

自然科学研究機構



国立天文台ニュース

National Astronomical Observatory of Japan

2016年8月1日 No.277

特集 重力波天文学の幕開け



特集

研究トピックス KAGRA試験運転報告
Advanced LIGOによる人類初の重力波直接検出
重力波電磁波対応天体の同定へ向けて

- 「第4回DTAシンポジウム」報告
- CAP 国際研究会にて、国立天文台スタッフが活躍!
- 「2016野辺山電波天文観測実習」報告

8

2016

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 重力波天文学の幕開け

● 研究トピックス

- ★ KAGRA 試験運転報告
大石奈緒子（重力波プロジェクト推進室）
- ★ Advanced LIGO による人類初の重力波直接検出
新井宏二（California Institute of Technology LIGO Project / Senior Scientist）
- ★ 重力波電磁波対応天体の同定へ向けて
諸隈智貴（東京大学大学院理学系研究科附属天文学教育研究センター）

● おしらせ

- ・重力波プロジェクト推進室の阿久津智忠さん他の論文が the Optical Society (OSA) のハイライト論文 (Spotlight on Optics) に選出
- ・「第4回 DTA シンポジウム」報告 —— 祖谷 元（理論研究部）

11

おしらせ

- CAP 国際研究会にて、国立天文台スタッフが活躍！
—— 臼田・佐藤功美子・柴田幸子（天文情報センター普及室・IAU 国際普及室）
- 「2016 野辺山電波天文観測実習」報告
—— 衣笠健三（野辺山宇宙電波観測所）
- 梶田隆章さんが植えたキンモクセイ

15

- 編集後記
- 次号予告

16

シリーズ「アルマ望遠鏡観測ファイル」05 原始星 CARMA-7 からのジェット

—— 平松正顕（チリ観測所） / 中村文隆（理論研究部）



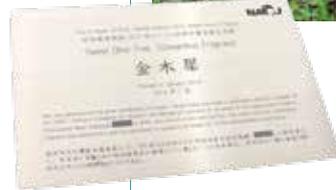
表紙画像

重力波望遠鏡 KAGRA の真空槽にインストールされた最初の大型鏡懸架装置（くわしくは 5 ページ参照）。

背景星図（千葉県立郷土博物館）
渦巻銀河 M81 画像（すばる望遠鏡）



KAGRA プロジェクトの代表で、2015 年のノーベル物理学賞を受賞した梶田隆章さん（東京大学宇宙線研究所長）が植樹したキンモクセイ。詳しくは 15 ページへ。



国立天文台カレンダー

2016 年 7 月

- 8 日（金）幹事会議
4次元デジタルシアター公開／観望会（三鷹）
- 16 日（土）4 次元デジタルシアター公開（三鷹）
- 21 日（木）三鷹地区安全衛生委員会
- 23 日（土）4 次元デジタルシアター公開（三鷹）
- 25 日（月）運営会議
- 26 日（火）安全衛生委員会（全体会）
- 27 日（水）幹事会議（野辺山開催）

2016 年 8 月

- 8 日（月）研究交流委員会
- 12 日（金）4 次元デジタルシアター公開／観望会（三鷹）
- 19 日（金）太陽天体プラズマ専門委員会
- 20 日（土）4 次元デジタルシアター公開（三鷹）
- 26 日（金）三鷹地区安全衛生委員会
- 27 日（土）4 次元デジタルシアター公開／観望会（三鷹）

2016 年 9 月

- 1 日（木）天文情報専門委員会
- 9 日（金）幹事会議
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）
- 20 日（火）理論専門委員会
- 23 日（金）安全衛生委員会（全体会＋三鷹地区）
- 24 日（土）4 次元デジタルシアター公開／観望会（三鷹）

KAGRA 試験運転報告

13億光年かなたで起こった太陽の数十倍の質量を持ったブラックホールどうしの合体によって生じた重力波が、アメリカの2台の重力波望遠鏡LIGOによって世界で初めて直接捉えられたことにより、重力波検出は理論・実験物理学から観測天文学への大きな転換点を迎えた。国内では、今春神岡地下で建設が進められているKAGRAで、3kmの干渉計に初めてレーザー光を往復させ、試験運転が行われた。本号では、新たな時代への節目を迎えた重力波検出の小特集として、KAGRAの試験運転、Caltechの新井宏二氏から見たLIGOの初検出と現況報告に続き、LIGOアラートを受けて行われたすばる望遠鏡を含む国内の電磁波望遠鏡を用いたフォローアップ観測について諸隈智貴氏が報告する。



大石奈緒子
(重力波プロジェクト
推進室)

試験運転完了

世界を驚かせたLIGOでの重力波初検出発表の翌月、今年3月後半から4月にかけて、KAGRAの試験運転が行われた。KAGRAは宇宙線研究所 (ICRR)、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) とともに国立天文台 (NAOJ) が主要三機関として建設を進めている重力波望遠鏡で、ニュートリノ検出器で有名な神岡の池の山地下に設置されている★01。

試験運転では、一辺が3kmのL字型に設置された真空ダクト内に初めてレーザー光を往復させ、常温干渉計としておよそ1か月弱稼働させた。光学的には簡易な構成が採用されている (図01・図02) ★02。

実際の運転は、当初予定から10日ほど遅れた3月25日 (金) 午前9時に始まり (図03)、3月31日17時に予定通り一時停止、10日間の干渉計の再調整を挟んで後半4月11日から25日までの計496時間行われた。期間中は、共同研究者延べ186人 (65名) が24時間3交代のシフト (エキスパート1名、他2名の各回3名) を組み、データ収集解析棟で装置の状態を見守った。

デジタル制御系

国内で共同研究者がシフトを組んで重力波検出器の運転にあたったのは、国立天文台三鷹キャンパスに設置されている基線長300mのTAMAで、2003年に行われたDT8★03以来のことである。

アナログによる制御だったTAMAと比べ、KAGRAでは3kmという長大な施設で安定した制御を実現するため、デジタル制御系★04が採用されている。特に2015年2月にLIGOから宇宙線研に移った苔山圭以子氏の主導でガーディアンと呼ばれるLIGOで開発された干渉計のロックなどを自動的に行うシステム (オートマトン) が実装されたことによって、長期運転時の安定度や干渉計の稼働率が向上した。TAMAではエキスパートがチェックしていた、干渉計のロックが落ちてから復帰するまでの作業がガーディアンによって実行され、復帰にかかる時間も短縮された。KAGRAが振動の少ない地下に設置されていることや、簡易な光学系構成であったこと、ガーディアンの実装も貢献して、試験運転ではそれぞれ前期85.2%、後期90.4%と高い稼

★ new scope <解説>

★01

KAGRAは2010年秋にプロジェクトが始まり、2012年度からトンネルの掘削を開始、翌年度末に掘削を完了、その後トンネル内に真空ダクトを設置し、2015年春にダクトの設置を終えた。本誌でも2014年2月の特集号でトンネル掘削の様子などを報告している。研究者による装置のインストールや調整は2014年秋頃に始まったが、雪解けから梅雨にかけて増加する湧・滴水に悩まされた。

★02

同規模の観測装置として、アメリカのLIGOが1994年 (Hanfordサイト) 及び1995年 (Livingstonサイト) に、VIRGOが1996年に建設を始めたことと比べると、KAGRAの建設開始は16~18年の遅れがある。しかし、計画が新しい分、雑音を低減するために、地面の振動の少ない地下環境に設置し、熱雑音を低減するためにサファイア鏡を低温に冷却するという野心的な技術を採用した観測装置となっている。

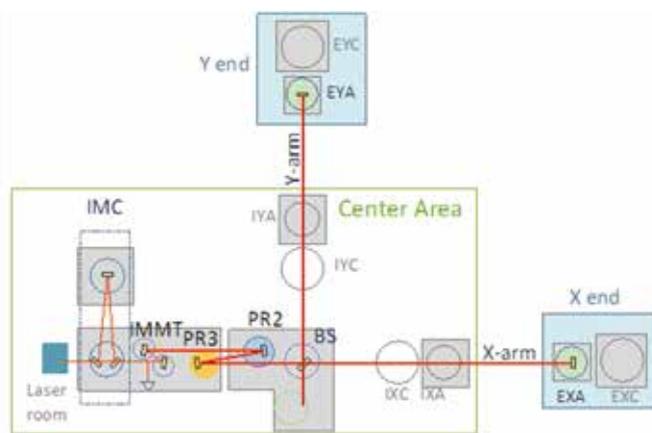
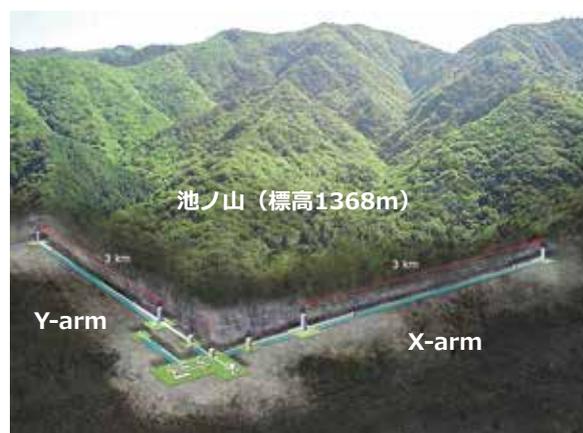


図01 KAGRAのL字型トンネルの設置透視図 (左) と試験運転時の光学系の概念図 (右)。レーザー室から出た光はBS (ビームスプリッター) でX-armとY-armに分かれ、それぞれ約3kmを往復して再度BSで重なり干渉する。

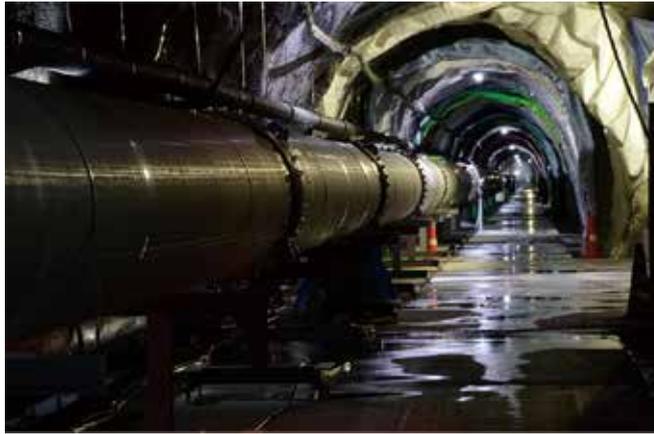


図02 左はKAGRAのトンネル内部。干渉計の長大なパイプが延びている(写真提供:ICRR)。右は、低温鏡がインストールされる真空タンクなど置かれたエリア。

働率が実現した。その結果、潮汐によるトンネルのゆっくりとした伸び縮みなども見えてきた(図04)。



図03a スイッチ ON !



