

2018.12.02 VLBI懇談会

短基線広帯域干渉計システムの立ち上げと それを用いた変動電波連続波源モニター観測

茨城大学 M2 大島 理穂



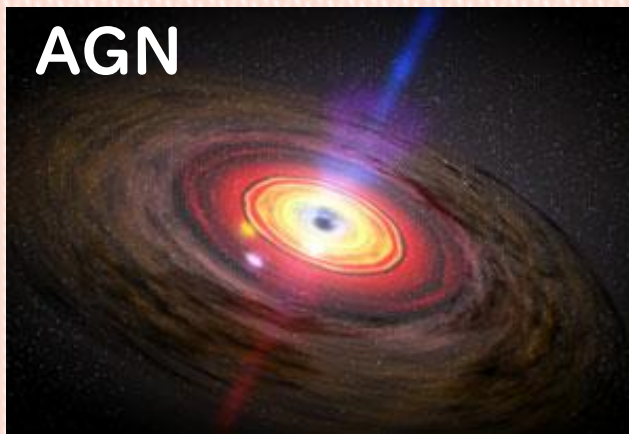
もくじ

- I. 研究目的
- II. 観測システム
- III. 測定
- IV. 今後



研究目的

変動する電波連続波源のモニター観測



<http://www.nbi.ku.dk/english/>



NASA

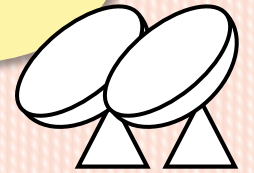
- ・他にも... X線連星、新星、パルサー 等
- ・「変動」
➔ 例えば、激しい時間変動を見つけたら
天体サイズの上限を推定できるかも？

研究目的

変動する電波連続波源のモニタ—観測



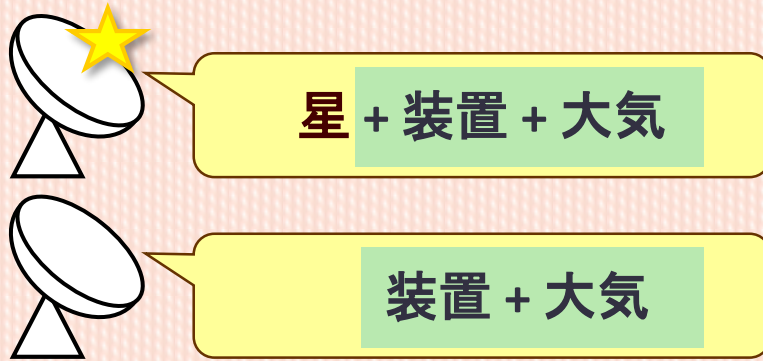
高萩-日立
広帯域二素子干渉計



研究目的

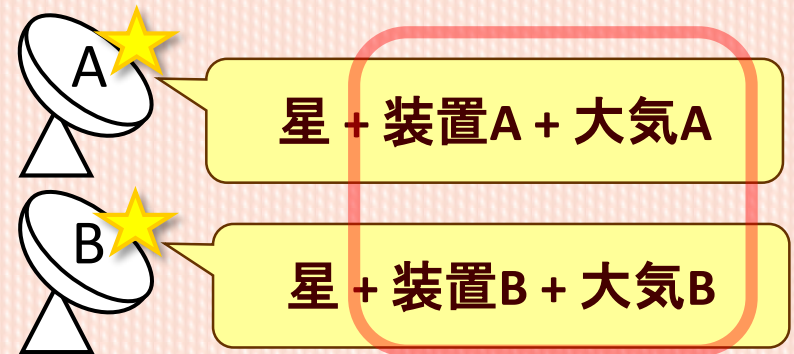
干渉計が良い理由

【単一鏡】



連続波では輝線観測と異なり
ベースラインが定義できないため
すぐOFF点のデータが必要

【干渉計】



↑
不関連しない

干渉計で観測すると大気・装置の影響を受けにくくなる

研究目的

広帯域が良い理由

望遠鏡の最小検出強度は

$$\frac{1}{\sqrt{(\text{帯域幅}) \times (\text{時間})}}$$
 に比例。

➡ **・より広帯域で**
・時間を長く 観測するとより弱い天体を検出できる。

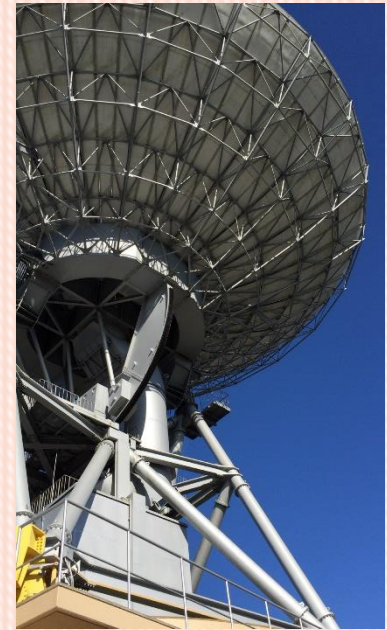
↑
干渉計では難しい（位相差の時間変化）

弱い天体を検出するには干渉計では広帯域化が近道

研究目的

高萩・日立の望遠鏡

- 大口徑 32m
- アンテナ間距離 \sim 260 m のためリアルタイムのデータ伝送可能
- 密な観測が期待できる
➡ モニター観測



大口徑で短基線
かつモニター観測可能

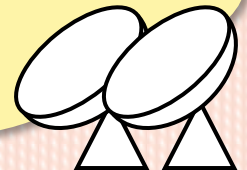
研究目的

変動する電波連続波源のモニター観測

- (1) 大気の影響を消したい → 干渉計
- (2) 感度を向上させたい → 広帯域
- (3) 大口径・近い・使い易い → 高萩-日立



高萩-日立
広帯域二素子干渉計



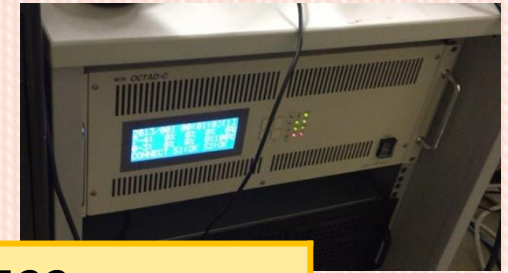


もくじ

- I. 研究目的
- II. 観測システム
- III. 測定
- IV. 今後

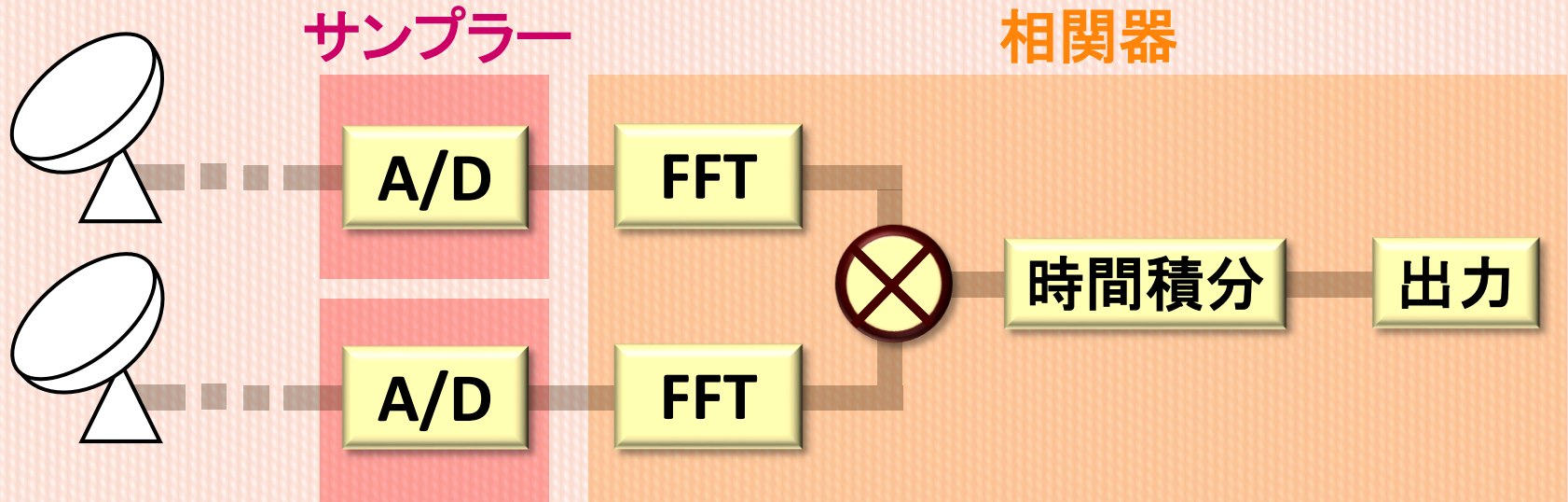


観測システム



アンテナ	高萩32m、日立32m	
周波数帯域	6GHz	6600 - 7112 [MHz]
	8 GHz	8192 - 8704 [MHz]
	22GHz	22023 - 22535 [MHz]
帯域幅	512 [MHz]	
システム温度	6, 8GHz	~ 30 [K]
	22GHz	~ 100 [K]
中間周波数	512 - 1024 [MHz]	
サンプラー・相関器	エレックス社製サンプラー, FX型ハードウェア相関器 OCTAD-C	
サンプルビット数	3 [bit]	
サンプリングレート	1024 [Msamples / s]	

