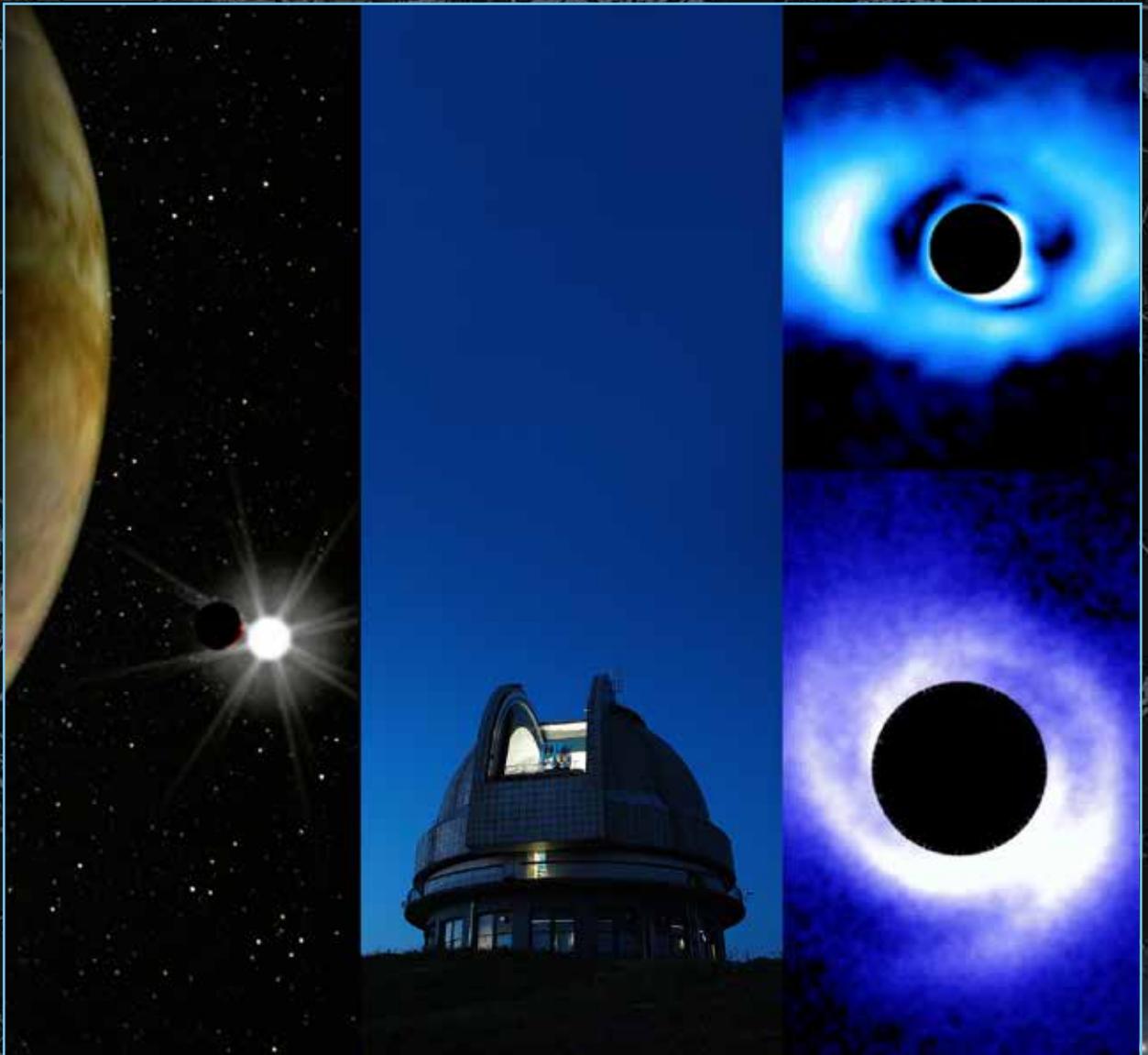


国立天文台ニュース

National Astronomical Observatory of Japan

2015年10月1日 No.267

特集 太陽系外惑星系探索



- 岡山天体物理観測所における太陽系外惑星系探索
 I. 岡山 188cm 望遠鏡による太陽系外惑星系探索 15 年 / II. これまで岡山で発見した 30 天体の素顔 / III. IAU NameExoWorlds campaign の命名候補に 6 つもエントリー!
- 研究トピックス 「岡山天体物理観測所 188cm 望遠鏡を用いて高金属量星を回る長周期惑星を発見!」 / 「188cm 望遠鏡の新しい多色撮像カメラ MuSCAT、始動!」
- 自然科学研究機構 アstroバイオロジーセンター (NINS ABC) の設立
- CLASP 打ち上げ成功!

10

2015

- 表紙
- 国立天文台カレンダー

03

特集 太陽系外惑星系探索

04

●岡山天体物理観測所における太陽系外惑星探索

— 泉浦秀行 (岡山天体物理観測所長)

I. 岡山 188cm 望遠鏡による太陽系外惑星探索 15 年

II. これまで岡山で発見した 30 天体の素顔

III. IAU NameExoWorlds campaign の命名候補に 6 つもエントリー!

09

●研究トピックス

岡山天体物理観測所 188cm 望遠鏡を用いて高金属量星を回る長周期惑星を発見!

— 原川紘季 (TMT 推進室)

12

●自然科学研究機構 アストロバイオロジーセンター (NINS ABC) の設立

— 田村元秀 (自然科学研究機構 アストロバイオロジーセンター長)

14

●研究トピックス

188cm 望遠鏡の新しい多色撮像カメラ MuSCAT、始動!

— 成田憲保 (アストロバイオロジーセンター特任助教)

福井暁彦 (岡山天体物理観測所特任研究員)

17

お知らせ

●「宇宙に広がる不思議な惑星たちの世界」報告

— ランドック・ラムゼイ (天文情報センター)

●国立天文台講演会「時空を超えた挑戦：一般相対性理論 100 周年と重力波天文学」

— CLASP 打ち上げ成功! — 井上直子 (ひので科学プロジェクト)

●「理科授業のための天文セミナー 2015 ～高原で学ぶ宇宙～」報告

— 茨木孝雄 (天文情報センター)

●国立女性教育会館・女性アーカイブセンター企画展示「宇宙をめざす」開催中!

— 山崎裕子 (国立女性教育会館)

●男女共同参画：国立天文台の挑戦

— 渡部潤一 (国立天文台副台長)

●明石市立天文科学館「紙の宇宙博 2015」出展報告

— 小栗順子 (天文情報センター)

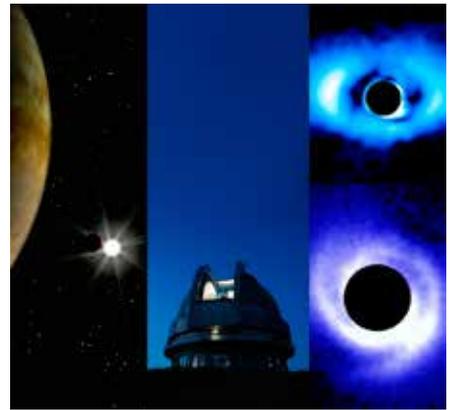
23

- 編集後記
- 次号予告

24

シリーズ「新すばる写真館」19

銀河合体の現場 (NGC 4449) — 藤原英明 (ハワイ観測所)



表紙画像

岡山天体物理観測所の 188cm 望遠鏡ドーム (中) と太陽系外惑星系の想像イラスト (左)、すばる望遠鏡 (HiCIAO カメラ) が撮像した惑星形成現場の高解像度直接撮像画像 (右)。

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)



女子中高生夏の学校

2015 ～科学・技術・人との出会い～

様々な世界で活躍している女性科学者の生き方を見ることが出来ます。
 やったことがない実験へのチャレンジや、ディスカッションを通して最先端の科学に触れることができます。
 理工系女子大生が楽しいサイエンス企画を準備して下さり、自分らしく活動してください!
 女子大生スタッフや、日本各地から集まった女子中高生と、夜を語り明かしてみませんか?
 さっと夢を見つけ、かなえるヒントがあるはず!



一緒に夢を描こう!

日時：平成27年8月6日(木)～8月8日(土)
 場所：独立行政法人国立女性教育会館 (NKEC) 100名
 〒355-0292 埼玉県比叡郡嵐山町豊谷728
 (中学校3年生、高校1～3年生、実習1～3年生)
 ※文武、障別は問いません。選考を受けている方も大歓迎です。
 対象：科学・技術の分野に興味・関心のある女子
 保護者・教員 50名
 申込期間 平成27年8月1日(月)～8月30日(火)午後5時まで
 ◆お問い合わせは事務局まで
 TEL: 0493-62-6724-6725
 FAX: 0493-62-6720
 E-mail: jprnadi@nwec.jp
 http://www.nwec.jp/

主催：独立行政法人国立女性教育会館
 共催：日本学術会議「科学者委員会・科学と社会委員会合同広報・科学力増進分科会」
 「科学者委員会 男女共同参画分科会」
 後援：男女共同参画学協会連絡会

★8月6日～8日に国立女性教育会館で「女子中高生夏の学校 2015～科学・技術・人との出会い」が開催されました。女子中高生に「科学技術にふれる」、科学技術の世界で生き生きと活躍する女性たちと「つながる」、科学技術に関心のある仲間や先輩とともに「将来を考える」ための体験イベントです (<http://www.nwec.jp/ip/program/invite/2015/page03i.html>)。会場には日本天文学会のブースが設けられ、夜には天体観望会も開かれました。現在、同館では、宇宙・天文分野のさまざまなフィールドで活躍する女性たちを紹介する企画展も開催されています。くわしくは20ページへ。

国立天文台カレンダー

2015年9月

- 4日(金) 幹事会議
- 11日(金) 4次元デジタルシアター公開/観望会(三鷹)
- 18日(金) 幹事会議
- 19日(土) 4次元デジタルシアター公開(三鷹)
- 24日(木) 安全衛生委員会(全体・三鷹)
- 26日(土) 4次元デジタルシアター公開/観望会(三鷹)
- 29日(火) 先端技術専門委員会

2015年10月

- 1日(木) 幹事会議(水沢)
光赤外専門委員会
- 2日(金) 運営会議
天文データ専門委員会
- 9日(金) 4次元デジタルシアター公開/観望会(三鷹)
- 17日(土) 4次元デジタルシアター公開(三鷹)
- 22日(木) 安全衛生委員会(三鷹)
- 23日(金) 幹事会議
- 23日(金)～24日(土) 三鷹・星と宇宙の日
- 28日(水) 三鷹地区防災訓練
- 29日(木) 電波専門委員会
- 30日(金) OBOG会

2015年11月

- 10日(火) 幹事会議
- 13日(金) 4次元デジタルシアター公開/観望会(三鷹)
- 19日(木) 天文情報専門委員会
- 21日(土) 4次元デジタルシアター公開(三鷹)
- 26日(木) 安全衛生委員会(全体・三鷹)
- 28日(土) 4次元デジタルシアター公開/観望会(三鷹)

特集

太陽系外惑星系探索

最近の天文学でもっとも注目を集めているテーマのひとつが太陽系外惑星系の研究です。続々と新たな惑星系が発見され、星形成のメカニズムから生命現象の謎の解明まで、広範な学問分野を包括しながら、たいへん大きな研究領域へと拡大・深化しつつあります。この特集では、岡山天体物理観測所で行われてきた太陽系外惑星系探索の歴史や最新の成果と、新しく設立された研究機関「自然科学研究機構 アストロバイオロジーセンター」の紹介をお届けします。

●協力

岡山天体物理観測所

自然科学研究機構 アストロバイオロジーセンター

I. 岡山188cm望遠鏡による太陽系外惑星探索15年



泉浦秀行

(岡山天体物理観測所 所長)

発見前史

1995年にスイスのM. MayorとD. Quelozがペガス座51番星に太陽系外惑星(51 Peg b)を発見してから今年で20年になる。この発見はフランスのオートプロバンスにある口径193cmの望遠鏡(★01)に取り付けられた高分散エシエル分光器ELODIE(★02)による観測から生み出された。惑星の公転による恒星の微かなふらつきを、視線速度の精密な測定(ドップラー法)から見つけ出したものだ。

国内でドップラー法による系外惑星の検出が最初に試みられたのは、51 Peg bの発見から3年後であった。岡山天体物理観測所の188cm望遠鏡で、開所以来使われてきたHilger & Watts社製クーデ分光器のスリット前に、試作されたヨードセル(★03)が取り

付けられ、既に知られていた系外惑星の検出可能性が調べられた(★04)。

その後、国内でドップラー法による系外惑星探索が本格化するのには2001年のことである。2000年初に筆者が携わった岡山天体物理観測所188cm望遠鏡用の高分散エシエル分光器HIDES(★05)が観測を開始した。そこへ新たなヨードセル製作が進められた(★06)。さらに、博士課程の研究テーマで悩み抜いた末に太陽系外惑星の探索を志した大学院生が現れ、ここに系外惑星探索の小さな研究グループが誕生した。

最初の発見

最初の系外惑星候補は2003年にきりん座の恒星HD 104985に見つかった(★07)。ヨードセルを通して得た複雑な恒星スペクト

ルを精密に再現するコンピュータモデリングに成功して間もなくのことだった。すばる望遠鏡の時代にわざわざ岡山へやって来た大学院生が新進の若手研究者として鮮やかなデビューを飾った瞬間だった。

