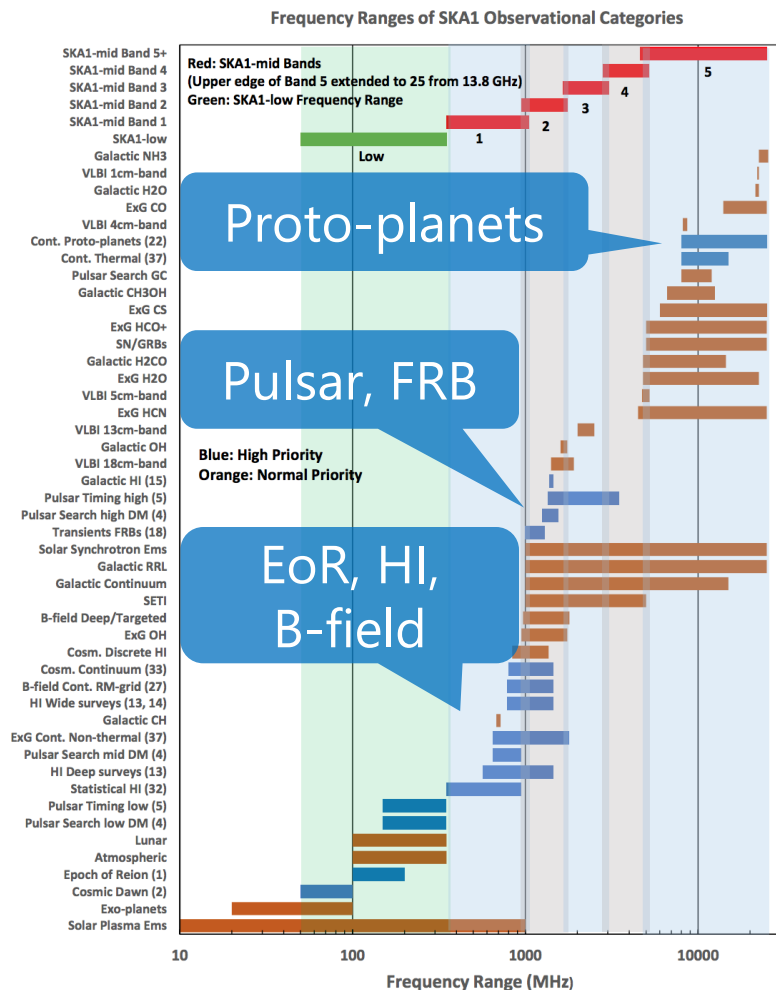


SKAにおける技術課題と日本の貢献

青木貴弘 (山口大学)

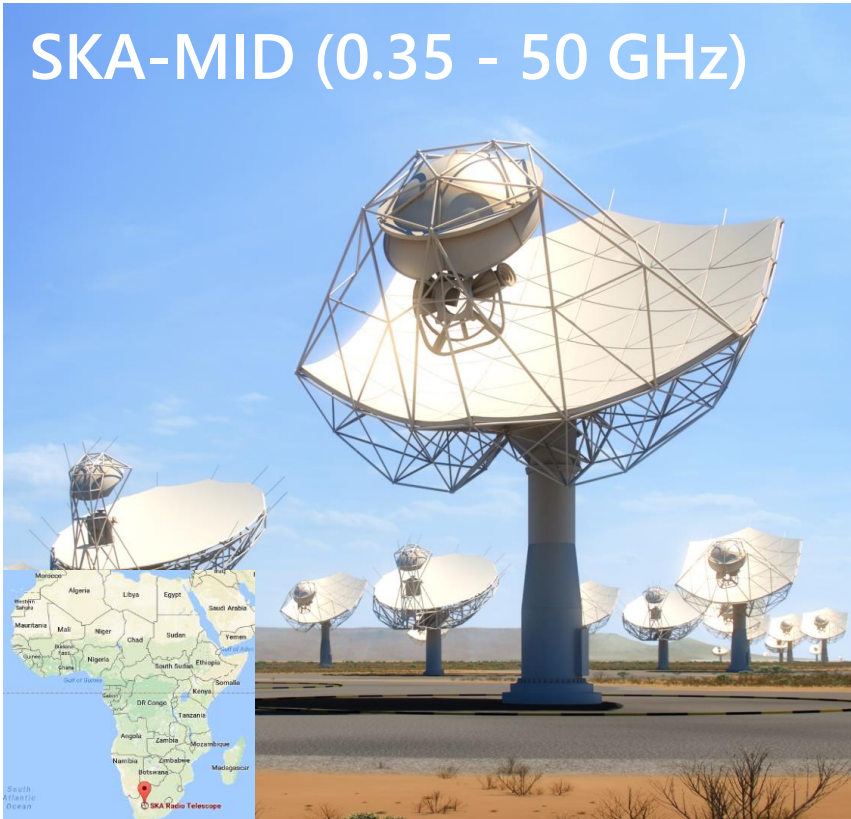
SKA1 Science vs. Frequency



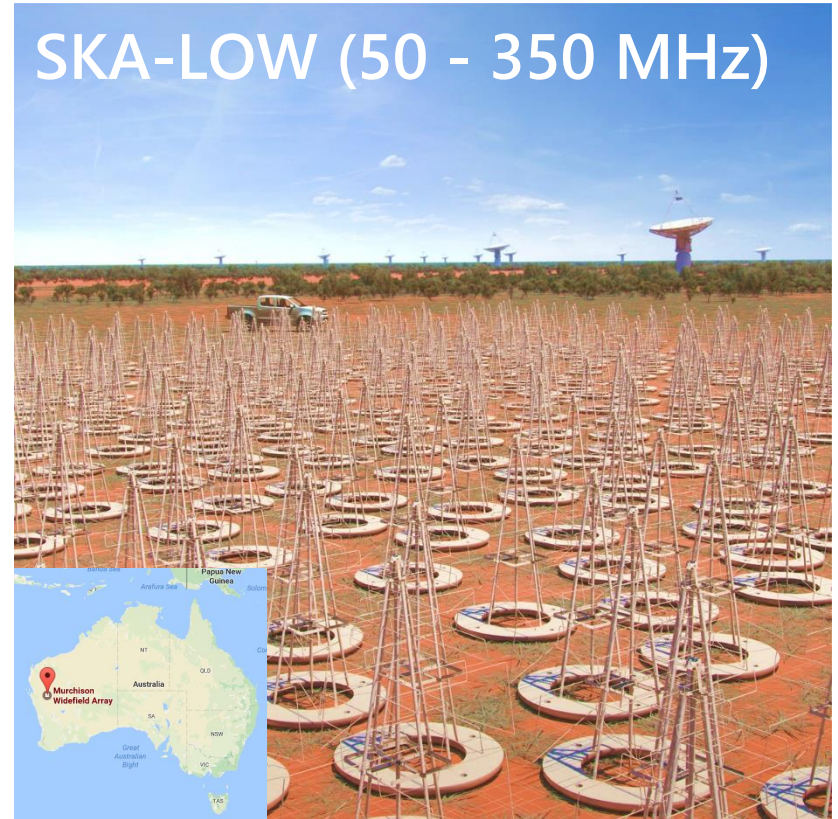
- ▶ LOW: 50 – 350 MHz
- ▶ MID Band1: 350 – 1050 MHz
- ▶ MID Band2: 950 – 1760 MHz
- ▶ MID Band3: 1.65 – 3.05 GHz
- ▶ MID Band4: 2.8 – 5.2 GHz
- ▶ MID Band5a: 4.6 – 8.5 GHz
- ▶ MID Band5b: 8.3 – 15.3 GHz
- ▶ MID Band5c: 14 – 26 GHz
- ▶ MID Band6 (?)
 - › Dishは50 GHzまで集光できる

Square Kilometre Array (SKA)

SKA-MID (0.35 - 50 GHz)



SKA-LOW (50 - 350 MHz)



SKA1-MID Design

SKA-MID: Dish Design

SKA-MID 15 m \times 133



Exploring the Universe with the world's largest radio telescope

SKA-MID: Array Design

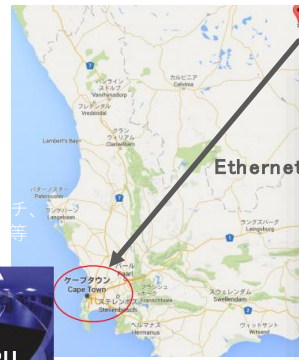


- Karoo, South Africa
- 3 spiral arms
- Gaussian distributed antennae

Exploring the Universe with the world's largest radio telescope

SKA-MID: CSP to SDP

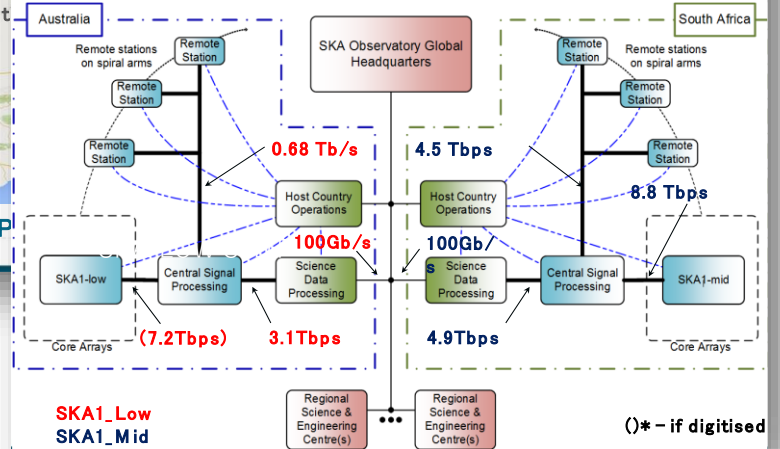
CSP (Central Signal Processor)



SDP (Science Data Processor)

Exploring the Universe with the world's largest radio telescope

SKA-MID: SaDT Data Rate



SKA1-LOW Design

SKA-LOW: Antenna Design

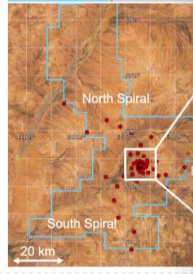
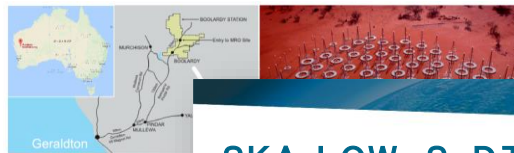


