



■今月の表紙

ミラーレス一眼で撮影した上弦の月
撮影/山野泰照
タカハシFCT-150+TeleVue Powermate 2.0×
(合成焦点距離2100mm F14) UV/IR cut
ニコン Z7 ISO160 1/25秒
201枚撮影しスタック後に鮮鋭化処理
2021年7月17日撮影
上弦のころの月は、明暗境界付近の地形の影
が長く伸びるため立体感が強く感じられる
だけでなく、有名なクレーターや山脈など見
どころが多いというのもじっくり眺めて楽し
める理由でしょう。そういう月を、できるだけ
手軽に撮影しつつ高精細画像を得るためのア
プローチを記事(p.42~)で紹介しています
ので、ぜひご覧ください。

■広告さくいん

コニカミノルタプラネタリウム/表2
ワールド・ナビゲーション/20
協栄産業/64
中央光学/66
ジズコ/68
アイベル/70
シュミット/72
笠井トレーディング/82~87
ピクセン/114~表3
五藤光学研究所/表4
AstroArts/4, 24, 76
AstroArtsオンラインショップ/88~91

星ナビ2023年7月号
2023年6月5日発行・発売

- 6 ニュースを深掘り! ^{ぶいちゅーぶ}V宇宙 HAKUTO-Rプロジェクトの挑戦 宇推くりあ
- Topics & Reports eVscopeで天体観測
- 10 スマート望遠鏡が拓く市民天文学 中野太郎
- 14 日食カウントダウン 4月20日 金環-皆既日食観測報告 石井 馨

34

最新望遠鏡テクノロジー vol.2 見えない光

無限遠の瞳

松下安武

タランチュラ星雲 ©NASA/ESA/CSA/STScI/JWST ERO Production Team

- 42 デジタルカメラで望遠鏡で覗いた感じの月を
高精細な月を撮る① **ミラーレス一眼で撮る** 山野泰照

- 50 天文外史 **家康の生涯を どう見る家康** 塚田 健

- ターゲットは小惑星 2001 CC21
- 56 「はやぶさ2」は終わらない 吉川 真・平林正稔・早水 勉

News Watch

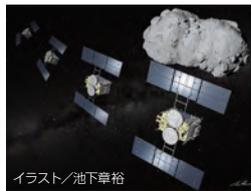
- 5 モデルロケットで宇宙へ「星屑テレパス」TVアニメ10月放送 宇津巻竜也



オーストラリア皆既日食 (p.14)



徳川家康の生涯と天変 (p.50)



イラスト/池下章裕
進み続ける「はやぶさ2」 (p.56)



つくば50周年記念展 (p.74)

NEWS CLIP 石川勝也	8	天文・宇宙イベント情報 パオナビ	77
黒田有彩のアストロノート 本気で宇宙飛行士!	18	Observer's NAVI 変光星 高橋 進	78
由女のゆるゆる星空レポ 星の召すまま	21	新天体・太陽系小天体 吉本勝己	79
ビジュアル天体図鑑 沼澤茂美+脇屋奈々代	22	金井三男のこだわり天文夜話	80
7月の星空 篠木新吾	25	星ナビひろば	92
7月の月と惑星の動き	28	● ネットよ今夜もありがとう	93
7月の天文現象カレンダー	30	● 会誌・会報紹介	94
7月の注目 あさだ考房	31	● やみくも天文同好会 藤井龍二	96
新着情報	62	● 飲み星食い月す	96
月刊ほんナビ 原 智子	65	ギャラリー応募用紙/投稿案内	97
三鷹の森 渡部潤一	67	バックナンバー・定期購読のご案内/編集後記	98
アクアマリンの誌上演奏会 ミマス	69	オンラインショップ運動 買う買う大作戦	99
ブラック星博士のB級天文学研究室	71	KAGAYA通信	100
天文学とプラネタリウム 高梨直純&平松正顕	73	星ナビギャラリー	102
天文台マダムがゆく 拡大版 梅本真由美	74	銀ノ星 四光子の記憶 飯島 裕	112

V7 宙部

ニュースを深掘り!

今回の担当

ロケットアイドルVTuber
宇推くりあ (うすいくりあ)



#2 月面着陸に挑戦! HAKUTO-R プロジェクトのこれから

YouTube で活動する天文系 VTuber が気になるニュースをお届け!
今回はロケット打ち上げ実況で話題の宇推くりあさんが、
「HAKUTO-R」による月面着陸の結果とこれからを紹介します!

こんばんしょん! 宇宙開発が大好きな、
ロケットアイドル VTuber の宇推くりあ
です☆

先月このコーナーで紹介した
「HAKUTO-R」ミッション! 今回はその
月着陸の結果について解説しちゃいます!

HAKUTO-R とは?

株式会社 ispace が行う「HAKUTO-R」
ミッションは、民間主導の月面探査計画
です。今回、日本で初めての月面軟着
陸に向けた“Mission 1”を進めていま
した。そして2023年4月26日に民間
企業として初の月面軟着陸に挑みました。
詳細なミッションのこれまでの経過につ
いては、前号の「V 宙部」Vol.1 の記
事を合わせて読んでみてね!

世界初の民間月面着陸、 その結果は?

ランダーは着陸1時間前
に高度100kmの周回軌道
から軌道離脱噴射を実施し
ました。この噴射により、
機体はゆっくりと月の重力に
ひかれて高度を下げていき
ます。25kmまで降下した
時点で着陸に向けて減速噴
射を行い、同時に機体の向
きを変えながらさらに減速し
ていきます。その後400N
のメインスラストを停止し、
200Nの姿勢制御スラスト
のみを使用して月表面まで
降下していきます。

イベント会場では、多数のispace社
員が着陸の瞬間を見守っていました。ラ
ンダーのテレメトリデータを基にしたCG
映像が高度を段々と下げていく様子が映
し出され、いよいよ着陸の瞬間……! ラ
ンダーのステータスを確認していた管制
室も固唾を呑んで見守ります。しかし、
その後ランダーとの通信が途切れ、翌朝
8時(日本時間)には通信回復が見込め
ない状態であると発表されました……。

着陸がうまくいかなかった原因は?

