

太陽・恒星分科会

誰が為に星は光る

<p>日時</p>	<p>7月29日 17:00 - 17:30 (招待講演: 柴橋 博資 氏), 17:30 - 18:00 (招待講演: 片岡 龍峰 氏), 18:00 - 19:00 7月30日 9:00 - 9:30 (招待講演: 草野 完也 氏), 9:30 - 10:45 7月31日 16:15 - 17:30, 17:30 - 18:00 (招待講演: 須田 拓馬 氏)</p>
<p>招待講師</p>	<p>柴橋 博資 氏 (東京大学) 「星震学の進展」 片岡 龍峰 氏 (国立極地研究所) 「太陽活動現象が地球に与える多彩な影響」 草野 完也 氏 (名古屋大学) 「太陽フレアはいつ起きるか?」 須田 拓馬 氏 (国立天文台) 「恒星進化の理論とその応用」</p>
<p>座長</p>	<p>飯島 陽久 (東京大学 D1)、高橋 沙綾 (お茶の水女子大学 M2)、高橋 卓也 (京都大学 M2)、田染 翔平 (北海道大学 M2)、比嘉 将也 (中央大学 M2)</p>
<p>概要</p>	<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。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 4 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>

柴橋 博資 氏 (東京大学)

7月29日 17:00 - 17:30 A(サファイア)

「星震学の進展」

星の研究は天文学の基本である。が、望遠鏡で星の観測をしても、星の内部を見ることは出来ない。20世紀前半を代表する天文学者のエディントンは、「一体、どんな装置で星の中を調べられるというのか？」と反語的に書いている。彼の用意した答えは、「理論」だった訳だが、それから4分の3世紀を経た今日の私達は、「星の振動を使って、目では見えない筈の星の内部を見る」、という答えを探し出した。

星の振動というのは、古くから、明るさが周期的に変化する変光星として知られていた。この変光の仕組みは、エンジンや熱機関と似ている。今、星を収縮させたとする。普通の場合には、温度が上がって、星から放出する輻射が増えてしまい、それによるエネルギー損失のために収縮が膨張に転じて元に戻りきらず、振動が長続きすることはない。ところが、収縮の際に温度が上がっても輻射を外に逃がさずに貯めておき、膨張に転ずるときにそれを吐き出すエンジンの様な仕掛けがあれば、星は自励的に振動をしだす訳だ。こうした仕組みは、特定の大気温度の星でしか起らない。それら特定の星というのが古典的変光星という訳である。

古典的には変光星とは看做されなかった星でも、別の仕組みで振動が起きていることが判って来た。表面に対流層があると、乱流から音波が発生する。音波が星の表面層の至るところで常時発生し、それらが星全体を伝播し巡っているのである。二次元的な像を見ることが出来る太陽の場合には、この音波振動を観測することによって、太陽の内部構造を「見る」ことが出来る様になり、「日震学」として目覚ましい進展を遂げた。

この成功を一般の星に進めるべく、今は「星震学」が大きく羽撃こうとしている。ケプラー衛星による高精度長時間に亘る膨大な数の星の観測データは、量的にも質的にも従前の精度を圧倒的に凌駕する、正に革命的なものである。それに伴い様々な研究が進む星震学の様子を伝えたい。

片岡 龍峰 氏 (国立極地研究所)

7月29日 17:30 - 18:00 A(サファイア)

「太陽活動現象が地球に与える多彩な影響」

コロナ質量放出やコロナホールは、それぞれ台風や寒冷前線に喩えられるような、太陽風の特徴的な構造をなして地球を数日間包み込み、磁気嵐と呼ばれるオーロラ活動の嵐を引き起こします。磁気嵐が発達する主相ではカラフルなオーロラが地球規模で広がると同時に、静止軌道付近に捕捉されていたヴァンアレン帯の相対論的電子の補足が解かれ一旦消失します。磁気嵐の回復相に入るとオーロラ活動は弱まり、ヴァンアレン帯の電子は複雑なプラズマの波動粒子相互作用によって再生されていきます。コロナ質量放出が、かなり高速の場合に限って、この一連の流れに太陽高エネルギー粒子の嵐が加勢します。これらの、1) オーロラ粒子、2) ヴァンアレン帯粒子、3) 太陽高エネルギー粒子は、磁気流体近似では理解できないプラズマ物理学的な面白さが一番の研究対象ですが、実際問題、宇宙機の様々な障害、宇宙飛行士やパイロットの被ばく、オゾン破壊、ひどいときには停電まで、多彩な影響を地球に及ぼしてきた犯人たちでもあるため、宇宙天気予報と呼ばれる実際的な研究も発達してきました。本講演では、このような身近で複雑な宇宙に関する研究の背景をお伝えしたのちに、A) マウンダー極小期のように極端に弱い時にどうなるか、B) キャリントンフレアのように極端に強い時にどうなるか、C) 分子雲や超新星に太陽系が突っ込むときにどうなるか、について考察します。あとは時間がゆるす限りオーロラ観測の魅力を語るなり、質問に応じて自由に対話するなりできればと思っています。

