

天文学 “Origami Observatory”

テスト準備完了

ジェームズ・ウェップ宇宙望遠鏡のセグメント鏡が超低温室の測定器に置かれてる(左上と右上)。

ハッブルを超えて ジェームズ・ウェップ 宇宙望遠鏡

大成功を収めているハッブル宇宙望遠鏡を大きく凌駕する革新的で大胆な宇宙望遠鏡が建設されている過去数十年で最も独創的な宇宙プロジェクトを現場からリポートする

R. イリアン (カリフォルニア大学サンタクルーズ校)

サンフランシスコ湾近くのある光学機器の会社の実験室。暗灰色の六角形の鏡が、薄明かりを受けて輝いている。厚さ約5cm、差し渡し120cm以上の、精妙に加工されたベリリウム製の鏡だ。

鏡に映る自分の姿を見ようとおずおずと鏡の前に歩を進める私に、案内人の主任技師ダニエル（Jay Daniel）は笑いながら「お宅のバスルームの鏡みたいでしょ」と語りかけた。だが、この鏡の裏面には、洗面所の鏡の裏側につけられている小物入れとはまったく違う、三角形が整然と並んだ幾何学模様が彫られている。コンピューター制御の加工機で三角形の穴をいくつもくり抜いて作ったものだ。削り残された部分はナイフの刃のように薄く、触ってみたいという誘惑に駆られるほどだ。

ダニエルによると、鏡の表面の外層は厚さが2.5mmしかない。当初250kgもあった鏡材は、削り込んだ結果、わずか21kgにまで減量することに成功した。これだけ軽ければ、18枚の鏡をロケットで宇宙に打ち上げることができる。18枚の鏡は宇宙空間で1枚の鏡になって、宇宙天文台の顔になる。

ハッブル宇宙望遠鏡の後継機として2014年に打ち上げが予定されている

この望遠鏡は、「ジェームズ・ウェップ宇宙望遠鏡（JWST）」と呼ばれており、米航空宇宙局（NASA）が欧州宇宙機関（ESA）およびカナダ宇宙庁と共に進める50億ドルの計画だ。

ハッブル望遠鏡は570km上空を1990年から周回し、遠い宇宙の銀河を鮮明に映し出し、近くの恒星の誕生や死の現場を捉え、観測天文学を支えてきた。ウェップ望遠鏡は、ハッブル望遠鏡同様、驚異の宇宙の美しい姿を見せてくれるだろう。しかも、ウェップ望遠鏡はハッブル望遠鏡よりも“透視力”が高い。

ウェップ望遠鏡は、そもそも宇宙の始まりに迫ることを目指して構想された。ビッグバン後の宇宙に最初に生まれた星の大爆発を観測できるかもしれないし、天の川銀河などの銀河の起源を明らかにできるかもしれない。また、ガスと塵の雲の中をのぞいて、恒星や惑星系が生まれる様子を探ることもできるだろう。

これらの目標を達成するために、ウェップ望遠鏡は従来の宇宙望遠鏡とは根本的に異なるものになる。その軽量化された鏡は差し渡し6.5mおよび、口径2.4mのハッブル望遠鏡の7倍もの光を集めることができる。金で蒸着

