そこで従来では、エネルギーを人工的に注入し爆発させる thermal bomb モデルで研究されてきた。そのような状況のなか、超新星 1987A が観測された。これは近傍銀河で詳細に観測された初の超新星爆発であり、多様な観測データが得られた。そのなかでも ^{56}Ni の膨張速度の観測は非常に注目された。なぜなら観測された ^{56}Ni の膨張速度は 4000kms^{-1} 程度であったのに対し、球対称な thermal bomb モデルでは最大で 2000kms^{-1} しかなく、観測を説明できなかったためである。そこで Rayleigh-Taylor 不安定性を考慮した結果、爆発が非球対称であれば観測を説明できることが分かった。しかし、爆発の非対称性の成因は未解明なままである。Kifonidis et al. (2006) では、ニュートリノ駆動による非球対称なモデルで 2 次元シミュレーションが行われ、ニュートリノ加熱に起因する非球対称性と流体不安定性により SN1987A の観測データを説明できるかどうか調べられた。本発表ではその概要について述べ、今後の研究の展望についても述べる。

- [1] K.Kifonidis et al., 2006, A&A, 453, 661

Ia 型超新星の起源を探る

コン
13a

佐藤 裕史 (東京大学 M1)
 8月3日 16:00 B (中会場)

Ia 型超新星は、宇宙の標準光源として天文学において重要な役割を果たしてきた。そのメカニズムについての有力なモデルとしては SD モデルと DD モデルがあり、議論が続いている。しかし近年、DD を支持するような観測的事実や、シミュレーション結果が出てきている。今回の発表では、それら研究についての簡単なまとめを行い、Ia 型超新星の起源について DD モデルの観点からどこまで迫れているかを示す。

- [1] S.-C. Yoon, P. Podsiadlowski, S. Rosswog 2007, MNRAS, 380, 933
 [2] D. A. Howell 2011, Nature Communication, 2
 [3] R. Pakmor, M.Kromer, S. Taubenberger, S. A. Sim, F. K. Ropke, W. Hillebrandt 2012, ApJ, 747, L10

超新星元素合成における核分裂の及ぼす効果

コン
14a

柴垣 翔太 (東京大学 M1)
 8月3日 16:15 B (中会場)

超新星爆発は r-process が起こる有力な候補とされている。しかし、現状の理論予測では、生成される元素は観測と十分な一致を示しているとは言えず、元素の起源の解明という物理学における重要な課題は未解決な状態にある。この不一致を解決するため、重い原子核の核分裂反応に注目した。超新星爆発の際のニュートリノ駆動風や MHD ジェットでの核反応計算を行い、核分裂の効果調べた。本講演では、核分裂反応が最終的な組成分布にどのように寄与するか、観測結果と比較しながら議論する。

.....

コン
15a

超相対論的な流体中におけるガンマ線輸送シミュレーション
石井 彩子 (東北大学 M1)
8月3日 16:30 B (中会場)

ガンマ線バーストの起源の一つとして、大質量天体の重力崩壊の際に形成される相対論的ジェットが考えられている。極めて光速に近い流速を持つ超相対論的なジェットでは、物質の温度があまり高くない場合でも高エネルギーガンマ線が放射される可能性がある。また、ジェットの空間的構造が観測される放射スペクトルに影響を与えることも指摘されている。そのため、相対論的ジェットと放射輸送の連成シミュレーションを行うことで、ジェットからのガンマ線スペクトルを議論することは有益であると考えられる。しかし連成計算を行うにあたっては、計算負荷の問題や、超相対論的であるために数値計算上克服すべき課題も存在する。我々は、流体場との連成計算を念頭に並列化を施したモンテカルロ放射輸送コードによって、超相対論的なジェットを模擬した簡単な時間発展膨張場におけるガンマ線生成の数値シミュレーションを行った。放射過程については熱放射を仮定し、吸収過程、トムソン散乱に加えコンプトン散乱も考慮に入れて計算を行った。その結果、放出されたガンマ線が逆コンプトン散乱等によってさらに高エネルギーへと叩き上げられ、スペクトルの高エネルギー側が増幅する様子が見られた。開発したコードでは高い並列化効率を得ることに成功し、統計誤差が少なく、かつ長い時間スケールの連成シミュレーションを行うことが可能となった。

- [1] H. Nagakura, H. Ito, K. Kiuchi, and S. Yamada *Astrophys. J.* 731 80 (2011)
- [2] P. Meszaros *Rep. Prog. Phys.* 69 2259 (2006)
- [3] A. Mizuta, S. Nagataki, and J. Aoi *Astrophys. J.* 732 26 (2011)

.....

コン
16a

ブラックホール時空とその周りの磁気圏環境
宋 成登 (東京大学 M1)
8月3日 16:45 B (中会場)

ブラックホールとは、一般相対性理論のアインシュタイン方程式を解くと得られる一つの解であり、極めて強い重力場を生じさせる超高密度天体である。ブラックホール候補天体として「はくちょう座 X-1」が初めて観測されてから約 40 年経つが、未だブラックホールの存在に対する直接観測的証明はなされていない。ブラックホールの強重力場が生じ時空が曲がっているため、様々な興味深い物理現象が考えられている。その中でもブラックホール周りの磁気圏の構造を考えることは、宇宙ジェットやガンマ線バーストの機構解明のため非常に重要である。今回の発表では、ブラックホールの時空について簡単に述べ、さらに周りの磁気圏の理論モデルやその構造などについての説明を行う。またそれらが、どう観測と関わってくるかも簡単に述べる。

- [1] Takahashi M., Nitta S., Tatematsu Y., Tomimatsu A., 1990, *ApJ* 363, 206
- [2] Nitta S., Takahashi M., Tomimatsu A., 1991, *Phys.Rev.D*44 ,2295
- [3] Takahashi M., 2002, *ApJ* 570,264-276

.....

コン
17a

球対称ブラックホール降着流:臨界降着率近傍での観測的特徴
小林 弘 (大阪教育大学 M1)
8月3日 17:00 B (中会場)

コンパクト星周辺の球対称降着流や球対称風において、観測される光球はしばしば球面が念頭に置かれているが、とくに相対論的な流れにおいては、見かけの光球面は球面から大きくずれることが指摘されている (Abramowicz et al. 1991)。この数年にわたり、とくに輻射圧によって光学的に厚い球対称風が吹いている場合について、相対論的光学的厚みをきちんと考慮して、観測的にどのような特徴を示すかを検討し (Sumitomo et al.2007; Fukue and Sumitomo 2009; Fukue and Iino 2010)、黒体輻射とは大きくずれ、べき乗型スペクトルになることなどを示した。一方、光学的に厚い球対称降着流では、質量降着率が臨界降着率より十分に大きければ、光球面は十分遠方に位置するため、落下速度も小さくあまり大きな違いはみられないと予想された (Fukue and Sumitomo 2009)。しかし、質量降着率が臨界降着率近傍になると、見かけの光球面は小さくなり、落下速度も大きくなるので、相対論的效果が強く働いてくると考えられる。本研究では臨界降着率近傍の球対称降着流に絞って、見かけの光球を計算し、球対称降着流の観測的特徴を調べた結果を報告する。その結果、光球の形状および光球面での温度分布とともに、周縁減光効果が強く効くことがわかった。光球の形状については、周辺部分では、観測者から見て中心天体より後方まで伸びるという興味深い結果となった。

.....

コン
18a

Failed SN における降着円盤からの輻射の研究
中西 俊貴 (早稲田大学 M1)
8月3日 17:15 B (中会場)

活動銀河核 (AGN) やクエーサー (QSO) などの巨大なエネルギー解放メカニズムはまだ謎に包まれている。しかし、降着円盤モデルがこれらの宇宙物理学における未解決問題を解決する手助けになるのではないかと現在考えられている。降着円盤とはブラックホールや中性子星などのコンパクト天体の周りにできるガス状の円盤である。ガスが重力天体に向かって回転しながら降着していくときに、粘性によって巨大な重力エネルギーを解放しながら落ちていく。中心天体の周りを高速で回転し、摩擦によって数千 K から数千万 K まで高温に熱せられたガスは電磁波を発する。そのため観測が困難なブラックホールの発見に役立つとされている。本研究では、Shakura & Sunyaev(1973) が提唱した α -model を用いて基礎方程式を導出し、数値計算によって降着円盤の物理量を求める。そののちに Woosley(2011) のモデルによる failed SN における降着円盤からの輻射の研究を行った。そしてその結果から観測衛星でこの放射を観察できるかの考察を行う。

.....

コン
19a

矮新星の降着円盤形成の SPH シミュレーション
宮井 大輝 (京都大学 M1)
8月3日 17:30 B (中会場)

矮新星とは、晩期型星 (伴星) と白色矮星 (主星) とからなる近接連星系で、数週間おきに 2 ~ 6 等の増光 (アウト

バースト)を繰り返すことで知られている。その中のSU UMa型矮新星は、通常の増光現象よりも1等明るく期間も長いスーパーアウトバーストを示すもので、このとき、スーパーハンプと呼ばれる、連星の軌道周期よりわずかに長い周期で光度が数%変動する現象が観測されている。このスーパーハンプは伴星からの潮汐力によって変形した降着円盤の回転周期と、連星系の軌道周期との共鳴現象(3:1共鳴)によって説明される。最近、アウトバーストの初期に、軌道周期に等しい周期性を示す早期型スーパーハンプが観測された。しかし、その機構は良く分かっていない。本研究では、三次元Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH)法を用いて、伴星からの潮汐相互作用のもとでの降着円盤の構造と進化を調べた。その結果、3:1共鳴不安定性が起こり、降着円盤が非軸対称に変形して歳差運動を示すことを再現したので報告する。現在、共鳴不安定に至るプロセスを詳細解析中で、それを元に早期型スーパーハンプ現象の機構についても議論する。

コン
20a

MHDリーマン問題の解の非一意性と安定性について
高橋 和也 (早稲田大学 D1)
8月3日 17:45 B (中会場)

理想磁気流体 (ideal Magnetohydrodynamics ; 以下MHD) 方程式は磁場中の流体现象を記述する、宇宙物理学の分野であまねく利用される方程式である。しかし、初期条件が不連続面を含む時間発展問題 (リーマン問題) の解が一般には一意に定まらない、という問題を抱えていることはあまり知られていない。通常の流体の場合はエントロピー条件と呼ばれる、衝撃波を通過した後にエントロピーが増大するという物理的要請を課すことで、複数個ある解のうち1つを選出している。一方MHDの場合は、解を1つに選出するにはエントロピー条件だけでは不十分であることが知られている。そのため、MHDでは発展性条件と呼ばれる安定性条件をさらに課すことで1つの解を選出する。ところが、多くのMHD数値計算では発展性条件を満たす解が現れず、逆に発展性条件を満たさない (即ち不安定であるはずの) 解が現れることが知られており、その解釈を巡り議論がなされている。本講演者は、与えられたMHDリーマン問題の解を実際に全て構成する、という従来とは全く異なるアプローチでこの問題を研究してきた。本講演では研究結果と、それに示唆される現在の数値計算手法の妥当性について議論する。

[1] M. Torrilhon, J. Plasma Physics 69 (3), 253-276 (2003)
[2] S. A. E. G. Falle and S. S. Komissarov, J. Plasma Physics 65 (1), 29-58 (2001)
[3] M. Brio and C. C. Wu, Journal of Computational Physics 75, 400-422 (1988)

コン
21a

磁場星の新しい定常解
川村 拓夢 (琉球大学 M2)
8月3日 18:00 B (中会場)

一般に星の平衡状態を求める際に基本となる、自己重力を持つ流体 (星) の定常解は古くから研究されており、Maclaurin, Jacobi, Dedekind, Riemannなどは、それぞれ異なる条件 (流体の回転角速度、渦度の有無) で流体の形が楕円体となる解析的な平衡解を発見している。さらに、中性子星や恒星の平衡状態、内部構造の解明には磁場入り流

体の定常解が有用であるが、解析的な扱いは難しく、主に数値的な解が求められてきた。その中で、Kravtsovらは磁場を持ち、流体の形状が楕円体となる解析解を求めている。(Kravtsov 1986; Kravtsov & Kopychko 1989; Kravtsov & Koval 1989) 本研究では、Kravtsovらとは異なる条件 (電流、磁場、流体表面での境界条件が異なる) を用いて磁場入り流体の解析解を求めた。流体の形は楕円体で、回転角速度や渦度を持ち、Maclaurin~Riemannの4種の楕円体に磁場を入れたような解になっている。また、磁場を考えない従来の楕円体では得られなかった、prolateな形状の解も求まった。

[1] Chandrasekhar S. Ellipsoidal Figures of Equilibrium. Dover, New York (1987)

コン
22a

SPH法を用いたガンマ線連星PSR B1259-63/LS2883における流体シミュレーション
山本 未知彦 (東海大学 M1)
8月3日 18:15 B (中会場)

対象天体系であるPSR B1259-63/LS2883は、パルサーと大質量主系列星Be型星からなる連星系である。この天体系からは軌道周期に一致する周期的かつ特徴的な光度変化が、電波からTeVガンマ線までの多波長にわたって観測されている。系からの放射は、Be星の円盤と恒星からの恒星風、そしてパルサーからのパルサー風の3つの流体要素の相互作用により生じる衝撃波領域で高エネルギー加速される粒子に起因すると考えられる。そこでSPH法を用いた3次元シミュレーションによるアプローチを行った。しかし、一方で、そもそもこの系に対する観測からの結果には、未だ幾何構造に関し不確定な要素が残されている。よって現在、系の不明量の一つである軌道面に対するBe星の星周円盤のなす角である、円盤の軌道傾斜角の検証を行なっている。これまでの計算結果から、角度成分の違いは衝撃波領域の幾何学的構造に対して影響を与える定性的な結果を得ており、このことは系の光度変化から角度成分の値に対し言及が可能であることを示唆する結果である。また共同研究者が開発したコードを組み合わせることによって、系の光度変化に対して定量的な議論を行う。本発表においては、これらの計算から得られた定量的な結果を示すと共に、得られた結果と観測との比較から系に対する考察を加え報告する。

コン
23a

全天X線監視装置MAXIによるBe型X線連星パルサーの観測
高木 利紘 (日本大学 M1)
8月3日 18:30 B (中会場)

MAXIを用いて観測されたBe型X線連星パルサーのレビューを行う。
Be型星とは高速で自転するB型星で、自転に起因する星周円盤を持ち、そこからH α 線などの可視光輝線を放射する。これが添字eの由来である。この型の星が強磁場中性子星と連星を組むと、「Be型X線連星パルサー」になる。それらは既知のX線パルサーの70パーセントを占める。星周円盤を中性子星が突っ切ることにより、X線でランジェント的増光を起こす (アウトバースト)。Be星の赤道面から放出された星周円盤は、ケプラー回転するが、Be型星の自転軸と連星の公転軸は必ずしも一致しない為、中性子星の軌道運動の影響で、中性子星軌道付近より外側の円

盤は複雑な歳差運動をされると考えられる。中性子星は、このような星周円盤のガス密度を X 線強度に変換する絶好のプロープとなっている。

本講演では、初めに X 線連星系の分類において、Be 型 X 線連星パルサーはどのような位置付けになっているかを示す。次に、Be 星自身の特徴、連星系である Be 型 X 線連星パルサーの特徴について述べる。その後、Be 星の周りにできる星周円盤の形成過程と中性子星がもたらす影響を述べる。最後に、MAXI の Be 型 X 線連星パルサーのライトカーブから新しく求めた連星軌道周期など、アウトバーストの特徴について論じる。

「ショット解析」と「すざく」衛星による NGC4051 で探るブラックホールからの時間変動の起源

コン
24a

井上 真奈 (首都大学東京 M1)
8月3日 18:45 B (中会場)

BH の激しいランダムな時間変動の発見は、1971 年の小田らによるウフル衛星を用いた Cyg X-1 の観測である (小田他' 71)。しかし、この変動の起源はわかっていない。有力な手法の一つに、根来らが開発したショット解析がある。これは多数の非常に速いフレアを集積して足し込む解析手法である。ぎんが衛星を用いて、Cyg X-1 にショット解析を適用し、明るさのピークに達した瞬間に急激にスペクトルがハードになることを発見した (根来他' 94)。BH 連星に比べて、活動銀河核 (AGN) の質量は $10^{(6\sim9)} M_{\odot}$ であり、タイムスケールは $10^2 - 5$ 秒に対応するので十分な光子を集めて BH のごく近傍を調べるには適している。そこで、ショット解析を AGN に適応すべく、高感度を誇る X 線天文衛星すざくに着目し、変動が大きく明るく、観測時間が長いアーカイブデータを探したところ、それらの条件を満たすのは唯一 NGC4051 だけであった。NGC4051 は、質量 $1.7 \times 10^6 M_{\odot}$ 、距離は 14.6 Mpc で \square 型のセイファート銀河に分類される。XIS と PIN から 0.5 40keV までの解析結果が報告されている (寺島他' 07)。ショット解析に用いたデータは有効観測時間 ~ 100 ks で、0.5 10 keV のフラックスは $2.4 \times 10^1 \text{ erg/s/cm}^2$ 、エディントン光度で 0.28 % に相当する。ショット解析を適応したところ、精度よくショットのプロファイルが得られ、3 Rs に相当するタイムスケールでのスペクトルの抽出に成功した。

「すざく」衛星による ULX 天体 HOLMBERG IX X-1 での鉄吸収線の発見

コン
25a

小林 翔悟 (東京大学 M1)
8月3日 19:00 B (中会場)

ULXs (Ultra-Luminous X-ray source) とは、恒星質量 ($\sim 10 M_{\odot}$) ブラックホールの Eddington 限界光度 L_{Edd} を大きく超える、 $L_x = 10^{39.5-40} \text{ erg/s}$ の X 線光度をもつ謎の天体で、渦巻き銀河の腕の部分に多く見られる。これらの天体はブラックホールと考えられているが [1]、高い L_x が、大きな ($>> 10 \sim M_{\odot}$) ブラックホール質量によるものか、あるいは極端な超 Eddington 光度 ($L_x \gg L_{\text{Edd}}$) の結果なのか、決着がついていない。この問題解決には、「すざく」衛星による低バックグラウンドかつ長時間の観測が有効である。HOLMBERG IX X-1 は、X 線で明るい天体が周りになく、好条件な ULX である。現在、合計 500 ks の長時間観測の途中で、その内すでに公開されてい

る 180 ks のデータを今回解析した。解析の結果、光度は $L_x = 1.6 \times 10^{40} \text{ erg/s}$ (0.5-10.0 keV) で、光子指数およそ 1.69 のベキ関数的な連続成分に重なって、スペクトルの $7.15 \pm 0.15 \text{ keV}$ に、 3σ 程度の有意性をもつ吸収線が検出された。これを Doppler 効果で青方偏移した He like な Fe 吸収線 (静止エネルギー 6.69 keV) と解釈すると、吸収体が視線方向に、 $(1.5 - 2.5) \times 10^4 \text{ km/s}$ でアウトフローしていることが示唆される。よってこの天体は、放射圧が効く L_{Edd} またはそれ以上の明るさで輝いていることがわかる。より詳細なモデルとの比較により、アウトフローの様子を定量化できれば、 L_x/L_{Edd} 比が、またそこからブラックホールの質量が将来的に見積もられると期待できる。

[1] Makishima, K., et al. 2000, ApJ, 535, 632

「すざく」衛星によるセイファート銀河 NGC 4151 の鉄吸収線の研究

コン
26a

表 尚平 (東京大学 M1)
8月3日 19:15 B (中会場)

活動銀河核 (AGN) は、超巨大ブラックホール (BH) にガスが降着して莫大なエネルギーを放射しており、その X 線スペクトルには、BH 近傍からの直接成分に加えて、降着円盤における散乱、高温電離状態の物質に起因する高電離吸収線や輝線などといった、BH 周辺の物質分布を反映した成分が含まれる。その中でも、電離吸収体の状態や運動などの詳細な構造についてはまだよく分かっておらず、これらを明らかにすることは AGN の研究にとって重要である。スペクトル上に現れる電離吸収構造を調べるには、明るく高統計のデータが不可欠である。そこで我々は、全天で最も明るい AGN のひとつである、セイファート銀河 NGC4151 に着目し、「すざく」による観測データを解析した。全観測時間平均スペクトルを抽出したところ、6.5 keV 付近に吸収線が有意に検出された。これは H-like (6.97 keV) または He-like (6.67 keV) な鉄イオンの、主量子数 $n = 1$ と $n = 2$ の間の吸収線 ($K\alpha$ 線) と考えられる。これを H-like と解釈した場合は、宇宙膨張による赤方偏移を考慮しても、吸収線は有意に赤方偏移しており、電離吸収体が視線方向に光速の 7% 程度で遠ざかって運動していることになる。これは電離吸収体の BH への落下を表わしているかもしれない。いっぽう He-like と解釈した場合では、視線方向の運動速度は、光速の 3% 以下となる。

Super-Eddington 降着円盤

コン
27c

橋詰 克也 (総合研究大学院大学 M2)

ブラックホール (BH) 降着円盤はアウトフローを駆動していることが近年の観測から示唆されている。 $10^{32-34} W$ もの光度を持つ超大光度 X 線源 (ULXs : Ultra-luminous X-ray sources) は 1970 年代から知られていたが、その正体はよくわかっていなかった。現在では ULXs を説明する候補として中間質量 BH (IMBH : Intermediate Massive BH) の降着円盤が Eddington 光度付近で輝いているとするモデルと、恒星質量 BH の降着円盤が super-Eddington で輝いているとするモデルが考えられている。

後者について、BH 降着円盤が super-Eddington で輝くことが可能か 2 次元の輻射流体 (2D-RHD : Two-Dimensional Radiation Hydrodynamics) 計算によって調べられた (Ohsuga et al. 2005, Ohsuga & Mineshige, 2007)。その結果 500 シュバルツシルト半径以内の領域で行われた計算では準定常的に super-Eddington になりう

ることが示された。輻射圧によって降着円盤から吹き飛ばされたアウトフローは計算領域外へ流れていくことがわかったが、さらに遠方でどのような振る舞いをするのかを確かめるためには、計算領域を拡大したシミュレーションが必要とされる。

本講演では上記の先行研究について紹介し、さらに今後行う予定の 2D-RHD シミュレーションについて説明する。

- [1] Ohsuga et al. 2005, ApJ, 628, 381
- [2] Ohsuga & Mineshige, 2007, ApJ, 670, 1283

.....
ブラックホール形成のシミュレーション
コン 28c 中川 恵介 (新潟大学 D2)

8Msolar より大きい星は、進化の最後に重力崩壊し、中性子星になる。超新星爆発を起こさずに中性子星にガスが降り積もると、ブラックホールが形成されると考えられている。重力崩壊の様子は、流体方程式と重力場方程式を解くことで、調べることができる。しかし、流速は光速に近く、高温で、強重力場のため、一般相対論の効果を考慮しなければいけない。本研究では、数値相対論と呼ばれる手法によって、一般相対論の効果を取り入れたシミュレーションを行っている。その方法と結果を説明する。

.....
連星合体から重力波・電磁波放射
コン 29c 仏坂 健太 (京都大学 D2)

連星中性子星合体からの重力波は地上重力波干渉計のメインターゲットである。連星中性子星合体からの重力波の検出、波源の物理量を正確に評価するためには、理論的に重力波波形を予想すること、観測的には重力波に付随する電磁波放射を観測することが必要である。我々は、数値相対論を用いて連星中性子星合体シミュレーションを行い、付随する重力波波形と電磁波放射を計算した。

.....
宇宙の化学進化への超巨大質量星の寄与
コン 30c 横山 智広 (甲南大学 M2)

宇宙の重元素汚染は、金属量 $z=0$ の種族 III 星 (Population III star, Pop III star) の超新星爆発により始まった。宇宙初期の密度揺らぎによって生まれた星は PopIII.1 star と呼ばれ、太陽の 300 倍を超える質量の星に成長すると提案されている [1]。そのような大質量の星 (very massive Pop III.1 star: VMS) は一生を終えると重力崩壊し直接ブラックホールになると考えられてきたが、近年 gamma-ray bursts (GRBs) の親星となりえるという提案がなされた [2]。本講演では、VMS の超新星爆発における爆発的要素合成を計算し、金属欠乏星 (第二世代以降の低質量星で、宇宙初期の元素組成比を反映していると考えられている星) の元素組成比と比較することにより、VMS が初期宇宙の化学進化に寄与してよいかを明確にする。VMS が $(3.3, 63) \times 10^{53}$ erg で爆発した場合、超新星爆発によって合成される元素の化学組成は金属欠乏星の $[C/Fe]$ と $[(Ti, Ni, Zn)/Fe]$ を同時に再現できないことがわかった。この結果は宇宙初期において VMS は顕著に化学進化に寄与し

てはならないことを示唆している。現在、多次元相対論的流体シミュレーション・元素合成計算を行っており、その結果を合わせて報告する。

- [1] K. Omukai, and F. Palla, ApJ 589, 677-687 (2003)
- [2] Y. Suwa, and K. Ioka, ApJ 726, 107 (2011)
- [3] T. Ohkubo, H. Umeda, K. Maeda, K. Nomoto, T. Suzuki, S. Tsuruta, and M. J. Rees, ApJ 645, 1352- 1372 (2006)

.....
ガンマ線バースト本体と可視光残光の観測量の間の相関
コン 31c 宮内 宏 (青山学院大学 M1)

ガンマ線バースト (GRB) とは、1 日におよそ 1 回の頻度で典型的に 250keV 程度のガンマ線が約 0.01~300 秒間ほど観測されている宇宙最大の爆発現象である。その観測結果や理論的考察から約 100 億光年も離れた場所に放射源が存在することが分かったが、いまだその放射源となる天体や放射機構などは特定されていない。ガンマ線バーストはガンマ線で光った後に 1~10 日後くらいまで X 線や可視光などで光る残光現象が観測できる。最近の観測から、この残光は様々な形状の光度曲線を持つことが分かった。それらを大きく分けると、GRB 発生後 $10^2 \sim 10^4$ 秒ほどにピークを持つ光度曲線と、発生後増光がなく単調に減衰していく光度曲線の二種類に分かれる (比較的少ないがそのどちらにも合わない光度曲線も観測されている)。本発表では、ガンマ線バースト本体と可視光残光の観測量の間の相関関係を探り光度曲線の多様性の原因を考察した論文である Panaitescu & Vestrand (2011) のレビューを行う。

.....
多重極磁場と強力な内部磁場を伴ったマグネターの磁場構造
コン 32c 藤澤 幸太郎 (東京大学 D2)

中性子星は 10^{12} G 程度の強力な磁場を伴っている。その中でも、突発的に強力な X 線やガンマ線のバーストを引き起こすマグネターは、極めて強い磁場を伴っている中性子星であり、強大な磁場エネルギーを開放することによってバーストを引き起こしていると考えられている (Thompson and Duncan 2001)。マグネターの磁場の強さは、磁気双極子放射を行っているとは仮定して回転周期とその減少からみつもられ、星の表面付近での双極子成分の典型的な強さは 10^{15} G 程度である。ところが最近、マグネターのような特徴を示しながらも、磁気双極子放射から示唆される双極子磁場の強さが 10^{12} G 程度しかない磁場が弱いマグネターが見つかった (Rea et al. 2010)。そのためこのマグネターは、星の内部に強力なトロイダル磁場を潜めているか、磁気放射にはほとんど寄与しないが強大な高次の多重極磁場を表面付近に伴っていると考えられている。そこで今回は、多重極磁場を伴いかつ星内部に強力なトロイダル磁場を持つ星の磁場構造を計算し、双極子磁場に比べて強力な多重極磁場やトロイダル磁場を持つような磁場構造が得られた。この結果をもとに、マグネターのバーストに関して議論を行う。

- [1] C. Thompson and R. Duncan ApJ. 561, 980 (2001)
- [2] N. Rea et al. Science 330, 944 (2010)
- [3] R. Ciolfi et al. MNRAS. 397, 913 (2009)

強磁場電波パルサーにみられる X 線光度の超過

コン
33c

青木 雄太 (山形大学 D2)

強い磁場を持った高速で回転する中性子星は、電波パルサーとして発見され、回転エネルギーを電磁エネルギーに変換して電波からガンマ線までの広い帯域でパルス放射をしている。そのためこれらの天体は回転駆動型パルサーと呼ばれる。回転周期 (P) とその変化率 (\dot{P}) から、パルサーの持つ双極磁場 (B_d) を見積もることができ、典型的には $B_d \sim 10^{12}$ G である。近年これらのパルサーよりも 2 桁以上も強い磁場 10^{14-15} G を持ち、磁場をエネルギー源としていると考えられる天体 “マグネター” が注目を集めている。我々は、このマグネターと通常のパルサーの間の磁場 $\sim 10^{13}$ G をもつ強磁場電波パルサーが、マグネターの放射機構を解き明かす上で重要であると考え、過去の X 線観測データを調査した。その結果、強磁場パルサーはマグネターのような放射をする天体と通常のパルサーとして振る舞う天体の 2 種類に分類出ることが分かってきた。また、強磁場パルサーの観測サンプルが少ないため、我々は新たに昨年 11 月に強磁場パルサーの一つである PSR J0726-2612 を X 線天文衛星「すざく」を用いて新たに観測した。今回はその解析経過とあわせて、強磁場パルサーと通常のパルサー、マグネターの関連について議論する。

[1] Speagle, J.S., et al., 2011, ApJ, 743, 1835

MAXI による活動銀河核の光度変動の調査

コン
34c

佐藤 良祐 (京都大学 M2)

一般に、活動銀河核 (AGN) の X 線光度曲線のパワースペクトルは、折れ曲がりを持つ 2 つのべき関数で表される。この折れ曲がりのタイムスケール、あるいは決まった周波数範囲における変動強度と、超巨大ブラックホール (SMBH) との質量には相関があることが知られている。SMBH 質量の測られている近傍の AGN を用いてこれらの相関を精度よく定式化できれば、AGN の X 線光度変動のみから SMBH の質量を推定することが可能になる。この方法には、可視光の広輝線幅と連続光強度を用いた SMBH 質量の推定方法と比べて、広輝線領域が隠されている 2 型 AGN に対しても適用できるというメリットがある。しかし、AGN の X 線パワースペクトルの折れ曲がりのタイムスケールは 1 週間程度であり、それを精度よく求めるには長期間のモニター観測が必要である。全天 X 線監視装置 (MAXI) は、打ち上げ以来、近傍にある明るい AGN の X 線強度を連続してモニターしており、時間変動の系統的な調査に理想的な機会を与える。本講演では、MAXI による AGN の X 線変動の最新の結果を報告する。特に明るい AGN である Mrk 421、Cen A の 2 天体については、これまでに調べられていなかった長周期の点を含めたパワースペクトルの計算結果を示し、過去の結果と比較するとともに、SMBH の質量との関係について議論する。

- [1] Kataoka et al. (2001)
- [2] Rothschild et al. (2011)
- [3] Ponti et al. (2011)

QSO 降着円盤における可視及び UV 域のフラックス変動の相関

コン
35c

小久保 充 (東京大学 M1)

活動銀河中心核 (AGN) からの莫大な放射は、その中心に存在する超大質量ブラックホール (SMBH) 周辺の降着円盤における重力エネルギーの解放によるものと考えられている。また、AGN からのフラックスは広い波長範囲で大きな変動を示すことが知られているが、その変動の大きさから考えると、これは降着円盤自身の変動によるものと考えられる。我々は、Host 銀河やダスト放射の影響が比較的少ない QSOs の可視 UV の波長域で、2 波長間でのフラックス変動の相関に注目することで、フラックス変動のメカニズム、さらに降着円盤の物理に対して観測的な制限をつけることを目指している。

[1] Sakata, Y., Morokuma, T., Minezaki, T., et al. 2011, ApJ, 731, 50

GENJI プログラム: 電波銀河 3C 84 のモニター観測

コン
36c

日浦 皓一郎 (北海道大学 M2)

活動銀河核 (AGN) から噴出する相対論的ジェットは AGN 自体の進化の指標であり、加えて銀河間空間へのフィードバックとしても重要な機構である。AGN の形成メカニズムおよびその進化を明らかにすることは銀河の進化を解き明かす上で重要である。ジェットの駆動メカニズムにはさまざまな理論モデルが提唱されているが、決定的なものは存在しない。そこでモニタリングプログラム「GENJI」では、超長基線干渉計 (VLBI) の「VERA」を用いて、 γ 線が検出されている AGN のうち 8 天体に対して 2010 年 11 月から約 2 週間に 1 回の頻度で 22 GHz 帯の VLBI モニター観測を行い、ジェットの形状・速度といった基本的な物理パラメータを決定することで、理論モデルに対して制限を与えることを目的としている。そのようなジェットの根元の観測には高空間分解能観測が必要であり、電波における VLBI は、ブラックホール最近傍を撮像できる唯一の装置である。ジェットの速度の決定のためには、電波 VLBI と γ 線の光度曲線を比較することで、 γ 線放射領域の電波帯における対応放射領域を同定する必要がある。本講演では、電波銀河 3C 84 のモニター解析結果を報告する。GENJI プログラムが始まった 2010 年 11 月以降は目立った γ 線フレアは報告されていないが、1 pc 以内の銀河中心核領域における電波増光が見られた。このことは、22 GHz 帯における電波増光領域は γ 線放射領域と空間的に異なることを示唆している。

- [1] Nagai et al., PASJ, 62, L11 (2010)
- [2] Suzuki et al., ApJ, 746, 140 (2012)
- [3] Nagai et al., MNRAS (2012)

X 線観測による電波銀河の系統的研究所 ASTRO-H に向けてのサイエンス

コン
37c

田崎 文得 (京都大学 D2)

電波銀河中心核は相対論的ジェットを噴出しており、周辺構造や母銀河に影響を与えていると考えられているが、その根元がどのような構造になっているのか、またジェットを

持たない活動銀河核と比べてどのように異なるのかは、未だ解明されていない。そこで我々は、*Swift*/BAT によって検出され、*Suzaku* ですでに観測された電波銀河 22 天体の 0.5–200 keV にわたる広帯域 X 線スペクトルを取得し、その中心核構造を調べた。活動銀河核中心光源からの X 線スペクトルは経験的に指数関数的カットオフのかかったべき乗 ($E^{-\Gamma} \times \exp(-E/E_{\text{cut}})$) で表され、さらに 10–20 keV にピークを持つ連続光と鉄 $K\alpha$ 輝線からなる、周囲の冷たいガスによるコンプトン反射成分が存在していることが知られている。また中心核を分厚いガスやダストによって隠されている 2 型活動銀河核の場合は、周囲の薄いガスによって散乱された、軟 X 線成分が観測される。本研究では各電波銀河のこれらの成分を定量的に見積もり、ジェットの指標である電波強度との関係や、光度依存性を調べることで、電波銀河中心エンジンの系統的な構造解明を目指す。本講演では上で述べた研究の概要を *ASTRO-H* で行うサイエンスの展望とともにポスターにて発表する。

[1] Tazaki et al. ApJ, 721, 1340 (2010)

[2] Tazaki et al. ApJ, 738, 70 (2011)

.....

日時	8月1日 19:30 - 22:00 8月2日 9:00 - 10:00(招待講演), 10:00 - 11:15 8月3日 9:00 - 12:30 8月4日 9:00 - 10:00(招待講演), 10:00 - 13:15
招待講師	児玉 忠恭 氏 (国立天文台) 「銀河と銀河団の生い立ち」 田中 幹人 氏 (東北大学) 「NGC48 1st カタログ選抜総選挙 ~ 講演者が選ぶ 16 議席 ~」
座長	今瀬 佳介 (総研大 D2)、小室 佑介 (東北大学 M2)、 佐藤 良祐 (京都大学 M2)、清水 貴治 (東京大学 M2)
概要	<p>—銀河・銀河団研究の最前線—</p> <p>我々の銀河・銀河団に対する理解と認識は、観測と理論とがお互いに刺激しあいフィードバックを掛け合うことで、近年目覚ましい進化を遂げました。観測では 10m 級の地上望遠鏡やスペース望遠鏡による多波長かつより高分解での観測が可能になり、これまでには観測することが出来なかった新たな銀河の姿を知ることができるようになっています。理論では計算手法の改良と計算機の日々の進化により、宇宙の大規模構造から銀河の細部構造までに渡る様々な理論的描像が再現されつつあります。観測が理論を検証するとともに新たな事実を投げかけ、また理論が更なる観測を要求するという両輪の態勢によって今後も更なる発展が望まれています。この流れの中で、2012 年は ALMA の初期運用の開始、HSC の試験観測の開始に加えて NuSTAR の打ち上げ予定など、天文学の歴史において新たな節目になる年と言えるでしょう。更にはスペースでは Astro-H、JWST などの望遠鏡が、地上においては TMT、E-ELT や GMT などのこれまでの規模をはるかに超える次世代の望遠鏡計画が後に控えており、より一層の理解と認識が得られることが期待されます。</p> <p>理解が日進月歩で進むこの時代において、本分科会では近傍から遠方までの銀河、銀河団全般 (注) に関して最前線の観測と理論の両面から見つめ直し、議論を行いたいと考えています。また参加者同士が活発な交流を行い、研究に対する理解、興味、意欲が更に向上することを期待しています。</p> <p>注) AGN ホスト銀河や AGN と銀河の共進化については銀河・銀河団分科会で扱います。AGN のブラックホールとしての挙動やジェットに注目する場合はコンパクトオブジェクト分科会で扱います。</p> <p>注) 球状星団を 1 つの系として見る場合などは銀河・銀河団分科会で扱います。</p>

児玉 忠恭 氏 (国立天文台)

8月2日 9:00 - 10:00 B (中会場)

銀河と銀河団の生い立ち

銀河形成は、宇宙年齢が20-40億年の時代 ($1.5 < z < 3$) の間にピークを迎え、その後は活動が低下してきたことが判ってきた。また、今日の宇宙において、銀河の形態や星形成の活動性は、銀河の周辺環境に大きく依存していることが知られている。つまり銀河の形成や進化は、周辺環境と密接に関係していることが判っている。また質量の大小によっても銀河の性質が大きく異なることが明らかになっている。ところが、これらの基本的な銀河の性質を決定する主要因が何なのか、背景にある物理過程は何なのかは未だよく判っていないのが現状である。しかし、すばる望遠鏡をはじめとする地上大型望遠鏡や、ハッブル宇宙望遠鏡など、近代の観測技術の飛躍的な向上によって、我々は徐々にその起源について迫ろうとしている。

この講義では、銀河と銀河団ができつつある時代に遡って、形成および進化の歴史を直接見ながら概説し、さらに ALMA や TMT などの次期装置によって新たにどのようなことが判ってくるかを展望する。

田中 幹人 氏 (東北大学)

8月4日 9:00 - 10:00 B (中会場)

NGC48 1st カタログ選抜総選挙～講演者が選ぶ16議席～

篠田麻里子の名スピーチが記憶にも新しい AKB48 27th シングル選抜総選挙ですが、今、AKB を1つの銀河、そのメンバーを星だと思ひ込み見ましょう。そうですね、AKB や SKE がアンドロメダ銀河や銀河系で、大島優子や松井玲奈が銀河を構成する星です。裏で支配する秋元康が暗黒物質と言ったところでしょうか。ではここで、もしあなたが結成当時の AKB の様子が知りたいときどうしますか？9期生の横山由依にインタビューするより、1期生の前田敦子にインタビューしますよね？それと同じで、銀河形成の歴史を探るには、若い生まれたての天体を調べるより、古い天体を調べる方が効果的です。古い天体というのは、矮小銀河や球状星団であったり、単に古い星であったりします。このように銀河内または周辺に散在する宇宙の化石を手掛かりに、銀河の歴史を調べる学問を銀河考古学と呼んだりします。特に、すばる望遠鏡などの可視赤外線望遠鏡は、観測的に銀河考古学を研究するのに最適なツールですので、講演者もよく利用しています。今回は、その銀河考古学について、大学院で初めて天文学を学ぶ人にでもなるべく分かるように AKB を例にして概説し、16人？銀？の銀河考古学的に興味深い選抜ギンガーを発表したいと思います。

あ、ちなみに、講演者の推し銀はアンドロメダ銀河ですが、推しメンは百田夏菜子です。

銀河
01a

「あかり」による ULIRG の水素輝

線 Br α ·Br β の観測

矢野 健一 (東京大学 M2)

8月1日 19:30 B (中会場)

UltraLuminous InfraRed Galaxy (ULIRG) は、多量のダストからの熱放射により赤外線ですべて明るく輝く銀河であり、宇宙初期ほど数が多かった。このため、そのエネルギー源が星形成と活動銀河核 (AGN) どちらなのか調べることで、宇宙初期に星とブラックホールどちらが優勢であったかを判別でき、マゴリアン関係など銀河進化の謎が解明できると期待される。私は、ULIRG における星形成活動を調べるため、赤外線天文衛星「あかり」の近赤外分光観測を用いて、星形成の指標となる水素再結合輝線 Br α ·Br β の初の同時観測を行った。これらの輝線は赤外線であるためダスト減光の影響が小さく、ダストの多い ULIRG の観測に適している。この観測からダストに影響されない星形成率の測定を行い、ULIRG における星形成率の系統的な議論を行う。また、Br α ·Br β 強度比が異常を示す天体も見つかった。一般に予想される Br β /Br α 強度比は ~ 0.6 程度であるが、IRAS 10494+4424 では Br β /Br α 強度比が ~ 1.2 となった。ダストによる減光では、短波長の Br β の方がより強く減光されるため、この結果は説明できない。本講演ではこの結果の解釈についても議論する。

- [1] T. Goto et al. A&A 514 A6 (2010)
- [2] B. T. Draine ARA&A 41 241 (2003)
- [3] D. E. Osterbrock & G. J. Ferland

銀河
02a

「あかり」近赤外線分光で探る星形成

銀河の PAH 3.3 μm 放射環境

山田 梨加 (名古屋大学 M1)

8月1日 19:45 B (中会場)

正確な星形成率を求めることは、星形成の発展を明らかにするために重要である。星形成銀河は豊富なダストを持ち、ダストは OB 星が放射する紫外線を吸収し赤外線ですべて再放射するため、赤外線光度は星形成率を求める有効な手段として使われる。しかし、赤外線光度には活動銀河核の放射成分の混入があり、そのために星形成率は過剰に見積もられてしまうと考えられる。一方、多環芳香族炭化水素 (PAH) は遍在性があるが、活動銀河核の硬い放射線によって壊されるため、純粋な星形成の指標になると考えられる。本研究では、3.3 μm の PAH 光度と赤外線光度の関係性を調べるため、「あかり」中間赤外全天点源カタログから選んだ 79 個の中間赤外超過銀河の「あかり」近赤外線分光観測を行い、2.5-5 μm のスペクトルを得た。解析の結果、47 個の銀河から 3.3 μm の PAH 放射を検出した。これらから活動銀河核の支配的な銀河を除いて、PAH 光度と赤外線光度を比較すると、PAH 光度は赤外線光度とよく相関し、PAH と赤外線光度の比はだいたい 10^{-3} となることがわかった。しかし、Imanishi et al. (2008, 2010) の高光度赤外線銀河と超高光度赤外線銀河を加えると、赤外線光度が $10^{12}L_{\odot}$ 以上で PAH 光度が相対的に小さくなることが分かった。この原因について Br α の輝線放射やダスト温度、質量を用いて議論する。

- [1] Imanishi, M., et al. 2008, PASJ, 60, S489
- [2] Imanishi, M., et al. 2010, ApJ, 721, 1233

