



# VLBI周波数比較への応用と GALA-Vシステムの開発(I)

関戸衛、岳藤一宏、氏原秀樹、  
ホビガー トーマス、後藤忠広、

藤枝美穂、市川隆一

情報通信研究機構 時空標準研究室

# “Gala-V” とKFC

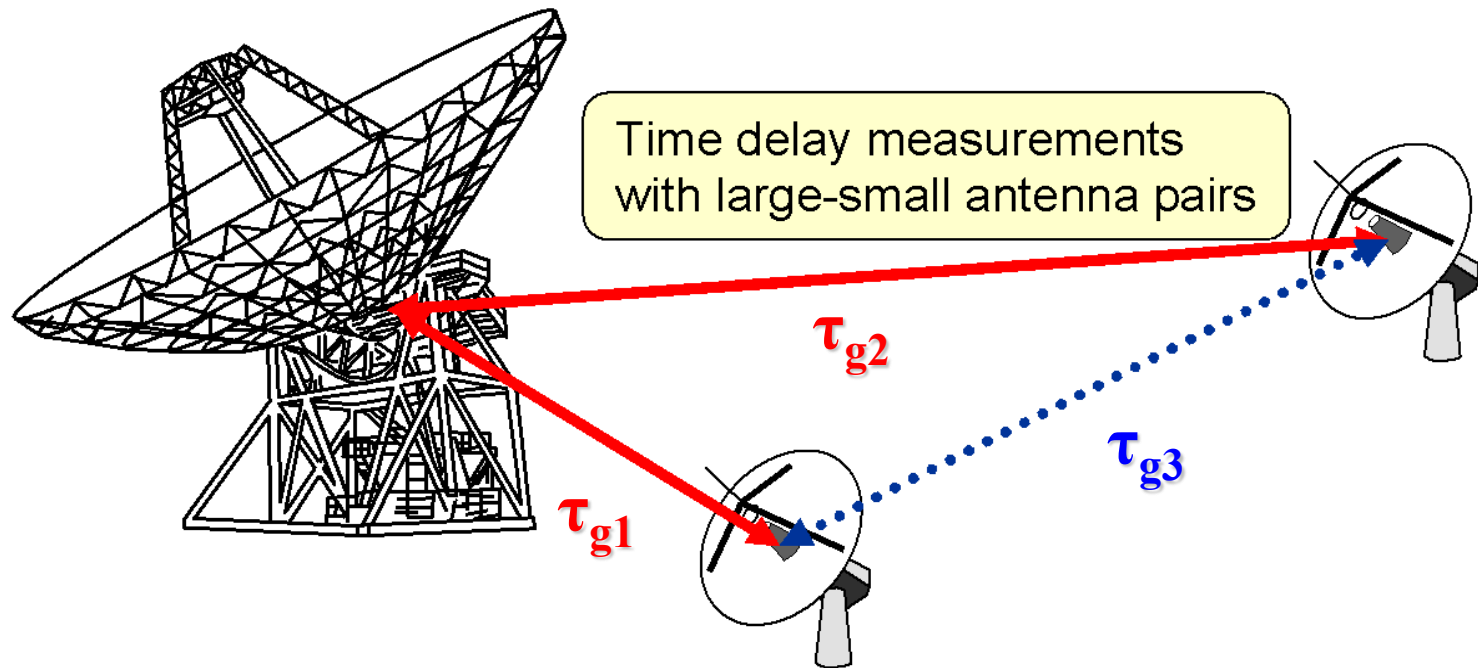
- ガラパゴスVLBI＝特殊進化したVLBI
  - “Galapagos VLBI”, shortly “Gala-V”
- 使用する広帯域フィード：イグアナフィード
  - 入れ子型フィード：イグアナの母とイグアナの娘
- 相関処理システム： KFC
  - **K**ashima **F**lexible **C**orrelator

# 内容＝まとめ

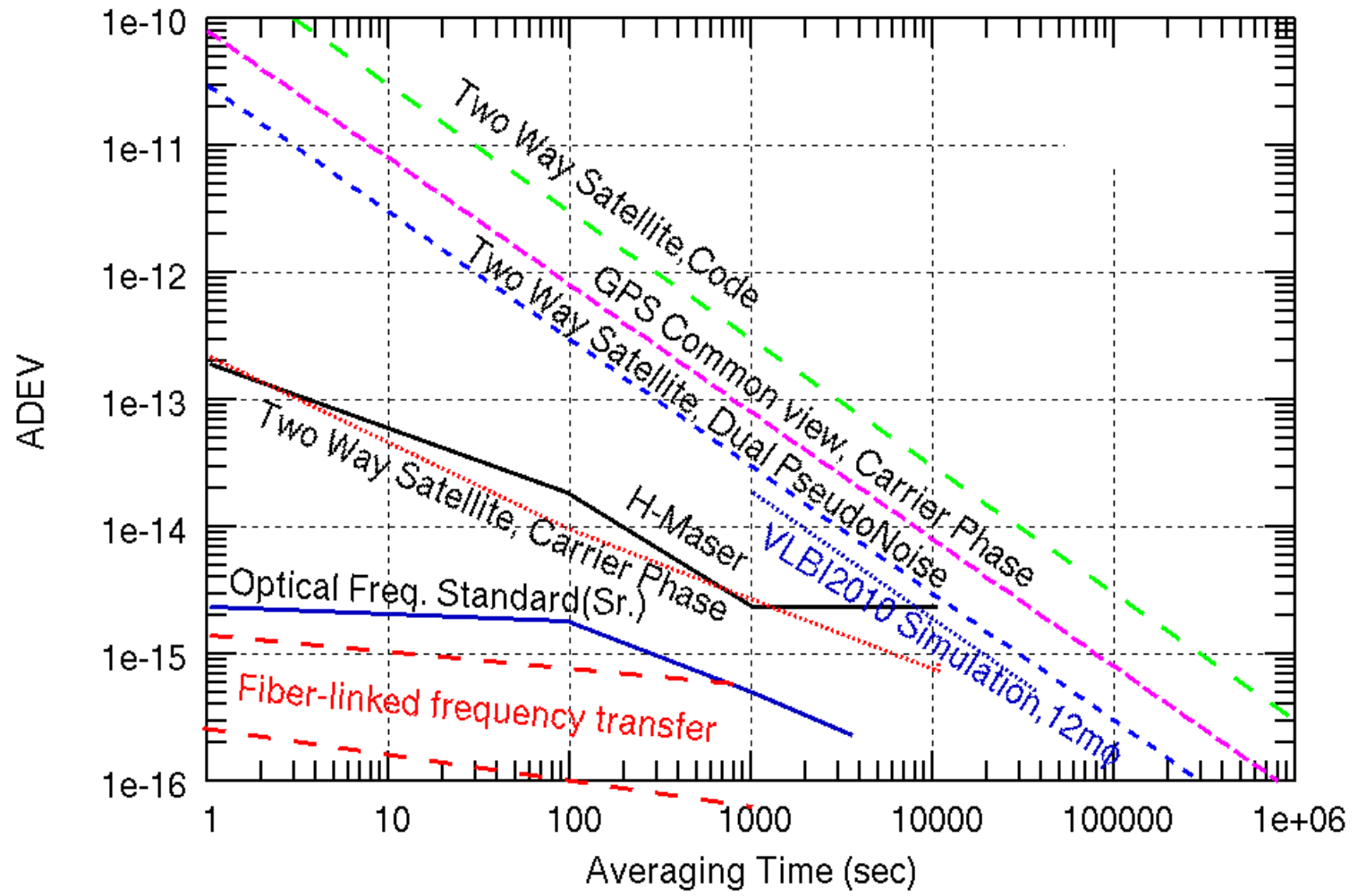
1. NICT VLBI project
2. 電波環境(RFI)調査
3. 周波数帯域の決定(固定)
4. イグアナフィードホーン的设计開発
5. Gala-V sampler データ収集系
6. 相関処理システム
7. 位相校正信号