されたウェップ望遠鏡の18枚の六角形の鏡は、1枚の鏡として機能するために、毛髪の1万分の1の精度で並べられる。とんでもない技術だ。

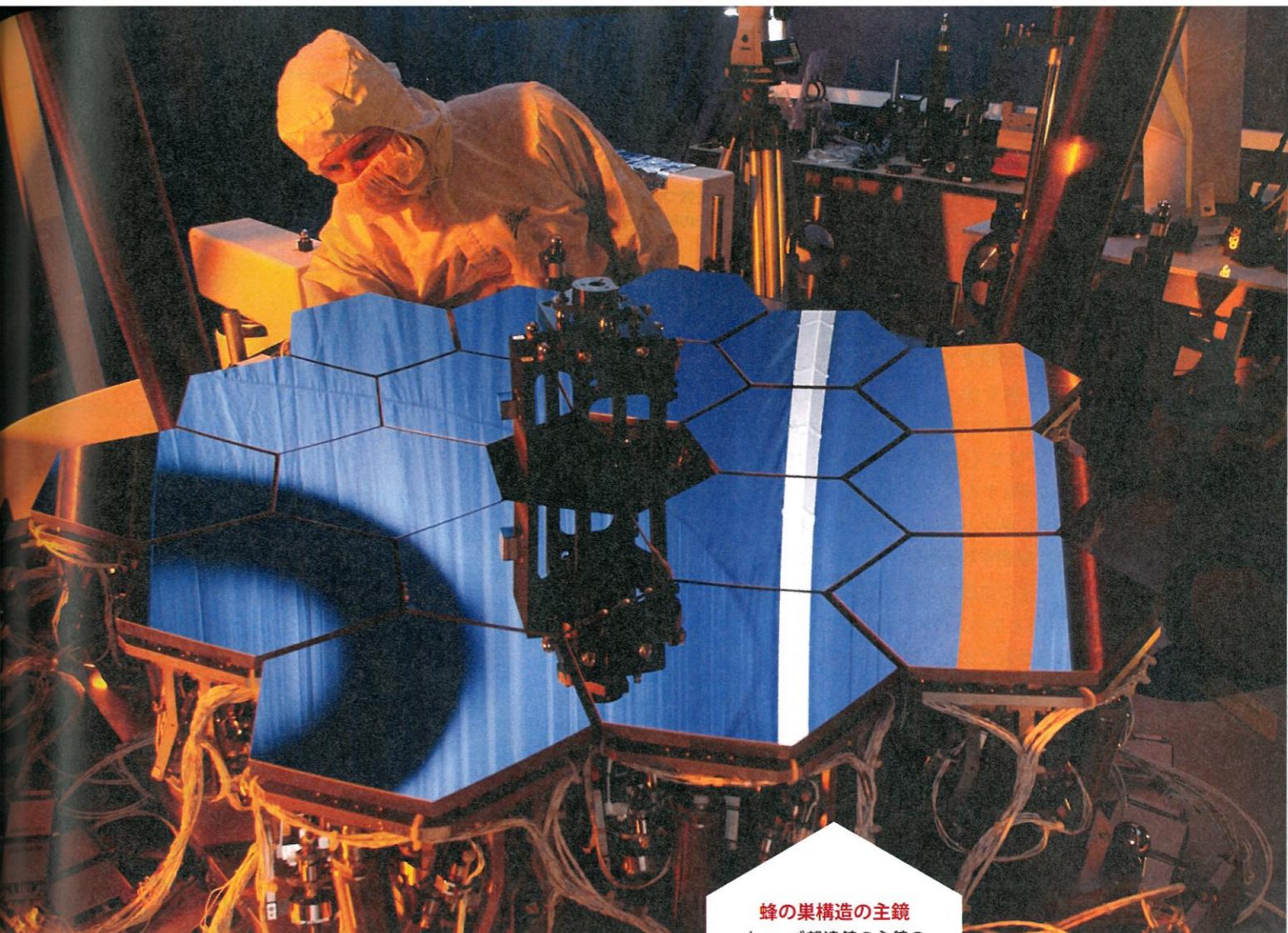
NASAはこの蜂の巣構造の眼を、月よりはるかに遠い軌道に打ち上げる。旅の途中、巨大な日よけパネルが展開される。その日陰でウェップ望遠鏡の温度は55K（ケルビン、-218°C）近くまで下がり、130億年以上も昔の宇宙から届く光や熱を観測できるようになる。

この計画は前例のない技術的リスクを伴う。ウェップ望遠鏡の行き先があまりに遠いので、何らかのトラブルが発生した場合でも、宇宙飛行士が修理に行くことができない。20年における運用期間中に何度も修理や改善が行われたハッブル望遠鏡と違って、ウェップ望遠鏡はやり直しがきかないのだ。光学系を調整するためにシャトルを飛ばすこと、日よけがうまく広がらなかった場合にそれを直す予備の仕掛けもない。

さらにやっかいなことに、望遠鏡は、打ち上げロケットのアリアン5の荷物室に納まるように折りたたまねばならない。また、その重さとサイズに厳しい制限が課せられる。それだけでなく、宇宙空間に放出した後に、折りたたみ式のダイニングテーブルの両翼を広げるように、2カ所が蝶番でつなげられたセグメント鏡を精密に展開しなければならないのだ。

メリーランド州グリーンベルトのNASAゴダード宇宙飛行センターでウェップ望遠鏡計画に携わる科学者クランパン（Mark Clampin）は、「ウェップ望遠鏡はオリガミ望遠鏡だと考えている。望遠鏡を宇宙で展開して、位置を精密に合わせ、所定の温度で動作させなければならない。修理は想定していないので、まさに初日から正しく動作しなければならない」という。

重量、サイズ、温度への厳しい制限、



蜂の巣構造の主鏡
ウェップ望遠鏡の主鏡の1/6スケールの模型。18枚のベリリウム製のセグメント鏡からなり、その中心に観測装置がある。

それに宇宙空間での展開という大胆な作戦を実行するため、NASAは当初の予定をはるかに超える経費をウェップ望遠鏡の開発に費やすことになった。2001年の全米科学者会議の委員会は、ウェップ望遠鏡を天文学の最重要計画と位置づけ、10億ドル規模の予算を求めたが、この見積もりは甘かった。

