

# 鹿島34mアンテナを使った NICTのVLBI研究

関戸 衛

川合栄治、氏原秀樹、近藤哲朗、堤正則、宮内結花、長谷川新吾

情報通信研究機構 時空標準研究室

鹿島宇宙技術センター

# 鹿島34mアンテナ

- 1988年(昭和63年)設置：西太平洋電波干渉計プロジェクト(1988-1993)

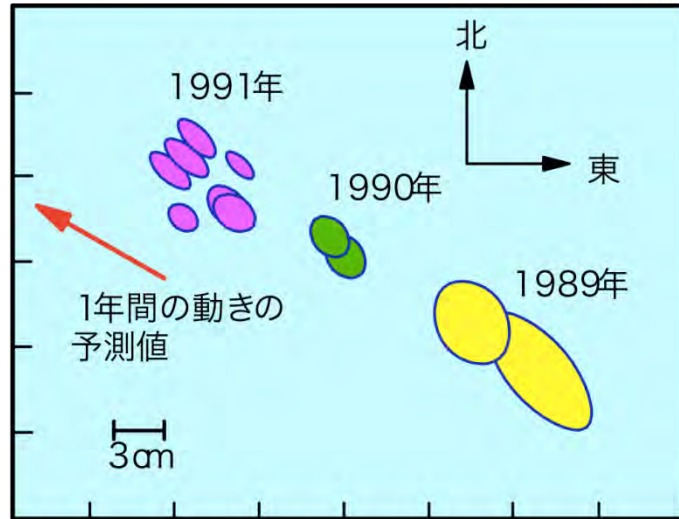


- 2019年(令和元年) 9月9日台風15号(56m/s@34m)により被災



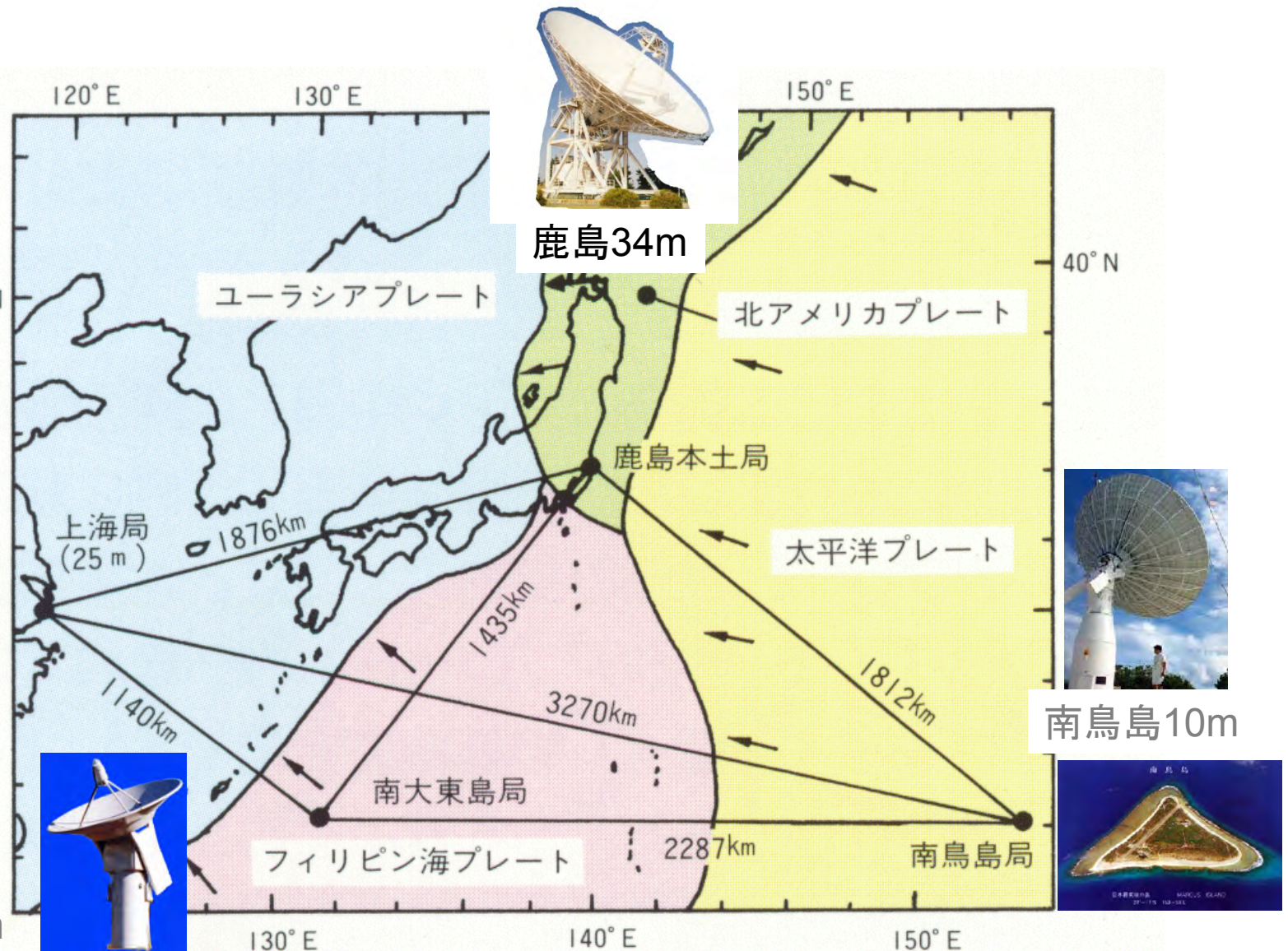


## 南鳥島の動き



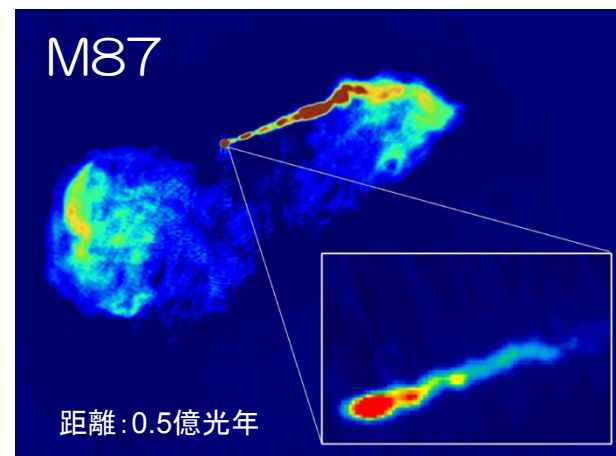
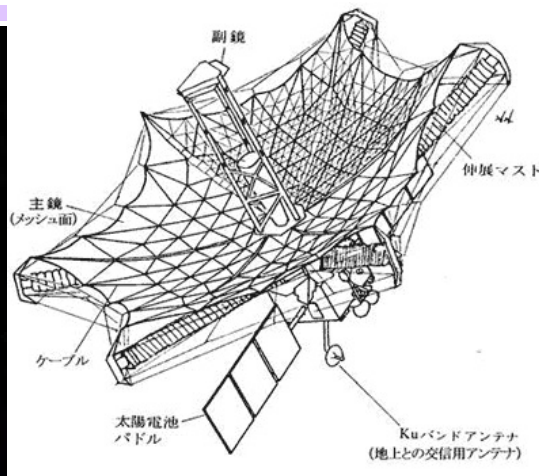
- 近藤哲朗,他,測地学会誌(1992)
- Y.Koyama et al. CPCM'93,(1993)
- 小山泰弘,測地学会誌(1996)
- 近藤哲朗,他,測地学会誌(2004)

南大東島3m





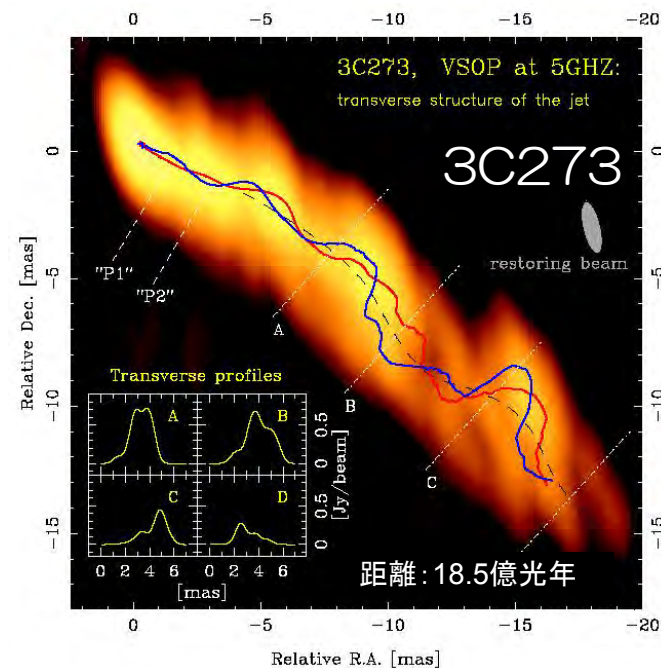
中島潤一さん  
C-band常温受信機立ち上げ



VSOP(VLBI Space Observatory Programme): 宇宙科学研究所,国立天文台  
世界初の衛星VLBI。1997年打ち上げ、2005年運用終了

**鹿島34mアンテナ**は5GHzの観測が可能な国内唯一の電波望遠鏡として、VSOP衛星との初期テスト観測やプロジェクト観測に参加。

画像提供 ISAS&国立天文台VSOPプロジェクト  
[http://wwwj.vsop.isas.ac.jp/general/vsop\\_images.html](http://wwwj.vsop.isas.ac.jp/general/vsop_images.html)



# NICT 小惑星レーダ観測 ～鹿島の名前がついた小惑星～GOLEVKA

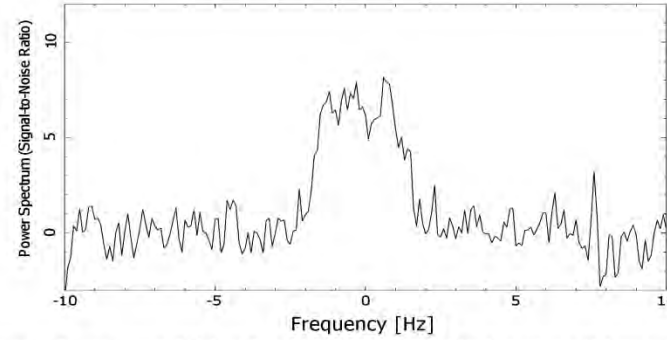
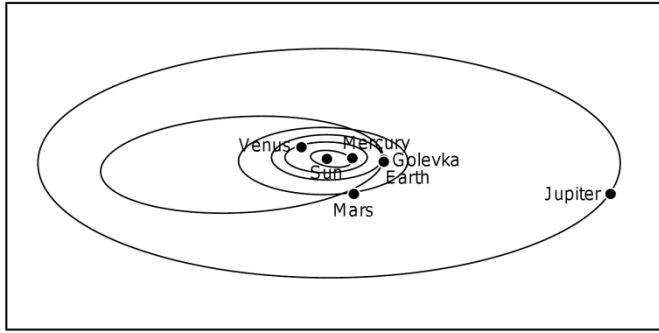
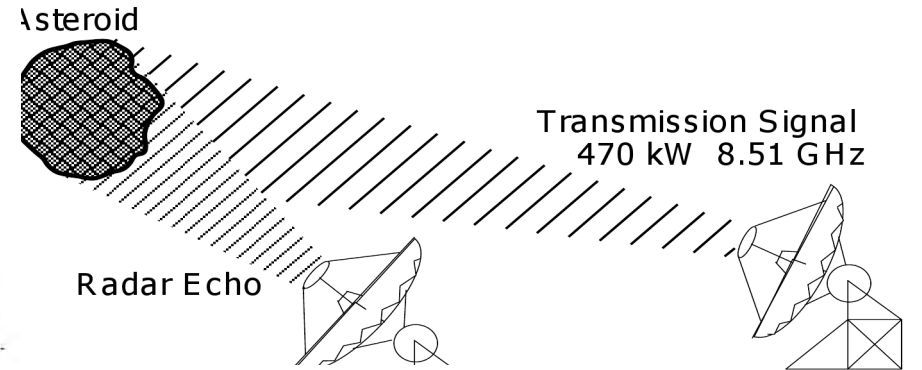


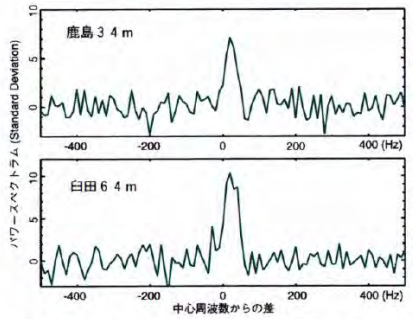
Figure 1. Power spectrum  $P(\Delta f)$  of the received signal integrated for 54 minutes with frequency resolution...



