

太陽・恒星分科会

For Whom the Stars Shine

日時	7月28日 10:15 - 11:15, 13:30 - 14:30 (招待講演: 鳥海 森 氏) 7月29日 16:30 - 17:00, 17:15 - 18:15, 18:30 - 19:30 (招待講演:高妻 真次郎 氏)
招待講師	鳥海 森 氏 (国立天文台)「シミュレーションと観測から探る太陽活動領域・フレア現象」 高妻 真次郎 氏 (中京大学)「連星系の食の周期変動を探る」
座長	加納龍一(東京大学 M2)、野津湧太(京都大学 M2)、兼藤聡一郎(中央大学 M2)、三宅梢子(中央大学 M2)
概要	<p>近年の太陽・恒星研究では、数多くの新しい観測が計画・実行されてきています。太陽研究に関しては、2006年から行われてきた日本の Hinode 衛星による太陽表面の微細構造の観測に加えて、SDO 衛星による紫外線から極端紫外線における多波長でのフレア観測、2013年に打ち上がった IRIS 衛星による紫外線分光観測などが多くの成果をあげつつあり、今年の夏には CLASP ロケットも新たに打ちあがります。また恒星研究においても、これまでのすばる望遠鏡や Kepler 衛星、国際宇宙ステーションに設置の全天 X 線サーベイ MAXI の観測に加えて 2013年には位置天文衛星 GAIA が観測を開始し、今後は京都大学の 3.8m 望遠鏡や ASTRO-H による恒星観測も期待されています。</p> <p>このように様々な観測データが得られることにより、太陽と他の恒星を関連付けた研究の重要性も増してきました。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・恒星ともに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。</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>

鳥海 森 氏 (国立天文台)

7月28日 13:30 - 14:30 B会場

「シミュレーションと観測から探る太陽活動領域・フレア現象」

ガリレオが望遠鏡を通して黒点を観測して以来、多くの研究者がその謎に迫ってきた。しかし、400年以上にもおよぶ観測にもかかわらず、未だに黒点の形成過程は完全には解明されていない。また、黒点を含む「活動領域」は、太陽系最大の突発的エネルギー解放現象である「太陽フレア」を通じて地球近傍にも擾乱を引き起こすことが知られており、これらは決して遠い世界の話ではないといえる。さらには、近年、多くの太陽型星においてもフレア現象が報告されており、活動領域形成からフレア発生までをつなぐ一貫した描像の確立には、太陽物理学の枠組みにとどまらない幅広い視野が必要である。このような天体プラズマ現象を理解するためには、観測データ解析と理論研究（おもに数値シミュレーション）という代表的な2つの手法がとられる。両者は密接な相補的關係にあり、現在の太陽物理学においては観測と理論の比較検討がますます重要となっている。講演では自身の観測・シミュレーション研究を紹介しつつ、活動領域やフレア現象についてレビューし、さらに将来の方向性について議論する。特に、専門分野の垣根を越えて多くの議論ができるよう心がけたい。

高妻 真次郎 氏 (中京大学)

7月29日 18:30 - 19:30 B会場

「連星系の食の周期変動を探る」

連星系の進化は、2つの単独星の進化を考えればよいというわけではなく、連星間で引き起こされる天体現象や相互作用が、連星系の進化に大きな影響を与えることもある。したがって、連星系特有の天体現象をくわしく調べることは、連星系の進化過程を理解するうえでも重要な役割を果たす。

食連星とは食による光度変化を示す連星系で、その光度曲線には周期的な極小が現れる。しかし、食の現れる周期は一定とはならず、時間とともに変動する場合もある。原因として、連星間での質量移動や質量放出、角運動量損失、磁場の影響、第3の天体による影響などが考えられているものの、各要因の寄与の大きさなどははっきりとは分かっていない点も多い。さらに、周期変動を起こす要因の中には、連星系の進化にも大きな影響を及ぼすものもあり、食の周期変動をくわしく調べることは、変動の原因を究明するのみならず、連星系の進化過程を理解するための糸口にもなり得る。

食の周期変動の精査には、できるだけ時間分解能の高い（少なくとも食の周期以下の）長期間にわたる測光データが必要となる。Kepler宇宙望遠鏡は、トランジット法による系外惑星の探索を主目的のひとつとしており、最長4年ほどにわたる時間分解能の高い測光データを取得している。これは食連星を調べるといっても最適であり、我々はこのデータを利用して、食の周期変動に関する研究を進めている。