図03b 2016年3月25日午前9:00、齋藤プロジェクトマネージャーが試験運転の開始を宣言した。



図03c 試験運転は順調です!

国立天文台の役割：防振系の開発とインストール

国内外における長年にわたる干渉計開発の結果、レーザー干渉計型の重力波検出器における主な雑音源の一つは、地面の常微振動★05であることが分かっている。地下ではこの常微振動が地表と比べて静かになることが知られており、例えば神岡のKAGRA坑内では、地面の常微振動は、三鷹の100分の1ほど静かである。地面振動の影響を低減して高い感度を実現するために、KAGRAは神岡の地下に設置され、さらに鏡が地面振動で動かないようにするため、鏡は振り子で吊るされる。振動を防ぐ目的で使われるため、これらの振り子は防振系と呼ばれる★06。KAGRAに必要な多数の防振系の設計・製作・インストール・調整が、国立天文台重力波プロジェクト推進室の主要な役割であり、プロジェクト室メンバーの多くが防振系に関わり、開発や調達、インストールの準備を進めている。

KAGRAの主要な光学系は、そのほとんどが必要に応じた防振比を持つ4種類の防振系のいずれかによって吊るされる。たとえばPR3と呼ばれる鏡は直径が25 cm、厚さ10 cm 重さ10 kgと大きいため、振り子は部品点数

newscope <解説>

★03

Data Taking 8

重力波検出器は検出器の要素を開発して干渉計として組み上げ、調整してから長期間設定を変えずにデータ取得(観測)を行うことがある。TAMAの第8期観測はLIGOと同時に2か月ほど行われた。

★04

試験運転時は、低速(16 Hz)のEPICSで18,773チャンネル、高速(64 kHz以下)のリアルタイムシステムで211チャンネルがモニタ・制御されていた。KAGRAのデジタルシステムはLIGOで開発されたものをKAGRAでも使えるように宇宙線研の宮川治氏らによって整備が進められてきた。制御モデルの開発には多くの学生も参加した。

★05

地面が揺れる、というと地震が分かりやすい例であるが、より微細なレベルでは、海の波や車や人の往来などによって常に地面は揺れている。三鷹市にあるTAMA300では、近くの味の素スタジアムで行われたSMAPのコンサートや調布の花火なども干渉計の動作に影響を与えた。



(図03 画像提供：東京大学宇宙線研究所)

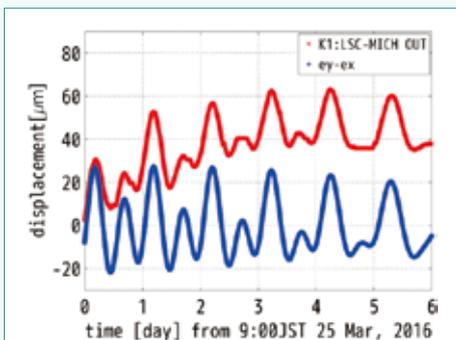


図04 試験運転前期（3月25日から3月31日）に観測された干渉計の光路長差の変動。青線が潮汐から予想される値（海面と同じように、太陽や月の動きによって地面が変形する）。赤が測定値（運転が中断しているところは直線で補完した）。潮汐に加えて、長期的なドリフトがあるように見える。原因は調査中。

の膨大な、大きくて重い（PR3の場合は全体で400 kg弱）★07機械構造物となり、実際の設置や調整には1台につき数か月程度の時間がかかる。今回の試験運転は、簡易な光学構成であったこともあり、防振系も最も簡素なタイプが多く使用されたが、本格観測時に数多く用いられる防振系に近い装置としてPR3が重要な位置付けであった。PR3のインストールでは、国立天文台PDの正田亜八香氏がリーダーを務め、2015年10月からダミー鏡をつかった試験懸架を開始し、2015年内に試験を終了、2016年から本鏡の懸架を開始し、2月にインストールを終えた（図05）★08。

熊本地震

大きな防振系は低い共振低周波を持ち、重力波の信号のある周波数では鏡の振動を良く抑えるが、ゆっくりとした動きがあると逆に大きく揺らされてしまうことがある。4月に

行われた運転後半、熊本地震が起こった。この地震は700 km離れた神岡の坑内にも届き、PR3やBSといった防振系が大きく揺れた。4月14日夜の前震ではPR3の揺れが収まるのを1時間ほど待ってから★09干渉計の動作を復帰した。また、16日未明の本震では、BSの位置がずれたため、制御室からの遠隔操作では復帰できず、担当者が入坑して鏡の再調整を行った。

低温干渉計の実現、さらに本格的な観測へ向けて

さまざまな困難を乗り越え、KAGRAの試験運転は無事終了したが、本格観測実現にはまだ数年の時間が必要である。昨年LIGOで重力波が検出されていることから、所定の感度を達成できればKAGRAでも重力波が検出できることは明らかである。一刻も早く、高い感度を達成して、重力波の国際観測ネットワークに参加したい一方、大きな防振系のインストールには時間がかかり、またKAGRAのもう一つの特徴である鏡の冷却が坑内で実現されるのもこれからである★10。マイルストーンとなる試験運転を終えた現在、KAGRAでは、次の目標である来年度末の低温干渉計の実現に向けて、着実に準備が進められている。

newscope <解説>

★06

振り子は長さが長いほど、段数が多いほどよく振動を抑える。

★07

組み立てにはクレーンを使うため、作業者はクレーンの免許等を取得する。

★08

大型防振系の組立・調整は、数名のチームで行われる。防振系全体の責任者を務める高橋竜太郎氏をはじめ、PR3インストールには多くの学生、スタッフが参加した。

★09

大型防振系では、揺れからの復帰を早くするため、ダンピング（＝共振での大きな揺れを抑えること）制御が実装される。本格観測時には、地震からの復帰もより早くなるように調整される。

★10

鏡の冷却・昇温にも数か月かかる。



図06 スタッフみんなで記念撮影！（画像提供：東京大学宇宙線研究所）



図05 左は、正田さん率いる天文台チームが2月にインストールしたPR3。鏡面の赤い色は保護剤。鏡の直径は25 cm、厚さは10 cm、重さは10 kg になり、防振系全体の重量は400 kg 弱にもなる。左上から時計回りに、奥富さん、藤井さん、正田さん、高橋さん。上は試験運転の準備段階の3月8日に、X エンドに到達したレーザー光。この時はやや上の方に光がずれていたため、上の方が明るく見える。

Advanced LIGOによる 人類初の重力波直接検出

Caltechの新井宏二氏にLIGOの内側から見た重力波直接検出について述べて頂いた。新井氏は国立天文台に在籍した1999年から2009年までTAMA300の開発と観測運転に携わり、2009年よりLIGOプロジェクトにてAdvanced LIGO検出器の装置開発を行っている。

新井宏二
(California Institute
of Technology
LIGO Project/
Senior Scientist)



●重力波の直接検出

米国LIGOプロジェクトは、人類初そして2例目の重力波の直接検出を2016年2月と6月に発表した。これらの重力波の波形から、波源はブラックホール連星の合体であると断定され、検出の国際協定时 (UTC) に基づきGW150914・GW151226と命名された★01。

●LIGO 検出器

LIGOは米国ワシントン州とルイジアナ州に建設された重力波観測施設であり(図01)、CaltechとMITによるLIGO Laboratoryを中心としたLIGO Scientific Collaborationによって研究が推進されている。この約3000 km離れた2つのレーザー干渉計で重力波を同時観測することで、両検出器に共通に起こるイベントの選別や、重力波の到来方向の推定が可能になる。各検出器は一辺4 kmのL字型をしたマイケルソン干渉計で、重力波が4 kmの基線に起こす 10^{-18} mレベルの微小な光路長変化をレーザー干渉の変化として取り出す。初期の検出器構成での観測運転の後、5年に渡



図01 LIGO ハンフォード観測所(上)とリビン
グストン観測所(下)。(Credit: LIGO Lab)

る改良工事の期間を経て、2015年春から性能を大幅に向上させたAdvanced LIGO検出器の稼働を開始した。

●第一の重力波イベント

2015年9月14日 (UTC)、第一期観測O1の開始を待たずしてGW150914が到来した。しかし幸運なことに、テスト運転ER8 (Engineering Run 8) の最終的な「通し稽古」の段階であったため、両検出器とも本番同様に運転されていたのである。到来の数分後には自動解析システムが有力なイベント候補としてリストに登録し、それから大騒ぎが始まった★02。