岡山で始まった系外惑星探索の対象は、太陽型の主系列星でなく、主としてG型、K型のスペクトルを示す巨星であった。世界中の研究者が太陽型の主系列星に観測を集中させていた当時、このG、K型巨星は将来性のあるニッチだった。そこで可及的速やかにそのスペースを埋めるため、2004年頃から様々な機会を利用して海外の研究者との連携による惑星探索網の構築が進められた(★08)。現在、中国、韓国、トルコ、ロシアの研究者たちとの協力が進行している。

国内初の系外惑星検出となったHD 104985 bから次の ϵ (イプ

★01

岡山天体物理観測所の188cm望遠鏡と同型機で、英国のGrubb Parsons社(Sir Howard Grubb, Parsons & Co.)による望遠鏡。この型の望遠鏡は世界に6台ある。導入国と設置年は、カナダ1935年、南アフリカ1938年、オーストラリア1955年、フランス1956年、日本1960年、エジプト1963年である。イギリス式の赤道儀架台と口径188cm(74インチ)の望遠鏡が特徴で、フランスのものだけ他より口径が5cm(2インチ)大きい。一番古いカナダのものと2003年の山火事で焼けたオーストラリアのもの以外はすべて現役で活躍している。

★02

ELODIEは望遠鏡で集めた天体光を光ファイバーで分光器本体まで導く方式を採用し、1993年に観測を開始した。精密な波長の物差しにはトリウム原子の放つ夥しい数の輝線スペクトルを使っていた。2006年に観測を終了し、後継機のSOPHIEへその座を譲った。

★03

ヨウ素分子を封じ込めたガラス容器。天体からの光に夥しい数のヨウ素分子の吸収線を生じさせ精密な波長の物差しとして使う。Mayorたちに続いて系外惑星の検出に成功した米国のG. Marcyたちが用いた方法。

★04

天文月報2003年第96巻第6号303ページからの竹田洋一氏の記事も参照されたい。

★05

天文月報2003年第96巻第6号291ページからの筆者の記事も参照されたい。

★06

カナダや米国での長期滞在の経験をもとに神戸栄治氏により新たなヨードセルが独立に設計・製作された。

★07

G型巨星において初となる惑星質量天体の検出となった。木星の8倍ほどの質量の惑星が周期200日ほどで公転している。天文月報2004年第97巻第6号315ページからの佐藤文衛氏の記事も参照されたい。

★08

日本学術振興会の二国間交流事業経費ならびに国立天文台内の競争的研究経費のご支援を頂いた。

★09

原川ほかによる。HIDES Fiber-linkによる1等級の感度向上により主系列星での惑星探索が可能となった。9ページの研究トピックスおよびhttp://www.oao.nao.ac.jp/2015/10/16/5new_exoplanets/を参照されたい。

★10

国立天文台内の競争的研究経費ならびに日本学術振興会からの科学研究費補助金の配分を頂いた。

★11

雪線。親星から見て水が固体として存在するかもしれないかの領域を分ける線。外側では固体の水(雪や氷)が微惑星の形成に寄与する。

シロン) Tau b の発見までには4年を要した。この4年はデータの蓄積を待つ我慢の時であったが、件の若手研究者はこの間、すばる望遠鏡で次々成果を挙げているので見通しは明るかった。この ϵ Tau は肉眼でも見えるおうし座の明るい恒星だが、ヒヤデス星団という散開星団に属しているため年齢が知れていた。それで、6億年と緩いながらも、惑星形成の時間尺度について初めて観測的な上限が与えられた。また、散開星団に属する星で初めての惑星検出であったため、これ以降、世界的に散開星団における惑星探索が盛んになった。

飛躍のとき

岡山の惑星探索は開始から6

年でようやく二つ目の発見に漕ぎ着けるといふペースで来たが、直後の2008年に長年のデータ蓄積が実り、8つの惑星・褐色矮星候補の検出を公表して飛躍の時を迎えた。その後も順調に検出が続き、これまでのところ28のG、K型巨星に24の惑星質量ならびに6つの褐色矮星質量の伴天体を見出している。この中には海外の研究者との協力による成果も複数含まれている。さらに2015年には、3つの太陽型の主系列星にも5つの惑星が検出された(★09)。それまで含めると岡山天体物理観測所が関わった惑星・褐色矮星の総検出数は2015年9月末現在、35ということになる。

最後に、岡山の惑星探索を支えるため、装置面での努力も継

続的に行われてきたことに触れたい。主なものとして、HIDESのCCDカメラの更新、光ファイバーとイメージライザーを用いた光伝送系(HIDES Fiber-link)の開発、そして188cm望遠鏡の全面的改修が挙げられる。いずれも大幅な能力向上をもたらした(★10)。そして、次の方策として、現在は188cm望遠鏡の自動惑星探索望遠鏡化が進められている。

岡山の惑星探索は、15年に及ぶデータの蓄積により、軌道周期3000日(8年)を超える惑星を捕らえ始めている。しかし、太陽系を顧みると、木星の公転周期は12年、土星は30年ほどである。スノーライン(★11)を超える系外惑星探索はこれからが佳境である。



II. これまで岡山で発見した30天体の素顔

これまで岡山天体物理観測所では、主系列星から進化して、スペクトル型がG型、K型の巨星と呼ばれる幾何学的に大きくなった恒星が集中的に調べられて来ました。巨星の段階にある星なら、幾つかの理由により、太陽より質量の大きな星でも惑星を探ることができるからです。そして、28の星系に、24の惑星質量を持つ天体と6つの褐色矮星質量を持つ天体が見つかりました(表1)。その中で ν Oph (へびつかい座ニュー星)、 σ UMa (おおぐま座オミクロン星)、 ε Tau (おうし座イプシロン星)の3星は実視等級が3等級台と明るく、空が暗いところなら肉眼で容易に確認できます。特に ε Tau

はおうし座の頭にあたるV字型の星の並び(ヒヤデス星団)の一つで見つけやすい星です。さらに双眼鏡ならこの28星すべてを確認できます。表1の親星と惑星の観測された性質について以下に簡単にまとめます。

- ①親星の質量は太陽の1.5倍から4倍の範囲にある。太陽より質量の大きい星のまわりの惑星系の様子を調べることができそうである(但し、質量の推定値にはまだ議論の余地が残されている)。
- ②惑星の軌道長半径に0.6AUより小さな値を持つものが見られない。これは0.6AUより内側で惑星が作

られないか、0.6AUより内側の惑星は親星に飲み込まれてしまったか。太陽型星のまわりで見ついている親星のすぐ近くを回るホットジュピター★01も見られない。

③見つかった惑星はいずれも木星より大きい質量を持っており、巨大ガス惑星と考えられる。ただし、現状の観測精度では、これまで惑星が見つまっている0.6AUより外側の領域で、木星よりずっと軽い天王星型や地球型の惑星があるかどうかはまだよく分からない。

④公転軌道の離心率は0.08から0.66まで分布し、円に近い軌道から、かなり扁平な軌道まである。



188cm 望遠鏡に装着された HIDES Fiber-link の光取り込み部(オレンジ色の箱)。望遠鏡で集めた光をここから光ファイバーで HIDES へ送っている。

ただ、太陽系の木星や土星の0.05前後という、より真円に近い軌道はまだ無い(0とあるのは、データ解析の時に最初から0に固定している)。一方、離心率の大きい軌道の惑星に、軌道長半径が大きく公転周期が長いものがある。このような惑星の存在は太陽型星でも知られているが、太陽系には見られない。太陽系とは異なる惑星系の形成と進化が推測される。

⑤惑星の親星の金属量が太陽より多い星(プラスの値)と少ない星(マイナスの値)の数がほぼ同数になっていて、惑星の有無が親星の金属量に依存しない。太陽型

星では金属量の多い親星に、より頻繁に惑星が見つかる傾向にある。この違いは惑星の形成過程における何らかの違いを反映していると推測される。

⑥複数の巨大ガス惑星を持つ系(HD 4732)、ならびに、複数の褐色矮星を持つ系(ν Oph)がある。複数惑星系は太陽型星でも数多く見つかっているが、複数褐色矮星系は数が少ない。

⑦質量の大きな親星に、質量の大きな伴天体(=褐色矮星)が見つかる傾向がみられる。

以上の観測的特徴は、今後の惑星探索の進展に伴い、より明確なものとなっていくことでしょう。そして、太陽より質量の大きい星における惑星系の形成過程の理解へとつながっていくものと期待しています。

★01 ホットジュピター

親星のすぐ近くを回る木星のような巨大ガス惑星。親星に照らされ表面が高温になっていると考えられ、ホットジュピター(熱い木星)と呼ばれる。その発見は研究者に衝撃を与え、外から内へと惑星が移動する現象の研究を促した。

惑星名	親星のスペクトル型	親星質量(太陽質量)	親星半径(太陽半径)	伴天体質量(木星質量)	軌道長半径(AU)	公転周期(日)	軌道離心率 親星金属量	親星金属量([Fe/H] (dex) ^(※1))	発見に関わった観測所と公表年 ^(※2)
HD 2952 b	K0 III	2.5	12	1.6	1.2	312	0.13	0	OAo, 2013
HD 4732 b	K0 IV	1.7	5.4	2.4	1.19	360	0.13	0	OAo, AAT, 2013
HD 4732 c	—	—	—	2.4	4.6	2732	0.23	—	OAo, AAT, 2013
HD 5608 b	K0 IV	1.6	5.5	1.4	1.9	793	0.19	0.06	OAo, 2012
HD 14067 b	G9 III	2.4	12.4	7.8	3.4	1455	0.533	-0.1	Subaru, OAo, Xinglong, 2014
75 Cet b	G3 III	2.5	10.5	3	2.1	692	0.12	0	OAo, 2012
81 Cet b	G5 III	2.4	11	5.3	2.5	953	0.21	0.06	OAo, 2008
ϵ Tau b	K0 III	2.7	13.7	7.6	1.93	595	0.15	0.13	OAo, 2007
6 Lyn b	K0 IV	1.7	5.2	2.4	2.2	899	0.13	-0.13	OAo, 2008
σ UMa b	G4 II-III	3.1	14.1	4.1	3.9	1630	0.13	-0.09	OAo, 2012
HD 81688 b	K0 III-IV	2.1	13	2.7	0.81	184	0	-0.34	OAo, 2008
HD 100655 b	G9 III	2.4	9.3	1.7	0.76	158	0.085	0.15	OAo, BOAO, 2012
HD 104985 b	G9 III	2.3	11	8.3	0.95	198	0.09	-0.35	OAo, 2003
11 Com b	G8 III	2.7	19	19.4	1.29	326	0.23	-0.28	OAo, Xinglong, 2008
HD 119445 b	G6 III	3.9	20.5	37.6	1.71	410	0.08	0.04	OAo, BOAO, 2009
HD 120084 b	G7 III	2.4	9.1	4.5	4.3	2082	0.66	0.09	OAo, 2013
σ CrB b	K0 III	2.1	10.5	1.5	0.83	187	0.19	-0.29	OAo, 2012
ω Ser b	G8 III	2.2	12.3	1.7	1.1	277	0.11	-0.24	OAo, 2013
κ CrB b	K0 IV	1.5	5	1.6	2.6	1251	0.09	0.1	OAo, 2012, confirmation
HD 145457 b	K0 III	1.9	9.9	2.9	0.76	176	0.11	-0.14	Subaru, OAo, 2010
ν Oph b	K0 III	3	15.1	24	1.9	530	0.13	0.13	OAo, 2012
ν Oph c	—	—	—	27	6.1	3186	0.17	—	OAo, 2012
HD 167042 b	K1 IV	1.5	4.5	1.6	1.3	416	0.1	0	OAo, 2008
HD 173416 b	G8 III	2	13.5	2.7	1.2	324	0.21	-0.22	OAo, Xinglong, 2009
HD 175679 b	G8 III	2.7	11.6	37	3.4	1367	0.38	-0.14	OAo, Xinglong, 2012
HD 180314 b	K0 III	2.6	9.2	22	1.4	396	0.26	0.2	Subaru, OAo, 2010
ξ Aql b	K0 III	2.2	12	2.8	0.68	137	0	-0.18	OAo, 2008
18 Del b	G6 III	2.3	8.5	10.3	2.6	993	0.08	-0.05	OAo, 2008
HD 210702 b	K1 IV	1.7	5.1	1.9	1.2	355	0.17	0.01	OAo, 2012, confirmation
14 And b	K0 III	2.2	11	4.8	0.83	186	0	-0.24	OAo, 2008

※1 星の大気に含まれる鉄の量が太陽の何倍あるかを対数で表した値。たとえば、太陽より10倍多ければ[Fe/H]=1で、10分の1なら[Fe/H]=-1となる。

※2 OAo: 岡山188cm望遠鏡、Subaru: すばる望遠鏡、BOAO: 普賢山1.8m望遠鏡(韓国)、Xinglong: 興隆2.16m望遠鏡(中国)、AAT: 3.9mアングロオーストラリアン望遠鏡(オーストラリア)。

表1: 岡山天体物理観測所が発見に関わったG,K型巨星における惑星・褐色矮星の一覧。主にExoplanet Encyclopedia (<http://exoplanet.eu/>)による。