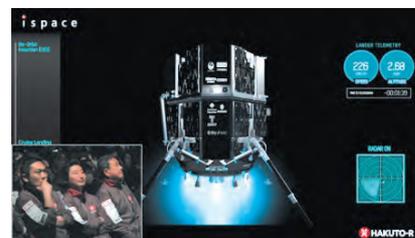
タッチダウン運用は着陸直前まで順調
で、あとはタッチダウンを待つだけ、と
いう段階まで進んでいたのですが、高度
情報が0mになったあとも降下が止まらず、
着陸脚のタッチダウンセンサにも反応が
ありませんでした。その後、推進剤推定
残量がゼロになり、また急速に降下速度

着陸の実況配信!

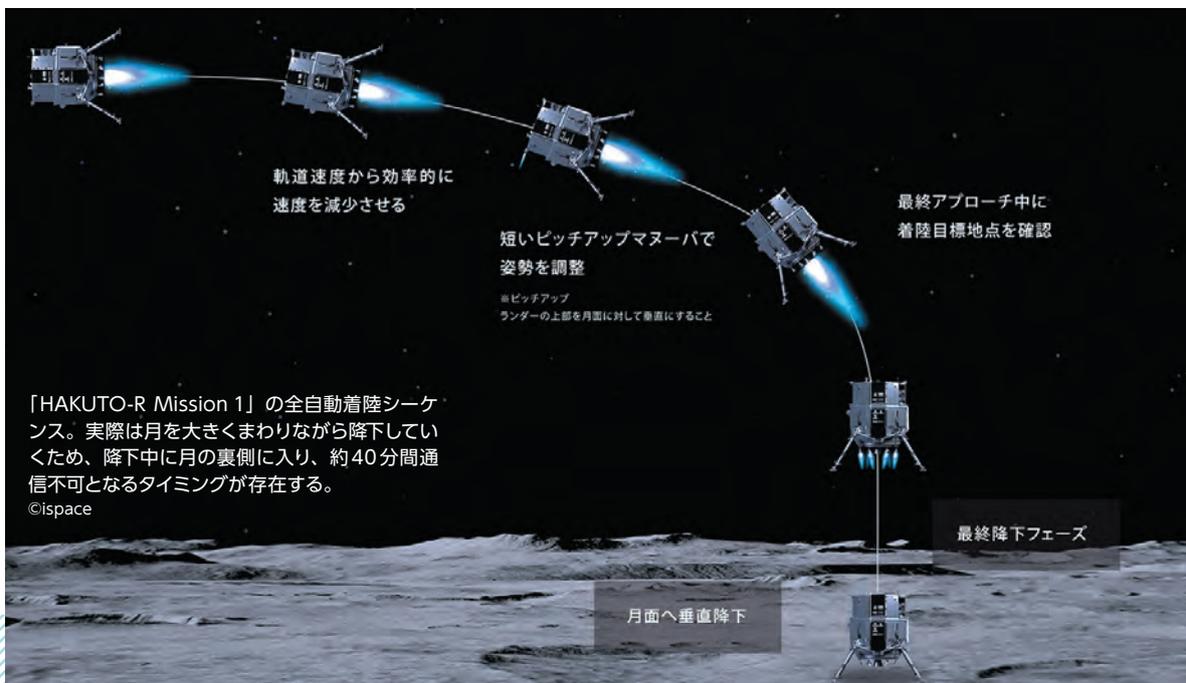
プレス向けイベントに取材班を派遣して、
現地からの中継映像を交え、着陸の実
況配信を行いました☆ ゲストのVTuber、
宇佐木そらちゃんと一緒に
楽しく「HAKUTO-R」
について知ることができ
るよ! ぜひご覧ください!



[https://www.youtube.com/
watch?v=29Mkb6xwd90](https://www.youtube.com/watch?v=29Mkb6xwd90)



HAKUTO-R ランダーは ispace メンバーに見守
られながら全自動で着陸に挑んだ。(ispace 公
式 YouTube より) ©ispace



「HAKUTO-R Mission 1」の全自動着陸シーケ
ンス。実際は月を大きくまわりながら降下してい
くため、降下中に月の裏側に入り、約40分間通
信不可となるタイミングが存在する。
©ispace

スマート望遠鏡が拓く市民天文学

「DART」による小惑星衝突実験後の光度変化を、世界17地点のeVscopeユーザーが連携して観測。

23,000枚以上の撮影画像から得られた科学成果が「Nature」で発表された。

eVscope販売元のユニステラ社は、設立当初から市民科学への貢献を目標としてきたという。

市民科学者を支援する同社の取り組みについて、CEOや実際のユーザーに話を聞いた。

レポート◎中野太郎(しぶんぎ社)・星ナビ編集部
取材協力◎(株)ニコン、Unistellar SAS、駐日フランス大使館

2022年9月26日、NASAの惑星防衛実験機「DART」を小惑星ディモシスの衛星ディモルフォス(直径約170m)に衝突させる実験が行われた(図3)。地球に衝突しそうな小天体に物体をぶつけて軌道を変える「惑星防衛」の技術確立が目的だ。この実験で衛星のディモルフォスの公転周期は11時間55分から32分も短くなり、史上初めて人類が天体の軌道を大きく変えることに成功した(「星ナビ」2022年12月号に解説記事を掲載)。

この衝突実験でディモルフォスからは大量の物質が放出され、彗星の尾のように伸びるようすが地上・宇宙のさまざまな望遠鏡で捉えられた。各地のアマチュアも撮影に成功している。