Log-periodic dipole antenna

SKA1: ~130k antennas
SKA2: > 500k



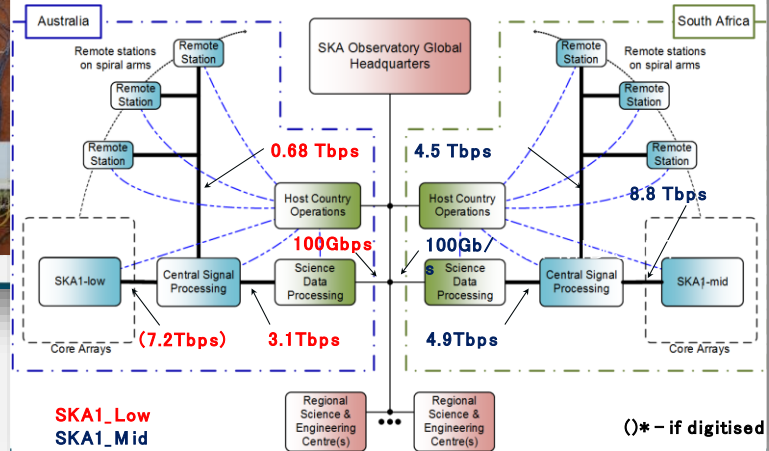
SKA-LOW: Array Design



SKA-LOW: SaDT RF over Fibre



SKA-LOW: SaDT Data Rate



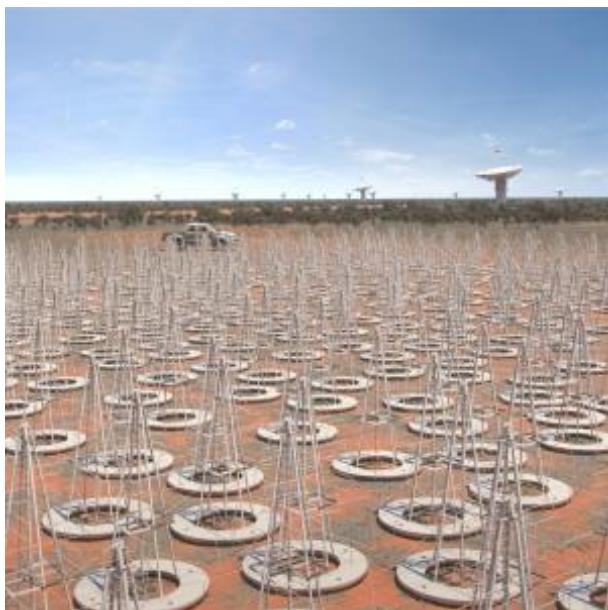
Exploring the Universe with the world's largest radio telescope

Exploring the Universe with the world's largest radio telescope

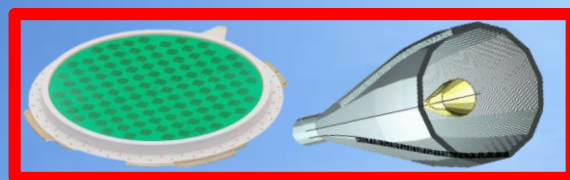
Exploring the Universe with the world's largest radio telescope

SKA Phase 2

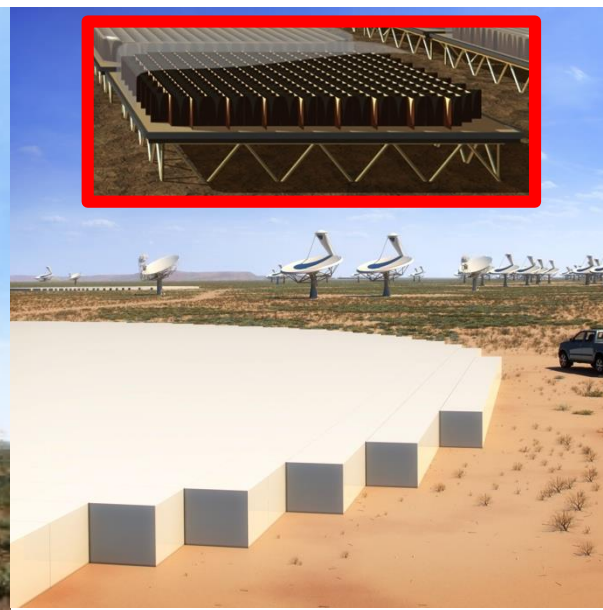
- ▶ 規模をおよそ10倍 or 新アンテナ (MFAA) ?



SKA2-LFAA 豪州
ログペリ 50万基
最大基線長250km



SKA2-DISH 南ア
15m SKA鏡 2500台
最大基線長3500km
PAFか広帯域フィード



SKA2-MFAA 南ア
開口アンテナ 250局
フェーズドアレイ
(視野100平方度)

SKA1 建設計画の現状

	Design Baseline	Deployment Baseline
SKA1-Mid		
No. dishes	133	130
Max. Baseline	150 km	120 km
Band 1 Feeds	133	130
Band 2 Feeds	133	130
Band 5 Feeds	133	67
Pulsar Search (PSS)	500 nodes	375 nodes
SKA1-Low		
No. stations	512	476
Max. Baseline	65 km	40 km
Pulsar Search	167 nodes	125 nodes
Common		
Compute Power	260 PFLOPs	50 PFLOPs

SKA Board, July 2017

▶ Design Baseline

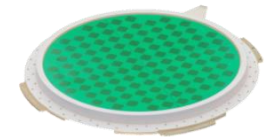
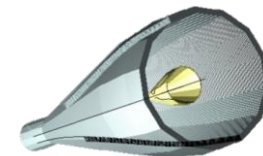
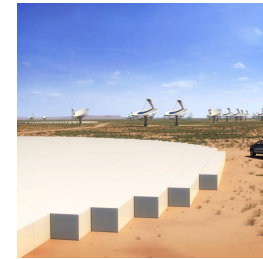
- › 本来のSKA1デザイン
- › €798M (1400億円)かかる

▶ Deployment Baseline

- › Cost cap €674M (880億円) で実現できるもの
- › 当面はこれを作る
- › SKAOは日本の参加と出資に期待している

Work Package Consortia (WPC)

- ▶ LFAA/SKA-LOW
- ▶ MFAA/SKA2-AAMID
- ▶ DISH/SKA-MID
- ▶ WBSPF 広帯域フィード
- ▶ PAF 広視野フィード
- ▶ SaDT 信号伝送
- ▶ CSP 相関器・ビームフォーマー
- ▶ SDP データ処理スパコン
- ▶ and インフラ、運用管理、他



SKA-JP Engineering Working Group

▶ 目標

- › 日本の技術的貢献を提案する
 - › SKA1に向けたもの
 - › SKA2に向けたもの

▶ 活動内容

- › SKAシステム、WPCによる技術開発の情報収集
- › SKAに貢献できる技術の模索
- › 産業界との連携体制構築
- › EWGメンバーの研究報告

産業界への広報パンフレット作成

- ▶ SKAについて、
科学と技術の面から紹介
- ▶ 東陽テクニカ熊澤さんが
企業展示会などで頒布



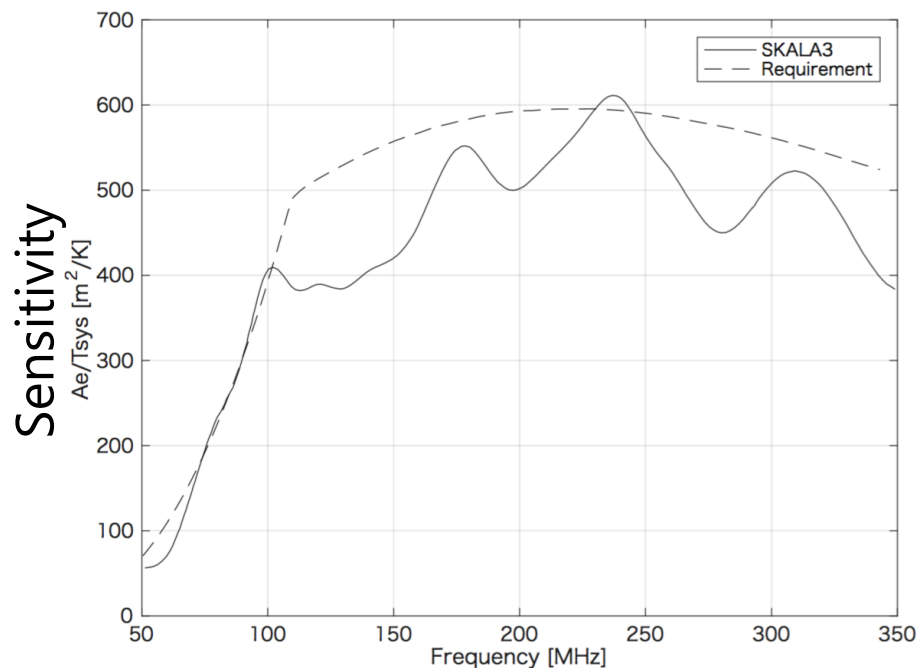
エンジニアリングレポートの執筆

- ▶ 各WPC (work package consortium) の技術開発についてまとめる
 - › SKAに技術参加するための基礎情報など
- ▶ 内容
 - › WPC概要
 - › SKAの設計
 - › SKAの課題と日本の開発



