



# VERAデジタルフィルタの 周波数抑圧特性

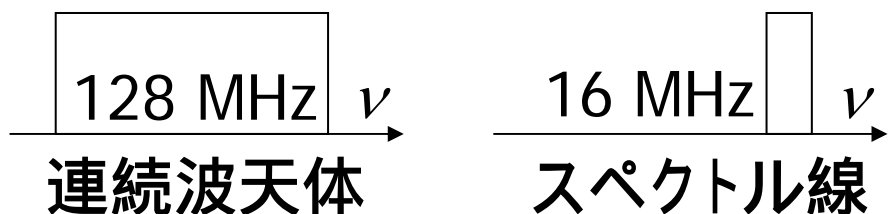
---

2004年11月8-9日  
VERA ユーザーズミーティング

倉山 智春 (東京大)

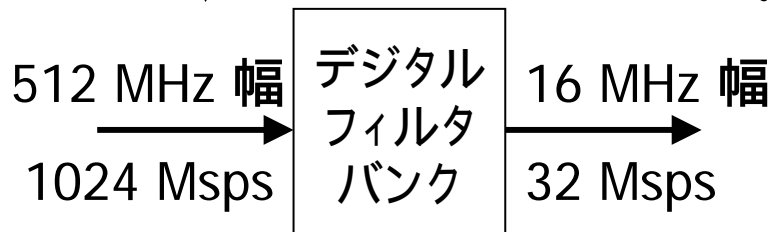
# デジタルフィルタバンクの特長

- さまざまな観測モード (周波数幅) への切り替えが容易。

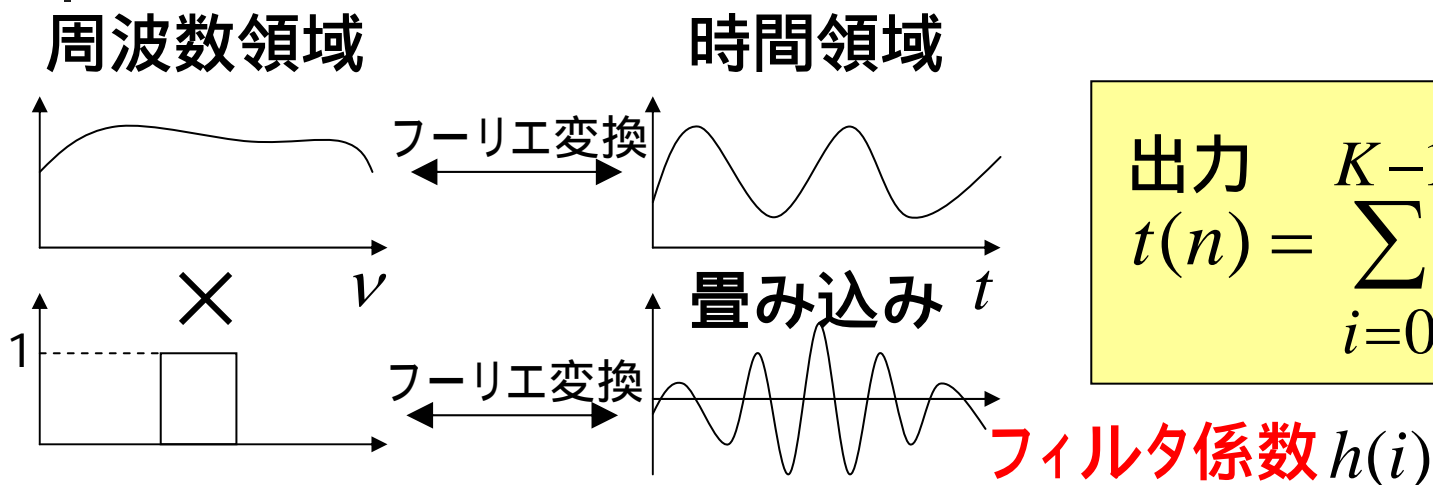


- 高次モードサンプリングと組み合わせれば、サンプリング過程の雑音を軽減。(井口、川口2002)

- 周波数帯の切り出しがシャープで、振幅・位相の特性がフラット。
- 環境の変化や機器間での特性の変化がない。
- 後段の相関処理部の処理速度を低下させることで、高分解能を実現。

