

2004年度内地留学奨学金による成果報告書

矢治健太郎（立教大学理学部*1）

研究テーマ：太陽画像データベースを用いた第22/23太陽周期活動の教材開発

受入機関：国立天文台（三鷹）

担当教官：花岡庸一郎

受入期間：2004年1月から6月

研究内容の概要：太陽観測衛星「ようこう」は1991年から2001年まで10年にわたって、X線にて太陽コロナの観測を行ってきた。これは太陽活動のほぼひと周期にあたる期間である。また、この期間は、国立天文台太陽フレア望遠鏡や野辺山電波ヘリオグラフといった地上観測も充実し、太陽画像データベース群を形成している。これらの太陽画像データベースを用いて、太陽画像を教育教材として開発し、学校教育現場に提供するのが本研究の目的である。日本がこれまで打ち上げてきた科学衛星の研究成果は、一般に広く関心をひくものであったが、学校教育現場に直接結びつくことは少なかった。そこで、以下のようなカリキュラムを提案・実践することで、太陽画像データベースは、理科の物理・天文分野を学ぶうえで格好の教材になりうると考えられる。

本研究で使用した太陽画像データベースは以下のとおりである。

- 宇宙航空研究開発機構・ようこう X線画像

<http://www.solar.isas.jaxa.jp/>

- 国立天文台太陽画像データベース

<http://solarwww.mtk.nao.ac.jp/>

- 国立天文台野辺山太陽電波観測所

<http://solar.nro.nao.ac.jp/>

このほか、必要に応じて、SOHO、TRACE、GOES など海外の衛星データも活用した。

これらのデータベースを用いて、以下に紹介するような教材提案を行った。

〈教材提案その1〉「太陽活動を調べてみよう」

ようこう X線画像から、毎年同じ月日の画像を選択し、その画像を比較することで、太陽活動の推移を学習する教材を提案した。「太陽全体の X線コロナの明るさから、太陽活動の極大期・極小期を考察する」「次回の極大期を予測する」「太陽黒点画像との比較」などの課題を行う。

〈教材提案その2〉「さまざまな光で見た太陽」

巨大黒点が出現した日（例：2001年3月27日）の、可視光・電波・X線と異なる波長で観測された太陽画像を比較する教材を提案した。「観測波長によって太陽の姿が異なる」「各波長で観測される太陽がコロナ・彩層・光球といった階層構造

*1 内地留学採用時の所属は、かわべ天文公園

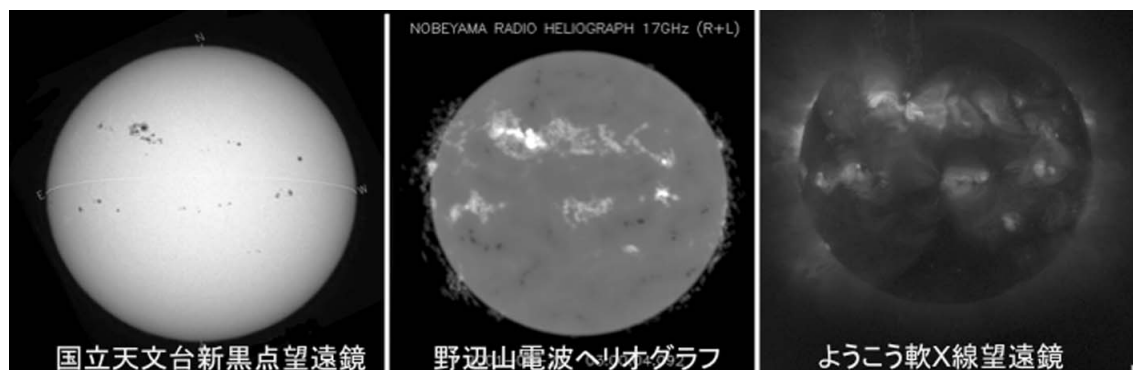


図1

に対応していることを理解する」などの課題を行う。

〈教材提案その3〉「太陽フレアってなんだろう」

地球環境に影響を及ぼすような巨大フレアが起きた日(例: 2000年7月14日)の太陽画像を例にし、太陽フレアについての学習を行う。「太陽フレアはどこで起きているのか」「太陽フレアはどの黒点群に対応しているか」「太陽フレアが地球に及ぼす影響」などの課題を行う。

以上の教材は、高校1年以上での授業実践を想定している。とかく、教科書だけでは、断片的な知識になりがちな事項を、科学的に得られたデータを積極的に活用することで、生徒たちの総合的な理解につながることを狙っている。

これらの教材提案の内容は、2004年の日本天文学会秋季年会(岩手大学)にて、以下のタイトルでポスター発表を行った。

「太陽画像データベースを用いた第22/23太陽周期活動の教材開発」
(矢治健太郎, 花岡庸一郎, 飯塚康至, PAOFITSワーキンググループ)

