

ADVNET2009@小柴ホール
2009年6月30日

超高速光通信による 高感度VLBI観測網の構築

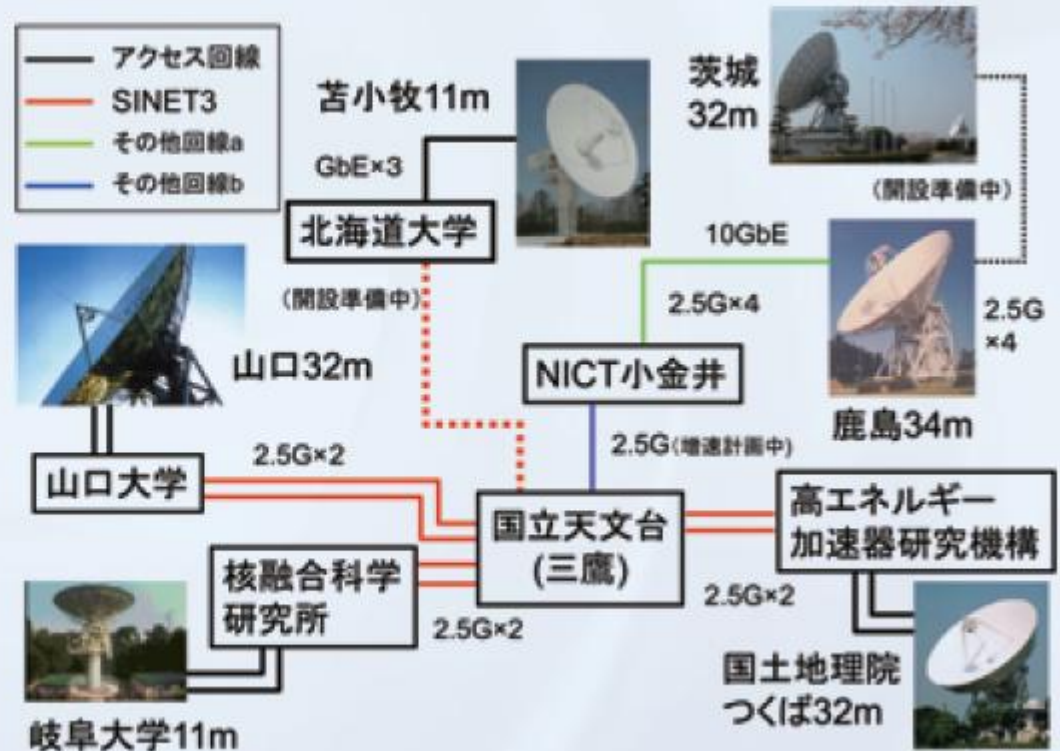
国立天文台光結合VLBI推進室
川口則幸、河野 裕介、小山 友明、
原 哲也

ネットワークの現状

研究事例 — 光結合VLBI観測網の構築 —

国立天文台では、全国に点在する電波望遠鏡（岐阜11m、山口32m、鹿島34m、つくば32m、苫小牧11m）を、SINET3のレイヤ1（品質保証）パスを利用して相互に接続、実時間、高感度での電波干渉計計測（光結合VLBI観測）を行っています。（2008年6月からは、L1オンデマンドサービスを利用）

VLBI観測がリアルタイムで相関処理が行えるようになると、従来まで検出が困難であった天体（恒星、ガンマ線バースト天体、フレア星など）をリアルタイム観測することが可能になり、天文学研究に大きく寄与するとともにこれまでにない新しい天文学を切り拓きます。



(資料提供: 国立天文台)

光結合局と観測周波数の現状

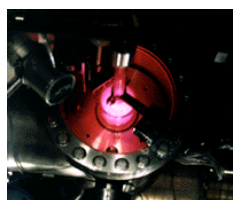
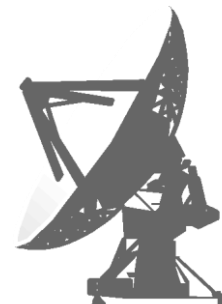
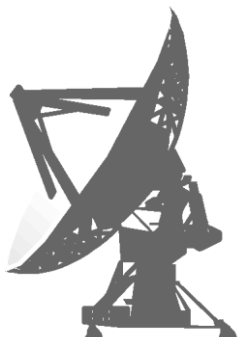
2009年4月23日現在

SINET3で接続されている電波望遠鏡

望遠鏡名	運用周波数 (GHz) motohide.tamura@nao.ac.jp					備考
	2	6. 7	8	22	43	
苫小牧11m				○		2009年6月に接続予定
つくば32m	○		○	○		22GHz帯試験観測に成功
岐阜11m				○		原子時計運転休止中
山口32m		○	○	○		2偏波観測が可能

JGN-IIで接続されている電波望遠鏡

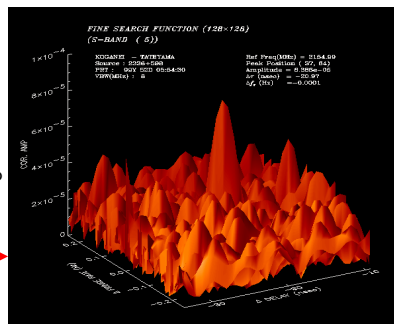
鹿島34m	○		○	○	○	8GHz帯2偏波観測が可能
ひたち32m		○	○	○		2009年7月に接続予定
たかはぎ32m		○	○	○		2009年7月に接続予定



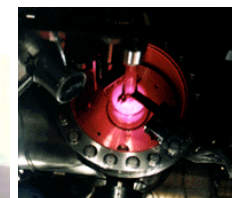
原子時計



磁気テープ



磁気テープ



原子時計

微弱天体の検出能力を生かして

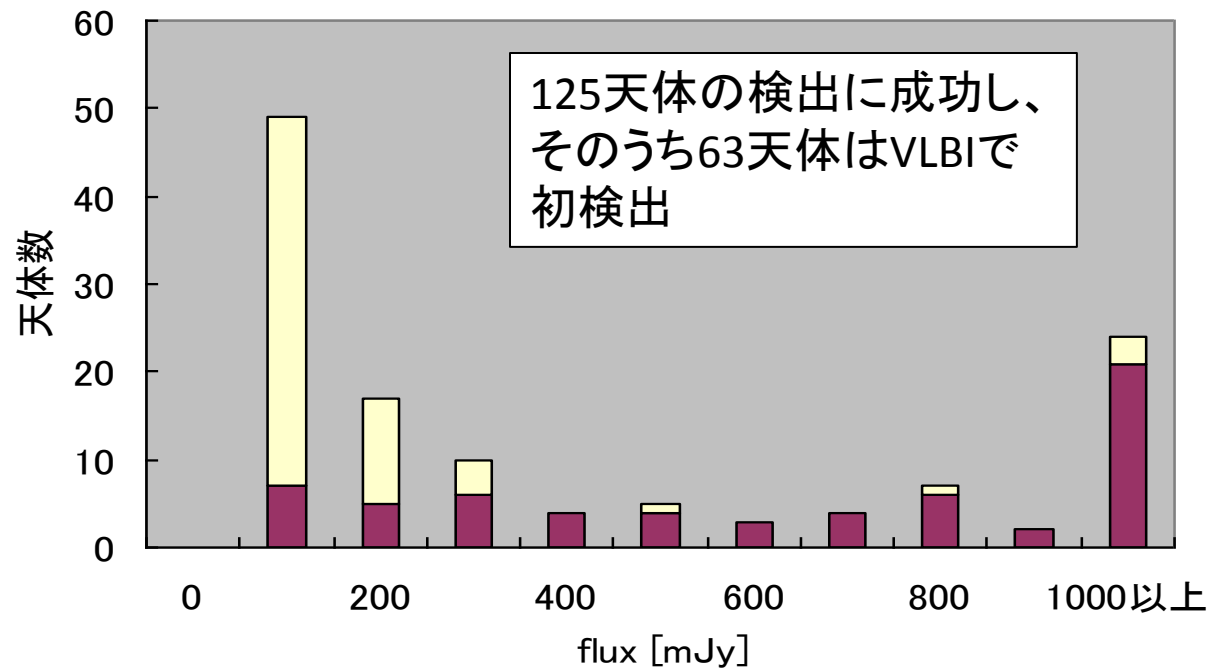
最近の観測成果

同赤緯帯電波源サーベイ

大師堂テレスコープの
1. 4Gサーベイ天体の
VLBI検出観測
(2009年1月17日)

