



宇宙と社会をつなぐ 国立天文台の技術開発



宇宙からのかすかな光をとらえ、壮大な宇宙の歴史と謎に迫る天文学の発展は、常に様々な技術の進歩に支えられてきました。天文学の新しい扉を開くことを目指して、国立天文台ではすばる望遠鏡・アルマ望遠鏡に代表される世界第一線の観測装置を実現するために様々な最先端技術を取り入れ、かつ独自の技術開発にも取り組んできました。その中で培われた「天文学のための技術」は、「暮らしや社会を支える技術」へと大きく展開することができます。国立天文台は、天文学のために磨かれてきた技術を活かして、「健康な社会」「便利な社会」「安全・安心な社会」を実現するための活動も行っていきます。

「天文学のための技術」を 「暮らしを支える技術」に

健康な社会



Credit: absodels RF/amanaimages

電波望遠鏡のための
電波検出技術

がん細胞の判別や歯の
診断などの医療応用の可能性

便利な社会



Credit: RYO/amanaimages

電波望遠鏡のための
電波発生技術

ポスト 5G 高速通信網実現
に向けた基礎技術となる可能性

安心安全な社会



Credit: JAXA

すばる望遠鏡向け超高感度
CCDカメラ技術

宇宙ゴミ監視望遠鏡に搭載され
安全な衛星運用に貢献

「見る」を極めた技術

100億光年彼方に存在する天体からの微弱な光を捉えることは、天文学ではもはや珍しいことではありません。国立天文台は、かすかな宇宙からの光を「見る」ことを極めるための技術開発を続けてきました。この技術は、私たちの暮らしのさまざまな場面に活かせる可能性を秘めています。

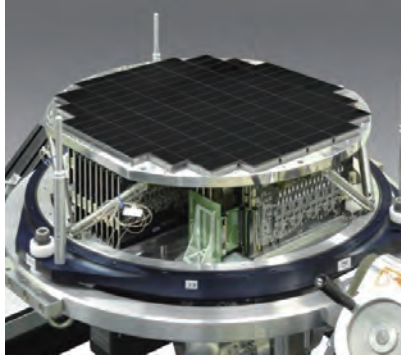
高感度・大画素 可視光赤外線センサー技術

高感度半導体センサー 裏面照射 CCD

光計測 光学設計 低温 真空

機械設計 高精度加工

すばる望遠鏡の超広視野カメラの心臓部である大型高感度の完全空乏型裏面照射 CCD センサーを浜松ホトニクスと共同開発し、これを116枚並べた8億7000万画素の大型カメラを実現しました。さらに、赤外線に感度を持つ InGaAs センサーの低雑音高感度化を推進しています。



すばる望遠鏡超広視野カメラ。116枚の CCD センサーを並べ対角50cmの大型カメラを実現。



すばる望遠鏡HSCが撮影したアンドロメダ銀河。広視野を活かして一視野で銀河全体を捉えました。

大気揺らぎを測り 打ち消す補償光学技術

高速アクチュエータ 高速信号処理

高速読み出し高感度検出器 回折限界光学設計

大気の揺らぎを補正してシャープな星像を得るための技術が、補償光学です。像の揺らぎを毎秒1000回以上測定できるセンサー技術と高速演算処理、ミリ秒の応答時間・数ナノメートルの精度で可変形鏡を動かして光の乱れを直すリアルタイム制御技術を組み合わせた装置をすばる望遠鏡に搭載し、従来の10倍以上鮮明な天体画像を得ることを可能にしました。

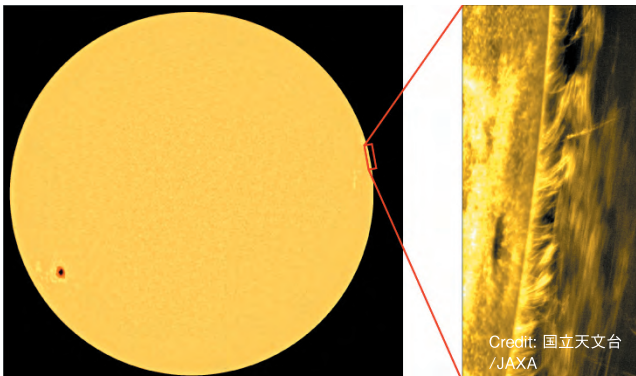


(左) すばる望遠鏡向けに開発された極限補償光学装置 SCEXAO。(右) 補償光学適用前(上)と適用後(下)での星像の違い。補償光学により、星像が圧倒的にシャープになります。

