

NICTにおけるSLR関連調査研究

国立研究開発法人 情報通信研究機構

ネットワーク研究所

ワイヤレスネットワーク研究センター

宇宙通信システム研究室

宇佐美 敬之

中園 純一，久保岡 俊宏，斉藤 嘉彦，三浦 周

本発表の構成

1. 令和7年のSLR関連活動報告

- 光地上局の位置づけ
- SLRシステム更新状況
- 現在のSLRシステム概要
- 試験観測データ紹介
- JUICE (JUperiter ICy moons Explorer) への送受信実験
- SLRを光地上局に展開するための技術課題
- 今後の展望

2. NICTにおける光地上局整備状況（参考資料）

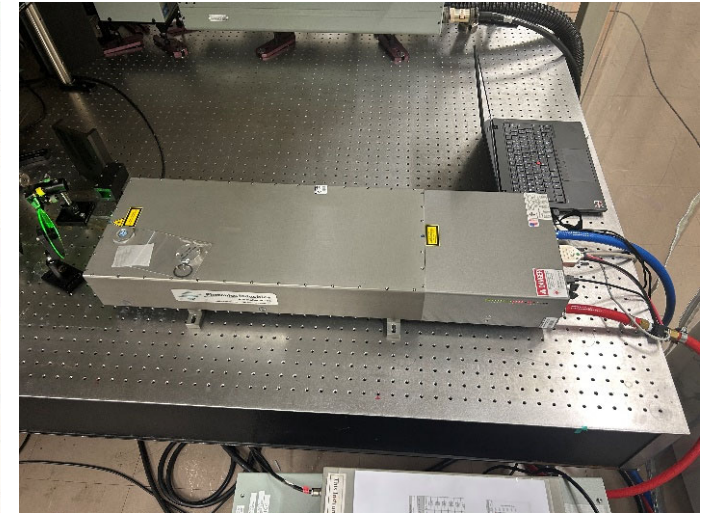
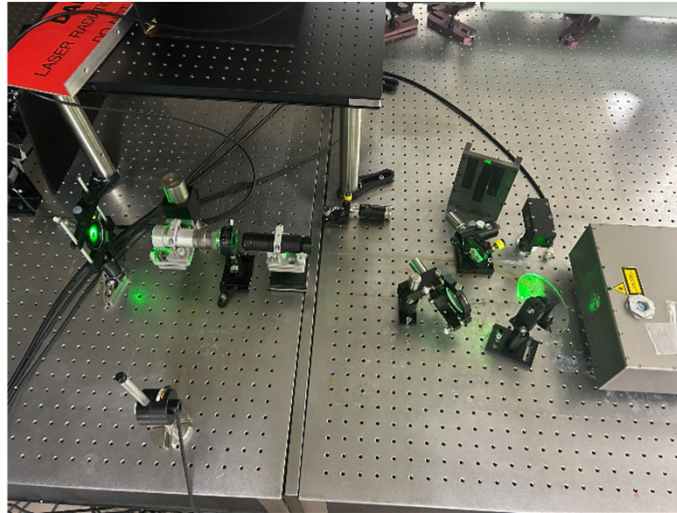
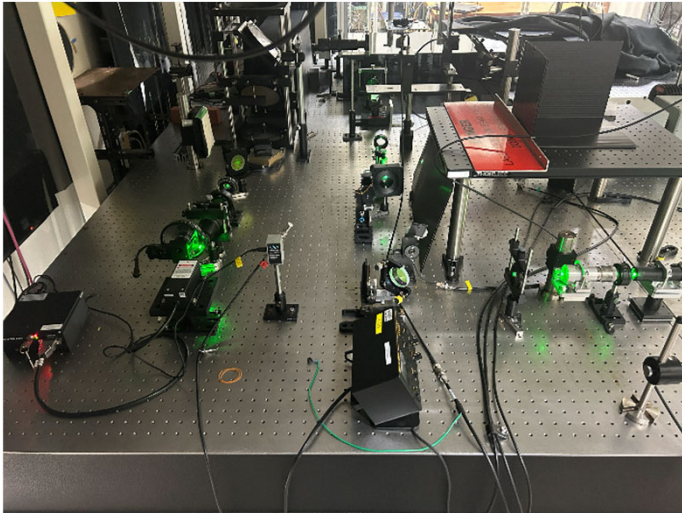
- 光地上局テストベッド「HICALI-GATE」の全体
- 共同研究や一般ユーザへの有償貸し出し提案
- 各光アンテナ地上局の紹介

