

VLBI 周波数比較への応用と GALA-V システムの開発 - 2.4mアンテナによる大陸間VLBI実験 -

1

関戸衛, 氏原秀樹, 近藤哲朗, 堤正則, 川合栄治, 宮内結花, 長谷川新吾, 小室純一, 井戸哲也, 寺田健次郎, 難波邦考, 高橋留美, 岡本慶大, 青木哲郎, 池田貴俊, 市川隆一
情報通信研究機構

岳藤一宏

宇宙航空研究開発機構

渡部謙一, 鈴山智也

産業技術総合研究所

Perini Federico

Italian National Institute for Astrophysics

Calonico Davide

Italian National Institute for Metrology Research (INRiM)



内容

2

 **大陸間VLBI周波数比較**

 **技術開発要素**

 **観測成果**

 NICT-NMIJ観測

 日伊VLBI周波数比較実験




 **まとめ**

大陸間VLBI周波数比較

3

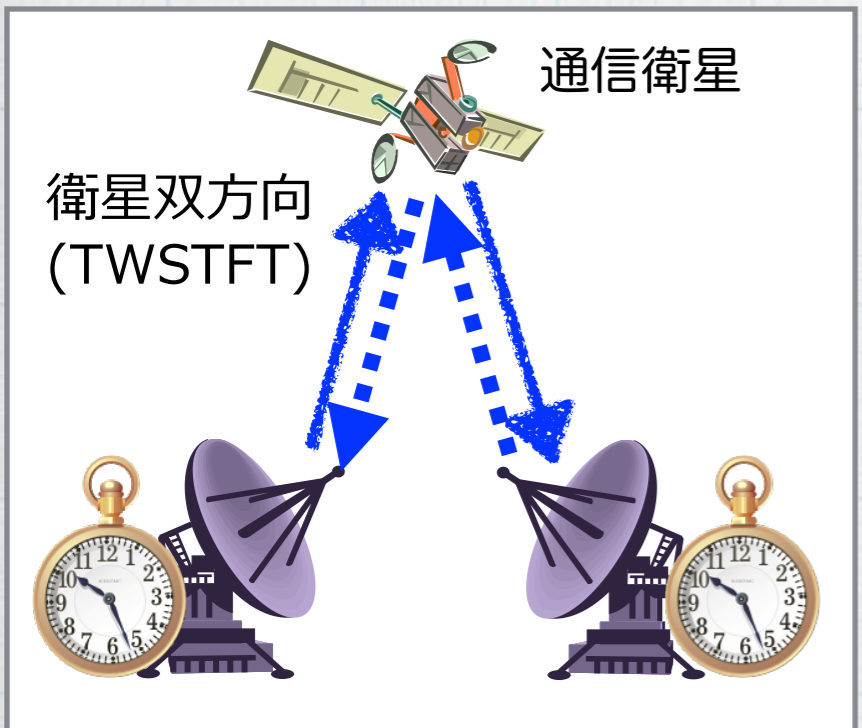
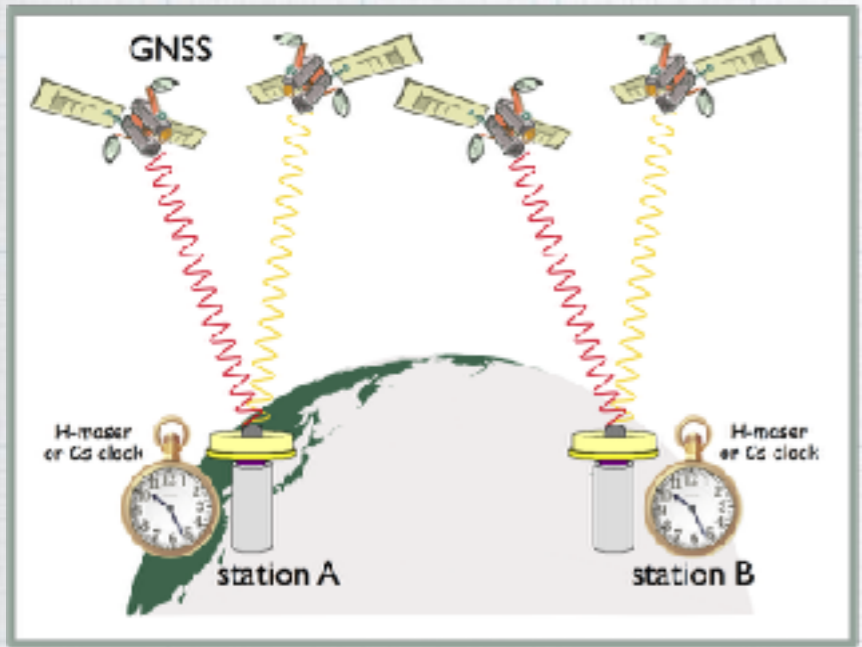
| 技術名 | 信号源 | 軌道依存 | 電波送信 | 精度 | 運用コスト |
|-------|--------------|------|------|---|----------|
| 衛星双方向 | 通信衛星 | 小 | 送信免許 | < 1.e-15 (Code) < 1.e-16 (Carrier Phase) | >100万円/年 |
| GNSS | GPS /GNSS 衛星 | 高 | -- | < 1.e-16 (IPPP) | 低 |
| VLBI | 電波天体(ICRF) | -- | -- | < 1.e-16 (Broadband) | 中 (**) |