世界中のeVscopeで共同観測

そんな中、世界各国に散らばるアマチュア天文家が連携してこ

の衝突実験にともなう光度変化を観測し、その解析結果が科学論文誌「Nature」(2023年3月1日号)に掲載される(※1)という快挙があった。このすばらしい共同観測キャンペーンを成功させたのは、ユニステラ社の電視観望専用望遠鏡「eVscope」のユーザーたちだ。世界17地点のeVscopeユーザーが観測に参加し、日本のユーザーも5名含まれている(図1)。

衝突の瞬間(9月26日23時15分(世界時))を地球から良い条件で観測できたのは、アフリカ中南部からインド洋西部にかけての地域だった。今回のeVscopeチームでは、マダガスカル島の東にある仏領レユニオン島とケニアの計4名のユーザーが衝突の瞬間の光度変化を捉えることに成功した。レユニオン島の3名はダークフレームも撮影していたため、撮影画像から開口測光を行うことができた。衝突の前後でディモシス-ディモルフォス系の光度が約

14.48等から約12.18等まで急増光し、その後約12.96等に落ち着いたようすが克明に捉えられている(図4)。

観測チームでは、衝突から約1か月後の10月31日まで、世界各地でeVscopeを使ってディモシス系を撮影した。その枚数は23,240枚にも達し、

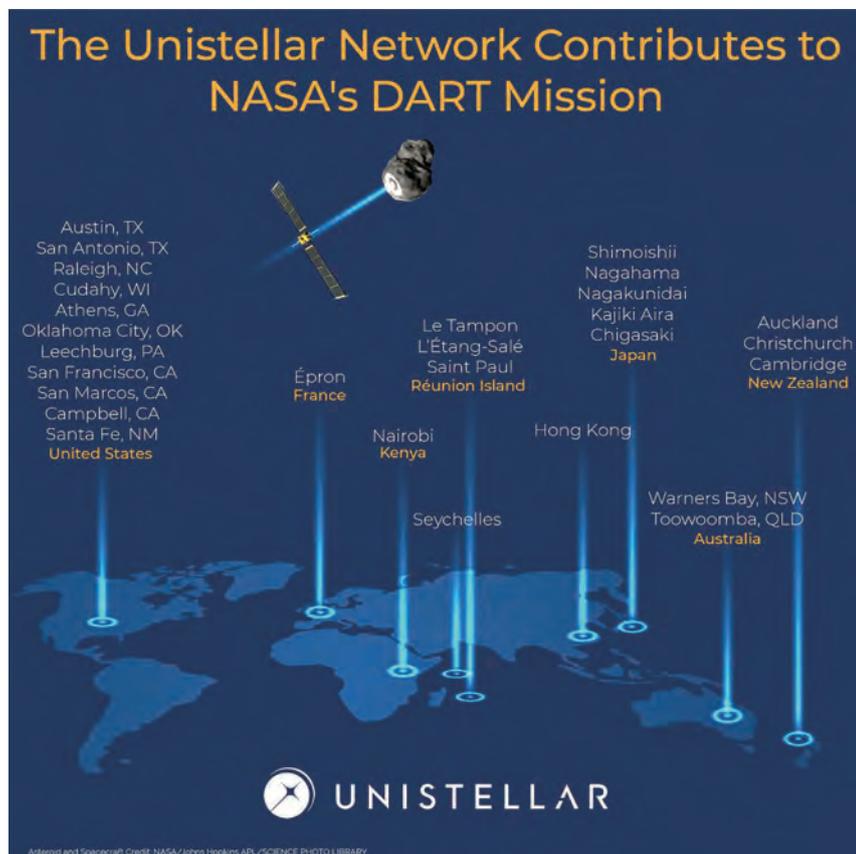


図1 世界中の観測者が共同観測した布陣地図

今回の共同観測は北米・欧州・アフリカ・アジア・オセアニアのべ29名のeVscopeユーザーによって行われ、DARTの衝突から1か月以上にわたってディモルフォスの光度変化を観測できた。

©Unistellar (Asteroid and Spacecraft ©NASA/Johns Hopkins APL/SCIENCE PHOTO LIBRARY)



※1 Graykowski et al., Nature 616, 461-464 (2023) <https://doi.org/10.1038/s41586-023-05852-9>



図2 ユニステラ社のスマート望遠鏡

ユニステラ社のスマート望遠鏡にはeVscope/同2と、電子アイピースがなく、その分バッテリー持続時間が少し長いeQuinox/同2(上画像、この4月に日本で販売開始)がある。

日食カウントダウン

COUNTDOWN

2023年4月20日から

2

か月

金環-皆既日食 観測報告

新型コロナウイルス蔓延により、2020年初頭から海外旅行が難しくなっていたが、ようやく人の行き来も戻りつつある。そんな中、久しぶりに海外遠征観測を楽しんだ日食ファンも少なかった。本稿では、4月20日に観測された日食に関して報告しよう。