検出された信号が理論予想とあまりにも合致していたため(図02)、当初は皆が半信半疑であり、人為的な試験信号、環境雑音、技術的な雑音の混入などが疑われたが、予め定められていた手続きに沿って詳細な検証作業を進めるにつれ、当初の疑いは次々に否定されていった。特に両検出器の出力信号を時間ずらしして解析し、イベントの有意性を検証するタイムスライド解析の結果は非常に強い根拠となった。GW150914の場合、匹敵するレベルの雑音の頻度から、雑音由来ではないということが 5.1σ 以上の信頼度(誤検出確率20万年に一回以下)で示された(図03)。

●第二の重力波イベント

4か月にわたるO1観測は2016年1月に終了した。各検出器は約60%の稼働率で運用され、同時観測の稼働率は43%であった。「初検出がいくら幸運であったとしても、観測開始から間を置かずには明瞭なイベントが見えたのだから、O1全期間でさらにイベントを捕まえなければ統計的に説明が難しいのではないか?」。そんな疑問に答えるかのよう
に、クリスマス休暇中にも観測を続けていた2015年12月26日 (UTC) には、再び有力なイベント候補を捉えた。このイベントについても 5σ 以上の信頼度が確認され、第二の検出例GW151226となった★03。また検出が有意

★ newscope <解説>

★01

<https://www.ligo.caltech.edu/page/detection-companion-papers>

★02

検出に至るまでの装置開発の道については天文月報 第109巻 第6号 P381-382 (2016) を、検出前後の研究者のタイムラインは<http://ligo.org/magazine/LIGO-magazine-issue-8-extended.pdf> も参照されたい。

★03

Phys. Rev. Lett. 116, 241103 (2016)

★04

<http://gruber.yale.edu/prize/2016-gruber-cosmology-prize>

★05

<http://www.kavliprize.org/prizes-and-laureates/prizes/2016-kavli-prize-astrophysics>

★06

<http://www.shawprize.org/en/>

★07

<https://breakthroughprize.org/>

●重力波初検出の物理学・天文学への貢献に対し、既にいくつもの国際的な賞が与えられています★04-06。中でもブレイクスルー賞基礎物理学特別賞★07はLIGOの創始者であるドレーバー教授、ソーン教授、ワイス教授、そしてこの発見に貢献した1012名の科学者に与えられました。国立天文台からは重力波プロジェクト推進室長のフラミニオ教授とバートン特任研究員(図04)が受賞したほか、本稿の著者である新井氏をはじめ、過去に国立天文台に在籍した多くの研究者が名を連ねています。

とは言えないがブラックホール連星合体らしきイベントLVT151012（信頼度 2σ ）も見つかった。

●第二期観測運転

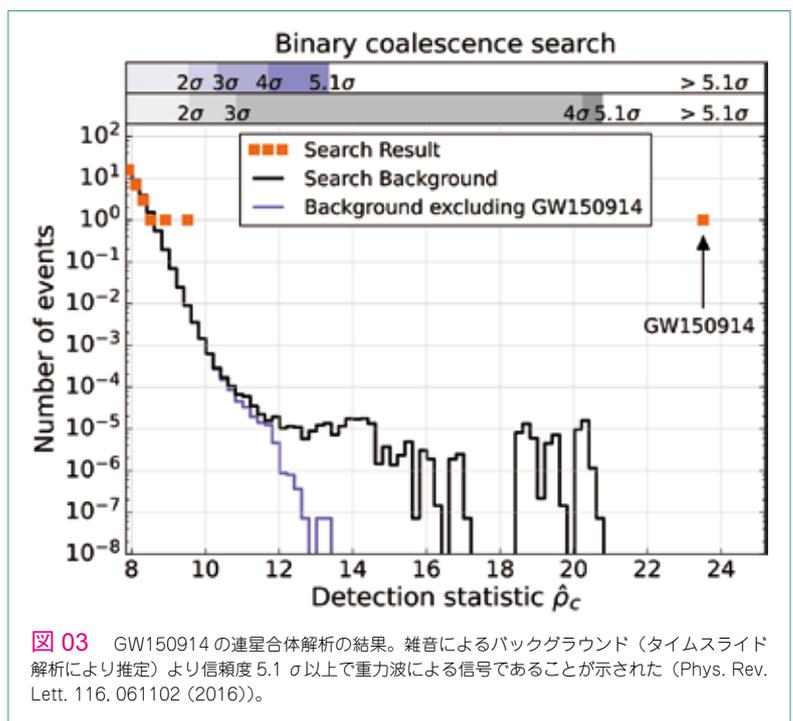
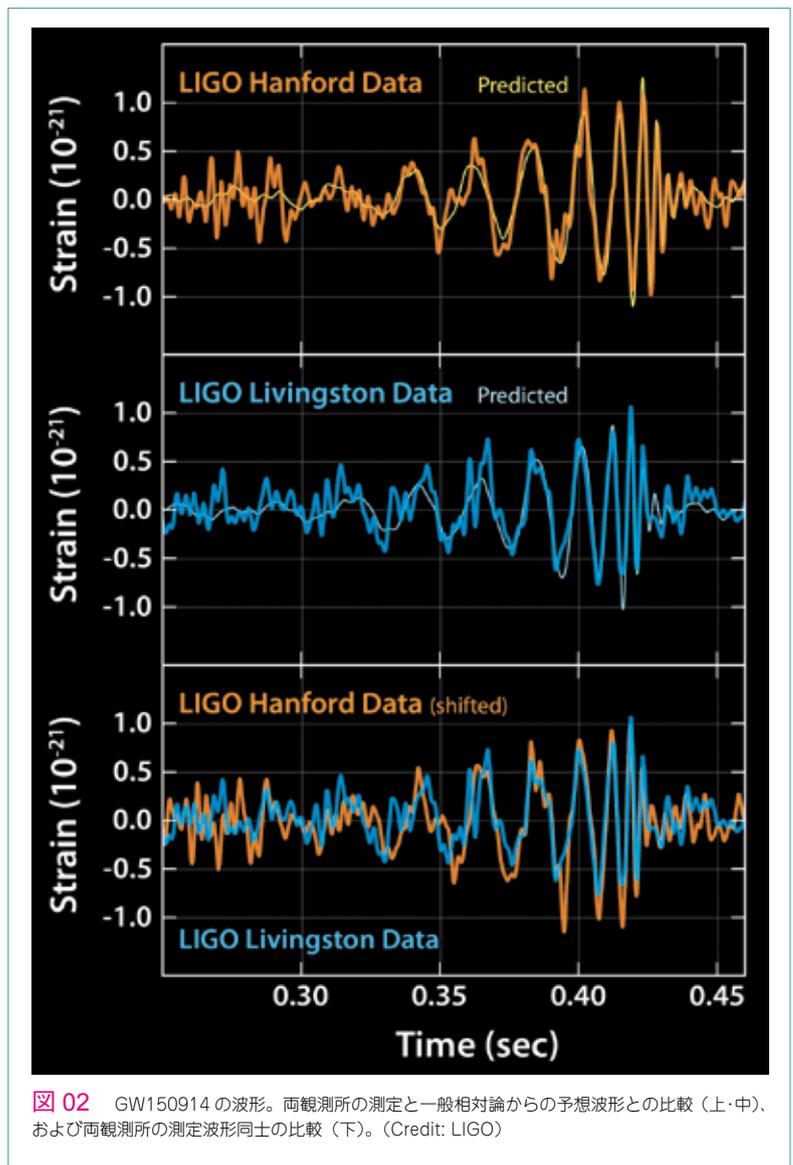
今秋からの第二期観測O2では、改良のための作業期間を途中で挟みつつ、稼働期間を合計で半年程度にする計画である。装置に携わる科学者・技術者たちは重力波検出の余韻に浸る暇もなく、O2へ向けて感度と稼働率の改善に頭を絞らせている。LIGOでは一般に両サイトで課題を分担して解決して、全体としての開発速度を上げる方策がとられる。それでもなお、ブラックホール連星の検出感度向上に重要な100 Hz以下では既知・未知の雑音が複数重なり合っており、一筋縄ではない。

●今後の展望

LIGOの重力波検出は本格的な重力波天文学の扉を開いた。LIGOでは今後も設計感度を目指してAdvanced LIGOの改良を継続していく。今後の観測では、ブラックホール連星合体の統計の蓄積、従来の本命であった中性子星連星合体からの重力波の探査、電磁波観測と協力した波源天体の特定、などが天文学上の高い重要性を持つだろう。また、LIGOは重力波検出には複数検出器の信号を使うことが根本的であるということを示した。特に、レーザー干渉計の指向性は弱く、2台では波源の位置特定には限界がある。光学対応天体を効率よく発見するためには、国際的な重力波検出器ネットワークが必須である。仏伊のプロジェクトによるVirgo検出器は来春の稼働予定で、国立天文台も推進しているKAGRA検出器も早期稼働が期待されている。また第三のAdvanced LIGO検出器をインドに建設する計画がインド政府により承認され、2020年代に稼働開始の予定である。目標とする感度が明確になったと言う点でも今後の検出器開発に弾みがつくであろう。



図04 フラミニオ教授（左）とバートン特任研究員（右）。



重力波電磁波対応天体の同定へ向けて

2015年9月から約4か月にわたって行われた Advanced LIGO による重力波観測ラン (O1) において、2件の重力波 (GW150914、GW151226) が検出されました。本稿では、これら2件の重力波検出に対して、私たちの行った光赤外線におけるフォローアップ観測について紹介します。