銀河
03a

合体銀河 VV114 内のスターバースト、AGN 活動と ALMA Cycle 0

で得られた観測結果

斉藤 俊貴 (東京大学 M1)

8月1日 20:00 B (中会場)

銀河の形成や進化において銀河同士の衝突や合体は重要な役割を担う事は良く知られている。衝突によってガスの圧縮や乱流、銀河中心領域へのガス供給が起こる事が最近のシミュレーションから予想されているが、観測的な検証は既存の装置の分解能や感度の制限により進んでいない。銀河衝突時の分子ガスの特性を理解するために、我々は、衝突の後期段階にある近傍の高光度赤外線銀河 (LIRG) VV114 を ALMA (cycle 0) を用いて現在観測している。本講演では、最新の ALMA データを紹介し、VV114 における分子ガスの分布や運動についての議論や可視光との比較を行う。

- [1] Yun et al. ApJ 430 109(1994)
- [2] Tessier et al. ApJ 720 L149(2010)

銀河
04a

CO line emission from compact nuclear starburst disks around Active Galactic Nuclei

瀬川 陽子 (北海道大学 M1)

8月1日 20:15 B (中会場)

活動銀河核 (AGN) は母銀河から中心の大質量ブラックホールへの質量降着により重力エネルギーを解放することで輝いている。AGN には中心構造が覆い隠されているようなものが見られるが、これは統一モデルと呼ばれるモデルを仮定することで理解されてきた。しかしながら、最近の観測によると覆い隠された AGN の割合は銀河の光度が増すごとに下がり、赤方偏移の上昇とともに増加する傾向がみられ、さらに、 $z \lesssim 1$ でしか統一モデルが成り立たないという結果も報告されている。これより、中心の AGN を覆い隠す構造として、統一モデルの基本構造である遮蔽トーラスの代わりにスターバーストディスクを考えるモデルが提唱されている。本講演では発表タイトルと同名の論文のレビューを行い、著者らの提唱するスターバーストディスクモデルの解析から得られる CO の光度とスペクトルの特徴について紹介する。著者らのモデルによれば、CO の光度とフラックスの SLED (スペクトル線のエネルギー分布) が規模の小さな (超) 高光度赤外線銀河 ((U)LIRG) と類似しているという結果が得られた。また、 $J_{\text{Upper}} \gtrsim 10$ で強い吸収が見られる。さらに、この結果から得られた CO の SLED を実際の観測で得られた SLED と比較し、 $z \lesssim 1$ の AGN の遮蔽トーラスがスターバーストディスクであるか検証する可能性について紹介する。

- [1] J. N. Armour and D. R. Ballantyne ApJ 752, 87

銀河
05a

AGN feedback と銀河進化

札幌 佳伸 (京都大学 M1)

8月1日 20:30 B (中会場)

観測機器の高感度化により、近傍、遠方宇宙の銀河における、AGN 起源の outflow の観測が行われ、AGN feedback がホスト銀河に及ぼす影響が調べられはじめました。AGN 起源の outflow は巨大な楕円銀河の進化過程や銀河中心の巨大ブラックホールとホスト銀河の関係など、多彩な文脈において重要とされる過程であり、銀河進化上無視することが出来ないものです。今回の講演ではそれらの

AGN feedback 現象についての紹介と、遠方近傍における観測例の紹介をしたいと思います。

- [1] A.C Fabian arXiv 1204.4114
- [2] D. M. Alexander and R. C. Hickox arXiv 1112.1949
- [3] Maiolino et al arXiv 1204.2904

銀河 06a 活動銀河核の電波強度の違いを生み出す構造の観測的研究

中尾 光 (北海道大学 D1)
8月1日 20:45 B (中会場)

AGN には電波強度の弱いものと電波強度の強いものの2つのグループが存在する。電波強度の弱いものと強いものでは、電波強度が100倍以上異なり、全AGNのうち約1割が電波強度の強いAGNであるが、この電波強度の違いを生み出す要因はまだ分かっていない。その原因の1つはAGNの構造が分かっていないためである。

近年電波強度の強いAGNと電波強度の弱いAGNの構造の違いを中心のブラックホールへの質量降着率の違いにより説明するモデルが提唱された。質量降着率が非常に低い場合、降着円盤の内側は幾何学的に厚くて光学的に薄い、放射不良降着円盤(RIAF)となる。RIAFは放射による冷却が小さいため、円盤内のガス温度が $10^9 K$ から $10^{12} K$ と、非常に高温になる。Trumpモデルでは電波の強いAGNの質量降着率は低く、降着円盤はRIAFをもつ。

Trumpモデルは電波強度の違いを生み出す構造の違いを説明できるが、直接分解して観測ができないために、観測的な検証はなされていない。モデルの検証のためには電波の強いAGNに対して観測的にRIAFの有無を確認し、そのサイズを求めることが必要である。

本研究では複数の電波の強いAGNに対してBLRの位置と輝線幅を観測し、BLRの位置対輝線幅の依存関係を求める。RIAFは通常の降着円盤とは温度勾配が異なるためBLRガスの速度構造が異なる。つまり、この依存関係が変化する距離がRIAFのサイズを示すと考えられる。本講演では、研究の概要、観測計画について紹介する。

- [1] Trump et. al. (2011)

銀河 07a MAXIによるAGNの長期変動観測

杉本 樹梨 (立教大学 M1)
8月1日 21:00 B (中会場)

活動銀河核(AGN)の中心には巨大ブラックホール(BH)が存在すると考えられている。だがその質量が求まっているものは数少なく、それらも可視光による観測がほとんどである。本研究では、X線データを用いたBHの質量推定を目的としている。BHの変動のタイムスケールとその質量には相関関係がある。AGN中心にある巨大BHの質量は $10^6 \sim 10^9 M_{\odot}$ であり、その変動のタイムスケールは数時間から数年と非常に長い。本研究で解析をおこなっているMAXIは、観測開始からまもなく3年が経過する。MAXIはISSに搭載され、92分毎に規則正しく長期の連続観測を行っているので、AGNの長期変動の解析を行うのに適している。AGNのX線データをフーリエ変換することで、パワースペクトル(PSD)が得られる。さらに、X線強度によらない強度比パワーを求めるため、PSDを規格化したNPSD(Normalized PSD)を求める。BHの質量推定の解析の手法として、X線変動質量推定法を用いた。

それぞれのNPSDを求め、さらに「NPSD×周波数」における 10^{-3} レベルでの交点となる周波数を求めた。得られた周波数を質量が既知であるBH白鳥座X-1と比較し、AGN中心の巨大BHの質量推定を試みた。

銀河 08a FMOSの近赤外分光データを用いたz=1-2のObscured AGNの同定

藤井 慎人 (東北大学 M2)
8月1日 21:15 B (中会場)

AGNの探査においてX線観測は強力な手段であるが、中にはX線が検出されないほど強く吸収を受けたCompton-thick AGN等が通常の銀河に紛れて存在していると考えられている。よって、それらの見逃されている天体の厳密な存在比を求めることは、宇宙史におけるAGNの進化を追う上で非常に重要である。その為にはまず、銀河の中から隠されたAGNを同定する作業が必要になる。今研究ではFMOS(Fiber Mulch Object Spectrograph)の近赤外分光データから、 $H\beta\lambda 4861$ と $[OIII]\lambda 5007, H\alpha\lambda 6563$ と $[NII]\lambda 6583$ のそれぞれの輝線比を用いて、z=1-2の銀河とAGNの区別を行う。SampleはSXDS(Subaru/XMM-Newton Deep Survey)領域で、0.5-10KeVのX線では検出されていないものに着目し、さらに $[3.6\mu m]-[4.5\mu m], [5.8\mu m]-[8.0\mu m]$ のcolor-color diagramでselectionを掛けたものを使用する。結果として、X線が検出されていないAGN候補の天体が複数見つかった。また、それらのAGN候補の紫外線からサブミリ波までのSEDを確認し、AGNの同定の是非について議論する。

銀河 09a 狭輝線セイファート1型銀河の性質とX線による探査

川室 太希 (京都大学 M1)
8月1日 21:30 B (中会場)

活動銀河核(AGN)には、中心に超巨大ブラックホール(SMBH)が存在し、その近傍の降着円盤と広輝線領域を取り囲むようにダストトラスが分布していると考えられている。広輝線領域がトラスに隠されずに観測できるものを1型AGN、隠されて観測できないものを2型AGNという。狭輝線セイファート1型銀河(Narrow-line Seyfert 1 = NLS1)とは、1型AGNのうち、 $H\beta$ 輝線の輝線幅が通常より狭い(2000 km/s以下)種族を指す。NLS1は、他のAGNに比べてブラックホール質量が小さく、かつ質量降着率が高いので、中心のSMBHが急成長している現場であると考えられている。そのため、NLS1の性質の理解はSMBHと母銀河の共進化の問題の解決に向けて非常に重要である。NLS1は軟X線(10 keV以下)で相対的に強度が強く、時間変動が激しいという特徴を持つ。国際宇宙ステーション搭載・全天X線監視装置(MAXI)は、2-10 keVバンドにおいて過去最高の感度で全天をサーベイする能力をもち、常時モニターをしているため激しく光度変動するAGNに対しても強みを発揮する。我々は今後、MAXIを用いて変動するAGNに特化した解析により未発見のNLS1を探査する。また、MAXIによる無バイアスX線探査により、近傍宇宙における全AGNに対するNLS1の割合を決定する予定である。

銀河
10a

球状星団で探る中間質量ブラックホール

岩城 大地 (東京大学 M1)
8月1日 21:45 B (中会場)

これまでに球状星団内で大質量ブラックホールとブラックホールは発見されているが、中間質量ブラックホールは未だに発見されていない。我々は、球状星団内の恒星の固有運動を調べることで系内の重力ポテンシャルを求め、中間質量ブラックホールの存在を確かめる事が出来る。そこで、私たちはすばる望遠鏡の IRCS (20mas/52mas) + AO188 を用いて M5 と M13 を観測した。解析方法に関して、Anderson et al. 2006 の論文では恒星の固有運動が 8mas の精度で解析されているが、今回の観測では同様の手法を用いる事によって 4mas の精度を達成できる事が期待される。同様の手法によって、恒星の移動差を求めていく。

[1] Ground-Based CCD Astrometry with Wide Field Imagers

銀河
11a

Faraday tomography を用いた銀河間磁場探査の理論予想

熊崎 亘平 (名古屋大学 D1)
8月2日 10:00 B (中会場)

現在、地球から銀河・銀河団に至る様々なスケールの天体がそれぞれ固有の磁場を持っていることが知られている。しかし、宇宙全体を満たす磁場の存在についてはまだ存在の有無も含めて理解されておらず、上限値が与えられている過ぎない。宇宙磁場は宇宙の大規模構造形成の過程にも大きな影響を及ぼすだけでなく、様々な天体現象を理解する上で非常に重要な役割を担っていると考えられる。そのため、宇宙磁場の理解は近代宇宙論の最重要命題のひとつにもあげられている。

この宇宙磁場に対して、将来の大規模電波望遠鏡の広波長帯偏波観測による解明が期待されている。広波長帯の偏波情報からその光子の経路上の磁場情報を階層的に得る方法として Faraday tomography がよく知られており、銀河磁場の Rotation measure の測定にも用いられている。本発表では、Faraday tomography を銀河間磁場探査に応用し、将来の広波長帯偏波観測でどれだけの結果が期待されるかを議論する。

銀河
12a

背景磁場がありかつ温度勾配を考慮した銀河プラズマから発生する磁場の成長

藤木 和城 (東北大学 M2)
8月2日 10:15 B (中会場)

扱うスケールを銀河プラズマ中の電子とイオンがラザフォード散乱を起こさないほどの小さなスケール ($10^{13}cm$ 程) を前提に、我々の銀河におけるランダム磁場が背景磁場と温度勾配がある銀河プラズマから発生する物理的な機構をプラズマ運動論的なアプローチを交えつつ発表する。通常、プラズマは温度一様な場合、そのプラズマ内の電子とイオンの速度分布はマクスウェル・ボルツマン分布に従っている。しかし、温度勾配があると、温度勾配方向に熱流が発生する。イオンは電子比べて遥かに重いので、熱流の寄与は電子のみとする。電子の速度分布をマクスウェル・ボルツマン分布であると仮定すると、熱流は温度勾配方向の速度の 3 次のモーメントであるから、熱流は 0 であ

る。したがって、電子の速度分布にはマクスウェル・ボルツマン分布からのずれが生じるので、非平衡である。このような非平衡速度分布関数をもつときのプラズマ運動論に基づいた線形不安定性解析により磁場を伴ったプラズマ波が不安定性により成長するという事はすでに Ramani と Labal の二人に明かされている。これに基づいて、我々の銀河におけるランダム磁場の強度 $1.7 \mu G$ (M.-A.Miville-Deschenes et al(2008) を参照) の再現できるかどうかも現在考えている。

[1] Okabe and Hattori The Astrophysical Journal, 599:964-970 (2003)

[2] Hattori and Umetsu The Astrophysical Journal, 533:84-94 (2000)

銀河
13a

紫外線背景輻射場における原始銀河形成の物理

鈴木 裕行 (筑波大学 M1)
8月2日 10:30 B (中会場)

宇宙晴れ上がり後の密度ゆらぎの中から誕生した初代天体は紫外線によって宇宙再電離を起こし、紫外線背景輻射場を形成する。つまり紫外線背景輻射場中での銀河形成を考えると紫外線の効果を考慮しなければならない。紫外線は電離によるガスの加熱や、原始ガスの主な冷却材である水素分子の形成を抑える働きがあるため、銀河の元となったガス雲が紫外線にさらされると重力収縮できず、その中で天体が形成されない可能性がある。そのような紫外線輻射場のなかで天体が形成されるには、局所的に密度が高くなった場所で紫外線から守られる「自己遮蔽領域」ができる必要がある。Susa & Umemura (2004) の矮小銀河形成の研究では、輻射輸送方程式を解き、形成された自己遮蔽領域の中で星が形成される計算が行われ輻射輸送計算の重要性が強調されている。また、成長した密度ゆらぎのなかで、高密度領域は早く、低密度領域は遅く収縮するため、紫外線にさらされる時期と強度が異なることから自己遮蔽される基準が変わる。結果、ガス雲の収縮の最中で星形成が行われる時期に変化が見られ、形成される銀河の形態に変化をもたらすという予想ができる。

本発表では、原始銀河形成に必要な物理の紹介と紫外線背景輻射場におけるガス雲が自己遮蔽する条件を示した Tajiri & Umemura (1998) の研究、また、それを元に行った銀河形成シミュレーションの紹介を行う。

[1] Tajiri, Y. & Umemura, M. 1998, ApJ, 502, 59

[2] Susa, H. & Umemura, M. 2004, ApJ, 600, 1

銀河
14a

The epoch of disk galaxy formation

竹内 智恵 (京都大学 M1)
8月2日 10:45 B (中会場)

disk 銀河は、Sersic index や中心集中度などを用いた研究により 近傍だけでなく、 $z > 0.5$ でも存在することがわかってきている。しかし、その disk 銀河が実際に丸く薄い形状を示す銀河 (「real な disk 銀河」と呼ぶ) であると分かっているのは low- z のみであり、high- z で disk 銀河に分類されている銀河 (「disk-like 銀河」と呼ぶ) の真の形状は不明である。そこで、今回は high- z にある「disk-like 銀河」に対して、その軸比分布を調べることで統計的に形状を探り、「disk-like 銀河」が「real な disk 銀河」であるような時代を調べることにした。我々は GOODS-S 領域の

$0.5 \leq z < 2.5$ にある銀河を3つの時代にわけ、SEDfittingにより得た星質量やSFRなどのパラメーターを用いて星形成銀河を選んだ。これらの銀河に対し、各時代でV-bandとなるようなデータ(HSTのACS F850LP, WFC3 F125W/F160W)を使い、 $0.5 \leq \text{Sersic index} < 2.5$ を満たす銀河を今回の「disk-like 銀河」とした。そして、この「disk-like 銀河」の時代毎の軸比分布を調べた結果、「disk-like 銀河」が「realなdisk 銀河」として存在する時代を示唆することに成功した。

銀河
15a

HST WFC3 による GOODS-North 領域の観測による成果と MOIRCS Deep Survey による観測成果との比較。

森下 貴弘 (東北大学 M1)
8月2日 11:00 B (中会場)

HSTは打ち上げから20年以上経過する一方、現在も非常に質の高いデータをとり続けている。また近年取り付けられたWFC3(Wide Field Camera 3)により、今まで以上に深く広い領域の観測が可能になった。これによりかつては観測できなかった銀河のより外側の構造も明らかになってきた。この観測にはGOODS-Northと呼ばれる集中的な観測を行うと決められた領域の観測も含まれている。すばる望遠鏡を使ったMODS(MOIRCS Deep Survey)のJ,H,Ksバンドの観測もこの領域に対して行われており、WFC3の近赤外での観測結果をこれらと比較することにより、例えば様々な z での銀河の形を調べ比べることで、過去においてこれらの銀河がどのような形、特徴を持っているかを推測できる。本講演ではこれらのデータを使ったカタログ作成、モデルに対するフィット、またそこから得られたパラメータを吟味することで得られた銀河の性質について報告する。

銀河
16a

アンドロメダストリームで探る銀河の内部構造

桐原 崇亘 (筑波大学 M1)
8月3日 9:00 B (中会場)

近年の高精度観測により、M31のハロー領域には、100kpcを超えるステラーストリームや東西に広がるシェル状の星分布が発見された。そして、その空間構造や視線速度構造等が詳細に観測されている。また、 N 体シミュレーションによる理論研究では、これらの構造は今から1Gyr程前に、 $10^9 M_{\odot}$ 程度の矮小銀河がM31に衝突した残骸と示されてきた。さて、宇宙論的構造形成の数値シミュレーションによれば、銀河に付随するDMHの質量密度分布は、ユニバーサルプロファイルが予言されている。その密度分布の内縁部に関しては未だ議論が分かれるが、外縁部は r^{-3} に比例する依存性を持つと知られている。しかし、銀河外縁部の質量分布を観測的に正確に調べるのが非常に困難なため、これまで理論予言の検証はあまり行われなかった。本研究ではM31DMHの外縁構造を現在のストリームの空間・速度構造とM31DMHの外縁部密度分布を変化させたシミュレーション結果とを比較し調べた。また、観測されたストリームは東側で密度が不連続に減少するが、西側は密度が連続的に減少する。この形状はこれまでの球対称矮小銀河モデルによるシミュレーションでは説明できていない。本研究では円盤矮小銀河が衝突したと想定してM31との衝突シミュレーションを行い、観

測データとの比較を行って非対称形状と矮小銀河の内部構造との関係を調べた。

- [1] Fardal, M. A., et al. 2007, MNRAS, 380, 15
- [2] Mori, M. and Rich, M., 2008, APJ, 674, 77
- [3] Navarro, F., et al. 1996, APJ, 462, 563

銀河
17a

金属量分布から推定する矮小銀河の化学進化

本間 英智 (東北大学 M2)
8月3日 9:15 B (中会場)

銀河における星生成の歴史は、含まれる金属量の変化の歴史でもある。星が寿命を迎える際に重元素を放出することで銀河の金属量は増加し、また重元素の組成比は金属量放出に最も寄与した星の組成に依存して変化する。また他銀河との相互作用や超新星などのフィードバックによって銀河に含まれるガスは流入出していると考えられることから、それによっても銀河の金属量は変化する。すなわち銀河の金属量は銀河における物質循環の歴史を刻んだ化石情報であり、星に含まれる金属量はその星が形成された当時の銀河の金属量を反映していることから、個々の星の金属量を見積もることで銀河の進化過程を類推することができる。矮小銀河は質量・光度ともに小さい銀河であるが、局所銀河群に30以上見つかり、宇宙で最も多く存在する系と考えられている。分布している位置が非常に近いことから、HSTや8-10m級地上望遠鏡によって個々の星に分解して観測することが可能であり、いくつかの矮小銀河の星に対しては分光観測も行われている。そのため矮小銀河は、重力的に束縛された系の化学進化を詳細に調べることができるよい実験場として近年注目されている。そこで矮小銀河の星の分光観測から得られるもののうち金属量分布に着目し、化学進化モデルから予測される金属量分布と比較することで矮小銀河の化学進化に対して何が言えるか述べる。

- [1] Kirby, E., et al. 2011, ApJ, 727, 79
- [2] Weisz, D. R., et al. 2011, ApJ, 739, 5

銀河
18a

「STAR FORMATION IN THE MILKY WAY AND NEARBY GALAXIES」の論文の紹介

白井 博 (総合研究大学院大学 M1)
8月3日 9:30 B (中会場)

私はこれから、赤外線天文衛星「あかり」のデータを用いて、星生成が活発な近傍銀河の進化の研究を行ってきたいと考えている。しかし、まだ研究を始めたばかりということもあり、知識が浅いため、今回はKennicuttとEvansが書かれた、銀河内の星生成についてのレビュー論文「STAR FORMATION IN THE MILKY WAY AND NEARBY GALAXIES」の一部を発表する。

- [1] Kennicutt and Evans arXiv:1204.3552v1

銀河
19a

AKARI 赤外線サンプルと GALEX 紫外線サンプルでみた近傍銀河の星形成活動

櫻井 茜 (名古屋大学 M2)
8月3日 9:45 B (中会場)

銀河は長い宇宙の歴史の中でその化学組成を変化させ

る。この銀河の化学進化を明かにするためには、銀河内の星形成に関する物理量の見積りが重要になってくる。本研究では、大質量星からの紫外線とダストからの中間-遠赤外線との量を星形成活動の指標として用い、近傍銀河のより正確な星形成活動の見積りを行っている。紫外線、赤外線の観測量としてそれぞれ紫外線衛星 GALEX、赤外線衛星 AKARI の観測データを用い、各銀河の紫外線光度 (L_{FUV})、全赤外線光度 (L_{TIR}) を求めた。これより、全星形成光度 L_{SF} 、星形成率 (SFR [$M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$]) とダスト減光 (L_{TIR}/L_{FUV}) を計算し、それぞれの量の関係性を調べた。また、どの波長で銀河サンプルをセレクトするかは、推定結果に強く影響を与え、物理的な解釈にも影響することがわかっている。本研究では、この影響を確認するために赤外線によるサンプルセレクト (AKARI 90 μm) と紫外線によるサンプルセレクト (GALEX 1530 \AA) の二つの条件でサンプルを構築した。これらの二つのサンプルを解析することで、セレクト方法による結果の振る舞いの違いについても報告する。

- [1] Takeuchi, T. T., et al. 2010, A&A, 514, A4
 [2] Bothwell, M. S., et al. 2011, MNRAS, 415, 1815

Atomic Gas and the Regulation of Star Formation in Barred Disc Galaxies

銀河
20a

田代 貴美 (北海道大学 M1)
 8月3日 10:00 B (中会場)

本発表は Masters et al.(2012) の紹介である。銀河の進化では棒状構造のようなディスク不安定性が重要である。この棒状構造では星とガスとの角運動量の輸送が起こるために、ガスが銀河の中心部に集まる傾向があり、中心核スターバーストや活動銀河核の燃料供給機構の候補と考えられている。実際に一部の棒渦巻銀河では中心の星形成が活発になることが観測されている。そこで棒状構造がガスの分布にどのような影響を与えているのか、この論文では銀河における原子ガスの含有量と棒状構造をもつ銀河の割合を調べることから迫っている。2090 個の円盤銀河について、the Galaxy Zoo project による形態分類を用い、銀河の HI の含有量についてはアレシボ天文台で観測されたデータ ALFALFA を用いている。その結果、棒状構造をもつ銀河の割合はガスが乏しい銀河で高いことがわかった。

- [1] Masters, K.L., et al. 2012, MNRAS (in press; arXiv:1205.5271)

銀河系ディスク形成プロセスへの制限

銀河
21a

豊内 大輔 (東北大学 M1)
 8月3日 10:15 B (中会場)

Lee et al 2011 では、SEGUE で得られた α 元素量の情報をもとに、disk の星を thick disk と thin disk に分類し、両者が異なる運動の性質を持つことを示した。これは両者が別々のプロセスで形成したことを意味している。しかしながらこのとき使用したデータは $|z| > 300\text{pc}$ のサンプルが大部分を占めており、sampling による bias の可能性も拭えない。今回は Hipparcos で観測された $|z| < 300\text{pc}$ の星からいくつかの方法で thick disk like な星と thin disk like な星を抽出し、両者の力学的性質の違いから Lee et al 2011 と同様の結論が得られることを示す。

- [1] Lee, Y.S et al 2011, Apj, 738, 187

- [2] Boby, J. et al 2011, arXiv:1111.1724
 [3] Boby, J. et al 2011, arXiv:1111.6585

銀河系最外縁の分子雲 Cloud1 における星生成

銀河
22a

泉 奈都子 (東京大学 M2)
 8月3日 10:30 B (中会場)

銀河系最外縁領域 (銀河半径 $R_G > 18\text{kpc}$) は、太陽近傍と比較すると低ガス密度や低金属量など矮小銀河に似た始源的な環境にある為、銀河系形成時の星生成メカニズムを研究する良い実験場となっている。

我々の研究グループは、銀河系最外縁領域の分子雲における星生成の系統的な研究を進めており、今回は kinematic distance から銀河系内で最遠方 ($R_G \sim \text{kpc}$) 位置すると考えられる Cloud1 (Digel et al.1994) の 2 つの CO ピークに付随する星生成クラスターについて報告する。これはすばる望遠鏡と近赤外線撮像器 MOIRCS を用いた観測の結果、確認された。この Cloud1 の存在する天域には high-velocity cloud(HVC) の複合体の 1 つが存在しており、Cloud1 自体が HVC と銀河ディスクとの相互作用で生じた可能性も示唆されている (Morras et al.2008 等)。

今回の発表では測光結果から得られた星生成クラスターの性質について報告すると共に、周囲の CO 分子雲の観測データも合わせて紹介し、Cloud1 における星生成の詳細と原因についても議論する。

- [1] Digel et al. ApJ,422,92 (1994)
 [2] Morras et al. A & A,334,659 (1998)

近傍渦巻銀河星間ガス HI ガス-H₂ ガス相転移

銀河
23a

田中 亜矢子 (鹿児島大学 M2)
 8月3日 10:45 B (中会場)

銀河の主な構成要素である水素ガスは星間空間の圧力や密度、温度に応じて HI または H₂ ガス相として存在する。

両者のガス分布を示す指標として、分子ガス比 f_{mol} (HI ガスと H₂ ガスの密度の和と H₂ ガス密度の比) が用いられる。Elmegreen (1993) の ISM 相転移論によると f_{mol} は星間圧力、UV 放射量、金属量に大きく依存することが知られている。しかし、観測データから直接求めた f_{mol} と観測データから依存性の大きい parameter を求めた後にモデルを用いて求めた f_{mol} との比較は行われていなかった。

そこで、¹²CO ($J = 1 - 0$) 輝線、HI 輝線、H α 輝線データから、H₂ ガス密度、HI ガス密度、UV 放射量をそれぞれ見積もった。金属量は [OIII] や [OII] 輝線観測データから求めた論文の値を引用し、星間圧力は水素ガス密度の和 (または、Ks-band のデータも考慮) から求めた。そして、全観測データ 5 つが揃った近傍渦巻銀河 10 天体に対して観測と理論モデルを比較し、Co-to-H₂ conversion factor の依存性も調べた。

その結果、星間圧力は星密度を考慮すると f_{mol} がより良く合うことがわかった。また、両者を更に合わせるには parameter の中で最も依存性の高い金属量よりも UV 放射量を調節するほうが良いことがわかった。

銀河系外縁部における CO-to-H₂ 変換係数の算出

銀河
24a

松尾 光洋 (鹿児島大学 M1)
8月3日 11:00 B (中会場)

我々は野辺山 45m 電波望遠鏡を用いた ¹²CO(*J*=1-0) 観測データと ASTE10m 電波望遠鏡を用いた ¹²CO(*J*=3-2) の観測データを使って、CO-to-H₂ 変換係数 (*X*_{CO}) を求めた。これまで *X*_{CO} は銀河系中心距離 11kpc より内側までしか求められておらず (Arimoto et al. 1996)、また銀河系半径とともに *X*_{CO} が大きくなる傾向が銀河系外縁部まで見られるのかということについて確認されていない。そこで我々は銀河系外縁部の分子雲について複数の方法で *X*_{CO} を調べ比較した。1つ目の方法は銀河系外縁部 (*l, b*) = (213°, 0°) 方向の分子雲について ¹²CO(*J*=1-0) および ¹²CO(*J*=3-2) 輝線の解析を行い、分子線解析用のコード RADEX(van der Tak F. F. S. et al. 2007) を用いて水素分子の体積密度、運動温度を決定して、Bonnor-Ebert 球モデル (Bonnor 1956, Ebert 1955) でフィットすることにより求めた。2つ目の方法として IDL の clfind(Williams et al. 1993) を使ってサイズや線幅を求めてピリアル質量を計算し、*X*_{CO} を求めた。これらにより銀河系外縁部における *X*_{CO} の値とその動径変化を調べることができた。

M 83 における ¹³CO(*J* = 3 - 2) 輝線の OTF 広域マッピング観測

銀河
25a

馬路 博之 (大阪府立大学 M1)
8月3日 11:15 B (中会場)

近傍の棒渦巻銀河 M 83 に対して、ASTE 望遠鏡を用いた On-The-Fly(OTF) モードでの ¹³CO(*J* = 3 - 2) 輝線マッピング観測を行った。M 83 は中心領域でスターバーストを起こしており、また渦状腕や棒状構造も持つので、様々な星形成環境が存在すると考えられる。そこで様々な環境における分子ガスの物理状態を比較する為に高温かつ高密度ガスのトレーサーとして知られている ¹³CO(*J* = 3 - 2) 輝線で中心、棒状構造、渦状腕の一部を含む 4' × 2'.5(5.2kpc × 3.2kpc) の領域を観測した。最終的に角度分解能が 25" (550pc)、速度分解能 5km/s でノイズレベルが 15mK(in *T*_{MB}) のマップが得られた。中心領域・バーエンド領域でスペクトルのピークはそれぞれ 50mK、80mK 程度であった。そして過去に同じ領域で得られた ¹²CO(*J* = 3 - 2) 輝線のデータ (Muraoka et al. 2009, ApJ, 706, 1213) を用いて、¹³CO(*J* = 3 - 2)/¹²CO(*J* = 3 - 2) 輝線強度比 (以後 ^{13/12}*R*₃₋₂) を算出した。中心領域、バーエンド領域での ^{13/12}*R*₃₋₂ の値はそれぞれ 0.033 ± 0.005、0.072 ± 0.018 となった。LVG 近似計算によれば、^{13/12}*R*₃₋₂ はほぼガスの密度にのみ依存するため、高いガス密度が期待されるスターバースト領域付近では高い値を示すと考えていたが、予想に反して中心領域ではバーエンド領域よりも ^{13/12}*R*₃₋₂ の値が低かった。本講演ではこれか解析の結果について議論する。

[1] Muraoka, K., et al. 2009, ApJ, 706, 1213

ダークバリオン探査の進展

銀河
26a

渡邊 歩 (筑波大学 M1)
8月3日 11:30 B (中会場)

WMAP による CMB の観測によって宇宙エネルギーの 96% を占めているのはダークマター、ダークエネルギーで

あることが明らかになった。残りの 4% が、よく知られている物質 (≒ バリオン) である。しかし、近傍宇宙 (赤方偏移 *z* < 1) の観測によれば、その 4% のうちの半分も検出されていない。この観測にかかっていないバリオンはダークバリオン (ミッシングバリオン) と呼ばれている。このミッシングバリオンを観測によって捉えようとする研究が進められている。

一方で、このミッシングバリオン問題について理論からのアプローチも行われており、宇宙論的な構造形成の数値計算によるとミッシングバリオンの大部分は 10⁵⁻⁷ K の希薄な銀河間ガスであると予想されている。これは中高温度銀河間物質 (WHIM:warm-hot intergalactic medium) と呼ばれている。WHIM は宇宙の大規模構造に沿って分布すると考えられており、間接的にダークマターの分布を知る手掛かりともなりうる。

私は、数値シミュレーションによってこの WHIM の分布を調べる研究を行いたいと考えており、WHIM の観測および、数値シミュレーションについての先行研究についていくつか紹介する。

[1] R.Chen and J.P.Ostriker, APJ 650(2006) 560

Magellanic-type galaxy のパターン速度決定の手法

銀河
27a

清水 貴治 (東京大学 M2)
8月3日 11:45 B (中会場)

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。そのため、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。そして銀河の構造を研究する上では、個々の物質が作るパターンとしての回転角速度、パターン速度とよばれるパラメーターが非常に重要となっている。銀河の形態、進化はこのパラメータによって大きく左右されていると考えられているが、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、パターン速度を決定するためには様々な仮定に基づく必要があった。しかし、従来の方法では LMC のような星生成が活発な銀河では適用することができなかった。そこで我々は非軸対称の棒状のポテンシャル仮定し、力学的な平衡点となるラグランジュ点を考察することで、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。また、LMC のような特徴を持つ銀河は magellanic-type galaxy とよばれ多数あることが知られており、これらの銀河に対して同様の手法が用いられると期待される。本講演では LMC を例にとって、その棒状銀河のもつラグランジュ点の考察、およびパターン速度の決定方法について議論する。

宇宙流体実験-新たな流体モデルによる渦巻銀河の解析-

銀河
28a

津田 裕也 (明星大学 M2)
8月3日 12:00 B (中会場)

渦巻銀河における渦状構造の新たな解析方法として宇宙流体実験 (Laboratory Experiment of Cosmic Hydrodynamics : LEC) を行っている。LEC とは天体物理における宇宙流体を実験室内の水槽で再現する流体実験である。この宇宙流体実験の中から渦巻銀河の形状に関する実験を今

回紹介する。

.....

銀河
29b

近傍宇宙における活動銀河核トーラスモデルへの示唆

市川 幸平 (京都大学 D1)
8月3日 12:15 B (中会場)

活動銀河核 (AGN) の統一モデルによれば、中心の超巨大ブラックホールをとり囲むように塵トーラスが存在すると考えられている。現在、理論的な側面からは大きく2つのトーラスモデル (一様連続モデル (Pier & Krolik 1992) とクランプモデル (Nenkova et al. 2002)) が提唱されており、モデルによってトーラスから来る赤外線放射の強度は異なる。そのため、トーラスモデルに観測から制限を与えることは、活動銀河の赤外線光度のうち、どの程度が AGN 由来で、どの程度が星生成かといった AGN と星生成の関係に強くリンクする重要なトピックである。我々は透過力の高い Swift/BAT 硬 X 線全天カタログを親サンプルとして AKARI、IRAS、WISE 赤外線全天カタログから対応天体が見つかった 128 天体について、硬 X 線と赤外線間の光度相関を調べた。その結果、中間赤外線と硬 X 線 ($E > 15$ keV) 光度は、吸収量 (N_H) に関わらずほぼ同様の強い相関を示すことが確認できた。これは、吸収量の大きい天体ほど相対的に赤外線光度が下がる一様連続塵モデルでは説明できず、クランプモデルを支持する結果である。

- [1] Ichikawa et al. 2012, ApJ in press, arXiv:1205.5032
- [2] Nenkova et al. 2008, ApJ, 685, 147
- [3] Gandhi et al. 2009, A&A, 502, 457

.....

銀河
30b

MOIRCS による 53W002 $z = 2.4$ 原始銀河団の近赤外線撮像観測

相田 優 (愛媛大学 M1)
8月3日 12:18 B (中会場)

これまでの研究から、近傍の銀河団中の楕円銀河は比較的古い星から構成されており、これらの年齢を推定すると、 $z > 2$ で形成されたものが多いと推測されている。したがって、銀河団における銀河の形成・進化の理解には、 $z > 2$ の原始銀河団を直接観測することが重要であると考えられる。 $z = 2.4$ の電波銀河 53W002 の周辺領域は、同じ $z = 2.4$ の Ly α emitter が多数見つかったり、数少ない $z > 2$ の原始銀河団のひとつである。本研究では、すばる望遠鏡および近赤外 広視野撮像分光装置 MOIRCS で観測された 53W002 領域の JHK3 バンドの近赤外撮像データを処理・解析して、 $z = 2.4$ の大質量銀河の探査を試みた。講演では、近赤外線のカラーで選ばれた $z = 2.4$ の大質量銀河候補天体の空間分布や色等級分布について議論する。

.....

銀河
31b

GOODS-South 領域における $z \sim 1$ 銀河内部の星形成領域の分布

増田 貴大 (東北大学 M1)
8月3日 12:21 B (中会場)

SDSS などの掃天観測の結果から近傍の銀河を統計的に見ていくと、大質量早期型の銀河があまり活動性を示していないのに対し、小質量晚期型の銀河は活発に星形成を行っているという、銀河の質量と形態が星形成活動と相関を持っていることが分かってきた。一方で $z \sim 1$ の宇宙

に目を向けると、その時代は現在に比べ不規則銀河の割合が高く、宇宙全体で見た星形成活動も現在より活発であったことが観測から見えてきている。さらに個々の銀河に注目すると、比較的大質量の円盤銀河が多くを占めていたことが分かってきた (Konishi et al. (2011))。本研究では、CANDELS project によって観測された GOODS-South 領域で、 $z \sim 1$ にある星形成を激しく行っている円盤銀河に関して、銀河内での星形成領域の分布を議論する。具体的には、HST/ACS による可視光画像や HST/WFC3 による近赤外画像といった角分解能の高い画像を使って、個々の銀河の場所ごとに SED fitting を行うことで銀河内部の星形成領域がどのように分布しているかを調べる。近赤外画像は $z \sim 1$ の銀河の可視光を見ていることになるので、これによって銀河の星質量の分布を含めた議論が可能である。

- [1] Abraham et al. (1999) MNRAS, 303, 641
- [2] Konishi et al. (2011) PASJ, 63, 363
- [3] Wuyts et al. (2012) arXiv 1203.2611

.....

銀河
32b

modified Newtonian dynamics の妥当性について

田川 寛通 (東京大学 M1)
8月3日 12:24 B (中会場)

銀河円盤における星の回転運動の速さは、銀河の周縁部でも回転速度が低下せず、平坦な速度分布を持つことが明らかになっている。このことは、観測可能な星やガスから推定される質量分布 (光度質量) を仮定すると、説明することが出来ない。この問題に対して現在広く受け入れられている説明は、観測にかからない暗黒物質が存在するためだとするものである。これに対し、1983年に Milgrom によって、この銀河回転問題について別の有効理論が提出された。その理論とは、未知の物質があるのではなく、銀河スケールの重力の法則がニュートン力学とは異なっているとすると、同様に観測結果を説明できるというものである。この考えに基づいて運動の基本法則に変更を迫った現象論的な理論が MOND(modified Newtonian dynamics) である。MOND では太陽系のスケールなどの距離が比較的近い場合には重力が万有引力の法則と同様に距離の逆二乗に比例した力を及ぼすが、恒星間など距離が大きくなるとその実質的効果が距離の逆一乗に漸近すると考える。よって、遠距離では重力による影響はニュートン力学で与えられるものよりも相対的にずっと大きなものとなる。この理論により、距離に反比例する加速度は銀河の回転速度をごく自然に説明し、暗黒物質を仮定する必要はなくなる。今回の発表では、連星の観測事実を紹介しつつ、MOND の妥当性を検討する。

.....

銀河
33a

赤外銀河分布のパワースペクトル解析

鈴木 智子 (名古屋大学 M1)
8月4日 10:00 B (中会場)

宇宙において銀河は非一様に分布しており、これは大規模構造と呼ばれる。宇宙の構造形成や銀河進化を理解する上で、この非一様性の性質を調べることは必要不可欠であり、その定量化によく用いられるのがパワースペクトルである。パワースペクトルは、密度ゆらぎを波数空間でみたときの統計的指標であり、波数 k をもつ波が密度ゆらぎに対してどれくらい寄与しているかを表す基本的統計量で

ある(例えば、須藤靖著「ダークマターと銀河宇宙」)。星形成が活発に行われると固体微粒子(ダスト)も多く形成される。ダストは、星形成領域に存在する大質量星からの紫外線を吸収・散乱し、赤外線として再放射する。このため、赤外線で見える銀河は星形成を活発に行っている銀河のよいトレーサーとなっている。赤外銀河の分布のパワースペクトルを求めることで、星形成銀河の分布がどのような統計的性質をもつのかを知ることができる。本研究では、赤外線衛星 AKARI/FIS 全天サーベイのデータを用いて赤外銀河分布の密度ゆらぎのパワースペクトルを求めた。サーベイのマスクやノイズによる影響をうまく取り除くために、今回パワースペクトルの計算には POKER というソフトウェアを使用した。発表では、得られた結果と Hamilton and Tegmark (2002) による赤外線衛星 IRAS の PSCz のデータから求められたパワースペクトルとを比較することで、AKARI でみた赤外銀河分布の特徴とその意味について議論する。

[1] A.J.S. Hamilton and Max Tegmark 2002, MNRAS, 330, 506-530

銀河
34a

Lyman Alpha Emitter(LAE) の Ly α /UV 光度関数で探る宇宙の再電離

今野 彰 (東京大学 M1)
8月4日 10:15 B (中会場)

宇宙 137 億年の歴史の大イベントの一つとして「宇宙の再電離」が挙げられる。宇宙はビッグバンにより誕生し、膨張により宇宙の温度が下がり、そして赤方偏移 z が 1100 の頃に宇宙にある陽子と電子が再結合したと考えられている。一方クエーサーのスペクトルの観測によると、 z が 5 付近の銀河間ガスはほとんど電離していることが知られている。すなわち z が 5 から 1100 の間で再結合した陽子と電子が再び電離したことになる。これが宇宙の再電離である。最近の観測によると z が 6 から 15 の間に再電離が起こったと考えられているが、まだまだ謎が多く、再電離がどのように時間進化していったか、空間的にどのように広がっていったか、さらには再電離源が何であるかすらもはっきりとは分かっていない。そんな再電離を調べる方法としては、遠方にある銀河を観測することが挙げられるが、特に Lyman Alpha Emitter(LAE) の探査が有用であると考えられている。本講演では、Ouchi et al. 2010, 2008 をベースにして、LAE の Ly α と UV continuum の光度関数を示し、それが宇宙の再電離の解明にどう関わってくるかを説明する。さらに将来的にはどのように研究をすすめていくのかについても説明したいと考えている。

[1] M. Ouchi et al. 2010 ApJ 723 869
[2] M. Ouchi et al. 2008 ApJS 176 301

銀河
35a

high- z における電離源付近の LAEs の特徴

大塚 拓也 (東北大学 M1)
8月4日 10:30 B (中会場)

$z \sim 11$ から ~ 6 の間に InterGalactic Medium(IGM) が中性から電離状態に変化する宇宙再電離が、いつどのように起きたかというプロセスは、初期宇宙の研究において非常に興味深い論点となっている。観測からこの宇宙再電離に制限をつける方法の一つとして、Lyman Alpha Emitter(LAE) を用いる方法がある。LAEs は狭域フィ

ルターの画像を用いれば効率的に区別することができ、性質が中性 IGM の存在度に大きく依存するため、その時代の電離状態を調べるのに非常に重要である。本研究では、high- z における電離源となりうる明るい銀河付近の LAEs の特徴と、電離源から離れた LAEs の特徴とを比較した。LAEs を解析した領域は、Subaru Deep Field(SDF) と Subaru/XMM-Newton Deep survey Field(SXDF) である。

.....