報告●石井 馨



図1
4月20日
の日食帯地図
日本の一部が部分
食帯にかかっていた。

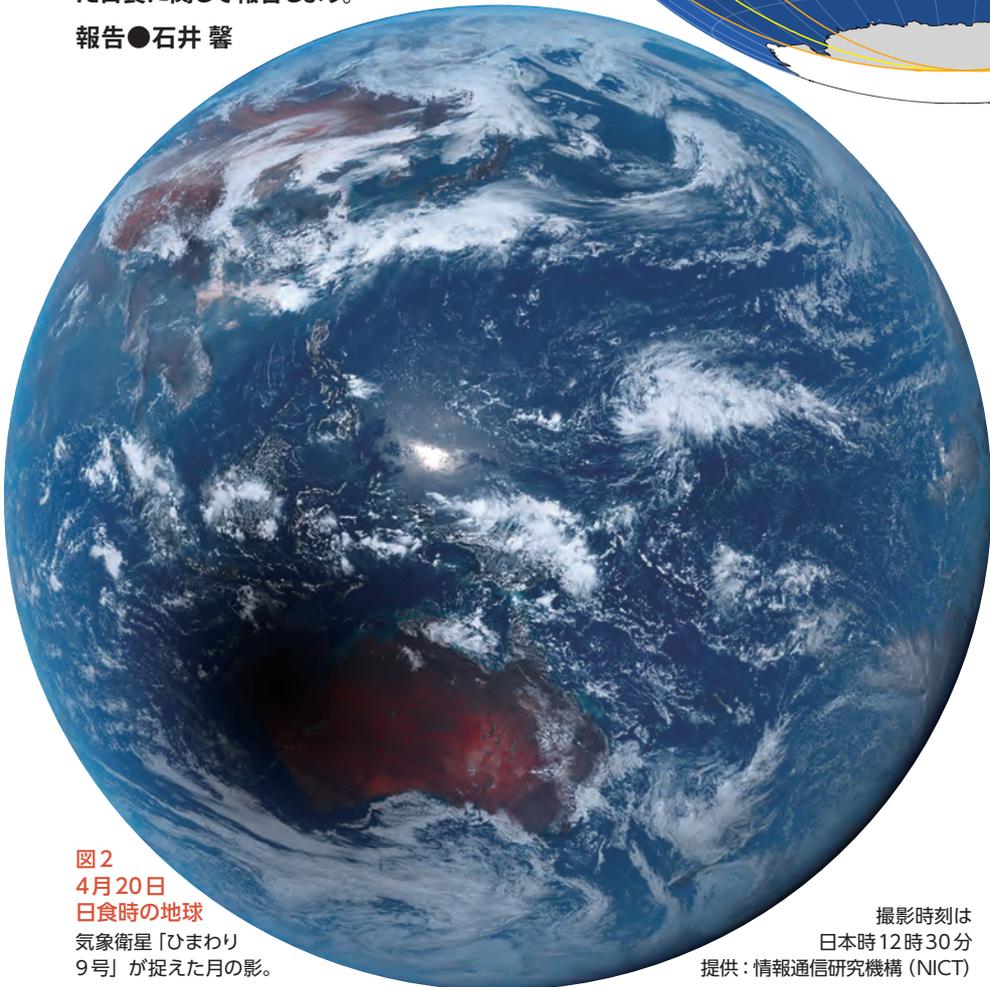


図2
4月20日
日食時の地球
気象衛星「ひまわり
9号」が捉えた月の影。

撮影時刻は
日本時12時30分
提供：情報通信研究機構 (NICT)

ノースウェスト岬に集結

今回の日食は、分類上は「金環-皆既日食」となっているが、金環食帯は食帯の始まりと終わりのごくわずかの海上で、金環

と皆既の遷移点も陸上から離れた海上であることから、事実上はほとんどの観測者が「皆既継続時間の極めて短い皆既日食」として観測することとなった(図1)。食帯は西オーストラリアのノースウェスト岬(エク

スマウス)をかすめ、東ティモールとインドネシアのイリアンジャヤ州を通った。事前の天候予想では圧倒的に西オーストラリアの条件が良かったが、日食当日(4月20日)の気象衛星「ひまわり9号」の映像を見ると、西オーストラリアだけでなく東ティモールも晴れており(インドネシア在住の片山哲司さんの観測レポート参照)、広い範囲で皆既日食が観測されたようだ(図2)。

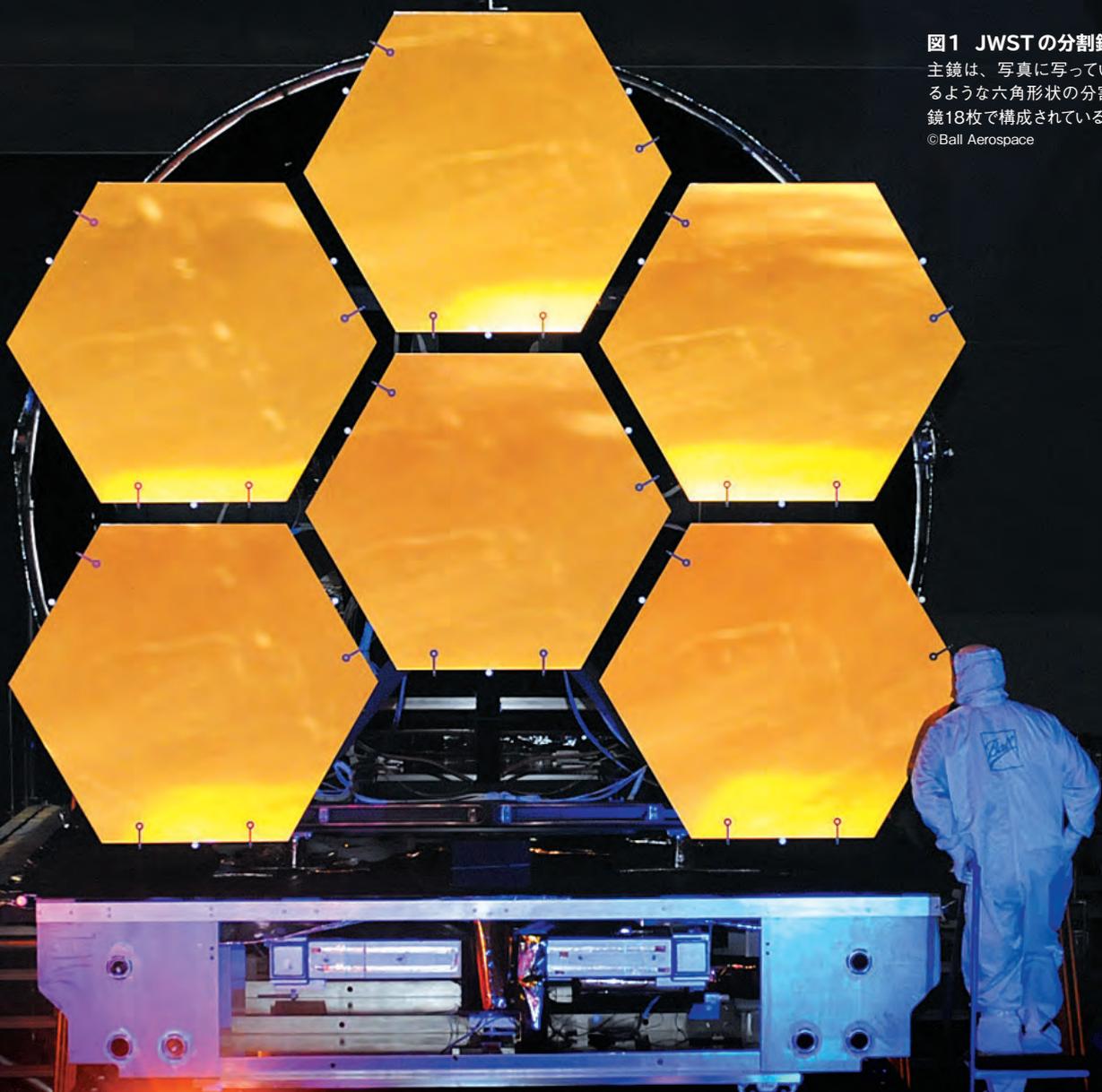
今回の日食観測遠征者の大部分が集結したノースウェスト岬では、海外通信社や現地メディアが、およそ2万人の旅行者が訪れたと報じている。これは、地元州政府が受け入れ可能なキャパシティとして見込んでいた5万人を大きく下回る数字となったが、旅行インフラ(移動手段や宿泊施設など)が未だに回復途上であることに加え、指定された場所以外での野営の禁止など、事前の州政府からの告知が浸透していたことも影響していると思われる。ともあれ、日食当日は観測地周辺での大きな混乱もなく、厳しい検問や大渋滞を覚悟していた遠征者にとっては、いささか拍子抜けするほどスムーズに観測地へのアクセスができた。日本からの観測ツアーが少なかったこともあり、個人手配で遠征された方も多かった。筆者はワイルドナビゲーション主催の観測ツアー(総勢15名)に参加。皆既日食以外にも、ピナクルズ奇岩群、テ

