

太陽・恒星分科会

誰が為に星は光る

日時	7月28日 17:45 - 18:45 (招待講演: 飯田 佑輔 氏) 7月29日 9:00 - 10:00 7月30日 9:00 - 10:00(招待講演: 菅原 泰晴 氏), 10:15 - 11:15
招待講師	飯田 佑輔 氏 (宇宙科学研究所)「画像認識手法を用いて迫る太陽表面对流の磁場輸送」 菅原 泰晴 氏 (中央大学)「X線で見える恒星」
座長	須田武憲 (京大 M2)、三舛慧人 (九州大 M2)、川越淳史 (中央大 M2)、新井信乃 (お茶大 M2)
概要	<p>近年、日本の太陽観測衛星「ひので」による観測は太陽表面の微細構造を明らかにしており、あらゆる太陽活動への理解を深める重要な役割を果たしています。また NASA の「Kepler」やフランスの「Corot」といった系外惑星探査衛星により、多くの恒星の活動も明らかになってきました。特に、多くの太陽型星から検出されたスーパーフレア (太陽で観測された最大級のフレアの 10 1000 倍以上のエネルギーをもつフレア) は、太陽でもスーパーフレアが起きる可能性、系外惑星に対する影響など、ホットな話題を提供しています。このように、太陽と他の恒星を関連付けて理解することがますます重要になっていくなかで、新たな観測と、理論や数値シミュレーションの総合力をもって、太陽・恒星の研究を大きく前進させる時期が来ています。</p> <p>本分科会では太陽・恒星の幅広いテーマを取り上げ、広い角度から太陽・恒星の全体像を把握することを目指します。この試みにより専門分野を越えて多くの議論が行われ、知識の共有や新たな発見が生まれることを期待しています。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研究者を 2 名招待し、最新の研究を紹介していただきます。最先端の研究を肌で感じ、参加者のさらなる研究意欲をかきたてられることでしょう。皆が持っている太陽・恒星に関する知識やアイデアを結集し、本分科会が日本における太陽・恒星の研究をさらに加速させる エネルギー源となるよう期待しています。</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性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>

飯田 佑輔 氏 (宇宙科学研究所)

7月28日 17:45 - 18:45 B(大コンベンションホール)

「画像認識手法を用いて迫る太陽表面对流の磁場輸送」

画像認識手法と太陽観測衛星ひのでのデータを用いた太陽表面における磁場輸送過程の解析を紹介する。

私達の最も身近な恒星である太陽は、11年の周期でその磁気活動を周期的に変化させるが、そのメカニズムにはまだ謎が多い(太陽ダイナモ問題)。標準的な太陽ダイナモシナリオでは、表面对流による磁場の輸送係数が重要なパラメータに挙げられる。太陽表面对流による磁場の輸送は、古く Leighton(1965) で提案されたように、磁場発展方程式における拡散項として取り扱われてきた。しかしながら、そのような取り扱いは理論・観測のどちらからもサポートはなく、“太陽表面对流による輸送をどう扱うべきか”という問題は、未解決であると言える。本研究は、この問題を解決すべく観測データ内の各磁場要素移動の統計性質を調べた。

近年の観測技術の進歩、特に宇宙からの衛星観測技術によって、太陽表面の多くの対流要素や磁場要素が安定して捉えられるようになってきた。このことは、各磁場要素の移流素過程からグローバルな取り扱いが可能であることを意味する。しかしながら、これらの構造は太陽全球スケールに比べて小さく、決定的な結論を得るためには莫大な数についての解析が必要がある。このような解析を人の目だけで行うことは、現実的に不可能に近い。本研究では画像の自動認識を利用してこの困難を解決したことを強調したい。

発表では、太陽ダイナモ問題や太陽表面磁気対流について丁寧なイントロダクションを行い、これらの解析結果とそこからダイナモ問題への議論について紹介する。

1. A. Nordlund, R. F. Stein and M. Asplund Living Rev. Solar Phys. 6 2 (2009)
2. V. I. Abramanko, V. Carbone, V. Yurchyshyn, P. R. Goode, R. F. Stein, F. Lepreti, V. Capparelli and A. Vecchio ApJ 743 133 (2011)
3. R. B. Leighton ApJ 140 1547 (1964)

菅原 泰晴 氏 (中央大学)

7月30日 9:00 - 10:00 B(大コンベンションホール)

「X線で見える恒星」

恒星は質量によって、異なる物理現象を起こし、異なる進化を辿る、多種多様な天体である。この恒星で起きる物理現象(例えば、フレアのような爆発現象)は、地上ではできないプラズマ実験場として最適である。また、恒星進化の理解は、銀河、しいては宇宙の進化そのものの解明に直結する天文学の最重要命題の一つである。

本講演では、恒星のX線観測結果に関するレビューを行い、「恒星からどんな情報を引き出せるか？」にフォーカスを当ててお話しする。本講演でお話するトピックとして以下のものを予定している。(1) X線観測のメリット・デメリット、(2) 小質量星からのX線:フレアとコロナ、(3) 大質量星からのX線:星風とそれらの衝突、(4) Astro-Hを用いた次世代のX線観測について。恒星は多種多様であり、講演時間が限られているが、できるだけ参加者の方々が専門分野を越えて多くの議論が行われるような講演にしたい。

