

国立天文台における SKA計画技術検討

国立天文台 水沢VLBI観測所

河野裕介 + EWG

- VLBI
- Band 5c/B
- AIV
- (SKA2 相関器)

• 情報更新

- 6月 SKAO 小林、赤堀
- 10月 CSIRO 赤堀
- 11月 SKAO 小林、河野
- 各種テレコン

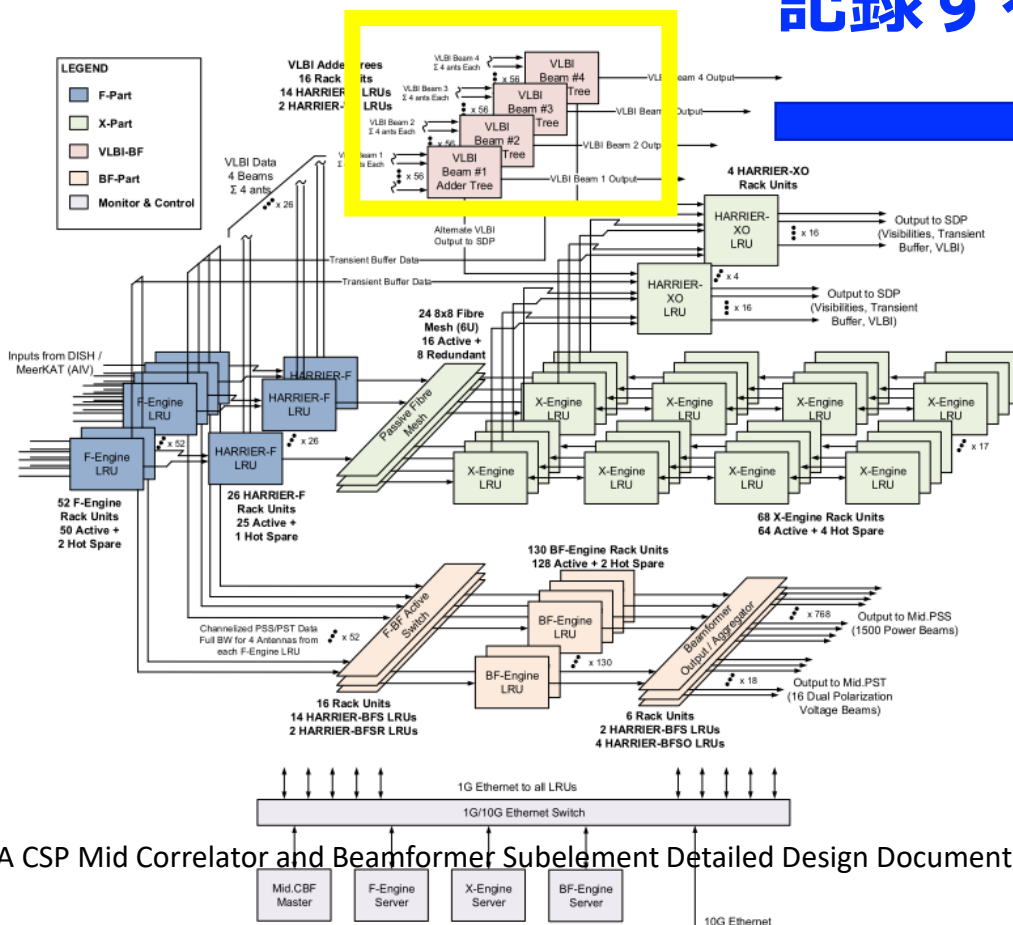




• CSP(相関器)にVLBI用フェイズアップモジュールがある

記録する

例 OCTADISK2 or 3



VSREC (鈴木, 小山+)