観測システム



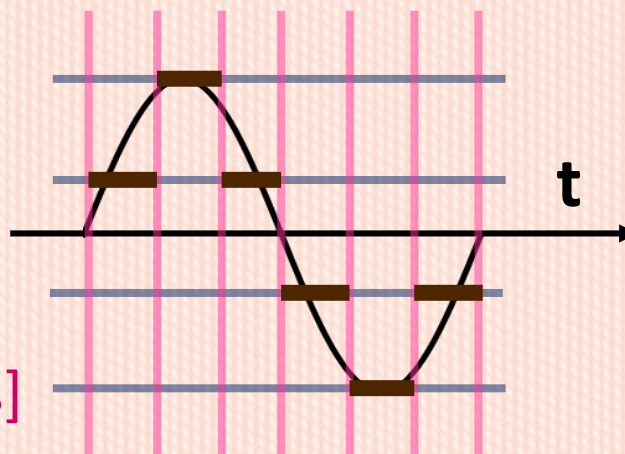
A/D

量子化

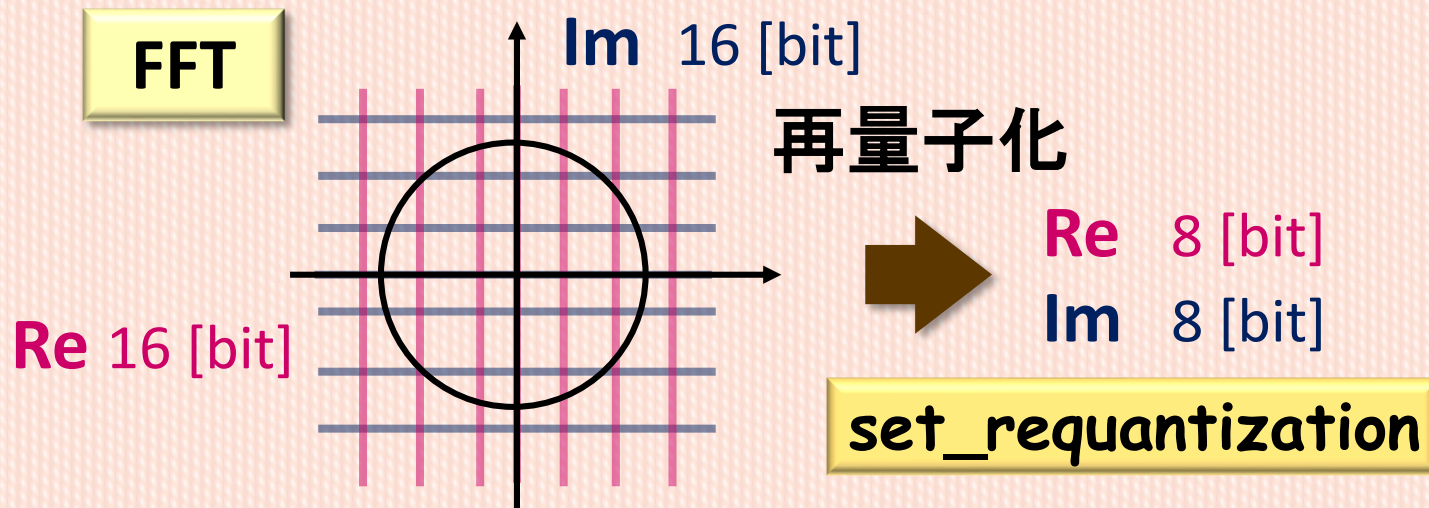
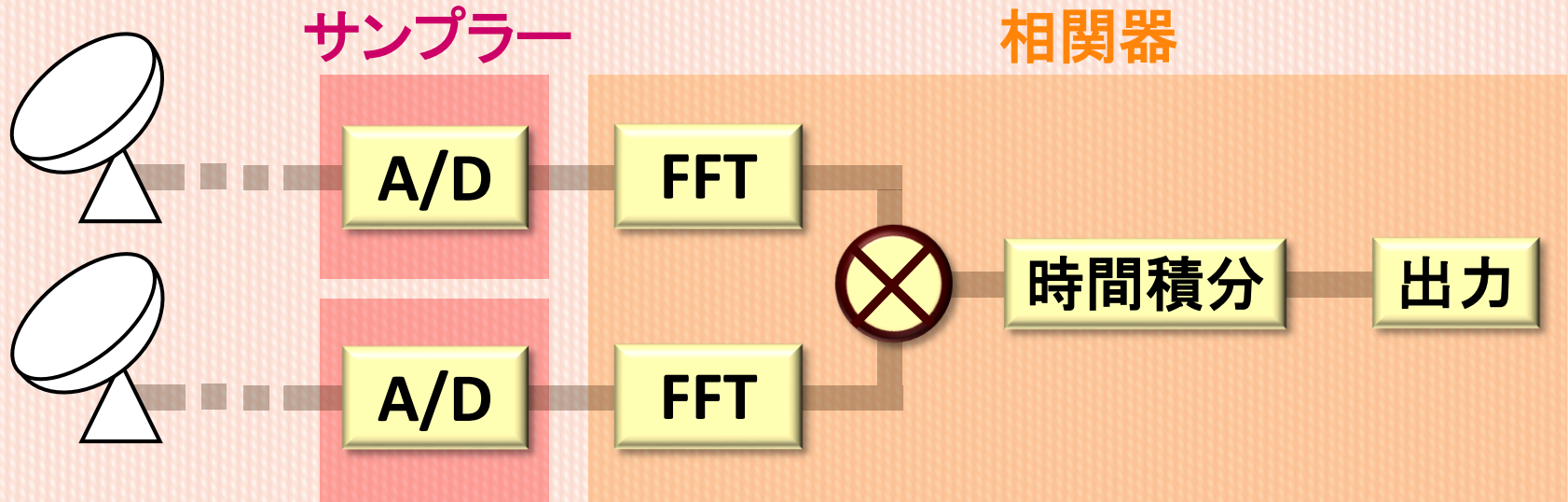
3 [bit]

標本化

1024 [Msamples/s]



観測システム



観測システム

〈例〉

+	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1					...	
-																	

A/D 量子化

																	...