なお、私は、2004年7月より、内地留学先の国

立天文台の研究支援員として採用されたため、内地留学は6月をもって終了することになった。そのため、本研究の目的の一つとして挙げた、「提案した教材を学校現場で授業実践を行う」という項目に関し、不十分な結果になった。今後も学校関係者から意見を求め、授業実践を行う機会を模索したい。

また、太陽画像の中には FITS (Flexible Image Transport System) 形式で公開されているものも多く、FITS 画像解析ソフト、Malalii*2 を活用して、太陽画像から定量的な情報を引き出す教材を引き続き開発したい。

さらに、2006年夏には、新たな太陽観測衛星「SOLAR-B」が打ちあがる予定である。この「SOLAR-B」の観測データも教育的に活用していきたいと考えている。

最後になりましたが、当時、公開天文台職員であった私に、このような内地留学の機会を与えていただいた日本天文学会に感謝いたします。また、受け入れ教官の花岡庸一郎助教授、さまざまご助言をいただいた国立天文台・宇宙航空研究開発機構の太陽研究者の皆さま、PAOFITSワーキンググループの皆さまにも感謝いたします。

*2 <http://makalii.mtk.nao.ac.jp/>

田島由起子 (ちはや星と自然のミュージアム)

研究テーマ: 突発天体の極初期の多色測光観測

受入機関: 大阪教育大学

担当教官: 福江 純

研究内容の概要: 新星などの突発天体の極初期の観測は、天体の増光メカニズムを理解するうえでとても重要である。実際の観測例は多くないことを踏まえ、臨機応変な観測時間やターゲットの変更が可能な大阪教育大学附属天文台で、多色フィルターによる測光観測を計画した。実際には、2004年4月14日に発見された新星 V2574Oph を、同大学 51 cm 反射望遠鏡で多色 (B/V/R/I) 測光観測をした。また観測期間中には、定金晃三大阪教育大学教授によるすばる望遠鏡 HDS を用いた高分散分光観測と、美星天文台による低分散分光観測のデータをいただくことができた。V2574Oph の特徴について考察を行った。

V2574Oph は、2004年4月14日にへびつかい座に発見された新星である。その速報を受けて、4月16日より大阪教育大学 51 cm 反射望遠鏡で多色測光観測を開始し、光度曲線を得た(図1)。この図より、初期の2夜の間 (JD2453114.5±0.5) に光度のピークがあり、V等級で9.9±0.1等であったと見られる。その後、58.5±2日で3等減光

していることから、V2574はFast Novaに分類されることがわかった。

一方、JD2453148にすばる望遠鏡高分散分光器(HDS)で得られたスペクトル(図2)には鉄の輝線が見られることから、V2574はFeII型の新星であることもわかった。その後、JD2453200を過ぎた頃から光度曲線に振幅が現れ、JD253216に

