

プロジェクト進捗報告1 計画部門



Contents

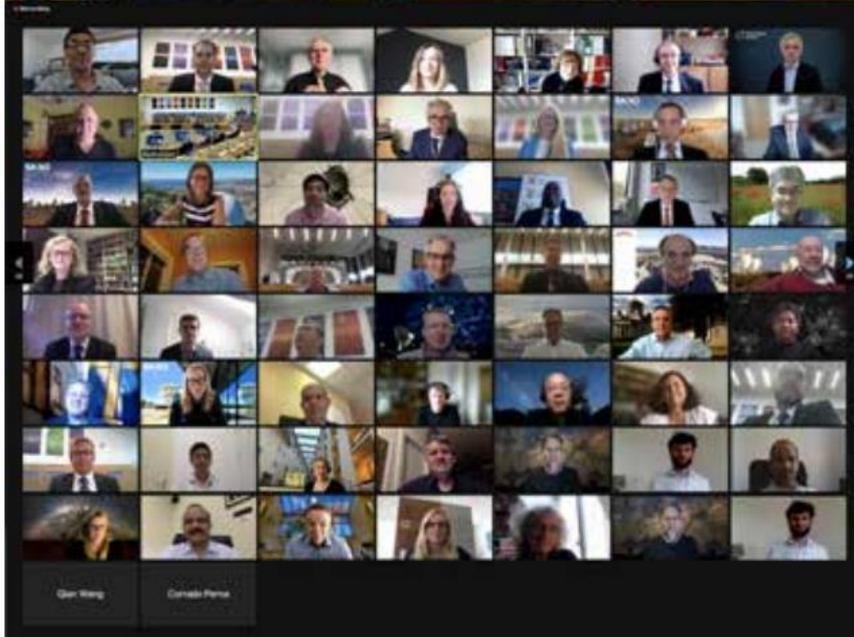
1. SKA計画全体の進捗
2. 国立天文台SKA1検討Gの状況
3. 今後の方針とまとめ

小林秀行

NAOJ SKA1 STUDY GROUP
国立天文台SKA1検討グループ

1. SKA計画全体の進捗

SKA1 建設開始(2021年7月1日)



■2021年6月24日のSKAカウンセシルで承認

■メンバー国

- ・ オーストラリア・南アフリカ・イギリス・ポルトガル・中国・オランダ・イタリア

■オブザーバ

- ・ スペイン・インド・スウェーデン・スイス・フランス・ドイツ・カナダ・韓国・日本



SKA1 建設開始 Council3で承認、7月1日から建設開始

Construction Decision

<https://www.skatelescope.org/news/skao-is-born/>

- A 30-year journey from early concepts
- 20 years of technology exploration
- 12 years since first, tentative steps towards an IGO
- 10 years since SKA Organisation established
- 9 years since the site decision
- 8 years since detailed design process began
- 6 years since IGO negotiations began in Rome, and Science Book published
- 5 years from System PDR
- 2 years from Element CDRs and signing of Convention, first ratification
- 1 year from System CDR & Operations Review
- Ratifications, Entry into Force, SKAO born, Transition.....
-Construction Decision

DG note at Council3

Fact Sheet of SKA1 construction

Facts and figures

SKA-Mid and SKA-Low

Level 1 milestone completion dates

Key project milestone	Identifier	LOW Telescope	MID Telescope
Start of construction	T0	1 st July 2021	1 st July 2021
Earliest start of major contracts	C0	August 2021	August 2021
Array Assembly 0.5 finish	AA0.5	Q1 2024	Q1 2024
Array Assembly 1 finish	AA1	Q1 2025	Q1 2025
Array Assembly 2 finish	AA2	Q1 2026	Q4 2025
Array Assembly 3 finish	AA3	Q1 2027	Q3 2026
Array Assembly 4 finish	AA4	Q4 2027	Q2 2027
Operations Readiness Review	ORR	Q1 2028	Q4 2027
End of Construction		July 2029	July 2029

Definition of milestones for SKA-Mid telescope

AA0.5: 4-dish array

AA1: 8-dish array

AA2: 64-dish array

AA3: 133-dish array

AA4 / Operations Readiness Review: Full array, including MeerKAT dishes

Definition of milestones for SKA-Low telescope

AA0.5: 6-station array

AA1: 18-station array

AA2: 64-station array

AA3: 256-station array

AA4 / Operations Readiness Review: Full array

SKA1の構成

SKA GHQ 計画の統括



Figure 102. The SKA headquarters building at Jodrell Bank Observatory in the UK.