**CRL 鹿島 VLBI ニュース** 第65号 平成8年12月18日

郵政省通信総合研究所鹿島宇宙通信センター  
宇宙電波応用研究室発行  
TEL 0299-84-7137 FAX 0299-84-7159  
WWW URL http://apollo.cri.go.jp/index-j.html

小惑星4197(1982TA)のレーダ観測に成功  
鹿島宇宙通信センターと宇宙科学研究所白田宇宙空間観測所で同時観測



地球に接近する軌道をもつ小惑星4197（発見につけられる仮符号は1982TA）が、1999年10月26日に地球距離0.085AU（約12百万km）にまで接近しました。この距離は、球から月までの距離の約33倍に相当します。鹿島宇宙通信センターの34mアンテナと、宇宙科学研究所白田宇宙空間観測所の64mアンテナでは、の小惑星のレーダ観測を同時に行い、ジェット進研究所のゴールドストーン局にある70mアンテナから送信された信号のレーダエコーを検出することに成功しました。日本では、昨年行われた小惑星6489ゴレブカの観測に続いて、2度目の初成功となります。今後、それぞれで観測されたデータの相互相関から、世界で初めての小惑星のレーダ干渉計観測の基礎データを得ることを目指してデータ解析を行う予定です（Y. K. 記）。

小惑星 4197 (1982TA) のレーダエコーのパワースペクトラム (積分時間75分、周波数分解能10Hz)

※観測には、宇宙開発事業団や国立天文台と共同で行っているR1機で導入された観測機器を使用しました。関係者の方々に感謝いたします。

**CRL 鹿島 VLBI ニュース** 第70号 平成11年7月8日

郵政省通信総合研究所鹿島宇宙通信センター  
宇宙電波応用研究室発行  
TEL 0299-84-7137 FAX 0299-84-7159  
WWW URL http://www.cri.go.jp/kaikadosho/index-j.html

金星のレーダ観測に成功

ロシアのAstro Space Centerとの協力のもと、Bistatic Radarによる金星観測が6月11日に行われ、鹿島宇宙通信センターの34mアンテナでレーダエコーを検出することに成功しました。観測を行ったときの金星の地球からの距離は約1.1億km（0.74天文単位）で、日本では初めて主惑星のレーダ観測に成功したことになります。観測では、Evpatria（ウクライナ）にある64mアンテナから5010MHzの電波が200kWの出力で送信され、金星によって反射された電波を受信しました。今後は、VLBI観測による高い解像度での撮像合成に向けた観測を計画しています（TK記）。

（Bistatic Radar+：送信と受信に別のアンテナを使用するレーダ）

1999年金星のレーダ観測

## 地域貢献



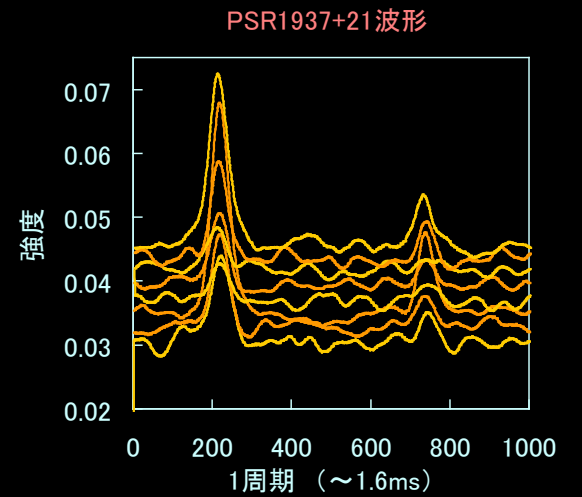
1996年サッカーWC誘致応援

1996年 小惑星4197のバイスタティックレーダ 鹿島34m、白田64m 同時観測

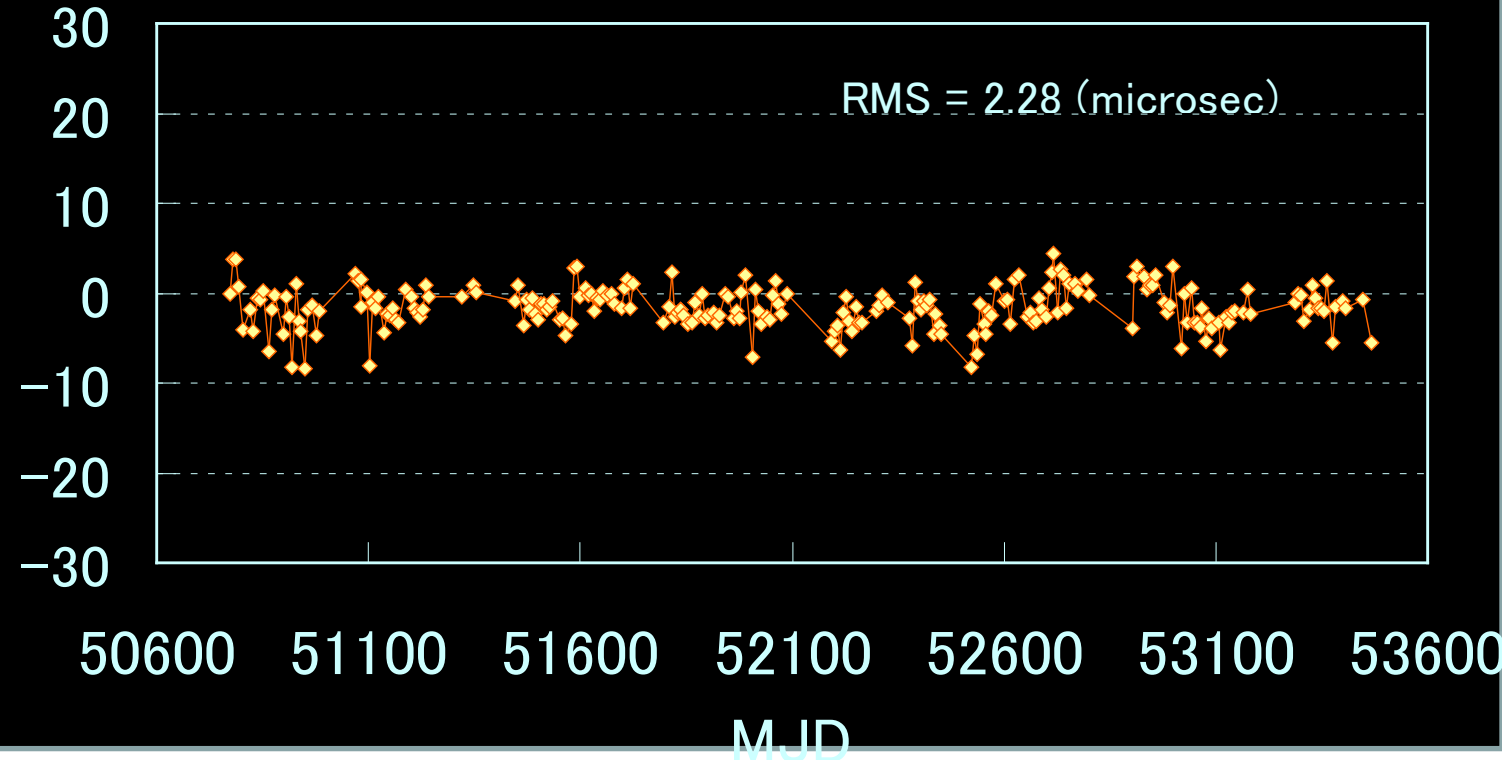
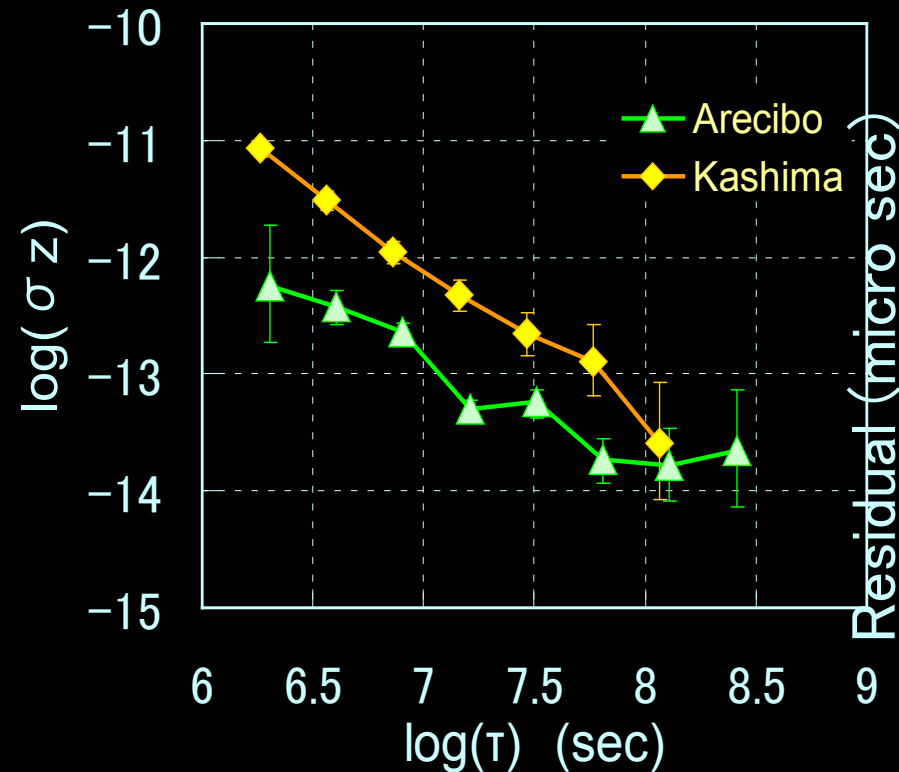
# パルサー 研究(1)

## パルサータイミング観測(PSR1937, 1997-2005)

- Y,Hanado, et al., PASJ(2001)
- Ilyasov et al., Astron Lett.(2005)



7パラメータフィット後、1日平均  
(位置、周波数(2次まで)、固有運動、年周視差)