銀河
36a

53W002 領域における赤方偏移 2.4 の Ly α 輝線銀河分布についての研究

馬渡 健 (東北大学 D1)
8月4日 10:45 B (中会場)

本研究では、53W002 領域におけるすばる/Suprime-Cam による撮像 (B バンド、 $N413$ 狭帯域バンド) データの解析から、同領域中の赤方偏移 2.4 ($z = 2.4$) の Ly α 輝線銀河 (LAE) の空間分布や輝線等価幅 (EW) 分布などの諸性質を調べた。今回用いたデータは先行研究よりも広視野 ($31' \times 24'$) かつ深い ($NB413$ で 5σ 限界等級 ~ 26.0 AB-mag) のものであり、解析の結果、LAE を 204 天体、広がった Ly α 放射を持つ Ly α blob(LAB) を 4 天体検出した。これにより LAE 数密度の疎密からなる大規模構造がはっきりと確認されたが、今回、その中で最も高密な約 $5' \times 4'$ ($z=2.4$ における physical スケールで 3Mpc 程度) の領域を 53W002F-HDR と名付けた。私は 53W002F-HDR の LAE 数密度超過から Probability Distribution Function(PDF) を用いて、その $z = 2.4$ の宇宙における存在確率 (rareness probability) を求め、0.9% という同領域の rareness を示す定量的な値を得た。また使った画像の視野の広さを生かして、53W002 領域中の LAE の性質 (EW 分布、Ly α 光度分布) に環境依存性がないかを調べたが、そうした傾向は認められなかった。一方で今回見つかった LAB4 天体は全て同程度の rareness probability を持ち、このことはそれらの Ly α 光子の放射機構やその独特な形状には環境効果が影響しているということを示唆している。

[1] Mawatari, K. et al., 2012, ApJ, submitted
[2] Marinoni, C. et al., 2008, A&A, 487, 7
[3] Pascarelle, S. M. et al., 1996, Nature, 383, 45

.....

銀河
37a

Nature and Nurture Effects on the Formation and Evolution of Cluster Galaxies

Shimakawa Rhythm (総合研究大学院大学 M1)
8月4日 11:15 B (中会場)

In low-redshift clusters, most galaxies appear to be quiescent. These galaxies tend to be elliptical or S0 galaxies, which constitute conspicuous red-sequence on the color-magnitude diagrams. In contrast, in high-redshift proto-clusters, galaxies tend to have complicated morphologies and high star-formation rates (SFRs) of $100s M_{\odot}/yr$. Such truncation in star formation activities can be caused by "nature" effects, i.e. accelerated galaxy formation in dense environments, and/or by "nurture" effects, i.e. galaxy-galaxy interactions/mergers and gas-stripping (e.g. Kodama et al. 2001). Recent works (Daddi et al 2007; Mannucci et

al. 2010) have presented double (main and sub) sequences of star forming galaxies on the SFR versus gas-mass plane, and a fundamental metallicity relation (FMR) where gaseous metallicity of star forming galaxies in the SDSS are determined as a function of stellar mass and SFR, both of which describe the modes of star formation and the evolutionary stages of galaxies. Motivated by these observational phenomena, we now aim to explore these relationships (main/sub sequences and FMR) in clusters/proto-clusters based on near-infrared spectroscopy (FMOS/MOIRCS on Subaru) and ALMA observations (Mahalo-Subaru and Gracias-ALMA projects). By comparing these relationships in clusters with the field counterparts, we will quantify the roles of environments to shape galaxies, and thus understand the origin of environmentally dependent galaxy formation and evolution.

[1] Mannucci, F., Cresci, G., Maiolino, R., Marconi, A., Gnerucci, A. 2010, MNRAS, 408, 2115

[2] Daddi, E., Dickinson, M., Morrison, G., Chary, R., Cimatti, A., Elbaz, D., Frayer, D., Renzini, A., Pope, A., Alexander, D. M., and 5 coauthors. 2007,

.....

$z > 1$ の星形成銀河における CO \rightarrow H₂ 変換係数の金属量依存性

銀河
38a

世古 明史 (京都大学 M1)
8月4日 11:30 B (中会場)

銀河は星やガスなどの集合体である。星は分子ガスが集まった分子雲内でつくられることを考えると、銀河内の分子ガスを調べることは銀河進化の理解に不可欠と言える。分子ガスの主成分は水素分子 (H₂) であるが、H₂ は双極子放射しないため観測が難しい。そこで分子ガスの量を求める際、しばしば一酸化炭素分子 (CO) 輝線の観測が行われる。この場合、CO 輝線の積分強度に変換係数 α_{CO} をかけることで分子ガスの質量を求めることができる。 α_{CO} の値について、近傍では多数の銀河の観測から α_{CO} は銀河の金属量に依存することが報告されている。遠方の銀河における α_{CO} の詳しい性質については未解明であり、銀河進化を探る上で非常に重要な研究対象である。本発表では Genzel et al. (2012, ApJ, 746, 69) の紹介を行う。この論文では、赤方偏移 $1 < z < 3$ にある 44 の星形成銀河について α_{CO} の金属量依存性を調べている。その結果、近傍銀河と同様に金属量が小さくなるほど α_{CO} の値は大きくなることが分かった。これは同じ質量をもつ銀河の分子雲を比較したとき、金属量が小さい程 CO 強度は弱くなることを意味する。遠方銀河では近傍銀河に比べて金属量が小さい傾向にあることが分かっており、この論文における結果を用いると、 $z > 2$ にあり $10^{10} M_{\odot}$ 以下の銀河における CO 輝線の観測は ALMA の感度をもってしても困難であることが示唆されている。

[1] Genzel, R., et al. 2012, ApJ, 746, 69

[2] Arimoto, N., Sofue, Y., & Tsujimoto, T. 1996, PASJ, 48, 275

.....

FMOS による COSMOS 領域の星形成銀河の近赤外分光観測

銀河
39a

柏野 大地 (名古屋大学 M1)
8月4日 11:45 B (中会場)

銀河の星形成活動は赤方偏移 $1 < z < 3$ の時代に最大となる。この銀河進化の激動期における星形成率と赤方偏移および質量、環境、金属量などの内的・外的性質との関係を紐解くことは重要な課題である。最近の可視光による大規模分光サーベイにより得られたデータに基づいた研究により、 $z \sim 1$ までの銀河の進化における星質量と外的環境の効果が明らかになってきた [1]。しかし、 $1.4 \lesssim z \lesssim 2$ の範囲は、"redshift space" と呼ばれ、これまでに十分な観測が行われていない。この赤方偏移範囲では可視光領域に入る強い輝線がないことなどが障害のひとつであった。すばる望遠鏡 FMOS (Fiber Multi-Object Spectrograph) は、一度に多数の銀河を近赤外領域で分光観測できる唯一の装置である。 $z \sim 1.5$ に存在する銀河の場合、H α や [NII] などの強い輝線が光赤外領域に入る。我々は FMOS を用いて photo-z に基づき選択した $1.4 \lesssim z \lesssim 1.7$ の銀河を観測し、約 170 個の H α 輝線が顕著に現れたスペクトルを得た。これらのスペクトルから、H α 輝線および [NII] 輝線に基づき正確な赤方偏移と星形成率を決定し、星質量との関係を明らかにする。本講演では、研究計画の概要と解析結果について報告し、この時代の銀河進化について議論する。

[1] Peng, et al. 2010, ApJ, 721, 193

.....

SXDF の $z = 5.7$ 原始銀河団および銀河の性質

銀河
40a

篠木 新吾 (東京大学 D1)
8月4日 12:00 B (中会場)

Subaru/XMM-Newton Deep Survey の観測領域 (SXDF) における $z = 5.7$ Lyman α emitters (LAEs) 探査によって、最遠方の宇宙の大規模構造とその中に 2 つの銀河数密度超過領域 (すなわち原始銀河団) が発見された (Ouchi et al. 2005)。この原始銀河団の構成メンバー候補 30 天体が分光観測され、その結果 20 天体が $z = 5.7$ LAEs であると同定された。このデータを元に原始銀河団の密度超過、速度分散などを求め、質量の推定も行った。さらに SXDF 内で原始銀河団のメンバーではない銀河の性質も調べ、原始銀河団メンバー銀河の性質と合わせて考えることで、 $z = 5.7$ という初期宇宙における銀河の性質の環境依存性を明らかにしていく。

[1] Ouchi, M., et al. 2005, ApJ, 635, L117

[2] Ouchi, M., et al. 2008, ApJS, 176, 301

[3] Furusawa, H., et al. 2008, ApJS, 176, 1

.....

遠方銀河団 Abell2744 のフィラメント構造の研究

銀河
41a

茨木 優希子 (奈良女子大学 M1)
8月4日 12:15 B (中会場)

銀河団とは、宇宙年齢と同程度の時間スケールをかけて進化してきた宇宙最大規模の天体である。標準的な構造形成のシナリオによると、初期宇宙に存在した密度ゆらぎが重力不安定性で成長し、物質降着や衝突合体を繰り返して大規模構造を形成したと考えられている。その最も高密度の領域が銀河団であり周辺にはフィラメント構造が連なる。

銀河団の領域を観測すると、可視光からは銀河やダークマターの分布を、X 線からはダークマターの重力に閉じ込められた高温ガスの分布やそこに含まれる重元素量を得ることができる。したがって X 線と可視光の比較から、ガス

がフィラメントに沿って銀河団に落ち込みながら加熱を受ける様子をとらえ、衝突のシナリオを検証できると期待される。

そこで、本研究では銀河団の進化過程を探ることを目的に、遠方の衝突銀河団 Abell2744 の外縁部に広がるフィラメント構造に注目した。この銀河団 ($z \sim 0.3$) は過去に数回衝突合体を繰り返しており現在も形成途中にあると考えられている。今回はすざく衛星で得た2視野分の X 線観測データを用いて、可視光で見えているフィラメント領域での高温ガスの性質と分布を調査した。銀河団コアを中心としたリング状の領域を3方向に分けて定義し、各領域での X 線スペクトルの解析を行った。その結果コアからの距離と方向による物質分布について温度や重元素量に見られた傾向を報告する。

[1] Naomi Ota and Kazuhisa Mitsuda, A&A, 428, 757-779 (2004)

[2] F.G. Braglia, D. Pierini, A. Biviano, and H. Böhringer, A&A, 500, 947-963 (2009)

[3] Matt S. Owers, Scott W. Randall, Paul E. J. Nulsen, Warrick J. Couch, Laurence P. David, and Joshua C. Kempner, ApJ, 728:27 (2011)

X 線天文衛星すざくによる Abell 478 銀河団の外縁部観測から銀河団の成長過程を探る

銀河
42a

望月 ゆきこ (東京理科大学 M1)
8月4日 12:30 B (中会場)

銀河団とは数十個から数千個の銀河の集団であり、宇宙最大の自己重力系である。銀河団を X 線で観測すると、広がった高温の銀河団ガスをみることができる。また、銀河団は互いの重力で引きつけ合い、衝突を繰り返し、宇宙年齢をかけて成長していく。そのため、銀河団の外縁部では現在も物質が降着し、成長が続いていると考えられている。したがって、外縁部の熱的力学状態から銀河団の成長過程を調べることができる。近年、X 線天文衛星すざくにより従来の X 線天文衛星よりも暗い領域の観測が可能となり、銀河団外縁部の観測が可能になった。本研究では、X 線天文衛星すざくによる Abell 478 銀河団の外縁部4方向の観測データを解析し、X 線スペクトルから銀河団ガスの温度と電子数密度を求めた。温度と電子数密度は銀河団外縁部で低下傾向にあった。さらに、温度と電子数密度からエントロピーと静水圧平衡を仮定した銀河団質量を求めた。エントロピーは東と南の外縁部で、重力による衝撃波加熱のみを考えた理論予測よりも小さな値となり、重力エネルギーが全て加熱に使われていないことを示している。また、質量は積分値にも関わらず東と南の外縁部で減少し、静水圧平衡から逸脱していることを示している。これらの結果から、東と南の銀河団外縁部では銀河団ガスが大規模運動し、降着してきた物質の重力エネルギーが内部エネルギーと運動エネルギーに変換されていると考えられる。

すざく衛星による近傍銀河団のガスバルク運動の測定

銀河
43a

吉田 浩子 (奈良女子大学 M1)
8月4日 12:45 B (中会場)

銀河団は宇宙の階層構造のトップに位置し、銀河・高温ガス・ダークマターから構成される巨大な天体である。その高温ガスは重力ポテンシャルに緩和し、静水圧平衡にあ

ると考えられてきた。しかし銀河団同士の衝突合体が起ると、ガスが重力ポテンシャルに流れ込み、バルク運動や乱流などの複雑な運動状態が発生することが予言されている。

このような高温ガスの運動状態を測定することは、衝突合体による銀河団のダイナミックな進化を解明する手がかりとなる。また、もしガスがバルク運動や乱流運動を持つとすると、静水圧平衡の条件から推定した銀河団質量に無視できない系統誤差が含まれることになる。

そこで、本研究では銀河団の高温ガスのバルク運動を測定することを目的とし、X 線スペクトルに現れる鉄輝線のドップラーシフトの測定を行う。バルク運動の有無が銀河団の形態の違いに関係するののかについて調べるため、すざく衛星で観測された不規則銀河団と規則銀河団の両方を対象とする。なお、1000km/s のガス運動から生じる鉄輝線エネルギーのずれはわずかに 22eV であるため、検出器のエネルギースケールの決定精度の検討も行った。本講演では、Abell3667 銀河団をはじめとする近傍銀河団のガス運動状態の測定結果について報告する。

[1] Ota, N., et al., 2007, PASJ, 59, 531

[2] Tamura, T., et al. 2011, PASJ, 63, 1109

[3] Matt, S. Owers., et al., 2009, ApJ, 693, 901

宇宙線による銀河団ガスの加熱

銀河
44a

木村 創大 (大阪大学 M2)
8月4日 13:00 B (中会場)

銀河団には温度が 10^8K の高温銀河団ガスが存在し、このガスが熱制動放射などによって X 線を放射している。この放射によるコアのガス冷却時間は銀河団の年齢より短い、外側のガス冷却時間は銀河団の年齢よりも長くなっている。そのためコアは冷え、外側からの圧力を支えきれず、周囲のガスが冷えながらコア中心に向かって流れ込む cooling flow と呼ばれるガスの流れが発達するはずである。ところが近年の X 線の観測によれば、cooling flow に伴う冷却中のガスがほとんど存在しないことが知られており、そのためコアには何らかの加熱機構が存在していると考えられる。この未知の加熱源に関する問題は cooling flow problem と呼ばれている。コアの加熱機構として高温ガスからの熱伝導を加熱源とした TC モデル、銀河団中心の AGN 起源の衝撃波や音波によるメカニカルな加熱を考えた MC モデルなどが提案されているが、どのモデルも安定性が十分でないなどいくつかの問題がある。そこで加熱源として AGN からの宇宙線を考え、宇宙線の streaming による加熱に注目した Cosmic Ray streaming モデル (CR モデル) が提案されている。本講演では Fujita & Ohira 2011 のレビューを行い、CR モデルが加熱機構として有力な候補となり得ることを示す。

[1] Fujita, Y., & Ohira, Y. ApJ, 783, 182,(2011)

[2] Guo, F., & Oh, S. P. MNRAS, 384, 251,(2008)

Spatial Distribution of Lyman Break Galaxies around Low-Luminosity Quasars at $z \sim 4$ in the COSMOS Field

銀河
45c

池田 浩之 (愛媛大学 D2)

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、クエーサーがどのような場所に存在するのか、

すなわちクエ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、 $z \sim 3$ までのクエ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、遠方のクエ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 (e.g., Shirasaki et al. 2011)。しかし、 $z \sim 3$ よりも以遠については、クエ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バ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、COSMOS 天域で発見された $z \sim 4$ の低光度クエーサーを 8 天体使用し、それらの周辺のライマンブレイク銀河数密度を調査した。ライマンブレイク銀河については、ハッブル宇宙望遠鏡の Advanced Camera for Surveys (ACS) により取得された画像、カナダ・フランス・ハワイ望遠鏡の MegaPrime camera により取得された u^* 、すばる望遠鏡の Suprimecam で取得された g' 、 r' 、 z' のデータを用いて、1) ACS 画像で広がっている、2) $u^* > 27.5$ (u^* で 2σ 以下)、3) $g' - r' > 1.0, r' - z' < 1.5, g - r > 1.67(r - z) + 0.5$ の条件で選択した。本講演では、これらの結果について報告する。

.....

最高エネルギー宇宙線加速候補天体
銀河 AGN の多波長観測
 46c 田中 洋輔 (茨城大学 M1)

宇宙物理学において宇宙線の起源は大きな問題の 1 つである。中でも 1018eV 以上のエネルギーをもつ最高エネルギー宇宙線は、活動銀河核などの大きなスケールの天体で加速されているとされており、到来方向をある程度保有したまま地球に届くと考えられている。しかし、観測例がないため断定できていない。2008 年になって、オージェ計画の最高エネルギー宇宙線観測において、近傍の活動銀河核の位置と宇宙線の到来方向に空間的な相関の可能性があるという結果が出た。もし実際に粒子加速が起こっているならば、高エネルギー粒子の加速によって生じるガンマ線も観測されているはずである。粒子加速の証拠となるガンマ線を観測したのが、フェルミガンマ線望遠鏡であり、その観測結果である 2 年目の天体カタログがある。この 2 つの観測結果を比較し、相関のありそうな天体を選定したところ 5 天体が挙がった。だが、実際に加速されているかは不明であり、ガンマ線の観測だけでは加速の物理的条件を決定できない。活動銀河核に対して多波長観測を行うことで、宇宙線の加速メカニズムが解明できるとされているので、電波・可視光領域などにおいて多波長観測を行う必要がある。5 天体のうちすでに活動銀河と分類されている 2 天体に対して、電波・可視光領域などにおいて多波長観測を行う。野辺山 45m 電波望遠鏡での観測と VLBI 電波観測のうち、野辺山での観測結果を紹介する。

.....

SXDS を用いた $z > 3$ 活動銀河核
の空間密度と種族比の調査
 47c 廣井 和雄 (京都大学 D3)

活動銀河核 (AGN) の宇宙論的進化の解明は、銀河と銀河中心巨大ブラックホールの「共進化」を理解するための基礎となる。特に、 z が 3 をこえるような遠方宇宙における AGN の空間数密度の進化は、巨大ブラックホールの誕生起源に密接に関連するきわめて重要な問題である。ガス

や塵によって強い吸収を受けた種族 (2 型 AGN) を含めて、完全に AGN を探査するための最有力な手段は、透過力の強い X 線を用いることである。さらに、1 型/2 型 AGN の種族比の z 依存性を決定できれば、巨大ブラックホールの周辺環境の進化に対して強い制限を与えることができる。本講演では、すばる・XMM ニュートン ディープサーベイ (SXDS) の X 線データおよびその多波長追跡観測を用いた、遠方活動銀河核の探査結果について報告する。サンプルには、0.5–2 keV バンドで検出された AGN のうち、赤方偏移が 3 を超える 30 天体を用いた。いずれも、X 線光度 10^{44-45} erg s⁻¹ (2–10 keV) をもつ高光度 AGN であった。解析の結果、1 型と 2 型を含めた高光度 AGN の空間数密度は、 $z > 3$ の領域では $\sim (1+z)^{-6.2}$ の依存性で減少することがわかった。また種族比を評価したところ、近傍に比べ遠方宇宙では 2 型 AGN の割合が有意に大きくなっていることが確認された。この事実は、巨大ブラックホールを取り囲むトラスの平均的形状の宇宙論的進化を示唆する。

[1] Ueda, Y., Watson, M. G., Stewart, I. M., et al. 2008, ApJS, 179, 124
 [2] Civano, F., Brusa, M., Comastri, A., et al. 2011, ApJ, 741, 91
 [3] Hasinger, G. 2008, A&A, 490, 905

.....

赤い早期型銀河における低光度活動
中心核の起源
 48c 前林 隆之 (東北大学 D2)

低光度の活動銀河中心核 (AGN) は、AGN と母銀河の性質を同時に観測できるため、AGN と銀河の共進化を探る上で重要な天体である。しかし、代表的な低光度 AGN 種族と考えられている low-ionization nuclear emission-line region (LINER) の起源には諸説あるため、低光度 AGN と母銀河を調査するには、まずは LINER の起源を慎重に診断しなければならない。Sloan Digital Sky Survey (SDSS) の初期の成果では、LINER は画一的に AGN 起源として扱われていたが、近年はこの点が見直されつつある。その結果、「SDSS で観測された多数の LINER は AGN 起源ではなく、年老いた恒星起源である」とする説が有力視されている。従って、AGN 起源の LINER を選択する方法を考察し、その性質を再調査する必要がある。本研究では、SDSS DR7 の分光天体カタログに対し、形態によって早期型銀河サンプルを定義し、輝線強度比・輝線の等価幅・母銀河カラーを用いてその起源を調査した。また、本研究の診断結果を検証するために、ROSAT All Sky Survey カタログとのマッチングを行い、X 線が検出された銀河の輝線強度比を調査した。本講演では、その結果を報告する。

[1] Schawinski et al. 2007, MNRAS, 382, 1415
 [2] Cid Fernandes et al. 2011, MNRAS, 413, 1687
 [3] Taniguchi et al. 2000, AJ, 120, 1265

.....

SDSS クエーサーに付随する電波銀
河の探査と AGN 降着円盤風への示
唆
 49c 林 隆之 (東京大学 D2)

銀河中心に存在する超巨大ブラックホール周りでは重力ポテンシャルの解放をエネルギー源とする高エネルギー現象が観測され、この領域を活動銀河核 (AGN) と呼ぶ。降

着現象によりブラックホールが成長するとともに、AGNからの放射や質量の放出が母銀河の成長へのフィードバックを与える。これらのフィードバックの1つとして降着円盤風が近年、注目されている。ところで、キューサーの約15%は青方偏移した高速吸収線、Broad Absorption Line (BAL), を示す。BALは降着円盤風を吸収体とするため、BALキューサーについての理解を深めることは銀河の宇宙論的進化を考える上で非常に重要である。BALキューサーには、非熱的ジェットによる電波放射の光度の大きい天体・100kpcスケールの大規模ジェットを持つ天体が少ないことが知られている。非熱的ジェットも降着円盤付近で生成されると考えられているため、円盤風を持つ降着円盤の性質理解の鍵は電波観測にあると言える。しかしながら、電波銀河はキューサーから数分角離れた位置に電波源を持つことがあり、どの電波源が1つのキューサーに付随するかどうかは自明ではない。我々はde Vrie et al. 2006でとられた統計的な手法を用いてSDSS DR7の電波銀河カタログを構築し、SDSS-BALキューサーの電波性質を統計的に調べた。今回はその経過を報告する。

- [1] de Vries, W. H. et al., AJ, 131, 666D (2006)
- [2] Gregg, Michael D. et al., ApJ, 641, 210G (2006)
- [3] Becker, Robert H. et al., ApJ, 538, 72B (2000)

すばる主焦点超広視野分光器 (PFS) 計画とその現状

銀河
50c

下農 淳司 (東京大学国際高等研究所 その他)

主焦点超広視野分光器 (Prime Focus Spectrograph; PFS) は、ハワイ島マウナケア山頂にある口径 8.2m のすばる望遠鏡の主焦点に取り付けることを計画している可視光・赤外線多 天体ファイバ分光器です。同じく主焦点に取り付けられる超広視野撮像装置 (HSC) 計画で 作成された広視野補正光学系 (WFC) で得られる広い視野内に、1.3 度直径に渡り 2400 本のファイバを天体に配置します。そして、0.38 から 1.3 μ m の広い波長範囲を 3 色腕で同時にカバーする 分光器 4 台により波長分解能 R 3000 程度での同時多天体分光を実現します。8-10m クラスの大望遠鏡における将来装置計画の中でもユニークなこの計画は、2017 年に予定しているファーストライトに向け、Kavli-IPMU を筆頭とした、ブラジルの USP/LNA、米 Caltech/JPL・Princeton 大学・Johns Hopkins 大学、仏 LAM、台湾の ASIAA、国立天文台/すばるを含む国際チームにより進められており、現在は基本設計の段階にあります。本計画で予定されているサーベイ観測によるサイエンスには大きく 3 つの目的があり、赤方偏移 0.8 から 2.4 にわたる数百万個の銀河の 3 次元位置を測定しバリオン音響振動を高精度に求めることによる暗黒エネルギーの解明、さまざまな進化段階にある銀河を観測することによる銀河の進化史の解明、そして、われわれの銀河やアンドロメダ銀河の数百万個の星の動きや位置、化学組成を測定し銀河系の歴史を調べることによる冷たい暗黒物質モデルの検証です。

- [1] astro-ph/1206.0737

CMZ 付近の偏光観測から見えるもの

銀河
51c

義川 達人 (京都大学 D2)

本ポスターでは、Central Molecular Zone (CMZ) 付近

の偏光観測の結果について述べる。CMZ とは銀河系中心数百 pc の領域のことで、周囲のバルジと異なり、大量の分子ガスや若い星及び星形成活動の存在などで特徴づけられる。銀河系の中心部分は classical bulge (銀河形成時に形成された古い星が支配的な構造) だと考えられてきたが、CMZ の存在は銀河系中心がより複雑な構造を持っていることを示唆する。近年の系外銀河の観測では、中心に“若いバルジ”とも言える pseudobulge (銀河年齢にわたる secular evolution で形成され、若い星や星形成も見られる) を持つ銀河が発見されており、CMZ は pseudobulge を反映したものかもしれない。バルジの種類や特徴を研究することは、その銀河の起源や進化を知ることにもつながる。特に銀河系の場合、その距離の近さから、星を一つ一つ分解した詳細な観測を行うことができる。我々は南アフリカにある IRSF/SIRPOL を用いて、CMZ 境界部分の近赤外 (JHK_S) 偏光観測を行った。偏光観測では、星周円盤からの偏光した散乱光を検出することにより、Young Stellar Object (YSO) を探査することができる。もし銀河系中心に classical bulge と pseudobulge の二つが共存しているなら、YSO の分布に違いが生じることが期待される。現在、取得したデータの解析を終え、preliminary ではあるが、各視野に対する偏光情報が取得できた。今後、議論を深めていき、銀河中心の構造に対する新たな知見が得られると考えている。

- [1] Kormendy & Kennicutt, 2004, A&A, 42, 603
- [2] Yusef-Zadeh et al., 2009, ApJ, 702, 178

The subhalo abundance matching model for galaxy-halo connection: extension and comparisons with SDSS

銀河
52c

正木 彰伍 (名古屋大学 D3)

銀河進化を明らかにするために、二点相関関数等の観測結果を再現し、解釈付けを行うことは必須である。そのためには、銀河とダークハローを結びつけることは重要な要素となる。これまでに数々の試みが行われており、Halo Occupation Distribution (HOD) モデルや Subhalo Abundance Matchig (AM) モデルが開発されている。HOD は、計算は簡易であるが多数のフィッティングパラメータを要するため、物理的解釈を難しくするといった問題を含んでいる。一方で、AM は計算コストが高いものの、非パラメトリズモデルであり、現在注目されているモデルである。しかし AM ではハローに、ある 1 つのバンドのルミノシティを与えているだけに過ぎず、十分とは言えない。そこで我々はサブハローの年齢を導入することで AM モデルを拡張し、ハローに色等の銀河の性質を複数与える新たなモデルを開発している。本発表ではその詳細を示し、SDSS で得られた銀河の二点相関関数の色依存性や銀河周りの質量分布の種族依存性との比較を行う。

- [1] Conroy et al. (2006)
- [2] Trujillo-Gomez et al. (2012)
- [3] Wechsler et al. (2002)

矮小銀河ダークハローの非球対称性: LCDM 理論の新たな問題点

銀河
53c

林 航平 (東北大学 D1)

銀河系矮小銀河の恒星系を用いたダークハローの構造に

対する制限には、星の視線速度分布の詳細な解析に基づくのが一般的である。それは、矮小銀河はダークマターが支配的である為であり、暗黒物質の基本的な性質を知る上で理想的な天体であると言える一方、LCDM 理論から予言される様々なスケールのダークハローの構造は、中心部の密度分布がカスプ状であり、形状は球対称ではなく3軸非対称であるとされている。そこで我々は、ハローや恒星系の密度分布を球対称とした簡単なモデルのみであった先行研究に対して軸対称モデルでの解析を行い、ハローは球対称であることはほとんどなくその軸比に対して制限を与える出来た。また、中心の密度分布はコア状の方が観測を良く再現することがわかった。さらに300pc以内の質量を求めると、球対称の場合、その質量は一定であるという主張 (Strigari et al. 2008) とは異なる結果になることが明らかになった。最後に、軸比の結果を用いて LCDM 理論との比較を行った。すると実際の矮小銀河から得られたダークハローの軸比は理論予言のそれよりも系統的に小さいことが分かった。これは LCDM 理論は観測結果を再現出来ないことを示しており、ミッシング・サテライト問題やカスプ問題に並ぶ新たな問題である事を示唆している。

- [1] M. G. Walker et al. ApJ. 704 1274 (2009)
- [2] L. E. Strigari et al. Nature. 454 1096 (2008)
- [3] M. D. Schneider et al. arXiv 1111.5616 (2011)

銀河系ハローの Blue Horizontal Brach Star の回転運動
 服部 公平 (東京大学 D2)

銀河系のハローは無衝突系であるため、銀河系のハロー星の現在の運動状態は、銀河系形成初期の状態を色濃く反映していると考えられる。今回我々は、Blue Horizontal Branch (BHB) Star に着目し、Sloan Digital Sky Survey (Data Release 8) の視線速度および距離のデータを用い、これら星の平均回転速度を求めた。その結果、金属量の比較的多い星の平均回転速度はほぼゼロであるのに対し、金属量の比較的小さい星の平均回転速度は有意にディスク星と逆回転をしていることが見出された。一般に、ハローの星の運動は「ランダムな運動」として表現されることが多いが、今回の我々の結果は、特に金属量の少ないハローの運動は、完全にランダムではないことを明確に示している。本講演では、この結果から得られる銀河系形成シナリオについても、あわせて議論する。

$z=3.1$ の高密度領域におけるサブミリ波銀河の性質
 梅畑 豪紀 (東京大学 D1)

赤方偏移 1 から 5 の宇宙に存在するとされるサブミリ波銀河は、初期の宇宙においてどのように大質量銀河が形成されるに至ったのか、或いは宇宙の歴史の中でどのように星形成が進化してきたのか、といった現代天文学における根源的な謎に深く関係する天体であり、その形成過程や性質の解明は重要な課題となっている。CDM 宇宙に基づくシミュレーションによれば、大質量のダークマターハローに付随するサブミリ波銀河は高密度領域で選択的に形成されると考えられる。故に、 $z=3.09$ に原始銀河団の存在が知られている SSA22 は観測的にサブミリ波銀河の形成における環境依存性を調べる上で最適な領域の一つである。ASTE 望遠鏡に搭載された AzTEC カメラによる波長

1.1mm のサーベイによってこの領域で発見されたサブミリ波銀河 112 個について、Herschel/SPIRE を含む豊富な多波長データから $z=3.1$ に存在するサブミリ波銀河の絞り込み及びその性質の推定を行った。その結果、原始銀河団の中心付近における爆発的星形成銀河の形成上のバイアスが強く示唆された。

$z\sim 4$ の Lyman Break Galaxy のスペクトルから見る銀河の分布
 銀河 57c 山中 郷史 (東北大学 M1)

Lyman Break Galaxies(以下 LBGs) とは銀河からの光が中性水素による吸収を受け、 912\AA 付近を境に低波長側に強い吸収を示す銀河である。一般的にはこの特徴を利用して、撮像観測から高赤方偏移天体の候補を絞る際に用いられる。また LBGs のスペクトルから銀河種族などを調べることで、宇宙のある年代での銀河の分布を知ることができる。特に $z \geq 6$ における LBGs を詳しく調べることができれば、宇宙の再電離期においてどのような銀河が多かったのかを調べることができる。しかし Break が起きている波長よりも短波長側では、吸収のためスペクトルを見積もることが困難である。よって高赤方偏移の LBGs ほど、スペクトルの形状を見積もるためには長波長側の近赤外線以上における深いデータが必要となる。だが地上から観測する場合、近赤外線以上の波長は大気や OH 夜光の影響などを受けるため十分に深いデータを得ることが難しい。なので今回自分は、もう少し近い $z\sim 4$ の LBGs に焦点を置くことを考えた。SXDS 領域では $z\sim 4$ の LBGs は 15000 個ほど見つかっており、その中の CANDELS 領域の銀河に絞ることで JHK-band での深いデータを用いることができる。これにより B バンドから K バンドまで、広い波長域における測光観測からスペクトルの形状に強い制限を与え、多くの $z\sim 4$ での銀河の種族を調べることが可能であると考えている。夏の学校の発表ではここまでの内容をまとめて発表したいと考えています。

SSA22 領域 $z=3.1$ 原始銀河団における大質量銀河の形成
 銀河 58c 久保 真理子 (東北大学 D2)

SSA22 $z=3.1$ 原始銀河団のすばる望遠鏡/MOIRCS 広視野深撮像を使った解析結果を発表する。SSA22 領域は $z \sim 3$ における最も顕著な遠方銀河高密度領域の一つである。本講演では発表者の研究結果及び、同領域の近年の可視近赤外観測成果 (Yamada et al. 2012AJ, 143, 79, Uchimoto et al. 2012ApJ, 750, 116) のレビューを行う。

原始銀河団銀河候補は SED (Spectral Energy Distribution) フィッティングに基づく photometric redshift を使って選んだ。これらは一般領域の 1.6 倍の面数密度を示しており、特に Distant Red Galaxies (DRGs; $J - K_{AB} < 1.4$) では 2.1 倍、Spitzer MIPS $24\mu\text{m}$ で検出された天体では 3.4 倍の面数密度を示した。静止系紫外線-近赤外 SED から、DRGs の多くはダスティな星形成銀河と考えられるが、一部の銀河は古く静的な進化をしている銀河の色を示していた。また、 $\text{Ly}\alpha$ Blobs、AzTEC サブミリ源の幾つかには複数の星質量成分が検出された。これらは multiple merging 中の銀河群と考えられる。

- [1] Steidel et al. 1998ApJ, 492, 428
[2] Yamada et al. 2012AJ, 143, 79
[3] Uchimoto et al. 2012ApJ, 750, 116
-

球対称等温定常銀河風の加速過程に
与えるダークマターと星の質量分布
の影響

銀河
55c

五十嵐 朱夏 (筑波大学 M2)

銀河から星間ガスが流れ出す銀河風は、銀河の進化に影響を与え、銀河間空間の重元素量を左右する重要な要素である。本研究では、球対称等温定常銀河風の加速過程に与えるダークマターハロー及び星の質量分布の影響について調べた。このような流れは普遍的に遷音速流になっており、遷音速点の位置は質量分布の変化によって大きく変動することが分かった。星の質量分布は別途光学観測的にわかるので、銀河風の観測からダークマターハローの質量分布を推測することが可能である事を見出した。さらに、我々は、Sombrero 銀河ハローのホットガスの

- [1] Li Z. et al., 2011, ApJ, 730, 2, 84
-

The formation of Brightest Cluster Galaxy

銀河
59c

稲垣 貴弘 (名古屋大学 D2)

本講演では Brightest Cluster Galaxy (BCG) の形成過程について発表する。BCG とは、全宇宙の中で最大級の明るさ、質量を持ち銀河団の中心に位置する銀河である。BCG が興味深い点は、Milky Way などの通常の銀河とは、質量と大きさの関係が異なることである。この事は通常の銀河形成とは異なったプロセスで進化してきた事を意味する。また、銀河団の中心に位置するため銀河団形成とも大きく関係しているはずである。このような進化を追うには、N 体シミュレーションが有力な手法である。そこで、ダークマターのみではなく星を入れた宇宙論的 N 体シミュレーションを行い BCG の詳細な解析を行った。特に merger history、中心付近の構造に焦点を当てた。その結果、BCG は low redshift で major merger をあまり起こさずに進化してきたことがわかった。本講演の最後に銀河団形成との関連も議論したい。

- [1] Ruszkowski, M and Springel, V. 2009, ApJ, 696, 1094
-

日時	8月1日 14:45 - 15:45, 15:45 - 16:15(招待講演), 16:45 - 17:15(招待講演), 17:15 - 18:30 8月3日 9:00 - 10:00, 10:00 - 10:30(招待講演), 10:30 - 11:00(招待講演), 18:30 - 19:30
招待講師	松永 典之 氏 (東京大学木曾観測所) 「脈動変光星の銀河系研究への応用」 前原 裕之 氏 (京都大学理学研究科附属天文台) 「大規模サーベイと突発天体の観測的研究」 岡本 丈典 氏 (宇宙科学研究所) 「動画と精密磁場観測から探る太陽のナゾ」 松本 琢磨 氏 (名古屋大学) 「太陽外層、太陽風加速領域におけるアルフェン波の伝播・散逸機構について」
座長	高棹 真介 (京都大学 M2)、野口 亮 (大阪教育大学 M2)、伴場 由美 (名古屋大学 M2)
概要	<p>～若手と星と、ときどき、ポスドク ～うらら、”ホシ”が好きやざあ！！～</p> <p>私たちに最も近い恒星である太陽は、現在黒点の多い時期に入り、フレアをはじめとする多くの活動現象が見られてきています。同時に、地上望遠鏡や宇宙からの衛星による観測や数値シミュレーションなどによる理論的取り組みにより、これまで謎に包まれていた太陽内部の様子や太陽フレア発生シナリオが徐々に理解されつつあります。また恒星研究においても、観測とモデルの発展により、恒星の進化過程や降着円盤の物理現象が明らかになってきました。さらに、最近のケプラー衛星が太陽に類似した多くの恒星で、大フレアが頻繁に起きている事を発見し、世界を驚かせました。</p> <p>太陽は恒星の一つであり、両分野は互いに協力することで更に発展する可能性を秘めています。そこで、本分科会をきっかけとして、分野の垣根を越えた活発な議論を期待します。そのことが新たな視座の獲得の手助けになり、各々の研究のさらなる発展につながると思います。</p> <p>さらに招待講演では太陽・恒星分野の第一線で活躍されている若手の研究者を4名招待し、最新の研究について紹介して頂きます。この分科会が新たな知識と人脈の交流の場として大いに役立てられることを期待しています。</p> <p>注) 激変星 (新星や矮新星など) や白色矮星は太陽・恒星分科会で扱います。 注) 超新星爆発や中性子星はコンパクトオブジェクト分科会で扱います。 注) 水素燃焼が始まる前の原始星は星間現象分科会で扱います。 注) 水素燃焼しない褐色矮星は惑星系分科会で扱います。</p>

脈動変光星の銀河系研究への応用

脈動変光星は、星全体が数時間から数百日のタイムスケールで膨張収縮あるいは細かい振動を行う。その現象は星の質量や半径、内部構造などに依存するので他の星よりも詳細な情報を得ることができる。このため、恒星の研究において、観測・理論の両面で重要な役割を果たしている。ケプラー衛星の活躍によって、非常に多くの星が細かい振動をしている様子がとらえられつつあるが、本講演では振幅の大きい「古典的な」脈動変光星について考える。その中でも、セファイド変光星やミラ型変光星と呼ばれる天体は、それらがもつ周期光度関係によって距離を測定できる重要な天体である。周期光度関係を利用することで、系外銀河までの距離を測定したり、銀河系内での星の分布を調べることが可能である。本講演では、脈動変光星とその応用についてのレビューを行った後、銀河系中心領域に発見した変光星によりわかってきたこと、および今後期待される研究について議論する。

大規模サーベイと突発天体の観測的研究

新星爆発や矮新星の増光、巨大な恒星フレアなどといった突発天体は、その出現が予想できないことや、発生頻度自体が非常に低いことなどから、観測が困難である。しかし、撮像素子の大型化や計算機の性能向上に伴って、近年行なわれるようになってきた大規模なサーベイ観測によって、極めて稀にしか起こらない天体現象が発見され、それらの詳細な観測や統計的な性質の研究が可能となってきた。例えば、Catalina Real-time Transient Surveyのような、広い範囲を深い極限等級でサーベイし、かつ即時に天体の増光を検出してネットワークを通じてその情報を速報するシステムの登場や、新天体の搜索に多大な貢献をしてきたアマチュアにも CCD によるサーベイが普及したことで、これまでほとんど発見されていなかった「変な」矮新星が見つかるようになってきた。また、超高精度で、非常に多くの星を連続して観測できる Kepler 衛星によって、従来わずか 9 例しか知られていなかった太陽型星の「スーパーフレア」が多数発見され、その統計的な研究が可能となった。

本講演では突発的な増光を示す天体現象のうち、矮新星と最近話題となった太陽型星のスーパーフレアの 2 つについて取り上げ、研究の背景やサーベイ観測によって明らかになってきたこと、今後の研究の方向性などについて話す予定である。

動画と精密磁場観測から探る太陽のナゾ

2006年の太陽観測衛星「ひので」打ち上げ以降、それまでの観測機器では分解できなかった現象やその構造が次々と明らかになっている。ひのでの美しい動画に代表される、時間変化する微細構造の観測は多くの科学成果をもたらし、太陽における電磁流体现象の理解を促進させた。未知の現象の発見例としては、プロミネンスやスピキュール上を伝播する波動、プロミネンス内部に見られる泡構造、黒点内部や周囲での微細なジェットなどが挙げられる。

さらに、ひのではこのような動画の観測だけではなく、「世界最高精度の磁場測定」もウリである。大気を通して地上から時々刻々変化する構造の磁場を測定することは非常に困難で、宇宙望遠鏡だからこそ成せる業である。これにより、短寿命水平磁場の発見、螺旋磁束管浮上の発見、黒点崩壊の詳細、極域強磁場の発見、波動の光球面での性質など、特に重要な成果だけでもこの余白はそれを書くには狭すぎる。

この講演で全ての成果を紹介することはできないため、私自身が関わったプロミネンスとスピキュールの研究内容を中心に、「どのような着眼点で」「どのような解析により」「何がわかったか」「そしてさらに何をすべきか」という論文調の内容に加えて、「良いデータがあるのになぜ解析に苦労するのか」についてお話ししたい。

太陽外層、太陽風加速領域におけるアルフェン波の伝播・散逸機構について

太陽最外層にはコロナと呼ばれる100万度を超える高温希薄な大気が存在し、その上空からは太陽風と呼ばれるプラズマが吹き出し、地球近傍で秒速800kmを超える高速流を形成している。加熱・加速のおおもとのエネルギー源は太陽表面の対流運動であり、その運動エネルギーが磁場を介して上空に伝わり、熱・運動エネルギーとして上空大気に受け渡される。これらの問題は、純粋なプラズマ物理という側面だけでなく、恒星からの質量放出率を求めるという面においても重要である。

これらを踏まえて今回の講演では、磁気流体波動の一種であるアルフェン波を介したプラズマ加熱・加速の物理についてレビューする。アルフェン波は磁力線に沿って伝播する非圧縮性の横波であり、対流との相互作用などにより駆動されることで、コロナ加熱・太陽風加速に十分なエネルギーを上空に輸送できると考えられている。しかしながらアルフェン波のエネルギー散逸過程は複雑かつ多様であり、どの散逸過程が効率的に働くのかは未だに結論が出ていない。

議論が収束しない原因の一つが、重力と磁場が形成する太陽大気構造の複雑性にある。非一様大気中の波動の伝播・散逸過程は非線形効果を含むため、解析的に解くことは困難であり、数値計算によるアプローチが必要になる。これまでの研究においては、コロナ加熱と太陽風加速を別個に取り扱うことが多かったが、両問題は独立ではなく統一的に扱う必要があることが近年認識され始めてきた。本講演では、この統一的なアプローチに関しても触れる予定である。

中小質量星の恒星風による質量放出率の理論的決定に向けて

恒星
01a

寺西 恭雅 (名古屋大学 M1)
8月1日 14:45 C (小会場)

恒星風による質量放出は、あらゆる恒星に普遍的に見られる天体現象である。この質量放出現象は恒星進化を考える上で非常に重要な過程であり、銀河のガス、ダストの進化、周囲の惑星系等にも多大な影響を及ぼす。

大質量星や漸近赤色巨星など光度の大きい星では輻射圧で恒星風を駆動していると考えられており、理論、観測の両面から比較的良好に研究されている一方、中小質量星の恒星風の駆動メカニズムは、観測が困難なこともあり、大きな不定性が残っているのが現状である。表面对流層の乱流が持つエネルギーが、磁気流体的過程など何らかの方法で外層に輸送され、外層の恒星風駆動に寄与しているものと考えられているが、複雑な非線形過程が絡むためこの対流起源の恒星風については理論的に未解明な部分が多い。

本発表では、中小質量星の恒星風による質量放出について、恒星表面の物理状態に基づく第一原理的モデルを構築し、それを用いて自然に質量放出率を求めることを試みた論文 (Cranmer & Saar 2011) を紹介する。さらにこの論文の手法の改良すべき点や、今後の研究についても議論する予定である。

- [1] Cranmer & Saar 2011 ApJ 741:54 (23pp)
- [2] Suzuki 2006 ApJ 640:L75-L78
- [3] Rosner et al. 1978 ApJ 220:643-665

New Asymptotic Giant Branch Models for a range of metallicities

恒星
02a

田染 翔平 (北海道大学 M1)
8月1日 15:00 C (小会場)

I will review the paper treating new Asymptotic Giant Branch (AGB) models in order to understand how each effect in AGB-phase influences on its evolution and which situation makes carbon-rich star. A new grid of stellar model for stars on AGB between 1.0 and 6.0 M_{\odot} was calculated. This grid consists of 10 chemical mixtures with 5 metallicities between $Z = 0.0005$ and $Z = 0.04$, and with solar-like and α -element enhanced metal ratios for each metallicity. This grid constitutes the most extensive set of AGB-models, calculated with the latest physical input data and treating carbon-enhancement due to the third dredge-up most consistently. Their models not only showed good agreement with previous models but also could supplement previous post-AGB calculations.