恒星 a1 黒点ライトブリッジのダイナミクス

加納 龍一 (東京大学地球惑星科学専攻 M1)
 コロナ加熱問題を解決するにあたって、光球とコロナをつなぐ彩層のダイナミクスを理解することは重要である。そこで、彩層と光球の関係を調べるために、太陽黒点を裂くようにしばしば現れるライトブリッジという領域に着目して解析を行った。ライトブリッジの特徴として光球で超音速のダウンフローやライトブリッジに沿った電流が観測されることが知られているが、ダウンフローや電流が生じる原因、タイムスケール、彩層との対応関係はよく知られていない。

本会では参考文献に挙げた Shimizu(2011) の論文を基盤にしつつ、先行研究で調べられたものとは別の、短い撮像間隔で幾つかの衛星が同時観測を行ったライトブリッジの解析結果を紹介する。

1. Shimizu, T. 2011, ApJ, 738, 83S

恒星 a2 太陽フレアのトリガとなる磁気中性線付近の磁場構造

川畑 佑典 (東京大学地球惑星科学専攻 M1)
 太陽フレアは蓄積された磁気エネルギーが突然解放されて熱エネルギーや運動エネルギーに変換される現象である。フレアは黒点群が存在する活動領域において観測され、エネルギー解放メカニズムとしては磁力線が繋ぎかわる磁気リコネクションによるものであると考えられているが、フレアのトリガのメカニズムについてはよくわかっていない。

活動領域には磁場の極性が正から負に切り替わる地点である磁気中性線 (PIL) が存在し、フレア発生前にはこの磁気中性線に沿って長時間持続する (少なくとも5時間) シアの流れが観測されている (Na Deng et al. 2006)。また Kusano et al.(2012) ではこの磁気中性線において、シアの流れが存在するという条件に加え、ある特徴を持った磁場擾乱が局所的に存在する事でフレアが発生するというモデルを提案した。つまりフレアのトリガを調べるには、磁気中性線付近の磁場、及びシアの流れを詳細に解析する必要がある。

本発表ではフレアのトリガメカニズムに関わるこれらの論文を基に、太陽観測衛星ひのでに搭載された SOT により得られたデータの解析結果について報告する。

1. K. Kusano, Y. Banba, T.T Yamamoto et al. ApJ, 760, 81 (2012)
 2. B. W. Lites, H.Socas-Navarro and A.Skumanich Apj, 1131, 43 (2002)

恒星 a3 スーパーフレアを起こした太陽型星の高分散分光観測

野津 湧太 (京都大学宇宙物理学教室 M1)
 我々は、Kepler 宇宙望遠鏡の測光データの解析により、太陽型星 (G型主系列星) におけるスーパーフレア (最大級の太陽フレアの $10 \sim 10^4$ 倍、 $10^{33} \sim 10^{36}$ erg のエネルギーを放出) を多数発見した ([1] ほか)。太陽フレアは、黒点周辺の磁気エネルギーが突発的に解放される爆発現象である。スーパーフレアも同様の現象と仮定すると、そのエネルギーを説明するには、巨大な黒点の存在が必要である。一方、多くのスーパーフレア星では、準周期的な明るさの変動が観測されている。その振幅は、

黒点の影響による太陽の明るさの変動の振幅と比べてはるかに大きい。このことも、巨大黒点を持つ星が自転しているとすれば、説明が可能である ([2])。しかし、本当に太陽のような星で巨大黒点は存在するのか、分光観測による詳細な探査が重要である。

そこで我々は現在、すばる望遠鏡 HDS を用いて、スーパーフレア星の高分散分光観測を行っている (初期成果: [3] ほか)。本講演では、スーパーフレア研究全体の概要とともに、これまでに分光観測した 50 星について報告する。

観測の結果、50 星中 34 星では、連星の証拠は見られなかった。これら 34 星について、詳細な解析を行った。まず、自転の効果による吸収線の広がりや測定し、星の射影自転速度を求めた。求めた値は、星の自転軸の傾斜角の影響を考慮すれば、明るさの変動 (上述) の周期から推定した自転速度と矛盾しなかった。次に、Ca II の吸収線の強度 (星の彩層活動を反映する) を測定し、星の他の性質と比較した。その結果、明るさの変動振幅との間に相関が見られた。特に、大黒点の存在が予想される明るさの変動振幅の大きな星は、例外なく高い彩層の活動性を示した。これら 2 点から、上記の明るさの変動は、巨大黒点を持った星の自転で説明できることが支持される。

1. Maehara, H. et al. 2012, Nature, 485, 478
 2. Notsu, Y. et al., 2013, ApJ, 771, 127
 3. Nogami, D. et al., 2014, PASJ, 2014, 66, L4

恒星 a4 中質量星からの恒星風駆動と質量放出率の決定機構を理解するための数値シミュレーション研究

西澤 淳 (名古屋大学理学研究科素粒子宇宙物理学専攻 Ta 研 (理論宇宙物理学研究室) M2)