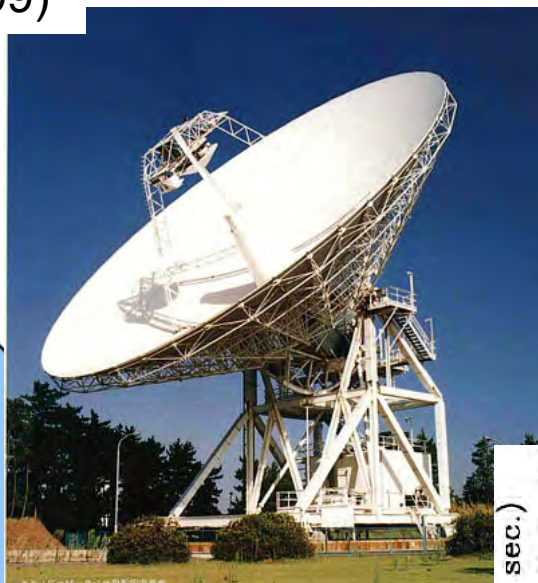
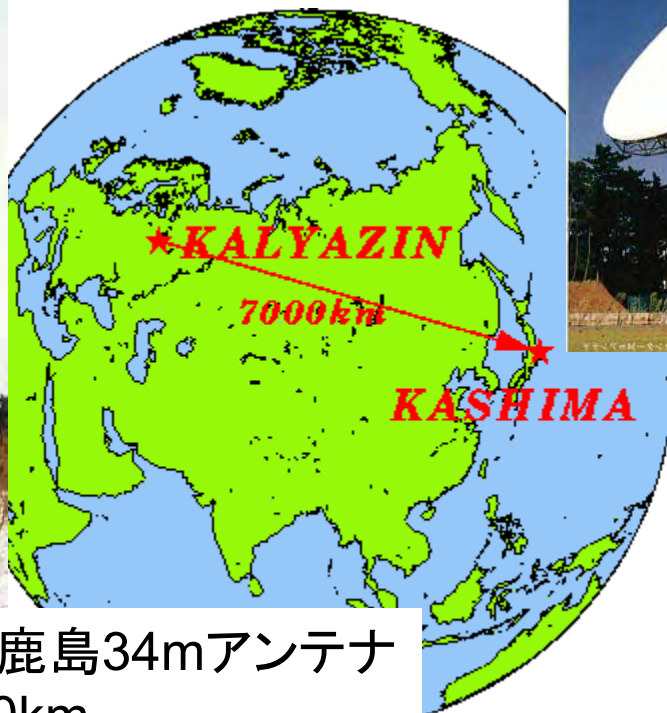




## CRL-ロシア LPIプーシノ電波天文観測所の共同研究(1995-2000)



PSR0329+54の固有運動  
M.Sekido, et al., PASJ(1999)

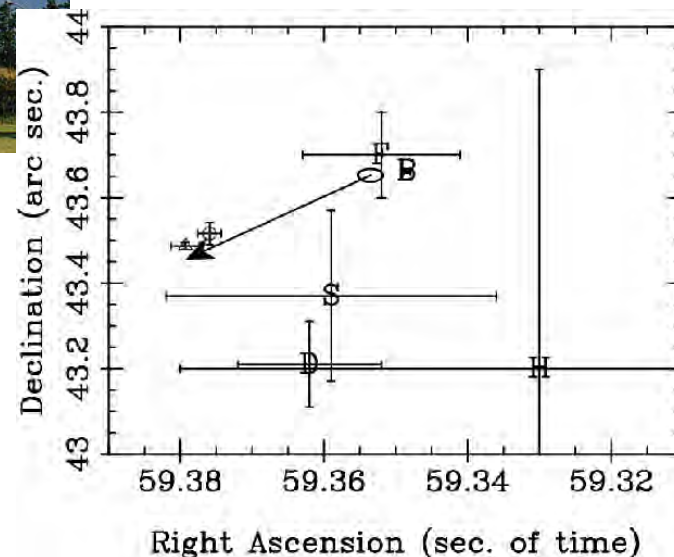


5つのパルサーの固有運動を測定

- PSR0329+54
- PSR0355+54
- PSR0950+08
- PSR1333+16
- PSR2021+51

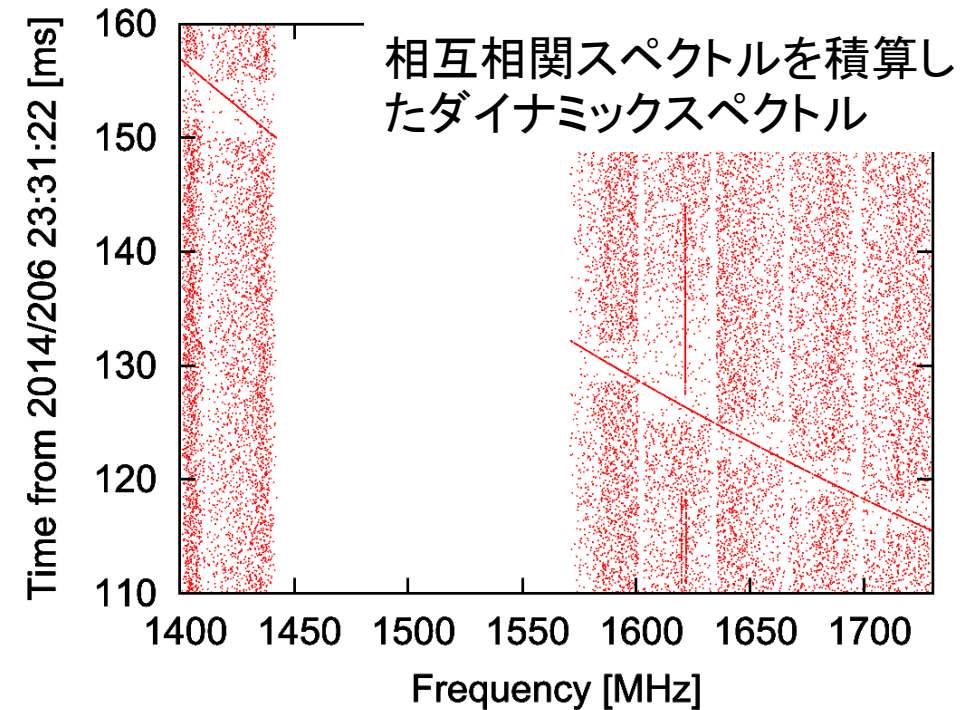
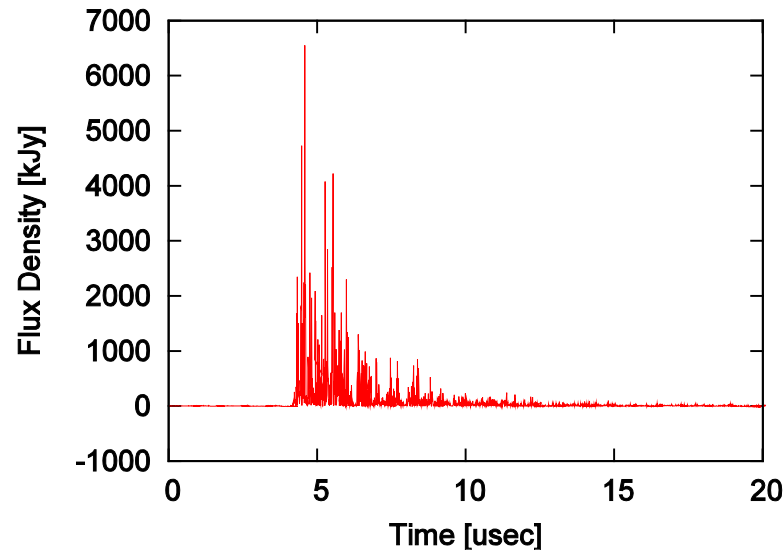
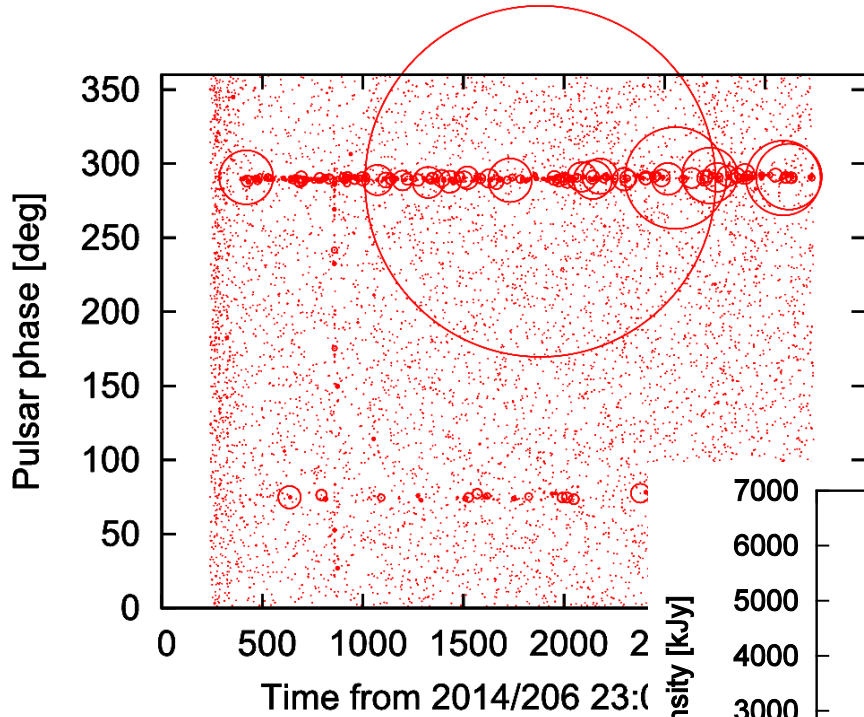
M.Sekido PhD Thesis, 2001

Kalyazin 64mアンテナー鹿島34mアンテナ  
基線長7000km



Crab Pulsar

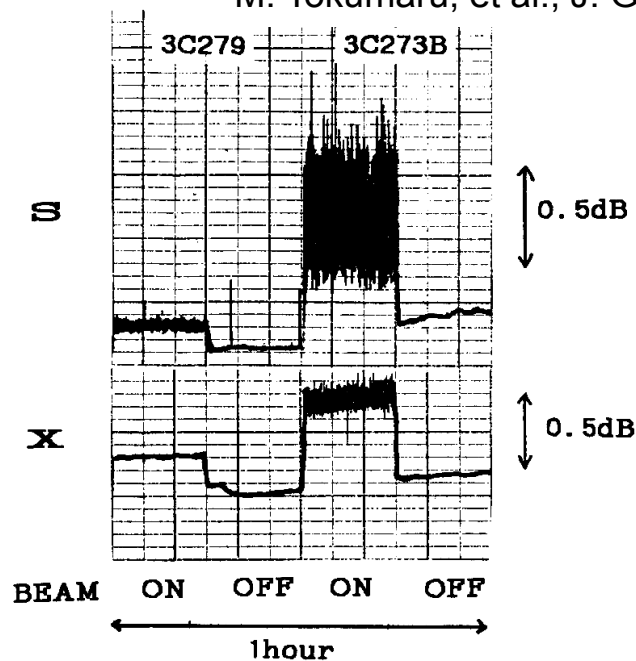
K.Takefujki, et al., PASP(2016)