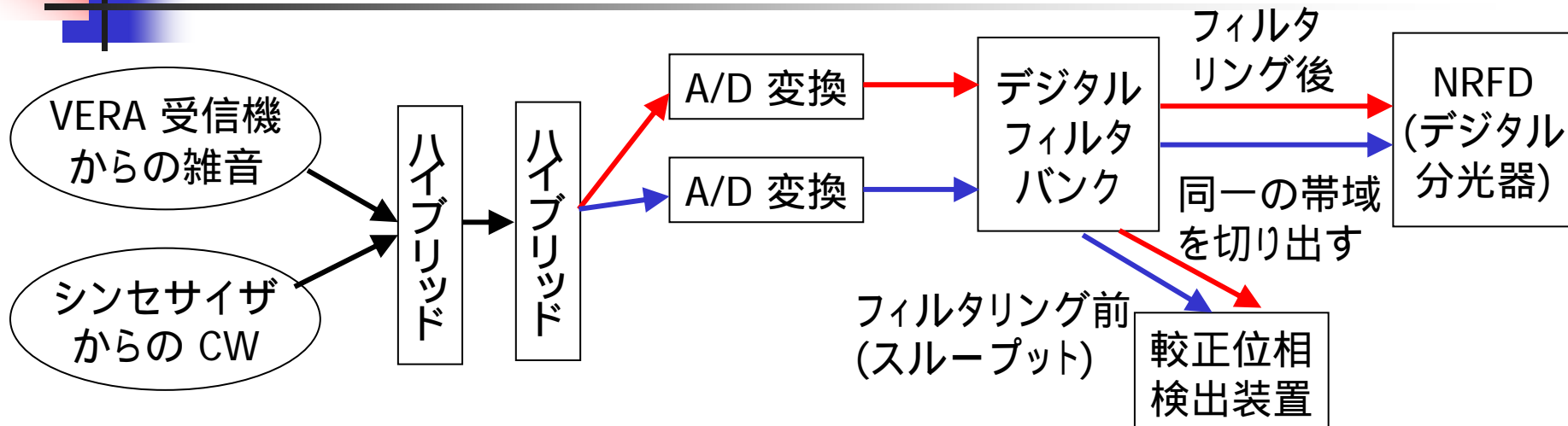


# デジタルフィルタバンクの原理



- しかし、実際の機器内の計算では
  - タップ長 ( $K$ ) は有限である (1024)。
  - フィルタ係数  $h(i)$  のビット長も有限である (13 ビット)。
  - 入出力データ ( $s$  と  $t$ ) は 4 レベルに量子化されている。  
(出力は 2 レベルも可能)
- 抑圧特性を実測し、これらの影響を調べた。

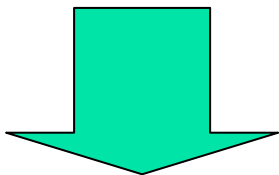
# 抑圧特性の測定方法



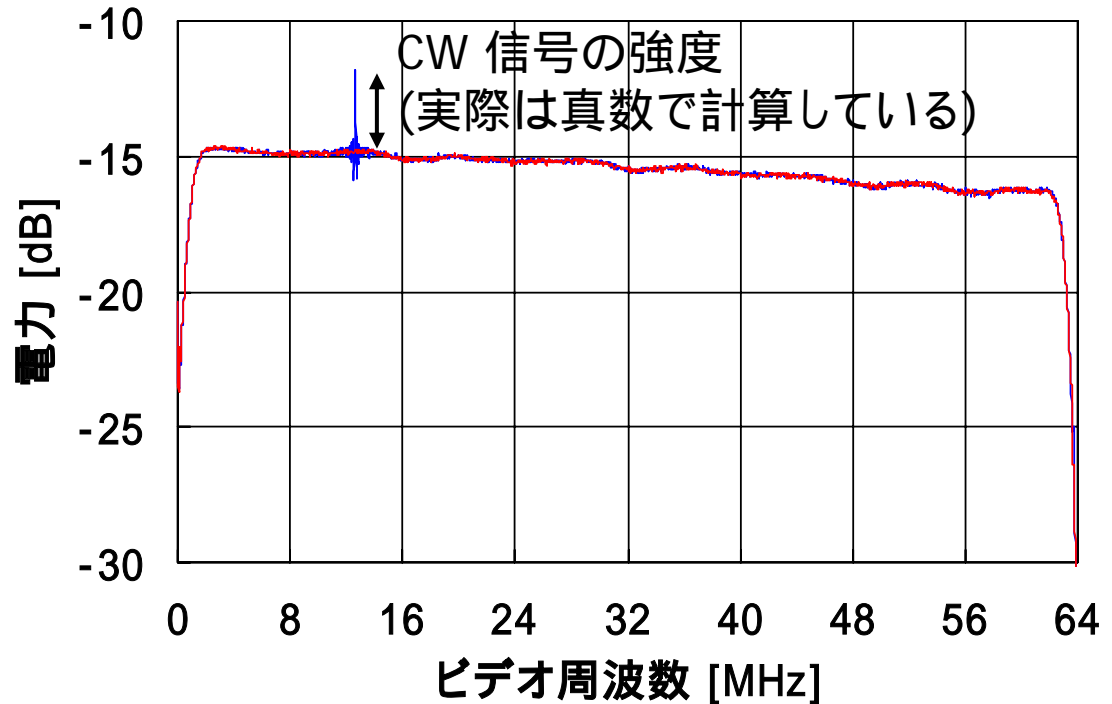
- 較正位相検出装置は相互相関のみ測定可
- NRFD は自己相関のみ測定可
- 同一の信号を 2 分配し、較正位相検出装置で入力の、NRFD で出力のスペクトルを測定
- CW 信号の周波数は、帯域の内外で変えていく。

# 抑圧特性の解析

- CW を含むスペクトルから雑音のみのスペクトルを引き算



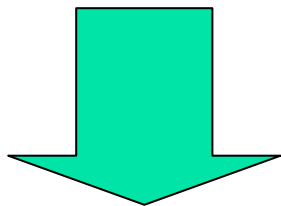
- 雑音の部分と、量子化により付加される雑音を除去
- 入出力ともこの作業を行う