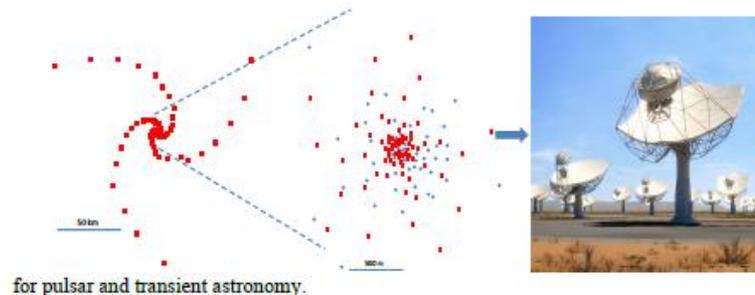
SKA1 LOW



Figure 122 Left: A close-up of a station. Right: overhead view of a station.

50 – 350MHz
512局 (13.1万基)
65km 最大基線長

SKA1 MID



for pulsar and transient astronomy.

Figure 110. Left: The entire Mid array configuration; Middle: the inner 2 x 2 km region of the array (blue dots are the MeerKAT dishes). Right: A simulated view of the inner part of the array.

350MHz-15.4GHz
197局 (133局 + 64局 (MeerKat))
150km 最大基線長

SKAO Is Born – Launch Of International Observatory Signals New Era For Radio Astronomy



Nighttime composite image of the SKA combining all elements in South Africa and Australia. Credit: SKAO, ICRAR, SARAO /
Acknowledgment: The GLEAM view of the centre of the Milky Way, in radio colour. Credit: Natasha Hurley-Walker (Curtin / ICRAR)
and the GLEAM Team.

SKAO Global Headquarters, Jodrell Bank, UK, Thursday 4 February 2021 – The SKA Observatory, a new intergovernmental organisation dedicated to radio astronomy, was launched today following the first meeting of the Observatory's Council.

<https://www.skatelescope.org/news/skao-is-born/>

- 2021年1月15日に国際機関としてのSKA Observatoryの発足
- 発足時のメンバは、オーストラリア・イタリア・オランダ・ポルトガル・南アフリカ・イギリスの6か国
- 2021年2月4日に第1回カウンシルが開催され、**日本はオブザーバ参加(斎藤、小林)**

Construction Plan (CP), Observatory Establishment and Delivery Plan (OEDP)の承認

■第1回カウンスル(2021年2月)で承認

建設費: 1297M€
運用費(2030年まで):
725M€



Construction Proposal: SKA1の建設計画

Observatory Establishment and Delivery Plan: SKA観測所の組織と運用計画(2030年まで)

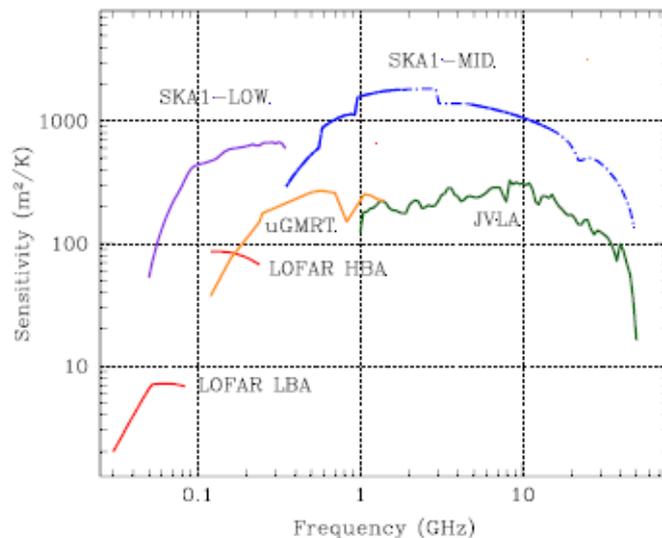
基本仕様 (Baseline designに戻る)

Selected SKA-Low Performance Parameters

Aperture Arrays	
Lower Frequency	50 MHz
Upper Frequency	350 MHz
Number of antennas per station	256
Station Effective Diameter*	38 m
Number of stations	512
Total physical aperture	$5.8 \times 10^5 \text{ m}^2$
Station Beam Forming	
Number of beams	1 – 384
Max. bandwidth per beam	300 MHz
Max. no. of antennas per beam	256
Signal Processing System	
Max. no. frequency channels	55296
Standard Frequency Resolution	5.4 kHz
Max. Frequency Resolution	226 Hz
Complex Correlations	2.9×10^{10}
Integration Time	0.9 s
Array Beam Former	
Maximum number of beams:	
Pulsar Search	500
Pulsar Timing	16
VLBI	4
Max. Total Bandwidth:	
Pulsar Search	118 MHz
Pulsar Timing	300
VLBI	300