草野 完也 氏 (名古屋大学)

7月30日 9:00 - 9:30 C(広瀬鳴瀬)

「太陽フレアはいつ起きるか?」

太陽フレアは太陽表面で発生する太陽系最大の爆発現象であり、電力伝送網などの社会システムにも致命的な影響を与え得る。そのため、その発生予測は科学研究としてのみならず社会的にも重要な課題である。しかし、フレア発生のトリガ機構は未だに解明されていないため、いつ、どこで、どれ程のフレアが発生するかを正確に予測することはできていない。本講演では太陽フレア発生のトリガ機構に関する最近の研究について解説し、精密な観測に基づいてフレア発生を予測する試みについて紹介する。

フレア・トリガ機構の理解を阻んできた最大の困難は太陽磁場の複雑さにある。フレアは太陽活動領域において磁気極性が反転する極性反転線 (PIL) を跨いで発生すると共に、複雑な磁場構造を持つ領域で発生しやすい傾向があることが指摘されてきた。しかし、観測された磁場があまりにも複雑なため、どのような複雑さがフレア発生に関係するのかを明らかにすることはできなかった。我々はこの問題を解決するため、約 160 通りの様々な磁場構造について 3 次元電磁流体シミュレーションを実施し、フレアのトリガとなる磁場構造を探った。その結果、強い磁気シアと特徴的な磁場擾乱の組み合わせがフレア発生の条件となることを発見した。この条件を満たすと、PIL に沿ったヘリカル磁束が自発的に形成され、これが不安定化する結果としてフレアが発生することが分かった。

さらにこの結果を検証するため、我々は「ひので衛星」がこれまでに観測したフレアの発生領域における光球面磁場の詳細構造を解析した。その結果、観測条件の良い大型フレア全てについて、フレア発生領域にシミュレーションより予言された磁場構造が存在することを確認した。上記の結果は詳細な磁場観測によってフレア発生を予測し得ることを示唆している。講演では将来におけるフレア予測の展望と、天文学における予測研究の重要性についても言及する。

須田 拓馬 氏 (国立天文台)

7月31日 17:30 - 18:00 C(広瀬鳴瀬)

「恒星進化の理論とその応用」

恒星は宇宙を構成する基本要素の一つであり、可視光で見える天体の大部分を占める。また、恒星からの光のエネルギーは内部での原子核反応によって賄われており、恒星は宇宙の物質を作る現場でもある。従って、恒星の性質を理解することは宇宙の進化を理解するうえで重要である。恒星進化の理論的研究は天文学の中でも歴史が古く、基本的な性質についてはかなり解明が進んでおり、一次元球対称の仮定のもとでは理論はほぼ確立されたと言える。また、恒星の数値シミュレーションでは、一次元球対称に熱対流を考慮した標準モデルが広く使われており、多くの観測を説明するのに成功を取ってきた。恒星の観測は、すばる望遠鏡のような地上大型望遠鏡によって高分解能分光観測が可能となっており、より遠くの星についてより詳細な元素組成分布を知ることが可能となっている。

本講演では、恒星進化理論に基づく数値シミュレーションの現状についてレビューする。さらに、恒星モデルを応用した研究（と関連する観測）についてできるだけ幅広く紹介したい。本講演で取り上げるトピックは以下のものを予定している。(1) 宇宙初期に誕生した恒星の観測と恒星進化モデルによる銀河系化学進化への影響、(2) 連星進化の種族合成モデルで探る銀河系の星形成史、(3) 回転している大質量星の構造と進化、(4) 恒星進化理論によるヘリウム三体反応核反率への制限、(5) 銀河系球状星団中の恒星の観測と恒星モデルに基づく星団の起源と形成のシナリオ、(6) 低金属量 Super AGB 星の銀河系化学進化への影響、(7) r -過程元素合成で探る銀河系初期の化学進化。なお、講演時間の制限があるので、この中からいくつかを選んで比較的詳しく紹介し、それ以外はごく簡単な紹介に留める。また、恒星進化理論とシミュレーションについて学ぶための文献と、恒星モデルや観測データを活用するためのツールの紹介も行う。