- [1] A. Weiss and J. W. Ferguson A&A. 508 1343 (2009)

全天 X 線監視装置 MAXI/GSC を用いた星の巨大フレアの探査

恒星
03a

比嘉 将也 (中央大学 M1)
8月1日 15:15 C (小会場)

全天 X 線監視装置 MAXI (Monitor of All-sky X-ray Image) は 1 周 90 分で地球を周回する国際宇宙ステーションに搭載され、2009 年 8 月の運用開始以降、全天モニターを続けている。MAXI に搭載されている GSC (Gas Slit

Cameras: ガス比例計数管) は 2–10 keV の帯域で 1 日あたり 10–20 mCrab まで検出可能な高い感度を誇り、運用開始から 2 年間で 13 の星から計 23 個ものフレアを観測しており、2011 年秋季天文学会でその X 線の特徴について報告済みである (山崎ほか MAXI チーム)。

我々は前回報告した 2011 年 8 月 15 日以降の探査を進めた。2011 年 8 月に MAXI/GSC の自動検出システム “nova search” の感度が飛躍的に向上したおかげで、前回までの報告では 1 ヶ月に約 1 個の検出頻度だったところ、現在は 1 ヶ月に約 2 個強の検出頻度となり、2012 年 6 月 8 日現在、フレアのサンプルは前回の報告とほぼ同等の 21 例増加した。特に 1 周回のみで検出される、decay time の短いサンプルが増加した。FK Aqr (BY Dra 型星)、AU Mic (BY Dra 型星)、CC Eri (BY Dra 型星)、CF Tuc (RS CVn 型星)、V1054 Oph (α^2 CVn 型星) からは MAXI/GSC として初検出であった。

本発表では、新たなサンプルを含めた星の X 線フレアについて統計的議論を行う。

.....

都会の真ん中で可視光測光観測

恒星
04a

秋山 昌俊 (中央大学 M1)
8月1日 15:30 C (小会場)

我々は X 線波長域における解析を主として、全天 X 線監視装置 MAXI や Suzaku の観測データを扱っている。最近では、MAXI により多くの恒星 (単独星、連星など) からのフレアを多数検出している。MAXI とは地球を 90 分で 1 周する国際宇宙ステーションに搭載され、全天をリアルタイムでモニタリング観測できる装置のことである。そして、多波長同時観測によるフレアの統一的理解も進み始めている。しかし、大規模なフレアの発生を予想すること、また複数の衛星や望遠鏡を扱う同時観測を長期間行うことは難しく、成果を出すのは容易ではない。

これらのことから、MAXI と連動し、「突発的現象を起こした天体をすぐに調べる」、「注目しているフレアを起こす天体を長期観測をして調べる」ために望遠鏡を用いた可視光の測光観測を昨年度より始めた。しかし、このシステムは中央大学後楽園キャンパス屋上に設置されており、都会の真ん中で周辺がとても明るく、通常、観測には不向きと思われる。

そこで、望遠鏡を用いた可視光の測光観測によるフレアの検出が可能かどうかを調べるため、様々なフィルターを用いて単独星、連星を測光観測し、どのくらいの等級の星まで精度よく見ることができると、またどのようなターゲットを測光観測するのに適しているかについて考察を行った。本発表では、これらの成果について発表を行う。

.....

フレアトリガ領域における磁場構造とプリフレア発光の関係

恒星
05a

伴場 由美 (名古屋大学 M2)
8月1日 17:15 C (小会場)

太陽系最大の爆発現象である太陽フレアは、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および熱エネルギーとして解放される現象である。その主な磁気エネルギー解放機構は磁気リコネクションであると広く理解されているが、フレアの発生過程に関する定量的な理解は未だ不十分である。フレアの発生過程に関するモデルは幾つか提案されているが、いずれも観測的に実証されていない。本研究では、草野の提案するモデル (Kusano et al. 2012

(in prep.)) の定量的な検証を目的とし、大規模フレアを起こした複数の活動領域における磁場構造とプリフレア発光の関係について検証を行った。解析対象はひので衛星の可視光磁場望遠鏡 (SOT) が 2011 年 7 月までに観測した M5.0 クラス以上の全てのフレアイベント (2006 年 12 月 13 日/X3.4 クラス、12 月 14 日/X1.5 クラス、2011 年 2 月 13 日/M6.6 クラス、2 月 15 日/X2.2 クラス) である。SOT によって得られた光球面磁場画像上に、磁気中性線と、Ca 線での発光の輪郭を重ねて描画することにより、磁場構造とプリフレア発光の位置とタイミングの相関関係を調べた。また、Ca 線で見えたフレアリボンの形状から活動領域のシア角を、光球面磁場画像からフレアのトリガとなった小規模磁場構造 (トリガ領域) が活動領域の大局的磁場と成す方位角を、それぞれ見積もった。その結果、全てのフレアが草野の提案するモデルに一致することが分かった。発表では、これらの解析手法と結果について報告する。

恒星
06a

2011 年 8 月 9 日の巨大フレアに伴う、噴出現象とコロナ擾乱現象との関連について

福岡 隆敏 (京都大学 M1)
8 月 1 日 17:30 C (小会場)

本講演では 2011 年 8 月 9 日に活動領域 NOAA 11263 で発生した巨大な太陽面爆発現象 (フレア) に伴う噴出現象やコロナ擾乱現象について報告する。彩層ではフレアに伴い、しばしばモートン波という現象が見られる。モートン波とは約 1000km/s で弧状の構造が伝播する現象で、コロナを伝わる衝撃波が彩層と交差することで発生すると考えられている。一方、極端紫外線 (EUV) や X 線観測により、フレアに伴う波動現象や衝撃波現象 (まとめてコロナ擾乱現象) が観測されるが、モートン波が見られない場合もあり、モートン波の発生機構との関係はよく分かっていない。今回のフレアに関しては、京都大学飛騨天文台 SMART (Solar Magnetic Activity Research Telescope) 望遠鏡や Solar Dynamics Observatory 衛星の Atmospheric Imaging Assembly から得られた H α 線や EUV での太陽全面画像からコロナ擾乱現象が観測され、詳しく解析されている [1]。私は上記の衛星や、データをさらに詳しく見ることで、これらのコロナ擾乱を起こしたと思われる、フレアに伴う約 450km/s の噴出現象を発見した。これ以前にも、150km/s 前後の噴出現象が数イベント発生しているが、モートン波を伴っていない。この結果はモートン波を引き起こすには十分な速度が必要であることを示唆している。

[1] Asai et al. 2011, ApJ, 745: L18

恒星
07a

MHD シミュレーションによるポスト・フレアループの三次元構造の研究

中村 尚樹 (京都大学 M2)
8 月 1 日 17:45 C (小会場)

ポスト・フレアループはフレア時に太陽コロナで見られるループ状の構造である。このループはフレアのリコネクションモデルによるとリコネクションによりつなぎ変わった磁力線が閉じたループを成すことにより形成されると考えられている。また、このループはリコネクション平面上に垂直方向にもある程度広がっており、フレア時にはしばしば巨大なアーケード状の構造として観測される。大

きなフレア時にはたびたびこのアーケードが multi-thread 化することが観測されており (Ryutova et al. 2011) 活動領域の発展との関係も議論されているが、この構造の形成メカニズムはまだわかっていない。今回はこのポスト・フレアループの三次元構造を理解するために三次元の Magnetohydrodynamic (MHD) シミュレーションを行った。この結果リコネクションした磁力線が閉じたループを形成する際、ループ上空でフレアループの multi-thread 化が起こることがわかった。この結果は (TanDokoro & Fujimoto 2005) と同様に、リコネクションアウトフロー構造がフレアループ上空で MHD 不安定を起こすことにより形成されると考えられる。本講演ではこの結果の詳細について発表する。

[1] M. P. Ryutova et al. APJ 733 (2011)

[2] R. TanDokoro and M. Fujimoto Geophysical Research L32 (2005)

恒星
08a

太陽浮上磁場-コロナアーケード相互作用によるプラズマ放出現象の 2.5 次元シミュレーション

金子 岳史 (東京大学 M1)
8 月 1 日 18:00 C (小会場)

太陽表面ではフレアやフィラメント放出、コロナ質量放出 (CME) など様々なプラズマ放出現象が見られる。多くの観測的研究によりこれらのプラズマ放出現象には発生時刻と発生場所に相関があることが示されており、同一の磁気エネルギー解放機構によるものであると考えられている。プラズマ放出のトリガーとして有力なものに浮上磁場の出現が挙げられる。Feynman & Martin (1995)、Wang & Sheeley (1999) では、浮上磁場の出現がフィラメント放出のトリガーとなった例が報告されており、フィラメントを取り囲むコロナアーケードと浮上磁場のリコネクションが重要な役割を果たしていることも示唆されている。一方で、その詳細な物理的メカニズムは未だ明らかにされていない。講演者は、浮上磁場-コロナアーケード磁場相互作用によるプラズマ放出現象のメカニズム及びそのパラメータ依存性について、2.5 次元 MHD シミュレーションを用いて理論的考察を行った。パラメータについては浮上磁場の磁場強度及び出現位置について調べ、放出の可否を決める条件を求めた。

[1] J. Feynman and S.F. Martin J. Geophys. Res 100 3355-3367 (1995)

[2] Y.-M. Wang and N.R. Sheeley, Jr. Astrophys. J 510 L157-L160 (1999)

恒星
09b

太陽フレアの速いエネルギー解放はいかにして起きるのか?

高棹 真介 (京都大学 M2)
8 月 1 日 18:15 C (小会場)

太陽で活発に起きている爆発現象の太陽フレアは、磁気リコネクションによって起きていると考えられている。ここで磁気リコネクションとは、反平行成分をもつ磁場の間に形成された電流シート内で抵抗が存在すると、磁場の反平行成分が散逸し磁場のトポロジーが変化する現象のことである。太陽フレアのエネルギー解放率を説明するには速い磁気リコネクションを実現する必要がある。しかし電気抵抗の小さいコロナ中でどのように速いリコネクションを実現できるのだろうか? つまり、どのように速く磁気エネ

ルギーをリコネクション領域に運べるのだろうか？理論的には電流シート内で生じるプラズモイドと呼ばれる磁氣的にまとまったプラズマの塊が鍵を握っていると言われている。つまり、それらが電流シート内を動く事により局所的に強いインフローを誘導して速い磁気エネルギーの供給を実現できる、という考えである。発表者はこの根本的な問題に観測から迫った。高分解能な極端紫外線観測により、リコネクション領域でプラズモイドと思われるプロブ状の構造が多数発生していることを発見した。そしてリコネクションの速さの指標であるリコネクション率（単位時間あたりにつなぎ変わる磁束量）の時間変化を測定した。その結果、プラズモイドが磁気リコネクションを速めている可能性を初めて観測から定量的に示す事に成功した [1]。本講演では速いリコネクションの発生機構について議論する。

[1] Takasao et al. 2012, ApJ, 745, L6

磁気リコネクションにおける波の発生とコロナ加熱について

恒星
10b

佐藤 龍伍（茨城大学 M1）
8月1日 18:18 C（小会場）

太陽のコロナ加熱問題について、波動加熱説とマイクロフレア加熱説が有力とされている。波動加熱説では、光球での対流によって磁力線が振動することで発生する Alfvén 波がコロナまで伝わり加熱するものである。一方、マイクロフレア加熱説では磁気リコネクションによって起因された多数のマイクロフレアがコロナを加熱するとされている。しかし、磁気リコネクションによっても磁力線が振動し、Alfvén 波が発生するため、現在ではコロナ加熱問題について、波動加熱説とマイクロフレア加熱説を統一した考え方が提唱されている。つまり、光球 - コロナ間を貫く磁力線において、光球付近での磁気リコネクションが発生したと仮定すると、鉛直方向に延びる磁力線に沿って Alfvén 波が伝播し、コロナ加熱に寄与すると考えられる。そこで、磁気リコネクションで発生する波に注目した先行研究の Kigure et al.(2010) では、重力無での力学平衡という簡単な条件で、2.5 次元 MHD シミュレーションを行った。磁気リコネクションを起こす磁場同士に角度を持たせることで、磁気リコネクションによって発生する波の flux の角度依存性を調べた。本研究では、重力無、密度一様での力学平衡という条件で太陽大気を想定しており、磁場の配置については光球付近での磁場を仮定して計算を行った。計算結果より、発生した波の flux からコロナ加熱に十分な flux が満たせるかを議論する。

[1] Kigure et al. 2010, PASJ, 62, 993

X 線天文衛星で観測した恒星のスペクトル解析

恒星
11b

清水 佑輔（立教大学 M2）
8月1日 18:21 C（小会場）

早期型星の X 線放射機構は星自身からの星風が作る衝撃波により加熱されたプラズマからの放射、連星系の場合はお互いの星風同士の衝突により生じた高温プラズマからの放射、星自身に磁場がある場合、磁場に束縛された星風の衝突により生じた高温プラズマからの放射など、いくつか提唱されており、いまだ解決していない。日本の X 線天文衛星「すざく」は 6 個の OB 型星 (τ Sco, ζ Oph, Cygnus OB2 Nos.5,8a,9,12) を観測した。 τ Sco は 500G、 ζ Oph は

141G 程度の磁場の検出が報告されている。Cyg OB2 の 4 個の星の磁場は検出されておらず、Nos.5,8a,9 は連星系であることが分かっている。我々は、X 線放射機構を調べるために、これらの様々な特性を持つ早期型星の X 線エネルギースペクトルと強度変化を調べている。10keV 以上の X 線を含めて、エネルギースペクトルと強度変化を調べた。特に τ Sco は、紫外線の観測により約 42 日の自転周期があることが知られている。Ignace et al(2010) は、XIS のデータを用いて変動を調べたが、自転による有意な変動が見られなかったことを報告している。我々は、同じデータであるが、XIS のデータはエネルギーをより詳細に分割し、HXD による 10keV 以上のデータを含めて自転周期やそれ以外の時間スケールの強度変化を調査した。その結果、同じく自転による有意な変動は見られなかった。10keV 以上のデータを含めたエネルギースペクトルの解析結果も報告する。

Stellar Pulsations from Synchronized Elements

恒星
12b

高橋 沙綾（お茶の水女子大学 M1）
8月1日 18:24 C（小会場）

脈動変光星とは星の膨張収縮によって明るさが変わる星である。球殻の固有振動を扱う従来の脈動理論によって、これらの星について多くのことが分かってきた。しかし、長期間に渡る変光の特徴にはまだ説明しきれていないものが多くある。そこで、星を多数の振動する部分要素の集合とみなし、脈動メカニズムを部分要素の同期現象によって説明する「脈動変光星の同期モデル」を考案した。対流によって駆動される長周期脈動変光星は多数のローレンツモデルを結合させたモデルによって説明した。ローレンツモデルの相互作用によって、変光のパワースペクトルには $1/f$ ゆらぎがみられた。これは観測された光度曲線のパワースペクトルと一致している。

新星の種族に関する基礎的研究

恒星
13a

今村 和義（岡山理科大学 D3）
8月3日 9:00 C（小会場）

新星とは光度が一定であった星が突如短時間 8~15 等増光し、極大後は数十日から数百日かけて緩やかに減光していく爆発現象である。その正体は白色矮星を主星とし赤色星を伴星とする近接連星系（激変星の一種）と考えられている。天の川銀河に現れる新星の大半は銀河中心及び銀河面に沿って分布しており、それらは主として種族 I の天体である。一方で高銀緯 $|b| > 20^\circ$ に現れた新星の割合は 2010 年までで全体の約 3% しかなく、そのため種族 II と呼ばれるような新星の研究例 (e.g., T Sco; Shara & Drissen 1995) は少ない。一方で新星の光度変化の速さは種族の違い（鉄の量）にも依存すると考えられており (Kato 1999)、種族はハローや球状星団に現れる新星の性質を理解する上でも重要である。本講演では主に “Nova Populations” (Della Valle 2002) などを基にレビューを行い、高銀緯に現れた新星 (e.g., KT Eri = Nova Eri 2009; Imamura & Tanabe 2012) の性質や種族について議論する。

[1] Della Valle, M., 2003, AIP Conf.Proc., 637, 443

[2] Shara, M. M. & Drissen, L., 1995, ApJ, 448, 203

[3] Imamura, K. & Tanabe, K., 2012, PASJ, 64, in press

The Spectrum of Nova Wind with Limb-darkening and Electron Scattering

恒星
14a

小倉 和幸 (大阪教育大学 M2)
8月3日 9:15 C (小会場)

新星などのスペクトルをフィッティングするには、球対称の光球と単一温度の黒体放射を仮定されることが多い。しかし、新星風などの場合、光球が広がっているため周縁減光により見かけの光球は球対称ではないと考えられる。また、高温であるために、電子散乱の効果も考慮する必要がある。我々は、周縁減光と電子散乱の効果を考慮し、新星風のスペクトルを計算し、その結果が球対称の光球と単一温度の黒体放射を仮定した場合とは違うことを示せた。したがって、新星風のスペクトルをフィッティングするには周縁減光や、電子散乱の効果を無視できない。ただし、現時点での計算には問題があるため、実際の観測結果に合わない場合もある。それは新星風を等温的に扱っているためであり、実際より電子散乱の効果が大きく現れる結果となっている。等温的でない計算 (現状は近似的) を行なった場合は、単一温度の黒体放射とは異なるスペクトルになるものの、その差はわずかなものであり、目立った違いは現れない (つまり新星風は等温的ではないことを示している)。そのため、より詳細な計算や、X線バスターやブラックホール風など他の天体への適用が今後の課題である (より高温の天体の場合は大きな違いが見られると考えられる)。本講演では、ここまで行なった計算の紹介と今後の展望について述べる。

Flux Transport Dynamo Model

恒星
15a

における子午面還流の抑制の効果
宿谷 大志 (名古屋大学 M1)
8月3日 9:30 C (小会場)

本発表では、B. B. Karak A. R. Choudhuri 2012, Solar Phys. , 278, 137-148 の論文についてのレビューを行う。

Flux Transport Dynamo Model は現在、太陽活動周期を説明する有力なモデルである。

このモデルでは、ポロイダル磁場が対流層底部の強い差動回転で捻られることによりトロイダル磁場を生成し、トロイダル磁場が太陽表面近くで Babcock-Leighton 機構 (α 効果) [1] によりポロイダル磁場を生成する。このサイクルは、太陽表面を赤道から極側へ、対流層底部を極から赤道側へと流れる子午面還流 [2] と、磁場浮上、擾乱による拡散で繋がっている。この子午面還流は、太陽活動周期の長さを決め [1]、強さに影響を与える重要な要因である。

近年の観測により、太陽活動極大期に子午面還流が弱まることがわかった。[3] そこで、対流層底部でトロイダル磁場が強い時に子午面還流を抑えるパラメータを入れたシミュレーションを行ない、子午面還流の周期的な変動を与える Flux Transport Dynamo Model に対する影響を議論する。

[1] M. Dikpati, P. Charbonneau 1999, Astrophys. J. , 518, 508

[2] Y. M. Wang, N. R. Sheeley, Jr. , and A. G. Nash 1991, Astrophys. , 383, 431

[3] D. H. Hathaway, L. Rightmire 2010, Science, 327, 1350

「ひので」による太陽極域磁場と磁場

恒星
16a

反転の観測
田中 悠基 (京都大学 M1)
8月3日 9:45 C (小会場)

太陽の11年周期に伴う極域磁場反転は、太陽内部で磁場を増幅させるダイナモ機構、太陽の内部構造を解く鍵の1つである。ダイナモ機構では、極域磁場から次の周期の磁場が生成されるため、極域磁場の観測とダイナモ機構から太陽内部を推測することができる。近年、太陽観測衛星「ひので」により、極域を高時間・高分解能で観測することが可能となった。今回は「ひので」による極域磁場の観測として、Tsuneta et al. (2008) と Shiota et al. (2012) を紹介する。太陽ダイナモでは、ポロイダル磁場からトロイダル磁場を生み出す Ω 効果が重要な役割の1つである。これまでは、極域は一様な弱い磁場で覆われていると考えられていたが、この考えでは Ω 効果に必要な磁場を生み出すことができなかった。しかし「ひので」の観測から、太陽の極域には黒点と同じ程度の磁場強度 (1kG) で、単一の極性を持った「磁場パッチ」が点在していることが明らかになり [1]、この構造を用いることで Ω 効果を説明することが可能となった。また、近年の「ひので」による極域磁場の観測から、極域の磁場パッチで磁場反転が起きていることが観測された [2]。今回の観測では北極域のみで反転が観測されたが、これは両極域の磁場がほぼ同時に反転するという通常のケースとは異なる。本講演では、これらの太陽極域磁場の観測を紹介し、太陽ダイナモ機構と極域磁場反転との関連について議論する。

[1] Tsuneta et al. 2008, ApJ, 668, L1374

[2] Shiota et al. 2012, ApJ, in press

太陽表面における磁気ネットワークの生成過程

恒星
17a

飯島 陽久 (東京大学 M2)
8月3日 18:30 C (小会場)

我々は太陽表面对流と磁場の水平スケールの関係を定量的に明らかにするため、輻射磁気流体計算を行った。太陽表面では強い輻射冷却のためにベナールセルのような対流セルが観測される。太陽表面速度場の水平成分は、フリーエ空間におけるエネルギースペクトルで見ると2つの異なるピークを持つ。小さいスケールを粒状斑、大きいスケールを超粒状斑と呼ぶ。一方、太陽表面磁場のエネルギースペクトルはあまりよく分かっていない。明らかに視認できる構造として磁気ネットワークがある。磁気ネットワークのスケールは超粒状斑のそれとコンパラなため、超粒状斑に伴う磁場のスケールであると考えられている。しかし、超粒状斑の起源はいまだよく分かっていない。古典的にはヘリウムの部分電離に伴う潜熱の輸送が原因だという説が提唱されている。粒状斑同士の相互作用だという説もある。磁気ネットワークがまず出来て、磁場からのフィードバックとして超粒状斑が生まれるという主張もある。対流と磁場のスケールの関係を明らかにするにはフリーパラメータを出来る限り減らし、定量的に正しい結果を出すことが必須である。我々はLTEを仮定し、部分電離の効果と輻射冷却の効果を取り入れた磁気流体シミュレーションを用いて、これらの関係を定量的に明らかにすることを目指した。

[1] G. W. Simon and R. B. Leighton ApJ. 140 1120 (1964)

[2] M. P. Rast ApJ. 597 1200 (2003)

[3] A. D. Crouch et al. ApJ. 662 715 (2007)

恒星
18a

活動領域彩層・超半暗部の磁場・速度場解析

大井 瑛仁 (京都大学 D1)

8月3日 18:45 C (小会場)

太陽光球で磁束管の断面が見せる黒点には暗部・半暗部が確認できるが、その上層、彩層では半暗部を越えて磁力線が広がる様子が確認でき、超半暗部と呼ばれる。この領域では、黒点に向う内向きのプラズマ流が確認されており、逆エバーシェッド流と呼ばれる。視線速度の測定から、黒点に向かって $20 - 30 \text{ km s}^{-1}$ 、速いものは 50 km s^{-1} の超音速にも及び、非常にダイナミックな現象であることが分かっている [1]。超半暗部で常に観測されるため、ダイナミックな彩層を理解する上で重要な現象であるが、その駆動メカニズムは未だ良く分かっていない。彩層はガス圧/磁気圧比 (プラズマ β) が 1 以下となる層であるため、動的な現象を駆動する物理過程においては磁場が主要な役割を担っているはずである。よって彩層ダイナミクスを理解するには、彩層磁場の物理量を得ることが求められる。しかし、彩層では磁場が弱くなることに加え彩層のライン幅が広がるため、光球磁場測定で確立された Zeeman 効果による磁場診断が極めて困難になる。そこで本研究では、近年実用的になった He I 1083 nm 偏光スペクトルによる Hanle 効果を用いた彩層磁場診断 [2] を試み、彩層超半暗部の磁場を求めた。本講演では、Hanle 効果によって磁場を求める際に問題となる不定性の回避例や、それによって得られた単極黒点の彩層磁場構造を紹介する。

[1] Moore & Rabin 1985, ARA&A, 23, 239

[2] Asensio Ramos et al. 2008, ApJ, 683, 542

恒星
19a

リコネクションジェットと彩層蒸発ジェットの MHD シミュレーション

松井 悠起 (東京大学 D1)

8月3日 19:00 C (小会場)

太陽にはコロナと呼ばれる 100 万 K の大気が存在し、ここでは非常に活発な現象がおきている。太陽コロナ中では、X 線や極端紫外線 (EUV) でジェットと呼ばれる突発的な放出現象が観測される。ジェットの発生機構として、磁力線のつながり代わりによって起こる磁気リコネクションモデルが広く受け入れられている。太陽コロナ中で磁気リコネクションが起こると、つながり変わった磁力線の磁気張力によってジェットが加速される。また同時に磁気リコネクションにより加熱が起こるので、コロナの下部に位置する低温高密度の領域である彩層が加熱されることで起きる彩層蒸発と呼ばれる現象により、熱的な加速が起きると考えられている。私は熱伝導に加えてコロナ加熱と放射冷却の効果を取り入れることで、斜め磁場中で熱伝導による彩層蒸発ジェットを世界ではじめて再現することに成功した。この数値計算では、磁気リコネクションが起きた直後にリコネクションポイントから磁気リコネクションアウトフローが発生したことが確認された。これは磁気的な加速に対応する。磁気リコネクションが起きたあと、急激な温度勾配が生じた。その結果彩層が加熱され彩層蒸発ジェットが発生した。彩層蒸発ジェットは熱的な加速に対応する。つまり磁気的な加速と熱的な加速が同時に起きていることがわかった。これは私が以前行った EUV ジェットの分光観測結果と一致する結果である。

恒星
20a

宇宙天気現象の数値計算による考察

高橋 卓也 (京都大学 M1)

8月3日 19:15 C (小会場)

近年、人類の宇宙開発や通信網の発達に伴い、太陽活動が我々の社会に与える影響の新たな側面が注目されるようになって来た。太陽活動に伴って発生する高エネルギー粒子、あるいは大量のプラズマや磁場が地球に到達すると、オーロラのような美しい自然現象のみならず、人工衛星の故障や通信障害、大規模停電など様々な災害を引き起こす可能性がある。そのため、太陽活動の変動や、それが我々の住む地球や宇宙空間にどのような影響を与えるのかを予報する、「宇宙天気予報」の重要性は高まる一方である。宇宙天気予報の基礎研究の一つとして、今回の講演では Lugaz et al. (2011) を紹介する。本研究では、2005 年 8 月に発生した磁気嵐とその原因となった CME (コロナ質量放出) について、惑星間空間での伝搬の仕方を数値シミュレーションによって詳細に調べた。CME の軌道予報に向けた研究は、宇宙天気予報の実用化にとって重要である。この CME はコロナ中で軌道が歪曲していることが示唆されているが、そのメカニズムの詳細は分かっていなかった。本研究では、軌道が歪曲する一因としてのローレンツ力の寄与を定量的に評価した。また、太陽からの噴出現象に伴い地球周辺で観測されるプラズマ中の「開いた」磁場の発生機構に関して、コロナ中での閉じた磁力線と開いた磁力線のつなぎかえが重要な役割を担う事を示した。

[1] Lugaz et al. 2011, ApJ, Volume 738, Issue 2, article id. 127

恒星
21c

京都大学飛騨天文台 FMT で観測されたモートン波現象に付随するフィラメント噴出の統計的解析

山口 雅史 (京都大学 M2)

太陽フレアに伴い発生するコロナ衝撃波により、太陽彩層観測ではしばしばモートン波が観測される。モートン波は典型的に約 1000 km/s の速度で伝播し、狭い開き角を持った弧状の波面を示すことが知られている。モートン波は多くの場合フィラメント噴出を伴い、その噴出の方向がモートン波の伝播方向と一致する事例が多く報告されている。このためモートン波が piston-driven 機構によって発生することが示唆されている。一方で、フィラメント噴出を伴うフレアが常にモートン波を示すわけではない。これはフィラメント噴出の方向がモートン波発生 of 重要な要素であり、より水平方向に噴出された場合にモートン波が現れやすいと考えられ、数値シミュレーション結果もこの可能性を支持している。一方で、観測的にはフィラメント噴出の方向とモートン波現象の関係について明らかになっていない。そこで我々は、京都大学飛騨天文台フレア監視望遠鏡 (FMT) の H α 線データを用いて、モートン波を伴う 14 個のフレアについてそのフィラメント噴出現象の様子を統計的に調べた。H α 線の多波長データを用いたクラウドモデルを適用することで、フィラメント噴出の 3 次元速度場を求め、フィラメント噴出の方向とモートン波の関係について調査した。本講演では上記の解析の結果を報告する。

[1] Okamoto, J. T. et al., 2004, ApJ, 608, 1124

恒星
22c

Triple- α 反応率の不定性が超新星爆発直前における大質量星の元素組成に与える影響

菊池 之宏 (九州大学 D2)

太陽質量の 10 倍を超える質量を持つ大質量星は主系列星段階の後、ヘリウム燃焼や炭素燃焼などの熱核反応を経て温度や密度を上げながら進化し最終的には鉄コアを形成する。近年、Ogata et al.(2009) によって新しい triple- α 反応率が発表された。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大きい。Triple- α 反応は進化における主要な元素である ^4He 、 ^{12}C 及び ^{16}O に関わる重要な反応であり、OKK rate は恒星進化や組成分布の従来の結果を変える可能性がある。本研究では星全体の質量が $25M_{\odot}$ で中心に $8M_{\odot}$ のコアを持つ星をモデルとし、熱核反応のみのネットワークで次元水平圧平衡を仮定した恒星進化計算を行なった。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、OKK rate を用いると ^4He が triple- α 反応に使われるために ^4He を消費する反応は阻害され、ヘリウム燃焼での ^{12}C の生成量が増加し ^{16}O が減少した。ヘリウム燃焼以後は従来ならば O rich layer を形成する層が Ne rich layer となるなど星の内部構造に差異を与えることが分かった。今回の講演ではこれらの結果を定量的に議論する。

[1] K. Ogata, M. Kan and M. Kamimura, Prog. Theor. Phys. 122 (2009), 1055.

[2] H. O. U. Fynbo et al., Nature 433 (2005), 136.

恒星
23c

OSARG 型変光星の脈動モデル

高山 正輝 (東北大学 D1)

OGLE project によって銀河系バルジや LMC/SMC の赤色巨星の脈動変光星が多く見つかった。そのなかに、光度振幅が小さく不規則な変光を示す OSARG (OGLE Small Amplitude Red Giants) 型変光星が新たに発見された (Wray+2004, Soszynski+2004)。この種の変光星は RGB 星もしくは AGB 星である。本研究では、RGB OSARG の振動モードを理論的な脈動計算から比較的 low order の p-mode 振動であること明らかにした。また LMC に存在するこれらの天体が比較的質量の小さい星あることを脈動周期から明らかにすることに成功した。以上のことについて紹介する。

恒星
24c

W Ser 型食連星 V367 Cyg の測光ならびに分光観測

小木 美奈子 (岡山理科大学 M1)

V367 Cyg は β Lyr 型のサブクラスに属する W Ser 型食連星である。このタイプの天体は強い輝線が出ており、また光度曲線の形が毎回変化していることが知られている。今回、我々は V367 Cyg の測光 (B、V、Rc、Ic) ならびに分光 (R \sim 400) の同時観測を行った。その結果、 β Lyr 型の特有な光度曲線が得られ、さらにスペクトル中には強い H α 輝線が見られ、位相に応じて強度変化が見られた。

[1] Heiser, A.M. (1962), ApJ 135, 78H

[2] 北村正利, (1992), 「連星-測光連星論」, ごとう書房, pp197-201

恒星
25c

ガンマ線連星系 HESS J0632+057 の近赤外観測

佐藤 景子 (東海大学 M1)

HESS J0632+057 は X 線から TeV ガンマ線までの高エネルギー放射が検出されている、コンパクト天体と Be 星からなるガンマ線連星系である。X 線での周期変動が確認されており、非熱的放射の変動にはコンパクト天体と Be 星の disk の相互作用が大きな役割を果たすと考えられている。本研究では放射の変動での Be 星の disk の寄与を調べるため、2011 年 12 月 9 日～2012 年 2 月 20 日の期間に南アフリカに位置するサザerland 観測所の IRSF を用いて近赤外領域の観測を行った。前回は近星点直前 (2010 年 12 月 12 日～2011 年 2 月 13 日) を観測しており、光度変動がほぼゼロであった。今回は近星点付近を観測しており、X 線の光度変動が観測されているため、近赤外領域での光度変動が期待される。本講演では観測天体の解析の進捗状況を報告する。

日時	8月1日 13:30 - 14:30, 14:30 - 15:30(招待講演) 8月2日 13:30 - 14:45, 14:45 - 15:45(招待講演), 15:45 - 17:15 8月3日 11:15 - 12:30
招待講師	岡 朋治 氏 (慶応大学) 「星間現象と電波天文と銀中 (銀河系中心)」 金田 英宏 氏 (名古屋大学) 「赤外線天文衛星「あかり」が解き明かす星間固体物質の進化」
座長	榎谷 玲依 (名古屋大学 D1)、河島 久実子 (京都大学 M2)、 高橋 和也 (早稲田大学 D1)、中村 翔 (東北大学 D1)
概要	<p>—銀河も星も、全てはここに—</p> <p>第42回夏の学校では「星間現象」分科会が大きく変わります。これまで星形成の分野も扱ってきた当分科会は、今年度は「星間空間の天体現象」に焦点を絞り、より深い議論のできる分科会となりました。</p> <p>とはいえもちろん、乱流・磁場・衝撃波・高温で希薄なガス・低温で高密な分子雲・惑星状星雲・超新星爆発の残骸・ダストの物理など、星間空間は面白い物理現象であふれています。</p> <p>これらの研究は、ALMA(電波)やSKA(電波)、SPICA(赤外線)、ASTRO-H(X線)といった次世代望遠鏡による観測によって大きく進展すると言われています。また、地上観測ではすばる望遠鏡(可視・近赤外)、すでにうち上がっているHubble望遠鏡(可視)やあかり衛星(赤外線)やすざく衛星(X線)、Fermi衛星(γ線)の成果は、多波長での現象の理解を促すものであり、分野横断的な非常にスリリングな研究が繰り返されつつあります。</p> <p>一方、理論分野からも、不安定性の線形解析や局所的・大局的シミュレーションなど星間現象を記述しようとする試みが盛んになされています。これら全てを総合し駆使することで、銀河や星といった全くスケールの異なった現象を統一的に理解することが可能となるでしょう。当分科会では一般講演を通し、数多ある星間現象のトピックスについて活発な議論、異分野間の相互理解・交流を行います。また研究の最前線で活躍されている招待講師による、この分野の面白さ・最新の結果・今後の課題や問題点についての講演も見所です。</p> <p>この分科会が、皆様の星間現象への更なる興味を湧き立たせ、研究へと誘う魅力的なものになればと思います。</p> <p>注) 星形成領域、分子雲は本分科会で扱います。 注) 分子雲コア、アウトフローは星形成・惑星系分科会で扱います。 注) 超新星自身の研究はコンパクトオブジェクト分科会で扱います。</p>

星間現象と電波天文と銀中 (銀河系中心)

星間物理は文字通り「星と星」の間でおこる全ての現象を対象とする分野であり、そこに広がる希薄なガス・磁場・高エネルギー粒子が織りなす様々な物理現象をその起源・進化とともに理解しようとするものです。前世紀後半から続く星間物理学の進展は、電波天文学の発展と無縁ではありません。水素原子 21cm 線の発見に端を発する宇宙電波スペクトル線観測の進展によって、銀河系構造のみならずその中の星の形成や星間ガスの存在形態などが明確に把握されるようになってきました。特にミリ波帯に豊富に存在する分子スペクトル線の観測は、星間分子ガスの組成のみならず温度・密度などの物理状態を知る有力な手段となっています。電波観測の有用性は、まずその高い周波数分解能にあります。観測するスペクトル線の周波数シフトからガスの視線速度を精密に測定する事ができ、これによって生まれつつある星や銀河中心核周辺にあるガスの運動が描き出されています。また開口合成法により、極めて高い角度分解能を得ることも可能で、いよいよ本格運用の始まる ALMA によってミリ波サブミリ波帯天文学の飛躍的発展が期待されています。

さて、誰もが思いつくような退屈な前置きはそのくらいにして、そろそろ本題に入りましょうか。実は正直に告白しますと、私はここ 10 年ほど深い悩みを抱えています。私たちが住むこの銀河系の中心領域 (業界では「銀中」と呼ばれる) に、妙なモノが沢山見えるのです。ええ、ここはどの波長で観測しても妙なモノが沢山見えます。VLA による電波連続波のイメージはその最たるモノで、その景色はもう何がなんだか訳が分かりません。分子ガスが集中しているため、気取って「銀河系中心分子層 (Central Molecular Zone)」とか呼んだりもしますが、そんな名前なんてどうでもいいんです。銀河系中心核 Sgr A* が数百年前は明るかったとか、来年 7 月に大爆発するとか言う話もありますが、私の悩みはもっと深いのです。私たちが見出した妙なモノは、分子スペクトル線観測で発見した空間的にコンパクトかつ速度幅が異常に広い一群の分子雲で、仕方なく「高速度コンパクト雲」と呼んでいます。困ったことに、ほとんど他波長の対応天体が見られません。これらは一体何なのでしょう？ 相談に乗って頂ければ幸いです。

赤外線天文衛星「あかり」が解き明かす星間固体物質の進化

宇宙から来る赤外線の多くは、宇宙空間に漂う固体微粒子 (ダスト) からの熱放射によるものである。つまり、赤外線は、気相ではなく固相の星間物質を見ている。若い星が活発に生まれている場所や銀河では、強い紫外線によってダストが高温に温められるため、赤外線でもとても明るく光る。これまでは、そのような赤外線で明るい領域が選択的に研究されてきたため、ほとんどの場合、ダストの赤外線放射は、単に星形成活動の指標、あるいは雲に隠された若い星を見つけるための手段として利用されるに過ぎなかった。つまり、星間ダストの赤外線強度や温度は議論されるが、その物理・化学特性が環境でどう変化するかを詳細に研究されることはほとんどなかった。我々が 2006 年に打ち上げた赤外線天文衛星「あかり」で感度が向上し、全天を観測したため、超新星残骸、銀河ハロー、銀河核近傍、星間ショック領域などのさまざまな環境でのダストの振る舞いが明らかになった。

星間空間に漂う固体微粒子は大きく分けて 2 種類、シリケート系とカーボン系のものから成る。これらが進化して、前者は固体惑星の形成、前者は生命の誕生へとつながる。とりわけ「あかり」は、カーボン質ダストの赤外線特性を調べることを得意としており、全天で有機物質がどのように分布しているか、それらが様々な星間現象を経験してどう進化していくのかを解き明かした。最終目標は、「宇宙最初のダストから現在の惑星形成まで、固体物質進化の全ストーリーを解き明かす」ことである。残念ながら、現在の宇宙望遠鏡の感度をもってしても、遠方銀河のダストの「組成」を調べることは困難であり、また空間分解能が足りないため、惑星形成に至るまでの「物質進化」を調べることも困難である。そこで、我々が計画を進めている SPICA 衛星が登場する。本講演では、「あかり」の全天観測やスペクトル観測で得られた最新の成果を紹介するとともに、それらが SPICA へどう繋がるのかを解説する。

VERA による星形成領域

星間
01a

NGC2264 の観測

亀崎 達矢 (鹿児島大学 D1)

8月1日 13:30 A (大会場)

NGC2264 は、Mon OB1 巨大分子雲複合体の東に位置して、多くの若い星の集団が属している。この領域では CO や CS などの多くの輝線が検出され、初期の星の進化、星形成の研究を目的として観測が行われてきた。これらの研究の中で、CO のアウトフローに関係する NGC2264C という領域の存在が明らかにされた。Peretto et al. (2006, 2007) によって、NGC2264C には合計で 13 個のコンパクトな高密度コアがいることがわかった。この領域には水メーザーが付随している所以我々は VLBI Exploration of Radio Astrometry (VERA) を用いて中小質量星形成領域 NGC2264-C の年周視差を計測した。2009 年 9 月から 2010 年 12 月まで約 1 ヶ月おきに計 13 回のモニター観測を行い、年周視差の計測に成功した。得られた年周視差は 1.365 ± 0.098 mas であり、距離に換算すると 738^{+57}_{-50} pc に相当する。VLBI によるマッピングの結果、検出された 2 つの水メーザー源はミリ波連続波源 CMM4 の南にいる小さな雲の中にある X 線天体と cm 連続波源 VLA3 に付随していることもわかった。cm 連続波源 VLA3 に付随しているメーザーの特異運動は高速で 150km s^{-1} 程度の速度を持っていることがわかった。一方で CMM4 の南にいる小さな雲の減光量はダスト連続波と X 線の情報から $A_V = 90 - 350$ mag とかなり大きく、可視光や赤外線では見えないことや、 $\log M - \log L_{bol}$ 図から Class0 天体であることが推測される。