講演では、食連星そのものや食の周期変動の調べ方および関連した研究のレビューとKepler望遠鏡のデータを使った食連星の研究について紹介する。

恒星 a1 Detailed analyses of Lithium abundances in ultra metal-poor stars

松野 允郁 (国立天文台三鷹 M1)

銀河系ハローに多く存在する金属欠乏星においては Li の含有量は金属量によらずほぼ一定となっており、星は $[\text{Li}/\text{H}]$ vs. $[\text{Fe}/\text{H}]$ 図上で Spite plateau と呼ばれる水平な線に沿って並ぶことが知られている。Spite plateau の存在から金属欠乏星に含まれる Li はビッグバン元素合成起源だと考えられている。しかし、近年の観測結果により、Spite plateau に関連して以下のような問題があることがわかっている。(i) 宇宙マイクロ波背景放射の観測から得られた宇宙論パラメーターを採用するとビッグバン元素合成理論から予想される組成比と比べ、金属欠乏星の Li の含有量は 3 倍ほど少ない。ビッグバン元素合成理論が正しいとすれば、星の表面の Li を破壊するプロセスが必要とされる。(ii) $[\text{Fe}/\text{H}] < -2.5$ と、金属量が極端に低い超金属欠乏星の領域では Spite plateau より Li の量が少ない星も多く、Li の含有量には大きなばらつきが生じている。また、金属量が減るにつれ、Li の平均含有量は減っているように見える。ただし現在までのところ、 $[\text{Fe}/\text{H}] < -3.5$ の星の観測例は限られており、超金属欠乏星における Li の含有量の議論にはより多くの超金属欠乏星の観測が必要とされている。特に金属欠乏星で多くみられる炭素過剰星の Li 組成の調査は必要だと考えられる。

まず現在知られている課題の詳細と現在までに行われている理論的な研究について紹介する。特にデータの少ない超金属欠乏星における Li の含有量については詳細に説明をする。また、超金属欠乏星のスペクトルから Li の含有量を求めるデータ解析の手法についても説明し、恒星の温度や表面重力といったパラメーターが最終的に得られる Li の含有量にどのような影響を及ぼすかについての考察を行っていく。特に大きな影響を及ぼすパラメーターについてはその決定手法についても詳細を述べる。最後に、超金属欠乏星での Li の含有量のデータを増やすことを目的とした研究の今後の展望について述べる。

1. Spite, F., & Spite, M. 1982, A&A, 115, 357
2. Masseron, T., Johnson, J. A., Lucatello, S., et al. 2012, ApJ, 751, 14

恒星 a2 強い X 線放射を示す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 M2)

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。私達は、ケプラー宇宙望遠鏡の測光データの解析から、スーパーフレア (最大級の太陽フレア ($\sim 10^{32}$ erg) の $10-10^4$ 倍のエネルギーを解放する巨大フレア) を起こす太陽型星 (G 型主系列星) を多数発見した ([1] 他)。さらに、発見したスーパーフレア星のうち 50 天体について、すばる望遠鏡 HDS を用いて高分散分光観測を行い、測光観測から推定された巨大黒点の存在や自転速度が、分光観測で確認された ([2], [3])。今後は、建設中の京大岡山 3.8m 新望遠鏡を用いた観測も推進し、スーパーフレア星の特徴や太陽でのスーパーフレアの発生可能性などについて更なる研究を行う予定だが、それにはより明るい天体を全天の様々な領域で多数発見することが欠かせない。そこで私達は、X 線観測衛星 ROSAT による全天サーベイで受かった星のうち、これまで連星の報告はない太陽類似星 49 星について、岡山 188cm 望遠鏡 HIDES で高分散分光観測を行った。フレア活動が活発な天体は、強い X 線を示す事が期

待されるので、X 線源と同定されている星を詳しく調べれば、比較的近傍に存在する太陽型のスーパーフレア星や将来スーパーフレアを起こす可能性のある星の探査につながると期待される。

観測した 49 星のうち 7 割以上が、連星の証拠を示さず、温度等の大気パラメーターも太陽型星で矛盾ないことを確認した。次に、星の彩層活動の良い指標である Ca II 8542 線や $H\alpha$ 線の強度を調べた。その結果、X 線強度の強い星は、Ca II 線や $H\alpha$ 線で見ても巨大黒点の存在が示唆されると分かった。吸収線の広がりから測定した射影自転速度 ($v \sin i$) の値は大きい傾向にあったが、太陽程度 ($\sim 2\text{km s}^{-1}$) の星もあった。今後は、スーパーフレア星の活動性の長期変動探査 (Ca II 線など利用) の候補星として、今回の観測天体を活用していきたい。