VLBI周波数比較の特徴

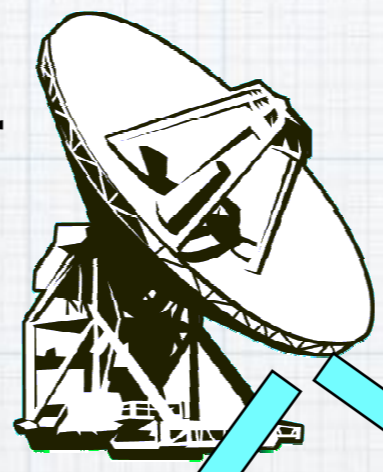
-  絶対遅延量: 広帯域VLBIによる絶対遅延量(Ambiguity Free)計測
-  安定性: 遠方の電波源を固定点として使用する。絶対群遅延計測と合わせてVLBI周波数リンクの長期安定性が特徴。
-  自由度: 衛星の可用性、送信免許などに依存しない。

VLBI周波数比較のイメージ

4



でかいアンテナ
(観測局 R)



RX

RY

超小型VLBIシステム
(観測局X)



XY

超小型VLBIシステム
(観測局Y)



$$XY = RY - RX$$



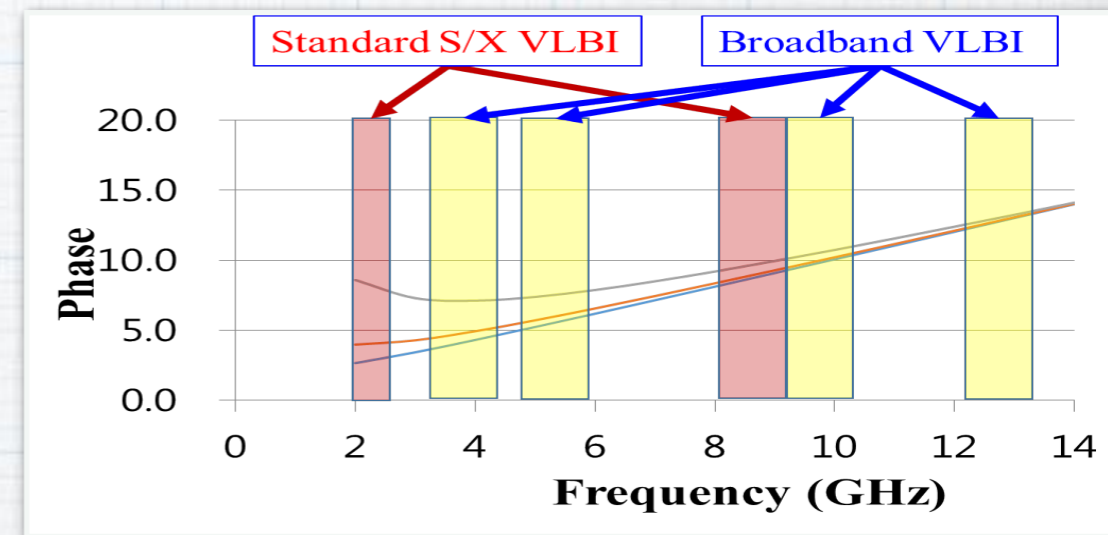
技術開発要素 -VGOS準拠-

5

広帯域受信系

3-14 GHz