令和7年のSLR関連活動報告

はじめに：光地上局の位置付け

- NICTでは、衛星～地上間の安定した光通信を実現する為に必要となる高精度な測距精度技術の研究開発を実施。
- 小金井本部に整備している1.5m望遠鏡において、定常的なSLR観測を行い、望遠鏡の健全性を担保し、光通信実験のための軌道情報の正確化を目指して試験観測を行っている。
- 本発表では、**2025年のシステム更新状況**を示し、試験観測データと直近の実験を紹介し、**NICTにおける地上局の設備状況**を踏まえた**今後の展望**について紹介する。

SLRシステム更新状況 RGL-532レーザ 1KHzでの運用



アライメント用のCWレーザと光軸同期

レーザの高さを調整し
ビーム幅を10mm径に調整

レーザ出力

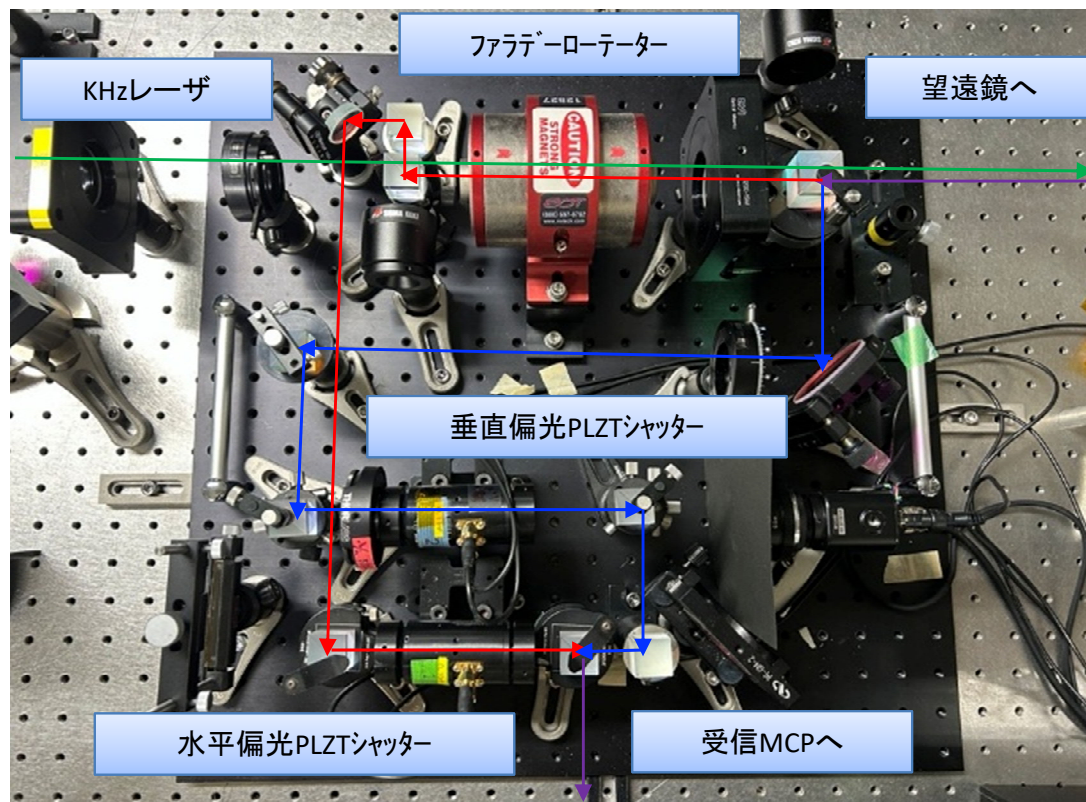
- 高レート of レーザに対応するPLZTシャッターを再セットアップする為、アライメント用のCWレーザと同期させ、セットアップを行っている。
- レーザに合わせたセットアップを、光学系制御系ともにアップデートし、試験観測を継続中。

SLRシステム更新状況

RGL-532レーザ 1KHzでの運用

光学系のアップデート

- 2025年にPHOTONICS INDUSTRIES製 RGL-532-2.5 ピコ秒レーザに交換。
- レーザ変更に伴い、TR-BOX内のPLZTシャッターを更新し再セットアップ。
- レーザサーバの仕様変更、SLRソフトウェアのアップデートを実施。
- 10年前に購入したMCP-PMTも劣化が懸念される(アンプ等を検討)