III. IAU NameExoWorlds campaignの命名候補に 6つもエントリー！

いま、国際天文学連合（IAU）が旗振り役となって、これまでに見つかった太陽系外惑星たちに愛称をつけて行こうというキャンペーンが進められています。

その手始めとして、まず、性質のよく定まった260の恒星を巡る305の惑星の一覧が昨年IAUから提示されました。そして、世界中の関心のある人々による、既存のあるいは新たに作られたクラブからの投票により、その中から20の系が今年の上半期に第一回目の命名対象として選び出されました。結果を見るまでは、岡山で見つかった惑星系が一つくらいは選ばれていて欲しいなとかなり弱気でした。しかし、いざフタを開けてみると、岡山で見つかった惑

星系がなんと6つも選ばれていて、たいへん驚きました。そして、多くの人に関心を持ってもらい、広く支持していただけたことに嬉しさがこみ上げてきました。

さらに、その20系を対象に、今度はそれぞれの候補名を募集する呼びかけが行われ、既存のあるいはさらに新たに作られた天文愛好者のクラブによる提案が行われました。岡山で見つかった6惑星系について提案された名前を以下の表に示します。なお、2番目のおうし座イプシロン星には既に“Ain”という名前があるため、惑星 ε Tau bのみ、命名の対象となっています。

各候補名の詳細については <http://nameexoworlds.iau.org/>

に、提案者による提案理由等が記されていますのでご参照ください。また、日本語による分かり易い解説が日本天文協議会IAU太陽系外惑星系命名支援WGによるウェブページ <http://exoplanet.jp/index.html> でご覧いただけます。

それぞれの星について、提案された中から名前を選ぶための投票が、ホノルルで8月に開かれたIAU（国際天文学連合）総会の開始宣言とともに始まりまし

た。この最後の絞込みは個人による投票によって決定されることになっており、11月にはその結果が発表される予定です。いったいどの名前が選ばれるのかとても楽しみです。

① HD 104985	
きりん座の恒星	
★岡山で最初に見つけた太陽系外惑星	
親星名／惑星名	
momocchi	uracchi
IHTOV	KOHAKU
Goban	Fuseki
Persikos	Kuon
Elpida	Oplotos
Giraffe point	Jfpot
Kurepi	Keposkurepi
Kindi	Adami
Mystar	Mysdi
Tonatiuh	Meztli

④ 14 Andromedae	
アンドロメダ座14番星	
親星名／惑星名	
Udon	Soba
Tezuka	Hinotori
Sakura	Yume
Momocchi	Uracchi
Veritas	Spes
NYAISAS	NYAISAS-B
Alami	Umawi
MariaMitchell	WilliamMitchell
Gwendolen	Hafren
Prosperity	Calm
Life	Consciousness

② epsilon Tau	
おうし座イプシロン星 = “Ain”	
★世界初の散開星団に属する恒星を回る惑星	
惑星名	
Nanayon	Carnival
Tasogare	Kizuna
kawaten	Harima
Amaterasu (x)	Daruma
Kanenone	hikaru-genji
kiyora	Tsubakurame
Sarumenokimi	Namida
Fusenkazura	Rabita
magnatalpa	whirlwind
Fabris	kipa
Gvov	

⑤ 18 Delphini	
いるか座18番星	
親星名／惑星名	
Imoni	Tamakon
Musica	Arion
Hataori	Nagehi
Filippo	Kirameki
Matsu	Tsuru
Yumeji	Yoimachi
Yamamba	Maru
Hoshinoko	Kirakira
Arion	Koto
seajun	ilur
CUPKAMUY	PIRKA
Baja	Tufayl
Peltier	Peltier b
Nie er	Shengshi
Arion	Ringsand
KALLISTE	CYRNOS

③ xi Aquilae	
わし座カイ星	
親星名／惑星名	
Liberty	Fortitude
Hoshinokataribe	Yusumi
Kagura	Orochi
Houoh	Kiri
Shiratama	Kuromame
Ignitus Aquilae	Demcritus Hs1
Ezu	Heroics
Wormhout	Telemaque
de Heinzelin	Ishango
Cradle	Magpie
Gobidin	Ewinon

⑥ HD 81688	
おおぐま座の恒星	
親星名／惑星名	
CHIBA	ABIKO
DEWA	Takitarou
HOKUTO	Hokuto-one
Kazan	Onsen
SAKURA	YAMATO
Hikari	Mirai
YANAGI	RAIJYU
Kimunkamuy	Heper
Rosalind	Hippocrates
Intercrus	Arkas
BABOR	Lezzayer
Eriqq	Bibbu

岡山天体物理観測所 188cm 望遠鏡を用いて 高金属量星を回る長周期惑星を発見！



原川 紘季
(TMT 推進室)

●国立天文台、東京工業大学、イェール大学を中心とするグループが岡山188cm望遠鏡とハワイのすばる望遠鏡・ケック望遠鏡を用いた観測により、HD1605, HD1666, HD67087 という3つの恒星の周りに合計で5つの系外惑星を発見しました。最初の観測は2004年から始まり、実に10年近くにわたりデータを集めたことで、最長で周期約2400日、つまり6年以上もの長い周期を持つ惑星の検出に成功しました。こうした公転周期が長い、すなわち中心星から遠く離れた惑星はまだ発見例も少なく、なおかつ軌道が分かっているものが少ないため、これらの発見は長周期惑星の形成を理解するために重要な情報となると期待されます。岡山天体物理観測所では赤色巨星周りの系外惑星探索が大規模に行われていますが、本プロジェクトでは主に赤色巨星へと進化する前の主系列星周りで系外惑星探索を行っています。本結果は、岡山天体物理観測所188cm望遠鏡を用いた最初の主系列星周りの惑星発見となります。

高金属量星周りの惑星探索

「金属量」とは、恒星大気中に含まれる重元素の量で、本プロジェクトでは、太陽に近い有効温度の主系列星の中でも、金属量([Fe/H])が高い星を中心に惑星探索を進めています。高金属量星は惑星が存在する確率が太陽型星より高いことがわかっていましたが、まだ観測期間が短い時代の結果であり、中心星からの距離ごとにどういった惑星の分布(頻度)であるのかはまだ分かっていません。惑星の分布を正しく決めることは、惑星形成の大きな不定性となっている軌道移動^{★01}の傾向を知るために重要です。さらに最近の研究では軌道移動に重要である原始惑星系円盤の寿命も金属量による違いがあるという指摘もあり、惑星形成への影響を理解する上で重要です。

本研究グループは、2009年から岡山天体物理観測所188cm望遠鏡、すばる望遠鏡を主に用いて、高金属量星周りの系外惑星探索を進めています。このプロジェクトの前身となったのは、2004年にスタートした「N2Kコンソーシアム」という国際プロジェクトで、すばる望遠鏡・ケック望遠鏡・マゼラン望遠鏡という大型望遠鏡を用いて、高金属量星周りにホット・ジュピター^{★02}を探す、というものでした。しかしここで集まったデータは、ホットジュピターを見つけるのみならず、より遠い軌道に存在する惑星候補の検出も可能になるほどに蓄積されていました。

すばる望遠鏡は、短期間に多数の恒星について効率的にデータを集めることが得意なので、ホット・ジュピターの検出や、惑星候補を

絞り込むための網羅的な観測に有効です。これに対して、岡山188cm望遠鏡では長期間安定した観測を行うことが得意なので、周期が長い惑星の軌道を正確に決めるために有効です。

そこで両望遠鏡の利点を生かし、すばる望遠鏡が過去に撮りためたデータから惑星の存在が示唆されるような恒星をターゲットに設定し、より高頻度な観測を目的として2009年から、岡山天体物理観測所188cm望遠鏡と高分散分光器 "HIDES", すばる望遠鏡の高分散分光器 "HDS" を用いて、視線速度法を用いた惑星探索を行っています。2010年にはすばるの高分散分光器 "HDS" の解析パイプライン改良(筆者修士論文)によって解析精度が大幅に向上し、2011年からは、HIDESに新たに搭載されたファイバーフィード系によって、観測効率が大きく向上し、それに応じて探索規模を拡大^{★03}しています。

HD 1605：二つの円軌道惑星 + 遠方に伴天体

HD 1605という星は、アンドロメダ座に属する明るさ7.5等級の恒星です。年齢は約46億歳、質量は太陽の1.3倍、直径は太陽の3.8倍と見積もられました。実はこの星は主系列星ではなく、やや年老いて膨張した星で、この星の周りに、二つの惑星が検出されました(表1)。

さらに、視線速度の変動を見てみると、惑星による周期的な変動に加えて全体的に変化していることがわかります。これは、より外側に惑星や伴星などの天体があることを示唆

★ newscope <解説>

★01 軌道移動

惑星は基本的に原始惑星系円盤というガスと塵が混ざった円盤の中で形成されます。塵が集まり、徐々に大きくなってゆくと、円盤ガスによってブレーキがかかってしまい、角運動量を維持できずに中心星へと徐々に落ちてゆきます。これを軌道移動と呼びます。

★ newscope <解説>

★02 ホット・ジュピター

中心星のごく近傍を回る木星型惑星。中心星に熱せられて非常に熱いと考えられるため、ホット・ジュピターと呼ばれます。人類が最初に見つけた系外惑星でもありますが、実は存在頻度はおよそ1/100と、かなり稀であることが分かっています。

★ newscope <解説>

★03 探索規模を拡大

元々、N2Kのターゲットは10mクラスの大型望遠鏡で観測するような暗い星ばかりを集めていたので、観測開始当初は望遠鏡直径188cmと集光力で不利である岡山での観測は限定的でした。

惑星	質量★04 (木星質量)	軌道周期 (日)	軌道長半径 (AU★05)	軌道離心率
HD 1605 b	0.96	578	1.05	0.078
HD 1605 c	3.5	2111	3.5	0.098

表1 HD 1605 の周りに検出された二つの惑星

惑星	質量 (木星質量)	軌道周期 (日)	軌道長半径 (AU)	軌道離心率
HD 1666 b	6.4	270	0.94	0.63

表2 HD 1666 の周りに検出された惑星

しています (図1)。

見つかった二つの惑星はいずれもほぼ軌道が円形 (軌道離心率がほぼ0) でした (図2)。これは、この惑星たちが形成後にお互いの重力や、近傍の星々から重力の影響を受けていないと考えられます。木星型惑星が見つかること自体は珍しいことではないのですが、実はホット・ジュピターを含まない木星型惑星の複数惑星系において離心率がいずれも0.1を下回る系はこの検出を含めてまだ4例しかありません。このことはいずれも円軌道である太陽系の木星・土星の形成について重要な示唆をもたらすと考えられます。

先述の通り、この系の外側には、伴天体★06が存在していることが同時にわかりました。こうした遠くの伴天体の存在は、その内側に形成された惑星の軌道を乱してしまう可能性があります (古在機構★07)。しかし、これらの惑星はいずれも離心率が小さく、古在機構の影響を受けているとは考えにくいことがわかります。後述するHD 67087の特徴と比較すると、互いに興味深い特徴を持つことがわかります。

HD 1666: 重い星を回る楕円軌道の巨大惑星

HD 1666はF型主系列星で、くじら座に属する8.2等級の星です。年齢はおよそ18億歳、質量は太陽の1.5倍、直径は太陽の約2倍であると推定されました。この星では惑星が一つ検出されました (表2・図3)。

この惑星は非常に質量が大きく、高い離心率、すなわち楕円に歪んだ軌道が特徴です (図4)。こうした惑

星は、形成直後に同時に存在した惑星同士の重力でお互いを弾き飛ばし、系外に放り出されたり、中心星に落ちてしまったりして、歪んだ軌道の惑星が一つだけ残った、という形成シナリオ (惑星散乱) が考えられます。この星は金属量が非常に高いので、惑星の材料となる固体物質が多いと考えられます。したがって、巨大な木星型惑星がいくつも同時に

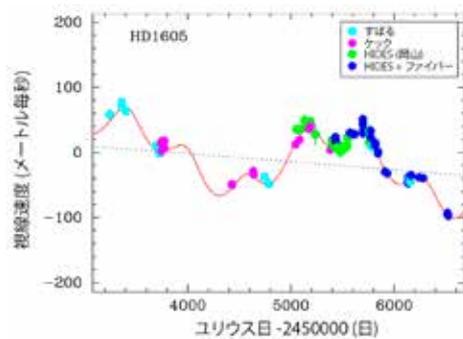


図1 HD 1605 で観測された視線速度変化。赤線は観測された視線速度を最もよく再現する理論曲線。点線は全体的な視線速度の変動を表しており、これに沿って二つの惑星による周期的な変動をしていることがわかった。