3 bit

FFT 前

+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						...
-																	

16 bit

FFT 12 bit 増加 (4K 点 FFT)
FFT 後

+																	...
-																	

28 bit

set_requantization
再量子化

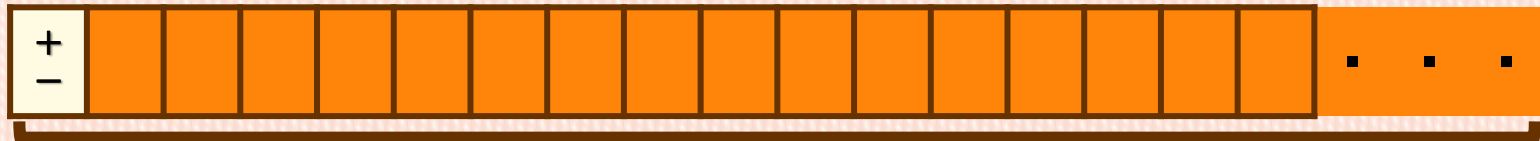
+																	...
-																	

8 bit

観測システム

`set_requantization` ...ビットシフト量の設定値

FFT 後



28 bit



再量子化

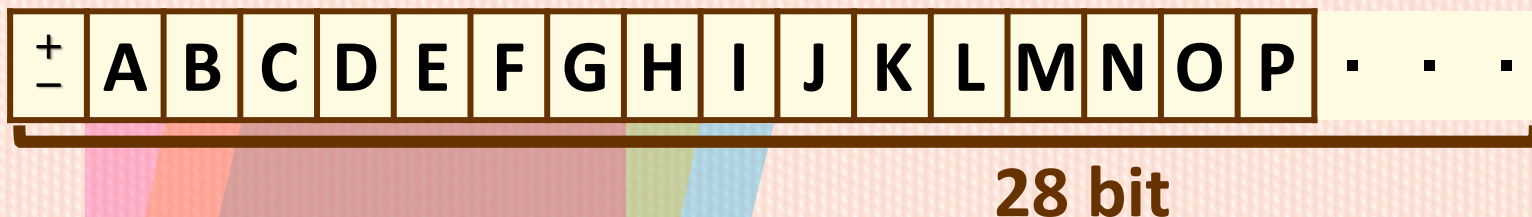


8 bit

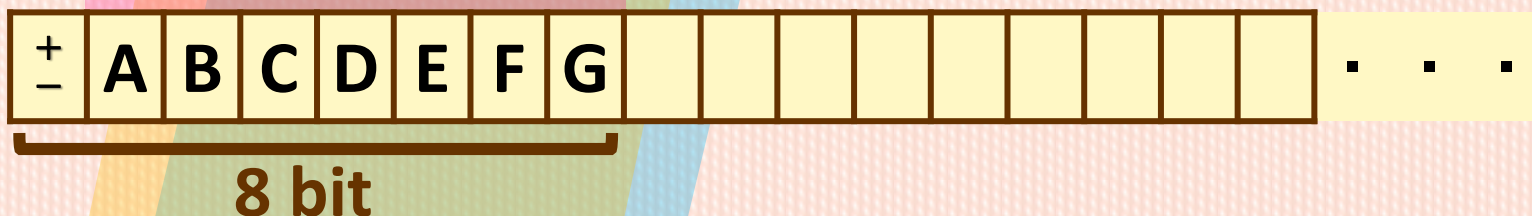
観測システム

`set_requantization` ...ビットシフト量の設定値

FFT 後



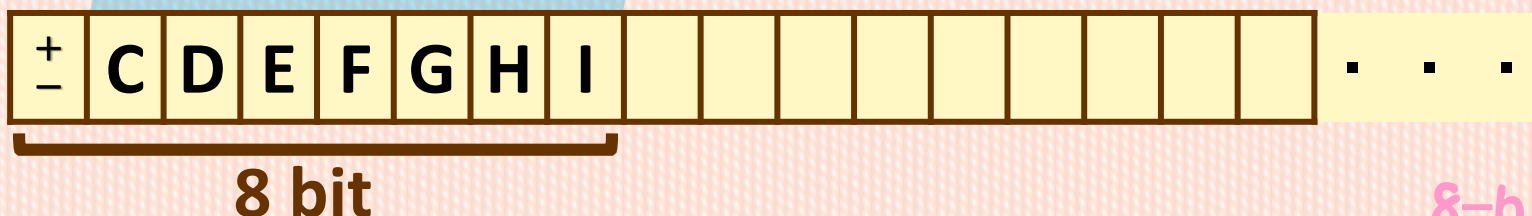
`req = 0`



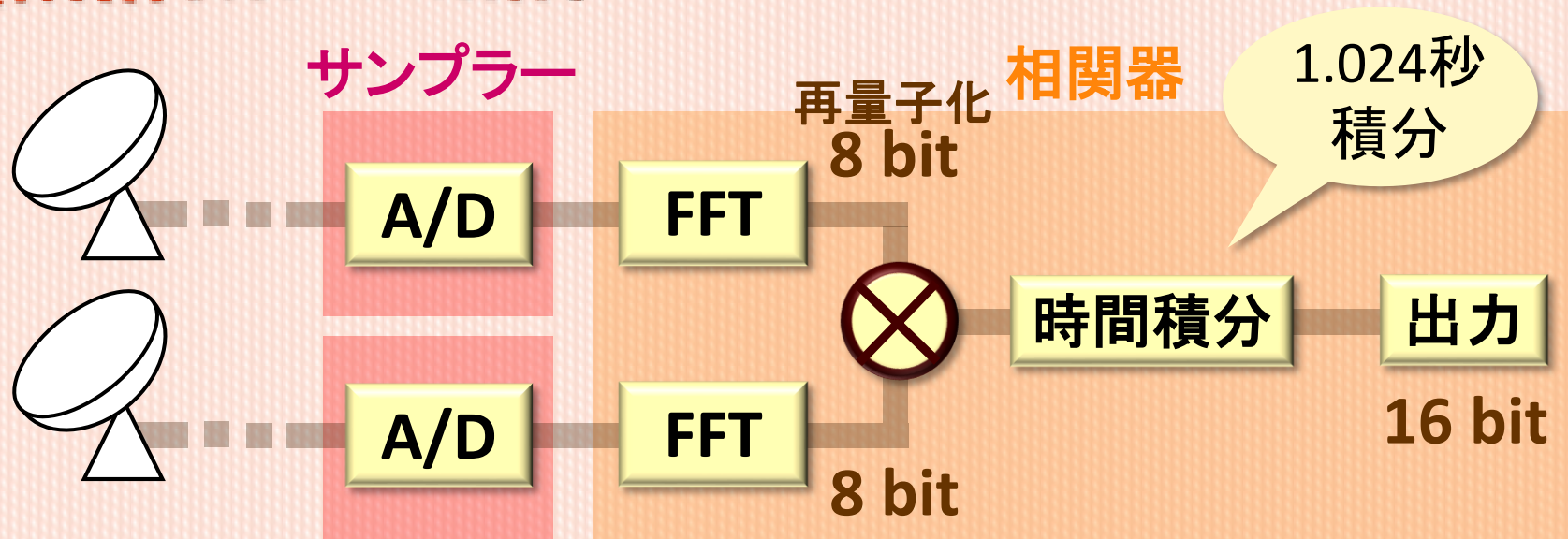
`req = 1`



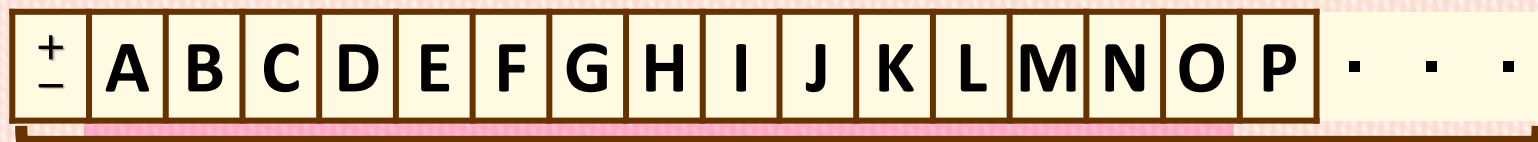
`req = 2`



観測システム



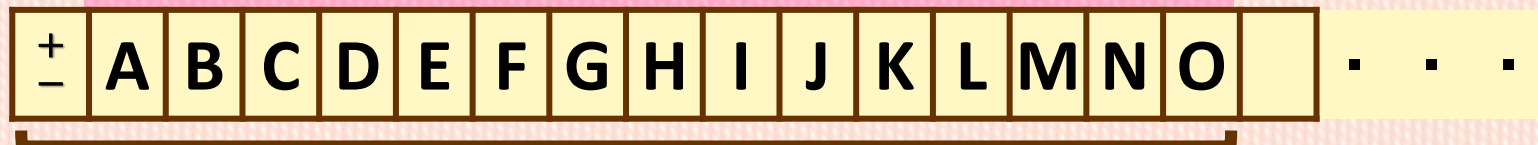
積分後



set_scaling

34 bit

出力



16 bit



もくじ

I. 研究目的

II. 観測システム

III. 測定

IV. 今後

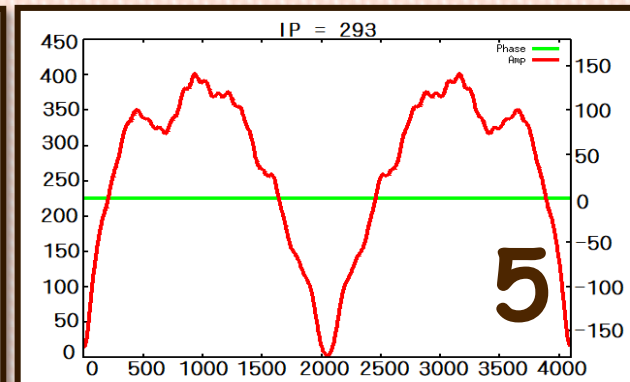
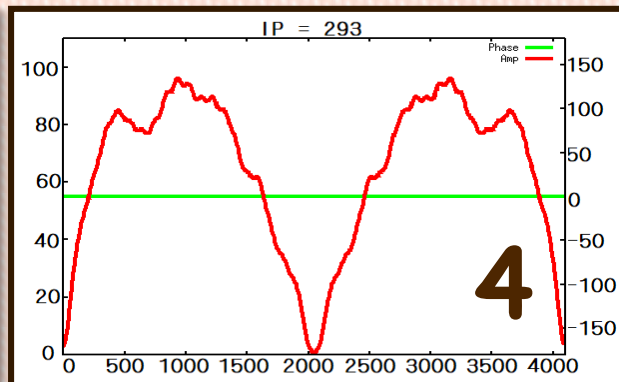
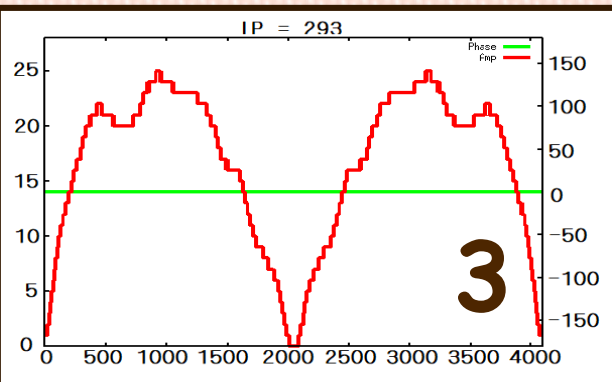
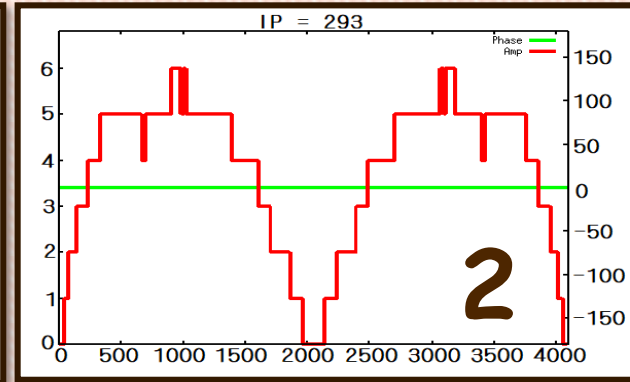
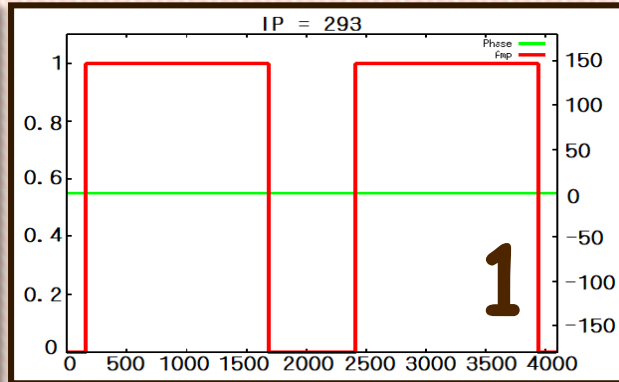
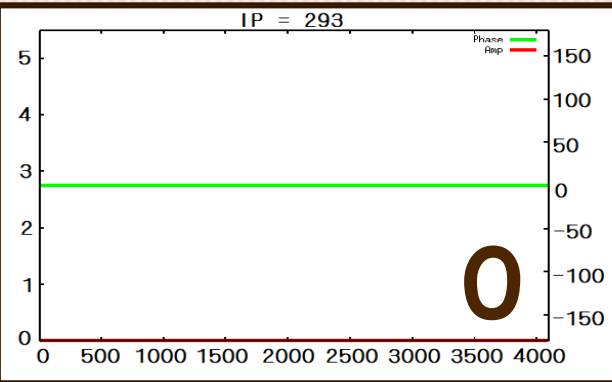


