

自然科学研究機構



国立天文台ニュース

National Astronomical Observatory of Japan

2018年3月1日 No.296

特集 岡山天体物理観測所 —57年、宇宙を見つめて—



- 天文台メモワール：浮田信治／川島 進／宮下隆明
- 「第37回天文学に関する技術シンポジウム」報告
- 第7回DTAシンポジウムの報告
- 「ふたご座流星群、皆既月食」キャンペーン報告
- 国立天文台・所蔵資料の補修作業
- 平成31年(2019)暦要項を発表しました！／「一般社団法人 日本カレンダー
暦文化振興協会 2017年の活動」報告

3

2018

NAOJ NEWS

国立天文台ニュース

C O N T E N T S

- 表紙
- 国立天文台カレンダー

03

特集

岡山天体物理観測所—57年、宇宙を見つめて—

- ★岡山天体物理観測所のこれから 林 正彦（第5代国立天文台長）
- ★岡山天体物理観測所から岡山天文コンプレックスへ 泉浦秀行（岡山天体物理観測所長）
- 岡山天体物理観測所の歴史
- 岡山天体物理観測所の研究成果アラカルト
 - ・一つの時代の終焉に思う 竹田洋一（国立天文台 光赤外研究部）
 - ・HIDES で切り込んだガンマ線連星 HESSJ 0632+057の正体 森谷友由希（東京大学 国際高等研究所 カブリ数物連携宇宙研究機構）
 - ・光赤外線大学連携を通じた近傍超新星の徹底観測：スーパーチャンドラセカール超新星の正体に迫る 山中雅之（広島大学宇宙科学センター）
 - ・岡山天体物理観測所での彗星アウトバーストの研究 石黒正晃（ソウル大学物理天文学科）
 - ・Radial velocity survey of detached eclipsing binaries Krzysztof Helminiak (N. Copernicus Astronomical Center, Polish Academy of Sciences and Subaru Telescope, NAOJ [till 2016])
 - ・多色トランジット測光による地球型系外惑星の観測 福井暁彦（岡山天体物理観測所）
- 188cm反射望遠鏡のこれから
 - ・188cm望遠鏡と視線速度精密測定 佐藤文衛（東京工業大学）
 - ・多色トランジット観測装置MuSCATのこれから 成田憲保（東京大学）
 - ・ドップラー振動撮像装置を用いた木星表面振動観測 生駒大洋（東京大学）
- ★岡山天体物理観測所ギャラリー
- 共同利用完遂記念・座談会

岡山観測所が果たした役割とその未来
前原英夫・沖田喜一・泉浦秀行
- ★岡山天体物理観測所、全国共同利用をここに完遂せり

29

天文台メモワール

- 「退職にあたって」 浮田信治（岡山天体物理観測所）
- 退職のご挨拶「47年間お世話になりました」 川島 進（技術推進室）
- 「TMTの5年間」 宮下隆明（TMT推進室）

32

おしらせ

- 「第37回天文学に関する技術シンポジウム」報告 上野祐治（水沢VLBI観測所）
- 第7回DTAシンポジウムの報告 祖谷 元（理論研究部）
- 「ふたご座流星群、皆既月食」キャンペーン報告 石崎昌春（天文情報センター）
- 国立天文台・所蔵資料の補修作業 小栗順子（天文情報センター）
- 「一般社団法人 日本カレンダー暦文化振興協会 2017年の活動」報告 片山真人（天文情報センター）
- 平成31年（2019）暦要項を発表しました！ 片山真人（天文情報センター）

39

- 編集後記／次号予告

40

シリーズ「アルマ望遠鏡観測ファイル」24 —最終回—

暗黒の宇宙を見つめる、アルマ望遠鏡 平松正顕（チリ観測所）



表紙画像

岡山天体物理観測所188cm反射望遠鏡ドームと冬の星空。（撮影：飯島 裕）

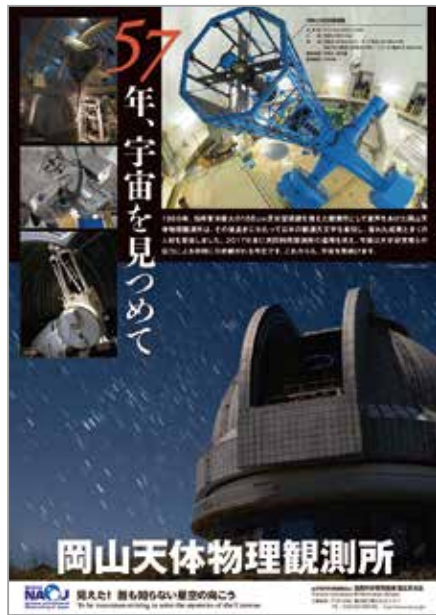
背景星図（千葉市立郷土博物館）

渦巻銀河M81画像（すばる望遠鏡）

特別附録！

岡山天体物理観測所スペシャル・ポスターを同封します！

今月号の特集「岡山天体物理観測所—57年、宇宙を見つめて—」のスペシャル・ポスターをお届けします（※台外発送分のみ）。



国立天文台カレンダー

2018年2月

- 1日（木）天文情報専門委員会
- 3日（土）4D2Uシアター公開（三鷹）
- 7日（水）幹事会議
- 9日（金）4D2Uシアター公開&観望会（三鷹）
- 10日（土）4D2Uシアター公開（三鷹）
- 17日（土）4D2Uシアター公開（三鷹）
- 21日（水）幹事会議
- 24日（土）観望会（三鷹）
- 28日（水）プロジェクト会議

2018年3月

- 3日（土）4D2Uシアター公開（三鷹）
- 5日（月）天文データ専門委員会／太陽天体プラズマ専門委員会
- 7日（水）幹事会議
- 9日（金）運営会議／4D2Uシアター公開&観望会（三鷹）
- 10日（土）4D2Uシアター公開（三鷹）
- 17日（土）4D2Uシアター公開（三鷹）
- 20日（火）幹事会議
- 24日（土）観望会（三鷹）
- 29日（木）プロジェクト会議

2018年4月

- 7日（土）4D2Uシアター公開（三鷹）
- 13日（金）4D2Uシアター公開&観望会（三鷹）
- 14日（土）4D2Uシアター公開（三鷹）
- 21日（土）4D2Uシアター公開（三鷹）
- 28日（土）観望会（三鷹）

特集

岡山天体物理観測所

— 57年、宇宙を見つめて —

1960年10月、当時東洋最大の188 cm反射望遠鏡を備えた本格的な観測施設として産声を上げた岡山天体物理観測所は、以来58年の長きにわたって、日本の光赤外天文学を牽引してきました。岡山で腕を磨いた人々が、その後の日本の天文学の発展を各所で支えてきたといっても過言ではありません。2017年末に共同利用業務を終え、2018年3月をもって組織としての一区切りを迎える岡山天体物理観測所。今回はその記念特集をお送りします。

制作協力
岡山天体物理観測所

写真：飯島 裕／長山省吾



岡山天体物理観測所のこれから

林 正彦（第5代 国立天文台長）

岡山天体物理観測所は、2018年3月末をもって国立天文台の「プロジェクト」としての位置づけを廃止することとなりました。これは、188 cm望遠鏡を中心とした全国大学等の研究者に対する共同利用事業を終了することを意味します。国立天文台が岡山天体物理観測所で行ってきた共同利用は、まもなく隣に完成する京都大学3.8 m望遠鏡へと引き継がれます。既存の188 cm望遠鏡等は完全に閉鎖されるわけではなく、大学等の研究者による専用望遠鏡として、これまで以上に有効に活用される見込みです。

岡山天体物理観測所は、1960年に当時の東京大学東京天文台の施設として発足しました。それ以来58年間、多くの職員の努力と、地元自治体からの強いご支援により、今日まで運営を続けてくることができました。この観測所で培われた経験はすばる望遠鏡へと引き継がれ、日本の光学赤外線天文学が世界の第一線に並ぶために大きな役割を果たしました。

この間、1988年に東京天文台が他の2機関とともに改組し、文部省の国立大学共同利用機関（当時）として国立天文台が発足しました。当時、日本の地上天文学が国立天文台のモノポリーになるのではないかと、改組を危惧する声がありました。この不安は払拭されたと私は思っています。

その理由は、ひとつには改組後に国立天文台が最初に進めた大型計画「すばる望遠鏡」が、大成功したことです。特に重要なことは、これが「共同利用」としての成功を意味しており、大学の研究者等がすばる望遠鏡を利用して、世界が目する成果を数多く出せるようになったことです。

ふたつめには、すばる望遠鏡による研究をさらに発展させ、またこれと相補的でユニークな研究を進めようと、多くの大学が新たな望遠鏡計画を立案し、実現させたことです。名古屋大学では、南アフリカで1.4 m望遠鏡（IRSF）が、またニュージーランドで1.8 m望遠鏡（MOA-II）が

活躍しています。東京大学では、チリで標高5600 mのチャナントール山頂に6.5 m望遠鏡（TAO）を建設中です。また京都大学は、岡山天体物理観測所の隣に、日本で初めてのセグメント鏡となる3.8 m望遠鏡を建設しています。これらを見ると、大学が海外の最適地に望遠鏡を建設することに、もはや抵抗は無くなったように見受けられます。

このように、国立天文台がひとつの大学では実現不可能な大型計画を推進して、共同利用を通してトップレベルの研究成果が挙げられる機会をコミュニティに提供し、また同時に大学がそれぞれの特徴を活かした望遠鏡を実現して独自の研究を進め、天文学の裾野を広げています。この状態は、モノポリーどころか、大学と大学共同利用機関の理想的な関係のように思われます。

国立天文台のこのような役割を考えれば、もはや大型ではない岡山天体物理観測所の望遠鏡は、共同利用の使命を果たし終えたと言えます。岡山における国立天文台の新たな役割は、京都大学の推進する3.8 m望遠鏡を支援し、これによる共同利用を実施することでしょう。国立天文台のプロジェクトとしての岡山天体物理観測所を終了するのは、そのためです。

既存の望遠鏡の今後ですが、今までのような共同利用サービスは無くなります。しかし、今後はセルフサービスの望遠鏡として、大学等の研究者に好きなだけ活用してもらえと思っています。たとえば、188 cm望遠鏡による系外惑星観測を推進するため、東京工業大学には系外惑星観測研究センターが発足しました。188 cm望遠鏡は、これまでも系外惑星の観測に有効に活用されて来ました。今後はさらにその強みを生かした観測が続けられるものと期待しています。また、自治体等と協力した観望会なども開催して行きたいと思います。

今後とも、岡山の望遠鏡群の活躍にご期待下さい。



岡山天体物理観測所から岡山天文コンプレックスへ

泉浦秀行（岡山天体物理観測所長）

平成29年末に188cm望遠鏡の共同利用も終わり、平成30年3月末でCプロジェクト岡山天体物理観測所は解散します。無事に解散することができそうで、今は安堵感で一杯です。ここに至るまで、観測所員のみなさん、光赤外コミュニティ、地元の方々、国立天文台執行部、事務部、図書室、その他大勢の方々にご努力頂きました。この場をお借りして感謝申し上げます。

国内にしっかりしたユーザー層があり、成果も順調に出ている現役の観測所を閉じるのは、おそらく国立天文台にとって初めてのことだろうと思います。平成22年に当時の観山台長から示された大方針に沿って、時にはジグザグに、ここまで進んできました。国立天文台がプロジェクト制を敷き、トップダウンの色彩を強めてきた一つの成果であったかと思います。今後、国立天文台の他のプロジェクトにも影響が及んでいくのではないかと想像しています。

さて、ここで一つだけ留意しておきたいことがあります。岡山天体物理観測所が解散する平成30年3月まで、日本の大学が国内にせよ海外にせよ、天体高分散分光施設を持つに至ることは結局ありませんでした（太陽観測施設を除く）。岡山天体物理観測所は国内最大かつ唯一の天体高分散分光施設で在り続けました。今後、意思ある大学が天体高分散分光施設を持てる時代が来るように、国立天文台は大学を支援して行く必要があるように思います。この点を改めて強調しておきたいと思います。

個人的には、相変わらず仕事は多いのですが、守るべき雇用も予算も無くなり、穏やかな気持ちで日々を送れるようになりました。岡山天体物理観測所にやって来た頃のことを思い出しています。高分散分光器の開発に専念していて、毎晩ハールボップ彗星が明るく

空にかかっていたのにも関わらず、ただ眺めるだけで全然観測しようとは思わなかったあの頃のことです。半年後には3.8m望遠鏡の共同利用が始まり、観測日程を守るために、また落ち着かない日々を送ることになるのだと思いますが、それまでは束の間のこの時間を味わっておこうと思っています。

そういえば最近、いつの間にか花粉症から脱却していることに気が付きました。どうも鼻の粘膜が鈍感になったようです（歳のせいだと思っていますが、ストレスのせいではと言う人もいます）。ただ、山から昇りたつ春の匂いを感じなくなってしまい、コーヒーの香りすら分からないので、人生の楽しみを一つ失った気がしています。でも、そんなことも、間近に迫った新しい時代が忘れさせてくれるものだと思います。若い人々の力で3.8m望遠鏡が順調に観測を開始することを期待してやみません。

国内のどこを見渡しても、4m級と2m級の望遠鏡ドームがそびえ、大学が運用する小望遠鏡が多く集まり、専門的な博物館まで備わっている場所は他にありません。旅行者にとっても楽しい場所になるのではないかと予感があります。それで、これらを総称する名前を考えてみました。岡山天文コンプレックス（Okayama Astro-Complex, OAC）というのはどうでしょうか？ 我ながらもっと素敵な名前は考えられないのかとがっかりします。この文を読んでくださっているみなさん、是非、竹林寺山の頂に展開された天文学関連施設への思いを込めて、一緒に考えてください。

平成30年4月、いよいよ私たちは岡山新時代へ漕ぎ出します。岡山天文コンプレックス（仮称）の活躍にご期待ください。

岡山天体物理観測所の歴史

58年間の岡山天体物理観測所の歴史を
略年表で振り返ってみましょう。

西暦	出来事	観測装置
		188 cm 反射望遠鏡 91 cm 反射望遠鏡 65 cm クーデ型太陽望遠鏡 50 cm 望遠鏡 その他
1953	日本学術会議より大望遠鏡の設置を政府に要求（5月）	
1954	第19回国会において188 cm 反射望遠鏡購入予算可決（6月） 望遠鏡設置場所の調査開始（気象資料、星像実地観測）	
1954～55	望遠鏡設置場所試験観測	
1955		188 cm 反射望遠鏡をグラブ・パーソンズ社に発注（2月）
1956	最適地として岡山県浅口郡、小田郡にまたがる竹林寺山に決定（6月）	91 cm 反射望遠鏡を日本光学に発注（6月）
1957	敷地付近の鉱区禁止地域指定、禁猟区、保安林などの指定（1月）	
1957～59	岡山県および地元の厚意により、敷地、水源、電力など完成	
1958		188 cm：ドーム建物工事開始（12月） 91 cm：ドーム建物工事開始（12月）
1959		91 cm 反射望遠鏡完成（3月）
1960	10月19日開所式挙行	188 cm：ドーム完成（3月） 188 cm 反射望遠鏡がイギリスから到着（4月） 188 cm 反射望遠鏡据え付け完了。予備観測開始（10月） Q、G 分光器 使用開始（カセグレン焦点、～1972、～1979） 写真直接撮像カメラ 使用開始（ニュートン焦点、～1999） 91 cm：ドーム完成（7月）
1961	本館完成（3月） 第1回観測プログラム協議会を開催（12月）	91 cm：光電測光器・1号機 使用開始（～1966）
1962	観測環境保持について関係各方面と連絡・懇談を開始 昭和天皇、皇后両陛下行幸啓（10月） 岡山国民体育大会採火（10月）	本観測開始（4月） F/4、F/10分光 使用開始（クーデ焦点、～1989） 91 cm：本観測開始（4月） 91 cm：グレーティングスキャン分光器・1号機 使用開始（～1969） スペクトル比較測定器 使用開始（～1984）
1963	観測所西方から出火（3月・約70ヘクタール焼失、火線が600mまで接近。近隣市町村消防団、自衛隊により鎮火）	星雲分光器 使用開始（ニュートン焦点、～1965） エシエル分光器 使用開始（クーデ焦点、～1965） 写真濃度測定器 使用開始（～1975） 自記マイクロフォトメーター 使用開始（～1975）
1964		
1965	池谷・関慧星、近日点通過（10月）	65 cm クーデ型太陽望遠鏡の建設開始
1966	文部省研究班による観測所周辺地域の屋外照明調査および照明器具開発の研究 X線星の世界最初の光学発見（6月）	91 cm：光電測光器・2号機 使用開始（～1979）
1967		40 mm 映像増幅管（I.I.）カーネギーより貸与。クーデ分光器に装着。使用開始（～1990） 91 cm：Z分光器 使用開始（～200X）
1968	常陸宮、同妃殿下が岡山天体物理観測所を視察（5月）	65 cm クーデ型太陽望遠鏡完成（3月）
1969		I.I. 分光器 使用開始（カセグレン焦点、～1989） 65 cm：クーデ分光器 使用開始
1970		91 cm：グレーティングスキャン分光器・2号機 使用開始（～1980） 91 cm：3色同時測光器 使用開始（～1990）
1971	月までの距離測定のためのレーザー実験（4月） 浩宮徳仁親王殿下が当観測所を見学（11月）	91 cm：光電測光器デジタル化始まる 当観測所工場に小型旋盤購入
1972	ジャコビニ流星雨騒動（10月） 岡山天体物理観測所観測協力連絡会議結成（岡山県生活環境部、国および県の関係諸機関、近隣市町村および商工会、関連企業から構成） 「天体物理観測における観測精度」研究会開催（彦山山保養センター）	
1973		広波長域分光器 使用開始（カセグレン焦点、～1990） 広波長域分光計用ミニコンOKITAC4300C使用開始（～1984）
1974		
1975		
1976	大沢清輝所長退官、山下泰正所長就任（4月）	フーリエ分光器 使用開始（クーデ焦点、～1996）
1977		91 cm：赤経軸（極軸）、赤緯軸にエンコーダ取り付け。マイクロコンピュータ表示システムが完成
1978		赤経軸（極軸）、赤緯軸にエンコーダ取り付け。マイクロコンピュータTVモニター表示システムが完成

