



# SKA EWG

2016.10.5

国立天文台 河野裕介 (SKA-JP EWG::バックエンド班)

# 内容

- 日本の参加候補
- 通信
- 相関器 (今回)



SADT



CSP

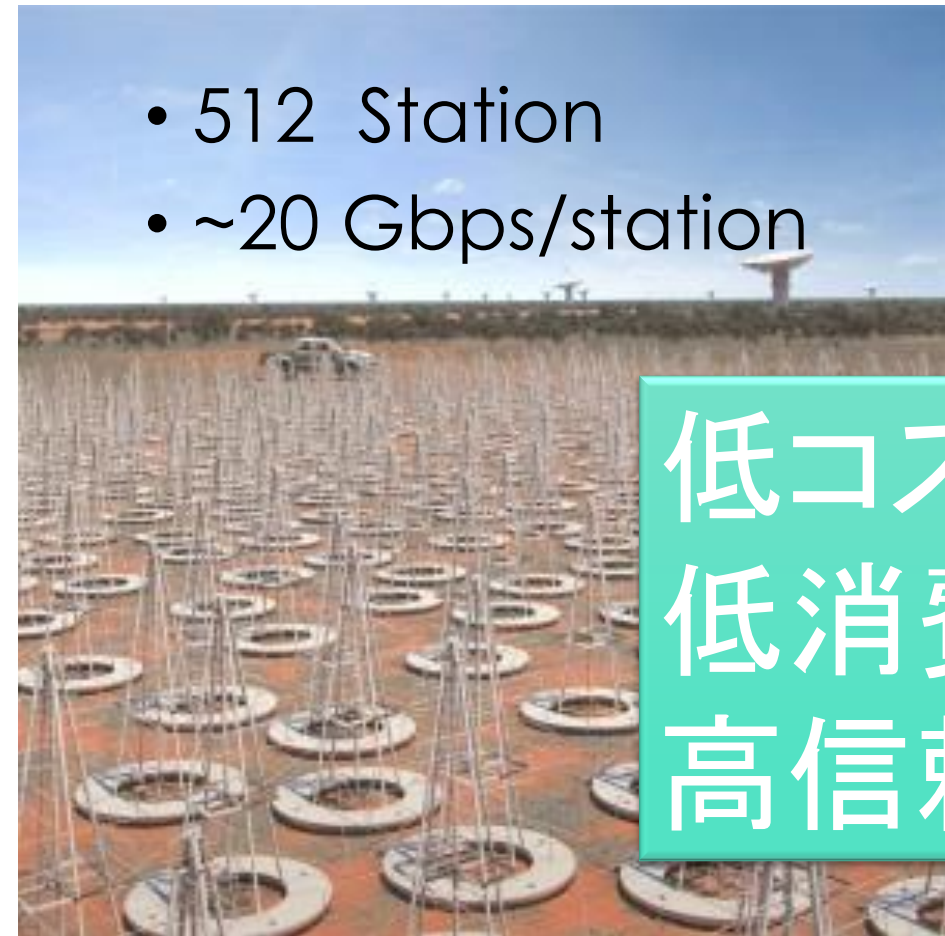
## SKA1 LOW

- 512 Station
- ~20 Gbps/station

## SKA1 MID

- 200 station
- ~90 Gbps/station

低コスト  
低消費電力  
高信頼性



# CSP参加者

多数の研究機関、メーカー



- Canada
- NRC (Lead)
  - MDA
  - CITA

- Australia
- CSIRO
  - Swinburne
  - ICRAR
  - NVIDIA
  - CISCO
- New Zealand
- AUT
  - Compucon
  - Open Parallel
  - U of Auckland
  - Massey U
  - Nyriad

JPL (US)  
IBM (Switzerland)

- Netherlands
- ASTRON
  - JIVE
  - NLeSC

- UK
- Manchester
  - STFC
  - U of Oxford

- Italy
- INAF
  - Selex ES

- India
- NCRA
  - NVIDIA

- Germany
- Max Planck IfR
- Spain
- UPMadrid

20.7 M€

130 FTE-yrs

14 signatories

9 countries



# MID CSP仕様

- 254 アンテナ (32kベースライン)
- one dual-polarization beam,
- 2.5 GHz/polarization
- Maximum baseline ~200 km.
- 積分時間
  - 1.6秒 (BL < 10km)
  - 0.08秒 (BL  $\geq$  10km)
- 256k-FFT
- -60dBスペクトルリーク (-30 dB 隣接ch)
- 1.5% coherence loss
- Maximum un-calibrated systematic amplitude and phase variations are TBD.
- Provide for 50 pulsar phase bins, with bin width as narrow as 1 msec