検出天体flux

VLBI初検出

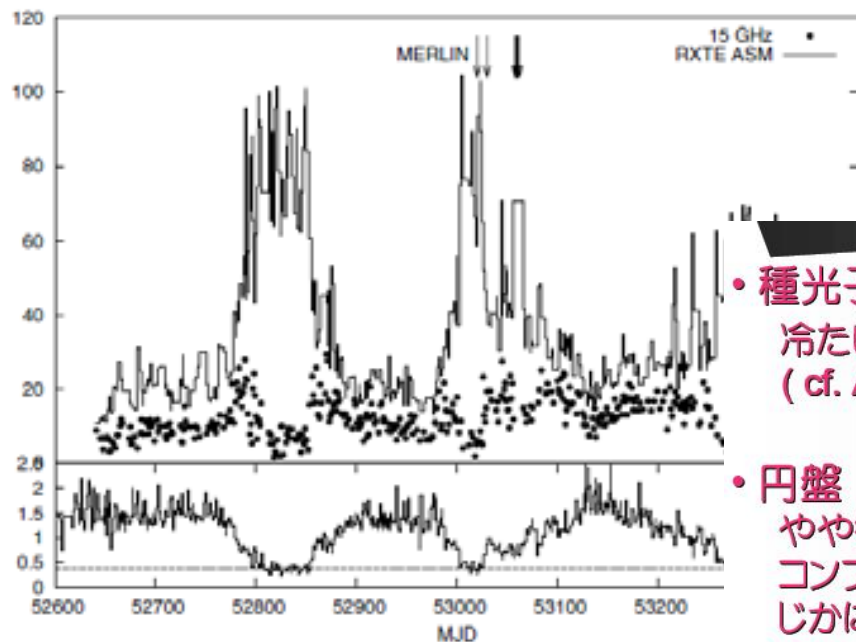


山口32m



X線と電波の共同観測

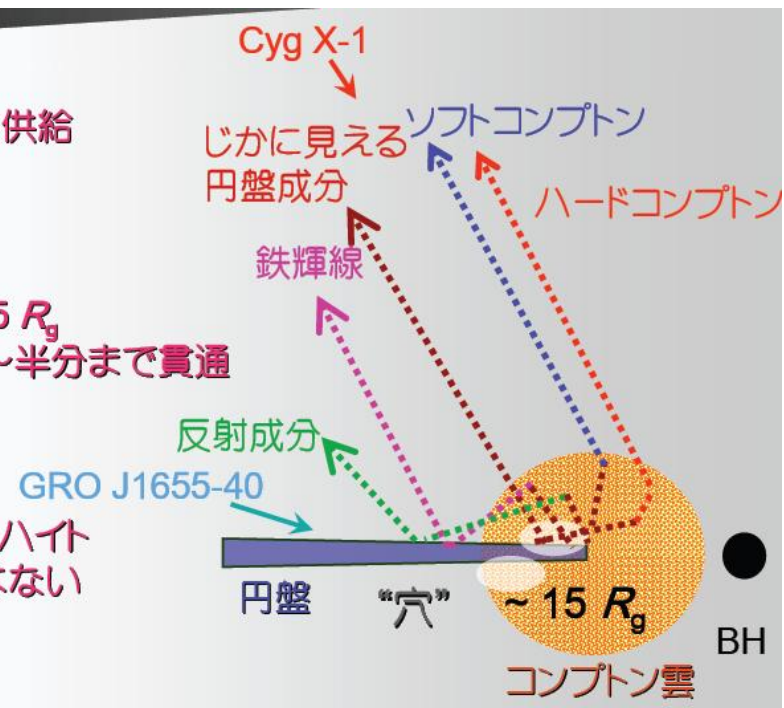
ブラックホール周辺を探る



- 種光子
冷たい円盤から供給
(cf. ADAF)