TR BOX内 配置状況

SLRシステム更新状況

RGL-532レーザ 1KHzでの運用

制御系のアップデート

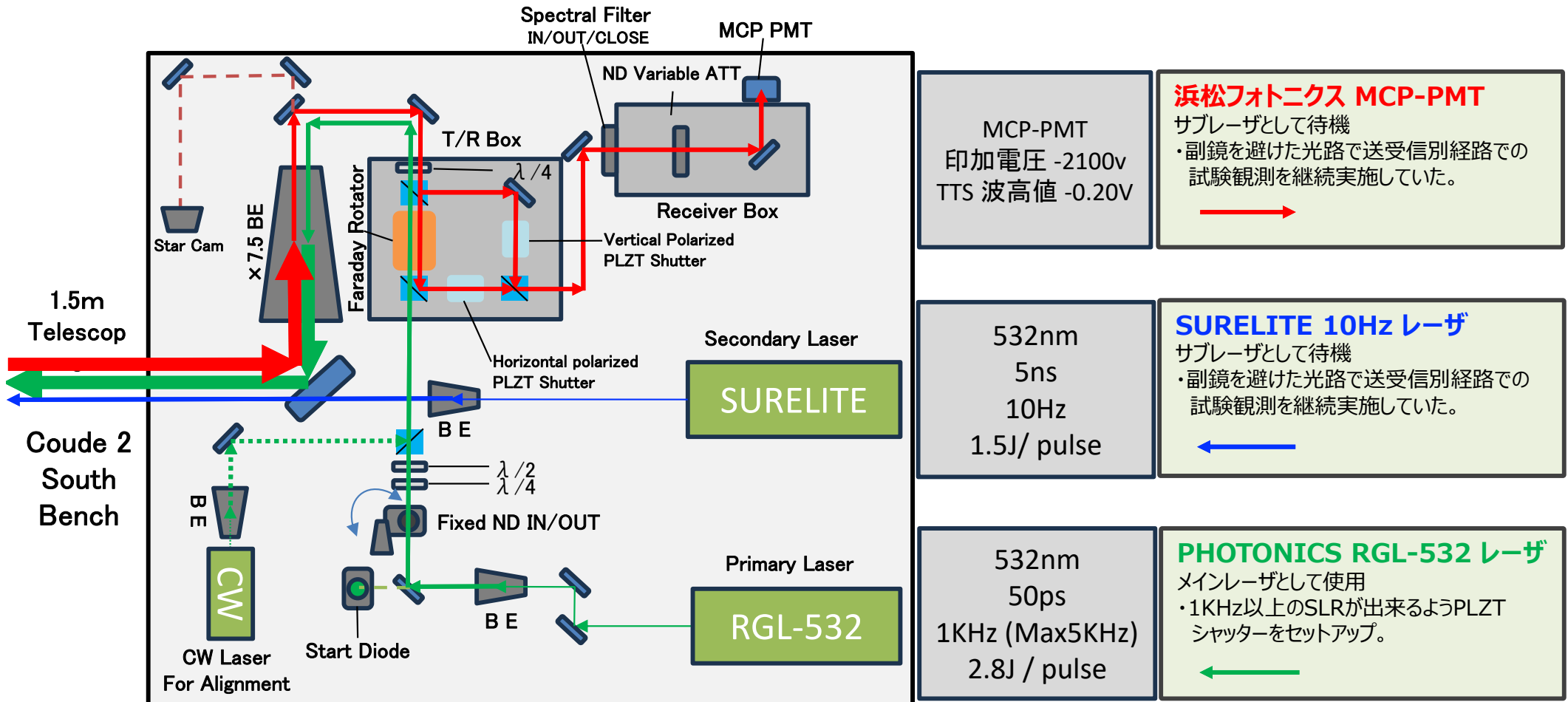
- Window11へのOSアップデートの為、各制御PCの入替えを本年度実施。
- PC入れ替えに伴い、イベントタイマー A033-ETの接続インターフェイスをプリンターポートからUSBへ仕様変更。
- 受信BOX内の回転型可変NDに動作不良があり、切替式回転型NDを調達、単体での動作確認を行い、来年度システムに接続予定。