# VLBI mission in NICT

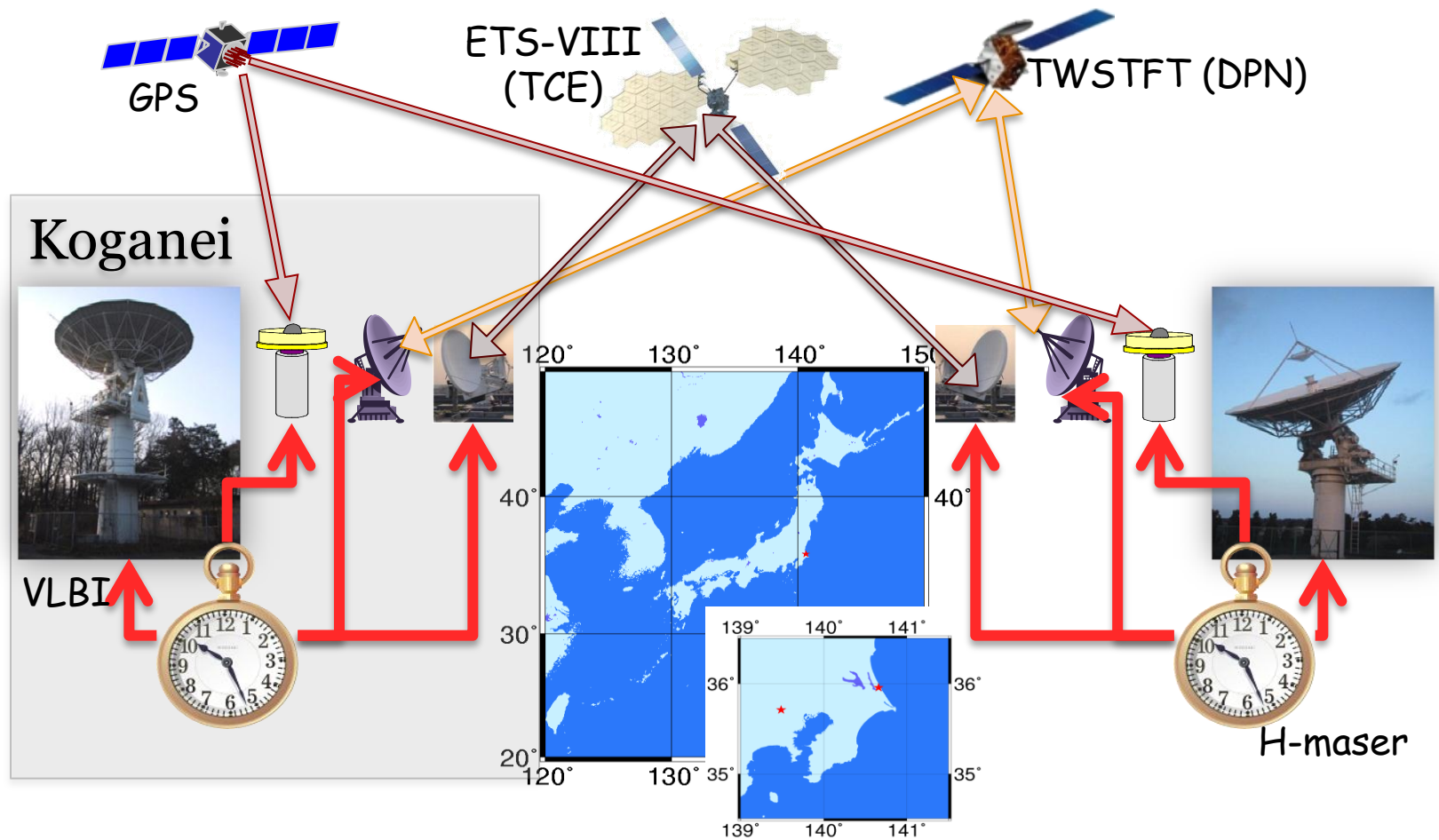
- NICT keeps the National Time Standard of Japan.
- VLBI technology are used for frequency transfer (officially)
- We are also Technical development center (TDC) of IVS, Full ( or semi) compliance to the VLBI2010 is required.



