

VERA Uses Meeting

# SKAおよびSKA-JP報告

中西裕之(鹿児島大学)



# SKA (Square Kilometer Array) とは

- 世界20カ国で進める巨大電波干渉計建設の国際プロジェクト
- 周波数:0.1GHzから10GHz
- アンテナ総数:15m鏡 3000台
- 最大基線長 : 3000km
- 建設地:



オーストラリア(low-SKA)および南アフリカ(mid-SKA)

- 特徴
  - 高感度
  - 広帯域
  - 広視野
  - 高分解能



# SKAへ向けたR&D

## Precursor facility

- Australian SKA Pathfinder (ASKAP)
- MeerKAT
- Murchison Widefield Array (MWA)



## Design Study

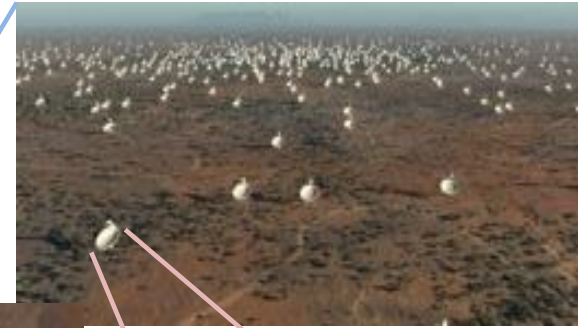
- Aperture Array Verification Programme (AAVP)
- Canadian SKA Program
- Preparatory Study for the SKA (PrepSKA)
- European SKA Design Study (SKADS)
- US Technology Development Project (TDP)

## Pathfinder

- APERture Tile In Focus (APERTIF)
- Arecibo Observatory
- Allen Telescope Array (ATA)
- electronic European VLBI Network (eEVN)
- Electronic MultiBeam Radio Astronomy ConcEpt (EMBRACE)
- e-MERLIN
- Expanded Very Large Array (EVLA)
- LOw Frequency ARray (LOFAR)
- Long Wavelength Array (LWA)
- SKA Molonglo Prototype (SKAMP)