USB化に伴い一回り小型化された A033-ET/usb

現在のSLRシステムの概要

SLR OPTICAL SYSTEM CONFIGURATION

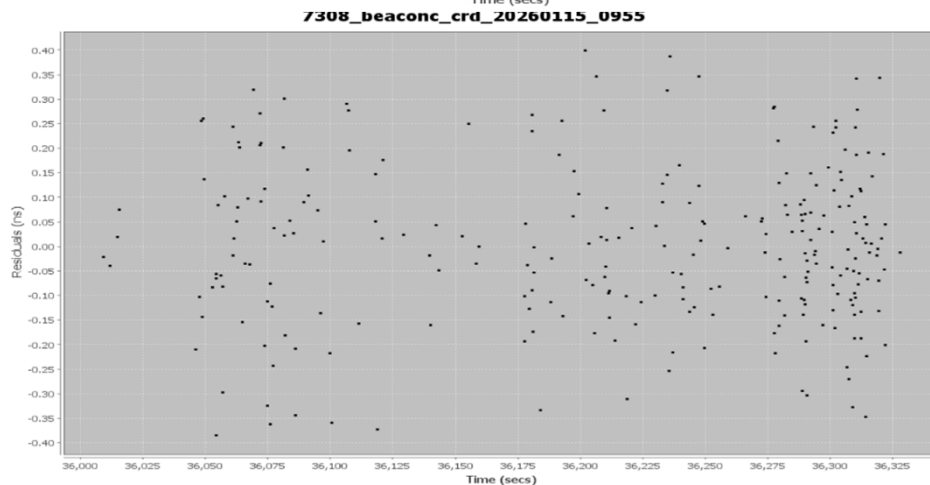
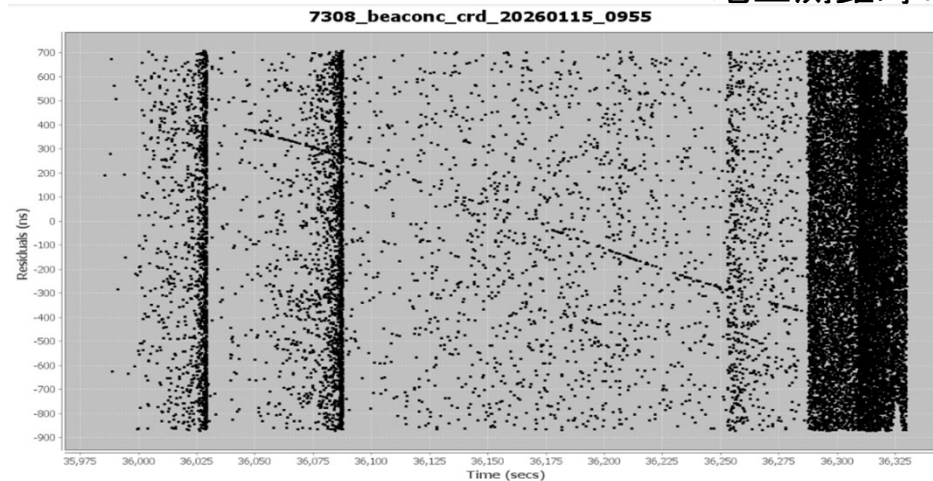


試験観測データ紹介

新システムでの観測実績 BeaconC の試験観測リターン状況

Date : 20260115_0955

地上測距時の RMS 60~70ps



Confirm SLR Data Analysis ✕

Number of Accepted Data	264
Residuals RMS (ns)	0.160
Number of Normal Points	12
Mean Bin RMS (ns)	0.156

Parameter

Seconds of Session	<input type="text" value="0"/>	<input type="button" value="Default"/>
Meteorological Record interval	<input type="text" value="0"/>	<input type="button" value="Default"/>
Pointing Angles Record interval	<input type="text" value="0"/>	<input type="button" value="Default"/>