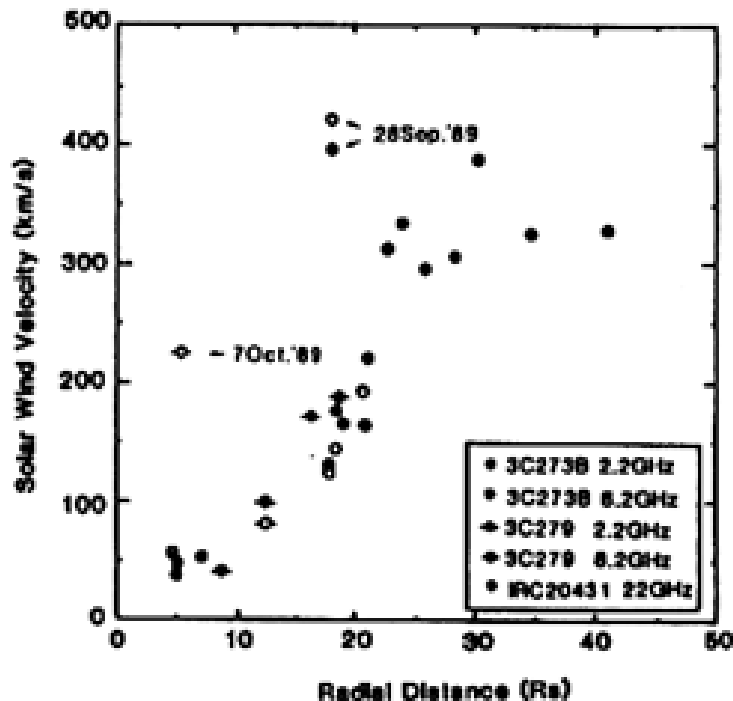


## 惑星間シンチレーションの観測

- M. Tokumaru, et al., J. Geomag. Geoelectr.(1991)
- M. Tokumaru, J. Geomag. Geoelectr., (1994).
- M. Tokumaru, et al., J. Geomag. Geoelectr., (1995)



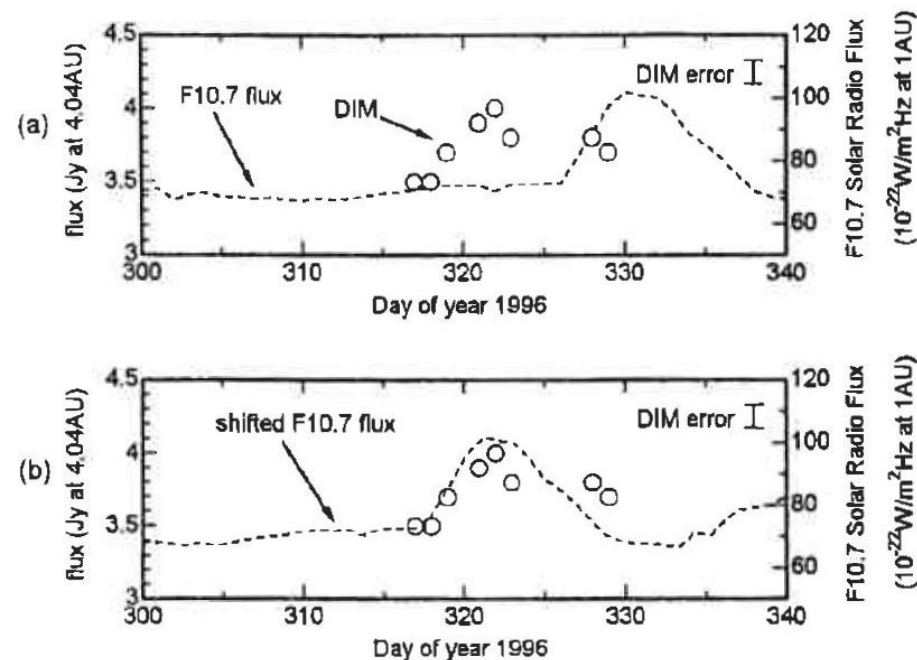
IPS観測例。時間は右から左に進む。受信周波数はSバンド(2GHz)とXバンド(8 GHz)。電波星は準星3C273Bと3C279。図中のON/OFFはそれぞれオンビーム/オフビームを意味する。



IPS観測で求められた太陽風速 (Tokumaru et al., 1991)。20Rs付近に明瞭な太陽風の加速域が認められる

## 木星シンクロトン放射の観測

- Y. Miyoshi, et al., Geophys. Res.Lett. (1999)

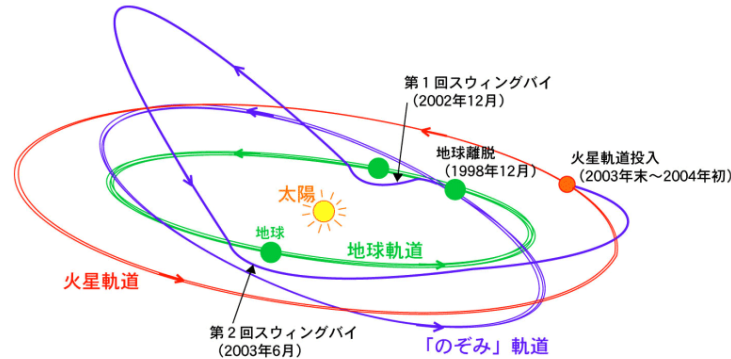


DIM 鹿嶋34mアンテナの観測結果 F10.7 太陽活動度指数。(a): F10.7は地球での値。(b):F10.7の木星での位置にシフトした値。DIMの変動と木星位置でのF10.7と良い相関がみられる。

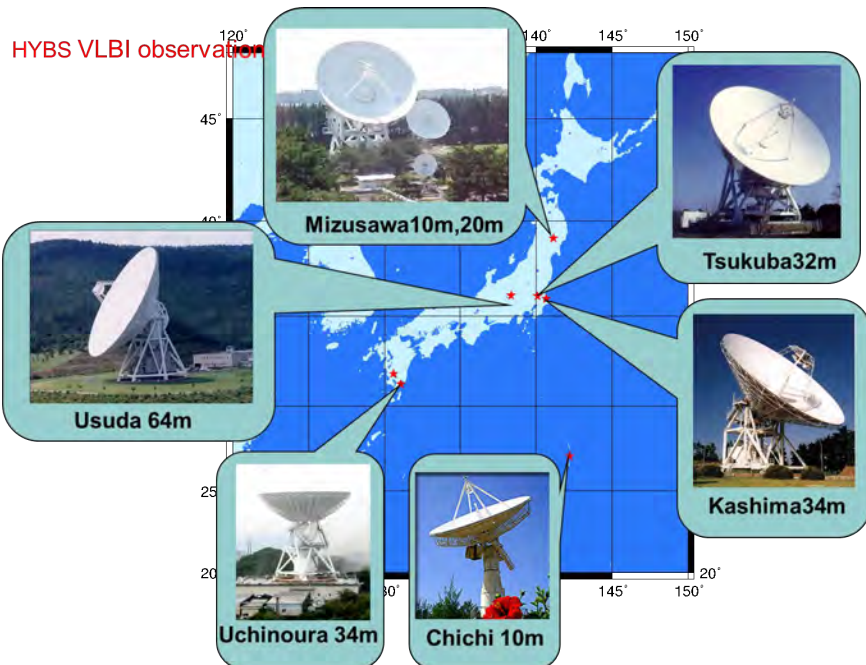
# VLBIによる宇宙飛翔体の軌道決定(ISAS+NICT)



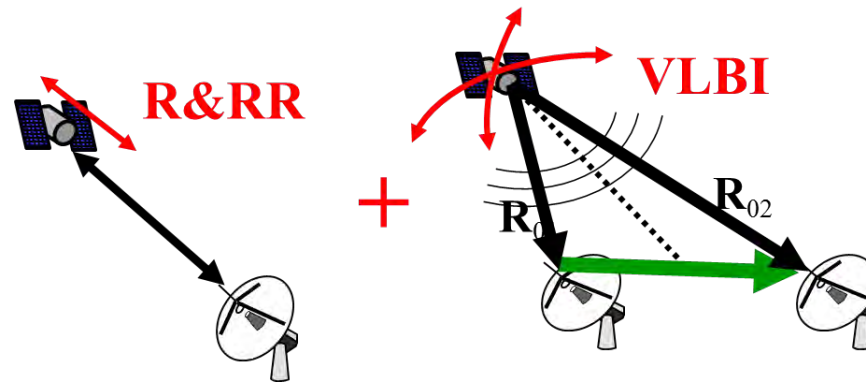
火星探査機のぞみ  
2002-2003年地球スイングバイ



小惑星探査機はやぶさ  
2005年イトカワタッチダウン



飛翔体VLBI観測に参加した国内のVLBI観測網



従来から使われていたR&RR計測にVLBI観測を加えることで探査機の軌道決定精度が改善する。

火星探査機「のぞみ」や小惑星探査機「はやぶさ」のVLBI観測を通じて、軌道決定技術の改善を目的とした。



中島潤一さん(NICT)  
川口則幸さん(NAOJ)  
魚瀬尚郎さん(NTT)  
エレックスさん

鹿島34-臼田64m リアルタイムVLBI  
NTT、天文台、宇宙研、NICTの協力の成果

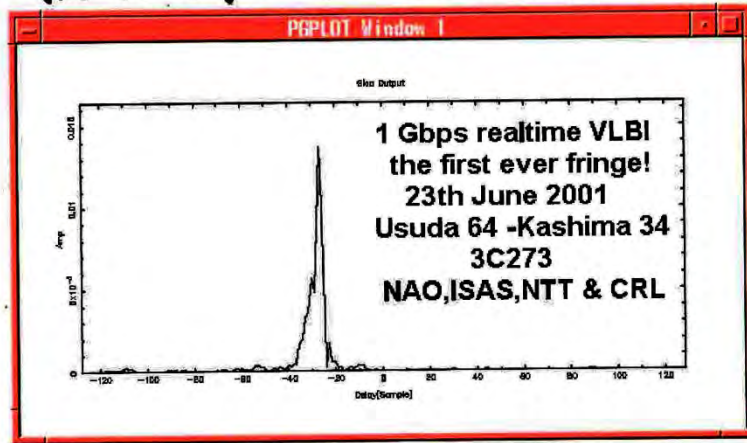
世界初の快挙! お目出度ございます。  
Nori Kameguchi (川口 則幸)

おめでとうございます!  
魚瀬 尚郎  
Hisao Uose, NTT Labs.

加藤 聡 (宇宙研)  
村田 隆志 (宇宙研)  
Y. Murata

小林 文  
Celina & Chirabayashi

祝4bitリアルタイムVLBI成功



おめでとうございます!  
K. Fujisawa (NAOJ)  
藤沢 健夫

Y. Uehara (NAOJ)  
石原 秀樹

川合 栄治  
E. KAWAI

小林 秀行  
H. Kobayashi

岩村 相抄  
S. Iwanura, NTT

石原 秀樹  
Y. Uehara

関戸 衛  
M. Sekido

木村 守孝  
M. Kimura

おめでとうございます!  
中島 潤一  
J. Nakajima, CRL

木内 肇  
H. Kinouchi

祝日本-世界-  
百景 泰造  
T. Toshina, CRL  
山崎 のぶ  
S. Yamazaki, NTT-AT

今後の発展が楽しみです  
井上 仁

大崎 裕生 HIRIO OSAKI





# e-VLBI:リアルタイムVLBI、迅速UT1計測

2009年 国際天文年 リアルタイムVLBIネットワーク観測

鹿島34m  
アンテナ

UT1 Challenge with e-VLBI : June 29, 2004

FTP-Based  
Data Transfer

Kashima  
34m (NICT)

Westford 18m  
(MIT)