恒星 01a semiconvective zone での混合

中村 健太郎 (新潟大学 M1)

太陽質量の10倍程度以上の大質量の恒星では中心での核燃焼中にその核燃焼 core が核反応中の物質のプロフィールを残して収縮する。その収縮した領域には core と core が収縮する前に core を覆っていた領域とを繋ぐように滑らかな平均分子量の勾配ができる。平均分子量に勾配があるためにその領域で overstable oscillation が起こりゆっくりと平均分子量が均され、滑らかな勾配が最終的に一定の平均分子量の領域を持つ構造になると考えられていた。このような混合のことを semiconvection といい、この一定の平均分子量を持つ領域のことを semiconvective zone という。overstable oscillation の効率評価が困難であったため、この領域の理解は進んでいなかった。

この発表では、semiconvective zone での混合に新しいモデルを提案した1992年のH.C.Spruitの論文のレビューを行う。その論文では、断熱的な振動である overturn という現象で一度、安定な境界面により別けられる平均分子量の階層構造ができ、各々の層内部で上下の層との熱的接触により対流が起きると考えている。各々の層の間での熱と溶質のやりとりは境界面付近での拡散により行われるものとしている。こうすることにより、実験と理論の両方で広く研究されている下から温められる安定な階層構造の流体力学の問題として扱うことができる。

1. H.C.Spruit. 1992. Astron.Astrophys.253,131
2. R.Kippenhahn. and A.Weigert. 1994. Stellar Structure and Evolution,3rd ed.(Springer-Verlag,New York)

恒星 02a 中間赤外線で大きな増光を示した天体

小野里 宏樹 (東北大学 M1)

IRAS、AKARI、WISE の point source catalogue (PSC) を比較し、これらの衛星の観測時期の差である20-30年間に中間赤外線で大きく増光した天体を5天体発見した。これらの天体は、1天体を除き先行研究がほとんどなされておらず、正体が不明であるが、中間赤外線で見えたため、ダストを豊富に持つ young stellar object (YSO)、または漸近巨星分枝 (AGB) 星であると考えられる。また、特に正体が AGB 星である場合、星の光度変化では説明できない大きな増光が見られた興味深い天体も発見した。現在のところこれらの天体の正体を議論するにはデータが不足しているので、正体を突き止めるためには今後観測データを増やしていかなければならない。

恒星 03a 太陽フレアにおける磁気リコネクションと粒子加速の関係

北川 潤 (名古屋大学 M1)

太陽フレアに関する研究をこれからしようとしているので CHANG LIU の THE SPATIAL DISTRIBUTION OF THE HARD X-RAY SPECIAL INDEX AND THE LOCAL MAGNETIC RECONNECTION RATE という論文を紹介します。この論文は、2005年5月13日に起こった M8.0 フレアと、それに伴い100keVを超えるリボン状の硬 X 線 (HXR) 源が観測された現象について、高分解能を持つ硬 X 線望遠

鏡である RHESSI 衛星を用いてこのイベントの HXR 放射の特徴を調査しているものです。結果として、フレアリボンに沿った形で HXR フラックスとスペクトルの間に反相関関係があり、X 線強度が時間発展に対し作り出す soft-hard-soft (SHS) の空間発展の類の物であるとされています。さらに HXR スペクトルのべきの絶対値とフレア中の電子加速を示唆するリボンに沿った電場との反相関関係があることが発見されました。これは、電場が強いときに高いエネルギーまで効率よく粒子加速が起きていることを示す重要な結果です

1. Chang Liu. et al.2007 THE SPATIAL DISTRIBUTION OF THE HARD X-RAY SPECTRAL INDEX AND THE LOCAL MAGNETIC RECONNECTION RATE
2. Ayumi Asai et al.2004. FLARE RIBBON EXPANSION AND ENERGY RELEASE RATE

恒星 04a スーパーフレアに伴うコロナ質量放出のシミュレーションにむけて

平石 平 (京都大学 M1)

