

超広帯域VLBI観測システムの開発 Gala-Vの進捗状況

NICT 岳藤、鹿島VLBIチーム

名物



- 鹿島アントラーズ練習場



ここから徒歩で！

名物

- 鹿島神宮



鹿島神宮

大鳥居竣工祭

六月一日(日)

午前十二時齋行

9:30 ~ 10:30 復興イベント
11:00 ~ 12:00 竣工祭
12:00 ~ 13:00 餅撒き3万個
13:00 ~ 15:00 復興イベント

交通規制(9:00 ~ 16:00)

御影石製としては日本一の大きさを誇った旧大鳥居。東日本大震災により壊れ、破損してしまいました。その様多くの氏子・崇敬者から篤志をいただき、境内の残木を、約2年半もの歳月をかけて加工した新しい大鳥居ついに竣工致します。

形式 鹿島鳥居形 高さ 10.2m 幅 14.6m

ここからバスで！

茨城県の名物

- アンコウ鍋



10-3月のシーズンにお越しください

知ってますか？ アンコウの雄

- 手のひらサイズ



小型アンテナをつかったVLBI時刻比較



1.5m compact antenna



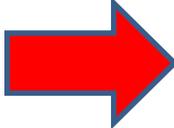
Kashima 34m antenna

- アンテナの口径が小さい
- SNRが小さい
- 観測できる天体が少ない
- VLBIできない

はじめに

- 広帯域化の各種問題
- 個々の問題解決

感度向上をめざすなら

1. 冷却化（そんなにお金もない）
2. 大型化（大きくしても2m程度くらい？）
3. フィードの感度増強（氏原さん）
4. 広帯域化  今日のテーマ

広帯域化の問題

- ① データ量が大きいので相関処理も大変
- ② $SNR \propto \sqrt{BT}$ (この帯域Bが、くせ者)
- ③ 帯域拡大：周波数配列やその中のRFIをどうにかせんと