1979	新食堂、研究室完成（3月） 日本天文学会秋季年会開催（10月、鴨方町民会館）	ドーム改修（3月）、スリット扉、昇降床圧系、ドーム給電系、クーデ室空調機、その他 IDARSS 使用開始（クーデ焦点、～1995） 91 cm：光電測光器・3号機 使用開始（～1992） 91 cm：制御系改修、アナログ系から計算機制御へ 光電測光器、望遠鏡制御用としてミニコンOKITAC50/10 FOS（DOS）使用開始（～1992）
1980		各焦点に暗視スコープ+TVカメラシステムを導入
1981	岡山天体物理観測所観測シンポジウム開催（鴨方町民会館） 第1回天文学に関する技術シンポジウム開催（鴨方町民会館）	観測所工場に中型精密旋盤を購入
1982	落雷事故多発。188 cm反射望遠鏡 IDARSS（I.I.部破損）、91 cm反射望遠鏡制御系及び同計算機（カード約15枚破損）、太陽望遠鏡インターフェース被害甚大	65 cm：マグネトグラフ 本格運用始まる マグネトグラフ用計算機（メルコム70）納入
1983	太陽磁場研究会開催（鴨方町民会館）	ドームスリット部修理 65 cm：90 mm I.I. 使用開始（クーデ焦点、～1989）
1984	第1回岡山天体物理観測所ユーザーズミーティング開催（11月、東大図書館）	ファブリ・ペロー分光器 使用開始（クーデ焦点、～1996） カセグレン分光器 使用開始（～2001） 188 cm反射望遠鏡一般見学者室の一部をデータ処理室に改造 データ取得・処理用スーパーミニコンFACOM-S3300運用開始（～1996） ロランCによる時刻補正時計の運用開始
1985	ユーザーと交流を深めるために竹林寺ニュースの発行開始 岡山天体物理観測所施設特別公開（9月、昼、夜）	PIAS 購入。カセグレン分光器に装着しテスト開始
1986	地元を対象にハレー彗星観望会を開催（3月、鴨方町民会館） 岡山天体物理観測所施設特別公開（9月、昼、～'91年まで毎年開催）	RCACCD カメラ、ニュートン焦点にて使用開始（～1997） RCACCD カメラ、クーデ焦点にて使用開始（～1998）
1987	岡山観測プログラム、年2期制に移行	
1988	プログラム小委員会発足 東京大学東京天文台より文部省国立天文台へ改組（7月）	
1989	後期より、岡山天体物理観測所の観測プログラムにスクリーニング制が導入される 岡山天文博物館が岡山県から鴨方町に移管される。プラネタリウム設置	UNIX ワークステーション導入 運用開始 光ケーブルによる計算機ネットワーク構築（10 Mbps）
1989		
1990		観測所構内LAN構築。188 cm望遠鏡ドーム、91 cm望遠鏡ドームと本館間、光ケーブルにて連結
1991		カセグレン分光器受光部をフォトメトリクス社 CCD カメラに交換 188 cm反射望遠鏡ドームスリット部、台風19号によるアルミ剥離（9月）
1992	山下泰正所長退官、前原英夫所長赴任（4月）	カセグレン分光器 SNG モード 使用開始 91 cm：偏光撮像装置（OOPS、P90）使用開始（～2000年）
1993		望遠鏡制御系改修（構内ネットワークに繋がる）
1994	シューメーカー・レービー第9彗星の木星衝突、OASISによる観測成功（7月）	OASIS 使用開始（SL9彗星木星衝突の近赤外観測）（カセグレン焦点、～200X） 中型半自動フライス盤購入
1995		三鷹と専用回線（64 kbps）で接続
1996	観測所ホームページ（http://www.oao.nao.ac.jp）開設	UBC-CCD（200×4096ピクセル）クーデ焦点にて実験（～1999）
1997		スリットユニット、ガイドユニット等更新（クーデ焦点、～現在に至る） 太陽クーデドームと本館の間を光ケーブルにて連結
1998		三鷹と専用回線（128 kbps）で接続
1999		HIDES 使用開始（クーデ焦点、～現在に至る）
2000	後期から188 cm反射望遠鏡プロジェクト制運用開始 岡山天体物理観測所施設特別公開再開（11月、昼、夜）	HIDES 運用開始（本格的高分散分光観測） 91 cm：HBS 堂平から移設、PI装置として運用開始（～2003年） 91 cm：NIKON 分光器堂平から移設、運用開始（～2002年）
2001	前原英夫所長退官、吉田道利所長就任 岡山天体物理観測所開所40周年記念式典挙行 岡山天体物理観測所施設特別公開（8月、昼、以降毎年8月に開催）	制御系改修 65 cm：共同利用停止 サーバーマシン入れ替え、ギガビットイーサネット導入
2002	岡山天体物理観測所特別観望会（3月、夜、以降毎年春と秋に開催） 宿直の廃止、観測当番制へ	NIKON 分光器188 cm望遠鏡での運用開始（～2003年） 外部ネットワークの増速（128 kbps → 1.5 Mbps） シーイングモニタ専用ドーム設置
2003	巨星まわりの惑星を発見（10月）	S-OASIS 運用停止 HBS（PI装置） 188 cm望遠鏡での運用開始（～2012年） 91 cm：共同利用停止
2004	所内数ヶ所に落雷（7月）、台風被害（9月） 大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 国立天文台に改組	ドームスリットレール アルミカバー引き剥がし事故（7月） 188 cm望遠鏡再塗装 ドーム工事：ドーム回転モータ、回転ローラー、ドーム架線トロリー、スリットワイヤ等交換、スリットレール再塗装、ドーム内安全対策工事 50 cm反射望遠鏡（岡山MITSuME 望遠鏡）観測開始
2005		外部ネットワークの増速（1.5 Mbps → 100 Mbps）
2006	岡山MITSuME（三つ目）望遠鏡、120億光年彼方の巨大爆発をとらえる（1月）	ISLE、PI装置として公開 ドーム棟耐震補強工事
2007	太陽系外惑星の発見数が10個となる おうし座に巨大惑星を発見（3月）	
2008	巨星のまわりに褐色矮星を発見 - 日中共同惑星探しの初成果 -（1月） 巨星を回る惑星を7つ発見（9月）	KOOLS、PI装置として公開
2009	コッパミア天文台（エジプト）の技術支援、188 cm主鏡の再調整、カセグレン焦点用観測装置製作の技術支援 吉田道利所長転出（広島大学宇宙科学センター） 宇宙最速の巨大爆発を捉える（4月）	工場新築 ドーム架線交換
2010	泉浦秀行所長就任 岡山天体物理観測所50周年記念式典挙行 マイダナク天文台（ウズベキスタン）の技術支援、60 cm鏡・50 cm鏡の蒸着（4月）	
2011	岡山MITSuME 望遠鏡がとらえたGRB 巨星を回る新たな惑星系の発見（8月）	HIDES-Fiber PI型装置として公開 188 cm望遠鏡赤経軸の障害発生、共同利用13日+観測所時間5日の停止（11月） 91 cm：OAO WFC 観測開始
2012	日韓協力、中質量巨星を周回する惑星の発見論文発表 巨星に2個の巨大惑星を発見 - 日豪協力による初成果 -（12月）	
2013	宇宙空間に漂うサッカーボール（3月） 晴天のスーパーアース？（6月） 迫り来る爆発、「色」で予測可能に（7月） 中質量巨星HD100655を周回する惑星の発見（7月） “近所”で爆発した宇宙のモンスター（11月）	駆動系・制御系改修 ドームトロリー事故（10月） HBS 運用終了
2014	「もや」のかかった温かい巨大ガス惑星（8月）	
2015	国際天文学連合による太陽系外惑星系命名キャンペーンで、188 cm反射望遠鏡で発見された惑星6個に命名 金属過剰を示す太陽型星周りに5つの系外惑星検出（10月）	KOOLS-IFU、PI装置として公開（～2016年） MuSCAT、持込装置として運用開始
2016	近傍の赤色矮星をまわる新たなスーパーアースを発見（3月） キューサーから噴き出すガスの変動メカニズムに新知見（6月） 生命がいるかもしれない惑星の“影”の観測に成功（11月）	MuSCAT、持込装置として運用開始 MuSCAT、PI装置として公開 KOOLS-IFU 188 cm反射望遠鏡での運用終了（12月）
2017	観測当番制廃止 灼熱の海王星型惑星K2-105bを発見～第2の地球探しへの足がかり～（2月） 巨星を巡る新たな複数巨大惑星系の発見（3月） 史上最も熱い惑星を発見（6月） 188 cm 反射望遠鏡の共同利用終了（12月）	HIDES-Fiber キュー観測モード公開 ISLE 検出器故障により運用終了（9月） 188 cm反射望遠鏡の共同利用終了（12月）
2018	岡山天体物理観測所プロジェクト終了（3月31日、予定） ハワイ観測所岡山分室発足（4月1日、予定）	

岡山天体物理観測所の 研究成果アラカルト

岡山天体物理観測所の主力観測装置は 188cm 反射望遠鏡です。半世紀を超える運用期間中、数多くの観測が行われてきましたが、その中心は分光観測で、各時代の最先端の観測テーマに対応した多彩な分光器が開発され、利用され、さまざまな研究が続けられてきました。ここでは、比較的最近の観測成果からそのいくつかをご紹介します。

一つの時代の終焉に思う

竹田洋一（国立天文台・光赤外研究部）



日本一の188cm望遠鏡を擁し全国の光赤外天文学研究者のための共同利用機関として半世紀近い長い歴史を持つ岡山天体物理観測所が、このたび共同利用の役割を京都大学の新望遠鏡に委ね、国立天文台の施設としては発展的解消をすることになりました。ユーザーとして長年岡山のお世話になった私としては感慨深いものがあります。当初この話を耳にしたときは岡山に愛着を持つ私としては大変残念な思いでしたが、この世の中に永遠に続くものはありません。188cm鏡は後継の京大望遠鏡に共同利用の大任を託すとはいえ、国内の大学研究者の協力で活動を続けて系外惑星科学の観測を主体に人々のお役に立つことができるのですから、幸せな余生が与えられて本当によかったと思っています。

系外惑星といえば、視線速度法による巨星周りの惑星搜索は今では岡山観測所の看板的なサイエンスですが、これは2000年に高分散分光器HIDESが立ち上がった頃から本格的に始まりました。初期の頃は私もこの企てに少し関わってありましたので当時は懐かしく思い出します。この成功の主たる要因はプロジェクト推進の中心的役割を果たしたメンバーの皆さんの努力の賜であったことはもちろんですが、今振り返ってみれば時宜を得た幸運にも恵まれていました。何といっても広い波長域をカバーして極めて安定度の高い高分散クーデエシェル分光器のHIDESがなければ毎秒数メートルという微小な相対視線速度変化の検出は困難だったでしょう。

1990年代に入った頃は来るすばる時代における岡山観測所の役割や進めるべきサイエンスが熱く色々議論されていました。分光学においては1960-70年代の岡山で中心的だった早期型主系列星や赤色巨星など明るい恒星の高分散分光はすでに時代遅れの感があり、これからは分解能や安定性を多少犠牲にしても恒星を用いた銀河系の研究などより暗い天体の観測に重点を置くほうがよいという意見も強かったように記憶しています。それもあってかコンパクトで効率のよいカセグレネエシェル分光器が当初計画され、かなり実現に近いところまで来ていたと聞きます。しかし結局は国立天文台首脳による岡山会議での決定で従来のクーデ焦点分光器の堅牢な筐体をそのまま生かしたHIDESに落ち着くのですが、今にして思えばよくこの選択をしてくれました。

また世界初の系外惑星発見という出来事がちょうど起こってくれたのは天の配剤ともいうべきでしょう。これはHIDES計画が動き出した頃と概ね一致する時期ですが、このニュースは我が国ではなんらセンセーショナルに取り扱われることもなく、いたって静かな無関心に近いものでした。太陽系の惑星とはあまりに異なる姿に信頼性を疑う人も少なくなかったこともあるでしょうが、一部の研究者の間で「こんな惑星が星の周りに見つかったというのが本当だろうか」「いや何かの間違いではないか」という会話が交わされる程度でした。ともあれHIDESが旗印として掲げる科学目的に

は系外惑星科学は入っていませんでしたが、結果的にはこのHIDESの性能はまさにこの精密視線速度観測にうってつけのものだったのです。それには温度の安定性の達成やクーデ焦点周りの改良と遠隔操作の実現など観測所の技術職員の皆さんの貢献するところが特に大きかった。また波長の基準のために用いるヨードセルというガスフィルターは比較的安価に作成できる装置であること、解析手法の基本的枠組はリック天文台のグループによってすでに確立されて公開されていたこと、も幸いしたといえましょう。ターゲットとして見かけ上明るいものが大変多い巨星を選択したこともまさに正解でした。そしてHIDESのファーストライトからたった数年でG型巨星周りにアジア初の系外惑星発見に至ったのですが、HIDESの構想時には誰も考えてもいなかった科学的成果でした。「天の時、地の利、人の和」とよく申しますが、天地人の三者が相俟って時の宜しきを得てこそ生み出されたのではないのでしょうか。

それにしても昔日の様子を知る身としては、今日の技術の進歩による観測形態のあまりの変貌ぶりにはただ驚くばかりです。写真乾板のWet Astronomyから電子的検出器のDry Astronomyへの転換は観測者に福音をもたらしました。往時の観測は肉体的な負担が大きくかつガラス切りにおける手先の器用さや微妙な星の色を見分ける判断力など個人の能力に依存する点もありましたが、今は誰でも楽に観測できて質・量ともに遙かに上回るデータが得られるようになったのは本当にありがたいことです。また天体導入についてもそうです。昔は制御盤の目盛りで大体の方向に向けてからおもむろに望遠鏡にかじりついてファインディングチャートを手以案内望遠鏡を覗きながら行う結構な仕事でしたが、数年前に188 cm鏡の制御系の改修がなされて天体導入の精度と効率が著しく改善されたときにはその余りの速さと正確さに驚き、オリンピックの体操競技の中継などでアナウンサーが用いる「ナイフの突き刺さるがごとき着地」という表現を思い起こしました。今後は半自動的な観測遂行システムも検討されているそうですから更なる発展が期待されましょう。

ただ、この「楽に速く多く」があまりに行き過ぎて、機械任せで観測に人間が介在しなくなることには少々懸念を感じます。対象となる天体への礼儀というか、それと真剣に対峙することでこそ魂がこもった研究ができるという側面もあるのではないのでしょうか。また辛くとも心を込めて取り組んだ体験によって成し遂げたことは記憶にしみこんで消えません。昔の分光観測は暗闇のクーデ室でひたすら星を見て精神集中して長時間ガイドとトレールを行っており、終わったときは疲労感に苛まれたものです。また観測が終わった後の暗室内での乾板の現像も枚数が多いとなかなか大変でした。ただ今になってことさら懐かしく思い出すのは、この単調で辛かった初期の頃の観測とデータ解析のことです。あの眠かったこと、洗ってもなかなか指から消えない独特の定着液の匂

い、大きな机に巻紙を広げて鉛筆と定規でこつこつ行ったスペクトル線の測定、…。もちろん今に比べれば効率的にはずっと劣っていたのですが、当時の経験は私にとって貴重な無形の宝として身につけているように思います。

私が最初に岡山に観測に来てから既に四十年も経ちました。眼下に広がる穏やかな瀬戸内海の眺望や背後の緑の山々の美しくのどかな景色は昔も今も変わりませんが、上述のようなこの年月の間の大きな変化と無常に思いをいたすと色々な感情が去来します。本当に色々なことがありました。ただはっきり言えることはこの岡山観測所は私を育ててくれました。実際これまでの研究の多くはここで観測したデータに基づいています。またこの地での観測を機にして多くの人々と直接間接のご縁をいただき、すでに鬼籍に入られた方々もおられますが、これら数々の先生・先輩方並びに共同研究者の皆さんの教えや助けを受け鞭撻されたからこそ成長できたのだと思います。この意味では感謝の念しかありません。私も老兵として消え去る年回りにさしかかりましたが、時ここに至り長年お世話になった国立天文台岡山天体物理観測所が幕を下ろすのは何か運命的なものを感じます。ともあれこれからは刷新された組織による新たな時代が始まります。京大の3.8 m新技術望遠鏡と大学が維持する老練の188 cm望遠鏡が強力なタッグを組むことでこの地が我が国の光赤外天文学のメッカであり続けることは間違いないでしょう。今後の岡山の一層の発展を祈念して筆を置きます。



HIDES で切り込んだ ガンマ線連星 HESS J 0632 + 057 の正体

森谷友由希 (東京大学 国際高等研究所 カブリ数物連携宇宙研究機構)



いっかくじゅう座、ばら星雲の近くにある HESS J0632+057 (以下 HESS J0632) は、B 型星と高密度星との連星系です。X 線よりも強いガンマ線を放射し、軌道位相に沿った変動を見せ、『ガンマ線連星』と呼ばれています。

ガンマ線連星では、可視伴星は O 型星か星周円盤をもつ B 型星、つまり大質量星と分かっている一方で、高密度星はブラックホールか中性子星か分かっていない系が殆どです。したがって、どのように粒子加速が起き、TeV 帯域にまで及ぶ超高エネルギー放射を起こすのかは謎に包まれています。有力な説として、『星風衝突説』と『マイクロクェーサー説』が提唱されています。前者は、パルサー風 (中性子星からの超高速のプラズマ流) と恒星風並びに星周円盤との衝突域で粒子加速が起きる、と考えています。高密度星が電波パルサーと分かっている PSR B1259-63 で確立された説です。一方で、パルサー風を持たない中性子星或はブラックホールに大質量星から質量が輸送され、ジェットを形成すると、そこで粒子加速が起きると考えるのがマイクロクェーサー説です。高密度星の正体が分からないため、いったい大質量連星のどのような進化を経てガンマ線連星系として存在するのかも未解明なままになっています。

HESS J0632 は、ガンマ線連星の中でも特異で、近星点よりも遠星点の前後で X 線やガンマ線で増光し、H α 等で輝線変動を見せています。何がこの系で起きているのか、まずはコンパクト天体の正体を探ろう、そう思い私たちは HIDES を用いた HESS J0632 の観測を計画しました。高密度星との相互作用によって星周円盤の構造変化を調べれば、その正体分かる、と考えたからです。ただ…軌道周期が 315~321 日と全位相を系統的にカバーするのが大変。一年で位相~0.2 程しかずれないからです。それでも、観測を実行しようと決心できたのは、プロポーザルを出すか迷っていた時に、泉浦秀行所長から頂いた一言のお陰です。「岡山観測所では、なるべく柔軟性をもって、ユーザーのよい『我儘』に対応し

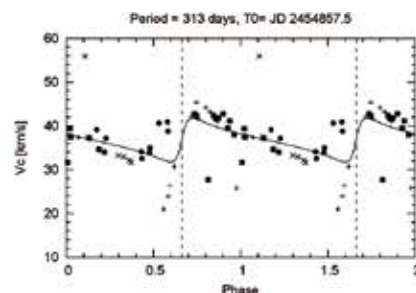
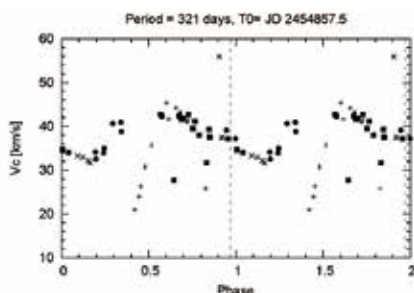
ていきたいのです。」実際に、観測を行った 4 年間 (2013 年後期~2017 年前期)、10 日間から 2 週間に 1 回、4 時間のみという観測を割り当てていただきました。このような細かい観測時間の配分はかなり難しかったのではと思います…観測所やプログラム小委員会の皆様の融通にお礼申し上げます。また、このスケジュールで観測を実現できたのはリモート観測があったからです。柳澤さんを始め、リモート観測環境の整備・運営に尽力なされた方にも感謝申し上げます。

さて、観測初年の観測では、遠星点の後に輝線に約 30 日以下の短期間変動が見られた反面、近星点前後で全く変動が見られませんでした。これらの事実は HESS J0632 においては潮汐相互作用が極めて小さいことを示唆します。潮汐相互作用はマイクロクェーサー説を支持する有力な指標のため、この説は棄却できるのかもしれないと分かりました。また、近星点付近で X 線やガンマ線で暗いのは、パルサーが星周円盤の濃い領域を通過するために、円盤のガス圧に負けてパルサー風が止まるからではないかと考えました (Flip-flopping パルサー説: Moritani et al. 2015 ApJ Letter, 804, L32)。この仮説に基づくと、星周円盤の濃い領域を抜け、パルサー風が復活すると X 線・ガンマ線で増光すると考えられます。このとき、復活したパルサー風に押されて、星周円盤が変形し輝線が変化すると考えられます。

その後の 3 年間、この仮説を検証するために観測を続けました。しかし、期待に反してまったく変化が見られませんでした。「Flip-flopping パルサー説」は間違っていたのでしょうか。何か見落としているのかもしれない…ここで、私たちは基本に立ち返ってみました。先行研究 (Casares et al. 2012, MNRAS, 421, 1103) でも報告されていましたが、H α 輝線の中心速度が軌道運動にあっていないのです。この変化は私たちの初期観測でも確認されていました。ただ、輝線は星周円盤の影響を受けている可能性があります。そこで、Shafter et al. 1986, APJ, 308, 75 で提唱された、輝線の



188 cm 反射望遠鏡に取り付けられた HIDES。



裾 (wing) を使う円盤の影響をなるべく取り除いた方法を用いてH α 線の中心速度を求め直しました。やはり軌道運動にあっていない (図: 左)。近星点と遠星点が逆転しているのです。また、周期がこれまでに提唱されているものよりは短いことを示唆しています。Swift/XRTによるX線アーカイブデータと比較し、軌道周期を313日に更新し (図: 右)、

さらに、H α 線の視線速度を使って軌道解を求めました。更新した軌道解からみると、これまでよりもシンプルに、円盤面と軌道面は交わるところでX線・ガンマ線増光が起きると示唆されました。また、軌道傾斜角が3度よりも小さい場合を除いて、コンパクト天体の正体が中性子星であることが分かりました。これらの結果は現在PASJに投稿中です。

光赤外線大学連携を通じた近傍超新星の徹底観測：スーパーチャンドラセカル超新星の正体に迫る

山中雅之 (広島大学宇宙科学センター)



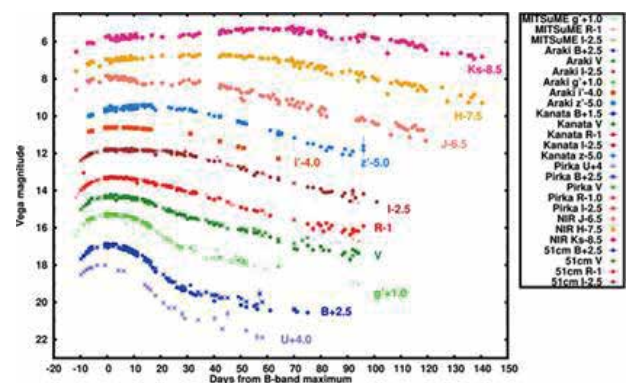
私を筆頭とするグループにおいては主に広島大学かなた望遠鏡を用いて近傍超新星の追観測を推し進めてきた。岡山天体物理観測所内の望遠鏡においては、主に6天体まとまったデータを取得させていただいた。2011年に光赤外線大学間連携事業が発足して以降は、50 cm MITSuME 望遠鏡による観測が貢献した。ここでは、特にインパクトの大きな成果となった、スーパーチャンドラセカル超新星 SN 2012dn の可視・近赤外線観測について簡単に紹介させていただく。