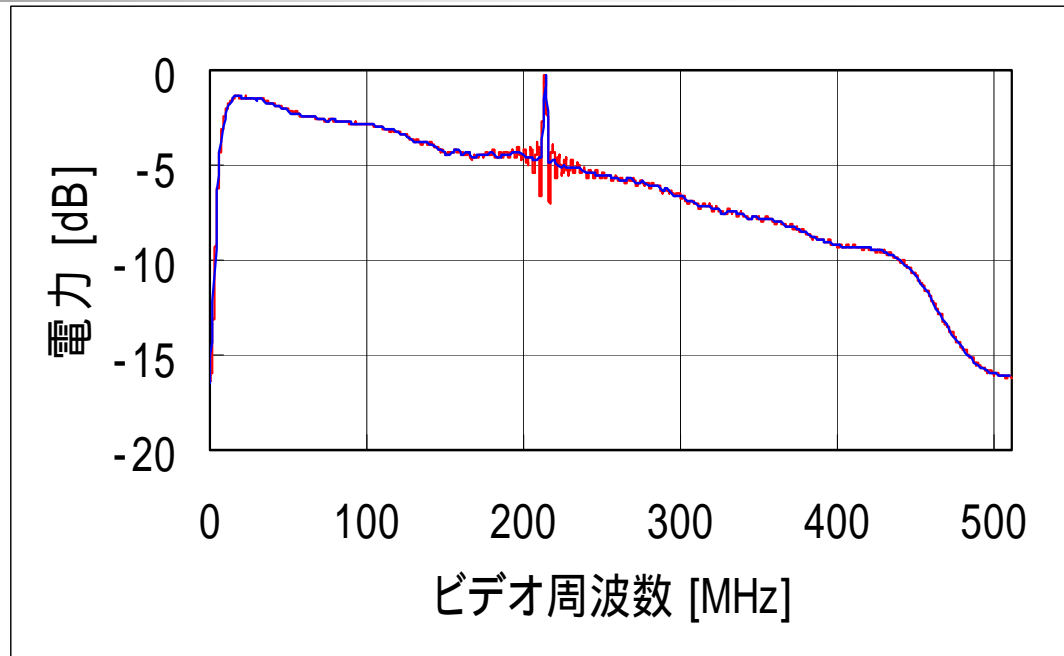
64 MHz 帯域での出力スペクトルの測定例  
赤: 雑音のみのスペクトル  
青: CW を含むスペクトル

# 抑圧特性の解析

- 入力スペクトルは分解能が 2 MHz で不足するので、0 のラグを付加し分解能をあげる



- CW は分解能をあげても変化しないので、分解能分の調整が必要



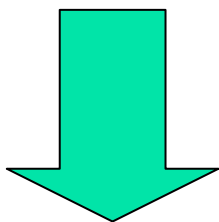
入力スペクトルの測定例

赤: 分解能をあげたとき (0.031 MHz)

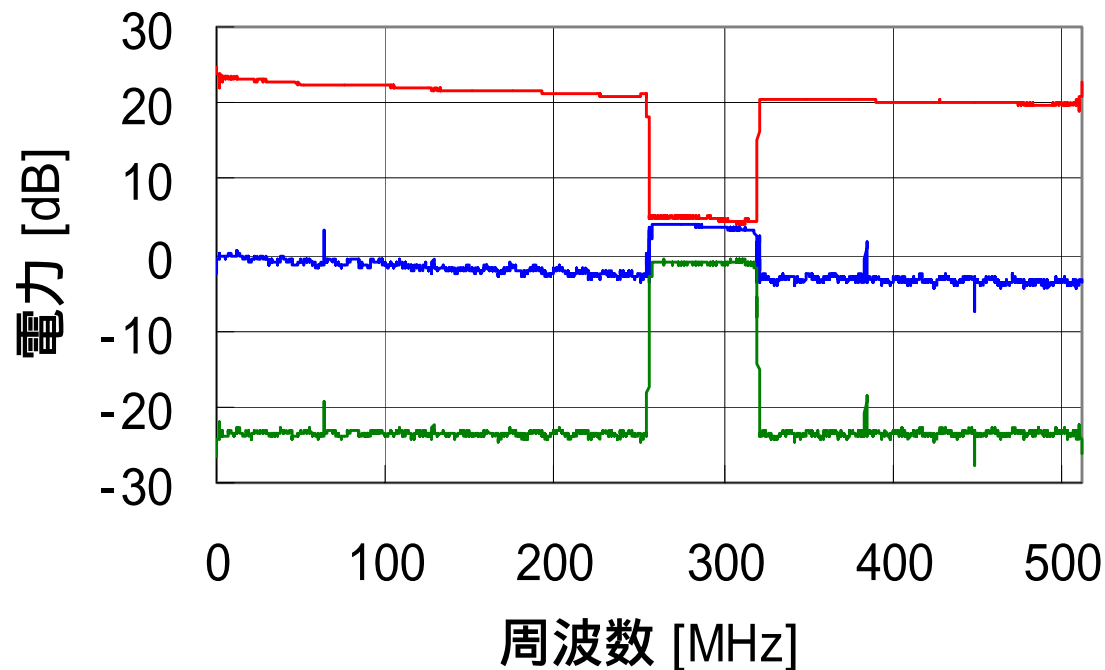
青: 装置の分解能のまま (2 MHz)

# 抑圧特性の解析

- 入力と出力の CW の電力の比を取る (dB の引き算)