無限遠の瞳

vol.2 見えない光

望遠鏡の最新テクノロジー

図1 JWSTの分割鏡
主鏡は、写真に写っているような六角形状の分割鏡18枚で構成されている。
©Ball Aerospace



前回（2023年4月号）は、主に「目に見える光」を観測する望遠鏡を紹介しました。今回は、可視光以外の光（電磁波）の中でも研究が活発な、電波、赤外線、X線の望遠鏡の最新テクノロジーに注目。日常生活の中でも、X線はレントゲン検査で、赤外線は体の表面の温度を測るのにも使われている身近な光です。天文学者たちもこれらの「見えない光」を使うことによって、さまざまな角度から宇宙の謎に迫っています。

解説●松下安武

黄金色に光り輝く反射鏡

2022年、天文学の世界の話題をさらったのが、100億ドル（約1兆4000億円）を超える予算が投じられNASA（アメリカ航空宇宙局）等によって開発された「ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡（JWST）」です（図1）。同年7月に初公開された、JWSTが撮影した美しい天体画像の数々に心を奪われた方も多かったのではないのでしょうか。NASAのハッブル宇宙望遠鏡が主に可視光で観測を行っているのに対し、JWSTは目には見えない赤外線ですら主に観測を行っています（図2）。

赤外線は波長の短い方から、近赤外線（1～3μm）、中間赤外線（3～40μm）、遠赤外線（40～400μm）に分けられますが、JWSTはこのうちの近赤外線～中間赤外線を主に観測しています（0.6～28.5μm）。近赤外線カメラNIRCam、近赤外線分光器NIRSpec、中間赤外線観測装置MIRI、そして精密ガイド装置／近赤外線撮像・スリットレス分光器FGS／NIRISSという四つの観測装置を搭載しています。

JWSTの姿を見て、「あれ？ 鏡筒はないの？」と思われた方もいるのではないのでしょうか。宇宙望遠鏡はロケットなどで打ち上げられるので、大きさには制限があります。JWSTの主鏡は18枚の六角形状の分割鏡できていますが、これらは折りたたまれてロケットに収納され、打ち上げられた後、宇宙空間で展開するという方法がとられました。このような方式のため、鏡筒はなく、主鏡がむき出しの状態になっているのです。

JWSTの主鏡は金色に美しく輝いており、非常に印象的です。これは軽量の金属であるベリリウムでできた主鏡の表面に、金がコーティングされているためです。可視光の望遠鏡で反射鏡に色がついてい



図5 JWSTとハッブル宇宙望遠鏡の大きさ比較
JWSTの口径は6.5m。地上の可視光望遠鏡は最大で口径10m程度なので、それよりは少し小さいサイズだが、ハッブルの口径が2.4mなので、面積はハッブルの約7倍、つまり約7倍も多くの光を集めることができる。

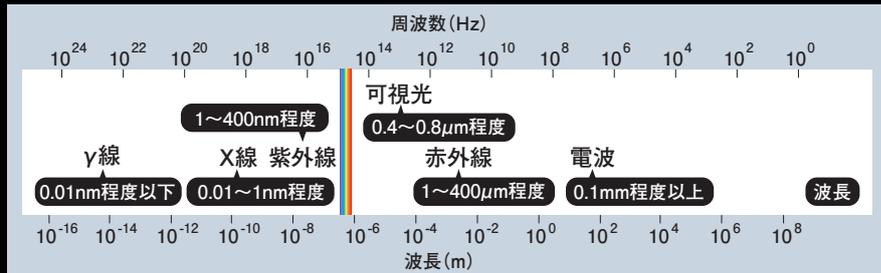


図2 さまざまな光

それぞれの波長領域に厳密な定義はなく、境界はあいまいである。（1μmは1mmの1000分の1、1nmは1μmの1000分の1）

図3 JWSTの太陽光シールド
写真は地上での展開試験の様子。

©Chris Gunn/NASA



像にも色がついてしまいがちですが、JWSTは赤外線観測を行うため、その点は問題ありません。むしろ金のコーティングによって、赤外線での高い反射率を実現させています。