## ❖ 共通FPGA/ASIC/CPU/GPU プラットフォーム

- カナダ主導
- FPGA 14nm

## ❖ 外部IO

- 10GbaseT, SFP+

## ❖ 内部IO

- SNAP12

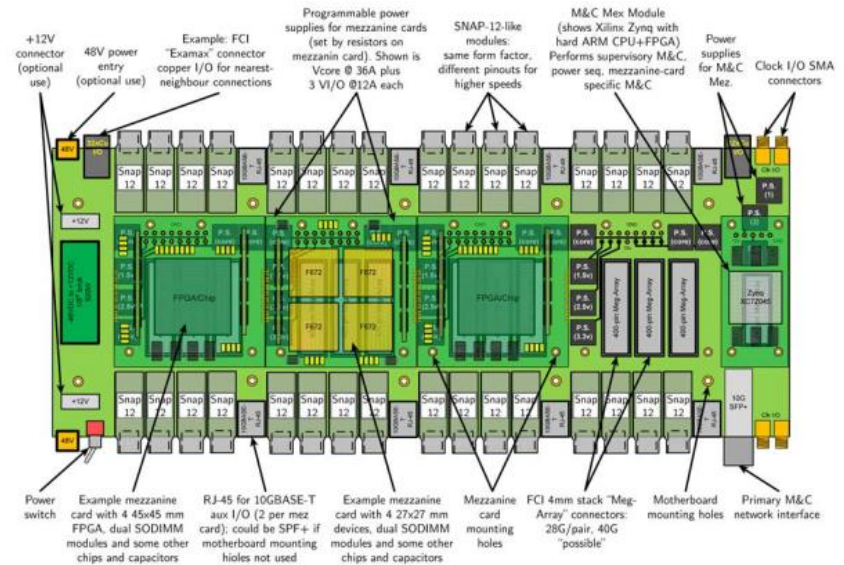


Figure 5: PowerMX annotated diagram showing major features

## ❖ 8.2 M€ (hardware)

- MIDのみ@PDR, Dec 2014

- <https://safe.nrao.edu/wiki/bin/view/NGVLA/NGVLAWorkshopApril2015>

# 日本の参入？

- SKA2(建設2023-)から

SKA1に比べて

局数 10倍

基線100倍

→相関器は新規設計だろう

PAFが導入されればさらに3000倍・・・

ちなみにアンテナは

1. Increases in the number of receptors for SKA2 over SKA1 by a factor of 10 whilst re-using more than 90% of SKA1 hardware