SKAの課題: 要求感度の未達成

SKA-LOW Sensitivity



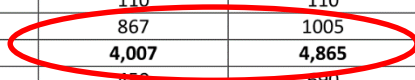
▶ 感度が足りない

- › アンテナ増やすしかない
- › アンテナ増やすと信号処理装置も増えるのでコスト増
- › SKAOも参加国は増やしたがっている

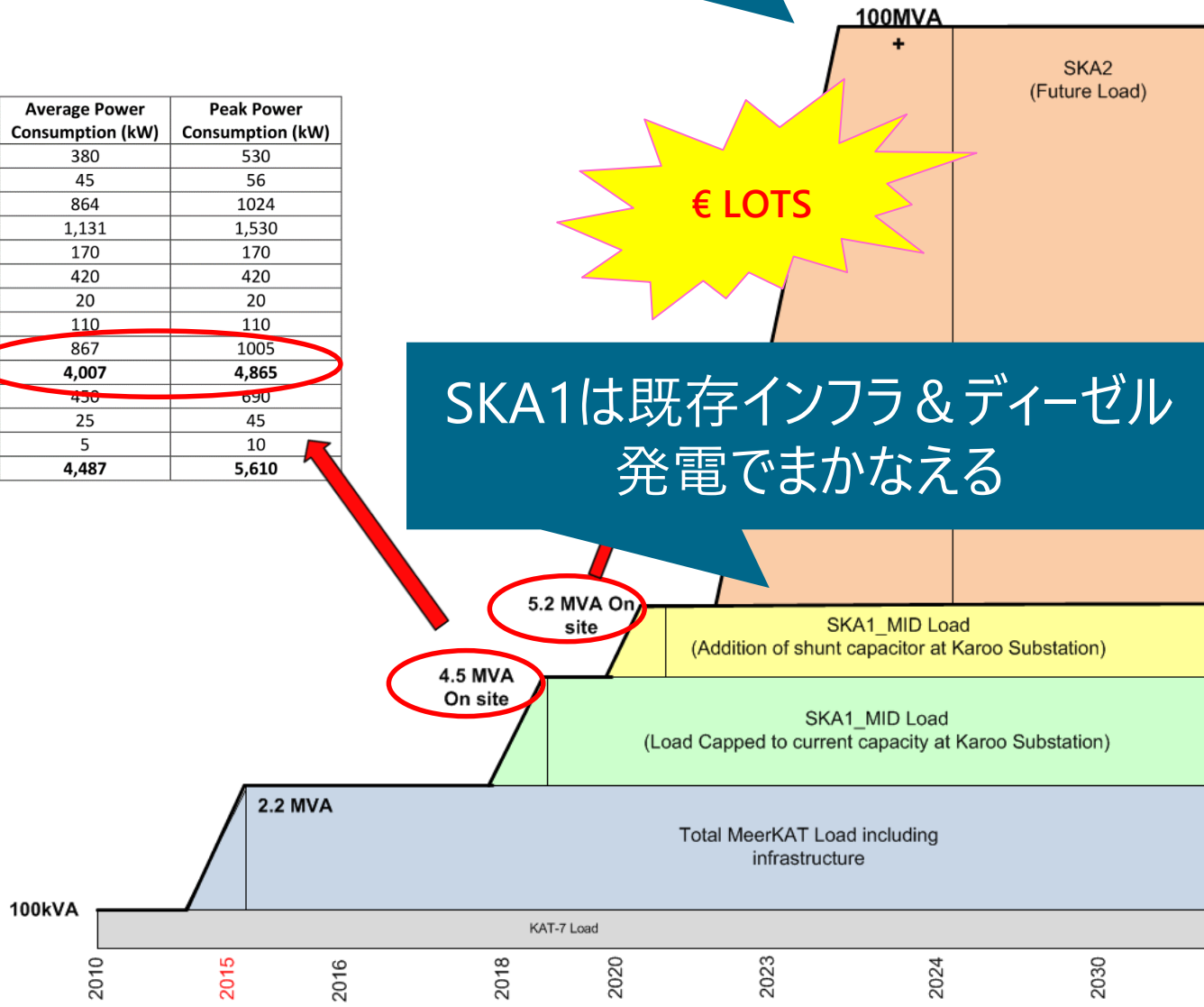
SKAの課題: 電力問題

SKA2には技術革新が必要
(特に冷却機構に)

Element	Average Power Consumption (kW)	Peak Power Consumption (kW)
Karoo Site Complex (incl. DRUPS, sheds, etc)	380	530
Existing Equipment (KAT-7, etc).	45	56
MeerKAT Dishes (64)	864	1024
SKA1 Mid Dishes (133)	1,131	1,530
CSP Mid Imaging	170	170
CSP Mid Non-imaging	420	420
TM Mid	20	20
SADT Mid	110	110
Cooling & Site Distribution Losses (INFRA-SA)	867	1005
SKA1 MID SITE TOTAL	4,007	4,865
33kV Line Losses	430	690
Klerfontein Support Base	25	45
Carnarvon POP Station	5	10
SKA1 MID KAROO TOTAL	4,487	5,610



SKA1は既存インフラ & ディーゼル
発電でまかなえる



SKA1の方針とSKA2の課題

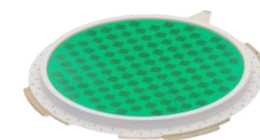
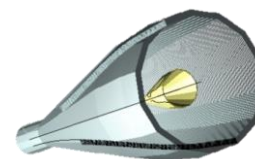
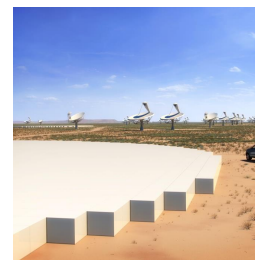
- ▶ SKA1の部品はできる限り既成品を調達
 - › ただし調達予定のない（搭載されない）Bandなどがある
 - › SKA2に向けた技術開発
 - » Wideband Single Pixel Feed (WSPF) ← 現実的な挑戦項目 (私見)
 - » Phased Array Feed (PAF)
 - » Mid-Frequency Aperture Array (MFAA)
- ▶ SKA1の電力はディーゼル+ソーラーで供給
 - › SKA2では恐らく供給できない
 - › 革新的な省電力技術が必要



日本の技術寄与

我々が寄与しようとしているSKA1のWPC

- ▶ LFAA/SKA-LOW
- ▶ MFAA/SKA2-AAMID?
- ▶ DISH/SKA-MID
- ▶ **WBSPF 広帯域フィード (SKA-MID)**
- ▶ PAF 広視野マルチピクセルフィード
- ▶ SaDT 信号伝送
- ▶ **CSP 相関器・ビームフォーマー (SKA-MID)**
- ▶ SDP データ処理スパコン
- ▶ **AIV 組み立て・統合・評価 (SKA-LOW/MID)**
- ▶ and インフラ、運用管理

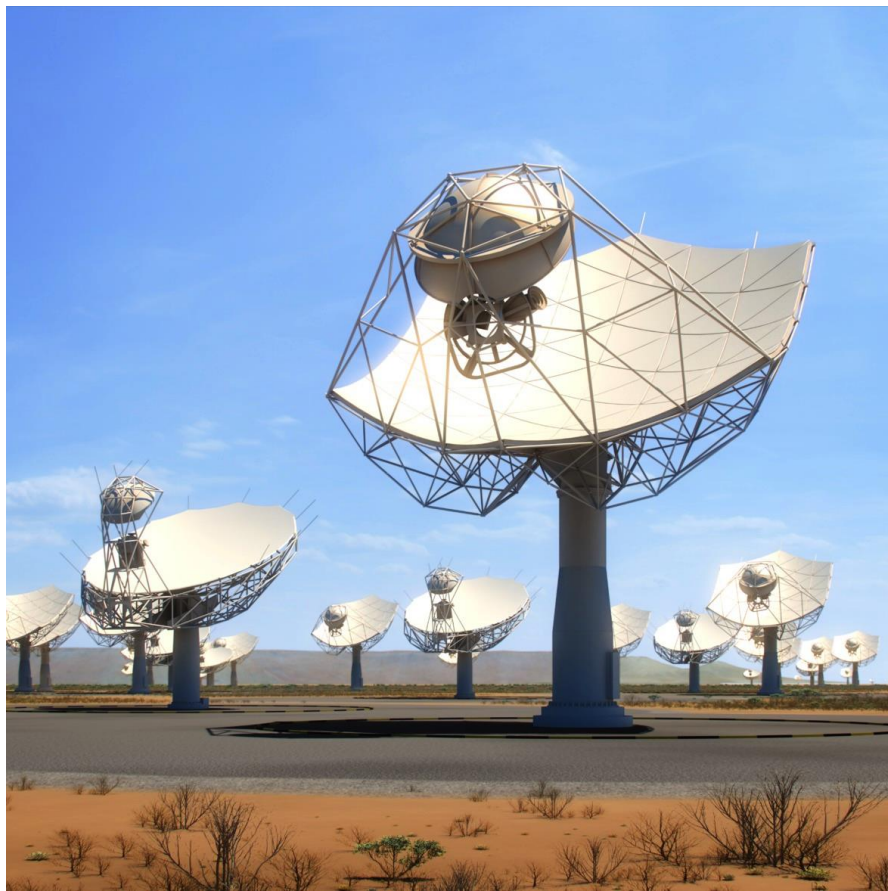


SKA1-MIDへの寄与案



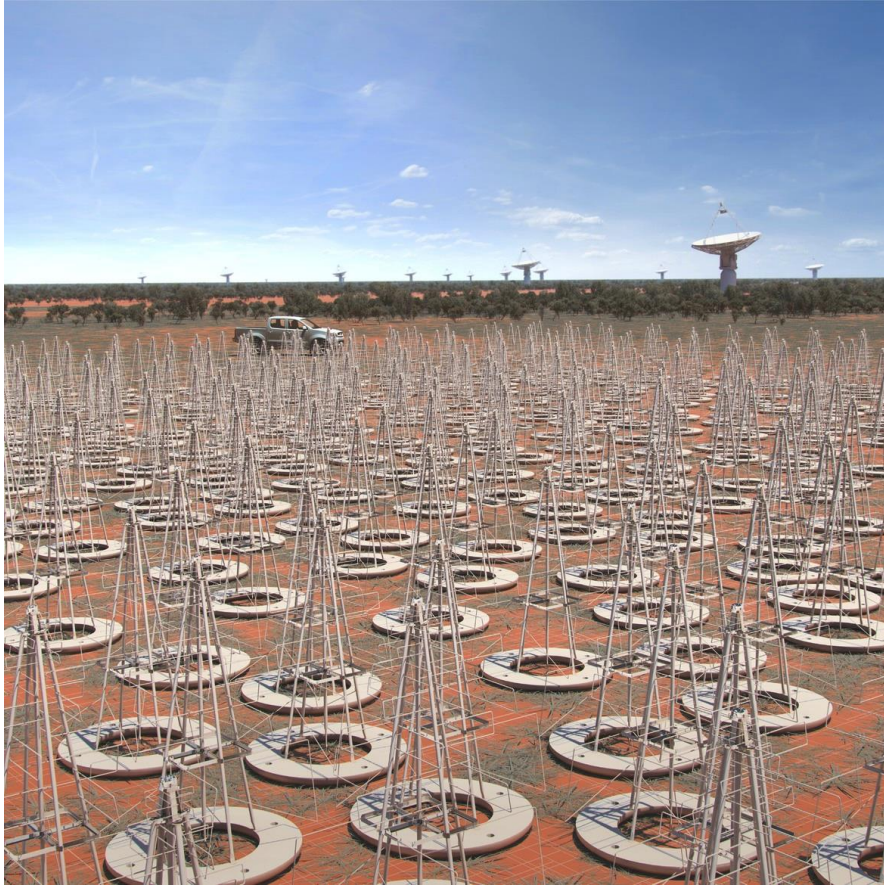
- ▶ Band1: 350 – 1050 MHz
- ▶ Band2: 950 – 1760 MHz
 - › 130 feeds/130 dishes
- ▶ Band3: 1.65 – 3.05 GHz
- ▶ Band4: 2.8 – 5.2 GHz
 - › SKA2
- ▶ Band5a: 4.6 – 8.5 GHz
 - › 67 feeds/130 dishes
- ▶ Band5b: 8.3 – 15.3 GHz
- ▶ Band5c: 14 – 26 GHz
 - › 日本のお出幕！
- ▶ Band6 (?)