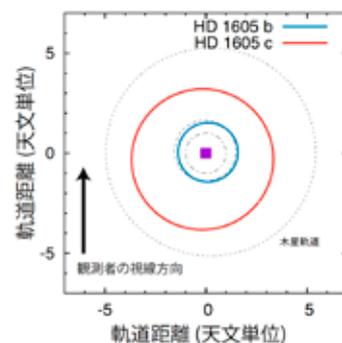


図2 惑星 HD 1605 b, c の軌道を平面に投影したもの。内側の破線、一点鎖線はそれぞれ火星、地球の軌道を示している。

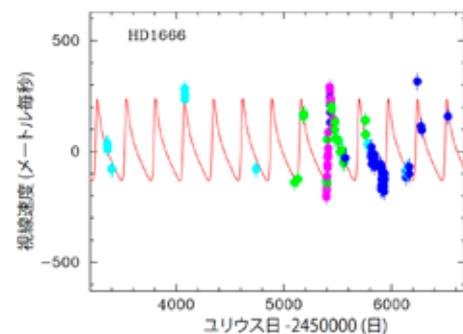


図3 HD 1666 で観測された視線速度変化。各点の色や線の意味は図1と同じ。視線速度の変動が急激な時期があり、軌道離心率が大きいことを表している。

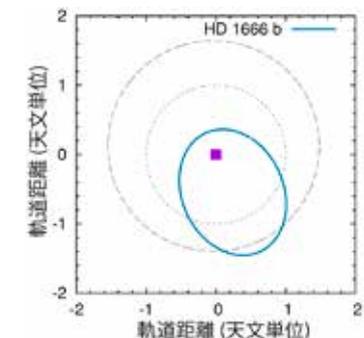


図4 惑星 HD 1666 b の軌道を平面に投影したもの。破線、一点鎖線はそれぞれ火星、地球軌道を示す。

★new scope <解説>

★04 惑星質量

視線速度法のみで推定できる惑星の質量は軌道傾斜角の不定性を残す「最小値」であり、実際の軌道によっては、もっと重くなる場合があることに注意が必要です。

★new scope <解説>

★05 AU

Astronomical Unit の略で、日本語では「天文単位」といいます。1天文単位は、太陽から地球までの平均距離 (およそ1億5千万km) を表します。

★new scope <解説>

★06 伴天体

ここで「伴天体」と呼んでいるのは、まだ質量がわからないので、惑星が恒星かの区別がつけられないためです。

形成できる可能性があるため、惑星散乱シナリオと整合的だと考えられます。

中心星 HD 1666 の質量は太陽のおよそ1.5倍です。質量が太陽の1.5倍以上の主系列星は典型的には自転速度が非常に速く、視線速度法による惑星探索が困難になります。この惑星系は、アプローチが困難な、重い主系列星周りでの惑星の姿を垣間見ることができる貴重なサンプルです。

HD 67087: 2つの巨大惑星 外側だけが楕円軌道?

HD 67087 は8.2等級の明るさで、ふたご座に属するF型の主系列星です。年齢はおよそ15億歳で、質量は太陽のおよそ1.4倍、直径は太陽の1.6倍です。この恒星周りに二つの巨大惑星が検出されました (表3・図5)。

この惑星系で着目したい点は、外側の惑星HD67087c (以下、惑星cと表記) だけが非常に高い離心率を示していること (図6)。これらの惑星がどのような過程で形成されたかを考えてみると、謎がいくつか浮かび上がってきます。

まず、惑星散乱シナリオは惑星同士の重力によって離心率を大きく上昇させることができます。しかし、惑星cだけが大きく歪んだ軌道を持つことについては説明が困難です。次に、古在機構による軌道進化を考えると、惑星cのほうが、さらに外側の伴天体からの重力を強く受けるので、もしそのような伴天体が存在すれば、惑星cの軌道だけが歪んでいることを説明できる可能性があります。しかし、現在のところ、さらに外側に伴天体が存在することを示す視線速度変動は見られませんでした。

ところで、HD 1605も同程度の質量・周期の惑星が存在していましたが、こちらは伴天体の存在が示唆されるにもかか

わらず円軌道でした。つまり、面白いことにHD 1605, HD 67087の二つの系は、それぞれ理論的に予想される進化とは対照的な特徴を持っていることがわかりました。これらの発見は伴星の有無 (あるいは質量) と、惑星の軌道進化への影響を調べる上で、極めて重要な手掛かりになると期待されています。

ただし、外側惑星 (HD 67087 c) の、特に離心率の精密な軌道決定にはまだ観測が必要であることに注意が必要です。図6を見ると、現時点で推定される二つの惑星の軌道は、互いに重なりあってしまいます。こうした状態はほとんどの場合で安定しないため、実際の軌道は現時点の推定から変わる可能性があります。今後の追観測によって軌道をより精密に決定してゆくことが重要となります。

系外の「木星」「土星」を目指して

太陽系外では「木星」や「土星」といった、中心星から5-10AU程度まで離れた惑星については周期が非常に長いために観測が進まず、かつ他の手法を用いた観測でも単独では検出が難しい領域です。今後もアストロメトリ法といった別の観測手法と組み合わせつつ継続的な観測を進めてゆく予定です。岡山188cm望遠鏡による継続的な観測と、N2Kコンソーシアムから10年以上にわたり蓄積された高金属量星に特化したデータは、長周期の惑星探索において世界的にも非常に大きなアドバンテージとなっています。

また、これを生かして中心星の金属量の違いが惑星の分布に与える影響を統計的な手法で明らかにすることも計画中で、これによって様々な環境下での惑星形成に対する理解が一層深まることが期待されます。

惑星	質量 (木星質量)	軌道周期 (日)	軌道長半径 (AU)	軌道離心率
HD 67087 b	3.1	352.2	1.1	0.17
HD 67087 c	4.9 (参考値)	2374	3.9 (参考値)	0.76

表3 HD 67087の周りに検出された二つの巨大惑星

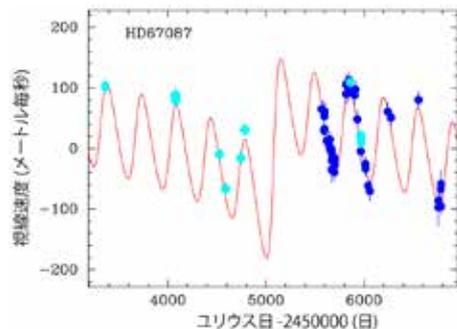


図5 HD 67087で観測された視線速度変化。軸や各点の色、線の意味は図1と同じ。二つの周期変動が検出された。

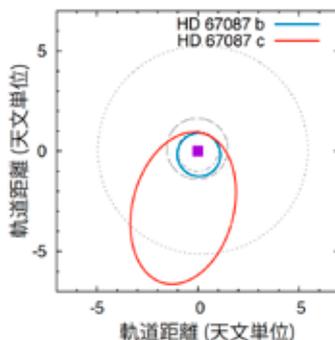


図6 HD 67087 b, cの軌道を平面に投影したもの。破線が示す惑星軌道は図2と同じく、外側から順に木星、火星、地球。

★new scope <解説>

★07 古在機構

ケプラー運動をする天体は、重心 (ここではほぼ中心星) から遠いものほど公転運動の角速度が遅くなります。そのため、遠方に伴天体が存在する場合、内側にある天体 (ここでは惑星と仮定) にとってはほぼ同じ方向から伴天体の引力を受ける状況になります。伴天体と惑星の軌道面が互いに傾いている場合、惑星の軌道 (離心率と軌道傾斜角) は時間とともに変動してゆきます。これを発見者の名前にちなんで、古在機構と呼びます。

●論文掲載情報

Five New Exoplanets Orbiting Three Metal-rich, Massive Stars: Two-planet Systems Including Long-period Planets and an Eccentric Planet Harakawa et al., The Astrophysical Journal, Volume 806, Issue 1, article id. 5, 11 pp. (2015)

人類にとって根源的な興味といえる地球上以外の生命について、初めて科学的に議論できる時代が来ています。アストロバイオロジーとは、宇宙を舞台として生命を宿せる場やその存在を探索し、地球上だけにとらわれることなく生命の起源や進化を議論する新しい学問です。天文学、惑星科学、生物学、生命化学、地球科学、工学など非常に多岐にわたる学際的学問と言えます。

アメリカではNASA（米航空宇宙局）の惑星探査ミッションの発展に伴って、国内の関連機関を結びつけたバーチャル研究所 NASA Astrobiology Institute (NAI) が既に 1998 年に設立されました。いっぽう、太陽系の外に存在する惑星（系外惑星）の探査が過去 20 年間に著しく進展したことを受け、宇宙に無数に存在する系外惑星という「新世界」における生命を科学的に議論できる土壌が過去 10 年で急激に熟成しています。実際、約 2000 個もの系外惑星が既に発見・確認されており、ケプラー衛星のデータからは太陽型恒星のまわりにおける生命の存在が可能なハビタブルゾーンにある惑星の存在率は約 10% にもなると推定されています。この状況はまさに、アストロバイオロジーの本格的な幕開けの時代が来たと言えるでしょう。

このような背景を受けて、自然科学研究機構（NINS）では、系外惑星の研究を柱としたアストロバイオロジーの展開を目指した新機関「アストロバイオロジーセンター（Astrobiology Center of NINS）」を 2015 年 4 月に設立致しました。現在、国立天文台の建物をお借りしており、人員は配置換え職員、新規および配置換え特任助教、新規特任専門員・事務支援員、外国人研究員（年度内予定）、併任職員の合計 13 人から構成されています。10 月 1 日からはクロスアポイントメント制度を利用し、田村がセンター長を務めています。

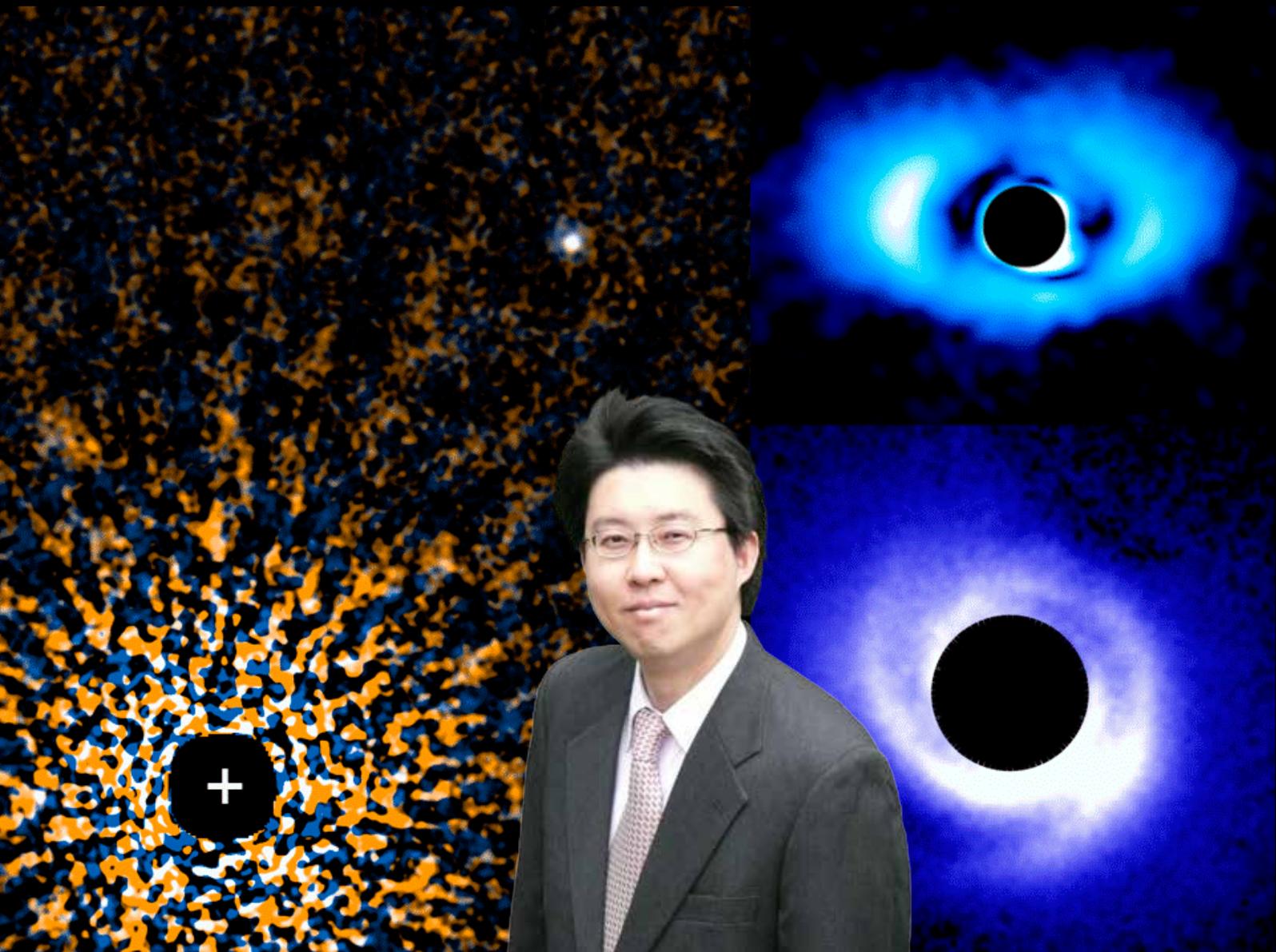
本センターは、3つのプロジェクト室から構成されています。一つ目の系外惑星探査プロジェクト室は、ハビタブル惑星など系外惑星の探査・観測を目標とします。このため、既存のすばる望遠鏡などを用いた近傍の地球型惑星探査や惑星形成領域の観測を進めます。二つ目の宇宙生命探査プロジェクト室（平成 28 年度以降設置予定）では、ハビタブル惑星における生命の存在確認を目標とします。惑星の大気中の酸素やメタンの存在から生命の確認が可能とされていますが、生物学的な観点から、どのようなバイオマーカー（生命存在の兆候）が観測に適しているか、または、新たなバイオマーカーの分子学的な提案が可能かなどの研究を進めます。三つ目のアストロバイオロジー装置開発室では、上記の 2 プロジェクト室の研究と並行して、建設中の TMT 等における地球型惑星探査及びバイオマーカーの探査に特化した大規模観測装置の開発的研究を進めます。