①大変な相関処理

現状：2Gbps*1ch

ホップ：2Gbps*4ch？

ステップ：3.2Gbps*4ch？？

ジャンプ：12.8Gbps*1ch？？？

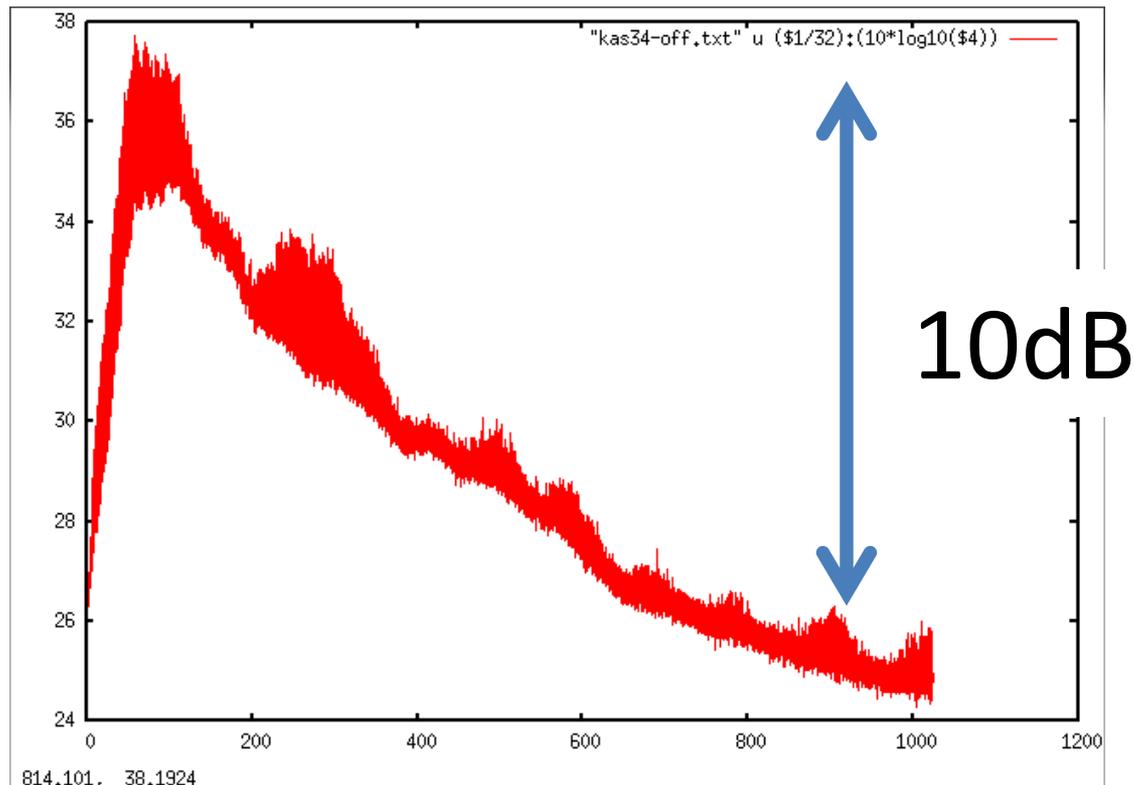
GICO3の相関処理を速くする工夫

- 基準周波数を合わせる
- 多基線データを同時に処理する
- FFT長はキャッシュにのっかるだけ
- 並列化処理



$$\textcircled{2} \text{SNR} \propto \sqrt{BT}$$

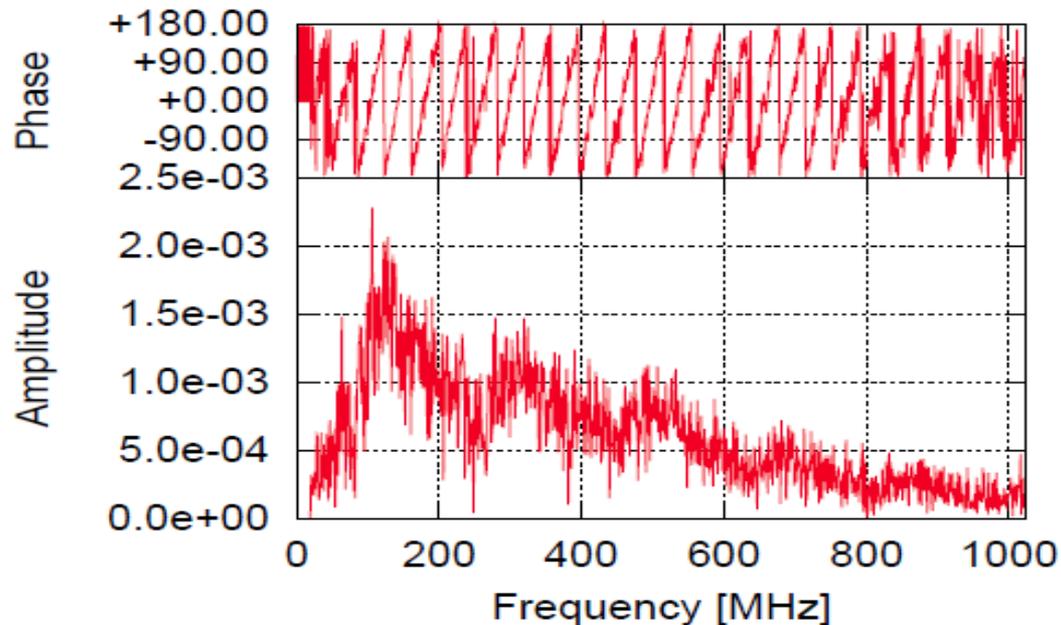
- この数式をそのまま信じてはいけません