SKA1-MIDへの寄与案



- ▶ Band5 (4 – 26 GHz) 受信系の開発
 - › 日本のVLBI研究と親和性
 - › Band5c (14 - 26 GHz) が狙い目？
- ▶ VLBIバックエンドの開発
 - › CSP (FPGAセンター) へのVLBIモード実装
- ▶ AIV (組立・統合・評価)

SKA1-LOWへの寄与案



- ▶ AIV (組立・統合・評価)
 - › プリカーサーであるMWAに貢献中

SKA1への日本の技術寄与の3本柱（案）

1. SKA1-MID Band5c 受信系

- › Band5c (14 - 26 GHz) を含む広帯域受信系の開発
- › 今井さん (鹿大)、氏原さん (NICT) が鹿島34m鏡をテストベッドに開発予定

2. SKA1-MID VLBIバックエンド

- › CSP (FPGAセンター) へのVLBIビームフォーマー開発
- › 河野さん (水沢) が検討中
- › 岳藤さん (NICT) が日立&高萩32m鏡を使ってフェーズアップ実証

3. SKA1-MID/LOW AIV (組立・統合・評価)

- › 高橋さん (熊本大) がMWA (SKA-LOWプリカーサー) に貢献中
- › 先月よりSKAO/CSIROと電話会議を実施
- › 近々、三鷹でF2F会議を予定

SKA1 & 2への技術寄与を目指した活動

- ▶ Band1, 2, 3超広帯域フィードを検討中 (赤堀、氏原、松永)
 - › SKA1/SKA2-MID
- ▶ 省電力冷却超電導フィルタ受信機 (東芝) を臼田64m鏡を使って試験中 (中西、加屋野)
 - › SKA1/SKA2-MID
 - › SKA2の電力問題 (冷却部) を解決するキラーテクノロジーとなりうる
- ▶ 省電力光I/Oコア (NEDO/PETRA製) のFPGA実装とCSPへの応用
 - › SKA2-MID/LOW
 - › SKA2の電力問題 (SaDT/CSP部) を解決しうる
- ▶ VERAをSKAパスファインダーとして申請予定
 - › 科学・技術・運用の3側面からSKAに寄与

SKA2への寄与案: 省電力光トランシーバー

NEDO/PETRA 光I/Oコア

従来品と比べて
消費電力1/10
実装面積1/100

International

日本経済新聞

2018年3月20日 (火)

トップ 経済・政治 ビジネス マーケット テクノロジー 国際・アジア スポーツ 社会

朝刊・夕刊

速報 > プレスリリース > 記事

プレスリリース

光電子融合基盤技術研究所、NEDOプロジェクトの事業化に向け新会社「アイオーコア」を設立

2017/4/17 14:15

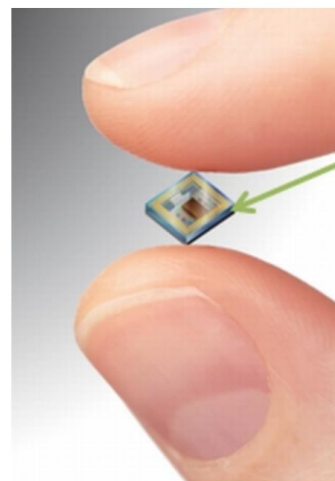
保存 共有 印刷

発表日：2017年4月17日

NEDOプロジェクト成果の事業化に向け新会社を設立

—世界最小、指先サイズの光トランシーバー「光I/Oコア」を

製品化へ—



光 I/O コア

特徴	
サイズ	5mm × 5mm
最大伝送容量	25Gbps × 12ch
消費電力	5mW/Gbps
動作可能温度	85°C (実証)

光I/Oコアの外観と主な仕様 出典：NEDO、PETRA

SKA2 CSP (FPGA) への応用を念頭に
産総研で実機見学・打合せ。

SKA推進室の必要性

- ▶ SKA-JPとして寄与案 (開発項目) を挙げた。
 - › ただしその案が全てではないし、最善とも限らない。
 - › 寄与案を再検討するためにも、専属の人が必要。

- ▶ 開発を具体化するために...
 - › 競争的資金 (科研費、財団、etc.) に応募してきている。
 - › ただし競争的資金の趣旨に沿わない開発項目もあり、別予算が必要で、推進室で確保してほしい。

- ▶ 技術面では研究機関として寄与することが重要。
 - › 一個人レベルで参加してもアイデアをプレゼントするだけになりうる。
 - › 「日本の貢献」と見なされるよう、天文台内の推進室として、組織的に活動すると良いのではないか。

SQUARE KILOMETRE ARRAY

Exploring the Universe with the world's largest radio telescope

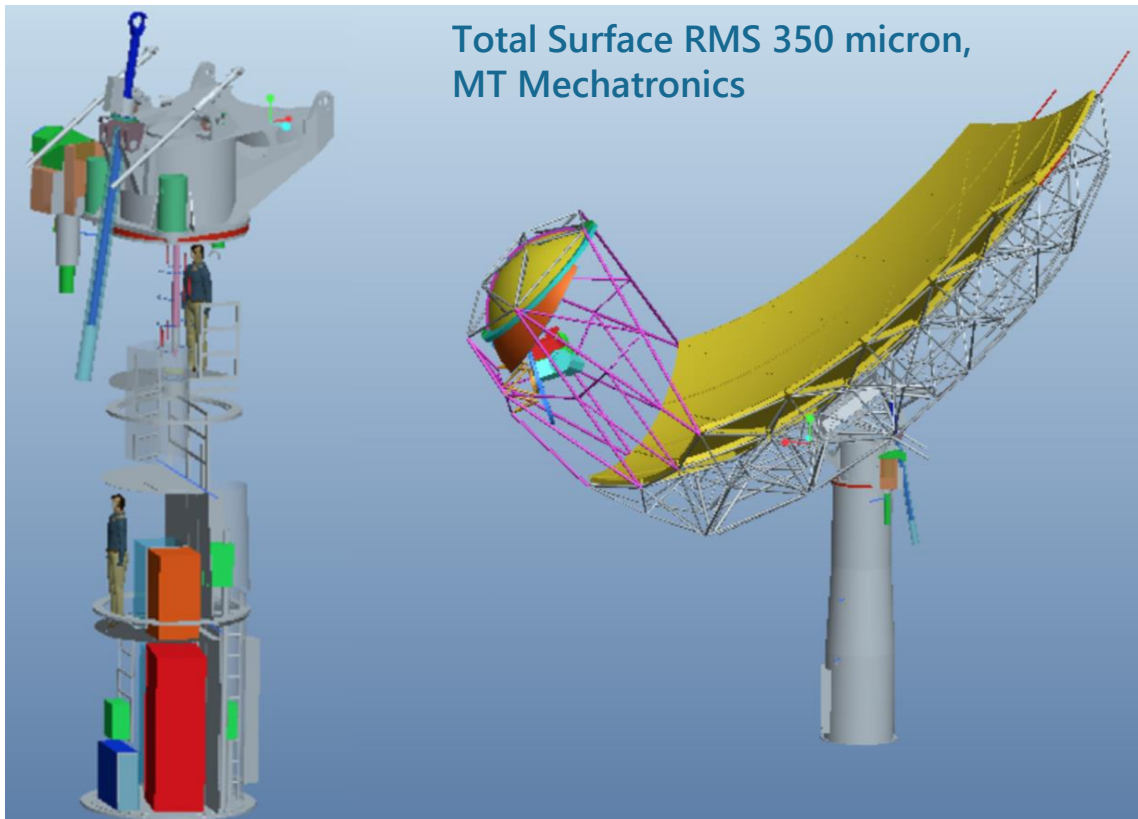


- ▶ 本プレゼンテーションは、非参加国である我々が入手できる情報に基づいて作成したものであり、情報は必ずしも最新ではないことに注意する。

Critical Design Review

Milestone	Target Date
SaDT close	April 2018
SDP Pre-CDR pack	May 2018
TM CDR close	June 2018
DSH Pre-CDR pack*	June 2018
CSP CDR close	July 2018
INAU CDR close	July 2018
INSA CDR close	July 2018
LFAA CDR close*	September 2018
System CDR (incl. AIV) close	December 2018
SDP CDR close	December 2018
DSH Band 2 CDR close*	March 2019

SKA-MID DISH/Feed

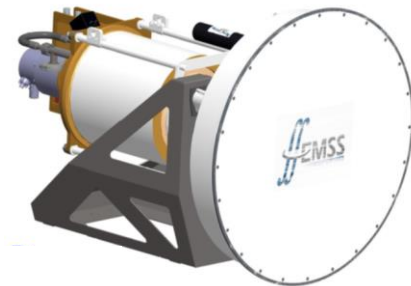


▶ 設計

- › MT Mechatronics (ドイツ)

▶ 製造

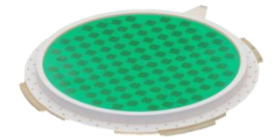
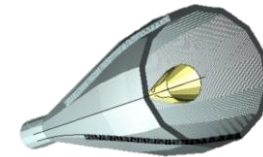
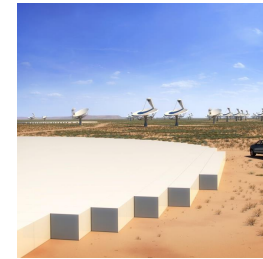
- › CETC 54 (中国)
- › 他



Band2 Feed,
EMSS (SA)