アストロバイオロジーは、まだ日本の大学で組織的に行われているものは少ない状況です。このため、世界との競争においては強いコミュニティの形成が必要で、以下のようなプログラムを用意して大学の研究力強化と若手の育成に努めることを目指しています。①共同研究プログラムを公募。②国際的なワークショップを開催。③著名な海外研究者を招聘。④米欧のアストロバイオロジー機関との連携。⑤アストロバイオロジー研究のための大規模装置開発。

当センターは、発足後間もなく、人員的・予算的にも限られていますが、これらの拡充は喫緊の課題です。国内におけるこれまでの系外惑星の研究の発展をさらに展開するためにも、当センターは不可欠な役割を果たします。すばる望遠鏡における SEEDS プロジェクトにより「第二の木星」や多数の「惑星形成現場」を直接に撮影することに成功したことは（右画像参照）、将来の TMT30 メートル望遠鏡において、同様の手法で地球型惑星の撮像・分光に迫るための基幹的技術の実証になりました。また、ケプラー衛星でも未解明である、我々のごく近くにある軽い恒星（太陽のような星とは違う環境）での第二の地球探しを、高精度赤外線分光器 IRD を用いてすばる望遠鏡で始める計画が進んでいます。そのような異環境における生命はどんなものなのでしょうか？ 興味は尽きません。

末尾になりましたが、本センター設立と運営開始においては佐藤勝彦機構長・観山正見理事ほか自然科学機構の皆様、林正彦台長・水本好彦研究主幹をはじめとする国立天文台の皆様など、多くの方々のご支援・ご理解の賜物です。本機構の多分野性を活かした新機関として、天文施設開発拠点である国立天文台との連携のもとに、大学共同利用機関下の日本におけるアストロバイオロジー研究の拠点として、本研究の発展に貢献することを目指して行きたいと思っております。これからも引き続きご支援をお願い致します。

自然科学研究機構 アストロバイオロジーセンター (NINS ABC) の設立



すばる望遠鏡とHiCIAOカメラによる巨大系外惑星（左：右上の光点）と惑星形成現場の高解像度直接撮像画像（右の上下）。

自然科学研究機構 アストロバイオロジーセンター長
東京大学大学院 理学系研究科、自然科学研究機構 国立天文台

田村 元秀

188cm 望遠鏡の新しい多色撮像カメラ MuSCAT、始動！

●2014年12月24日、岡山天体物理観測所の188cm望遠鏡で新しい観測装置がファーストライトを迎えました。装置の名前は、研究目的を表した Multi-color Simultaneous Camera for studying Atmospheres of Transiting exoplanets (トランジット惑星の大気を研究するための多色同時撮像カメラ)の頭文字と、岡山の名産にちなんでMuSCAT (マスカット)と名付けられました(図1)。本稿では、この新しい観測装置を開発した背景と経過、そして今後の研究の展望についてご紹介します。

成田憲保

(アストロバイオロジー
センター特任助教)



福井暁彦

(岡山天体物理観測所
特任研究員)



MuSCAT開発の背景

1995年に初めて恒星を公転する太陽系外惑星が発見されてから今年で20年になります★1。この20年の間に数千個にも及ぶ太陽系外惑星が発見され、新しい惑星の発見や発見された惑星の詳細な性質調査が日々行われています。特に2009年から2013年にかけて行われたNASAのケプラー計画では、惑星が主星の前面を通過(トランジット)する現象を検出するトランジット法を用いた宇宙望遠鏡による惑星サーベイが行われ、地球サイズの惑星や数倍の地球サイズの小型惑星(スーパーアース)が宇宙には豊富に存在することが明らかとなりました。スーパーアースは我々太陽系には存在しないタイプの惑星であり、それらがどのような組成をもち、どのように形成されたのかはまだよく分かっていません。また、生命居住可能領域にある惑星(ハビタブルプラネット)も各恒星のまわりで数十%という比較的高い割合で存在していることがわかってきました。そのような惑星では、実際に何らかの生命が存在しているのではないか?という想像が膨らみます。

ところが、ケプラー計画で発見された惑星の大半は太陽系から1千光年以上も離れており、主星が暗いために、個々の惑星について詳細な観測を行う対象としては適していません。そのため、スーパーアースの大気の組成を調べ、その形成過程を明らかにしたり、ハビタブルプラネットの大気中に生命の兆候となる成分を探したりすることはほぼ不可能と考えられています。そこで、NASAは次世代の太陽系外惑星サーベイ計画として、トランジットサーベイ衛星TESS(Transiting Exoplanet Survey Satellite)を2017年8月に打ち上げることを決定しました。ケプラー

計画では、はくちょう座方向の1領域のみの探索が行われたのに対し、TESS計画では全天の約80%がくまなく観測され、より太陽系に近く、個々の惑星についての詳細な観測が行える惑星系が探し出されます。TESSチームの見積りによると、約1000個の地球型惑星・スーパーアースが比較的明るい恒星のまわりで発見されると期待され、そのうちの約20個は生命居住可能領域付近に発見されるだろうと考えられています。

一方、TESS計画では全天の探索が行われる分、1領域(24×96平方度)あたりの観測期間は約27日しかありません。そのため、反復して観測出来るトランジットの回数も限られることとなり、本物の惑星かどうか「怪しい」天体も多く検出されてしまいます。そのため、TESS計画で検出される惑星の候補天体について、地上の望遠鏡を用いた「発見確認」観測を行うことが極めて重要となります。また、今後スーパーアースがもつ大気の一般的な性質を解明していくためには、TESS計画で発見される多数のスーパーアースの大気を効率的に調べていく方策が必要となります。

そこで私たちが考えたのが、中口径の188cm望遠鏡と組み合わせた広視野多色撮像装置の開発です。次の章で述べるとおり、多色でのトランジット観測から、惑星の発見確認と惑星大気の大まかな調査を両方同時に行うことが出来ます。また、明るい星を高精度に相対測光するためには同等の明るさ

★ newscope <解説>

★01 最初の太陽系外惑星の発見

恒星のまわりを公転する最初の太陽系外惑星は、スイスの天文学者ミシェル・マイヨール博士とディディエ・クロ博士によって、1995年に発見されました。発見された惑星ペガス座51番星bは、木星に近い質量の惑星にも関わらず、公転周期が約4.2日という太陽系の惑星とは全く異なる軌道の惑星でした。この発見から、多様な太陽系外惑星の存在が知られるようになったのです。



図1 188cm 望遠鏡に搭載された MuSCAT。

の参照星を同一視野に導く必要があり、なるべく広い視野が必要です。さらに、多くの惑星を効率的に観測していくためには、使用競争率の高いすばる望遠鏡のような大型望遠鏡ではなく、観測時間が豊富に得られる188cm望遠鏡のような中口径望遠鏡への搭載が最適です。そのような中口径望遠鏡向けの広視野多色撮像装置は世界でも例が少なく、特にトランジット惑星観測に特化した高性能な観測装置というのは前例がありませんでした。

MuSCATのサイエンス

MuSCATの目指すサイエンスは大きく分けて2つあります。1つは、TESSを始めとしたトランジット惑星探索で発見された惑星候補が本物の惑星かどうかを判別すること。もう1つは、本物だと確認された惑星について惑星の大気の性質を調べることです。

トランジット法で惑星を探す際、大きな問題になるのが偽検出の存在です。実はトランジットのような減光は食連星によっても引き起こされます(図2)。そのため惑星としての性質調査を行う前に、その候補が本物の惑星なのかどうか確認する必要があります。この偽検出を判別するための方法として有効なのが多色トランジット観測です。これは、惑星は光を放たないため全ての波長でトランジットの深さがほぼ一定になるのに対し、食連星の場合は大きな波長依存性が生じることによります。この効果は非常に大きいので、MuSCATによる1回のトランジット観測で効率的に食連星を排除することが可能です。

本物の惑星と確認された場合、トランジットの波長依存性は大気の性質を調べる上でも有用です。これは主星の光の一部が惑星の大気を透過してくるため、惑星の大気の成分や空模様を反映して、トランジットの深さの波長依存性が変わるためです。この効果は先の食連星による波長依存性より小さいですが、

MuSCATではTESSで発見されるような太陽系近傍の惑星が水素の広がった大気を持つかどうかの判別が可能です★02。これを利用して、現在ではスーパーアースとひとくりにされている小型惑星に対して、小さなガス惑星と大きな岩石惑星の境界を観測的に明らかにしたいと考えています。

MuSCATができるまで

MuSCATのアイデアは、2012年9月に岡山で開催された研究会「トランジット観測によるスーパーアースの大気組成と起源の解明」で議論され、それを受けて2012年10月に科研費へと応募しました。幸い2013年度から基盤研究(A)に採択され、本格的な装置設計を開始することができましたが、そこで最大の課題となったのが開発コストでした。当初の設計ではMuSCATは2048×2048ピクセルの検出器を搭載することを考えていましたが、科研費が要求額より減額されたため装置設計の見直しが必要となりました。そこで多色撮像機能を最優先に、検出器を1024×1024ピクセルに変更し、188cm望遠鏡で可能ななるべく広視野を良好な結像性能でカバーするというチャレンジングな設計を、オプトクラフト社の山室智康氏に行っていただきました。そして2014年度には、科研費で認められた研究費の他に、井上科学振興財団の井上リサーチアワードや、自然科学研究機構の若手研究者による分野間連携研究プロジェクトなどからも研究費をいただくことで、なんとかMuSCATの実機開発にこぎつけられました★03。

MuSCATの装置部品の調達や試験は、筆者らの他に国立天文台の日下部展彦氏、総研大の学生の塚塚昌宏君と笠嗣瑠君の5人が中心となって行いました。経費を抑えるため、装置の組立作業は先端技術センターの実験室の一角をすばる望遠鏡のMOIRCSチームが

★ newscope <解説>

★02 系外惑星の大気観測

太陽系外惑星の大気を調べる観測方法はいくつかあります。最も手軽にでき、多くの観測と理論的研究が行われているのが、MuSCATでも用いているトランジット惑星の透過分光(あるいはトランジット分光)という方法です。この方法によって、惑星大気成分の検出や、惑星の空が晴れているのか曇っているのか霞んでいるのかといった空模様に関する研究が行われています。この他の観測方法としては、直接撮像法によって分離した惑星の光を直接分光する方法や、最近注目されている方法として高分散分光によって惑星の反射光あるいは輻射光を速度的に分解して検出する方法などがあります。今後のさらなる望遠鏡や観測装置の登場によって、これらの方法で太陽系外惑星の大気の研究が進んでいくと期待されています。

★ newscope <解説>

★03

実はPIも含めてMuSCAT開発チームのメンバーにはそれまでほとんど観測装置の開発経験がなかったため、さまざまなところで勉強と試行錯誤の繰り返しでした。特に研究費を確保するところで苦労しましたが、周囲の方々の協力を得て、限られた予算で最大限に良い装置を作ることとスケジュールを守ることを心に留めて開発に取り組んできました。その結果、当初の見込みよりも早く装置を完成させることができ、平成27年度からの実用化にこぎつけることができました。

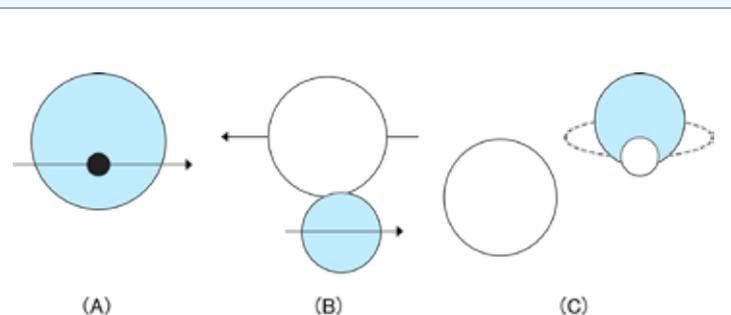


図2 本物のトランジット惑星(A)と、偽検出となる可能性がある食連星(B, C)の模式図。(A)トランジット惑星の場合。(B)お互いが端をかすめるように食を起こす(グレーズン型の)食連星の場合。(C)食連星が天球面上で別の恒星のそばにいる場合。なお、この食連星は背景にある場合と、恒星と3重星系を成している場合の両方がある。



図3 2014年12月24日の朝、初めて188cm望遠鏡に取り付けられたMuSCAT。

らお借りして、自分たちの手で行いました。2014年の12月24日に188cm望遠鏡の試験時間をいただいていたため、装置の岡山への発送はその1週間前の17日と決めました。しかし、全てのパーツが納品されたのは11月下旬でした。私たちは国立天文台・太陽系外惑星探査プロジェクト室のメンバーの協力をいただきながら、幅1.2m、奥行き2m、高さ1.5mの装置をなんとか約1週間で組み上げました。その後CCDの焦点調整や視野調整などを実施し、装置が完成したのは発送の2日前でした。ぎりぎりに完成したMuSCATは無事に三鷹から岡山へ送られ、寒さが身にしみるクリスマスイブの朝に初めて188cm望遠鏡に搭載されました(図3)。