宇宙空間のあらゆる恒星は恒星風を吹き出して質量放出をしている。太陽型星の恒星風駆動には磁気流体波動の一種である Alfvén 波が重要な役割を果たしていると考えられている。本研究では、恒星の質量放出率がどのように決定されているかを規定するために、数値シミュレーションを用いて恒星風の運動エネルギーを計算している。光球表面での磁場や摂動速度の大きさを変えることにより、注入する Alfvén 波の Poynting フラックスを変化させ、恒星風の運動エネルギーがどのように変化するか調べた。磁気流体力学を用いて光球から恒星風へのエネルギー輸送のメカニズムのモデルを構築し、磁気流体シミュレーションを行った Suzuki et al.2013 によると、太陽型星 (太陽と同じ質量、半径、有効温度を持つ主系列星) から吹き出る恒星風の運動エネルギーと質量放出率の大きさは、光球表面における摂動速度の二乗と磁場に比例することが分かっている。

本研究では太陽よりも質量が小さい中質量星に注目して、同様のシミュレーションを行っている。中質量星における恒星風の運動エネルギーと質量放出率の各パラメーターに対する依存性について、太陽型星と比較したときの類似点と相似点を議論する。

1. Suzuki, T.K.&Inutsuka, S.2005, ApJL, 632, L49
 2. Suzuki, T.K.&Inutsuka, S.2006, J. Geophys. Res., 111, A06101
 3. Hakamada, K., Kojima, M., Ohmi T., Tokumaru, M., & Fujiki, K. 2005, Sol. Phys., 221, 111

恒星 a5 成長過程の superhump を用いた AM CVn 型 激変星の質量比の初めての推定

磯貝 桂介 (京都大学宇宙物理学教室 M1)

AM CVn 型激変星の連星の質量比はこれまで推定が不可能だった。しかし、理論的な推定方法が確立されたことを受け、初めて AM CVn 型の質量比を推定することが出来た。質量比を知ることは、連星の進化モデルを検証する上で非常に重要な意味を持つ。

激変星は白色矮星を主星に持つ近接連星系であり、軌道周期は数時間と非常に短い。その1つ AM CVn 型の特徴は、水素スペクトル線の欠乏と、普通の激変星よりも更に短い1時間未満の軌道周期である。また、伴星はヘリウム白色矮星であると考えられている。激変星では伴星から主星へと質量輸送が行われており、主星の周りには降着円盤と呼ばれる円盤状のダストが形成されている。降着円盤から主星への質量降着が原因で、激変星は outburst と呼ばれる突発的な可視の発光現象を示す。大規模なものは superoutburst と呼ばれ、このとき、同時に superhump という現象を起こす。superoutburst が最大で数等級の増光をして1~2週間続くのに対し、superhump は1時間ほどの軌道周期よりも数%長い周期で0.3~0.5等の光度変動を行う。superhump は連星の潮汐力が降着円盤に作用して引き起こす現象だと考えられている。そのため、superhump の周期は連星の質量比の関数となっている。これまでも superhump の周期から質量比を求める方法はあったが経験式であった。近年、superhump の中でも周期の変動があることが分かり、比較的周期の長い成長過程の superhump を使うことで、質量比を理論的に求める方法が確立された。今回、変光星 CR Boo の観測を通じて、AM CVn 型としては初めて成長過程の superhump を観測することに成功した。その結果、得られた質量比は激変星の進化モデルから予測される結果となった。

恒星 a6 明らかになってきた激変星進化の最終段階

中田 智香子 (京都大学宇宙物理学教室 M2)

激変星とは、軌道周期が数時間程度の、白色矮星を主星とする連星系である。伴星から主星への質量輸送により、主星の周りには降着円盤が形成されている。標準的な激変星の進化理論では、激変星は質量輸送を進めながら、軌道周期が短い方向に進化する。その後質量輸送が進んで伴星の縮退が始まる時、系は最小軌道周期に達し、それ以後は軌道周期が長くなる。これが激変星進化の最終段階であり、この状態に達した系を”period bouncer”と呼ぶ。激変星進化のタイムスケールは数十億年であり、現在の宇宙年齢を考慮すると、多くの系が period bouncer として存在しているはずである。しかし、現在の観測では period bouncer 候補の天体はほとんど見つからない。

最小軌道周期周辺の天体は、ほとんどがこの SU UMa 型矮新星とそのサブグループに属する天体となっている。矮新星とは、アウトバーストという3~5等程度の振幅で数日間続く増光を示す天体である。このうち、SU UMa 型は通常のアウトバーストに加え、スーパーアウトバーストと呼ばれるより明るく持続時間の長い増光を示す。スーパーアウトバースト中には、スーパーハンプという微小な光度変動がみられ、その変動周期は、系の軌道周期よりも数%長いことが分かっている。

近年、period bouncer の有力候補とされる2天体が発見された。これらの測光観測では、スーパーハンプの成長段階が長く続く、スーパーハンプの周期変化が大きい、減光速度が遅い、といった共通の性質が見られた。さらに我々は、それぞれ2011年と2013年に増光が観測された2天体も同様の性質を示すことを発見した。これにより、現在と同様

