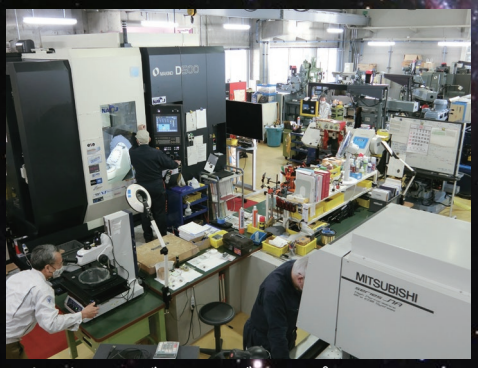
宇宙と社会をつなぐ
国立天文台の技術開発

Credit: GYRO PHOTOGRAPHY/a.collectionRF/amanaimages

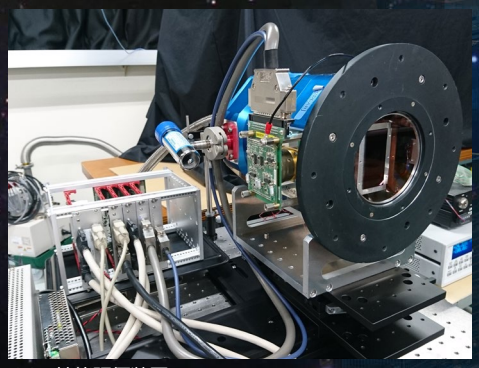
130億光年の彼方から届くかすかな光を見る。
宇宙に漂う希薄な分子が放つ電波を測る。
ナノメートルの精度で観測装置を作る。
数百テラバイトの巨大な観測データを操る。

宇宙の謎を解くための技術を、国立天文台は自ら開発しています。



メカニカルエンジニアリングショップ

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

見えない宇宙を観る技術

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、常に技術の進歩に支えられてきました。国立天文台では、紫外線・可視光・赤外線・電波で宇宙を見る技術、微弱な電波信号や微細な構造を測る技術、観測装置を精密に作る技術、温度変化を操ったりビッグデータを処理したりするためのさまざまな技術を培ってきました。ものづくりやデジタル技術の研究者や技術者が多く在籍し、天文学の新たな扉を開くための技術開発に邁進しています。

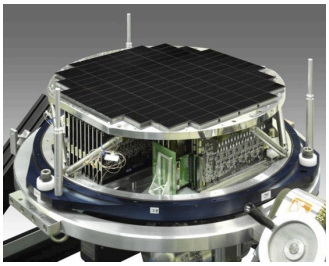
観る技術は社会を変える

宇宙の謎を解くために培ってきた技術は、実は暮らしや社会を支える技術へと大きく展開する可能性を秘めています。例えば、現代社会に欠かせないWi-Fiの基盤となる技術は、電波天文学者が開発したものです。天文観測のために現在開発されている技術が、未来の社会を変えるかもしれません。国立天文台では、先端技術センターに天文技術の社会応用を進めるための「社会実装プログラム」を立ち上げ、技術開発活動を強化しています。

見る技術

100億光年かなたに存在する天体からの微弱な光をとらえることは、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、宇宙からのかすかな光を「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。

かすかな光を見る技術

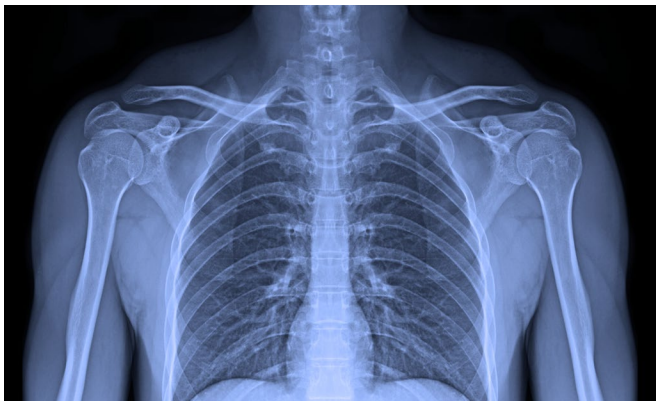


対角50cmのすばる望遠鏡超広視野カメラ

新開発の赤外線センサ

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。また、赤外線に高い感度を持つInGaAsセンサーの国産化を推進しています。