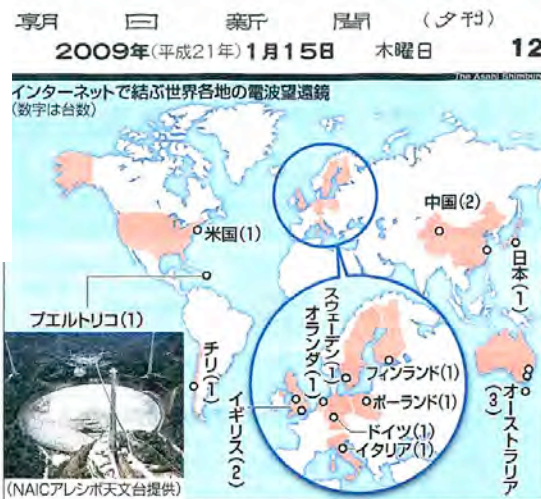
Baseline Length: 9502km

2004年 MIT Haystack観測所とUT1の迅速計測実験. 4時間でUT1の計測に成功



2007年 北欧—日本の間で行った e-VLBIによるUT1観測(30分)  
M.Sekido, et al., EPS(2008)

- 高速ネットワークに適応したVLBIデータ伝送プロトコルを開発。
- 実時間で観測—相関処理を実現する研究。
- 地球の自転角(UT1)を迅速に得る
- 地球規模の仮想電波望遠鏡の合成



## 史上最大級の天体観測

日本を含む世界13カ国・地域にある17の電波望遠鏡を高速インターネットで結び、史上最大規模の仮想望遠鏡をつくらせて天体観測する国際共同実験が15〜16日に実施される。(桜井林太郎)

観測は、欧州VLBI連合研究機構が呼びかけた。世界最大の口径305mの電波望遠鏡アレシボ(フェルトリコ)のほか、欧州各国、米国、中国、オーストラリアなどの電波望遠鏡が参加。日本からは、情報通信研究機構鳥取宇宙技術センター(茨城県鹿嶋市)の口径34mのパラボラアンテナが加わる。

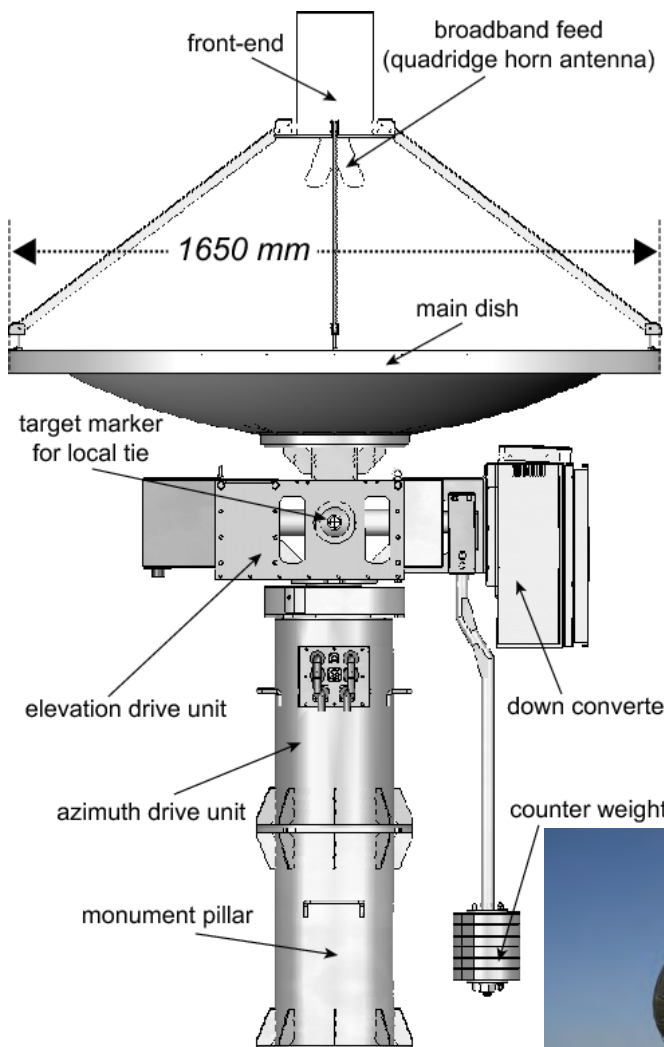
日本時間の15日午後5時から、おひつじ座の方向にあるブラックホールを同時に観測。データはオンラインで処理センターにリアルタイムで送られる。それぞれの望遠鏡が受信した信号を合成することで、高い分解能で電波源の構造を明らかにできる。関口衛・主任研究員は「今後とも国際連携を続け、宇宙初期の銀河の進化過程を解明できれば」と期待する。

実験はガリレオ・ガリレイが400年前に望遠鏡で観測を始めたのを記念し、同じ日程でパリで開かれる「世界天文年2009」の開幕式典の行事の一つ。

ブラックホールへ 17の望遠鏡、ネットでつなぐ

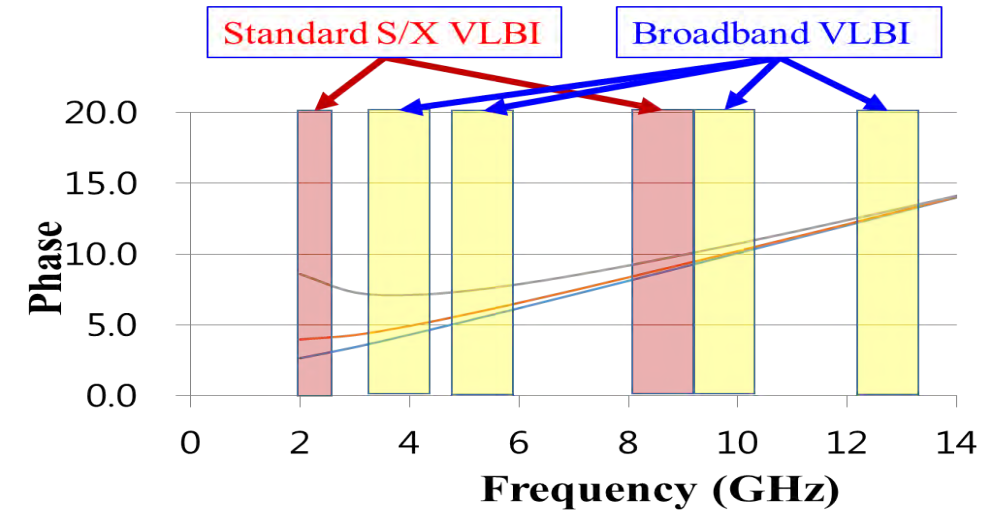


## S/Xバンド同時受信可能な小型VLBI局



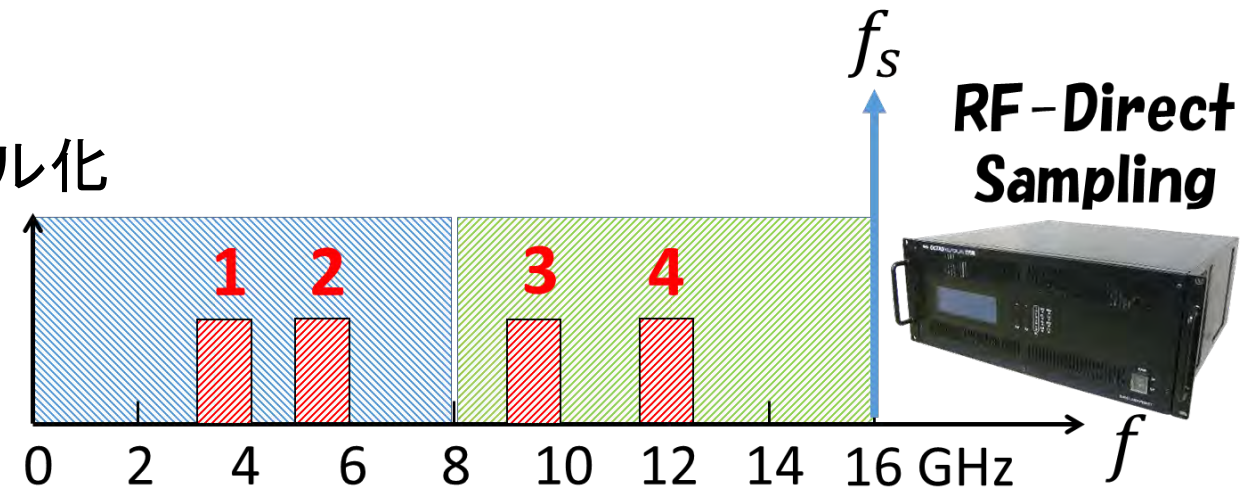
## • Bandwidth Synthesis (BWS)

- 従来の S/X VLBI: 16MHz x 10 ch  
有効帯域幅  $\Delta f_{RMS} = 150 \sim 300 \text{MHz}$
- 広帯域 VLBI, 3-14GHz  
観測周波数: 6.0, 8.5, 10.4, 13.3GHz  
有効帯域幅  $\Delta f_{RMS} = 2.7 \text{GHz}$



## • RF-Direct Sampling

- アナログ周波数変換なし、直接デジタル化
- 位相安定がよい

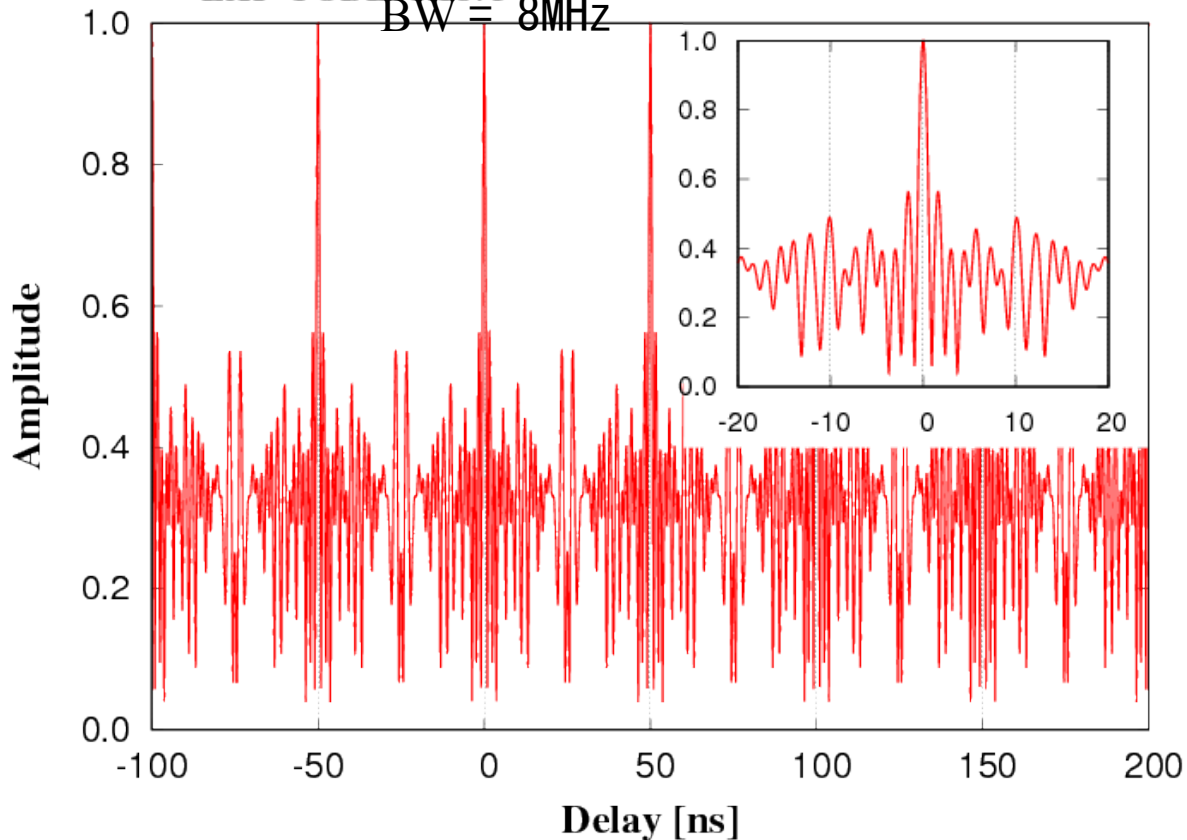
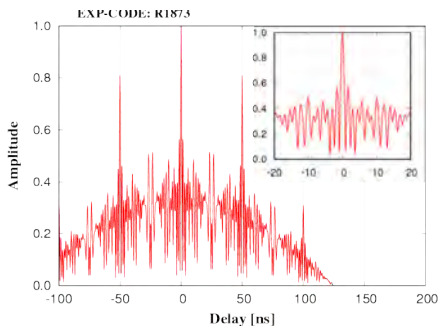