の手法で過去5年間行われてきた観測では、計4天体の有力な period bouncer 候補が観測されたと言える。また、最終進化段階にある天体は増光頻度が非常に低いとされている。これを考慮に入れて、我々はおおまかに period bouncer の密度を推定した。その結果、我々が period bouncer 候補とした天体により、理論と観測の乖離を埋められる可能性がでてきた。

恒星 a7 鹿児島大学 1m 光赤外線望遠鏡における観測データの自動解析パイプライン構築と脈動変光星の周期解析

山下 智志 (鹿児島大学 M1)

ミラ型変光星には、変光周期と絶対光度が比例するという周期光度関係がある。この関係を用いることで、天体までの距離推定が出来ることから、ミラ型変光星の天の川銀河系内立体分布の解明を目指している。鹿児島大学 1m 光赤外線望遠鏡では近赤外線カメラを用いて、現在350天体以上の脈動変光星のモニター観測をしている。とくにミラ型変光星は、国立天文台 VERA プロジェクトの年周視差による距離測定が行われている。近赤外線観測では、天体の明るさと変光周期が求まることから、VERA と協力し周期光度関係の高精度化を目標としている。

私達は、J,H,K' バンドの視野5.5分角を有する近赤外線カメラで観測を行い、画素数512×512のHAWAIIアレイを用いて撮像されるデータが得られる。今までの解析手順として、各個人が画像処理から測光までを手動で行っていたため、膨大なデータ解析に多大な時間が掛かり、結果にばらつきが生じていた。私はこの問題点を解決するために、自動解析パイプラインを構築した。解析パイプラインは観測終了後の毎朝8時00分に、自動的にデータ転送・画像処理・天体検出・測光を行っている。さらに、視野に写り込んでいる天体を2MASSカタログ(Two Micron All-sky Survey)と比較・同定することによって、等級較正やアストロメトリの解析を自動で行うことが出来る。これらの解析パイプラインは8スレッドの並列処理をさせることで、解析に要する時間は約10分程度で行われるようになり、変光星の予想周期を求め、周期を決定するために必要な観測を判断することが出来る。また、従来の解析やパイプラインによる解析の結果として、約600天体についての変光周期や光度曲線が得られており、VERA で得られている暫定的な周期光度関係を用いて、ミラ型変光星の天の川銀河系内立体分布を調査している。今後の開発として、検出天体のデータベース化を進めており、新規変光天体の発見に応用していく予定である。

恒星 b1 中間赤外線で大きく増光した天体について

小野里 宏樹 (東北大学天文学専攻 M2)

宇宙において、中間赤外線の主な放射源は温度が数百K程度のダストである。YSO や終末期の恒星の周辺にはしばしば大量のガスやダストが存在し、それは恒星の進化、銀河内の物質循環、化学進化の重要な要素である。現在までの研究で、中間赤外線の光度の時間変化は、晩期型星の脈動や原始星の間欠的増光に付随して起こりうるということがわかっている。比較的定常な状態のダストに関しては様々な研究が行われ、大きな成果が挙げられてきた。しかしながら、晩期型星内部の熱パルス、原始星の周りの降着円盤の不安定性などが原因となる恒星の大規模構造の変化は数年から数百年という天文学的には非常に短期間に生じると考えられている。そのような恒星進化の決定的な場面を直接観測することはその物理的背景を明らかにするためにきわめて重要であるが、そのような観測はほとんどない。そこで、IRAS、AKARI、WISE とい

う中間赤外線全天サーベイを行った人工衛星のカタログデータを用いてそのような非常にまれな天体を検出できないかを調べることにした。IRAS とその他の衛星の観測時期には 20 数年の間隔がある。この時間間隔は恒星の内部構造の急激な変化と再調整が外部への質量放出や増光として反映される最小の時間間隔に相当すると考えられる。このような天体を探すため、 $F_{\nu, \text{AKARI } 9 \mu\text{m}} / F_{\nu, \text{IRAS } 12 \mu\text{m}} > 10$ 、 $F_{\nu, \text{WISE } 12 \mu\text{m}} / F_{\nu, \text{IRAS } 12 \mu\text{m}} > 10$ 、 $F_{\nu, \text{AKARI } 18 \mu\text{m}} / F_{\nu, \text{IRAS } 25 \mu\text{m}} > \sqrt{10}$ 、 $F_{\nu, \text{WISE } 22 \mu\text{m}} / F_{\nu, \text{IRAS } 25 \mu\text{m}} > \sqrt{10}$ のように条件を設定し、1 つ以上を満たすものをターゲットとした結果、11 天体が選出された。本講演では、これらの天体とその正体を探るための自身の観測の結果について報告する。

1. Habing 2004, Obs, 124, 393
2. Hartmann, L. 2009, Accretion Processes in Star Formation (2nd ed.; Cambridge Univ. Press)