[1] Peretto, Andre and Belloche AAP 445 979 (2006)

[2] Peretto, Hennebelle and Andre AAP 464 983 (2007)

NH₃ 分子輝線を用いた馬頭星雲の観測

星間
02a

大橋 聡史 (東京大学 M1)

8月1日 13:45 A (大会場)

オリオン座にある馬頭星雲を含む Ori B は現在も活発な星形成領域である。なかでも馬頭星雲は近傍にある O 型星からの放射で電離をされている領域 IC434 と接しているため、大きな影響を及ぼされていると考えられる。そこで今回、NH₃ 分子輝線を用いて広域マッピングをし、運動温度と分子雲コアの質量を求め、IC434 の影響を考察した。

[1] Ikeda, N. and Kitamura, Y. and Sunada, K. apj, 691, 1560 (2009)

[2] Johnstone, D. and Matthews, H. and Mitchell, G. F. apj, 639, 259 (2006)

NANTEN2 の広域観測による銀河系中心分子層の詳細解析

星間
03a

榎谷 玲依 (名古屋大学 D1)

8月1日 14:00 A (大会場)

銀河系中心部数百 pc のガスが密集する領域は、CMZ (銀河系中心分子層) とよばれ (Morris et al. 1996)、約 1mG にも及ぶといわれる強磁場 (Morris et al. 1990) や高温、高密度といった特有の物理状態が達成される非常に複雑な領域である。そのため、現在ではほぼ全ての波長の観測を通して盛んに研究が行なわれている。NANTEN2 は、チリ・アタカマ砂漠に設置された口径 4m の電波望遠

鏡である。我々は、2010 年から 11 年にかけて、CMZ の分子雲についていくつかの CO 回転遷移輝線を用い、過去に類のない広域・高分解観測を実施し、以下に示す新たな知見を得た。

1. CMZ は銀河系中心部の主に銀緯 ± 0.5 度の主成分、銀緯方向に長くのびたフィラメント雲、銀緯 1 度付近にまで広がる薄いハロー成分から成る。
2. フィラメント雲は赤外線の対応天体を持つことが多く、過去の何らかの力学的もしくは磁気的な銀緯方向の運動があったことを示唆する。
3. ハロー成分は比較的高銀緯に位置するため、これまで観測されていなかったが、CMZ 全体の質量のうち約 10% を占めるため重要である。

本講演ではこれまで知られていなかった CMZ のもつ新たな性質に迫る。

「すざく」を用いた銀河系中心領域における超巨大質量ブラックホールの強度変動の探査

星間
04a

清水 美来 (奈良女子大学 M1)

8月1日 14:15 A (大会場)

「あすか」による観測で、銀河系中心からの拡散 X 線に中性鉄原子の特性 X 線 (6.4keV 輝線) が発見され [1]、その後も様々な X 線天文衛星による観測で 6.4keV 輝線を放出する領域が見つかってきた。6.4keV 輝線の放射領域は巨大分子雲の位置に対応しており、さらに、6.4keV 輝線の強度が時間変動していることも確認されている [2]。分子雲中の鉄原子が特性 X 線を放射するためには、外部からの X 線により鉄原子が電離される必要がある。すなわち、6.4keV 輝線の強度変動は X 線の照射源の強度変動を意味する。この照射源の最有力候補は銀河系中心にある超巨大質量ブラックホール SgrA* である。しかし、現在の SgrA* からの放射エネルギーは分子雲を輝かせるために必要な光度に満たないため、SgrA* は過去に活動的な時期があったが、現在は静的な状態にあるというシナリオが考えられている。本研究では「すざく」による 2005 年から 2007 年の SgrA* 近傍領域での観測データを用いて 6.4keV 輝線の強度変動の検証を行なった。画像解析とスペクトル解析の結果、6.4keV 輝線の強度が時間経過とともに増加している領域と減少している領域があることを確認した。発表ではこれまでの解析結果について報告し、「XMM-Newton」を用いた同領域の研究結果 [3] との比較についても述べる。

[1] K.Koyama PASJ. 48. 249 (1996)

[2] K.Koyama PASJ. 60. S201 (2008)

[3] G.Ponti The Astrophysical Journal. 714. 732 (2010)

N₂H⁺ J=1-0 輝線で探る銀河系中心分子雲の重力束縛度

星間
05c

西川 綾乃 (慶應義塾大学 M2)

銀河系中心の半径 200 pc の領域 (Central Molecular Zone; CMZ) には、高温かつ高密度な分子雲が集中している。同領域には過去の活発な星形成活動を窺わせる証拠が散見される一方で、そこにある分子雲は重力束縛からかけ離れた状態にあることが知られている。一般に、星団は重力束縛された高密度コアから形成されることを考えると、

これらの観測事実は一見矛盾している。我々は、同領域において重力束縛された高密度コアを探索しその分布を調べる目的で、2011年より野辺山宇宙電波観測所 45m 電波望遠鏡+BEARS 受信機を使用した、 N_2H^+ $J=1-0$ 輝線による OTF マッピング観測を進めている。これまでの観測結果より、 $3^\circ \times 0.5^\circ$ の広範囲に渡る均質な Nyquist サンプリングイメージを得た。CLUMPFIND アルゴリズムを用いて同定したクランプの大部分は、重力束縛状態にない事が分かった。また CMZ 中の 120 pc リングを構成する 2 つの高密度分子腕 (Arm I, II) 構造のうち、Arm I に重力束縛度の高いクランプが多く含まれる事を見出した。一部の重力束縛度の高いクランプは速度幅も狭く、 $V_{LSR} = 20 \text{ km s}^{-1}$ 付近に集中することから、銀河系円盤部にある高密度コアと考えられる。それ以外の重力束縛度のやや高いクランプは Sgr B 分子雲複合体に集中する。一方で、 $l = 1.3^\circ$ 領域のクランプは全て重力束縛度が非常に低い。これらの結果は、CMZ を構成する各分子雲で、星形成活動のフェーズが異なっていることを示唆するものである。

- [1] T. Oka et al. ApJ, Vol. 493 (1998)
- [2] T. Oka et al. ApJ, Vol. 562 (2001)
- [3] K. Tanaka et al. ApJ, Vol. 706 (2009)

星間
06c

X-ray Light Curve of the Sagittarius A* Active History by Three Dimensional View of X-ray Reflection Nebulae

劉 周強 (京都大学 D3)

近年の X 線観測 (Suzaku, Chandra, XMM-Newton) より、銀河系中心付近の分子雲 (射手座 B、射手座 A) から中性鉄 (6.4 keV) 輝線が数年の間で変動することが見つかった。これらの事実は鉄輝線の X 線起源 (=X 線反射星雲) 説をほぼ決定付けた。残っている謎は照射源の正体である。分子雲の周囲に十分に明るい X 線光源が存在しないことから、照射源が超巨大ブラックホール (射手座 A*) が過去に放った X 線フレアであるという魅力的なシナリオが提唱されているが、その真偽は定かではない。より直接的な証拠が必要である。

先行研究に Suzaku の射手座 B の観測データを用いて、我々は銀河中心のプラズマ放射が受ける吸収に着眼して分子雲の三次元位置を求める手法 (=X 線トモグラフィ) を考案した。本研究は、電離鉄 (6.7 keV) 輝線からプラズマの空間分布を精密化させることでトモグラフィ法を完成させ、射手座 B と銀河中心反対側にある射手座 C 領域の X 線反射星雲の三次元位置を測定した。合計 7 個の X 線反射星雲の三次元位置と距離から照射源の場所と必要光度値を初めて正確に評価した。これらの結果より射手座 A* の爆発説を検証する。さらに、異なる分子雲の視線方向の位置 (=フレアの到達時間) を考慮して射手座 A* の活動歴史を調査する。本講演では詳しい解析経過と結果を報告する。

- [1] Ryu, S. G., et al., PASJ, 61, 751 (2009)

星間
07c

銀河系中心の近赤外線観測による星分布と X 線分布の比較

安井 一樹 (京都大学 M2)

銀河系にはガスが多く活発に星形成する薄く広がったディスクや、ほとんどガスがなく古い星ばかりの楕円体の

バルジという従来知られていた成分に加え、中心に Nuclear Bulge という別の成分があることがわかってきた。この Nuclear Bulge は中心に輝度が集中し、銀経方向は半径約 1.5° に広がった成分で、若い星も存在しているが、Nuclear Bulge の過去の観測の分解能は約 0.7° と悪く、星そのものの数分布は得られていない。また、銀河系中心には広がって観測される X 線放射の問題があり、その起源には、真に広がったプラズマと、暗くて分解できない多数の X 線星 (主に激変星) という二つの説がある。この X 線分布を近赤外線で見られる星分布と比較すると、X 線の起源を探ることができると考えられる。本研究では、南アフリカにある 1.4m 望遠鏡 IRSF と SIRIUS を用いて、銀河系中心 $5^\circ \times 2^\circ$ の領域を $1.2''$ という高分解能で近赤外線 J・H・Ks の 3 バンドの同時測光観測をしたデータを用いた。このデータから星間減光を補正し、銀河系中心での“星そのもの”の分布を 1 平方分角あたりの星の個数密度として求めた。その結果、銀河系中心に星が集中して存在し、銀経方向 3° 、銀緯方向 1° に広がった平たい楕円形の分布が得られた。その星分布と X 線分布を銀経 $l = 2^\circ$ 付近を基準にして比べると $|l| < 1^\circ$ では X 線分布に超過があるように見え、銀河系中心に真に広がったプラズマが存在して X 線を放射しているのではないかと考えられる。

- [1] Uchiyama, H., et al. 2011, PASJ, 63, S903
- [2] Launhardt, R., et al. 2002, A&A, 384, 112
- [3] Nishiyama, S., et. al. 2006, ApJ, 638, 839

星間
08a

(参加キャンセル)
8月2日 13:30 B (中会場)

星間
09a

NANTEN Super CO survey : CMB 観測衛星「Planck」のデータとの比較

梶 良平 (名古屋大学 M2)
8月2日 13:30 B (中会場)

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。2009 年に欧州宇宙機関によって打ち上げられた Planck 衛星が行っていたミリ波・サブミリ波帯での CMB の高感度全天観測が今年 1 月に完了したが、CO 輝線が無視できないレベルで含まれている。B モード偏光を検出するためには、前景成分に含まれる CO の強度を正しく見積もり、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となる。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、前景成分の確度のよい定量・分離が B モード偏光をとらえる上で非常に重要である。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的の 1 つとして、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 2011 年より行っており、最終的に観測地から観測可能な全天の 70 % をカバーする予定である。本講演では、NASCO によってこれまでに得られた、主に高銀緯にある天体の観測データを用いて、Planck 衛星のデータとの比較を行うことで得られた結果について議論する。

HCO⁺ J=1-0, CO J=3-2 輝線による超新星残骸 W44 の膨張運動の解析

星間
10a

指田 朝郎 (慶應義塾大学 M2)
8月2日 13:45 B (中会場)

W44 は約 3×10^5 太陽質量の巨大分子雲が付随する II 型超新星爆発の残骸である。超新星爆発が引き起こす衝撃波は、星間ガスを加熱・圧縮し化学組成を大きく変化させると共に、星間ガスに膨大な運動エネルギーを与えたと考えられている。実際 W44 に付随する分子雲内では、CO や HCO⁺ 輝線の高速度 wing 成分、OH 1720 MHz メーザ輝線等の C-type 衝撃波の証拠が数多く見出され、衝撃波が分子雲に大きな影響を与える事が窺える。我々は、超新星残骸と分子雲の相互作用系として W44 に着目し、ミリ波帯で同天体の分子スペクトル線観測を行ってきた。それらの結果の中で、HCO⁺ J=1-0 輝線の「拡散」高速度 wing 成分の発見は特に重要で、衝撃波面の空間構造とその運動を詳細に把握できる可能性が開かれた。また、我々は 2011 年 6 月から ASTE 望遠鏡を用いた CO J=3-2 輝線マッピング観測を行い、W44 に付随する分子雲のほぼ全域をカバーする広域イメージを得た。CO J=3-2 輝線では、「拡散」高速度 wing 成分と同じ方向に、やや速度幅の広い拡散成分 (SEMBE) が検出され、これも緩く膨張運動をしている事が見出された。これらの膨張速度は、それぞれ 15.7 km s^{-1} と 5.9 km s^{-1} である。これらの膨張速度と分子雲質量から、W44 によって分子雲に与えられたエネルギーは $2.4 \times 10^{49} \text{ erg}$ と評価される。加えて、W44 分子雲中の 1 点において極めて速度幅の広い wing 成分を検出した。現在の所、この興味深い超高速 wing 成分の起源は全く不明である。

IRSF 近赤外線狭帯域フィルターによる超新星残骸 IC443 の研究

星間
11a

國生 拓摩 (名古屋大学 M1)
8月2日 14:00 B (中会場)

名古屋大学が南アフリカ天文台に所有する、近赤外線望遠鏡 IRSF の観測データを用いた研究について紹介する。この望遠鏡は近赤外線の 3 つ波長帯 (1.2, 1.6, 2.1 μm) の同時撮像が可能であり、偏光の観測も行っている。

今回の講演では、この望遠鏡に狭帯域フィルターを搭載し、超新星残骸 IC443 を観測した結果について発表する。フィルターの透過波長帯は、1 階電離した鉄が出す微細構造線 ([FeII]) や水素分子の振動回転遷移、水素原子の再結合線 (Pa β , Br γ) の波長に合わせてある。本研究では 2 つのフィルター ([FeII]1.256 μm , [FeII]1.644 μm) を用いた。この天体は、これまでの分光観測で、北東領域で [FeII] 輝線が強く放射されていることが分かっている。IRSF の観測結果から、[FeII] 輝線がこれまで知られていた一部の領域だけでなく、IC443 の全体に渡ってフィラメント状に広く分布していることが明らかになった。観測した 2 つの [FeII] 輝線は同じ電子準位からの自然放射で出するため、アインシュタイン A 係数から決まる強度比に固定される。つまり観測された強度比から減光量を求めることができ、[FeII] 輝線の強度を正確に求めた。得られた [FeII] マップと減光マップを他の観測結果と比較し、考察した結果について発表する。

PoGOLite 気球実験による”かに星雲”の硬 X 線帯域での偏光観測の初期成果報告

星間
12a

河野 貴文 (広島大学 M1)
8月2日 14:15 B (中会場)

最高エネルギーが 10^{20} eV にも及ぶ宇宙線は、宇宙の中では光子や磁場と並んで支配的な成分である。宇宙線は約 100 年前に発見されたが、その詳細な加速現場と加速機構は今日でも未解明であり、宇宙物理学において解決すべき最も重要な問題の 1 つである。宇宙線の起源候補の 1 つにパルサーがあり、パルサー星雲の 1 つに”かに星雲”がある。この天体はパルサー星雲で最も明るく、光度が変動する事が知られおり、粒子加速が起こっている証拠も確認されている。この天体における粒子の加速現場を特定する為には、磁場の測定が有力な観測手段となる。しかし、磁場情報を持つ偏光を X 線・ガンマ線帯域で観測する事は技術的に難しく、殆ど行われていない。また、数例ある偏光観測結果には依然として不定性が大きく磁場などを制限する精度ではない。だが、近年の技術進歩に伴い、偏光観測を精度よく行えるようになってきた。そこで、我々の PoGOLite (Polarized Gamma-ray Observer -Light version) 計画では、日米欧で協力し、”かに星雲”について、25-80keV の硬 X 線帯域で偏光に起因したコンプトン散乱の異方性を検出することにより、世界に先駆けて数%の高精度で偏光を測定することで詳細な磁場構造の解明し、粒子加速現場の特定を目指している。この実験では、放球は本年 7 月にスウェーデンのキルナで行い、2 週間のフライトを予定している。本講演ではその初期成果について報告する。

[1] Tuneyoshi Kamae et al., Astroparticle Physics 30 (2008) 72-84

メーザー源 -IRAS 18553+0414- の位相補償解析について

星間
13c

宮崎 竜乃介 (鹿児島大学 M1)

VERA 望遠鏡を用いて行われた VLBI 観測で観測されたメーザー源 -IRAS18553+0414- の研究成果を発表します。対象天体は大質量星形成領域であり、水メーザー源です。VLBI 観測によって細かく領域を見ることにより、水メーザーのスポットを探しています。地球が公転する動きでメーザースポットが移動する年周視差を利用し、天体の固有運動や距離を求め、そこから天体のさらに踏み込んだ情報を調べることが研究の目標です。

星形成領域 ON2N の内部構造及び内部運動

星間
14c

藤原 弘 (鹿児島大学 M2)

2006 年から 2008 年の間に VERA 電波望遠鏡を用いて星形成領域である Onsala 2 North(ON2N) の観測が行われた。この観測により、銀河定数である $R_0 \cdot \Theta_0$ をより正確に求めることができた。しかし、この値は IAU が推奨する値と異なり、近年、IAU が推奨する値と異なる研究結果が多数報告されている。このような ON2N に関して分析し、内部構造及び内部運動を理解することが私の研究である。

[1] Ando et al. 2011, PASJ, 63, 45

星間
15c

SFD 銀河系ダスト減光地図に含まれる銀河の遠赤外放射
柏木 俊哉 (東京大学 D1)

あらゆる銀河系外観測は、我々の銀河系前景成分を通してなされる。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 and Davis (1998:SFD) によるもので、これは COBE と IRAS の全天赤外観測から推定されたダストの赤外「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」に変換する際には様々な仮定が置かれているため、SFD マップ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 銀河の個数面密度を用いて SFD マップの検証を行い、特に減光量の小さい領域 ($E(B-V) < 0.04$) で SFD マップに系統誤差が含まれていることを示した。この系統誤差は、SFD マップが用いたダストの赤外放射量に、SDSS 銀河自身の赤外放射が含まれているために生じたものと結論されている。我々は SDSS 銀河を中心に SFD マップをスタックすることで、個々の銀河では微弱な遠赤外放射を直接検出できることを見出した。本発表ではその解析結果を報告する。

- [1] K. Yahata et al. 2007, PASJ, 59, 205
- [2] D. Schlegel, D. Finkbeiner and M. Davis 1998, AJ, 500, 525

星間
16a

プラズマ中のダスト音波
加藤 広樹 (大阪大学 M1)
8月2日 15:45 B (中会場)

本講演は Rao, Shukla and Yu, Planet, Space Sci., 38, 543, 1990 のレビューです。小惑星帯や惑星のリング等の研究において、ダストを含むようなプラズマを考える事は重要です。サブマイクロメートル (μm 以下) 程の大きさの、負に帯電したダストを含む電子イオンプラズマを考えます。ダストは流体として扱くと、ダストの連続の式と運動方程式、ポアソン方程式が与えられます。イオンと電子がボルツマン分布であることを仮定します。それらより、線形で長波長の波として以下のような分散関係が得られます。
$$\omega \sim \beta C_s k$$
この式は位相速度が βC_s である波を表しています。一方で、有限振幅の波を考えると、一般化したブシネスク方程式が得られ、これを解くと孤立波を表す二つの解が得られます。一つはポテンシャルがこぶのように盛り上がった、電子イオンプラズマ中を伝わる波にも見られる形の孤立波ですが、もう一つはポテンシャルがくぼんだ形で伝わるというものであり、これはダスト粒子中を伝わる孤立波で特有のものです。以上のように、ダストプラズマ中でダスト音波が線形でも非線形でも伝わる事がわかります。

- [1] Rao, Shukla and Yu, Planet, Space Sci., 38, 543, 1990

星間
17a

磁気乱流の統計的アプローチに向けて
堤 昭裕 (名古屋大学 M2)
8月2日 16:00 B (中会場)

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の場合、その多くはレイノルズ数が大きい値を取る。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。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。このことは乱流の数学的扱いを非常に困難なものにしている。一様等方性乱流などの理想極限であれば、そのエネルギースペクトル Kolmogorov (1941) によって導かれている。しかし、一般的な乱流についての理解はまだ十分に得られてない。例えば磁気乱流の様な乱流 (MHD 乱流) であれば一様等方性の仮定は破られる。この様な乱流に対しては Kolmogorov の考え方とは違うアプローチをしなければならない。本発表では乱流のエネルギースペクトルを求める際にしばしば使われる数学的方法を紹介する。またその様な数学的方法を用いて MHD 乱流のエネルギースペクトルを求める試みとして、Goldreich & Sridhar (1995) の論文をレビューする。

- [1] Goldreich, P., & Sridhar, S. 1995, ApJ, 438, 763

星間
18a

流体方程式の数値計算について
井尾 勇貴 (名古屋大学 M2)
8月2日 16:15 B (中会場)

天文物理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物理学を理解する上で重要である。しかし、乱流を記述する方程式である Navier-Stokes 方程式の非線形性により数学的に取り扱うことが難しく、乱流現象を理解するためには数値計算を行う必要がある。実際の数値計算においては衝撃波が立つ場合に備えて粘性項を導入する必要があるが、分子運動論的に決まる粘性係数では空間刻み幅が十分小さくないと衝撃波を模擬することができず数値計算が破綻してしまう。逆に粘性係数を物理的に決まる値より大きくすればこの問題は解決されるが、多大な粘性項が解の滑らかな部分にも効き解くべき問題から逸脱してしまう。物理的にいかにして必要最低限の粘性を考慮するかが主な課題である。必要かつ最小限の粘性が自動的に入るように流体を有限体積の要素に分割し、その境界での Riemann 問題を解いた Godunov の方法を紹介する。さらに、Godunov の方法は空間的に 1 次精度であったが、空間 2 次精度となるように van Leer による方法を紹介する。

- [1] B. van Leer, J. Computat. Phys. 32, 101 (1979)

星間
19a

The Study of Cloud-Cloud Collision (CCC) using Enzo code
高平 謙 (北海道大学 M1)
8月2日 16:30 B (中会場)

分子雲衝突は星形成や大質量星の形成の有力なメカニズムとして考えられている。これまでにシミュレーションも行われている (Gilden(84), Lattanzio(85), Habe&Ohta (92))。また最近、非対称な分子雲の衝突結果とよく対応する特徴を持つ分子雲が多く観測されている (NANTEN team in preparation)。しかし、分子雲衝突による星形成の詳細や大質量星の形成との関連など詳細はよくわかっていない。今回はこれまでの CCC の研究に触れた後、Enzo code を用いた我々の 3 次元の高解像度シミュレーションの結果を紹介する。

[1] Habe A., Ohta K., 1992,PASJ,44,203

[2] Anathpindika S. V., 2010,Mon. Not. R. Astron. Soc, 405

.....

螺旋磁場モデルから得られる銀河系の Rotation Measure 分布

星間
20a

小澤 武揚 (明星大学 M2)

8月2日 16:45 B (中会場)

近年になり宇宙磁場への理解は急速に進みつつある。一般的な渦巻銀河においてはその腕に沿うような大域的磁場構造が存在することがわかっている。一方、我々の銀河系においては内部から観測するということの難しさからその構造は明らかにされていない。銀河系の大域的磁場構造に関しては ASS,BSS, Ring model などが提唱されているが甲論乙駁としているのが現状である。本研究では銀河系に対数螺旋磁場が存在するモデルを立て、そこから得られるファラデー回転量の分布と実測値との比較から銀河系に存在する大域的磁場の構造について考察した。

.....

「なんてん」による 12CO(J=1-0)

星間
21b

銀河面サーベイ

中島 大智 (名古屋大学 M1)

8月2日 17:00 B (中会場)

CO による星間分子雲の研究は星間物質と星形成の研究において非常に有用であり、過去 40 年余にわたり様々なグループにより CO のサーベイ観測が行われてきた。しかし、これまで、観測領域の広さと高い分解能を両立させるようなサーベイは行われてこなかった。名古屋大学の「なんてん」チームではチリのラスカンパナス天文台に設置した 4m 電波望遠鏡「なんてん」を用いて 1997 年 - 2003 年にわたって銀河円盤 ($|b| < 10^\circ$) の CO によるサーベイ観測を実施し、110 万点を超える 12CO(J=1-0) のスペクトルデータを取得した。CfA1.2m 鏡によるサーベイ (Dame et al. 2001) の 2 倍の角度分解能は、個々の星形成領域や超新星残骸 (SNR) を分解可能に、また広い観測範囲は、Fermi, Herschel, Planck などの衛星によるサーベイ観測との比較を可能にしている。「なんてん」サーベイのデータから、パーカー不安定性による銀河面の磁気浮上ループの発見 (Fukui et al. 2006 他)、巨大分子雲同士の衝突による超巨大星団の形成の発見 (Ohama et al. 2010 他)、SNR に付随する TeV ガンマ線の陽子起源を確認 (例えば Aharonian+ 2008, Fukui et al. 2012) など、重要な成果がもたらされている。今年中の公開を目指してデータの整備を進めている。

.....

局所 3 次元計算による非熱的粒子が円盤ダイナモに及ぼす影響

星間
22b

工藤 祐己 (千葉大学 M2)

8月2日 17:03 B (中会場)

銀河における磁場の増幅・維持 (円盤ダイナモ) について、従来は電離ガスの運動を仮定してそれに伴う磁場の時間発展を計算する運動学的なダイナモ計算が行われてきた。しかし、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、円盤内で増幅された磁束が流出することで円盤内部で平均磁場が準周期的に反転することを大域的 3 次元磁気流体シミュレーションによって示した [1]。また、Shi et al. (2010) は、降着円盤の一部を切り取ったシアリングボックス近似を用いて局所計算を行い、方位角方向磁場の準周期的な反転が起こることを示した [2]。しかし、銀河円盤では非熱的粒子 (宇宙線) のエネルギー密度を無視できず、また Kuwabara et al. (2006) は宇宙線によってパーカー不安定性の成長を高めることを示した [3]。今回は非熱的粒子が磁気回転不安定性とパーカー不安定性との相乗作用に及ぼす影響について、シアリングボックス近似を用いた局所 3 次元計算の結果を報告する。

[1] Nishikori H., Machida M., and Matsumoto R. 2006 ApJ, 641,862

[2] Shi, J., Krolik, J.H. and Hirose S. 2010, ApJ, 708, 1716

[3] Kuwabara T, Nakamura K, and Ko C.M. 2004, ApJ, 607:828

.....

銀河中心非熱フィラメント構造に関する磁気流体計算

星間
23c

玉澤 春史 (京都大学 D1)

銀河中心から 30pc 程度の位置に電波アークと呼ばれる銀河面に垂直に、50pc 程度の長さをもつ細長い構造がある。また、付近には同様にスレッドとよばれる縦に走る構造が存在する [1]。これらのフィラメント構造は銀河中心の銀河面に垂直な磁力線を反映し、そこに高エネルギー電子が衝突、非熱的なシンクロトロン放射をしているためと考えられているが、その形成過程、またエネルギー源について確かなことはわかっていない。[2] では磁場に対して分子雲や銀河 (差動) 回転の作用により磁力線がシア構造 (すなわち電流シート) が形成、局所的に磁気リコネクションが起きてエネルギーが解放されるというモデルを提唱した。さらにこのモデルを元に三次元磁気流体シミュレーションを行い、実際に磁気シア構造による直線状の電流シート領域を再現した。しかし、この計算ではリコネクションまでは計算しておらず、シア運動とリコネクションの関係などの議論が残されている。本研究では、[2] と同様の状況による、シア運動による磁場の捻じれに関するものと、さらに分子雲表面付近を拡大した局所的な磁気流体シミュレーションを行っている。この結果、分子雲表面の不安定性によって磁力線がねじられ、リコネクションを多数引き起こすシナリオが新たに考えられる。

[1] Yusef-Zadeh et al. Nature 310 557Y(1984)

[2] Sofue et al. PASJ 57 L39 (2005)

.....

X線天文衛星「すざく」による超新星残骸 G330.2+1.0 の非熱的 X線の観測

星間
24a

村上 浩章 (東京大学 M1)
8月3日 11:15 C (小会場)

超新星残骸 (SNR) は $\sim 10^{15}$ eV までの宇宙線の主な加速源だと考えられている。加速された電子は SNR 内の磁場と相互作用し、非熱的なシンクロトロン放射を発生する。このため SNR のスペクトルの非熱的成分から、電子の加速機構についての情報が得られる。例えばスペクトルの折れ曲がりを検出できれば、電子の加速限界が分かる。RX J1713.7-3946 など一部の SNR は卓越した非熱的成分をもつため、宇宙線の加速機構の解明に大きく貢献してきた [1]。しかしそのような SNR は数個しか見つからず、より多くの類例の研究が望まれる。G330.2+1.0 は電波による観測で見つかった。X線イメージではっきりとした輪郭をもつため、Shell Type に分類されている。「あすか」の観測により、0.7–10 keV のエネルギー帯域において非熱的成分が支配的となっていることが明らかにされた [2]。その後 Chandra や XMM-Newton による観測も行われた [3] が、観測時間の制限などにより折れ曲がりの推定には大きなエラーがついている。そこで本研究では、これまで以上の精度での決定を目指し、「すざく」の公開データから高感度のスペクトルを抽出して解析を行った。その結果、電波帯域でのスペクトル指数 $\alpha \sim 0.3$ を仮定することで、 $\nu_{\text{rolloff}} \sim 1.4\text{--}2.1 \times 10^{17}$ Hz という値が得られた。これにより G330.2+1.0 で加速された電子の最大エネルギーは、SNR 内の磁場強度 B を用いて、 $E_{\text{max}} \sim 53\text{--}65 \left(\frac{B}{10 \mu\text{G}}\right)^{-1/2}$ TeV と推定される。

- [1] T. Tanaka et al. ApJ 685 988 (2008)
- [2] K. Torii et al. PASJ 58 L11 (2006)
- [3] S. Park et al. ApJ 695 431 (2009)

すざく衛星による超新星残骸 3C397 の観測

星間
25a

菅原 隆介 (京都大学 M1)
8月3日 11:30 C (小会場)

3C397 は天の川銀河内に存在する Mixed-Morphology 型超新星残骸である。過去にあすか衛星と Chandra 衛星で観測され、この天体が東西に引き伸ばされ中心部分の放射が弱いという特殊な構造を持つことが発見された。さらに低温の電離平衡プラズマと高温の電離非平衡プラズマで構成されていること、Fe が太陽組成に比べて 10 倍もあることが報告されている (Safi-harb et al. 2005)。このことから、我々は Cr や Mn など希少重元素の K 輝線の検出できる可能性が高いと考え、すざく衛星を用いて 3C397 の長時間観測を行った。その結果、Fe に加えて、Cr、Mn、Ni の輝線を 3C397 で初めて確認した。電離非平衡の高温プラズマを仮定して Cr、Mn、Fe、Ni のアバundanceを推定したところ、いずれの元素も太陽組成に比べて 10 倍以上と非常に高いことがわかった。一方で、Si、S、Ar、Ca 等の元素のアバundanceはいずれも太陽組成の 5 倍以下と推定できた。本講演では重金属元素の電離状態やアバundanceの詳細に解析した結果を報告し、3C397 の爆発機構について議論を行う。

すざく衛星による超新星残骸 G349.7+0.2 の観測

星間
26a

八隅 真人 (京都大学 M1)
8月3日 11:45 C (小会場)

G349.7+0.2 は、天の川銀河内で最も明るい超新星残骸の 1 つである。あすか衛星により、初めてその重元素 (Si, S, Fe) の存在が示され (Slane et al. 2002)、Chandra 衛星による観測から、東側では高密度・低温であるのに対し、西側では低密度・高温という空間的に非対称な構造を持つことが明らかになった (Lazendic et al. 2005)。また、電波観測からこの超新星残骸は、濃い分子雲の中に存在することが知られ、特殊な環境下で進化していると考えられている (Frail et al. 1996)。我々は、広がった天体に対する感度と分光性能が特に優れたすざく衛星を用いて、2011 年 9 月に G349.7+0.2 の長時間観測 (有効露光時間 150 ks) を行った。我々は、バックグラウンドとして銀河面リッジ X線放射の空間分布からその寄与を定量的に評価し、5keV 以上においても信頼性のあるスペクトルを得ることに初めて成功した。さらに、これから Fe K α 輝線の中心値 (6.620 ± 0.007 keV) と幅 (52 ± 14 eV) を測定し、電離温度が 0.98 ± 0.01 keV であることが分かった。一方で、5keV 以上の連続 X線は、温度が 1.44 ± 0.10 keV の制動放射モデルで再現することができた。この電離温度と電子温度の差から G349.7+0.2 は電離過程優勢な状態にあるといえる。本講演では、以上の結果に加え、Si, S, Ar, Ca を含めた広帯域スペクトルの解析の結果も併せて報告する。

超新星残骸 RX J1713.7–3946 における星間ガスと X線放射

星間
27a

佐野 栄俊 (名古屋大学 D2)
8月3日 12:00 C (小会場)

RX J1713.7–3946 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]。この天体からの TeV ガンマ線が宇宙線陽子起源と考えて矛盾しないことは既に報告済みである [2]。また、分子雲と X線放射の空間・エネルギー分布の比較は、shock cloud interaction [3] や、効率の良い宇宙線電子加速を解明する手掛かりを与えるとみられる。我々は、Suzaku 衛星による X線観測データを用いて、SNR 全面に対する詳細なスペクトル解析を行い、星間ガス (水素分子 + 原子) の分布と比較を行った。結果として、X線吸収柱密度と星間ガスの分布に非常に良い相関がみられ、シンクロトロン X線のスペクトルは分子雲の近傍でハードになっていることが明らかになった。これらは、分子雲と SNR が相互作用していることに加え、分子雲周辺で効率の良い宇宙線電子加速が起きていることを示唆している。さらに興味深いことに、吸収柱密度から前景成分の寄与を差し引いた分布は、TeV ガンマ線と良い相関がみられた。以上の結果を踏まえ、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。更に、future work として、RX J0852.0–4622 の解析結果についても紹介する。

- [1] Fukui, Y., Moriguchi, Y., Tamura, K., et al. PASJ, 55, 61 (2003)
- [2] Fukui, Y., Sano, H., Sato, J., et al. ApJ, 746, 82 (2012)
- [3] Inoue, T., Yamazaki, R., Inutsuka, S.-I., and Fukui, Y. ApJ, 744, 71 (2012)

星間
28a

すざくによるガンマ線未同定天体

HESS J1841-055 の観測

河島 久実子 (京都大学 M2)

8月3日 12:15 C (小会場)

HESS J1841-055 はガンマ線未同定天体の一つで、どの波長領域でも対応天体はいまだ見つかっていない。我々は「すざく」を用い HESS J1841-055 を観測した。その結果この領域から複数の天体を発見し、その詳細解析を行った。(1) 大質量 X 線連星 AX J1841.0-0536: X 線光度が $\sim 10^{32}-10^{37}$ ergs s^{-1} の広いダイナミックレンジを持ち、最短 100 秒程度の速い時間変動を示した。(2) ソフトバンド (0.5-2.0 keV) で広がった X 線放射: 光学的に薄い熱的なプラズマモデルで表され、超新星残骸である可能性が高いと考えられる。(3) ハードバンド (2.0-10 keV) で 2 分角程度に広がった天体: 吸収が $N \sim 10^{23}$ cm^{-2} と非常に大きく、赤方偏移した鉄輝線を付随していたことから、銀河団の候補であろう。この中で HESS 天体との関連性が最も高いものは (2) の超新星残骸候補だと考えられる。本講演では詳細な観測結果について報告する。

[1] F. Aharonian, et al. A & A 477 353 (2008)

[2] A. Bamba, et al. ApJ 589 253 (2003)

[3] K. Kawabata et al. PASJ submitted (2012)

星間
29c

銀河中心領域の南側に伸びる巨大な

プラズマ放射の観測

中島 真也 (京都大学 D2)

すざく衛星を用いた銀河中心領域のマッピング観測から、 $l = -0.5^\circ$ – $+0.5^\circ$ 、 $b = -1.0^\circ$ – -2.0° の領域に広がる巨大な X 線放射を発見した。この放射は 0.5-5.0 keV で周囲より卓越し、高階電離した Ne、Mg、Si、S、Ar からの輝線が検出されたことから、光学的に薄いプラズマの放射である。そのスペクトルは熱平衡状態のプラズマモデルでは再現できず、Si や S からの再結合放射と思われるスペクトル構造が残る。したがってこのプラズマは再結合過程が優勢な非平衡プラズマであると考えられる。じっさい、再結合過程優勢のプラズマモデル (初期条件が電離温度 10 keV、電子温度 0.6 keV で、タイムスケール 8×10^{11} s/ cm^3) を適用するとスペクトルがよく再現できた。超新星残骸などで見られる典型的な広がったプラズマは電離過程優勢ないしは電離平衡状態にあるものが多くを占めており、再結合過程優勢なプラズマの存在はその周辺環境が特異なものであることを示唆する。このプラズマまでの距離は不定であるもの、銀河中心領域の極限環境と相関している可能性が高い。本講演では解析結果の詳細について報告する。

星間
30c

確立微分方程式を用いた宇宙線粒子

加速シミュレーションコードの開発

中島 良介 (青山学院大学 M2)

我々の天の川銀河内の天体で加速される宇宙線粒子のエネルギーは 10 の 15.5 乗 eV まで到達すると考えられている。その加速機構の最有力候補が diffusive shock acceleration であり、被加速粒子の分布関数は移流拡散方程式によって記述される。しかし、定常状態などの特別な場合を除き解析的に解くのは難しく、数値計算が必須となる。そこで私は超新星残骸周辺の衝撃波により加速された粒子の

分布関数を計算する数値計算法を開発している。具体的には高エネルギー粒子の分布関数の満たす移流拡散方程式を解くことが目標だが、これを解析的に解くことは困難である。そこで、確率微分方程式を用いた計算法の開発を試みた。当初、この方法では衝撃波面で流体速度場が不連続になるということから発散項が出てきてしまうために、観測結果を再現することができなかったが、M. Zhang (2000) の手法によって解決された。今回の発表では、M. Zhang (2000) によって変形された確率微分方程式を用いて数値計算を行い、高エネルギー粒子のエネルギースペクトルのテスト計算を行った。また、数値計算による統計精度を上げるため、particle splitting 法という粒子の統計的重みを考え、粒子を分割していく手法も用いた。

.....