## Standard geodetic VLBI

Freq.= 8212.99, 8252.99, 8352.99,  
8512.99, 8732.99,  
8852.99,  
8912.99, 8932.99 MHz

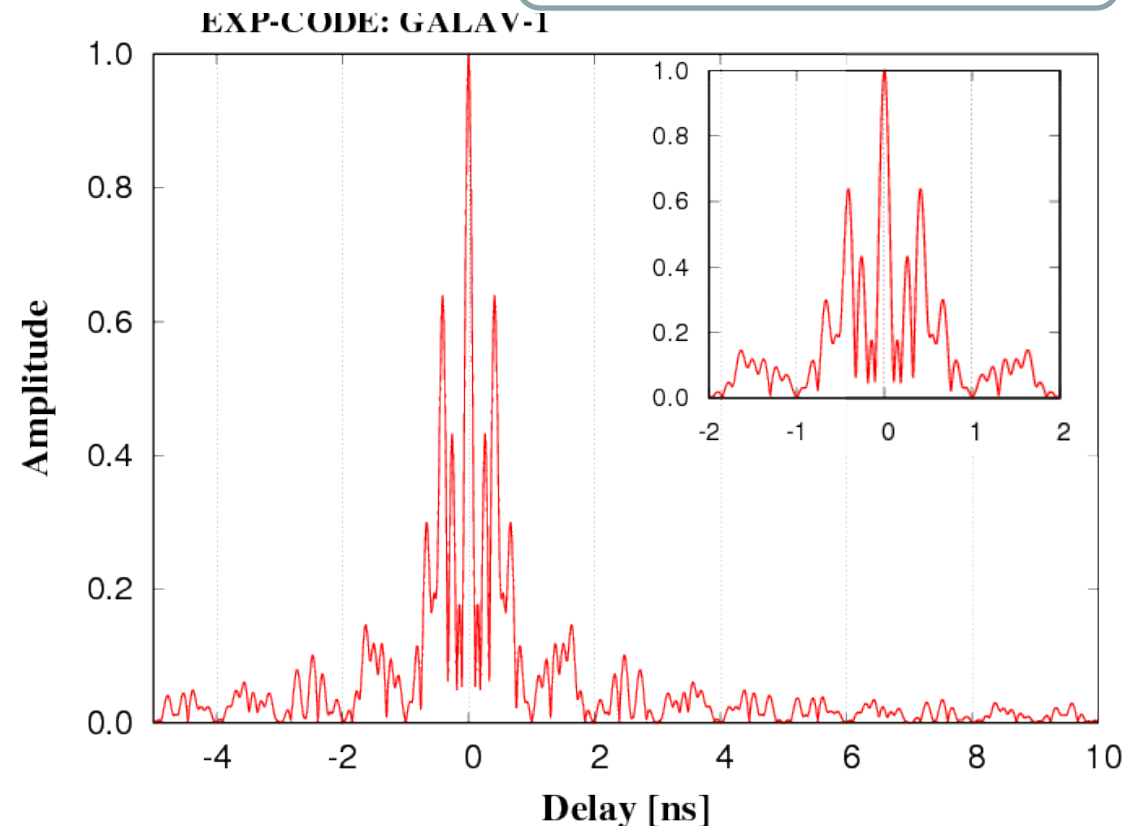
EXP-CODE: R1873  
BW = 8MHz



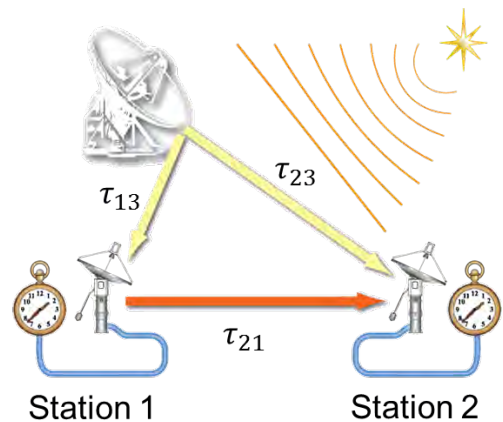
## Broadband VLBI

Freq.= 6000, 8500, 10800, 13300 MHz  
BW= 1024MHz

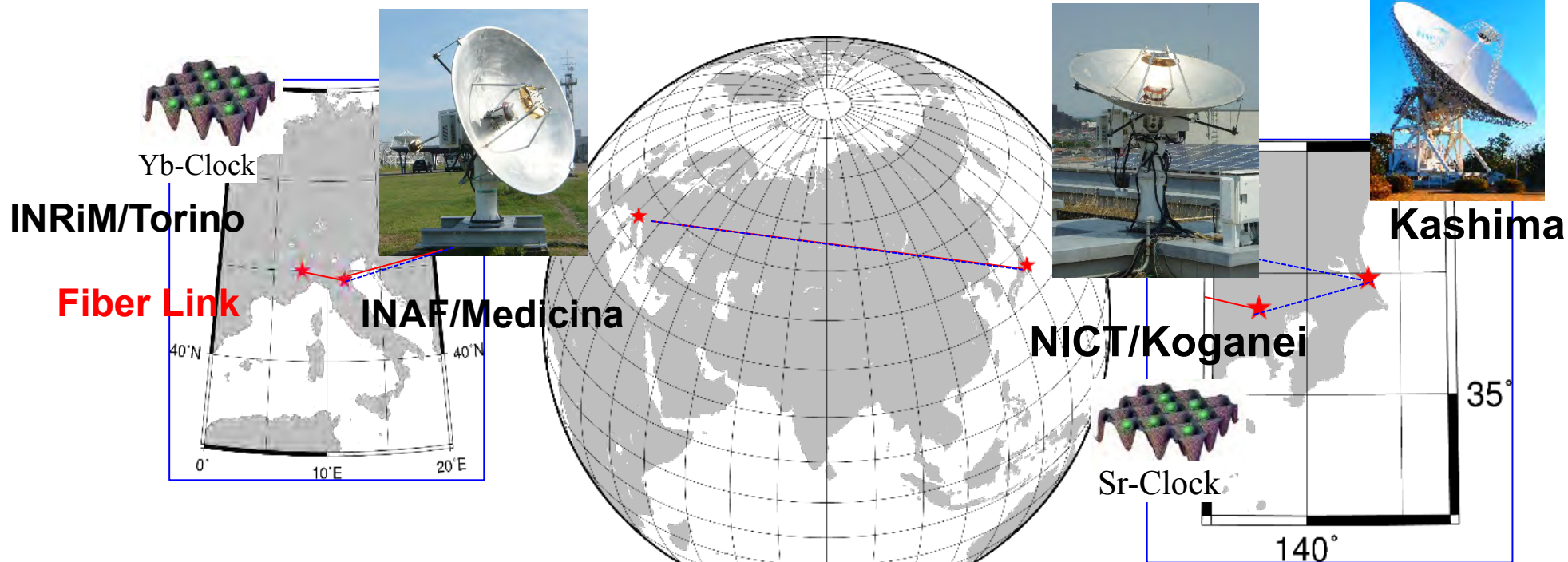
- 10倍高い分解能
- アンビギュイティなし



# 光格子時計の周波数差を精密に比較計測する



- 広帯域(3-14GHz)のVLBIシステムを、鹿島34m、2.4m小型アンテナに搭載
- 光格子時計の周波数比を16桁の精度で計測する。
- Medicina(2.4m) – Kashima34-Koganei(2.4m)のVLBI観測 2018年より開始