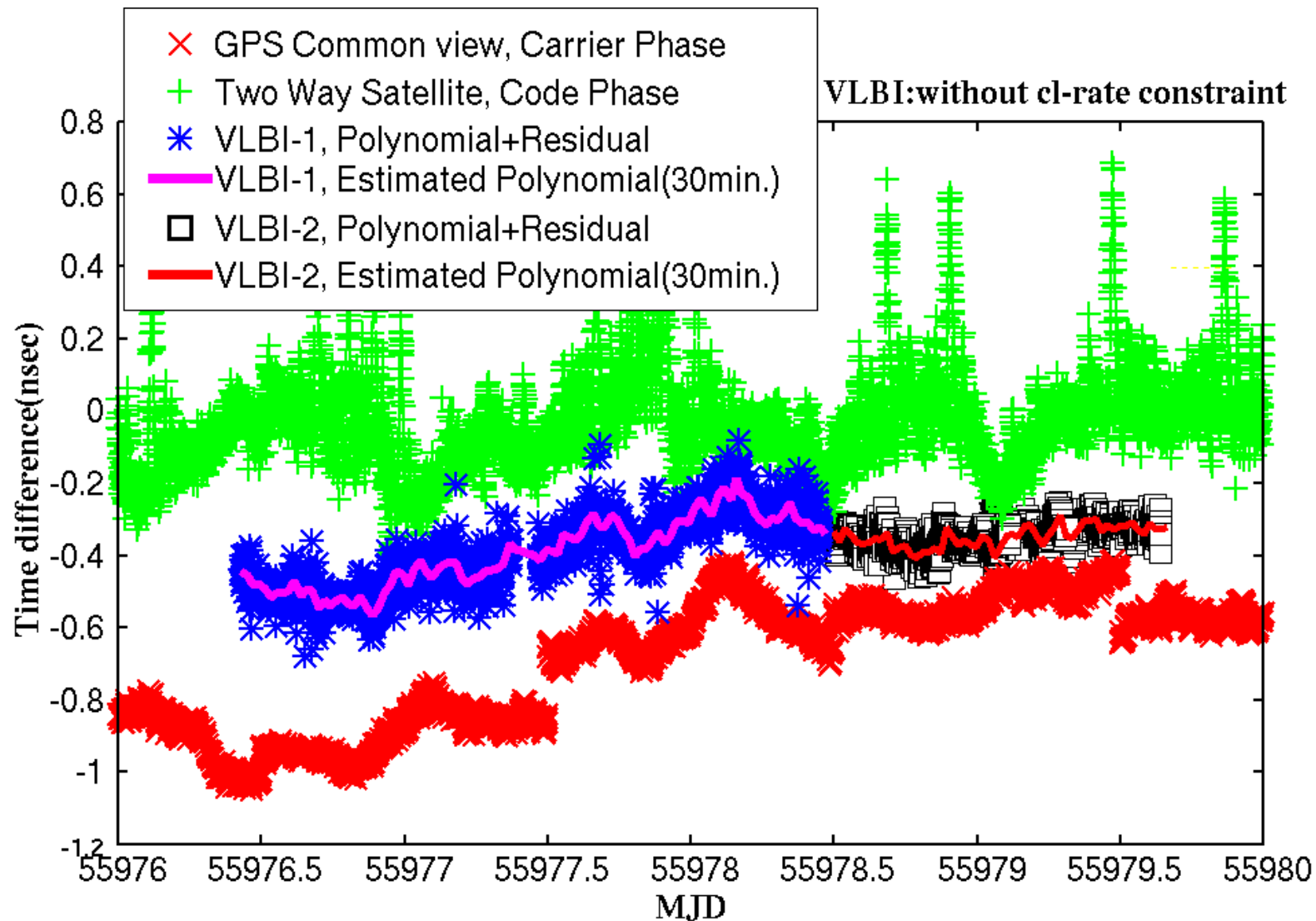
# 長距離間の周波数比較技術



# 鹿島一小金井間での 比較実験



# 衛星双方向、GPS、VLBIの比較



# 大型アンテナと 1.5m VLBI antenna の組み合わせによる周波数伝送



1.5m compact antenna



Kashima 34m antenna