1. Maehara, H. et al. 2012, Nature, 485, 478
2. Notsu, Y. et al., 2015, PASJ, doi: 10.1093/pasj/psv001
3. Notsu, Y. et al., 2015, PASJ, doi: 10.1093/pasj/psv002

恒星 a3 X 線天文衛星「すざく」搭載広帯域全天モニター WAM を用いた太陽フレアカタログの構築

矢部 聖也 (埼玉大学 理工学研究科 物理機能系専攻 田代・寺田研究室 M1)

太陽フレアとは、外層大気において発生する磁気リコネクションにより、磁気エネルギーが、プラズマを加熱する熱エネルギーや、加速させる運動エネルギーなどに変換される過程であり、1 個のフレアで発生するエネルギー量は $10^{29}10^{32}$ erg にもなる太陽系最大の爆発現象である。また太陽フレアでは大規模な粒子加速に伴い、電波からガンマ線までの広帯域にわたる電磁放射の発生現場であることが知られている。しかし、硬 X 線放射における加速機構は未だによくわかってはいない。Endo et al. (2010) [1] では、X 線天文衛星「すざく」搭載の広帯域全天モニター (Wideband All-sky Monitor, WAM) により、2005 年から 2009 年までに検出された 108 個の太陽フレアを系統的に解析しカタログにまとめた。そして、広帯域にわたる電磁放射の中でも特に硬 X 線帯域における太陽フレアの特徴を明らかにし、アメリカの気象観測衛星 GOES による軟 X 線帯域の観測結果との比較から、スペクトルの形によらず軟 X 線および硬 X 線帯域での X 線強度の間に正の相関があることを示した。

我々は 2010 年から 2011 年の 2 年間に WAM で検出された 166 個の太陽フレアについても同様の方法を用いて系統的解析を行いカタログにまとめ、今回の観測期間においても Endo et al.(2010) を支持する結果を得た。本講演ではこれらの詳細な解析方法とその解釈について議論する。

1. Endo et al.(2010), A Catalog of Suzaku/WAM Hard X-Ray Solar Flares . PASJ 62,13471348,

恒星 a4 広がって分布する磁場領域における太陽フレアの形成についての研究

吉田 正樹 (国立天文台三鷹 M1)

太陽表面ではフレアと呼ばれる爆発現象が頻繁に起きている。フレアは解放エネルギーによってクラス分けされているが、中でも一番エネルギーが高い X クラスフレアは地球への影響も懸念されている。フレア

は黒点など磁場の強い領域で、様々な波長で明るく観測されている。フレアの形成理論 (CSHKP モデル) としては、接近した 2 つの逆極性の磁場の磁力線がつなぎ変わる磁気リコネクションによって、磁気エネルギーが熱エネルギーに変換され、加速されたプラズマが太陽の彩層でリボン状の構造として見られる。

しかし、実際の太陽の表面では逆極性の磁場は複雑に分布しているので現象を理解することは難しい。2014 年 12 月 20 日 0:11(UT) に起きた X クラスフレアでは離れた逆極性の磁場でも長く伸びたりリボンが観測された。これは接近している逆極性の磁場によって発生するフレア形成理論からは単純に説明出来ない。本研究ではこの磁場が複雑に広がった場合について、フレアリボンの形に注目し、このフレアがどのような原因で発生し、形成されたか解析結果と考察を踏まえて報告する。

さらに、エネルギーを解放する速さを表す reconnection rate も見積もり、単純な構造のフレアの場合と比較することで、複雑な構造をしたフレアでの reconnection rate についても考察する。reconnection rate を見積もることで、このフレアによってどのくらいのエネルギーが太陽大気に散逸されたかが分かる。

1. A. Asai, T. Yokoyama, et al. ApJ, 611, 557 (2004)

恒星 a5 彩層衝撃波のスペクトル観測から迫る太陽フレアのエネルギー解放過程

鄭 祥子 (京都大学宇宙物理学教室 M1)