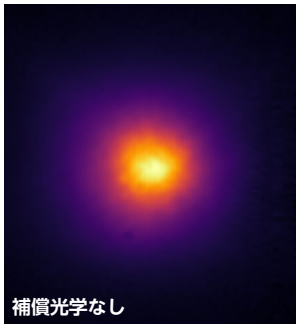
高感度X線センサーへの応用

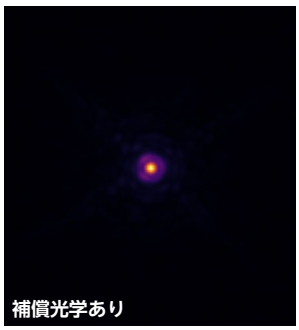


天文用の高感度CCD/CMOSセンサーは、X線センサーとしても使用可能です。医療現場で使用すれば人体に照射するX線を弱くすることができ、医療被曝を大幅に軽減できます。

揺らぎを抑えてはっきり見る技術

すばる望遠鏡からレーザー光を出し、大気を光らせることで補償光学の参照星としている様子。

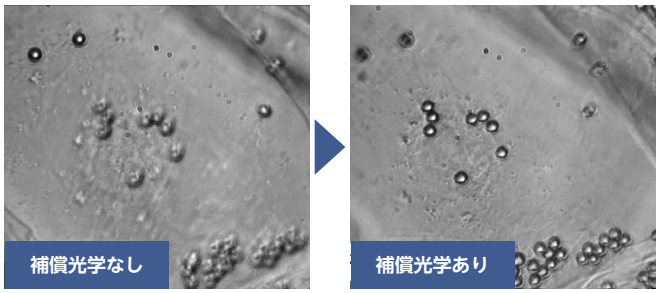




補償光学を適用してシャープに写し出された星

国立天文台は、望遠鏡で星や銀河をシャープに写し出すため、大気ゆらぎを打ち消す補償光学技術を高めてきました。すばる望遠鏡に搭載された補償光学装置はミリ秒の応答時間・数ナノメートルの精度で可変形鏡を動かしてリアルタイムに光の乱れを補正し、従来の10倍以上鮮明な天体画像を得ることができます。

補償光学顕微鏡への応用



タマネギの細胞写真。丸いビーズを参照して補償光学を適用することで、細胞内の細かい構造が見えてきます。

衛星光通信への応用

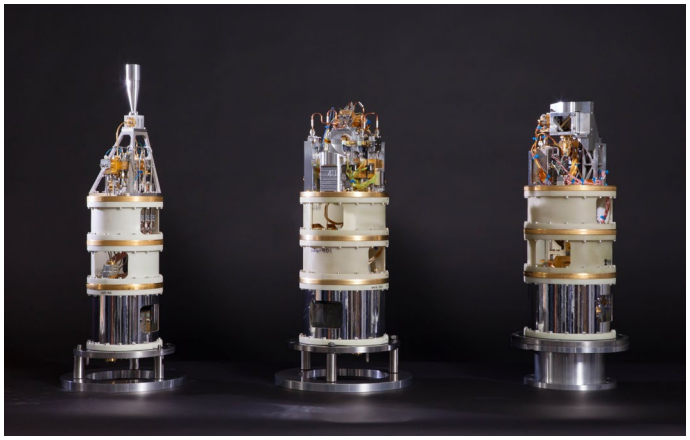
補償光学技術は、生体組織の奥深くでも鮮明な像を得ることができる顕微鏡に応用が可能です。また、人工衛星と地上をつなぐTbpsクラスの大容量高品質な光通信の実現を目指して、民間企業と共同で研究開発を進めています。