34m-Xband BW: 1GHz

$$\textcircled{2} \text{SNR} \propto \sqrt{BT}$$

- すべての帯域Bがフラットであることが必要！
- VLBIは1 – 2 bitなので問題ない？



Kas34-MBL1:クロススペクトル

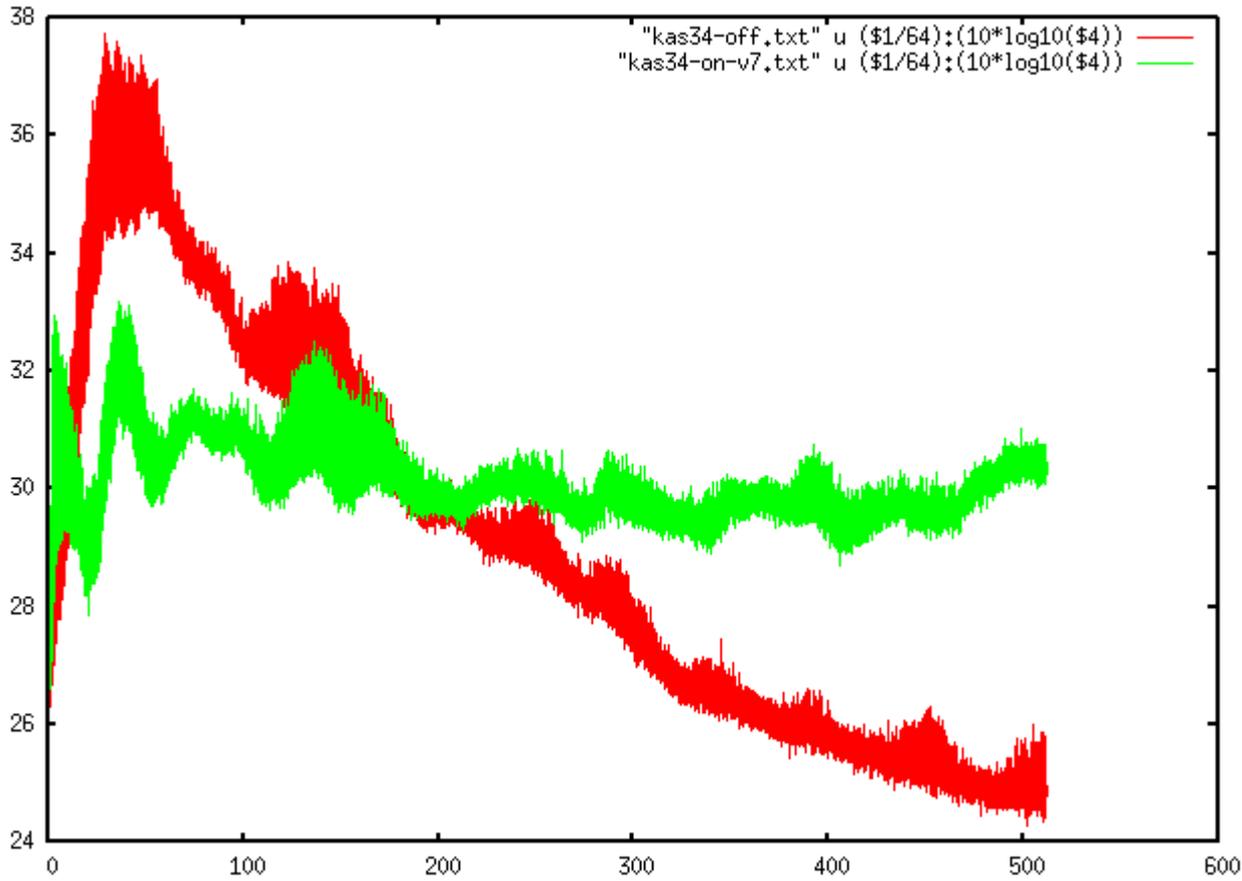
たとえば1bitサンプリングでも問題です！！

デジタルイコライザの開発

- ADS3000+に実装
- 8bitサンプリング
- 再サンプリング前にデジタルフィルタで処理

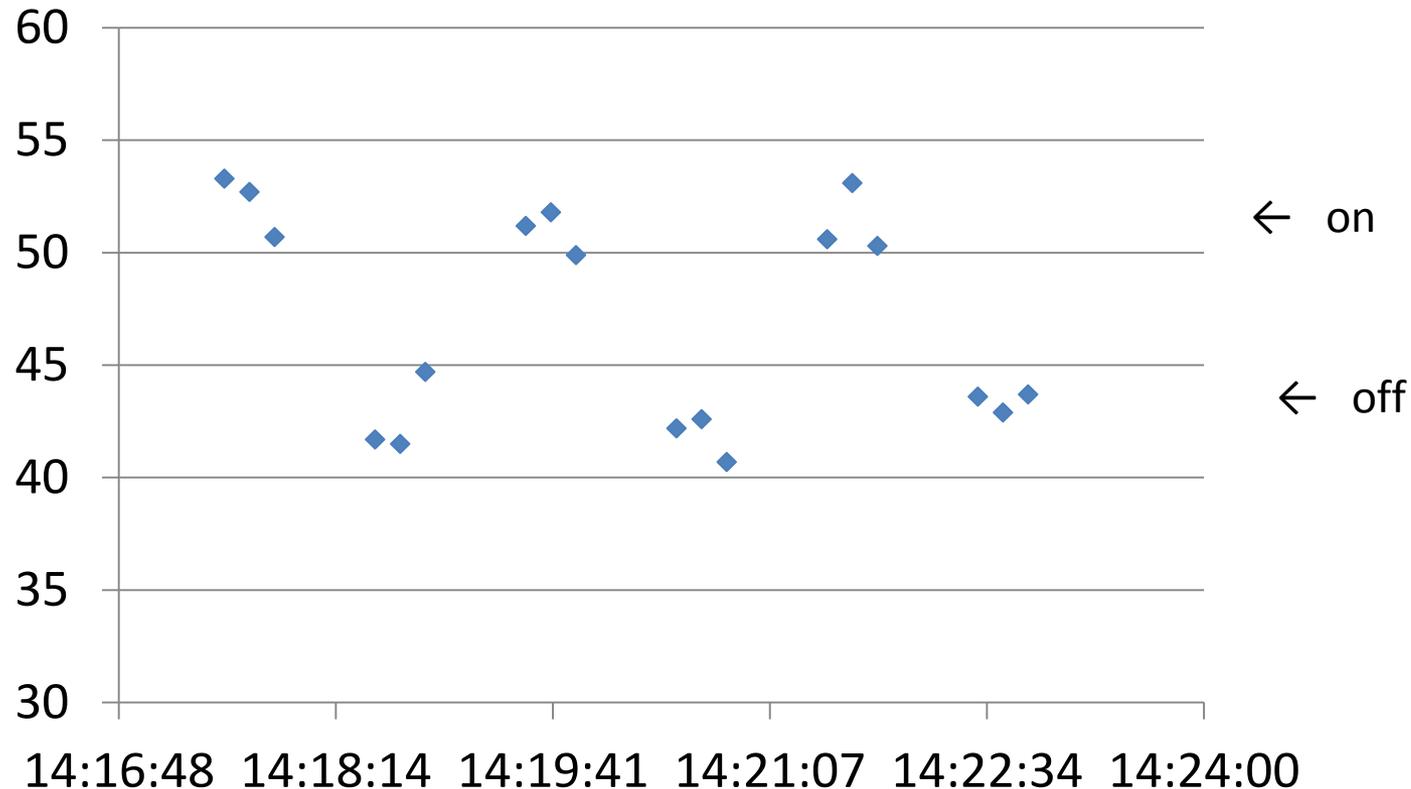


