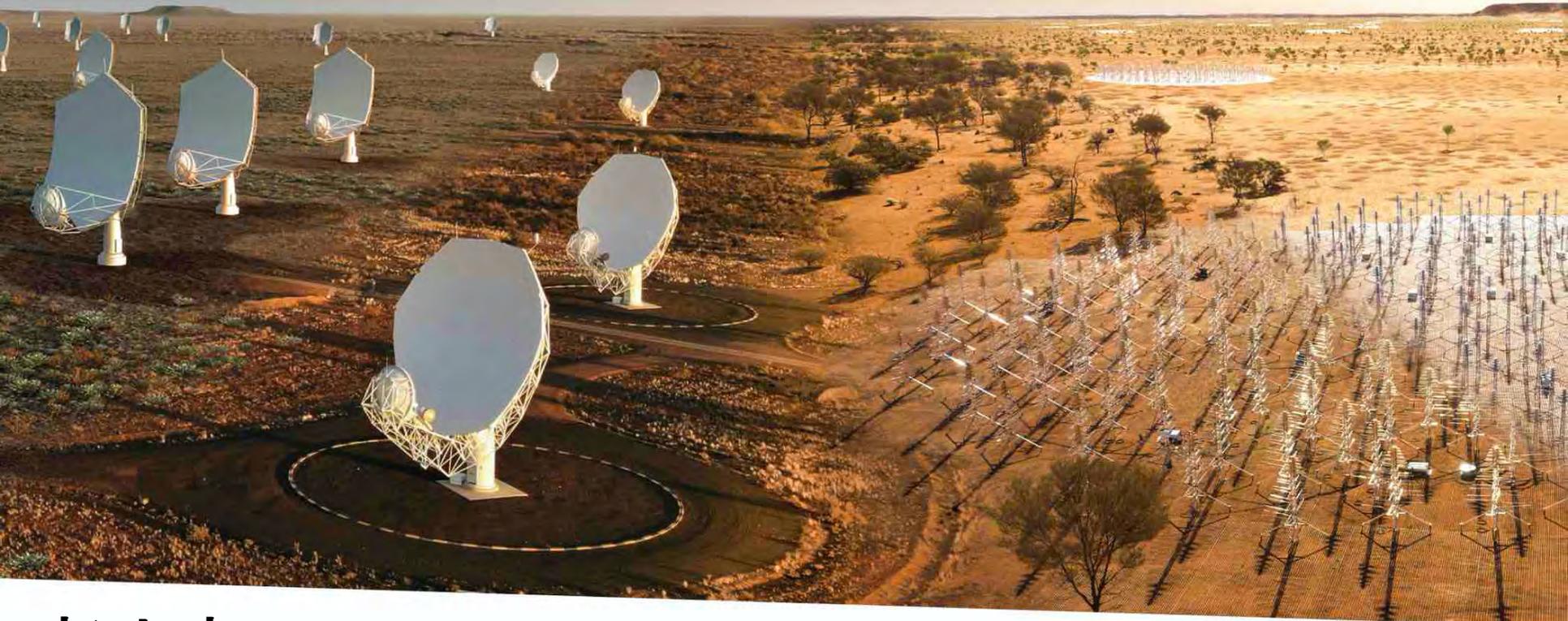


SKA計画概要



杉山直
名古屋大学

Japan SKA Consortium
日本SKA協会

Square Kilometre Array (SKA) 概要

建設開始2021年、本運用2028年頃、SKA2の予算や時期は未定

国際合意の下で世界
15カ国が2030年までに
2千億円強を出資し
天文台を建設・運用



SKA条約(2021.1.15~)

政府間機構
SKA天文台

意思決定機関
SKA評議会

科学技術
諮問委員会

財務委員会

時間割当て
委員会

各種委員会

英国本部GHQ
マンチェスター郊外
ジドルルバンク
観測所内



- LOWとMIDを遠隔から一体的に運用
- 1期(SKA1)と2期(SKA2)の2段階
- 50年以上運用

豪州観測所LOW
(50-350MHz)

13.1万基
(512局)
最大65km範囲 (SKA1)
↓
125万基(4880局)
最大300km (SKA2)



- SKA1は従来より**10倍向上した感度&分解能**を実現
- **5大科学**(宇宙再電離・重力理論・宇宙磁場・宇宙論と銀河進化。宇宙生命)など実施

日本の状況=未参加・予算未獲得

日本では**SKAJP(登録約230名)**が参加を希望し10年以上活動、**国立天文台SKA1検討グループ**が2022年度からのプロジェクト化を目指し企画立案中

- 予算目標: 建設運用に60億円
- 建設分担案: 性能出し(AIV)、VLBI記録系、ソフト、受信機

南ア観測所MID
(0.35-15GHz)

197台
(15m鏡と13.5m鏡)
最大150km範囲 (SKA1)
↓
15m鏡2000台
最大3000km (SKA2)