Selected SKA-Mid Performance Parameters

Aperture	133 x 15-m (equiv. dia.) offset Gregorian reflectors Plus 64 x 13.5-m (equiv. dia.) offset Gregorian reflectors
Antenna RF System	Freq. Range (GHz)
Band 1	0.35 – 1.05
Band 2	0.95 – 1.76
Band 5a	4.60 – 8.50
Band 5b	8.30 – 15.30
Continuum Sensitivity	
SEFD (each antenna, Stokes I)	
Band 1 (0.35 – 0.65 GHz)	A_e/T_{sys} 2.1 m^2/K
Band 1 (0.65 – 1.05 GHz)	4.2 m^2/K
Band 2	10.9 m^2/K
Band 5a	8.8 m^2/K
Band 5b	6.5 m^2/K
Signal Processing System	
Correlator	
Max. no. frequency channels	65536
Max. Frequency Resolution	0.21 kHz
Standard Frequency Resolution	13.75 kHz
Complex Correlations	5.0×10^9
Minimum integration Time	0.14 s
Array Beam Former	
Maximum number of beams:	
Pulsar Search	1500
Pulsar Timing	16
VLBI	4
Total Bandwidth:	
Pulsar Search	300 MHz
Pulsar Timing	20 GHz
VLBI	2 x 2.5 GHz



予算見積もり総額

Design Baseline	April 2021	Provided through annual contributions			
Total Cost (€M) (Jun 2021 EC)	Capital cost of construction (€M)	Construction support (€M)	Observatory Operations & Business Enabling Functions (€M)	Observatory Development Programme (€M)	Funding Period
	(880 + 237) 1117	(142+38) 180			
2022	1297	684	41	2021-2030	

Table 1. SKA Observatory cost summary for the period 2021-2030, construction contingency amounts are the second figures within parentheses.

貢献予定の総額

予算の81.6%
373M€の不足

Initial Contracts	April 2021	Provided through annual contributions			
Total Cost (€M) (Jun 2021 EC)	Capital cost of construction (€M)	Construction support (€M)	Observatory Operations & Business Enabling Functions (€M)	Observatory Development Programme (€M)	Funding Period
	(678 + 192) 870	(117+33) 150			
1649	1020	629	0	2021-2030	

Table 2. SKA Observatory initial contracting cost summary for the period 2021-2030



予算貢献割合

Country	Percent of the contribution
Australia	13.9 %
Italy	5.9%
Netherlands	1.9%
Portugal	1.5%
South Africa	13.9%
UK	15.3%
China	8.0%
Spain	2.0%
Canada	6.0%
India	4.2%
Sweden	1.3%
Switzerland	1.3%
Germany	1.0%
France	2.4%
Japan	2.0%
S.Korea	1.3%
Total	82.0%

予算貢献割合(期待値を含む)

- インフレは、年2%まで許容
- **観測時間は最終的な貢献割合によって観測時間の割り振りを行う**
- インフラの貢献は50%でカウントする

マイナーパートナー(<3%)が16か国中9か国→国際協力研究Gの形成が必須

**Science Strategy
が必要！**

- 現在のメンバ国による貢献で、2026年2月まで建設継続
- 80%confidenceレベルで、2029年4月まで建設・運用を継続できる
- Staged Delivery Plan → 予算の用途に応じた柔軟な建設計画、AA2とAA3の間に最終決断