日時	8月1日 16:45 - 17:30, 17:30 - 18:30(招待講演) 8月2日 9:00 - 12:30 8月3日 9:00 - 10:00(招待講演), 16:00 - 17:15, 17:15 - 18:15(招待講演)
招待講師	田村 元秀 氏 (国立天文台) 「系外惑星観測の現状と未来：直接観測を中心として」 奥住 聡 氏 (名古屋大学) 「惑星形成理論への招待」 丹羽 隆裕 氏 (八戸高専) 「ミリ波で見る誘発的星形成」
座長	岩井 彩 (神戸大学 M2)、木村 成生 (大阪大学 D1)、久保田 明夏 (筑波大学 M2)、 鈴木 浩太 (名古屋大学 M2)、高橋 実道 (京都大学 D1)
概要	<p>—創造の起源へ 星・惑星形成が拓く新たな宇宙像—</p> <p>星形成・惑星系分科会では分子雲コアの重力収縮から星・原始惑星系円盤の形成、太陽系内・系外の惑星系まで幅広い分野を扱う。特に近年では系外惑星の研究が非常に盛んで、観測機器の性能の向上と多種多様な方法により、その発見数は年々増え続けている。昨今ではケプラー宇宙望遠鏡により新たに 2000 個以上の惑星候補が発表され、第二の地球を発見する日も近いかもしれない。</p> <p>このような惑星の形成には、主星となる恒星や原始惑星系円盤の形成過程が深く関わっている。恒星は星間ガスの高密度領域である分子雲コアが重力収縮することで形成される。このとき、分子雲コアが角運動量を持っていると星の周囲に原始惑星系円盤が形成される。その後、この円盤内で固体微粒子が集積・合体することで惑星が形成されると考えられている。現在では、分子雲内で原始星が発見され、若い星の周囲に原始惑星系円盤が発見されており、このシナリオは広く支持されている。</p> <p>しかし、このシナリオには未解決な部分も多い。初期の星・円盤形成期には磁場や輻射とガスの相互作用、星・円盤の形成期には自己重力円盤の振る舞い、後期の惑星形成段階ではダストの集積過程など、解決すべき問題はまだまだある。本分科会で幅広いトピックにおいて理論と観測の両面から議論や交流を深め、知識を共有することにより今後の研究の発展に役立てていただきたい。</p> <p>注) 水素燃焼する質量の星は太陽・恒星分科会で扱います。 注) サブ pc スケールの分子雲コアは星形成・惑星系分科会で扱いますが、pc スケールの星形成領域や分子雲などは星間現象分科会で扱います。</p>

系外惑星観測の現状と未来：直接観測を中心として

生命を宿す惑星、地球。このようなハビタブルプラネットは、広い宇宙にどれくらいあるのか？これは人類が抱く根源的・普遍的な問いと言っても過言ではない。1995年の発見をきっかけに、太陽系内には8個しかない惑星が、太陽以外の恒星の周りに、有望な候補も入れると既に3000個以上もの系外惑星が見つかっている。その探査・研究は、わずか15年ほどで現代天文学の最重要研究課題のひとつとなった。

系外惑星は太陽系の広がりとは比べると遠方にあるため、写真のように画像に写す「直接撮像」によって観測することは非常に困難だった。そこで、惑星からの光を直接に捉えるのではない「間接観測」である視線速度法（ドップラー法）やトランジット法がまず成功し、今もっとも活躍している。また、マイクロレンズ法やタイミング法なども成功しており、多彩な観測手法により系外惑星の多様性が際立ってきた。いっぽう、最近の著しい技術革新により高コントラスト観測が可能となった。その結果、8mクラス望遠鏡では巨大惑星の直接撮像にも成功し、「百聞は一見にしかず」という系外惑星の直接観測の時代も到来した。

2009年に打ち上げられたNASAのケプラー衛星は宇宙からの超精密トランジット観測を実現し、間接法ながらも地球型惑星の観測に迫っている。2011年の報告では、約2300個の惑星候補が発表され、そのうち約50個がハビタブルプラネット候補とされた。また、すばる望遠鏡ではドップラー法を赤外線波長に展開し、軽い恒星のまわりの地球型惑星を検出するための開発も進んでいる。次のステップとして、将来の地上30メートル望遠鏡と工夫を凝らした観測装置、さらには、スペースにおける専用高コントラスト望遠鏡によって、そのような第二の地球の候補を初めて直接観測し、そこに生命の兆候を探ることも可能になるだろう。

惑星形成理論への招待

近年の観測の進展に伴い、系外惑星や原始惑星系円盤についてのより高質・より大量の情報が得られるようになってきている。これらの観測事実を説明・解釈し、さらに今後の観測の指針となる理論的予言を与えることが、現在の惑星形成理論の1つの大目標である。一方で、観測では直接見ることが難しい惑星形成素過程があることも事実である。これらのプロセスを理論・実験を通じて理解し、惑星形成シナリオを矛盾無く組み立てていくことも、依然として重要な作業である。この講演では、惑星形成理論の基本的な枠組み、重要な物理素過程、さらに多くの人材の新規参入の必要性について、3部構成で概説を行う。まず講演第1部では、惑星形成過程を「質量40桁にわたる固体進化過程」という観点から概観し、その前期過程（ダスト～微惑星:約30桁）と後期過程（微惑星～惑星:約10桁）のそれぞれに対する現状の理解と未解決問題を整理する。第2部では、惑星形成において本質的に重要となる「固体とガスの相互作用」の素過程について概説する。ガスの及ぼす摩擦力や重力は、固体の運動に大きな影響を与え、固体の成長の結末をも決定づける。一方で、固体がガスの運動を不安定化することもあれば、逆に安定化することもある。ここでは、このような双方向プロセスの1つの例である「ダストと磁気乱流の共進化」を中心に、講演者のこれまでの研究成果を交えながら議論する。第3部では、惑星形成理論への若い人材の新規参入について議論する。端的に言って、惑星形成論は人手不足である。講演では、講演者が5年くらい前（D1）まで相対論の研究をやっていたこと、その後いろんなご縁で惑星形成をやり始めたこと、などの私的事情について概説し、星惑星分野の人・そうでない人の両方に対して、惑星形成理論への新規参入の攻めどころなどを議論する。当日の講演の時間的都合などに応じて、第3部は夜の分科会に延長する場合がある。

ミリ波で見る誘発的星形成

星は分子雲の収縮によって形成されることが分かっている。分子雲が収縮する過程では分子雲自身の重力（自己重力）が最も大きな力だが、分子雲の外からの圧力によって、収縮が促進される星形成の過程がある。これを「誘発的星形成」と呼んでいる。分子雲の外からの圧力には様々な種類がある。例えば、分子雲同士の衝突、超新星爆発の爆風による分子雲の掃き集め、大質量星の紫外線や星風による分子雲の圧縮などである。

誘発的星形成は、星形成の研究の中では比較的歴史が浅い。当初は大質量星が誘発的に形成されることしか知られていなかったが、近年の観測装置の発達で、太陽質量以下の天体、褐色矮星に至る低質量星も誘発的に形成されることが分かり、星形成全体の中でも重要な過程であることが分かっている。しかし、誘発的星形成で形成された星の初期質量がどのように決まるかなど、自己重力のみの星形成と比べると、未知の部分多い。また、星の生産効率とも言える星形成率の評価が非常に難しい。なぜなら、分子雲が外側から受ける圧力は、分子雲の圧縮だけでなく、散逸にも寄与してしまうからである。

今回は、大質量星の紫外線や星風による分子雲の圧縮と、「誘発的星形成」に着目する。

紫外線による圧縮に注目する理由は大きく三つある。一つは、大質量星は進化が早く、自身の紫外線で電離水素（HII）領域を形成すること。二つ目は大質量星の進化が速いため、周囲に分子雲が残されていることが多く、分子雲自身が紫外線によって圧縮されることである。このような圧縮は、オリオン星雲などの大質量星の形成領域では継続的に起きているため、紫外線に着目することは、誘発的星形成の研究に適していると言える。

三つ目の理由は、誘発的星形成の兆候を掴みやすい点にある。進化の早い大質量星の影響を受けて、遅れて星が形成されるため、形成された星は年代順に並ぶ。これらは赤外線での若い星の進化を追うことが可能である。また、近傍の大質量星の形成領域ならば、圧縮の傾向（密度など）をサブ pc スケールで知ることができる。将来的に ALMA などの大型望遠鏡を用いるにも、格好のテーマと言える。

本講演は、ミリ波による分子雲の観測結果を通して、誘発的星形成を概観する。また、観測データをどのように解釈して議論したか、その過程を含めて紹介する。

初代銀河形成時における超巨大ブラックホール形成のシナリオ

星惑
01a

稲吉 恒平 (京都大学 D2)

8月1日 16:45 B (中会場)

遠方 QSO の観測から、宇宙初期 ($z > 7$) に既に太陽の 10 億倍以上の質量を持つ超巨大ブラックホール (SMBH) の存在が明らかになってきた。そのような宇宙初期の SMBH の起源として、初代銀河の中で形成される超大質量星が注目されている。最近の初代銀河形成のシミュレーションから、ガスは高密度のフィラメント構造をつたいハロー中心部まで落下し、そこで高密度の post-shock を形成することが分かってきた。そのような領域では、ガス粒子の衝突解離により H_2 分子冷却が抑制されてガスは 8000 K 以下まで冷えられず、分裂により $10^5 M_\odot$ 程度のガス雲が形成される。そのガス雲は更なる分裂は回避して等温収縮していき、そのまま超大質量星になると考えられる。本研究では、初代銀河形成時にこのような過程で超大質量星が形成される新しいシナリオを提案し、広い範囲の post-shock 条件の下で超大質量星の形成条件が満たされることを明らかにした。また、重元素による冷却効果が超大質量星の形成に与える影響についても調べ、超大質量星の形成に影響を及ぼすような臨界金属度が $10^{-3} Z_\odot$ 程度であることを見出した。

- [1] Bromm and Loeb (2003) ApJ, 596, 34
- [2] Wise, Turk and Abel (2008) ApJ 682, 745
- [3] Inayoshi and Omukai (2012) MNRAS 422, 2539

宇宙最初の星形成

星惑
02a

須藤 佳依 (甲南大学 M1)

8月1日 17:00 B (中会場)

宇宙の晴れ上がり後に最初にできた星を初代星という。初代星は理論と観測の双方において盛んに研究されている。宇宙初期の始原ガスには水素とヘリウムの他には微量の軽元素のみが含まれており、炭素より重い元素は、後の天体活動により生成されるためこの段階では存在せず現在の星形成の環境とは著しく異なる。これまでの研究により、この環境で形成された星は、ガスが冷えて崩壊することなく成長し、太陽の数百倍の質量を持った非常に巨大な恒星になっていったのではないかと考えられていた。一方、元素量の観測から予想される宇宙最初の星は太陽の数十倍程度の質量であったと言われており、理論的予測との食い違いが謎とされていた。

近年巨大な恒星というのはむしろ例外的で、 $100M_\odot$ 以下の星が複数形成されるという新しいシミュレーションの結果が発表され、これまでの食い違いがようやく解消されることになった。この結果は初代星形成の理論の進展に大きな影響を与えている。今回は、初代星に関する研究の現状について紹介する。

重力不安定性における最小ジーンズ質量の再検討

星惑
03a

野口 みな子 (名古屋大学 M1)

8月1日 17:15 B (中会場)

ガス雲が重力不安定となりえる最小の質量は最小ジーンズ質量 (minimum Jeans mass) と呼ばれている。形成される星の最小質量は基本的にこの質量で決定できると考えられるため、最小ジーンズ質量が種々の星形成環境にどのように依存しているのかを明らかにすることは、星形成過

程の理解のために重要である。重力不安定性を解析する上で、ガス雲の熱的進化を理解することは本質的である。特に、重力収縮する分子雲コアがほぼ等温的な進化から逸脱し温度上昇を始める段階を決定することが重要である。従来この等温性の破れは、光学的深さ τ が 1 程度になるときという見積もりがしばしば用いられてきたが、正しくないことが Masunaga & Inutsuka (1999) で報告されている。分子雲の進化の過程において等温性が破られる条件は、圧縮加熱率が熱的な冷却率を上回るときである。この条件を用いて初期の分子雲の温度 T_{init} と不透明度 κ の関数として、等温性を破る臨界密度を決定した。その結果、現実的な T_{init} と κ を適用すると、“ $\tau \approx 1$ ” という条件は等温性の破れる条件としては適さないことがわかった。今回は様々な環境下での最小ジーンズ質量について、最近の観測結果を加味して再検討を行う。

[1] H.Masunaga and S.Inutsuka 1999,ApJ,510,822

へびつかい座 ρ 分子雲の内部構造解析

星惑
04a

小熊 洋右 (新潟大学 M1)

8月2日 9:00 C (小会場)

一般的な暗黒星雲では $1M_\odot$ 程度より小さい質量の星が形成される。これに対して総質量が $10^4 M_\odot$ を超える巨大分子雲では数 M_\odot から数十 M_\odot の大質量星が形成されることが知られている。形成される星の質量の違いは分子雲コアの物理状態によるのだろうか。

星間分子雲の内部構造を分析して分子雲コアの物理量を解明し、星のそれと比較することは星形成過程を解明するために重要なことである。異なる分子雲間の分子雲コアの物理量の比較を行う際、距離の違いに注意して、分子雲間での空間分解能を同等にすることで、より客観的で定量的な比較を行うことができる。

本発表は、近傍の一般的な暗黒星雲として知られているへびつかい座 ρ 分子雲の分子雲コアを同定し、同じく近傍の巨大分子雲として知られるオリオン A 分子雲の分子雲コアと比較を行ったうえで、暗黒星雲と巨大分子雲との間に分子雲コアの時点で大きな違いは存在するのかを中心に議論した Maruta et al.(2005) のレビューである。観測データの解析の結果、全体としての各物理量の平均値は同程度になった。このことから、暗黒星雲と巨大分子雲とは平均的には性質は同じであると考えられることができる。

[1] Maruta,h.,et al.2005,ApJ,714,680

原始惑星系円盤の観測的特徴とその成長

星惑
05a

三森 崇利 (東京工業大学 M1)

8月2日 9:15 C (小会場)

誕生直後の低質量星のほとんどが、ガスとダストで構成された、 $10\sim 100\text{AU}$ 程度まで広がった円盤を持っていることが観測的に明らかになっている。これらの円盤は一般的に、数 100 万年にわたって保持される。円盤は、ダストやガスが中心星に降着するか、アウトフローとして流れ出すか、凝集して微惑星となることにより、最終的に消失する。異なる年代における円盤のサイズ、質量、構造、組成等の物理量は赤外からミリ波における観測を通して決定することができる。上記の観測から、系外惑星の形成・進化過程、ひいては太陽系の起源を突き止めることができるかもしれない。

[1] Annual Review(William and Cieza 2011)

[2] Annual Review(Armitage 2011)

星惑
06a

原始惑星系円盤のギャップ生成と進化

和田 義輝 (東京工業大学 M1)

8月2日 9:30 C (小会場)

本発表では、降着円盤の理論を記した論文 Lynden-Bell and Pringle (1974, MNRS, 168, 603) のレビューを行う。また、粘性進化する円盤に巨大惑星の重力が及ぼす影響についての数値計算結果もあわせて発表する予定である。原始惑星系円盤では、一般的に中心星から遠い軌道にある物質ほどゆっくりと回転している。そのような円盤では、粘性によって角運動量が円盤の外側へと輸送される。この輸送により、最終的に円盤を構成するほとんどの物質が角運動量を失って中心星に降着し、ごく一部の物質が円盤全体の角運動量を獲得して、半径が無大の軌道を回転する。物質が降着する過程で円盤は重力エネルギーを解放し、解放されたエネルギーは輻射となって円盤外に散逸していく。原始惑星系円盤内に置かれた巨大惑星は、円盤物質と重力相互作用をする。相互作用の結果として、惑星は付近の円盤物質を惑星軌道から遠ざけ、軌道の周りにギャップを形成する。ギャップを形成した惑星は、円盤の降着に引きずられて軌道を内側に移動させる。このギャップ生成とその後の粘性進化について、密度構造の時間発展を数値計算し、形成されるギャップの性質を求めることで、惑星形成論への示唆がどのように与えられるかを議論する。

[1] Lynden-Bell, D., and Pringle, J. E. 1974, MNRAS, 168, 603

星惑
07a

原始惑星系円盤内の物質移動

田崎 亮 (京都大学 M1)

8月2日 9:45 C (小会場)

原始惑星系円盤は原始星と同時に作られるガスとダストから成る円盤である。惑星や小惑星といった天体はこの原始惑星系円盤から形成されると考えられているが、その形成過程には未だ未解明な部分も多い。2006年、NASAの探査機である STARDUST はヴィルト第2彗星の塵を地球に持ち帰ることに成功し、形成当時のヴィルト第2彗星には大量の結晶質シリケートが含まれていたことを明らかにした (Brownlee et al. 2006; Zolensky et al. 2006; Westphal et al. 2009)。これより太陽系初期の原始惑星系円盤には大規模な物質移動があったことが示唆される。なぜなら、ヴィルト第2彗星は天王星よりも遠い、極低温の領域で形成されたと考えられている一方、このような結晶質シリケートは中心星近傍の高温領域で形成されたと考えられているからである。これらの事実を説明するためには円盤の内側から外側に向かった物質移動が必要となるが、実際そのような物質移動が可能であるかは定かではない。そこで本講演では Hughes & Armitage(2010) の論文に基づき、円盤内の物質移動に関するシミュレーションについて紹介する。また観測を無矛盾に説明するためにはどのような条件が必要か議論する。

[1] Anna L. H. Hughes & Philip J. Armitage, ApJ, 719:1633 (2010)

星惑
08a

乱流によるかき混ぜの効果が原始惑星系円盤の進化に与える影響

藤井 悠里 (名古屋大学 D1)

8月2日 10:00 C (小会場)

原始惑星系円盤では、中心星に向かってガスが降着しているということが知られている。ガスを内側に降着させるためには角運動を外側に輸送する必要があり、この角運動量輸送のメカニズムとしては磁気回転不安定性 (MRI) による磁気乱流が最も有力である。MRI が起こるためにはガスが十分電離していなければならない、電離度が足りずに MRI が起こらない領域はしばしばデッドゾーンと呼ばれている。デッドゾーンが存在するとガス降着率が下がるので、円盤進化を議論する際にはガスの電離度を計算し、デッドゾーンの大きさを見積もらなければならない。本研究では、乱流によるかき混ぜの効果によってデッドゾーンの大きさが変化するかどうかにについて調べた。円盤上層のよく電離されたガスが乱流による渦で円盤内部に運ばれるタイムスケールが、電離度を決める化学反応のタイムスケールよりも小さい場合には、円盤内部の電離度が上昇すると考えられる。乱流によるかき混ぜの効果としては、単純な渦のモデルを仮定した。そして、流体素片の電離度の時間進化を計算した。電離度の計算には我々のこれまでの研究で開発した計算法を用いた。その結果、円盤内部の電離度が上がり、デッドゾーンが占める領域が小さくなるパラメータ領域が存在することがわかった。これにより、従来は電離度の計算に定常解が多く用いられてきたが、時間に依存する計算が必要な場合があることが示唆される。

[1] Y. I. Fujii, S. Okuzumi, and S. Inutsuka ApJ, 743, 53 (2011)

星惑
09a

N体シミュレーションを用いた微惑星の暴走成長

柴田 雄 (東京大学 M1)

8月2日 10:15 C (小会場)

地球型惑星やガス惑星のコアの形成を考えると、微惑星がどのように成長したかを知ることは、非常に重要である。これを調べるとき、重力相互作用を考えることになるが、3体以上の粒子による運動は、解析的に解くことが出来ない。これを考慮し、N体シミュレーションを用いて、微惑星の成長の様子を調べる必要がある。これまでにN体シミュレーションを用いた微惑星の成長に関する研究はあったが、微惑星円盤を二次元で仮定していたり、限られた粒子数の三次元N体計算しかなかった。また、微惑星円盤の軌道傾斜角や離心率の分布や力学摩擦と重力散乱の関係に着目した研究はあったが、微惑星の集積過程を詳細に調べた研究はなかった。これらを解決し、おもに微惑星の集積について調べた研究として Kokubo & Ida (1996) がある。彼らのシミュレーションでは、まず、三次元空間を考え、中心星から1AU付近に0.04AUの幅の3000個の粒子から成る微惑星リングを設置した。100kmサイズの微惑星を考え、近接遭遇した粒子は完全合体を仮定した。この研究によって、三次元のN体計算では暴走成長が起きることが確認され、逆にそれまで暴走する可能性があると言われていた二次元では、秩序的成長が起きることが分かった。本発表では、以上の内容を説明していこうと思う。

[1] E. Kokubo & S. Ida, Icarus, 123, 180 (1996)

惑星形成における天体の衝突・破壊について

星惑
10a

加納 孝基 (名古屋大学 M1)
8月2日 10:30 C (小会場)

現在の理論では、原始惑星系円盤内において微惑星同士が衝突・合体することにより原始惑星が形成され、原始惑星が10倍の地球質量程度まで成長すると、周囲のガスを集積させることによって木星型惑星(巨大ガス惑星)が形成されると考えられている。ガス集積を起こせるような大きな原始惑星ができる過程では、天体の衝突は合体だけでなく破壊ももたらす。破壊によって生成された小さな破片は、ガス抵抗によって減速されて角運動量を失い、中心星に落下してしまう。しかし、この破片はガス抵抗で減速されることで原始惑星との相対速度が小さくなるため、原始惑星と衝突・合体しやすくなる。この二つのことを考慮に入れると、原始惑星の成長できる大きさには限界が存在し、その限界は天体の破壊強度によって決められることになる。しかし、比較的よく用いられている破壊強度を適用すると、限界質量が小さくて木星型惑星を形成できない。また、破壊を記述するモデルは各々が独自のものを使っている状態であり、まだまだ発展途上であるといえる。そのため、惑星形成に適用するための破壊モデルを完成させることが私の目標である。本講演ではその準備段階として学んだ、上で述べた破壊を考慮に入れた理論の解説と破壊モデルについての紹介を行う。

- [1] Kobayashi et al.2011,ApJ,738:35(11pp)
- [2] Wada et al.2006,Icarus,180,528-545

水に富む系外惑星の熱進化と質量散逸

星惑
11b

黒崎 健二 (東京工業大学 M2)
8月2日 10:45 C (小会場)

宇宙望遠鏡や大型望遠鏡の稼働に伴い、系外惑星の発見数は年々増加している。近年では20地球質量以下の比較的質量の小さい惑星が、0.1AU以下の中心星近傍で多く発見されている。系外惑星の研究では、質量と半径の観測値と合致する内部構造を再現することで、惑星の組成を推定する試みがなされてきた。惑星の組成は惑星の起源や形成を知る上で重要な手がかりとなる。発見された系外惑星の質量-半径関係調べてみると、質量・半径ともに岩石型惑星と巨大氷惑星の間に分布している系外惑星が見られる。このような系外惑星の質量・半径に合致する内部構造として、岩石惑星に水の層を乗せた構造が考えられる。中心星近傍の惑星の場合、中心星から強烈なX線やUVを受けることにより、流体力学的な大気散逸を経験することも考えられている。冷却による収縮の効果は惑星半径を小さくし、質量散逸による効果は惑星質量を小さくする。本研究では、惑星の熱進化と質量散逸の影響を定量的に評価し、計算の結果を質量-半径関係図上に等時刻線として表して、惑星がどのような質量-半径関係の分布をするかを検討した。この分布を、観測された系外惑星と比較して、観測された系外惑星の質量-半径関係にどのような傾向があるかを議論した。

- [1] Rogers, L.A., Bodenheimer, P., Lissauer, J.J., and Seager, S. 2011, ApJ, 738, 59
- [2] Lopez, L., Fortney, J.J., and Miller, N. arXiv:1205.0010v1
- [3] Fortney, J. J., Marley, M. S., and Barnes, J. W. 2007, ApJ, 659, 1661

海王星移動メカニズムの再考察

星惑
12a

工藤 哲也 (名古屋大学 M1)
8月2日 11:00 C (小会場)

太陽系外縁天体と呼ばれる太陽系の天体で海王星より外側に軌道を持つ天体が1200個以上発見されている(太陽系外縁天体は他にもカイパーベルト天体、海王星以遠天体等とも呼ばれる)。この太陽系外縁天体の軌道分布は過去の海王星と深い関係を持つ。一部の太陽系外縁天体の軌道周期は海王星の軌道周期と整数比になっており、つまり、平均運動共鳴に入っている。そして、その軌道離心率は0~0.3程度まで分布している。この分布は現在の太陽系の惑星からの摂動では説明できない。Malhotra(1995, AJ 110, 420)がこの離心率分布は海王星が20AU程度から現在の軌道である30AUまでの移動によって説明できることを示した。この海王星の外側移動は現在の太陽系の形成シナリオでも受け入れられている(例えば、Levison et al. 2008, Icarus 196, 258)。本研究の目的はこの海王星の外側への移動のメカニズムを解明することである。その準備段階として、海王星の移動速度と天体の共鳴への捕獲率についてまず調べる。

- [1] Malhotra(1995, AJ 110, 420-429)
- [2] Levison et al. (2008, Icarus 196, 258-273)

太陽系外における連惑星の形成とその観測

星惑
13a

落合 裕道 (東京工業大学 M1)
8月2日 11:15 C (小会場)

連惑星とは、2個の惑星が地球と月のような関係になって共通重心の周りを回りながら、中心星の周りを公転する系のことである。まだ見つかっていないが、理論的には存在しうるとされている。本研究ではその連惑星の形成可能性を調べ、2個の巨大ガス惑星が重力散乱によって近づく際、潮汐相互作用によって捕獲されて連惑星になり得ることを示した。また、連惑星が存在する場合、地球からの観測で発見できるかどうかについても考える。

- [1] P.Podsiadlowski et al. arXiv:1007.1418v1 (2010)
- [2] M.Sato and H.Asada PASJ 61,L29 (2009)

非磁化惑星(火星)からの大気散逸機構に関するレビュー

星惑
14a

松永 和成 (名古屋大学 M1)
8月2日 11:30 C (小会場)

惑星は、固有の磁場を持っている磁化惑星と持っていない非磁化惑星に分けられる。火星は、太陽系内の非磁化惑星の典型的な例である。グローバルな固有の磁場がない火星においては、太陽風と火星の上層大気の間で様々なエネルギー、運動量、物質交換のプロセスが起こっている。その結果として火星の上層大気が宇宙空間に流出する大気散逸を生じさせることが知られている。この大気散逸を理解することは、その惑星環境の進化を知るうえで重要なことである。非磁化惑星からの大気の散逸機構には、大きく分けてThermal escapeとNon-thermal escapeがある。さらにThermal escapeには、Jeans escape、Hydrodynamic escapeに分類される。またNon-thermal escapeには、Photochemical escape、Ion escape、Ion sputteringという散逸機構が提案されている。

本発表では、火星大気散逸に関するレビュー論文である Chassefière and Leblanc [2004] (原題: Mars atmospheric escape and evolution ; interaction with the solar wind) の内容を紹介し、地球型惑星からの大気散逸研究の背景、散逸メカニズムに関する基礎理論、火星における大気散逸の研究の現状に関して議論を行う。さらに、太陽系内の非磁化惑星の大気散逸現象に関する知見を、太陽系外の非磁化惑星への理解へと発展させる方向性に関して議論したい。

星惑
15a

ホットジュピターにおけるオーム加熱および質量散逸量について

田中 佑希 (名古屋大学 M2)
8月2日 11:45 C (小会場)

現在までに、様々な観測手法によって多数の系外惑星が発見されている。その中で、中心星に非常に近接した公転半径を持つ巨大ガス惑星をホットジュピターと呼ぶが、最近の研究によるとホットジュピターの中には理論的に予測されるよりも大きな半径を持つものが存在する。この異常に膨張した半径は現在でも惑星科学における謎となっている。この膨張半径を説明する為に提案されたものの一つが「オーム散逸仮説」である (Batygin & Stevenson 2010)。これは、惑星内部を流れる電流と惑星の磁場によるオーム散逸によって惑星内部に熱を供給し、膨張した半径を維持しているという仮説であり、ホットジュピターの膨張半径を説明する理論のトレンドとなっている。今回は、オーム散逸による惑星の加熱のメカニズムと、オーム散逸による加熱が惑星の進化に与える影響について論じた Wu & Lithwick (2012) をレビューする。また、磁場を持つガス惑星では、太陽風のメカニズムに似た、表面对流に起因するアルフヴェン波駆動ガス流による大気の流出が起きていることが予想される。太陽風の理論をホットジュピターに適用し、大気散逸量を見積もった結果と、観測から推定されている大気散逸量との整合性についてもあわせて発表する。

- [1] Wu & Lithwick 2012 arXiv:1202.0026v1
- [2] Batygin & Stevenson ApJ 714:L238-L243,2010

星惑
16a

内部海を持つ地球型惑星の生命居住可能性

上田 翔士 (東京工業大学 M1)
8月2日 12:00 C (小会場)

系外地球型惑星と思われる天体や宇宙空間を漂う浮遊惑星が発見されている昨今、生命居住可能な地球型惑星が存在するのかわかるかということは非常に重要なテーマである。そういった状況の中で、表面が全球凍結しているが氷の内部が地熱によって溶けて、表面が氷によって覆われた海 (内部海) が出来ることが分かっており、内部海の生命居住可能性についての研究もされている。本研究では、惑星内部からの熱フラックスによって、惑星進化のタイムスケールで内部海を保持する系外地球型惑星・浮遊地球型惑星について、惑星質量・中心星からの距離・惑星表面の水の量・放射性熱源の量をパラメータとしてふり議論した。また、高圧下においては内部海の底に氷 (高圧氷) が生じ、岩石からミネラルの供給がなくなることも考慮した。本研究により、惑星質量に応じた、内部海を持つために必要な放射性熱源の最低限の量を見積もることが出来た。また、高圧氷による内部海へのミネラル供給の遮蔽により、内部

海を持つ条件に対して惑星の水の量や惑星サイズについての大きな制約が加わることが新たに示唆された。

- [1] E. Tajika, ApJ, Lett, 680, 53 (2008)
- [2] Tajika, E., & Matsui, T., Earth Planet. Sci. Lett., 113, 251 (1992)

星惑
17a

光合成生物のアンテナ機構から推測する系外惑星の biosignature

小松 勇 (筑波大学 D1)
8月2日 12:15 C (小会場)

2009年に打ち上げられた NASA の宇宙望遠鏡 Kepler によって現在までに観測された系外惑星の数は候補天体も含めて大きく追加されており、得られたスペクトルから biosignature を検出することは1つの大きなテーマとなっている。光合成生物の痕跡の検出に関して有力な指標となりえるのは、red edge[1] と呼ばれる近赤外線領域の透過 (散乱) スペクトルに見られる特徴的な急勾配である。また、系外惑星の反射スペクトルの見積りは既に行われており、様々な主系列星を公転する地球型惑星の大気組成、気候、雲などを考慮したモデルが考案されている [2]。一方、地球上の光合成生物における光の捕捉は生体膜にある色素などからなるアンテナ系によってなされる。光エネルギーによって色素は電子励起され、他の色素間で不可逆的に励起状態を移していく [3]。このときアンテナ系の色素は全体として励起状態になっており、この状態のことをエキシトンという。エキシトンの遷移を追跡することによってエネルギーの遷移を見ることが出来る。本研究においては、このアンテナ系におけるエキシトンダイナミクスのモデルを構築し、色素の配置を様々な設定して吸収スペクトルを算出し、系外惑星における光合成生物のアンテナ系の機構を考案する。これにより、光合成生物の種類によっても現れ方が異なることが知られている先の red edge の検出にも貢献するであろう。

- [1] S. Seager et al., Astrobiology, 5 (3), 372, 2005
- [2] N. Y. Kiang et al., Astrobiology, 7 (1), 252, 2007
- [3] X. Hu et al., Phys. Today, 28, 1997

星惑
18b

すばる望遠鏡を用いた超低質量天体の分光観測

高原 佑典 (埼玉大学 M1)
8月3日 16:00 A (大会場)

超低質量天体は若い時に明るい。そこで、すばる望遠鏡と MOIRCS を用いて、若い褐色矮星候補天体を分光観測した。MOIRCS は一度に多天体を分光できる装置である。今回のデータには褐色矮星候補天体が 11 天体分光されている。それらの天体すべてについて解析を行った。今回の研究では、分光観測から始めている。本来は、測光観測により褐色矮星候補天体を推定することから始めるべきである。今回は、先行研究で測光観測が行われていたので、分光観測から始めた。分光した天体は、褐色矮星候補天体である。ここで、褐色矮星とは質量が $0.08M_{\odot}$ から $0.013M_{\odot}$ の天体である。質量が小さいため、水素の核融合反応が起こらず、明るく輝けない。また、若い時は分子雲に付随する。また、低温度星には水の吸収がみられる。そこで近赤外の波長で観測するのが望ましい。以上から、星形成領域である NGC1333 を近赤外の波長で分光観測した。そのデータを解析し、褐色矮星候補天体の H バンドと K バンドで水の吸収の比をもとめる。この比から褐色矮星

候補天体の質量をもとめる、また、先行研究で測光観測により得られた光度を用いて、HR 図にプロットし、星の年齢と質量を推定した。

[1] oasa et al.2008

星惑
19b

へびつかい座分子雲 L1709 領域の星形成探査

星 久樹 (埼玉大学 M1)

8月3日 16:03 A (大会場)

褐色矮星は、質量が太陽の 0.08 倍 ~0.013 倍という非常に軽い天体である。そのため、星の内部の温度が水素の核融合反応を行えるほど高温にならない、恒星になれない天体である。この褐色矮星は、進化が進むほど冷えて暗くなってしまいうため、観測が非常に困難である。そのため、最近になって発見されてきた謎の多い天体である。しかし、この褐色矮星は若い段階では、近赤外の波長で比較的明るく輝いている。そこで、星形成領域をねらって近赤外線波長での測光観測を行い、いまだ謎の多い褐色矮星の形成過程を探る。測光観測を、へびつかい座分子雲の L1709 領域で行なった。へびつかい座分子雲は、距離が 125pc と比較的近い分子雲の一つである。ここには、L1688 領域という非常に濃い分子雲があり、活発な星形成領域として知られている。しかし、この近傍の L1709 領域は、観測があまり行われていない領域である。この領域を、Oasa らが UKIRT の WFCAM で、近赤外線波長の J,H,K の 3 バンド行なった測光観測のデータを解析して、3 バンドでの同定を行なった。この測光結果から二色図を作成し、YSOs の候補となる天体の同定を行なった。

星惑
20a

SEEDS 概要

水木 敏幸 (東北大学 M1)

8月3日 16:10 A (大会場)

Subaru Strategic Exploration of Exoplanets and Disks with HiCIAO/AO188 (SEEDS) とは太陽系外惑星探査の一つの手法である Direct Imaging の手法を用いて惑星、円盤探査を行っているプロジェクトです。SEEDS は 8.2[m] 地上望遠鏡 (Subaru 望遠鏡)、高コントラスト装置 HiCIAO、補償光学装置 AO188 を用いて、5つのカテゴリの天体 (YSOs, open cluster stars, nearby main-sequence stars, protoplanetary disks, debris disks) を観測することで惑星探査、原始惑星系円盤の観測をしてきました。ハワイのマウナケア山頂にて 2009 年秋から 5 年間で 120 夜の観測が割り当てられたおり、その内訳は系外惑星探査 80 夜、惑星系円盤探査 40 夜となっています。今回 ss12 の発表では主に

1. SEEDS の概要
 2. SEEDS の目指すサイエンス、
 3. SEEDS (Subaru 望遠鏡、HiCIAO、AO188) で用いられている装置の概要
 4. 2009 年秋から現在までの成果
 5. 今後、惑星探査、直接撮像を行う上で先進的な成果を出すには望遠鏡等はどの程度の能力を必要とするか？
- の内のいくつかを論文等を元に簡単に紹介、考察します。

ケプラー衛星による超高精度測光観測 : ellipsoidal variation のモデル化とその応用

星惑
21a

増田 賢人 (東京大学 M1)

8月3日 16:25 A (大会場)

2009 年、NASA により打ち上げられたケプラー宇宙望遠鏡は、惑星による中心星の食 (トランジット) に伴う周期的な減光の観測により、多くの惑星および惑星候補天体を発見した [1]。これらの候補天体が惑星であるという確証を得るためには、その質量を決定することが重要である。この値はトランジットの観測からは求められないので、通常は視線速度法を用いた追観測によって推定される。しかし、ケプラーの観測対象とする中心星には、暗く視線速度の観測に適さないものも多い。そこで近年では、ケプラーによる精密な測光データを生かし、惑星由来の (トランジットとは異なる) 微小な周期的変光の解析から、惑星の質量をはじめとする系のパラメータを得る手法が研究されている。このような変動は、惑星の潮汐力による中心星の変形に起因するもの (ellipsoidal variation)、中心星の reflex motion に伴う相対論的なビーミング効果による変光 (Doppler flux variation)、および惑星からの反射・放射光の 3 つの成分からなる [2]。これらのうち、潮汐力による変形は惑星と中心星の質量比に依存するので、ellipsoidal variation の解析から惑星の質量に制限を加えることができる。本講演では、上記 3 つの要因による明るさの変動について概説したのち、解析手法の具体例として Jackson et al. (2012) による理論モデルを実際の系 (e.g. HAT-P-7) に適用した結果を議論する [3]。

[1] Batalha, N. M., et al. 2012, arXiv:1202.5852v1

[2] Mazeh, T., & Faigler, S. 2010, A&A, 521, L59

[3] Jackson, B. K., et al. 2012, ApJ, 751, 112

星惑
22a

スーパーアースを含んだ多惑星系の視線速度法による観測

鬼塚 昌宏 (総合研究大学院大学 M1)

8月3日 16:40 A (大会場)

本講演では、視線速度法によってハビタブルゾーン内にあるスーパーアースを発見した Anglada-Escudè et al. (2012) の内容をレビューする。視線速度法での系外惑星の検出は、惑星によって引き起こされた主星の周期的なドップラーシフトを測定することによって実現してきた。現在もっとも精密な分光器は、質量の小さい M 型星の近くを回る惑星であれば地球質量の数倍程度まで検出可能な精度をもつ。GJ667C は M 型星であり、高分散分光器 HARPS の視線速度法による観測によって 2 個の惑星と他複数の候補が検出された。なかでも GJ667Cc は最小質量が 4.5 地球質量のスーパーアース候補であり、その軌道は水が液体で存在しうるハビタブルゾーンの中に入っている可能性がある。また、HARPS での観測をしたチームは主星の活動度についても解析を行い、それぞれのシグナルが惑星由来のものであるかどうか、偽検出の可能性の評価も行った。その結果、GJ667Cd の検出は主星表面での磁場活動による偽検出である可能性が認められた。この結果は今後の follow-up によって明らかになるであろう。

[1] Anglada-Escudè, Guillem et al. (2012)

Debris disk の進化と主星年齢との関係

星惑
23a

横田 英博 (東京大学 M2)
8月3日 16:55 A (大会場)

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 効果から予想される disk の寿命よりも長期間存在しつづけることが観測されており、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 からの輻射は赤外領域にピークを持つので、予想される主星のスペクトルと比較した赤外領域におけるフラックスの超過を検出することで、debris disk からの輻射のフラックスを定量的に測定することが可能である。また、disk の温度は主星からの距離に依存するため、多波長で観測を行うことによって主星からの距離と debris disk の進化との関係を調査することができる。Debris disk の塵の量・主星から disk までの距離・主星の年齢という 3 パラメータ間の関係性の調査は、惑星形成モデルの観測による検証という意味で重要である。本発表では debris disk についての既存研究のレビューを行ったうえで、AKARI・WISE などによる多波長での観測結果から debris disk の進化についての統計調査を行った結果を提示したのち、さらなる調査の計画について述べる。

- [1] Rieke, G. H., et al. 2005, ApJ, 620, 1010
- [2] Oudmaijer, R.D., et al. 1992, Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 96, 625-643
- [3] Bryden, G., et al. 2009, ApJ, 705, 1226-1236

初代星バイナリーの形成過程 輻射の影響について

星惑
24c

久保田 明夏 (筑波大学 M2)

初代星は宇宙最初の光を放つ天体であり、宇宙再電離や重元素汚染により宇宙の構造形成に影響を及ぼすため重要である。初代星形成の重要な先行研究である Yoshida et al. 2006 ではガス雲が分裂することはないと結論づけた。しかしその後、原始星形成後の質量降着期に円盤内で分裂が起こり複数の初代星が形成される可能性が指摘された。その一つである Stacy et al. 2010 では 30 太陽質量程度の星同士の連星系が形成される可能性が示された。またこの研究では原始星からの輻射のガスへの影響も考慮されている。星からの輻射はガスを加熱、電離、解離することでガスの収縮、降着に影響を及ぼすため重要である。しかし先行研究では、ガス雲の得る角運動量などを正確に取り入れるために宇宙論的な初期条件からスタートしており、質量分解能が荒くなってしまいう問題があった。そのため、ひとつの粒子(格子)内で optical depth が大きくなってしまい、電離や解離の影響を正確に解けず、モデルを用いるしかなかった。本研究では、星スケールのシミュレーションで電離、解離の影響を正確に見積もることを目指す。特にある密度ピークが主系列星になったとき、その隣の密度ピークに与える影響を考察する。今回は先行研究として本研究より密度の低い段階をシミュレートした Hasegawa et al. 2009 の紹介と計算の本研究の途中経過を発表する。

- [1] N. Yoshida et al. 2006 ApJ,652,25
- [2] A. Stacy et al. 2012 MNRAS,422, 290
- [3] K. Hasegawa et al. 2009 MNRAS,395,1280

低金属量ガスにおける星形成の非理想磁気流体シミュレーション

星惑
25c

土井 健太郎 (甲南大学 D2)

これまで、低金属量のガス雲からの磁場の散逸の様子は分かっていなかったため、散逸を考慮したシミュレーションは行われてこなかった。しかし星形成において、磁場の散逸は角運動量輸送やアウトフローの駆動といった現象と関連しているため、散逸を考慮した計算を行う必要がある。我々は、これまでの研究で、1-zone 近似でエネルギー方程式、非平衡化学反応方程式を解くことにより、低金属量ガス雲での電気抵抗を求めた。本研究では、3次元非理想磁気流体コードに、1-zone 計算で求めた電気抵抗を組み込むことにより、オーム散逸を考慮した低金属量ガスにおける星形成のシミュレーションを行う。

- [1] Machida, M. N., Inutsuka, S.-i., and Matsumoto, T., 2007, ApJ, 670,1198
- [2] Nakano, T., Nishi, R., and Umebayashi, T., 2002, ApJ, 573, 199
- [3] Omukai, K., Tsuribe, T., Schneider, R., and Ferrara, A. 2005,ApJ, 626, 627

偏光観測で探る星形成過程における磁力線構造

星惑
26c

片岡 章雅 (総合研究大学院大学 D1)

星形成過程において、磁場は角運動量輸送などに非常に重要な役割を果たすと考えられている。また、ガス収縮とともに磁場強度や磁力線の構造も変化するため、磁力線構造は分子雲コアの収縮段階の指標となる。このような星形成領域の磁力線の空間構造はダスト熱放射の偏光観測によって得ることが出来る。これは、ダストが磁場によって整列するためである。過去の研究では、分子雲の収縮を示す砂時計型の磁力線が観測されてきたが、観測から得られるデータは視線方向に積分した情報であるため、3次元的な磁力線構造はわからなかった。本研究では、星形成過程での磁力線構造の進化を理解するために、3次元磁気流体シミュレーションを用いて、分子雲コアのガスが収縮して星が生まれ、ガスが降着するまでを追い、更に各進化段階を、磁場によってダストが整列したと仮定し、偏光観測を想定したダスト熱放射の直線偏光成分を計算した。研究の結果、初期の磁場の向きが回転軸と非並行の場合は、観測角度によって磁力線は砂時計型にならないことを示した。更に、視線方向の偏光ベクトルの打ち消し合いをが起こるため、偏光度は観測角度に強く依存することを示した。本講演ではさらに、今後 ALMA で期待される高空間分解能での偏光観測に対する予測も行う。

メタノールメーザーによる大質量星の形成シナリオの検証

星惑
27c

志野 渚 (総合研究大学院大学 D1)

現在、classI CH₃OH メーザーはアウトフローに付随し、classII CH₃OH メーザーは降着円盤に付随していると考えられている。このことを仮定するならば、classI と classII CH₃OH メーザーは直交して見えるはずである。このことが明確になれば、大質量星の形成のシナリオを知るための大きな役割を果たす。これを実現するために、我々は

両方の class が検出される天体を見つけなければならない。よって最初に、我々は野辺山 45m と山口 32m の電波望遠鏡を用いて両方のクラスの CH₃OH メーザーの観測を行った。その結果、我々は両方のクラスで検知された 89 の出所を発見しました。

[1] Ellingsen et al. (2007)

星惑
28c

Simultaneous Growth of a Protostar and a Young Circumstellar Disk in the Early Phase of Disk Formation

大谷 卓也 (大阪大学 D2)

Protoplanetary disks are the birthplace of planets. The appropriate model for the formation and evolution of the disk is desirable. In this summerschool, we will present the simultaneous growth model of both the protostar and the circumstellar disk. We focus on the viscous evolution of the non-isolated disk subject to mass loading from the envelope in the early phase of disk formation. We study the origin of surface density distribution of the disk and the origin of the disk-to-star mass ratio by numerically solving unsteady evolution of one-dimensional axisymmetric model for viscous accretion disk. We find that the radial profile of surface density of the disk is determined mainly by the process of angular momentum transport rather than the original distribution of angular momentum of the cloud core. We also find that the disk mass tends to be larger than the star mass as long as the constant dynamical flow onto the disk is assumed. Finally, the P-V diagram of the disk in our model is shown in order to compare with the observations of the star-forming region.