望遠鏡の打ち上げ経費や運用経費が含まれておらず、この望遠鏡の設計がいかに複雑で時間がかかる作業かという点で楽観的すぎたのだ。「この技術的挑戦は当初考えられていた以上に大変だ」と、ワシントンのNASA本部でウェップ望遠鏡計画に携わる科学者のスミス（Eric P. Smith）はいう。

ただ、ウェップ望遠鏡計画のコストは、他の先駆的衛星計画のものと比べて桁外れに高いわけではないとスミス

は補足する。例えば、地球を周回しているチャンドラX線天文台や、土星の環や衛星を探査中のカッシーニ探査機のミッション全体の経費は、それぞれ2007年のドル値で約40億ドルだ。

1995年にハッブル望遠鏡の後継機構想について最初の報告書をとりまとめたカリフォルニア州パサデナのカーネギー天文台のドレスラー（Alan Dressler）は「大型の宇宙ミッションにはこの程度の経費がかかる」という。彼によると、「ウェップ望遠鏡の建設は極めて効率的に進んでおり、経費が浪費されているわけではない」。

ウェップ望遠鏡がNASAの天文学プロジェクトの予算を食い尽くし、他のミッションを推進する道を閉ざしていると嘆く研究者もいる。「他の計画

にとてウェップ望遠鏡のコストは高すぎると感じられる状態が10年は続く

だろう」と、カリフォルニア工科大学の天体物理学者カルカーニ（Shrinivas Kulkarni）はいう。特に重力波や高エネルギー宇宙現象、太陽系外の地球型惑星を調べる探査は2020年代以降まで待たねばならないとカルカーニは考えている。

ウェップ望遠鏡に期待する研究者の中にも、この巨額の投資が当初の目論見どおりの成果に結びつくのか懸念を隠せない人もいる。ハッブル望遠鏡を使った観測をリードしてきたカリフォルニア大学サンタクルーズ校のイングワース（Garth Illingworth）は「この計画は、NASAのこれまでの多くの計画と比べても、実にチャレンジング

