

GHzバンド幅の 広帯域VLBIへむけて

岳藤一宏、氏原秀樹、関戸衛



← Fig1 鹿島
34mアンテナ。日本3番
目の集光面積があり、
天文学、測地学など多
くの学問の礎となってき
た。

Fig2 →
超小型アンテナ。
鹿島と小金井に2局あ
る。各パーツに分解&
運搬可能である。



Abstract はじめに

測地VLBIの分野では広帯域化がすすめられており、2GHz-14GHzのスペックをもつ“The VLBI2010 Global Observing System (VGOS)”のアンテナ建設がアメリカ、ドイツ、スペイン、日本で進められている。われわれNICT/Kashimaはダイレクトサンプリングシステムや広帯域のLNAや広帯域光伝送装置などの最新技術を駆使して超広帯域化を目指しており、このプロジェクトをGala-Vと名付けた。すでに以下の図にあるように小型アンテナでは広帯域化が実現した。また34mアンテナも既存のCバンドを取り外し、広帯域アンテナの取り付けが進められている。そこで、NICT/Kashimaで開発した広帯域システムについて報告する。

System design

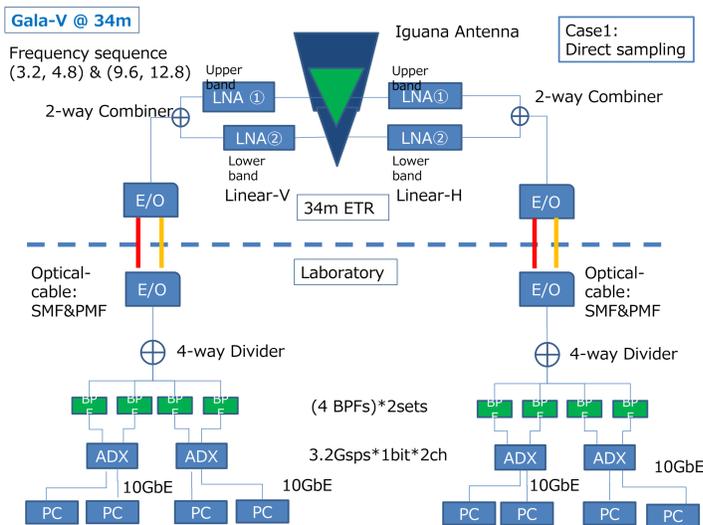


Fig.3 (上↑) 34m広帯域受信システム

フィードは広帯域かつ半値幅が10度程度のシャープネスが必要であり、入れ子の構造を採用した。これをイグアナフィードと名付けた。内側が娘フィードで高い周波数(6.5-15GHz)をカバーし、外側が低周波(2.2-7GHz)をカバーする。フロントエンドは常温であるが雑音指数が0.5-0.9dBの広帯域LNAを装備する。今年末に娘フィードが装着され、6.7GHz&12.2GHzメタノールレーザー天体の同時受信を予定している(現在娘フィードが搭載され試験中である)。超広帯域であるため、例えばスペクトルインデックスを測定しながらのVLBIや、ラインサーベイ、パルサーの精密なディスページョンメジャーの決定と多くの知見が得られるだろう。

Fig.4 (右→) 超小型アンテナの受信システム(通称: Marble) →→

1.5mクラスの超小型アンテナである。小型であるためフリッジを出すために広帯域が必要である。すでに3-15GHzと広帯域化され、34mと測地VLBI実験をおこなわれた。LNA後段に3GHzのHPFが取り付けられている。分解や設置、運搬も簡単で、キャラバン隊としてVLBI未開の地での布教活動が可能である。