Ia型超新星爆発は、その光度曲線と絶対光度の間に経験則が認められ、光度曲線から未知の銀河までの距離を推定することができる“標準光源”である。連星系をなす白色矮星の中心付近が臨界密度に到達したときに熱核暴走反応が引き起こされ、爆発に至る。この時の質量は、チャンドラセカル限界質量と呼ばれる。白色矮星は一定の質量で爆発に至るため似通った観測的性質を示す。しかしながら、爆発に至る過程は明らかになっていない。“標準光源”として使われるIa型超新星にとって重大な問題である。

伴星を典型的な恒星あるいは赤色巨星とし、質量降着によって白色矮星が限界質量に至る“降着シナリオ”、二つの白色矮星同士が衝突合体し、限界質量を超える“合体シナリオ”の二つが主に提唱されている。この二つのシナリオを解くカギは星周物質にある。“降着シナリオ”においては、伴星である赤色巨星からの星風、あるいは降着する白色矮星からの光学的に厚い風が吹く。一方で、“合体シナリオ”においては、二つの白色矮星が形成された後に非常に長い時間をかけて合体衝突に至るために、星周物質はほとんど拡散してしまう。したがって、もし濃い星周物質の兆候を捉えることができれば、“降着シナリオ”を支持することができる。

このような状況の中、限界質量近くの白色矮星からの爆発では説明できないような極めて明るいIa型超新星が発見されるようになった。スーパーチャンドラセカル超新星 (以降、SC超新星とする) である。その観測的特徴は、回転の小さい白色矮星では説明が困難であり、状況は混々としていた。

2012年これまでのSC超新星に比べて最も近傍の銀河に



光赤外線大学間連携を通じて取得されたSN 2012dnの可視近赤外線光度曲線。岡山50 cm望遠鏡においては、g' RIバンドで大きな貢献があった。

SC超新星候補となるSN 2012dnが発見された。当時、光赤外線大学間連携による突発現象観測に枠組みが構築されつつあり、ToO観測を通して密なデータを取得する絶好の機会となった。

得られた光度曲線は、常識では考えられないような振る舞いを示した。近赤外線において、120日以上にも及ぶ長く明るい期間を示したのである。これまでに良く観測された別のSC超新星の近赤外線光度曲線をテンプレートとして、SN 2012dnのものから差引く処理を施したところ驚くべき結果を示した。可視の極大光度から40日ほど経過した後に、急激に上昇し、その後フラットな変化を示す光度曲線を示したのである。これは“近赤外線エコー”と呼ばれる現象で、超新星放射を受けた0.1~0.2パーセクに存在する星周ダストによる再放射で説明可能である。見積もられた質量損失率は“降着シナリオ”で期待されるものと一致し、一方で濃い星周物質の存在は“合体シナリオ”と合わない。我々の観測は“降着シナリオ”を支持する。SC超新星の特徴を説明するためには、“降着シナリオ”における高速回転する白色矮星が抜け道となるが、さらなる研究が待たれる。

岡山天体物理観測所での 彗星アウトバーストの研究

石黒正晃（ソウル大学物理天文学科）



私たちの研究グループが岡山天体物理観測所で本格的に観測を実施するようになったのは、2014年春のことである。岡山観測所は、私の生まれ故郷（兵庫県佐用町）の隣接県ということもあり、子供の頃からの憧れの天文台であった。ここ岡山での私たちの研究対象は、彗星の爆発現象（アウトバースト）である。これまでに、188 cm 反射望遠鏡/京都岡山可視低分散分光撮像装置（KOOLS）や MITSuME 50 cm 望遠鏡を用いて観測を実施してきた。共同研究者の黒田大介さんから現地で観測対応して頂き、万全の体制で研究に挑んできた。

そもそも彗星は、人類の歴史において様々な局面で登場し、人々の恐怖心を駆り立ててきた。そんな彗星本体の姿が世界ではじめて捕らえられたのは、1986年の Giotto 探査機による Halley 彗星の直接撮像である。これ以降しばらく途絶えていたが、今世紀にはいと相次いで4機の探査機が異なる5つの彗星を訪問した。彗星物質を持ち帰った Stardust 探査、彗星本体の一部を破壊した Deep Impact 探査、そして最近では、彗星にランデブーした Rosetta 探査、などが挙げられる。こうした彗星探査によって、彗星核表面の物理化学状態がしだいに明らかになってきた。彗星は、惑星を作った構成物質（planetesimals）の生き残りである。こうした天体は、太陽系形成以降46億年間ずっと涼しい領域に冷凍保存されてきたのだが、最近（<100万年）になって太陽系の内側に輸送され、太陽の熱による氷の昇華によって物質を巻き散らかし、あのような雄大な姿をみせているのである。探査機搭載カメラに映し出された彗星核表面の大部分は、太陽の熱で生じたダストマントルに覆われていたため、その内部の状態は今なおよくわかっていない。

今から約10年前、彗星研究者にとって、衝撃的な出来事が起こった。これまでほとんど無名だった「Holmes」という名前の彗星が突然爆発し、一晩のうちに約100万倍の明るさに増光したのだ。このアウトバーストで放出されたエネルギーは阪神・淡路大震災（マグニチュード7.0-7.5）に匹敵する。このアウトバースト現象の前は、Holmes 彗星は太陽の熱で氷がほとんど枯れた天体だと考えられていた。こうした枯れた彗星核の地下にこれほどまでのエネルギーが蓄えられているとは予想だにできなかった。どうして彗星はアウトバーストするのだろうか？ また、こうした現象はどのくらいの頻度で起こっているのだろうか？

2015年1月17日、共同研究者の花山秀和さん（石垣島天文台）から Finlay 彗星が増光しているとの連絡があった。その日の夜以降、岡山では3日続けて晴れ。黒田大介さんから MITSuME 50 cm 望遠鏡で撮像された興味深い Finlay 彗星の画像が連日送られてきた（図参照）。この画像には、アウト

バーストによって放出された物質が、太陽輻射圧によって広がっていく様子が見事に捕らえられていたのだ。この爆発のエネルギーはマグニチュード6.0~6.5の地震に匹敵する[1]。アウトバーストの瞬間が多色で捕らえられたのは、世界でもこれが2例目となる。こうした Finlay 彗星規模のアウトバーストは、あまり気づかれていないだけで、ほぼ毎年のように起こっていることもわかってきた。さらに、彗星は一旦アウトバーストを起こすと表面の不活性層が剥ぎ取られ活発に活動し、数年のうちに枯渇する様子が188 cm 反射望遠鏡等による観測から明らかになった[2]。後者の研究論文は、当研究室の大学院生 Kwon, Yuna さんが中心となって研究されたもので、教育面でも岡山観測所のデータを活用させて頂いている。最後に、このような素晴らしい観測所の立ち上げ、運営に尽力された方々に深く感謝する。

● 参考文献

- [1] Ishiguro, M., Kuroda, D., Hanayama, H., Kwon, Y. G. et al. *Astronomical Journal* 152, 6, 169 (2016)
- [2] Kwon, Y. G., Ishiguro, M., Hanayama, H., Kuroda, D. et al. *Astrophysical Journal* 818, 1, 67 (2016)



Finlay 彗星アウトバーストの瞬間。g' バンドを青、Rc バンドを緑、Ic バンドを赤に割り当てて、BGR カラー合成している。IAOは石垣島天文台、OAOは岡山天体物理観測所を意味している[1]。

Radial velocity survey of detached eclipsing binaries

Krzysztof Helminiak

(N. Copernicus Astronomical Center, Polish Academy of Sciences and Subaru Telescope, NAOJ [till 2016])



Detached eclipsing binaries (DEBs) are pairs of stars orbiting each other and eclipsing periodically, but apart from that show almost no direct interactions. Since they do not interact, their components evolve as single stars, but thanks to the fortunate geometry, which results in eclipses, we can measure basic stellar properties, difficult or even impossible to obtain from single stars. One of them is mass, the most crucial parameter that determines life of a star. This makes DEBs one of the most important objects in astronomy. With new generation of high-resolution spectrographs, like HIDES, we are able to measure radial velocities (RVs) of DEBs much more precisely than several years ago, and from them calculate masses of stars with smaller uncertainty. Having precise masses (and other parameters) for a large number of stars not studied previously, was one of the goals of the RV survey of DEBs conducted with OAO-188 cm and HIDES.

The survey started in 2014 and lasted till the end of 2017. It was a part of a larger project, initiated in 2011 in Chile. With HIDES we have collected over 1200 spectra of 100 DEBs. We focused on systems that show unusual characteristics or contain stars of rare or poorly studied classes. We have also focused on bright DEBs observed by the Kepler satellite, so we could take advantage of its exquisite photometry.

Observations of large number of stars lead to many discoveries. One of the first published results was an analysis of KIC 9246715 (Fig. 1). It is a system which contains a solar-type oscillator, a kind of pulsating star, for which is also possible to obtain masses and other parameters, applying methods of asteroseismology. For only the second time in history (at the time of publication), these results could be directly compared with parameters obtained directly from DEB analysis. Moreover, this binary turned out to be composed of two red giants, only the third one known in our Galaxy with parameters measured with such a good precision. Another interesting class of pulsating stars are so called γ Dor-type stars. Also in these cases, there are only several known examples of such stars in eclipsing binaries, and in our survey we have found another one- KIC 10031808.

One of the most intriguing cases was another Kepler eclipsing binary, that also includes a pulsating (hybrid δ Sct/ γ Dor object—KIC 4150611). From the satellite's observations we knew about four independent periods of eclipses, and a closer look revealed three point sources in high angular resolution images. HIDES observations helped to establish, that the two brighter sources contain at least five distinct stars, in a complicated configuration responsible for three out of four eclipsing periods. Thanks to the HIDES data we could also measure the properties of some of the stars and estimate the age of the system. It is still an open question where does the fourth set of eclipses come from, and how many stars are actually in the system. We suspect there could be up to seven, but observations continue.

The whole survey brought many more interesting results, that are still to be published. Among them are discoveries of new multiple systems, low mass stars, or pre-main-sequence objects. Our observations were also supplemented with photometry from the MITSuME telescope in OAO, for example for a sample of DEBs containing two very different components—a hot, bright primary star and a cold, small, red secondary (Fig. 2). Such systems are also quite unusual, and valuable for testing the models of stellar structure and evolution.

Analysis of all the data collected at OAO is ongoing and more results will be published in the near future.

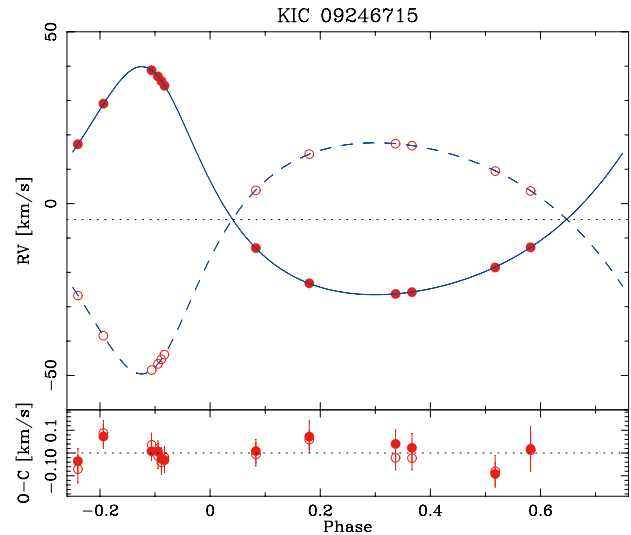


Figure 1: Radial velocity curve of KIC 9246715, a Galactic eclipsing binary containing two red giants, one of which is showing solar-type oscillations.

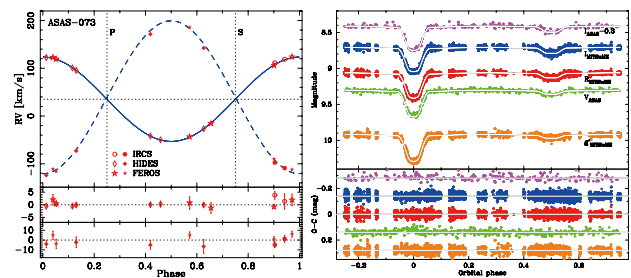


Figure 2: Radial velocity (left) and light curves (right) of ASAS-073, a system composed of two very different stars. Observations include spectroscopic data from OAO-188 cm/HIDES and photometry from MITSuME.



多色トランジット測光による地球型系外惑星の観測

福井暁彦（岡山天体物理観測所）



「第二の地球」を見つけることは太陽系外惑星研究における長年の夢であり、一つの目標である。一昔前までこの目標は遠い存在であったが、この10年で状況は大きく変わり、目標にかなり近づいたと言える。近年の観測技術の進歩によって、今や地球に似たサイズや重さの惑星は（環境が似ているかどうかは別にして）当たり前のように発見されるようになった。特に、2009年にNASAが打ち上げたケプラー宇宙望遠鏡は、惑星の食（トランジット）による主星の僅かな減光を捉えるトランジット法により、地球サイズ（地球の1.5倍以下）の惑星及び惑星候補を1千個以上発見し、地球の月程度（地球の3分の1以下）のサイズの惑星（Kepler-37b）を発見するにまで至っている。

トランジット法を用いれば、小さな惑星を発見することができるだけでなく、その軌道要素や質量、大気成分などの詳細情報を得る事もできる。そのため、今後は発見された地球型のトランジット惑星に対して、様々な詳細調査を行っていくことに注目が集まっている。ところが、ケプラー宇宙望遠鏡が見つけた惑星系の大半は太陽系から遠く、主星が非常に暗いため、個々の惑星の環境を詳細に調べることは困難である。そこで現在、できるだけ太陽系に近い距離にある地球型惑星を見つけるべく、地上およびスペースからの様々な探索が進行中あるいは計画中である。

我々の研究チームではこれまで、そのような太陽系近傍で小型のトランジット惑星を発見し、その後の詳細観測に繋げるべく、岡山観測所の188 cm望遠鏡向けに高感度の多色撮像カメラ「MuSCAT」を開発し（Narita et al. 2015）、観測を行ってきた。MuSCATを用いれば、可視光域の3バンド（g, r, zバンド）で同時かつ高精度に惑星トランジットを捉えることが可能である。MuSCATで目指すサイエンス目標の一つは、他の望遠鏡による惑星探索で発見される惑星候補に対して、いち早く発見確認を行うことである。実はケプラー宇宙望遠鏡などの惑星探索で発見されるトランジット惑星候補天体の中には、食連星が混入することで生じる偽検出が一定割合含まれる。例えば、食連星自身は数十%という大きな食の減光を示すが、食連星が3重連星系を恒星している場合など、ごく近くに別の星が存在する場合には、その別の星の光によって減光率が1%以下にまで薄められ、惑星トランジットと見間違えてしまう場合がある。しかし、このような場合でも、観測する波長によって減光率の薄まり方が一般的に異なるため、多色でトランジットを観測して減光率の違いを見ることで、偽検出かどうかを容易に見分けることができる。我々はこれまで、ケプラー宇宙望遠鏡の第二期探索である「K2ミッション」で発見された惑星候補に対してトラン

ジットの多色フォローアップ観測を実施してきた。その結果、複数の偽検出天体を同定するとともに、これまでに3つの惑星（K2-28b, K2-105b, K2-151b）について色による減光率の違いが見られないことを確認し、惑星発見に大きく寄与した。その中の1つ、EPIC220621087.01は、サイズ（半径）が地球のたった1.35倍しかなく、これまでにMuSCATで捉えた惑星の中で最も小さい（Hirano et al. 2018, 図01）。世界でみても、ケプラー宇宙望遠鏡で発見された惑星のうち、これより小さな惑星のトランジットを地上の望遠鏡で捉えた例はない。MuSCATの性能の高さと有用性を示す観測成果と言える。

地上望遠鏡による地球型トランジット惑星のフォローアップ観測にはもう一つ大きな意義がある。それは、トランジットの周期の決定精度を大幅に改善することができる点である。K2ミッションでは1つの探索領域が約80日間しか観測されない。そのため、公転周期が数十日あるような長周期惑星の場合、K2では数回のトランジットしか観測されず、公転周期を精度良く求めることができない。正確な公転周期が分からなければ、将来起こるトランジットの時刻を正確に予測することが難しくなる。トランジット時刻の予測誤差は時間とともにどんどん大きくなるため、いち早く別の望遠鏡で追加のトランジットを観測して周期の測定精度を上げなければ

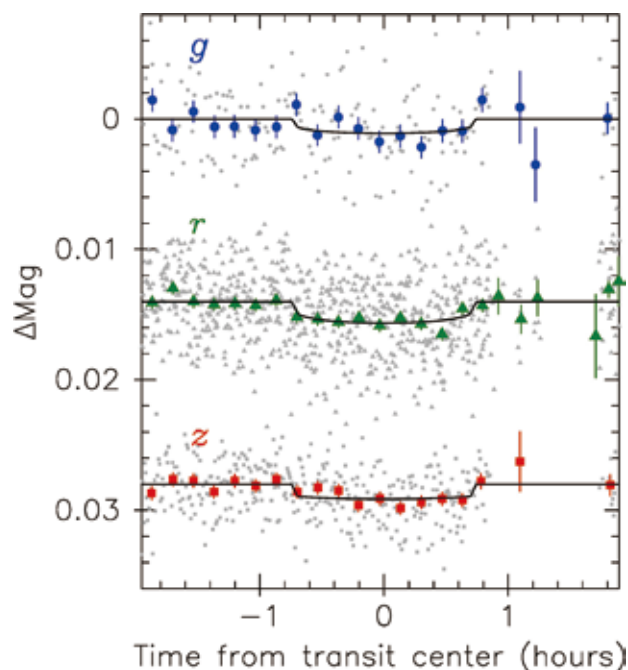


図01 地球の1.35倍の大きさをもつ惑星（K2-151b）のトランジットを捉えたMuSCATの観測データ。横軸はトランジット中心からの時刻、縦軸は主星の明るさの変化を示す。青、緑、赤のプロットはそれぞれg, r, zバンドのデータを示す。トランジットのモデル（黒の実線）に沿って主星が僅かに減光しているのが分かる。

ば、最悪の場合、近い将来にトランジットを見失ってしまう可能性もある。特に近年、K2ミッションによって温暖な軌道領域（ハビタブルゾーン）を公転する長周期の地球型惑星が太陽系近傍でいくつか発見されており、次世代の大型望遠鏡を使った「生命」の兆候（バイオマーカー）探しに期待が高まっているが、そのためにはまず、追加のトランジットを観測して公転周期の測定精度を上げることが急務となる。我々はこれまでにK2で発見された惑星の中で、最も有望な（主星が明るく、惑星のサイズが小さく、かつハビタブルゾーンに位置する）惑星であるK2-3dに対し、MuSCATを用いて地上で初めてそのトランジットを捉えることに成功した（Fukui et al. 2016, 図02）。この惑星によるトランジットの減光率は、僅か0.06%しかない。これは地球の大気由来するノイズが邪魔をする地上の観測で捉えられるギリギリの大きさであるが、MuSCATがもつ多色性をうまく利用して地球大気由来のノイズを低減することで、地上からでもこの「第二の地球」候補の影（トランジット）を捉えることができた。この観測により、惑星の将来のトランジット時刻の予測誤差を大幅に減らすことができ、将来のバイオマーカー探索への道が繋がった。

我々は今後も、188 cm望遠鏡とMuSCATを用いて上記のような科学観測を進めつつ、地球よりやや大きめの惑星

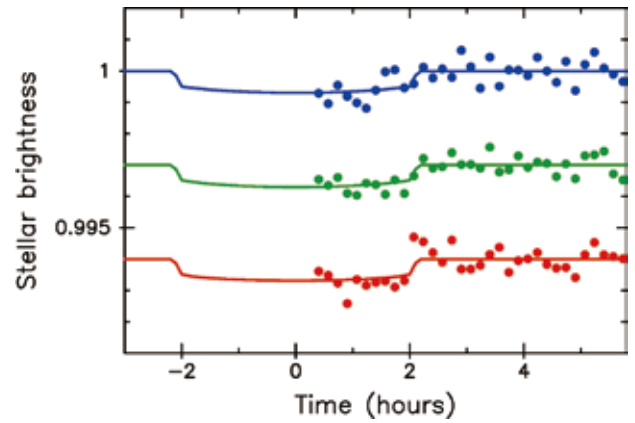


図02 生命の住める環境をもつ可能性のある惑星K2-3dのトランジットを捉えたMuSCATの観測データ。

（スーパーアース／ミニ海王星）の大気の特性を探る観測も進めていく予定である（詳細は22ページの成田憲保氏の記事を参照）。

● 参考文献

Narita, N., et al. 2015, JATIS, 1, 4, 045001
Hirano, T., et al. 2018, AJ, 155, 127
Fukui, A., et al. 2016, AJ, 152, 171