Output File Folder

1064nmパルスレーザを用いた JUICE (Jupiter ICy moons Explorer) への送受信実験

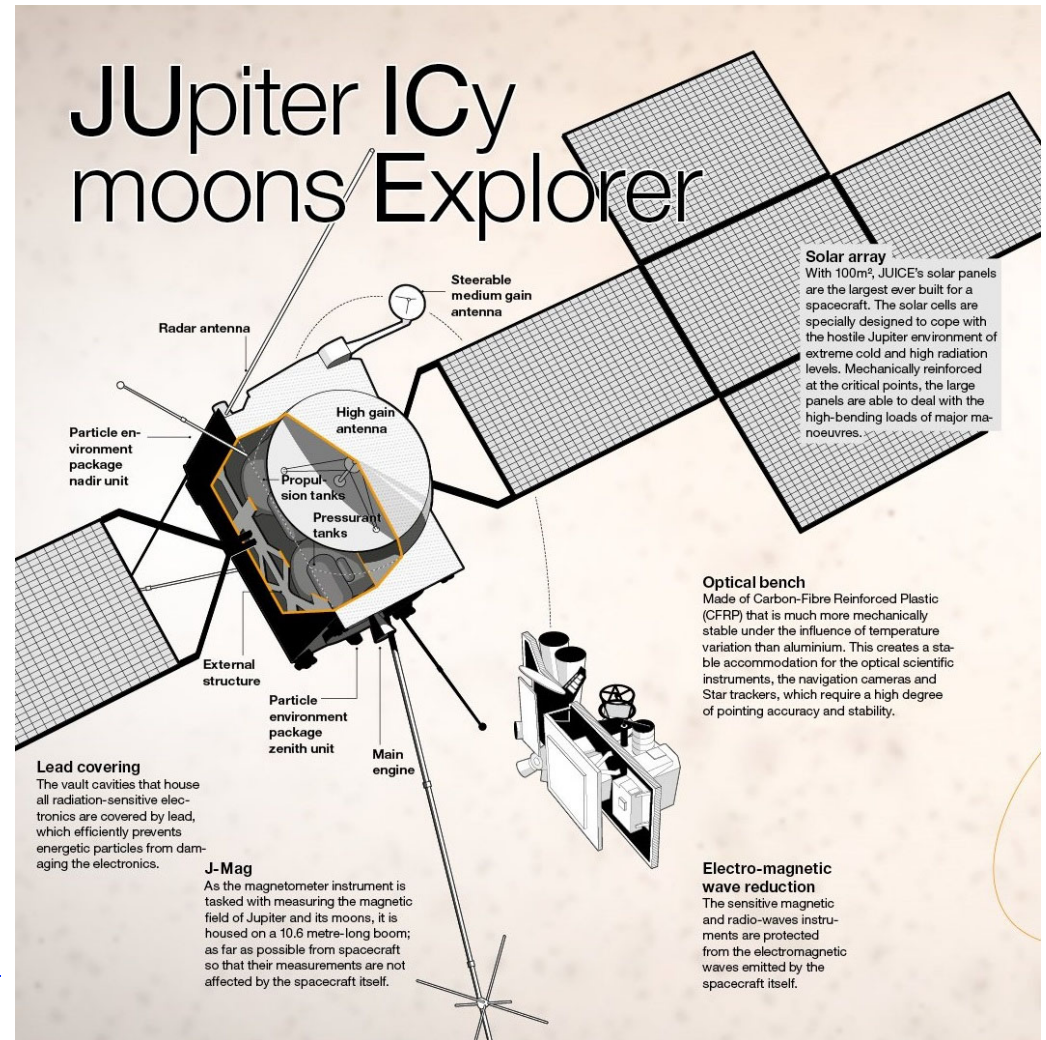
ESA,DLRなどより実験協力の打診があり、2026年2月、木星に向かう**深宇宙探査機 JUICE (Jupiter Icy Moons Explorer)** への送受信チャレンジに参加を打診したが、1.95 AU と距離が遠く、北半球だと日中で低エレベーション、時間も短い為、ESA検討の結果今回は見送りとなり、南半球でのチャレンジとなる。