宇宙望遠鏡技術

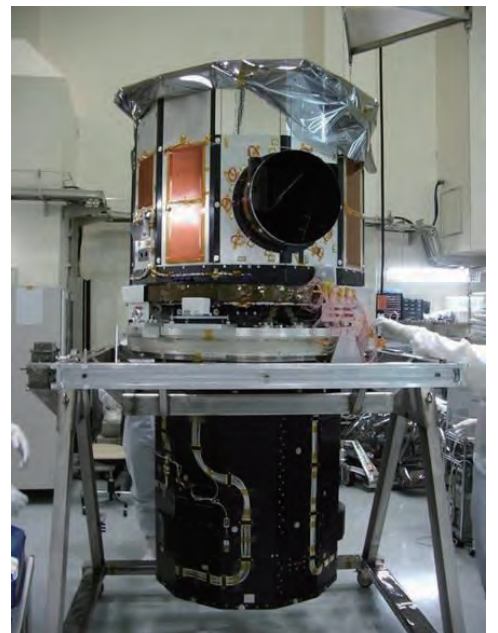
宇宙用光学装置設計 宇宙環境模擬試験 熱制御 真空

国立天文台は、宇宙望遠鏡による天文観測とそのための装置開発も行っています。太陽観測衛星「ひので」では、三菱電機株式会社と協力し、口径50cmの光学望遠鏡システムの設計・組み立て・性能評価を一貫して実施し、世界最高クラスの撮像性能を実現しました。さまざまな人工衛星・観測ロケットミッションに対応して、宇宙で使用できる光学装置の設計・開発・試験などを行う技術を国立天文台は蓄積しています。



Credit: 国立天文台/JAXA

地上望遠鏡が撮影した太陽全面画像(左)と、太陽観測衛星「ひので」の可視光磁場望遠鏡がとらえた太陽表面上空に伸びるプロミネンス(右)。



国立天文台クリーンルームで組み立てられた太陽観測衛星「ひので」搭載用の可視光磁場望遠鏡。

「測る」を極めた技術

天文学は、天体からの多種多様な信号を測り分析することによってさまざまな情報を引き出す学問です。国立天文台では、すばる望遠鏡などの可視光赤外線観測に加えて、アルマ望遠鏡などによる電波観測も盛んに行っています。検出器の開発からデジタル信号処理まで、最先端の「測る」装置を作り出すための幅広い技術開発を国立天文台は行っています。

超高感度電波受信システム

ミリ波・テラヘルツ波 超伝導薄膜

高精度加工 準光学系設計

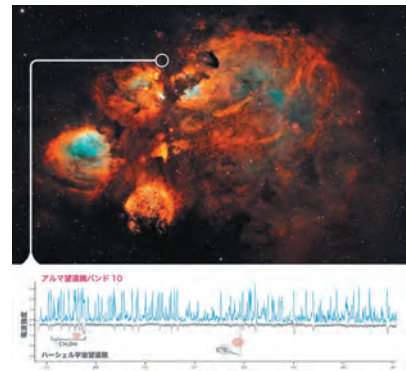
超高周波回路設計 近傍界計測

極低温 真空

宇宙から届く高周波の電波（ミリ波・サブミリ波・テラヘルツ波）を高感度に受信するため、国立天文台は、ニオブや窒化ニオブチタンの超伝導薄膜を使った世界最高性能の受信素子の開発や、世界でもユニークな電波光学設計技術を用いた光学部品開発を行ってきました。



アルマ望遠鏡向けに国立天文台が開発した、左から150/450/900 GHz 帯の超伝導受信機



900 GHz 帯受信機で観測した、猫の手星雲に含まれる多様な分子の電波スペクトル（下）
Credit: S. Lipinski/NASA & ESA, NAOJ, NRAO/AUI/NSF, B. McGuire et al.

高精度信号を作り高品位に送る技術

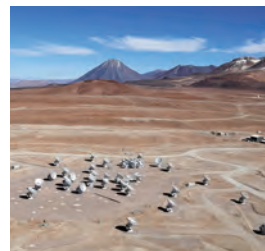
ミリ波・テラヘルツ波 電波計測 フォトニック

光シンセサイザ 超高速エレクトロニクス

多数のアンテナを結合して、ひとつの仮想的な巨大望遠鏡を構成するため、国立天文台では、様々な周波数帯の信号を超高周波数分解能で連続的に光信号にするフォトニック技術（光と電波を融合する技術）と光ファイバ伝送による信号の乱れを補正する技術を有しており、原子時計（乱れが30万年に1秒以下）の高い精度を維持した信号をアンテナに伝送しています。