188 cm 反射望遠鏡のこれから

2018年3月をもって一区切りを迎える岡山観測所と188 cm 反射望遠鏡ですが、新たな観測テーマへの挑戦が始まっています。とくに近年、その観測に力を入れてきた系外惑星探索分野を中核として、新型あるいは最新の観測装置を用いたユニークな観測プロジェクトが計画されています。そのいくつかをご紹介します。

188 cm 望遠鏡と視線速度精密測定

佐藤文衛（東京工業大学）



● 188 cm 望遠鏡と HIDES を用いた視線速度精密測定

恒星の視線速度変化を数 m/s 以下の超高精度で測定する技術は現代天文学において重要な役割を担っており、系外惑星探索や恒星微小振動の検出等に広く利用されている。例えば系外惑星探索においては、主系列星や巨星など多様な恒星を周回する低質量の地球型惑星から巨大な木星型惑星まで、また、公転周期数日の短周期惑星から木星軌道以遠の長周期惑星まで幅広いパラメータ領域の惑星に検出感度があり、かつ惑星軌道を精度よく決定することが可能な手法として、惑星の検出のみならず惑星の物理量を正確に決定するために必要不可欠なものとなっている。特に、木星～土星軌道付近（5～10天文単位）のまさに巨大惑星が形成される領域の惑星を検出し、その性質を調べることは惑星形成及び進化の過程を解明する上で本質的に重要であるが、これは現在のところ高精度の長期視線速度観測によってのみ可能であり、近年の Gaia 衛星によるアストロメトリや直接撮像観測との相補的關係によって益々その重要性が増している。また、稼働中の Kepler 宇宙望遠鏡や、近い将来打ち上げが予定されている精密測光観測衛星（TESS、PLATO 等）によって発見されるトランジット惑星の質量を決定するための手段としても視線速度精密測定法は必須のものである。

岡山天体物理観測所（以下、岡山観測所）では、竹田洋一氏、神戸栄治氏らによって2000年に188 cm 望遠鏡の可視高分散分光器 HIDES に視線速度精密測定用のヨウ素ガス吸収フィルターが導入され、以来17年間、精力的かつ継続的な

技術開発によって現在約2–3 m/s という測定精度が実現されている [1]。これは同程度の口径の望遠鏡では世界トップクラスの性能である。また、17年という観測継続期間は、世界の名だたる系外惑星探索望遠鏡と肩を並べるものであり、現に公転周期2500日以上 of 惑星系を発見しているのは岡山を含めて世界で7拠点（Lick、Keck、McDonald、AAO、Haute-Provence、La Silla、岡山）のみである [2]。これは、188 cm 望遠鏡と HIDES が早い時期から高精度の観測を実現し、その後長年に渡って安定的にユーザーに供されてきたからに他ならない。また、岡山観測所と同程度以上の測定精度を実現している拠点は東アジア地域には存在せず（南半球には AAO がある）、国内で視線速度精密測定観測ができる設備を有する拠点も岡山観測所のみであり、現時点でこの機能を肩代わりできる拠点は他に存在しない。さらに、このような長期的なモニター観測はすばる望遠鏡や TMT のような競争倍率が極めて高く観測時間の限られる大口径望遠鏡では実質的に不可能であり、188 cm 望遠鏡のような観測時間の自由度が高い中小口径望遠鏡でこそ可能な観測研究である。

● これまでの研究成果：系外惑星探索と星震学

この視線速度精密測定技術を利用して、188 cm 望遠鏡では「中質量 G 型巨星における系外惑星探索」や「太陽型星における長周期惑星の探索」、「太陽型星及び巨星における星震学」などユニークな観測研究が17年間にわたって展開されてきた。以下にその成果を簡単にまとめる。

● 中質量G型巨星における系外惑星探索

従来、系外惑星探索の主たる対象は太陽型星（FGK型の主系列星）であり、同恒星については周回する系外惑星の軌道や質量などの統計的分布がかなり明らかになりつつある。一方、それ以外のタイプの恒星については依然として惑星探索が不十分であり、統一的な惑星形成・進化の理解にはほど遠い状況にある。特に、太陽より質量の大きな恒星（以下、中質量星と呼ぶ）は主系列段階では高温のためスペクトルに吸収線が少なく、また、それらは高速自転によって線幅が広がっているため、視線速度法による惑星検出が実質的に不可能であった。

筆者（佐藤）らは、中質量星が進化して低表面温度・低速自転となったG型巨星においては視線速度法による惑星検出が可能であることに着目し、中質量星における惑星系の発見とその性質の解明を目的として、2001年からG型巨星を対象とした大規模な系外惑星探索を世界に先駆けて展開してきた。このプロジェクトは今も進行中である。この間、G型巨星における初の系外惑星[3]、散開星団における初の系外惑星[4]、特徴的な複数惑星系[5]等を含む約30個の系外惑星・褐色矮星を発見し、中質量星における巨大惑星の性質を明らかにしてきた。また、この惑星探索は野口邦男氏、泉浦秀行氏らのリードで中国[6]や韓国[7]、トルコ・ロシア[8]との共同研究に発展し、さらにオーストラリアの望遠鏡を使った共同観測も行われている[2,5]。2015年には、国際天文学連合が実施したキャンペーンによって19の系外惑星系に名前がつけられたが、そのうちの6系（HD104985, epsilon Tauri, HD81688, 14 Andromedae, 18 Delphini, xi Aquilae）は岡山観測所で発見されたものである（図01）。

● 太陽型星における長周期惑星の探索

これまでに知られている太陽型星周りの惑星についての統計的情報は、そのほとんどが3天文単位以内の惑星について

のものであり、より遠方の惑星についての知見は現在もほとんどわかっていない。このあたりの領域は、惑星形成論においてガス惑星のコア形成が促進される場であると考えられており、遠方の惑星分布を正しく知ることは木星・土星といった太陽系惑星形成論との比較においても重要である。しかし、3~10天文単位に存在する惑星は種々の惑星探索において検出が困難なことで知られており、例えばトランジットの発生確率は極めて低く、直接撮像でも10天文単位以内の惑星については検出が難しい。

このような遠方惑星を発見する最も着実な方法は、長期的観測によって中心星の視線速度変動を検出することである。そこで原川紘季氏は、2004~2006年頃に筆者や井田茂氏らによって行われた、すばる望遠鏡などを用いたFGK型星周りの惑星探索プロジェクト「N2K」が取得した大量の観測データに着目した。原川氏は、系外惑星探索初期にスタートしたN2Kの時間的優位性を活かし、2009年から長周期惑星の検出とその性質の理解を主眼に据えてこれらの天体のフォローアップ観測を岡山で行ってきた。最新の結果では新たに5つの惑星が検出され、そのうち2つは軌道長半径が4天文単位に迫る長周期惑星であるなど、着実な成果が挙がっている[9]。

また、この他にも、太陽型星からなる連星系を対象とした系外惑星探索も豊田英里氏、加藤則行氏らによって行われた[10]。

● 太陽型星及び巨星における星震学

恒星の微小振動を利用し、その特徴から恒星内部を探る学問は、1980年代後半の日震学の成功によってその重要性が実証されたが、同じ手法を一般の恒星に対して適用する「星震学」はその観測の困難さから長年進展がなかった。しかし、2000年以降の視線速度精密測定技術の著しい進歩や、CoRoT、Keplerといった超精密測光観測衛星の登場によっ

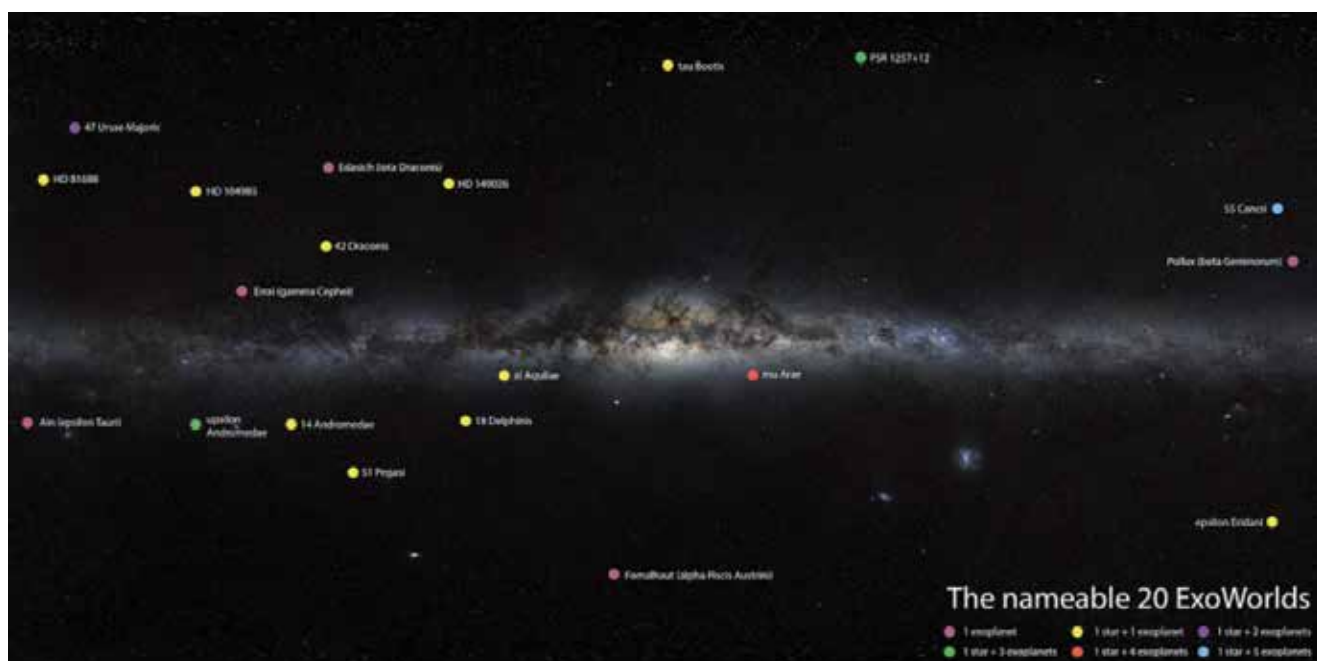


図01 系外惑星命名キャンペーンの対象となった系外惑星系（IAUのページより）。

て大きく開花し、恒星の内部構造・進化段階の推定、質量・半径など物理パラメータの決定等において、星震学は今や欠かせない手段となっている。系外惑星研究においても、惑星の物理パラメータを精密に決定し、惑星系の特徴が中心星質量や進化段階にどのように依存するかを明らかにする上で、星震学による恒星パラメータの決定は益々その重要性を増している。

神戸栄治氏、安藤裕康氏は、HIDESの視線速度精密測定機能を用いて太陽型星や巨星における星震学観測研究を進めてきた。太陽型星においては、振動検出の真偽に長年論争があった α CMi（プロキオン）の地上国際キャンペーン観測に参加し、非動径振動の確実な検出と、自転による活動領域のモジュレーションによると思われる長周期変動の検出に成功した[11]。岡山観測所は、東アジア地域において星震学に必要な数m/s以下の視線速度測定精度を実現している唯一の拠点であり、経度をまたいだ国際キャンペーン観測の際に世界的に重要な拠点となっている。巨星の観測においても同様に国際キャンペーン観測に参加し[12]、また、巨星周りの系外惑星探索に関連して惑星をもつ巨星の振動観測を進め、巨星における星震学の確立を進めてきた[13]。

● 188 cm 望遠鏡の新たな船出：国立天文台による共同利用からユーザー主体の運用へ

さて、我々はこのような観測研究を今後も継続し、さらに発展させていきたいと考えているが、2017年末をもって国立天文台による188 cm 望遠鏡の共同利用観測は終了した。さらに、2017年度末には岡山観測所そのものが終了する。筆者が知る限り20年前（筆者が修士学生の頃）からそういう話はあったが、本当に終了することになった（今でもどこか信じられない思いだ）。今後の188 cm 望遠鏡の扱いについては2015年秋の岡山ユーザーズミーティングで正式に国立天文台長から方針が示され、翌2016年秋のユーザーズミーティングでは国立天文台は188 cm 望遠鏡の運用はしないがインフラとしては維持し（更地にする事はなくなった）、大学連合や地元自治体等で運用するならば協力するという方針が示された。

我々としては、最近の大改修や自動運転化によって性能が大幅に向上した188 cm 望遠鏡はまだまだ利用価値があるどころか、これからが本当の使い時であると思っており、188 cm 望遠鏡でしかできない研究があると考えている。そこで、188 cm 望遠鏡の継続利用を希望する大学連合というかユーザー連合の中心となるべく、東京工業大学では2017年4月に理学院の学院研究センターとして「系外惑星観測研究センター（Exoplanet Observation Research Center）」を立ち上げた（図02）。所帯は小さいが、東京工業大学理学院の地球惑星科学系、物理学系、そしてWPI拠点である地球生命研究所の教員からなるれっきとしたセンターである。センターの立ち上げと並行して国立天文台との協議が始まり、東京工業大学を中心とするユーザーグループが国立天文台の協力を得ながら188 cm 望遠鏡を運用するという方向で現在協議が進められている。また、188 cm 望遠鏡運営委員会が



図02 東京工業大学理学院で立ち上げた系外惑星観測研究センター。

組織され、実際の運用に関わる意志のある多くのユーザー（東京工業大学、東京大学、岡山理科大学、京都大学、国立天文台などの研究者、ポスドク、学生）と共に、岡山観測所の協力を得ながら具体的な運用体制も構築されつつある（図03）。今後は、研究目的の利用を中心としつつ、教育、広報、観光のための利用もこれまで以上に促進していくつもりである。また、大学研究者等の利用においては、これまでの188 cm 望遠鏡の歴史と今回の経緯に配慮し、一時的な利用者にも一定の配慮を行う方針で進めている。

前途多難、大きな冒険ではあるが、とにかく賽は投げられた。後は振り返らず、ひたすら前進あるのみである。

● これからの目標：生命を有する惑星の探索

これまで行ってきた研究プロジェクトは当然今後も続けるが、188 cm 望遠鏡の新たな船出にはやはり新たな研究プロジェクトがふさわしい。その中の一つとして、我々が始めようとしている「高精度ドップラー観測で探る太陽型星周りのハビタブル惑星」を以下に紹介する。このプロジェクトは、自然科学研究機構アストロバイオロジーセンターのサテライト研究課題（2017年度から3年間）として採択されている。

● 太陽近隣の明るい太陽型星を対象とした高精度ドップラー観測によるハビタブル惑星候補の探索

Kepler宇宙望遠鏡は、ハビタブル地球型惑星候補を含む数千個の系外惑星を発見するという大きな成果を挙げた。しかし残念ながら、同望遠鏡が発見した惑星は大半が太陽から遠く離れた恒星にあるため、生命指標の調査につながるような詳細観測には不向きである。宇宙における生命の起源と進化、およびその特殊性または普遍性を解明するという究極的な目的のためには、できるだけ太陽の近くにある恒星、中でも太陽型星に生命を有する可能性のある惑星を発見することが今後の重要なテーマとなる。

そのための手段として最適なのは、可視光視線速度法である。視線速度法は恒星当たりの惑星検出率が高いため、特定の恒星について惑星検出を狙うには最適である（トランジット法は幾何学的な確率から、検出の容易な短周期惑星でも高々10%程度の検出率しかない）。現在北天ではヨーロッパ

(TNG3.6m鏡)とアメリカ(APF2.4m鏡)のグループが約50星ずつを約1m/sの測定精度でモニターしており、この精度ならG型星周りのスーパーアースまで検出できる。両グループは低質量惑星を検出しやすい活動性の低い“静かな”星を狙っており、高年齢(数十億歳程度)の晩期G型~早期M型星をターゲットとしている。

一方、太陽近隣には太陽より若いGK型星や太陽よりやや重いF型星など、性質の異なる恒星も存在している。できるだけ太陽から近い距離にある太陽型星のハビタブルゾーンに惑星を発見し、将来惑星大気や表層環境の違い、進化、引いては生命存在の条件等を明らかにするためには、これらの恒星も欠かせない調査対象である。しかし、この種の恒星は磁気活動などに起因する恒星表面の視線速度変動が比較的大きいため、低質量惑星を検出するにはより多くの、しかも連続的な観測が必須である。このような観測はほぼ専用の望遠鏡でしか実施できないため、太陽近隣でも若い恒星等は特に低質量惑星探索の対象からは除外されてきた。

本プロジェクトでは、2018年から共同利用を離れ観測形態の自由度が増す188cm望遠鏡と、クーデ室の改造によって安定度が増すHIDESの利点を最大限活用し、現行の惑星探索からは除かれている若い恒星や高質量星を含む、太陽のごく近隣に位置する明るいFGK型星に対する集中的な視線速度観測を実施する。約1m/sの高精度をもって、数ヶ月の連続観測を含むかつない規模の稠密かつ長期間の視線速度モニター観測を敢行し(このような観測は大口径望遠鏡では実施不可能である)、それぞれのハビタブルゾーンを含む軌道範囲においてスーパーアース以上の惑星の有無を確立することを目標とする。