- アナログ系および A/D 変換の周波数特性を除く



赤: 入力スペクトル (校正位相検出装置で測定)  
青: 出力スペクトル (NRFD で測定)  
緑: 赤と青の引き算

# 測定精度

- 出力スペクトルでの青 - 赤の平均

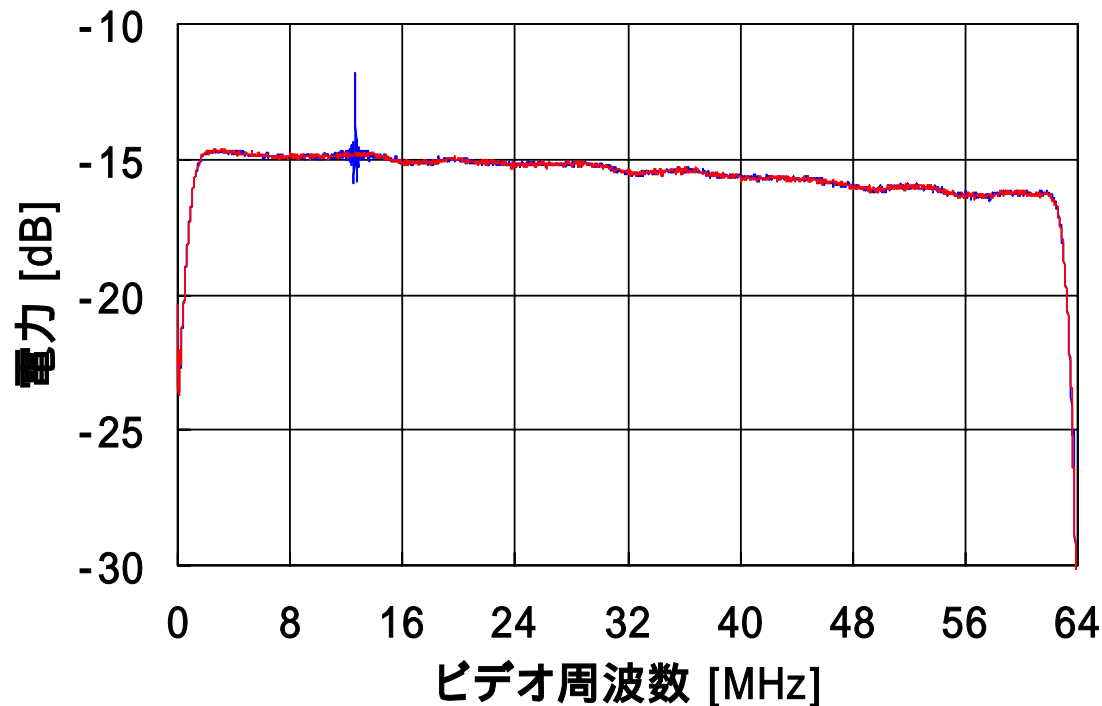
0.0589 dB

(帯域端付近とCW 付近を除く)

- 入力: 0.0147 dB

- 測定精度は

$$\sqrt{0.0589^2 + 0.0147^2} = 0.0608 \text{ dB}$$



64 MHz 帯域での出力スペクトルの測定例

赤: 雑音のみのスペクトル

青: CW を含むスペクトル

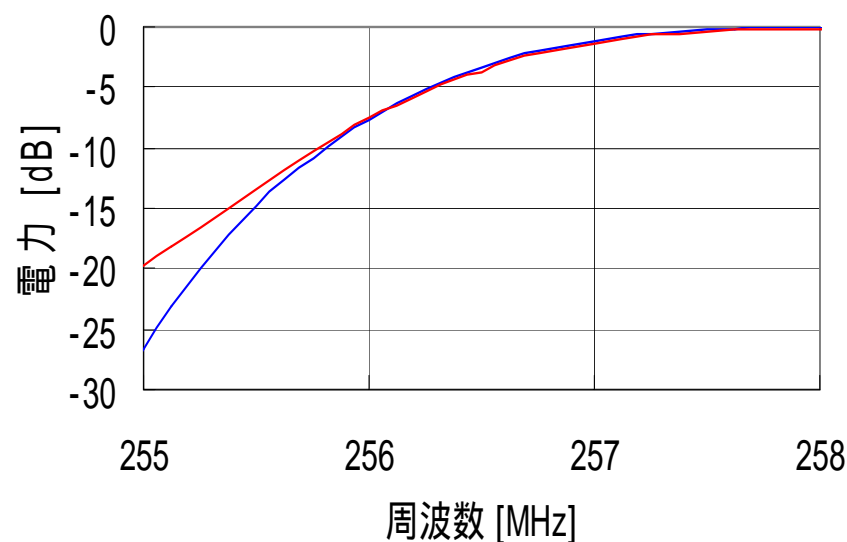
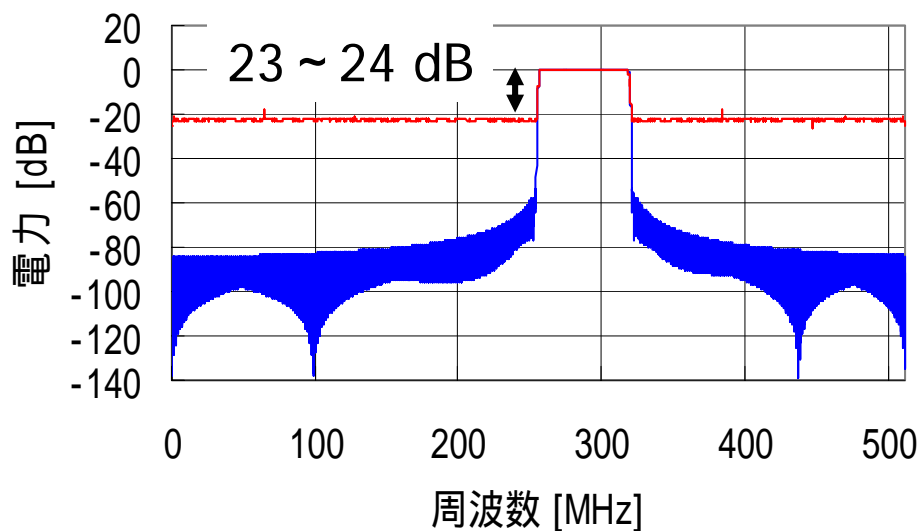


# 測定結果と理論の比較 (64 MHz 幅)

青:理論値 (フィルタ係数のビット長は倍精度、バンド幅 99.5%)