- 円盤
やや後退 $\sim 15 R_g$
コンプトン雲の $\sim$ 半分まで貫通
じかに見える

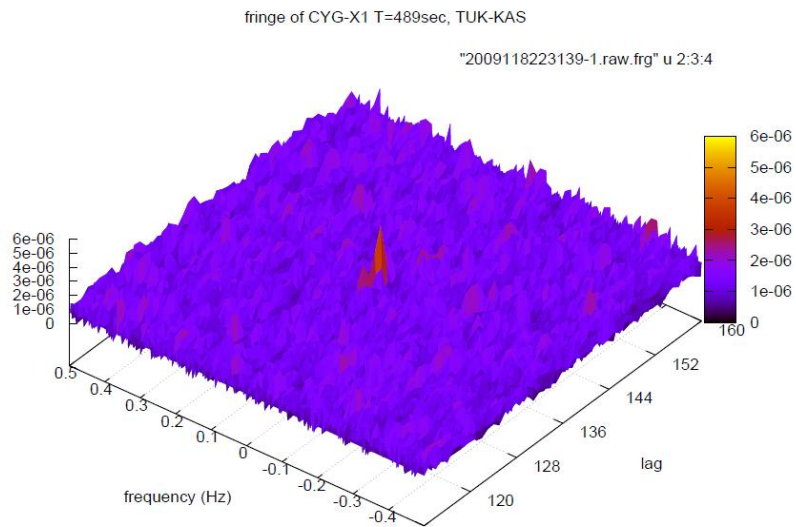
- コンプトン雲
大きなスケールハイト
 α が一種類ではない
穴構造



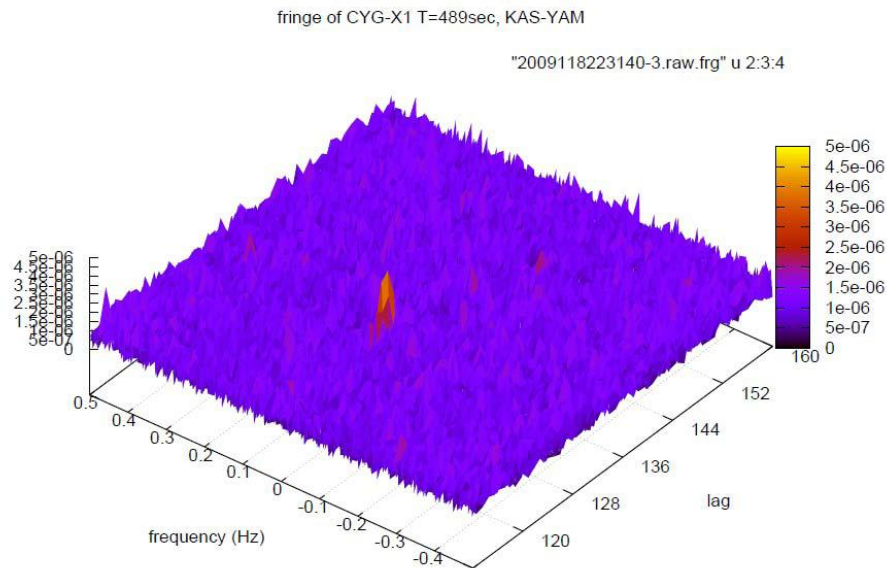
光結合電波干渉計でCyg-X1検出

2009年6月

鹿島34mーつくば32m



鹿島34mー山口32m

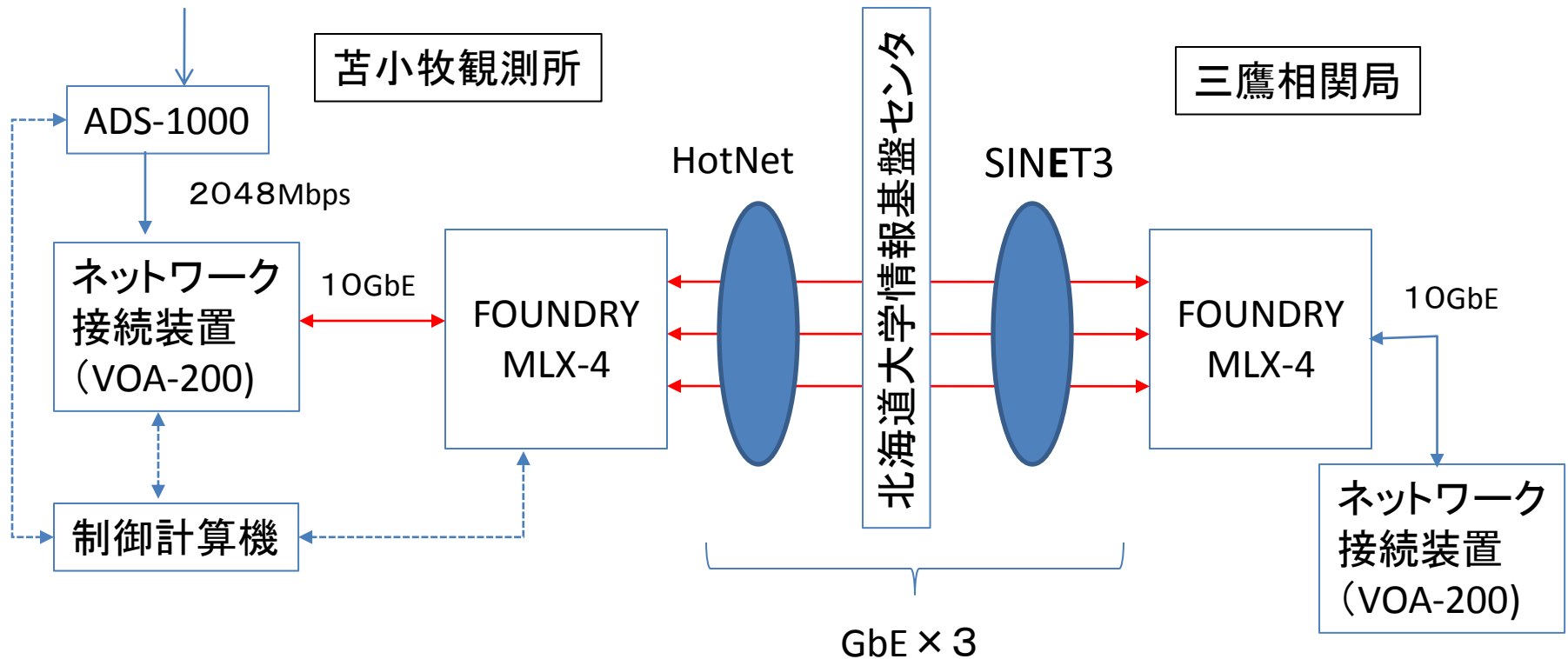


GbE回線3回線のリンクアグリーゲーションにより2Gbpsの伝送を目指す

苫小牧局の光接続

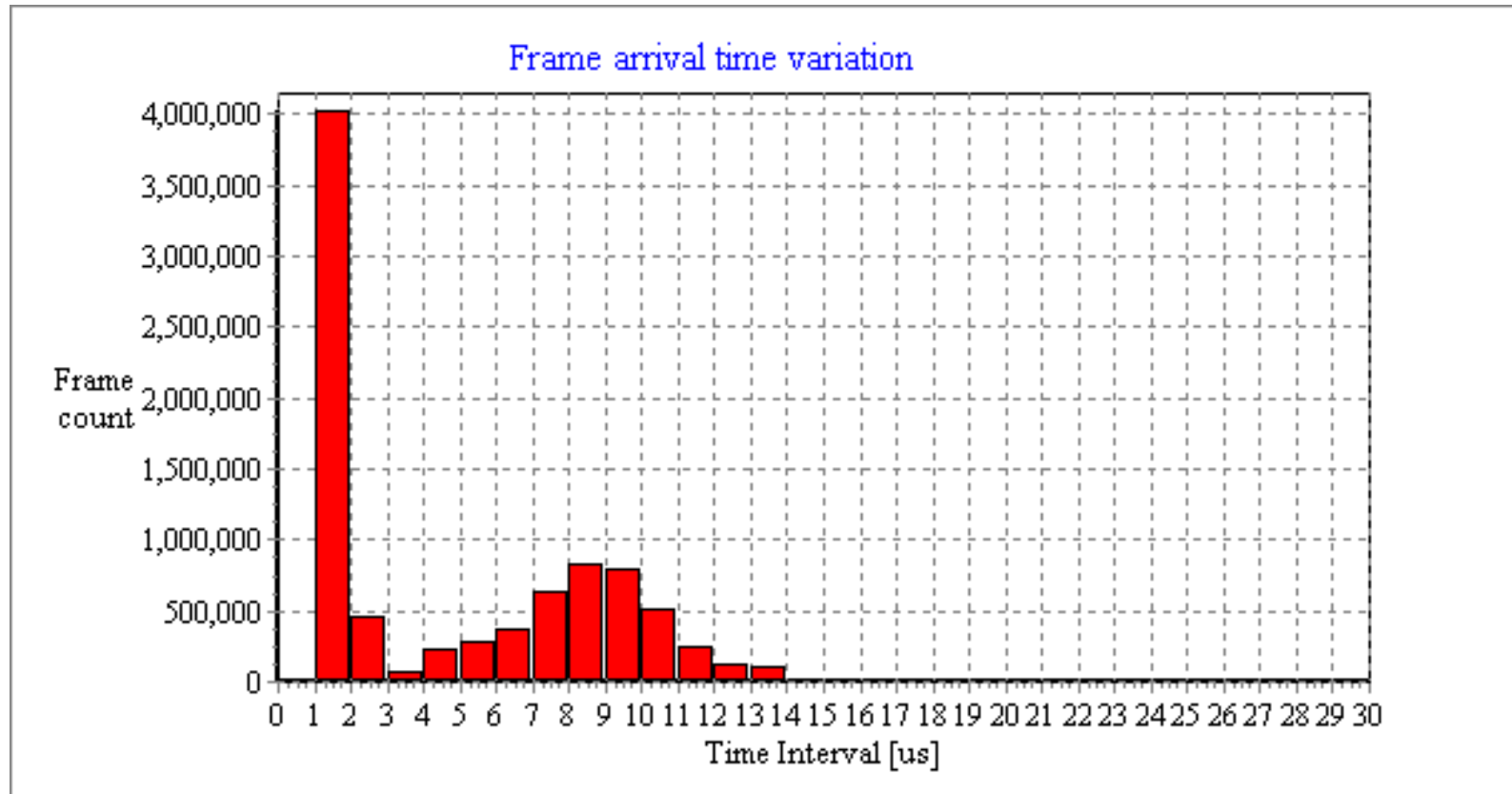
接続系統図

11m鏡観測データ
(512-1024MHz)



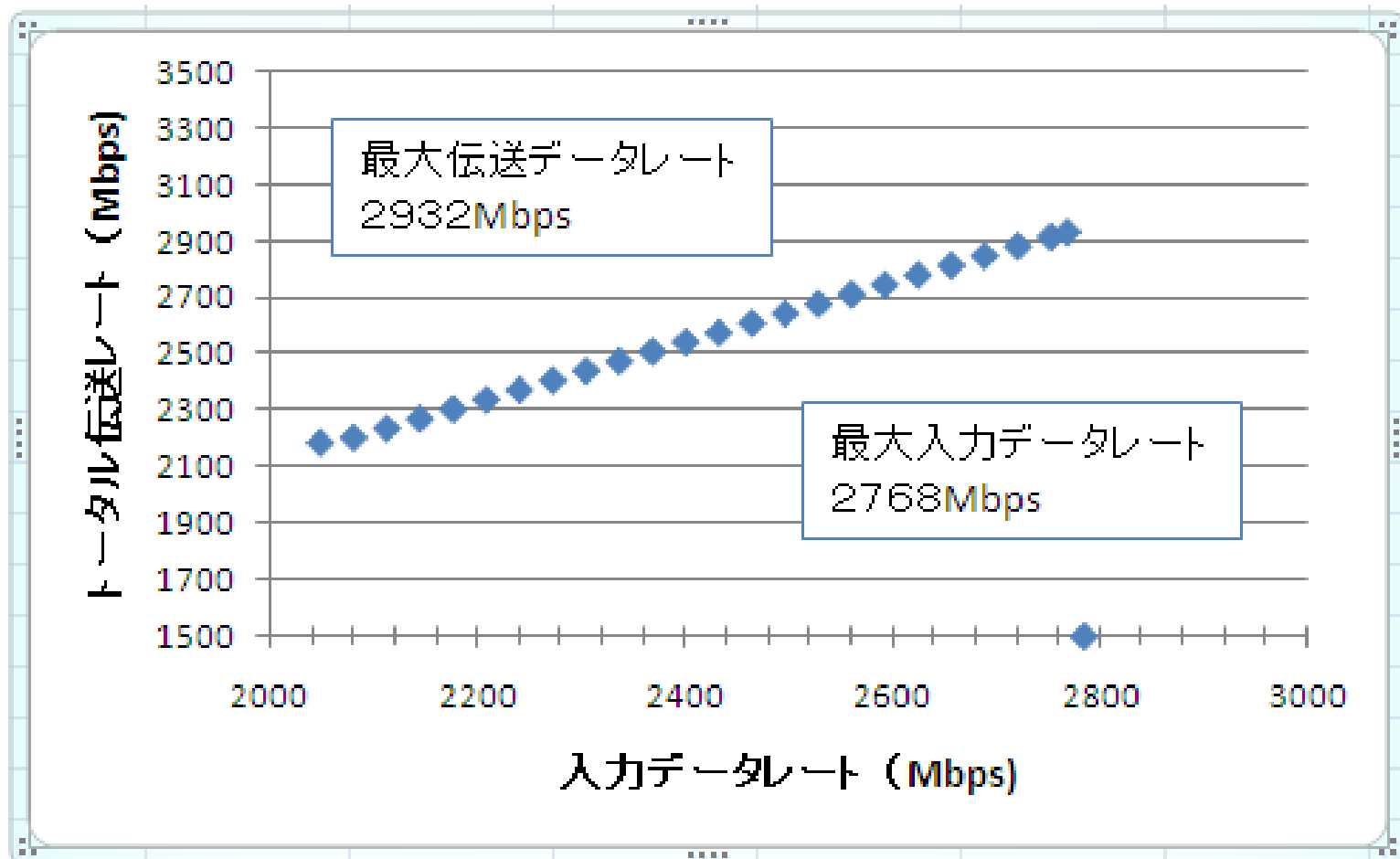
バースト的なパケットフロー リンクアグリゲーション処理により発生

VOA-200の入力(10GbE)におけるデータフローはバースト的であることが良くわかる。到着間隔が1-2 μ s(2Gbpsでの平均フレーム到着間隔は5 μ s)で多数のフレームが着信している。