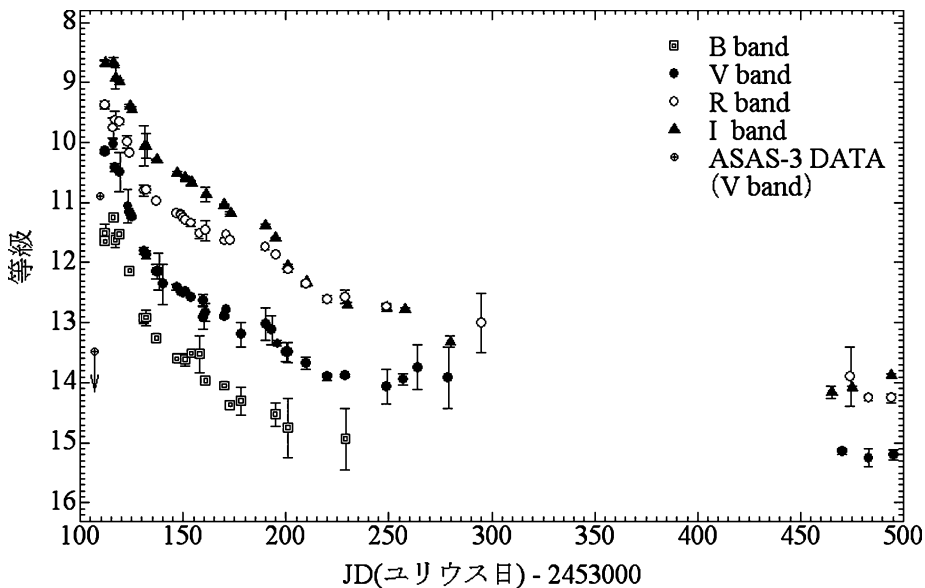


図1 大阪教育大 51 cm 反射鏡による V2574Oph の多色測光観測の結果。

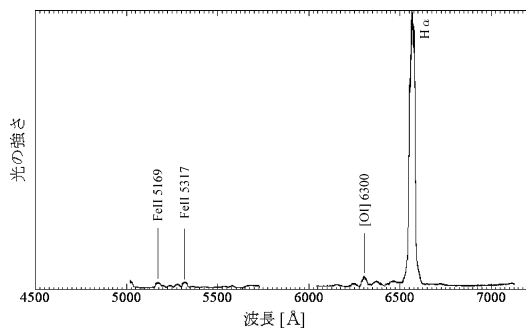


図2 すばる望遠鏡 HDS で得た V2574Oph のスペクトル。

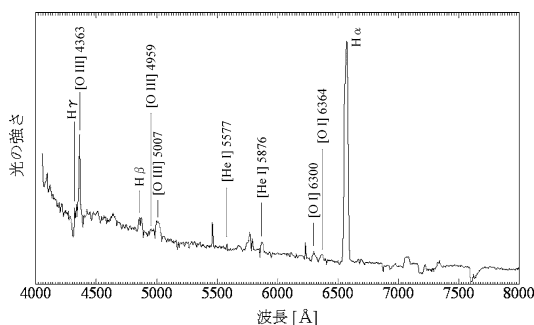


図3 美星天文台で得た V2574Oph のスペクトル。

美星天文台で得られたスペクトル（図3）にも酸素やヘリウムなどの禁制線が多く見られていることから、その頃から V2574 は主スペクトル期から星雲スペクトル期へと移行したと考えられる。その他、図2のスペクトルの詳細解析からは、

光度のピークから 35 日後のガスの膨張速度が 1,600 km/s であり、膨張したガスは二重構造の殻を作っている可能性があることもわかっている。今後は、これらの観測結果を合わせて欧文報告書にまとめたいと考えている。

報告:

2004 年日本天文学会秋季年会
第 10 回天体スペクトル研究会

謝 辞 この研究をするにあたり、場を設けてくださった大阪教育大学の福江 純教授と、実際の観測・解析にあたって多くの指導とアドバイスをして下さった定金晃三教授、松本 桂氏に感謝いたします。また、分光観測に協力いただいた美星天文台の綾仁一哉氏、川端哲也氏、川端善仁氏と、大学での測光観測を手伝ってくれた天文学研究室・宇宙科学研究室の学生の皆さんにも、この場を借りて、お礼申し上げます。ありがとうございました。

参考文献

- IAUC 8323 (Apr. 15 2004)
- IAUC 8324 (Apr. 16 2004)
- Warner, B., 1995, Cataclysmic Variable Stars, Cambridge University Press
- 小暮智一, 2002, 輝線星概論, ごとう書房

杉山 清 (茅野市立長峰中学校)

研究テーマ: 中小質量星の構造と進化の数値シミュレーション

受入機関: 北海道大学

担当教官: 藤本正行

研究内容の概要: これまで、恒星の構造と進化に興味をもち恒星進化のコードを習得し、それを用いて、種族 I の恒星や $Z=0$ の恒星の表面への汚染されたガスの降着による化学組成の変化を数値計算によって研究してきた。当初、宇宙初期にできたと考えられている種族 III の金属欠乏星について研究をする予定であったが、最近、観測技術の進歩によって、惑星を伴う種族 I の星が次々に観測され、その核種組成や内部での物質混合が注目されていることから $Z=0.02$ や $Z=0.04$ の種族 I のタイプの恒星の数値計算を用いた研究を行った。また、他方で、恒星進化の数値計算のコードの改善も図られてきている。そこで、改善されたコードの解析を行いながら、中小質量星の構造と進化について数値計算を行った。

今回、夏休みを利用して 6 日間ほど、北大理学部宇宙物理学研究室に滞在し、数値計算と惑星を伴う恒星についての観測にかかわる論文を読む機会を得た。

星の進化の数値計算を進めるうえで、吸収係数はたいへん重要なはたらきをしている。計算に用いる吸収係数に最新の研究成果を反映することは、より観測にマッチした計算結果を得るうえで重要である。そこで吸収係数をテーブルから読み取るように一部変更した数値計算コードを使用した。この変更点について院生の勝田 豊氏より説明を受け、実際に計算方法の変更点について学んだ。そして、実際にこのコードを用いて計算し、これまでのコードとの結果の違いについて比較を試みた。

ちょうど研究室に、このコードを作成されたイーベン氏 (イリノイ州立大学) が研究に滞在されていた。衰えを見せない旺盛な研究意欲と快活な人柄に接するとともに、実際の計算でしばしば遭遇する問題点にわたって、解決の方法を懇切丁寧に教えていただいたことは貴重な経験になった。