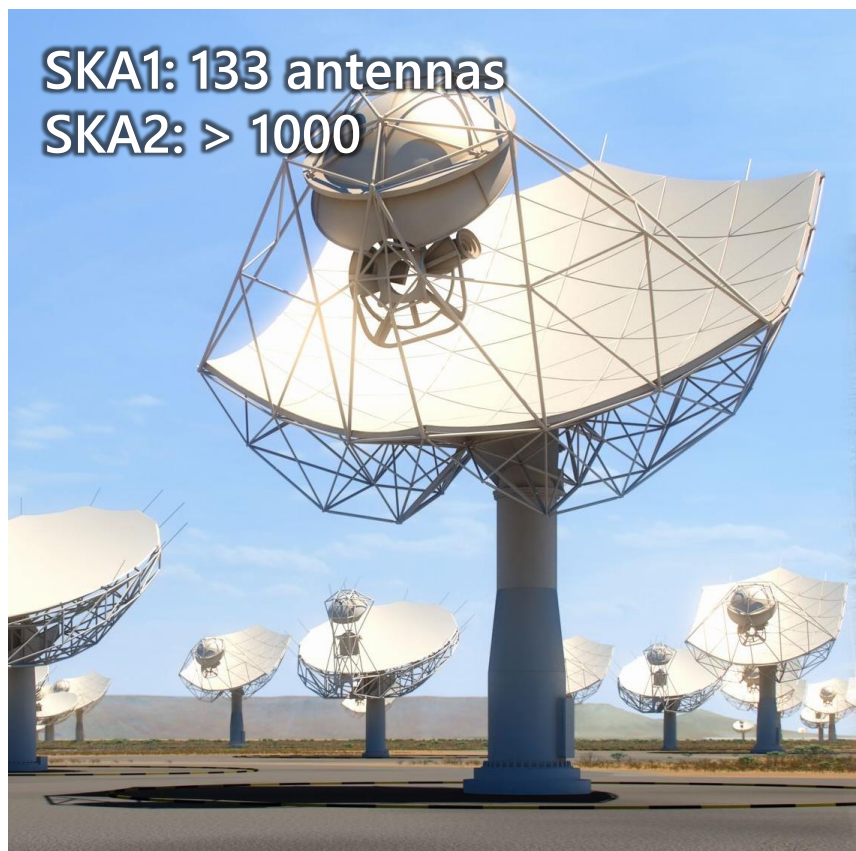
Work Package Consortia (WPC)

- ▶ LFAA/SKA-LOW
- ▶ MFAA/SKA2-AAMID
- ▶ **DISH/SKA-MID**
- ▶ WBSPF 広帯域フィード
- ▶ PAF 広視野フィード
- ▶ **SaDT 信号伝送**
- ▶ **CSP 相関器・ビームフォーマー**
- ▶ **SDP データ処理スパコン**
- ▶ and インフラ、運用管理、他

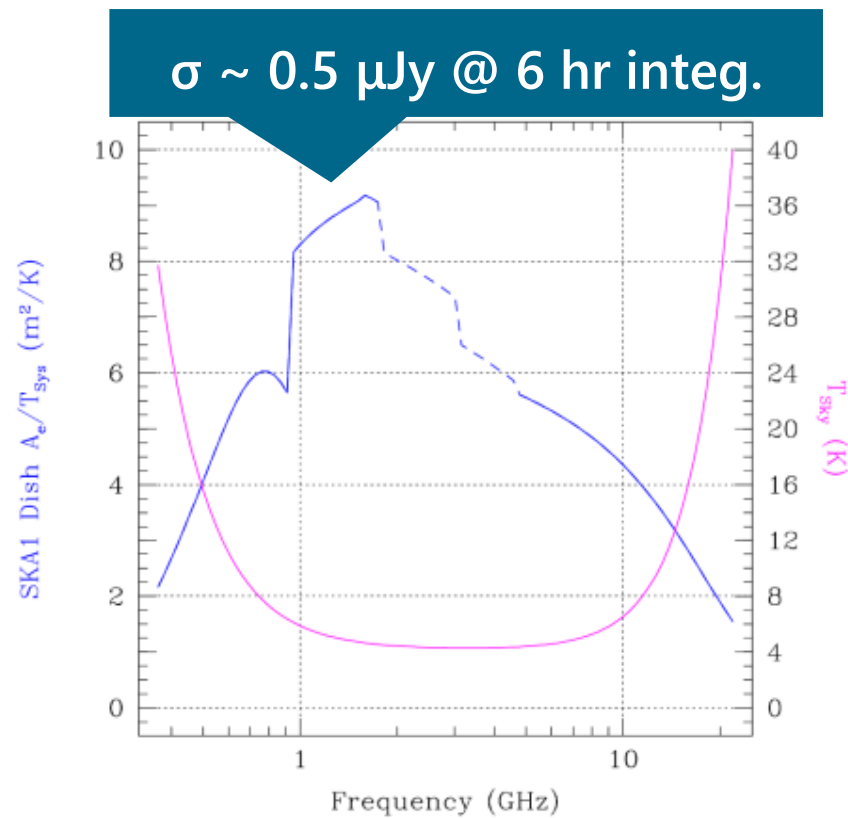


SKA-MID

Design



Sensitivity

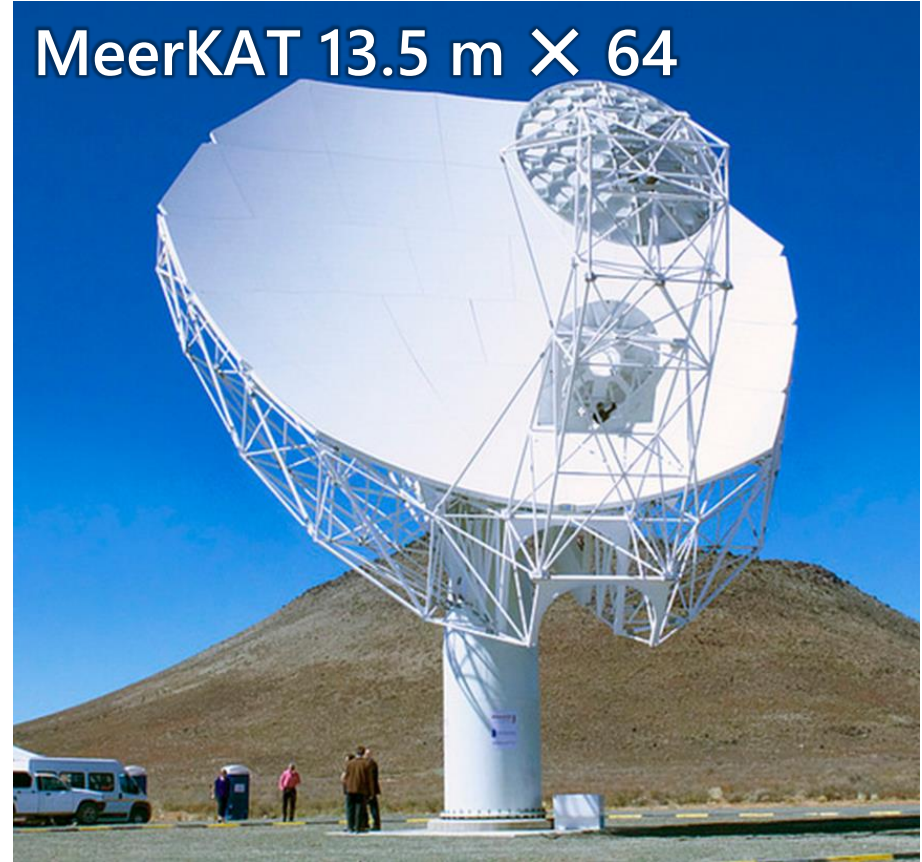


SKA-MID: Dish Design

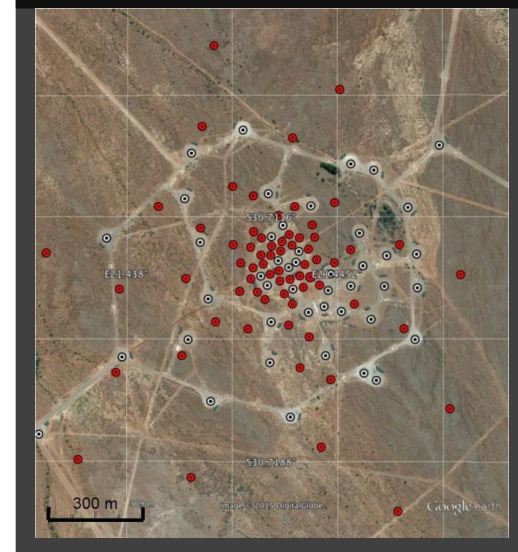
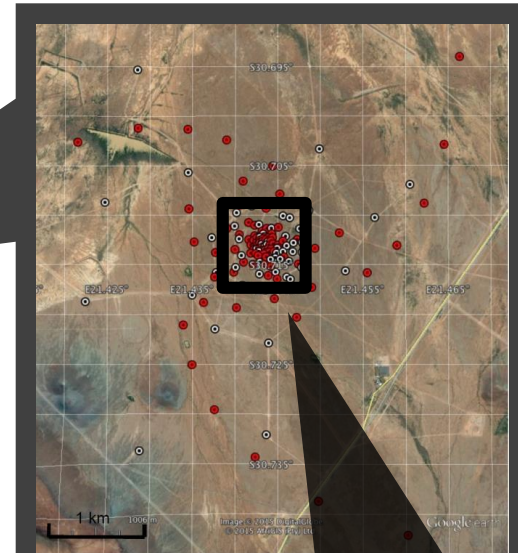
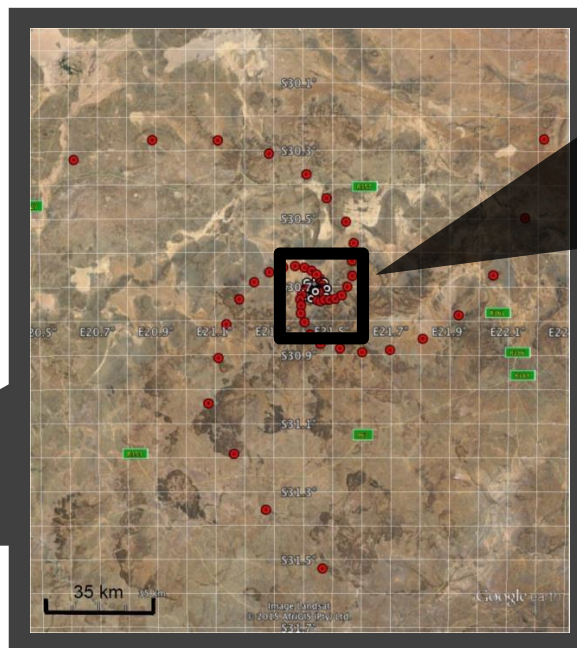
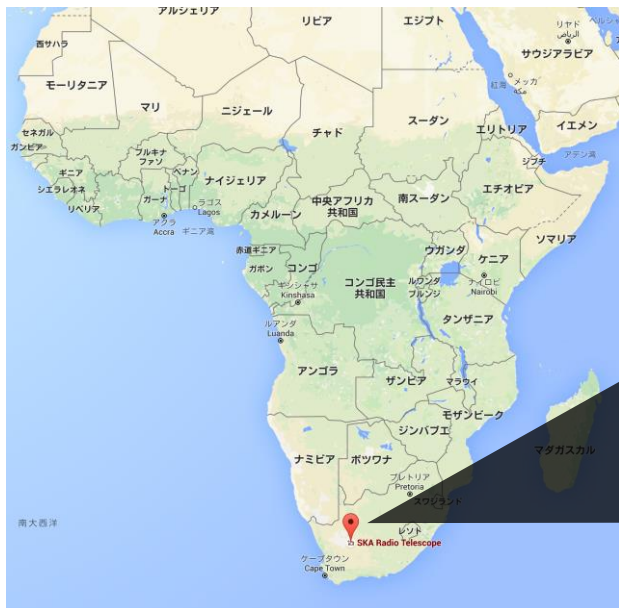
SKA-MID 15 m X 133