SKAの科学目標

宇宙再電離

宇宙最初の星とブラックホールはいつどのように誕生し、そして宇宙の暗黒時代はいつ終焉したのだろうか？ **Subaru他**

重力理論

私達の知る重力の基本法則は本当に正しいのだろうか？宇宙を満たす重力波の予言は正しいのだろうか？ **Athena他**

突発天体

未知の現象FRBは宇宙のどこでどのように発生しているのだろうか？強い磁場を帯びた中性子星の起源は何か？ **EAVN他**

天の川銀河

予見される暗黒ガスはどこにどの程度存在するだろうか？天の川銀河の裏側はどうなっているのだろうか？ **JWST他**

宇宙論・銀河進化

標準ビッグバン宇宙論では説明がつかない宇宙の性質は存在するのだろうか？銀河のガスはどのように変遷してきたのか？ **TMT他**

宇宙磁場

宇宙の磁場はいつどのようにして発生したのか？宇宙のガス大規模構造はどのようにになっているのか？ **XRISM他**

活動銀河核

ブラックホールに物質はどのように落ち込み、吹き出し、そして周囲の物質にどのような影響を与えるのだろうか？ **CTA他**

星惑星形成

生命の源・アミノ酸は太陽系外にも存在するのだろうか？それはこの宇宙では普遍的なのだろうか？ **ALMA他**



SKAは最も低い周波数の電磁波を唯一網羅

ngVLA/ALMA2 Subaru/JWST/TMT XRISM/Athena CTA

低周波電波

高周波電波

赤外線

可視光線

X線

γ線

恒星・星間・銀河間プラズマ

宇宙磁場

電波銀河

瞬発電波バースト

中性子星

クェーサー

原始星・晩期星

AGN

熱い宇宙

LOW

Band 1

Band 2

3/4

Band 5ab

5c

Band 6/7

SETI?

Freq.
(GHz)

0.05

0.3

1.0

1.4

1.6

6.7

15

22

43

HI
(宇宙再電離)

HI (系外銀河)

HI (天の川銀河)