SKA2=SKA1

# CSP/相関器

- SKA1 演算負荷 LOW(MIDも同様)
  - F部 10 TMACS/sec
  - X部 415 TMACS/sec



CSPは乗算器



# プロセッサの進化

- ムーアの法則の限界近い？

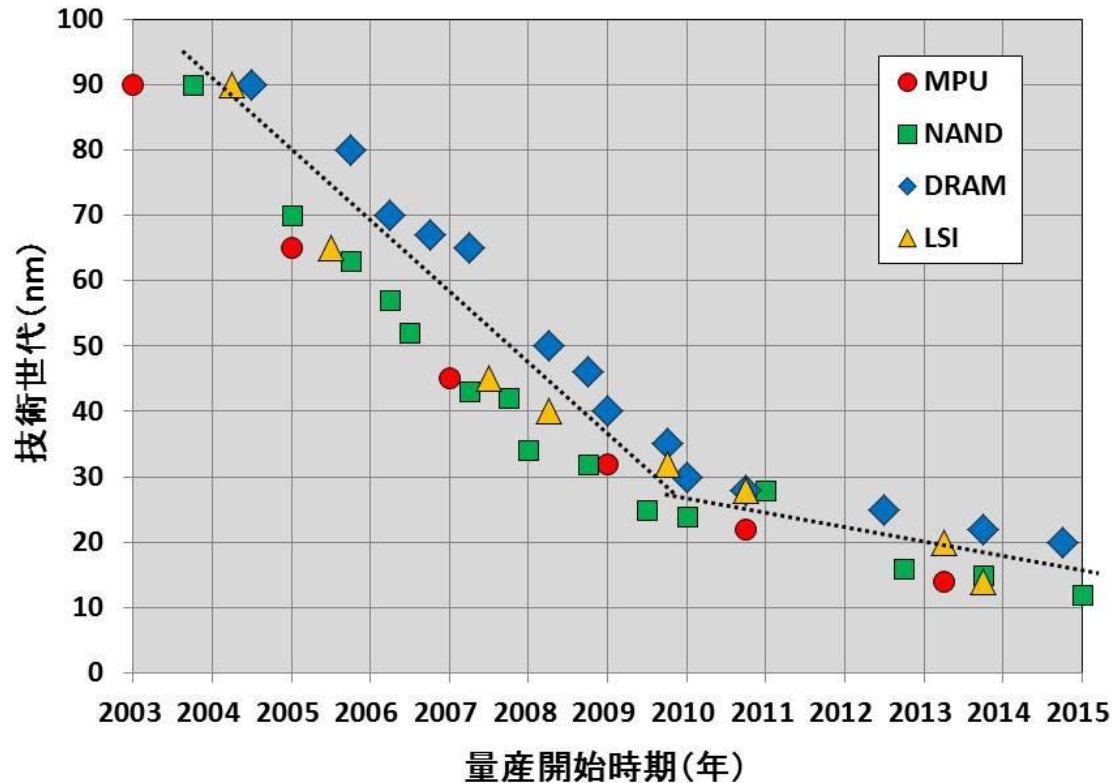
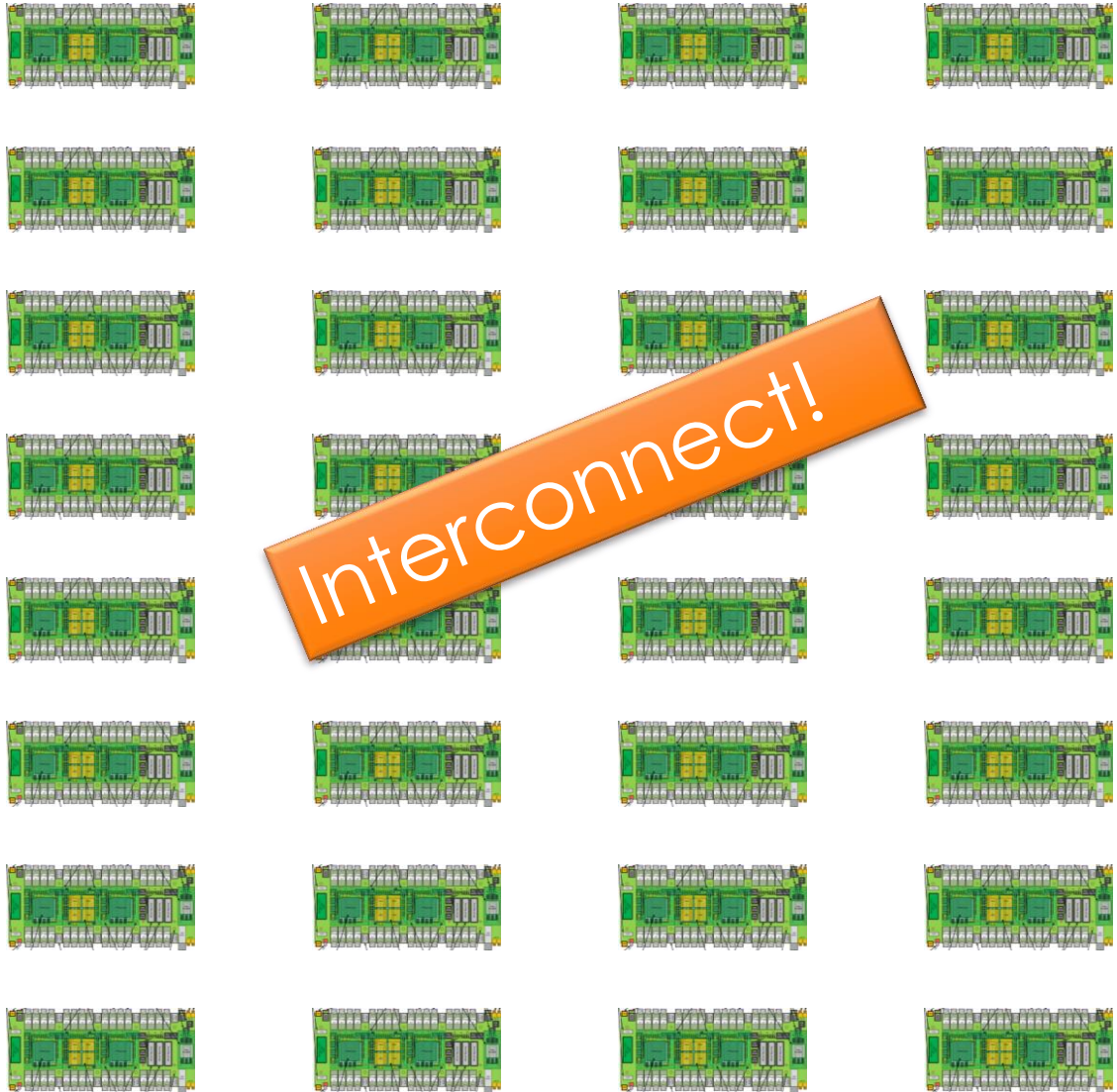