MeerKAT 13.5 m X 64



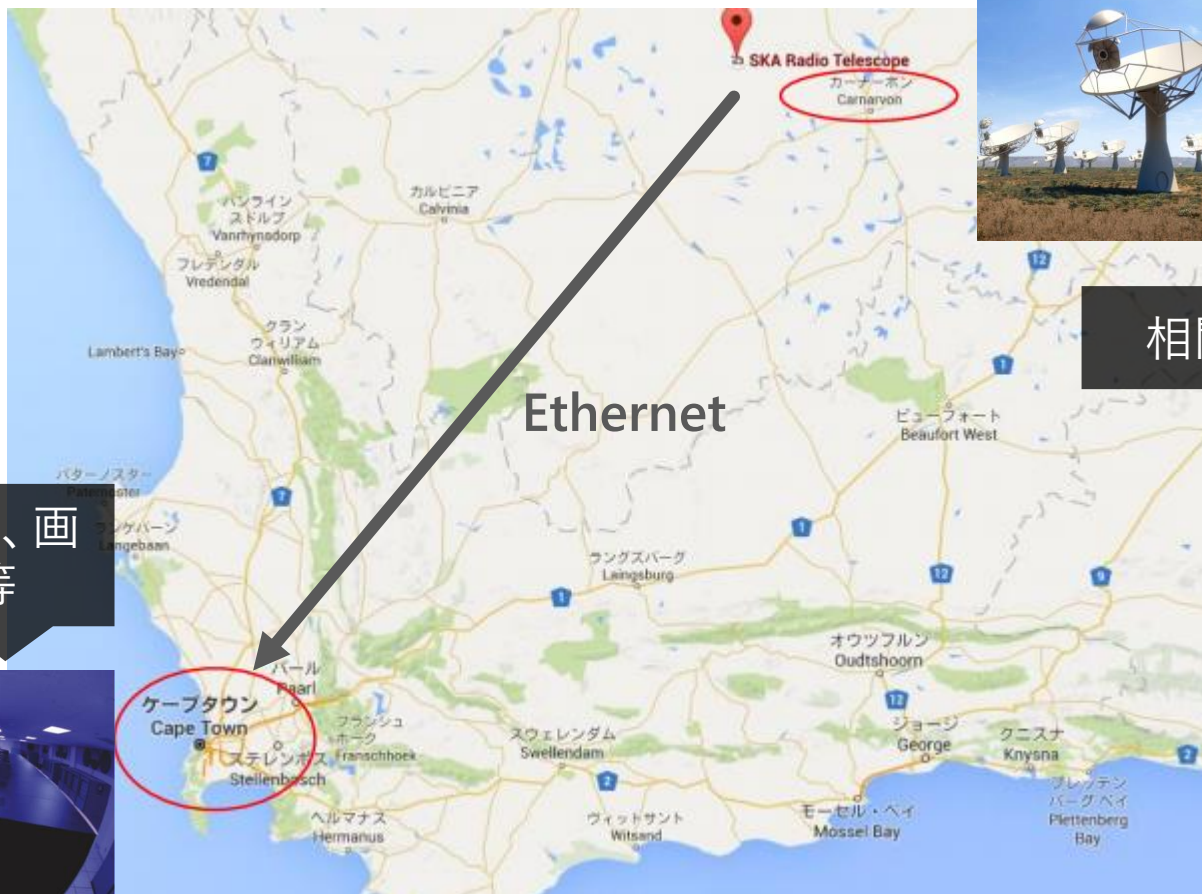
SKA-MID: Array Design



- ▶ Karoo, South Africa
- ▶ 3 spiral arms
- ▶ Gaussian distributed antennas in core site

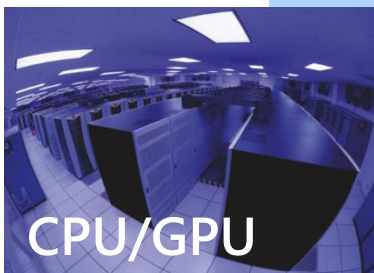
SKA-MID: CSP to SDP

CSP (Central Signal Processor)



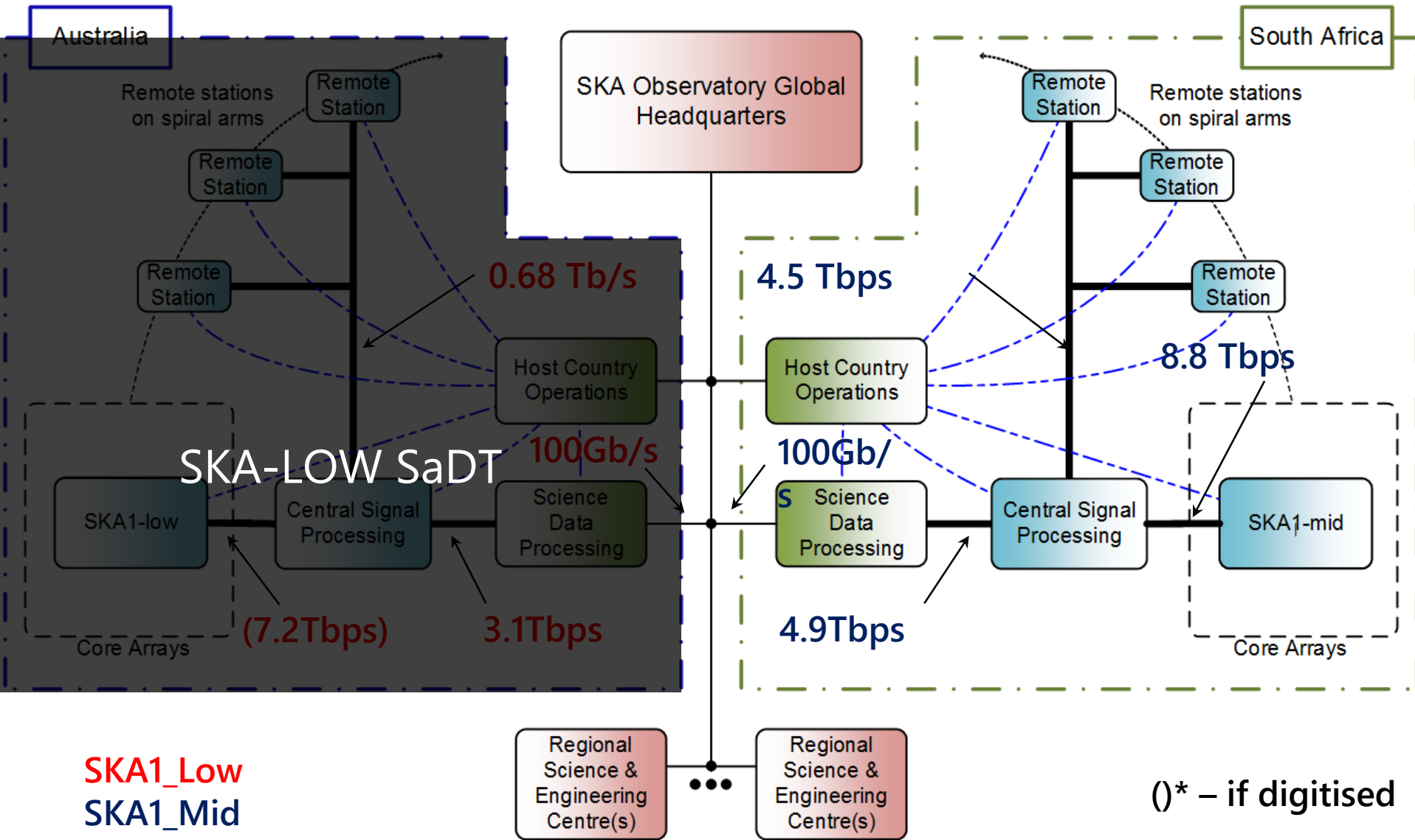
相関器・ビーム形成器

パルスサーチ、画像化、等



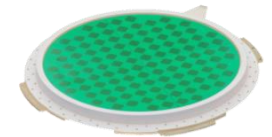
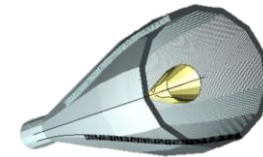
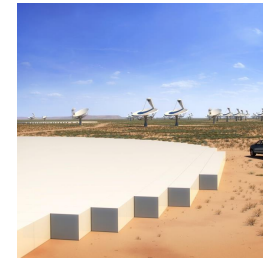
SDP (Science Data Processor)

SKA-MID: SaDT Data Rate



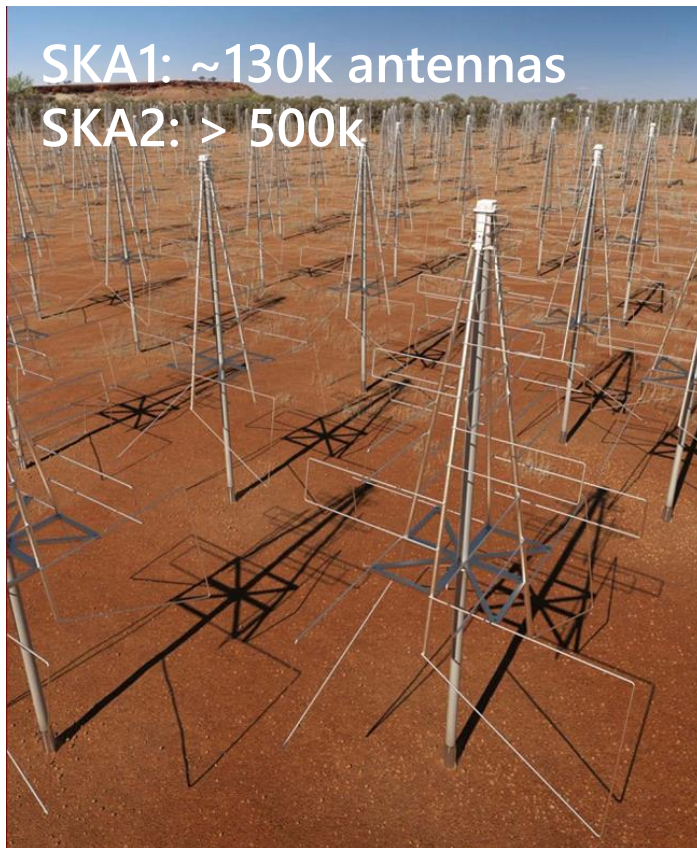
Work Package Consortia (WPC)