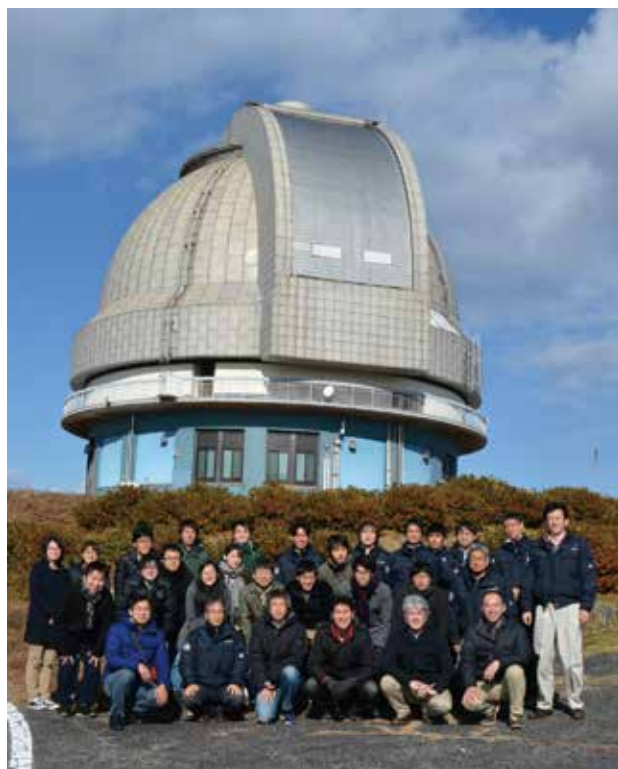


図03 2017年12月11日、岡山に集ったユーザー有志。

● 金属量と年齢の異なる太陽型星における巨大惑星分布の調査

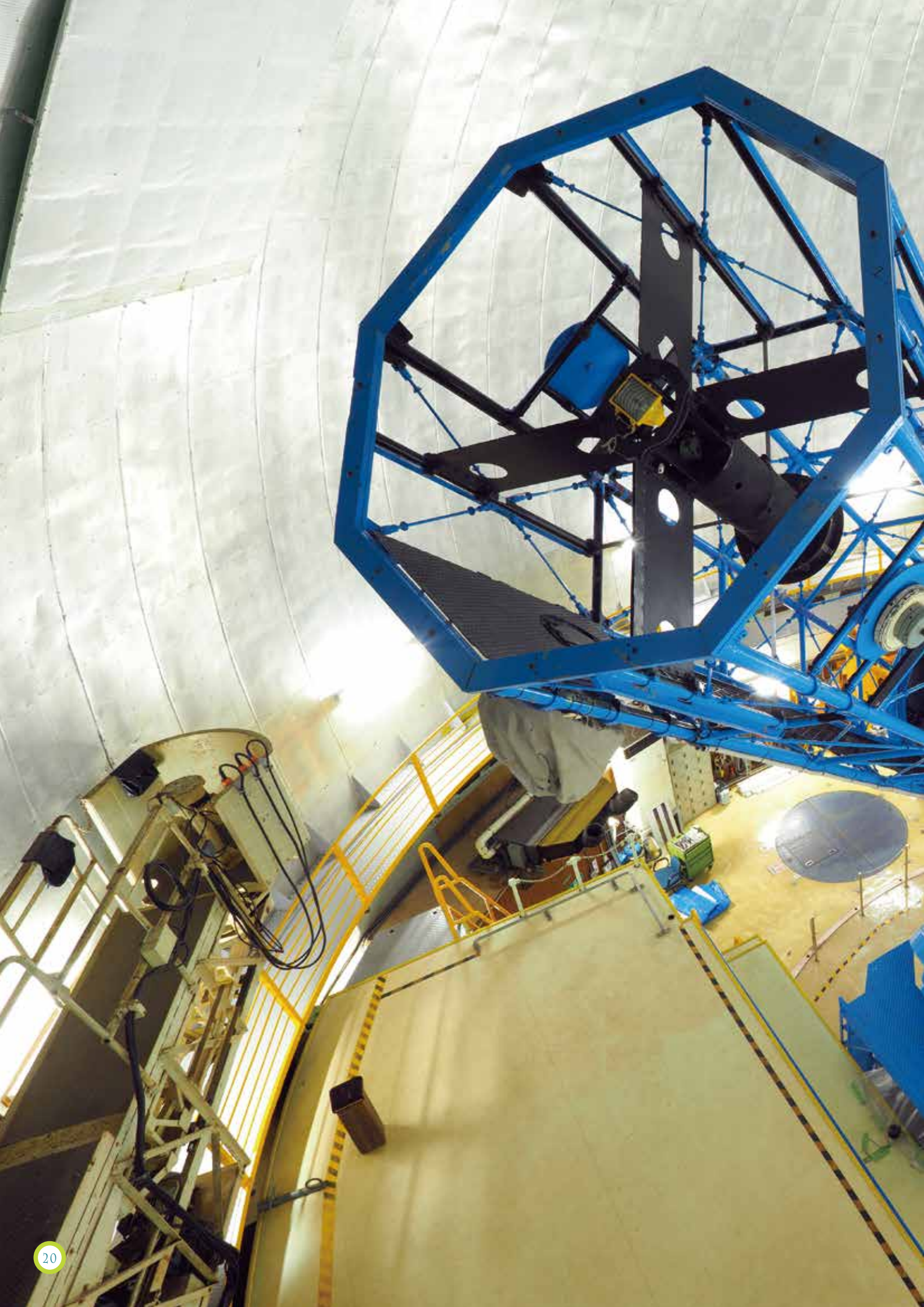
さらに進んで、生命保有惑星が生命を保有するに至る条件を観測的に解明するには、年齢や質量、金属量等が異なる様々な恒星における惑星系の姿を明らかにし、その形成や進化を統一的に理解する必要がある。しかし、実は惑星系の観測的な理解が最も進んでいる太陽型星であっても、年齢が10億歳以下の惑星系の様子はほとんど分かっていない。例えば、短周期巨大惑星(ホットジュピター)は遠方で形成された巨大惑星が内側に移動したものとされているが、若い恒星における惑星の検出例が少ないため、移動の時間尺度やメカニズムについては観測的な制約が得られていない。また、惑星移動は原始惑星系円盤の寿命や質量によって大きく左右されるが、これらと相関する中心星金属量と惑星分布の関連も未解明である。巨大惑星の形成と軌道進化は他の惑星の形成や進化にも大きな影響を及ぼすため(例えば太陽系にはホットジュピターは存在せず、また、地球への水の供給過程には木星や土星が影響を与えたと考えられる)、様々な年齢や金属量をもつ恒星について巨大惑星の分布を明らかにすることが重要である。

本プロジェクトでは、まず我々が10年以上にわたって進めてきた、高金属量太陽型星を対象とした視線速度法による惑星探索を継続推進し、特に雪線付近とこれを超える遠方巨大惑星の存在を調査する。これに加えて、新たに若い太陽型星を対象とした惑星探索を実施する。特に、これまでに惑星が発見されていないプレアデス星団(年齢約1億歳)内の太陽型星に対する視線速度法による集中的な惑星探索を初めて実施する。1億歳という年齢は巨大惑星の軌道進化の時間尺度を制約する上で十分に若く、プレアデス星団におけるホットジュピターの有無はその形成プロセスの解明に直結する。このように、年齢と金属量の異なる恒星における巨大惑星の分布を明らかにし、巨大惑星形成のより一般的な描像を得ることを目標とする。

これら以外にも、188cm望遠鏡の機動性を活かした観測や柔軟な時間割付を活かしたモニター観測、全球的なネットワーク観測など、共同利用を離れたからこそ新たに可能になる観測研究を積極的に展開し、岡山観測所(とはもう呼ばれないかもしれないが)と188cm望遠鏡を高精度可視光視線速度観測の世界的拠点の一つとしてさらに大きく発展させていきたいと考えている。

● 参考文献

- [1] Kambe, E. et al. 2008, PASJ, 60, 45
- [2] Sato, B. et al. 2013, ApJ, 762, 9
- [3] Sato, B. et al. 2003, ApJ, 597, L157
- [4] Sato, B. et al. 2007, ApJ, 661, 527
- [5] Sato, B. et al. 2016, ApJ, 819, id.59
- [6] Wang, L. et al. 2012, RAA, 12, 84
- [7] Jeong, G. et al. 2017 A&A in press
- [8] Yilmaz, M. et al. 2017, A&A in press
- [9] Harakawa, H. et al. 2015, ApJ, 806, id.5
- [10] Toyota, E. et al. 2009, PASJ, 61, 19
- [11] Arentoft, T. et al. 2008, ApJ, 687, 1180
- [12] Beck, P.G. et al. 2015, A&A, 573, A138
- [13] Ando, H. et al. 2010





多色トランジット観測装置 MuSCAT のこれから

成田憲保（東京大学）



私たちが開発した多色トランジット観測装置 MuSCAT (Narita et al. 2015) は、2014年12月24日にファーストライトを迎えました（図01）。それから3年の月日が流れ、その間に MuSCAT を使ったおよそ10本の論文が出版・投稿されています。

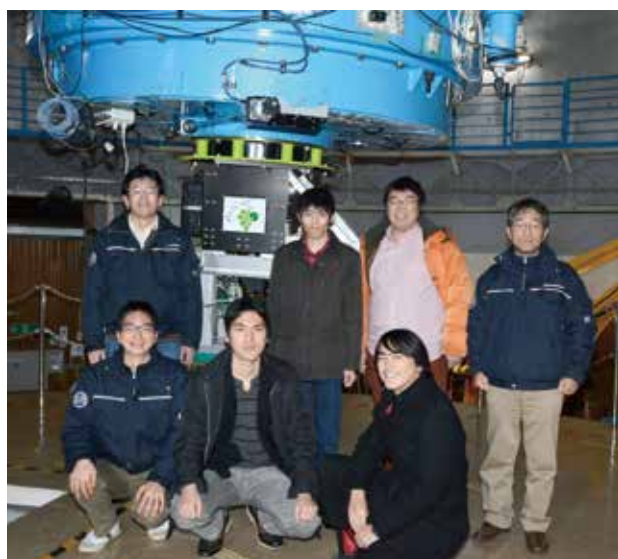


図01 2014年12月24日に行われた MuSCAT のファーストライトの記念写真。

MuSCAT はその運用開始直後に行われた HAT-P-14b のトランジット観測から、トランジット観測において世界最高レベルの精度を多色で同時に達成できる装置であることがわかりました (Fukui et al. 2016a)。また、その測光精度を活用して、Kepler の第2期観測計画である K2 の惑星候補から新しいスーパーアースやホットネプチューンを発見 (Hirano et al. 2016, Narita et al. 2017) したり、ハビタブルゾーンにある地球サイズに近い惑星のトランジットをとらえることにも成功しています (Fukui et al. 2016b: P14 / 福井氏の記事を参照)。さらに海外のトランジット惑星探索チーム KELT との共同研究により、摂氏約4300度の表面温度を持つ史上最も熱い惑星 KELT-9b の発見にも貢献しました (Gaudi et al. 2017)。

このように最初の3年間でさまざまな研究成果を挙げられたほか、これから論文になる観測データも多数取得できており、これまでの共同利用観測は実りあるものだったと言えるでしょう。そして2018年からは、188 cm 望遠鏡ユーザーによる運用の形で MuSCAT を利用していく予定です。ここでは2018年以降の MuSCAT を用いた研究の展望について紹介しましょう。

2009年に打ち上げられた Kepler は、2018年末頃には燃

料が切れ、K2の観測を継続できなくなる見通しとなっています。そしてその Kepler と入れ替わる形で、NASA の次世代トランジット惑星探索衛星 TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite) が2018年3月頃に打ち上げられる予定となっています。TESS は打ち上げられた後およそ2ヶ月かけて観測軌道に到達し、6月頃からまず南天の観測を開始します。そして12月頃から惑星候補のリストが毎月公開される予定です。岡山からでも南天の3分の1くらいは観測ができるため、2018年末からは TESS の惑星候補の一部の観測が、岡山からでもできるようになるはずです。さらに2019年12月頃からは北天の惑星候補リストが公開され、2020年末までには全ての候補が公開されて、岡山から観測できる多数の惑星候補が発表される見込みです。

TESS では1000個以上もの多数の惑星候補が発見される見込みですが、そのすべてが本物の惑星というわけではありません。TESS は広い観測視野を持つ反面、CCD の1ピクセルが広い領域をカバーしてしまい、ターゲットの近くにある別の天体の光が同じピクセルに入ってしまう。その天体が食連星だった場合には、あたかも惑星であるかのように見えてしまう「偽物」の候補になってしまいます。TESS で発見された惑星候補にはそうした偽物が数十%もの割合で混じっていると考えられますが、これまで K2 で実績があるように、MuSCAT はそうした偽物を見破り本物の惑星を発見することが可能です (福井氏の記事を参照)。このことを利用して、これから MuSCAT を使って TESS で発見された惑星候補の中から、特に面白い惑星を発見していきたいと考えています。

また、TESS では太陽系に近くて詳細な性質調査が可能なトランジット惑星が多く発見される見込みです。私たちは特に、TESS で見つかった惑星の大気の性質を調べていきたいと考えています。トランジット惑星では、その惑星がどんな大気や空模様を持つのかによって、わずかですが波長ごとにトランジットの深さが変わることが知られています。例えば、惑星が水素主体の晴れた大気を持っているとトランジットは青い光ほど深くなり、一方水素よりも重い分子（水蒸気や二酸化炭素など）を主体とした大気や、雲に覆われた空を持つ惑星はトランジットの深さに大きな波長依存性が見られなくなります (詳細は Narita et al. 2013 のプレスリリースを参照★)。MuSCAT は3つの波長帯で同時にトランジットを観測することができるため、こうした惑星の大気の主成分や空模様と見分ける研究を行うことができます。

このような観測の面白いターゲットとなるのが、太陽系で最大の岩石惑星である地球と、最小のガス惑星である天王星・海王星の中間の質量・半径を持つ惑星「スーパーアース

「ミニネプチューン」です。これまで長らく岩石惑星とガス惑星の境界がどこにあるのかはわかっていませんでしたが、最近地球半径の1.5倍から2倍の間にその境界があるのではないかと考えられるようになってきました (Fulton et al. 2017)。つまり、地球半径の1.5倍より小さい惑星は水素大気を持たない大きな地球型惑星（スーパーアース）で、2倍より大きな惑星は水素大気を持つ小さな海王星型惑星（ミニネプチューン）であるという描像です。この考え方が正しければ、水素大気を持つことができるのは地球半径のおよそ2倍より大きな惑星だけなので、青い光ほどトランジットが深くなる様子が見られるのも地球半径のおよそ2倍以上の惑星だけになるはず。そのため、TESSで発見された地球半径の1倍から3倍程度の大きさの惑星についてMuSCATで集中的にトランジット観測

を行えば、こうした新しい考えを観測的に検証することができます。

以上のようなTESSの惑星候補の確認観測や惑星大気の観測といった研究を本格的に行うには、残念ながら岡山で得られるMuSCATの観測時間だけでは足りません。そこで私たちは、スペイン・カナリア諸島のカナリア天体物理研究所 (IAC) との共同研究により、テネリフェ島のティデ観測所でIACが所有するTCS1.52m望遠鏡に、新しくMuSCAT2を開発しました (図2)。MuSCAT2は2017年8月24日にファーストライトを迎え、2018年から本格的に観測を開始する予



図2 2017年8月24日に行われたMuSCAT2のファーストライトの記念写真。

定となっています。これからはこのMuSCATとMuSCAT2の2つの観測装置で連携を図り、TESSの打ち上げ後となる2018年以降も引き続き面白い観測成果を挙げていきたいと考えています。

● 参考文献

- Fukui et al. 2016a, ApJ, 819, 27
- Fukui et al. 2016b, AJ, 152, 171
- Fulton et al. 2017, AJ, 154, 109
- Hirano et al. 2016, ApJ, 820, 41
- Narita et al. 2013, ApJ, 773, 144
- Narita et al. 2015, JATIS, 1, 4, 045001
- Narita et al. 2017, PASJ, 69, 29

ドップラー振動撮像装置を用いた木星表面振動観測

生駒大洋 (東京大学)



木星の形成過程の解明は、天文学・惑星科学における長年の未解決課題の一つである。木星は、いつ・どのように誕生し、なぜ現在の位置に存在するのか?? この根本的な問いさえ謎のままである。太陽系最大のこの惑星は、その強い重力によって太陽系全体の力学進化を支配してきた。したがって、木星の起源の理解なくして他の惑星の成り立ちを理解することはできない。さらに、われわれ生命にとって重要な海水や有機物も、木星の力を借りて、小惑星帯や太陽系外縁部から運ばれてきた可能性が高い。まさに、木星形成の解明は太陽系科学の最優先課題であると言える。

一方、近年では、太陽系外に多くの巨大ガス惑星が発見されている。それらの中には、0.05 AUという極めて主星近傍をまわる惑星（ホットジュピター）や、逆に100 AUという

大きな軌道をまわる惑星、非常に離心率の大きな楕円軌道を描く惑星など、大きな多様性が見られる。また、軌道だけでなく、木星や土星の類推からは想定されないほど、密度の低い巨大惑星がある一方、極めて高密度の巨大惑星も発見されている。こうした多様性をもたらす原因についても、謎のままだ。

木星形成の謎を解く鍵は木星深部に隠されている。木星は、氷や岩石からなる中心核（コア）を持ち、質量の大半はコアを取り囲む（水素・ヘリウムを主成分とする）エンベロープからなる、と考えられている。しかし、このコアの存在は観測的に確認されているわけではなく、木星形成理論に基づく推測である。木星形成は、1980年に京都大学の林忠四郎教授のグループが提案した理論モデルに基づいて考えられ

てきた。それによれば、木星の成長は2段階で進む。まず、氷を主成分とする微惑星が衝突合体を繰り返すことで、原始コアが形成される。そして、そのコアが大きく成長すると、その強力な引力によって周囲のガスを暴走的に獲得し、エンベロープを形成する。このときのコア質量は地球質量の10倍前後だと言われている。したがって、この理論はコアの存在を確認することによって検証される。

さらに重要なことは、筆者らの理論研究によれば、ガ

ス獲得に要する時間はコア質量に非常に強く依存する。つまり、コアの質量を何らかの方法で知ることが、木星形成の解明にとってきわめて重要なのである。

木星の深部構造を解明しようとする試みは長年なされているが、未だに不確定性が大きい。これまでの内部構造推定は、探査機の木星をフライバイした際に測定した重力ポテンシャルの形状（重力モーメント）をもとに行われてきた。しかし、測定された重力モーメントと整合的な内部構造モデルには、20地球質量という大きなコアを持つ解が含まれる一方、コアが存在しない解も含まれる。つまり、形成過程に観測的な制約を与えるという観点では、まったく不十分であると言わざるを得ない。これは、そもそも推定方法に問題がある。なぜなら、重力モーメントは、惑星表面から比較的浅い部分の密度分布に影響を受けるが、深部の構造には敏感でないからである。したがって、この手法を用いて、木星半径の10%程度の小さなコアの情報を得ることは、そもそも困難なのである。

そこで、我々は、新たに日仏米国際共同プロジェクト JOVIAL (“Jovian Oscillations through radial Velocimetry Imaging observations at several Longitudes” の略) を立ち上げ、日震学的手法を用いて木星深部をより直接的に探査することに挑戦しようとしている。天体内部での音波や重力波の伝播を観測的に捉えることが深部の構造の理解に有効であることは、地震学や日震学、星震学において証明されている。木星でも、その手法は間違いなく有効であるにちがいない。そのためには、木星表面のさまざまな点における振動の大きさと速さを測定する必要がある。木星内部を伝播する波（木震波）は、ある深さで折り返し木星表面に伝わる。その結果、木星表面の各点では、様々な深さで折り返した様々な振動数の波が到達し、表面を振動させるのである。具体的には、表面振動を球面調和関数に分解した場合、低次のモードで2~3 mHzの振動が、コア表面付近を折り返してきた波を由来とすることがわかっている。

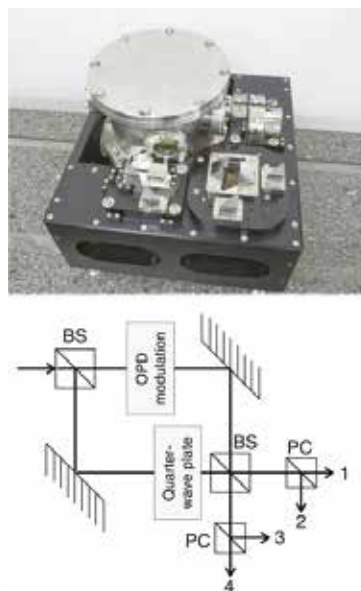
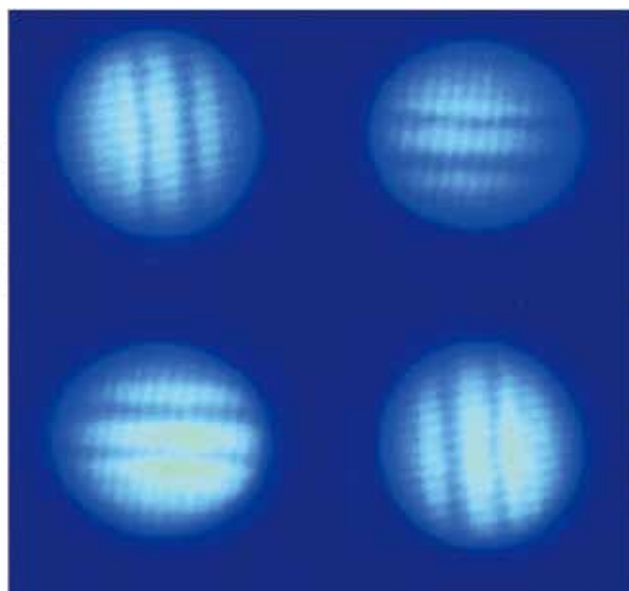


図01 ドップラー振動撮像装置DSI（左上）と概念図（左下）、SYMPAで撮られた典型的な木星のイメージ。



これまで木星の表面振動を十分なS/Nで捉えることは極めて困難であると考えられてきたが、最近になって測定器の安定性が格段に向上し、それが可能になってきた。

本プロジェクトにおいて木星自由振動観測に用いる装置は、図01に示したドップラー振動撮像装置DSI (“Doppler Spectro-Imager” の略) である。これを188 cm望遠鏡クーデ室内にインストールする。これは、Mach-Zehnder干渉計の原理を用いて木星表面で反射された太陽放射のドップラーシフトを測定する。そして、位相が90度ずつずれた4つの干渉像から時々刻々の位相変化を測定し、木星表面のさまざまな点において速度変化を求めるのである。この装置を用いた観測は、すでにSYMPAプロジェクトとして過去に行われており (Gaulme et al. 2011)、 $l=1$ モードの強度スペクトルで1200 μHz と3000 μHz 付近に有意な振動が検出されている。そもそも木星表面が振動しているかどうかが疑問であったが、SYMPAプロジェクトによってそれが確認されたことから、より本格的な振動観測を行うこととなったのである。

木星表面の微弱な振動を観測するためには1 m級の望遠鏡が最低限必要となる。また、より精度良く内部構造を推定するためには、少なくとも2~3週間にわたる連続観測によって途切れのないデータを得る必要がある。そのために、本プロジェクトでは、岡山天体物理観測所188 cm望遠鏡に加えて、フランス・ニース近郊にある Observatoire de Calernの1 m級望遠鏡とアメリカ・ニューメキシコにある National Solar Observatoryの1 m級望遠鏡を用いて、2018年5月に毎日ほぼ24時間木星をモニターし、それを達成することを目指す。

本プロジェクトは非常に挑戦的であると言えるが、成功の暁には、木星の起源解明という長年の未解決課題に対してブレイクスルーをもたらすことは間違いない。そして、太陽系全体の形成史の謎や、系外惑星系の多様性の謎に対する答えも見えてくるに違いない。そのためには、2018年だけでなく、継続的な観測を行っていきたいと考えている。今後の進展に期待していただきたい。