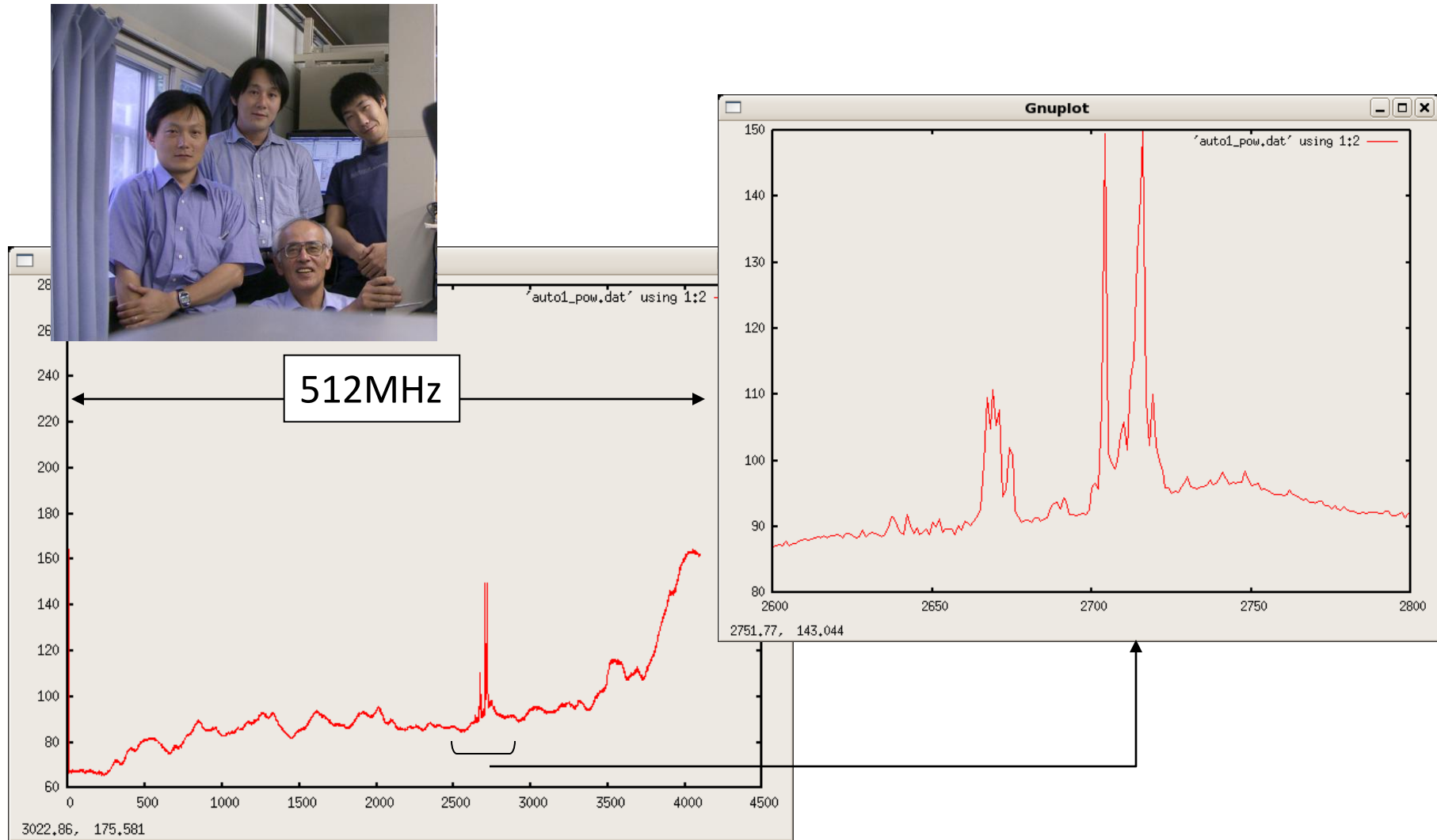


苫小牧アクセス回線試験結果

- ・基本伝送量(2048Mbps)に32Mbps単位で付加情報を増加させ、エラーが発生するまでトータル伝送量をモニタした。
- ・基本観測データの伝送の他に720Mbpsを付加して伝送できることが分かった。



苫小牧11mで観測、札幌で検出した 天体スペクトル(W49N)



国立天文台 三鷹相関局

2009.4.1 N. Kawaguchi

赤で示した箇所新設

総合情報棟3F

構内ファイバ

光成端箱

GbE

OC48
X2 x3

光成端箱

スバル解析棟

北海道大学対向
(GbEx3)(H)

SINET3端末

つくば対向(2.5Gx2)(T)

岐阜対向(2.5Gx2)(G)

山口対向(2.5Gx2)(Y)

MC MC MC

VOA-100
X 2

MLX-4

VOA-200

(H)

(T)

(G)

(Y)

相関器

JGN-II/
GALAXY

(K) (鹿島)

OC48 x2

三鷹接続試験

- メディアコンバータとSINET3の接続に問題があった
 - Auto NegotiationでSINET3に接続できない
 - メディアコンバータ(アライトテシス1005)は外部からAuto Negotiationをoffにできない
 - メディアコンバータの故障補償シールをはがし、中を開け、基板上にAuto Offスイッチがあった
- メディアコンバータをAuto Offすることでパケット伝送が可能になった