- **ビットレート : 32~80Gbps**

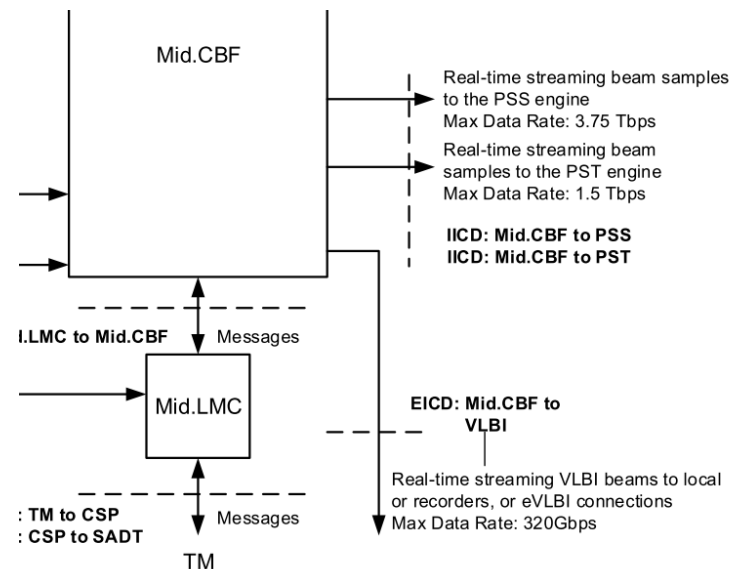
- 4ビーム x 5Gbps

- x 2 pol x 2bit = 80Gbps

- x 2 pol x 16bit = 640Gbps

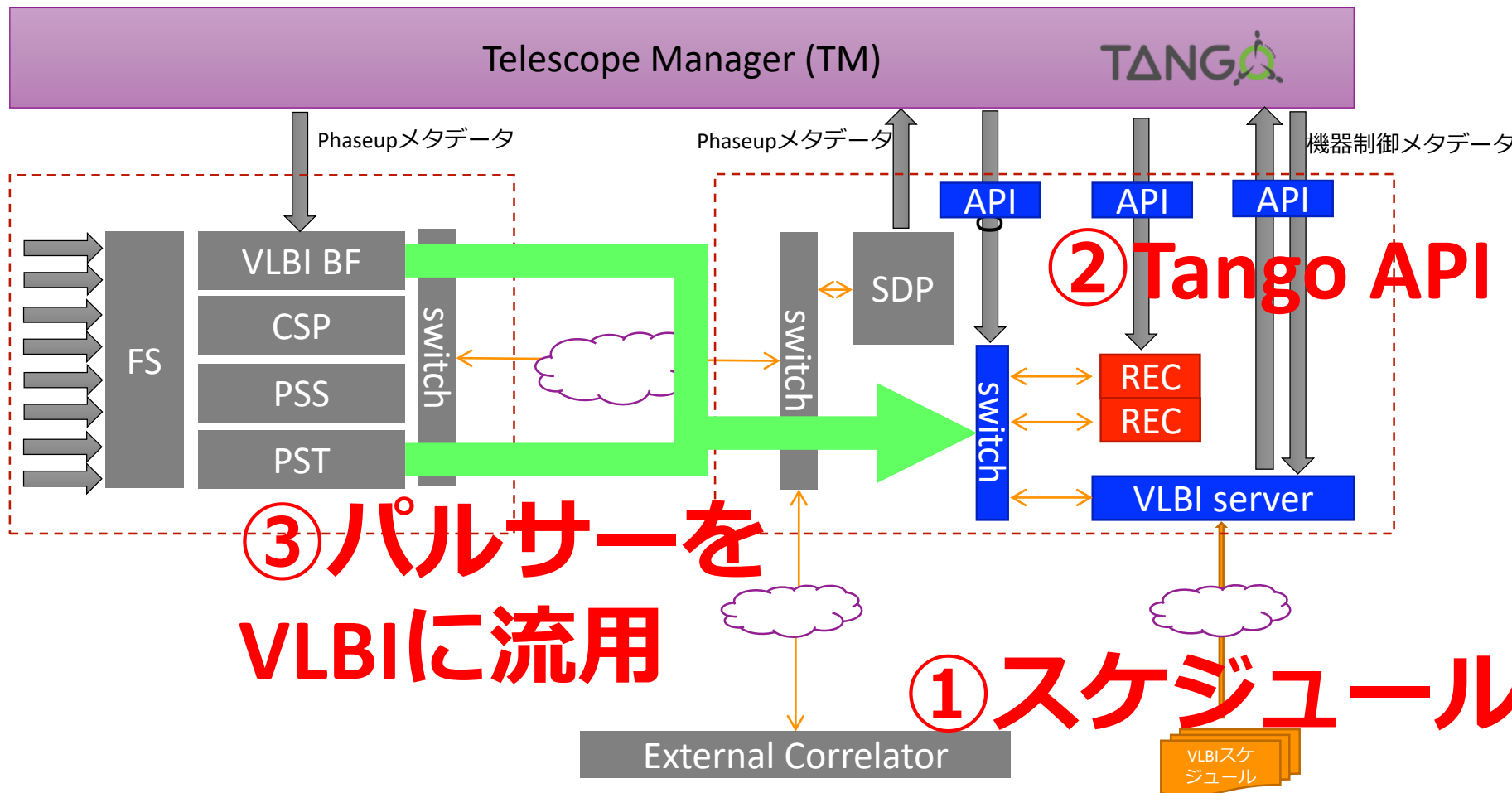
- **複数のモジュールで記録**

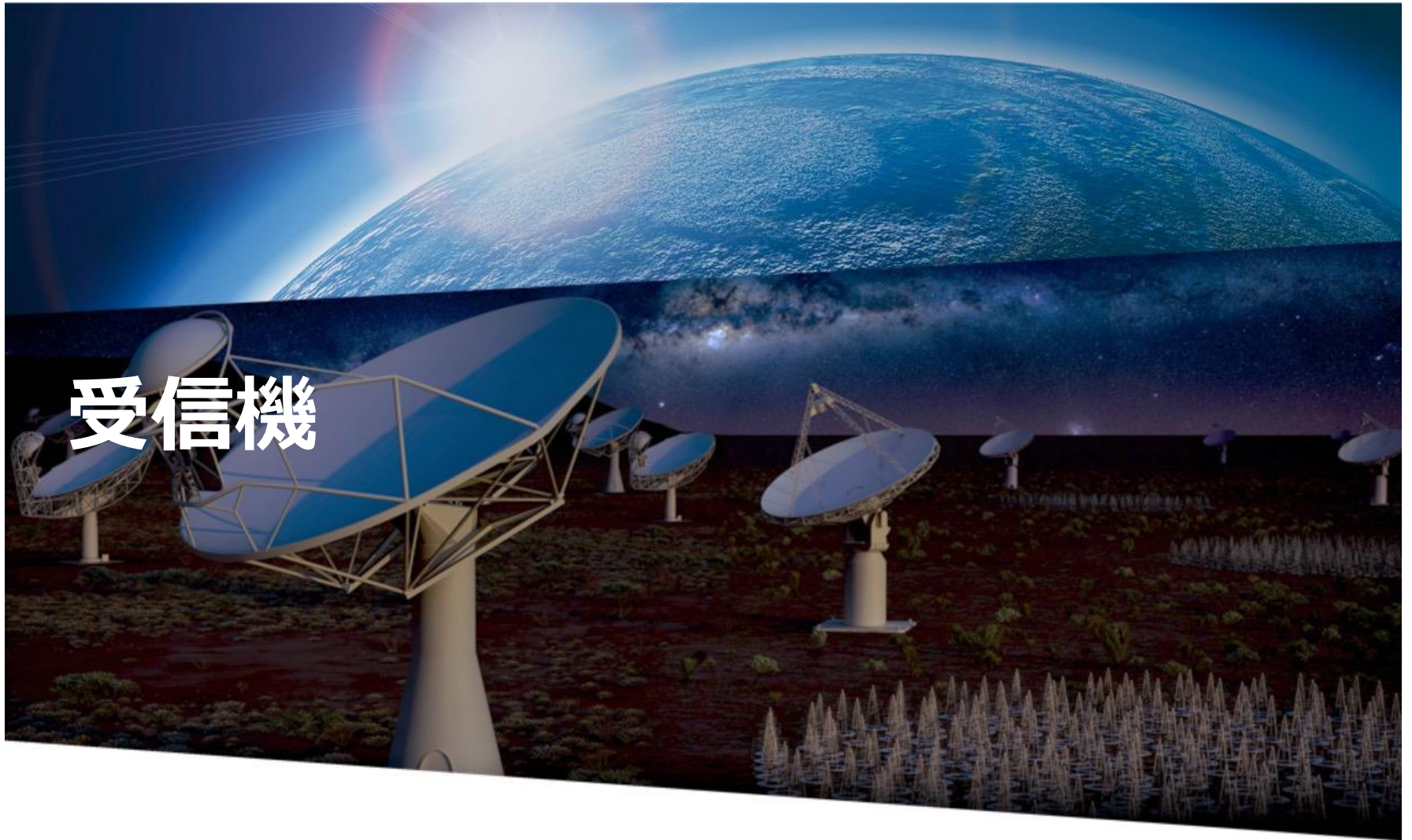
- **記録データをネットワーク伝送**



Mid.CBF External Interfaces

- ① VLBIスケジュール変換
- ② TANGOによるVLBIシステム運用系開発
- ③ 初期運用でのVLBI評価
- ④ レコーダ





受信機

• SKAバンド

- 1: 350 -1050 MHz
- 2: 950 -1760 MHz
- 3: 1.65 -3.05 GHz
- 4: 2.8 -5.2 GHz
- 5a: 4.6 - 8.5 GHz 67台
- 5b: 8.3 - 15.3GHz 67台
- **5c: 14-24*GHz** 67台

BandB:

4.6

-

24

GHz

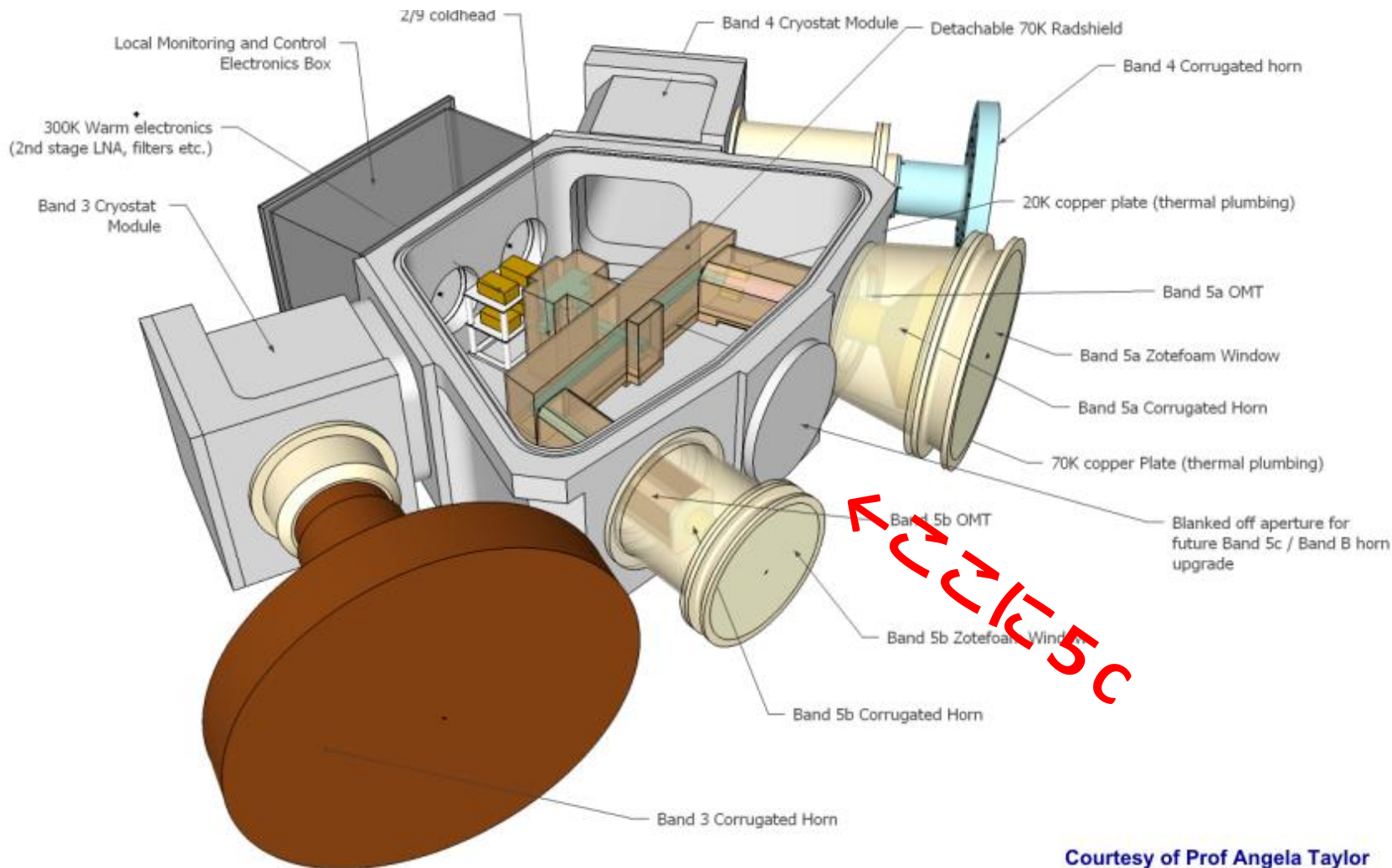
66台



<https://www.skatelescope.org/>

* 周波数は正式ではない

Band 5c クライオスタット



Courtesy of Prof Angela Taylor

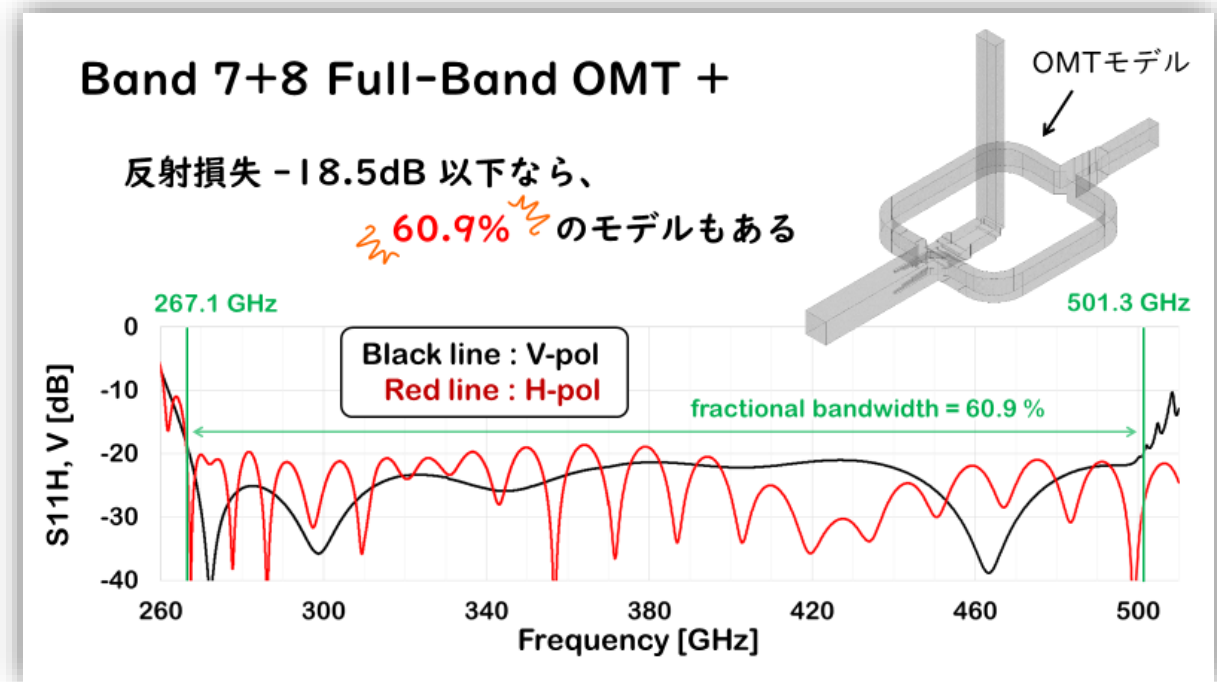
• 5a, bのホーン、OMT

SKA PDR資料より

• Hasegawa+2017

- 270-500 GHz

長谷川+2017



• Kimura+2018

- 現在設計中
- Axially corrugated horn
 - Champによる設計最適化中
 - SKAOのGRASPモデルとも統合済み AE req.65%前後

• 仕様

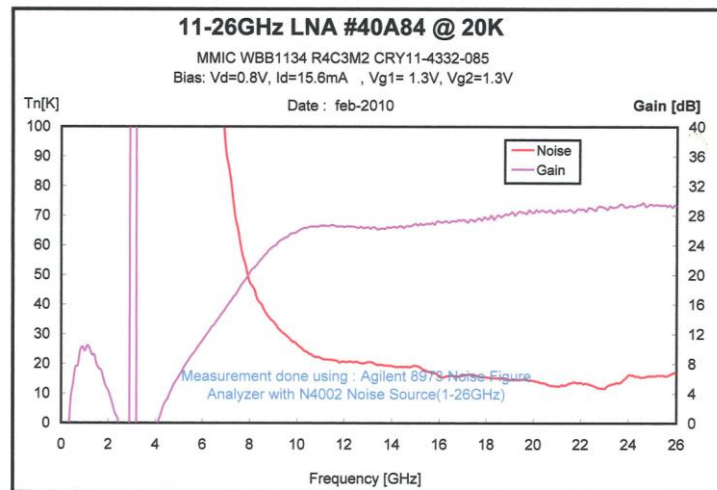
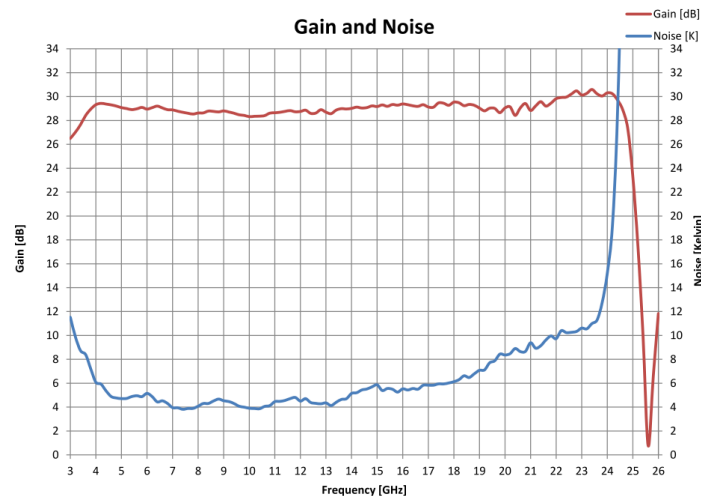
- Trx ~10K