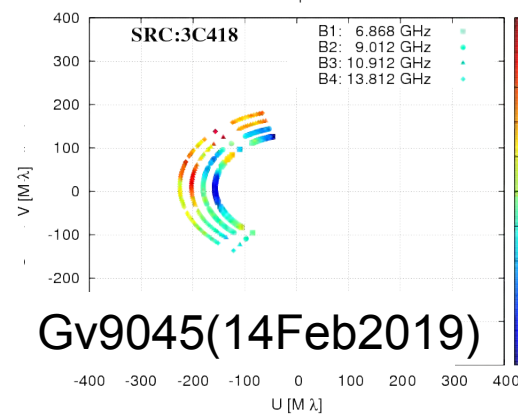
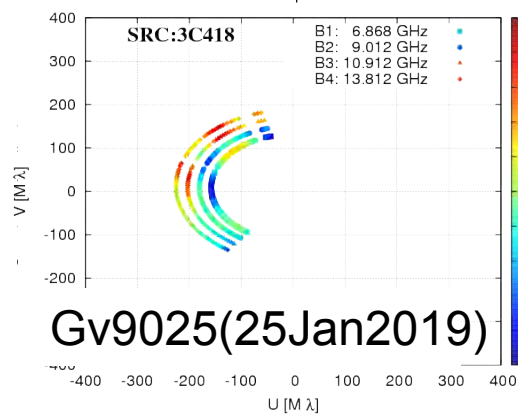
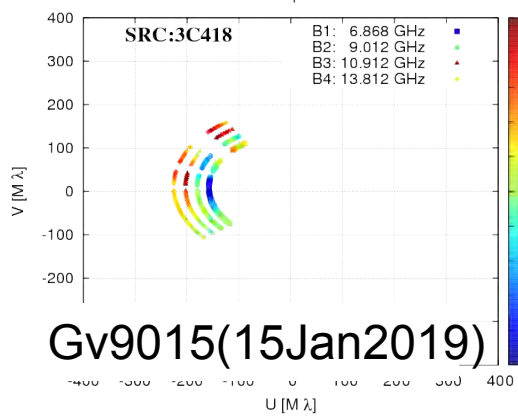
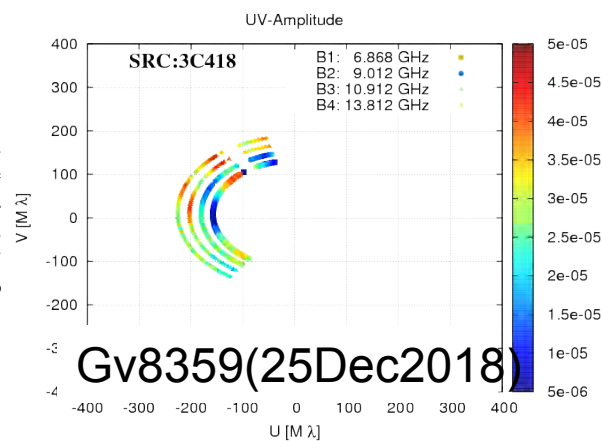
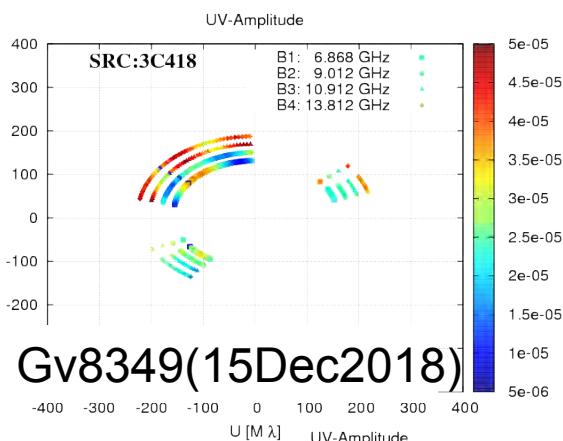
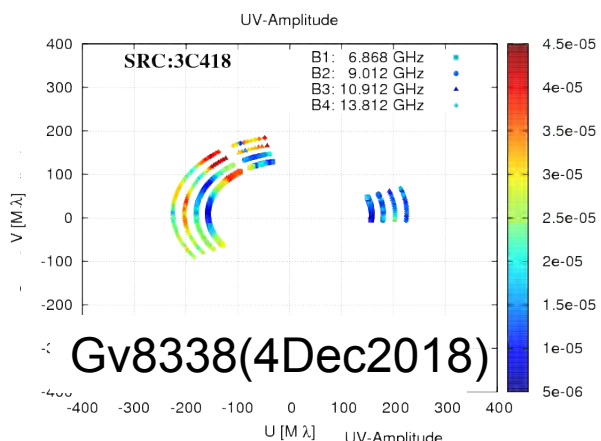
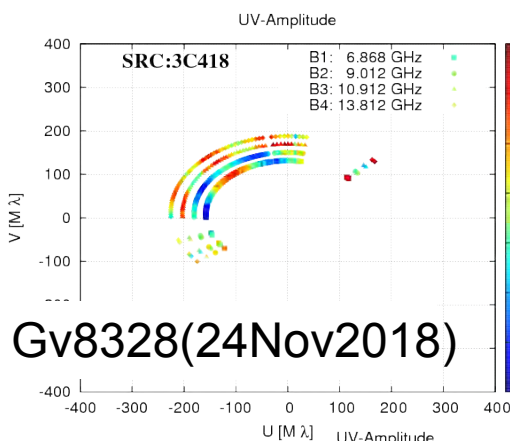
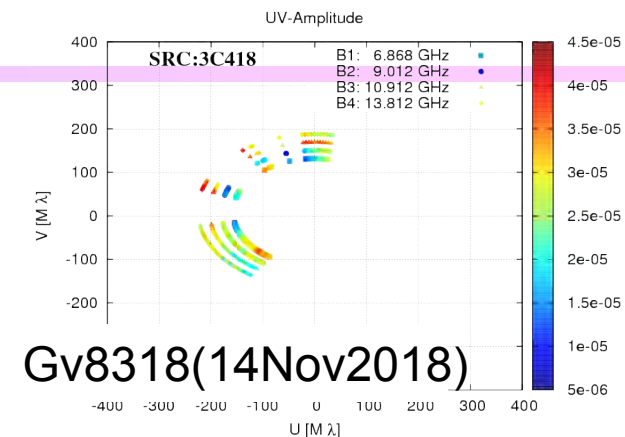
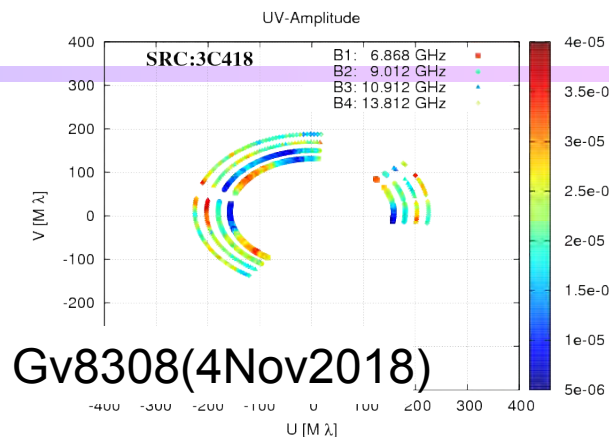
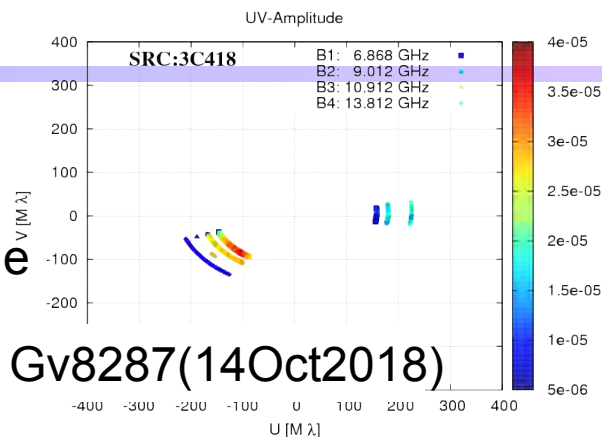


INRiM: National Research Institute of Metrology, Italy  
 INAF/IRA: National Institute for Astrophysics/Institute of Radio Astronomy, Italy  
 NICT: National Institute of Information and Communications Technology, Japan

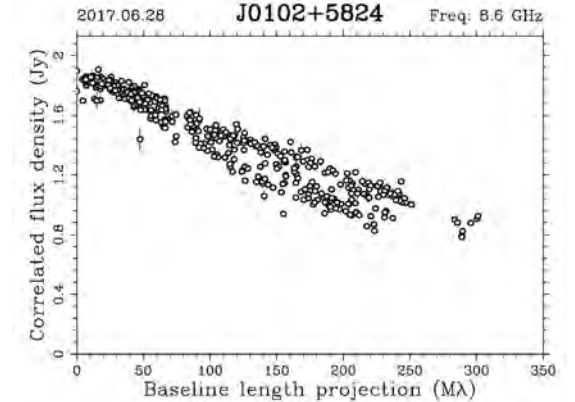
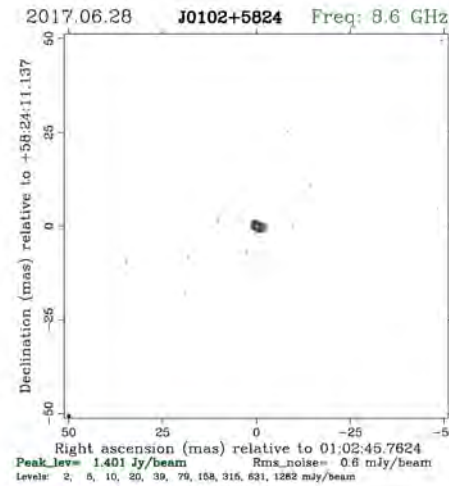
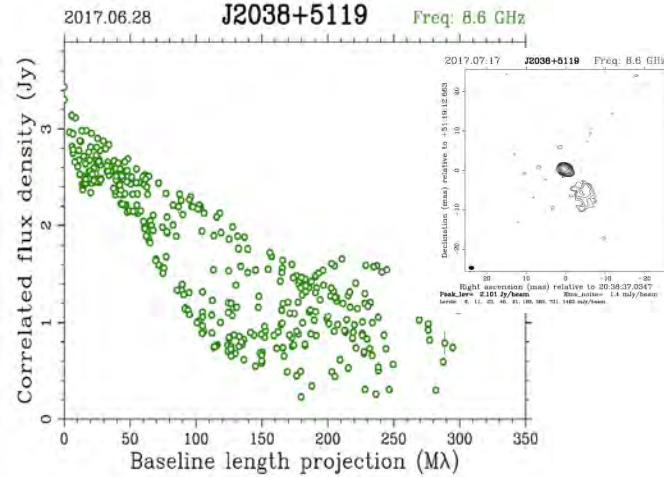
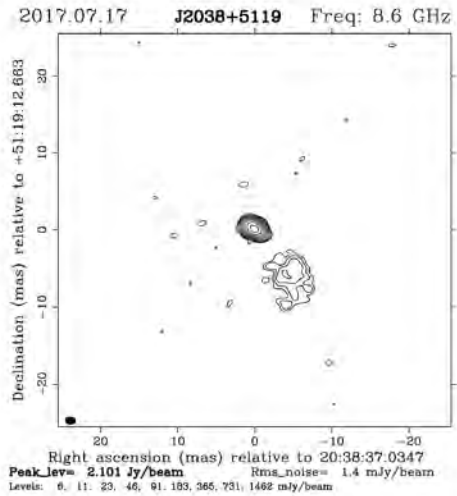


## 3C418

Correlation Amplitude  
On UV-plane

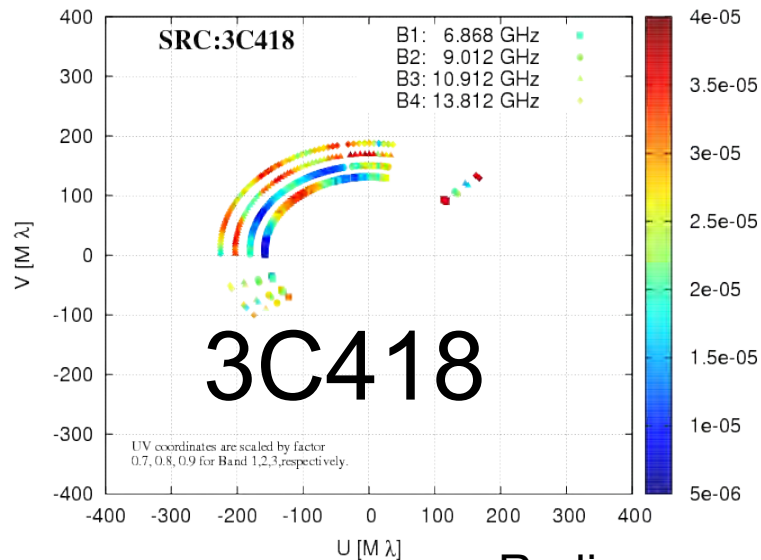


ICRF3 (Defining source)



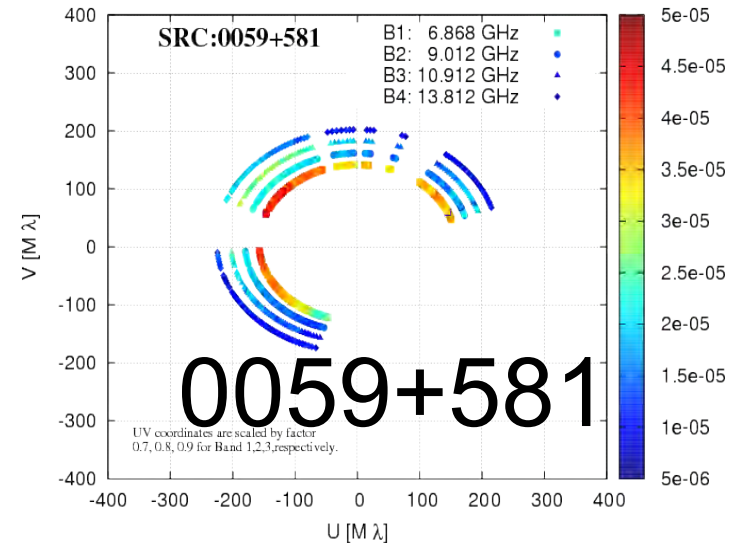
Gv8328(24Nov2018)

UV-Amplitude



... b2019)