測定

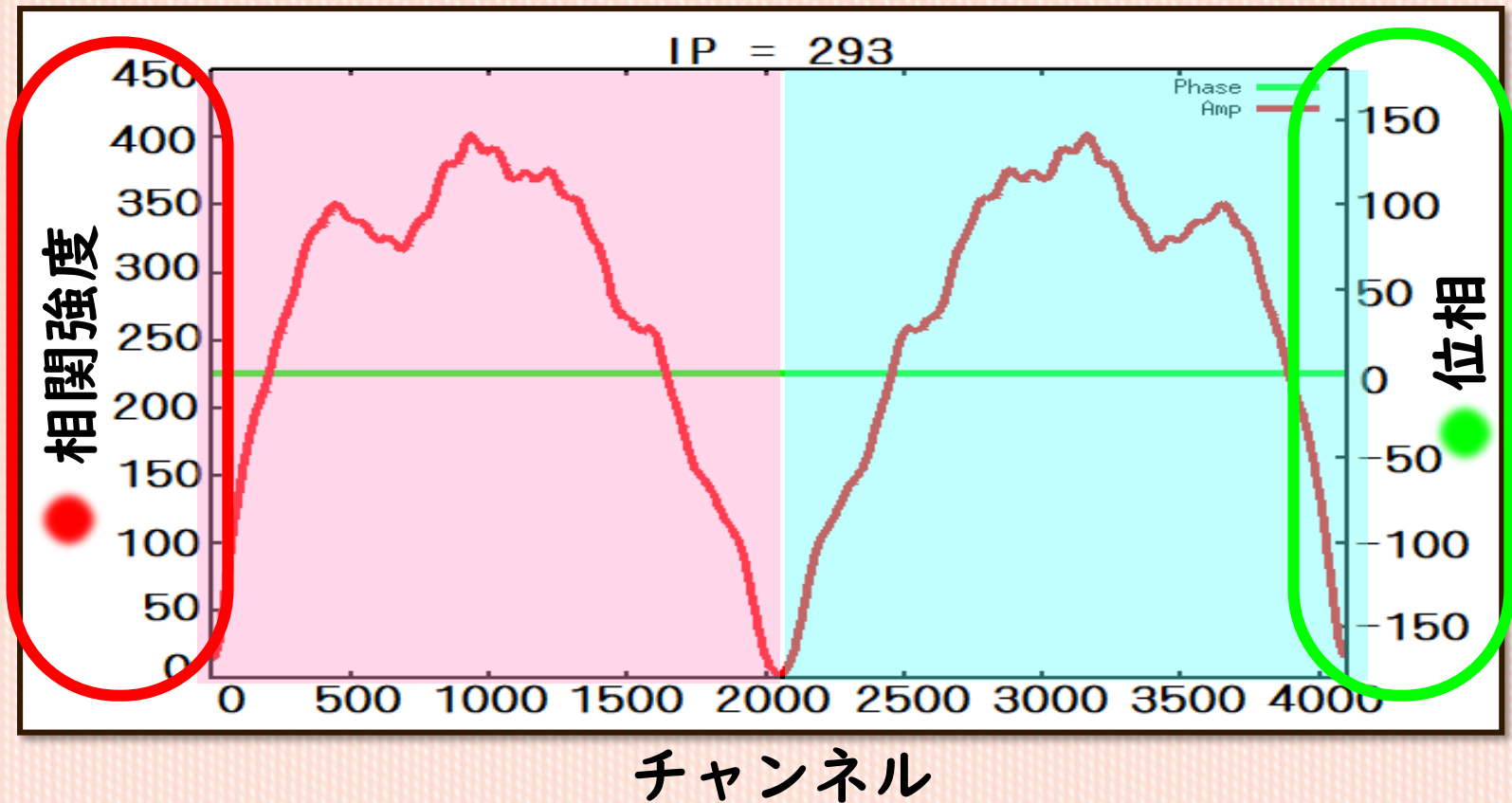
設定値は何にすべき？

req

の値による自己相関の変化を測定 (scal = 0)

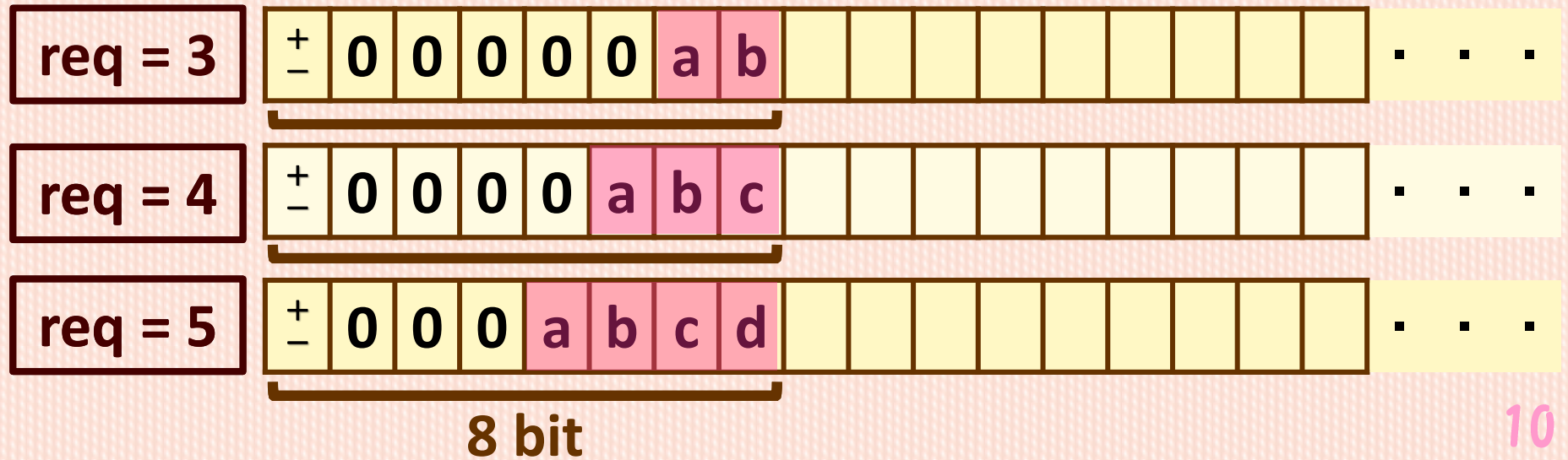
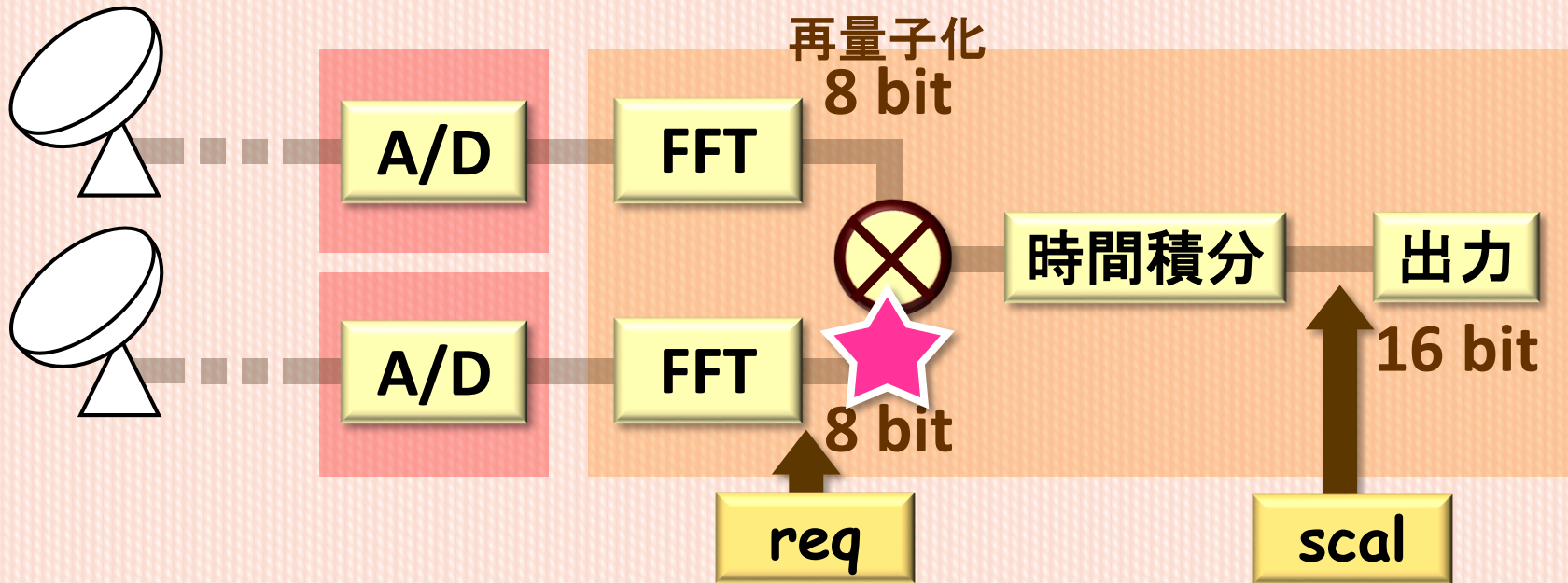


観測システム



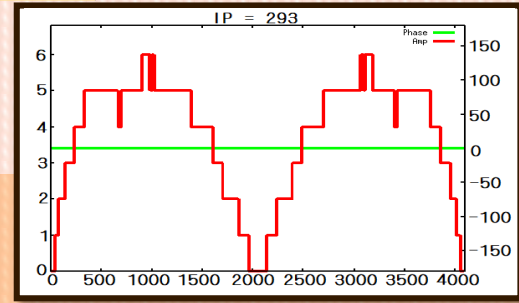
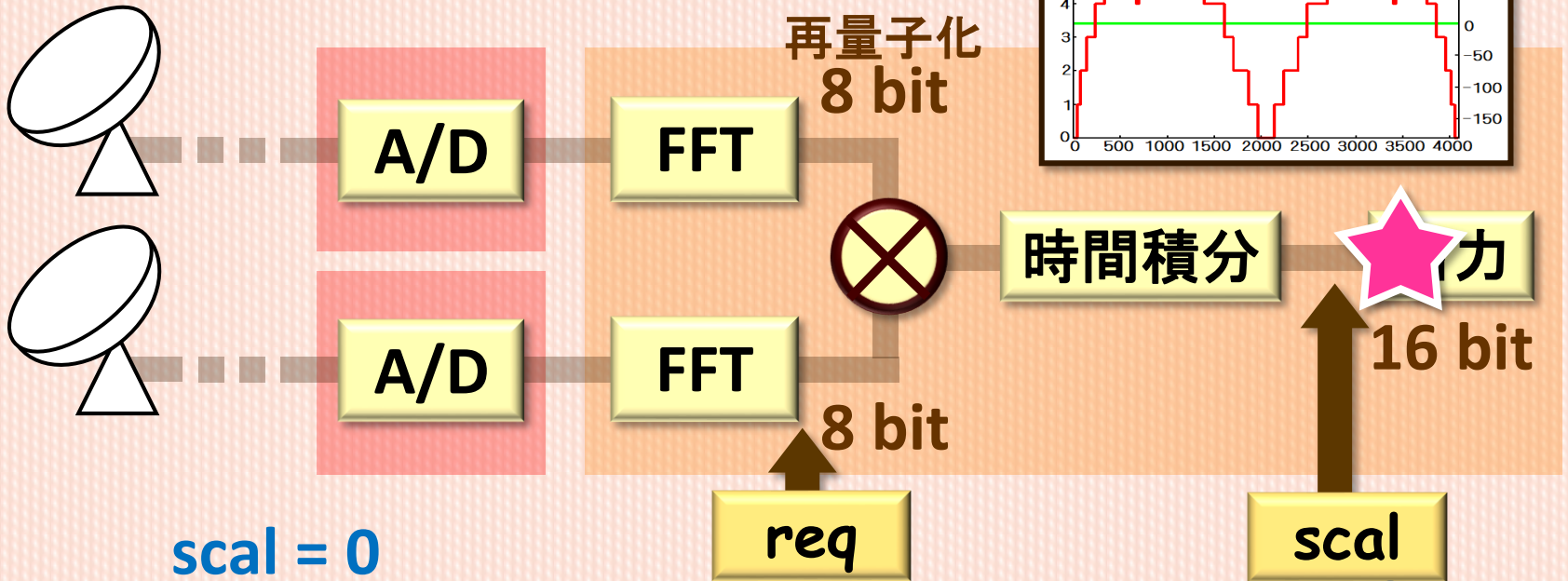
	0 ch	2047 ch	2048 ch	4095 ch
6 GHz帯	7112 MHz	6600MHz		
8 GHz帯	8704 MHz	8192 MHz	左半分のミラー	
22 GHz帯	22535 MHz	22023 MHz		