太陽と似た星 (自転の遅い G 型主系列星) から、放出されるエネルギーが 10^{33} [erg] を超えるような巨大フレア (以下、スーパーフレア) が多く観測されている。これは太陽でもスーパーフレアが生じる可能性を示しているが、太陽におけるスーパーフレアをシミュレーションで再現した例はまだない。太陽でのスーパーフレアをシミュレーションすることによって、スーパーフレアが可能かどうか、スーパーフレアの形態に制限をかけられないか、地球への影響はどの程度か、といった問いに答えられるだろう。ここでは、太陽でのスーパーフレアのシミュレーションを研究するにあたって、その意味や動機、今後の展望を過去の研究をふまえながら論じる。

1. Maehara et al. 2012. Superflares on solar-type stars. Nature Vol.485 pp478
2. Shiota et al. 2010 Magnethydrodynamic modeling for a formation process of coronal mass ejection:Interaction between an ejecting flux rope and an ambient field. The Astrophysical Journal

恒星 05a 太陽コロナにおける eruption

神田 夏央 (名古屋大学 M1)

フレアとは、太陽表面に蓄えられた磁場のエネルギーがプラズマとして開放される現象である。フレアには太陽表面からコロナ中に放出する (eruptive-flare) イベントと、放出しない (confined-flare) イベントがあることはよく知られている。ただ、この二つを分ける原因はよくわかっていない。そこで、太陽フレアの外形に関する論文・RONALD L.MOORE (2001) を紹介する。

その上で、2011年2月18日に観測された小規模な eruption イベントを紹介する。このイベントには4つの特徴がある。

1. eruption 直前に起こる浮上磁場 (emerging flux) から eruption の

- 終わりまでの時間が 10 分程度と短い。
- eruption の規模が小さい。
 - erupt されるプラズマが数万〜数千万度と幅広い温度で存在する。
 - 青色に大きくドップラーシフトしている。
- これらの特徴を軸にこのイベントを見ていくことで、eruption の特性の解明を目指す。

.....

恒星 06a CME と EUV 波の統計解析

阿部 修平 (茨城大学 M1)

CME の影響力の大きさは速度に依るところが大きい。しかし、全ての CME を観測することは現状不可能であり、速度を計測することが出来ない CME が存在する。また、次世代の CME 観測衛星が計画されていないという現状もある。そのため、既存の観測手法とは異なる新規の CME 観測手法を確立する必要がある。そこで本研究では EUV 波に着目した。CME と EUV 波の現象そのものにおいては相関が高いことが知られているが、その速度の関係性については不明である。そのため、CME と EUV 波の速度を統計的に解析することにより、その関連性について検証した。

.....

恒星 07b 銀河中心部における星変動と GRXE への寄与

川越 淳史 (中央大学 M1)

天の川銀河からほぼ一様に発せられている X 線、GRXE (Galactic Ridge X-ray emission) の存在は 1980 年代から広く知られているものの、その起源についてははっきりとした答えは出ていない。そこで本研究では GRXE の起源はフレアによるものであるという仮説を立て、その寄与を求めることを目的とした。X 線天文衛星 Chandra による銀河中心部の観測データにおいて見られた変動をフレアと仮定し、GRXE の表面輝度と比べたところ約 15% を占めることがわかった

- Ebisawa et al(2008)
- Matsuoka et al.(2011)

.....

恒星 08a 太陽型星の恒星風の運動エネルギーの飽和について

西澤 淳 (名古屋大学 M1)

宇宙空間のあらゆる恒星は恒星風を吹き出して質量損失をしている。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、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を磁気流体シミュレーションを用いて調べた。現在の太陽レベルから Poynting フラックスを大きくすると恒星風の運動エネルギーは急激に大きくなるが、これは彩層からコロナの領域の密度上昇による Alfvén 波の反射の抑制による効果で説明できる。しかし Poynting フラックスを大きくし続けると、今度は密度の上昇によりコロナ領域で

の放射損失の効果が大きくなり、エネルギーの大部分が放射損失によって逃げてしまい十分な運動エネルギーが残らなくなる。これより、光球から放出される Poynting フラックスを大きくしても恒星風の運動エネルギーが途中から大きくならずに減ってしまう現象が見られる。すなわち、エネルギー注入の増加と共に恒星風は飽和するということであり、Wood et al.(2005) で観測されている傾向をよく説明している。

本発表では磁気流体力学を用いて、太陽型星の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、シミュレーションの結果から恒星風の運動エネルギーの飽和について詳しく述べた論文 (Suzuki et al.2013) を紹介する。

- Suzuki, T.K.&Inutsuka, S.2006, J.Geophys. Res., 111, A06101
- Suzuki et al.2013, submitted to PASJ (arxiv:1212.6713)
- Wood et al.2005, ApJL, 628, L143

.....