測る技術

天文学は、天体から届く微弱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。宇宙のさまざまな天体から届くごく微弱な電波の検出技術の開発で、国立天文台は世界の最先端を開拓しています。さらに、観測装置の設計・製造・開発・評価に必要な高精度計測技術も有しています。

微弱な電波を測る

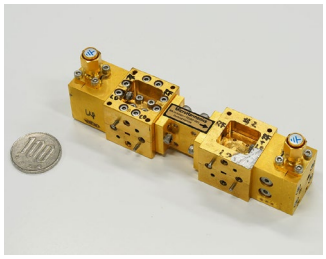
Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)



（上）国際協力の下でチリで運用されているアルマ望遠鏡
（下）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

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、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。これにより、遥か彼方の宇宙に浮かぶ希薄なガスの成分を特定することができます。

量子コンピュータへの応用



超低消費電力マイクロ波増幅器

本格的な大規模量子コンピュータの実現には、小型で低消費電力なマイクロ波増幅器が必要です。国立天文台では電波受信機で培った技術を応用し、まったく新しい原理の超伝導増幅器を開発しました。

高感度センシングへの応用

国際宇宙ステーション大気観測装置SMILESの開発にも国立天文台が協力（Credit: NASA）

宇宙からの微弱な電波を検出する技術は、大気中の微量成分検出や生体試料分析にも応用可能です。環境・防災・医療など、安心・安全な社会の実現にも資する技術です。

次世代通信機器への応用

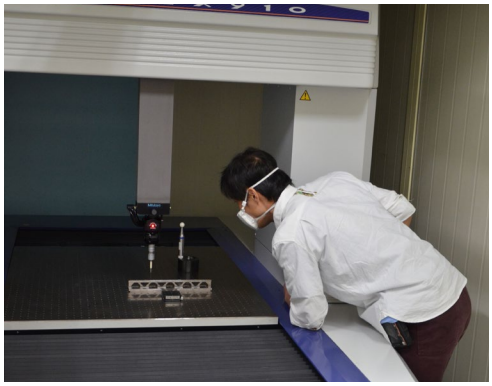
テラヘルツ帯における誘電率の高精度測定系

次世代通信網Beyond 5G/6G実現のために、回路基板や建材等の誘電率をテラヘルツ帯で正確に測定する必要があります。国立天文台は高精度な誘電率測定アルゴリズムを開発、誤差を1/100に低減することに成功しました。

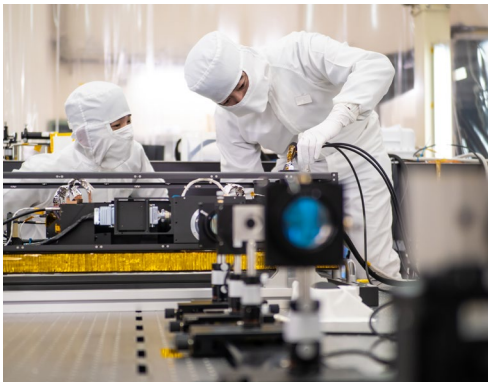
微細な形状を測る

超精密な観測装置の実現には、作ったものを精密に測定する技術が欠かせません。国立天文台では、機械加工品の形状測定や組み立て品の位置測定、光学機器のアライメント調整などを行うための大型三次元測定機と、精密測定のための高度な技術を有しています。こうした天文学の「目」を支える技術は、産業界における微細加工や品質管理にブレイクスルーをもたらすかもしれません。