一般に、反射鏡の表面形状の精度は、観測波長の10分の1程度にまで抑える必要があります。折りたたまれた状態で打ち上げられたJWSTの反射鏡は宇宙で展開され、約3か月もの時間をかけて100nm以下の精度で分割鏡の位置合わせが行われました。100nmは1mmの1万分の1ですから、気が遠くなりそうな精密さです。

5層のシールドで太陽光を遮断

赤外線観測の大敵は「熱」です。あらゆる物体はその温度に応じて赤外線を放ちます（高温になると、さらに波長の短い電磁波も放つようになります）。これを「熱放射」といいます。望遠鏡や観測装置自体も赤外線を放つので、これらは観測のノイズになります。そのため、赤外線観測では、望遠鏡や観測装置を低温に保ち、可能な限り熱放射を防ぐ必要があるのです。

JWSTの場合は、望遠鏡や観測装置を-223℃以下という極低温まで冷やす必要があります。日常生活の中で低温のものといえばドライアイスがありますがその温度は-78.5℃。JWSTはそこから140℃以上も冷やす必要があります。特に中間赤外線観測装置MIRIは、-266℃以下にまで冷却する必要があります。従来は冷却に極

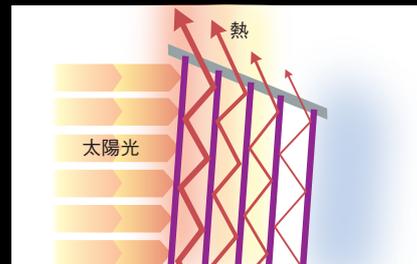


図4 太陽光シールドの模式図

熱は各層の間から宇宙空間に逃げていくため、太陽と反対側は低温に保たれる。 © STScI

低温の液体ヘリウムが使われていましたが、液体ヘリウムが無くなると観測ができなくなるという欠点がありました。そこでJWSTでは、液体ヘリウムではなく冷媒としてヘリウムガスを用いる密閉型の冷却装置（クライオクーラー）でこの問題を克服しています。

また、望遠鏡を熱から守るための「太陽光シールド」（図3）は、望遠鏡を温めてしまう太陽光などを遮る、日傘の役割を果たします。シールドは5層構造になっており、厚さは髪の毛の太さほどしかありませんが、大きさはテニスコートほど（21m×14m）もあります。

太陽光シールドは、カプトン（ポリイミドフィルム）と呼ばれる軽素材でできており、表面にはアルミニウムとシリコンがコーティングされています。400℃の高温から-269℃の低温まで安定して性能を保つことができ、シールドの太陽光が当たる部分は最高110℃にもなりますが、逆側は-52℃～-237℃と極めて低温になります。

デジタルカメラで高精細な月を撮る 1

望遠鏡で 覗いた感じの月を ミラーレス一眼で撮る

撮影・解説◎山野泰照

図1 作品展「虚空ノ如クナル心」で大パネルで展示した月面

気持ちよく見ていただくために満月以外の4枚は約119×79cm、満月は119×119cmのサイズにプリントして展示した。パネルが大きいので3mぐらい離れて見ても楽しいが、逆に30cmぐらいまで近寄って見ても楽しめる作品を目指した。

タカハシ FCT-150 + Tele Vue Powermate 2.0 × (合成焦点距離2100mm F14) UV/IR Cut ニコン Z 7 ISO160 (満月はISO100)
左から1/25 秒×352枚 1/30 秒×270枚 1/100 秒×283枚 1/25 秒×201枚 1/20 秒×269枚 2021年3～12月に撮影



山野泰照

写真家、写真技術研究者

2017年5月までカメラメーカーに勤めた後、フリーランス。

1960年代から天体の撮影を始め、2000年ごろからデジタルフォトや

デジタル天体写真に関する発表も行い、今は自宅にてお手軽天体写真を楽しんでいる。

一般社団法人 日本写真学会 (SPIJ) 会員、公益財団法人 冷泉家時雨亭文庫会員



月を気楽に撮影して撮影機会を増やすことができれば、月の楽しみ方も広がりそうだ。最高画質を狙うにはベストな撮影法ではないことは承知しつつも行き着いたのがデジタルカメラによるお手軽撮影。画面の中に月全体を収め連続撮影して撮影は終了。スタックや鮮鋭化などの画像処理は必要だがまずは月面画像のコレクションを増やし、好きな時にそれらを眺めながら月面散歩するのが目的だ。月面撮影には、機材、撮影、画像処理など、いたるところに失敗の原因が潜んでいる。この連載でその対応策も順次紹介していくつもりだ。最後の仕上げの部分では、見せるための工夫についても触れる。

月に始まり月に終わる

月は簡単に撮れるが奥が深い、と昔から言われてきた。私は長年月を撮ってきたものの、その奥の一番深いところには到達していないし、思っていた以上に奥は深いようだ。しかし月を撮って、その画像を眺めることは楽しい。解像度が高く、リアリティが高ければ高いほど画像を見返す楽しみが広がるからである。画像のコレクションが増えれば、光の当たり方の違いによる谷や丘の見え方の違いを楽しめるようになるだけでなく、秤動でふだん見えないところがなんとか見えるというのもワクワクする(図3)。そのあたりが天体写真ファンと月のファンとの違いだろうか。私は、ようやく月のファンの入り口に立ったところのようだ。

さて月面写真は、撮影機材の性能が進化しただけでなく画像処理が飛躍的に向上したことで、少し前まで想像もしていなかった画像を手にすることができるようになった。

私は計画的、合理的に月の写真に取り組んできたわけではなく、さまざまな撮影機

材や画像処理ソフトウェアの使い方についても最適な使い方をしているかと尋ねられればはなはだ怪しいが、「こういう撮影と画像処理をしたらこのような結果が得られました」という情報は月を撮影されているみなさんにとってヒントになるかもしれない。