赤:測定値 全体

バンド端付近の拡大



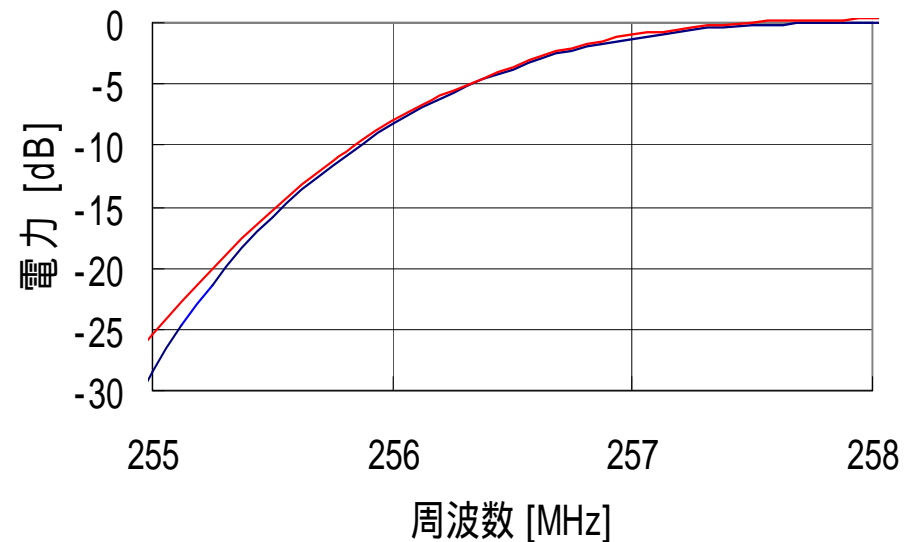
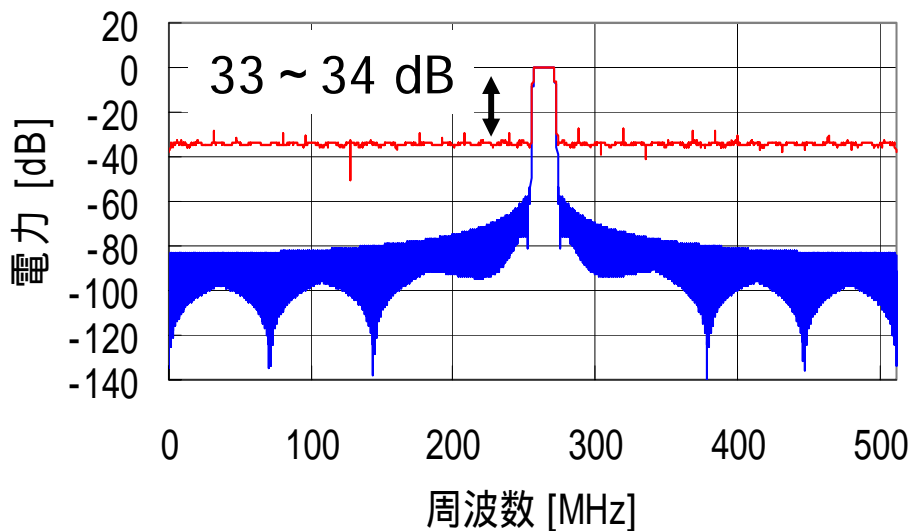
■ 有効帯域幅: 62.7 MHz

# 測定結果と理論の比較 (16 MHz 幅)

赤:理論値 (フィルタ係数のビット長は倍精度、バンド幅 97.3%)