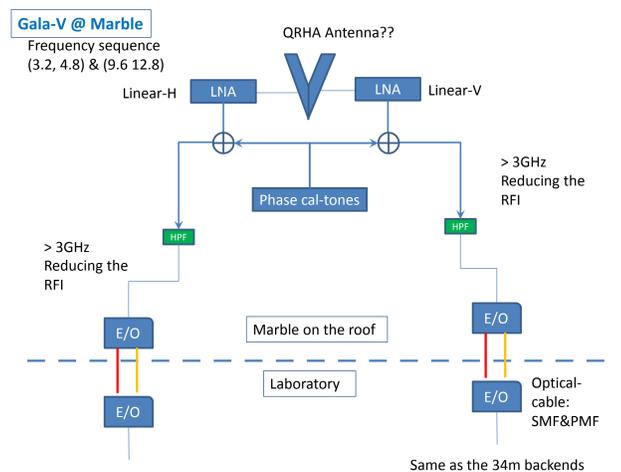


Fig.4 Marble小型アンテナ受信システム

ADS3000+によるデジタルイコライザ

VLBIでは(クロススペクトル)帯域がフラットであると、その逆フーリエ変換であるフリッジはシャープになる。ただ、広帯域になればなるほど、帯域をフラットにすることが難しい。アナログのイコライザやイコライザアンプなども全て性能が固定されている。そこで任意に調整できるデジタルイコライザを開発した!

ADS3000+のFIRフィルタ機能
2Gsps*8bitでサンプルされるデータでリアルタイムにFIRを実現している
FIRは任意の63個の係数をロードできる
2Gspsデータは内部で間引かれて、1Gsps,512Msps,256Mspsの出力ができる
DBBCとの併用は今のところできず、FPGAをダウンロードする必要がある

デジタルイコライザ性能評価VLBI実験
Kashima11m-Koganei11mのXバンド
1024MHz*2bitでサンプリング。
PLO周波数が80MHz異なるため、400MHzちよつとが有効帯域
デジタルイコライザを交互にきりかえつつ、4C39.25を10秒スキャン
相関処理はGICO3でおこなった。相関係数は規格化

Try	Coef	SNR
on	1	0.110 84.1
	2	0.111 89.3
	3	0.112 90.0
average		0.111 87.8
off	1	0.105 79.7
	2	0.105 80.2
	3	0.105 78.9
average		0.105 79.6
on/off		1.058 1.103

バンド特性の改善で、
相関係数6%、
SNRで10%向上!!

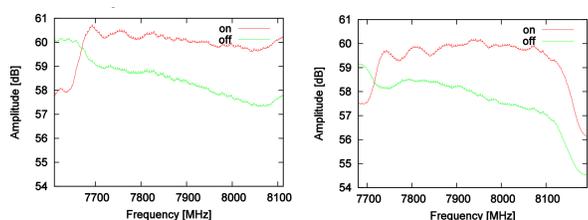


図. デジタルイコライザ適応結果
(左: 小金井11m, 右: 鹿島11m)

Sampler: ダイレクトサンプラ、光伝送



Fig.5

←Fig.5 ダイレクトサンプラGalas

エレックス工業のダイレクトサンプラである。内部は2つの方法でサンプリングされる。一つは16GHzでサンプルされ、その後、デジタルベースバンドコンバーターで任意の1GHz帯域を切り出すことができる。20GHzまで約6dB落ちで感度があり(Fig.6)ジッタ計測でも20GHzまで余裕をもって受信できることがわかった

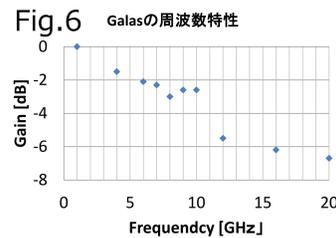


Fig.6 Galasの周波数特性

Fig.7 高精度光伝送装置
東陽テクニカ(住友大阪セメント)

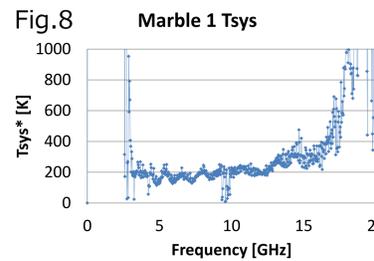


Fig.8 Marble 1 Tsys

←Fig.8 高精度光伝送装置と実現できた3-18GHzのシステム温度計測
LNA出力のほどのレベルで1-18GHzの帯域をダウンコンせず一気に伝送することができる。そのため、3-18GHzの計測が一度に実現できた(Fig.9)。