※ 1天文単位(1 AU)は、地球と太陽の間の平均距離を基準(約1.5億キロ)にしています。

参考 HP

https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Juice

<https://www.civildaily.com/news/space-launch-in-2023/>



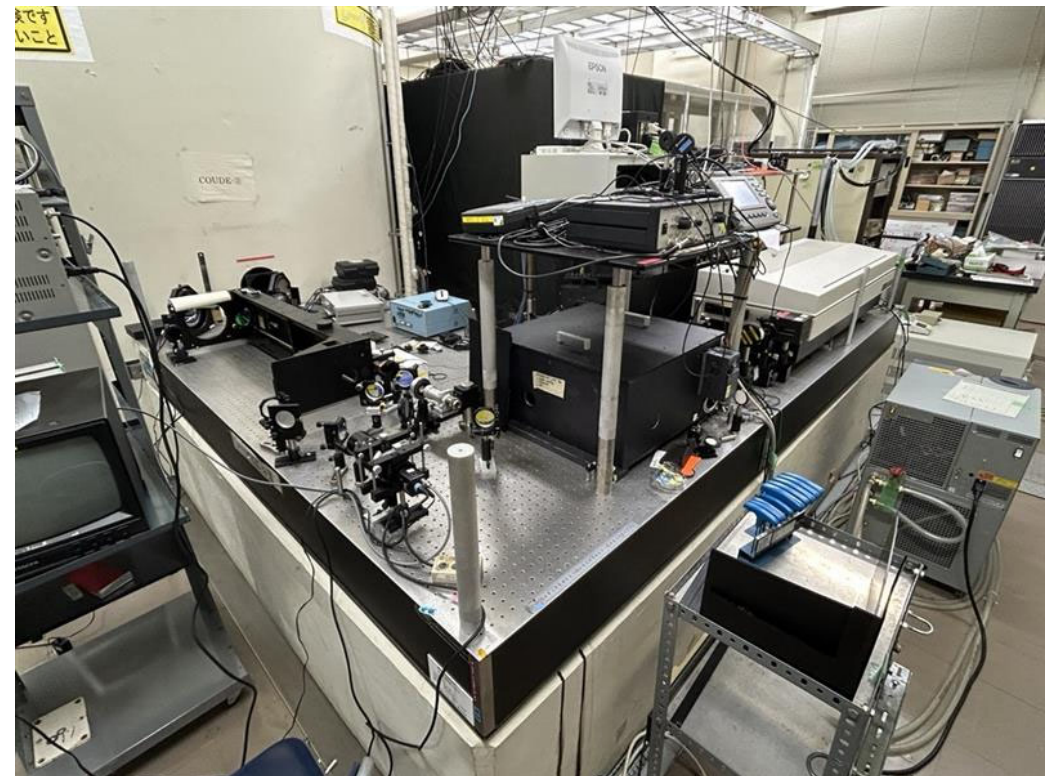
1064nmパルスレーザを用いた JUICE (JUUpiter ICy moons Explorer) への送受信実験

2027年2月に0.8AUまで最接近する機会があり、その際に Hayabusa2 スイングバイ 時(最長0.04AU) 通信チャレンジを行ったコンフィグで送信を行うことが可能か検討し、送信光路の再構築を実施した。SLR用のクーデ2南ベンチと別で設置しているクーデ3西ベンチで、送信光を主鏡開口1.5mから行う。超遠距離通信へSLRが貢献できるチャンス。

送受信とも同期は取れない為、超高感度のカメラを検討する必要があるが、鹿島に新設した2m大型アンテナを利用して受信チャレンジにも貢献できないか検討中。

(カセングレン、ナスミス、クーデ焦点あり)

来年のSLR技術連絡会で鹿島宇宙技術センターの光アンテナ見学を検討。



コンティナム製 Yag レーザ、波長 1064nm、繰り返し 10Hz、1パルス当たりのエネルギー1.2J

SLRを光地上局に展開するための技術課題

- NICTでは所有する光地上局を活用し、衛星～地上局間で光空間通信を行う際に、気象条件のよいサイトを選択して通信するサイトダイバーシティ技術の研究開発を実施している。
- 衛星～地上間で安定した光通信を行うためには、各サイトで望遠鏡の送受信アライメントを確立する事が不可欠で、可視レーザを利用したSLRが追尾制度の向上に有効と考える。
- 各拠点に通信設備とは別のベンチでSLRをセットアップするのが理想だが、それには複数の課題がある。
 - ① 繰り返しの早い高出力のレーザが必要で、レーザの温度管理や定期的なメンテに高額資金と時間を要する。
 - ② 高性能な受信ディテクタ、その他時間管理に必要な部品が多数あり一通り揃えればとても高額になってしまう。
 - ③ セットアップするのにそれなりのスペースを要し、他の通信装置との共存を想定して設備が作られていないと、追加でSLRをする事が難しい。
 - ④ 光通信用として開発され製造されたアンテナは、波長が1550nmを想定して設計されており、532nmの波長では損失が多くなったり、平行光で長い光路を利用する事が難しい可能性がある。
- 上記のコストとスペース、精度の課題を解決するために、今回石岡測地観測所で見学させていただいた大坪先生の Omni-SLR技術を活用することができないか検討したい。