この日の夜の岡山の天気予報は曇りでしたが、運良く2時間ほどすっきりと晴れ、広報用として超新星残骸のM1(かに星雲: 図4)や球状星団のM3(図5)の画像のほか、装置の性能評価を行うためのデータを得ることができました。このファーストライトの様子は2015年1月4日のNHKニュース7でも紹介されました。

その後2015年3月と4月に観測所時間で高精度測光観測モードの試験を行い、観測中の星像の検出器上での移動をおよそ1ピクセル以内に抑えられることや、0.1%以下の測光精度を3色で同時に達成できることも確認できました。これらの初期試験観測の結果を踏まえ、4月28日には装置の仕様や性能についてまとめた論文をSPIEが創刊した新しい学術雑誌“Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems”に投稿しました。また、この結果によりMuSCATは岡山天体物理観測所に持ち込み装置として受け入れられ、共同利用観測で利用できるようになりました。

MuSCATの初期成果と今後の展望

試験観測の結果を受けて、筆者らはMuSCATを使った実際のトランジット惑星の観測を開始しました。図6は2015年4月25日に観測したトランジット惑星HAT-P-14bのライトカーブです。この観測結果から、MuSCATではおよそ10等の天体と参照星に対して、60秒相当の露光で~0.05%の測光精度が得られることがわかりました。これは世界の2m級望遠鏡の装置の中でも最高レベルの精度の高さであり、かつそれが3色で同時に達成できることが確認できました。

また、2015年8月からは共同利用観測時



図4 MuSCATで観測したM1(かに星雲)の疑似カラー画像。400 - 550nmを青、550 - 700nmを緑、820 - 920nmを赤で表している。



図5 MuSCATで観測した球状星団M3の疑似カラー画像。

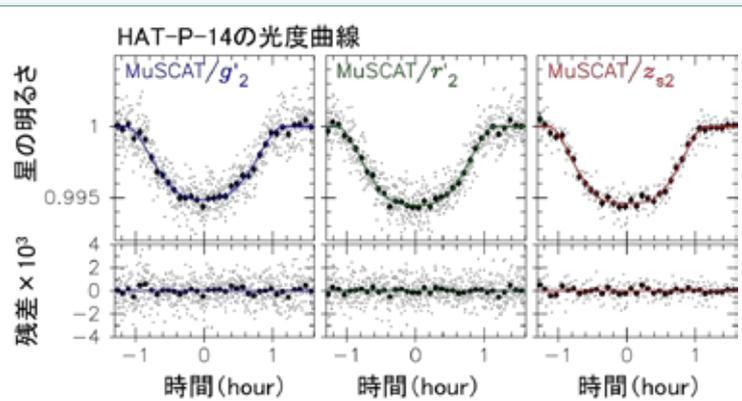


図6 MuSCATで観測したトランジット惑星HAT-P-14bのトランジットライトカーブ。60秒積分相当で0.05%程度の高い測光精度が、3色で同時に得られている。

間での観測も開始し、既知のトランジット惑星の高精度測光観測や、トランジットサーベイで発見された惑星候補の確認観測などを実施しています。実際に、トランジット惑星候補のひとつが本物の惑星だと判別できた例や、食連星によるものと判別できた例も出てきており、トランジット観測で惑星が本物かどうかを判別していくというサイエンスも達成できつつあります。

現在ケプラーの第2期計画であるK2によって、黄道面のトランジットサーベイが行われています★04。K2は2016年以降まで継続される見込みとなっており、そして2017年にはTESSが打ち上げられます。そのため、私たちは今後K2のフォローアップ観測を中心にMuSCATで観測を行い、経験を積んだ後でTESSのフォローアップ観測に取り組む予定です。

今後発見されるであろう多くの面白いトランジット惑星の発見確認と、発見された惑星の大気の大まかな性質調査をMuSCATで行い、すばる望遠鏡やTMTなどによるより詳しい性質調査や生命の兆候探しに繋げていきたいと考えています。

★ new scope <解説>

★04 K2の現状

K2は2014年から観測を開始し、フィールド0から始めて2015年11月現在フィールド7の観測が行われています。各フィールドは約80日あまり観測され、データが約3か月ごとに公開されています。K2は最初のケプラー計画で発見された惑星系より明るくて近い惑星系を発見することができ、地上望遠鏡で詳細なフォローアップ観測が可能な面白い惑星が多く含まれているため、データ公開後の惑星発見確認観測が世界的な競争となっています。我々は国際フォローアップチームのESPRINTに参加し、MuSCATを用いてK2が見つけた惑星候補の確認観測を実施しています。近いうちにMuSCATで発見確認観測をした惑星の発見をご報告できることを期待しています。

●論文掲載情報

Narita et al. (2015), JATIS, 1(4), 045001(2015年8月27日) <http://astronomicaltelescopes.spiedigitallibrary.org/article.aspx?articleid=2432590>

「宇宙に広がる不思議な惑星たちの世界」報告

ランドック・ラムゼイ (天文情報センター)

今月号は系外惑星の特集ということで、少し前のこととなりますが関連イベントの報告をします。今年の5月4日に「スター・ウォーズ展開催記念 宇宙に広がる不思議な惑星たちの世界」で講演をしてきました(主催:六本木天文クラブ・天文学普及プロジェクト「天プラ」)。ちなみに、なぜ5月4日かという、この日は「スター・ウォーズ(以下SW)の日」で“May the Fourth→May the Force...be with you.”ということらしいです(笑)。

講演のテーマは、次々と発見されている系外惑星についてで、国立天文台から太陽系外惑星探査プロジェクト室の成田憲保さん(14ページ)と私のふたりが参加しました。



図1:会場は大入り満員!

最初に天プラの高梨直紡さんが4次元デジタル宇宙ビューワーMitakaを駆使して系外惑星の基本的な説明を行いました。その後、私がSWに登場する惑星と近年発見された惑星を比較して、その科学的な妥当性について講演をしました。意外と劇中のSF的な設定が現実を言い当てているものです。たとえば、SWのエ

ピソードIV(1977年)で登場した、双子の太陽を見ることのできる「周連星惑星」は、2011年に実物が見つかるまで、その存在は不可能と考えられていました。

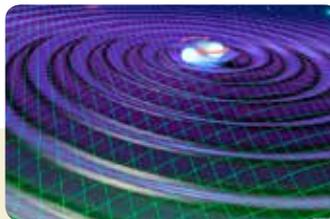
つぎに成田さんが講演し、系外惑星を観測する装置開発の話から、3つの観測方法がくわしく紹介されました。そして、成田さんが世界で初めて発見した「逆行惑星」の話題になると、会場は大いに盛り上がりました。

系外惑星の世界は驚きの連続です。これからもSF的なイマジネーションを満たし、あるいはそれを超えるような、さまざまな不思議な惑星の発見が続くに違いありません。今後のこの分野の発展に大いに期待したいと思います。

国立天文台講演会 時空を超えた挑戦：一般相対性理論100周年と重力波天文学

2015年はアインシュタインが一般相対性理論を提案してから100周年となります。この理論によって、この100年間、宇宙の創生や進化に関する人類の知見は大きく進展しました。また、一般相対性理論から予想される時空の歪みが波として伝わる現象「重力波」は100年たった今でも直接検出されておらず、人類に残された宿題と言えます。

国立天文台が東京大学宇宙線研究所などと共同で進める大型低温重力波望遠鏡KAGRA(かぐら)プロジェクトは、重力波の直接検出に挑戦しています。この講演会では、一般相対性理論がもたらした我々の宇宙に対する理解の歴史をご紹介しますとともに、100年の宿題に挑戦する最先端の研究現場の雰囲気をお伝えしたいと思います。



© KAGAYA

講演内容

講演1:アインシュタインの相対性理論と宇宙の創生 佐藤勝彦(自然科学研究機構 機構長)

時空の物理学・相対性理論により宇宙全体の進化の研究が可能となりました。さらに量子論と組み合わせることにより、宇宙創生の理論的研究も大きく進むようになりました。この講演では、歴史を振り返りながらこの進歩を紹介すると共に、最近大きく進んだ宇宙創生に迫る観測の進歩も紹介します。

講演2:KAGRAで迫る宇宙の謎——重力波天文学 麻生洋一(自然科学研究機構 国立天文台 重力波プロジェクト推進室 准教授)

時空の歪みが波として伝わる重力波。未だに誰も成功していないその直接検出は、宇宙の謎を解明する新しい手段として期待されています。一方で重力波の検出器への影響は極めて微弱で、その測定には最先端の計測技術が要求されます。講演では重力波観測によって拓かれると期待される新しい天文学を紹介するとともに、日本の次世代重力波検出器KAGRA(かぐら)の建設状況をお伝えします。

関連リンク

・国立天文台重力波プロジェクト推進室
http://tamago.mtk.nao.ac.jp/spacetime/index_j.html

概要

テーマ 時空を超えた挑戦：一般相対性理論100周年と重力波天文学
日時 2015年12月13日(日曜日)午後1時30分から午後4時まで(開場午後1時)
会場 一橋講堂(東京都千代田区一ツ橋2-1-2 学術総合センター内)
アクセス 東京メトロ半蔵門線、都営三田線、都営新宿線 神保町駅 徒歩4分
東京メトロ東西線 竹橋駅 徒歩4分
参加費 無料
その他 ご参加には事前のお申し込みが必要です(定員450名、先着順)
主催 自然科学研究機構 国立天文台

プログラム

13:30 開会あいさつ:林正彦(国立天文台 台長)
13:40 講演1:アインシュタインの相対性理論と宇宙の創生
佐藤勝彦(自然科学研究機構 機構長)
14:40 休憩
14:55 講演2:KAGRAで迫る宇宙の謎——重力波天文学
麻生洋一(自然科学研究機構 国立天文台 重力波プロジェクト推進室 准教授)
16:00 終了予定

参加申し込み

インターネットでのお申し込みを2015年11月11日(水曜日)正午より開始する予定です(詳細は11月9日頃に掲載予定です)

お問い合わせ

国立天文台 天文情報センター
電話 0422-34-3688(平日午前9時~午後6時)

CLASP打ち上げ成功！

井上直子（ひので科学プロジェクト）

日米欧国際共同観測ロケット実験 CLASP（Chromospheric Lyman-Alpha Spectro-Polarimeter）は、アメリカ合衆国・ホワイトサンズロケット発射場にて現地時間2015年9月3日11時1分（日本時間9月4日2時1分）に打ち上げが実施され、観測データの取得に見事に成功しました。CLASPは、ライマン α 線（波長121.6nm）という大気に吸収される輝線を偏光分光観測する装置をロケットに載せて大気圏外まで飛ばし、落ちてくるまでのわずかな時間に太陽を観測する実験です。

CLASPの目的は、なぜ太陽コロナ（上層大気）が太陽表面よりも温度が高いのかという太陽物理長年の謎に迫ることです。コロナの加熱には磁場が重要な働きをしていると考えられています。また、太陽観測衛星「ひので」（2006年打ち上げ）やIRIS衛星（2013年打ち上げ）の観測により、コロナと表面の間の薄い大気の層である彩層がダイナミックに活動していることが分かり、彩層の磁場を測ることがコロナ加熱の謎を解く鍵になると考えられるようになりました。太陽表面の磁場

は「ひので」が測定していますが、その上空の彩層の磁場は表面よりも弱く、表面と同じ方法で測定するのは困難です。そのような中、新しい原理“ライマン α 線のハンレ効果”を用いることで彩層の磁場を測定できるという理論的示唆がスペインの研究チームによって得られ、CLASPが始動しました。ライマン α 線での偏光分光観測はこれまでに例がなく、全てが手探りの中、2008年



図1：クリーンルームでの作業の様子。

の分子科学研究所・極端紫外光研究施設（UVSOR）での偏光素子の性能評価実験から、CLASPの開発は始まりました。それから7年、日本のグループが中心となって、米国・フランスと共同で観測装置の開発をすすめてきました。そして2014年春には、国立天文台・先端技術センター内のクリーンルームにてフライト品の組み上げを開始し、1年かけて、CLASPの光学調整・性能評価試験を行いました（図1）。その後、米国へ輸送し、NASAマーシャル宇宙飛行センター（MSFC）でのフライトエレキとの噛み合わせ試験、打ち上げの行われるホワイトサンズでのロケットとの噛み合わせ試験を行いました。



図2：CLASP打ち上げ。

そして、打ち上げ——。「これまでこんなに緊張したことがあるだろうかというくらいの緊張で打ち上げを迎えました」とは、石川遼子さん（CLASP日本側観測総括）。皆で見守る中、観測装置を載せたロケットは閃光を放ち宇宙に向かって一直線に飛び立ちました（図2）。観測時間は150km以上の高度に滞在できる、わずか5分弱。まず、テレメトリーで送られてきた太陽像（図3）を見ながら、観測位置を微調整し、本観測に移りました。観測装置の姿勢は非常に安定しており、CLASP計画日本側代表の鹿野良平さんいわく「時間が止まったかのように、一点を観測し続けるCLASPの観測データはとても素晴らしく、身震いするほどの感動を覚えました。全てが、これ以上望めないほど理想的な観測でした」。