また、指導にあたっていただいた藤本教授から惑星を伴う恒星の観測にかかわるいくつかの論文を紹介され、その概要をまとめ、この分野の研究の状況を知る機会を与えられた。今回の内地留学で、数値計算コードについて学ぶことが中心であったが、他方で最近の恒星の研究の現状を知ることができたことはたいへん有意義だった。

次に今回行った数値計算について報告したい。現在、惑星を伴う恒星の組成が注目されている。観測によれば、金属元素が多いという報告がある。この原因について次のような説が提案されている。すなわち、もともと恒星を形作るガスが金属元素を多く含んでいたというものと、金属元素をあまり含まない恒星の上に、周りから金属元素を多く含むガスが降り積もることによってできたという説である。そこで私たちは、後者の場合に恒星はどのような進化を遂げ、表面組成がどのようになるかを数値計算を通して探ってみた。図 1 は、院生の勝田 豊氏による数値計算によって作成された HR 図である。図 1 において太線が同時曲線である。一様に汚染された場合の年齢を示している。

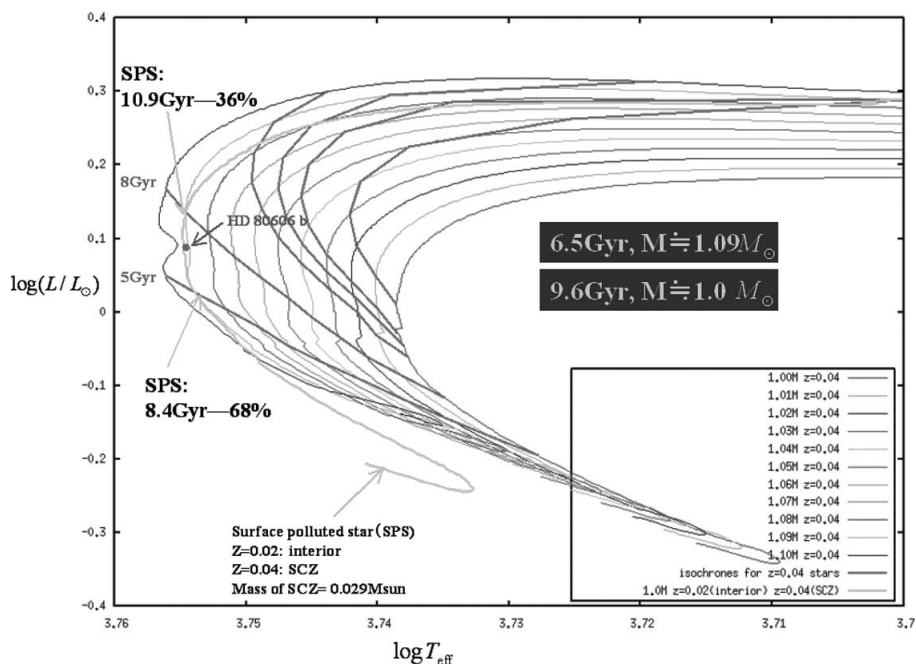


図1 数値計算で得られた HR 図.

ここで、一番下の灰色の線で表された恒星の進化について考えてみたい。この恒星は、 $Z=0.02$ 、で表面から $Z=0.04$ のガスを降り積もらせた場合のものである。この HR 図によると、一様な汚染されたガスからできた恒星の進化と金属を多く含まない ($Z=0.02$) 恒星に金属を多く含むガス ($Z=0.04$) が降着した場合には、進化の進んだ段階では、両者の年齢の差が縮まっていくことがわかる。また、図中に矢印で示した点は、観測されている恒星 HD80606b であるが、この星の年齢を数値計算からたどると、一様な金属元素を多く含むガスから構成された場合は 65 億年であるのに対して、 $Z=0.02$ の組成をもつ恒星に $Z=0.04$ の汚染されたガスが降り積もらせた場合、96 億年になる。96 億年というと宇宙の年齢に近い状態で、そのような段階で重元素に汚染されたガスが存在するのかということも含めて成因についての問題

は解決しない。恒星の形成の理論と併せて、汚染されたガスの金属量をもっと薄い場合や降着の際の角運動量の問題などを考慮してさらに精密な数値計算をしてみる必要があると考えられる。

今後は、関係する論文の概要をまとめるとともに、星の構造についての基礎理論の学習を進めながら改善されたコードの利用に習熟し、種族 I の惑星を伴う恒星の構造と進化についての研究をさらに深めていきたいと考えている。

謝 辞 今回内地留学に当たり、担当教官の藤本正行教授、院生の勝田 豊氏をはじめ研究室の皆さんにたいへんお世話になりました。特に、勝田氏には、計算コードの改善された点について説明いただくとともに、図の提供をいただきました。この場を借りてご御礼申し上げます。ありがとうございました。