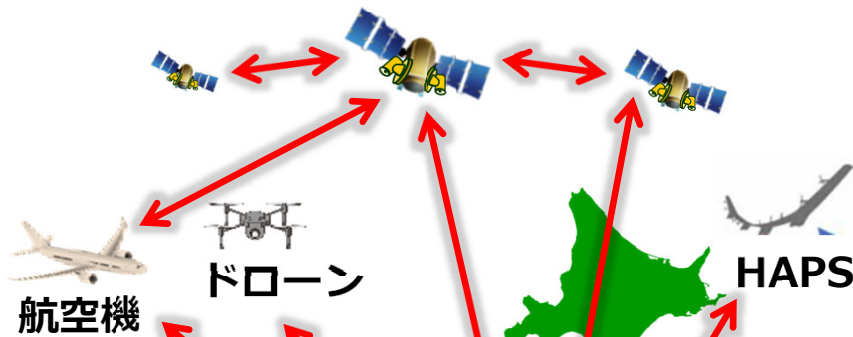
今後の展望

- ピコ秒レーザの導入に伴い、システムの大幅改修を行っており、現在も作業中となる。送受信ともに再セットアップを行い、PPM通信などの手法で、測距と通信の融合を検討。
 - 惑星探査機、月測距、スペースデブリなどの応用実験に既設新設の望遠鏡システムを利活用して行うシステムを検討。
 - GEOもターゲットに測距を行えるシステムを構築し、近い将来に通信実験を行う静止衛星との安定した通信を実現する為の測距制度向上を目指す。
 - 当機構が所有する各地のアンテナ郡利活用を模索し、テストベッド(HICALI-GATE)として各アンテナのメリットを活かした研究に貢献する。
- ※ 小金井 1.5m SLR局の長期展望:
- NICT独自で測地用ルーチン局として維持をおこなうことは困難
 - 光通信やスペースデブリなどの技術開発局として運用を継続
 - 本会活動、共同研究などを通じ、他機関運用局の試験用設備として活用されれば幸い

NICTの光地上局の整備状況 (参考資料)

NICTの光地上局の整備状況

衛星コンステレーション



概要:

- 2-m 大型光地上局 (鹿島)
- 1-m 光地上局 (小金井, 鹿島, 沖縄) : 既設
- 40-cm 小型光地上局 (小金井, 鹿島, 神戸)
- 可搬型光地上局(小金井)
1号車 3号車 ｺﾝﾈｸﾄ型
- 1.5m SLR光地上局

赤字: 新設された光地上局

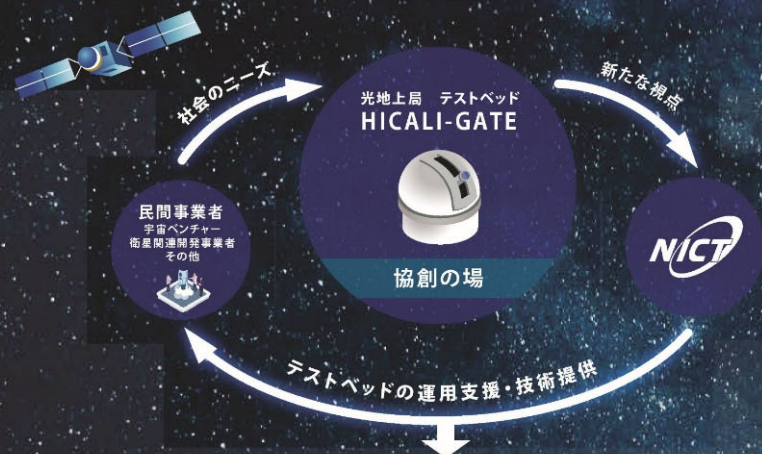
黒字: 既設の光地上局



ユースケース:

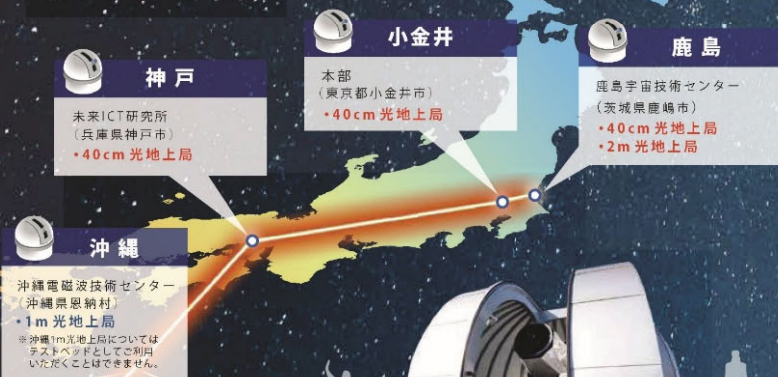
- あらゆる飛行体を対象とした通信テストベッド
- 衛星地上間のデモンストレーション
- LEOコンステレーションの社会実装のデモンストレーション
- 新規デバイスの評価用テストベッド
- サイトダイバーシティのデモンストレーション