- [1] K. Saigo and T. Hanawa ApJ. 493 342 (1998)
 [2] J. E. Pringle ARA&A 19 137 (1981)
 [3] C. F. Lee ApJ. 725 712 (2010)

星惑
29c

原始惑星系円盤における磁場散逸効果を含めた磁気回転不安定性

船野 光太郎 (山形大学 M2)

弱く磁化した天文学的降着円盤は、力学的に不安定となることが知られている。この現象を磁気回転不安定性と言い、原始惑星系円盤における角運動量輸送を担う乱流粘性の起源として重要視されている (Balbus & Hawley 1991)。一方、原始惑星系円盤はその他の天文学的降着円盤と比べて、低温・高密度であることから、磁気回転不安定性に対して安定化する効果を考慮する必要がある。それらの効果のうち、ohmic dissipation は円盤半径が 100AU 以内の高密度領域で有効となる。

Sano & Miyama 1999. では、弱く磁化した降着円盤について、ohmic dissipation による磁場散逸効果を含めた研究が行われている。局所的な解析からは散逸プロセスによって instability の成長率が減少することがわかる。また、円盤の垂直構造を考慮した数値解析を行うことで、原始惑星系円盤における磁気回転不安定性が起こる領域が半径 15AU 以上であることがわかった。

本発表では、Sano & Miyama 1999. のレビューを行い、原始惑星系円盤における磁気回転不安定性の存在条件につ

いて議論する。

- [1] T.Sano and M.miyama ,1999,ApJ,515,776
 [2] Balbus,S.A. and Hawley,J.F. 1991,ApJ,376,214

星惑
30c

原始惑星系円盤の化学進化における円盤風の影響

石本 大貴 (京都大学 M2)

原始惑星系円盤の進化は惑星形成を考える上で非常に重要である。観測により原始惑星系円盤は典型的に 10⁶ 年程度で散逸することが分かっているが、その散逸機構についてはよく分かっていない。近年、MHD シミュレーションによって、MRI(磁気回転不安定性) 乱流により駆動される円盤風が見つかり (Suzuki & Inutsuka 2009)、円盤の散逸機構として注目されている。観測の面では、高感度、高空間分解能を誇る電波望遠鏡 ALMA の稼働により、円盤の化学構造についての理解は飛躍的に向上すると考えられている。本研究の目的は、原始惑星系円盤の化学進化計算に円盤風の効果を取り入れ、その結果を分子輝線観測と比較することで円盤風を観測的に検証し、円盤モデルに制限を加えることである。本講演では、円盤風がある場合に原始惑星系円盤の化学構造がどのように変化するか、またその結果観測される分子輝線の特徴などについて述べる。

- [1] Heinzeller et al. ApJ, 731, 115 (2011)
 [2] Suzuki & Inutsuka ApJ, 691, L49 (2009)
 [3] Walsh et al. ApJ, 722, 1607 (2010)

星惑
31c

The formation time scale of classical Kuiper belt with Two Group Approximation

田村 隆哉 (京都大学 D2)

太陽系には太陽から約 45 AU の距離に Kuiper belt と呼ばれる残骸円盤が存在する。この円盤中には最大 100 km もの半径を持つ小惑星が存在し、それらはダストの合体成長によって形成されたと考えられている。これまでの研究では、形成時間の制限から、非常に大きな質量を持つ円盤の中で 100 km サイズの小惑星が形成され、後に残りの質量 (99%) が重力散乱などによって散逸したとされてきた。しかしながら、その散逸メカニズムの詳細は明らかではなく、このシナリオには未解決部分がある。

そこで今回我々は、重力散乱による散逸を必要としない形成シナリオを構築した。現在の Kuiper belt の面密度を初期面密度としても、小さな固体物質が十分に存在すれば形成時間を短くすることができる。このような場合での 100 km の小惑星の形成時間を二群近似を用いて調べた。その結果、1 cm サイズの固体物質が衝突破壊などによって存在し続けている場合には、太陽年齢より短い時間で 100 km サイズの小惑星が形成されることがわかった。これは、これまでの研究のように重力散乱などの効果を考慮せずともよい、Kuiper belt の明快な形成の可能性を示している。

星惑
32c

粘性円盤の不安定性によるガス惑星形成

高橋 実道 (名古屋大学 D1)

近年の太陽系外惑星観測の進展により、中心星から 30AU 以上離れたガス惑星が見つかった (Thalmann et al.2009 等)。現在の惑星形成の標準理論では中心星から離れるほど惑星の形成に時間がかかるため、このような距離では円盤の散逸時間 100~1000 万年でガス惑星を形成できない。そのため、遠方のガス惑星の形成では、原始惑星系円盤の自己重力不安定で説明するモデルが有力だと考えられている (Dodson-Robinson et al. 2009)。このモデルは円盤の遠方で重力不安定により円盤を分裂させ、ガス惑星を形成するものである。円盤の不安定性についての先行研究 (Toomre,1964) では円盤の各半径での面密度、エピサイクル振動数及び音速から円盤が不安定になる条件が示されている。この不安定条件は原始惑星系円盤の分裂を議論する際にも広く用いられている。しかし、原始惑星系円盤では磁気回転不安定等により乱流粘性が働くと考えられているが、この条件では粘性の効果は考慮されていなかった。そのため、現実の原始惑星系円盤での重力不安定を考える場合には、粘性を考慮した不安定の条件が必要がある。本研究では Navier-Stokes 方程式から粘性を考慮した場合の分散関係を求め、この粘性が円盤の不安定化に寄与することを明らかにした。

[1] Toomre, A. ApJ,139,1217 (1964)

[2] Thalmann, C., Carson, J., Janson, M., et al. ApJ,707,L123(2009)

[3] Dodson-Robinson, S.E., Veras, D., Ford, E.B., and Beichman, C.A. ApJ, 707, 79 (2009)

星惑
33c

KHI 成長率とダストサイズ分布 長谷川 幸彦 (大阪大学 D2)

惑星は原始惑星系円盤の中でダストが衝突・合体し成長することで形成されると考えられている。この惑星形成における問題のひとつである中心星落下問題を解決する方法として、高密度な円盤の重力不安定という方法が考えられている。この高密度な円盤を形成するためには、ダストが赤道面付近まで沈殿する必要がある。しかし、ダストが沈殿すると Kelvin-Helmholtz 不安定 (KHI) が起こってガス乱流が発生し、ダストは巻き上げられてしまうと考えられている。ダストが沈殿するためには、この乱流が弱くなければならない。Sekiya & Ishitsu (2001) は、ある密度分布の型を仮定してこの KHI の成長率を計算した。しかし、ダストがサイズ分布を持つ場合はダスト密度の型は一定ではなく、ダストの沈殿とともに変化する。本研究はこの効果を取り入れて KHI の成長率の計算を行った。その結果、ダストがサイズ分布を持つ場合の KHI 成長率は、持たない場合と比較して小さくなることが示唆された。

[1] Sekiya & Ishitsu, EP&S, 52, 517 (2000)

[2] Sekiya & Ishitsu, EP&S, 53, 761 (2001)

星惑
34c

ダストが受ける揚力の効果 木村 成生 (大阪大学 D1)

現在、惑星形成の標準モデルでは、原始惑星系円盤内の固体微粒子が集積・合体して成長することで惑星ができると考えられている。原始惑星系円盤内ではダストとガスに相対速度があるため、ダストは空気抵抗を受ける。その結果、ダストの軌道角運動量が抜かれてダストは中心星に落下してしまう。たとえば、最小質量円盤で 1AU に 1m のダストがあることを考えると、空気抵抗を受けて 100 年程

度で中心星に落下してしまう。ダストの衝突合体による成長時間はこの落下時間より長い場合、このままではダストが成長して惑星を作ることはできない (中心星落下問題)。原始惑星系円盤内にあるダストは衝突合体により成長する。衝突の際に衝突パラメータがあれば、ダストは重心の周りに角運動量を持つので自転すると考えられる。ガスを回転体が運動すると揚力が働くが、これまでの研究では揚力は考慮されていなかった。そこで、本研究ではこのダストに働く揚力による影響を調べた。ダストの自転の向きがランダムであり、終端速度で運動すると仮定してダストの運動方程式を解いた結果、1AU、1m のダストのうち 25% のダストの落下時間が 5 倍程度伸びることが分かった。また、この揚力により速度分散が大きくなるため、成長率もこれまでとは違ったものになると予想される。この揚力の効果を考慮に入れて成長率を見積もり、中心星落下問題がどの程度軽減されるかを議論する予定である。

[1] I. Adachi, C. Hayashi and K. Nakazawa, Prog. Theor. Phys., 56, 1756, (1976).

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 岩井 彩 (神戸大学 M2)

小惑星とは、彗星のようなコマや尾を持たない岩石小天体である。軌道が確定した小惑星の約 9 割はメインベルトと呼ばれる、太陽から 2.1-3.3AU 離れた環状の領域に分布する。ほとんどは軌道傾斜角が低く、黄道面に近い領域を公転する。高軌道傾斜角を持つメインベルト小惑星は、形成後に外部から力学作用を受けて軌道が励起されたと考えられる。このような小惑星の軌道進化過程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可視分光観測を行った。D 型メインベルト小惑星の存在割合から、高軌道傾斜角を持つ D 型メインベルト小惑星は黄道面領域の D 型メインベルト小惑星より多いことがわかった。メインベルトの外側から木星軌道の領域では D 型小惑星の分布が支配的であることから、この領域で形成された微惑星が、重力散乱によってメインベルト領域へ移動し、高軌道傾斜角を獲得した可能性がある。

[1] Nagasawa et al. (2000)

[2] Ida and Makino (1993)

[3] Bus and Binzel (2002)

重力マイクロレンズサーベイ観測による惑星イベント候補の発見 鈴木 浩太 (名古屋大学 M2)

我々 MOA(Microlensing Observations in Astrophysics) グループでは、ニュージーランドの 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を行っている。重力マイクロレンズ現象とは観測者と背景天体 (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。我々 MOA の他に、チリに望遠鏡を持っている OGLE の両グループは重力マイクロレンズ現象を定常的にサーベイ観測している。またその他にも重力マイクロレンズのアラートを受け取り追観測を行うフォローアップグループが世界中に点在している。惑星が付随しているような重力マイクロレンズ現象では、サーベイ観測だけでなくフォローアップ観測も

行われているものが多い。惑星によるシグナルの期間は木星質量程度の惑星で数日、地球質量程度の惑星で数時間と非常に短く、両者による高頻度かつ高密度の観測が重要である。しかし惑星イベント MOA 2008-BLG-379 と MOA 2008-BLG-288 はサーベイデータしかなく、サーベイ観測のみでの惑星のシグナルの検出ができたのは MOA による高頻度のサーベイ観測によるところが大きい。今回はこのイベントにおいて主星との質量比や距離などを求め、さらに詳細な解析を経て、本来ならば縮退していて一意に分からない伴星の質量やレンズ天体までの距離などの物理パラメータまで解けた可能性がある。本講演ではこの解析結果について発表する。

惑星
37c

パルスレーザーアブレーション法におけるブルーム衝突過程の流体シミュレーション

藤井 里沙 (神戸大学 M1)

甲南大学理工学部物理学科半導体研究室ではパルスレーザーアブレーション法を用いたナノ結晶の生成を行なっている。この実験はパルスレーザーを2つ用いた初めての手法(ダブルパルスレーザーアブレーション法と呼ばれる)であり、まだ解明されていないことが多い。そのため本研究は数値計算を行うことでこの実験についてより詳しく解明することを目的とした。二種類(Si,Ge)の半導体の板(ターゲット)を、Heガス(雰囲気ガス)を封入したチャンバー内に向かい合わせに配置し、そこへパルスレーザーを照射させることで発生したブルームはやがて向かい合わせに衝突し、ターゲットに平行に流れる。この過程の中で、Si,Geが混合したナノ粒子が生成されると考えられている。ブルームの状態は、時間が経つにつれ液滴とから結晶へと変化する。ブルーム同士が衝突した際にどのような状態であるかによって様々な構造を持つナノ粒子が生成されることが期待される。本研究はブルームの挙動を流体計算を行うことで明らかにしようとした。計算には衝撃波の鈍りが少ない、CIP法を用い、基礎方程式は、連続の式、運動方程式、エネルギー方程式を用いた。ターゲット中央で点源爆発とし、2次元軸対称円筒座標系で、ターゲット間を計算領域とした。

観測機器

日時	8月1日 13:30 - 16:15, 19:30 - 22:00 8月2日 9:00 - 10:15, 13:30 - 14:30(招待講演), 14:30 - 15:00 8月4日 9:00 - 11:15, 11:15 - 11:45(招待講演), 11:45 - 12:15(招待講演), 12:15 - 13:15
招待講師	川村 静児 氏 (東大宇宙線研) 「重力波検出実験」 山田 良透 氏 (京都大学) 「Nano-JASMINE 衛星の開発」 酒匂 信匡 氏 (信州大学) 「小型人工衛星を利用した宇宙科学研究へのご招待」
座長	田中 健嗣 (京都大学 M2)、正田 亜八香 (東京大学 D1)、 水野 いづみ (鹿児島大学 D1)、山本 亮 (東京大学 M2)
概要	<p>–様々な天文分野における観測機器開発の活性化に向けた議論–</p> <p>望遠鏡の発明以来、天文学の進展は観測機器の発達と共にあります。電波、赤外、可視光、X線、γ線といった幅広い波長領域の電磁波観測に加え、近年では重力波やニュートリノなどと多岐にわたる観測手法がなされています。こうした新たな手法・機器の発展は、人類の想像を遙かに超える自然の驚異を幾度となく目の当たりにさせてきました。観測機器分科会では「知られざる宇宙を暴き出すこと」を共通の目的に、日々開発・運用を行う人々が、分野の枠を超えて幅広く刺激的な議論を行う場にしたいと考えています。また、直接観測機器に関係ないという方の聴講も大歓迎です。講演を通して人類の到達している技術の現状と今後の方向性、実現される次世代のサイエンスの可能性などについて若手同士議論を交わし、互いに交友を深められることを期待しています。そして今後の研究に少しでも発展を与えるような場にしたいと思っています。</p>

川村 静児 氏 (東大宇宙線研)

8月2日 13:30 - 14:30 A (大会場)

重力波検出実験

重力波の存在は、アインシュタインの一般相対性理論により予言されたが、未だ検出されていない。もし重力波が検出できれば、ブラックホールの衝突や宇宙誕生の瞬間などこれまで見ることでできなかった様々な天体现象を観測できるようになる。そして、宇宙論、天文学、物理学などを含めた広い意味での重力波天文学が創成され、電磁波や宇宙線による天文学と相補して、我々がより深く宇宙を理解することを可能にしてくれるのである。

本講演では、重力波とその検出方法について簡単に述べた後、建設が始まった大型低温重力波望遠鏡 KAGRA や将来計画であるスペース重力波アンテナ DECIGO について、そのサイエンスの目的と装置の概要について詳しく説明する。

山田 良透 氏 (京都大学)

8月3日 11:15 - 11:45 C (小会場)

Nano-JASMINE 衛星の開発

Nano-JASMINE は、宇宙機関ではなく大学の衛星として進められている位置天文観測衛星プロジェクトです。京大理学部・国立天文台の天文研究者と東大の工学部の工学研究者が、10年の歳月をかけて作り上げてきた、高精度観測衛星の設計・開発は、東大で行われたある研究会との出会いから始まりました。そして、現在この衛星のデータ解析はヨーロッパの研究者の協力で進められており、打ち上げロケットはウクライナ製、射場はブラジルという大掛かりな衛星でもあります。

衛星開発の秘話と、Nano-JASMINE から期待されるサイエンスについてお話しします。

酒匂 信匡 氏 (信州大学)

8月4日 11:45 - 12:15 C (小会場)

小型人工衛星を利用した宇宙科学研究へのご招待

東京大学 ISSL では、世界に先駆け小さな人工衛星の設計開発を行ってきた。10cm 立方・1kg の小さなサイズでも人工衛星として機能し、宇宙での実験が可能である示した XI シリーズを皮切りに、10kg 弱の質量で地上分可能 10m のリモートセンシングを行う PRISM の開発を経て、現在国立天文台・京都大学と共同で赤外線位置天文観測衛星 Nano-JASMINE 計画を進めている。

これまで、日本における衛星開発といえば JAXA や経産省といった文字通り国の計画であったが、これに対して 1 研究室レベルの意思で宇宙にアクセスすることができる新しい世界が拓けた。そのため、世界の工学関係者が超小型衛星開発に食指を動かしているが、現時点では大半の参加者は正常に機能する人工衛星を開発できる水準にない。しかし、東大 ISSL を始め、一部では従来の大型衛星を超える性能の小型衛星開発が可能であり、また有償の業務として開発を請け負うベンチャー会社もスピンアウトされている。

今後は、工学側の技術ミッション以外にも、理学特に宇宙科学系のミッションにおける小型衛星の利用が期待される。そのため、聴衆各位にも自分の研究を軌道上で行うこと狙うことを希望する。その参考になるべく本講演では、小型衛星と大型衛星の技術的な相違や得意とするミッション内容、未だ模索中ではあるが小型衛星計画における、バス開発側とミッション側との望ましい関係・プロジェクトの進め方について述べる。

観器
01a

広視野多天体補償光学のためトモグラフィック波面再構成の検証

大野 良人 (東北大学 M2)

8月1日 13:30 B (中会場)

補償光学は大気揺らぎを補正して、地上から回折限界に近い観測を実現するシステムであり、世界中の大型望遠鏡で使用されている。さらに次世代の超大型望遠鏡を見据えた新しい補償光学として、広視野多天体補償光学(MOAO)が考えられている。このMOAOでは複数のガイド星によって複数の方向の波面測定を行い、その結果をトモグラフィの手法を用いて解釈することで大気揺らぎ空間構造を高さ方向に分解して推定する。この推定をターゲット天体それぞれの方向に対して積分し最適な補償を行うことで、広視野内の複数の天体に対して回折限界に近い高空間分解能な同時観測を可能にする。MOAOを実現するための主な要素技術として大気の大気構造を把握するための「トモグラフィック波面再構成」が必要である。

われわれはこれらのシステムをまずは実験室の光学系で試験、検証をすることを目指している。この光学系では3つのガイド星と1つのターゲット星を再現した4つ光源を用意し、それらの光が大気揺らぎを模した複数の位相板を通過し、歪められることで実際の状況を再現している。3つのガイド星の情報からトモグラフィックを用いて推定したターゲット方向の波面と、直接測定したターゲット天体方向の波面を比較することで、この推定の精度を検証する。本講演では複数の位相板を用いて、実際にトモグラフィック波面推定を行った結果と精度について議論する。

[1] Ellerbroak et al 2001

[2] Poyneer et al 2002

観器
02a

地上からの系外惑星の直接撮像を目的とした補償光学装置の開発

夏目 典明 (京都大学 M1)

8月1日 13:45 B (中会場)

我々が天体を地上から観測する場合、大気の大気乱流によって光の波面は歪められてしまい、像の分解能は著しく低下してしまう。補償光学とはその大気による光の波面の歪みをリアルタイムで補正して、像の分解能を上げる役割を持つものであり、地上観測をする際に非常に強力な我々の味方となってくれるものである。現在、次世代大型望遠鏡TMTで系外惑星の直接撮像を狙う計画が進行しつつあるが、直接撮像を達成するためには「高感度」「高コントラスト」「高分解能」の3つの要素が必要不可欠であり、その中の「高分解能」を達成するために補償光学の存在が重要となってくる。今回はこのTMTでの直接撮像を目的とした前実験として京都3.8m望遠鏡で補償光学装置の技術を開発し検証する。装置に求める性能はシュトレール比0.9という極めて高い値であり、これを達成するためにはそれ相応の光学系が必要となってくる。補償光学装置の要素として主に「波面センサー」「可変形鏡(DM)」「制御系(計算機)」の3つがあげられるが、私は波面センサーにピラミッド波面センサーを採用し、DMでは2つのDMを用意して波面の歪みを補正するという方法を採用した。また制御面では1kHz以上という高いフレームレートが必要となるため大阪電通大との協力してこの問題にとりかかる。今回の講演では補償光学の基礎的な知識にも触れつつ、上記の光学系についての詳細、またそれに対する問題点をお話しします。

観器
03a

UNI-PAC法を使用したコロナグラフシステムについて

深瀬 雅央 (日本大学 M1)

8月1日 14:00 B (中会場)

本講演ではUNI-PAC法についてレビューを行なう。地球型系外惑星の直接検出は天文学の大きな課題のひとつとなっている。このためには高精度の補償光学を備え、恒星からの強い光を除去し、波面誤差によるスペックルノイズを抑えることが必要とされる。スペックルノイズを必要とされる 10^{-9} まで抑えるためには、 $\lambda/10000$ rmsの波面精度が必要とされるが、現在の補償光学では $\lambda/100$ rmsの波面精度で 10^{-5} が限界である(2008年現在)。UNI-PAC法は初段補償光学、非対称ナル干渉計(UNI)、位相振幅補正(PAC)補償光学、コロナグラフの4ステージから成る光学系である。本法の本質はUNI(unbalanced nulling interferometer)の採用にある。初段補償光学で望遠鏡の波面誤差を高精度に補正できるが、限界精度以下の波面誤差が残る。UNIでは電場振幅に差をつけた2つの波面により不完全なナル干渉を起こし、恒星光を控えめに消去する。平均電場の減少に伴い、相対的に波面の位相誤差と振幅誤差が拡大されて見える。拡大された波面誤差は測定補正しやすくなる。初段で補正しきれなかった波面誤差は、拡大されることによりPAC(phase and amplitude correction)補償光学で補正可能となる。結果としてUNIとPACにより、コロナグラフに求められる波面精度を $\lambda/1000$ rmsと1桁緩和することができ、9桁のダイナミックレンジを達成することができる。

[1] 西川淳 太陽系以外の惑星を検出するナル干渉計(2008)

観器
04a

近赤外線2色同時多天体分光器SWIMSにおける面分光ユニットの開発

北川 祐太郎 (東京大学 M1)

8月1日 14:15 B (中会場)

SWIMS(近赤外線2色同時多天体分光撮像装置)は、東京大学アタカマ天文台(TAO)プロジェクトが建設を予定している6.5m赤外線望遠鏡に搭載される近赤外線観測装置である。

望遠鏡が建設される予定の南米チリのアタカマ高地にあるチャナントール山(標高5,640m)は1年を通して非常に乾燥しているため、近赤外線域において連続的な大気の窓が得られる、という強みを活かした科学的観測を目的としている。

この装置の特長は、広い視野($\sim \phi 9$ 分角)に渡って近赤外線2つの波長域($0.9\sim 1.4 / 1.4\sim 2.5\mu\text{m}$)を同時に撮像もしくは多天体分光することができるという点にある。本講演では面分光の手法を概観した後に、SWIMSに搭載予定の面分光ユニットについて紹介する予定である。

[1] <http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/TAO/>

観器
05a

AROMA-Wを用いた可視光突発・変光天体検出システムにおける検出効率とその評価

菅井 駿 (青山学院大学 M1)

8月1日 14:30 B (中会場)

現在、私は民生用デジタル一眼レフカメラ及び、アマチュア用赤道儀を使用した安価な広視野観測装置

AROMA-W (AGU Robotic Optical Monitor for Astronomical objects-Wide field) を開発、運用している。この装置は 2 種類の単焦点レンズを付けたカメラを複数台搭載することで広視野を実現し、天体の導入から撮像する過程を自動化することで様々な突発天体や変光天体など、可視光で明るさの変化の伴う天体現象すべてに対して常時観測を目的としている。これまでの研究開発によりハードウェアとソフトウェアが整備され、天体導入から撮像データの解析、変光天体候補の検出、ピクセル座標から赤経・赤緯への変換までの工程が行えるようになった。そこで、私は変光天体候補の検出段階でピックアップされる天体が本当に変光天体なのか、そして変光天体のカタログにおける平均等級、変光幅、周期等が検出精度に影響を与えるかについての検証を行った。その結果、平均等級に関してはカメラの撮像できる限界等級 (12~13 等級) の 1 等級暗い星までであれば、平均すると約 70% の検出率で変光天体を検出出来ていることが分かった。しかし、変光幅、周期に関しては現在も検証を行っている。

超広視野可視光望遠鏡 WIDGET-2
による GRB の探査

観器
06a

石田 勇介 (埼玉大学 M1)
8月1日 14:45 B (中会場)

ガンマ線バーストは、宇宙から膨大な量のガンマ線が数秒程度の短時間で突発的に降り注ぐ宇宙最大規模の爆発現象である。さまざまな観測によって超新星爆発と関連があることは明らかにされつつあるが、起源星のおかれた環境などの詳細は、まだ謎にまつまれている。これを解明するための発生初期の可視光放射の観測を行うことを目的として、可視光望遠鏡 WIDGET を開発・運用している。WIDGET は、GRB 観測衛星の視野を常に追尾し観測を行う広視野の望遠鏡で、2004 年に運用を開始し、当初は HETE-2 を、現在は Swift の視野を追尾観測している。WIDGET は、現在、50mm レンズをもちいた 4 台の CCD カメラによる超広視野の WIDGET-2 と、口径 30cm の単一反射鏡による WIDGET-L の 2 台がある。このうち WIDGET-2 は視野が $64^\circ \times 64^\circ$ と非常に広いため、Swift 以外の衛星で検出された GRB が偶然観測されている可能性がある。そこで Swift より高いエネルギーバンドを持つ Fermi 衛星の GRB 観測データをもとに、GRB の探査を行うため、GRB の探査のパイプラインを構築した。これは Fermi 衛星の GRB 観測データを WIDGET-2 の観測条件のもと絞り込み、Fermi の衛星の観測した GRB が WIDGET-2 によって撮影された画像のどこに撮影されているか割り出すというものである。このパイプラインを用いて、Fermi 衛星の公開された観測データのうち 2008 年 9 月から 2009 年 12 月の期間について探査を終えた。今回はその結果を報告する。

コーデッドマスクを用いた高赤方偏
移ガンマ線バースト撮像検出器の基
礎開発

観器
07a

若島 雄大 (金沢大学 M1)
8月1日 15:00 B (中会場)

ガンマ線バースト (GRB) は 10^{52} erg ものエネルギーをガンマ線として解放する宇宙最大の爆発現象である。数秒から数十秒の短時間だけガンマ線で輝き、その後、時間とともに暗くなる残光を伴う現象である。GRB は短時間で

はあるが、極めて明るく輝くため、初期宇宙を探るプローブとして利用されている。既に $z = 8.2$ の GRB090423 が分光観測されており、今後もより遠方の GRB が観測されると期待されている。GRB 直後の明るい残光を利用することで、 $z \geq 7$ の宇宙における宇宙最電離、重元素合成、星生成歴などの現代宇宙論における最重要問題の解明に挑戦できるだろう。

金沢大学では、強く赤方偏移を受けて数 keV の X 線で輝く GRB を検出するための撮像検出器を開発している。我々は、表裏に直交した 64 本のストリップ電極を持つテラ化カドミウム (CdTe) 撮像検出器と、到来方向を決定するためのコーデッド (符号化) マスクを組み合わせたシステムを開発している。本講演では、GRB を用いた初期宇宙の探査の意義、そして CdTe 撮像検出器の開発の現状とコーデッドマスクを用いたガンマ線イメージングについて紹介する。

ガンマ線バースト偏光検出器 GAP
の成果と新型偏光検出器の基礎開発

観器
08a

米持 元 (金沢大学 M1)
8月1日 15:15 B (中会場)

ガンマ線バースト (GRB) は数十秒間に 10^{52} erg 以上ものエネルギーをガンマ線として放出する宇宙最大規模の爆発現象である。理論的には相対論的な速度を持ったジェットの中で、シンクロトロン放射によってガンマ線が作られると考えられているが、観測的な証拠は極めて乏しかった。本当にシンクロトロン放射ならばガンマ線は強く偏光しているはずで、その直接観測が重要となる。我々の研究グループでは GRB 偏光検出器 GAP (GAMMA-ray burst Polarimeter) を開発し、2010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」に搭載し観測を行っている。その結果、3例の極めて明るい GRB から偏光を検出し、シンクロトロン放射で輝いている可能性が極めて高いことを実証してきた。今後はより詳細な GRB の偏光観測を通じて、磁場の構造やその起源に迫りたいと考えている。

そのための次なる目標として我々は将来の人工衛星搭載を目指し、MPPC と呼ばれる半導体素子を用いた、より高性能な GRB 偏光検出器の開発を行なっている。MPPC は小型・軽量であり、耐衝撃性に優れた素子である。またこれまで光センサーの主流であった光電子増倍管に比べて高い量子効率を持っているため、将来的には GAP よりも高い精度でガンマ線偏光観測を行えると考えられる。MPPC はまだ衛星搭載の実績はなく我々の研究グループが初の試みとなる。講演では GAP による観測成果と、MPPC を用いた偏光検出器の開発および実験について紹介する。

気球を用いた MeV ガンマ線観測実
験その 1

観器
09a

中村 祥吾 (京都大学 M1)
8月1日 15:30 B (中会場)

超新星爆発による元素合成やガンマ線バースト、銀河活動核からのジェット、宇宙線起源問題など、MeV 領域のガンマ線の観測によって、私達は宇宙物理学に関する重要な情報を得ることができる。MeV ガンマ線は大気に吸収されるので、観測は衛星や気球に載せて行う必要があるが、可視光、X 線に比べ数が少なく、また大気や観測装置自体との相互作用などによるバックグラウンドも多い。そ

のため、衛星の検出感度が他の領域よりも一桁以上悪いのが現状である。そこで、私達 SMILE グループでは新しい MeV ガンマ線検出器として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。ETCC では入射ガンマ線をガス検出器中でコンプトン散乱させ、反跳電子のエネルギーと飛跡を測定し、周囲に設置したシンチレータで散乱ガンマ線のエネルギーと吸収点を検出する。コンプトン散乱の様子を幾何学的、運動力学的に再現することでバックグラウンドを除去でき、検出感度を上昇させることができる。SMILE グループでは ETCC を用いた衛星観測を目指し、前段階として気球実験を計画している。気球実験に向け、検出器の検出効率向上のためシンチレータの増設、新読み出し回路によるデッドタイムの削減、及びその評価のためのシンチレータのキャリブレーションを行った。

.....

気球を用いた MeV ガンマ線観測実験その 2

観器
10a

古村 翔太郎 (京都大学 M2)
8月1日 15:45 B (中会場)

前講演に引き続き、天体サブ MeV ガンマ線気球実験 (SMILE) と電子飛跡検出型コンプトンカメラ (ETCC) について発表を行う。次期気球実験に向けて、ETCC の改良が様々な面から進められている。本公演ではその中でも特に、より正確な反跳電子飛跡の検出を目指した、ガス検出器のデータ取得システムの改良、及び、改良後の ETCC の性能評価について報告する。

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

.....

JEM-EUSO 望遠鏡の Front-End ASIC の機能試験

観器
11a

吉田 賢司 (甲南大学 M2)
8月1日 16:00 B (中会場)

JEM-EUSO (Extreme Universe Space Observatory onboard Japanese Experiment Module) は $10^{20}eV$ を越える極限的なエネルギーを持つ粒子が、地球大気圏内で起こす発光現象 (EAS : Extensive Air Shower) を宇宙から観測する地球全体を使う新しい天文台である。検出器は超広視野の望遠鏡で、国際宇宙ステーションにある日本の船外実験プラットフォームに装着され、その高度約 430km・周期約 90 分の軌道上から、半径約 250km の領域の地球大気を一度に観測する。JEM-EUSO は、プラスチック製曲面フレネルレンズ 2 枚を用い超広角 ($\pm 30^\circ$) の視野を実現し、広大な面積に降る EAS の軌跡を時間分解能 2.5 マイクロ秒と空間分解能約 $0.75 \text{ km} \times 0.75 \text{ km}$ (角度分解能 0.1°) の三次元で撮像記録する。これにより、一次粒子の到来方向とエネルギーを決定することができる。EUSO の焦点面は、約 6,000 本のマルチアノード光電子増倍管を隙間なく敷き詰めて構成される。総画素数は約 20 万画素になる。この望遠鏡を用いて、5 年間の運用で 1,000 個以上のイベントを観測することを目標としている。本講演では、この望遠鏡に用いられる Front-End ASIC の機能試験結果を報告する。

.....

電波単一鏡偏波観測の較正手法の確立

観器
12a

水野 いづみ (鹿児島大学 D1)
8月1日 19:30 C (小会場)

我々は電波単一鏡観測による偏波較正手法を確立している。電波における偏波観測では、交差偏波や遅延が生じ、偏波計測に系統誤差が生じる。一般的に天体からの偏波は数 % と小さいため 交差偏波の割合、D-term と遅延を計測し較正する必要である。遅延の較正手法はまだ、確立されていない。交差偏波の較正手法は、Cenacchi et al.(2009) によって提案された。Cenacchi et al では、周波数に対して D-term は一定と近似している。そこで、我々は、較正精度を向上するため、遅延と周波数毎の D-term を較正する手法を確立した。本講演では、我々が提案した較正手法とそれを適応した偏波計測結果を示す。

[1] Cenacchi, E., Kraus, A., Orfei, A., & Mack, K.-H. 2009, aap, 498, 591

.....

野辺山 45m 電波望遠鏡用 100 GHz 帯受信機 FOREST の開発

観器
13a

古家野 誠 (大阪府立大学 M2)
8月1日 19:45 C (小会場)

我々は野辺山 45m 電波望遠鏡に搭載する 100 GHz 帯受信機 FOREST (Four-beam-Receiver System on the 45-m Telescope) の開発を行なっている。FOREST では、4 ビーム、両偏波、両サイドバンドの同時受信により高い観測効率を実現することを目指している。これらを実現するために FOREST では冷却 horn \times 4、2SBmixer \times 8、IF コンポーネント (Isolator+LNA) \times 16 を使用している。これまで受信機の開発に向けて、3D-CAD によるコンポーネント配置設計、2SBmixer と両偏波分離器の評価、光学アライメントの調整を行なってきた。昨年 5 月に野辺山 45m 電波望遠鏡に 4 ビーム、片偏波、片サイドバンドの状態を搭載・試験観測を行なった結果、IRC+10216 からのファーストライトを達成することができた。そして、今年 3 月に 4 ビーム、両偏波、両サイドバンドの状態で再び搭載し、試験観測を 6 月まで行なった。今年の試験観測では Ori-KL と W51 を用いた観測を行い、OTF (On-The-Fly) 観測によるマッピングを作成できた。

本講演では、野辺山 45m 電波望遠鏡に搭載された FOREST の様子、今年行なった試験観測時の受信機ステータス、試験観測等の結果について報告する。

.....

CMB 観測に向けたミリ波多素子超伝導体共振器カメラの開発

観器
14a

関口 繁之 (東京大学 M1)
8月1日 20:00 C (小会場)

国立天文台・先端技術センターでは、CMB の B モード偏光観測を目標として、次世代の電波カメラである超伝導体共振器 (MKID ; Microwave Kinetic Inductance Detector) カメラの開発を KEK や理化学研究所と共同で行っている。B モード偏光の大きさは、最新の観測で精度よく決められつつある CMB の温度揺らぎに比べて 2, 3 桁小さいことが予想されるため、発見のためには観測精度の高い検出器 (電波カメラ) が必要となる。そのような次世代の電波カメラの候補の 1 つが MKID カメラである。MKID カメラの利点としては以下のことがあげられる。出力信号を周波数方向にマルチプレックスすることにより、1 本の読

み出し線で多くの MKID 素子の信号を 1 度に読み出せる。製造方法がシンプルなので、アレイ化した時の素子の歩留まりが良い。理想的な NEP (Noise Equivalent Power) 感度が $\sim 10^{-19}$ と高い。国立天文台では、Si ウェハー上に Al を結晶成長させ、440GHz に感度を持たせた 102 素子の MKID カメラの開発に成功し、感度としては大気雑音限界以下の NEP $\sim 6 \times 10^{-18}$ を達成している。また、偏光観測のためにダブルスロットアンテナを MKID に結合させたデザインを採用しており、集光系には Si 製の超半球レンズアレイを用いている。現在は、製作した MKID カメラのノイズ測定や、Si レンズアレイと組み合わせたのビーム測定等の性能評価を行っており、さらにそれと並行して、より多素子化された 1000 素子カメラの開発も行っている。

最高エネルギー宇宙線の電波望遠鏡による検出

観器
15a

佐々木 浩人 (甲南大学 M1)
8月1日 20:15 C (小会場)

宇宙で最大のエネルギーを持った粒子-最高エネルギー宇宙線の起源は天文学に残された重要な課題の一つに挙げられる。この粒子のフラックスは極端に少ない (1 平方 km に 100 年に約 1 個) ので、その観測には巨大な検出器が必要になる。そこで高エネルギー宇宙線が地球大気で生成する空気シャワー現象を利用して観測をしている。最近この空気シャワー中の荷電粒子が放出する電磁波の検出が注目されている。これは衛星テレビや携帯電話の普及に伴い開発されている安価で高性能な通信技術を応用した検出器を開発することにより、最高エネルギー宇宙線の観測感度を上げる試みである。本講演では空気シャワーの電磁放射機構を概観し、その検出器開発について説明する。

MAXI-GSC の太陽電池パドル遮蔽について

観器
16a

仲野 優毅 (青山学院大学 M1)
8月1日 20:30 C (小会場)

MAXI (Monitor of All-sky X-ray Image、全天 X 線監視装置) は、国際宇宙ステーション (ISS) の日本実験棟「きぼう」の曝露部に搭載されている全天 X 線モニターである。MAXI は、ISS 一周分の周期 (約 90 分) で全天の大部分を観測する。2009 年 7 月より運用が始まり、今夏で 3 年目となる。MAXI には二種類の X 線カメラが搭載されている。一つは X 線 CCD カメラ、一つはガススリットカメラ (GSC) である。このうち GSC の開発・運用に青学は携わってきた。GSC は ISS の太陽電池パドルによる影響を受ける。具体的には太陽電池パドルが GSC のカメラの視野を遮ることにより、偽の X 線イベントが観測されたり、或いは本来 X 線イベントの生じた位置・時刻で X 線イベントが正しく観測できなくなったりする。私は既存の GSC 用の遮蔽判定ライブラリを用いて GSC の検出器上における遮蔽される領域を調べた。また、既存のライブラリよりもより無駄の少ないライブラリを作成した。本発表では遮蔽による偽イベントの影響と新たなライブラリについて報告する。

自作断熱消磁冷凍機上での X 線マイクロカロリメータの動作と性能向上を目指した研究

観器
17a

菱 右京 (金沢大学 M1)
8月1日 20:45 C (小会場)

TES (Transition Edge Sensor) 型 X 線マイクロカロリメータは、入射光子による僅かな温度変化を、TES が超伝導に転移する際の急激な抵抗の変化を利用し測定することにより、入射光子 1 つ 1 つのエネルギーを計測することができる X 線検出器である。100mK 以下の極低温で動作させることにより、 $E/\Delta E \gtrsim 1000$ の優れたエネルギー分解能を実現できる。軌道上で 100mK 以下を実現するには断熱消磁冷凍機 (ADR) が最も現実的であることから、我々のグループでは ADR とセンサの開発を一体で進めている。これまでに自作 ADR 上で TES 型 X 線マイクロカロリメータを動作させ、X 線パルスを検出することに成功した。しかしながら、6keV の X 線に対するエネルギー分解能は 90eV であり、目標とする性能より 1 桁以上悪い。そこで、徹底したノイズ対策と磁場対策を進めている。本講演では、これらの研究内容について紹介する。

X 線天文衛星に向けた超伝導遷移端温度計型マイクロカロリメータの開発

観器
18a

飯島 律子 (首都大学東京 M1)
8月1日 21:00 C (小会場)

TES 型 X 線マイクロカロリメータは、超伝導遷移端温度計 (TES : Transition Edge Sensor) を用いて入射光子のエネルギーを測定する撮像分光素子である。入射 X 線を Au などの吸収体で吸収し、温度変化を TES が超伝導状態から常伝導状態に相転移する際の急激な抵抗変化を利用して高精度で決定する。TES 型マイクロカロリメータはエネルギー分解能が半導体検出器に比べ 20 倍以上高いという利点を持つ。我々は Ti と Au の二層薄膜を TES として用いた素子を開発している。膜厚比を変えることで転移温度を調節可能であり、典型的な膜厚は Ti 40 nm、Au 80 nm、転移温度は ~ 100 mK である。我々はインハウスで製作した Au 吸収体付き素子のシングルピクセル (TES 200 μm 角、Au 吸収体 120 μm 角、厚み 1.5 μm) で、5.9 keV の入射 X 線に対し 2.8 eV (FWHM) のエネルギー分解能を達成している。将来の X 線天文衛星、例えば DIOS などでは、2 eV 台の分解能と 1 cm^2 の有効面積および数 100 ピクセルの画素数を同時に実現する必要がある。我々はピクセル間のクロストークを極限まで抑えるため、行きと帰りの配線で絶縁層を挟んで重ね合わせる積層配線を開発した。これまで 3.5 cm 角の基板に形成した積層配線上に、200 μm 角の TES ピクセルを 20 x 20 成膜しパターンニングした素子を完成している。上部と下部配線は Al であり、幅はわずか 10 μm および 15 μm である。本講演では、我々の開発の現状と将来の課題について述べる。

[1] Akamatsu et al. LTD13 (2009)

[2] Ezoe et al. LTD13 (2009)

TES 型 X 線マイクロカロリメータの AM 変調による信号多重化の実証

観器
19a

山本 亮 (東京大学 M2)
8月1日 21:15 C (小会場)

我々は次世代小型衛星 DIOS の実現を目指して観測機器

の開発を行っている。DIOSの目的は広い視野で銀河間物質からの輝線放射を観測することで宇宙のバリオンの多くを占めるダークバリオンを直接観測し、その空間分布を求めることである。そのためには数 eV のというエネルギー分解能を実現できる超伝導遷移端 (TES) を用いた X 線マイクロカロリメータを 256 素子以上を並べて読み出す必要がある。TES は極低温で動作させるため多素子化する場合、一素子一読み出しだと低温ステージへの配線が膨大な量となり、それによる流入熱が問題になる。つまり複数素子の読み出しを考えると、信号多重化による同時読み出しは必須課題であると言える。我々は各 TES を異なる高周波 (1MHz 以上) の交流で駆動し変調をかけ、それらの信号を加算することで信号多重化を実現する周波数分割方式による読み出し回路の開発を行ってきた。私は異なる周波数で交流駆動するための LC フィルタ、TES の微弱な信号をノイズに負けずに読み出すためのシールドボックスなどを自作することで、TES の MHz 帯での交流駆動を実現し、同時に二素子からの X 線信号を読み出すことに成功した。読み出し回路の動作実証に成功した事は TES のアレイ化実現にむけて大きな発展が期待される結果であるといえる。

.....

観器 20a 誘電体温度計を用いたメガピクセルマイクロカロリメータの開発
菊地 貴大 (東京大学 M1)
8月1日 21:30 C (小会場)

我々は次世代の X 線天文衛星への搭載を目指し、マイクロカロリメータを開発している。これは極低温 (~ 100 mK) で X 線光子 1 つずつのエネルギーを優れた分解能で測る検出器である。例えば、抵抗温度計を用いたカロリメータでは $E/\Delta E \sim 2000$ を達成している。しかし従来、このような分解能を保ち、キロピクセル以上増やすことは困難だと考えられる。将来的には X 線 CCD 並の撮像能力を得るために、メガピクセルを可能にする信号多重化の実現へ向けて技術革新が必要である。我々はそれを可能にすると考えられる誘電体カロリメータの開発を進めている。これは誘電体温度計をキャパシタとして用いた LC 共振器を素子とし、共振周波数の変化から X 線エネルギーを測定するものである。GHz 帯を用いて 1 本の配線に共振周波数の異なる共振器を並列接続することで、1000 以上の素子を並べ、信号多重化が可能と考えられている。これまで我々は極低温で温度変化のある誘電体を探索し、チタン酸ストロンチウム (STO) がその有力候補であることを示した。私はその STO を用いた LC 共振器のデザインを確立させるために、電磁界シミュレータによる設計、製作、GHz 帯回路測定器による評価を行っている。本講演では誘電体カロリメータの原理と開発現状を発表する。

.....

観器 21b 衛星搭載用較正線源としての X 線発生装置の開発基礎実験
小松 飛斗 (立教大学 M1)
8月1日 21:45 C (小会場)

観測衛星に搭載された X 線検出器は宇宙線によって損傷を受けるため、検出器の動作状況を確認するための較正線源は不可欠である。特に温度変化に敏感な検出器では数分に 1 回の頻度で較正をしたいため、発生させる X 線を短時間で on/off したい。そこで、紫外線 LED を使い光電効果で電子を放出させ高電圧で加速した電子を電極に当

て X 線を発生させるという新しいタイプの X 線発生装置の提案がある。本研究で設計した装置は、接地した円筒内に数 10V の電圧をかけた陰極と高電圧をかけた陽極を設置することで陽極と円筒が静電レンズの役割を果たし、光電面となる陰極から放出された電子が陽極に収束し X 線を発生させる。設計した装置がどの程度電子を陽極に収束させるかを調べるため、装置内の電子軌道をシミュレートした。陽極電圧を 5kV に固定し、陰極電圧を変化させた時の陽極面における電子分布を調べた。その結果、陰極電圧が 0V のとき電子は陽極中心から 0.577mm 以内に収束する一方、10V では 0.472mm 以内、20V では 0.375mm 以内に収束した。陰極電圧をかけた方がより陽極中心に収束し、静電レンズ効果を確認できた。また、設計した装置は X 線発生に十分な電子収束をすることが分かった。この結果に基づいて装置を開発し、動作試験を行った。陰極と陽極に Al を用いて、陰極に電圧 0V、LED に電圧 4.87V と電流 19mA、陽極に電圧 5kV をかけて測定した結果、強度 $2.73 \times 10^3 \text{sec}^{-1}$ の Al-K α 線が得られた。

[1] 八木橋, 修士論文, 立教大学 (2012)

[2] JAMES E. MANSON, MANSON MODEL 2 ULTRASOFT X-RAY SOURCE INSTALLATION AND OPERATING INSTRUCTIONS (1983)

.....