• 候補

- Low Noise Factory
- CMT
- 富士通研究所
 - 常温 InP HEMT

described below. The noise temperature of a HEMT is described by the Pospieszalski equation [8]:

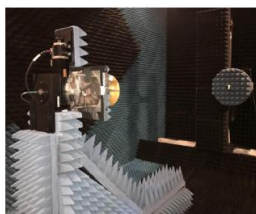
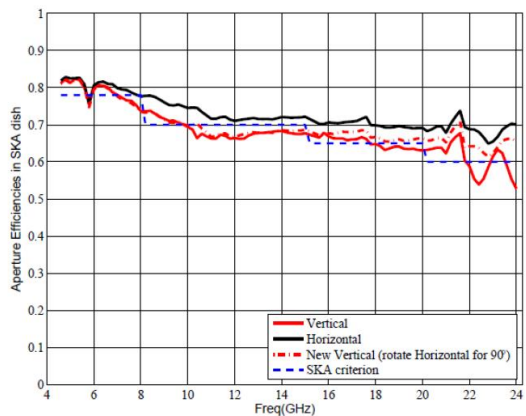
$$T_{min} \approx 2 \frac{f}{f_t} \sqrt{R_t T_g G_{ds} T_d} \quad (1)$$



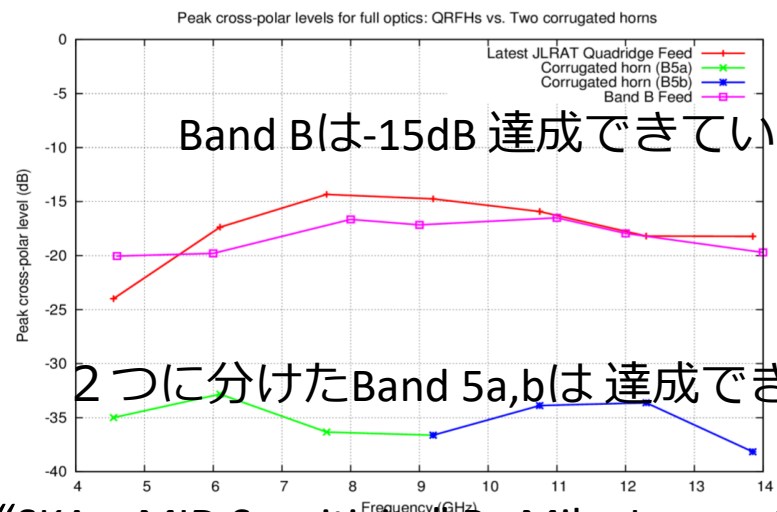
• Oxford, Chalmers (Yang+2016)

開口能率

Band B Feed Efficiency in SKA dish
 calculated from measured beam patterns



Band B 偏波特性
 Spec: IXR < 15dB



Band Bは-15dB 達成できていない

2つに分けたBand 5a,bは達成できる

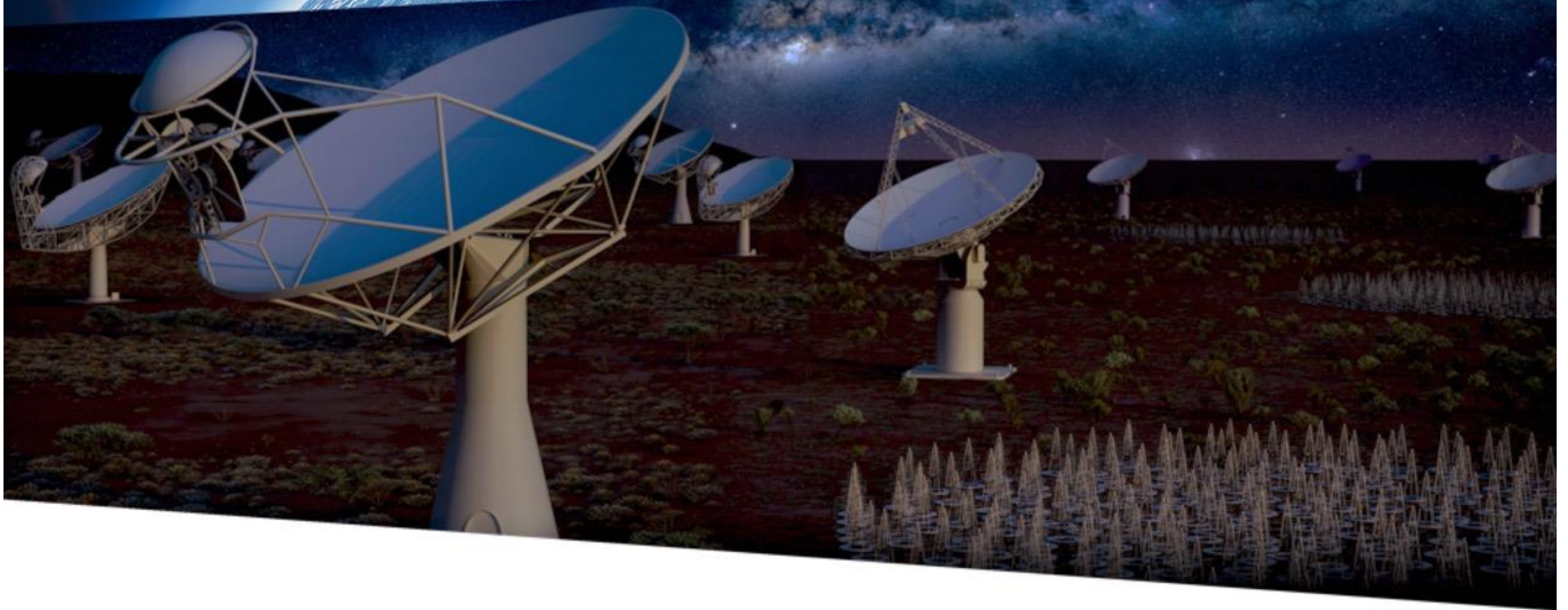
“SKA – MID Sensitivity” By Mike Jones+ 2016