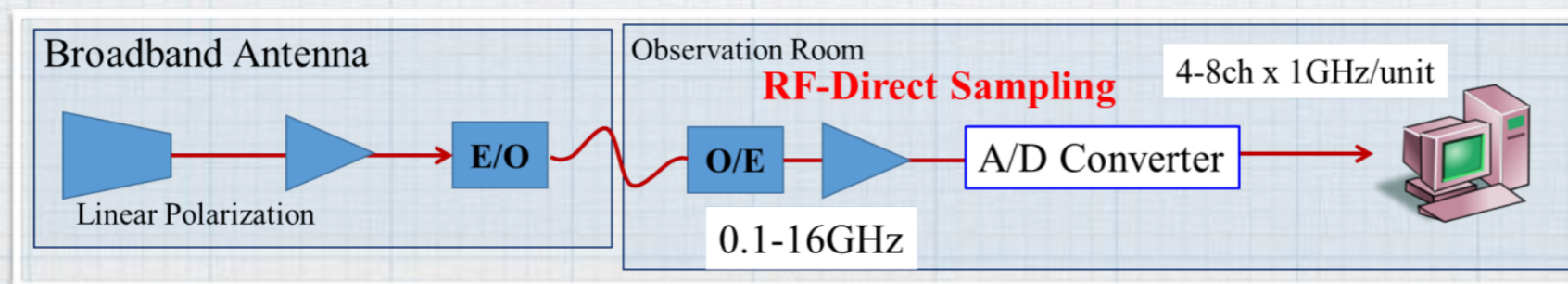
✓ 6.0, 8.5, 10.4, 13.3GHz



RFダイレクトサンプリング

アナログでの周波数変換無しにデジタル化

位相安定性が良い

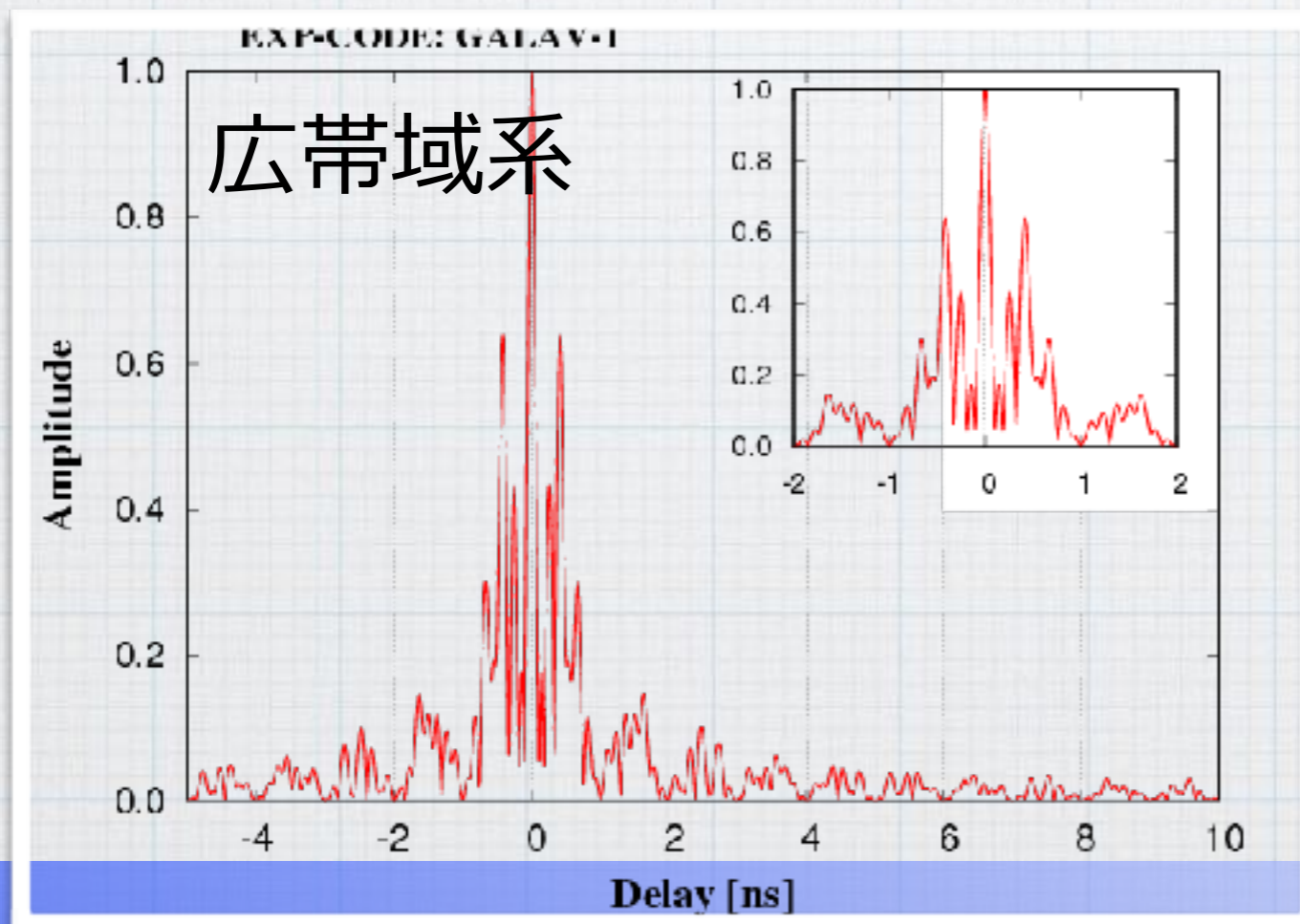


技術開発要素-続き-

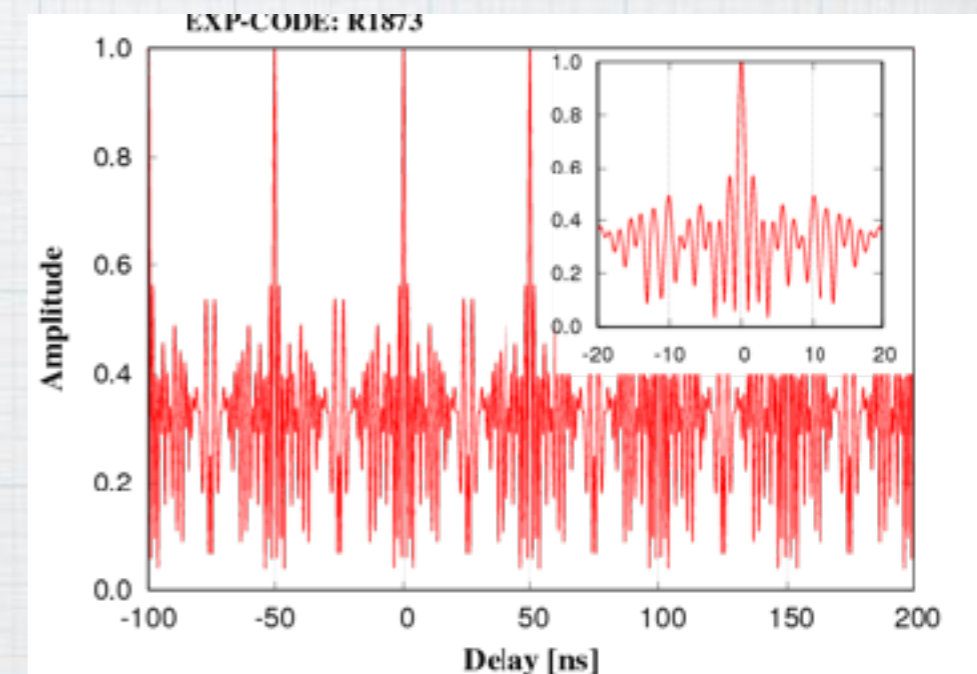
6