青:測定値 全体

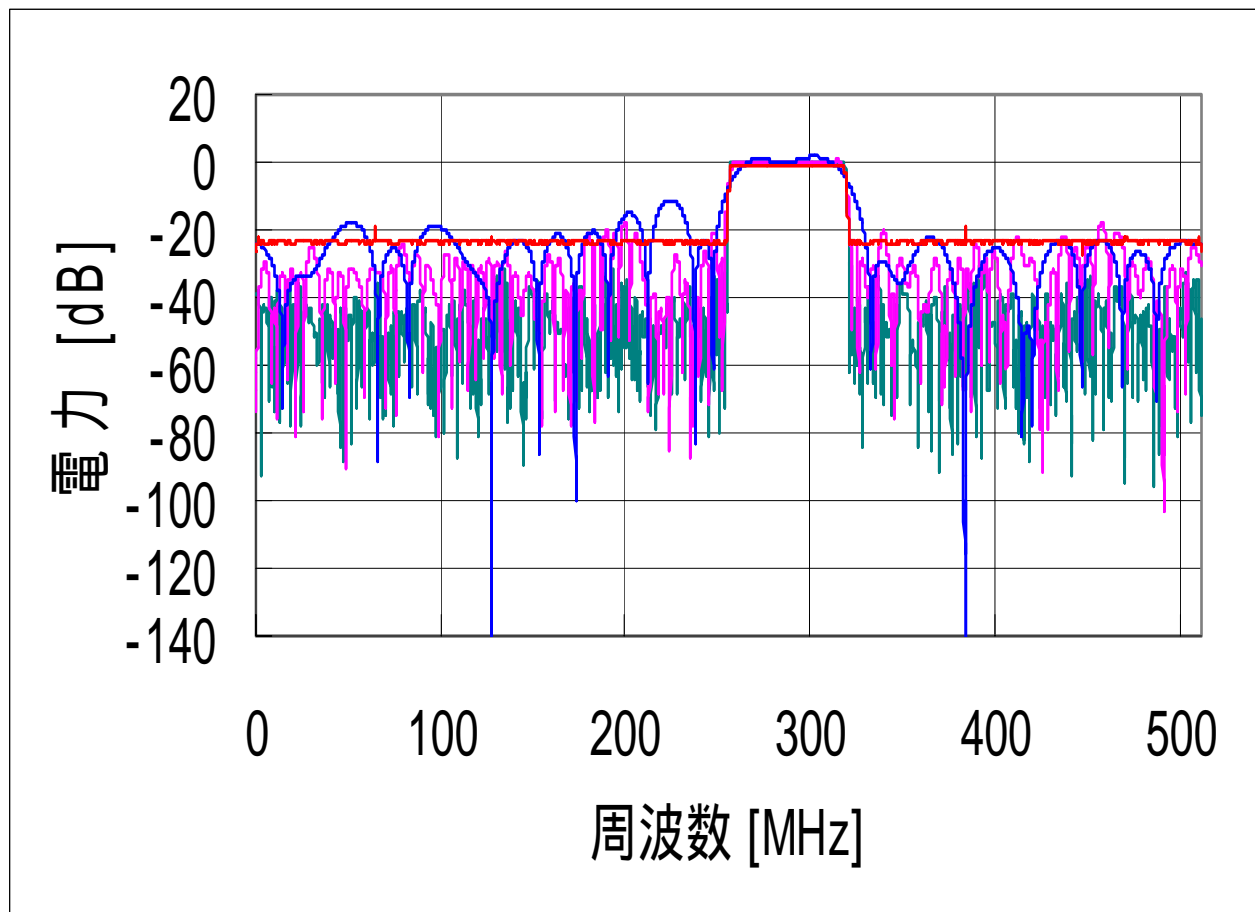
バンド端付近の拡大



■ 有効帯域幅: 14.7 MHz

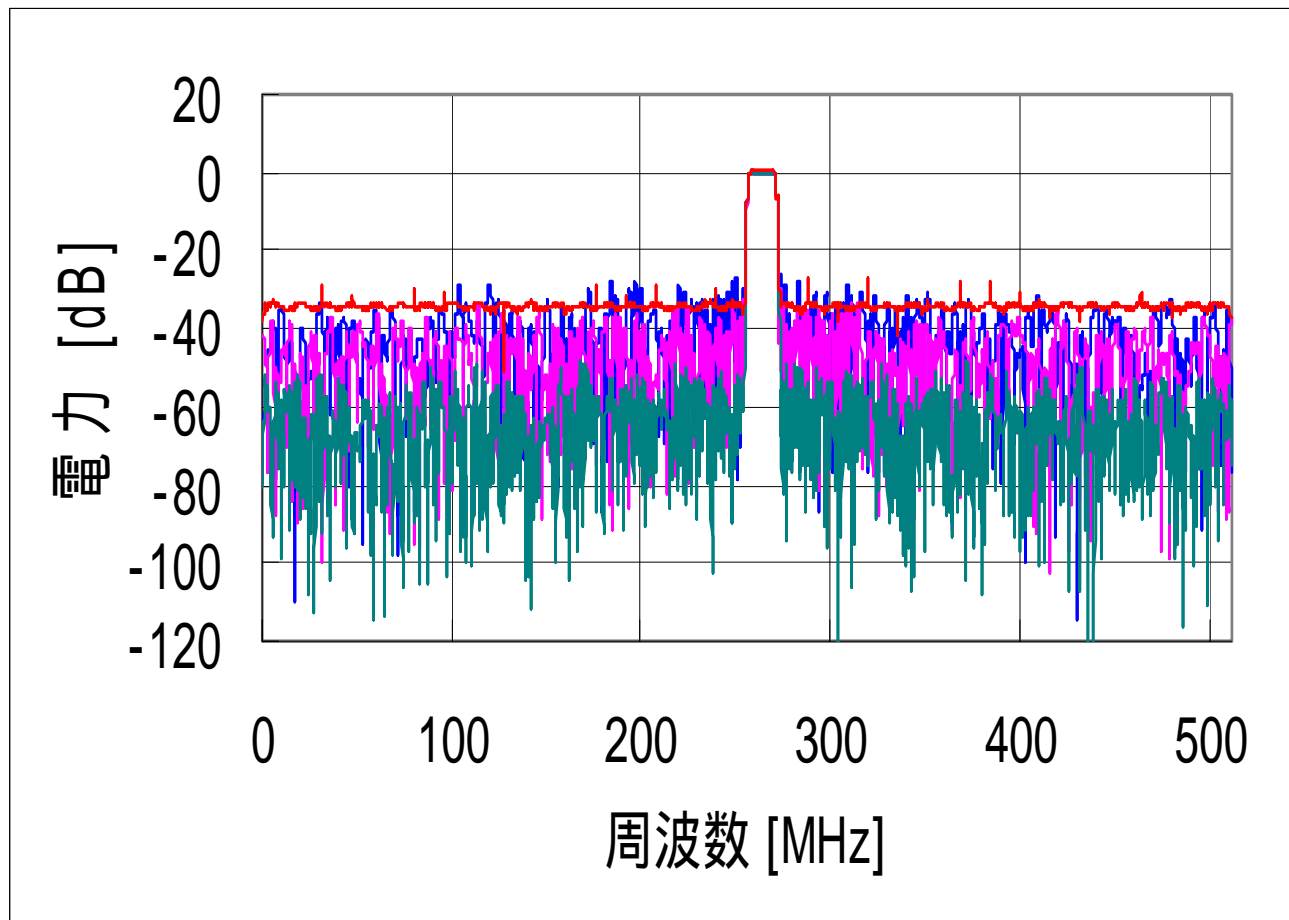
# 有効ビット長 (64 MHz 幅)

- 赤: 測定  
(以下はフィルタ係数のビット長を変えた理論)
  - 青: 5 ビット
  - 桃: 7 ビット
  - 緑: 10 ビット
- 有効ビット長は約 7 ビット