デジタルイコライザのon-off



平坦性を確保。若干の振動はタップ数の少なさに起因

オンオフでSNR比較



SNRが約20%向上。
帯域の寄与は2乗で、
44%帯域が広がったことに相当

クロススペクトル

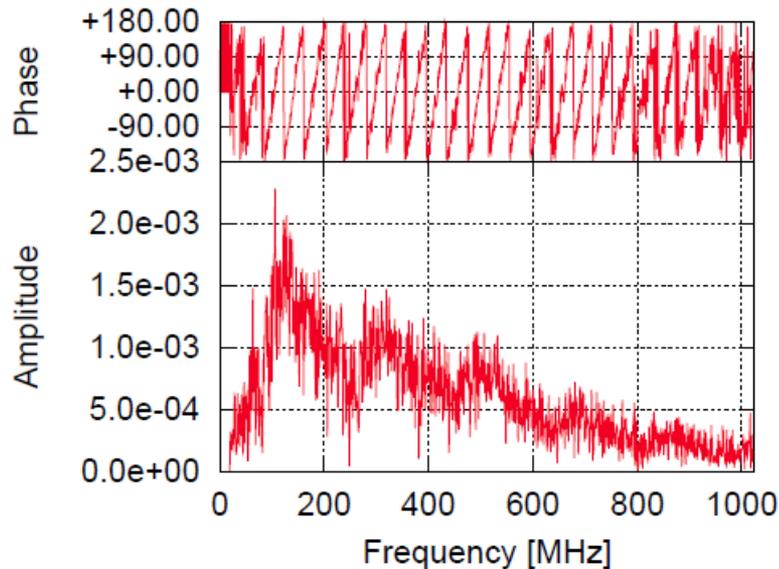


図: デジタルイコライザoff
34mのバンクカーラの形に似ていることから影響が大きいことが分かる。

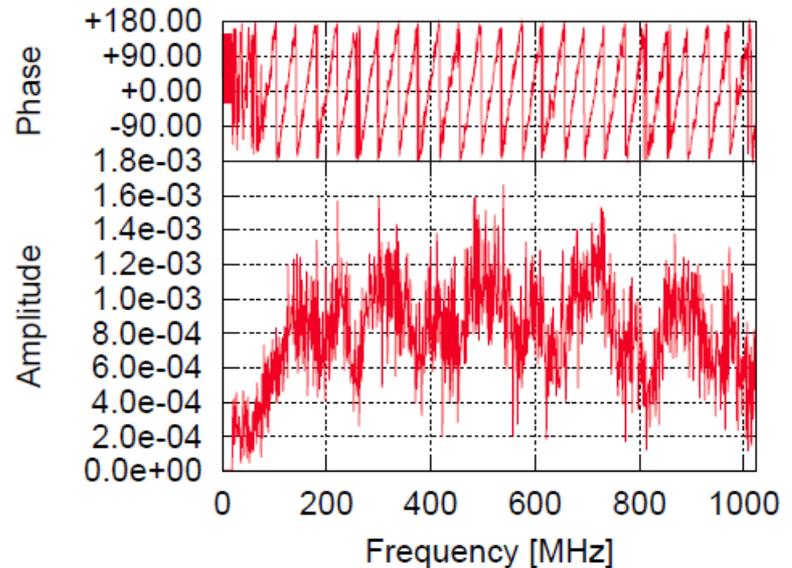
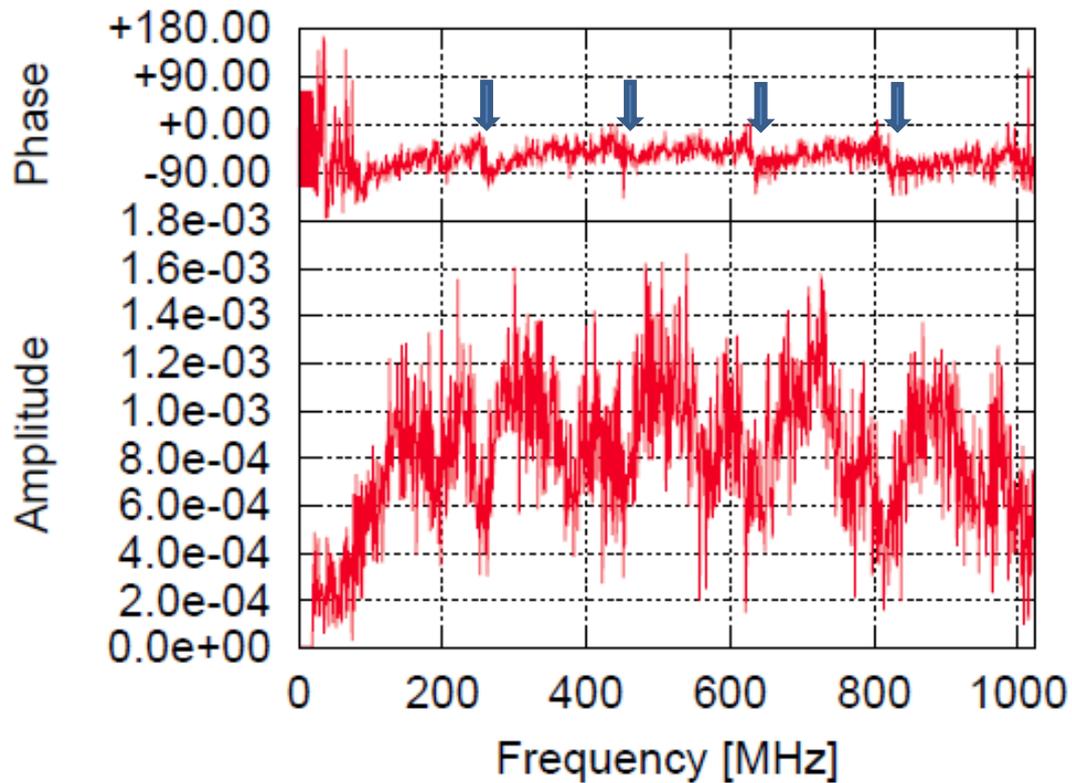