- **感度改善と遅延計測精度向上**のため、VLBI2010に準拠した広帯域観測システム(2-14GHz中の1GHz x 4band x 2偏波)
- VLBI2010仕様のアンテナ(GSI、ドイツ、スペイン、米国)などとの共同観測も可能。

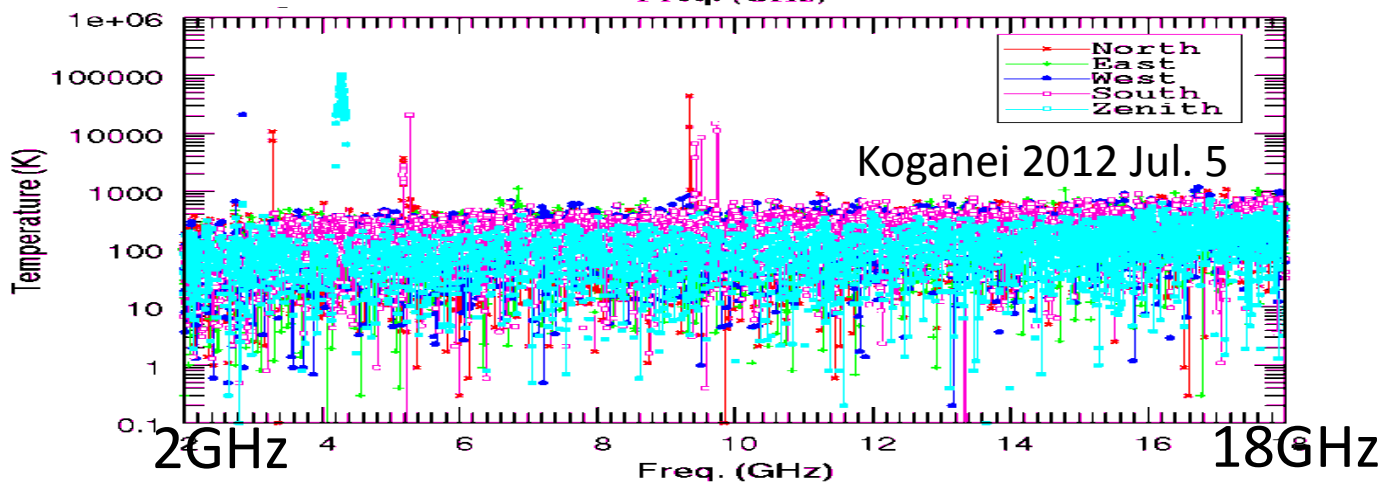
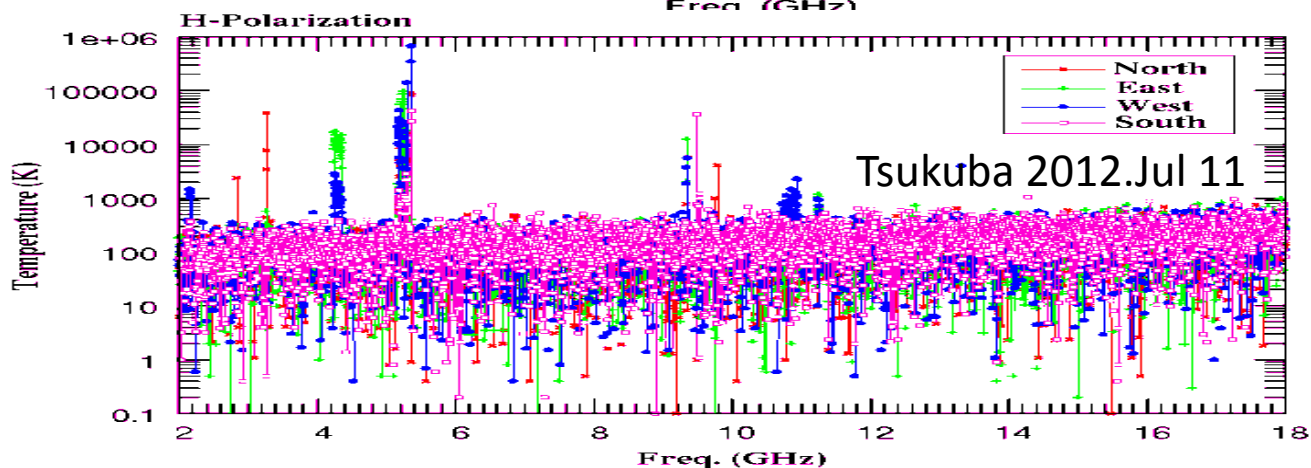
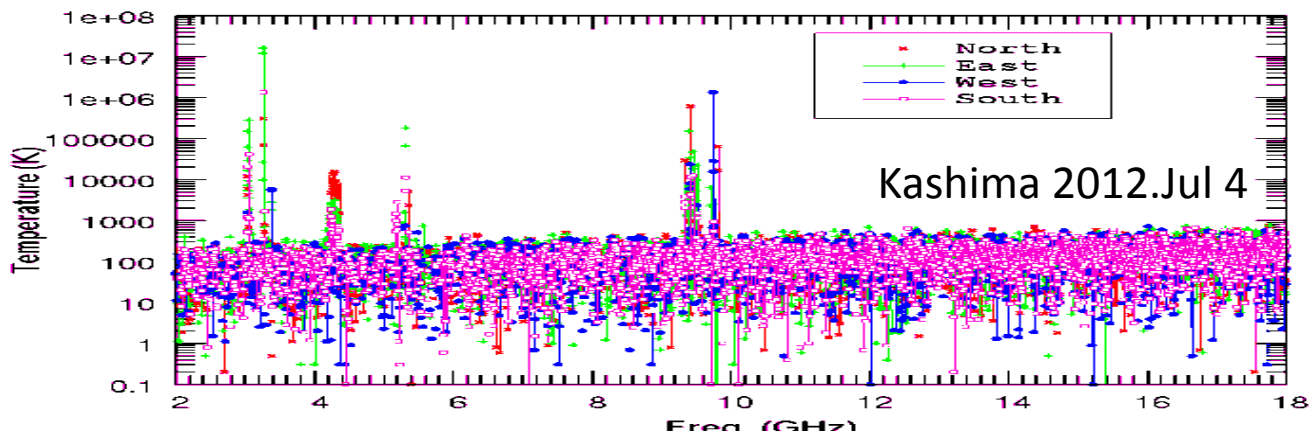