図1 急ブレーキがかかる微細化

# 分散型計算機

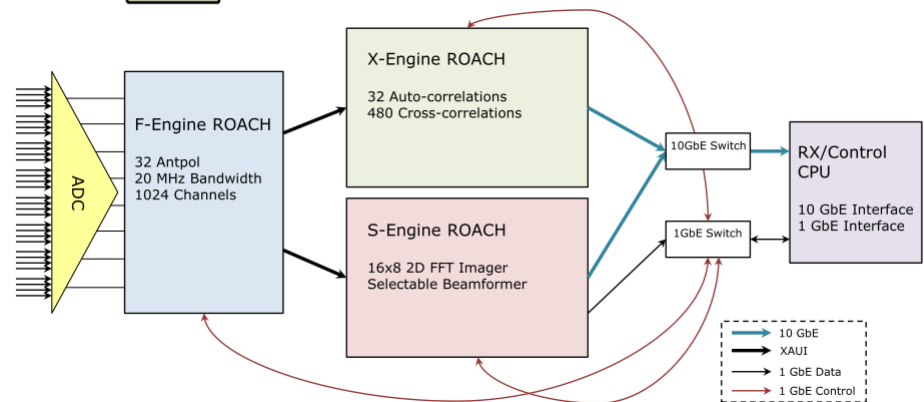
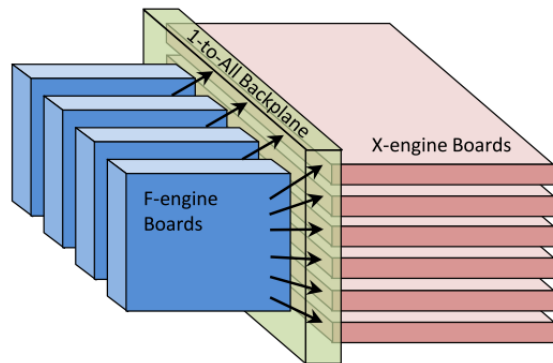
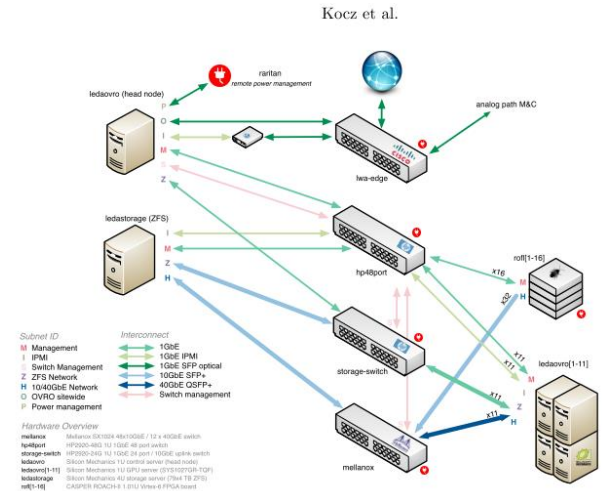
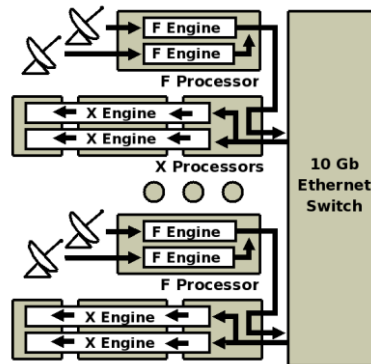
- SKA1= 52 Modules
- SKA2= 5200 Modules?
  - No Mooreの場合。
  - PAFでさらに3000倍



# LARGE-N CORRELATORのスイッチ

- 10G, 40G イーサハブ、バックプレーン

- KOCZ+2015
- Foster+2013
- Parsons+2009



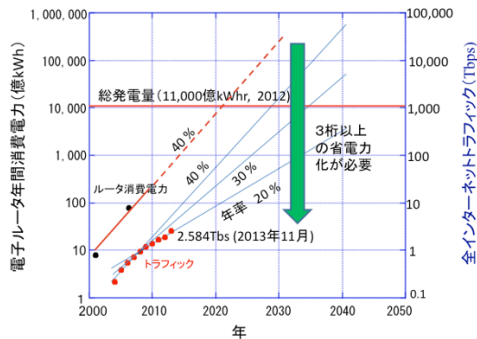
# 分散型計算機

- ビットレート(予想)