恒星 b2 太陽フレア開始時における不安定性とカストロフ

石黒 直行 (名古屋大学 太陽地球環境研究所 M1)
 太陽の研究、特にフレアトリガー問題に関してこれから研究を進めるにあたって、今回 Bernhard Kliem の Catastrophe versus instability for the eruption of a toroidal solar magnetic flux rope という論文の紹介を行います。この論文では、太陽表面での爆発現象の始まりが磁場の不安定性として、もしくはカストロフとして形成され（ここでカストロフというのは、主に考えている変数とは別のパラメーターの変化によって、平衡条件が変化することを表しています）、その両方が平衡下での力のつりあいに関する同じ方程式から出発していることを述べています。このときに、外部の 2 重極もしくは四重極内部のトロイダルフラックスロープを電流を輸送するフラックスのモデルとして用いると、パラメーター空間における安定な領域中での平衡消失のために、代表的な発展過程でのカストロフの折りたたみが生じることを説明しています。さらにこのカストロフとトーラス不安定性は同じ点で生じ、そのために太陽爆発の始まりの状況下で同様の描像になる、と示しています。

1. B. Kliem et al., 2014

恒星 b3 鹿児島大学 1m 光赤外望遠鏡の現状と今後の展望

林田 健三 (鹿児島大学 M1)
 我々鹿児島大学は、1m 光赤外線望遠鏡を用いて、主に晩期型星の観測を行っている。この中で特に、ミラ型変光星は周期光度関係をもつことが知られている。周期光度関係とは、天体の絶対光度と変光周期が比例関係にあり、絶対光度が明るいものほど周期が長くなる、という関係のことである。この関係について、

- 1) 天文広域精測望遠鏡 VERA が年周視差で求めた距離を用いて、より信頼性の高い周期光度関係を構築する
 - 2) 多数のミラ型変光星での距離を光度周期関係から求めて、天の川銀河の三次元立体構造を明らかにする
- ということを目標にして研究活動を行っている。鹿児島大学の 1m 光

赤外線望遠鏡は視野 $5.5' \times 5.5'$ 、限界等級 $K' \sim 13.5\text{mag}$ (1 分積分, 10σ , Seeing = $1.3''$) この観測装置を使ってモニター観測した結果得られた変光曲線や、観測視野の中で見つかった新たに変光が確認された天体なども結果として出てきている。現在 350 天体以上の脈動変光星をモニター観測しており、その中で変光曲線が求められたものもあり、今回報告する。

さらに、鹿児島大学は現在新たに装置開発などを行っている。具体的には、

- 1) 観測データを翌日の朝 8:00 に自動的に解析し、解析結果を翌日の観測に反映させる自動解析システムの構築
 - 2) 明るい天体の観測手段として、従来の全面減光フィルターよりも高精度な観測を実現する部分減光フィルターの導入
 - 3) J,H,Ks バンドを同時に撮像することにより、観測時間を短縮する、より短い時間間隔で天体の変光を追うことを可能にする、といったことでより高度な観測が可能となる 3 バンド同時撮像赤外線カメラの開発
- などを行っている。これらの開発状況などを含め、鹿児島大学の現在、および今後の活動について総括的に紹介していく。

恒星 b4 可視光望遠鏡による II Peg 及び EV Lac の観測

三宅 梢子 (中央大学 天体物理学 (坪井) 研究室 M1)
 当研究では、可視光望遠鏡を用いて RS CVn 型星の II Peg 及び dMe 型星の EV Lac の観測、解析を行った。フレア星として知られるこれら 2 天体は過去に X 線衛星で何度もフレア報告がある。太陽フレアにおいては、その発生機構は黒点に由来すると言われているが、太陽以外の恒星ではどうなるのか。それらを可視光によってアプローチできないかと考えた。

観測期間は 2013 年 11 月～翌年 1 月である。この観測で、どちらもフレア現象を確認することはできなかった。2 つの目標天体は、それぞれ相対測光で解析し光度変動を調べ、ライトカーブから星表面に対する黒点割合を算出した。さらに既知の周期でフィッティングを行った。EV Lac はひとつのサインカーブで表すことができたのに対し、II Peg はふたつのサインカーブの和で表された。光度変動は天体の自転による黒点の見え方が大きく影響している。異なるサインカーブで表されたということはつまり自転周期の異なる黒点がふたつ存在する、ということになる。II Peg は特に高頻度でフレアを起こしている。頻繁なフレア現象は、この異なる自転速度の黒点から出る磁場が度々リコネクションをしているからと考えられる。EV Lac においては、過去文献よりも黒点割合が大きいものに対してフレア検出ができなかったことから、過去データと照合した結果、現在その天体は過去とは異なる挙動を示していることが分かった。

恒星 b5 宇宙天気予報における太陽風の MHD シミュレーション

山野内 雄哉 (名古屋大学 太陽地球環境研究所 M1)
 太陽フレアや磁気嵐、太陽風などの宇宙環境の擾乱は、放射線帯にある衛星の損傷や、船外活動をしている宇宙飛行士の被ばく、さらには地上での通信障害など、我々の生活に大きな影響を与える。これらの擾乱を把握し、それに対する影響を予報することを宇宙天気予報という。宇宙天気予報では太陽フレアや磁気嵐、太陽風などによる様々な擾乱を予報するが、本発表では太陽風に焦点を当てて議論を行う。宇宙天気予報のための太陽風の観測は地球から 150 万キロ離れたラグランジュポイント