観器 22b MAXI のデータを用いた X 線新星の短時間変動解析
芹田 夏実 (日本大学 M1)
8月1日 21:48 C (小会場)

MAXI (Monitor of All-sky X-ray Image) は ISS (国際宇宙ステーション) に搭載されている全天 X 線監視装置である。MAXI は全天の X 線をスキャン観測することで中性子星やブラックホールと思われる天体を発見してきた。本研究は観測した X 線天体を、その X 線の強度変動の時系列データにおけるパワースペクトルから、ブラックホールや中性子星に分類することを目的としている。そこでパワースペクトルを計算する上での注意すべき点を調べた。一般的にパワースペクトルにはデータ取得によりエイリアス、ピンニング、窓関数の影響が現れる。エイリアスとは折り返し歪みとも呼ばれる現象である。観測では一定の時間間隔 T ごとにデータを取得する。そのため、ある周期変動の信号がナイキスト周波数と呼ばれる周波数で折り返され、偽信号として本来の周波数とは異なるところにスペクトルが現れる。また時間 T ごとの時間ビンに情報 (X 線の数) が格納されることをピンニングという。これによって X 線ごとの詳細な検出時刻の情報が失われる。さらに観測時間は有限であるため、一般には観測時間を周期とする矩形波成分がパワースペクトルに現れる。この矩形波を窓関数といい、特に MAXI は ISS の動きに合わせてスリットカメラで全天をスキャン観測しているため、窓関数の形状が三角波になる。この 3 つの考慮すべき点においてそれぞれの影響を受けた疑似データを作成し、パワースペクトルを求め、それらの影響を定量的に確認した。

.....

観器 23b すざく衛星搭載 X 線 CCD カメラ XIS の Self-Charge-Filling 効果
吉田 裕貴 (立教大学 M2)
8月1日 21:51 C (小会場)

「すざく」衛星搭載の X 線 CCD カメラ XIS は、2005 年に打ち上げられて以来、軌道上での放射線欠陥により電荷

転送効率 (CTE) が低下していることが大きな問題であった。そこで、2006年11月より、軌道上で人工的に電荷の注入を行う Spaced-row Charge Injection (SCI) という技術を導入している。これにより CTE の劣化の原因となる放射線欠陥を人工的な電荷が埋め、CTE を回復させている。一方、明るい天体を観測している時には、天体起源による豊富な電荷が放射線欠陥を埋め、SCI を行わなくても CTE の劣化が改善されることがわかった。この現象を Self-Charge-Filling (SCF) 効果と名付けた。我々は、すぐく衛星により SCI を実施せずに観測された白鳥座 X-3 のスペクトルを解析し、SCF 効果により抽出する領域内のイベント密度に相関して輝線のエネルギーが異なっていることを発見した。特にヘリウム様の鉄の $K\alpha$ 輝線の中心エネルギーは最大で 60eV 程度異なっていた。このイベント密度とエネルギーのずれの相関を調べ、補正を行うことで、エネルギーのずれを約 20eV 程度まで改善することが出来た。本講演では SCF 効果とその補正方法と補正結果について報告する。さらに、広がった X 線源であるペルセウス銀河団での SCF 効果、SCI を適用して観測した点源 (GX 1+4) での観測においても調査した。この結果についても報告する。

[1] Todoroki et al. 2012, PASJ, accept

[2] Gendreau et al. (A Technique to Measure Trap Characteristics in CCDs Using X-rays)

SpaceWire を用いた CCD 駆動実験

観器
24b

梅津 里香 (立教大学 M1)
8月1日 21:54 C (小会場)

SpaceWire は、人工衛星でのデータ通信を行うための通信インターフェイスおよび通信プロトコルの仕様である。人工衛星の製作コストの削減、製作期間の短縮などの理由により、様々な利点を持つ SpaceWire による通信インターフェイスの統一化、標準化作業が進められている。宇宙観測によく用いられる CCD の SpaceWire での駆動は、上述のような人工衛星間通信の標準化に沿う物である。また、FPGA を用いて自由度の高いシステムを組み、様々な CCD の駆動パターンに適用できるようにすれば、CCD 読み出し方法の柔軟な変更や改良ができるであろう。本研究では、SpaceWire のインターフェイスを搭載している SpaceWire DIO ボードとさらに ADC を搭載している SpaceWire ADCDAC ボードを用いて、CCD の駆動を行う Module を開発する。CCD を駆動するためには複数の制御信号が必要となる。まず、CCD 駆動のための電圧パターンの Module を開発した。この Module は様々な CCD に対応できるように汎用性を持たせてある。SDRAM に書き込まれた csv ファイルから電圧値を読み込み、電圧パターンを出力することに成功した。この出力を DAC ボードへ送り、CCD に転送させることで駆動することができる。CCD から信号波高を受け取るための Module を開発し、CCD を模擬した信号をアナログデジタル変換などをして SDRAM に書き込むことができた。そして、これをピクセルの信号として取り込み、PNM 形式で画像とすることに成功した。

地上重力波検出器 KAGRA における光学設計

観器
25a

柴田 和憲 (東京大学 M2)
8月2日 9:00 A (大会場)

世界初の重力波の直接検出を目指す計画として、日本では干渉計型重力波検出器 KAGRA の建設が進められている。KAGRA では基線長が 3km となっているのであるが、それでも重力波による鏡の変動は 10^{-20}m という非常に微小なものであるため、単純な Michaelson 干渉計では検出困難である。そこで KAGRA では Fabry-Perot cavity を腕に配し (arm cavity)、また power recycling や signal recycling と呼ばれるテクニックによってこの問題の克服を図ろうとしている。本講演では、KAGRA における光学系について、その概要を説明したのち、特に arm cavity の制御について parametric instability という問題を挙げて解説したいと思う。

重力波検出器における標準量子限界の突破

観器
26a

高倉 理 (大阪大学 M2)
8月2日 9:15 A (大会場)

今まで地上重力波検出器は重力波の直接観測に成功していない。しかし、現在、年数十イベントの重力波観測が期待される感度を持つ次世代地上重力波望遠鏡が世界中で建設されており、欧米では advanced LIGO, advanced Virgo が、日本では KAGRA (旧 LCGT) が建設中である。これらの検出器が目標の感度を実現できれば、重力波天文学が拓ける日も近いだろう。しかし、これら大型レーザー干渉計型重力波検出器の感度はショットノイズと輻射圧ノイズの不確定性関係によって決まる標準量子限界 (Standard Quantum Limit) に迫りつつあり、現在の検出方法のままでは原理的にこれ以上感度を上げることができない。さらに感度を上げ、重力波天文学を発展させるには、SQL を破る測定方法の考案、および、実験による実証が必要となる。本講演では現在までに考えられている SQL を超える観測方法について、レビューを行う。

[1] S. L. Danilishin & F. Y. Khalili Living Rev. Relativity 15 (2012), 5

干渉計型重力波検出器における QND 測定について

観器
27a

中野 雅之 (東京大学 M1)
8月2日 9:30 A (大会場)

重力波は高速で伝わる時空の歪みの波であり、Einstein の一般相対性理論によって 1916 年に予言された。現在、日本では干渉計型重力波検出器 KAGRA の建設が進められている。重力波の測定には、鏡の変動を 10^{-20}m の感度で測定する必要があり、重力波の信号は非常に微小な雑音にも埋もれてしまう。

将来的に、重力波検出器の検出感度は量子雑音によってリミットされる。そこで、量子雑音を低減させるための方法として QND 測定が考えられている。QND 測定とは、真空場のスクイーミングを利用することで、量子雑音の一つである輻射圧雑音を低減させる測定方法である。

本講演では、干渉計型重力波検出器において利用可能なポンデロモータィブスクイーミングを利用した QND 測定の概要を説明し、QND 測定実験における困難と、今現在研究が進められているその解決策について説明する。

観器
28a

干渉計型重力波検出器 KAGRA における低温技術

牛場 崇文 (東京大学 M2)
8月2日 9:45 A (大会場)

現在、地上の重力波検出器として主流となっているのはレーザー干渉計型重力波検出器である。これはレーザーの干渉を用いて干渉に用いた鏡の位置の変化を 10^{-20}m 以下という非常に高い精度で精密に測定することにより重力波を直接検出する検出器である。しかしながら 10^{-20}m という距離の変化を読み取ることは容易ではなく、日本の重力波検出器 KAGRA では様々な工夫を凝らしこれを実現する。そのような工夫の中でも海外の干渉計型重力波検出器にはない特徴として検出器を極低温まで冷却することがある。これは鏡の位置変動の原因となる鏡の熱雑音や鏡を吊るすワイヤーの熱雑音を抑えることが目的である。そして、このような冷却系には干渉計に対して振動を導入しないような冷却法が求められている。本講演では KAGRA における低温技術と低温化に伴う困難、そして現在考えられている困難に対する解決策に関して発表する。

.....

観器
29b

地上重力波検出器における地面振動雑音対策

関口 貴令 (東京大学 D1)
8月2日 10:00 A (大会場)

重力波を検出するための装置として現在主流なのはレーザー干渉計型検出器である。これはレーザーを用いて鏡の距離を精密に測定することにより重力波による時空の歪みを検出するものである。重力波による鏡の距離の変動は極端に小さい ($\sim 10^{-20}\text{m}$) ため、重力波以外の要因による鏡の振動は極力抑えなければならず、重力波検出器は常に振動雑音との戦いを強いられる。地上検出器において特に問題となるのは地面振動雑音である。重力波を観測するには重力波の観測周波数帯域 (10 Hz 以上) において、鏡の揺れを地面振動より 8-9 桁以上抑える必要があり、また干渉計を安定動作させるため低周波 ($\sim 0.1\text{Hz}$) の地面の揺れも 1 桁程度抑制することが求められる。本講演では、このように振動を極端に嫌う系においていかに装置を防振し地面振動から守るかについて、世界各地の地上重力波検出器 (LIGO, VIRGO, TAMA, KAGRA) の防振装置を例に引いて解説を行う。

.....

観器
30b

宇宙重力波アンテナ DECIGO 及び DECIGO Pathfinder の試験マス制御系の開発

Chen Dan (東京大学 D1)
8月2日 10:03 A (大会場)

重力波とは、質量を持った物体の運動によって生じる、時空の変化が波として空間を伝わる現象で、その高い透過性のため、電磁波では観測ができない初期宇宙の観測や超新星爆発のメカニズムの解明などが期待されている。観測には主にレーザー干渉計が用いられ、現在世界中で数 km 級の地上干渉計の開発が進められ、初検出を目指している。地上干渉計の 1 つである大型低温重力波検出器 KAGRA の次の計画として DECIGO 計画が進められている。DECIGO とは宇宙空間におけるレーザー干渉計型重力波検出器で、干渉計の大きさは 1000km で、初期宇宙などから飛来してくる低周波重力波の観測を行うことが目的である。DECIGO の 1 ユニットは干渉計を構成す

るため 3 つの衛星から成り立っており、3 つの衛星がそれぞれドラッグフリー制御され、衛星間の距離を保ったままに太陽周回軌道で飛行することが求められている。この DECIGO の前哨衛星として DECIGO Pathfinder (DPF) が計画されている。DPF は衛星内に 30cm の小型干渉計を持ち、地球周回軌道に投入される予定である。その目的は重力波や地球重力場の観測、それにドラッグフリー制御などの DECIGO の主要技術の宇宙検証である。ドラッグフリー制御には試験マスを制御し保持する機構の開発が必要で、現在国立天文台などで開発が行われている。本発表では DECIGO 及び DECIGO Pathfinder を紹介した後、試験マス制御系の開発について報告する。

.....

観器
31b

可視光ファブリ・ペロー分光撮像装置の開発

橋場 康人 (東京大学 M2)
8月2日 10:06 A (大会場)

銀河のような天体において、広くかつ空間分解能よく星生成史を調べるには、ファブリ・ペロー分光撮像が最適である。例えば、 $H\alpha$ から Myr のタイムスケールの年齢、バルマー線や酸素・窒素・硫黄などの禁制線から金属量を求めることができる。また、Balmer decrement から減光量の推定も可能である。この装置は、浜松ホトニクス社製の $2k \times 1k$ CCD と Scientific Solutions 社製の液晶型エタロン (口径: 68mm, λ : 400-950nm, $R \sim 1000$) を用いた。次数選択フィルターは、現在までに近傍銀河用の $H\beta\lambda 4861$, $H\alpha\lambda 6563$, $[NII]\lambda 6584$, $[SII]\lambda 6717$, $[SIII]\lambda 9069$ を製作した。フィルターは全部で 12 枚収納可能であり、今後、必要に応じて他の狭帯域や広帯域フィルターを製作する予定である。また、分光観測用にグリズム (75 grv/mm, $R \sim 400$) も使用できる設計とした。現在、装置全体の設計・製作が完了し、性能評価を進めている段階である。カメラ部分はできるだけコンパクトで低価格なカメラを目指し、ツインバード工業社製の冷凍機 SC-UD08 を Dewar に直接固定する設計にした。心配された検出器の振動は、レーザーを用いた試験により十分小さく抑えられる結果が得ている。また、真空冷却試験の結果、一週間以上観測に十分な真空度と冷却温度を保つことができ、Dewar として十分な性能が確認されている。本講演では、カメラ部分を中心に装置の概要及び性能について報告する。

.....

観器
32b

可視・近赤外線同時観測装置 HONIR と読み出しボードの開発について

宇井 崇紘 (広島大学 M2)
8月2日 10:09 A (大会場)

広島大学は東広島天文台に口径 1.5m 望遠鏡「かなた」を所有している。「かなた」は中型口径望遠鏡でありながら機動力に優れ、GRB などの突発天体の観測で力を発揮する。そのような突発天体においては短時間内に多くの情報が得られる観測が有効であり、広島大学では 2006 年より可視・近赤外線同時観測装置 HONIR の開発を行ってきた。現在 HONIR には可視検出器に $2K \times 4K$ の完全空乏型 CCD、近赤外線検出器に $2K \times 2K$ の HgCdTe アレイが搭載され 2 バンドの同時観測が可能で、今年度中にも偏光と分光モードの立ち上げを行い、通常観測を行う予定である。これまで検出器の駆動は、国立天文台の中屋氏が開発した汎用コントローラ Messia5 を用い、CCD は

M-front5、赤外検出器は MACS2 を介して読み出していたが、MACS2 については赤外検出器自身が対応している高速 16ch 読み出しには対応していない。また、老朽化やノイズの問題もあることから、我々は新しい赤外検出器 読み出しシステムの開発に取り掛かっている。この読み出しシステムのプロトタイプには、木曾観測所で用いられている CCD 読みだしボード「KAC(Kiso Array Controller)」を選定し、東京大学の酒向氏の指導を得ながら、我々の検出器に対応する用に 設計を変える方針で開発を進めている。本発表では、HONIR 全体の紹介に続き、現在私が行っている近赤外線検出器の読みだしボードの開発について詳しく紹介する。

気球による銀河面偏光観測プロジェクト PILOT の紹介

観器
33a

三澤 瑠花 (CNRS/Université Paul Sabatier D1)

8月2日 14:30 A (大会場)

PILOT(Polarised Instrument for Long-wavelength Observation of the Tenuous ISM) プロジェクトとは、 $1^\circ \times 0.8^\circ$ の視野を持つ主鏡 0.83m の望遠鏡を用いて遠赤外線銀河面の直線偏光マップを作るプロジェクトであり、フランスを中心としたイギリス、イタリア、ポルトガルの4カ国の協力のもとで遂行されている。観測に用いるフィルタの中心波長は $240 \mu\text{m}$ 、 $550 \mu\text{m}$ であり、分解能は $550 \mu\text{m}$ において $3'$ である。検出器は Herschel/PACS の後継器を用い、また 2048 のボロメータアレイを備えている。2012 年カナダでファーストライトを予定している。本講演ではプロジェクトの概要と装置開発の状況を紹介します。

野辺山 45m 電波望遠鏡に搭載する 45GHz 帯両偏波新受信機の開発

観器
34b

徳田 一起 (大阪府立大学 M1)

8月2日 14:45 A (大会場)

現在、我々は野辺山 45m 電波望遠鏡に搭載する 45GHz 帯両偏波新受信機の製作を行っている。私は、新受信機に搭載する直交偏波計 (OMT) の開発を行った。星形成過程では、磁場が重要な役割を果たすと考えられている。しかし、その一方で分子雲コア領域の磁場強度に関しては観測的研究が進んでいない。磁場の向きや強度を直接とらえることのできるゼーマン効果の検出は、非常に高感度かつ長時間の偏波観測が必要である。OMT とは天体からの信号を直交する 2 つの偏波に分離する導波管コンポーネントである。開発にあたって、ALMA Band4(Asayama et al 2009) などで実用化例のあるダブルリッジ型を採用した。これは導波管の加工精度を保ちやすく、かつ導波管限界にせまる広帯域の OMT が実現できるからである。OMT の設計において、私はまずモデルの電磁界シミュレーションを行った。その結果、35~50GHz において、インサレーションロス $<0.2\text{dB}$ 、リターンロス $>20\text{dB}$ 、交差偏波レベル $>40\text{dB}$ という非常に低損失かつ高い偏波分離度を達成した。現在、シミュレーションを元にしたモデルの製作が完了し、ベクトルネットワークアナライザを用いて評価を行っている。今後は 45m 電波望遠鏡に搭載し、偏波観測を行っていく。

[1] S. Asayama and M. Kamikura J Infrared Milli Terahz Waves (2009) 30:573-579

1.85m 電波望遠鏡搭載 230 GHz 帯両偏波 2SB 受信機の開発

観器
35b

太田 裕也 (大阪府立大学 M2)

8月2日 14:48 A (大会場)

我々は、ミリ波・サブミリ波帯での広域サーベイ観測による分子雲の物理的状態の解明を目的とした口径 1.85m の電波望遠鏡の開発を進めている。観測は長野県野辺山にて 230 GHz 帯両サイドバンド受信可能な超伝導ミクサを用いて行われ、 ^{12}CO 、 ^{13}CO 、 $\text{C}^{18}\text{O}[J=2-1]$ の 3 つの回転遷移スペクトルを同時受信する。昨観測シーズンには直線片偏波受信で雑音温度 60K 程度を達成し、約 5 か月間の広域観測を行った。

我々はさらに観測効率を 2 倍にするため、230GHz 帯導波管セブタム型直線偏波分離器 (OMT:Ortho-Mode Transducer) の開発を行ってきた。性能評価を常温で行った結果、210-250GHz において両偏波部ともにインサレーションロスが 0.5dB、リターンロスが 20dB、アイソレーションが 25dB 程度と得られ、観測に使用可能と判断した。

昨観測シーズン終盤にこの OMT と両偏波用コルゲートホーンを搭載した。その結果、IF 出力全てでスペクトルを受信し、直線両偏波受信のファーストライトを達成した。

本講演では、次期 1.85m 電波望遠鏡に搭載する受信機システムの開発・進捗状況を報告する。

POLARBEAR2 における極低温光学チェンバーの開発

観器
36b

井上 優貴 (総合研究大学院大学 M2)

8月2日 14:51 A (大会場)

POLARBEAR2 は宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) の B-mode 偏光を観測する事でインフレーションモデルを検証する事を目的とした地上実験である。POLARBEAR2 は 250mK に冷却した 7500 個の TES ボロメータを用いてチリのアタカマ (5100m) で観測する。POLARBEAR2 が目指す感度の実験を行う為には、光学系を極低温光学チェンバーの中で冷却し検出器への輻射を抑える必要がある。しかし、POLARBEAR2 は多素子の検出器面を用いる為に検出器面と口径を大きくする必要があるが、口径が大きくなると外からの輻射の影響が大きくなり観測が困難になる。従って、高感度の観測を行う為には綿密な熱設計を行った極低温光学チェンバーの開発が必要不可欠である。本講演は POLARBEAR2 で講演者が行っている極低温光学チェンバーの開発について発表する。

GAPS 気球実験における姿勢制御システム

観器
b

中村 史彦 (東海大学 M2)

8月2日 14:54 A (大会場)

ダークマターの解明は、宇宙物理学的に重要な課題である。GAPS 気球実験は、宇宙線中の低エネルギー反重陽子の検出によってダークマターの間接探索を目指す。最終的には、初期宇宙に関する未知の現象を解明して行く事が目的である。観測器を大気球に搭載して高度 35km まで上昇させて観測を行う。その実験において観測器の向きを安定させておく事は、太陽電池による電力供給のためや、気球と観測器を繋ぐロープの振れを解消させるため非常に重要であり、難しい事である。本発表では、観測器を安定させる

ための姿勢制御システムに着手し、そのために行った実験及び考察を議論する。

[1] Ph. von Doetinchem, et al.2010,arXiv:1012.0273v1 [astro-ph.IM]

[2] J. E. KOGLIN1, et al,2007,Antideuterons as an Indirect Dark Matter Signature: Design and Preparation for a Balloon-born GAPS Experiment

観器
37a

ASTRO-H 衛星に搭載するアクティブシールドに用いる BGO シンチレーターのフライト品試験

西田 瑛量 (東京大学 M2)

8月4日 9:00 C (小会場)

2014 年打ち上げ予定の ASTRO-H 衛星には、10 keV 以上を受け持つ装置として、硬 X 線撮像器 (Hard X-ray Imager; HXI) と軟ガンマ線検出器 (Soft Gamma-ray Detector; SGD) が搭載される。それぞれ 5–80 keV、40–600 keV の帯域で「すざく」衛星を大きく上回る検出感度を 目指す [1]。感度達成に重要な役割を果たすのが、BGO($\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$) 結晶とアバランシェフォトダイオード (APD) を用いたアクティブシールドである。反同時計数により観測方向からの信号と区別し、低バックグラウンドを実現する。APD は低電力で小型の素子であり、BGO は Bi の原子番号が大きく、ガンマ線バックグラウンドに対するシールド効果が高い。しかし、他のシンチレーターに比べて BGO は発光量が少なく、屈折率は 2.15 と大きい。従って、反同時計数のエネルギー閾値 (LD) をどこまで下げられるか、APD による読出しをいかに工夫するかで感度が決まる。BGO 結晶は、両装置で計 100 個近くを使用する。これまでの結晶単体での測定では、良好な性能を確認した。これまでの試作品の測定では、開発研究に基づいた推定値とほぼ一致する結果を得た。これを受けて、フライト品での測定結果を推定した。

[1] T. Tadayuki et al., Proc.of.SPIE, Volume 7732, pp. 77320Z-77320Z-18 (2010).

観器
38a

衛星搭載用 X 線 CCD カメラの性能向上に向けた評価システムの構築

近藤 恵介 (総合研究大学院大学 M1)

8月4日 9:15 C (小会場)

本講演では、X 線 CCD カメラの性能向上をめざした、現在と今後の取り組みについて発表する。X 線 CCD カメラは、およそ 0.4–12keV の X 線を撮像・分光する観測装置で、X 線望遠鏡の標準的な焦点面検出器として、「あすか」「すざく」などで採用されてきた。これまでは、信号電荷のキャリアが電子である N-channel 型 CCD を使ってきた。一方で、2014 年打ち上げ予定の次期 X 線衛星 ASTRO-H に搭載する X 線 CCD カメラ SXI(Soft X-ray Imager) では、検出器として有効な空乏層を厚くすることができるため、信号電荷のキャリアがホールである P-channel 型 CCD を採用する。試作された CCD は目標の性能を満たしているが、P-channel 型の素子を宇宙空間で使用するのには ASTRO-H が初となるため、十分な解決方法が確立していない課題も残されている。そのため、ASTRO-H に向けて試作された素子の性能評価に関するデータをさらに収集、検討することで、ASTRO-H 以降の X 線 CCD に向けた P-channel 素子では、さらなる性能の改善ができる可能性がある。現在我々は、小型の試作品 CCD を用いて、地

上の実験室で、電気的な動作条件を実際の運用時に可能な限り近づけ、その状況下での CCD 素子の動作試験、性能評価を行い、性能の向上に向けた取り組みを行っている。

観器
39a

ASTRO-H 搭載 X 線 CCD カメラのコンタミネーション対策

井澤 正治 (東京工業大学 M1)

8月4日 9:30 C (小会場)

我々の研究グループでは、2014 年打ち上げ予定の X 線天文衛星 ASTRO-H に搭載される軟 X 線撮像検出器 (Soft X-ray Imager : SXI) の開発を行っている。SXI は軟 X 線望遠鏡の焦点面に置かれる X 線 CCD カメラである。観測する X 線のエネルギー範囲は 0.4–12 keV であり、5.9 keV において 150 keV 以下のエネルギー分解能で撮像分光を行う。近年、人工衛星に搭載される観測機器がより高感度、高精度になるにつれ、衛星から放出されるアウトガスによるコンタミネーション (汚染) が問題となってきている。そのため、衛星開発においては適切なコンタミネーション対策を講じる必要がある。SXI が観測対象とする軟 X 線、なかでも 1 keV 以下のエネルギーの軟 X 線は容易に吸収されてしまう。また、CCD を -120°C に冷却して使用するため、アウトガスはこのような低温の表面に吸着する傾向がある。したがって、CCD にアウトガスが吸着すると軟 X 線が吸収され、検出器の感度が低下する。SXI の場合、アウトガス源として最も注意すべきは、センサー内にある電子回路基板である。そこで、電子回路基板と CCD は 2 つの部屋に分けて置かれている。しかし、部屋を隔てるしきり板にはわずかな隙間があるため、電子回路基板からのアウトガスの一部が CCD に吸着してしまう。したがって、電子回路基板からのアウトガスは十分少ない必要があり、本研究ではその許容量を評価するとともに試作電子回路基板について実際のアウトガス量の測定を行った

[1] 清水一真、修士論文「衛星搭載 X 線 CCD カメラのコンタミネーション対策」、東京工業大学 (2011)

[2] 堂谷 忠靖、井上一、小賀坂 康志、竹島 敏明、「衛星搭載 X 線検出器のアウトガス対策」

[3] 村上 弘志、「SXI body の二部屋間の許容値」

観器
40a

次世代 X 線マイクロカロリメータのための最適微分フィルタの実装

山口 直 (埼玉大学 M1)

8月4日 9:45 C (小会場)

X 線マイクロカロリメータは、X 線天文衛星に搭載される観測装置で、X 線光子のエネルギーを受光素子の温度上昇として測定する X 線分光器である。100 mK 以下の極低温で動作し、FWHM で 7 eV 以下のエネルギー分解能を達成する。センサーからの波形信号はデジタル変換され、機上のデジタル波形処理系によって光子のエネルギー測定が行われる。デジタル波形処理装置では時間微分を計算し、微分値が閾値を超えたものを光子イベントとする。次に、イベント波形全体を最適フィルタ処理し、光子による温度上昇を測定するが、このときイベントパルスが定常状態に戻る前にさらに X 線光子が入射する重畳イベントを慎重に除去する必要がある。従来は重畳イベント検出に CPU を用いており、取得したパルスの微分波形から平均微分波形を差し引くことで重畳成分の検出を行う。しかし、多素子化が求められる次世代の X 線マイクロカロリメー

タでは、このような逐次的な CPU 処理では間に合わなくなる。そこで、比較的容易に高速並列処理ができる FPGA 上で 2nd パルスの検出を実現すべく、有限インパルス応答フィルタ法を利用した微分方法を開発している。我々はこのロジックを FPGA に実装し、rise と fall の時定数がそれぞれ 1 ms, 2.7 ms の半導体マイクロカロリメータの波形を用いて、1st パルスの 2 ms 後に到来した強度比 1/13 の 2nd パルスの検出に成功した。これは従来の単純な微分法での同条件での限界である強度比 1/4 を大きく上回る性能である。

ASTRO-H における SpaceWire の時刻コード抜けに対する堅牢性の検証

観器
41a

杉本 樹信 (埼玉大学 M1)
8月4日 10:00 C (小会場)

天体の X 線観測において装置の高感度・高解像度・高エネルギー分解能と共に観測時刻精度も重要な要素である。例えば、かに星雲パルサーは衛星の X 線ピーク到達と地上の電波ピーク到達で 300 マイクロ秒の差があるので、両者を比較するために 30 マイクロ秒程度の絶対時刻精度が必要である。次期天文衛星 ASTRO-H では通信プロトコル SpaceWire を利用してデータの送受信を行い、衛星時刻 (TI) も同様に上位ノードから各観測機器に配信される。しかしその時間分解能は 15.625 ミリ秒しかないため、科学要求の 30 マイクロ秒には達しない。そのため各観測機器に TI と非同期ながらより時間分解能の高い (25.6 マイクロ秒) 時計 (LocalTime) を搭載し、TI と LocalTime を対照する Lookup-Table を作り、出力することで大きな時刻情報から細かな時刻情報までを得て、地上でのデータ処理において、観測データに紐付けする「時刻付け」を行う。TI を利用して Lookup-Table を作成するため、ノードやケーブルの不具合等で TI の配信が止まるとその間の Lookup-Table は作成されない。その場合前後に作成された Lookup-Table より内挿して時刻付けされるが、当然、誤差は大きくなる。我々は TI が配信されない時間とそのときの Lookup-Table の誤差を調べ、目標とする絶対時刻精度を満たす条件、すなわちこの時刻付けシステムの堅牢性を検証した。本講演では、この実験の結果を報告する。

次期 X 線天文衛星 ASTRO-H に搭載される軟 X 線望遠鏡 (SXT) の地上性能評価

観器
42a

富川 和紀 (首都大学東京 M1)
8月4日 10:15 C (小会場)

2014 年度打ち上げ予定の次期 X 線天文衛星 ASTRO-H は、0.3 keV から 600 keV という広帯域で、ブラックホールや超新星残骸、高温プラズマに満たされた銀河団などを観測し、宇宙の構造や進化の解明を目指す。このうち、10 keV 以下の軟 X 線バンドの集光結像は軟 X 線望遠鏡 (SXT) が担う。カロリメーター (SXS-XCS) や CCD カメラ (SXI) の焦点面検出器と組み合わせ、X 線の撮像分光観測を実現する。X 線は屈折率が 1 よりもわずかに小さく、鏡面に 1° 程度で斜入射したとき、全反射の条件を満たす。この特性を利用し 10 keV 以下の X 線の集光・結像を実現した物が SXT である。150, 230, 300 μm の薄い反射鏡を同心円状に約 200 枚並べることで、軽量でありながら大きな有効面積を得ることができる。我々は 2011 年秋に宇宙

科学研究所の 30m ビームラインを使用し、SXT EM(エンジニアリング・モデル) の性能評価を行った。Al-K α (1.49 keV) および Ti-K α (4.5 keV) の特性 X 線でペンシルビームを作りラスタースキャンした結果、有効面積はそれぞれ 147 cm^2 および 116 cm^2 、また結像性能は Ti-K α で 1.27 arcmin であることがわかった (暫定値)。当講演では測定方法も合わせ、これらの性能評価についての報告を行う。

ASTRO-H 搭載用硬 X 線望遠鏡 (HXT) 1 号機の性能評価

観器
43a

滝澤 峻也 (名古屋大学 M1)
8月4日 10:30 C (小会場)

名古屋大学では 2014 年に打ち上げ予定の次期 X 線天文衛星 ASTRO-H に搭載する硬 X 線望遠鏡 (HXT) の開発、製作を行っている。HXT は ASTRO-H に 2 台搭載予定の多重薄板型の X 線望遠鏡で、1 台につき 1278 枚の反射鏡を使用する。2010 年 7 月から反射鏡の大量生産を始め、2012 年 4 月に 1 台目 (HXT-1) の望遠鏡部分の完成に至った。2012 年 5 月に大型放射光施設 Spring8 で HXT-1 全体の光学調整と性能評価を行った。HXT の性能を求めるには HPD (Half Power Diameter)、有効面積の 2 つの指標を用いる。HXT-1 の HPD の要求値は 1.7 分角以下、有効面積の要求値は 30keV で 150 cm^2 以上、50keV で 55 cm^2 以上である。5 月の測定では HPD は 1.96 分角、有効面積は 30keV で 193.7 cm^2 、50keV で 95.2 cm^2 と出た。本講演では HPD と有効面積の測定方法と結果について報告する。

ピエゾ・アクチュエータを用いた X 線望遠鏡の光学調整

観器
44a

黒田 祐司 (名古屋大学 M1)
8月4日 10:45 C (小会場)

2014 年に打ち上げ予定の次期 X 線天文衛星 ASTRO-H に搭載する硬 X 線望遠鏡 (HXT) は多重薄板型の構造をとる。この望遠鏡の結像性能を決める誤差要因は幾つかあり、その一つにアライメント・バーの位置決め誤差がある。この誤差は、アライメント・バーの位置補正量を測定し、その量だけ位置調整をする「光学調整」と呼ばれる一連の操作により低減できる。従来の光学調整では、位置決め誤差を ± 0.5 分角まで改善できる一方で、全てのバーの位置調整に 2 週間近くを要しており、効率面に課題があった。これを解決するため、本研究ではピエゾ・アクチュエータを用いた新しい光学調整機構の開発を行った。この結果、光学調整にかかる時間を従来の約半分に軽減することができ、位置決め誤差を $-0.2 \sim +0.3$ 分角に抑えることに成功した。本講演では、ピエゾ・アクチュエータを用いた光学調整機構の紹介をし、その成果について報告する。

将来衛星に向けた超軽量、高分解能 MEMS X 線光学系の開発

観器
45a

垣内 巧也 (首都大学東京 M1)
8月4日 11:00 C (小会場)

我々は次世代 X 線天文衛星に向けた新たな X 線光学系を開発している。X 線の物質に対する屈折率は 1 よりもわずかに小さいため、一般的に全反射を用いた斜入射光学系

が広く用いられる。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になる。しかし宇宙からの X 線は地球大気によって吸収されてしまうので衛星等に搭載して観測する必要がある。そこでマイクロマシン (MEMS) 技術を用いた我々独自の世界最軽量、高分解能の X 線光学系の開発を行っている。シリコンドライエッチングによって、幅 20 μ m 深さ 300 μ m 程度の高アスペクトの曲面穴構造体を製作し、その側壁を X 線反射鏡として利用する。側壁を平滑化するために Ar アニールや磁気研磨、ALD を行い、さらに高温塑性変形により球面状に変形を行う。最後に異なる曲率で変形した光学系を多段に重ねるアライメントを行うことにより Wolter I 型光学系が完成する。我々はシリコンドライエッチングとアニール、球面変形を用いて製作した 1 回反射型 4 光学系に Al K α 1.49 keV を照射し、X 線結像に世界で初めて成功した。最新の結像での反射率は 0.8 deg 入射で 86 % 程度であり、角度分解能は 14 分角である。さらに 2 回反射型光学系での可視光結像に成功した。角度分解能は 6.1 分角である。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。

- [1] Ezoe et al. 2010 MST
- [2] Ezoe et al. 2012 Opt.Let

位置天文観測衛星の撮像中の姿勢変動による像のずれの影響
 観器 46a 藤田 翔 (京都大学 M2)
 8月4日 12:15 C (小会場)

2013 年 11 月に Nano JASMINE と呼ばれる赤外線位置天文観測衛星が打ち上げられる。日本の衛星プロジェクトである。位置天文観測とは天球上の星の、地球からの距離を極めて正確に求めようとする衛星プロジェクトである。さて、精度良く星の位置を求めるためには、観測装置のフィルムに映る、衛星からの光の焦点 (点拡がり関数 PSF の中心) をいかに正確に求めるかが鍵となる。その星像の中心が星の位置であり、まずは観測装置のレンズの構造を解析して、理論的に得られる PSF を求める。この理論的な値に、レンズの変形 (wave front error) による効果等による誤差要因が加わってくる。この講演では、ある星を観測する際に必要な 10 秒程度の撮像時間の中で変動する星の姿勢のずれによる効果を含めて、それが理論値にどの程度影響を及ぼすかを定量的に考察したものである。これにより、宇宙空間の中で絶えず変動していく星に関して、その位置を精度良く求めることが可能になるわけである。

「あかり」と IRSF によるデブリ円盤の探査と、SPICA コロナグラフ装置の許容誤差解析
 観器 47a 尾関 真二 (名古屋大学 M1)
 8月4日 12:30 C (小会場)

惑星系形成過程で生成される微惑星同士の衝突により、惑星軌道上でまき散らされた固体粒子の熱放射は、超過放射成分として赤外線観測で検出できる (デブリ円盤)。最近、「あかり」の中間赤外線全天サーベイにより、主星近く (数 AU) での激しい岩石衝突の痕跡が見つかってきており、主星に近い軌道での惑星形成の最終段階について、観測的証拠が得られるようになった。現在、我々は「あかり」中間赤外線サーベイで検出した全ての主系列星に対し、名古屋大学の南アフリカ望遠鏡 (IRSF) で 2MASS よりも

精度の良い近赤外線測光を行い、主星輝度の決定精度を上げることで超過放射成分の判定精度を上げる試みを行っている。現在までに 16 個のデブリ円盤候補を新しく同定した。今後 700 個の観測・解析を行い、デブリが無い星についても下限値を示すことで、惑星形成過程の統計議論に必要な新しいデータセットを作成する。さらに我々は、次期赤外線天文衛星 SPICA に搭載予定のコロナグラフ装置 (SCI) で、これらデブリ円盤の内側の直接分光による物質の組成・物理状態の研究を計画している。SCI は、開口面形状 (瞳マスク) の工夫で主星像の広がりを低減し、主星近傍の暗い天体を検出する仕組みである。瞳マスク以外の部分でも波面精度の維持が重要となる。私は現在、望遠鏡と装置、また各光学素子間でのずれに対する、結像性能の解析を行っている (許容誤差解析)。

観器 (参加キャンセル)
 48a 8月4日 12:45 C (小会場)

新しい遠赤外線検出素子開発—BIB 型 Ge:Ga 素子の性能評価
 観器 49a 木幡 洸大 (名古屋大学 M1)
 8月4日 13:00 C (小会場)

これまで宇宙観測用の赤外線検出素子として、p 型半導体である Ge:Ga が広く用いられてきた。Ge:Ga 素子のような量子型検出器では、熱型検出器と比較して応答が速いことや信号検出のダイナミックレンジが広いという利点がある。さらに、素子を加圧することで検出感度が長波長側へ伸びる性質を利用し、赤外線天文衛星「あかり」では最大で 200 μ m 近い波長まで観測を行っていた。しかし長波長へ感度をもたせるためには加圧が必要であることから大規模アレイ化が困難なことや、光の入射に対して応答が遅れる過渡応答特性、宇宙放射線による感度異常などの問題を抱えていた。我々はこのような問題点を克服する素子として、表面活性常温ウエハ接合技術を用いて高ドーピング Ge:Ga と高純度 Ge を接合した Blocked Impurity Band (BIB) 型 Ge:Ga 素子の開発に取り組んでいる。Ga を高ドーピングすることによって加圧せずに幅広い感度帯をもつことや、薄い受光層でも十分な感度を稼げることから放射線ヒットの確率を減少させること、過渡応答を減らせることなどが期待されている。一方で不純物の増加によって引き起こされる暗電流は高純度 Ge 層によってブロックされることが、我々の実験からも確認されている。本公演では BIB 型 Ge:Ga 検出器実現に向け、上記の内容に関する、電流-電圧特性・光応答特性・波長感度特性等の実験結果を紹介する。

全天 X 線監視装置 MAXI/GSC の非 X 線バックグラウンドの性質とモデル化
 観器 50c 志達 めぐみ (京都大学 D1)

国際宇宙ステーション (ISS) に搭載された全天 X 線監視装置 (MAXI) のガススリットカメラ (GSC) は、過去最高の検出感度を有する全天 X 線モニタとして、2009 年 9 月以来約 3 年の運用により、多数の X 線新星を発見し、全世界への速報を行ってきた。GSC の検出感度を決定す

る主要因は非 X 線バックグラウンド (NXB) である。したがって、天体のフラックスを正しく見積り、非常に暗い X 線源を逃さず検出するためには、NXB のモデル化が必要不可欠である。そこで、我々は、宇宙線強度の指標となるパラメータとして、検出器でモニターするシールド部・シグナル検出部の同時計数カウント (VC カウント) を用いて GSC の機上データを解析し、NXB のカウントレートとスペクトル、検出機上の位置分布を調べた。その結果、VC カウントが大きいほど NXB レートは高く、スペクトルがハードになることが確認された。さらに、NXB レートはロシアの宇宙船ソユーズに搭載されたガンマ線高度計の影響も受けており、ソユーズの ISS ドッキング時にはカウントレートが 20% 以上増加することがわかった。我々は、この解析結果を用いて GSC の NXB モデルを作成した。さらに、このモデルを用いてシミュレーションを行い、実データの解析結果と比較することで再現性を調査した。本講演では、GSC 機上データの解析結果の詳細を報告し、NXB モデルの再現性について議論する。

[1] Matsuoka et al. 2009, PASJ, 61, 999

.....

公募企画

日時	8月3日 13:30 - 15:00
招待講師	山田 光利 氏 (個人事業主) 戸谷 友則 氏 (京都大学) 齋藤 芳子 氏 (名古屋大学)
座長	林 隆之 (東京大学 D2)、今瀬 佳介 (総合研究大学院大学 D2)、高橋 安大 (東京大学 D2)
概要	<p>「みせてもらおうか、修士・博士の実力とやらを」</p> <p>1990年代の大学院重点化以降、大学院生は急増した。例えば天文分野を例に見ると、以前には100人程度だった夏の学校の参加者数はここ数年400人に迫る勢いである。しかしながら現在、日本は少子化を迎え大学教員を始めとしたアカデミックポストは増える見込みがない。我々、増えた大学院生は今後どうなるのだろうか？</p> <p>本企画では、大学院重点化政策をレビューするとともに、社会における院卒資格の相対的意義を考える情報を提供したい。</p> <p>具体的には、</p> <ul style="list-style-type: none"> (A) 大学院重点化の政策的背景 (B) 研究に必要な能力は研究以外の分野でどこまで役に立つのか (C) 実際に大学院生の段階でどういった能力を身につけられるのか <p>といった趣旨の講演を各界から招いた講師に行って頂く予定である。</p> <p>そして最後に招待講師をパネリストとした議論を学生を交えて行い、参加者に社会の中での修士・博士という資格の意義を考えてもらおうと思っている。</p> <p>政策仕分けなどで大学のあり方が問われる中、大学院の在り方を見なおすとともに、大学院生である我々自身について考える一助になれば幸いである。</p>

■ その他

他

01c

大学院生出張授業プロジェクト (BAP) の活動報告 2012

篠木 新吾 (東京大学 D1)

大学院生出張授業プロジェクト (BAP) は、主に東京大学の大学院生からなる学生団体である。大学での研究活動の魅力を中心に高校生に伝えるために母校での出張授業を実施するとともに、このような出張授業を全国の大学院生に広めるべく活動している。2008年の設立以来行ってきた約70件の出張授業すべてにおいて、授業前には練習会を行うことで質の高い授業を作り、授業後には反省会やアンケートを実施することで一連のノウハウを蓄積してきた。また、出張授業をやってみたいと思っている他大学の大学院生へ我々が培ってきた一連のシステムを提供することで、出張授業を全国の大学院生に広めている。本講演では、主に過去2年間の活動について報告する。

.....