OH*

CH

CH₃OH*

HCN

アミノ酸

H₂CO

H₂O*

NH₃

SiO*

冷たい宇宙



特にSKA1とngVLAを比べた違い

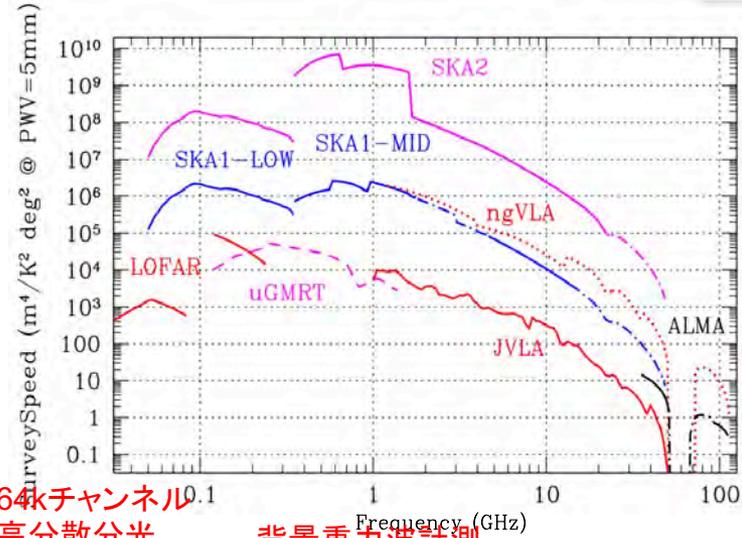
■ 1GHz以下の低周波域の観測

■ サーベイ(感度x視野)に優れる

- カタログ(統計を使う)研究
- 突発天体(の待ち受け)研究
- 広がった天体の研究

■ 信号処理が作り込まれる

両偏波 広視野結像 64kチャンネル 高分散分光 背景重力波計測

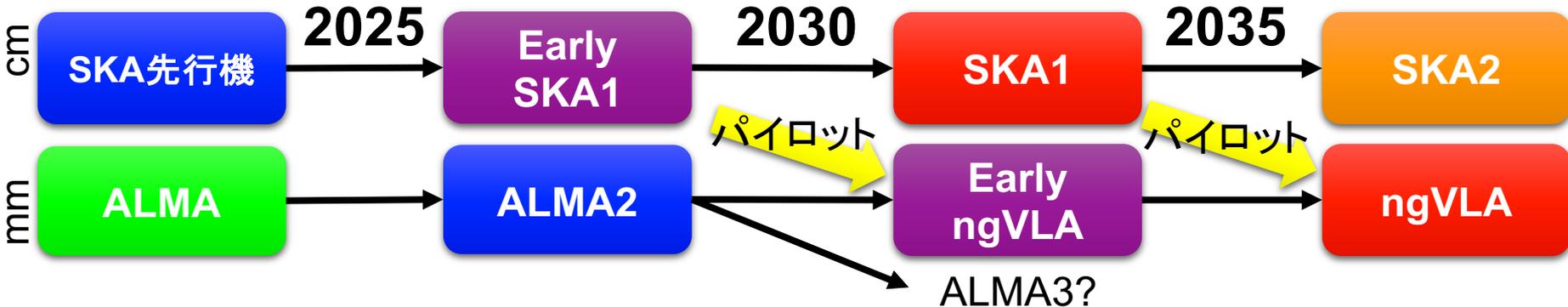


多観測モードの同時実行例

Subarray	Band	Continuum Imag BW (MHz)	# Zoom Windows	# PSS Beams	PST BW (MHz)	# PST Beams	VLBI BW (MHz)	# VLBI Beams
1	2	810.0	3	1500	810.0	16	810.0	2

■ プロジェクトフェイズが先行している

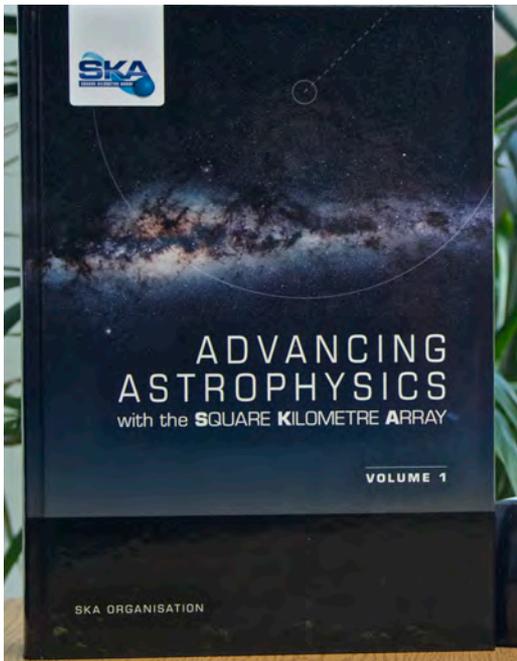
パルサーFRB捜索 視野内1500箇所 VLBIデータ



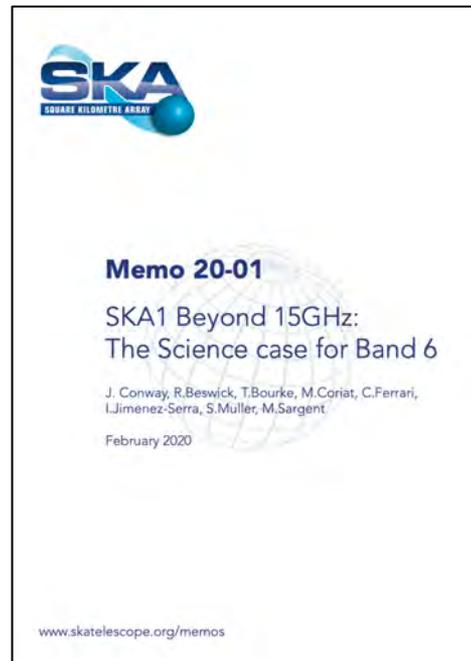
ALMA3?

参考文献

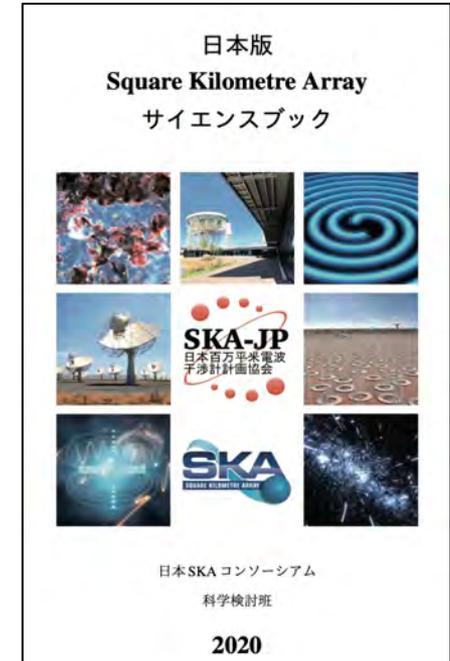
1. 科学白書2015: <https://pos.sissa.it/cgi-bin/reader/conf.cgi?confid=215>
 - 特にスペック込みのサーベイ戦略はこの中の各サイエンステーマごとの総括論文をご覧ください。2000頁。
2. 科学白書2020: https://www.skatelescope.org/wp-content/uploads/2020/02/ScienceCase_band6_Feb2020.pdf
 - 特に15GHz以上のサイエンスはこちらをご覧ください。130頁。
3. 日本版白書2020: http://ska-jp.org/SKAJP_Science_Book_2020.pdf
 - 特に基礎から学びたい方はこちらをご覧ください。460頁。



(1)