KEY CONCEPTS

宇宙の夜明けに迫るオリガミ天文台

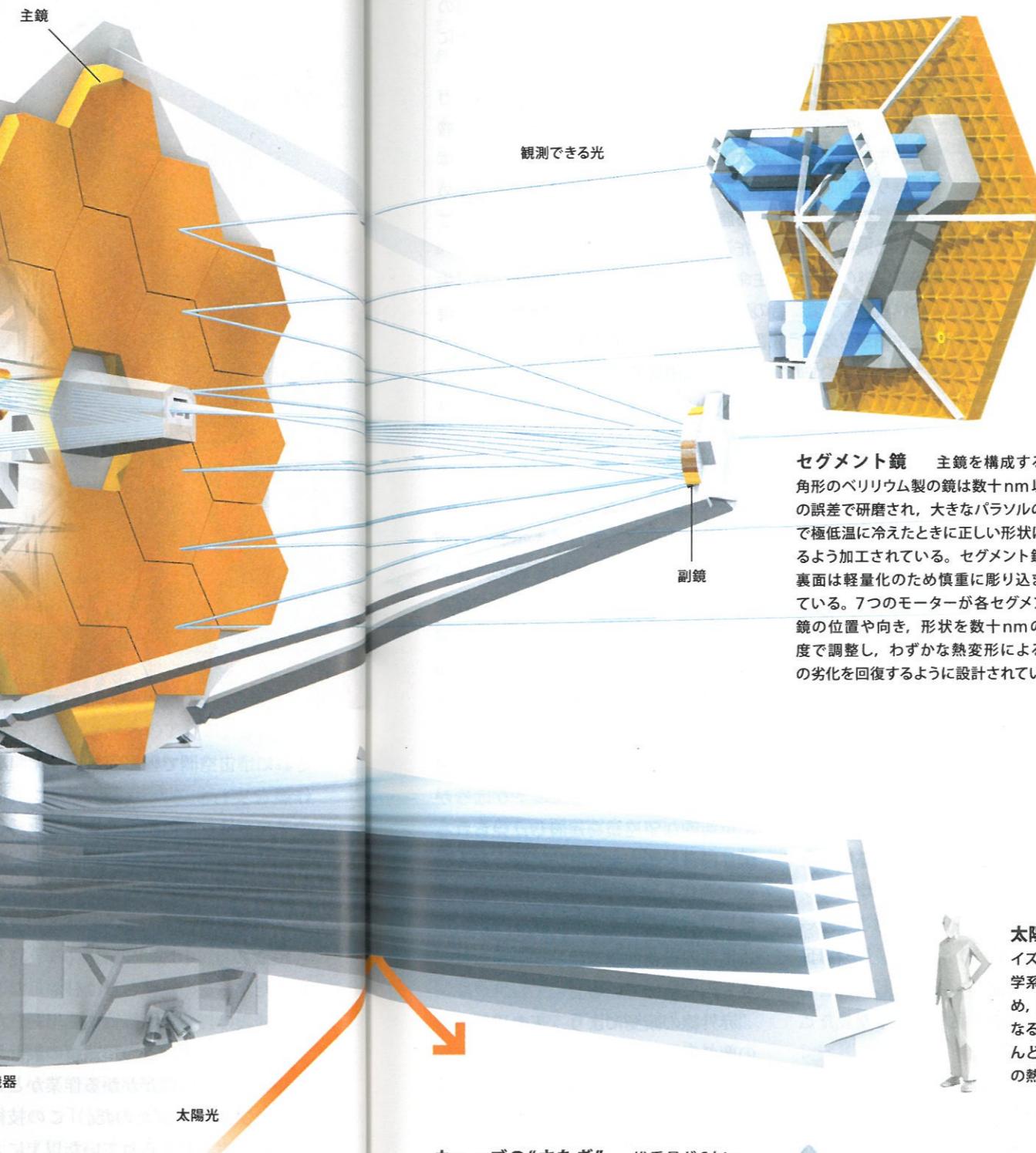
- ハッブル宇宙望遠鏡が数年後に退役した後、新世代の宇宙望遠鏡が運用される予定だ。
- そのジェームズ・ウェップ宇宙望遠鏡の超軽量で自己調整機能を備えた鏡は、ハッブル望遠鏡の7倍の集光力を持つ。ウェップ望遠鏡は従来のほとんどどの望遠鏡では観測できなかつた中間赤外線にも対応している。
- 赤外線を使って観測することで、第1世代の恒星や銀河が生まれた宇宙初期のほか、系外惑星を見ることができるようになる。
- この計画のクライマックスは、ウェップ望遠鏡が打ち上げロケットから出た後で望遠鏡本体と巨大な熱遮蔽パネルを展開するときだろう。ちょっとした技術的ミスでも50億ドルの宇宙天文台が役に立たない代物になってしまふ。

宇宙を観測する新しい眼

ジェームズ・ウェップ宇宙望遠鏡はしばしばハッブル宇宙望遠鏡の後継機といわれるが、NASAがこれまでに打ち上げた天文衛星とさまざまな点で異なっている。その主鏡の面積はハッブル望遠鏡の主鏡より7倍大きいが、1枚の鏡ではなく、18枚の調節可能なセグメント鏡で構成されている。ハッブル望遠鏡の観測は主に可視光で行われたが、ウェップ望遠鏡は主に赤外線を使って観測する。また、ウェップ望遠鏡は地球からの熱放射を避けるため、地球を周回するのではなく、地球からおよそ150万km離れた位置に滞留する。

ロケットの荷物室に納めるために折りたたまれた望遠鏡を宇宙空間で展開する過程は、ハラハラの連続となるだろう。所定の位置に到着したウェップ望遠鏡は、蝶が羽化するときのようにその鏡を広げる。何らかの不測の事態が起こると、望遠鏡は使い物にならなくなってしまう。

観測装置 ウェップ望遠鏡には中間赤外線カメラと近赤外線カメラ、分光器が搭載される。その解像力はハッブル望遠鏡とほぼ同じだが、赤外線で高い感度を持つため、より遠くの、すなわちより昔の時代の天体を見ることができる。



軌道 ほとんどの衛星は地球の周りを円軌道、あるいは橢円軌道を描いて周回するが、ウェップ望遠鏡は地球を周回するのではなく、太陽から見て地球の外側150万kmにある第2ラグランジュ点(L2)と呼ばれる地点を6ヵ月周期で周回する。L2点そのものも地球の公転運動と同期して太陽を周回する。

ウェップの“さなぎ” 総重量が6トンにも及ぶウェップ望遠鏡は、打ち上げロケットのアリアン5だけでなく既存のどんなロケットにも、そのまま納めるには大きすぎる。そのため、折りたたみ式のダイニングテーブルのように、主鏡を構成する18枚の鏡のうちの両側の3枚ずつを折りたたんだ状態で打ち上げる。副鏡を支える三脚と太陽光遮蔽パネルも、宇宙空間に到達した後に展開する。