波長多重回線でダークファイバ1本で双方向2Gbps回線2回線を実現
フォトリソ中継器の特性を活用し、原子時計信号の伝送に挑戦

茨城局接続

茨城32mアンテナ

たかはぎ32m



第5アンテナ

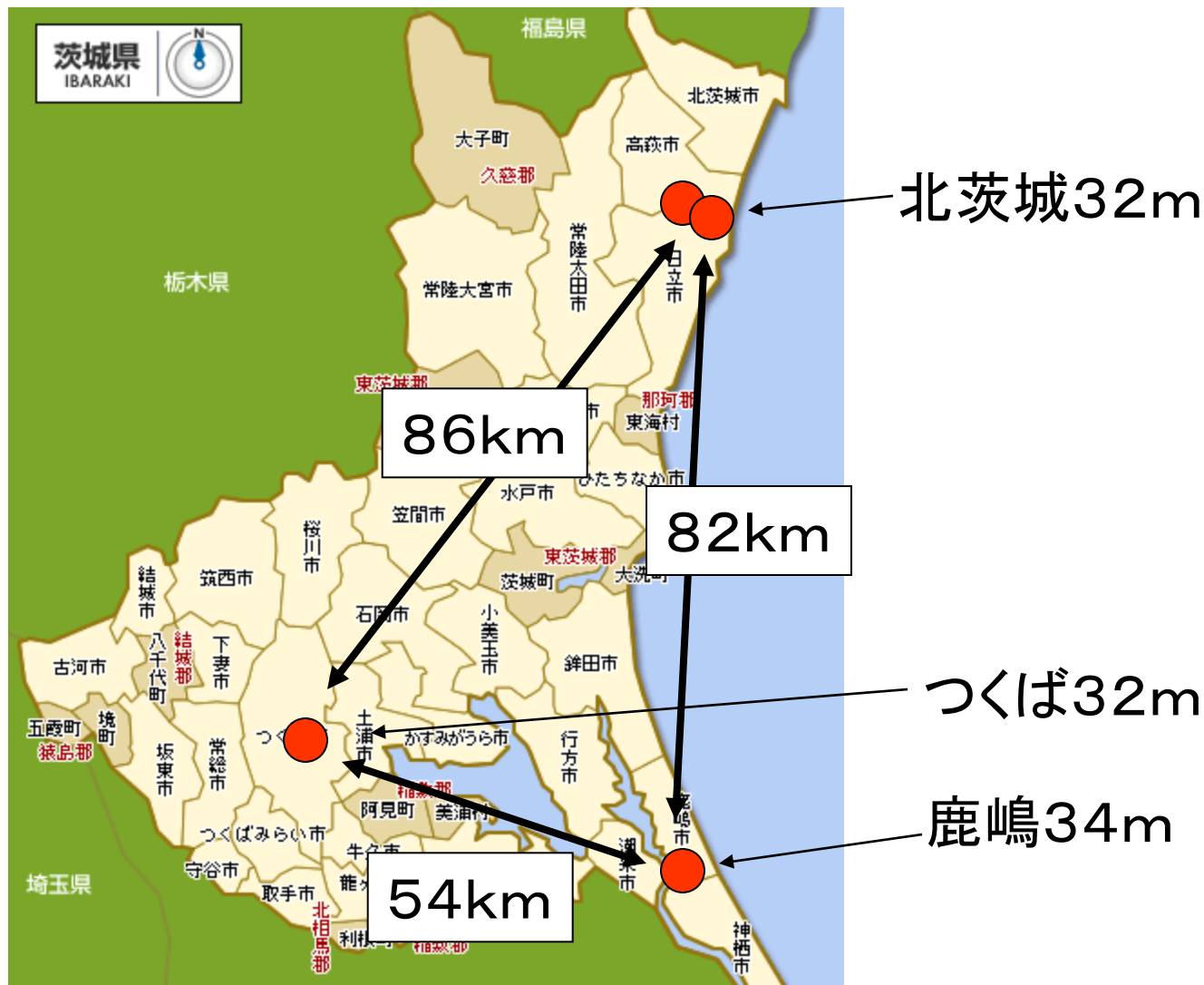
第4アンテナ



ひたち32m



茨城県内大型望遠鏡アレイ

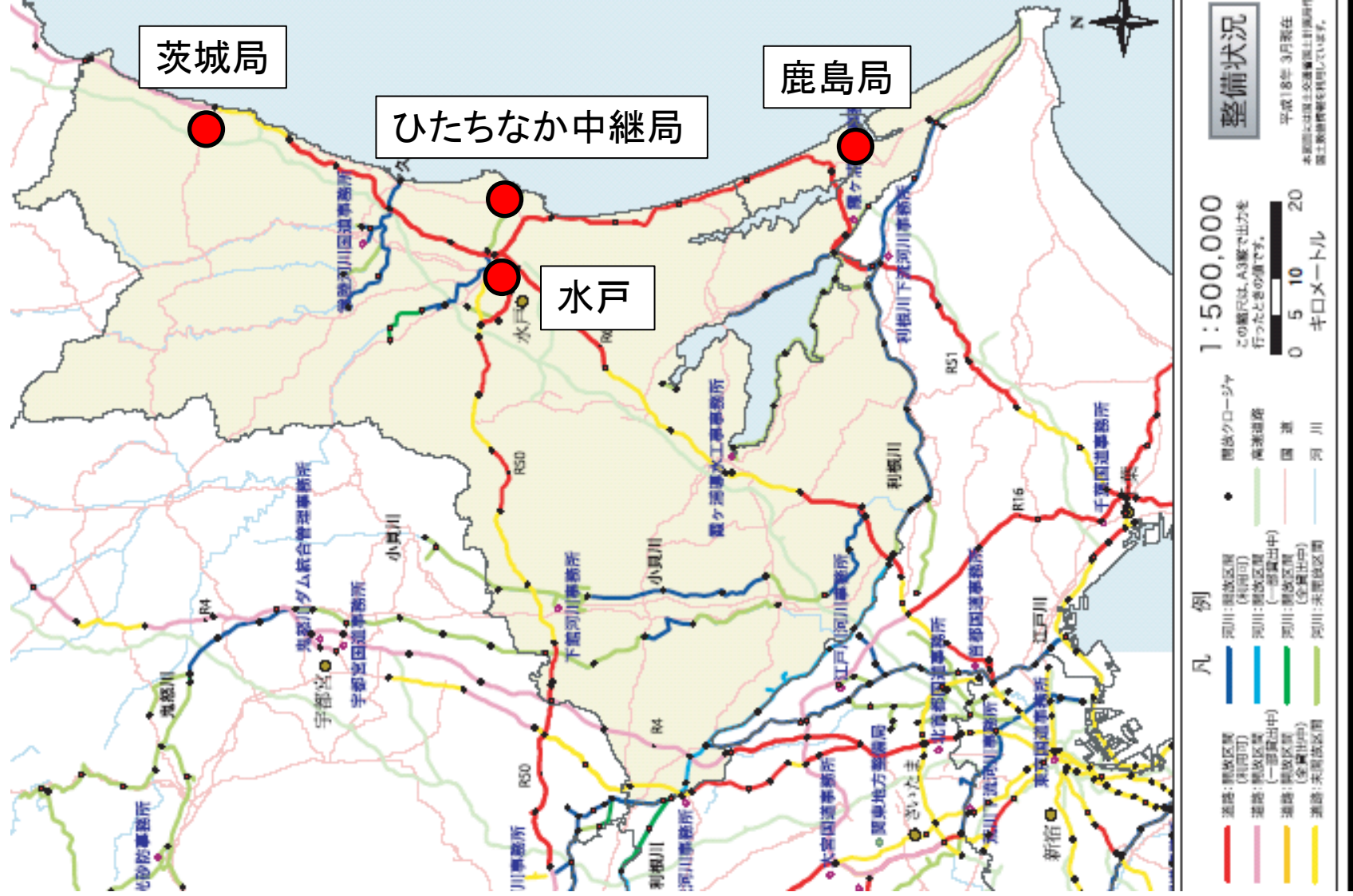


国土交通省開放 光ファイバの利用

鹿嶋→(JGN)→小金井
→武蔵野→三鷹
の既設回線を利用して結合



茨城局—鹿島局回線



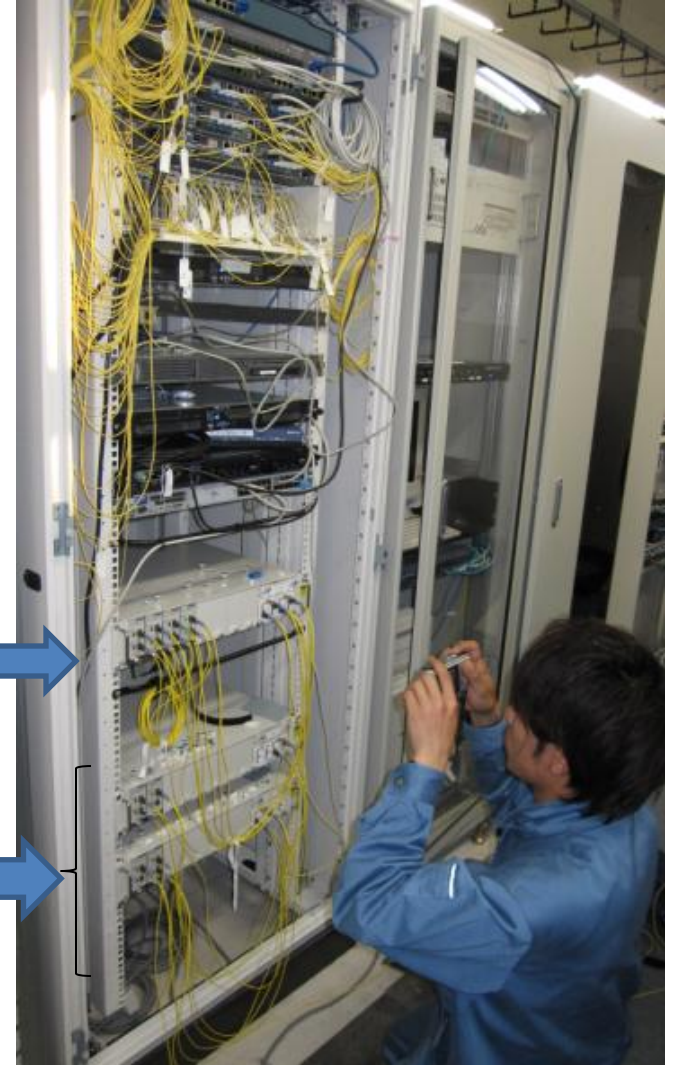
中継器の設置

2009年4月15日

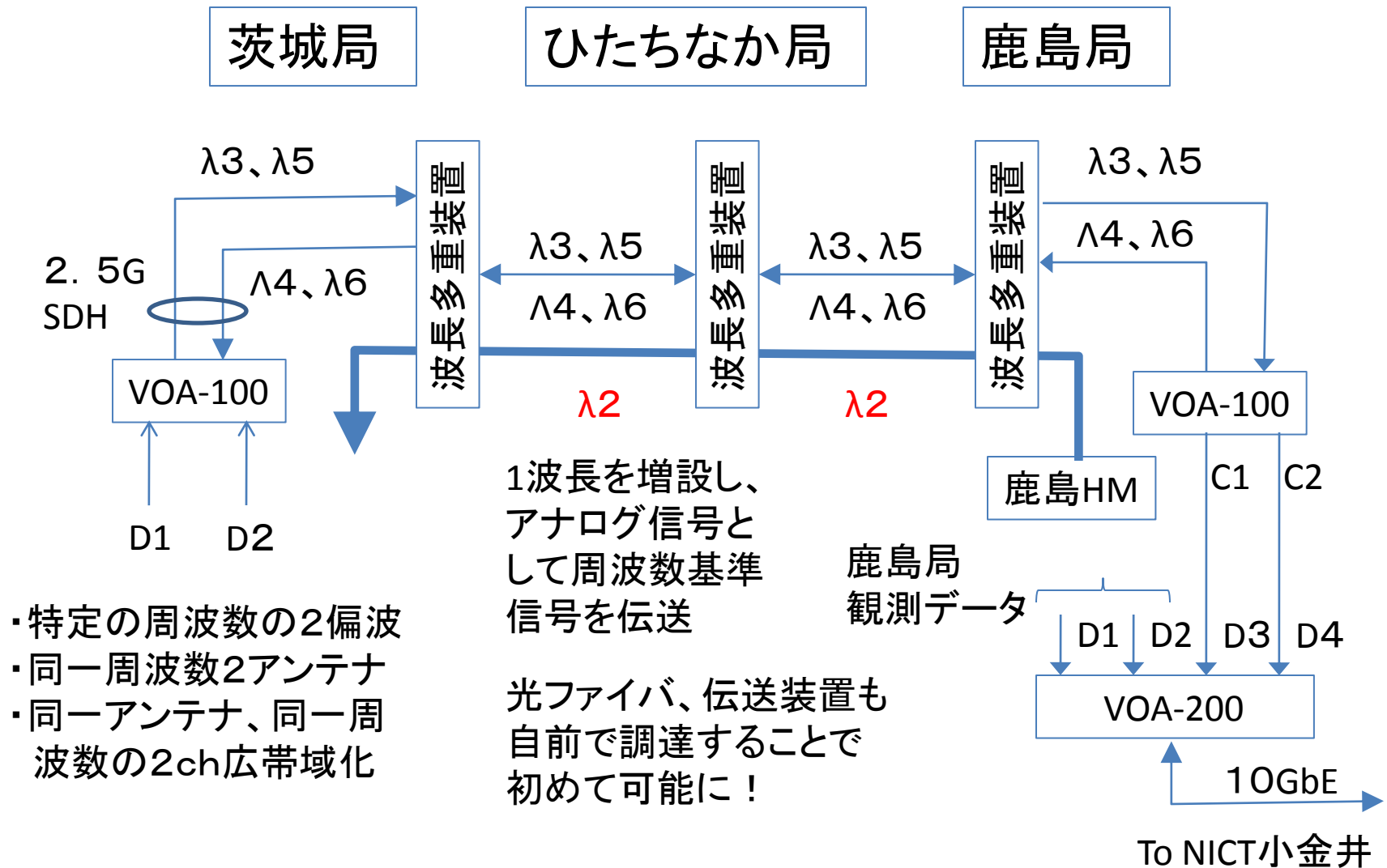


中継器

鹿島、高萩
接続装置と
総合結合試験



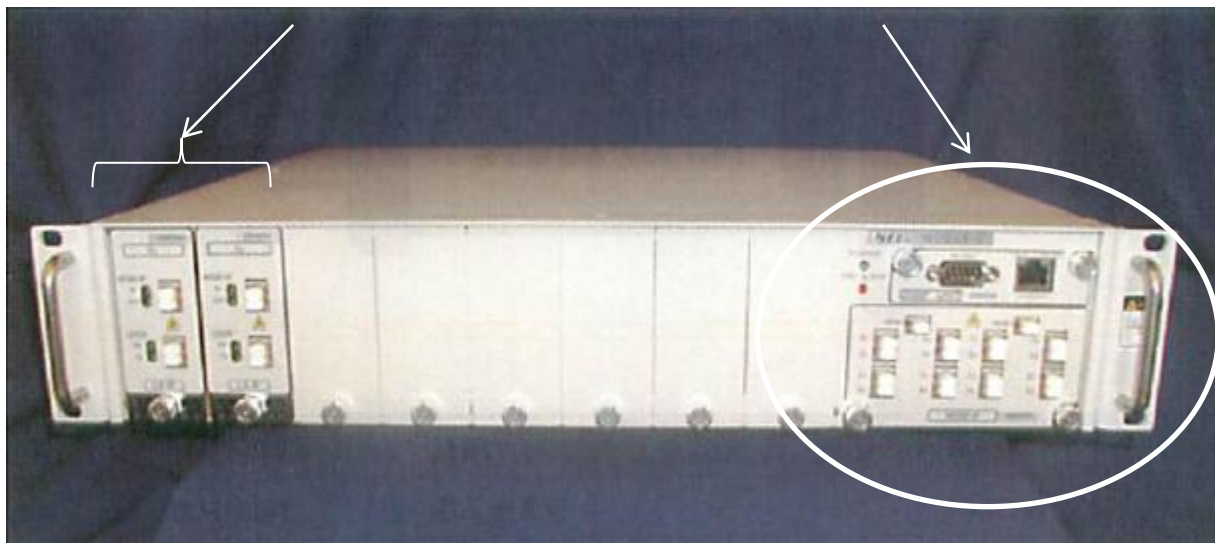
茨城-鹿島回線接続構成



波長多重装置 (WDM Caster)