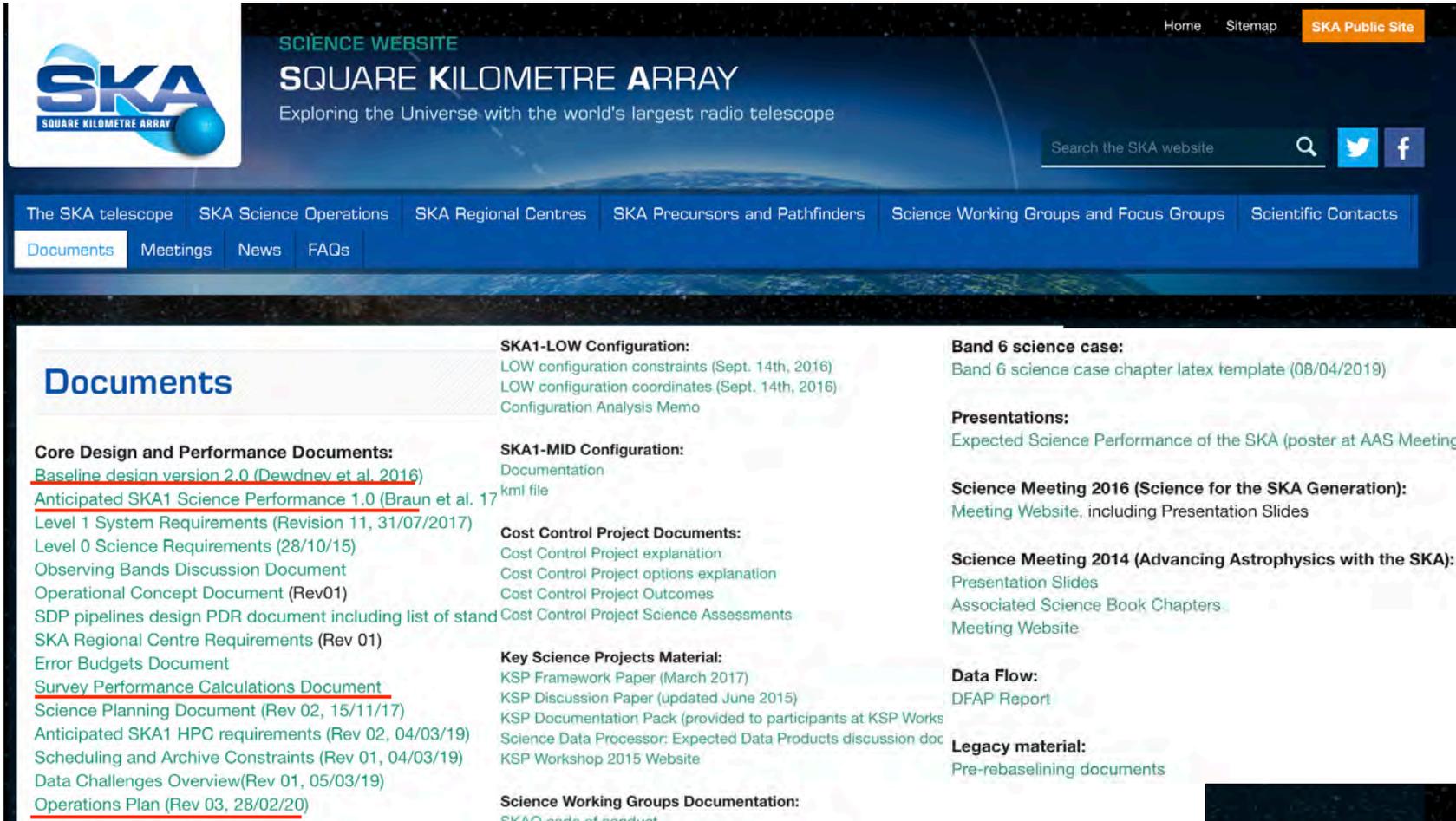


(2)



(3)

■ SKA本部: <https://astronomers.skatelescope.org/documents/>



The screenshot shows the SKA Science Website's 'Documents' page. The header includes the SKA logo, 'SCIENCE WEBSITE', 'SQUARE KILOMETRE ARRAY', and the tagline 'Exploring the Universe with the world's largest radio telescope'. Navigation links include 'Home', 'Sitemap', and 'SKA Public Site'. A search bar and social media icons for Twitter and Facebook are also present. The main navigation menu includes 'The SKA telescope', 'SKA Science Operations', 'SKA Regional Centres', 'SKA Precursors and Pathfinders', 'Science Working Groups and Focus Groups', and 'Scientific Contacts'. The 'Documents' sub-menu is active, showing links to 'Documents', 'Meetings', 'News', and 'FAQs'.