# 電波環境 (RFI) 調査

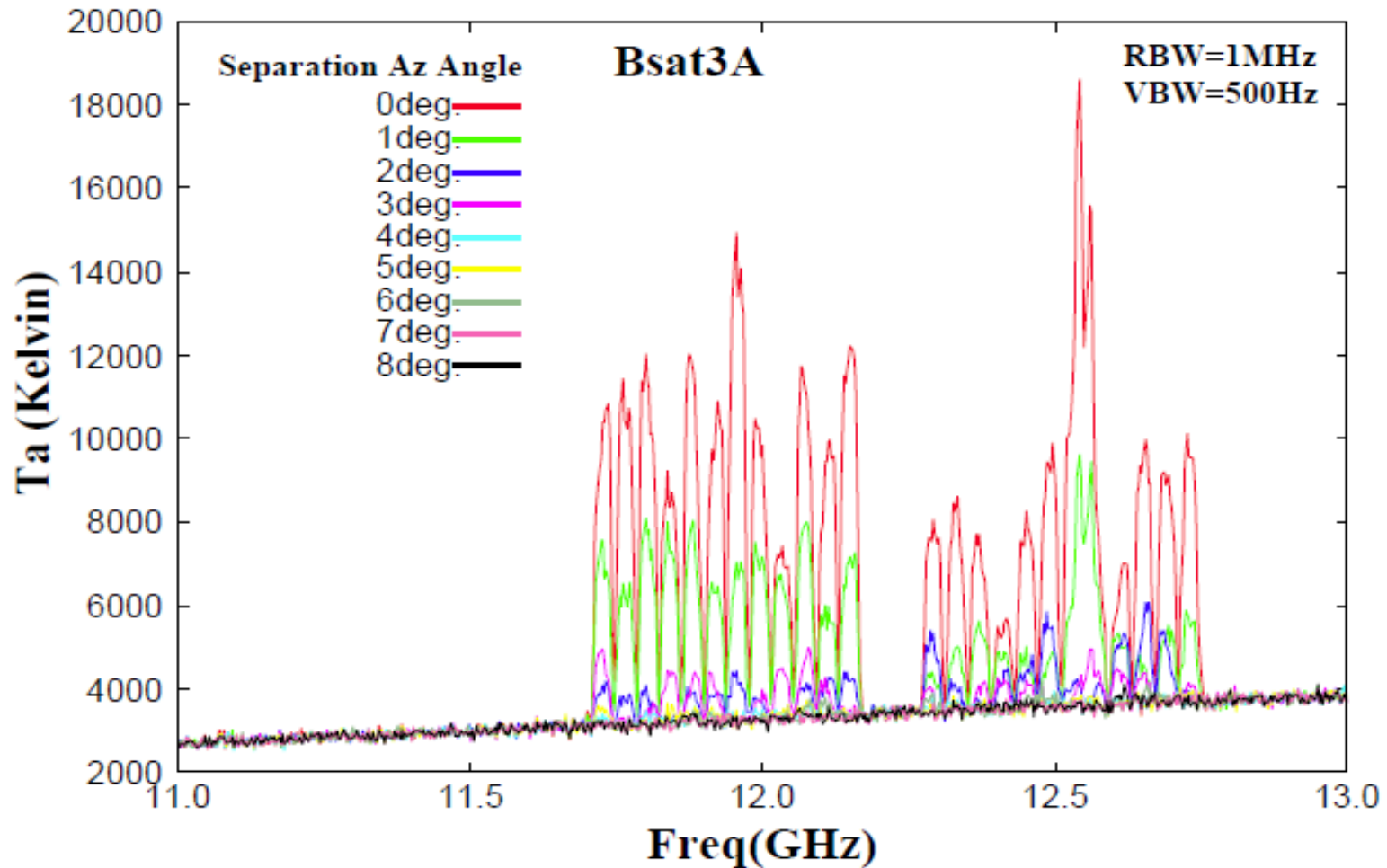
# RFI Survey 2-18GHz



With 3GHz HPF  
before the LNA



# 衛星放送の離角調査 with 1.5m antenna

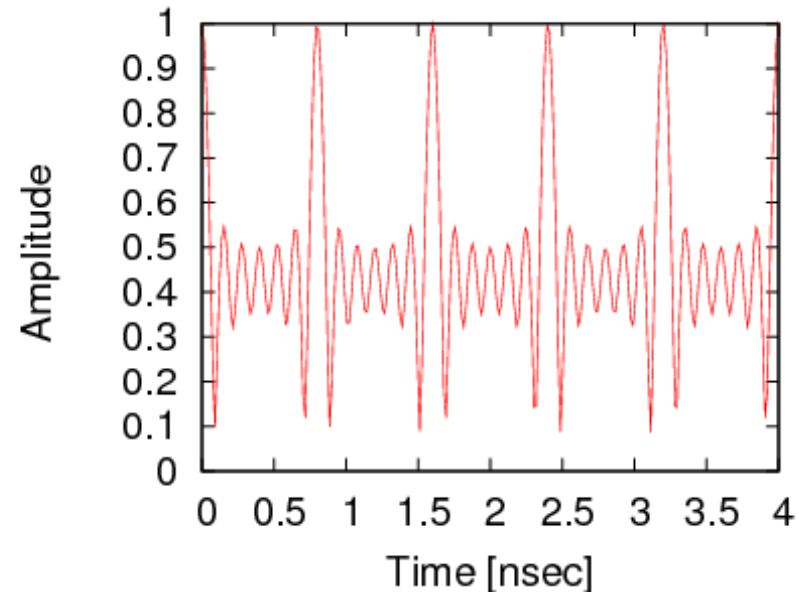


# RFI の調査結果

- 3GHz 以下の周波数はきわめて強いRFIが存在する。
- 3GHz以上では、4.2-4.35GHz, 5.3-5.4GHz, 9.3-9.6GHzのRFIを除く必要がある。
- 衛星放送の周波数11-13GHzが離角8度以内で入ってくる。

# 観測周波数帯の選択・決定

- VLBI2010仕様: 2-14GHzの任意の周波数を選択可能
  - 予算・開発時間の制約から我々は周波数を固定することを選択
    - 2013年試験観測、2014年実用観測・改善、2015年実用化
- 考慮した点
  - RFI 調査結果と通信・放送衛星の周波数
  - よい遅延分解関数(バンド幅合成)
    - ゼロ冗長配列

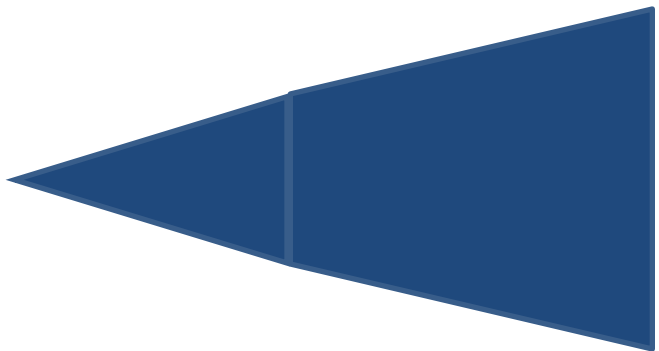


# ゼロ冗長配列の周波数案

Separation (MHz) Ambiguities(ps)	Ratio of 1:3:2 [GHz]	Ratio of 2:3:1 [GHz]
1000MHz(1000ps)	3.0 4.0 7.0 9.0	3.0 5.0 8.0 9.0
1250MHz(800ps)	3.0 4.25 8.0 10.5	3.0 5.5 9.0 10.5
1500MHz(666.66ps)	3.0 4.5 9.0 12.0	3.0 6.0 10.5 12.0
1600MHz(625ps)	3.0 4.6 9.4 12.6	3.0 6.2 11.0 12.6
2000MHz(500ps)	3.0 5.0 11.0 15.0	3.0 7.0 13.0 15.0

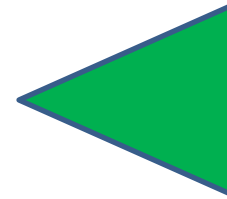
- 4チャンネルの場合のゼロ冗長配列の間隔は  
-1:3:2 or 2:3:1

# 入れ子のフィードとは？



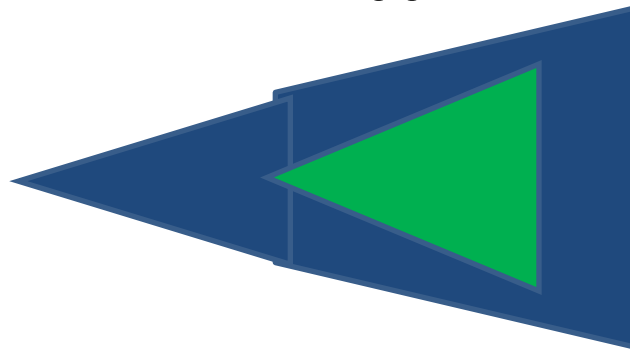
低周波側を受信する母ホーン

+



=





高周波側を受信する娘ホーン



低周波、高周波をカバーする入れ子型ホーン

# Narrow down the candidates...





Ambiguities	1:3:2 [GHz]	2:3:1 [GHz]
1000MHz (1000ps)	<del>3.0 4.0 7.0 9.0</del>	<del>3.0 5.0 8.0 9.0</del>
1250MHz (800ps)	<del>3.0 4.25 8.0 10.5</del>	<del>3.0 5.5 9.0 10.5</del>
1500MHz (666.66ps)	<del>3.0 4.5 9.0 12.0</del>	<del>3.0 6.0 10.5 12.0</del>
1600MHz (625ps)	<del>3.0 4.6 9.4 12.6</del>	<del>3.0 6.2 11.0 12.6</del>
2000MHz (500ps)	<del>3.0 5.0 11.0 15.0</del>	<del>3.0 7.0 13.0 15.0</del>

-  Physical structure limitation of the feed horn
-  LNA bandwidth limitation for the compact antenna 4-14GHz
-  Float number Ambiguities
-  Signal of Satellite in 11-13GHz