太陽で全波長域にわたり数分から数時間程度増光する現象を太陽フレアといい、これは磁気リコネクションによって駆動されていると考えられている。磁気リコネクションとは、磁場の散逸により磁場のトポロジーが変化することで磁気張力が生じ、磁場のエネルギーが運動エネルギーや熱エネルギーに急速に変換される現象である。フレアの際、彩層は H α 線や Ca II H & K 線などで強く輝き、ラインは輝線となる。これらラインは redshift していることから、次のことが示唆される [1][2]: コロナで磁気リコネクションが駆動され高エネルギー電子が生じるとその一部は磁力線に沿って高密度な彩層に突入し彩層上部を急激に加熱する。その結果彩層ガスは急膨張し、上方への噴出流と下方に向かう衝撃波を形成する。この下降流が彩層ラインの redshift の起源だと解釈されている。つまり、彩層スペクトルの観測からフレアのエネルギー解放の時間発展を推測できると期待できる。またフレアのエネルギー解放領域で微細構造が発見され [3]、間欠的なエネルギー解放が示唆されたが、これが彩層への間欠的なエネルギー注入として見える可能性がある。もしこれを彩層のスペクトルで観測できれば、未だ理解されていないコロナ中のエネルギー解放過程に迫ることができるはずである。

我々は多波長同時高空間時間分解能データを取得し、スペクトルの形と時間空間発展から彩層衝撃波とフレアのエネルギー解放過程について調べようと考えた。観測した太陽フレアは 2014 年 11 月 10 日 23 時 55 分 UT に発生した。IRIS 衛星による Mg II h&k 線などの彩層ラインを使用した。その結果、同じ場所で時間スケールが 9.5 sec 以下の間欠的な redshift が確認され、これにより間欠的なエネルギー解放が実際に起きている可能性を示すことに成功した。本講演では、彩層衝撃波とフレアのエネルギー解放過程の関係について議論する。

1. Ichimoto, K. et al., Solar Phys., 1984, 93, 105
2. Shoji, M. et al., PASJ, 1995, 47, 239
3. Takasao, S. et al., ApJ, 2012, 745, L6

恒星 a6 プラズマ噴出現象に絡む磁場の構造について太陽観測がもたらす理解

坂上 峻仁 (京都大学宇宙物理学教室 M1)

宇宙には様々な高速噴出流 (ジェット) があり、そのそれぞれに加速メカニズムが提案されている。中でも宇宙に普遍的にあるねじれた磁場構造をもつジェットは磁気圧で駆動されることが示唆されている [1]。一方、この加速メカニズムはプラズマの運動が磁場に支配される環境を前提としているにもかかわらず、多くの場合、その環境はジェットの発生源近傍に期待されるばかりで観測的検証が十分に進んでいない。

もっとも、この加速メカニズムには特徴的な空間スケールがないため、ジェットの発生源近傍を観測できずとも、より詳細な観測が可能な太陽でのジェット現象に注目し、それについての理解を応用することはできる。太陽でも、彩層プラズマが上空のコロナに向かって加速、噴出されるジェット現象 (サージ) が H α 線などで観測されており、その加速メカニズムにねじれた磁場が関係していることが示唆されている [2]。このことから、宇宙一般のジェット現象の理解を検証するにあたり、サージの観測が極めて有意義であることが分かる。

そこで今回、我々は 2014 年 11 月 11 日に京都大学飛騨天文台のドームレス太陽望遠鏡で観測されたサージの解析を行った。観測では、高空間・長時間・高波長分解能のデータを取得でき、これからサージの視線速度場の時間発展を議論できる。特に今回の解析ではサージのねじれの運動や視線方向の構造など、その 3 次元構造を定量的に把握できたほか、サージの中で独立して運動する複数のプラズマの塊に注目し、その加速メカニズムの空間的構造を見ることもできた。同様の議論は幾つかの先行研究でもされているが [3]、これらでは観測的制約などによりサージの 3 次元構造と加速メカニズムの空間的構造を結び付けた考察ができていないため、本発表では特にその点について詳しく議論したい。

1. Meier, Koide, Uchida 2001, Science, 291, 84
2. Shibata & Uchida 1985, PASJ, 47, 239
3. Roy 1973, Sol. Phys., 32, 139

恒星 a7 「すざく」による激変星 V1223 Sgr の白色矮星質量の推定

和田 有希 (東京大学牧島中澤研究室 M1)