諸隈智貴
 (東京大学大学院
 理学系研究科附属
 天文学教育センター
 助教)



● J-GEM

個別の天体の観測の話の前に、J-GEM なる組織について紹介します。J-GEM は、Japanese collaboration for Gravitational wave ElectroMagnetic follow-up の略称で、広島大学・吉田道利氏を代表とし、光赤外線および電波での重力波電磁波対応天体フォローアップ観測を行うためのグループです。図01に示すように、日本国内のみならず、ニュージーランド、中国・チベット、南アフリカ、チリ、米国・ハワイと南北半球を含む多経度にわたる観測施設を備えています(脚注：一部は共同利用望遠鏡です)。2014年には、重力波検出のアラートを受けて観測を行うための覚書を LIGO-Virgo collaboration と交わしました(脚注：日本に関連するところでは、CALET、MAXI、AROMA^{★01}の観測グループが別途覚書を交わしています)。私たちは、覚書の締結後、LIGO から出される重力波アラートの受信、観測天体・視野決定、観測の遂行、データ解析、候補天体選択という一連のプロセスの準備を進め、2015年9月から始まる最初の観測ラン (O1) に備えました。同様に覚書を結んだ機関・グループは本稿執筆時点で180以上にものぼります。これは「電磁波対応天体の同定が非常に難しく」、かつ「その同定の天文学的な価値が非常に高いこと」を意味します。

同定の困難さの原因の一つは、その位置決定精度が現時点での Advanced LIGO 2台では数百平方度、Advanced Virgo、KAGRA の完成後であってもそれでもまだ10平方度程度と悪いこと、もう一つは、重力波源がどのような電磁波放射をするのか、少なくとも観測的には私たちはほとんど無知である(ショートガンマ線バースト^{★02} GRB130603B の後期のハッブル宇宙望遠鏡による近赤外線での検出は中性子星合体からの放射で説明されています) ことによると考えられます。

重力波源の電磁波対応天体、特に中性子星合体からの電磁波は、様々な理論的予測から、超新星爆発と比べて「暗く」、

(r-process 元素^{★03}による吸収が大きく)、「素早く暗くなる(光度進化の時間スケールが短い)」と考えられています。これがとらえられれば、r-process 元素の起源、中性子星という高密度下における状態方程式、ショートガンマ線バーストとの関連等について様々な知見が得られることでしょう。

● 最初の重力波直接検出：GW150914

最初の重力波のアラート GW150914 は、Advanced LIGO 観測ラン O1 の開始予定の 2015年9月18日の、なんと2日前の9月16日に情報が送られてきました。ご存知の方も多かもしれませんが、当初は「本物の現象と同じ頻度で偽の信号注入を行う」と言われていました。一方で、当時重力波源として想定していた中性子星合体からの重力波検出の頻度は年1回程度でした。そのような状況下で、観測ラン正式開始の2日前にアラートを受け取った私たちの心境は読者の皆様にお察しいただくとして……とにかく真実は観測してみなければわからないので、急いで観測の準備を始めました。GW150914 は、その存在確率の高い領域が南天に位置し、北天領域もほぼ太陽の方向、という北天主体の J-GEM には

★ newscope <解説>

★01 CALET、MAXI、AROMA

● CALET：国際宇宙ステーションの「きぼう」に搭載された観測装置 (CALorimetric Electron Telescope：CALET) で、主検出器 CAL で 1GeV から 10 TeV、そして、ガンマ線バーストモニター (CGBM) を用いて 7keV から 20 MeV という、X線からガンマ線にわたる広いエネルギー帯で突発天体の観測を行っている。

● MAXI：国際宇宙ステーションの「きぼう」に搭載された全天 X線監視装置 Monitor of All-sky X-ray Image (MAXI)。2~20keV のエネルギー帯で 92分ごとに全天を観測し、X線突発天体のアラート情報を即時公開している。

● AROMA：青山学院大学の運用している 30 cm 可視光ロボット望遠鏡と 12 台の一眼レフカメラを用いた 30度×45度の視野を持つ広視野観測装置で、突発天体のフォローアップ・モニター観測を行っている。

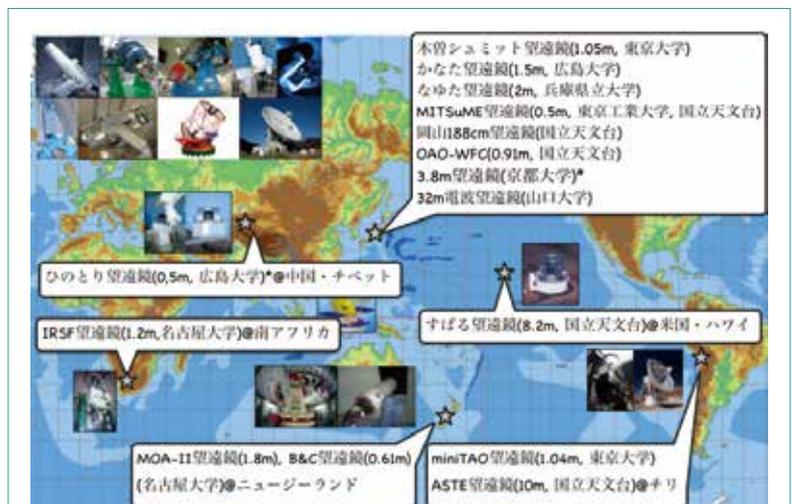


図01 J-GEM の望遠鏡群。*印は建設中。

最悪に近い条件でしたが、木曾シュミット望遠鏡での無バイアス広視野サーベイとニュージーランドB & C 61cm望遠鏡での近傍銀河ターゲット観測を行いました (Morokuma et al. 2016, PASJ, in press)。位置決定精度が600平方度と悪い中 (図02参照)、わずか (とは言え可視光観測としてはかなり広い) 24平方度と近傍の18銀河の観測にとどまった上に、後に、この重力波は、強い電磁波放射は期待されないブラックホール連星の合体であることがわかりましたが、私たちJ-GEMメンバーにとっては、重力波天文学が実際に始まったこと、そして重力波電磁波対応天体を探するための観測が本当に始まったことを実感させるには十分なイベントでした。

●2つ目のイベント：GW151226

クリスマス直後のこのアラートGW151226のGW150914との違いは、私たち自身が一連の流れを経験済みであることに加え、「J-GEM観測施設からのvisibilityが良いこと、特にすばる望遠鏡からのvisibilityが良いこと」があげられます。Nissankeらの論文 (Nissanke, S., Kasliwal, M., & Georgieva, A. 2013, ApJ, 767, 124) などと言及されているように、すばる望遠鏡の超広視野カメラHyper Suprime-Cam (HSC) は、既存の観測装置の中で最も高い効率で中性子星合体からの可視光放射をとらえることができると期待されています。これは、すばる望遠鏡の大口径、HSCの広視野、HSCのCCDの長波長側(1 μ m付近)での高い感度のおかげです。到来方向確率の高い領域50平方度を、iバンド(波長0.8 μ m、5 σ 限界等級約24.4等級)、zバンド(波長0.9 μ m、5 σ 限界等級約23.7等級)の2つのフィルターで、2016年1月6日、12日、2月5日(いずれも米国・ハワイ時間)の3度にわたって観測を行い、中性子星合体からの電磁波の特徴であると考えられている「暗く」、「赤く」、「数日の時間スケールで暗くなる」天体を探しました。目下のライバルと考えられるCTIO 4m望遠鏡のDECamによる探査では、約30平方度にわたって5 σ 限界等級がiバンド約21.7等級、zバンド約21.5等級であった (Cowperthwaite et al. 2016, arXiv:1606.04538) ことを考える(2.5等級深い観測は約30倍の探査体積に相当) と、すばる望遠鏡HSCがいかに強力がかわかりいただけるかと思えます。

このGW151226に対しては、すばる望遠鏡HSCの他に、木曾シュミット望遠鏡、MOA-II望遠鏡での計約1000平方度におよぶ広視野観測、かなた望遠鏡、なゆた望遠鏡、岡山91cm望遠鏡、岡山・明野MITSuME望遠鏡、

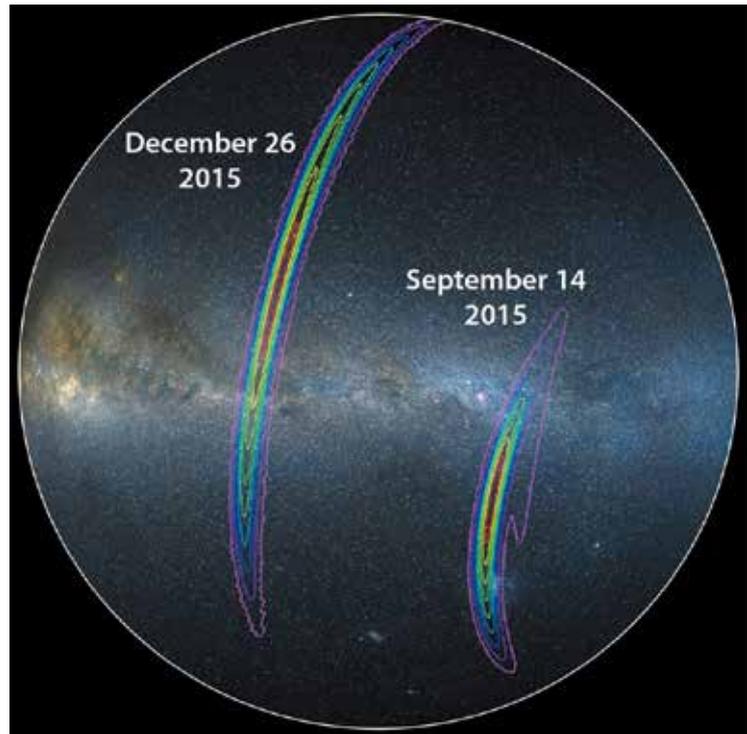


図02 GW150914, GW151226の到来方向確率マップ。右側がGW150914(約600平方度)、左側がGW151226(約850平方度)である (<http://www.ligo.org/detections/images/localization-comparison-gw150914-gw151226.jpg> より)。