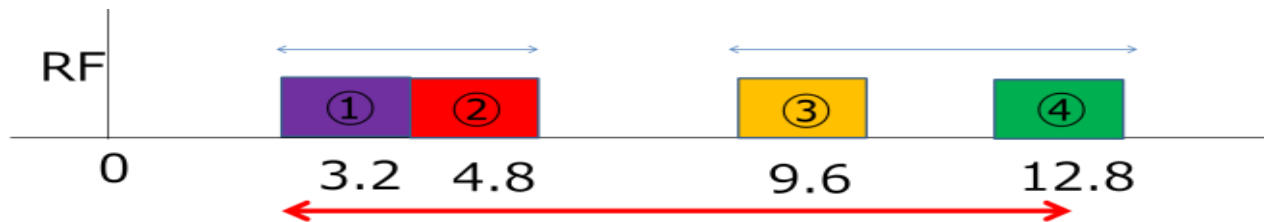
# Just small shifted...

Ambiguities	1:3:2 [GHz]	
1600MHz (625ps)	3.0 4.6 9.4 12.6	→ 3.2 4.8 9.6 12.8

-  Physical limitation by the feed horn
-  LNA bandwidth for the compact antenna 4-14GHz
-  Float number Ambiguities
-  RFI bandwidth from Satellite 11-13GHz

# We decided Fixed quad-band channels

- 3.2GHz, 4.8GHz, 9.6GHz and 12.8GHz
- Center freq: 4.0, 5.6, 10.4 and 13.6GHz

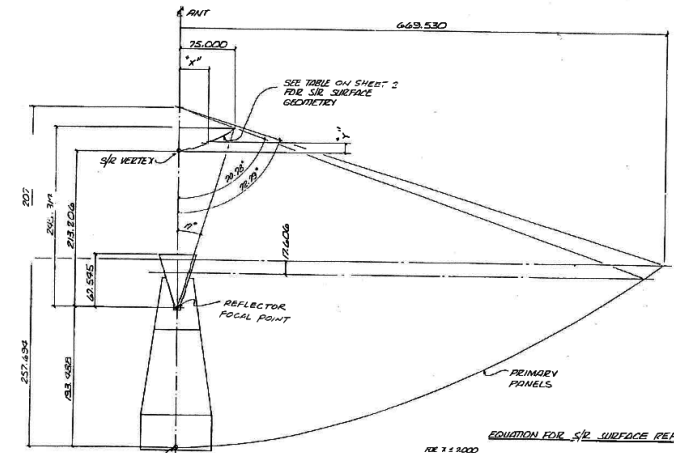


**Allocation of the fixed frequency channel of Gala-V.**

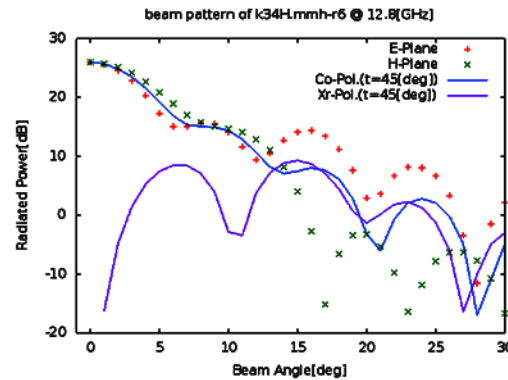
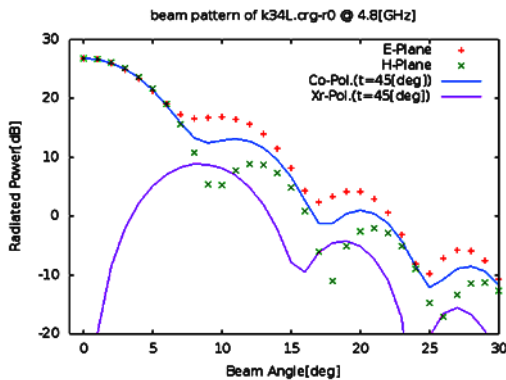
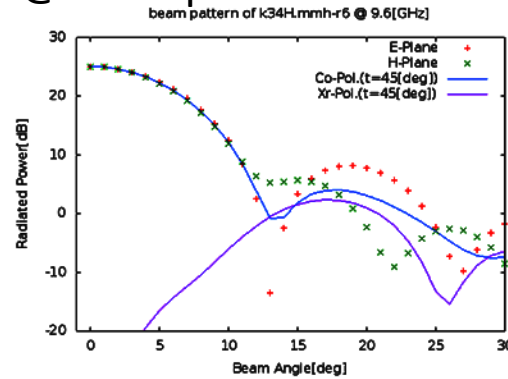
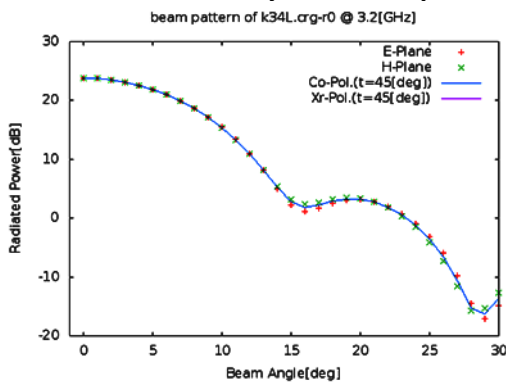
**We started the development !**

# The Gala-V の “イグアナ” フィード.

- イグアナの母 (Colgate horn): ~ 3 – 7GHz
- イグアナの娘 (Multi-mode horn): ~ 9 – 15GHz
- HPBW ~ 10 degree for 34m antenna
- 2 linear polarization output



Preliminary beam pattern @ 13-Sep.



NOTES  
1. FOR ADDITIONAL COORDINATES OF SUB-REFLECTOR  
CONTINUE USE EQUATION  
2. 5.8 REFLECTOR GEOMETRY GENERATED FROM  
NARS 2.4.5 ROUTINE.