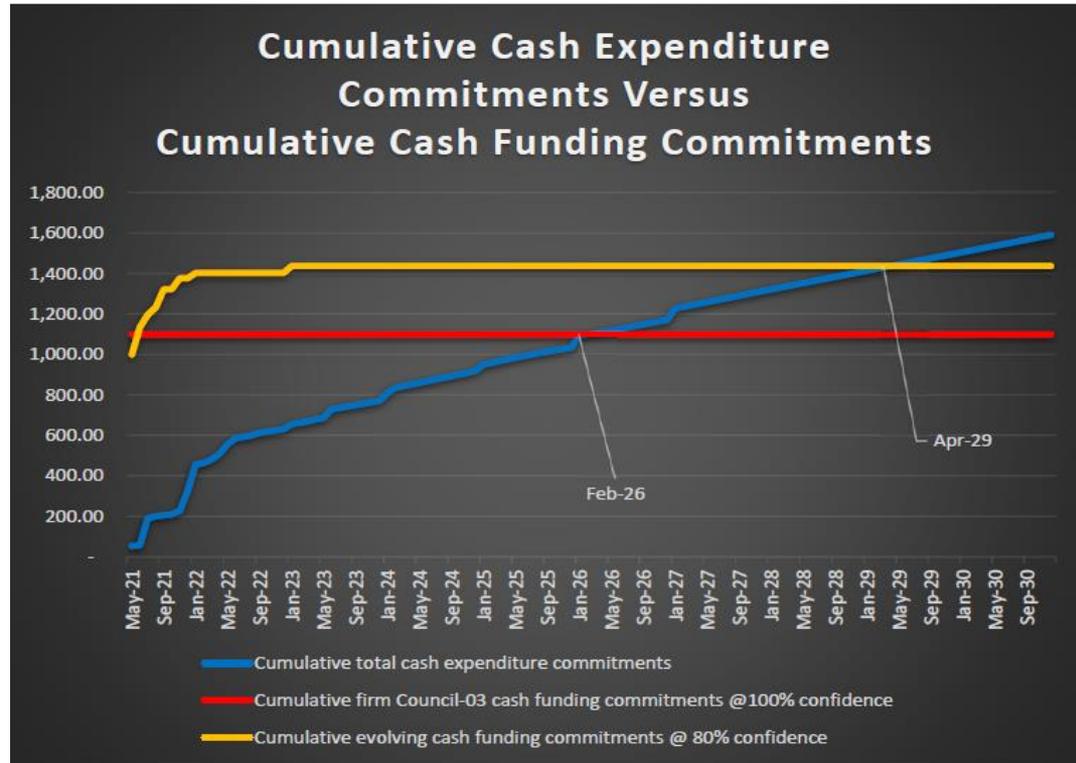
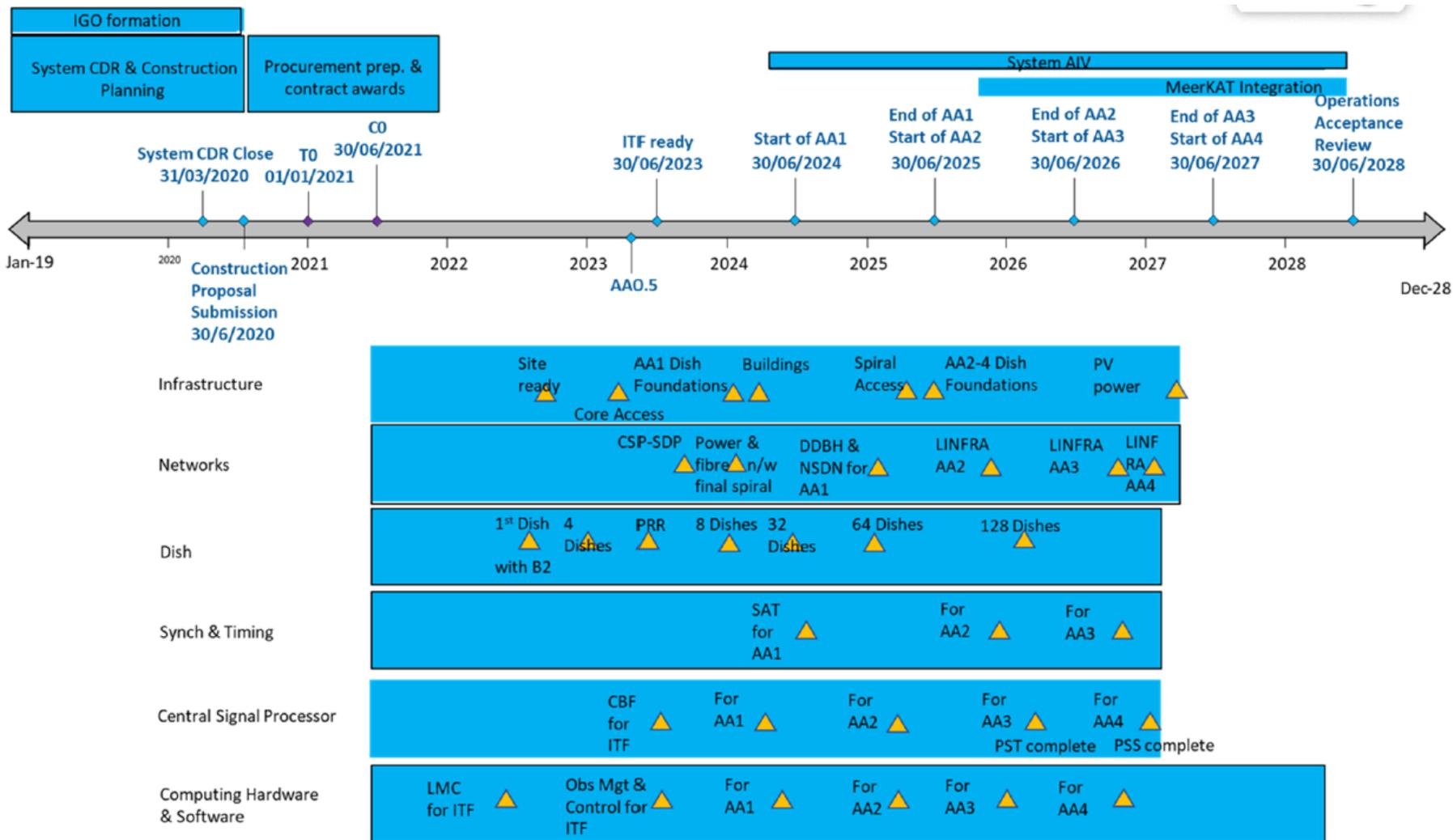