図: デジタルイコライザon
34mのバンクカーラが平坦になったことで、クロススペクトルも平坦になった。

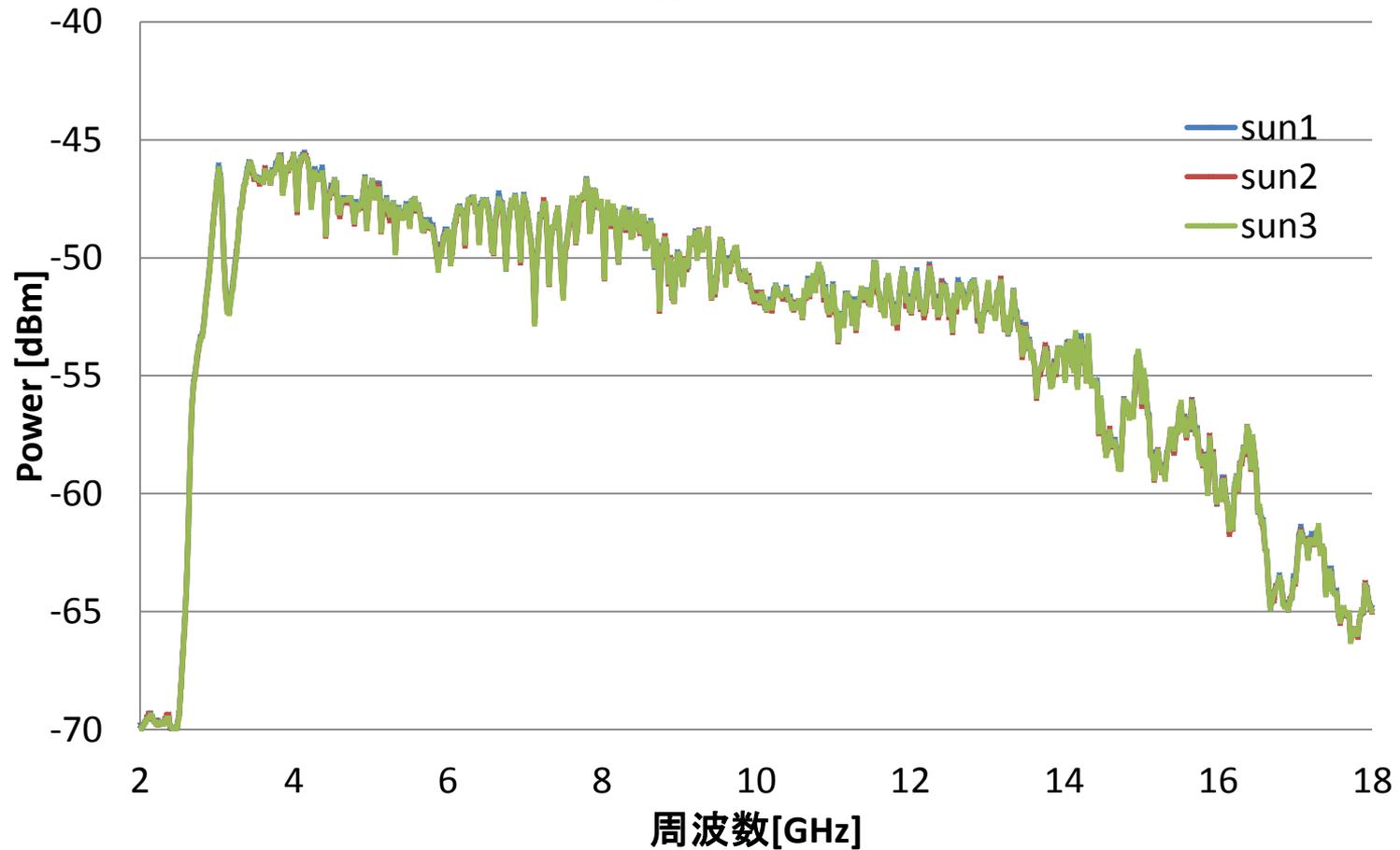
クロススペクトルになぞのジャンプ



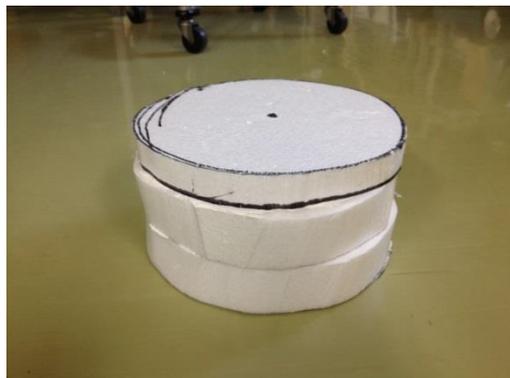
ジャンプがあると積分で不利

Marbleアンテナに定在波

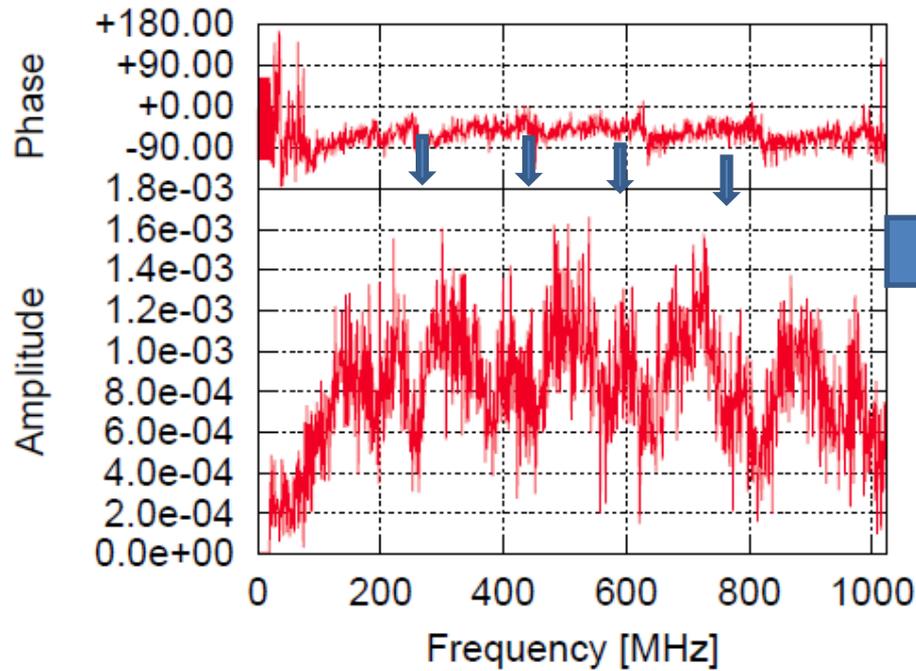
MBL1:太陽に向けたとき



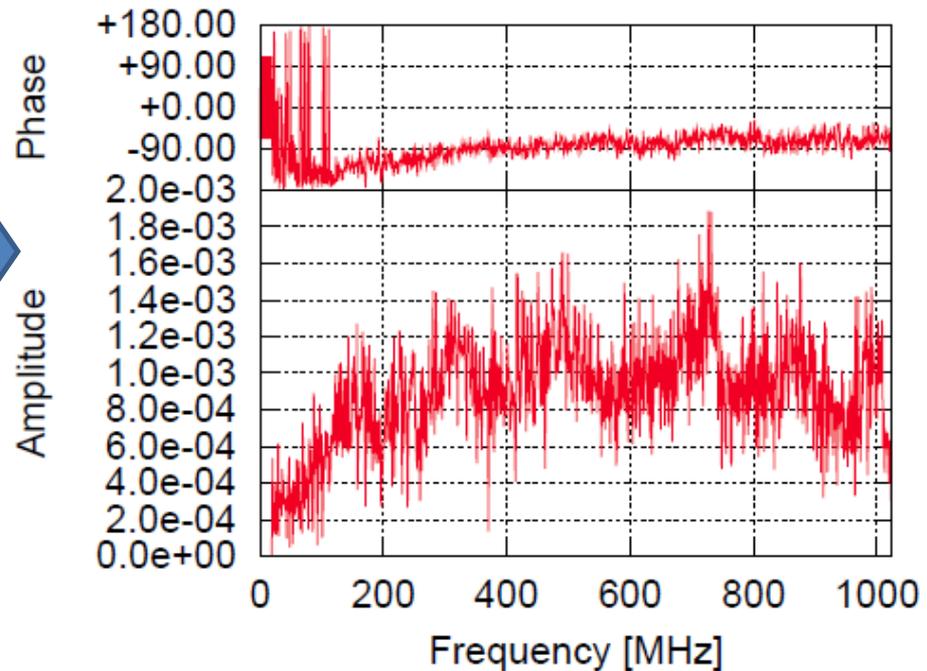
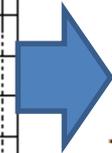