国立天文台が開発した、フォトニック信号発生装置



アルマ望遠鏡のアンテナ群
Credit: Clem & Adri Bacri-Normier (wingsforscience.com)/ESO

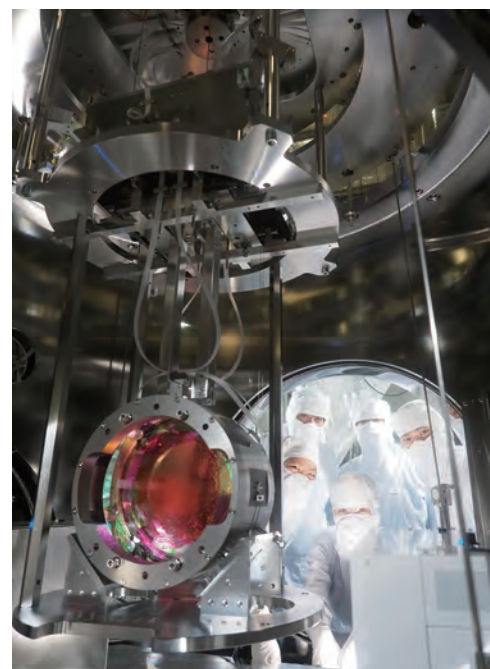
振動を原子の大きさの10億分の1に抑える防振技術

防振 機械設計 高精度加工 真空 低温

重力波を捉えるため、東京大学宇宙線研究所が主導する重力波望遠鏡 KAGRA の開発に国立天文台は協力しています。国立天文台は、その心臓部ともいえる鏡の防振装置を開発しました。倒立振り子や geometric anti-spring などの低い共振周波数を持つ機械要素を組み合わせた防振フィルタを複数重ねることで、振動の大きさは実に 10^{-19} m（原子の大きさの10億分の1）と、人類未踏の安定度を実現しています。



KAGRA の真空ダクト
Credit: 東京大学宇宙線研究所



KAGRA の鏡（赤色部分は保護膜）を懸架する防振装置

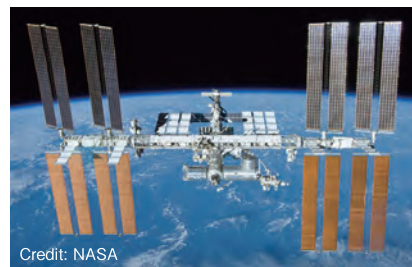
「見る」「測る」を極めた技術を、暮らしに役立つ技術へ

宇宙をよりよく調べるために高めてきた国立天文台の技術は、すでに天文学以外の分野に応用され始めています。宇宙開発・環境・医療など現代の生活と密接に関わる場所にも、その応用範囲は広がっています。

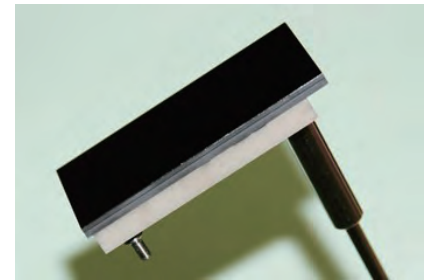
すばる望遠鏡超広視野主焦点カメラの技術をもとに、美星スペースガードセンター向けカメラをJAXA、日本宇宙フォーラムと共同開発しました。10年にわたり宇宙ゴミや地球接近小惑星の発見と観測に使用され、人工衛星の安全な運用を支えています。



国際宇宙ステーションに設置された超伝導サブミリ波リム放射サウンダは、地球大気中の微量成分を宇宙から観測する装置で、人体に有害な紫外線を遮ってくれるオゾンの分布を明らかにするなど、地球環境の把握に貢献しました。国立天文台は、そのサブミリ波受信機開発に大きな役割を果たしました。



天体観測のために国立天文台が企業と共同で開発している高感度 CCD や CMOS センサーは、X線センサーとして使用可能です。医療現場で高感度な X線センサーを使えば人体に照射する X線を弱くすることができ、医療被曝を大幅に低減できます。



新開発の赤外線に感度の高いメガピクセル CCD (2048×4096 ピクセル/受光面は3cm×6cm角)。

次世代の社会を作る技術の芽

国立天文台が持つ技術は、さらに次の世代の社会で役立つ様々な技術の基盤になる可能性があります。

補償光学技術



生体組織の奥深くでも鮮明な像を得ることができる補償光学顕微鏡・検眼鏡の開発が世界各地で進んでおり、医療・生物研究が大きく進展することが期待されています。

超高感度電波受信技術



医薬品の検査や生体試料分析、火山ガスや水蒸気など大気中の微量成分検出への有用性が指摘され、医療・環境・防災分野への応用が期待されています。

高精度信号技術



ポスト5Gの高速大容量無線通信ネットワークに必須な高安定基準信号の生成・配信に繋がる基礎技術として、通信分野に貢献が期待できます。

企業とともに歩む国立天文台の技術開発

国立天文台と三菱電機株式会社は、歴代の大型望遠鏡開発によって巨大な精密装置を製作・制御する技術を高めてきました。この技術は、JAXA 深宇宙通信アンテナなどの開発に応用されています。