- **ダウンコンを製造する必要**
 - フロントエンド部に10MHzREFがない
- **Samplerはindexer samplerをシェア**

indexer sampler

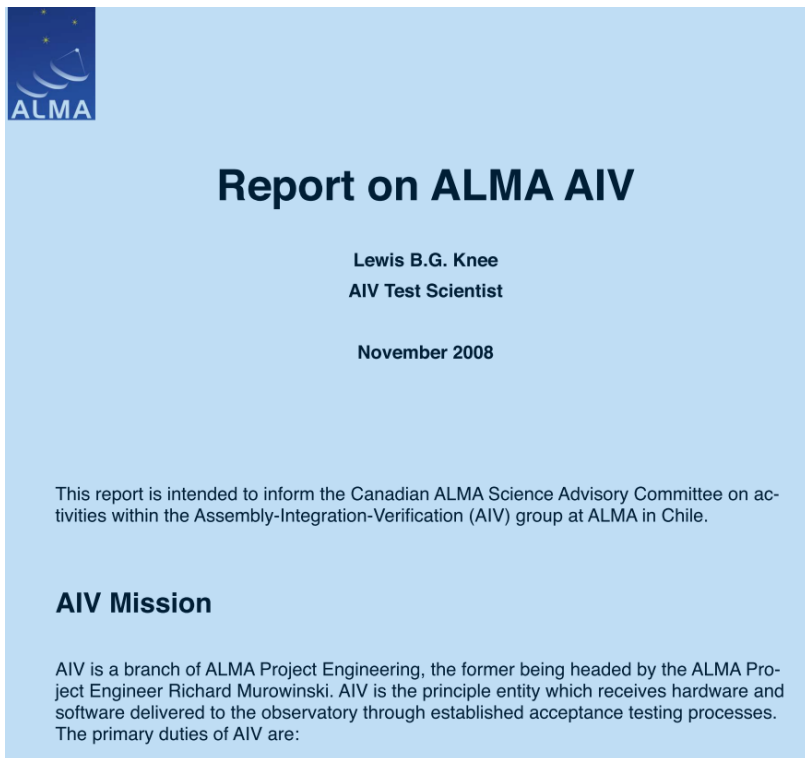
AIV

Assembly-Integration-Verification



• Assembly-Integration-Verification

- タイミング
- 国内VLBI立ち上げの経験、ALMAでの経験



Array Assemblyの展開

- ITF @Geraldton
- AA1 18
- AA2 64
- AA3 256
- AA4 512 stations



Buildings - SKA1 Low CPF



27

- AIV基本文書を入手（10月）
- EWGリーダ青木さん+NAOJで読み込む
- SKAOと議論(11月)



INTEGRATION AND VERIFICATION PLAN FOR SKA1_LOW

Document numberSKA-TEL-AIV-4430001
 ContextSE-DIVP-PLN
 Revision..... 2
 AuthorsM.J. Hayes, A. Ahmed and A. MacLeod
 Date 2018-06-19
 Document Classification UNRESTRICTED
 Status Released