ポイントは、一般的に言われている「天体用 CMOS カメラ (特にモノクロ) を用いて、分割して撮影しスタックしたものをモザイク合成することにより最高の解像度の月面画像を得る」という方法ではなく、「月全体をワンショットでカバーし、それを複数枚撮影しスタックすることで、比較的手軽に高精細画像を得よう」という方針である。それほど気合を入れなくても気軽に撮影でき、月の撮影を継続的に楽しむための私なりの選択である。

月の撮影に関する詳細な記事は昔から経験豊富なみ

なさんが書かれているため「何をいまさら」という感があるが、お手軽撮影をし、最終的に気持ちの良い画像、リアリティの高い画像に仕上げるまでを、機材の準備、撮影、画像処理などに分けて手順とその結果を紹介することで、少しでも参考になる情報が提供できれば幸いである。



撮影に使うのは主にニコン Z9。光軸ずれが心配されるため重いカメラは避けたいが、高画素数というだけでなく高速で 300 ~ 1000 枚の連続撮影ができるので Z9 を選択することが多い。

サイエンスの歴史を紐解く

CELESTIAL HISTORIES

天文外史

「家康公肖像」江戸時代に描かれた徳川家康の肖像画。

(国立国会図書館デジタルコレクション <https://dl.ndl.go.jp/pid/2542434> をトリミング)



どう見る家康

家康の生涯を彩る天変

解説◎塚田 健 (平塚市博物館)

健康長寿祈
上

東京上野の上野東照宮の唐門。日光東照宮・久能山東照宮にならぶ三大東照宮のひとつ。なお、国宝に指定されている日光東照宮陽明門は真上に北極星が輝くように建てられている。家康を神格化するうえで北辰信仰と結びつける意図があったようだ。

現在、NHKで大河ドラマ「どうする家康」が絶賛放送中です。これまでとはひと味違う家康像を松本潤さんが演じられていますね。当時としては長命であった家康。彼の生涯には、めったに見ることができない、世紀の天文現象がいくつも起きているのです。時は戦国乱世、見慣れぬ“天変”は人々の目にどう映ったのでしょうか。そして、家康自身はそれを見たのでしょうか？彼の生涯を天文現象という視点で追ってみることにしましょう。

再出発から2年半 — 拡張ミッション「はやぶさ2#」が
小惑星探査の新しい地平線を切り拓く

「はやぶさ2」の旅は 終わらない

2020年12月6日、
小惑星探査機「はやぶさ2」は
6年におよぶ旅の果てに
小惑星リュウグウのサンプルを地球へ無事届けた。
さまざまな挑戦をし、多くのデータを取得した上で、
リュウグウの物質も予定を遙かに超える量を持ち帰ることに成功したのだ。
大きなトラブルもなく順調にミッションを成功させた「はやぶさ2」は、
さらなる探査を続けるポテンシャルをもっていた。
そして始まった拡張ミッション「はやぶさ2#」。
ミッション達成に向けて動くのは
JAXAの運用チームとアマチュアの観測家たちだ。

「はやぶさ2#」 4つの大きな目標

解説／吉川 真 (JAXA 宇宙科学研究所)
＋平林正稔 (オーバーン大学)

●「はやぶさ2」探査機のその後

「はやぶさ2」が地球に小惑星リュウグウのサンプルを届けたのは今から2年半前。地球への帰還やカプセルの分離、再突入、その後のサンプル取り出しの様子は「星ナビ」でも随時紹介されてきました。初代の「はやぶさ」は地球に戻ってきたときには満身創痍の状態でしたが、「はやぶさ2」は6年間のミッションを終えたあとも探査機に大きな問題はありませんでした。また、イオンエンジンで使われるキセノンも半分くらい残っていました。そこ

で、延長して新たな探査を行うことになり、ミッションの名称は「はやぶさ2拡張ミッション」となりました。ニックネーム(愛称)は「はやぶさ2#」(はやぶさ・ツー・シャープ)です。

現在「はやぶさ2」は順調に太陽系空間を飛行しています。次のターゲットは、3年後の2026年7月に予定されている小惑星2001 CC21のフライバイ探査で、小惑星の近くを通り過ぎながら観測を行います。2027年12月と2028年6月には地球に接近し、地球の引力を利用して軌道を変更するスイングバイ運用を行います。そして、最終目的地である小惑星1998 KY26に到着(ランデブー)するのは2031年7月の予定です。これは今から8年後ですから、「はやぶさ2」の旅はまだまだ続くことになります。

●「はやぶさ2#」の目的

「はやぶさ2」は小惑星リュウグウの探査で様々な挑戦をし、多くのデータを取得した上で、リュウグウの物質も予定を遙かに超える量を持ち帰ることに成功しました。「はやぶさ2#」では、さらに新たなことに挑戦します。主要な目的は次のようになります。



一瞬の好機

2001 CC1 による掩蔽

解説／早水 勉 (佐賀市星空学習館)

●小惑星(98943) 2001 CC1 による 掩蔽観測キャンペーン

2023年1～3月に、小惑星(98943) 2001 CC21は地球に0.13天文単位まで接近し、観測の好期となりました。JAXAでは、このチャンスをとらえて「掩蔽観測」と「撮影」の2つの観測キャンペーンを実施しました。この観測キャンペーンは、日本公開天文台協会(JAPOS)、日本惑星協会(TPSJ)、そしてJAXA「はやぶさ2」拡張ミッションの共同で行われ、日本公開天文台協会とプロ・アマ共同掩蔽観測チーム^{*1}に観測の協力を依頼されました。

小惑星による掩蔽では、必ずしも地球と小惑星の距離は重要ではありませんが、小惑星の接近時には見かけの運動が速くなり、恒星食を起こすチャンスが増えます。2001 CC21はこの期間に好条件の掩蔽がいくつも予報されていました(2月号参照)。

小惑星による掩蔽観測から得られる成果は多岐にわたりますが、このキャンペーンの目的は、2001 CC21の大きさ・形状を求めることです。推定直径は600～700mとされており、これほど小さな天体の掩蔽観測の成功例は世界的にもほとんどなく、掩蔽観測としては極めて難しいチャレンジとなりました。