恒星 09a 活動的な太陽型星風における降着相の出現

寺西 恭雅 (名古屋大学 M2)

恒星風は大きく分けて、大質量星や漸近赤色巨星など光度の大きい星の輻射圧駆動型恒星風と、中小質量星の磁気流体波動、乱流などを介した擾乱駆動型恒星風の 2 種類のものがある。太陽程度の質量の恒星の恒星風駆動機構とされる後者は、表面对流層の乱流の持つエネルギーが磁気流体過程など何らかの方法で外層に輸送され恒星風が駆動されると考えられているが、複雑な非線形過程が絡むため、解析的に解くことは困難で数値シミュレーションによるアプローチが必要になる。

活動的な太陽型星風の 1 次元 MHD シミュレーションの中で、表面からエネルギーを注入し続けているにもかかわらず、星風が降着に転じるという現象が見られた。本発表では、この現象が起こるメカニズムを解説し、降着相の出現が恒星の質量放出率に与える影響についても議論する。

- Suzuki, T. K. et al. 2013, arXiv:1212.6713
- Suzuki, T. K. & Inutsuka, S. 2005, ApJL, 632, L49
- Velli, M. 1994, ApJ, 432, L55

.....

恒星 10a 近赤外高分散分光器 WINERED による LBV 星 P Cygni の非球対称な突発的質量放出現象の検出

水本 岬希 (東京大学 M1)

高輝度青色変光星 (LBV 星) は、大質量星が主系列星から進化した姿であり、大規模な質量放出により表層の水素ガス等が剥ぎ取られた後、Wolf-Rayet 星を経て超新星爆発を起こすと考えられている天体である。LBV 星の進化においては、特に突発的な質量放出が不可欠な働きをしていることが最近の研究で明らかになっている [1]。一方で、LBV 星は短い大質量星の一生の中でもごく一期間の姿であるため、知られる天体は非常に少なく、その突発的質量放出に関しては不明な点が多く残されている。この現象は衝撃波を伴っていると考えられるが、これには近赤外域の金属の禁制線の観測が適している [2]。そこで、我々は WINERED 分光器を用いて、我々から最も近い LBV 星である P Cygni

の近赤外高分散観測を行った。同分光器は、東大・京産大により開発され、2012年にこのP Cygniでファーストライトを迎えた。解析の結果、[FeII]の輝線が従来の解釈[3]では説明のつかない特徴的なプロファイルを持っていることが明らかになった。この結果は、WINERED分光器の性能を実証するとともに、LBV星P Cygniの突発的質量放出に関して新たな知見を付け加えた。本発表ではこれらの成果を紹介する。

1. Smith, N. 2008, ASPC, 388, 129
2. Smith, N., & Hartigan, P. 2006, ApJ, 638, 1045
3. Stahl, O., Mandel, H., Szeifert, Th., Wolf, B., & Zhao, F. 1991, A&A, 244, 467

恒星 11a 矮新星でみられる negative superhump の研究

中田 智香子 (京都大学 M1)

白色矮星を含む近接連星系である激変星では、negative superhump という現象が観測されている。negative superhump とは、軌道周期よりも少し長い周期をもつ光度変動である (positive) superhump に対して、軌道周期よりも少し短い周期をもつ変動のことをいう。negative superhump の起源には謎が多いが、軌道面に対して傾いた降着円盤によりこのような現象が起こるという説が有力になっている。一方で、円盤が傾いているという観測的証拠は今のところはっきりとした形では得られておらず、円盤が傾く機構についても推論の段階である。この研究発表では、negative superhump についてのこれまでの研究をレビューすると共に、Kepler 衛星のデータと食のある激変星を用いて降着円盤の傾きを検証する私たちの試みを紹介する。

恒星 12c Kepler を用いた恒星の光度変動の統計的調査に向けて

三舛 慧人 (九州大学 M1)