宇宙望遠鏡の視力比べ

ウェップ望遠鏡は既存の宇宙望遠鏡の観測波長域と一部重なるが、より高感度で高解像力の観測が可能になる。



ウェップが見る世界

ジェームズ・ウェップ宇宙望遠鏡は、NASAの看板望遠鏡となつたハッブル宇宙望遠鏡よりもさらに遠くを観測して、昔の宇宙に迫るために設計された。ウェップ望遠鏡の赤外線カメラは天の川銀河内の生まれたての星のゆりかごや、太陽系内の微小天体をより詳しく観測することもできる。5年におよぶ観測期間に次の4つの主要テーマに挑む予定だ。

- 宇宙の暗黒時代はどのように終わったのか？ ウェップ望遠鏡はビッグバンから約1億8000万年後に生まれた第1世代の大質量星やその超新星爆発を捉えることができるだろう。これらの明るい天体は宇宙を覆っていた暗い霧を暖めて晴れさせ、宇宙の夜が明けたと考えられている。
- 天の川銀河などの銀河はどのように形成されたのか？ 銀河の形成には、その中心にあるブラックホールとともに暗黒物質が

大きな役割を果たした。ウェップ望遠鏡は、銀河が暗黒物質の巣の中でどのように成長して今日の姿になったのかを明らかにしてくれるだろう。

- 恒星や惑星はどのように生まれたのか？ 太陽は冷たい塵とガスの塊の中で生まれたと考えられている。一方、地球などの惑星は生まれたばかりの太陽の周りを回る円盤の中で衝突・合体を繰り返して成長した。ウェップ望遠鏡は、ちょうど輝き始めた恒星を覆い隠している塵とガスの雲の中を詳しく観測し、これらの過程を解明するだろう。
- 地球以外の場所にも生命は存在するのか？ 太陽系と地球は生命にとって大変都合の良い条件を備えている。ウェップ望遠鏡は生命がどのように誕生したかについての手がかりを求めて、太陽系の彗星や原始微惑星、太陽系の近くの惑星系を調べる。

(R. イリアン)

61ページから

グなものであり、ウェップ望遠鏡が万一展開に失敗したら、この計画は無に帰することになる」と認める。

ウェップが目指す未知の世界

ウェップ望遠鏡の“変身”は、地球から約150万km離れたL2と呼ばれる目的地に到達する前に行われる。L2は重力がつり合う地点だが、安定軌道ではないので、ウェップ望遠鏡はときどき少量の燃料を噴射して地球の公転運動に合わせる必要がある(67ページの訳者ノート1を参照)。

ウェップ望遠鏡には10年程度の運用が可能な燃料が積み込まれる予定だが、NASAは今のところ5年間の運用費だけを計上している。残りの5年間運用を続けるには、5億ドルの追加予算が必要だ。

ウェップ望遠鏡を地球から離れてから離れた軌道にまで飛ばさなければならないことは、15年前に検討を始めたときからわかっていた。ハッブル望遠鏡は地球からの照り返しを受ける低軌道を周回しているため、望遠鏡や観測機器はほぼ室温で運用されている。それゆえ、観測可能な宇宙の果てに散在

するはずの、今日の銀河の祖先である遠方の天体が放つ微弱な赤外線を見ることがない。

宇宙が若かったころであれば、これらの銀河からの光は人間の目でもハッブル望遠鏡のカメラでも見えたはずだ。だが、100億年ほどの間に宇宙空間は膨張し、昔の銀河が放った可視光は波長が伸びて、赤外線になってしまったのだ。

「ここには新しいチャンスが存在する」と、NASAゴダード宇宙飛行センターの主任プロジェクト科学者でノーベル物理学賞受賞者でもあるマザー(John C. Mather)はいう。「これは、私たちがまだひっくり返したことのない岩だ。つまり私たちがまだ見たことのない世界だ」。

アポロ計画時代のNASAの長官の名前にちなんだジェームズ・ウェップ望遠鏡は、赤外線カメラなどの観測装置で第1世代の銀河の破片を捉えるだろう。これらの天体はビッグバンからおよそ4億年後(現在の宇宙年齢のわずか3%の時代)にはおそらく存在していた(訳者ノート2)。

ウェップ望遠鏡のカメラは、より昔

の時代に存在したと考えられている、私たちの太陽より数百倍も重い星の輝きも捉えるかもしれない。極めて重いこれらの星は、まばゆいばかりの光を放つて短い生涯を終え、さっさと大爆発して消えたと考えられている。その大爆発時の光は現在も広大な宇宙を旅しているのだ。