🛰️ バンド幅合成技術の開発

- 📍 高分解能
- 📍 アンビギュイティ無し

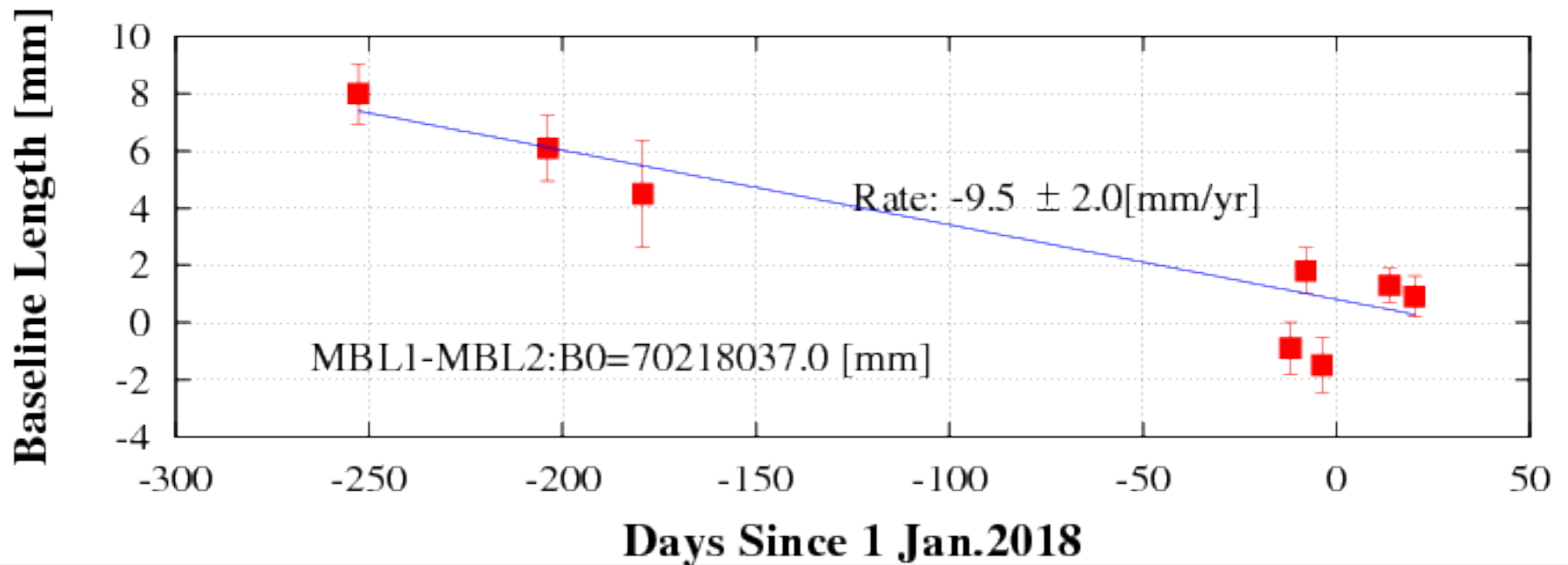


従来の測地VLBI観測



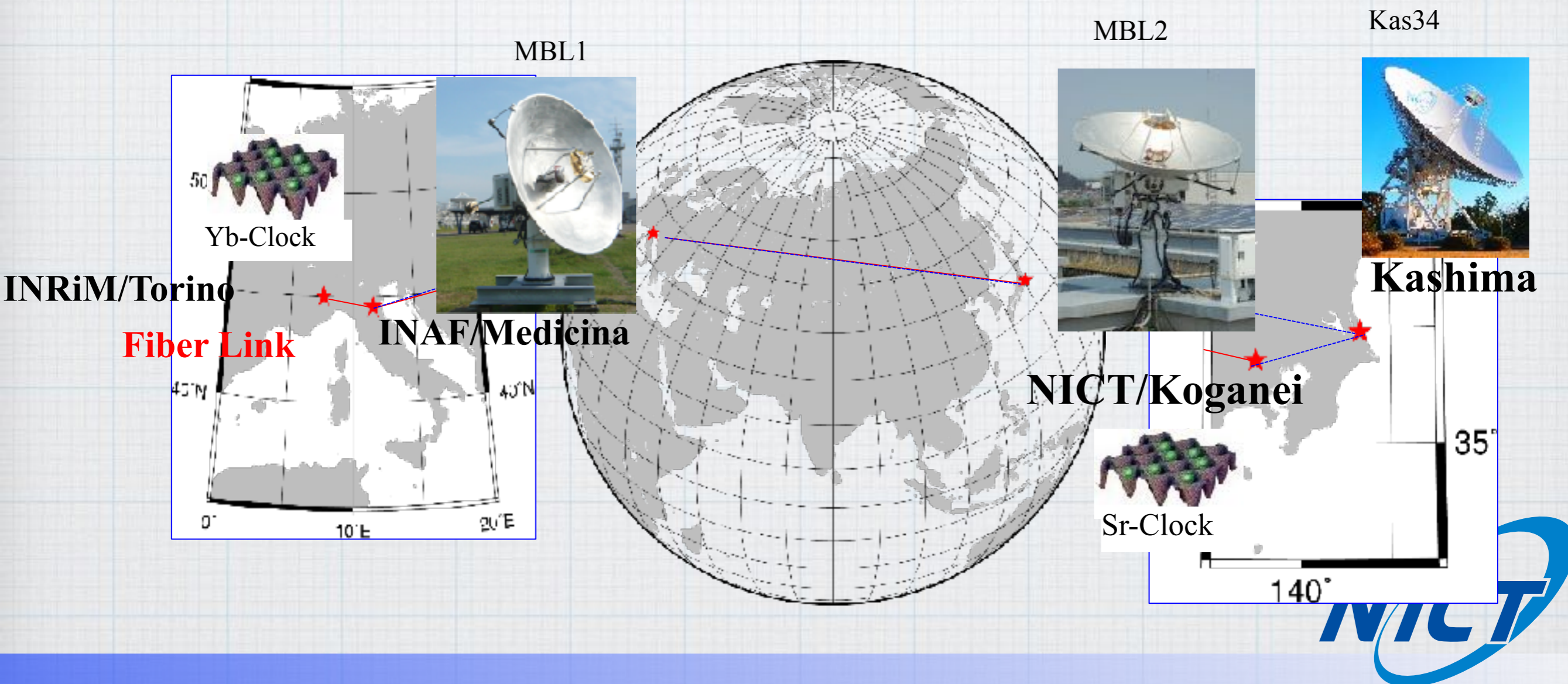
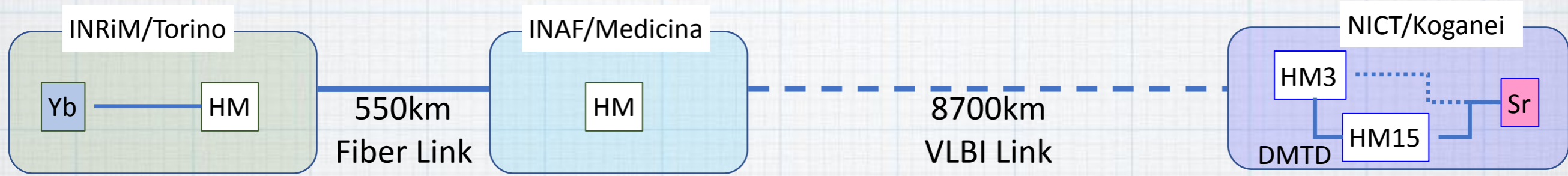
NICT-NMIJ/AIST観測成果