測定

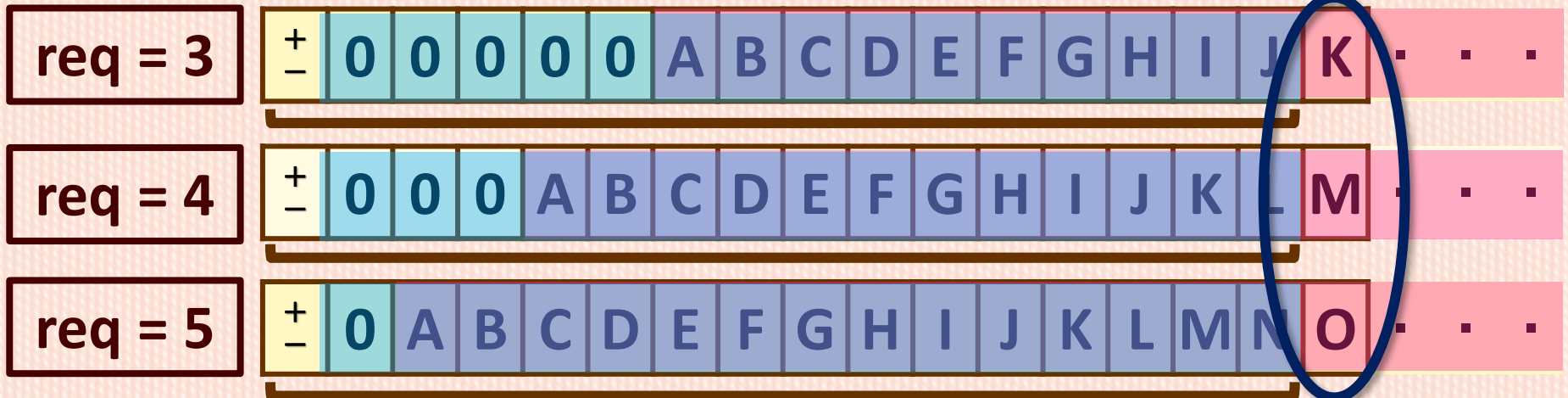


測定

req のせいとは限らない



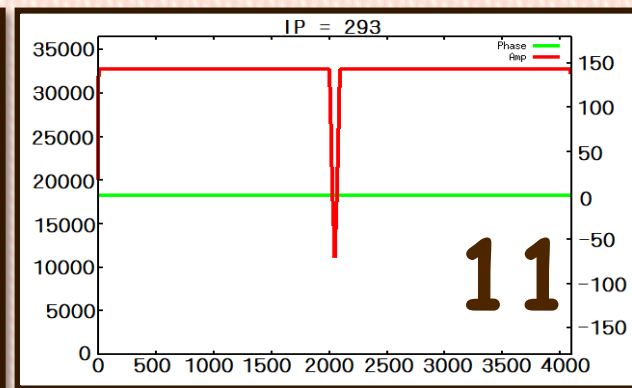
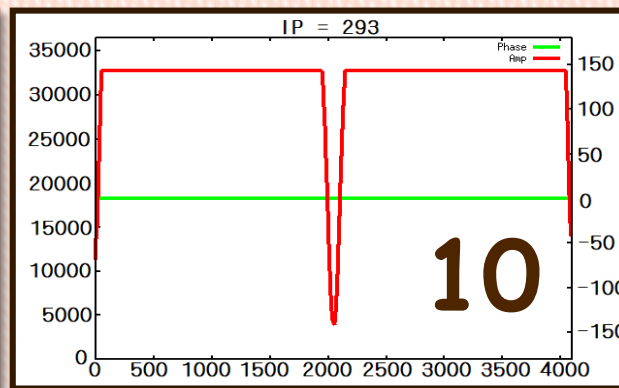
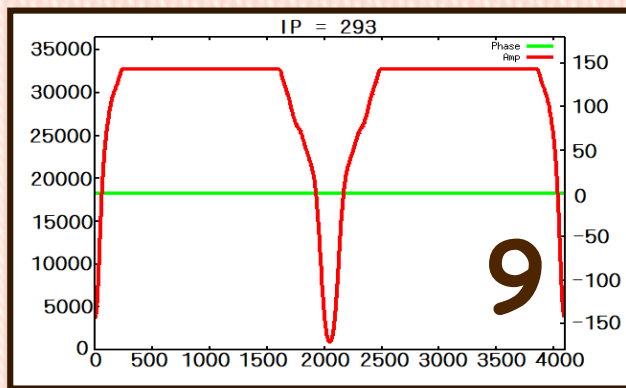
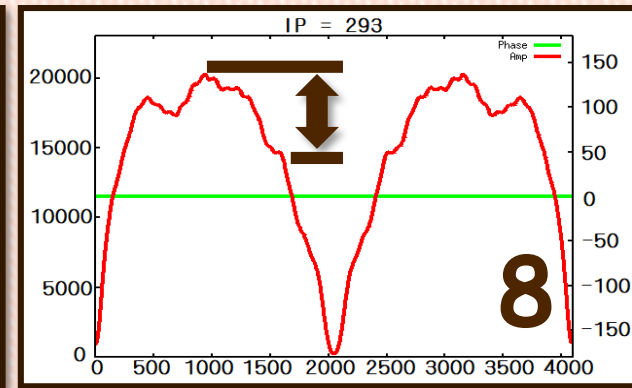
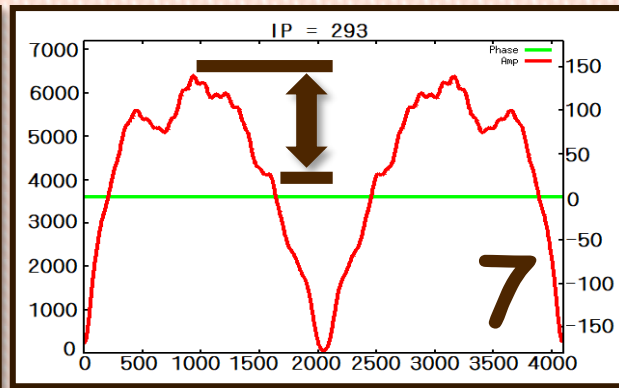
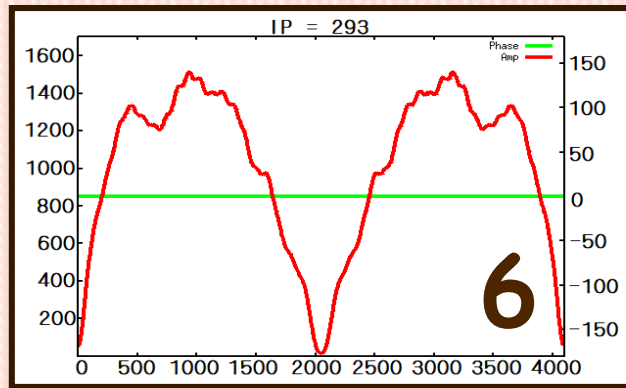
scal = 0