共同利用完遂記念・座談会 岡山観測所が果たした役割とその未来

半世紀にわたって日本の天文学を底支えてしてきた岡山天体物理観測所。その伝統を肌身に感じながら日々の研究を重ねてきた3人のスタッフの座談会のようすの一部をご紹介します。前原英夫さん（元所長・右）、沖田喜一さん（元副所長・左）のおふたりのOBと現所長の泉浦秀行さん（中）の鼎談です。

日時：2017年8月11日、13時から16時
場所：岡山天体物理観測所 応接室
参加者：泉浦秀行 所長（在籍期間 1996年7月から現在）／前原英夫 元所長（在籍期間 1988年2月から2001年3月）
／沖田喜一 元副所長（在籍期間 1967年4月から1989年4月、2002年6月から2013年3月）
進行・記録・撮影：戸田博之、福井暁彦（岡山天体物理観測所）、長山省吾、夏苺聡美（天文情報センター）

進行：皆さん、お忙しい中ありがとうございます。岡山天体物理観測所の共同利用が終了するにあたって、ウェブ版で記念誌をつくらうということになりました。その目玉企画として座談会を開催したいと思います。岡山天体物理観測所開所からという無理がありますが、長い歴史の全体を俯瞰しつつ、昔のことや岡山天体物理観測所の成果等を語っていただいて、最後に、これで終わりではない188センチ反射望遠鏡に対し、皆さんの期待とか思いを寄せてもらえればと思ひまして、お集まりいただきました。最初に各自自己紹介をしていただいて、その後、時代に沿って少しずつお話を伺いたいと考えています。もちろん脱線していただいても全然構わないので、お好きなように話してください。

沖田喜一氏（以下 沖田）：これは全国に、ウェブ版だから。

進行：そうです。出ます。

沖田：真面目に話をしなければいけないのかなと。一番苦手なことだ。

前原英夫氏（以下 前原）：わかる、わかる。私もそう。

進行：もちろん、後で編集はいたします。それでは、まず沖田さんから自己紹介をお願いいたします。

泉浦秀行氏（以下 泉浦）：年齢順ではないのですか。上から。

前原：今どき高齢者を余りこき使うものではない。いやいや、いいですよ。私、最初にやりますよ。だけれども、ここにありますように、在任期間とかは書いてありますので、あとは私が適当に自分の話したいことを話します。

まず、自己紹介ということで、前原英夫と申します。元所長というか職員です。

私がここに職員として来たのは、1988年。これはちょうど東京大学東京天文台から国立天文台に改組がありました年ですね。ですけど、私自身はもっとずっと前の、職員リストを見ると1960年代のどこかで大学院生のときに、先生に連れられて、最初観測助

手として来て、1週間くらいいて、いろいろやって帰るというようなことをやっていた。博士課程になったときには自分のテーマがありますから、今度はそれがミラ型星という長周期の変光星なものですから、月一ぐらいでここへ出入りしていたというところがありました。その後、長野県の本巣観測所、シュミット望遠鏡をつくるチームに加えられて、就職としては、そちらが最初です。その後、十数年勤めてから1988年に岡山天体物理観測所に来たということです。

多分所長は1992年から9年間やっていると思いますけれども、ちょうど20世紀の最後のところをやらせてもらって、3代目です。一番やばかったのです。というのも、私から見ると、「すばる望遠鏡」をまさに作っている間にびったり合っているのです。それでお金も人も結局そちらのほうが大事ということで、こちらが二の次になってきて、議論をしているうちに観測所の規模を縮小するとか、あるいは閉鎖を考えたほうがいいのではないかと、議論がある中で所長をやりましたので、多分そのころは今よりずっと怖い顔をしていました。今はそういう役目が全部終わりましたので、このような顔をしています。

自己紹介を余り長くやってもいけないでしょうけれども、私、ここへ転勤するときに、たまたま旧鴨方、今の浅口市ですが、そこに家を建ててまして、結局そこが終の棲家です。その後十何年、私の窓からこのドームやら本館が見える、そういういいところに住んでいます。

進行：家を建てるときに窓から観測所が見えるように設計したのですか。

前原：いやいや、設計はもうできていて、たまたまなのですけれども、この部屋だったらちょうどいい。観測所から見ると南でしよう。向こうから見ると北向きなのです。北向きの部屋だけれども、2階のその部屋が自分の居場所と決めている。そういうことで切っても切れない岡山天体物理観測所と、正式名称は余り言ったことがないけれども、そのスタッフであり関係者です。

沖田：私は沖田喜一。元この職員で、1回ここから転勤して、また帰ってきたというような歴史を持つのですが、実は、この3人の

中で一番最初にここに来たのは私なのです。今、職員リストをくってみると、1967年。

前原：4月でしょう。

沖田：高校を卒業してすぐにここへ入ったのですが、ここに来るつもりは全然なかったのですけれども、とにかく研究所だから勉強できるなと思って入ってきたのですが、勉強しませんでした。私が入ったところのこの観測所というのは、ちょうど開所から7年ぐらいたっていて、一番活気が強かった時分ですね。

進行：ちょうどいい感じに落ちついたころではないですか。

沖田：そうです。開所してからわやわややっていったのがだんだん観測成果も出てきて、日本で一番大きな望遠鏡ということだったので、本当に最先端の天文を学んでおられる方々がここに来ていろいろ観測をされたという時期でした。

私の仕事というのは、望遠鏡をオペレートすることと、それから、観測装置等の改良とか、それを保守改良するというようなことが主だったのですが、とにかく日本に1つしかない大きな望遠鏡だったので、いろいろな新しい観測装置ができるとここに皆さん持ち込んでそれを試験して、それで観測するというようなスタイルが結構続きましたね。(中略)夜、観測に来る天文学者と一緒になって望遠鏡をオペレートして観測することによってずっと携わっていて、そういう意味では今で言う結構立派な役職につかれておられる先生方の若いころと一緒に過ごしてきたというのがあって、こういう人たちに負けてはいけないというような気持ちだけはありました。そういう思いでいろいろやっておりました。

そうこうするうちに、日本の望遠鏡が188センチでは物足りなくなったということで大きな望遠鏡をつくりたいとあって、まず最初に4メートルクラスをつくらうといろいろ検討したのです。この近くでいいところがないかということで、以前、ここで技術のリーダーをやっておられた清水実さんという方と一緒にどこがいいかとか調べて歩いてみたりしていたのですが、その4メートル計画もいろいろと紆余曲折して潰れてしまって、そのうち、大きい望遠鏡を日本がつくるのだったらもっといいところにつくらうよと。ここもいいところだったのでしょけれどもね。そういうことでハワイに建設することがあって、それが少しずつ動き出していたころでした。その少し前に前原さんがこの所長になられて、1年ぐらいい一緒だったのです。たしか。

前原：そうだね。

沖田：それで私はさよならと行ってしまって申しわけなかったのですけれども、「すばる望遠鏡」建設のほうにずっと行っていて。

前原：泣く泣く送り出しましたよ。

沖田：それで「すばる望遠鏡」建設が終わって、そうしたら今度は時代が変わって、京都大学で4メートルクラスの望遠鏡をつくらうという話があって、おまえ、帰れと言われて。私、出ていくときはもう帰ってきませんと出ていったのだけれども、帰ってきまして。結局、私が在職中は予算がつかなくてできなかったのですが、もうじき完成すると思います。

そういうことで、最後はもう一遍ここに帰ってきたときにいろいろなことがあってね。だから、その前に40周年のときに、40周年だからもうあと50周年はないだろうと言って、立派な40周年の記念誌をつくったのです。帰ってきたら50年になってしまって、50周年をやるとかということで、そのときにちょうど所長が広島大学に転出したのです。それでいなくなって、おまえを副所長に任ずると、手当ても何もつかない副所長を半年ほどやったのです。その後、泉浦さんがこの所長になって、今に至っているわけですがけれども、その50年のときはもう本当に大変でした。ちょうど私ごと

のことだったのだけれども、岡山県で国民文化祭というイベントがあって、その企画、ある演劇関係の、趣味で演劇などをやっていたものですから、演劇関係。

前原：彼は趣味が広いものね。

沖田：演劇関係の企画委員をしてくれというから、委員ならいいやと思ったら委員長になってしまって、もう物凄く大変だね。こうやろうと思うのに企画委員の中に猛反対するようなのがいて1つもまとまらない。演劇などをやっている連中はもう自己主張が強く、実際問題として1つもまとまらないのです。そのことと50周年と重なってね。ちょうど秋、もう死ぬかと思いが、でも死ななかったの、こうやってここに出席しています。

長々とした自己紹介になりました。

進行：では最後に泉浦さん、お願いいたします。

泉浦：泉浦です。1996年7月から在籍しているのですけれども、今年でもう勤続21年になって、勤続21年ということは多分沖田さんよりも前原さんよりも勤続年数では長いのではないかと。

沖田：それはそうだね。私も20年というのは東京にいたとき、三鷹にいたときに表彰してもらったから。

泉浦：最古参になって自分を見て恐ろしいなと思って。最近、観測所の所員の名簿を見ていて、自分が最古参で一番長いというのを見ていて、やり切れない気持ちで、何がやり切れないかは置いておいてですね。

それで2010年からは所長。吉田さんが2009年いっぱい広島大学に転出されたので、その後、ちょうどそのときに岡山天体物理観測所をどうするかということで、割とドラスチックな方針が国立天文台長から可能性として出されて。どうするかということで大分そのときに揺れたのですけれども、その後、10月から所長に就任して今に至っています。就任してからまだ7年になっていないのですけれども、今年(2017年)の9月いっぱい7年になって、来年まで7年半ということです。

別に観測所を閉めるつもりは全然なかったのですけれども、時代の流れというものもあるので、自分の個人的な印象としては、いろいろな世の中の趨勢を見ると、岡山観測所は閉めるにはまだ早いけれども、今までみたいに手厚く観測するの、というところで、ほどよいところに落ちつくのではないかなと思っています。それはこの後の話でまたお話しできたらと思います。

簡単ですけれども、以上です。

進行：ありがとうございます。早速時間が押しぎみですが、時代を追ってということで沖田さんからまたお願いいたします。

…この座談会の続きを読みたい方は

<https://www.nao.ac.jp/study/oao/>をクリック！



●座談会の続きのほかにも、この「国立天文台ニュース」特集全編にわたって、より詳細で本格的な記念記事を保存版WEBコンテンツ「岡山天体物理観測所全史」でお読みいただけます。ここに掲載できなかったさまざまな記事も満載です。ぜひ、ご覧ください！



57年、 宇宙を見つめて

岡山天体物理観測所、全国共同利用をここに完遂せり

1960年に我が国の大望遠鏡時代の端緒を開いた岡山天体物理観測所は、名実ともに日本の天体物理学観測を育み、かつ、全国共同利用の精神を広く国内研究者の間に培ってきました。そんな我らの岡山天体物理観測所ですが、2017年12月28日の朝、188 cm反射望遠鏡の全ての共同利用日程を完了させることで、予定通り共同利用観測所としての使命を全うするに至りました。



天文台メモワール

6年間のポストドク時期を経て、ご縁あって東京天文台に就職しました（1986年）。32年間の長きに亘り皆様大変お世話になりましたこと心より御礼申し上げます。

前回の国立天文台ニュースへの寄稿は「新10mミリ波サブミリ波望遠鏡の完成」（2000年6月号）でした。現在のASTE望遠鏡です。今回はメモワールなので、私の仕事はADSなどの論文検索、総研大の教員紹介ページなどネットでアクセス可能ということもあり、それ以外の個人的なことを徒然に書いてみます。

数年前「…望遠鏡の仕事はしているけど、天文の研究はしないのですか」という質問を受けました。「そんなことはないよ」ととりあえず生返事。この質問の意図はわからないのですが、大型プロジェクトを推進するNAOJ職員のもやもやでもあるような気がします。この機会に私の場合を少し掘ってみることにします。するとやはりお決まりの「天文との出会い」から始めることになります。

中学2年の春、自作天体望遠鏡で新彗星を発見した池谷さんのことをNHK教育TVが紹介していて、素人でも望遠鏡を作れると知りました。望遠鏡を自作して天文をやろう。どんなに偉い先生達が一生懸命頑張って研究しても宇宙には謎がいたる所に隠れていて尽きることはないだろう。当時の庶民には天体望遠鏡など手が届くわけもなく、やるなら自作するのが当然の流れでした。16cm鏡を磨き、望遠鏡本体も自作です（写真01）。部品の諸元とか手書きの図面を親父に渡しておくとか暫くして物品が届き、それらを加工し組立調整していくという流れでした。こんなスタートを切った私は、定年退職を目前にした岡山移籍後も相も変わらず、鏡の研磨（写真02）。法人活性化支援経費や科研費をgetして「金属鏡望遠鏡の開発」をしています。同様に野辺山時代には電波holography測定法を用いた45m鏡の鏡面パネルの段差調整にも心血を注ぎました。なんでこうも鏡面研磨に没頭するのか？私の場合、「寸分の狂いもなく」というようなフレーズに強く反応してしまうDNAの仕事のような気がする。研磨作業をしていると宮

大工だった曾祖父がカンナで柱を削っている姿と仮想合体したような気になるのです。

「大型望遠鏡が欲しいというのは天文学の発展に責任をもつ研究者の自然で当然の要求」である（小杉健郎，1987，“東京天文台改組問題をめぐる諸論点”，東京天文台職員組合資料）。就職して間もない頃に小杉先輩の文章に出会って、天文台職員として自分もいつかは「舞台をしつらえる」仕事をしようと思いました。十数年の蓄積を経て、それを果たしたのがASTE望遠鏡でした。でも、責任感だけでやりきれ

るものでもない。駆り立て突き動かすのは何なのだろう。十人十色であろうが、私の場合、一つには、博士号を観測研究でgetしたのですが、これがとんでもなく面白かった（科学朝日1980年9月号）。新しい望遠鏡が作られ、それが生み出すいくつもの観測研究成果が人々にどれほど知的興奮を与えるのかを感じました。このD論が私のエネルギー源。二つ目は、最新技術が投入された望遠鏡では、単に天文学上の新発見だけでなく、工学分野でも新発見があるからです。でも、もし当時自分が任期5年だったらこういう働き方にはなっていないかも……雇用の問題は大きい。

NAOJは3つのミッションを掲げています。**★01**。これらが一巡すると知的探究のサイクルの完成です。私も3つのミッションそれぞれに小さな足跡は残せたと思いますが、DNAに振り回されてバランスが悪かった。私の発信力も弱かった。国立天文台ニュースなどを読むにつけ、我がNAOJでは3つのミッションの好循環が力強く廻っているのが伝わってきます。👍

最後に超個人的なことですが、父親の10代は戦争の時代でした（19歳で終戦）。中学高校で勉強する機会などなかったので、息子にはいろいろと自由にやらせてくれ、何も言わず支援してくれました。もし平和な時代に生まれ青春することが出来ていたらと思いを巡らせ、親父もASTE望遠鏡の製作に間接的に参与した気がしてきて、実はASTE望遠鏡には自分と父親の名前を並べてサインしてあります。戦後72年、日本国民の努力の総和による日本国の平和と経済発展に感謝しつつ、天文台を卒業します。ありがとうございました。

退職にあたって

浮田信治

（岡山天体物理観測所）



01 自作の16cm反射赤道儀。中2から始めて約3年かかりました。研磨中に手が滑って鏡を割ってしまうという辛いこともありました。学園祭での発表会のために小惑星を観測して軌道要素を求めようとしたのが…。



02 分光観測の場合、結像性能はシーイングと同程度でよいと割り切ると、アルミ鏡という道もある。

★01 <https://www.nao.ac.jp/about-naoj/philosophy.html>

退職のご挨拶 「47年間お世話になりました」

川島 進
(技術推進室)



日本酒教室を主催している漫画家「高瀬 齊」先生による私の似顔絵。

1971年4月、東京大学附属東京天文台野辺山太陽電波観測所に文部技官として入台しました。国家公務員なので安定した身分・収入が得られ退職後も安心感があること、また子供の頃に月のクレータを望遠鏡で見て感激し、高校時代の部活では太陽黒点観測の真似事をしたことなどが天文台にお世話になる動機だったかと思います。

その後、野辺山で34年、三鷹に異動してからは先端技術センター(ATC)でALMA望遠鏡の受信機チームに6年、ALMA推進室(現チリ観測所)の総務担当として4年、野辺山宇宙電波観測所に1年、そして技術推進室が最後の2年となりました。

初めて訪れた野辺山太陽電波観測所には、こぢんまりした観測棟がありアンテナ制御卓や見慣れない装置が並んでいました。屋外には160 MHz太陽電波干渉計(写真01:後方)のアンテナ群(口径6mと8m)が、東西方向と南北方向に点々と並んで太陽を追尾していました。見る物すべてが初めてのものばかりでした。そんな素人の私に、研究者の方は受信機(真空管式)の仕組みを根気強く教育してくださいました。また三鷹から出張で来る先輩技術者の方にはラジオ製作や電子回路を作る指導をしていただきました。並行してトラブルでそっぽを向いているアンテナ修理作業が毎日のようにありました。安全ベルトを装着して高いアンテナに登っては、配線図を頼りに制御回路の調整、駆動モータの交換や受信機の真空管交換など、先輩方の指導を受けながら経験を積みました。こうした日々の積み重ねを通じてアンテナ制御や受信機についての基礎知識を身につけることができたのはトラブルが多かった装置の賜物です。また小さい観測所なので観測装置の製作・更新時には内製が多く、機械系、制御系、受信機系、バックエンド系、ソフト開発など幅広い仕事を経験しながらスキルアップできました。自作した装置・ソフト等が完成した時の小さな喜びがご褒美でした。この時代に関わった装置には、17 GHz電波干渉計(写真01:手前)、動スペクトル計、強度偏波計などがありました。

そんな小さな観測所からの転機は、電波へ

リオグラフ(写真02:後方)という中規模の太陽観測用電波干渉計の建設でした。名大空電研(豊川)の研究者、技術者が合流して建設し、1991年に観測を開始しました。これは口径80 cmのパラボラアンテナ84基からなり、17 GHzと34 GHzを同時観測可能な装置です。私は建設時に制御系を担当し365日連続運用可能な自動観測制御システムの構築に寄与しました。太陽電波観測所の閉所後は、コンソーシアムが運用を担い現在も稼働中です。その後、空電研と野辺山に散在していた強度偏波計群を観測棟近くに新設・移設(写真02:手前)した際には、アンテナ制御システムとデータ収集システムの内製を担当しました。野辺山での最後の仕事は遠隔診断システムの構築で、観測当番が観測棟に出向かなくても観測運用状況や制御装置モニタ画面の確認をネットワーク経由で可能にしたものです。少人数での観測運用をサポートするのが目的で、現在でも活躍中です。



02 手前が強度偏波計群、後方が電波ヘリオグラフアンテナ群。

野辺山から三鷹に異動しての約10年間はALMA望遠鏡関係の仕事に就きました。最初はATCの受信機チーム(BAND4)に所属して受信機開発と性能評価用ソフト開発を担当しました。量産が始まる頃にALMA推進室に総務担当として異動し、概算要求や契約職員の雇用などを中心に責任の重い仕事を経験しました。マネージャーの方々の超人的な働きぶりに大プロジェクトが背負う責任の重さを実感しました。ALMA望遠鏡がその真価を発揮して次々と成果を出しているニュースを聴くとやはり嬉しくなります。最後の2年程は技術推進室副室長として、技術主幹をサポートして室員の皆さんと共に微力ながら技術系職員の人事、教育・研修実施などに尽力してきました。

長きにわたり天文台で働く機会をいただけたのは、関係した多くの皆様のご支援のおかげです。幸運にも、私の異動元にはその都度とても優れた人材が後任として着任されました。ですから思い残すことは何もなく、清々しく天文台を去ることができます。

長い間、本当にありがとうございました。



01 手前が17 GHz干渉計、後方のメッシュパラボラが160 MHz干渉計。背景は八ヶ岳。

天文台メモワール

2012年1月初旬に当時のTMT推進室長であった家さんにお誘いいただき、2012年11月に国立天文台に着任して5年4か月、あっといふ間の時間だった。はじめて家さんにお会いしたのは、ある研究会終了後の懇談会でワイングラス片手に立ち話をした時だった。家さんからプロジェクトをバックヤードから支える人物を探しているということで、一緒に立ち話をしていた当時の東大・先端技術研究センター・所長であった中野義昭さんから「それは宮下さんが適任ですね」というひとことから始まった。結局、「研究教育職員の公募に応募してくれませんか」ということになり、公募プロセスを経ての採用決定まで約10か月、着任まで11か月近くが経っていた。もともとは企業の研究所で光技術の研究・開発、研究企画等の仕事をしていたが、家さんにお会いする3か月前に会社を早期退職させていただきフリーの身であった。いま思うと、次の職を考えずに先ず会社を辞めるということは結構大変なことだったように思うが、家族は誰も反対しなかった。条件は、いままでどおりに食べさせてくれればそれで良い、ということだけだった。最長330日の休職給付を受けながら結構楽しくハローワーク通いをしていた頃でもあった。おかげで、この頃の経験がTMTのスタッフを公募・採用する仕事にも役立った。