Documents

Core Design and Performance Documents:

- [Baseline design version 2.0 \(Dewdney et al. 2016\)](#)
- [Anticipated SKA1 Science Performance 1.0 \(Braun et al. 17\)](#)
- [Level 1 System Requirements \(Revision 11, 31/07/2017\)](#)
- [Level 0 Science Requirements \(28/10/15\)](#)
- [Observing Bands Discussion Document](#)
- [Operational Concept Document \(Rev01\)](#)
- [SDP pipelines design PDR document including list of stand](#)
- [SKA Regional Centre Requirements \(Rev 01\)](#)
- [Error Budgets Document](#)
- [Survey Performance Calculations Document](#)
- [Science Planning Document \(Rev 02, 15/11/17\)](#)
- [Anticipated SKA1 HPC requirements \(Rev 02, 04/03/19\)](#)
- [Scheduling and Archive Constraints \(Rev 01, 04/03/19\)](#)
- [Data Challenges Overview\(Rev 01, 05/03/19\)](#)
- [Operations Plan \(Rev 03, 28/02/20\)](#)

SKA1-LOW Configuration:

- [LOW configuration constraints \(Sept. 14th, 2016\)](#)
- [LOW configuration coordinates \(Sept. 14th, 2016\)](#)
- [Configuration Analysis Memo](#)

SKA1-MID Configuration:

- [Documentation](#)
- [kml file](#)

Cost Control Project Documents:

- [Cost Control Project explanation](#)
- [Cost Control Project options explanation](#)
- [Cost Control Project Outcomes](#)
- [Cost Control Project Science Assessments](#)

Key Science Projects Material:

- [KSP Framework Paper \(March 2017\)](#)
- [KSP Discussion Paper \(updated June 2015\)](#)
- [KSP Documentation Pack \(provided to participants at KSP Works](#)
- [Science Data Processor: Expected Data Products discussion doc](#)
- [KSP Workshop 2015 Website](#)

Science Working Groups Documentation:

- [SKAO code of conduct](#)
- [Science Working Group Terms of Reference](#)
- [SWG Chairs Meeting Minutes \(2017+\)](#)

Band 6 science case:

- [Band 6 science case chapter latex template \(08/04/2019\)](#)

Presentations:

- [Expected Science Performance of the SKA \(poster at AAS Meeting 231, January 2018\)](#)

Science Meeting 2016 (Science for the SKA Generation):

- [Meeting Website](#), including Presentation Slides

Science Meeting 2014 (Advancing Astrophysics with the SKA):

- [Presentation Slides](#)
- [Associated Science Book Chapters](#)
- [Meeting Website](#)

Data Flow:

- [DFAP Report](#)

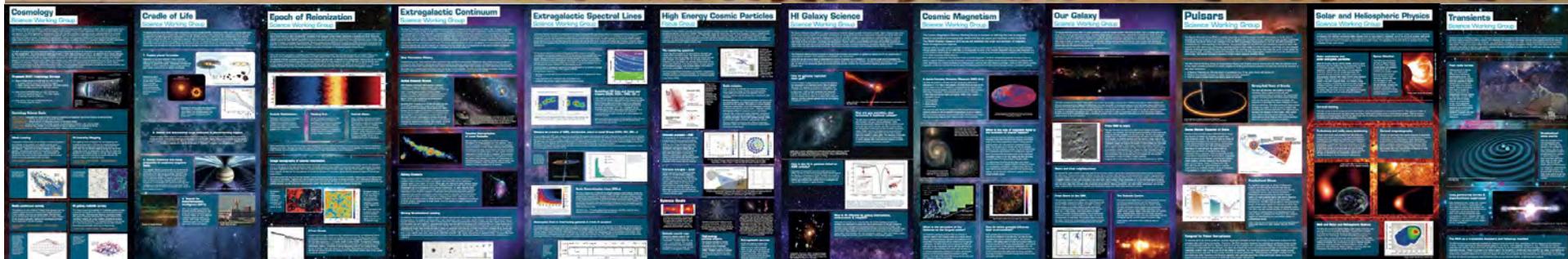
Legacy material:

- [Pre-rebaselining documents](#)

キーサイエンスプロジェクト(KSP)



SKA General Science Workshop 2019 @ UK

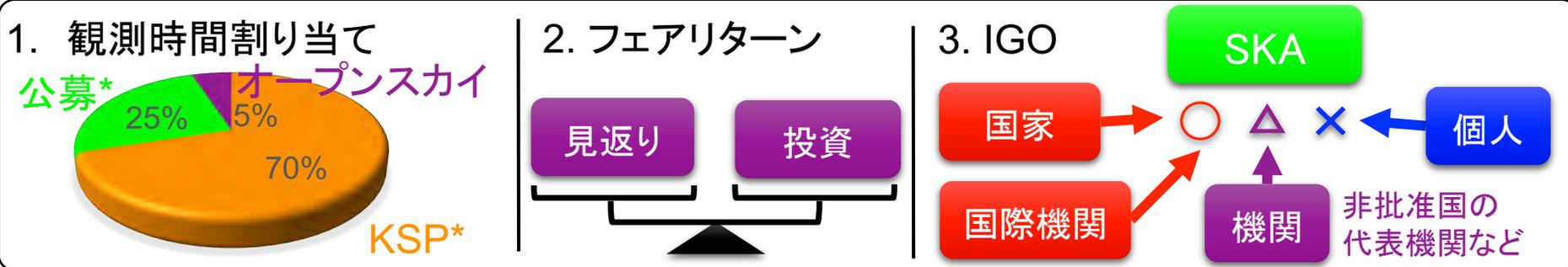


■SKA1の観測時間の7割をKSPに割り当てる予定

■いまからでもKSPの議論に参加できますか → **できます**

- 国際SWGに参加 & 1.5年ごとのKSP会議に参加して発言する
- 日本SKA協会のSWGに入り日本メンバーの議論に参加する
- 議論は参加自由だが、観測時間の獲得には条件がある(次ページ)