乱反射を作成



ジャンプが消えて感度増



Before



After

③帯域拡大：周波数配列やRFI

スーパーバンド幅合成の周波数配列

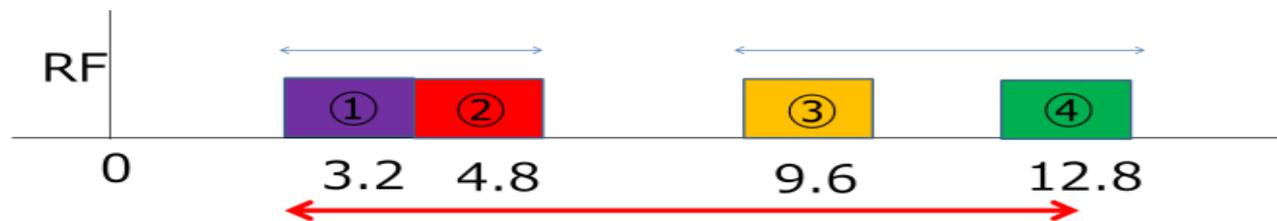
- 条件

RFIを避けつつ、実現可能性のある受信システムで、4つの周波数帯域をとる。これを合成してサイドローブレベルが低く、シャープな遅延分解関数を得られる配列は？

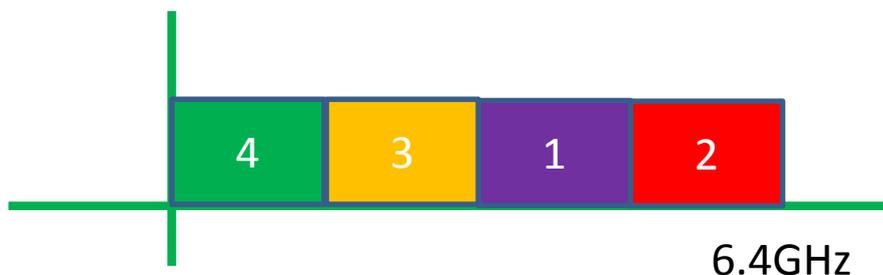
答え

3GHz-4.6GHz-9.4GHz-12.6GHz の周波数配列
(有効帯域幅: 3815.76MHzで現状の10倍)
(周波数配列が1:3:2のゼロ冗長配列)