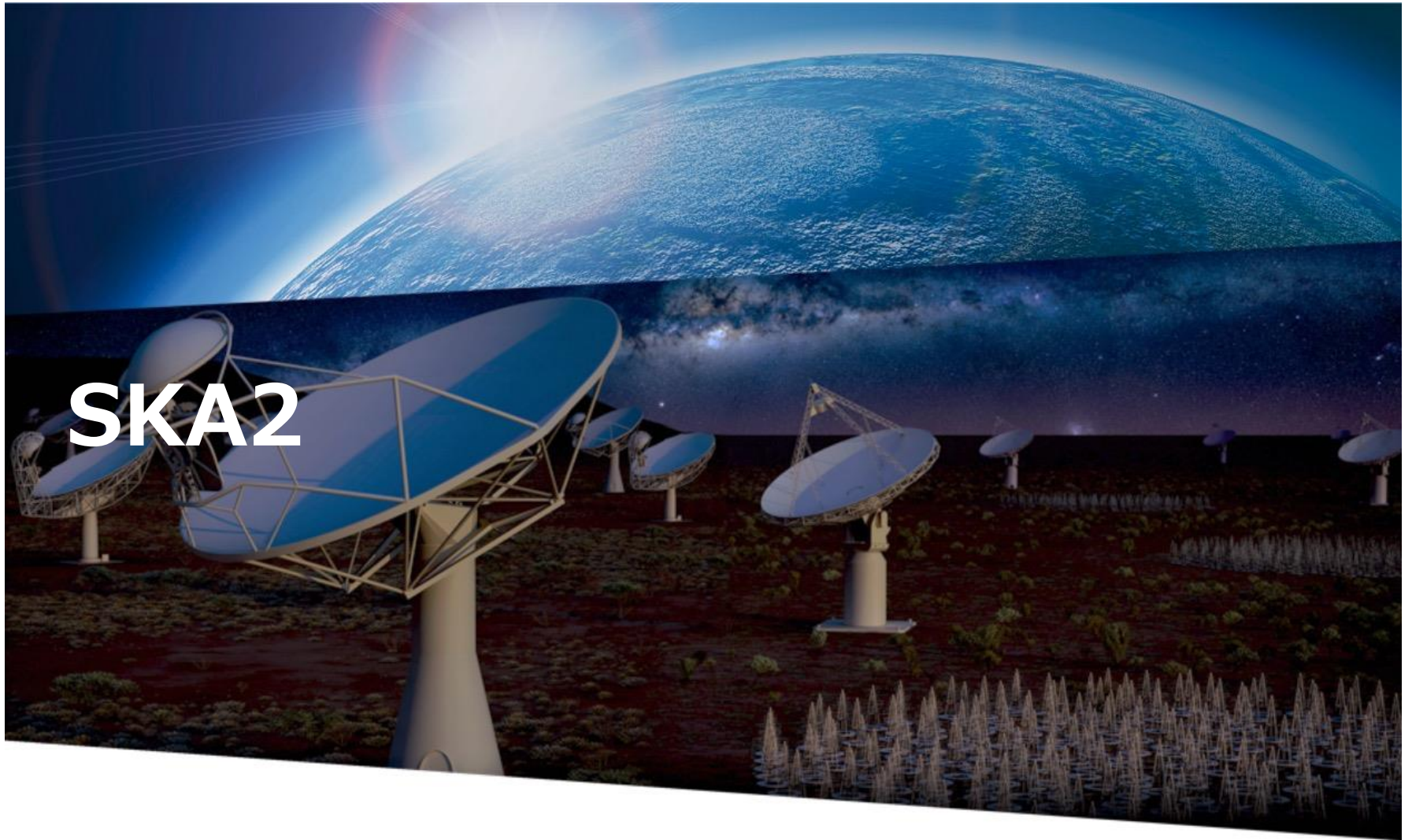
ROLL-OUT PLAN FOR SKA1_LOW

Document number..... SKA-TEL-AIV-4410001
 Context..... SE-RP-MPL
 Revision.....6
 Authors M.J. Hayes, A. MacLeod, Y. Chen
 Date..... 2017-12-15
 Document Classification UNRESTRICTED
 Status Released

- **AA1 Correlation and Channelisation Tests**

• AIVは

- system requirementsを理解して
 - Verification plan 作って
 - チームでverifyする
-
- System requirementsはまだ修正の余地がある
-
- AIVの計画も具体化とチェックが必要



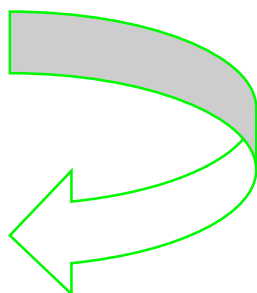
SKA2

SKA2では演算負荷の増加

- 局数10倍、演算負荷100倍
- 演算負荷 (単位TMACS/sec)

- SKA1
 - F部 10
 - X部 415
- SKA2
 - F部 100
 - X部 41,500

TMACS = Tera Multiplex & Accumulation



SKA2では
 演算負荷100倍
 4京FLOPS相当



(LOWの場合)