- In 90 Tbps
- Out 500 Tbps

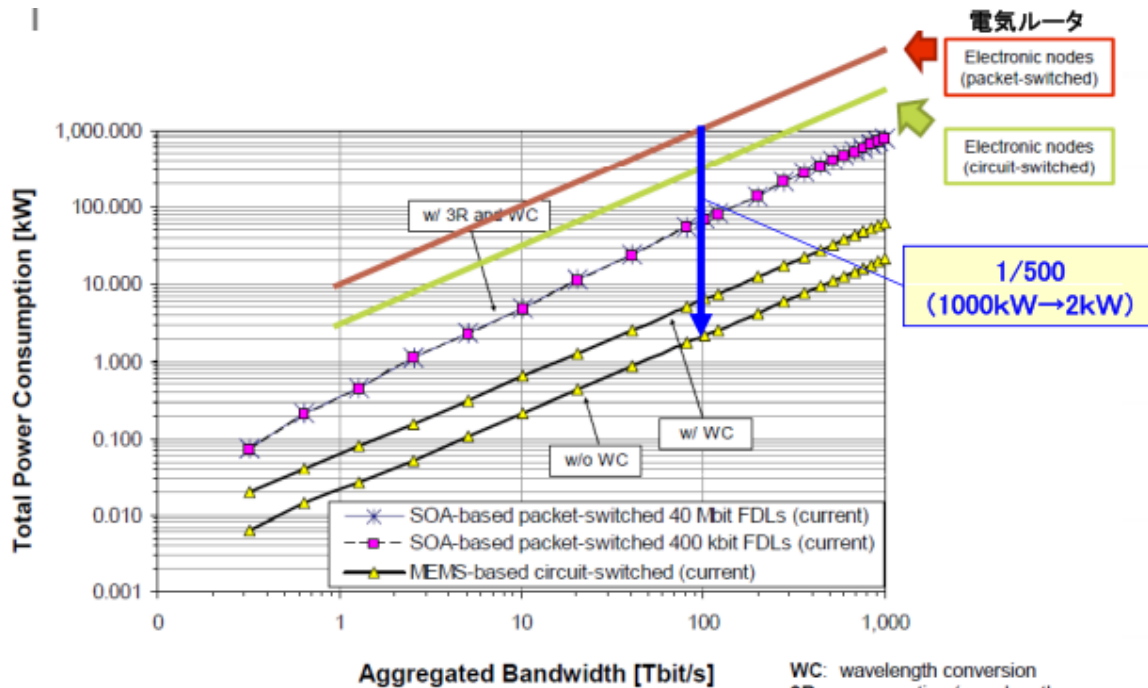
- パケットスイッチングだけで  
日本総発電量の1/10……。

全世界のインターネット  
トラフィックを超える  
(~120Tbps@2014)



# 低消費電力スイッチ

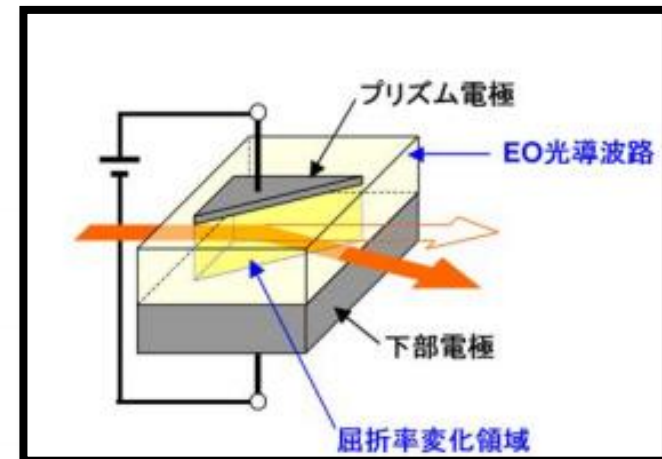
- 光スイッチ
  - パケットスイッチしない



Source: S. Aleksic, IEEE/OSA Journal of Optical Communications and Networking, Vol. 1, No. 3, pp. 245-258, 2009.

WC: wavelength conversion  
3R: regeneration (wavelength, amplitude, time)