恒星の光度変動は変動の原因によって振幅や周期の大きさがさまざまである。変動の大きなものとしては脈動変光星、フレア星、食連星などがあり、変動の小さいものとしては非動径脈動、spot などが挙げられる。このような光度変動の性質を統計的に解析するためには、大量の恒星サンプルを持ち、長い観測期間を有する光度データが必要である。系外惑星探査衛星 Kepler は約 16 万個の恒星サンプルと約 4 年の観測期間をもつことからこれらの条件を満たしている。さらには高い時間分解能と角分解能を併せもつため、Kepler の光度データを用いることで恒星のさまざまな大きさの光度変動を統計的に解析できることが期待される。

本発表では、Kepler の性能と光度データの特徴を紹介するとともに、Kepler の光度データに含まれるノイズに関連した論文も紹介する。

1. Jenkins, J. M., et al. 2010. ApJ, 713, 120

恒星 13c Dependence of the C/O ratio on the Initial Mass and Metallicity of the Asymptotic Giant Branch Stars

田染 翔平 (北海道大学 M2)

It has been shown that the fraction of carbon enhanced stars is high among metal poor stars observed in our Galaxy. Carbon enhanced metal poor stars have been considered to originate in a binary system by accreting carbon enriched gas injected from the primary star in AGB^[1] phase. Because carbonaceous dust is expected to form in C-rich AGB stars and to be injected to interstellar space, C-rich AGB stars can be important resource of dust in galaxies in the early universe. But the dependence of C/O ratio on the initial mass and metallicity of AGB stars as well as the dust formation and mass loss in metal poor stars has not yet been investigated systematically.

Atmospheric composition of AGB stars is controlled by the third dredge up (TDU) and hot bottom burning (HBB)^[2] which, in turn, depend on their initial mass, metallicity and mass loss rate.

In this study, (I) we investigate the dependence of C/O ratio on the initial mass and metallicity of AGB stars employing Modules for Experiments in Stellar Astrophysics (MESA)^[3] and find that all stars with initial mass $M_{init} \leq 4 M_{\odot}$ evolve to C-rich AGB stars except the star of $4 M_{\odot}$ with solar metallicity. (II) By adopting the criterion for realizing dust driven wind derived from the model calculations of dust driven wind, it is found that all stars which encounter the TDU and finish HBB (if HBB occurs) satisfy the criterion for the dust driven wind except stars with $2 M_{\odot}$ and $Z \leq 10^{-4}$. (III) In initial metallicity $Z = 0$, where we don't know whether mass loss occurs or not, We compare models including mass loss with ones including no mass loss and found that we should use mass loss rate considering dust formation.

1. Herwig F. 2005, ARA&A, 43, 435
2. Iben I., Jr, Renzini A., 1983, ARA&A, 21, 271
3. Paxton, B., Bildsten, L., Dotter, A., et al. 2011, ApJS, 192, 3

恒星 14c MAXI が捕えた星からの巨大フレア

比嘉 将也 (中央大学 M2)

星表面で起きるフレア現象はいつ起きるか分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 4 年間に渡る MAXI の観測により、21 天体 (RS CVn 型連

星:11, Algol 型連星:1, dMe 型星:7, dKe 型星:1, YSO:1) から計 56 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 $6e30 \sim 5e33$ ergs/s であり、星として最大級のフレアと言える。中でも、2012 年 4 月 18 日に検出された AT Mic(dMe 型星) からの巨大フレアは、dMe 型星として最大級の、ルミノシティーが $6e32$ ergs/s であり、ボロメトリックルミノシティーの 4 倍もの明るさを誇っていた。また、フレアが減光するまでに放射する全エネルギーは、 $1e36$ ergs であり、これは dMe 型星からのフレアとしては過去に報告例が無い程の巨大なものであった。

本会では、これら MAXI で検出された巨大フレアと星の特徴について報告する。

恒星 15c スーパーアウトバーストサイクルを通した VW Hyi の多波長観測

和田 師也 (東京大学 M2)

矮新星は数ヶ月おきに可視光で 2-5 等の増光 (アウトバースト) を起こす激変星である [1]。アウトバーストが起きると約 1 日で最大光度に達し、数週間かけて元の明るさに戻る。このアウトバーストは降着円盤の熱不安定性によって引き起こされることが知られている [2]。矮新星のうち SU UMa 型は、通常のアウトバーストに加え光度が約 1 等級明るく増光期も 5 倍程度長い「スーパーアウトバースト」を起こす。静穏時と通常のアウトバースト時における降着円盤内縁の詳細な構造が明らかになってきた [3]。その一方でスーパーアウトバースト時の X 線観測はほとんど例がなく、X 線放射領域の構造はいまだ不明である。