IRSF望遠鏡でのターゲット銀河観測を行いました。この結果の詳細については、現在、論文を準備中ですので、出版まで少々お待ちいただけたらと思います。

●今後に向けて

私たちにとって最初の電磁波フォローアップ観測ランであったO1では、各J-GEMメンバーがそれぞれの担当望遠鏡でのシステム整備、観測、解析を試行錯誤を重ねて進めてきました。特にGW151226のアラート後は、個人的には、その当時連発していたMAXIアラートへの対応も含め、私の研究人生で最も観測をした年末・年始となりました。それはさておき、2016年9月には、より高い感度を持つAdvanced LIGOによる第2回目の観測ラン(O2)が始まり、その途中からはAdvanced Virgoも加わった重力波観測が行われる予定です。大量のフォローアップ観測データから対応天体という宝物を見つけるためには、頻度も上がるであろうアラートへの対応をなるべく自動かつ系統的に行うことが求められます。(観測天文学者にとっては) あいにくこれまでの2件はブラックホール連星の合体でしたが、中性子星合体またはブラックホール・中性子星合体からの重力波の検出を待ち、これらの電磁波をJ-GEMでとらえる日が来ると信じて私たちは準備を進めています。

★ newscope <解説>

★02

ショートガンマ線バースト

ガンマ線帯における突発天体ガンマ線バーストのうち、継続時間が2秒以下の短い現象を指す。その起源はコンパクトな連星(中性子星同士または中性子星とブラックホール)の合体であると考えられている。これらの連星合体から検出される重力波にショートガンマ線バースト及び関連する電磁波放射が付随していることがわかると、ショートガンマ線バーストの起源の強い証拠となり、重力波およびその後の電磁波観測への期待が大きい。

★ newscope <解説>

★03 r-process 元素

鉄などの元素に中性子が捕獲されることにより合成される、鉄より重い元素の総称。中性子の密度が高い環境で合成され、素早い捕獲過程(rapid process)と呼ばれることから、これらの元素をr過程元素と呼んでいる。

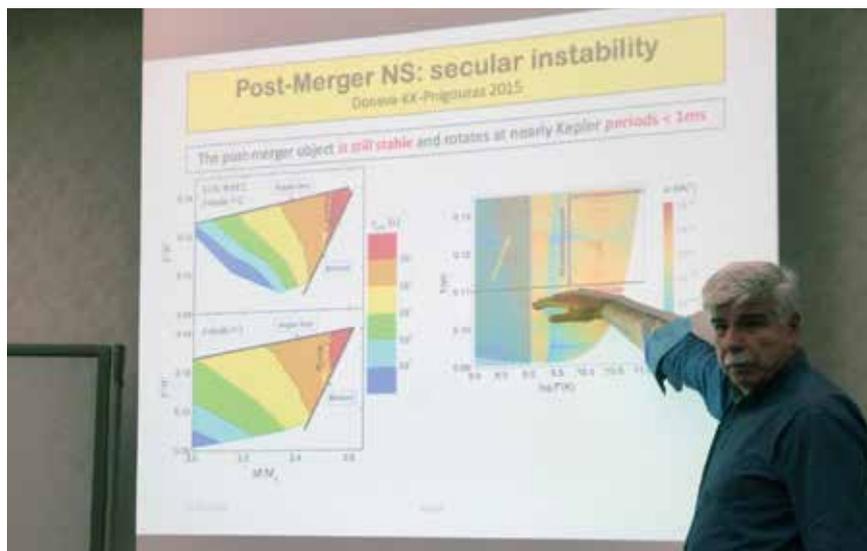
「第4回 DTA シンポジウム」 報告

祖谷 元 (理論研究部)

国立天文台にて、The 4th DTA Symposium “Compact stars and gravitational wave astronomy” を2016年5月13日～14日の日程で開催しました。このシンポジウムは、国立天文台理論研究部の主催で、2014年に第一回を行って以来、今回で4回目となる研究会シリーズの一環です。告知期間が短かったにもかかわらず、20名を超える著名な研究者が参加してください、自由闊達な議論を行うことができました。

2015年に初めて重力波の直接検出に成功したことで、重力波を使った天文学ができるようになる日も近いと期待されます。一方で、重い星の最期である超新星爆発後にできるコンパクト天体の内部密度は、優に原子核飽和密度を超えるため地球上での原子核実験からコンパクト天体を記述する状態方程式への制限は非常に困難です。さらにコンパクト天体は強磁場や強重力場を伴うため、天文観測を通してそのような極限物理を知る手がかりを得ることができるかもしれません。そこで、本シンポジウムでは「コンパクト天体と重力波天文学」という表題で、コンパクト天体に関する未解決問題や重力波天文学の重要性を中心に広い視点で議論を行いました。

特に、世界的に著名な2名の研究者に招待講演をお願いしました。2016年4月末から国立天文台客員教授として赴任さ

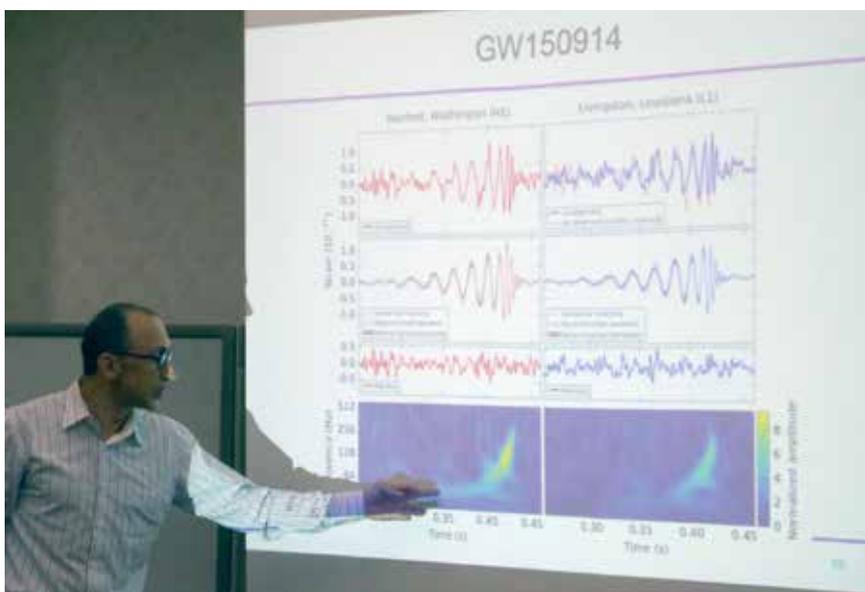


K. Kokkotas 教授の講演。

れたK. Kokkotas教授(ドイツ・チュービンゲン大学)には理論的な立場から、国立天文台重力波プロジェクト推進室長であるR. Flaminio教授には観測的な立場から重力波の直接観測がもたらす重要性についてご講演いただきました。また、それぞれの分野で最先端の研究を行っている国内の若手研究者として、関口雄一郎准教授(東邦大学)、滝脇智也助教(国立天文台)、田中雅臣助教(国立天文台)のお三方にも招待講演をお願いいたしました。合わせて、周辺分野を含む多岐にわたる一般講演を通して幅広い議論ができました。

今回の重力波直接観測は、ブラックホール連星系の合体でしたが、物理的には中性子星を含む連星系の合体の方が興味深いかもしれません。中性子星連星系や中性子星・ブラックホール連星系合体時における重力波を観測することで、中性子星物質に関する状態方程式の制限が期待されています。また、連星系合体により放出される電磁波放射は、重力波天体の同定には不可欠です。一方で、超新星爆発も重力波源としては有力な候補です。未だ爆発メカニズムにおいて解決されていない問題もありますが、重力波観測を通して高密度領域における物理の理解が進むことでしょう。超新星爆発後の残される中性子星に関しては、星の安定性や磁場構造など詳細な物理が議論されました。特に、中性子星(特に原始中性子星)における不安定性は重力波放出に繋がります。また、ニュートリノは、連星系合体においても超新星爆発においても重量な物理量であるとともに、天文観測の目の一つです。電磁波、ニュートリノに次ぐ、新たな目として重力波が加わることでこれまで見えなかった世界も見えてくるはずで

今回のシンポジウムでは、短い時間ではありましたが、非常に密度の濃い有意義な議論を行うことができたと思います。本シンポジウムを通して、新たな研究課題の設定や未解決問題への新たなアプローチの発想が生まれたのであれば嬉しい限りです。



R. Flaminio 教授の講演。

岡山188 cm 反射望遠鏡の主鏡蒸着作業、無事完了！

戸田博之（岡山天体物理観測所）

2016年6月6日より始めた188 cm 反射望遠鏡の主鏡の蒸着（メッキ）作業は無事完了し、新しいアルミニウム膜に覆われた鏡は再び望遠鏡に取り付けられました。

蒸着作業は、昨年大きな作業工程の変更を行っています。それは、古いアルミメッキを剥がした後、目に見えない溶け残ったアルミメッキや、表面に付着した汚れを落とすための重曹による研磨作業を行わないという作業の省力化を行いました。1年間の経過観察をしていましたが、反射率の変化、目視による鏡面の状態確認は悪い結果ではなかったため、今年も重曹研磨を行いませんでした。