## PLZTスイッチ

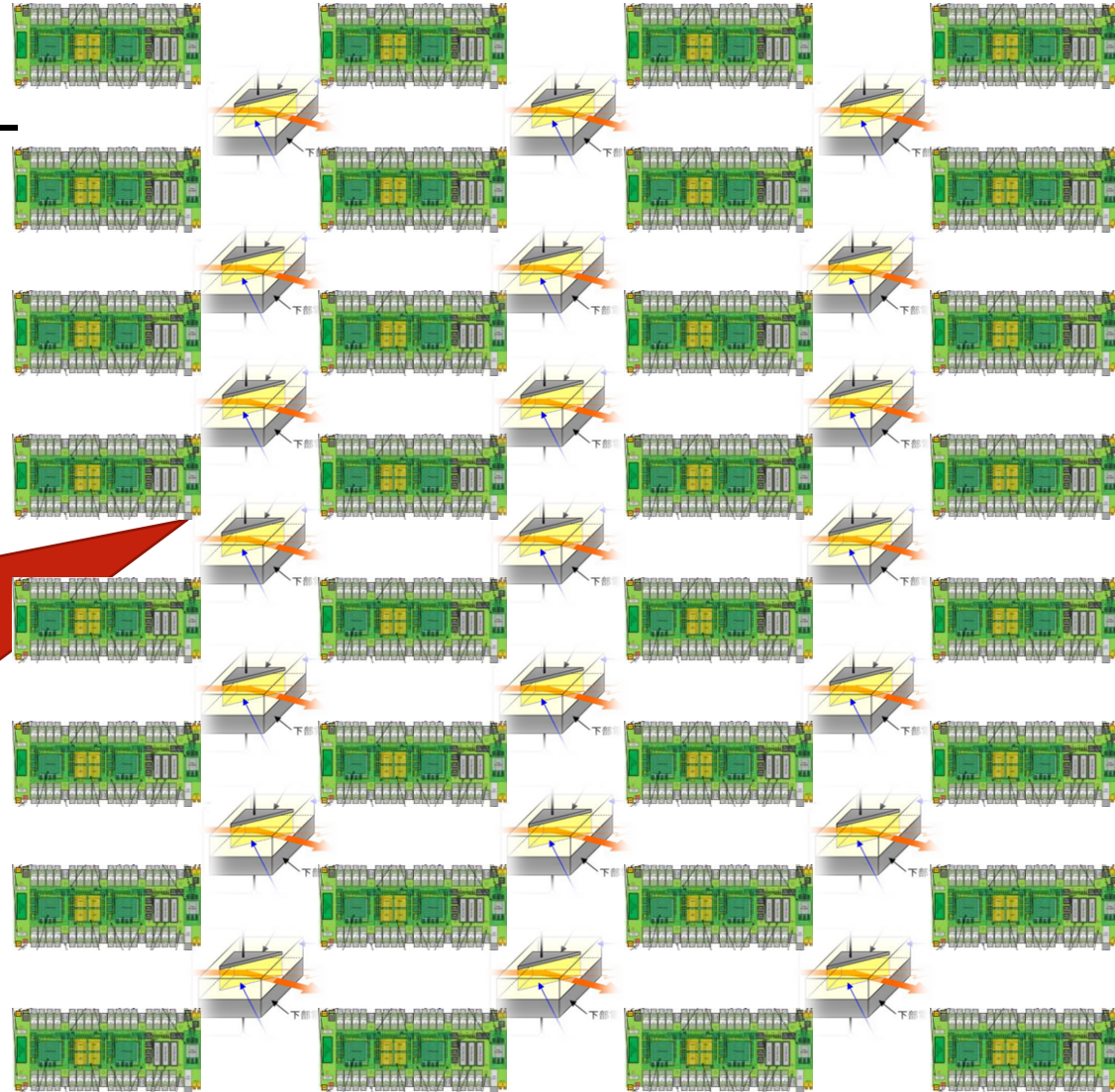
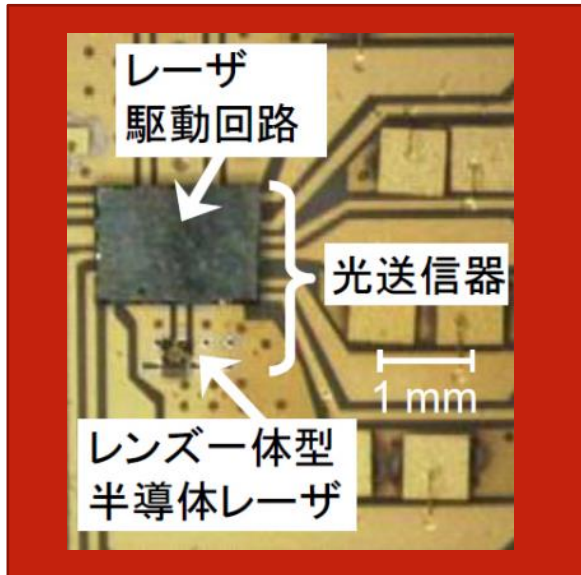


Yamanaka et al 2011



# 光トランシーバー

- 低消費電力光トランシーバー
- PETRA/NEDO
  - 超低消費電力IOコア





# 冷却？

- SKAは水冷のようだ
  - PUE (Power Usage Effectiveness)
    - $PUE = \frac{\text{IT機器} + \text{冷却}}{\text{IT機器}}$  ... 1が理想的