カーネギー天文台のドレスラーは「私たちはハッブル望遠鏡よりはるかに革新的な望遠鏡を建設し、見られる限りの昔を観測するためには、どんな苦労も惜しまない」という。「NASAは旧世代の最後の望遠鏡を作るより、新世代の最初の望遠鏡を建設するという大志を抱いている」。

赤外線の観測により、天の川銀河内の塵の雲に包まれた星や惑星系の誕生の現場を見通すことも可能になる。遠い宇宙だけでなく、近くにあるそのような天体を観測する新しい眼が開かれるのだ。今のところ、系外惑星の観測は主に可視光でなされているため、惑星のもととなるガス円盤や微惑星がほとんどなくなった系の惑星しか観測できていない。

だが、赤外線は塵やガスを透過でき

るので、ウェップ望遠鏡は、誕生過程にあるさまざまな原始惑星系を見てくれるだろう。そのような研究から私たちの太陽系がありふれた存在なのか、珍しい存在なのかがわかる。

こうした惑星の中には、その公転軌道面がたまたまちょうど地球の方向にそろっていて、その母星の前を横切るものがあるだろう。その時にウェップ望遠鏡でスペクトルを観測すれば、その惑星の大気中のガス成分がわかるかもしれません。

実際にそのような観測ができる保証はないが、ウェップ望遠鏡の観測で、酸素や二酸化炭素、メタンなど、生命活動の兆候と見なせるガスを大気中に含む惑星が見つかるかもしれない(訳者ノート3)。

ベリリウムという選択

他の宇宙望遠鏡でも、2番目に軽い金属元素であるベリリウム製の小型鏡が使われているし、ウェップ望遠鏡の差し渡し6.5mの主鏡は、天文学の世界では決して巨大なものではない。地上望遠鏡ではすでに8~10m級の主鏡を備えたものが複数実現しており、構想段階の地上望遠鏡ではその数倍の大きさのものが検討されている。だが、18枚のベリリウム製のセグメント鏡を作り、宇宙空間で並べて1枚の精密な鏡に仕立てるという構造は、光学技術者にかつてない大挑戦を強いることになった。

カリフォルニア州バークレーの北、リッチモンドにある光学機器会社ティンズレー(通信機器メーカーのL-3コミュニケーションズの傘下企業)の技術陣がこの難題に挑戦中だ。私の訪問は報道関係者に対して同社の鏡の製作現場の見学を許可した最初のケースだったようだ。だが、カメラの持ち込みはできないことと、質問によっては答えられない場合があることをダニエルからあらかじめ言い渡された。望遠鏡

の鏡の製作は競争の激しい技術分野であり、ティンズレー社はウェップ望遠鏡の鏡に対するNASAの仕様を満たすため、すでに数百万ドルを投じ、数年の歳月を費やしてきた。

工場に到着するなり、ベリリウム粉末に毒性があることを知った。万一肺を患ってもティンズレー社を訴えない旨の誓約書に署名しなければならない。心配無用ですよとダニエルがいう。工場では鏡の研磨は濡れた状態で行うので、ベリリウムの粉末が飛散することはないようだ。私はホッと胸をなでおろす。だが、質問中にツバを飛ばして鏡を汚さないためと、安全のため、医療用マスクを着用した。

計画当初、鏡には温度変形のほとんどない超低膨張ガラスが使われる予定だった。だが、試作鏡を作り、ウェップ望遠鏡が経験する予定の超低温下に置いたところ、ガラスが想定以上に変形してしまい、鏡として使い物にならなくなることがわかった。一方、ベリリウムはそのような超低温下でもほとんど変形しないことが確かめられた。

鏡材の変更により、鏡の製作期間

は当初の計画より1年長くな

った。ベリリウムは磨

くのに時間がかかるためだ。

「ベリリウム製

の鏡を、内部応力

を残さずに磨き上

げるには実に大変

だ」と、ティンズ

レー社の鏡製作工

程を管轄するボール・

エアロスペース・アンド・テ

クノロジーズ(コロラド州ボルダ

ー)の光学技師ブラウン(Bob Brown)はいう。表面を削った後に

は材料が上向きに反る傾向がある。

技術陣は内部応力が発生した表面層を酸

処理するか鋭利な刃物でそぎ落とさね

ばならない。その作業には正確さと大

変な忍耐が必要だ。

鏡の見学に先立ち、靴や衣類にベリリウムが付着しないように長靴をはき仕事着を着用する。ダニエルとブラウンに付き添われてウェップ望遠鏡の鏡研磨のために建設されたティンズレー社の工場に入る。そこには8台の研磨機があり、それぞれが2階建ての建物ほどの高さがある。