三次元測定機による製品の形状測定

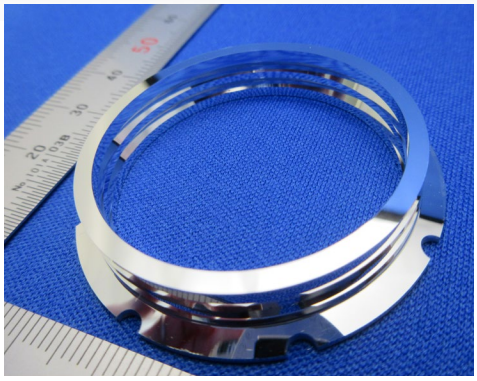


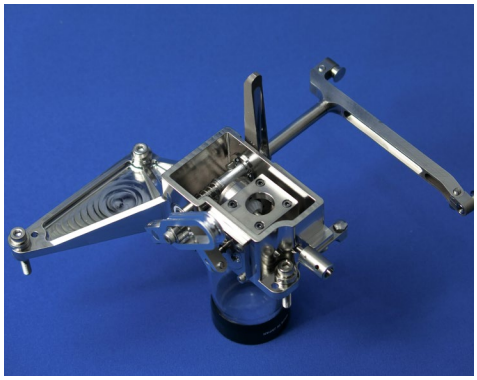
気球望遠鏡搭載光学機器の試験

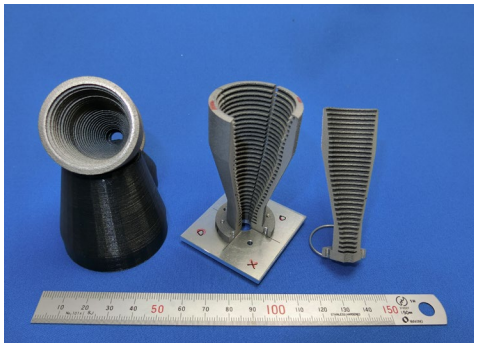


作る技術

宇宙観測の最先端を切り開くためには、世界のどこにもない観測装置を作り上げる必要があります。国立天文台は、高精度の観測装置を設計し、製造し、試験し、評価するための技術を培ってきました。光学設計や機械設計、切削による精密機械加工や金属3Dプリンタによる積層造形、さらには高精度の光信号やマイクロ波信号を作り出す技術まで、そのカバー範囲は多岐にわたります。







(上) 排熱用金属バネ。断面がバネ構造になっていて、弾力によるクランプと排熱の両方を担う。
(中) TMT近赤外線撮像分光装置向けのピックオフミラー駆動機構
(下) アルマ望遠鏡向けの金属3Dプリンタ製コルゲートホーン

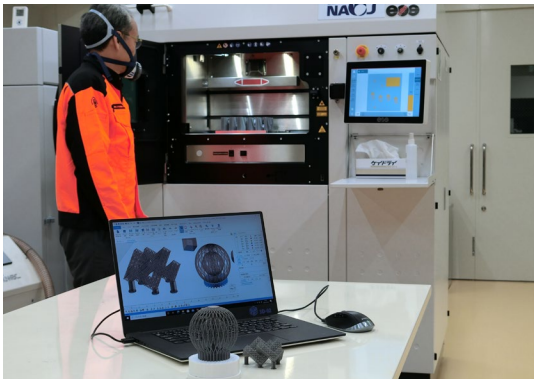
超精密に作る

宇宙から届くかすかな光や電波をあますところなくとらえるためには、光学部品をはじめとする様々な装置をきわめて精密に作る必要があります。国立天文台では、5軸マシニングセンタやワイヤ放電加工機、フライス盤、超精密加工機などの機械加工装置を駆使しながら、設計・加工から試験・評価に至るまで一貫した開発体制を持ち、新時代の観測装置開発に邁進しています。

国立天文台先端技術センターの超精密加工機

金属3Dプリンタで作る

従来の切削加工とは全く異なる、3Dプリンタを使った積層造形によるものづくりの技術開発も進めています。積層造形では、切削では作れない複雑な構造の物品や軽量で丈夫な物品が高い自由度で作れます。軽量・高強度という特性を活かして、天文観測装置に生かしつつ航空宇宙等の他分野への応用も見据えた共同研究も進めています。



国立天文台先端技術センターの金属3Dプリンタ

高精度な信号を作る

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のが「電波干渉計」技術です。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流れを補正する技術を有しており、原子時計の高い精度（乱れが30万年に1秒以下）の高い精度を維持した信号を伝送することができます。これは、広範囲に展開されるアンテナからの信号を合成する電波干渉計に欠かせない技術です。