冷却水10°C

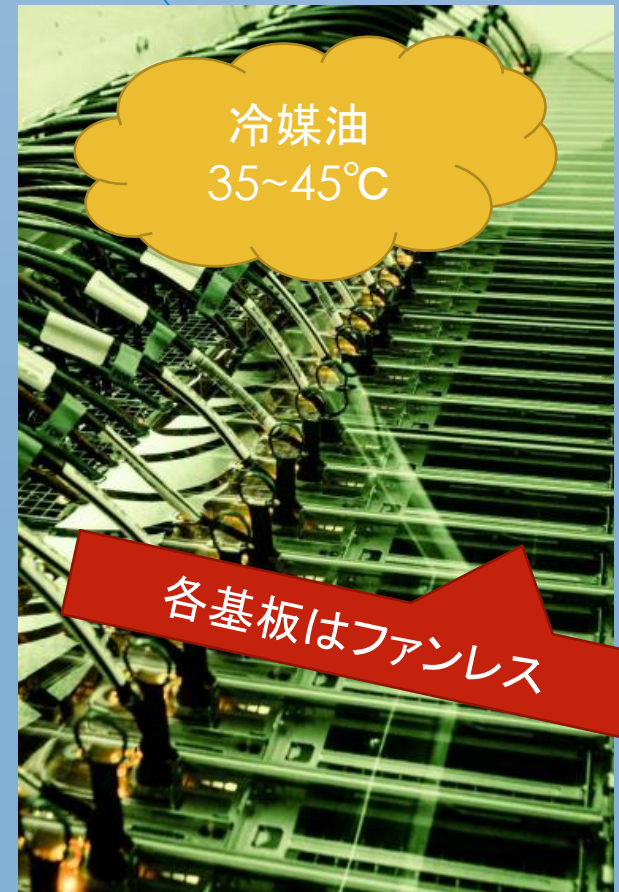
油没

自然大気

- 東工大 TSUBAME-KFC
  - スパコンの電力効率ランキング  
Green500, Green Graph 500の  
両方において世界一位
  - PUE=1.15
  - Facebookは PUE1.06らしい



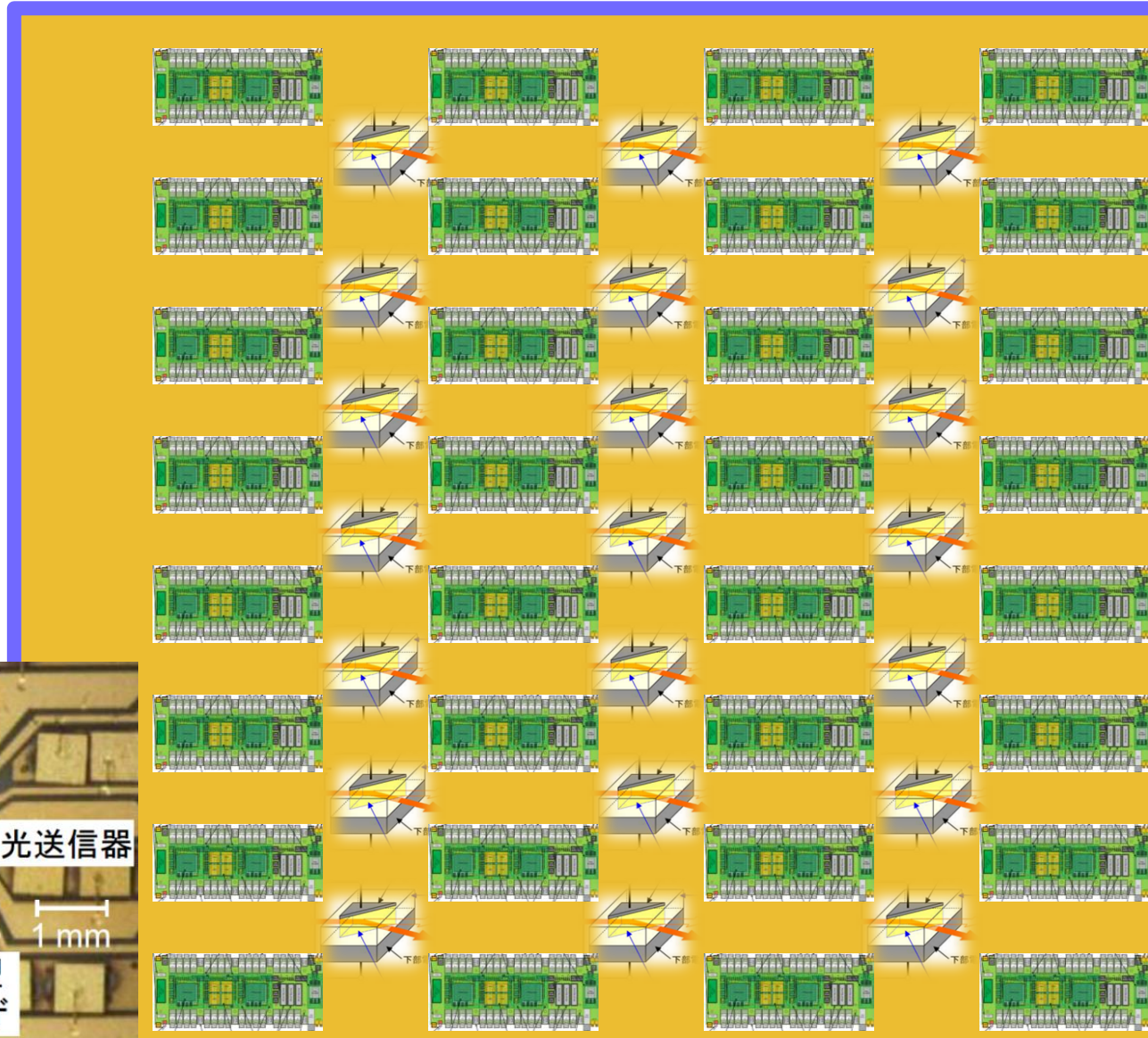
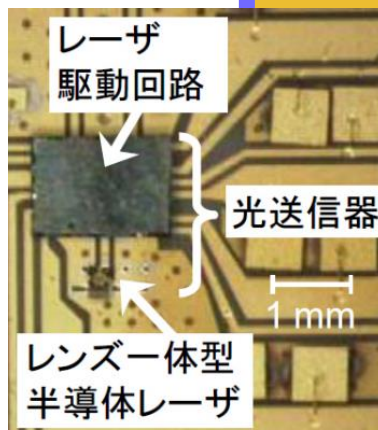
ファンは故障し、ほこりを集める