そのコンピューター制御の研磨機の1つにセグメント鏡が載っている。鏡の上をアコードィオンのような黒い蛇腹をつけたロボットが滑らかに往復すると、うなり声のような音がする。このロボットの先端にはフリスビーほどの大きさの研磨ヘッドが装着されている。回転する研磨ヘッドがベリリウムを正確な量だけ正しく除去するよう、コンピューターがベリリウム鏡の各場所での研磨時間を精密に制御している。

薄めたミルクのような白い液体が、回転する研磨ヘッドと鏡の間を流れ、鏡の端から静かに流れ落ちている。これ何ですかと聞くと、ダニエルは微笑んだ。少し時間を置いて「研磨液ですよ」という。「弊社が特別に調合した研磨材が入っています。企業秘密の1つです」。

ブラウンが六角形の鏡の縁を指して説明を続ける。「鏡はその縁から5mmを残して滑らかです。この大きさの鏡でここまで磨くには離れ業が必要です。縁の仕上げ残しが2倍広いと、望遠鏡は星の光を点像に結ぶとき1.5%ほど損してしまいます。ウェップ望遠鏡が狙うかすかな天体の観測には大損失となります」。

鏡面の形状精度の測定は、温度と気流が厳密に管理されているティンズレー社の光学測定設備内で行う。技師は

「NASAは旧世代の最後の望遠鏡を作るより、新世代の最初の望遠鏡を建設するという大志を抱いている」

A. ドレスラー



COURTESY OF NASA

ホログラムや赤外線レーザーなどを使って数十万カ所で鏡面の高さを測定する。セグメント鏡はNASAの仕様値を満たすまで、研磨機と光学測定機の間を数十回も行き来する。

この後、セグメント鏡はボール社に空輸され、鏡の支持機構に取り付けられる。合成グラファイト製の支持機構はセグメントの裏側の格子構造を望遠鏡の所定の位置にきっちり装着する役割を果たす。

支持機構に取り付けられた鏡はアラ

バマ州ハンツビルのNASAマーシャル宇宙飛行センターに運ばれる。液体ヘリウムで25Kにまで冷却された大型の真空室でテストするためだ。この温度変化を受けて鏡は微妙に変形するが、光学技術者がその変形状態を顕微鏡で精密に測定する。

測定が終わると、セグメント鏡はカリфорニアのティンズレー社に戻される。光学測定の結果に基づいて、鏡が超低温の宇宙空間にさらされたとき、

生じると予想される変形を受けても相殺できるように追加の研磨を行う。

時間を要するこの修正加工は2009年12月から始まっており、2010年8月時点で、最初の1枚が完了し、およそ半数のセグメント鏡が修正研磨の最終段階にある。ティンズレー社は2011年半ばまでに、18枚すべて（と3枚の予備）のセグメント鏡をNASAに納入する予定だ。

ハッブルに学ぶ

ティンズレー社の技術者が仕事をするとき、ハッブル望遠鏡の建設時に起きた衝撃的な失敗のことがいつも頭の片隅にある。ハッブル望遠鏡では、ちょっとした測定ミスに気づかないまま、鏡を正しくない形状に仕上げてしまった。幸い、打ち上げから3年後にこのミスを補正する光学系をスペースシャトルで運び、ハッブル望遠鏡に取り付けたため、ハッブルは救われた。だが、はるか彼方に向かうウェーブ望遠鏡にはこのような救済策はない。

ハッブル望遠鏡での教訓に学び、NASAはハッブルの問題を解決した技術陣をウェーブ望遠鏡のチームに加えた。ピンぼけの像からハッブル望遠鏡の鏡の歪みを診断した手法を使うこと、ウェーブ望遠鏡の鏡はシャープな像を結ぶようにシステムが設計されている。

「ウェーブ望遠鏡が宇宙空間を移動すると、熱変形のため鏡の形が徐々にずれていく」と、ウェーブ望遠鏡の運用を行う宇宙望遠鏡科学研究所（メリーランド州ボルティモア）の所長のマウンテン（Matt Mountain）はいう。だが、他の宇宙望遠鏡と違って、ウェーブ望遠鏡はこうした変形を能動的に相殺する機能を備えている。

まず、望遠鏡の装置内の小さなレンズ群を動かして、ハッブル望遠鏡で生

じたようなピンぼけの像をわざと作る。地上の管制室でこれらの像を解析して、各セグメント鏡の裏側に装備された7つの小さなモーターを起動させる電波信号を送る。ボール社で製作されたモーターは、鏡を裏側から10nm以下の精度で押したり引いたりできる。