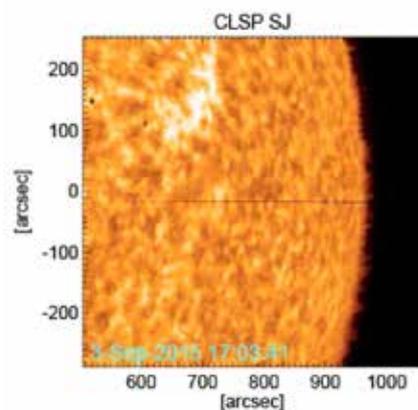


図3：CLASPスリットジョー光学系で撮像された、太陽のライマン α 線画像。

その後、観測装置は、ホワイトサンズの砂漠の中にパラシュートで落ちてきました。打ち上げ成功の興奮さめやらぬ中、すぐにアメリカチームがヘリコプターで観測装置の回収に向かいました（図4）。観測装置内のメモリーに保存されていた全ての観測データの回収にも成功し、即席でディスプレイに映し出したライマン α 線のスペクトルに一同歓喜の声をあげました。成影典之さん（CLASP観測装置総括）は、「間違いなく太陽観測史に残るデータが取れたと確信しています」と話しました。

チームは早速、データの解析にとりかかっています。解析には時間がかかりますが、偏光を示すデータが得られており、必ずや太陽の彩層磁場の貴重な情報が得られるはず。どんなサイエンスの発見が待っているのか、とても楽しみです。

国立天文台ニュース1月号にCLASP特集が掲載される予定です。お楽しみに！



図4：CLASPを回収するアメリカチーム。

「理科授業のための天文セミナー 2015 ～高原で学ぶ宇宙～」 報告

茨木孝雄 (天文情報センター)

天文情報センターは、8月11日から13日までの3日間、羽村市自然休暇村と国立天文台野辺山宇宙電波観測所において今年2年目となる教員向け研修講座を開催いたしました。近年、自治体主催の教員研修では学級経営、生徒指導などを重視する傾向にあり、教材研究的内容が少なくなった、と嘆く声をよく聞きます。理科は、観察・測定・実験を通して自然の事物や現象を学ぶ教科ですが、天文分野の実体験は乏しく、苦手意識を持っている先生も多いようです。

このような方々を対象とする研修講座を企画するにあたり、わたしたちがもっとも重視したのは“場所性”の観点でした。それは、たった一度の経験であっても長く記憶に残り、日々の教育活動の中で活かされていくための重要な要素なのです。都会を離れたハケ岳山麓の高原、そこで出会えるはずの満天の星ばしとペルセウス座流星群。また、最前線の研究現場である野辺山宇宙電波観測所と50cm反射望遠鏡を備えた宿泊研修施設…魅力あふれる舞台が設定されました。さらに今回は、近年の小中連携、一貫教育への取り組みを踏まえ、小中学校教員の合同研修と銘打って募集を始めたのでした。

全国対象のため広報手段はネット環境に頼らなければならないのに、NAOJホームページなど見たことのないような方々にこそ参加してもらいたい、そんなジレンマはありました。理科教員関係メーリングリストへの情報拡散が功を奏

したのか、心配をよそに応募数は定員40名を超え、最終的に36名の参加者を得ました。

研修内容は、討論主体の2テーマ、観察・実習の8テーマ、講演1テーマと多岐にわたり、終了後のアンケート結果によると、いずれ劣らず好評でした。授業にすぐにも生かせる内容としては「望遠鏡の組み立てと使い方実習」と「シミュレーションソフトMitaka操作実習」をあげた方が多く、天文分野の素養向上につながるものでは、「宇宙電波観測所見学」と「電波天文学講演会」、「流星と流星群の観察」があげられていました。

そして、この事業を正に“理科授業のため”の研修活動として特色づけたのは、最初と最後に仕込まれたグループディスカッションです。普段あまり交流のない小中教員4～5名構成の8グループが、天文分野の授業プラン作成に向けて、悩みやアイデアを出し合って議論を交わしました。最終日、グループごとに15分間の発表を行いました。いずれもMitakaを取り入れた授業プランでした。教育ツールとしてのMitakaの活用は、今後教育現場とわたしたちとが共同で取り組むべき重要な課題となるでしょう。

この3日間の研修講座を通じて参加者の一人ひとりがかきと、心に残る何かをお土産として持ち帰られたに違いありません。苦手意識を持っていた方々のブレークスルーとまでは至らずとも、高原の星や巨大な電波望遠鏡、またその舞台裏という実物を覗いた感動は、素直に子

供たちに伝わるでしょう。また、世代や環境が違って同じ悩みや喜びを語り合える仲間たちとの交流も貴重な体験だったと思います。

最後に、研修ルームや望遠鏡、流星観察のための屋上の使用に快く便宜を図ってくださった羽村市自然休暇村職員の皆さんに、スタッフ一同心からお礼申し上げて実施報告といたします。



45m 電波望遠鏡の見学。



研修スタート！付箋紙にキーワードや問題点を書き出してグループディスカッション。



授業案のプレゼン中。



Mitakaの講習。



観測所構内での小型望遠鏡の組み立て実習。



45m 電波望遠鏡をバックに参加者みんなで記念撮影。

国立女性教育会館・女性アーカイブセンター企画展示「宇宙をめざす」開催中！

山崎裕子（国立女性教育会館）

独立行政法人国立女性教育会館は、堂平天文台（旧国立天文台堂平観測所）から比較的近い埼玉県の武蔵嵐山にあり、男女共同参画社会を実現するための推進機関として活動しています。会館の一組織である女性アーカイブセンターでは、1年の前半に自館の所蔵資料を使った「所蔵展示」を、後半に複数の機関から借用した資料による「企画展示」を行っており、社会で活躍してきた女性たちの軌跡がわかるよう毎回工夫を凝らしています。

私は2014年から会館の所属となり、2015年に初めて企画展示の主担当になりました。企画展示はここ数年、化学・建築・音楽など毎回特定の分野に焦点を当て、かつてその分野のパイオニアとして活躍した女性たちと、現在活躍中の女性たち（いずれも主に日本人）をそれぞれ数人ずつ取り上げる形式を続けており、2015年度もそれを踏襲することにしました。2008年から2011年にかけて国立天文台三鷹図書室で働き、それ以降も宇宙に関心を持ち続けていた私は、2015年度企画展示において迷いなく、宇宙研究開発分野で活躍する女性たちをテーマとしました。会館では、理系をめざす女子中高生を対象とした宿泊「夏の学校」を毎年主催しており（2ページ参照）、他の職員もこのテーマに賛同してくれました。

展示の監修を、「夏の学校」の天体観望会指導に毎年駆けつけてくださる（毎



「宇宙をめざす」展を担当した（左から）星野咲希さん、山崎裕子さん、関森あすかさん。

年天候がよくないのですが…) 埼玉大学の朝由美子准教授にお願いし、どなたを展示対象とするか相談に乗っていただきましたが、その時わかったのは、日本人女性では戦前生まれのパイオニアがない、そもそも戦前生まれで天文学の専門教育を受けたことのある日本人女性がないということでした。そのため、通常の企画展示ならパイオニア枠として明治大正生まれの物故者を取り上げるところ、今回は1947年生まれの鈴木博子さ

ん（1987年没）、そして今まさに現役として第一線で活躍中の林左絵子さん、奥村幸子さん（お二人とも1950年代生まれ）にご登場願ひ、海外からはいにしえのカロライン・ハーシェルやメアリー・ロスらを対象としました。

「現在活躍中」のコーナーは、国立天文台をはじめ、JAXA、企業、大学、プラネタリウムと組織単位で構成し、インタビューや資料提供にご協力いただける方を各団体からお一人ずつお願いしました。国立天文台からは、私がかつて天文情報センターでご一緒だった小野智子さんが取材に応じてくださいました。

もっとも頭を悩ませたのは、その方々に関する資料として何を展示するかということでしたが、例えば鈴木博子さんについては海部宣男さんから関連書籍などを、カロライン・ハーシェル関連では三鷹図書室から甥のジョン・ハーシェルが執筆した19世紀の貴重書を、林さんと奥村さんからは学生時代のノート・テキストやすばる望遠鏡での作業用手袋などをお借りしました。RISE月惑星探査検討室からお借りした宇宙飛行士顔はめパネルも含め、お陰様でバラエティに富んだ資料が揃いました。

明治大正生まれの日本人女性に関する資料を多数所蔵するアーカイブセンターでの展示という性質上、「近現代の日本社会で活躍してきた女性に光を当てる」という展示の基本方針は今後も変わらないでしょう。ですが、少なくとも同セン



◀「第一世代の女性」として、ハワイ観測所准教授の林左絵子さんと元野辺山宇宙電波観測所准教授（現在日本女子大学）の奥村幸子さんの足跡をたどります。そして、展示ケースには“パイオニア”鈴木博子さんを偲ぶ思い出の品々も。

★林左絵子さん

この企画を監修する朝由美子さん（埼玉大学）から連絡をいただいたのが3月31日、私は、こちらの職場でがんばっている現役の女性研究者を紹介できる良いチャンスと思いました。ところが4月1日に山崎裕子さんから「カロライン・ハーシェルやメアリー・ロスと並んで、日本のパイオニアとして……」というびっくりのお話。比べると若輩の身、また研究をリードしているわけでもないのに、こうした方々と並ぶのもどうかと思いましたが（汗…）、次世代を元気づけることができるかも、とお引き受けしたのでした。



◀国立天文台の展示コーナーにはアルマやすばるのスタッフ紹介とともに、天文情報センターの小野智子さんのインタビューも。

★小野智子さん

今回のお話をいただいたとき、「僣越な」と思うと同時に、前職の公開天文台勤務時代の記憶が走馬灯のように巡りました。仕事の場に出会う多くの人に「女性でもこんな仕事に就けるのですね」と言われることで、改めていろいろな職業が性別によって制限されてきたこと、何よりも前例にとられすぎず社会がそういった意識の壁を自ずと作ってきたということを感じずにはられない日々でした。今回のような企画展が見えない意識の壁を崩すことに繋がるのかもしれませんが。

ターで現在活躍中の人々について展示をする際は、あえて女性だけに対象を限定する必要はないのではと今回思いました。

男女共同参画の考え方は、女性（男性）が男性（女性）に対して変に見下したり卑屈になったりするのではなく、「お互い尊重して助け合っていきましょうよ」というものであると会館で学びました。性別を単純に二分化せず、多様性を受け入れる考え方もだんだん世の中に知られてきています。今後はそうした視点を少しずつでも展示に取り入れていけたらと考えています。

この考え方が、展示ではなく実社会でこれからさらにどう広まり、受け入れられていくかとなると話はまた別で、そうは言っても色々難しいのではと心の隅で考える自分がありますが、そう考えるたび

に、今回の取材で林さんから伺った「野辺山時代、そこにいる人の属性は性別も国籍も関係なく、地球人だったらいいんじゃないという感じだった」という、スーパー共同参画とも言えるお話を思い出します。

最後になりましたが、今回の展示では、国立天文台に関係する方だけでも20人以上の方にお世話になりました。この場を借りて御礼申し上げます。

▶国立女性教育会館女性教育情報センター（図書館）の一角に保管されているのは、女性の活躍に関わる新聞記事を収集した膨大なスクラップブック。「会館が設置された1977年から現在まで38万点以上の切り抜きがあります。キーワードを付与して独自データベースも作っています。本文までは読めませんが、全国数十紙の新聞を何十年分も無料で横断検索できますよ。ぜひ一度覗いてみてください」と山崎さん。



文献情報データベース：http://winet.nwec.jp/bunken/opac_search/?smode=1

平成27年度女性アーカイブセンター企画展示
「宇宙をめざす」



●さまざまな分野においてチャレンジした女性たちのあゆみをたどるシリーズ企画の8回目「宇宙をめざす～チャレンジした女性たちからチャレンジする女性たちへ～」を開催中。18～19世紀に天文学の研究で大きな成果をあげた欧米の女性たちから、現在、宇宙航空研究開発機構（JAXA）や国立天文台などで活躍中の女性たちまで、さまざま資料をおとして彼女たちの足跡を紹介するとともに、天文学や宇宙開発の「いま」をご案内します。

期間：平成27年7月31日（金）～12月20日（日）
時間：9：00～19：00
会場：独立行政法人国立女性教育会館本館1階 女性アーカイブセンター展示室
入場料：無料

★ポスターの切り絵制作は国立天文台三鷹図書室の小栗順子さんが担当しました。



▲RISE 月惑星探査検討室からお借りした「宇宙飛行士顔はめパネル」も活躍中！

▲9月13日には、向井万起氏による講演会「空と宇宙を飛んだ女性達」も開催されました。

★会場では、現在活躍中の女性たち取材したインタビュー冊子を無料配布します。
★休館日や展示の詳細などは <http://www.nwec.jp/jp/archive/tenji2015.html> をご覧ください。

男女共同参画：国立天文台の挑戦

渡部潤一（国立天文台副台長）

●男女共同参画の推進。これは総務担当副台長として櫻井さんから引き継いだ重要事項の一つだった。この観点で、アカデミックアシスタント制度、託児支援制度、そして女性限定での助教公募の実現などに取り組んできたが、本稿では特に三鷹地区の一時保育施設の取り組みについて紹介したい。