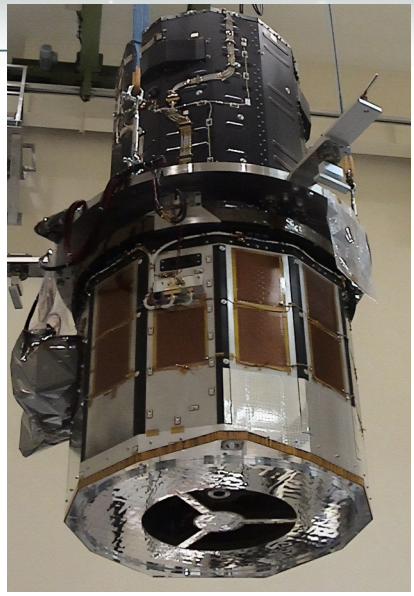
北米に建設が計画されている次世代の電波干渉計 ngVLAの想像図（Credit: Sophia Dagnello, NRAO/AUI/NSF）

操る技術

天文学では、特殊な環境を操る技術が欠かせません。例えば極低温や高真空下で高感度検出器を動作させる技術、装置の振動を原子の大きさの10億分の1に抑えて重力波をとらえる技術、そして膨大なデータを蓄積・解析・可視化する高速演算技術を、国立天文台は磨き上げてきました。これらは、宇宙産業から地上の精密機器開発、そしてIoTの時代を支える技術に展開する可能性を秘めています。

温度変化を操る

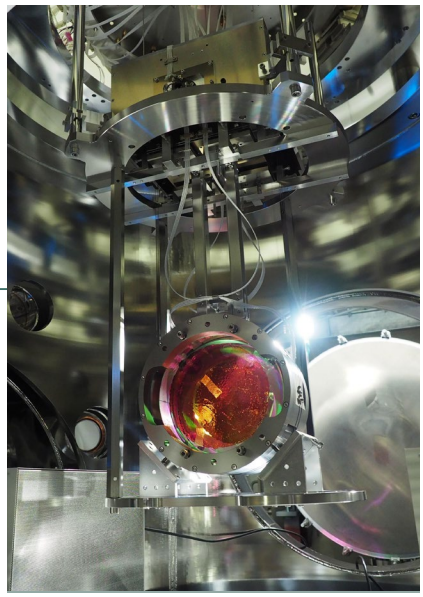
精密な天文観測にとって温度変化による光学系の変動は大敵です。地上望遠鏡や衛星搭載機器の開発を通じて、国立天文台は熱寸法安定性の高い機器や宇宙で利用できる光学装置の設計・開発・試験技術を培ってきました。たくさんの人工衛星が活躍するこれからの時代に、欠かせない技術です。



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

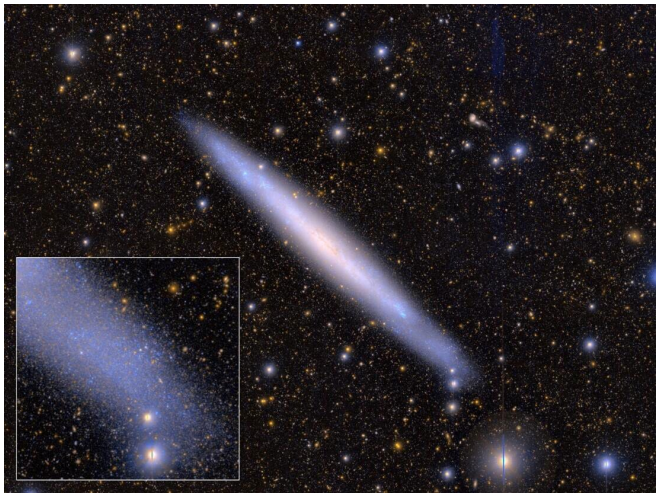
微小な振動を操る

空間のわずかなゆらぎ「重力波」を捉えるためには、装置の振動を原子の大きさの10億分の1（10^{-19}m）に抑える必要があります。国立天文台は、重力波望遠鏡KAGRAの心臓部ともいえる鏡の防振装置の開発を担当。倒立振子などを組み合わせた防振フィルタを複数重ね、人類未踏の安定度を実現しました。