Figure 1 – Cumulative Expenditure Commitments Versus Funding Commitments at Council-03 (100% confidence interval) and Future Months (80% confidence interval)

建設スケジュール



各Phaseにおける観測機能

Table 34: Characteristics of each Array Assembly (AA) milestone and the functionality delivered.

Telescope		AA0.5	AA1	AA2	AA3	AA4
LOW	Stations	8	18	64	256	512
	Observing Modes*	Basic imaging		Pulsar Timing, Dynamic Spectrum	Pulsar Search, Transient Capture	VLBI
MID	Dishes	4	8	64	121	197
	Integrated MeerKAT dishes	0	0	1	8	84
	Receiver bands	1, 2	1, 2	1, 2 5 (on 32 dishes)	1, 2 5 (on 64 dishes)	1, 2, 5
	Observing Modes*	Basic imaging	Basic Pulsar Timing	Pulsar Search	Scaled up capability of existing functions	Dynamic Spectrum, Transient Capture, VLBI

* The observing modes shown are in addition to those delivered in previous Array Assemblies.

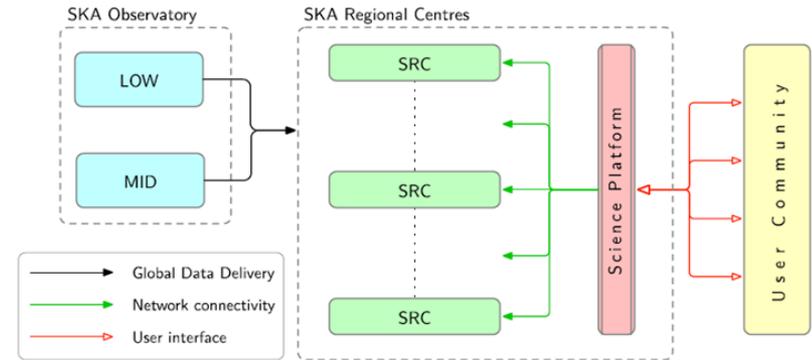
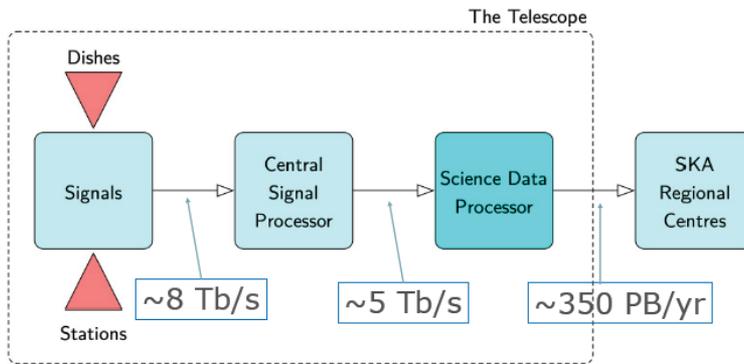
建設の分担案

Contract	Tier 1 Lead	Status	Other Participating Countries	Contract type
Low Infrastructure	Australia	Conditional	-	ECCs
Low Infrastructure PSC	Australia	Conditional	-	PSC
Low Field Node	Italy	Conditional	Australia, United Kingdom	PSC, ECC (SC)
Low Digitisation	Italy	Conditional	Australia, India, United Kingdom, Netherlands	PSC, ECC (SC)
Low AIV PSC	Australia	Conditional	Japan, Netherlands	PSC
Low CSP	Netherlands	Conditional	Australia	ECC
Low Clocks	United Kingdom	Conditional	Switzerland	ECC
Low Timing	United Kingdom	Conditional	China, Spain	ECC
Mid Infrastructure	South Africa	Conditional	-	ECCs
Mid Infrastructure PSC	South Africa	Conditional	-	PSC
Mid Dish Structure	China	Conditional ¹	Italy, South Africa, Spain, Germany	ECC (SC)
Mid Dish PSC	South Africa	Conditional	-	PSC
Mid Digitisation	Sweden	Provisional ¹	Canada, France, South Africa	ECC
Mid AIV PSC	South Africa	Conditional	Japan and Portugal	PSC
Mid CSP	Canada	Conditional	USA	ECC
Mid Clocks	United Kingdom	Conditional	Switzerland	ECC
Mid Timing	United Kingdom	Conditional	Australia, Spain	ECC
Mid Cryo	United Kingdom	Conditional ¹	(France, Germany)	ECC
MID SPF Services	South Africa	Conditional	-	ECC (SC)
Mid Band 1 SPF	Sweden	Conditional	India, Spain	ECC
Mid Band 2 SPF	South Africa	Conditional	-	ECC
Mid Band 5 SPF	United Kingdom	Conditional ¹	Sweden, (France, Portugal, Spain)	ECC
Low SPC	France	Conditional ²	-	ECC (PSC)
Mid SPC	France	Conditional ²	-	ECC (PSC)
Low Networks	Unallocated	-	-	ECC
Mid Networks	Portugal	Conditional ²	-	ECC (PSC)
OMC	India	Conditional	Italy, Portugal, South Africa, United Kingdom	PSC
SDHP	United Kingdom	Conditional	Australia, China, Germany, India, Italy, Netherlands, Portugal, South Africa	PSC
Low CPF	United Kingdom	Conditional ²	-	ECC (PSC)
Mid CPF	United Kingdom	Conditional ²	-	ECC (PSC)
MeerKAT Integration	South Africa	Conditional	-	PSC