7



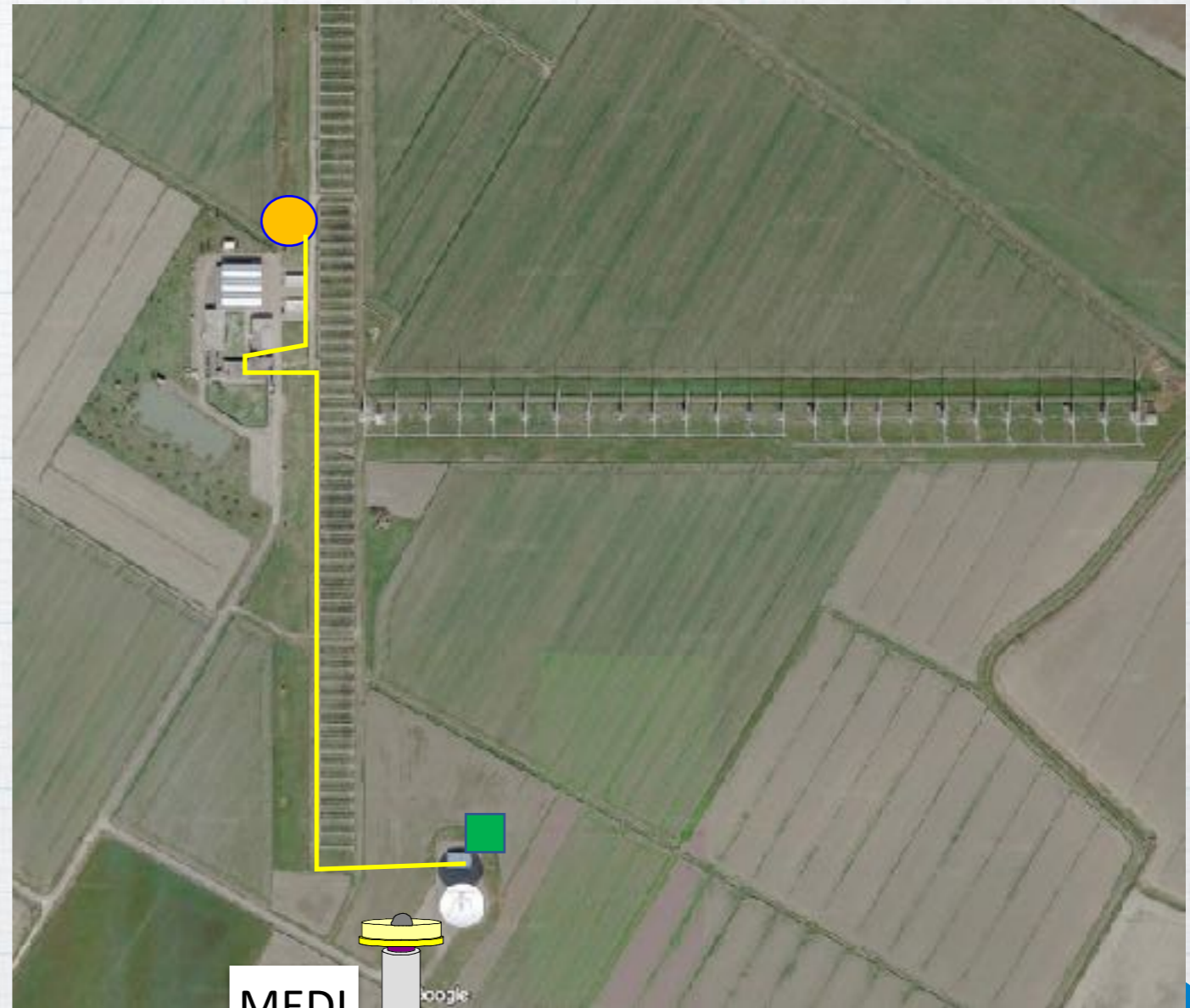
日伊VLBI周波数比較実験

8



INAF/IRA at Medicina

9



MEDI

NICT小金井

10



NICT鹿島

11

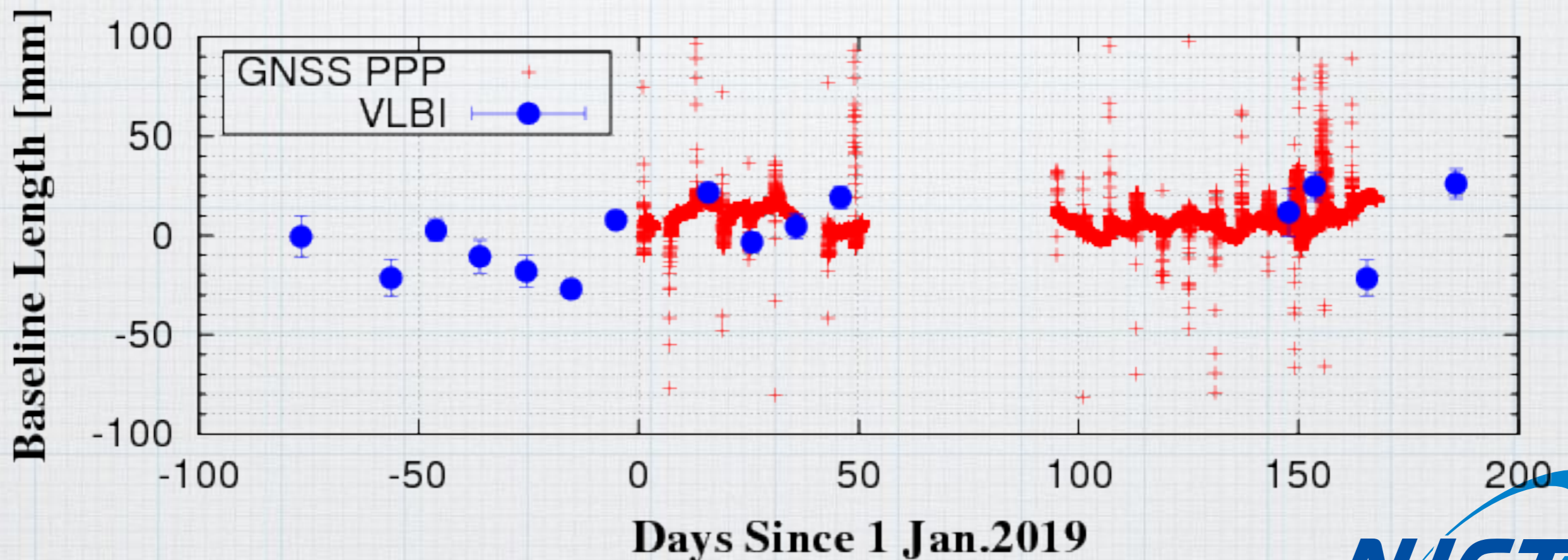


測地観測結果

NICT小金井-INAF

12

- ✓ 基線長: 8700km
- ✓ 遅延残差: ~ 30 ps (WRMS)
- ✓ 再現性: 15mm (WRMS)