我々は、スーパーアウトバースト時の X 線放射領域の構造と降着円盤内縁のプラズマ構造の時間変化を明らかにするために、SU UMa 型矮新星 VW Hyi のすざく衛星による ToO 観測を行った。VW Hyi は (1) ビジビリティが良い、(2) アウトバーストおよびスーパーアウトバーストの間隔がほぼ一定でかつ短い、(3) 天体までの星間吸収が $N_H \sim 6 \times 10^{17} \text{cm}^{-2}$ と小さい、(4) 天体までの距離が 65 pc で非常に近い、という特徴を持つ。そのため様々なパラメーターが高い精度で求められており、スーパーアウトバースト時に焦点を置いた研究に最適である。すざく衛星による ToO 観測は、X 線放射領域の構造と、白色矮星への質量降着率の時間発展を明らかにするためにスーパーアウトバースト時 1 回と静穏時 3 回の計 4 回行った。我々は cooling flow モデルを仮定したスペクトル解析の結果から、スーパーアウトバースト時の降着円盤から白色矮星への質量降着率 \dot{M} が静穏時に比べて上昇することを初めて観測から明らかにした。本講演ではこれら X 線での解析結果に加え、南アフリカ IRSF/SIRIUS 望遠鏡を用いた近赤外線での観測結果もまとめ、VW Hyi について新たにわかったことを報告する。

1. Warner, B. 1995, Cataclysmic variable stars (Cambridge University Press)
2. Osaki, Y. 1996, PASP, 108, 39
3. Ishida, M., et al. 2009, PASJ, 61, S77

恒星 16c 熱不安定による太陽フィラメント形成の 2.5 次元磁気流体シミュレーション

金子 岳史 (東京大学 M2)

太陽フィラメントは、高温のコロナ (100 万 K) 内に出現する低温高密度プラズマ雲 (温度は 1-10 万 K、密度はコロナの 10-100 倍程度) である。低温高密度プラズマの生成機構については、長いコロナループの足元に局在化した加熱を与えることで、熱不安定により低温高密度プラズマが形成されることが熱伝導、放射、重力を考慮した 1 次元流体シミュレーション [1]、2 次元磁気流体シミュレーション [2] によって調べられている。一方、これらの熱不安定モデルは観測で示唆されているようなフィラメントの磁束管型磁場構造の形成過程が考慮されていない。そこで、本研究では、磁束管の形成から低温高密度プラズマ生成までを一括して理解する新たなフィラメント形成メカニズムを提案し、非等方非線形熱伝導、放射冷却、重力を考慮した 2.5 次元抵抗性磁気流体シミュレーションによる実証を試みた。結果、磁束管構造の形成は、熱不安定が励起されるために、以下のような本質的な役割を果たすことが分かった。まず、形成された磁束管の磁力線は閉じているため熱伝導の効果が制限される。さらに、コロナ底部の高密度プラズマが磁束管にトラップされて上昇するため、背景加熱に対する磁束管内の放射冷却が強まり、放射の典型時間が熱伝導の典型時間よりも短くなることで熱不安定が生じる。これにより磁束管内に低温高密度プラズマが生成される。

1. J.T.Karpen, S.K.Antiochos, and J.A.Klimchuk 2003. ApJ
2. C.Xia, P.F.Chen, and R.Keppens 2012. ApJL

恒星 17c 大振幅プロミネンス振動の励起過程を用いたコロナ衝撃波としての EUV 波の性質の研究

高橋 卓也 (京都大学 M2)

2012 年 3 月 7 日に発生した巨大フレア *1 に伴い、コロナ *2 中を伝搬する擾乱現象が観測された。これは EUV 波として知られる現象である。EUV 波はフレアを引き起こした活動領域から 70 万 km 離れた太陽極域のプロミネンス *3 に衝突し、大振幅のプロミネンス振動を引き起こした。我々は、EUV 波の衝突によって振動が励起される過程で、5 万度の EUV 波長帯においてプロミネンスが強く増光することを発見した。いくつかの観測的性質から、観測された EUV 波はコロナ中を伝わる磁気流体ファストモード衝撃波であると結論した *4。さらに、観測されたプロミネンス振動の励起過程を用いて、定量的な議論が困難であるコロナ中の衝撃波の性質について定量的に議論する新しい方法を提案した。