で ACE 衛星が行っている。ここで観測された擾乱を電波によって地球に伝えることで、その擾乱が到達する前に我々はそれによる影響がある程度予想することができる。しかし、この方法のみでは ACE 衛星に到達する前の太陽風の情報は知り得ないため、比較的近い未来の予報を行うことしかできない。そこで、ACE 衛星に到達する前の太陽風の情報を MHD シミュレーションによって予想し、補完することで、この問題が解決できる。現在まで、MHD を使った太陽風のモデルは、地球などの惑星の軌道におけるリアルタイムの宇宙天気予報の実用的利用に向けて発展してきている。本発表では、名古屋大学で行われている宇宙天気予報モデリングの最新の論文である Shiota et al.(2014) を紹介する。2007 年から 2009 年の 3 年間のシミュレーションを実行し、その結果を地球軌道での太陽風の観測値や、Venus Express (VEX) や Mars Express (MEX) による金星と火星での観測値と比較したところ、ある程度的一致を得ることができた。また、このような比較によって、数値結果から太陽風の stream interface を検出することができ、このことはヴァン・アレン帯の外側のキラークラウドについての宇宙天気予報を行おうとするときに大変便利である。本論文紹介を通して、太陽風のモデリング研究の到達点と今後の方向性を考察する。

恒星 c1 1m 光・赤外線望遠鏡で新しくモニター観測すべきミラ型変光星の選出

坂田 脩一郎 (鹿児島大学 M2)

鹿児島大学 1 m 光・赤外線望遠鏡ではミラ型変光星の距離を測定してきた。これまでは赤外線天文衛星 IRAS のデータから候補天体を選んできたが、IRAS の感度が不十分であるため、特に遠方のミラ型変光星を大量に見落としている可能性が高いことがわかってきた。そこでミラ型変光星と同定された 3450 天体を可視光変光星カタログ GCVS から選び、2MASS の 2 色図上での分布を調べたところ、特定の範囲に集中していることがわかった。2MASS は IRAS より高い感度を持つので、そのデータから可視光で見える範囲より遠くのミラ型変光星を効率よく見つけることが可能になった。

恒星 c2 Semiconvective Zone の形成のされ方

中村 健太郎 (新潟大学宇宙物理学研究室 M2)

大質量星 ($M \gtrsim 10M_{sun}$) の主系列段階でエネルギー輸送が放射優勢である Envelope と対流優勢である Core の間に平均分子量に勾配のある領域 (Semiconvective Zone) が形成される。Semiconvective Zone では特殊な混合 (Semiconvection) が発生し、最終的にはある一定の値の平均分子量の領域になるように均される。Spruit(1992) では Overturn という断熱的な混合により平均分子量が一定の狭い領域が形成され、その領域が拡散により周囲の領域に浸透し Semiconvective Zone が均されるとして平均分子量が一定の狭い領域が広がるタイムスケールが計算された。

しかし、Spruit(1992) では 1 つの狭い平均分子量が一定の領域についてのみでしか議論がされていなかった。Semiconvective Zone の形成のタイムスケールよりも平均分子量が一定の狭い領域が広がるタイムスケールの方が長い場合、平均分子量が階段状の構造が形成され、そこから最終的な平均分子量が一定の領域になっていく。逆の場合は平均分子量が一定の 1 つの狭い領域が広がって最終的な平均分子量が一定の領域になる。2 つの場合に対して最終的な平均分子量が一定の領域になるまでの時間が変わってくるので、過去の恒星進化の計算の論文を参考にして Semiconvective Zone の形成のタイムスケールを計算し、平均分子量

が一定の狭い領域が広がるタイムスケールと比較を行った。

1. H.C.Spruit, A&A, 253, 131 (1992)
2. R.J.Tayler, ApJ, 120, 332 (1954)
3. R.Stothers, ApJ, 138, 1074 (1963)

恒星 c3 極域コロナホールにおける Alfvén 波によるエネルギー散逸の観測的定量化

藤下 祐人 (名古屋大学 太陽地球環境研究所 M1)

Alfvén 波は、彩層およびコロナ加熱のエネルギー源と考えられている。この機構を対象として、分光観測やその他のデータ解析を用いて研究を進めるにあたり、その基本的な知見を得るために以下の論文 M.HAHN, D.W.SAVIN (2013) を紹介する。この研究では、極域コロナホールにおいて、Alfvén 波によって伝播・散逸されるエネルギーの測定し、それを数値化している。Alfvén 波は、コロナ加熱や fast solar wind 駆動のエネルギー源として考えられてきた。これまでの研究で、コロナホールの高度に伴うライン幅の減少、つまり Alfvén 波の減衰は指摘されているが、実際に波によるエネルギー損失の定量化はできなかった。これはライン幅が non-thermal velocity と ion temperature (thermal velocity) の両方に依存することによる。これを解決するために、wave damping が起こらず、高度に対して ion temperature が不変である低高度の観測を用い、 $v_{[nh]}$ と $T_{[i]}$ の寄与を分離する方法を実行した。これにより、低高度での波によるエネルギー伝播量 ($v_{[nt]}$ に比例) を決定することができる。結果として、initial energy flux density が $6.7 \pm 0.7 \times 10^{15} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 存在することがわかり、これは、2007 - 2009 の太陽活動極小期におけるコロナ加熱や太陽風加速に十分な値となっている。加えて、 $T_{[i]}$ についての解析から、イオン種に依存するものの、その値が 1 - 2MK の範囲にあることも導いている。