- ▶ **LFAA/SKA-LOW**
- ▶ MFAA/SKA2-AAMID (proposed)
- ▶ DISH/SKA-MID
- ▶ WBSPF 広帯域フィード
- ▶ PAF 広視野フィード
- ▶ **SaDT 信号伝送**
- ▶ **CSP 相関器・ビームフォーマー**
- ▶ **SDP データ処理スパコン**
- ▶ and インフラ、運用管理、他

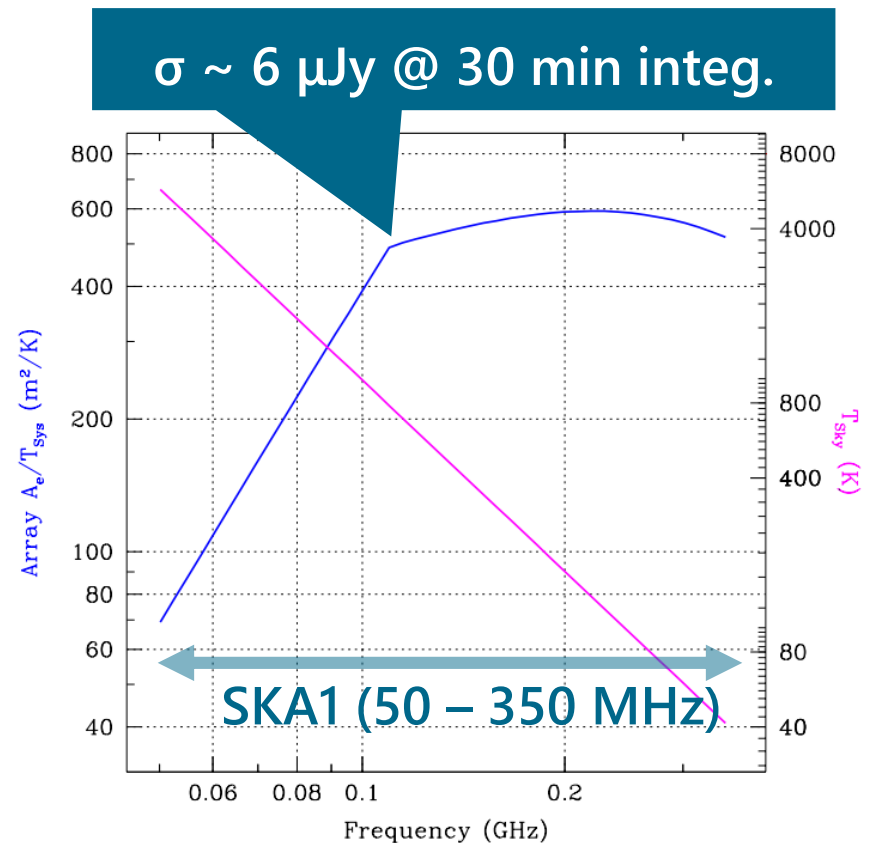


SKA-LOW (\sim MHz)