激変星 (Cataclysmic Variable; CV) は、強磁場の白色矮星と晩期型の低質量星が連星系を構成し、低質量星から白色矮星への質量降着によって可視光から X 線で明るく輝く天体である。CV は白色矮星の磁場の強さによって分類され、 10^{6-7} G 程度のもは Intermediate Polar (IP) と呼ばれる。低質量星の重力ポテンシャル (Roche lobe) からあふれたガスは、降着円盤を形成しながら最終的に磁場に沿って白色矮星の磁極へ降着し、降着柱を形成する (e.g. Yuasa et al. 2010)。速度を持ったガスは降着柱内での定在衝撃波により 10^{7-8} K まで加熱され、熱的制動放射によって硬 X 線を放出する。このプラズマ温度を測定することで重力ポテンシャルを推定でき、白色矮星の質量と半径の比を求めることができる (e.g. Hayashi et al. 2011)。

V1223 Sgr は典型的な IP である。プラズマからの輝線や熱的制動放射の連続成分は、広帯域にわたりエネルギー分解能の高い X 線天文衛星「すざく」での観測が適している。2014 年 4 月に「すざく」衛

星で 150 ksec 観測され、XIS 検出器 (0.5–10 keV) ではスペクトルに He-like、H-like、中性の鉄 $K\alpha$ 線が、HXD 検出器 (15–60 keV) では 40 keV まで硬 X 線の連続成分が検出された。降着柱を満すプラズマは衝撃波の直下で最も高温で、白色矮星表面に近づくにつれ放射冷却されると仮定し、得られた 4–40 keV のスペクトルに対し、多温度の光学的に薄いプラズマ放射モデルを適用した。プラズマの最高温度は 28.4 ± 3.0 keV と測定され、白色矮星の質量 M と半径 R の比は $(M/M_{\odot})(R/R_{\odot})^{-1} = (6.2 \pm 0.7) \times 10^2$ と求まった。白色矮星の M - R 関係より、質量は $0.70 \pm 0.09 M_{\odot}$ と導出された。この結果は低質量星の質量、連星系の軌道周期、軌道半径からケプラー則によって推定された質量 $0.93 \pm 0.12 M_{\odot}$ (Beuermann et al. 2004) と 25% の範囲で一致している。今後モデルに改良を加えることにより、X 線観測による白色矮星の質量推定精度を向上できると期待される。

1. T. Yuasa et al., A&A, 520, A25 (2010)
2. T. Hayashi et al., PASJ, 63, S739-S750 (2011)
3. K. Beuermann et al., A&A, 419, 291-299 (2004)

恒星 a8 動的ペチェック過程による磁気リコネクションの新たな高速化機構

柴山 拓也 (名古屋大学 太陽地球環境研究所 M2)

磁気リコネクションは磁力線のつながりかえにより磁気エネルギーを運動エネルギーや熱エネルギーに変換する過程であり、Yohkoh 衛星以後の観測結果などから太陽フレアは磁気リコネクションによって引き起こされると考えられている。しかし、フレアが起こる太陽コロナ中は電気抵抗が非常に小さく、Sweet-Parker 理論によると効率的にリコネクションを起こすのは難しい。Petschek 理論では磁気拡散領域が非常に小さくなるため太陽コロナのパラメータでも効率的にリコネクションを起こすことができるとされたが、これまでの数値計算によると Petschek リコネクションは一樣抵抗では安定に存在せず、これを実現するには異常抵抗モデルなどで磁気拡散領域を局所的に維持するためのメカニズムが必要であることが示唆されている。このため、Petschek リコネクションが自発的に発生し得るかという問題は未だに解決していない。

我々は今までよりも大きなシステムサイズで精密な数値計算を行うことで、一樣抵抗モデルであっても非線形発展段階で Petschek 理論で予想されるスローショック構造が自発的に形成することを発見した。この過程では非線形発展により形成した大きなプラズモイドが電流シート内を速い速度で運動することが重要な役割を担っており、スローショック構造は運動するプラズモイドの前面に形成する。プラズモイドは電流シートからの排出と新たなプラズモイドの形成を繰り返すため、この過程は非定常的に繰り返し起こり磁気リコネクションを進行させる。これによりリコネクションの高速化が起こり、太陽フレアを説明するのに必要とされる 0.01 程度のリコネクション率が得られることを明らかにした。

恒星 a9 偏光観測により得られた MHD 波動の性質 -Fujimura&Tsuneta(2009) 再考-

加納 龍一 (東京大学地球惑星科学専攻 M2)

磁気流体 (MHD) 波動は、コロナ加熱問題を理解のための重要な役割を担っていると考えられている。これまでに MHD 波動の観測例は多数報告されているが、実際に MHD 波動が散逸して熱化していく様子は観測