共同利用体制



■前提条件: SKAは共同利用装置だが3つのポリシーがある

- 計画に参加・貢献しないと観測時間の95%以上でリード(PI)になれない
 - ✓ すべてのデータは一定期間(1-2年)後に公開予定ではある
 - ✓ ただしKSPが生成した付加価値付データにはKSPごとにポリシーできる可能性ある

■そこで日本の参加案: 国立天文台がSKAに参加、大学と協力して建設に貢献、貢献割合に応じた望遠鏡アクセスを獲得する

- 共同利用の仕組みは近代的な望遠鏡に準拠する見込み
- データ受領やユーザー支援 = SKA Regional Centre (SRC)にも参入

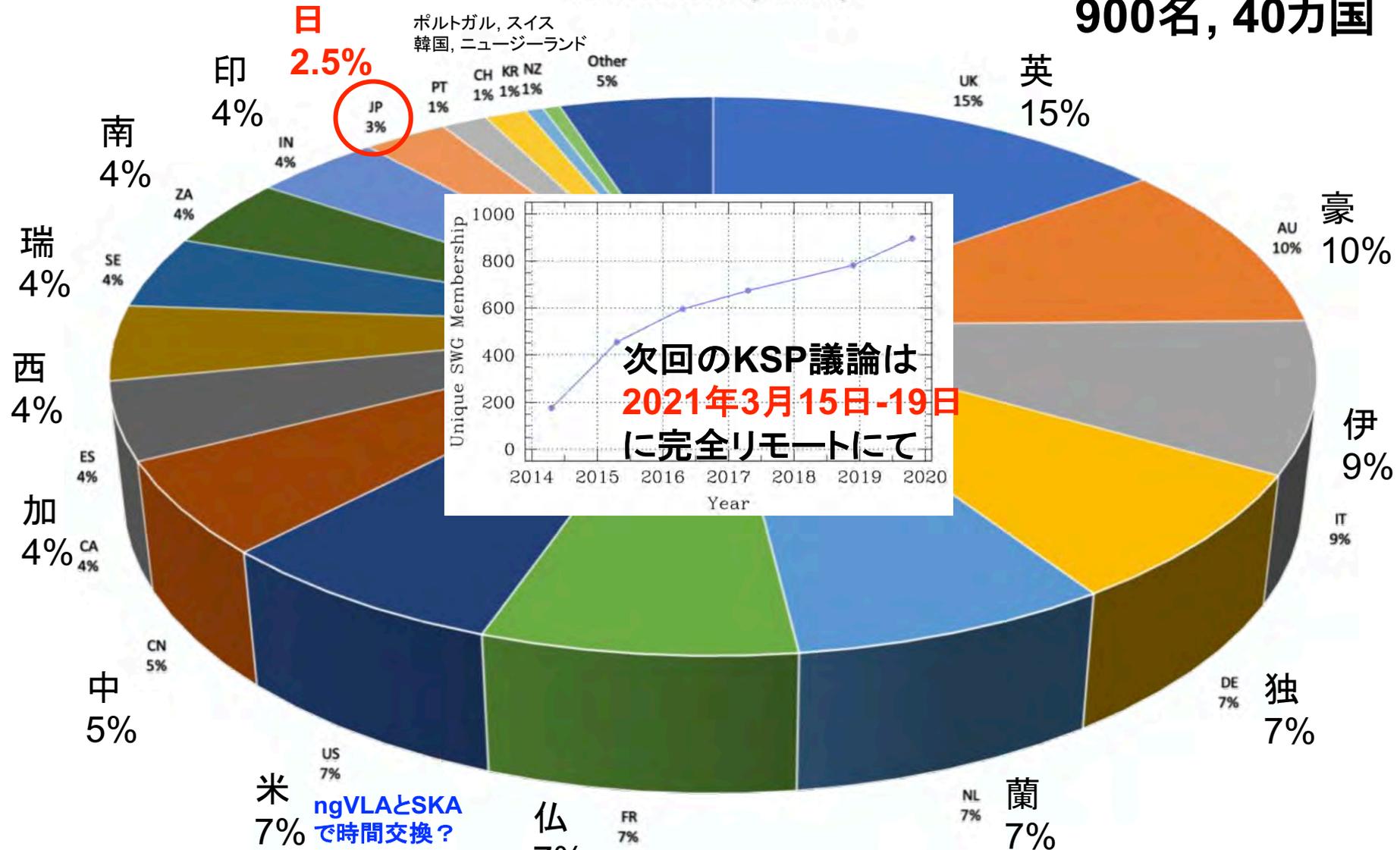
■日本時間の割り当てポリシーを本年7月にSKAJPで議論する予定

- 競争的資金等の外部資金も投入した場合の見返りについて

国際SWGの人数構成

SWG Members by Country

900名, 40カ国



次回のKSP議論は
2021年3月15日-19日
に完全リモートにて

米 7% ngVLAとSKA
で時間交換？

仏 7% SKAJJPウェビナーシリーズ#1

科学者コミュニティの広がり

理論と電波観測が融合した新しいコミュニティの形成

理論天文学・天体物理学懇談会
会員450名程度

天文学の
分野別
代表組織

宇宙電波懇談会
会員350名程度

電波将来計画
としてSKAを
「強く推薦」

SKA協会

会員約200名, 実働70名, 理論家を中心
MWAやASKAPなどの事業に参画

全国34の大学と7つの研究所、500名規模の潜在的な支持母体

人的交流

VLBI懇談会

会員約150名, 実働30名, 観測家を中心
JVNやEAVNなどの事業を主導

鹿児島大学
山口大学
茨城大学
大阪府大
国立天文台
...