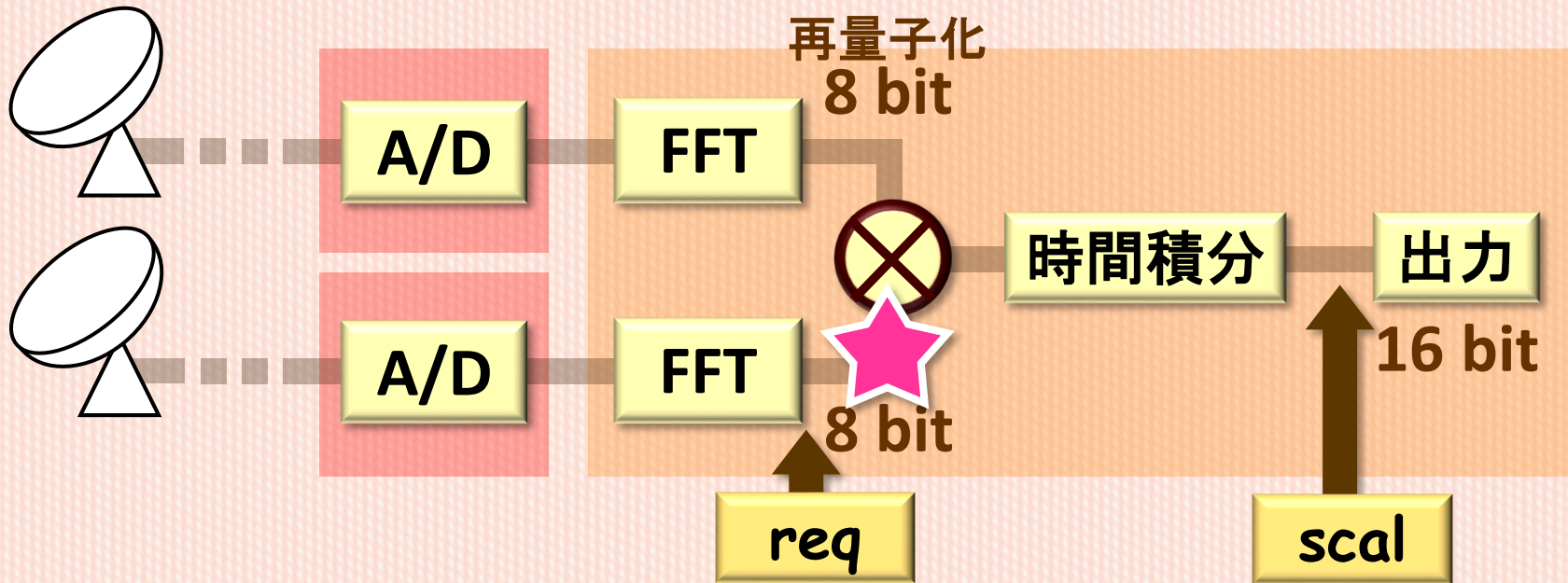
測定

req

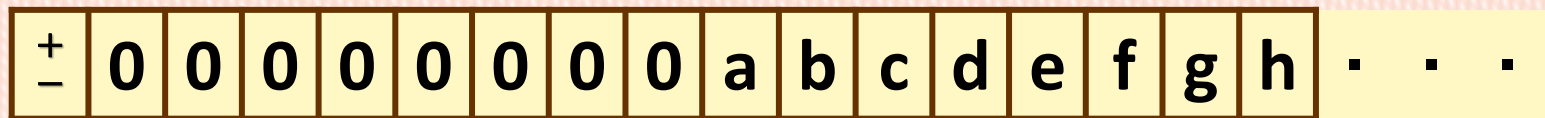
の値による自己相関の変化を測定 (scal = 0)