各基板はファンレス

# SKA2/CSP

- 光スイッチ
- 光IOコア
- 油没

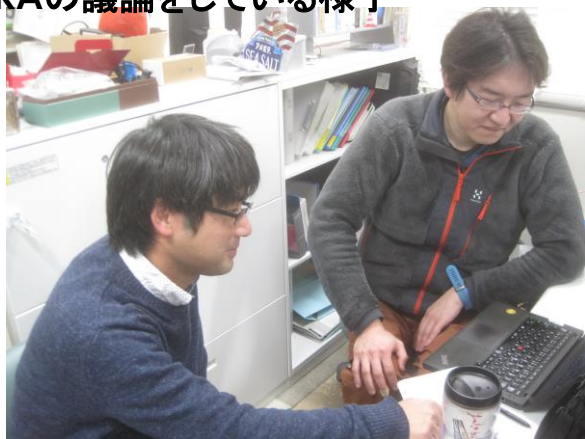




CPU Base (NiCT/NAOJ)  
Oyama et al, 2012  
Oyama et al, 2016



SKAの議論をしている様子



FPGA base (KASI/NAOJ)  
Oh et al, 2011



HPC (NAOJ/CFCA)

# 実績？



気球気密計算機 熱制御  
土居:カシオ財団2014  
河野:稲盛財団2015

# ngVLA

- 相関能力10倍
  - SKA1 MID
- 30M\$
  - SKA1MIDは 8M€
- NET-FPGAベース?

Ratios

		NGVLA/ JVLA	NGVLA/ ALMA	NGVLA/ SKAmOrig
Rf1	FIR/s	50.00	25.00	10.08
Rf2	BF/s	64.29	34.62	10.08
Rx	CMAC/s	400.00	100.00	10.16

## Jack Hickish ngVLA Design

- Hittite 26 Gbps ADC (four ADC's per antpol)
- NetFPGA-SUME boards for both F and X
- Mellanox SX1036 40Gbps switches  
(ten 5 GHz correlators)
- \$30M

すべての製品

国を変更 日本語

製品 メーカー リソース

品目数 0 ログイン/登録

製品索引 > プログラマ、開発システム > 評価ボード・組み込み・コンプレックスロジック(FPGA、CPLD) > Digilent, Inc. 410-301

価格は全て日本円で、関税が含まれています。  
10,000円以上のご注文(商品代金、送料の総額)には、8%の消費税が自動的に加算されます。

Digi-Key品番	410-301P-KIT-ND	数量	単価	金額
在庫数量	Digi-Key在庫 : 4 即日出荷可能	1	849,583.00000	849,583.00
仕入先	<a href="#">Digilent, Inc.</a>			
メーカー品番	410-301			
商品概要	BOARD NETFPGA-SUME			
鉛フリーステータス / RoHS ステータス	鉛フリー / RoHS対応			

# SKA参入の障壁？

サイエンスユーザー？



技術あるか？

大丈夫。

少なくともCSP,  
SADTなどSKA2から  
入れる分野ある。

どうせやるならSKA2の  
Centerを担おう！

また、単に海外製品を  
購入するだけではない。

TMTがあるからだめ？

SKA2なので大丈夫

2016

2017

2018

2019

2020

2021

2022

2023

2024

2025

TMT~2023

SKA2建設st

SKA2 2024~



# Join us?

Yes, I would love to!



Vaate+2015



# SKA参入の障壁？

値段が高すぎる。

...