<http://www.awg-star.com/awg-star/index.html>

CWDM-AIF (高機能スロット)、NEL WDM8X-S (本体)



2R中継と
3R中継に
使用可能

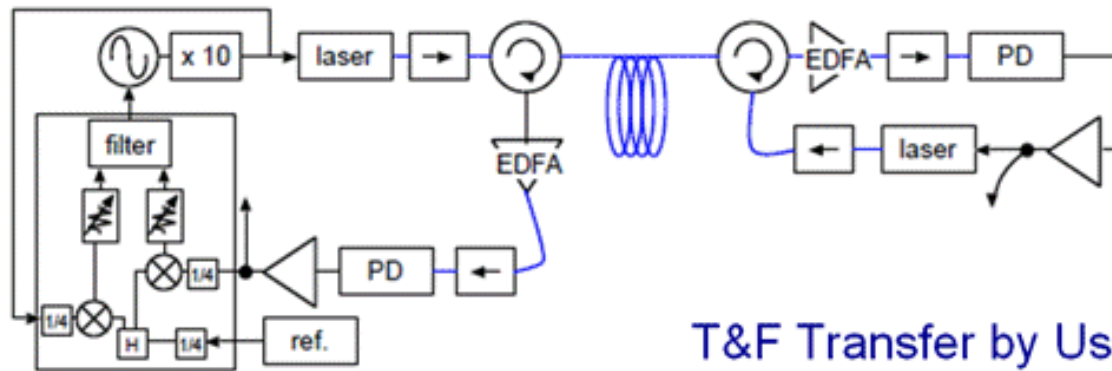
WDMでは、ビットレートに無関係にそのまま中継する2R (Regenerating, Reshaping) と、クロックを再生してタイミングを取り直し、再度光に変換する3R (Regenerating, Reshaping, Retiming) とがある。前者は、SONET/SDHやギガビットイーサネットなどのどのような信号でも通することができるが、多段接続では品質が落ちる。しかし、後者はフォーマットを選ぶものの信号の品質を高く保つことができる

http://www.cqpub.co.jp/interface/toku/200109/toku1_3.htm

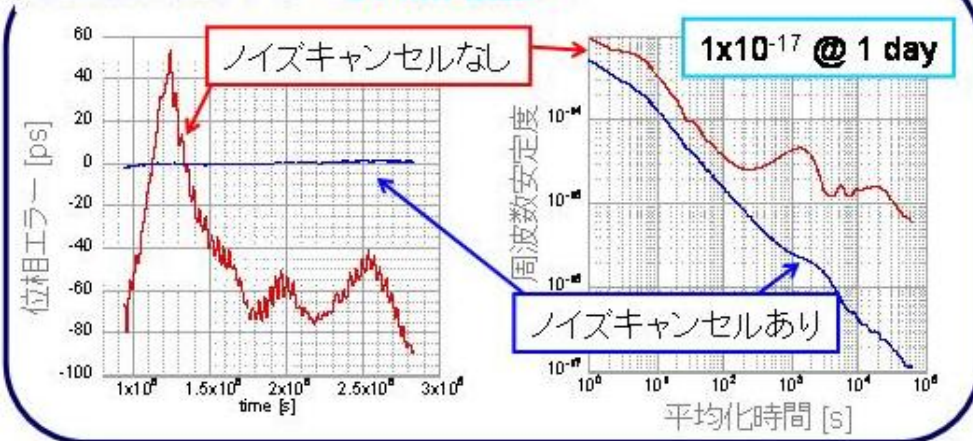
VLBI観測システムの2大障壁(高速大容量データ記録装置、原子周波数標準器)の解消を目指して