SKAはFair Work Return (FWR)を原則にしており、貢献額の70%をその国で調達する。

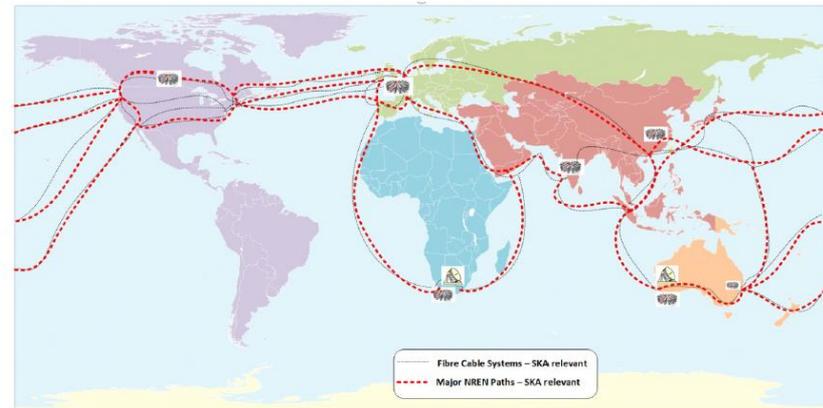
日本は、他の項目でも貢献が求められているが、予算化の目処が立っていないので、今後検討が必要

Data Flow through SKA



SKA Regional Centres (SRCs)

- SDPまでが‘望遠鏡’ → 観測時間配分の一環
- SRCがユーザーの解析環境
- 現在6か国(オーストラリア・南ア・イギリス・インド・カナダ・中国)が主要サーバの提案 + 各国がノードを持つ