された例がない。

散逸過程を検出するためのアプローチとして、波動の Poynting flux を見積もりエネルギーがどれだけ輸送されているのかを知ることは重要である。過去に太陽大気における MHD 波動の Poynting flux を見積もった研究は、Fujimura&Tsuneta (2009) が代表例として挙げられる。この研究の延長として、我々は先行研究から新たに以下の二点を改良し解析を行った。

- (1) 観測の時間分解能を向上し、波形についての情報を得る
- (2) 低空を観測できる Hinode 衛星と上空を観測できる IRIS 衛星で同時観測を行い、高度ごとの情報を得る

本公演では (1) から得られた結果について主に紹介する。時間分解能を向上させた結果、過去の研究で MHD 波動だと考えられていたものは太陽表面の固有振動が引き起こす観測高度の上下変化 (opacity effect) により引き起こされていたものであり、実際に磁場が振動して上空へエネルギーを運んでいるとは一意に示すことができないという結論を得た。

1. D.Fujimura and S.Tsuneta 2009ApJ...702.1443F

恒星 a10 太陽プロミネンスにおける弱電離プラズマ乱流の観測的検証

黄 于蔚 (京都大学宇宙物理学教室 M1)

プラズマ乱流状態の解明は原始惑星系円盤、降着円盤などの天体物理現象の理解にかかわっている。例えば、円盤での乱流は中心星への質量降着に必要な粘性の起源として注目されている。しかし、これら天体プラズマの乱流は非常に遠いので直接観測は困難であり、実験室での再現も難しい。一方で、太陽プラズマは乱流のダイナミクスを空間・時間分解できる数少ない例である。実際、弱電離プラズマの乱流は太陽のプロミネンスと呼ばれる構造で近年発見された (Berger et al. 2010)。プロミネンスの乱流を調べることで、弱電離プラズマの乱流の素過程をより理解できると期待されている。

太陽プロミネンスは、100 万度のコロナの中に浮かぶ 1 万度の低温高密度な弱電離プラズマである。プロミネンス中の中性粒子は磁場からローレンツ力を受けず、イオンとの速度差から生じた摩擦力によって重力と釣り合うことで、コロナ中に浮かんでいる。乱流状態であれば、プロミネンス中の中性粒子とイオンの速度差の視線方向成分は $10^{-3} \text{ km s}^{-1}$ 程度と推測される (Gilbert et al. 2002)。乱流状態では間欠的な加速によって加速度の確率密度関数の裾野にガウシアンからのずれが見える (Toschi & Bodenschatz 2009)。そこで、我々は太陽プロミネンスで観測的に弱電離プラズマ乱流における中性粒子 - イオンの速度差を検証しようと考えている。

我々は昨年、京都大学飛騨天文台のドームレス太陽望遠鏡を用いて、プロミネンスを中性ヘリウム、中性水素、カルシウムイオンのスペクトル線で同時分光観測した。その結果、イオンと中性粒子の速度差の確率密度関数にガウシアンからのずれが確認され、Gilbert らのモデルでは説明できない大きな速度差 (1 km s^{-1}) も見られた。我々は、この大きな速度差は、プロミネンス中の乱流による間欠的な加速の結果として理解できると考えた。今回の観測 (2015 年 5 月 2 - 8 日) では、カルシウムイオンと中性ヘリウム、そしてイオンとの速度差がより出やすい質量の大きな中性酸素を用いた。本講演では、今回得られたデータの解析結果について詳しく紹介する。

1. Berger, T. E. et al. 2010, ApJ, 716, 1288
2. Gilbert, H. R., Hansteen, V., H., & Holzer, T. E. 2002, ApJ, 577, 464
3. Toschi, F. & Bodenschatz, E. 2009, ARFM, 41, 375

.....

恒星 c1 全天 X 線監視装置 MAXI を用いた星からの巨大フレアの統計的研究

兼藤 聡一郎 (中央大学 天体物理学 (坪井) 研究室 M2)
 星表面で起きるフレア現象はいつ起きるかわからない突発的な現象である。このような発生の予測が困難な現象の観測には、全天監視装置によるサーベイが有効である。

MAXI は国際宇宙ステーション (ISS) に搭載された装置であり、2009 年 8 月に運用を開始した。ISS に合わせて 90 分で地球を一周し全天をサーベイする。リアルタイムのデータ転送に優れており、かつてない高感度の全天 X 線モニターである。X 線源の連続監視だけでなく、フレアのような突発的な変動をする X 線現象を捕えることができる。GSC (Gas Slit Camera) と SSC (Solid-state Slit Camera) の 2 つの検出器が搭載されておりエネルギー帯域はそれぞれ 2keV ~ 30keV、0.5keV ~ 12keV である。