図01 再蒸着後の188 cm 反射鏡。

岡山天体物理観測所では他機関の望遠鏡の鏡も受け入れて蒸着作業を行っています。188 cm 鏡に引き続き、広島大学東広島天文台1.5m 鏡の蒸着作業も行いました。

188 cm 反射鏡、広島大学東広島天文台かなた望遠鏡1.5m 反射鏡とも新品の輝きを取り戻しました。188 cm 鏡の焦点距離は9.15 m、かなた望遠鏡1.5 m 鏡は焦点距離3.0 m。2つの鏡の焦点距離の違いは、鏡に映った像を見てもわかります（図02・図03・図04）。

なお、今年の作業では天文情報センター、野辺山宇宙電波観測所より職員の派遣を受けて行いました。また、ハワイ



図02 再蒸着後の広島大学東広島天文台かなた望遠鏡1.5m 反射鏡。

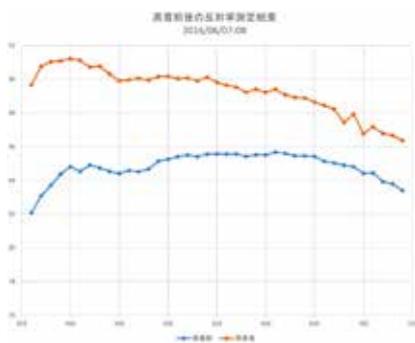


図03 188 cm 反射鏡蒸着前後の分光反射率測定結果。横軸は波長、単位は nm。縦軸は反射率、単位は %。全波長にわたって反射率が回復しています。

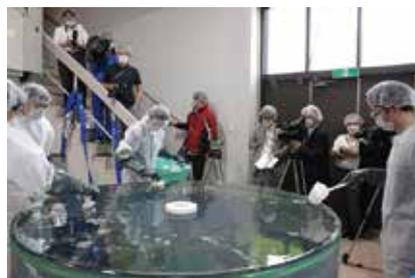


図04 古いアルミニウム膜の剥離作業。水酸化ナトリウム溶液で古いアルミニウム膜を溶かします。後ろには作業を取材にいられたマスコミのみなさん。マスコミ向けには蒸着作業の「見せ場」だった重曹研磨作業がなくなったためか、今年はいくつきの半分以下でした。

観測所から主鏡再蒸着研修を受け入れ、2人の職員の方に蒸着作業に従事していただきました。みなさんのご協力に感謝いたします。以下、主鏡再蒸着研修参加者のコメントをご紹介します。

●沖田博文 助教

主鏡再蒸着研修に参加させていただき、蒸着作業の全行程にわたって理解を深める事が出来ました。一つ一つの工程の作業の必要性や、全体の流れを理解することが出来ました。蒸着作業自体は岡山とハワイで全く同じですが、岡山では手作業による難しさ、ハワイでは大型装置の使用による難しさといった違いにも気が付きました。今後研修の経験を生かし、ハワイでの安全確実な蒸着作業に繋がりたいと考えています。

●佐藤立博 技術員

ハワイ観測所から岡山での主鏡の再蒸着研修に参加させて頂きました。作業手順の確認、人員配置、安全への配慮と非常に良い研修となりました。また、洗浄作業では実際に、手を動かし主鏡洗浄の作業を経験させて頂きました。これらの研修経験をハワイでの蒸着作業にも活かしていきたいと思えます。

蒸着作業後は、ハルトマンテスト（図05）、注油作業（図06・図07）、コンピュータやソフトの更新などを行ない、7月下旬の共同利用観測再開を迎えます。



図05 鏡筒の先に装着されたハルトマン板。鏡筒の先に等間隔に穴をあけたハルトマン板をつけて、焦点の前後で恒星像を撮影し、その画像から鏡面の状態や収差を調べることができます。



図06 望遠鏡ウォーム・ギヤへの注油作業。



図07 ドーム車輪への注油作業。

CAP 国際研究会にて、国立天文台スタッフが活躍！

白田-佐藤功美子・柴田幸子（天文情報センター普及室・IAU国際普及室）

●CAP研究会とメデジン

天文学コミュニケーションCAP（Communicating Astronomy with the Public：通称「キャップ」）は、国際天文学連合（IAU）がすすめる天文学普及事業のひとつです。ジャーナルを発行したり、研究会を開催したりしています。2005年、ドイツ・ミュンヘンで最初の研究会が開催されたのを皮切りに、2007年（ギリシャ・アテネ）、2010年（南アフリカ・ケープタウン）、2011年（中国・北京）、2013年（ポーランド・ワルシャワ）にて開催され、今回、初めて南米での開催となりました。

研究会が開催されたメデジンはコロンビア第2の都市です。会場となった科学館、パルケ・エクスプローラは「探検パーク」という意味で、インタラクティブな展示が多く、遊びながら科学を学べます。研究会期間中も、連日地元の学校が団体見学に訪れていました。

研究会実行委員長のひとりが、国立天文台内にオフィスをかまえる、IAU国際普及室のチャン・シーリュンさんです。約20か国から約200人が参加しましたが、そのうち9名が国立天文台からの参加者です（図01）。

●国立天文台スタッフ大活躍

5日間にわたる研究会は、午前中に全体セッションが、午後には4か所にわか



図01 記念の集合写真。



図02 実行委員長を務めたチャン・シーリュンさんのIAU国際普及室についての講演。



図03 「インクルーシブな天文学」のワークショップ。

れてワークショップやパラレルセッションが行われました。加えて初日はウェルカムパーティー、2日目はコンサート、3日は市内観光、4日目はバンケットと、休む時間もないハードなスケジュールでした。国立天文台からの9名は、それぞれ口頭やポスター発表、ワークショップを行いました。セッションの座長をまかされたスタッフもいました。

研究会以外では小林弘さん（総研大）が、現地の大学で日本語を学ぶ学生向けに、宇宙や日本文化の話をしました。矢治健太郎さん（太陽観測所）、藤原英明さん（ハワイ観測所）、小林さんはネットワークで東京の科学技術館とつなぎ、科学ライブショー「ユニバース」にて、研究会やコロンビアの様子を伝えました。

●2つのワークショップ

合計12のワークショップが行われましたが、そのうち2つは国立天文台スタッフによるものです。

①インクルーシブな天文学（リナ・キャナス、白田-佐藤功美子、コロンビアのアンヘラ・ペレス）

障害者やマイノリティーなど、万人が楽しめる天文学というテーマで、視覚障害者や聴覚障害者向けプログラムについて紹介しました。ペレスさんが地元コロ

ンビアで使っている「触れる教材」を中心に、参加者に触ってもらいました。5日目には、最も人気が高かった4つが「アンコール・ワークショップ」を行いました。このワークショップも選ばれました（図03）。

②Mitakaで宇宙旅行（白田-佐藤功美子、リナ・キャナス、柴田幸子、小林弘）

国立天文台の4D2Uプロジェクト（<http://4d2u.nao.ac.jp>）が開発したMitakaソフトを、各自パソコン上にインストールし、操作してもらいました。Mitakaは科学的に正しいデータを映像化した、インタラクティブな無料ソフトで、学校や科学館などで有用です。日本語と英語に加えて既にフランス語、スペイン語でも操作が可能になっていました。参加者の半数は英語よりスペイン語を好まれる方でしたが、Mitakaソフトは大変好評で、終了後に「このソフト、必ず使うよ」と言って下さった方もいました（図04）。



図04 「Mitakaで宇宙旅行」のワークショップ。

●「翻訳プラットフォーム」プロジェクト

国際的な普及活動を行う上での最大の困難は言語の壁です。そのためIAU国際普及室では、普及活動に携わる人が利用できる「翻訳プラットフォーム」プロジェクトを始めました。世界中の優れた活動や教材、面白いニュースなどに多くの人がアクセスできるネットワーク作りを目指しています。ウェブ上のプラットフォームに依頼者が翻訳してほしい情報を上げ、ボランティアが翻訳し、校閲者が科学的な内容や文法をチェックして公開するという仕組みです。

研究会で説明を行い参加を呼びかけると、国や立場も様々な9人が加わって



れました。16か国が共同運営するヨーロッパ南天天文台（ESO）で広報の翻訳を取り仕切っている担当者、ESOの翻訳登録者、天文教材の翻訳を行っているプラネタリウムスタッフ、ボランティアと多くの活動を成功させているプロジェクトマネージャーなどです。最終日の分科会では、多くの貴重な意見が集まりました。特に、人的ネットワークが大事であることや、用語集を作りそのレベルを維持する必要性が指摘されました。

また柴田より5人へ個別のインタビューを行うことができました。インドやアルジェリア、エクアドルなど、自国での言語の問題やニーズ、自身の翻訳の経験などについて話してもらいました。今後も調査やメンバーとの議論を続け、来年度の試行開始を目指しています。