30m望遠鏡TMTの主鏡に使用されるゼロ膨張ガラス材は、日本の株式会社オハラ製です。またキャノン株式会社は鏡材の非球面研磨を担当します。次世代の天文学を牽引する国際協力プロジェクトにも、日本の企業の技術が活かされています。



国立天文台とは

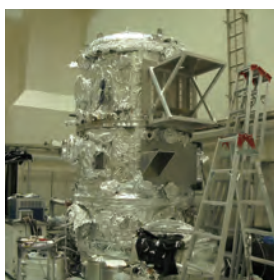
国立天文台は、日本の天文学の中核を担う研究機関です。ハワイ・マウナケア山頂の「すばる望遠鏡」やチリ・アタカマ砂漠の「アルマ望遠鏡」、太陽観測衛星「ひので」、天文学専用スーパーコンピュータ「アテルイII」、そして現在建設中の30m望遠鏡「TMT」など大規模な天文観測・研究施設の運用を通して全国・全世界の研究者に世界最高峰の天文学研究環境を提供するとともに、天文学研究と天文観測機器開発を広く推進しています。

国立天文台先端技術センター

国立天文台の技術開発を支えるのが、先端技術センターです。すばる望遠鏡・アルマ望遠鏡・30m望遠鏡TMT・重力波望遠鏡KAGRAに搭載されている観測装置の開発・製造のほか、太陽観測衛星「ひので」や太陽観測ロケット実験の開発に携わるなど、宇宙機開発に必要な技術も有しています。先端技術センターは、超伝導素子作成やCCDカメラ組み立てに使うクラス100から10000のクリーンルームと、イオンビームスパッタ装置、マシニングセンターや金属3Dプリンタを有し様々な機器の設計・製作・評価を一貫して行うことができる他、衛星搭載装置の熱真空試験が可能なスペースチャンバーや恒温槽などがあり、世界最先端の観測天文学研究を強力に支援しています。



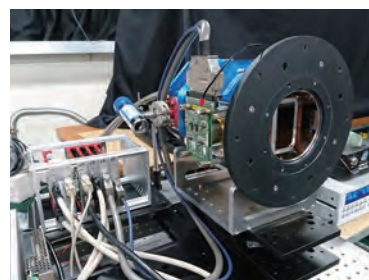
メカニカルエンジニアリングショップ



スペースチャンバー



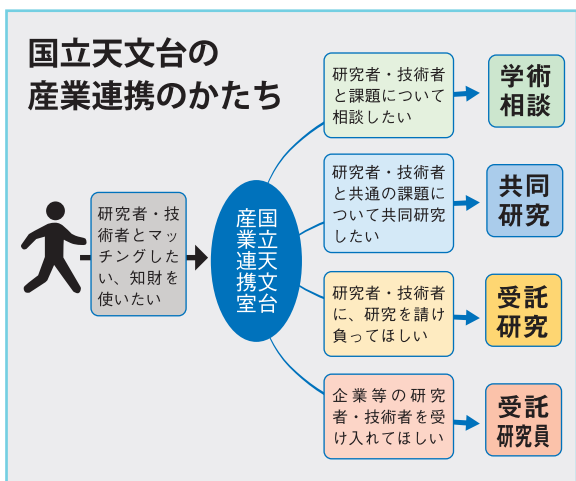
クリーンルームで組み立て中のロケット
搭載望遠鏡



CCD性能評価装置

国立天文台の産業連携

国立天文台では産業連携室を設置し、企業・団体等の要望に応じた様々な連携の形を準備しています。研究者・技術者とのマッチングのための相談も受け入れていますので、お気軽にお問い合わせください。



産業連携の実例

株式会社 ALE

民間気象衛星開発に向けた小型マイクロ波サウンダーの核となるコンポーネントの研究開発に関する覚書と共同研究契約を締結。

株式会社五藤光学研究所

研究者が作成した天の川銀河のシミュレーションデータの可視化・映像化を支援するために、学術相談を実施。

日本電気株式会社

超伝導量子回路等の開発に関する共同研究契約を締結。国立天文台はクリーンルーム施設において超伝導デバイス開発を担当。

株式会社雄島試作研究所

高周波低雑音アンプの開発に際して、国立天文台は電波天文学観測装置の開発経験を活かして技術指導を実施。

自然科学研究機構 国立天文台 研究力強化戦略室 産業連携室

〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1

電話：0422-34-3917（事務部研究推進課）

Email: sangyo-renkei@ml.nao.ac.jp / Web: <http://ilo.nao.ac.jp>