恒星 c4 光度の中間値比を用いた食連星のタイプ分類

三舛 慧人 (九州大学 宇宙物理理論研究室 M2)

公転軌道面が視線にきわめて近い連星系は、両星が互いに隠し合う食現象が起き、周期的な減光が観測されるため食連星と呼ばれる。ケプラー観測機は大量の恒星データを観測し、2000 個を超える食連星を発見した。それらの食連星は光度曲線の形を決めるパラメータによって 4 タイプ (detached, semi-detached, overcontact, ellipsoidal) に分けられ ([1]、Kepler Eclipsing Binaries に連星の一覧とパラメータの値が公開されている。

我々はケプラーで観測された食連星 2023 個の光度曲線について、光度の最大値 L_{max} 、最小値 L_{min} 、中間値 L_{med} を算出し、中間値比 $((L_{max} - L_{med}) / (L_{med} - L_{min}))$ と主極小の周期との関係を調べた。その結果、周期が 0.5 日以下の食連星について、算出した中間値比の大きさによって overcontact と ellipsoidal の 2 タイプを分離できることが分かった。また分離できないものもあったが、元の光度曲線のエラーが原因であることが分かった。本研究の紹介と食連星が分離できる理由について議論を行い、さらに今後の展望について述べたい。

1. G. Matijević et al., 2012, AJ, 143, 123
2. A. Prša et al., 2011, AJ, 141, 83
3. J. L. Coughlin et al., 2011, AJ, 141, 78

6700 の各吸収線の深さから化学組成比、広がりから自転速度、ドップラーシフトから視線速度の上限を得た。これらの結果から考察されるこの星の正体について議論する。

.....
恒星 c5 ミラ型変光星のスペクトル分類

岩崎 仁美 (東北大学天文学専攻 M1)
 仙台市天文台 1.3m ひとみ望遠鏡を使用し、ミラ型変光星のスペクトル分類を行う。ミラ型変光星とは脈動変光星の一種で、変光の周期が 100 日より長く光度変化が大きい AGB 星のことである。このミラ型変光星はスペクトルによってさらに分類することができる。表面組成で炭素過多な場合 (C/O > 1)、炭素星 (または C 型星)。酸素過多な場合 (C/O < 1)、酸素星 (または M 型星)。観測天体は GCVS でミラ型星だと分かっている天体の中で、SIMBAD ではスペクトル型が決まっていない天体を選出した。さらに仙台で観測できる天体かつ等級が 10 等より明るいものに絞ると計 80 個のミラ型変光星が該当した。これらの天体について分光観測を行い、スペクトルから C 型星、M 型星に分類する。表面化学組成が酸素過多の場合は主に TiO のバンド吸収、炭素過多の場合は主に CN 等のバンド吸収が見られる。それぞれ特徴的な分子の深い吸収バンドが見られるので、低分散のスペクトルが得られれば、分類することが可能である。現在、GCVS で観測され、ミラ型だと分かっている天体の中でスペクトル型が決定されているのは、7835 星のうち 2459 星 (約 31 ミラ型変光星の表面化学組成は、星の初期質量や金属量に依存して決まる。太陽程度の金属量の場合を考えると、初期質量がおおよそ 2~4 太陽質量程度の星のみが最終的に炭素過多なミラ型星となりうる。従って、C 型星と M 型星の空間分布及び存在比は、恒星種族や天の川銀河の構造を考える上で重要な情報をもたらす。また、将来アストロメトリ衛星 (GAIA, JASMINE) のデータが出てきた時に、今回の表面化学の情報を組み合わせる事で、C 型星と M 型星で周期光度関係がどのように異なるかを調べることができる。

.....
恒星 c6 ぐんま天文台 GAOES 巨大フレア天体 HD347929 の高分散可視分光観測

川越 淳史 (中央大学 天体物理学 (坪井) 研究室 M2)
 HD347929 は可視光の帯域で 0.5 等の変光幅をもつ K2 型星である。変光は自転によって黒点が見え隠れすることにより発生するが、このように大きな変光幅を持つ天体は、磁場活動が活発な RS CVn 型連星や T Tauri 型星の中でも数天体しかない (RS CVn 型連星では UX Ari や II Peg など、T Tauri 型星では V773 Tau など)。
 HD347929 は全天 X 線監視装置 MAXI/GSC により 2010 年 6 月 27 日と 2013 年 5 月 20 日にフレアが観測されたことから、その磁場活動性の大きさが改めて認識された。2-20 keV のエネルギー帯域での X 線フラックスは 2 回のフレアとも 1×10^{-9} ergs s⁻¹cm² を記録している。ROSAT Bright source catalog にも記載されており、活発な磁場活動の証拠は矛盾なく得られていた。しかし、34 日という変光周期は、MAXI で検出される巨大フレアを起こす RS CVn 型連星や T Tauri 型星の典型的周期である数日に比べ明らかに長い。またヒッパルコスで測定された距離の不定性も大きく (214(+215,-92)pc)、どのような星として分類できるのか、全くわかっていなかった (2014 年秋天文学会川越淳史他として発表)。