我々は 6 年間に渡る MAXI の観測により、24 天体 (RS CVn 型連星:12, Algol 型連星:1, dMe 型星:8, dKe 型星:1, YSO:1, TTS:1) から計 75 発の巨大フレアを検出した。これら巨大フレアのルミノシティーは $2e30 \sim 5e33$ ergs/s であり、星として最大級のフレアと言える。これらのデータから複数の天体で巨大フレアを起こしている RS CVn 型連星と dMe 型星について比較したところ、巨大フレアの減衰時間が RS CVn 型連星が 2.7 ~ 209 ks に対し、dMe 型星が 0.9 ~ 10 ks とより突発的な傾向を持っていた。

本会では、未だフレアの統計的議論がなされていない dMe 型星の巨大フレアとその特徴について報告する。

1. Pallavicini, R., Tagliaferri, G. and Stella, L. A&A, 228, 403 (1990)

.....

恒星 c2 近赤外周期光度関係をもちいた天の川銀河内のミラ型変光星の 3 次元分布

浦郷 陸 (鹿児島大学 M1)

我々鹿児島大学の光赤外線グループは天の川銀河の晩期型星を観測し、天の川銀河内の立体分布を明らかにすることを目指している。国立天文台 VERA 観測グループが、VLBI 観測によりミラ型変光星でメーザーを発している天体の固有運動を計測し、距離を年周視差よりもとめる。我々はその連携し ND (減光) フィルター等を用いて VERA が観測しているメーザー天体を赤外線で観測することによって変光周期、見かけの平均等級を決定し、周期光度関係の構築および高精度化をおこなっている。また銀河内で多くの星の分布を示すため IRAS Point Source Catalogue (van der veen and H.J.Habing, (1988) の 2 色図より、晩期型星が存在していると思われる II, IIIa, IIIb にあたる天体を中心に約 800 天体を 2003 年 11 月から鹿児島大学 1m 光・赤外線望遠鏡を用いて近赤外線 (J,H,K バンド) でモニター観測を行っている。今までに 100 天体について 解析を行い、100 天体で変光周期、K バンドの見かけの平

均等級が得られた。これを上記の周期光度関係に当てはめ、その天体までの距離を決定し分布を得ることができた。

.....

恒星 c3 ミラ型変光星てんびん座 Y 星の距離・変光周期・平均等級の決定

村上 琴音 (鹿児島大学 M1)

天の川銀河内のミラ型変光星の近赤外線 K バンドでの周期光度関係の高精度化を目的として、ミラ型変光星てんびん座 Y 星 (Y Lib、IRAS15090-0549) の距離、変光周期、平均等級を求めた。Y Lib の観測には 2 種類の観測を行った。1 つ目は VERA による水メーザー (22GHz 帯) の観測で、2008 年 2 月から 2010 年 12 月まで、計 22 回の VLBI 観測を行った。この観測より、Y Lib に付随する水メーザーのスポットを同定し、その固有運動から年周視差を計測した。その結果、年周視差が $\pi = 0.77 \pm 0.09$ ミリ秒角と決まり、これは距離 $D = 1.31^{+0.16}_{-0.13}$ kpc (1pc=3.26 光年) に相当する。2 つ目は鹿児島大学 1m 光赤外線望遠鏡による近赤外線 K バンド ($\lambda = 2.2\mu\text{m}$) の測光観測で、2005 年 2 月から 2015 年 1 月まで、計 29 回のモニタリング観測を行った。この観測より Y Lib の変光周期、平均等級を決定することができ、変光周期は $P = 278 \pm 16$ 日、見かけの平均等級は $m_K = 3.22 \pm 0.14$ 等と決まった。以上の結果より、絶対等級は $M_K = -7.36^{+0.27}_{-0.29}$ 等となった。この結果は今まで VERA で求めた周期光度関係とほぼ一致することがわかった。

.....