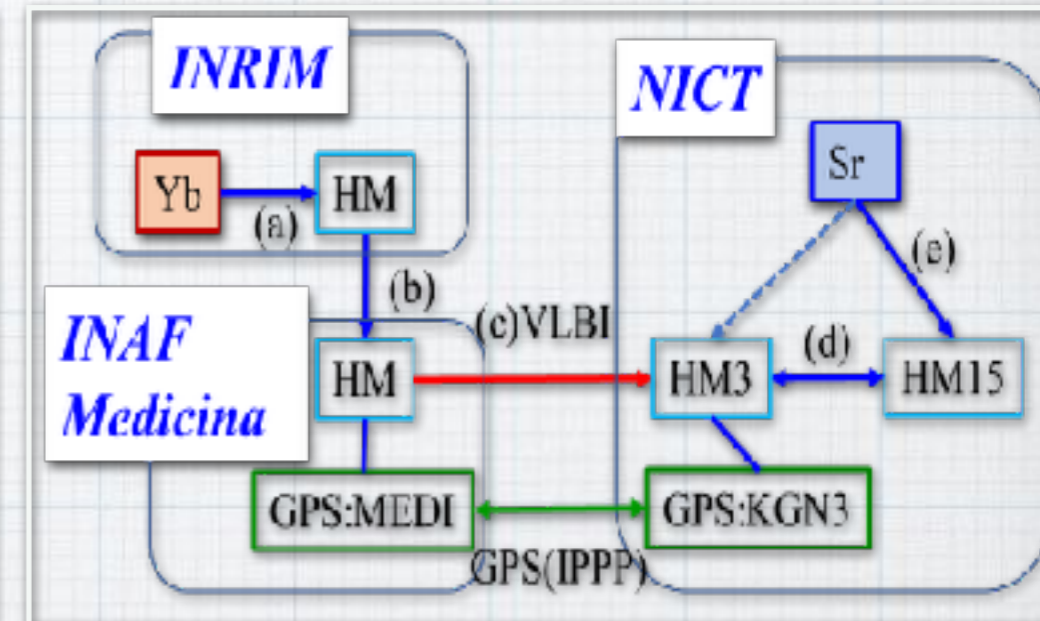
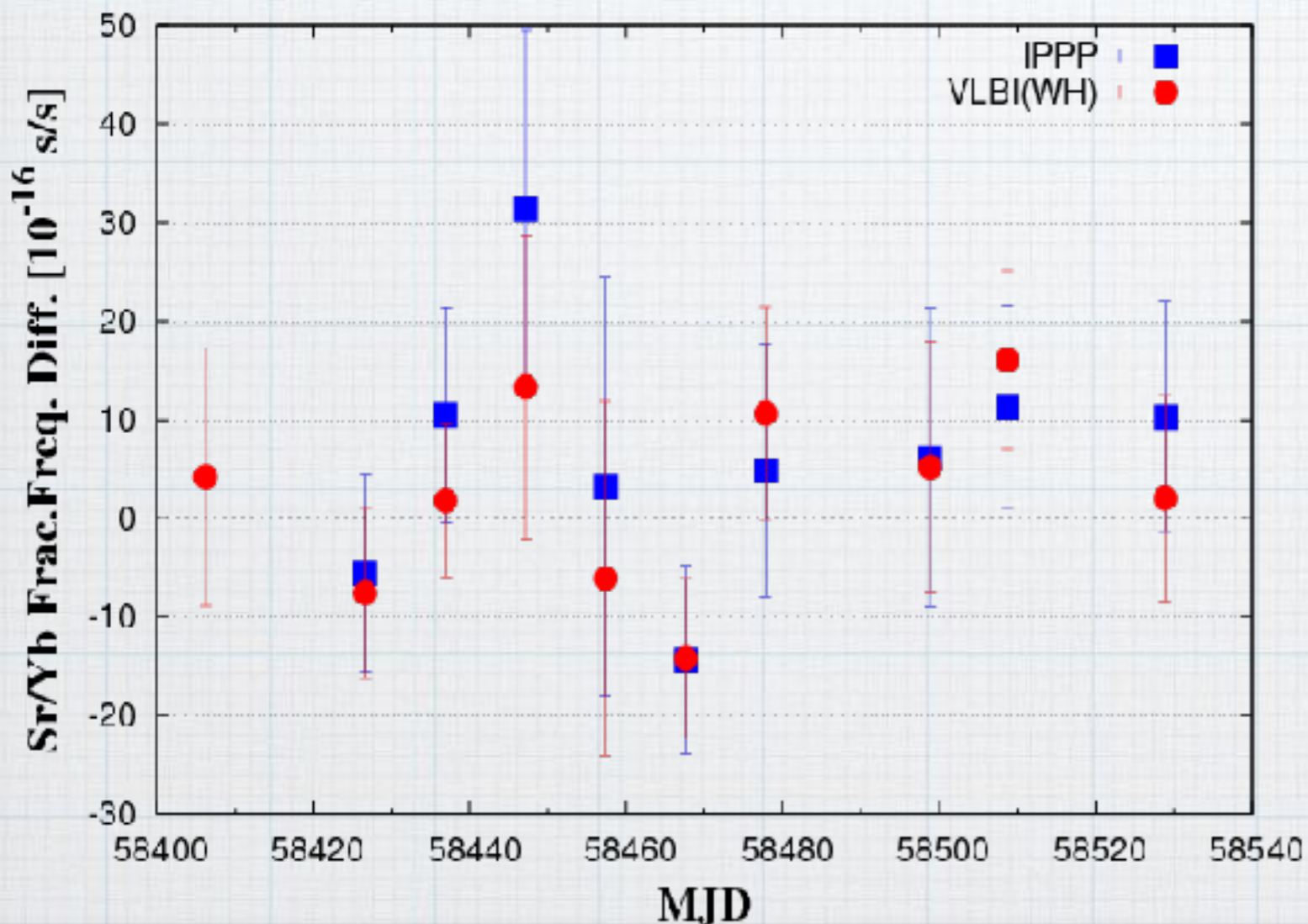