EQUATION FOR SURFACE REF  
FOR X = 30000  
Y = 118.0714 + 1.000000Y + (4.199000E-05) \* (1.000000E-05) \* 20.0000  
A1 \* X - 10000 REF: 2.000 \* X + 0.0000  
Y = 118.0714 + 1.000000Y + (1.000000E-05) \* (1.000000E-05) \* 20.0000  
A1 \* X - 10000 REF: 0.0000 \* X + 0.000000  
Y = 118.0714 + 1.000000Y + (1.000000E-05) \* (1.000000E-05) \* 20.0000  
A1 \* X - 10000 REF: 0.0000 \* X + 0.000000  
Y = 118.0714 + 1.000000Y + (1.000000E-05) \* (1.000000E-05) \* 20.0000  
A1 \* X - 10000 REF: 0.0000 \* X + 0.000000  
Y = 118.0714 + 1.000000Y + (1.000000E-05) \* (1.000000E-05) \* 20.0000  
A1 \* X - 10000 REF: 0.0000 \* X + 0.000000

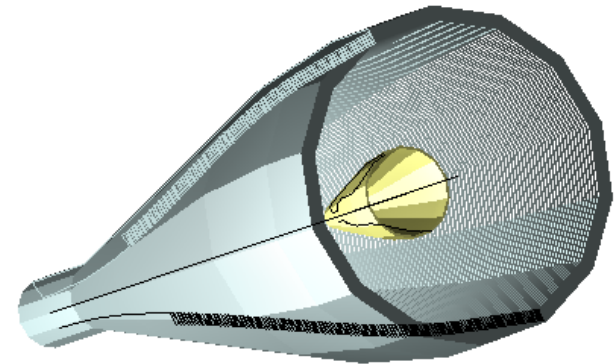
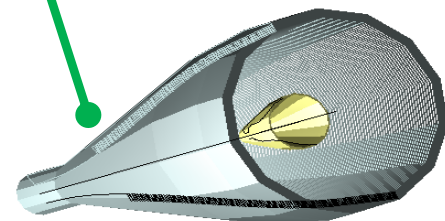


Image of Iguana feed  
By Ujihara-san

# イグアナフィードの鹿島34mへの搭載

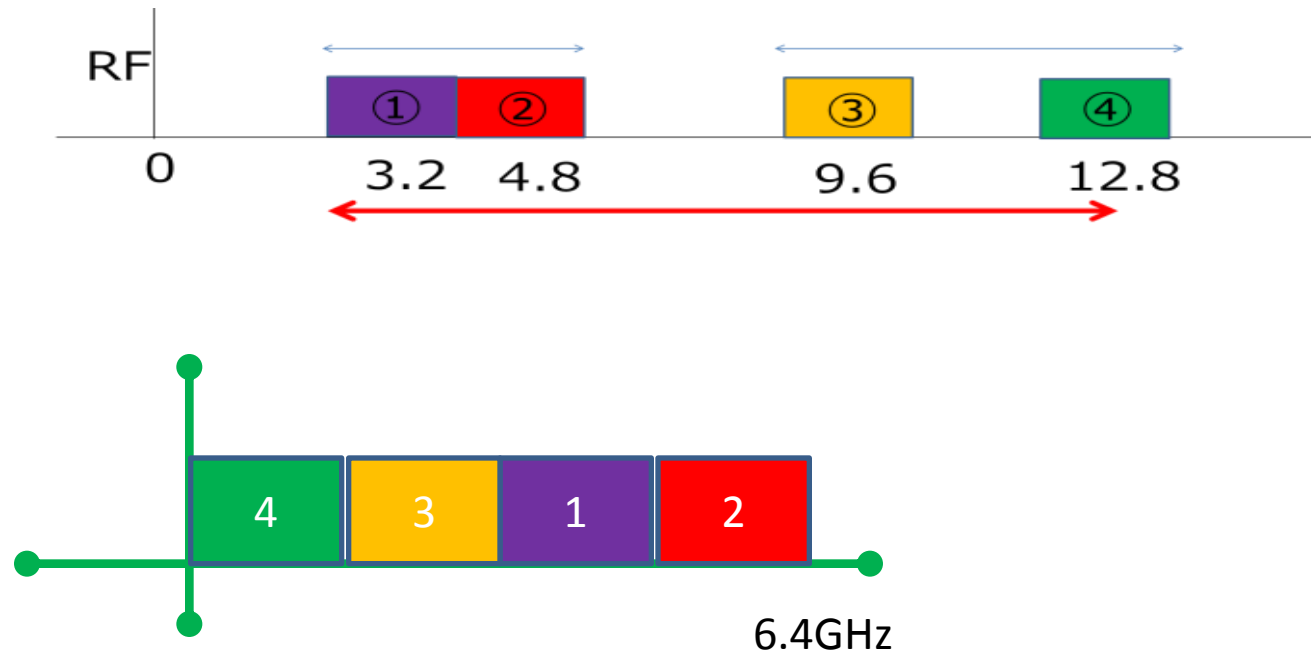


従来の 5/10GHz 受信機を Gala-V受信機へ.

S/X 受信機はそのまま使えるので、従来観測に影響なし  
来年4月頃搭載設置予定。

# 高速A/Dサンプラー

The sequence has an advantage in sampling !  
In case of **12.8GHz** sampling



- All channels align in 6.4GHz band without any frequency conversions by PLOs and mixers.
- All four channels can sample at the same time!

# New Gala-V sampler

- Prototype Model : ADX840
- Maximum 16Gsps \* 3bit \* 2ch
- 12.8Gsps, 6.4Gsps and 3.2Gsps
- 3.2Gbps(BW=1600MHz) output for Gala-V
- 2Gbps(BW=1024MHz) output for compatibility
- Four 10GbE outputs
- **Single sampler gets all 4bands\*2pols!!!**