我々は HD347929 の正体を突きとめるため、ぐんま天文台の 150 cm 望遠鏡にとりつけた高分散分光撮像装置 GAOES にて、2013 年 7 月 19 日から 11 月 8 日までの 4 ヶ月で計 16 回、連続分光観測を行った。総露出時間は約 1800 秒、波長分解能は R~45000 であった。スペクトルの解析には、SPTOOL (Takeda et al. 1995) を用いた。結果、5600~

.....
恒星 c7 磁気リコネクションによる二重スピキュールの発生モデル

須田 武憲 (京都大学宇宙物理学教室 M2)
 スピキュールとは彩層からコロナへと噴出する高速 (~25km/s) で低温 (数千度~1 万度) のプラズマジェットであり、太陽表面上に常に多数存在している。その存在は 100 年ほど前には知られていたが、スピキュールの幅が 300km~1500km と非常に小さいため、スピキュールの詳細な構造は長い間謎に包まれていた。しかし、近年の目覚ましい太陽観測衛星の発達によりスピキュールの微細構造が次第に明らかになってきた。そして我が国の太陽観測衛星「ひので」によって多くのスピキュールはペア (二重構造) で現れることが示唆された (Suematsu et al 2008)。我々はこの二重構造を自然に説明できる可能性をもつ、スピキュールの磁気リコネクションモデルを提唱する。磁気リコネクションは反平行な磁場で起こる場合の議論が多いが、シア構造をもった 3 次元的な磁場構造でも起こりうる。シア構造をもつ磁場の磁気リコネクションによって発生する中間衝撃波と遅延衝撃波が スピキュールを発生させると考えた。そして 1.5 次元 MHD シミュレーションによって、磁気リコネクション後を想定した折れ曲がった磁場の時間発展を追い、生じた中間衝撃波と遅延衝撃波が実際にスピキュールを発生させることを確認した。本発表では我々の仮説と、数値シミュレーションの詳細な結果について解説する。

1. Suematsu, Y., Ichimoto, K., Katsukawa, Y., et al. 2008 in ASP Conf. Ser. 397

.....
恒星 c8 コロナ加熱・太陽風加速問題の理論的展望

庄田 宗人 (東京大学地球惑星科学専攻 M1)
 光球表面はおおよそ 6000K であるのに対し、上層に存在するコロナは 100 万 K ほどの高温プラズマにより構成される。その詳細な加熱機構は未だに完全には分かっていない。この問題はコロナ加熱問題として古くから議論されており、太陽物理学における最も重要な未解決問題のひとつである。現在では磁気エネルギー解放による DC 加熱と磁気流体波動エネルギーの散逸による AC 加熱がもっとも有力な加熱機構として理論・観測の両面から研究されている。また、太陽から恒常的に放出されるプラズマ流である太陽風にも同様に研究すべき課題が残っている。Parker により理論的に予言された太陽風の存在はその後の観測により確かめられたが、そのバルク速度は速いもので 500km sec⁻¹ から 1000km sec⁻¹ に達し、Parker 理論 (熱エネルギー加速) では説明できない。この高速太陽風を説明するには別のエネルギー供給機構が必要となる。コロナ加熱問題と太陽風加速問題は長らく別々の問題として扱われてきたが、近年では両問題を統一的に説明するモデルの研究がなされている。本講演ではまず磁気流体波動 (アルフベン波) のエネルギーの散逸によりコロナ加熱・太陽風加速に関する観測事実を説明するモデル、およびそのシミュレーション結果に関する論文をレビューする。その上でアルフベン波のエネルギーの散逸に関してその素過程について考察し、より具体的に各々の散逸機構 (モード変換、位相混合、乱流散逸) のうち、どの機構がもっとも主要に働いているか独自の考察を交えて発表する。

1. T. Kudoh and K. Shibata ApJ 514 493 (1999)
2. T. Matsumoto and T. K. Suzuki ApJ 749 8 (2012)

.....

恒星 c9 軟 X 線トランジェント MAXI J0158-744 のモデル計算

和田 健太朗 (東京大学大学院理学系研究科附属ビッグバン宇宙国際研究センター M2)

2011 年に MAXI によって発見され、Swift による追観測が行われた、SMC における軟 X 線トランジェント MAXI J0158-744 を説明するモデルを構築することを目的としている。付近では Be 型星が発見されており、この現象は、Be 型星-白色矮星連星での特殊な新星ではないかと推測されている。しかし新星として考えると、1. 可視光が観測されていない、2. とても明るい (最大光度 $2 \times 10^{40} \text{ergs}^{-1}$)、3. 継続時間がとても短い (1300s)、といったたぐいまれな特徴を有しており、特に、白色矮星の質量に対して、エディントン光度の 100 倍を超えるような光度について、未だ理論的な説明がなされていない。この研究ではこの現象を、チャンドラセカール限界と同等か、これを超えるような非常に重い白色矮星での新星と考え、また、光学的に薄い領域で新星風の加速が起きることで、輻射のエネルギーが失われず、高い光度が実現されていると推測し、モデルの構築を試みている。計算の詳細と、応用の可能性などについて紹介したい。

1. Morii et al., ApJ 779, 118, (2013)
 2. Kato & Hachisu, ApJ, (1994)
-