Sr/Yb link

VLBI vs GNSS

13

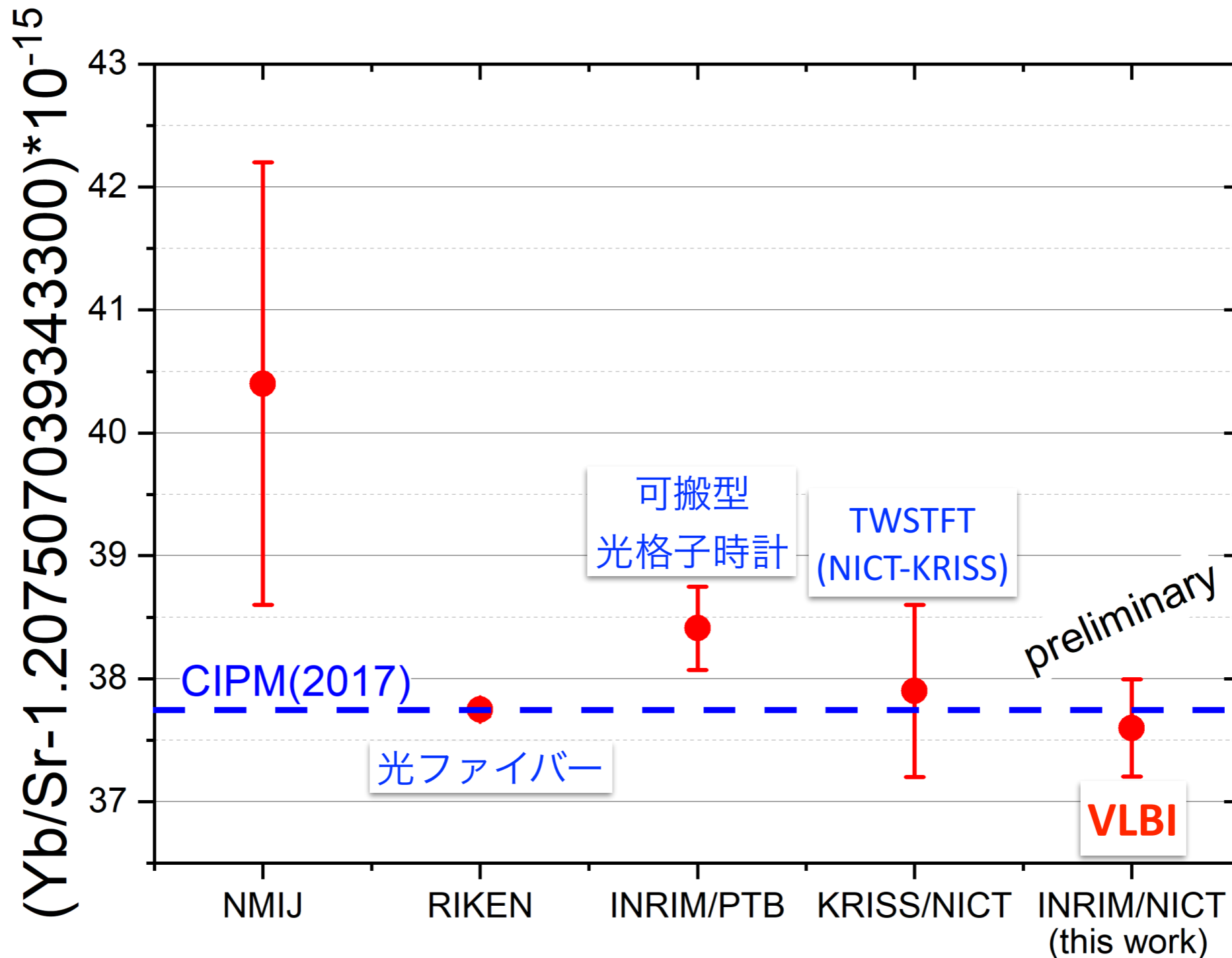
Yb/Sr Link, Error x [1.93,2.33] for [VLBI,IPP] for χ^2 Unity



| | Sr/Yb Frac. | Uncertainty | Weighted RMS | N |
|------|-------------|-------------|--------------|----|
| VLBI | 1.2e-16 | 3.3.e-16 | 9.8e-16 | 10 |
| IPP | 3.5e-16 | 4.0e-16 | 1.1e-15 | 9 |

従来のSr/Yb実験との比較



14




まとめ

15

大陸間VLBI周波数比較を目的として 技術開発推進

-  広帯域受信系、ダイレクトサンプリング
-  関連ソフトウェア開発

日伊VLBI周波数比較実験

-  GNSS/IPPPを凌駕するSr/Yb比較を達成
 - ✓ 不確かさ: -3.3×10^{-16}

謝辞

16



日伊VLBI周波数比較実験

- INRiM: G. Cerretto, F. Bregolin, F. Levi, A. Mura, E. Cantoni, P. Barbieri, A. Tampellini
- INAF: M. Negushini, G. Maccaferri, C. Bortolotti, M. Roma, G. Zacchioli, R. Ricci
- BIPM: G. Petit

に感謝します。



高速研究ネットワーク

- JGN, GARR, GEANT, Internet2, and TransPAC、特に池田貴俊氏(KDDI)がイタリアからの高速データ伝送に寄与。
- データ伝送ソフトは、H. Verkouter氏(JIVE)のJIVE5abを使用。



その他、VLBI解析ソフト“Calc/Solve”、“アンテナ制御ソフト”“Field System9”、及びスケジューリングソフト“Sked”はNASA/GSFC開発による。



NICT鹿島34m アンテナの現状について

最大瞬間風速: 56m/s !!
34m Antenna Down



鹿島34mパラボラアンテナ


運用終了記念式典、及び関連イベントについて

19

日時・内容等

 2020.4.24~25午後

✓ VLBI技術開発センター国際
シンポジウム

 2020.4.25午後

✓ @鹿島宇宙技術センター

- ▶ 記念式典
- ▶ 記念講演会
- ▶ 施設一般公開