この周波数配列の利点



12.8GHzサンプリング



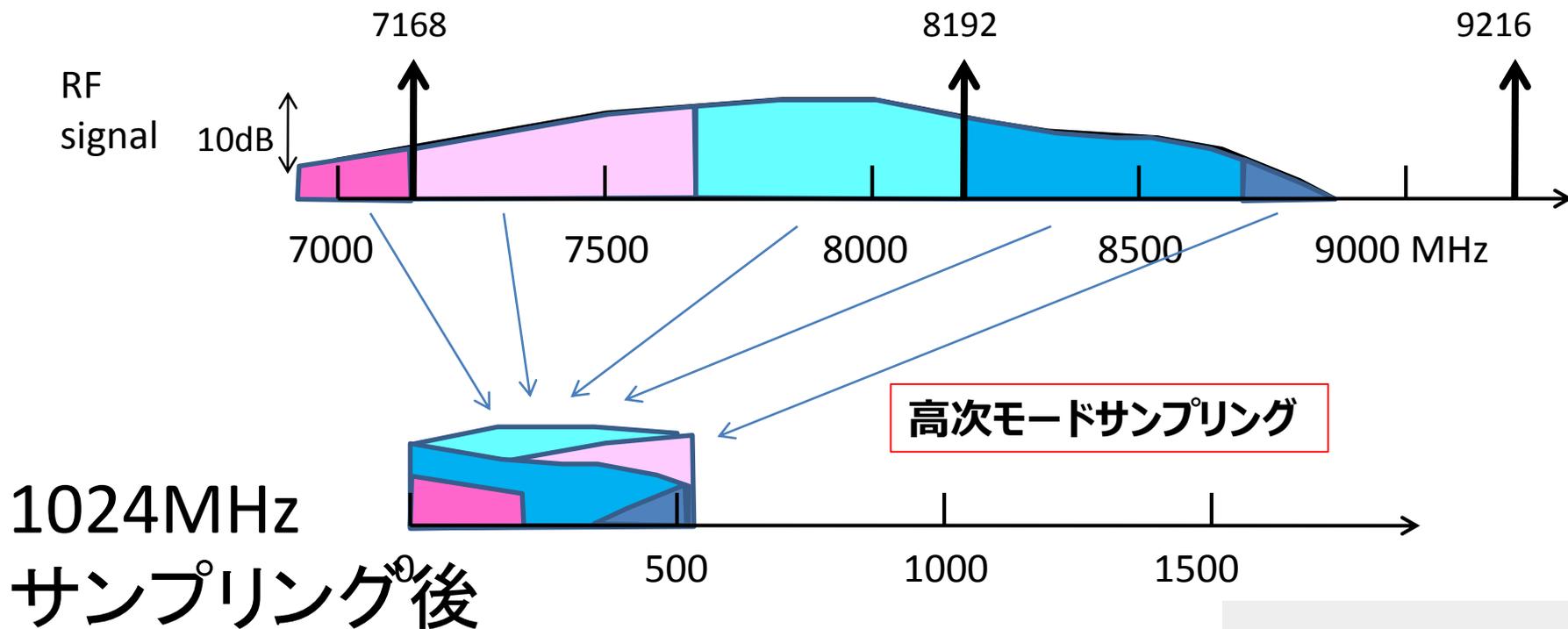
3.2GHzサンプリング



- 12.8GHz: 4つの周波数配列（フィルター後）はナイキストゾーンに収まる
- 3.2GHz: ひとつのバンド内に収まる

ダイレクトサンプリング実験 (Kas11-Tkb32)