標準周波数信号の遠距離中継伝送

光通信回線での周波数伝送



実験室でのテスト - 51 km 伝送 -



NICTホームページより

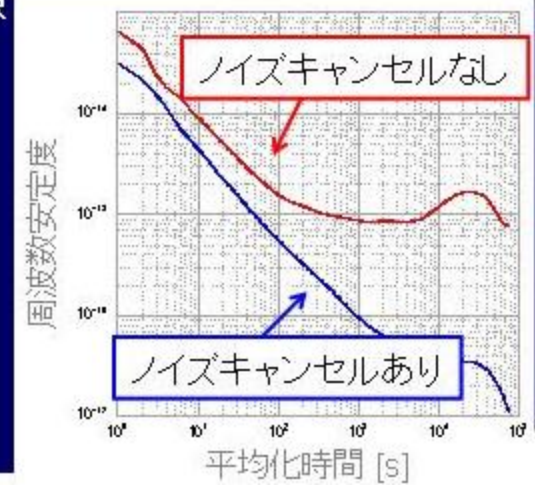
<http://www2.nict.go.jp/w/w114/stmp/research/opfiber.html>

光リンクでの実証実験
m 伝送
frequency: 1 GHz
-17 @ 1 day

大手町

秋葉原

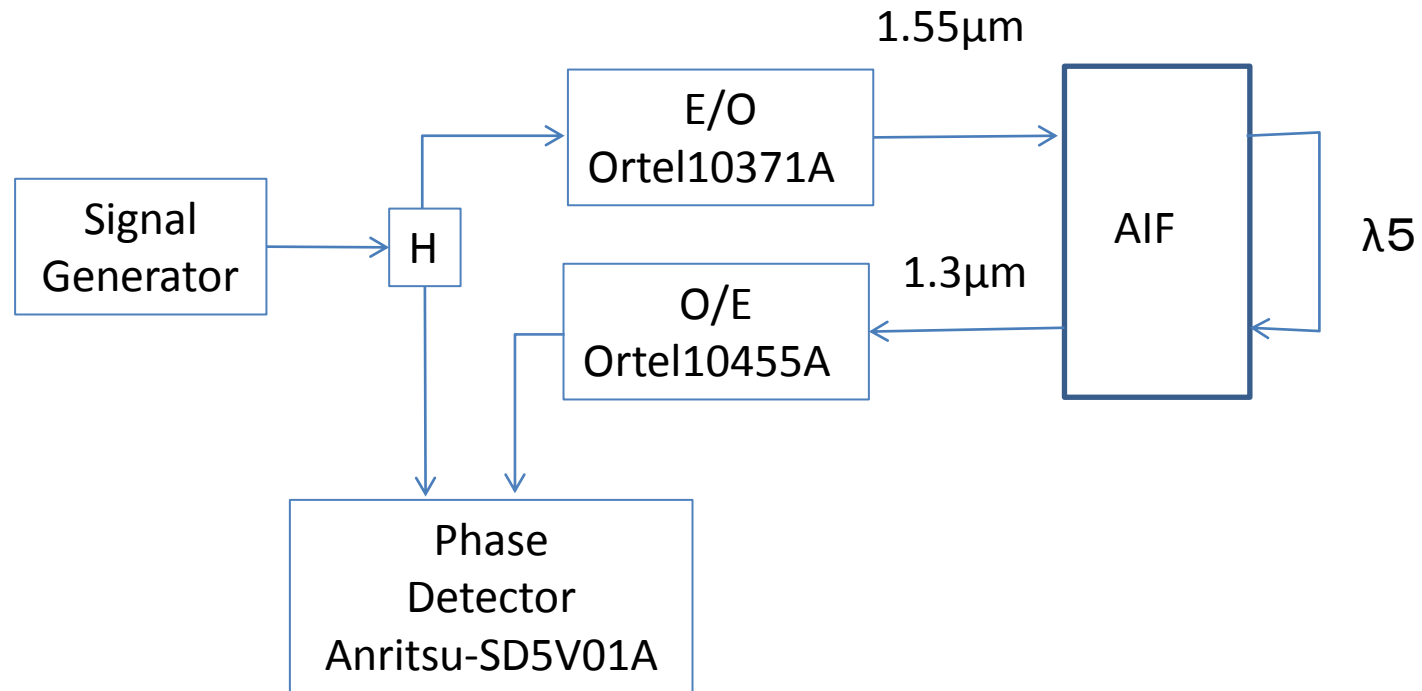
5 km



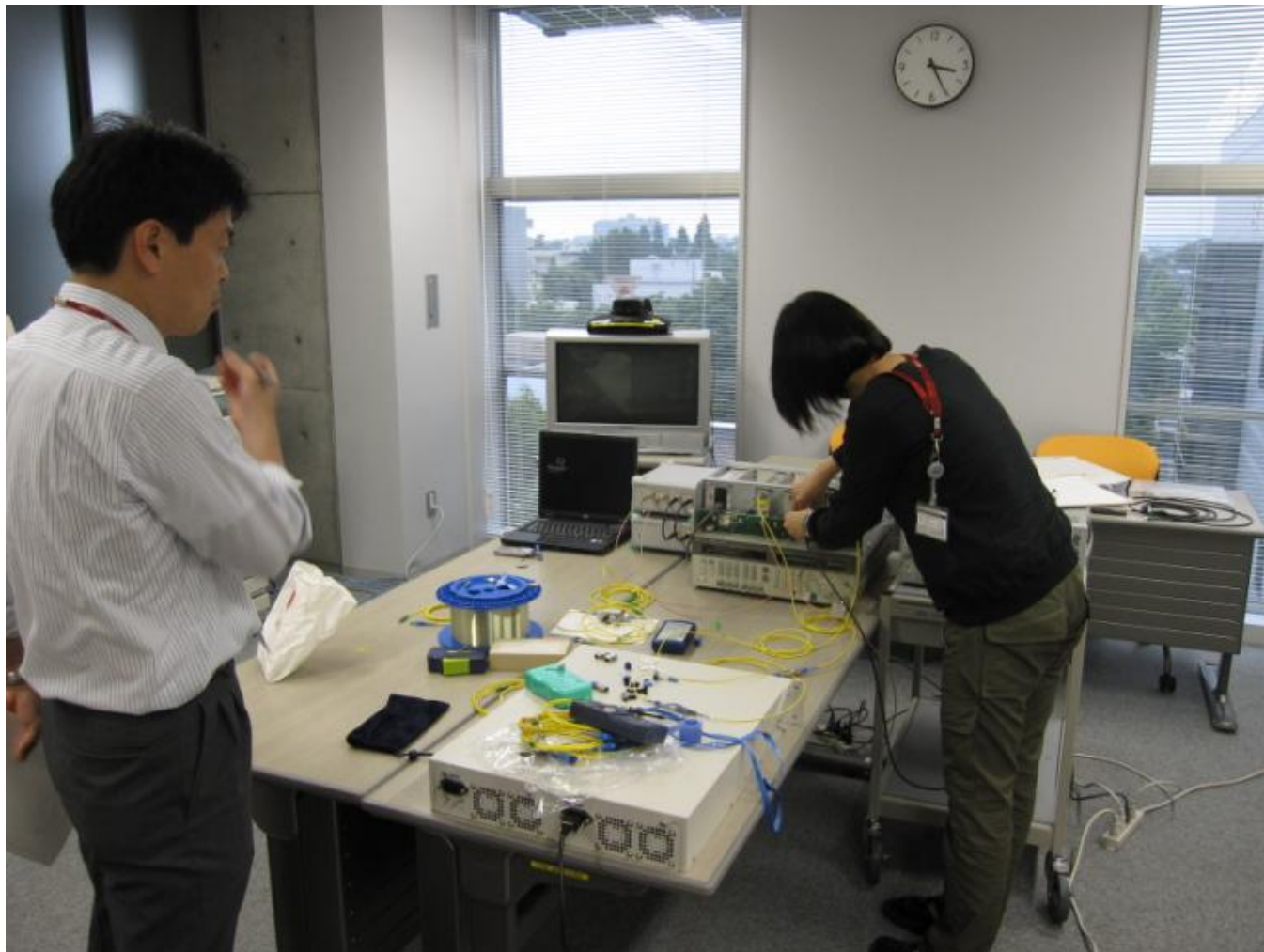
By 藤枝美穂 氏

試験系統図

NICT光・時空標準グループの実験システムに国立天文台が茨城中継局で
使用しているAWG-CASTERの波長変換ユニット(AIF)を組み込み実験



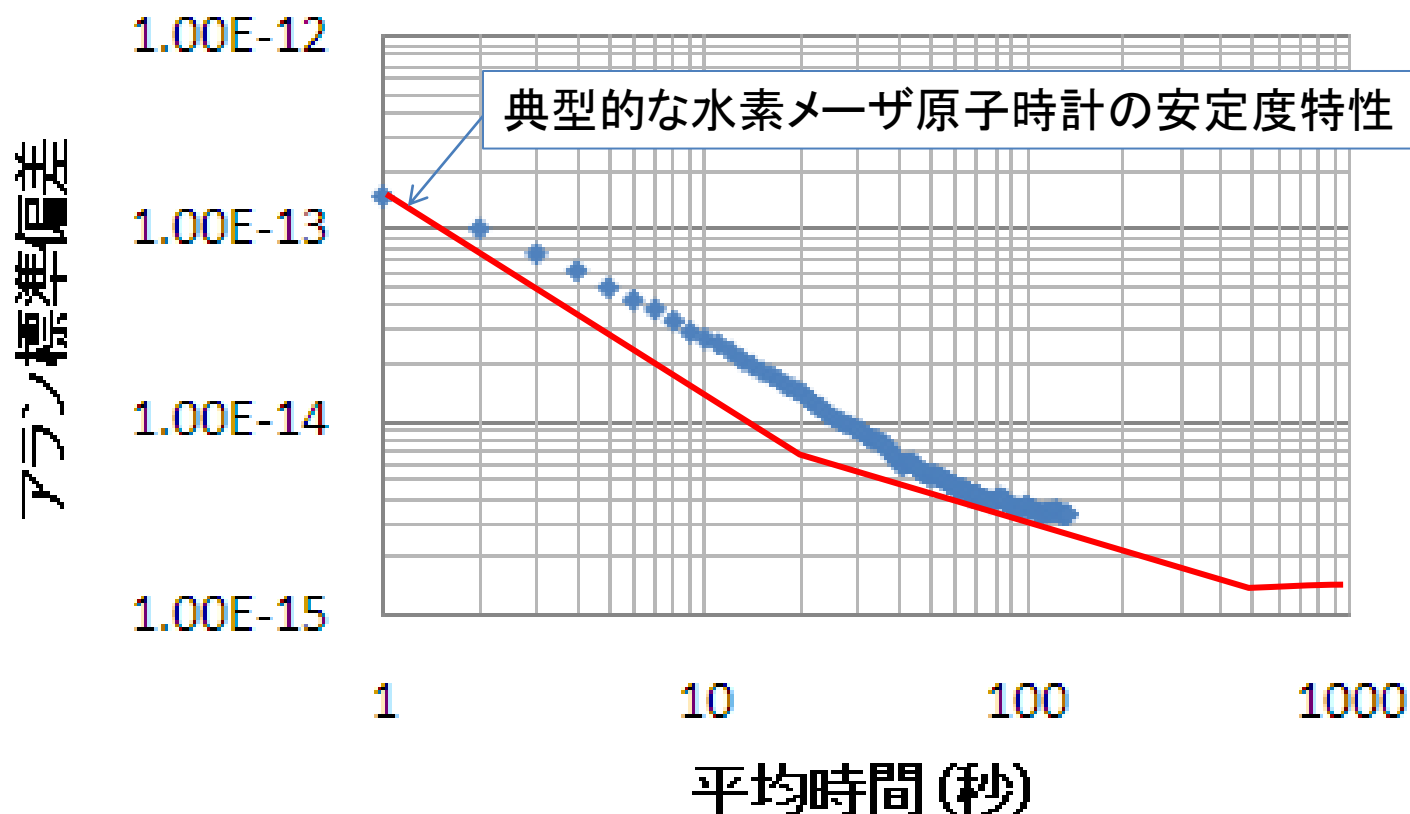
実験状況の写真



AIF光入力レベル(−5dBm)

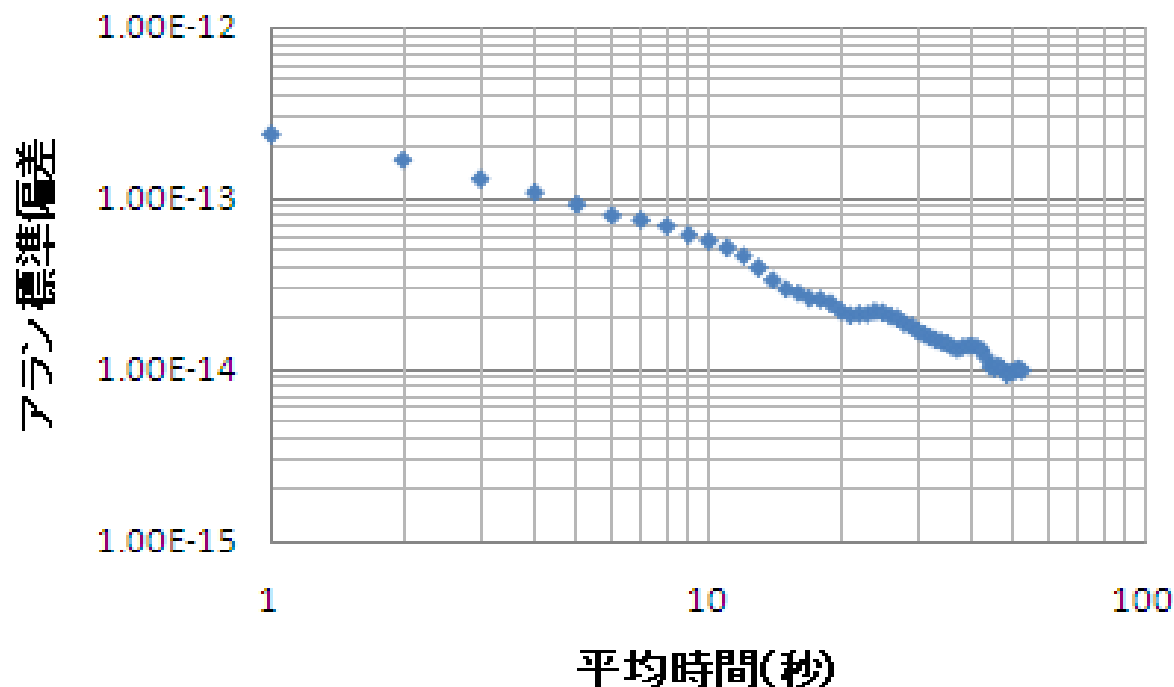
光入力強度が十分高い時のAIF出力安定度

100秒付近で見られるフリッカ揺らぎは、周囲の環境変動のためと思われる。