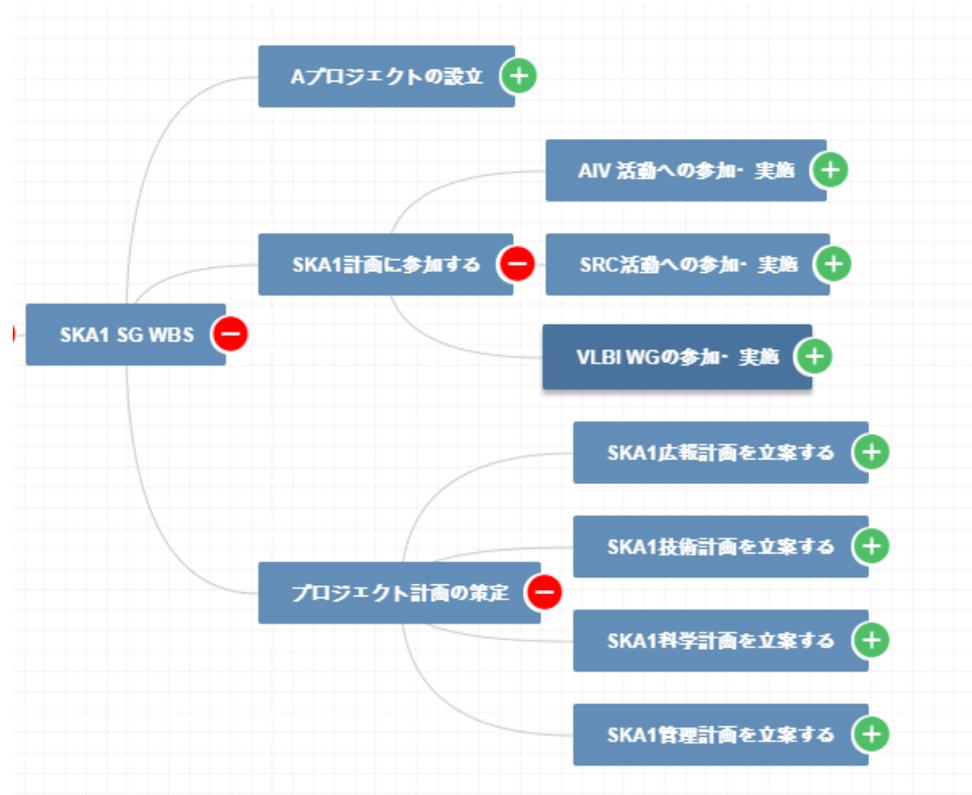
2. 国立天文台SKA1検討Gの状況 SKA1検討グループへのチャージ

- 期間: 約3年(2022年3月末まで)
- 検討リーダー: 小林 秀行
- チャージ - 重要課題
 1. 期間内に、審査報告書[RD01]で指摘された要旨3点を解決し、条件付処理事項5点をクローズする。
(補足)
 - ① The Project should make a personnel transfer plan to foreign organizations in which a significant fraction of permanent staff are transferred to and indeed a few permanent staff should have been transferred by the end of the period.
 - ② The Project should make a staffing plan which describes contributions to SKA1 by in-kind staffing contribution from Japanese universities through NAOJ, which should be approved by SKA headquarter.
 - ③ The Project should consider the change of the contribution with radio receivers if the proposers wish to continue this project after the end of the period. The Panel recommends that Band 5c receivers which the proposers wish to plan should be changed to those with other receiver band(s) or other instrument(s) or more in-kind contributions which strongly link to scientific motivations of Japanese science community.
 1. 国立天文台承継職員のSKA本部もしくは現地への派遣計画を作成し、実際に幾人か承継職員が期間内に派遣される。
 2. 大学の人的貢献が国立天文台の貢献の一部としてSKA本部により合意され、それらの貢献も含めた計画を作成する。
 3. 台長が追加で定める特別なチャージを実行する。

- AIV (Assembling, Integration and Verification) と SV (Science Validation) への参加
- SRC (Science Regional Center) への参加
- SKA-VLBI WG (Development Program) への参加
- Band6/7の技術検討への参加

- 各Key Science Programへの参加

- 2021年9月末の提案を目指す!



予算目安(総額70億円、2022-2028)

■SKAへの貢献 40M€(50億円)

- AIV 5.4M€(6.8億円)
- Cash 3.3M€(4.1億円)
- SODPへの参加 3.6M€(4.5億円)
 - ✓ VLBIなど
- 運用への貢献 28M€(35億円)
 - ✓ Science Verification
 - ✓ Cash

■SRC参加 12M€(15億円)

- 日本SRCシステム
- 解析・アーカイブSWの開発
- 運用費(User supportなど、人件費含む)

■国内活動 5億円

- 予備研究計画
- 国立天文台プロジェクト室運用

Plan to Funding of SKA commitment

2019 ----- 2022 -----2027

NAOJ

SKA1 Study Group

SKA1 Project



Project Proposal



Fund raising to MEXT ~40M€

JSPS
(competitive funds)



Proposal to JSPS ~10M€



MasterPlan/
Roadmap
2020



MasterPlan/
Roadmap
2023

Science Council
MEXT

■何がGive and Takeか？

- 貢献 Cash, In-kind, Manpower
 - ✓ Cash: SKAO management経費
 - ✓ In-kind: Subsystemの建設
 - ✓ Manpower: 設計・製作・試験
 - ✓ 70%のreturn (拠出金の70%以上をその国で支出)
- 獲得 観測時間、Presence
 - ✓ 観測時間
 - Key ScienceのPI, sub-PI, Memberとしての参加
 - Open 時間への参加 (メンバ時間)
 - ※ 本来の意味のopen sky は全体の5%
 - 観測時間の配分は、**貢献割合に比例する**
 - ✓ Presence
 - Science collaboration
 - Engineering collaboration

■主にTelescope AIVへの参加

- 全体をアッセンブルした機能・性能の評価
- SWとのインテグレーション

■Science Validationへの参加

- 観測性能、キャリブレーション性能の達成、実証試験

■Low Midともに2020年からIn-kindの参加

- LOW PSI (Preliminary System Integration) 実施 河野
- MID PSI実施、ITF (Integration Test Facility) 検討 小山、砂田、寺家