- *1 多波長での突発的増光現象
- *2 高温希薄な太陽の高層大気
- *3 コロナ中に磁気力によって浮かぶ低温高密度なプラズマ雲
- *4 EUV 波には現在 2 つの物理解釈が対立している。磁気流体 (MHD) ファストモード衝撃波であるとする解釈と、そうではないとする解釈である

恒星 18c 非対称反平行磁場における磁気リコネクションと波の発生

佐藤 龍伍 (茨城大学 M2)

太陽のコロナ加熱問題について、Alfvén 波加熱説とマイクロフレア加熱説が有力視されている。しかし、非対称な反平行磁場におけるリコネクションでも Alfvén 波が発生するので、両者を明確に区別して議論することは難しい。そこで我々の研究グループは数値シミュレーションを用いて、そのようなリコネクションにより発生する波の Flux を定量的に調べている。本研究は、2.5次元の数値シミュレーションを用いて、非対称反平行磁場による磁気リコネクションを行う。これにより発生する波を定量的に見積もり、コロナ加熱を議論する。また、重力を考慮しない一様大気の場合と重力を考慮して太陽大気を模した場合について議論する。

1. Kigure et al. 2010, PASJ, 62, 993
2. K. Galsgaard and I. Roussev. 2002 A&A, 685, 383

恒星 19c 惑星トルクによる太陽活動への影響

新井 信乃 (お茶の水女子大学 M1)

太陽黒点数は太陽の活動性の指標として観測され続けている。19世紀のシュワーベ (S.H.Schwabe) は約 11 年周期で増減を繰り返すという法則性を見出した。この 11 年周期の活動性を引き起こす要因は自転や磁場など太陽内部であると考えられている。近年、銀河宇宙線に含まれる放射性核種から太陽活動データが復元され、数千年ものデータを取得することが可能になった (2)。データを解析すると 11 年周期だけでなく、より長期的な周期があることが分かった。J.A.Abreu ら (1) はその周期性の要因として、太陽外部からの惑星運動が影響するのではないかと考え、太陽が惑星から受けるトルクを計算したところ、復元したデータと周期に高い一致が見られた。本発表では、J. A. Abreu らによって立てられた惑星トルクによる太陽活動への影響についての論文について発表する。

1. Abreu, J. A., Beer, J., Ferriz-Mas, A., McCracken, K. G., & Steinhilber, F. 2012, aap, 548, A88
2. Steinhilber, F., & Beer, J. 2011, AGU Fall Meeting Abstracts, A903

恒星 20c 磁気リコネクションによる二重スピキュール発生モデル

須田 武憲 (京都大学 M1)

スピキュールとは彩層からコロナへと噴出する高速 ($\sim 25\text{km/s}$) 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 \sim 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り、

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ベア (二重構造) で現れることが示唆された [1]。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生じ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。そして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擾乱がスピキュールを発生させる可能性があると考え、磁気リコネクション後の磁場構造を想定した初期条件から 1.5 次元 MHD シミュレーションを行い、磁気リコネクション後に発生する fast-shock がスピキュールを発生させることを確かめた。

1. Suematsu, Y. et al., 2008, ASP Conf Ser

恒星 21c 磁場構造が引き起こす太陽フレアとコロナ質量放出について

板橋 佑典 (名古屋大学 M1)

太陽系においてもっとも甚大な爆発である太陽フレアや CME は地球周辺環境や経済基盤に影響を与える場合がある。しかしこれらの引きがねになるメカニズムは未だに議論中であり、これらの爆発を引き起こす磁場構造は未だ不透明である。Kusano et al (2012) では 3 次元の電磁流体力学 (MHD) シミュレーションを用いて多様な磁場構造における非線形ダイナミクスを体系的に調査することにより、この問題を考察した。

その結果として彼らは 2 つの異なる磁場構造が太陽面爆発の発生を促進することを突き止めた。加えて彼らは 2 つの大きなフレア (2006 年 12 月 13 日の X クラスのフレア、及び 2011 年 2 月 13 日の M クラスのフレア) について、ひので衛星から得られた画像を用いた解析を行った。本講演では、この論文の内容を紹介し、太陽フレア問題について議論する。