こうして天文学者は各セグメント鏡の焦点距離とセグメント鏡同士の相対位置を精密に制御する。地上管制室はほぼ2週間に亘りこの手順を実行し、鏡の調整を行う予定だ。

もちろん、何よりもまず、折りたたまれた望遠鏡を宇宙空間で正しく展開しなければならない。特に、それぞれが3枚のセグメント鏡からなる両翼をうまく広げて、直径6.5mの1枚の鏡となるようする。次に、直径75cmの副鏡を載せた三脚を展開し、副鏡を主鏡から7m離れた所定の位置にきっちり設置する。これらの展開が成功して初めて、主鏡で集められた光は、副鏡で反射され、主鏡の中心に開いている穴を通ってその奥に配置された観測装置に届く。

だが、展開過程を見守っている者が最もハラハラドキドキするのは、幅11m、長さ19mの太陽光遮蔽パネルを展開するときだろう。この展開がうまくいかない場合、太陽からの強い赤外線が観測装置に当たってその目がくらみ、目的とする観測がほとんどできなくなってしまう。シミュレーション動画を見ると、遮蔽パネルはキャンディの包み紙を5枚重ねたような構造で、それぞれはバレーボールコートほどの大きさだ。

NASAの主契約受注者であるノースロップ・グラマン社（カリフォルニア州レドンドビーチ）は、巨大なアンテナを広げる衛星や米政府の秘密衛星をいくつも設計してきた。だが、同社にとってもウェーブ望遠鏡は、これまで挑んだことのないほどに機械的に極めて複雑なミッションとなっている。

さらに懸念されることは、打ち上げ前に太陽光遮蔽パネルを本番と同じ低温条件下で試験するための巨大な真空実験室が存在しないことだ。そのような巨大施設の建設費用はとても多い額になるため、NASAは望遠鏡全体を組み上げて試験するのを断念し、代わりに重要なパーツだけをテストする道を選んだ。

「計画を速やかに実現するには避けられないリスクだ」とマウンテンはいう。「多少の不確かさが残っても、思い切ってやってみるしかない」。

今のところ、計画に従事している科学者は、望遠鏡と観測装置の建設に集中している。だが、2014年の打ち上げ後のことも頭を巡らさずにはいられない。「ある意味、ウェーブ望遠鏡は私たちの世代の文明の記念碑となるだろう」と、NASAゴダード宇宙飛行センターのウェーブ望遠鏡光学系マネジャーを務めるファインバーグ（Lee Feinberg）はいう。

「ウェーブ望遠鏡の寿命は永遠ではないが、投入されたL2軌道に永く留まる。将来の世代は巨大な望遠鏡を積んだ衛星を発見する」。そしていつの日か、宇宙塵で汚れ、宇宙線で変色した金色の鏡は、人類が初めて宇宙の歴史を見た時代の記念碑として、地球上に曳航されることだろう。

訳者ノート

1) 人工衛星が太陽と地球との位置関係を保って年周運動することができる地点をラグランジュ点と呼ぶ。ラグランジュ点は5つあるが、そのうち太陽と地球を結ぶ線上で、地球の外側にあるL2点は天体観測に好条件の地点だ。L2点では太陽と地球がほぼ同じ方向にあるため、日よけパネルを広げると太陽と地球からの光や熱を遮ることができ、最高の環境で宇宙のかすかな天体を観測できる。

2) 現時点までにその距離が確定された銀河のうち一番遠いものは、訳者たちが2006年にすばる望遠鏡で発見した銀河IOK-1で、ビッグバンからおよそ8億年後、現在の宇宙年齢の6%の時代のものだ。

3) 惑星大気の形成過程は完全に解明されているわけではないが、例えば、地球大気の酸素はシアノバクテリアが光合成反応で水を分解した結果生じたと考えられている。生命のいない通常の惑星では、その大気中に大量の酸素が残ることは考えにくい。

訳者 家正則（いえ・まさのり）
国立天文台の教授。TMTプロジェクト室長。TMTは2018年末にマウナケア山頂での稼働開始を目指して国際協力による建設が構想されている口径30mの赤外線望遠鏡。

著者 Robert Irion

Science誌の元通信員で、現在はカリフォルニア大学サンタクララ校でサイエンス・コミュニケーションのコースを率いている。Smithsonianなどの雑誌に天文学の記事を書いている。

原題名

Origami Observatory (SCIENTIFIC AMERICAN October 2010)

もっと知るには…

「宇宙の最初の星」、R. B. ラーソン／V. プロム、日経サイエンス2002年3月号。
「宇宙の起源」、M. S. タナー、日経サイエンス2009年12月号。
「スーパーアース 別の太陽を回る地球」、D. D. サセロフ／D. バレンシア、
日経サイエンス2010年11月号。
関連アニメーションが次のウェブサイトで見られる
http://www.jwst.nasa.gov/videos_deploy.html