● 科学技術でよりよい世界を

大変忙しい5日間でしたが、様々な参加者からよい刺激を受け、大変有意義でした。メデジンの人々は穏やかで親切で、研究会以外でも楽しむことができました。つい数十年前、コロンビアでは社会的混乱の中で暴力がたえなかったそうです。しかし、科学技術などを土台とした大きな改革が行われ、メデジンは2013年に米国ウォールストリート・ジャーナル実施による「今年の最も革新的な都市」1位に選ばれました。そのためか、地元の人々がバルケ・エクスプロラ科学館のことを誇りに思っている雰囲気が感じられました。2日目の夜、科学館敷地内で野外コンサートが行われました。オーケストラ演奏の背景で宇宙の映像が映し出されました。雨だったにも関わらず、4000人が傘をさしながら音楽と映像を楽しみました（図05）。プラネタリウム



図05 野外コンサート。雨の中、4000人が傘をさしながら音楽と映像を楽しみました。

の館長さんが、興味深いエピソードを語って下さいましたが（詳細は、縣秀彦さんのコメントを参照）、天文学をはじめとする科学技術を広めることで、より

よい世界を目指すための土台作りができるのだと確信しました。コロンビアでの経験をもとに、より発展的な天文学普及活動を行っていききたいと思います。

各参加者からのコメント

図06 今回の日本の参加者。右手前から時計回りに、柴田幸子、(ペルーからの参加のJICAの辻太一さん)、小林弘さん、縣秀彦さん、チャン・シーリュンさん、リナ・キャナスさん、白田-佐藤功美子、藤原英明さん、矢治健太郎さん。



私がスタッフのコメントを集めました！

矢治健太郎（太陽観測所）

★情報収集もかねて「太陽の魅力をどう伝えるか？」という口頭発表を行いました。IAU会長のシルビア・トーレスさん（メキシコ）が、わたしのとなりに座ってびっくり。キートークのアマンダ・パウアーさん（豪）が生後3か月の娘さんを抱きながら講演していて、またびっくり。世界中の天文関係者がどんな普及活動を行っているのか、特にコロンビアの天文教育普及活動が非常に活発なことがよくわかりました。今回、南米で開催した意義が大きいと思います。

縣秀彦（普及室）

★プラネタリウムの館長さんが、大変興味深いエピソードを語ってくれました。15歳ぐらいのギャング団の若者たちが、プラネタリウムにやってきました。普段は、学校にも行かずグループ抗争に明け暮れている心のすさんだ若者たちです。そのリーダーがプラネタリウム番組を見終わって、ドームから出てきてこう言ったそうです。「俺たちはいつも狭いテリトリー争いを繰り返しているけど、間違っていた。地球全体が俺たち人間にとってのテリトリーなんだ」。それから抗争は収まり、若者たちは学校に通い始めたそうです。社会が抱える多くの問題のほぼすべての元凶に貧しさがあり、それを克服するために豊かさをもたらしてくれる科学技術の重要性を発展途上国の人々の多くが強く信じています。そして、科学教育に力を入れています。コロンビア・メデジン市の科学館とプラネタリウム館を訪問し、物質的な豊かさのみならず、天文学は心の豊かさを私たちにもたらしてくれることを実感しました。

チャン・シーリュン（IAU国際普及室）

★CAP研究会に参加したのは5回目になりますが、今回初めて実行委員長を務めました（図02）。回を重ねる毎にCAPコミュニティーが大きくなり、それがいかに大きな影響を社会に与えてきたかを見られたのは、私にとって極めて素晴らしい経験となっています。実行委員長のひとりとして研究会のしくみを改変し、世界中で天文学コミュニケーションを行っている参加者が新しいスキルを習得できるように、ハンズオンのセッションを増やすことができ、とても良かったと思います。

リナ・キャナス（IAU国際普及室）

★CAP研究会は、国立天文台や日本国内での教育普及プログラムを世界に広める絶好の機会でした。ワークショップなどを通じて日本の活動を知ってもらうことで、日本と海外の橋渡しができたと確信しています。国立天文台スタッフと一緒に情報提供を行い、将来の国際連携に向けて、他国からの参加者より強いつながりを持つことができました。その成果は既に目に見える形で現れています。9月に国立天文台で開催予定の「第3回ユニバーサルデザイン天文教育研究会」（<http://prc.nao.ac.jp/fukyu/ud2016/>）のアナウンスをしたところ、東アジアをはじめとする様々な国から反響がありました。日本でのインクルーシブな天文学の教材や活動についてもっと知りたい、研究会に参加したい、といった声がよせられました。

林左絵子（ハワイ観測所）

★ハワイ島・すばる望遠鏡での広報普及活動について、口頭発表を行いました。特に2004年より行っている一般向け施設見学プログラムを主要な材料として、遠隔の日本と、文化／言語が異なる（多様でもある）地元とそれぞれへの対応の工夫を披露させていただきました。他の方々の発表からそうした工夫について学ぶ貴重な機会でもありました。



藤原英明（ハワイ観測所）

★すばる望遠鏡に搭載された巨大カメラ Hyper Suprime-Cam (HSC) のデータを使った広報活動の取り組みについて発表しました。早速ESA（欧州宇宙機関）の方が注目してくださり、HSCで撮影したチュリュモフ・ゲラシメンコ彗星画像について「ロゼッタ」ミッションと協調した情報発信につながりました。また、アメリカ天文学会などのプレスオフィサーと率直に意見交換をする機会にも恵まれ、私自身が担当しているすばる望遠鏡プレスリリースの戦術などを再考する大変良いきっかけとなりました。

小林弘（総研大）

★日本の「祭り」をテーマとして、無関心層をメインターゲットに実践した天文普及について口頭発表しました。世界やコロンビアでの天文教育・普及が想像以上で活発であることを体感し、刺激となりました。また、現地ではエアフィット（Eafit）大学で日本語を学んでいる学生に向けてMitakaを用いた宇宙の話や日本の文化について講義をしました。帰路では、米国シカゴ・アドラープラネタリウムを立ち寄ったのですが、その後荷物検査に引っかかり飛行機を乗り逃したのはよい経験でした。

「電波天文観測実習2016」報告

衣笠健三 (野辺山宇宙電波観測所)

「この観測でのテーマは何にしよう?」「アンモニアだけでなく他の分子も観測できそう」「できるだけ色々な分子の観測をしてみよう」

これは、今年の電波天文観測実習のA班の観測計画立案中の様子です。初日の集合から3~4時間程度で、実習生は多少戸惑いながらも、翌朝の観測を意味あるものにしようと、tutorの意見を聞きつつ、自分たちの考えを出し合っていました。

野辺山宇宙電波観測所では毎年、総研大「夏の体験学習」として、天文学に関心を持つ理科系の大学生を対象に電波天文観測実習を行っています。45m電波望遠鏡を使った観測を通して、電波天文学の観測研究の実際にふれてもらい、将来の進路決定などに役立ててもらうことが目的です。今回は数えて18回目ですが、アルマ望遠鏡の紹介も行うことで電波天文学全般の入門コースになるように多少プログラムを変えました。日程は、今年も6月開催です。夏期メンテにおいて大規模な45m電波望遠鏡のメンテナンス(塗装工事)が予定されていて、その期間は望遠鏡を動かすことができなくなるためです。

応募数は昨年並みの数字で、書類選考の結果12名が決まりました。ほぼ3倍の競争率です。4年生は昨年より少なくなり4名、3年生6名、2年生2名とバランスのよい学年層になりました。北は北海道から西は京都までと少し東日本よりの分布ですが、全ての参加者の大学は異なっています。電波天文学教員のいる大学も東日本よりの分布なのは、偶然なのでしょう。

集合直後に行う自己紹介や連絡のあと、観測方法と観測データから物理量の導出までの講義を行います。2~3年生がこれらの講義をどこまで理解できるのかという不安をよそに、その後各班に分かれて、与えられた観測天体について実際の論文等で調べ、観測計画の立案を行います。本当についていけるのかと先ほどの不安以上に心配をしてしまうのですが、彼らは、目前に迫った観測を有意義なものにしようと質問をしながら、理解し、自分たちで考えだし始めます。

今年は早い班でも観測は翌朝6時です。例年よりは時間はありますが、それでもよくこの早い展開についていくなあと



図01 A班の観測の様子。実習生の表情は2日目の早朝6時からの観測のせい?

感心させられます。この数時間での実習生の変化が、この観測実習の醍醐味ではないかと思えます。今年は観測実習が始まるとともに梅雨に入り、全体的にはあまり効率のよい観測はできませんでしたが、深刻な観

測ミスはなかったようです。2回にわたる観測が終わると、あとは発表会までの時間との格闘です。観測データ処理だけでも十分たいへんなのですが、それから後がもっとたいへんだと認識する時には、発表会までの時間が迫ってくるという感じでしょうか。解析から物理量の導出、さらに観測結果の解釈と、不規則な生活時間になりながらもそれぞれが分担した仕事に取り組みます。スペクトルフィットがうまくいかない、プログラムが思ったように動かない、観測データをうまく表示させるソフトは何か、データ解釈はどうしよう、など頭を悩ませながら、また急にプログラミングに目覚めるなど、格闘しつつ、発表資料を作り上げていきます。まさに、研究者の日常を圧縮したような数日を体験します。

そして成果報告会。tutorの指導の仕方のせいか、参加者の個性によるのかわかりませんが、班ごとに全く趣向の異なるプレゼンはたいへん面白いです。最初に紹介したA班は、その後星の形成過程における化学進化をテーマに取組みました。星が生まれているところと生まれていないところがある領域において分子輝線強度比の差

を調べる観測でした。また、C班では領域ごとの温度の違いを求め、その解釈を考察しています。それぞれの努力が随所に見える楽しいプレゼンでした。続いてアルマ望遠鏡と最新の観測結果のプレゼンがありました。45m望遠鏡とアルマ望遠鏡との違いなど、同じ電波望遠鏡での違いなどが体験的にわかったのではないかと思います。