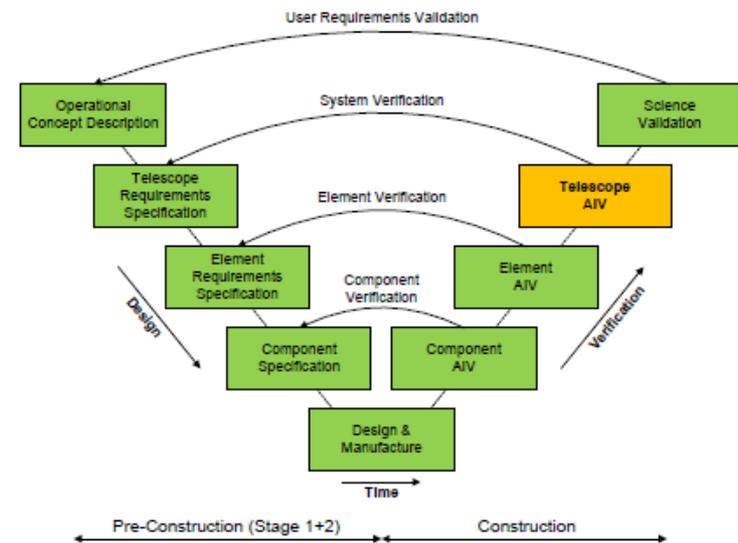


Figure 1: V-Diagram showing top-down design and bottom-up verification.

○SRC検討WGへの参加(赤堀、広田、島袋(雲南大)、吉川(筑波大))

- 要求要件、機能、分担の検討
- 国際協力開発体制の検討



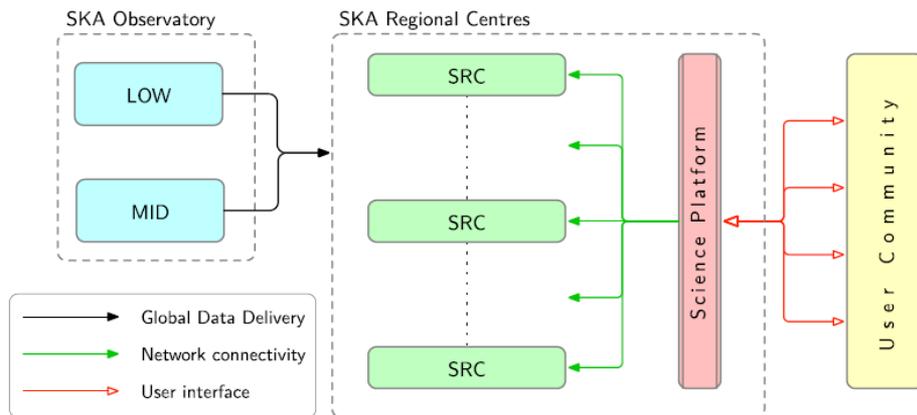
- 国際SRCコンソーシアムで7つのSWG
- WG0 SRC Network Architecture
 - WG1 Data Logistics
 - WG2 Operations
 - WG3 Software 1
 - WG4 Software 2
 - WG5 Compute
 - WG6 Science User Engagement

○中国(上海天文台)との2国間協力

- 上海・水沢協定にSRCに関する協力
- 2019年5月に東アジアSKAサイエンスWSの開催(学振:2国間セミナー)
- MWAを用いた研究での協力

○国内でのSRC 検討グループの組織と検討

- データ解析エキスパート、ALMA ARC, ソフトウェアエンジニアなどで構成



■共同開発、共同研究

- 人的な貢献の期待 (AIV, SV, SRCなど)
- 競争的資金の共同での獲得 (科研費: 学術変革など、その他)
- 参加した研究者へのリターンの検討
 - ✓ 従来の共同利用の方法をそのまま適用できない
 - ✓ 共同研究拠点としての国立天文台の役割

■サイエンス戦略の議論

- キーサイエンスにどのように参画するか？
- キーサイエンスにチームで参加か、個別に参加か？
- チームビルドをどのように進めるか？
- 個別プロポーザルに対応する予備研究の進め方？

3. 今後の方針とまとめ(1)

- SKA1は国際機関の設立、2021年7月から建設の開始、2024年から部分観測の実施
- 検討グループのチャージを受けた活動、国立天文台へのプロジェクト提案準備(2021年9月を目途)
- 科学・技術面でのSKA-JPとの連携のさらなる強化
- 技術研究計画
 - AIV/SVへの参画
 - SKA VLBI WGに参加
 - Band6技術検討
- 科学研究計画 → Science Strategyの必要性(予算貢献より大きな研究成果)
 - Key Science への参画
 - SRCへの参加
 - プロポーザルへの準備研究
 - 国内ユーザーの拡大

3. 今後の方針とまとめ(2)

■ 課題

- プロジェクトプランの策定、プロジェクト提案、設立、予算の獲得
- 役割の具体化
- 技術的なFeasibilityと予算精度の向上
- Science promotionの方針・戦略