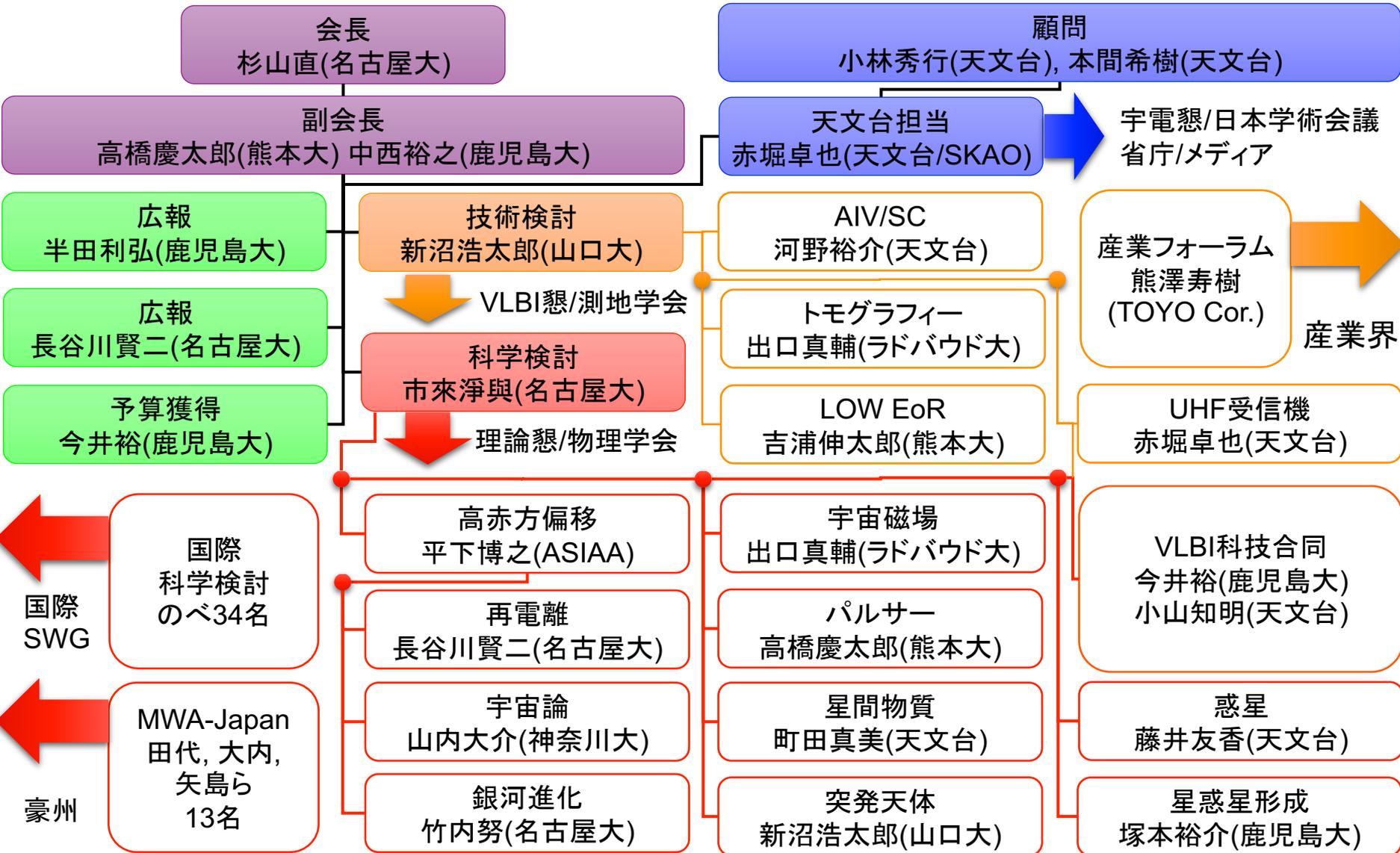
100名程度がSKA計画に主体的に実働できる体制



SKAの先行機に関わり日本の存在感を示している

国内研究者のSKA計画に関連する過去12年間の実績

査読論文数362編、獲得資金3.68億円(間接経費込)、博士23名修士141名



これまでの歩みと成熟度

世界のあゆみ~最初の構想から27年、ついに建設期へ

1993 URSI 部会	1997 6国技術 検討開始	2000 11国科学技 術委員会	2007 国際準備 オフィス	2012-2013 建設地決定 基本設計案	2015 基本審査 白書更新	2018-2019 詳細審査 条約調印	2020-2021 建設提案 条約発効
--------------------	----------------------	------------------------	----------------------	-----------------------------	----------------------	---------------------------	---------------------------

コミュニティのあゆみ~12年目を迎え成熟へ



国立天文台のあゆみ~注視から事業化の本格検討へ

2000年代~ SKA科学技術委員 会、SKA理事会に オブサーバ参加	2015-2017 大学研究者のSKA本部への 長期派遣を含む調査を支援、 情報収集を加速	2017.10~ 水沢VLBI観測所が新部門 を立ち上げ、推進室設置に 向けて準備を開始	2019.4~ プロジェクト化の可否検討の ためにSKA1検討グループを 発足し調査費を措置
--	--	---	---

日本の戦略案

日本の貢献 { 建設費: 全体の1-3%+データセンター (~30億円)
運用費: 全体の1-3%+データセンター (~3億円/年)

宇宙再電離・宇宙論
銀河進化の科学研究

宇宙磁場・突発天体
パルサー・星間物質

天の川・星形成・
AGN・アミノ酸など分子



1. 組立統合検証(AIV)と性能評価(SC)
・期待通りの性能を出す最重要の仕事
・SKA本部が日本の技術力に頼る

2. VLBIシステムの設計と製造
・VERAの技術をそのまま応用
・世界のVLBIの感度向上に貢献

3. Band6/7/Bの受信機の開発
・ALMAやVERAの開発経験活きる
・SKA1の設計外ながら重要度高い