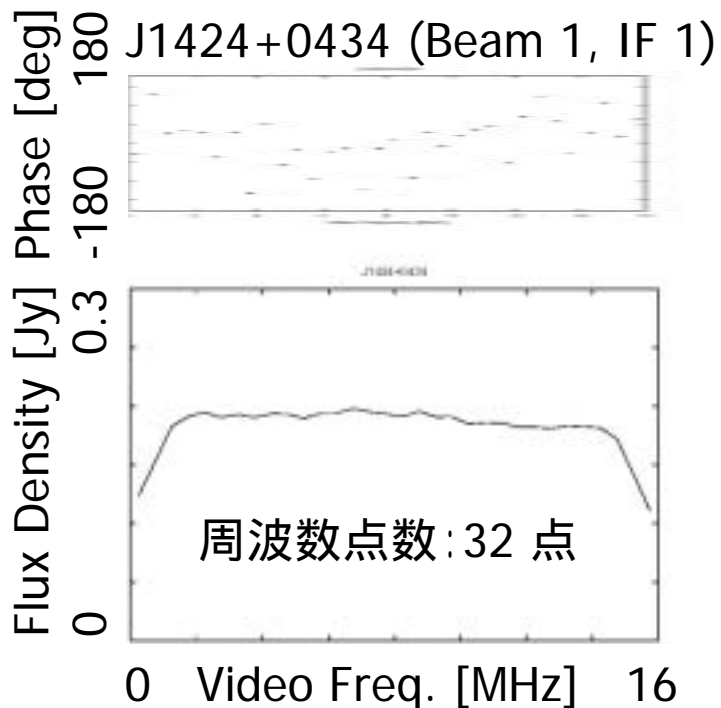
# 有効ビット長 (16 MHz 幅)

- 赤:測定  
(以下はフィルタ係数のビット長を変えた理論)
  - 青: 9 ビット
  - 桃: 10 ビット
  - 緑: 13 ビット
- 有効ビット長は約 10 ビット

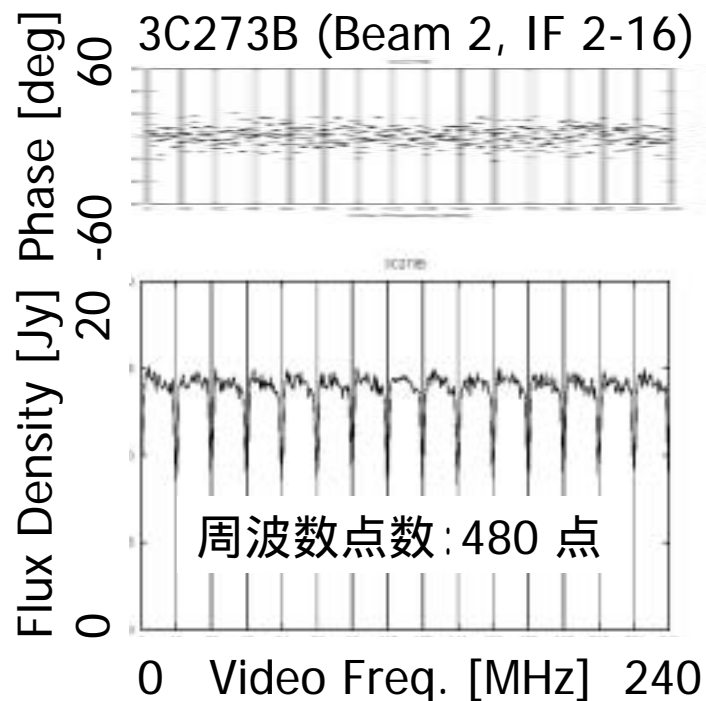


# 観測スペクトル

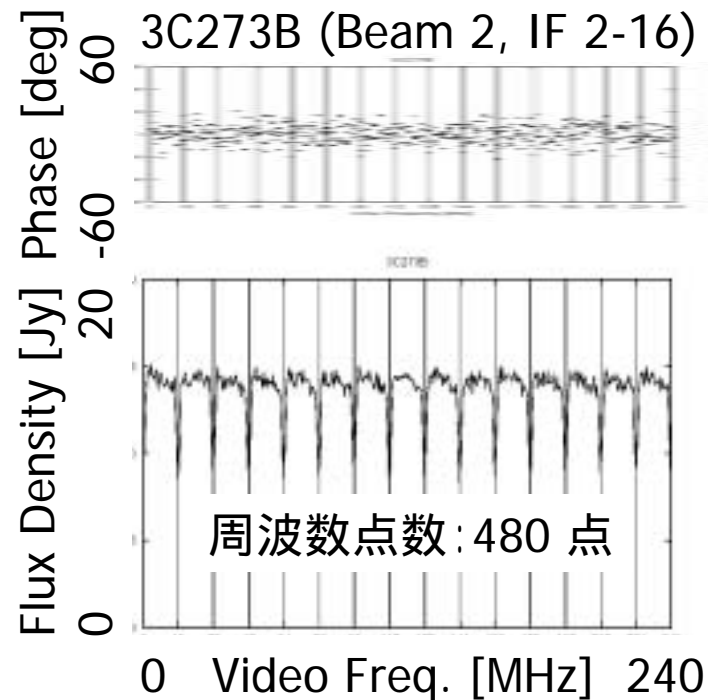
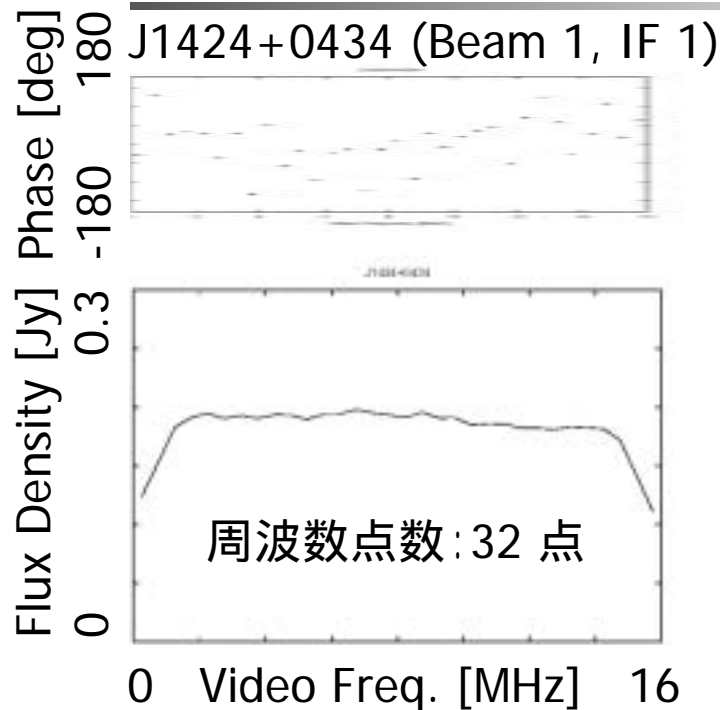
- VERA入来 - VERA石垣の相互相関