企業での最後の研究は、直径30 μ m（1mmの1/30程度のサイズ）のマイクロレンズの波面収差の測定技術の開発であった。それに比べるとTMT（Thirty Meter Telescope：次世代超大型30m望遠鏡）の反射鏡の直径は30mであるから、約100万倍のスケール差である。これほど違う世界に入るのは何とも面白かった。ミクロの世界からマクロの世界に移ったが、光学の世界は全体のスケールとは関係なく、精度はナノメートル（百万分の1ミリメートル）であることは同じである。マイクロレンズの研究開発をしていた頃、ヨーロッパ、

米国の研究者たちにも協力を仰いだことが縁で、EUの研究助成金を使ったマイクロレンズの研究開発プロジェクトにも参加させて貰った。日本とは大きく異なる研究プロジェクトのマネジメント、研究資金を出す側の評価方法をつぶさに見させてもらう等の経験もでき、これが、TMTという国際共同プロジェクトで活動するための良い経験となって生きてきた。

TMT推進室では、プロジェクト全体の管理とともに主鏡（対角長1.44 mの82種類の異なる非球面鏡を492枚並べてあたかも1枚の反射鏡として機能させる）関連ではすでに始まっているが、生産に関わる企業との折衝、鏡材（オハラ）を含めた納入品の品質確認、海外で研磨する主鏡用の材料（これはすべて日本で供給する）の輸出に関わるルート構築などを担当させていただいた。さらには次のTMT推進室を支える契約職員の採用、主鏡の技術広報など多岐にわたる仕事もさせていただいた。やや番外ではあるが、缶バッジも10種類ほどデザインしいろいろなイベントで配布させていただいた。5年前には家さんの個人商店のようであったプロジェクトも人数が増え、臼田室長に代わるとともに徐々にではあるが普通の組織のようなマネジメントができるようになったように思う。

また、ハワイのすばる望遠鏡を目の当たりにし、そのスケールの大きさ、精密さに圧倒された。TMTのモデルにもなっているすばるの隣のKeck望遠鏡見学はTMTを理解するうえで非常に役に立った。

天文台に着任した時のTMTの完成（First Light）は2021年であったため、定年になっても3年ほど余分にお手伝いすれば完成するのではと思っていたが、いろいろな事情でそれが2024年になり、現在は2027年完成ということになった。とかく大型プロジェクトは予算確保の面も含め遅れがちではあるが、ここまで遅れるとは予想していなかった。とても完成までお付き合いすることは難しいため、あとはTMT推進室のメンバーの頑張り期待して外から応援をさせていただければと思っている。また、短い期間ではあったが、TMTの仕事を通じて国立天文台内外の方々にさまざまなご支援、ご協力をいただき施策を進めることができた。どうもありがとうございました。今後のTMT完成、さらには期待される観測成果が得られるよう、多くの皆さまのご支援がいただける体制で進められることも祈念したい。

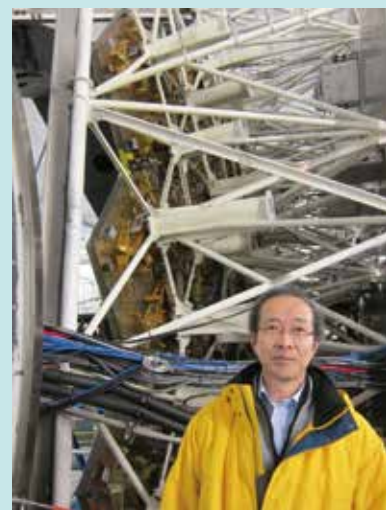
TMTの5年間

宮下隆明

（光赤外研究部／TMT推進室）



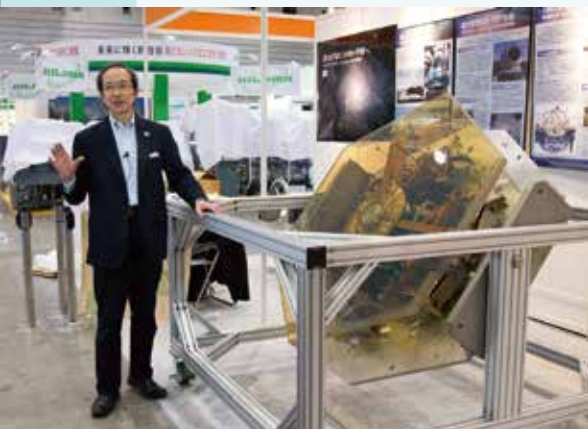
TMTセグメントミラーの品質確認（TMTプロジェクトオフィススタッフと：キャンノン宇都宮光機事業所）。



ケック望遠鏡で。



デザインした缶バッジ。



分割鏡試作品の前で解説中（「宇宙・天文光学EXPO2013」にて）。

「第37回天文学に関する技術シンポジウム」報告

上野祐治（水沢 VLBI 観測所）



01 集合写真。参加者多数で会場は熱気むんむん。

「第37回天文学に関する技術シンポジウム」が2017年12月21、22日の二日間に渡り、岡山県倉敷市の倉敷市芸文館を会場に開催されました（写真01）。

今回のシンポジウムでは二つの新しい試みをしました。一つ目は世話人の選び方です。従来は開催地の方を中心に世話人が構成されていましたが、今年度は負担軽減と経験者育成を目的に、岡山、水沢、野辺山、ハワイの各ブランチから1名ずつ、三鷹から2名、開催地岡山の美星スペースガードセンターから1名の計7名構成としました。世話人の打合せは遠隔地を結んでの多極開催となるため、いかにして意思疎通を図るかが重要でした。そのためZOOMという高品質なオンライン多極会議システムと、DropboxPaperという無料オンラインホワイトボードを使用するという工夫で、可能な限り意思疎通を図るようにしました。

二つ目は「グループ討論」です。これは、未経験者が多い世話人であることから何か新しいこともやってみようという提案された取り組みで、5～8人のグループごとに決められたテーマに対し討論を行い、その結果を発表するというものです。全く新しい取り組みであったため、世話人会では準備を暗中模索で進めました。実施した感触としては概ね好評をいただいたようで、世話人一同、ほっと胸を撫で下ろしたというところでした。好評の理由として、普段会話をする機会がない他の組織やプロジェクト、研究系の方と顔を合わせてじっくり会話する機会を持てたということがありました。これは、天文学に関する技術という括りで門戸を広げている本シンポジウムならではのあつ

たと思います（写真02）。

一方、従来同様に、招待講演、一般講演、ポスターセッション、エクスカージョンも行われました。招待講演は、岡山天体物理観測所所長の泉浦秀行氏と、京都大学理学研究科附属天文台台長の柴田一成氏にお願いしました。泉浦氏からは「21世紀の岡山天体物理観測所」と題して、今年度いっぱい閉所となる岡山天体物理観測所を取り巻く環境の変化と直近の成果をお話いただきました。古い観測装置でも工夫次第で安定して成果を出し続けることができるという、他の観測所の

将来を考えるうえで大いに励みになるお話でした。柴田氏からは、「太陽の脅威とスーパーフレア」と題してお話いただきました。毎日我々に恩恵を与えてくれる太陽が、時には凶暴な牙をむく一面があることを知ることができました。講演の中で特に印象的だったのは、音楽家 喜多郎氏の楽曲「おろち」に太陽活動の映像を合わせた動画でした。楽曲と躍動のある太陽活動が組み合わせられ、大変神秘的で感動的なものでした（この動画が含まれたDVD「古事記と宇宙」は、某ネット通販大手で買えるそうです）。一般講演は、前年度比16件増の28件と大盛況で、世話人一同嬉しい悲鳴でした。ここでも新しい試みとして、実物や模型の展示を

募集したところ、直径2mほどのバルーンに天体の映像を投影して立体的に見せる「ダジック・アース」を用いた発表があり、皆さん興味深そうに見入っていたのが印象的でした。反省点として、グループ討論の時間を確保する都合で、やむを得ず分科会制を採ることになり、聞きたい講演が聞けなかったというご意見をいただきました。これについては、日程を延長するなど改善が必要であると考えています。エクスカージョンは、岡山天体物理観測所の見学です。国立天文台の共同利用施設として天文学に大きく貢献した188cm望遠鏡の見学では、極軸のロックを外し自分の“手”でハンドルを回して望遠鏡を動かす体験もできました（写真03）。また、建設中の京都大学3.8m望遠鏡の見学も参加者の皆さんにご満足いただけた様子でした。

最後に、本シンポジウムの準備には、岡山観測所及び三鷹事務の皆さんに多大なるご協力をいただきました。さらに、世話人経験者の方からの確かな助言をいただいたことも大きな助けとなりました。この紙面をお借りして感謝申し上げます。



02 白熱したグループ討論の様子。



03 エクスカージョンでの188cm望遠鏡。

第7回DTAシンポジウムの報告

祖谷 元 (理論研究部)

国立天文台にて、第7回DTAシンポジウム「～中性子星の観測と理論～ 研究活性化ワークショップ2017」を2017年11月23日～25日の日程で開催しました。国立天文台理論研究部 (Division of Theoretical Astronomy) 主催である本シンポジウムは、2014年以降毎年数回開催しており、今回で7回目となる研究会シリーズの一環です。また、2015年12月に京都大学で開催した～中性子星の観測と理論～ 研究活性化ワークショップの第2回でもあります。今回は、3日間のうち祝日 (23日) と土曜日 (25日) を含むかなり強行な日程であったにもかかわらず、67名 (学生18名、海外からの参加者1名) という多くの方が参加してくれました。

2017年は、パルサー発見から50年目、超新星1987A発見から30年目の節目であるとともに、中性子星連星合体からの重力波を初めて捉えた記念すべき年となりました。また、6月に打ち上げられたアメリカのNICER (Neutron star Interior Composition Explorer) だけでなく、2020年代前半にはX線偏光観測衛星等が打ち上げられる可能性も大きくなってきました。このように、中性子星という特異な天体が様々な側面から見えつつあります。そこで、本シンポジウムでは、中性子星にまつわる研究を行っている観測や理論研究者の間で議論や交流の活性化を目的とし開催しました。そのため、結果まで至っていない内容であっても、交流を深め議論を重視した「勉強会」となることを期待しました。特に、

交流の少ない観測の方と理論の方がスムーズに議論できるように、「観測屋は理論に向けて、理論屋は観測に向けて」という形での発表を推奨いたしました。

中性子星と一口に言っても、様々なアプローチでの研究が行われています。そこで、本シンポジウムでは、以下のように中性子星に関連する多くのトピックを扱いました。①中性子星の磁気圏、プラズマ素過程、②中性子星の内部構造、状態方程式、磁場構造、③中性子星の進化 (回転、熱、磁場)、④中性子星からの放射 (電磁波、宇宙線、重力波、ニュートリノ)、⑤中性子星種族の多様性、⑥中性子星連星、降着現象、⑦パルサー星雲、粒子加速、⑧測定ツールとしての中性子星 (重力、磁場、物質分布、重力波など)、⑨中性子星と高エネルギー天体現象 (超新星爆発、超新星残骸、中性子星連星合体、高速電波バースト、ガンマ線連星など)。普段、各々が見ている研究対象としての中性子星とは異なる側面を学ぶ良い機会になったかと思います。

プログラム構成として、6名の招待講演者 (河合誠之氏 (東京工業大)、諏訪雄大氏 (京都大)、高田順平氏 (華中科技大学)、高橋慶太郎氏 (熊本大)、野田常雄氏 (久留米工業大)、藤林翔氏 (京都大)) には、分野外の方も議論に積極的に参加できるよう、最先端の研究成果だ



シンポジウムの様子。

けでなく、当該分野に置ける研究課題や今後の展望を丁寧に講演していただきました。また、関連した研究成果や話題の講演として、一般講演を25件、ポスター発表を6件行いました。さらに、参加者同士の自由闊達な議論が行われるよう、極力ゆったりとしたスケジュールとしました。

中性子星は、その特異な環境からまだまだ分からないことだらけです。本シンポジウムを通して、お互いのニーズとシーズを整理していくことで、新たな観測データからサイエンスを出していく下地作りが少しでもできたなら幸いかと思います。最後に、最近話題になっているFast Radio Burst (FRB) の和訳に関して、研究会懇親会中にツイッターで2択の投票を行ったところ、高速電波バースト (38%)、瞬発電波バースト (62%) という結果になったこともご報告させていただきます (全48票)。



参加者の集合写真。

「ふたご座流星群、皆既月食」キャンペーン報告

石崎昌春（天文情報センター）

●たくさんの流星を楽しめた ふたご座流星群

天文情報センターでは、2017年12月、条件がよかったふたご座流星群を対象に「ふたご座流星群を眺めよう 2017」キャンペーンをおこないました（図01）。12日夜から15日朝までを観察期間として参加を呼びかけ、インターネットを通して2569件の結果報告をいただきました。

12日夜と13日夜は太平洋側の比較的広い範囲で晴れたようです。14日夜は曇った地域が多かったものの、3夜を通して「悪天候」だったという報告は9.1%と少なめでした。

図02は1時間あたりの流星数を大まかに計算してグラフにしたものです。13日夜と、14日夜のいずれも、たくさんの流星が観察されたことがわかります。特に13日夜は★2、最大で1時間あたり20個以上の流星が報告されました。お送りいただいた感想によると、おそらく空の暗い場所で観察したのでしょう、こ

の数倍の数の流星を見たという方もいらっしゃいました。たいへん多くの方がふたご座流星群を楽しむことができたようです。

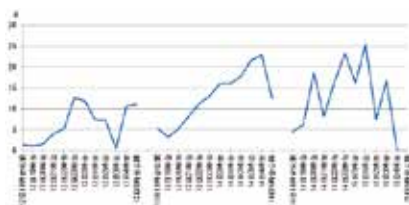


図02 日時ごとの流星数（1時間あたりの流星数に換算したもの）。

日本流星研究会★3が公開している、日本の流星観測者から寄せられた観測結果によると、日別で見ると13日の夜に最も多くの流星が観測されています。さらに細かく1時間ごとの集計を見ると、13日20時台から真夜中を越えて5時台まで、活動が徐々に活発になっていく様子が捉えられています。

また、IMO（国際流星機構）★4が公開している、世界の流星観測者から寄せられた観測結果によると、日本時間の14日6時頃から14日18時頃まで（残念ながら日本では昼間の時間帯ですが）、流星群の活発な活動が続いていました。

●流星群の流星を区別しよう

流星群を対象にしたキャンペーンでは、ご覧になった流星が流星群に属するものか、そうでないものかを、なるべく区別

して報告くださるよう呼びかけています。1時間あたりの流星数を計算する際にも、流星群の流星を区別して観察したデータだけを選んで集計しています。これは、ふたご座流星群が活動している時期に流星が出現したからといって、必ずしもすべての流星がふたご座流星群の流星とは限らないためです★5。

図03は、今回のキャンペーンでふたご座流星群の流星を区別した方がどれだけの割合だったかを示したグラフです。区別した・しないがほぼ半々という結果となっています。

今回は区別せずに観察した方や、「流星を区別するってどういうこと？」と思った方は、今度是非、流星の区別に挑戦してみてください。やってみると、結構簡単で、結構面白いと思いますよ！

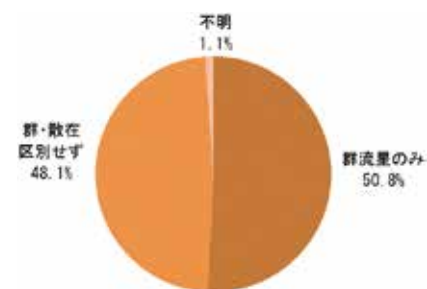


図03 流星群の流星を区別した（「群流星のみ」）方と区別しなかった（「群・散在区別せず」）方の割合。

●うれしい誤算が起こった皆既月食

ふたご座流星群から1か月半後の2018年1月31日～2月1日の夜に、今度は日本全国で始めから終わりまで見ることのできる、たいへん条件のよい皆既月食が起きました。私たちは、ふたご座流星群に続いて、この皆既月食を観察する「皆既月食を観察しよう 2018」キャンペーンをおこないました（図04）。

この皆既月食は、地球に比較的近いときに月食が起こったことや、ひと月に2回満月があったことが重なったためか、たいへん大きな話題になりました。マスコミでもかなり多く取り上げられていたようです。そのためもあってか、これまでに6回実施した皆既月食キャンペーンの中では最も多い、2042件の報告をいただきました。

ところが、事前の天気予報はさんざんなもので、月食の頃に晴れるのは、北海



図01a「ふたご座流星群を眺めよう 2017」キャンペーンサイト トップページ★1。



図01b ふたご座流星群の流星（2017年12月14日／撮影：長山省吾）。



図04「皆既月食を観察しよう2018」キャンペーンサイト トップページ★6。

道のほんの一部だけで、残りの地域では残念ながら月食は見られないだろうということでした。これを聞いて、観察を諦めてしまった方もいらっしゃるようです。しかし実際に月食が始まる時刻になったときには、すっきりと…とまではいえないものの、月が明るく輝く晴れた空を目にして驚いた人が、日本中にどれだけいたでしょう。キャンペーンにお寄せいただいた報告にも、「天気予報が良い方に外れて良かった」など、この誤算を喜ぶ感想がたくさんありました。

東北・関東・近畿など太平洋側の比較の広い地域で、皆既食頃まで天候がなんとか持ったところが多かったようです★7。

●月の色と皆さんの思い

このキャンペーンでは皆既食中の月の色を報告していただきました。皆さんには月の色がどのように見えたのでしょうか。

今回の月食で、皆既食の始め頃、中頃、終わり頃に皆さんが月の色をどのように見積もったかをまとめたのが図06です。皆既食の始め頃と終わり頃を比べると色の見積りは大きくは変わりません。一方、中頃は、始め頃や終わり頃に比べて「暗い赤」がやや多く、その分「オレンジ」が少なくなっています。地球の影が縁よ

り中心で暗いことを、皆さんの感覚がしっかり捉えたのかもしれませんが★8。

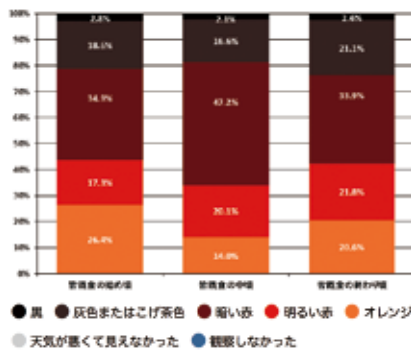


図06 今回の月食での月の色の見積りの分布とダンジョンの尺度。

さらに、これまでに6回おこなった皆既月食キャンペーンのデータを図07にまとめました。折れ線が月の色（左の縦軸、上に行くほど明るい）、棒グラフがのべ報告数（右の縦軸）です。

天候に恵まれた最近3回の月食（2007年、2011年、2014年）と比べて、今回の月の色に大きな違いはないことがわかります。

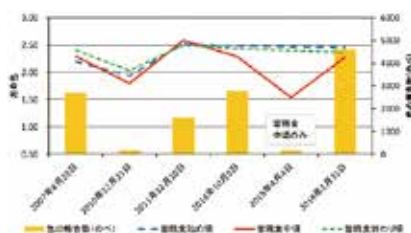


図07 皆既月食キャンペーンでの月の色の見積りと報告数の推移。

今回のキャンペーンでは、皆既食中の月の色をじっくり観察して気づいたことや、月が欠けていく方向について抱いた不思議、さらには皆既食中の月を何に例

えるかなど、思いのこもった感想をたくさんいただきました。今回は、皆さんの「思い」に応えられるよう、キャンペーンの報告書の中で皆さんの感想になるべく多くコメントしました。キャンペーンサイトにアクセスして「集計結果」からご覧になってください。

●これからの天文現象

私たちは、天文に日頃馴染みのない方にも星空を眺めるきっかけにしたいと考え、キャンペーンを続けていきます。また、キャンペーンの対象でもなくとも、興味深い天文現象はたくさんあります。

ここで少し、2018年の天文現象をご紹介します。

7月28日早朝には、1月31日に続いて今年2回目の皆既月食が起こります。東北以西では皆既食のまま沈む月を見ることができます。また、7月31日に火星が地球に最接近します。その日を中心とした何カ月間かは夜空でとても目立って見えるでしょう。さらに、8月のペルセウス座流星群、12月のふたご座流星群とも条件がかなりよく、たくさんの流星が見られそうです。流星群についてはどちらもキャンペーンを予定していますので、是非ご参加ください。