4. ソフトウェア開発と導入 ・イメージ結像のソフト ・宇宙再電離の解析ソフト ・宇宙磁場の解析ソフト

日本の獲得 1-3%~ユーザー**30-100名**規模※のデータアクセス権

- 低周波では主に理論的手法の研究で世界を牽引してきた実績のある三大宇宙研究 (宇宙再電離・宇宙論・宇宙磁場)を推進していく
- 高周波では主に観測的手法の研究で国際的な評価があり実績のある従来の研究 (銀河核・天の川銀河・星惑星形成)を発展していく

※8000時間/PIあたり8時間 = 1000PIs

より多くの方に参加して頂くために

■SKA-JPウェビナーシリーズ

- SKAの計画と各科学分野について網羅的に紹介していきます
- どなたでも参加できるようにします
- 参加登録方法はTENNET等に流れます
 - ✓ 第一回 1/27(水) 11:00-12:30 第二回 2/05(金) 10:00-11:30
 - ✓ 第三回 2/12(金) 13:00-14:30 第四回 2/19(金) 15:00-16:30
 - ✓ 第五回 3/02(火) 15:00-16:30

■SKA-JPのQ&Aウェブサイト

- SKAに関する様々な質問の回答集を作成中です
- どなたでもアクセスでき、どなたでも質問できるようにします
- ウェブリンクのアドレスはTENNET等に流れます

■SKA-JPに参加したい場合

- 参加の条件・義務は特にありません。SKAに興味があればOK
- admin@ska-jp.org にお名前・所属・連絡先をご連絡ください
- SWGに入りたい場合には「〇〇のサイエンスに興味があってSWGに入りたい」とお伝えください。

■SKA1は2020年代の大型電波計画

- 長波長電波を網羅する唯一の国際大型計画
- 天文・宇宙物理の様々なサイエンスフロンティアに挑む
- SKA1とngVLAは「特化性能」「フェーズ」が異なる

■観測提案に向けて

- KSP観測が7割、PI観測が3割。参加国に主アクセス権
- サーベイ立案は国際SWGで進む。国内では日本SKA協会
 - ✓ 国際SWGへの参加の方法については inquiry@ska-jp.org まで
 - ✓ 日本SKA協会への参加方法については admin@ska-jp.org まで

■日本は建設費1-3%程度のシェアを狙う

- 国立天文台SKA1検討グループが参加計画を立案中
- 人的貢献で「顔の見える」望遠鏡の性能出しを担当
- VLBI機能追加、ソフト開発、高周波受信機の開発も準備中