測定



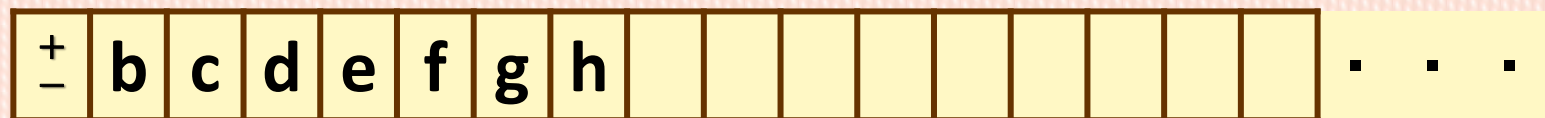
FFT 後



req = 8

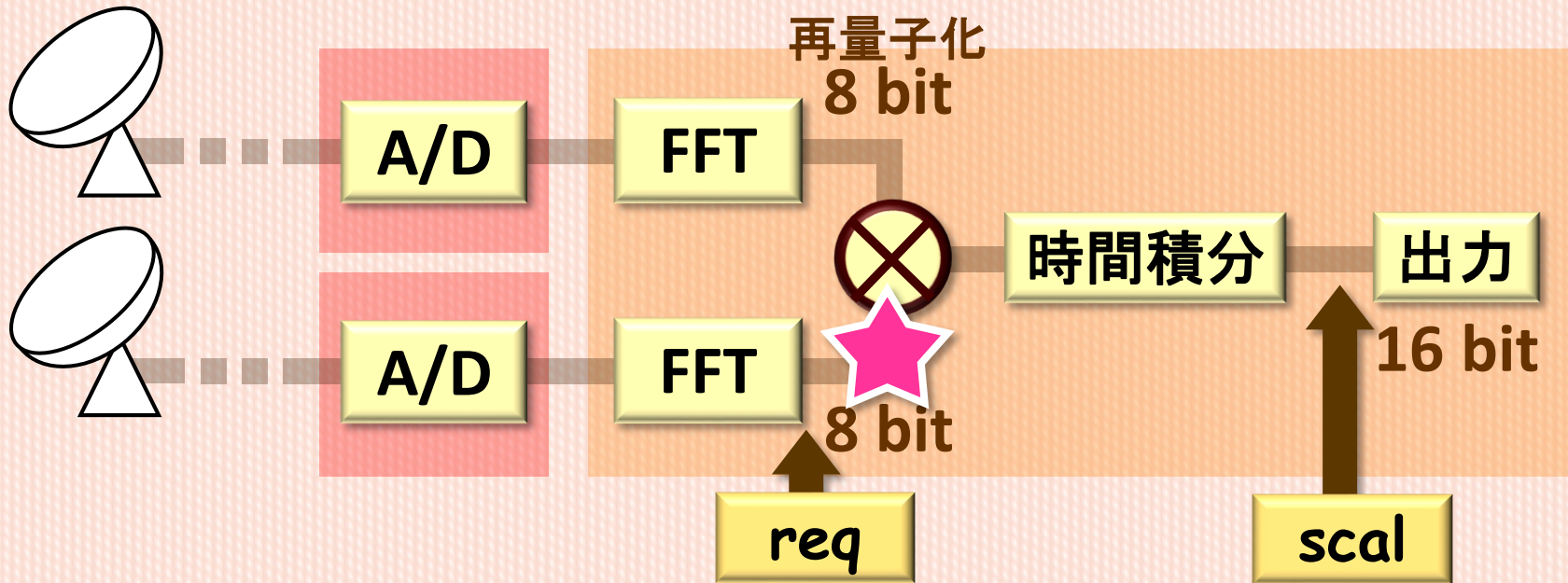


req = 9

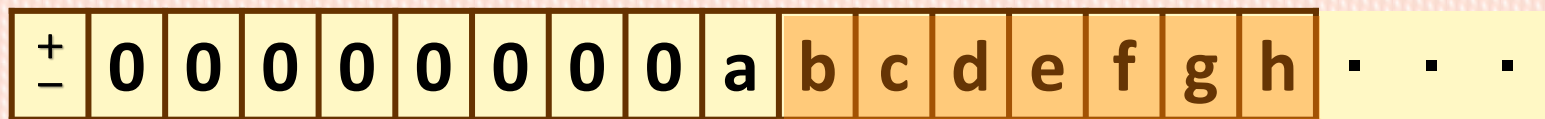


8 bit

測定



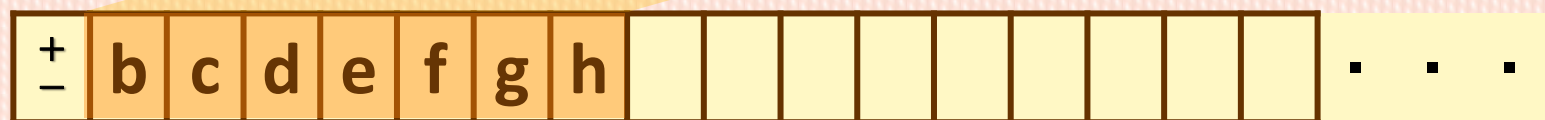
FFT 後



req = 8

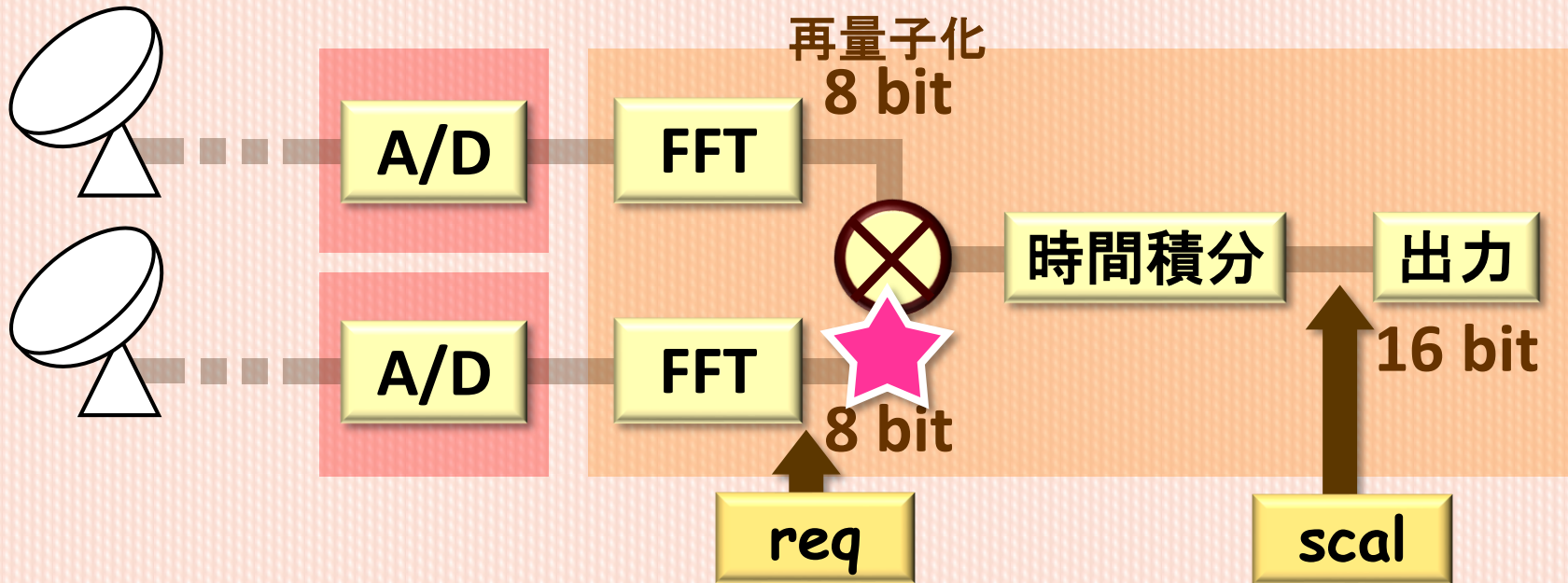


req = 9

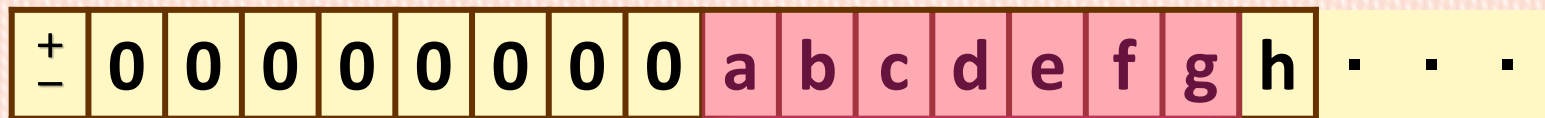


8 bit

測定



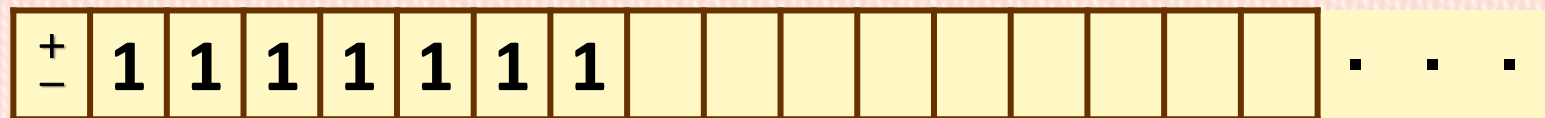
FFT 後



req = 8



req = 9

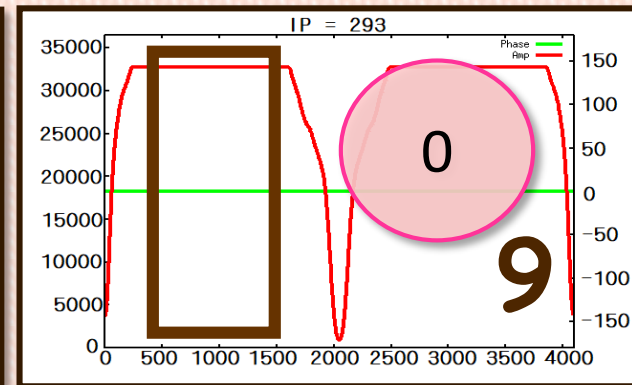
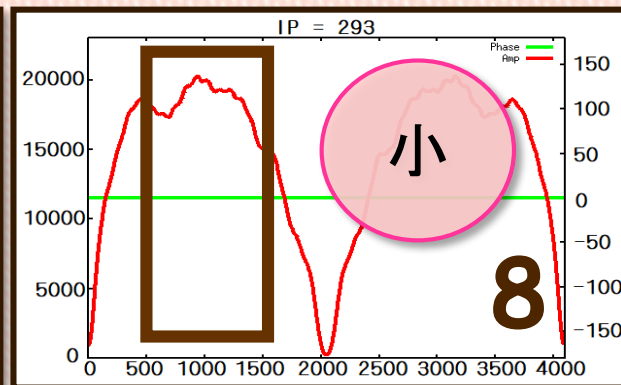
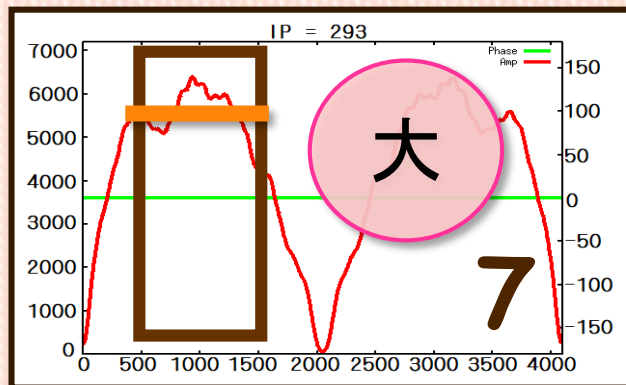


overflow

8 bit

測定

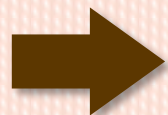
① 上限値の影響の確認



1000 ch 幅
(501 - 1500 ch)

標準偏差
平均値

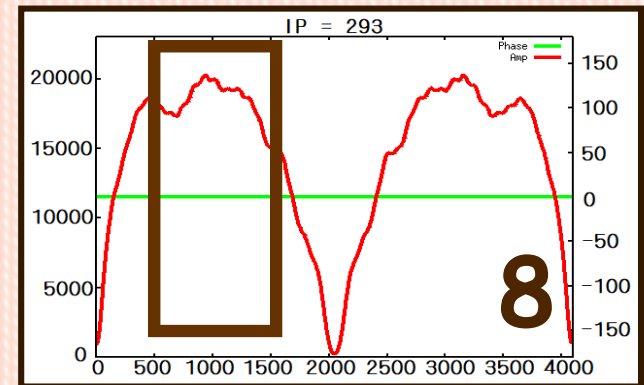
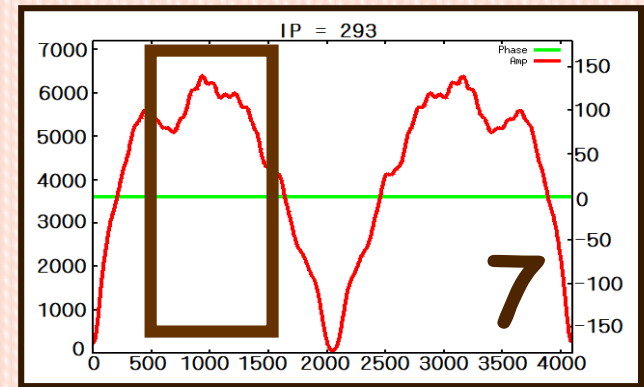
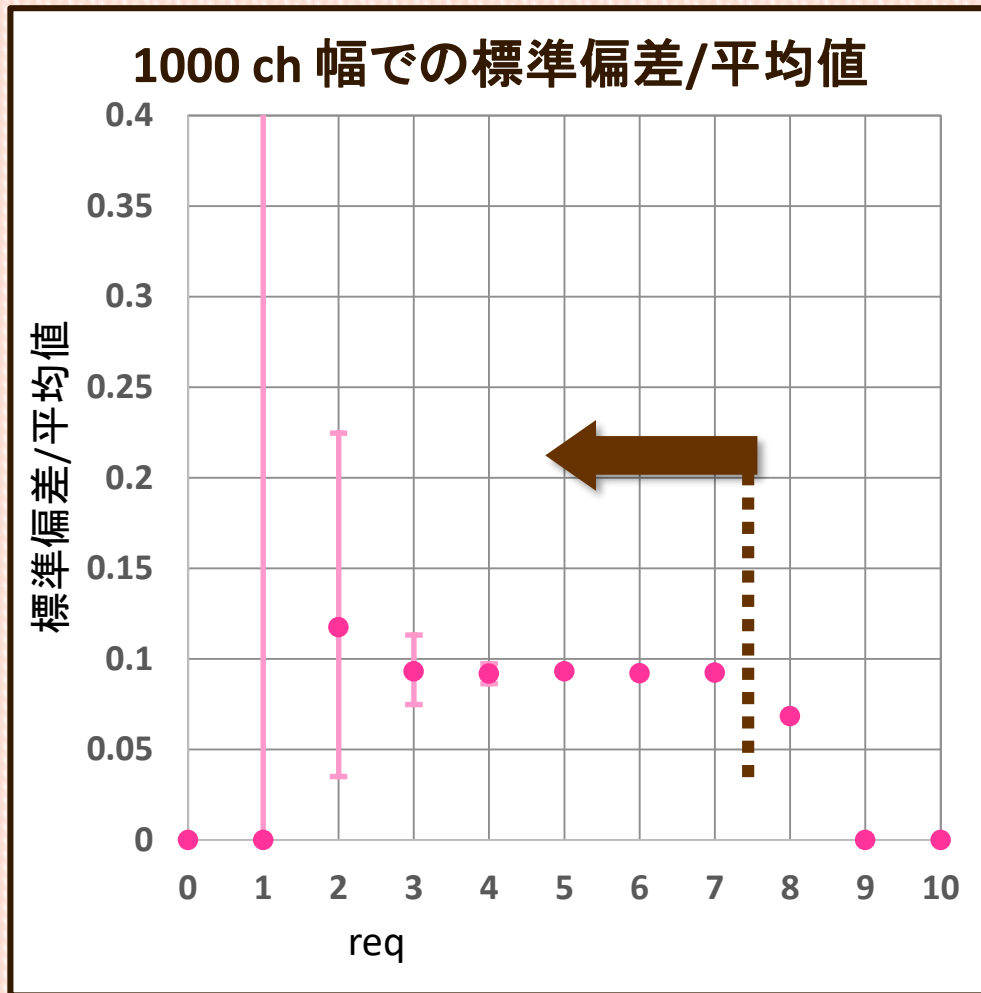
$$\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$