By “SKA CSP Proposal” section 4 Technical Description Summary

・ムーアの法則の限界近い？

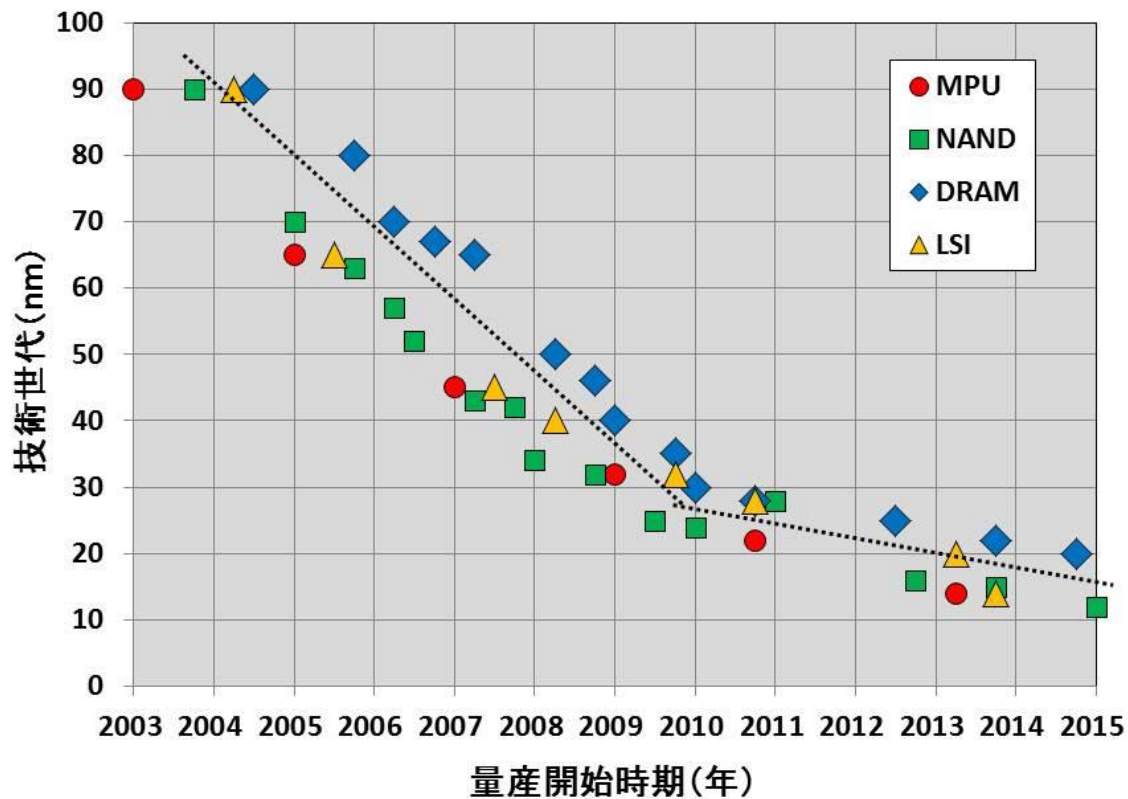


図1 急ブレーキがかかる微細化

出所: 日経エレクトロニクス、2015年4月号、30ページの図30

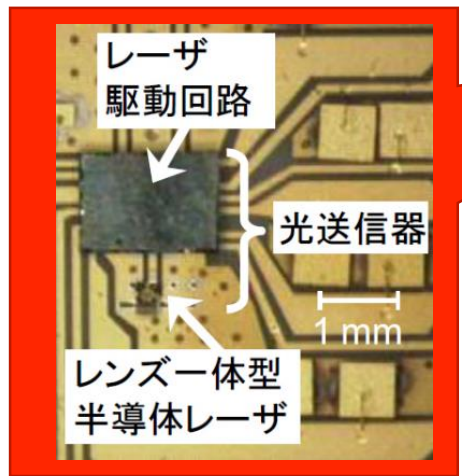
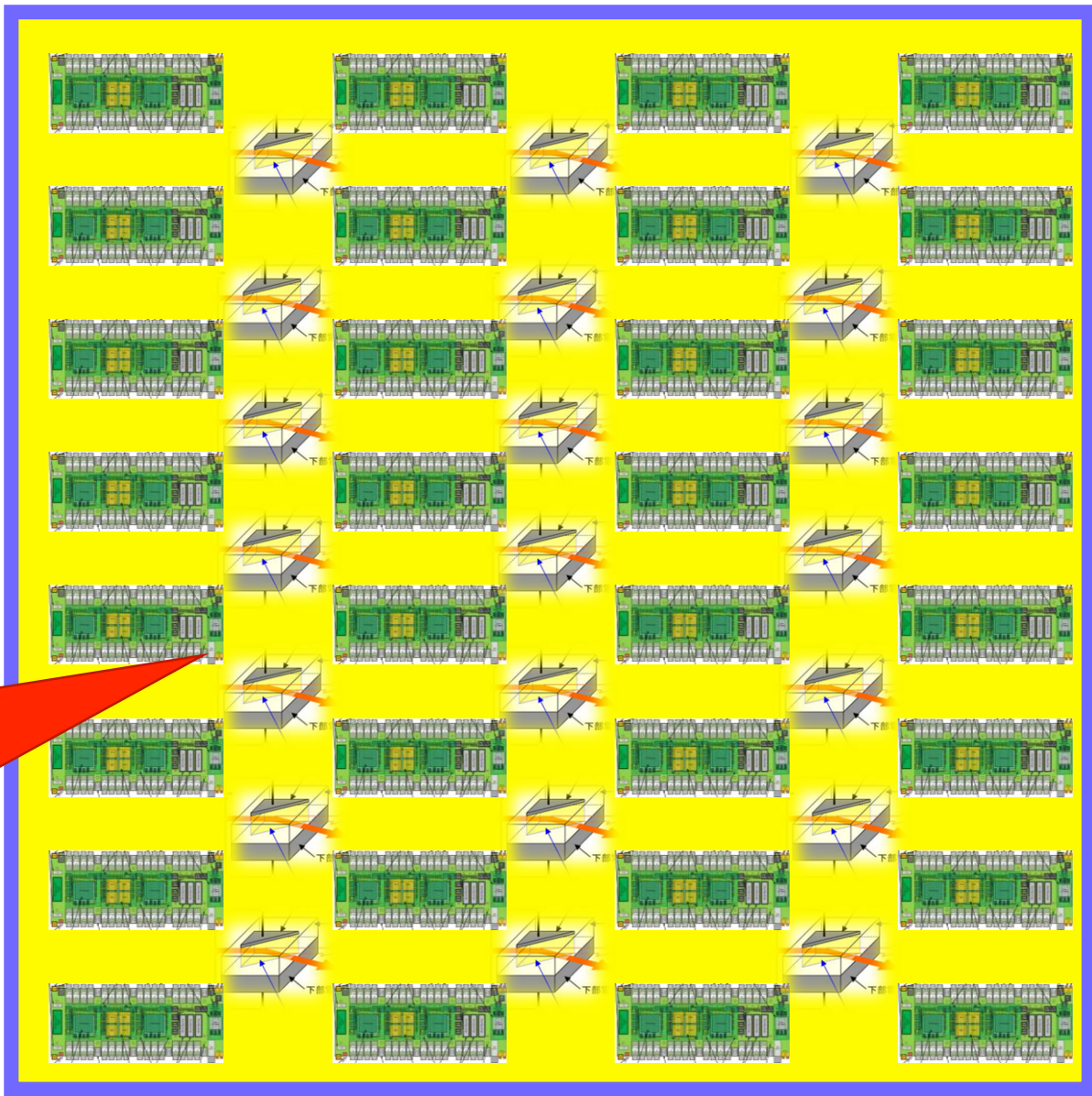
- SKA1 = 52 Modules
- SKA2 = 5200 Modules?
 - No Mooreの場合。
 - PAFでさらに3000倍



- **データ伝送パスが事前に確定している**
 - 観測パラメータが決まれば演算構成が確定
 - 局数、観測モード、FFT点数など
 - インテリジェントなスイッチは不要
- **膨大なデータレート**

研究課題：相関器に適したインターコネクト

- 光スイッチ
- 光TX/RX
- 冷却



- 光トランシーバの消費電力比較

- PETRA**

- Yashiki et al, 2016 5 mW/Gbps **NRZ**

- IBM**

- Huynh et al, 2016 5.7 mw/Gbps NRZ レーザーは外部
 - Huynh et al, 2016 2.8 mw/Gbps PAM4 レーザーは外部

- 富士通**

- Tanaka et al, 2018 1.6 mW/Gbps **PAM4**

- UC バークレー**

- Stojanovic, 2018 1.06mW/Gbps PAM4 レーザーは外部
 - RX消費電力 0.36 pJ/b
 - TX消費電力 0.7 pJ/b(変調のみ)

- PETRA (技術研究組合光電子融合基盤技術研究所)**



- KEK, 東工大, 理研



• 参加する候補

- VLBI, Band5c/B, AIV
- より具体的に計画を検討中

- 日本はSKA1では後発。SKA2に向けて今から研究を始めておきたい