これからどのような天文現象があるのかを知りたい方のために、国立天文台では「ほしぞら情報」★9を公開しています。どうぞ、興味のある天文現象を見つけてご覧になってみてください。

それでは、ペルセウス座流星群キャンペーンでまたお会いしましょう。



図05 皆既食中の月（2018年1月31日／撮影：長山省吾）。

★1 <https://naojcamp.nao.ac.jp/phenomena/201712-geminids/>

★2 14日の夜も同じように多くの流星が報告されていますが、この夜は観測数が少ないため、このグラフの流星数がそのまま実際の流星群の活発さを示しているかどうかは、はっきりしません。

★3 <https://www.web-nms.com/>

★4 <https://www.imo.net/>

★5 別の流星群の流星もありますし、どの流星群にも属さない「散在流星」と呼ばれる流星もあります。

★6 <https://naojcamp.nao.ac.jp/phenomena/201801-lunar-eclipse/>

★7 反対に日本海側では、残念ながら月食をまったく見ることができなかった地域も多かったと思われます。

★8 「灰色またはこげ茶色」もわずかですが少なくなっていますので、解釈が難しいところではあります。

★9 <https://www.nao.ac.jp/astro/sky/>

国立天文台・所蔵資料の補修作業

小栗順子（天文情報センター図書係）

図書館（室）には、資料を収集、組織、保存して、広く利用に供するという使命があります。国立天文台の図書室でも、出版年が古いものから最新の専門書まで、宇宙や天文を中心に、数学、物理、地学、自然科学一般、工学等に関する約10万冊の蔵書があり、ここにしか所蔵されていない貴重な資料も数多くあります。

さて、長年利用され続けている資料は、ときには破れたり壊れたりして、修理が必要なものも出てきます。傷みがひどい場合には専門の補修業者の助けを借りますが、実は、図書室の司書スタッフが、できる範囲で簡易な補修を行なうことも少なくありません。具体的に、資料にどのような傷みが生じ、それをどのように補修しているのか、普段なかなかお見せすることのない、国立天文台図書室の地道な職人芸仕事のひとつをご紹介します。

●よくある資料の傷み、あれこれ。

補修が必要となる傷みの代表的なものとして、「背のはずれ（図01）」「背のこわれ（図02）」「ページはずれ・ページやぶれ（図03）」「ノドの割れ（図04）」「綴じ糸の切れ、緩み（図05）」「過去の修復で使われたセロハンテープ・粘着テープの劣化による傷み（図06）」等があります。

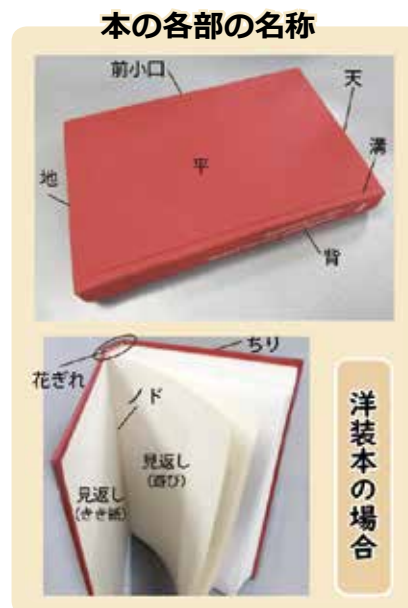


図01 背のはずれ
「花ざれ」（かこみ参照）も見えている。



図02 背のこわれ
背に指をかけて取り出すことが繰り返されると、壊れやすくなる。



図03 ページはずれ・ページやぶれ



図04 ノドの割れ
厚手の資料に生じやすい。



図05 綴じ糸の切れ・緩み
綴じ糸の切れや緩みによって生じる。



図06a+b 過去の修復で使われたセロハンテープ・粘着テープの劣化による傷み
過去の修復で、破れた箇所の貼り合わせにセロハンテープを使用した資料があります。セロハンテープはもともと保護力が乏しい上に、時間の経過とともに剥がれたり（左）、貼った跡が変色する（右）などして、新たな劣化のきっかけにもなります。この補修がなかなか困難だったりします。

●補修と資料保存について

資料の劣化が進むと、「ものはあるのに使える状態ではない」という事態につながります。そうならないためにも、資料保存の対策が必要になります。とはいえ、紙資料は、紙そのものの性質（例えば、酸性紙であるか否か、使っている素材の違い、資料の綴じ方など）や保管する環境（温度や湿度、そして光も）、資料の使い方によって、破損の程度や劣化のスピードはさまざまですが、とくに過酷な環境に置かれていなくても、自然に進む劣化を完全に留めることはできません。ですから、破損した資料は補修など必要な手当てをすることで、資料が劣化するスピードをできるだけ遅らせ、少しでも長く利用できるようにしたり、良い状態のものはさらに長く使えるように日頃から予防につとめることになります。

傷みがあれば片端から直していかなければならないというものではありません。補修は、あくまで手当ての一つの手段なので、破損の度合い、資料の利用頻度や価値といったトータル面から、補修がいいのか、箱やフォルダーによる保管方法をアレンジするのがいいのか、媒体を変えるのがいいかなど、良い方法を選ぶことになります。

補修につかう7つ道具



●修理につかう道具の一部。①和紙、クッキングシート②糸（麻、絹）、縫い針③糊、ボンド④ニッパー、はさみ、カッター⑤へら⑥ピンセット⑦刷毛、小筆

●実際の補修事例

代表的な補修の例を作業手順に従ってご紹介します。

■ケース①「針金のさび」による劣化を補修する

写真は、昭和40年代の和雑誌（国内で刊行されたものなど）のセットです。状況としては、針金綴じに使われている鉄製針金のさびによる汚損です。さびの周辺が酸化して紙が破れているものもあります。補修方法としては、さびが発生している針金の留め具を除去（ニッパーで針金を起こして切断）します。ちょっと触れただけでも、さびが粉状になって飛び散るので刷毛で丁寧に履きます。針金の綴じ穴の状態がよければ、新たな穴をあけずに既存の穴をそのまま活かして糸を通して綴じ直していきます（①～⑦）。

■ケース②「ページのやぶれ」による傷みを補修する

補修には、くいさき（喰裂）にした和紙を使います。破れの部分より長めの和紙を用意して（①）、破れの下にクッキングシートを敷いて、水で薄めたでんぷん糊を和紙に塗り、さらに上からクッキングシートをあてて、へらで押さえる（②）。そして、厚紙や板を当て重石になる物を載せて、十分に乾かしたら、はみ出た部分を切って（③）、直していきます。

●修復以前に日頃心がけていること

図書館の蔵書管理や資料保存で、補修以前にとっても大切なことのひとつが定期的な「清掃」です。資料に付着したチリや埃、指の油分は、虫の発生やカビの温床となり、そこから傷みにつながっていきます。資料や書架を清掃しながら、傷んでいる資料はないか、傷みそうな資料はないか、資料が窮屈に配架されていないかなどをつぶさに点検していきます。また、図書室では年に1度、蔵書点検という、いわゆる棚卸し作業をするのですが、1冊ずつ資料を見ていく作業は、普段の清掃とはまた違った目線で保存状態を確認するいい機会となります。ここで早い段階で資料の異変に気付くこともあり、資料の劣化予防につながっているといます。

紙資料の日頃の清掃は、主にドライクリーニングを施します。クロスや刷毛を使うときは、決してやりすぎず、力を入れすぎず。やさしく、ていねいに、焦らないことに留意します。このとき、埃などを吸い込まないように、健康保護のためのマスクをつけることも大切です。

■日頃の清掃の手順

- ① とても細かい繊維（マイクロファイバー製など）のクロスを使って、表面のチリや埃を取り除いていく。
- ② 本体に埃が入り込まないように、しっかりおさえながら埃を拭う。
- ③ 刷毛を動かす方向に注意しながら、見返しのノドを刷毛で払う。
- ④ 毛先のやわらかい刷毛も使って埃を掃く。

●利用者みなさまへ

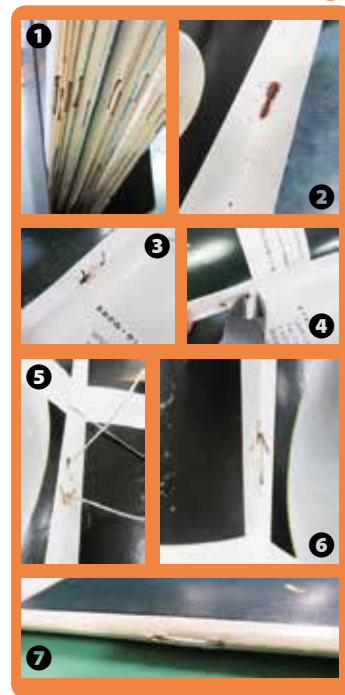
もし、壊れた資料、壊れそうな資料、資料についたカビなど、異変を見つけたら、ぜひ図書室スタッフに声をかけてください。また、ページにマーキングの際には、付箋よりも「しおり」をオススメいたします！ 付箋も、テープの接着面が資料に残ってしまいますので…（右画像）。

資料は、大いに利用してこそ価値のあるものですが、一方で後世に残すべき貴重な学術・文化遺産としての側面もあります。できるだけ資料に“やさしい”ご利用をお願いいたします。

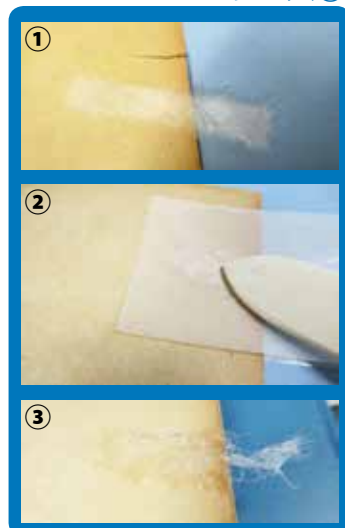


●私は、もともと資料保存や補修について興味がありましたが、資料に触れる機会の増加とともに、傷みや劣化と出会うことも多くなり、「何かできることはないかな」と具体的な補修作業への関心が高まりました。そんな折、国立国会図書館の資料保存研修（2008年10月）や国立女性教育会館の女性情報アーキビスト養成研修（2015年12月、現・アーカイブ保存修復研修）、国立国会図書館の保存フォーラムなどを受講する機会に恵まれ、補修に関する基本的な考え方や、実習を通じた保存技術や整理方法を実践的に学ぶことで、体系的な方法論を得て、実際の補修作業に取り組めるようになりました。さらに補修作業を通じて、資料保存への理解がより深まり、図書館の蔵書管理や資料に対する責任の自覚にもつながってきたように感じます。これからも常に「書棚」から学びのヒントを得ながら、少しずつ補修技術の研鑽に努めていきたいと思います。最後に、上記のさまざまな研修でお世話になった方々、また、この原稿について具体的なアドバイスをいただいた株式会社資料保存器材の伊藤美樹さんに御礼を申し上げます。

ケース①



ケース②



「一般社団法人 日本カレンダー暦文化振興協会 2017年の活動」報告

片山真人 (天文情報センター)

●こよみ文化ミニフォーラム

暦文協★01の活動も7年目に突入、まず、初の試みとして、4月6日のJCAL 2018年版カレンダー新作展示会にて「こよみ文化ミニフォーラム」を開催、約80名の参加をいただきました。

フォーラムではまず、暦の会・ザランス代表の石原幸男さんより「閏秒と潮汐摩擦」について、月光天文台の蒔田裕成研究主任より「世界のこよみ」について、暦の会の小田島梨乃さんより「大小暦★02の分類と発展」についての報告・紹介が行われました。

続いて、獨協大学専任講師の阿部明日香博士から「茶の間のルノワール〜カレンダーがもたらした視覚体験」と題したミニ講演が行われました。不特定多数を対象とし、発行部数も多く、1度飾られると一年を通じてその空間を占め続けるといったカレンダーの特徴が、絵画を注視して向き合うのではなく、気楽に日常へと取り込む視覚体験をもたらす、西洋絵画のイメージを広く一般に広めるのに大きな役割を果たしたとのことでした。



研究報告。



獨協大学 阿部博士によるミニ講演。

●第7回総会 & 講演会

8月26日には、東京大学弥生講堂一条ホールにて総会 & 講演会を開催、約100名の参加をいただきました。

まずは学習院大学文学部の佐野みどり教授から「待つと惜しむの美学—日本美術に見る季節」と題して、日本美術の代表的なモチーフ「花鳥風月」に描かれる季節の移ろいから、「待つ：いち早く季節の訪れを察知する喜び」「惜しむ：去り行く季節を惜しむ心」といった美意識が育まれた、永遠不変の美に憧れるだけではなく、移ろうがゆえに美しいと感じるのが日本美術における花鳥風月の美学、といった講演をいただきました。

続いて、パネルディスカッション「季節とこよみ」では、山階鳥類研究所所長・暦文協常務理事の奥野卓司博士も交え、タイや中国との比較、近代の自然史にもつながるような写実的絵画、「風月」のとりわれ方、文人画など、日本美術に関するさまざまなトークが進みました。

総会では、設立10周年に向けて準備金を積立始める等の事業報告や会計報告などが承認されました。



学習院大学 佐野教授による講演。



パネルディスカッションの様子。

●新暦奉告参拝

12月3日 **カレンダーの日★03**には、恒例の新暦奉告参拝を明治神宮にて実施、約70名の参加をいただきました。

日曜日開催ということで多くの観光客が見守る中、参拝は神楽殿前からの参進に始まり、本殿奥にて参拝・玉串拝礼、その後神楽殿にて祈願の祈祷、巫女舞の奉納という形で執り行われました。

参拝の後は参集殿にて、國學院大學神道文化学部の石井研士教授から「日本人の一年—変わりゆく心性」と題して、衰退する稲作関連行事、継続しつつも変貌を見せる行事、定着したキリスト教行事など、年中行事の調査から見える日本人の一年・季節感の変遷について講演いただきました。

暦文協では今後もさまざまな形で、活動が続いていく予定です。



参拝の様子。



國學院大學 石井教授による講演。

★01 暦文協

一般社団法人 日本カレンダー暦文化振興協会の略称（国天ニュース2011年10月号参照）<http://www.rekibunkyo.or.jp/>

一般社団法人
日本カレンダー暦文化振興協会
Japan Association for Calendars and Culture Promotion

★02 大小暦は2018年暦文協オリジナルカレンダーの題材にもなっています。

★03 国天ニュース2017年3月号などを参照

平成31年（2019）暦要項を発表しました！

片山真人（天文情報センター）

平成30年2月1日、官報にて平成31年（2019）暦要項を発表しました。

<http://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/yoko/>

●春分の日、秋分の日は、それぞれ3月21日、9月23日になります。

・「天皇の退位等に関する皇室典範特例法」がこの年の4月30日に施行、翌日には天皇誕生日は12月23日から2月23日に改められます。これにより、この年には国民の祝日としての天皇誕生日はないことになります。

●日食が3回、月食が2回、水星の日面経過が1回あります。

- ・1月6日には部分日食があり、日本では全国で部分食を見ることができます。
- ・7月17日には部分月食があります。日本では一般に、南西諸島・九州地方・四国地方（東部を除く）・中国地方（東部を除く）で見られますが、月食が始まってまもなく月が沈みます。
- ・12月26日には金環日食があります。

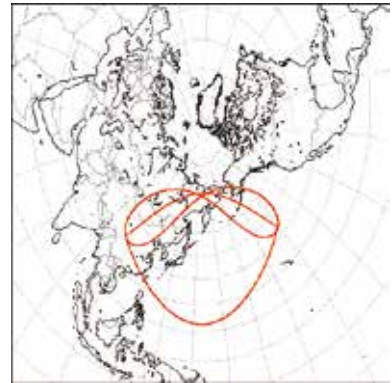
日本では全国で部分食を見ることができますが、東日本や北日本では日食の途中で太陽が沈みます。

- ・ほかに、1月21日には皆既月食、7月3日には皆既日食、11月11日から12日にかけては水星日面経過がありますが、日本では見ることはできません。

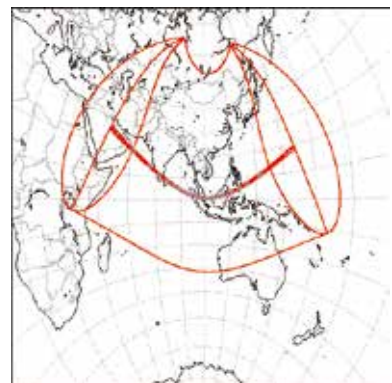
※各地の詳しい予報については暦要項のほか、暦計算室ホームページでもお調べいただけます。

さて、これで恒例の暦要項発表は終わりましたが、新元号の発表がいつになるのか、祝日がどうなるのかなど、まだまだ今後の推移を見守っていく必要はあるでしょう。

そもそも「平成31年」暦要項として発表するのを決めたのも特例法施行日の決まった昨年12月のことでした。本暦要項では一貫して平成31年と表記しておりますが、必要に応じて適切に読み替えていただければと思います。



1月6日 部分日食。



12月26日 金環日食。

■ 訃報 2018年2月5日に初代国立天文台台長の古在由秀氏がお亡くなりになりました。次号で追悼記事を掲載の予定です。

編集後記

この冬の東北は寒さが厳しい冬でした。今まで見たことない額の光熱費を見て目を疑いました…（は）

家族がインフルエンザになっててご舞い。私は鼻水が出て頭が痛くても、熱は上らず。ただの花粉症としたいが…。（l）

1月から3月は講演ラッシュ。北は釧路、南は倉敷まで全18講演。アルマ望遠鏡の知名度はまだまだ低いので、これからいろんなところに飛んでいきます。（h）

初めて深大寺のだるま市へ。新スーパーコンピュータの安定稼働を祈念してだるまを購入。お坊さんに片方の目に「阿」を入れてもらいました。（e）

年度末恒例の会議と出張ラッシュも来週の天文学会で終わります。多方面の方々と色々と話ができ実りの多い出張だったが、家族には迷惑をかけてしまっている。来年こそはこんなことにならないようにしようそのときは決意を固めるのが進歩がない。（K）

最近研究室の窓を外から「コン。コン」と叩くような音がよくするのです。しかし研究室は2階。こ、これは怪奇現象……!? と思っていたのですが、どうも鳥が体当たりしているようなのです。音の正体は分かったものの、何度も繰り返して体当たりしていて、大丈夫？ これは何かの前兆か？ と気になる春先です。（κ）

自分が生まれた年にできた観測所が閉鎖するのは感慨深いものです。私も店じまいの準備をしなくては。。。 （W）

国立天文台ニュース
NAOJ NEWS

No.296 2018.3

ISSN 0915-8863

© 2018 NAOJ

（本誌記事の無断転載・放送を禁じます）

国立天文台ニュース編集委員会

●編集委員：渡部潤一（委員長・副台長）／小宮山 裕（ハワイ観測所）／秦 和弘（水沢VLBI観測所）／勝川行雄（SOLAR-C準備室）／平松正顕（チリ観測所）／小久保英一郎（理論研究部／天文シミュレーションプロジェクト）／伊藤哲也（先端技術センター）

●編集：天文情報センター出版室（高田裕行／ランドック・ラムゼイ）●デザイン：久保麻紀（天文情報センター）

★国立天文台ニュースに関するお問い合わせは、上記の電話あるいはFAXでお願いいたします。
なお、国立天文台ニュースは、<https://www.nao.ac.jp/naoj-news/>でもご覧いただけます。

発行日／2018年3月1日

発行／大学共同利用機関法人 自然科学研究機構
国立天文台ニュース編集委員会

〒181-8588 東京都三鷹市大沢2-21-1

TEL 0422-34-3958（出版室）

FAX 0422-34-3952（出版室）

国立天文台代表TEL 0422-34-3600

質問電話 TEL 0422-34-3688

4月号は、国立天文台の6代目台長に就任した常田佐久新台長の抱負ほかの記事をお送りします。

ふしらせ



アルマ望遠鏡 観測ファイル24

暗黒の宇宙を見つめる、アルマ望遠鏡

Navigator

平松正顕（チリ観測所）

南天を象徴する南十字星とケンタウルス座、そして空高くにのぼる天の川の中心部を見上げながら、アルマ望遠鏡のアンテナが観測を続けています。天の川に見られる黒いすじは、大量の星間物質からなる暗黒星雲で、星や惑星の誕生

の場です。ペルーからチリ北部にまで版図を広げたインカ帝国の民がリャマやキツネに見立てたこの暗黒星雲を、21世紀の人類の眼であるアルマ望遠鏡が見つめています。私たちの起源を宇宙にたどる、アルマ望遠鏡の挑戦は続きます。