Design

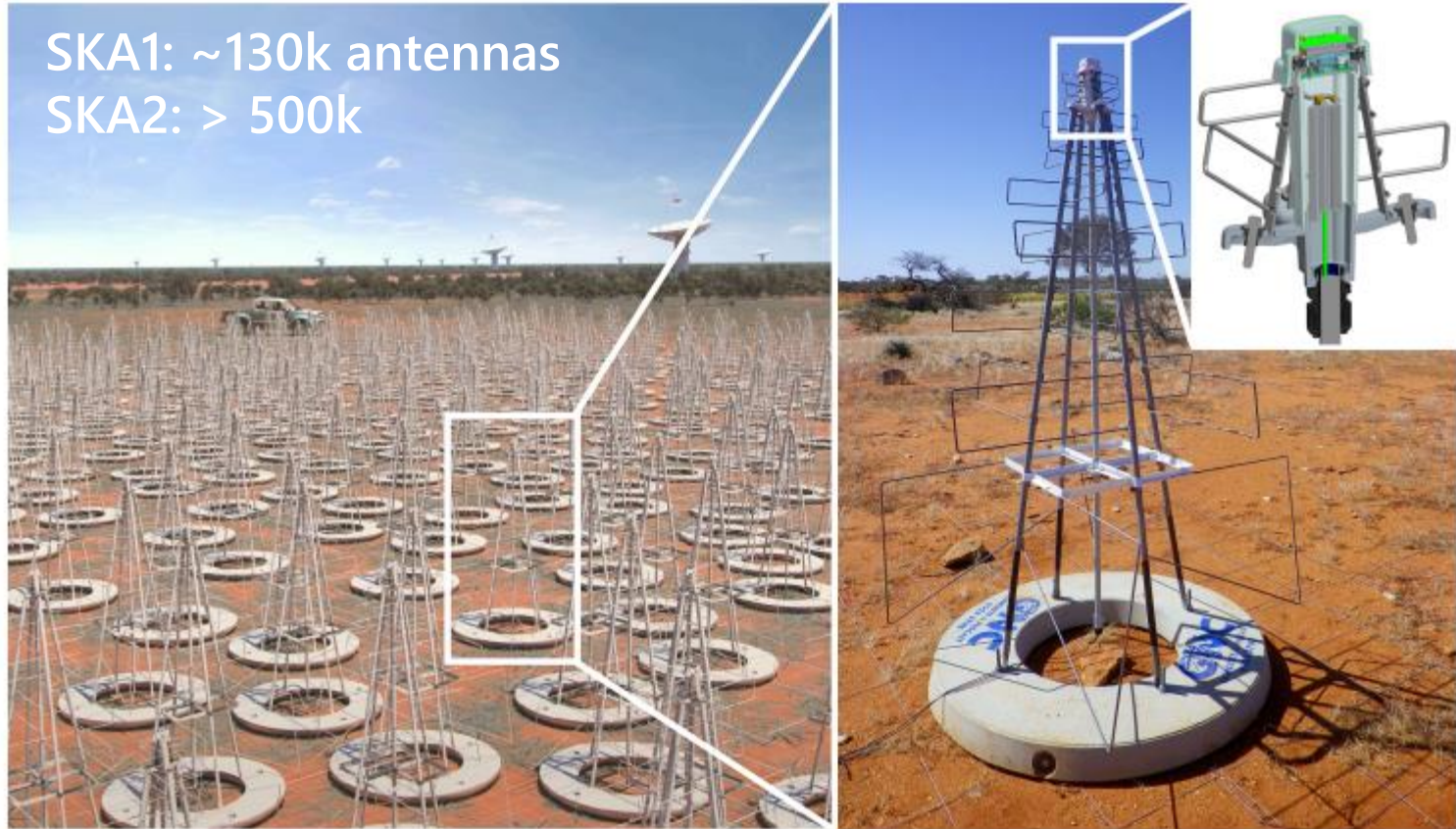


Sensitivity

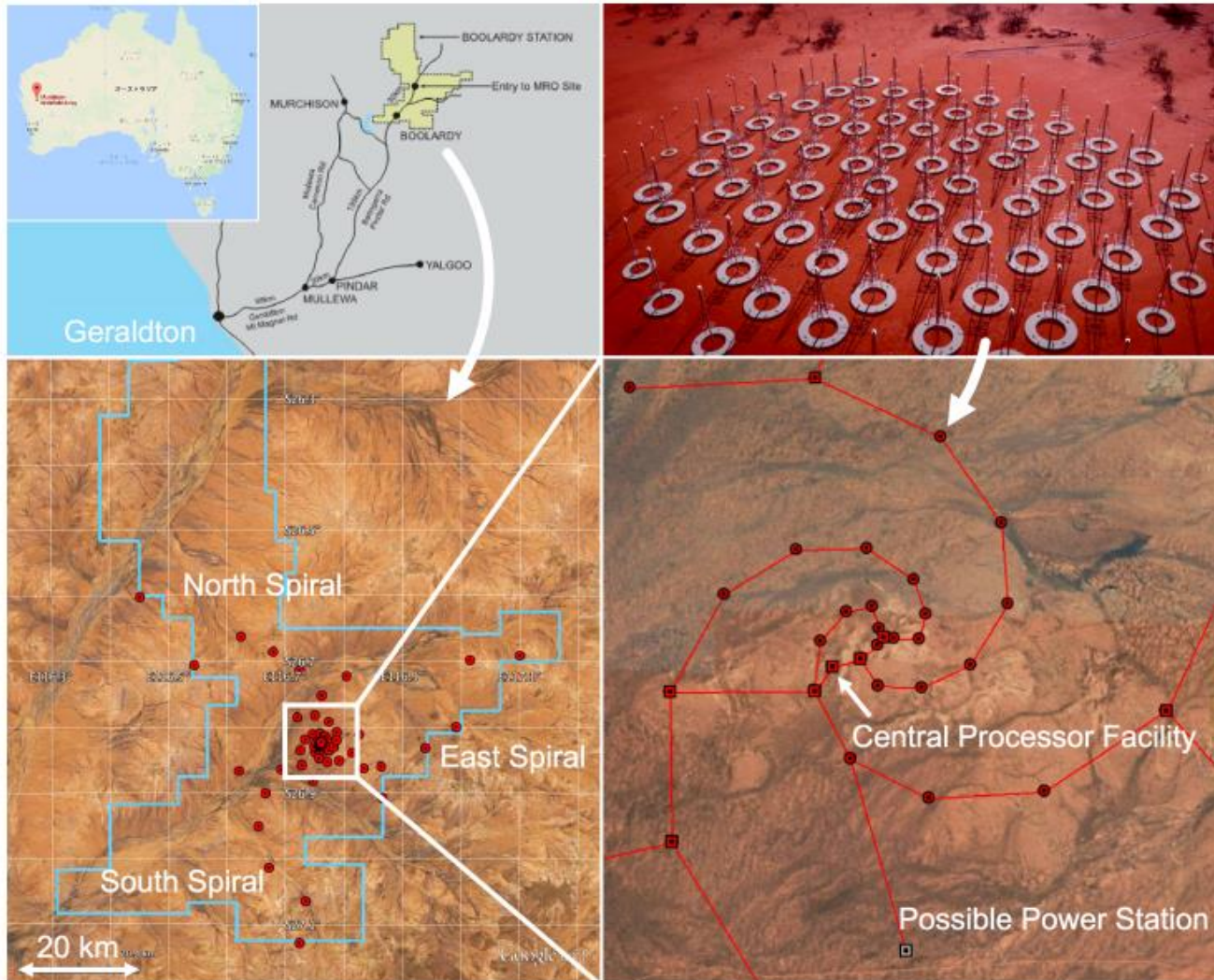


SKA-LOW: Antenna Design

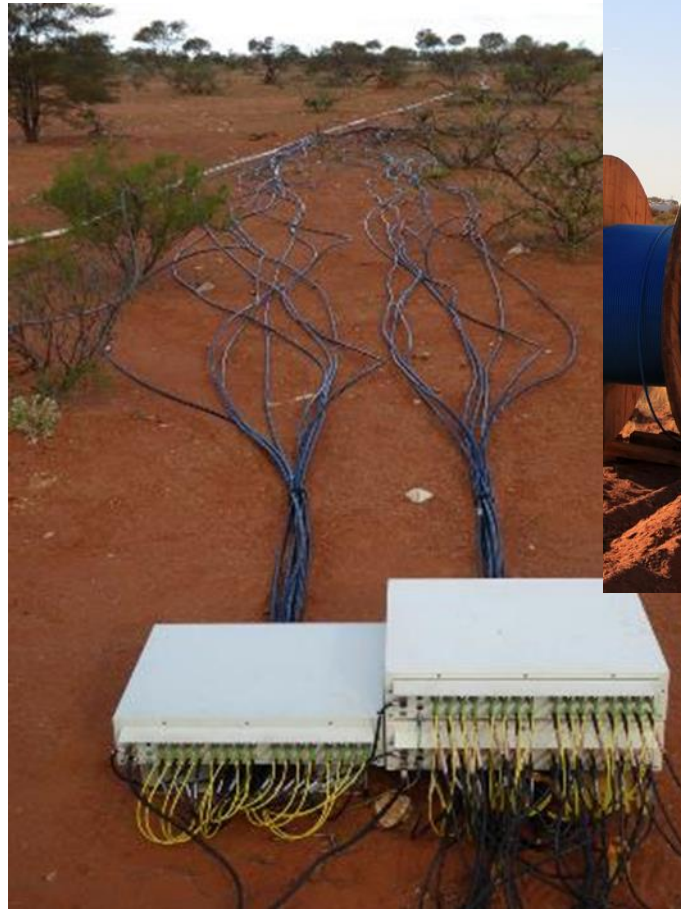
Log-periodic dipole antenna



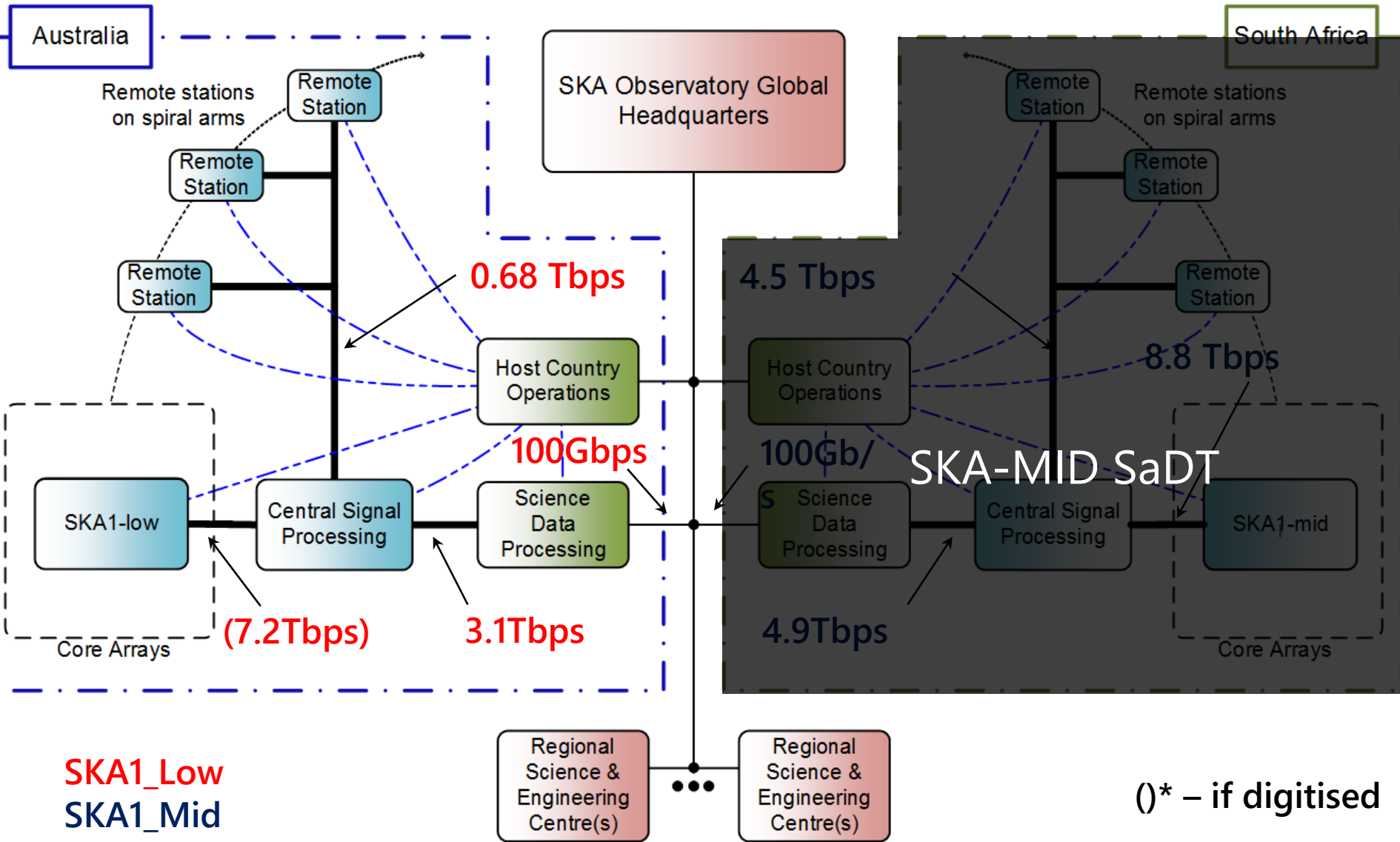
SKA-LOW: Array Design



SKA-LOW: SaDT RF over Fibre



SKA-LOW: SaDT Data Rate

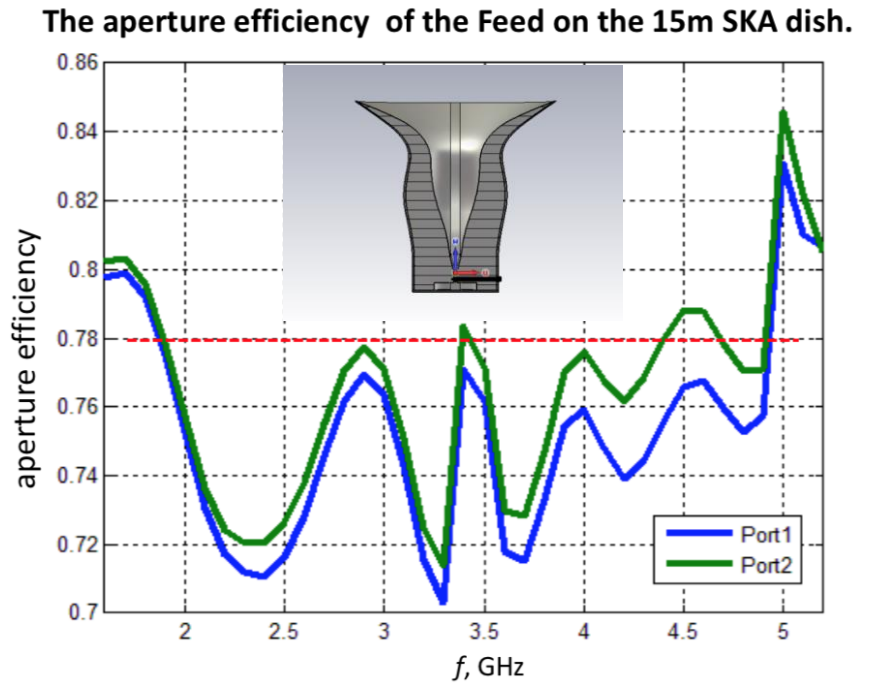
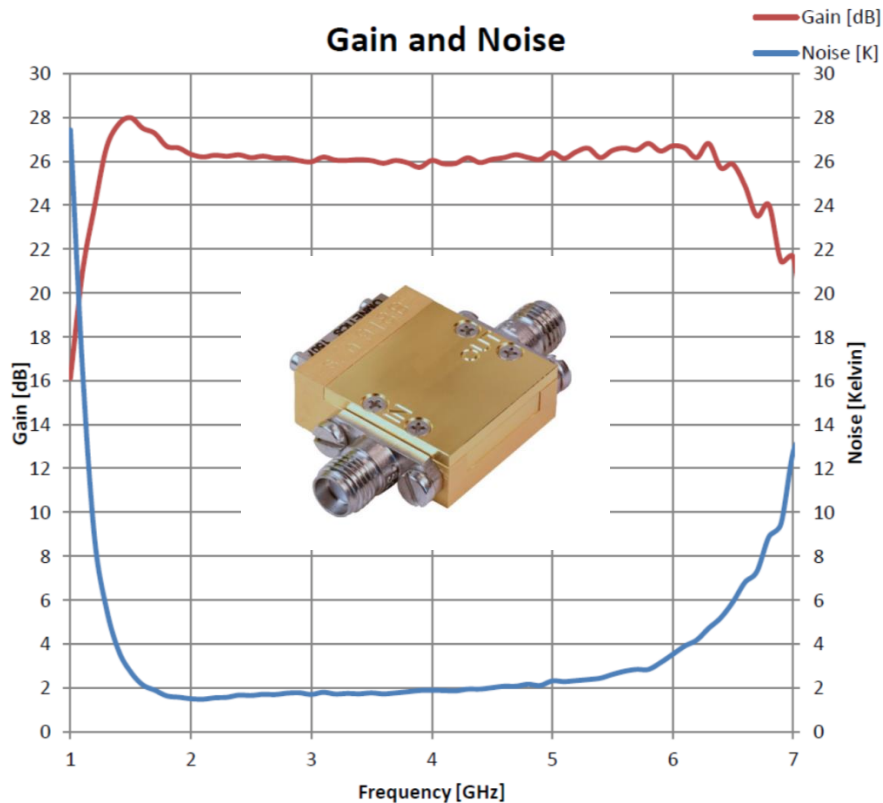


WBSPF Band A (1.6 – 5.2 GHz)

LNA (by LNF)

Feed

CDRA^



WBSPF Band B (4.6 - 24 GHz)

LNA (by LNF)

Feed

狭帯域 (8 - 24 GHz) 化
を検討