AIF最小入力レベル(−15.5dBm)

AIFの最小入力レベル(リンクランプが消灯する直前)時に再計測
最初の一15dBmじよりなぜか安定度が良くなったが、十分な光強度の時よりやや安定度は劣化している。

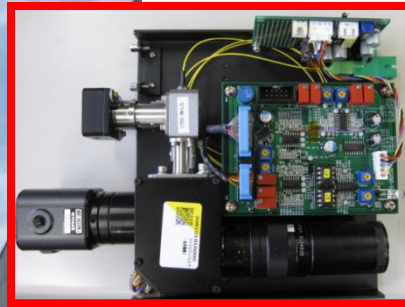


都市部、山岳地におけるラストワンマイル問題解消を目指して

光空間伝送

光空間伝送

情報通信研究機構(小金井)



5km

国立天文台三鷹
子午環ドーム



光空間伝送(都市部)

国立天文台三鷹子午環ドーム天頂より小金井タワーを望む



臼田光空間伝送(山岳地)



臼田64mアンテナの遠望
(12km)

臼田ロケットタワー
と光空間伝送装置



まとめ

- 超高速光通信回線を最大限利用する研究、計画を進めている
 - SINET3のオンデマンド接続を定常的に運用中
 - JGN-II 10GbE回線で8Gbpsの観測に成功(WR)
- 高感度の電波干渉計を形成することに成功
 - 微弱天体を多数検出することに成功
- 微弱天体の検出には成功したが、天体像の合成までには至っていない
 - 光結合局の局数を増やすことが重要
 - アクセス回線の構築に全精力が費やされている