周波数特性フラットネスの違いを表せる

測定

① 上限値の影響の確認



req = 7 以下で影響無し

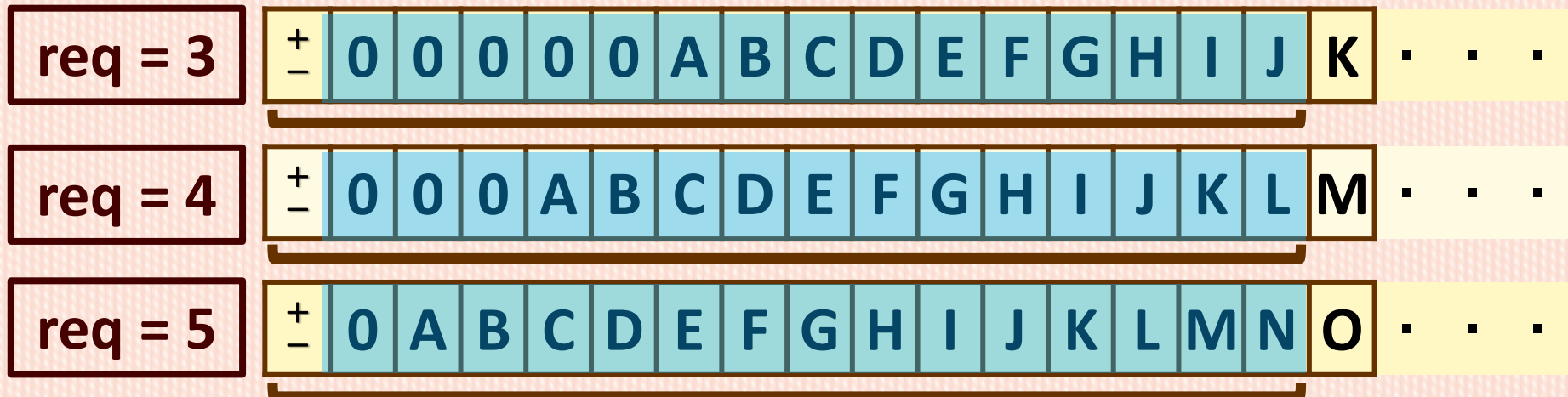
測定

② req による誤差の評価

目的 使える req が多い程入力信号強度の大きな変化に対応できる
→ 可能な req をできるだけ多くしたい

- ・ 上限値の影響がない req = 7 以下 に対して行う。
- ・ req の影響を見られるように scal を調整。

scal = 0



16 bit

測定

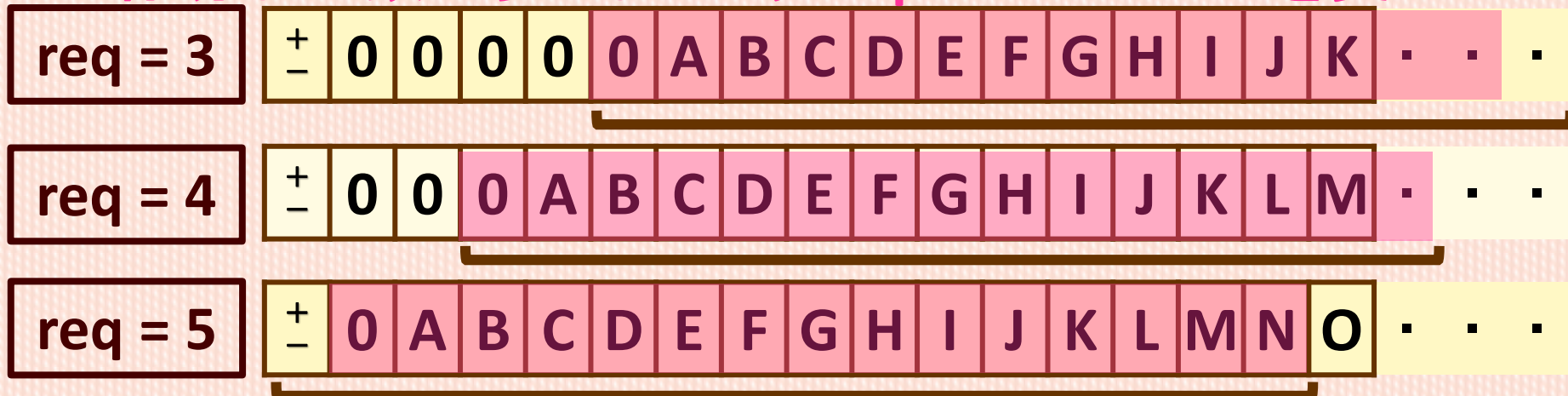
② req による誤差の評価

目的 使える req が多い程入力信号強度の大きな変化に対応できる
→ 可能な req をできるだけ多くしたい

・ 上限値の影響がない req = 7 以下 に対して行う。

・ req の影響を見られるように scal を調整。

有効なbit数が多くなるよう req によって scal を変える



16 bit

測定

② req による誤差の評価

- ・スペクトルが傾きのある直線に近似できる

狭い周波数幅に対して

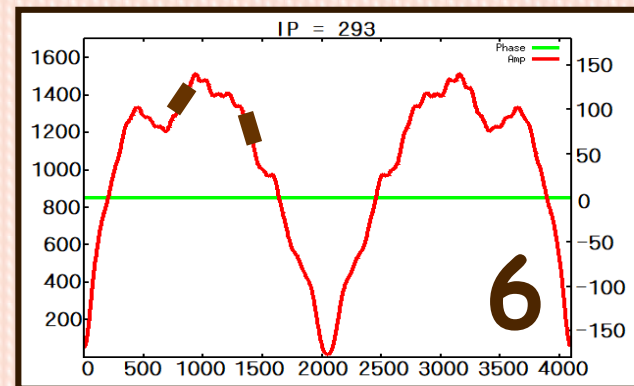
$$\frac{\text{標準偏差}}{\text{平均値}}$$

を求める。

- ・ 2つの 50ch 幅に対して計算した。

-1031 ch – 1080 ch

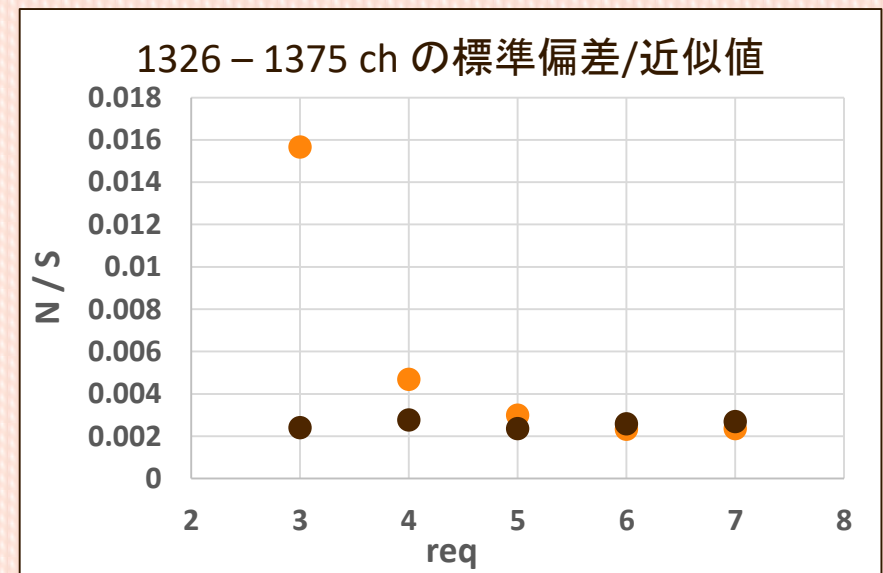
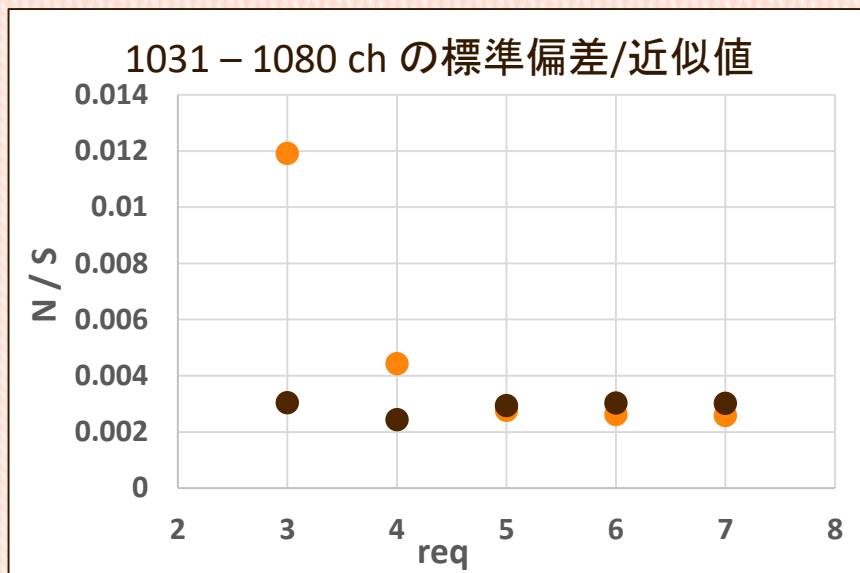
-1326 ch – 1375ch



測定

② req による誤差の評価

- **scal** で出力 16 bit 中に有効な bit を多くしたもの
- **scal** = 0 の結果 (示したスペクトル一覧と同じ場合)



req によって、再量子化の誤差は大きく変わらない
更に...もっと長時間、req = 2 以下追加、バンキアラにより広帯域で

測定

解析中

●入力信号強度は...

- ELによって変化 $\sim 2 \text{ dB}$ (EL=15° からEL=85°)
- 天体信号を入れると増加 $\sim 1 \text{ dB}$ (3C84)

今回は最適と思われる入力信号強度の結果。

この変化分強度を変えて同様の試験をする必要。

(最大強度の天体でうまくいかなければ、校正天体を増やす)

●最終的には、

- 観測時間によるゆらぎ (→観測に必要な時間)
- リニアリティ (→観測できる強度の範囲)

を、相互相関で評価する必要がある



もくじ

- I. 研究目的
- II. 観測システム
- III. 測定
- IV. 今後



今後

- 最適な設定値の確認 〈自己相関〉
 - ELの変化
 - 天体信号に対応できるset_requantizationを調査
- 最適な設定値の決定 〈天体を観測した相互相関〉
 - 観測時間の長さによる調査 (観測に必要な時間)
 - 天体信号の強度による調査 (リニアリティ)
- 観測値から実際の強度の導出方法の確立
- モニター観測化への準備
 - 必要なプログラムの作成
 - 候補天体を探す

ご静聴ありがとうございました。



まとめ



変動する電波連続波源のモニター観測のために
高萩-日立広帯域二素子干渉計を立ち上げよう



数年のテーマ 「安定して観測したい！」

今回のテーマ **相関器の設定を評価しよう**

set_requantizationの値を変えた際の

自己相関スペクトルの変化

- 1000 ch 幅の標準偏差(上限値の影響調査)
- 50 ch 幅の標準偏差(「再量子化誤差」)

測定

結果

5~7を使用可能(入力信号強度が最適な場合)

●適切な設定値の決定

- 入力強度を変えて調査
- (高萩アンテナが動いたら)相互相関で調査

今後

●観測値から実際の強度の導出方法の確立