恒星 c4 ヘリウム激変星の進化経路の検証

磯貝 桂介 (京都大学宇宙物理学教室 M2)

激変星は白色矮星を主星に持つ近接連星系であり、軌道周期は数時間程度である。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ガスが形成されている。激変星のサブグループ、ヘリウム激変星 (AM CVn 型星/りょうけん座 AM 型星) は伴星が進化してヘリウム白色矮星となっている天体と言われている。伴星が縮退してコンパクトになっているため、連星の軌道周期は数分 ~ 1 時間程度と、他の激変星では有り得ない超短周期となっている。ヘリウム激変星の形成シナリオは存在するが、まだ発見数が少ない天体であり、統計的に議論できるだけの情報が無い。そこで現在求められているのが、高精度な質量比推定である。激変星は伴星から主星へと質量が流れているため、質量比 (= 伴星/主星) は単調減少していく。そのため、質量比は連星進化の度合いを表す最重要パラメータとされている。

激変星のサブグループ矮新星はアウトバーストと呼ばれる突発現象を示し、円盤が突如数等級の増光をする。大規模なものはスーパーアウトバーストと呼ばれ、このとき、同時にスーパーハンプという現象を起こす。スーパーアウトバーストが数等級の増光をして数週間続くのに対し、スーパーハンプは 1 時間ほどの周期で 0.1-0.5 等の光度変動を行う。スーパーハンプは、連星の潮汐力が降着円盤に作用し、円盤を歪めることで発生すると考えられている。近年、スーパーハンプ周期と軌道周期が分かれば単純な力学的な計算から連星の質量比が得られることが発見された。現在、ヘリウム激変星の質量比を推定し、カタログ化を進めることで進化シナリオの検証に向けた研究を行っている。本発表においては、これまでの研究成果について紹介を行う。また、この 1 年間で解析を行った他の激変星についても紹介する予定である。

恒星 c5 惑星間空間における CME の伝搬についての研究

石田 敏洋 (名古屋大学 太陽地球環境研究所 M1)

太陽表面では、日々突発的なエネルギー開放が起きている。このエネルギー開放に伴って太陽大気(太陽コロナ)内のプラズマの塊が惑星間空間へ飛び出すことがある。これをコロナ質量放出(CME)という。CMEが地球に到達すると、地球磁気圏に影響をあたえ、磁気嵐や様々な宇宙天気擾乱現象を引き起こす場合がある。特に激しい宇宙天気擾乱現象は人工衛星の損傷や通信障害、宇宙飛行士の被曝、送電システムの障害といったような人類に悪影響を与える原因になり得る。つまり、CMEの形成とダイナミクスを理解することは人類にとっても大変重要な課題である。本会では今後の研究の足掛かりになるような CME の惑星間空間の「伝搬」に焦点を絞り、B.Vrsnak の Propagation of Interplanetary Coronal Mass Ejection: The Drag-Based Model(2013) という論文を紹介する。この論文では、CME の伝搬は、周囲の太陽風から力学的抗力を受け惑星間空間を進んでゆくモデルを提唱している。太陽風の速度や初期速度などの input を様々変え、さらに実際に ACE 衛星が L1 点で観測した太陽風の速度との比較を行い、そのモデルの妥当性を議論している。この論文発表を通して、現在の CME 伝搬の理解と今後の課題を考察する。

恒星 c6 CME の形成過程に関する MHD シミュレーション

代田 真輝 (名古屋大学 太陽地球環境研究所 M1)

太陽表面の近傍ではしばしば爆発的に磁気エネルギーが運動エネルギーや熱エネルギーに変換される現象が起きる。これらは、磁気リコネクションを伴う電磁流体力学(MHD)不安定性の結果として発生すると考えられており、フレアや Coronal Mass Ejections(CME)として観測される。CME が惑星間空間を伝搬し、地球軌道に到達して地球磁気圏と相互作用することで磁気嵐等の宇宙天気擾乱現象が発生する。磁気嵐の影響で例えば地上の電力網に障害が発生する可能性があることがこれまで報告されている。太陽活動に起因するこうした擾乱現象を予測する取り組みは宇宙天気予報と呼ばれている。本研究では宇宙天気予報への応用を念頭に置き、CME の形成に焦点を当て、議論を行う。CME の形成の研究を進めるにあたり、今回は Shiota, et al. (2010) の論文を紹介する。この論文では、フラックスロープの放出と周りの磁場との相互作用(リコネクション)の MHD シミュレーションを行うことで CME の形成過程を考察している。3つの異なる磁場の条件(1, 磁場なし 2, 平行磁場 3, 平行でない磁場)を考えることによって、フラックスロープの放出と周りの磁場の相互作用が、磁気嵐を起こすのに大事な要素となっている磁場の南北成分を決めるために重要であることを説明している。また、この相互作用がフラックスロープの回転にとっての重要な役割を担っている。この過程はスフェロマックプラズマ閉じ込め実験における"tilting instability"に似ていることが指摘されている。