- 積分時間: 300 秒
- 各 IF ごとに fringe fitting



# 観測スペクトル



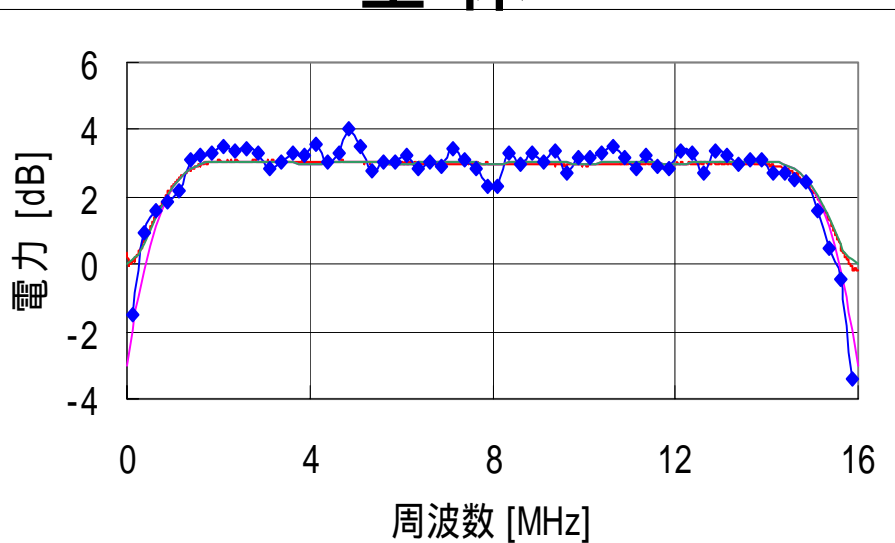
- 振幅と位相の周波数応答がフラット
- IF 間での差異がほとんどない
- 有効帯域幅: 15.4 MHz

# 観測スペクトルと理論の比較

赤: 自己相関 (観測)  
青: 相互相関 (観測)  
緑: 折り返しありの理論  
桃: 折り返しなしの理論

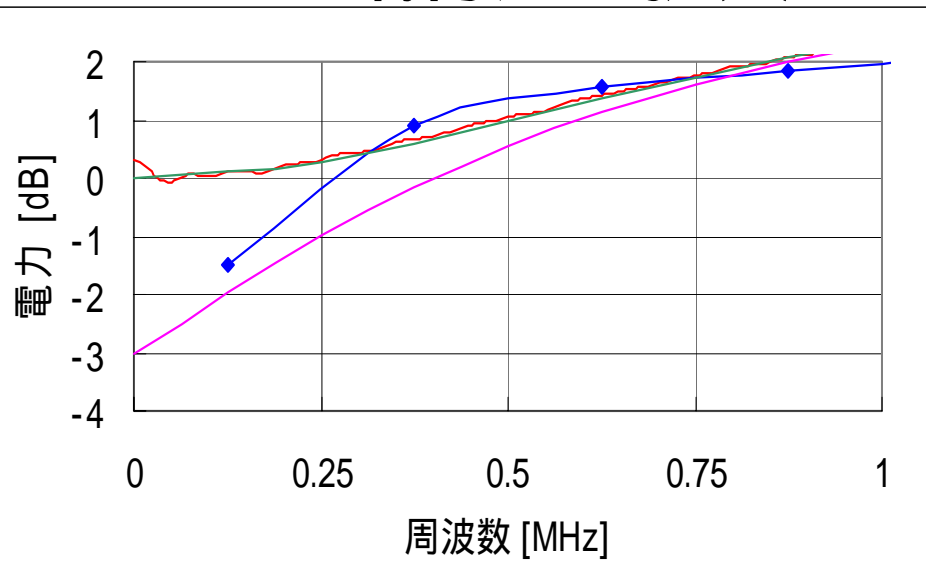
- 観測は 3C273B のスペクトル
- 相互相関は 15 IF を積分
- VLBI ではフリッジ周波数が高いため、相互相関では折り返し雑音が消える

## 全体



2004.11.08-09

## バンド端付近の拡大



VERA ユーザーズミーティング

15



# まとめ

- 512 MHz の全帯域にわたって、デジタルフィルタバンクの抑圧特性を測定した。
  - 64 MHz 幅で 23 ~ 24 dB、16 MHz 幅で 33 ~ 34 dB の抑圧度であった。
  - 0.1 dB を切る精度での測定法を確立した。
- 観測スペクトルを得た。
  - スペクトルは振幅、位相ともにフラットであった。
  - 理論との比較を行い、相互相関では折り返し雑音の効果が消えることを確認した。
- 今後は、デジタルフィルタバンクを構成するために必要な最小のビット数を実測し、デジタルフィルタバンクに必要な物量を見積もりたい。