Old model ADX831

# 高速相関処理システム

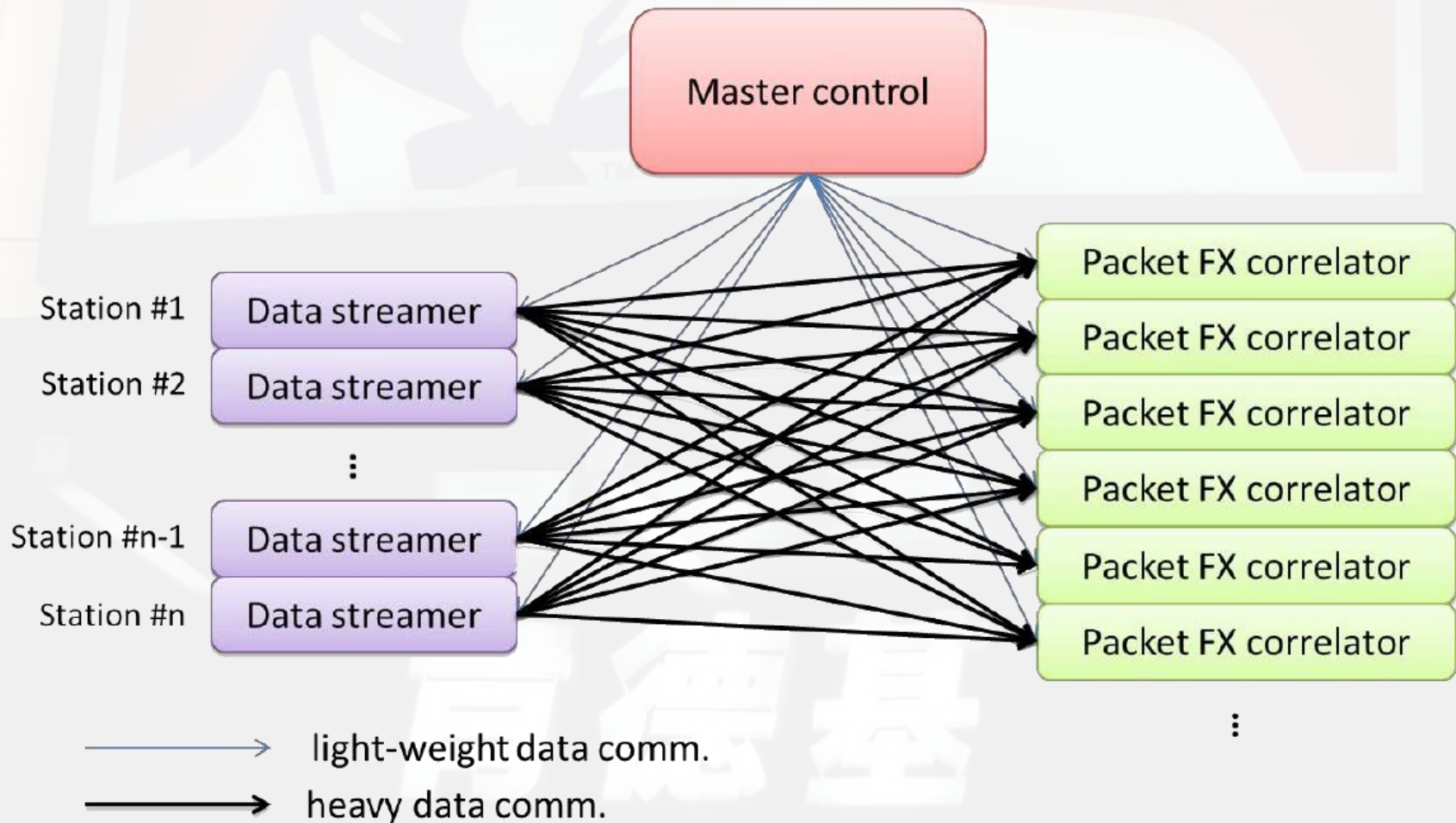


# 従来の100倍のデータ処理量

- 観測帯域幅
  - 256MHz → 4GHz x 2pol (感度4-5倍)
- データレート
  - 512MHz → 2Gbps x 4ch x 2pol = 16Gbps (64倍)
- データ処理(2偏波)
  - 2 pol x 2 pol → 4倍の相関処理量
- データ処理量:
  - 従来の 64x4=256倍の処理量!

# KFC: Kashima Flexible Correlator

*KFC concept:*



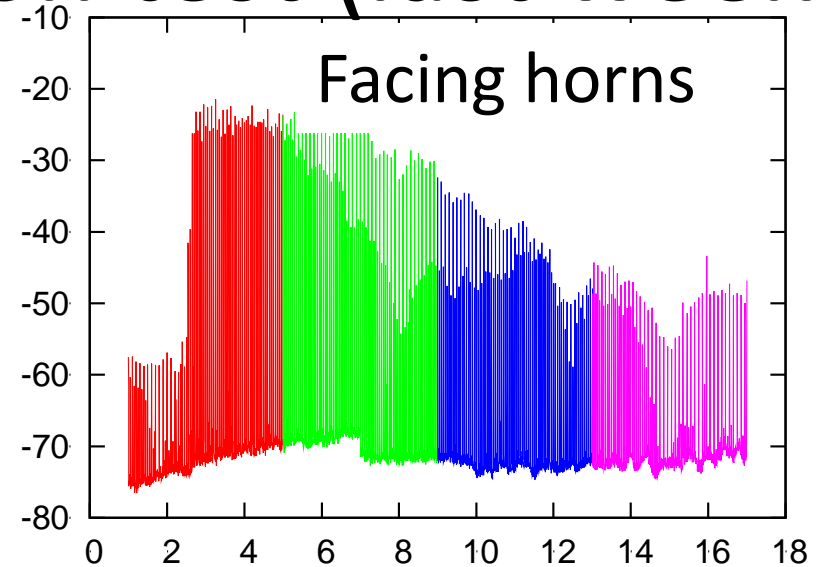
ありがとうございました。

# Phase-cal emission test (last week)



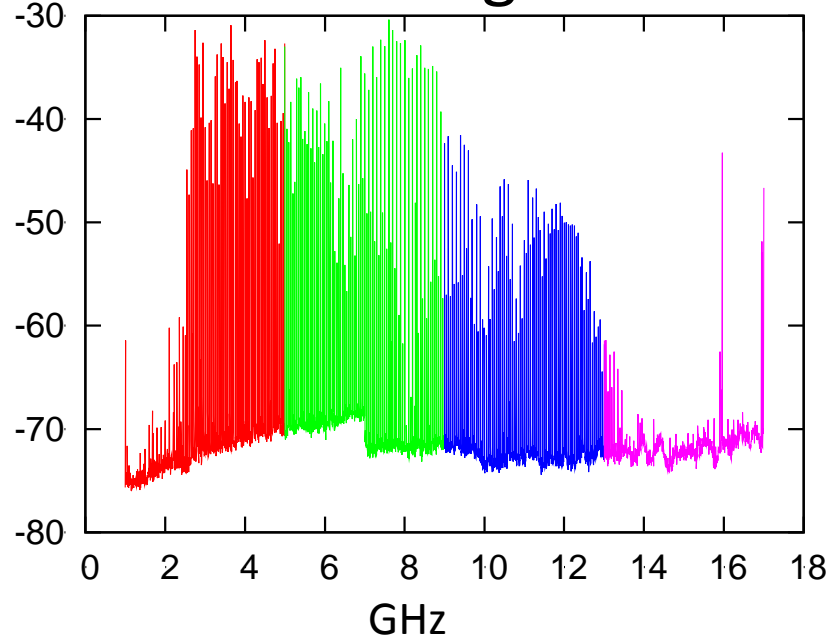
broadband receiver

dBm



Reflecting from the wall

dBm



Digital Phase-cal