KAGRAの鏡（赤色部分は保護膜）を懸架する防振装置

巨大なデータを操る



すばる望遠鏡で撮影された銀河NGC 4244。銀河の中の個々の星まで分離できている他、背景には数えきれないほどの銀河が写っています。

現代の天文学は、望遠鏡やスーパーコンピュータから生み出されるビッグデータから巧みに情報を引き出して新発見に繋げるデータサイエンスでもあります。国立天文台では生み出された大量のデータを効率よく処理するデータベース技術や可視化技術を培ってきました。

データ駆動社会への応用

あらゆるものがネットワークに接続され情報をやり取りする現代において、巨大データから必要な情報を引き出す技術は欠かせません。天文データは個人情報を含まないために扱いやすく、データベース開発のテストデータとしても利用できます。

国立天文台の産業連携

国立天文台では、産業連携を活性化させるために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。

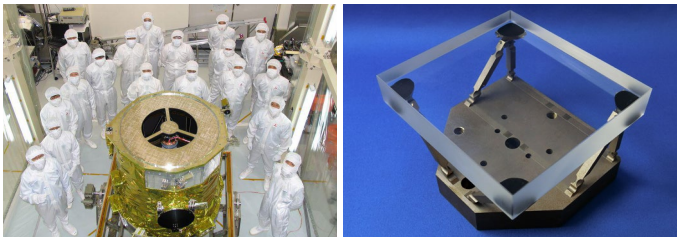
こどもたちの夢と力を育む国立天文台の教育事業

国立天文台は、寄付を原資とした全国の小中学校への出張授業「ふれあい天文学」を実施しています。また、企業のCSR 活動の一環として教育活動を共創することも可能です。天文学はさまざまな学問分野やものづくりが融合した総合的な学問であり、多くの子どもたちの夢と考える力を育む絶好の題材でもあります。

国立天文台基金
ウェブサイト

日本の宇宙産業を支えるスペースイノベーションセンター

国立天文台がこれまでに培ってきた天文観測用の最先端技術は、衛星光通信や地球観測衛星等これからの宇宙産業の基盤技術と高い親和性を持っています。国立天文台は、卓越した技術とトップレベルの人材を活かしてスペースイノベーションセンターを設立し、宇宙市場に挑む企業の技術開発をきめ細かく強力に支援します。



国立天文台は、これまでにもロケット・衛星搭載機器の開発に携わってきました。
（左）太陽観測衛星「ひので」可視光磁場望遠鏡（Credit: 国立天文台/JAXA）
（右）CLASP太陽ロケット実験用に製造したミラーマウント

産業連携の実例

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。

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。

株式会社SCREENホールディングス

衛星光通信用補償光学デバイスの研究開発を行う国立天文台・情報通信研究機構との共同研究が、総務省の研究開発プロジェクトに採択。

有人宇宙システム株式会社

宇宙航空研究開発機構（JAXA）で新たに選抜された宇宙飛行士候補者への訓練の一環として、有人宇宙システム株式会社から委託を受け候補者への天文学の講義を実施。

株式会社ノーチラス・テクノロジーズ

次世代高速データベース管理システム「劔（Tsurugi）」の開発において、数百テラバイトにおよぶ、すばる望遠鏡観測データをテストデータとして提供し、システム実証に協力した結果、速度向上の有効性が確認されました。

※この実証実験と成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の次世代コンピューティング技術開発事業（P16007）の結果得られたものです。

国立天文台 NAOJ National Astronomical Observatory of Japan

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

発行：国立天文台 ©2025 NAOJ