イノベーションの扉を開く、HICALI-GATE



宇宙関連ビジネスの創出、新しい技術の創出、コミュニティの拡大

AREA MAP



POINT -HICALI-GATEの特徴-

- POINT-1 様々なユースケースに対応**
様々なユースケースに対応できるよう大型、小型の光地上局を準備しています。
- POINT-2 環境条件が異なる複数サイトに展開**
小金井、鹿島、神戸の3サイトが同時利用可能です。
- POINT-3 高速ネットワーク接続**
各サイト間はJGNを利用した10Gbps級高速ネットワークで接続されています。
- POINT-4 集中制御可能**
それぞれの光地上局は遠隔操作でき、集中制御可能な構成になっています。

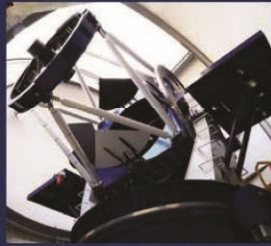
SPECIFICATION

2m[※] 光地上局 (鹿島) (※主鏡有効径サイズ2.05m)

月よりも遠距離の通信に適した、大型光地上局

望遠鏡形式	クラシカルカスグレ式望遠鏡
焦点位置	カセグレン焦点、ナスマス焦点、クーデ焦点
主鏡有効径	2050mm
主鏡口径比	F=1.75
F値	F=11.7
波面誤差	1/6波長@633nm
高度軸駆動範囲	5~90度
方位軸駆動範囲	-90~+540度
方位軸制御分解能	0.01秒角
高度軸制御範囲	5~90度
高度軸制御分解能	0.01秒角
追尾精度	10秒角以下(低軌道衛星)


日本最大級(主鏡有効径2050mm)の一枚鏡を使用した光通信アンテナ



40cm[※] 光地上局 (小金井、鹿島、神戸) (※主鏡有効径サイズ40cm)

様々な光通信機器の実証試験に適した、小型光地上局

望遠鏡形式	クラシカルカスグレ式望遠鏡	F値	F=15
焦点位置	カセグレン焦点、クーデ焦点	波面誤差	1/6波長@633nm
主鏡有効径	400mm	高度軸駆動範囲	-5~90度
主鏡口径比	F=3	方位軸駆動範囲	-90~+540度



NICTの光地上局テストベッド

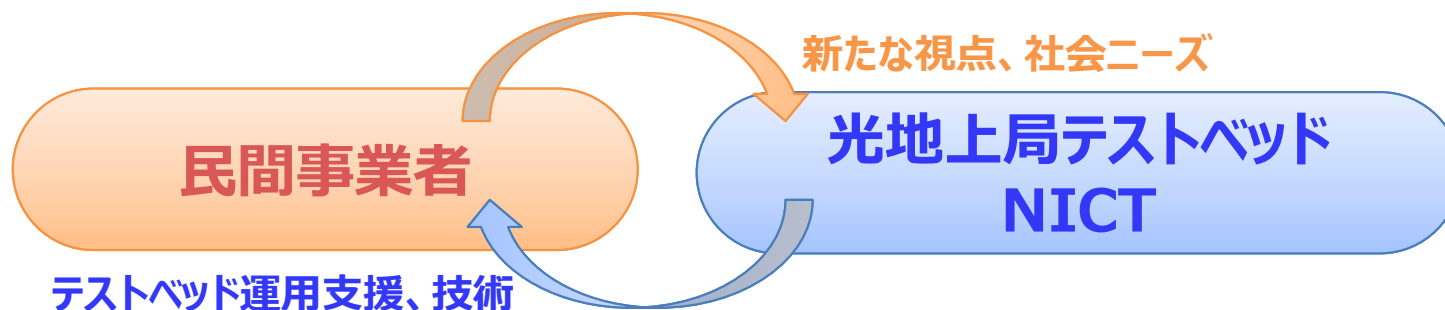
共同研究だけでなく、民間事業者の新規宇宙ビジネス参入のために利活用いただき、技術課題を産学官連携して解決していくため、国内外の企業、大学等の皆様にご利用いただけるよう共同利用制度を整備中。

共創や光空間通信技術の研究開発等を共業していきたい。

機器を持ち込みいただき光アンテナと接続して利用したり、望遠鏡を利用して希望の対象物を撮像できるか確認する等のご利用が可能ないように制度を整備しています。

光地上局テストベッド 『HICALI-GATE』

(High speed Communication with Advanced Laser Instrument Grand Access Testbed)



ご興味ございましたら、下記お問い合わせから是非ご連絡ください

<https://www2.nict.go.jp/wireless/contact.html>

※お問い合わせ内容に「光地上局テストベッドについて」と記載ください