# SKAへ向けたR&D

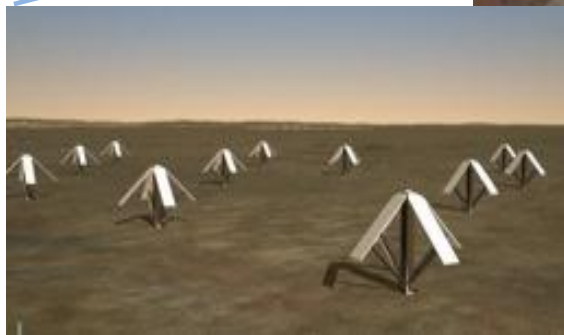
開口型  
アレー  
較正など  
が課題



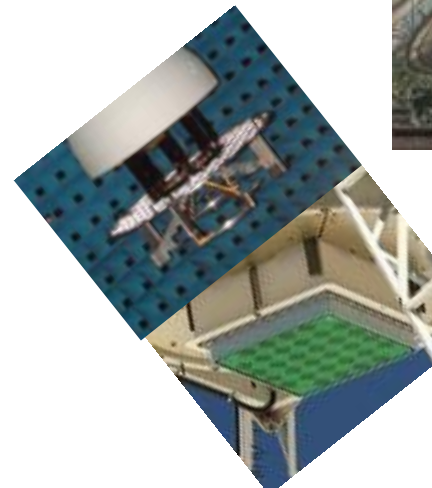
オフセット型カセグレン鏡



ビーム  
形状とコ  
ストを考  
慮して  
採用



広帯域単一  
フィード  
シームレス  
な広帯域化  
を目指す

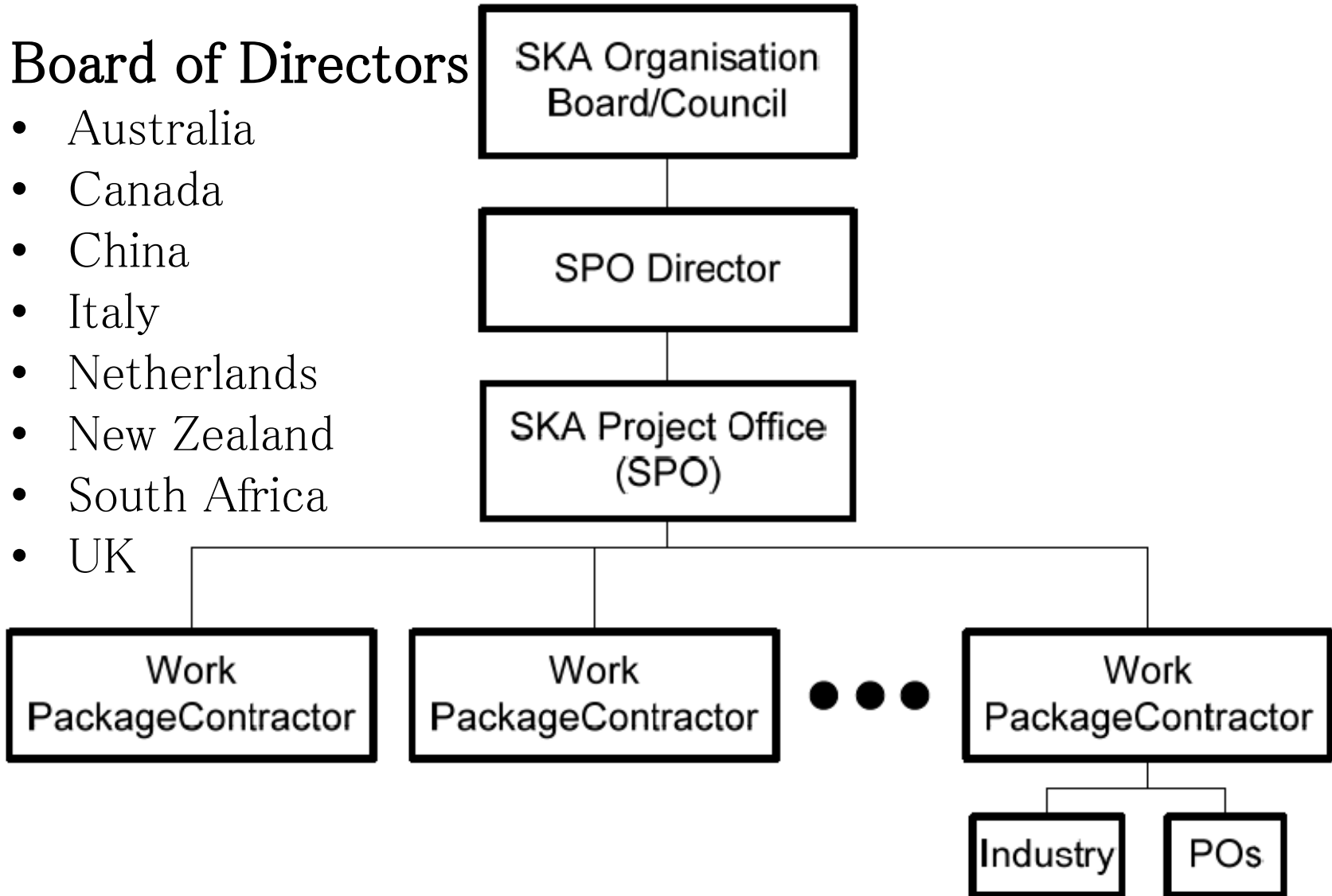


広視野フェーズド  
アレーフィード  
感度向上などが  
課題

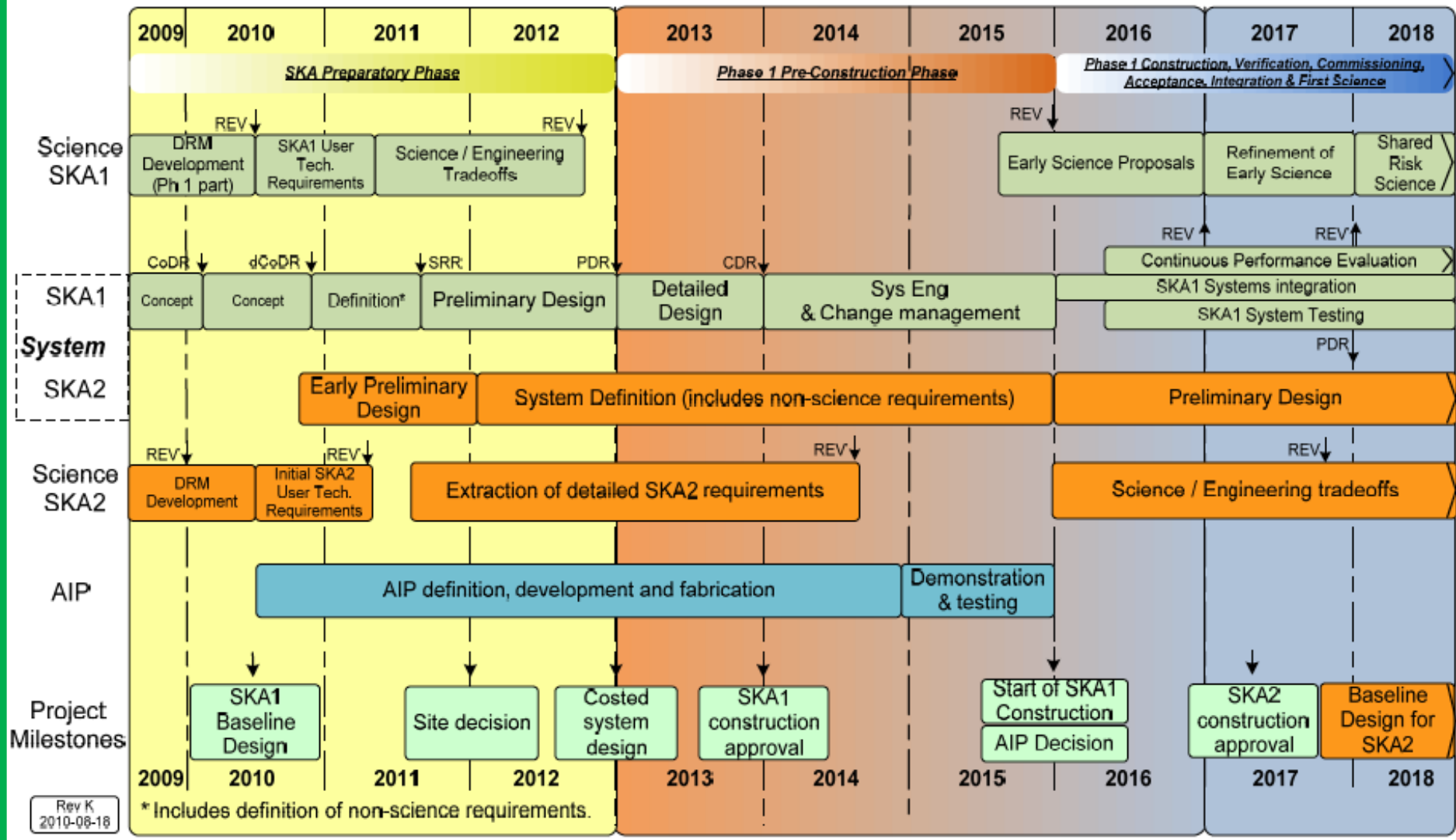
# 国際組織

## Board of Directors

- Australia
- Canada
- China
- Italy
- Netherlands
- New Zealand
- South Africa
- UK



# スケジュール



## 前後半年程度の出来事

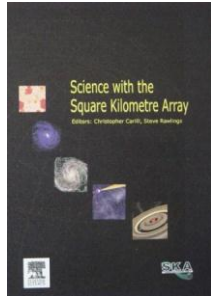
- 2011年12月 SPDO、SSEC解体
- 2012年1月 SPO、SKA Organization設立
- 2012年1-4月 Work Breakdown Structure (WBS)  
および Statement of Work (SoW)の議論
- 2012年5月 Expression of Interest (EoI) の募集
- 2012年5月 サイト決定 → Australia & South Africa
- 2012年12月 Preparatory phase終了
- 2013年1月 Preconstruction phase開始

# 21<sup>st</sup> Century Astrophysics

20<sup>th</sup> Century: We discovered our place in the Universe

21<sup>st</sup> Century: We understand the Universe we inhabit

(J. Lazio SKA-JP WS2010, 4-5 Nov 2010)



## Cosmology & Fundamental Physics

- Gravity
  - Can we observe strong gravity in action?
  - What is dark matter and dark energy? (dark energy and BAOs with H I galaxies)
- Magnetism
- Strong force
  - Nuclear equation of state

## Galaxies Across Cosmic Time, The Galactic Neighborhood, Stellar and Planetary Formation

- Galaxies and the Universe
  - How did the Universe emerge from its Dark Ages?
  - How did the structure of the cosmic web evolve?
  - Where are most of the metals throughout cosmic time?
  - How were galaxies assembled?
- Stars, Planets, and Life
  - How do planetary systems form and evolve?
  - What is the life-cycle of the interstellar medium and stars? (biomolecules)
  - Is there evidence for life on exoplanets? (SETI)