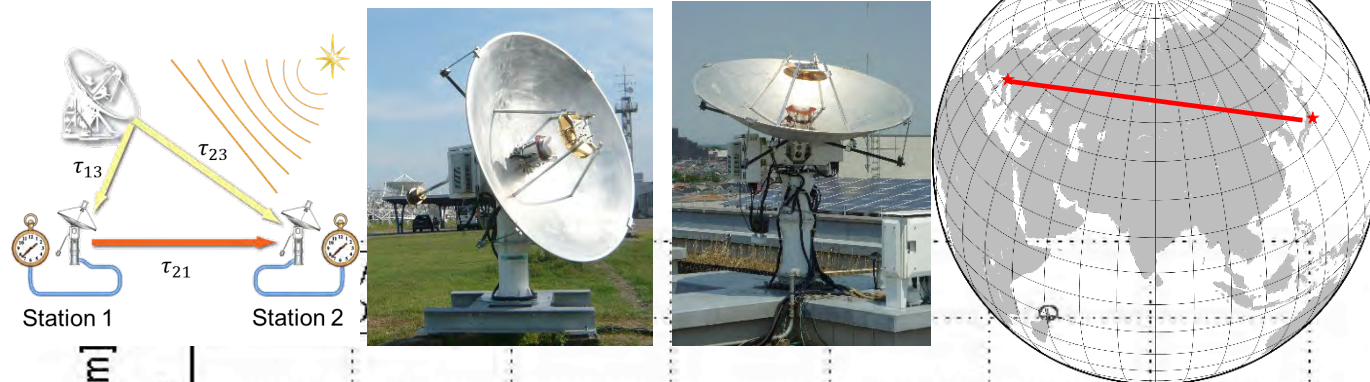
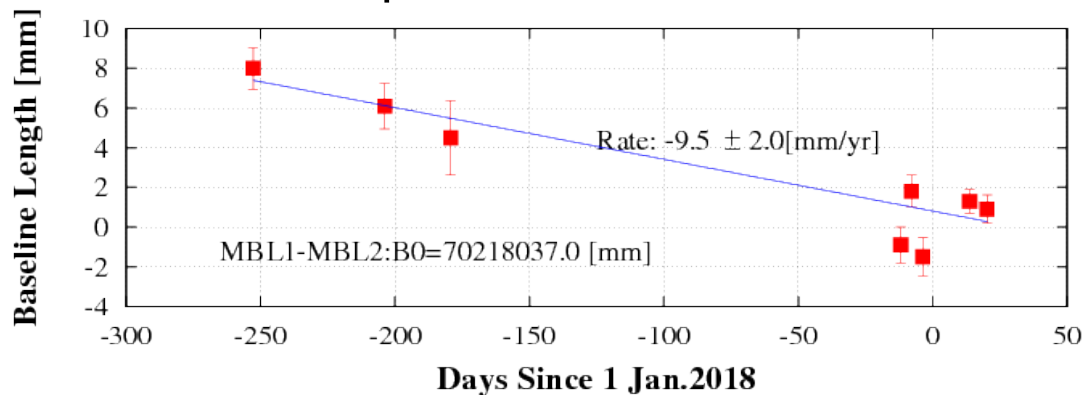
UV-Amplitude



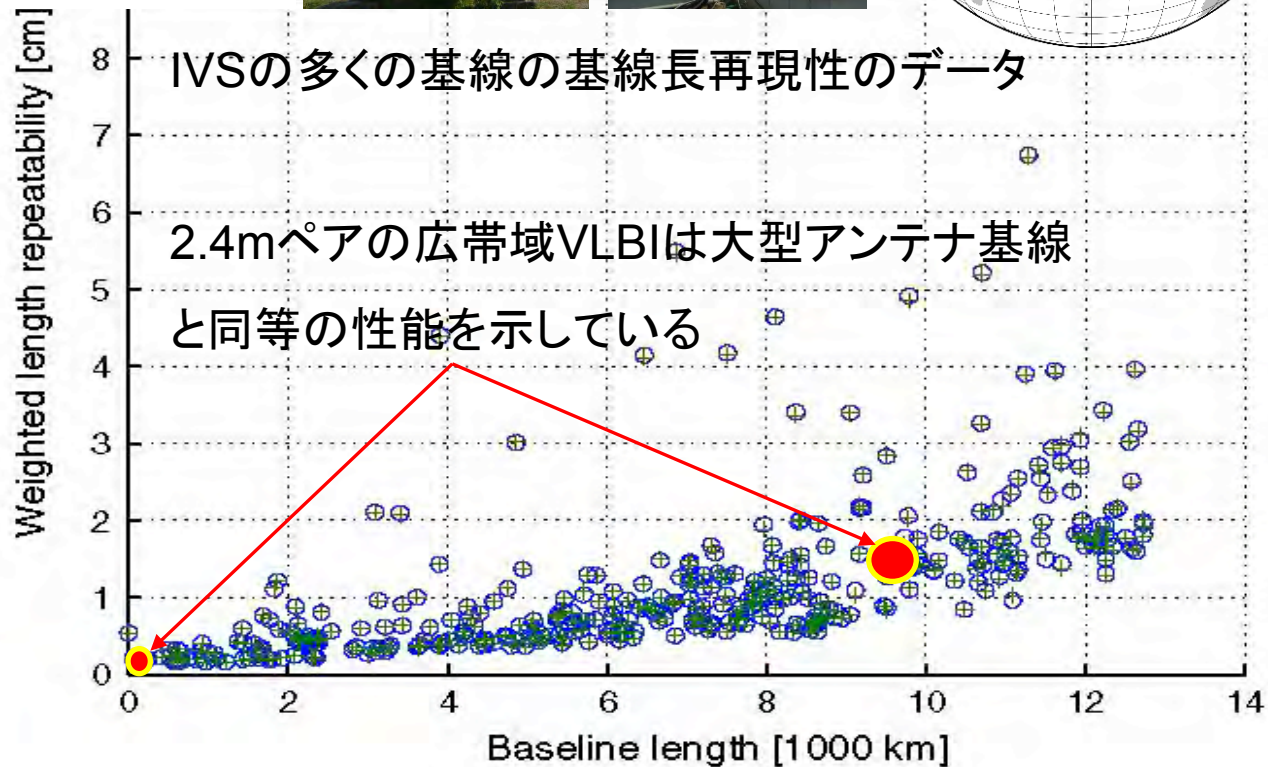
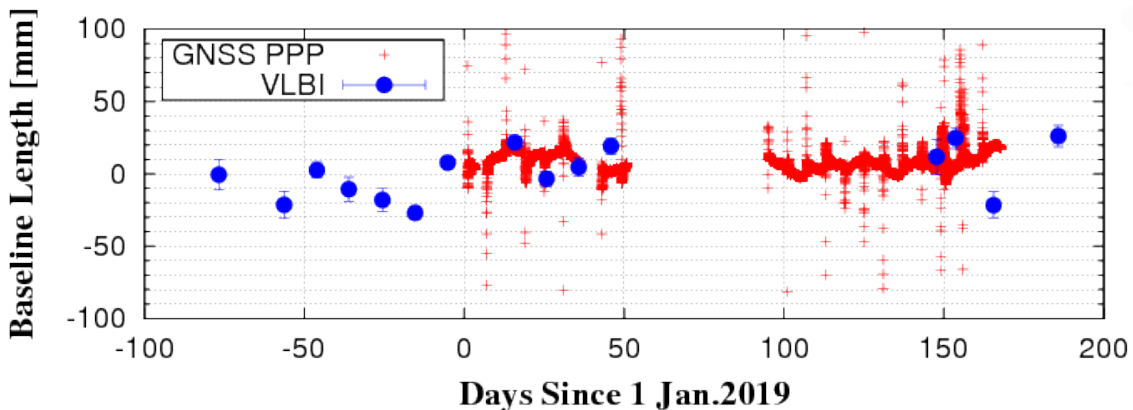
Radio source image is Cited from astrogeo.org image



国内(産総研-小金井) 70km 基線:  
遅延残差: ~10ps、基線長再現性: 1.2 mm

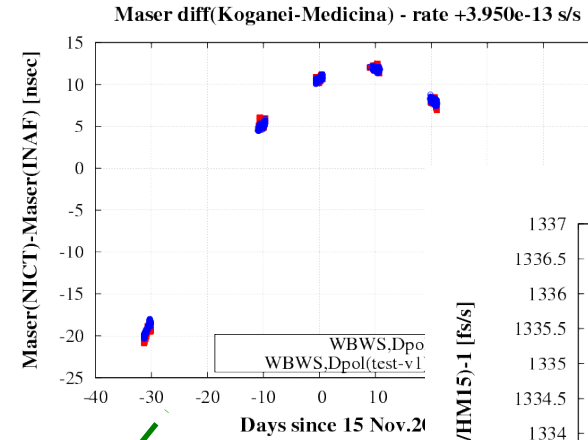
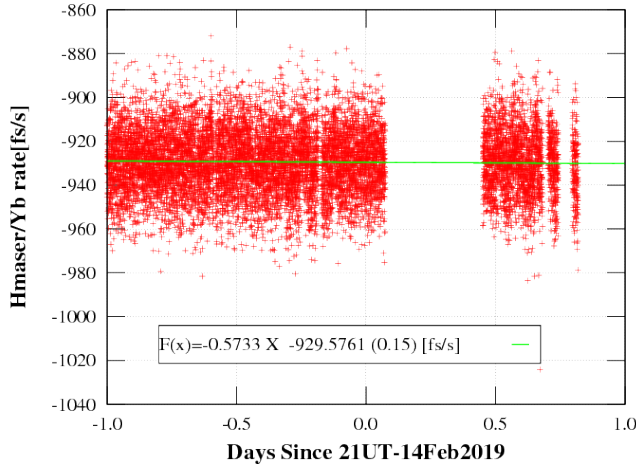


大陸間VLBI (日-伊) 8700km基線  
遅延残差: ~30ps、 基線長再現性: 15mm

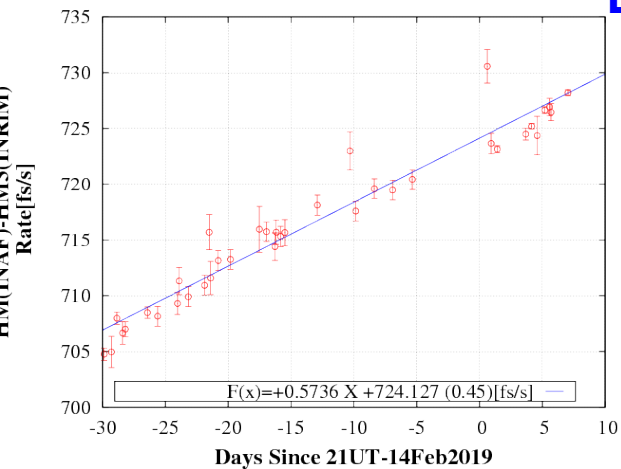
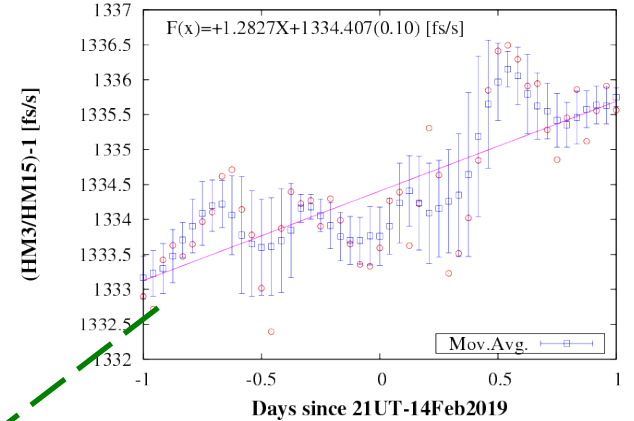


IVSの多くの基線の基線長再現性のデータ  
2.4mペアの広帯域VLBIは大型アンテナ基線  
と同等の性能を示している

複数の水素メーザ (HM) を介して Sr/Yb の周波数比を測定する。



DMTD Frq diff (HM3/HM15) at NICT



Optical Fiber Link