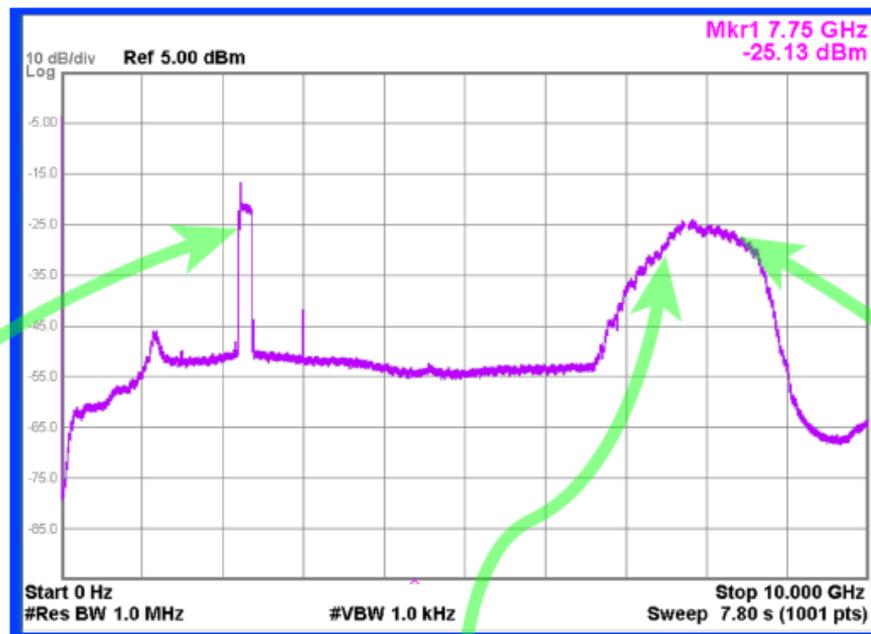
Takefuji et al 2012



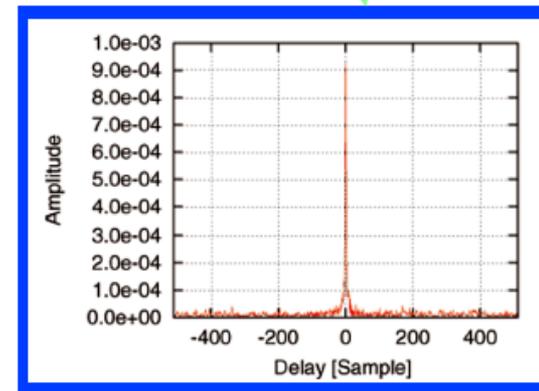
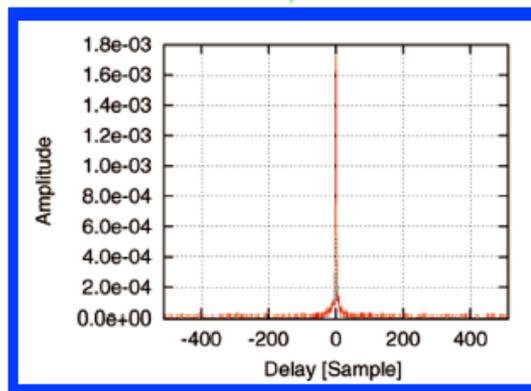
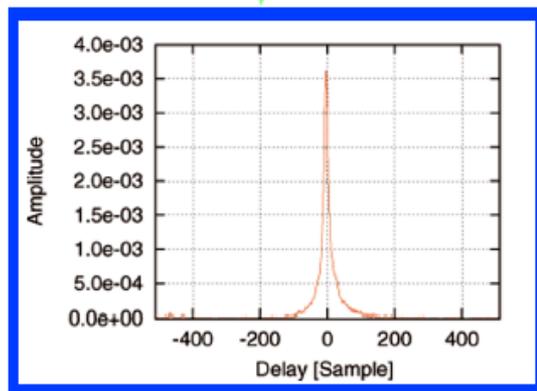
By Elecs



DSAMS (S+Xバンド) フリンジ検出!

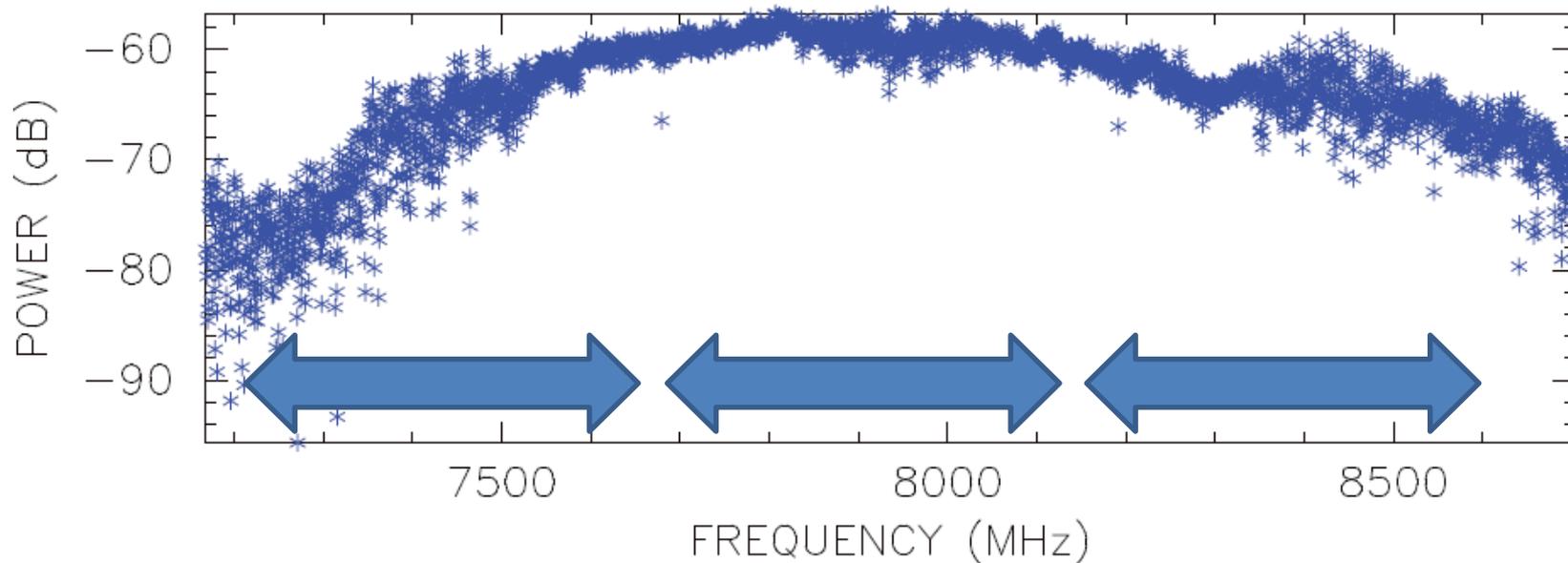


S+X Band character
@ Kashima 11m



Xバンドのスーパーバンド幅合成

VIDEO CROSS SPECTRUM RF= 7168.0 MHz (POWER)



VIDEO CROSS SPECTRUM RF= 7168.0 MHz (PHASE)

3つの512MHz帯域を合成できた
スーパーバンド幅合成のヒントに！

まとめ

- こまかな問題（バンドのダイナミックレンジ、定在波）も適宜解決している
- DSAMS実験を応用して、超広帯域VLBIに向け邁進中。