最も大きな困難は、小惑星が非常に小さいことに反して、掩蔽帯の誤差(1σ=68.3%確率)は非常に大きく±21km(2022年12月時点)もあることです。この誤差は、小惑星の軌道としては良好なのですが、小惑星が小さいために、誤差範囲をカバーする観測網をかけるためには、少なくとも30地点以上の観測地点が必要

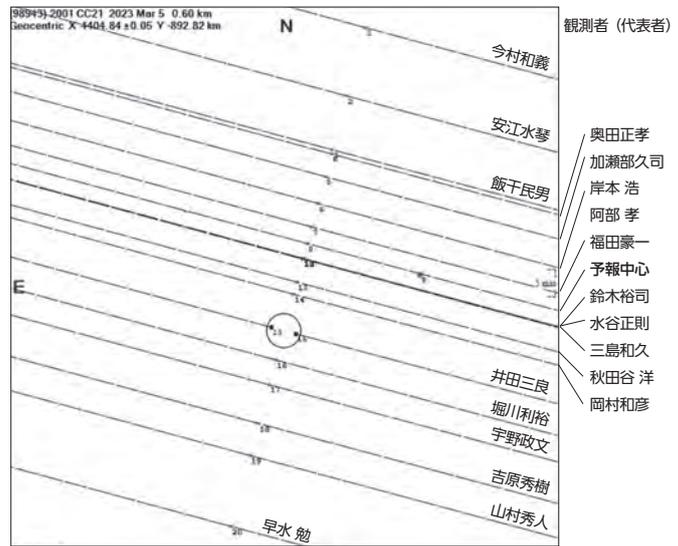
でした。このような対象から、1回の掩蔽観測で小惑星の大きさ・形状まで求めることは極めて困難です。従って、チームでは2段階の観測計画を設定しました。

第1段階 とにかくどこかで1地点でも減光を捉える。これにより、小惑星の軌道を大きく改善することが期待できる。

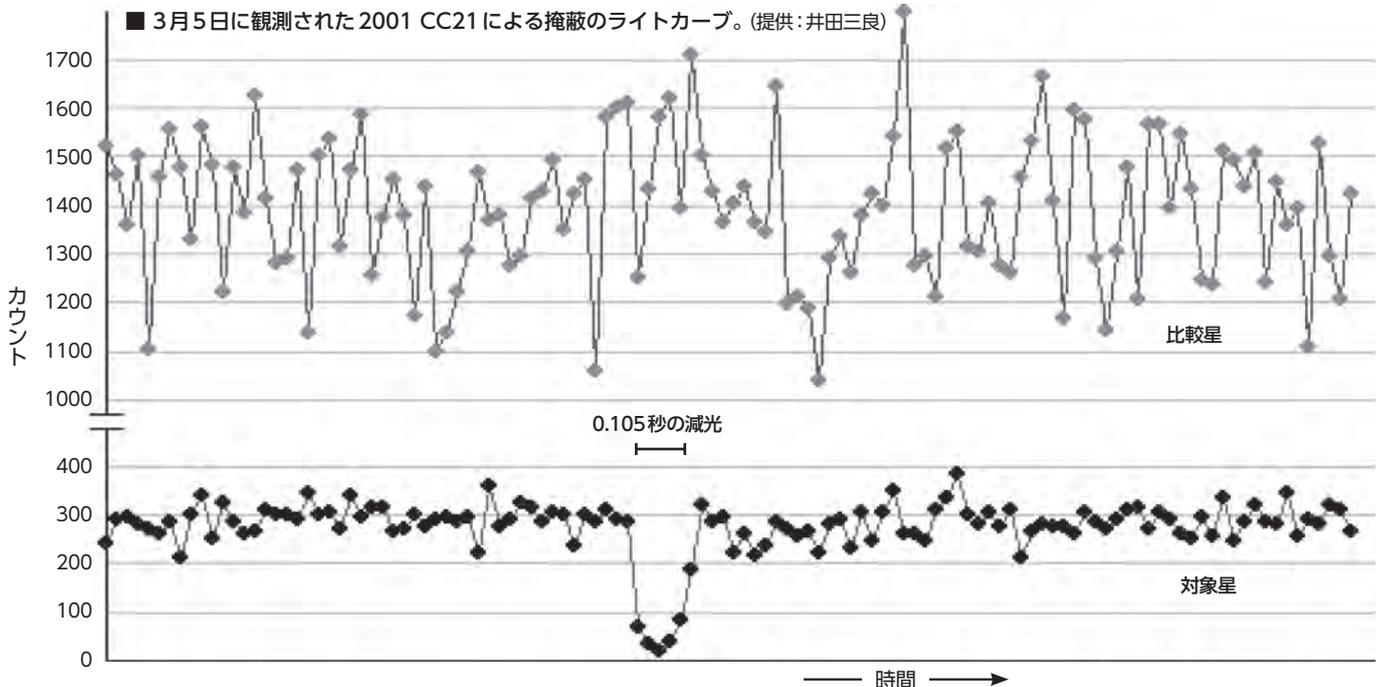
第2段階 改良された小惑星の軌道に基づいて、観測者を集中して配置する。複数同時の減光観測を目的とし、小惑星の大きさ・形状を得る。

●全観測の結果

キャンペーンの対象は観測条件の良い4現象^{*2}でしたが、熱心な観測者たちはより暗い恒星まで観測対象を広げ、最終的には14現象の観測にプロ・アマ共同の観測者たちが挑みました。この困



■ 3月5日観測の整約図(早水)
円は小惑星の推定直径600m。観測から求められた弦の長さは449m±12m。



*1…リーダー:吉田二美氏(産業医科大学・千葉工業大学惑星研究センター)

*2…キャンペーン開始時は5現象を予定。その後、恒星位置の信頼性の悪い現象(3月9日)を除き4現象を対象とした。