そのあとの懇親会、翌日の45m電波望遠鏡の見学では、何かをやり終えた充実感と開放感、さらに一体感もあってか、参加者全員が楽しそうに会話や質問をしているのが印象的でした。

後日実施した学生たちのアンケートの結果の一部は、野辺山のホームページにて公開していますので、興味のある方はご覧下さい(<http://www.nro.nao.ac.jp/~nro45mrt/html/misc/tyousa2016.html>)。全員が期待した以上の実習であった

との回答で、また、将来を考える上で影響を受けたと感じている実習生がたいへん多くなっています。実習体験が彼らにとってたいへん意義深いものであったことを物語っています。今後の電波天文学を担う若手の育成につながることを期待して、継続していければと思います。



図02 B班での解析の様子。tutorも実習生も真剣そのもの。



図03 観測実習の集合写真。なぜか威張っている風のtutorたち。



図04 発表会終了後の懇親会のスナップ。やり遂げた後のいい表情ばかり。

重力波プロジェクト推進室の阿久津智忠さん他の論文が the Optical Society (OSA) のハイライト論文 (Spotlight on Optics) に選出

阿久津智忠さん他の論文 “Vacuum and cryogenic compatible black surface for large optical baffles in advanced gravitational-wave telescopes” が the Optical Society (OSA) のハイライト論文 (Spotlight on Optics) に選ばれました。

大型低温重力波望遠鏡 KAGRA には、

迷光による雑音の対策のために様々な光学バッフル類が設置されています。今回の論文では、それら光学バッフル類に採用した黒色表面処理についての性能評価がまとめられ、採用した黒色表面のガス放出率が低く、また低温の環境下でも破損せず、かつ、大きく複雑な形状の表面

にも工業的に適用可能であることが示されています。さらに、この黒色コーティングの下地の面の粗さが、出来上がった黒色表面からの散乱光分布に影響することも指摘されています。

※ The Optical Society (通称 OSA) はアメリカを拠点とする光学会です。今回論文が投稿された Optical Materials Express 誌は OSA の出版する論文誌の1つです。

梶田隆章さんが植えたキンモクセイ

今年の1月15日(金)に、梶田隆章さん(東京大学宇宙線研究所長)のノーベル賞受賞記念植樹が、国立天文台・大赤道儀室前で行なわれました。梶田さんは、KAGRAプロジェクトの代表としても活躍されています。



(左手前から時計回りに) 梶田さん、林台長、フラミニオさん(国立天文台重力波プロジェクト推進室長)、草野完也さん(国立天文台運営会議委員・副議長(当時))。現在のキンモクセイのようすは2ページへ。

編集後記

数日前から気温がぐんぐん上がり、東北も本格的に夏本番という感じがしてきました。(は)

ASTE運用のためチリに約1か月の長期出張。今回は受信機の搭載で、連日標高5000mに通う。同行した先輩の絶大な活躍もあって装置が順調に立ち上がりつつあり、心地よい疲れを感じながらベッドにバタリ。あ、昨夜の日本とのネット会議、忘れてた。すみません…。(I)

スマホ片手にモンスターを探す人たちの幅広さに驚愕。若いグループや若いカップルはもちろん、親子連れや年配のカップルまで。長年培われてきたコンテンツの力か。(h)

夏休みにミクロナシアのボナベへ。小さいころから見たかったナン・マートル遺跡を見ました(直前に世界遺産指定に!)。人力であんな石の構造物をよく作ったなあ。(e)

数年ぶりにISASの一般公開へお客さんとして参加。炎天下にも関わらず、たくさんの親子連れが楽しんでいました。こどもは宇宙と恐竜が大好き。そんな夢のある仕事がないと暑さでぐったりしながら初心を思い出す。(K)

この夏、我が家ではカブトムシ「らしきもの」が飼育されている。子どもが木の根元を掘って見つけてきたそれは、子供以外は「ん?これは??」と疑いの目を向けているのだが、子どもにとってはなんとも自慢の宝物。大切にされ、今夜もガサゴンとカブトムシゼリーを食べているそいつ。正体やいかに??(κ)

イスタンブールの会議がキャンセルとなって、北京に来ることになった。ばたばたにしては、会議に出るのは楽しい。(W)

国立天文台ニュース NAOJ NEWS

No.277 2016.8

ISSN 0915-8863

© 2016 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(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。

9月号の研究トピックスは「大学の天文台がタッグを組んで超新星の謎を解明」をお届けします。
お楽しみに!

次号予告



アルマ望遠鏡 観測ファイル05

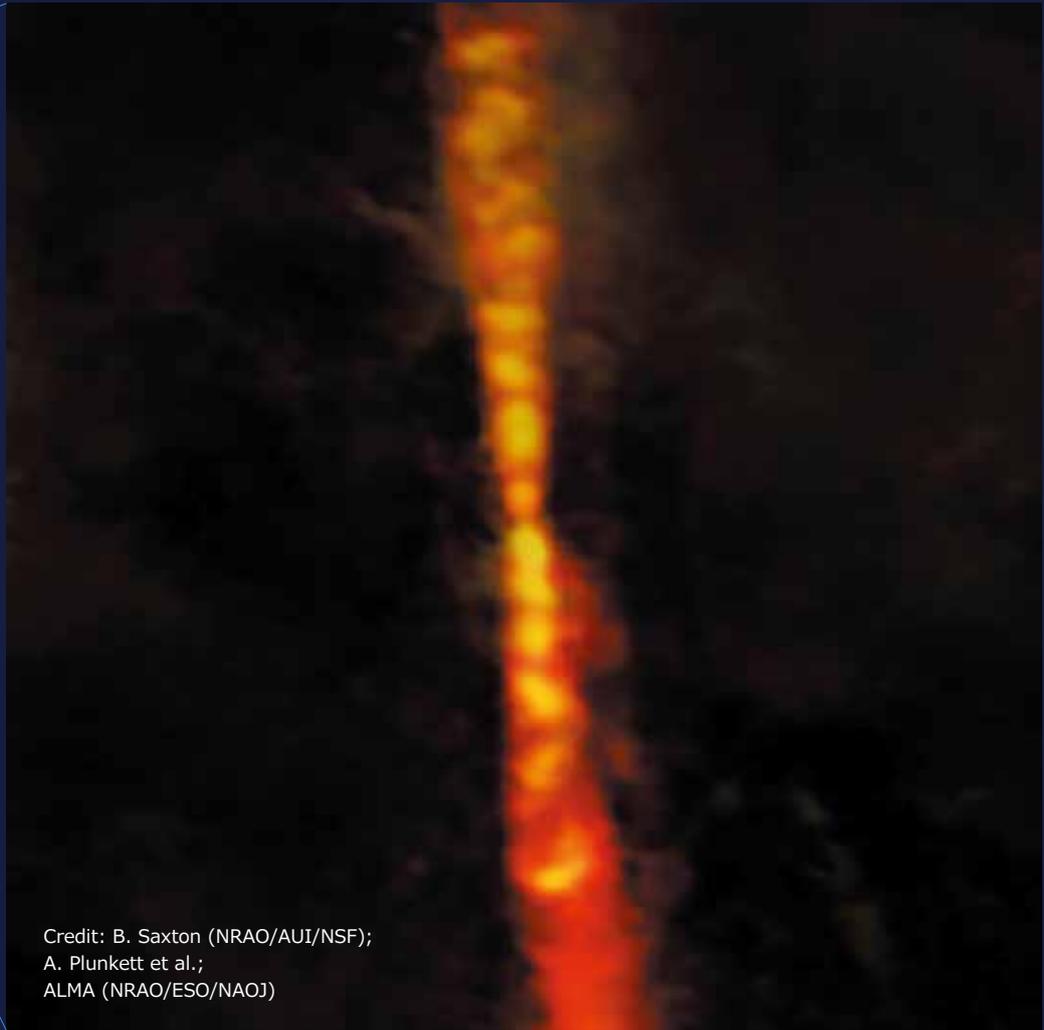
原始星CARMA-7からのジェット

Navigator

平松正顕 (チリ観測所)

へび座領域にある原始星CARMA-7から勢いよく噴き出すガスのジェットをアルマ望遠鏡がとらえました。この画像からは、ジェットがいくつもの連続した塊になっていることがはっきりわかります。これは、この原始星を取り巻くガスと塵の円盤から原始星に向かって物

質が規則正しい周期で落下し、その一部がジェットとして噴き上げられていることを示しています。原始星は分厚い星間雲の内部で生まれるため光でその姿を見ることができませんが、電波を観測することで、原始星の成長過程の一端を垣間見ることができました。



Credit: B. Saxton (NRAO/AUI/NSF);
A. Plunkett et al.;
ALMA (NRAO/ESO/NAOJ)

研究者の声

中村文隆 (理論研究部)

このジェットは特に進化段階の若い原始星から放出されています。原始星が星に進化するには周りのガスを集める必要がありますが、その質量降着過程はまだよく解明されていません。アルマ望遠鏡でも原始星へ落ち込むガスを直接とらえるのは至難の業です。ジェットによる質量放出率は原始星への質量降着率と関係があり、今回発

見されたジェットに沿った規則的な塊は質量降着過程の謎を解く上で非常に興味深い発見です。このジェットは6年ほど前に私たちもSMAで観測し同様の構造を見つけましたが、データの質が十分でなく、自分たちの解析に自信が持てずにいるうちに、先に論文を出されてしまいました。アルマ望遠鏡のすごさを感じています。