いうまでもなく、結婚、出産、育児となにかとハンディを負ってしまいがちな女性が、より仕事をしやすく、働きやすくするための環境整備が社会的にも急務である。それはもちろん施設整備や規則整備はもちろんだが、意識改革も含んで

いる。既に櫻井副台長の主導により、自然科学研究機構の第二期中期計画を遂行する一環として、いくつかの支援制度が実現していた。ひとつが「託児支援制度」である。国立天文台が開催する研究会や天文台施設での観測参加者が一時的に保育所またはベビーシッターを利用する際に、

財政負担を軽くすべく補助を行う支援制度で、早くも平成20年度に開始していた。また、翌年度には「アカデミック・アシスタント制度」を創設した。国立天文台の出産、育児と平行して研究している研究者に対して、その研究業務を支援するアシスタントをつける制度で、年に1名か2名の研究支援員を採用してきた。国立天文台では研究員を5年以上続けられないという縛りを設けているが、育児休暇中の期間を、この5年に含めないという制度改革も行った。これらの具体的支援に加え、国立天文台では職員意識もかなり先進的になりつつあったと思える。この頃、子どものための育児休暇を

2か月取得した男性研究者が現れ、その経験から後に彼はチリに赴任していた頃に、娘と父とのふれあいをテーマとするテレビ番組に出演することになったほどである。いずれにしろ、国立天文台では男女共同参画社会の一角を担うべく、すでに動き出していたのである。

しかし、定常的な託児支援については、まだどうするか未定であった。私が櫻井さんから引き継いで以降、男女共同参画推進委員会で議論を重ねつつ、ベビーシッターなどの利用についての支援制度と、三鷹地区の保育所施設の創設の可能性を探ってきた。当時、前者については機構全体での補助制度が検討されており、

実現可能性やスタートアップにかかる費用の積算など、様々な実務作業が待っていた。これには山浦職員係長、原田総務課長の両者がいなくてはこなせなかった。最終案を認めてもらったのは、平成25年度末の委員会だったと思う。そこまで予算をかけてやるべきか、という声も上がり、議論は沸騰したが、「男女共同参画社会の実現に向けて国立天文台が率先してやるべし」という意見も強かった。そして我々は平成26年度中に試行、その結果を見て平成27年度から本格運用を、という大きな決断をしたのである。しかし、初めてやることなので、ここでは書きつくせないほど実現までには様々な困



三鷹地区に設置された一時保育施設の室内の様子。

また後者については、同じ自然科学研究機構の岡崎三機関においては平成18年に機構内託児施設を設立、運用を開始していた。なにしろ、待機児童のあふれる時期であり、アンケート調査でも後者への期待が大きいことがわかってきた。

そこで2か月に一度の頻度で開催する委員会では、三鷹地区の独自の託児所設立に向け、メリット・デメリットについて議論を重ね、ついにその実現に向け動き出すことにしたのである。実務レベルでの調査がもっとも大変で、東京都や三鷹市との連絡調整、関連する法律や条例の調査、他の研究機関や大学での状況調査、そして三鷹地区の建物を利用する

難があった。結局は平成26年度中の試行はできなくなり、平成27年度4月から半年間の試行となり、10月からは利用者のアンケート調査を元に、規則を改正し、より活用しやすくするため、利用要件の緩和と保育料の見直しを行い、本格運用に踏み切った。国立天文台が男女共同参画推進に向けて、

さらに走りだした瞬間であった。

しかし、思いがけない事態にも直面しつつある。実は、事前アンケートを基にした利用者の見込み数に比べて、利用者が少なかったことだ。これには少々、驚かされた。この間、社会の方が進んでいたのである。多くの自治体が待機児童問題を重視し、保育施設の充実に注力してきた結果だった。それ自体はありがたいが、本格運用後、一時利用者はあっても、いわゆる月極利用者がいない状態が続いている。三鷹地区の保育施設がどこへいくのか、将来に向けて三鷹市とも協議しながら、将来に向けた検討を始めている。まだまだ挑戦は続くのである。

明石市立天文科学館「紙の宇宙博2015」出展報告

小栗順子 (天文情報センター)

兵庫県明石市。東経135度子午線の真上に建つ明石市立天文科学館は「時と宇宙の博物館」として「時のまち明石」のシンボルにもなっている塔時計をはじめ、明石海峡大橋を眼前に望む展望室、現役では長寿日本一となる投影機などを備える施設です。

2015年6月に開館55周年を迎えた科学館では、特別展「紙の宇宙博2015」(7月18日～9月6日)が開催されました。ペーパークラフトや切り絵作品約100点を通して宇宙開発や天文の世界を紹介する“2015年夏、明石にカミ業師・集結”の展覧会です。主催者の方から「幅広い



特別展示室で切り絵展示。お隣の展示室には、ペーパークラフトの作家さんたち4人による紙製模型(実際の100分の1のサイズ)が展示され「カミ業師が集結」しました。

世代の方々にお楽しみ頂けるように」ということで、日本ならではの和名に因んだ星物語の世界観を描いた「切り絵で見る星物語」をメインに、宇宙探査機や国立天文台をモチーフにした作品のほか、開館55周年のお祝いの思いを込めて新たに制作した「55th Anniversary Akashi Municipal Planetarium」を加え、総計約20点を展出了しました。

8月1日には、連動企画でギャラリートークが開かれ、科学館の学芸員・井上毅さんと対談する形式で、ドームにスライド投影しながら作品の解説や制作エピソードなどお話ししました。作品に託した思いやイメージを“言葉”として伝えるのは、自分の世界や物語の世界観を切り絵で描く事とは手段は異なるものの、同じ「表現」と言うこともあり、準備も意欲的に取り組むことができました。

毎日新聞や神戸新聞など多くのメディアでイベント紹介されたこともあり、会



プラネタリウムで井上毅さんと「ギャラリートーク」。伝統の旧東ドイツ製カール・ツァイス投影機の前で。時折お客様に話し掛けたり、時にはタジャレも!?会場には、北海道からはるるお越しの方もいらっしゃいました。

期中はたくさんの来場者がお見えになったとのこと。切り絵を通して少しでも宇宙を身近に感じていただけたのではないかと思います。



「55th Anniversary Akashi Municipal Planetarium」は科学館の広報誌2015年9月号「紙の宇宙博2015」特集号の表紙に。55周年記念ハガキのデザインにも採用していただきました。

編集後記

ASTE運用のため約3週間のチリ滞在。東大TAO施設に宿泊させてもらっている。東大の観測に来ている学生さんたちと一緒に自炊生活で、まるで合宿のよう。(l)

とある企業のイベントで4Kプロジェクターを初めて体験。星々が輝点として写しこまれているアルマ望遠鏡の夜景画像と高解像度プロジェクターとの相性は抜群だった。(h)

講演で熊本へ。初めて人吉まで足をのびました。秋晴れの下、青井阿蘇神社や人吉城の散策を楽しみました。熊本ラーメンも。(e)

海外出張、科研費申請書作り、特別公開などなど10月もなかなかハードな日々。しかし、新しいプロジェクトが始動したので、気を取り直して仕事に挑む今日この頃です。(K)

芸術の秋。芸術は現代でも人の感性に訴えるものが基本だと思います。自分の気に入った芸術を見つけて親しむ事、そのための機会は残念ながら住む場所によって均等ではないのが困った事であります。(j)

木枯らし1号が吹いた天文台公開日でしたが、まだ花が咲いて実もなっているオクラがあったりします。どこまで頑張るものなのか、と遅い夏休みの自由研究を始めた今日この頃です。頑張れオクラ。(κ)

久々にアメリカ本土に出張。プリンストンという小さな街に3日間滞在しているうち、少しアメリカについて考えてみたくなり、アメリカ論を手にとっています。(W)

国立天文台ニュース
NAOJ NEWS

No.267 2015.10

ISSN 0915-8863

© 2015 NAOJ

(本誌記事の無断転載・放送を禁じます)

発行日/2015年10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

FAX 0422-34-3952

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・副会長) / 小宮山裕(ハワイ観測所) / 寺家孝明(水沢VLBI観測所) / 勝川行雄(ひので科学プロジェクト) / 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/岩城邦典) ●デザイン: 久保麻紀(天文情報センター)

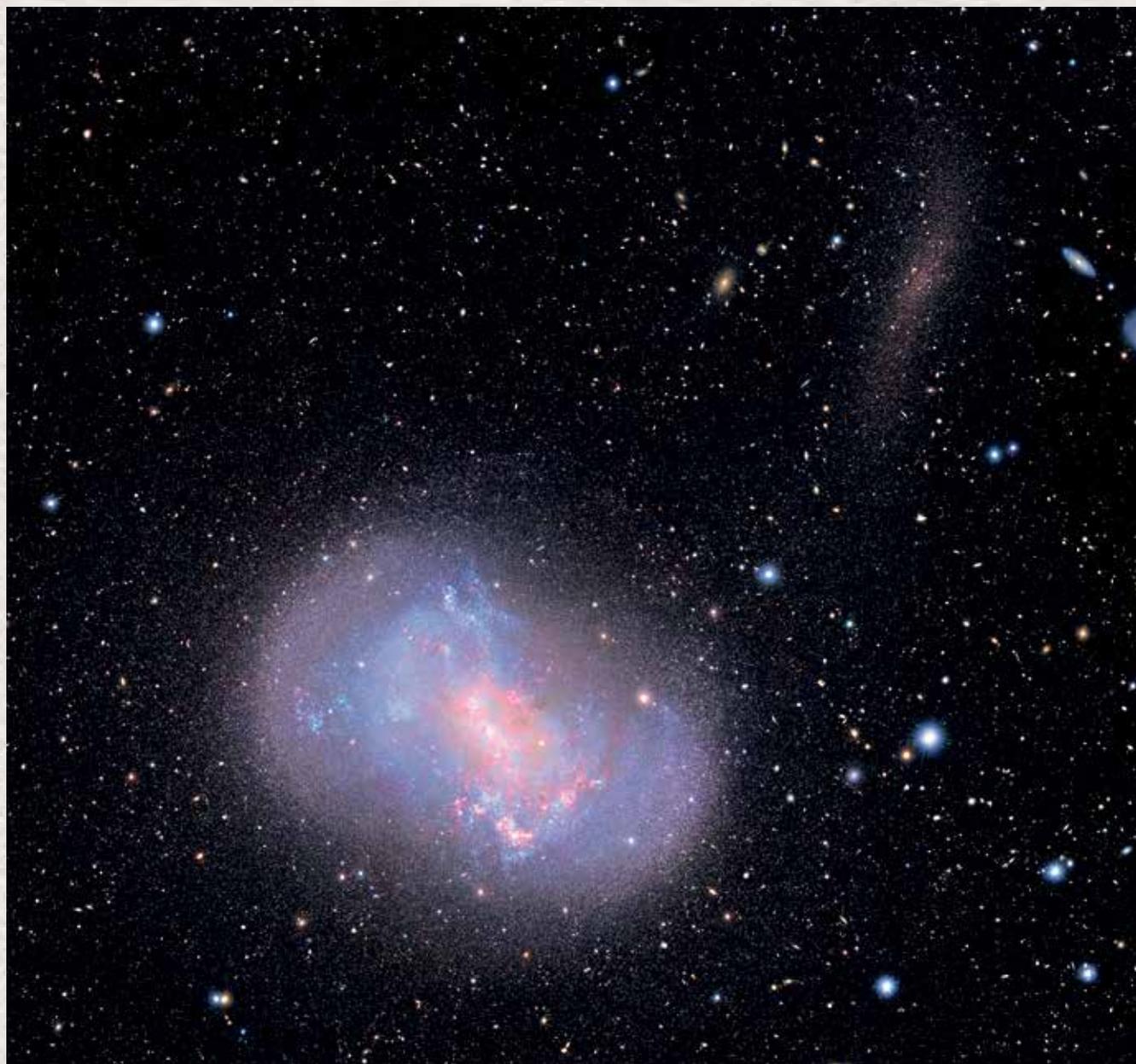
★国立天文台ニュースに関するお問い合わせは、上記の電話あるいはFAXでお願いいたします。

なお、国立天文台ニュースは、<http://www.naoj.ac.jp/naoj-news/>でもご覧いただけます。

11月号は夏のイベント
報告の特集号!そして8
月にハワイで開かれたIAU
総会の話もお届けしま
す。お楽しみに!

銀河合体の現場 NGC 4449

藤原英明(ハワイ観測所)



データ

天体：不規則銀河 NGC 4449 (りょうけん座)
撮影：2011年1月4日～5日 (UT)
g'バンド (481nm)、r'バンド (632nm)、
i'バンド (771nm)、[O III] 狭帯域 (503nm) を
米国・ブラックバード天文台撮影の画像と
ともに合成
観測装置：Suprime-Cam

すばる望遠鏡が撮影した、銀河に流れ込む「星の小川」です。この「星の小川」、実はNGC 4449という矮小銀河(左下)がそばにある別の矮小銀河(右上)を飲み込んでいる様子で、まさに銀河同士が合体している現場です。広い視野と高い解像度を持つすばる望遠鏡は、飲み込まれている銀河の星の一つ一つをはっきりと分離して写し出しました。また、NGC 4449は高い星生成率を示すことで有名な銀河で、NGC 4449中心部の青い輝きが活発な星生成活動を示します。一方、外縁部や飲み込まれつつある銀河に見られる赤い光は年老いた赤色巨星の存在によるものです。