# SKAで明らかにする宇宙の謎

## 五大テーマ

### ◇ 宇宙における生命

- 原始惑星、宇宙におけるアミノ酸探査等、生命の起源を探る

### ◇ 宇宙の暗黒時代

- 宇宙で最初の星はいつ生まれたか？宇宙電離の歴史を調査。

### ◇ 宇宙磁場の進化

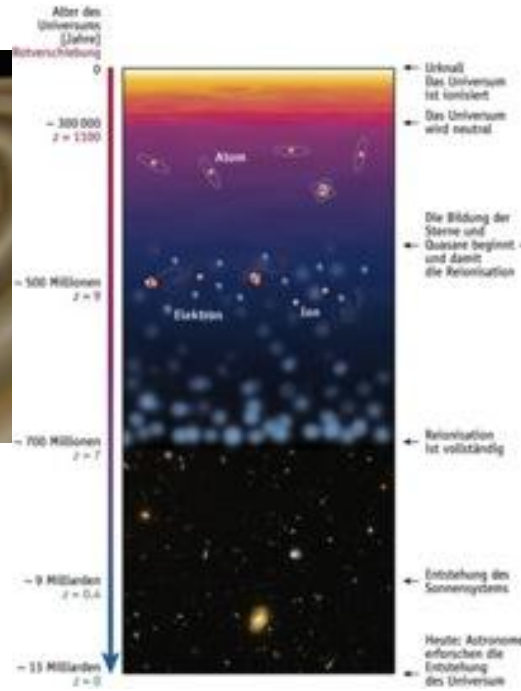
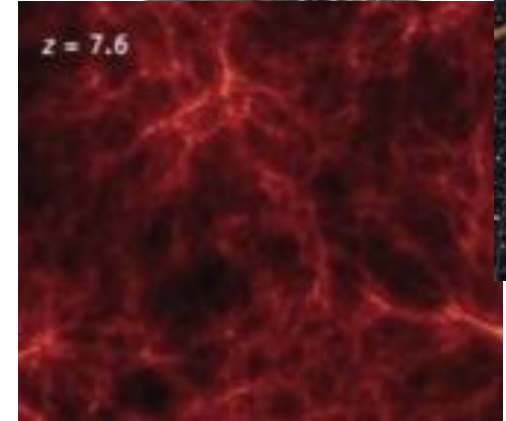
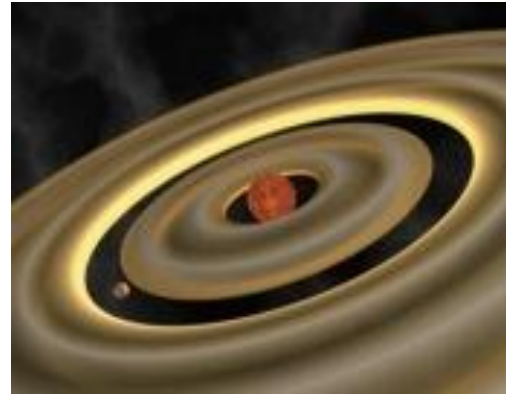
- 磁場は主要な力の一つだが宇宙での役割は未解明。磁場の起原と進化を探る。

### ◇ 重力理論の検証

- パルサー電波を利用して重力波を検出する。

### ◇ 銀河進化

- ビッグバンから現在まで宇宙はどのように進化してきたか？銀河の離散集合、星形成の歴史を探る。



# 日本における取り組み

2008年 5月 Japan SKA Consortiumの設立

研究者有志によるボトムアップ的活動開始

2008年11月 国内研究会SKA Workshop 2008 の開催

日本の技術開発と科学研究のコンビネーションを議論

2009年 2月 SKA国際委員会へオブザーバー出席開始 (中西)

国際プロジェクトとして日本からの貢献の可能性について議論

2010年 1月 国内研究グループ形成

宇宙磁場、宇宙論、位置天文学、活動銀河核、星間化学、パルサーについて専門グループによる議論開始

2010年11月 国際研究会(SK A-JP Workshop 2010) 開催

「広帯域」をキーワードとすることで同意

2011年度 国際共同研究開始 中西@英、赤堀@韓、今井@豪、高橋@豪 etc

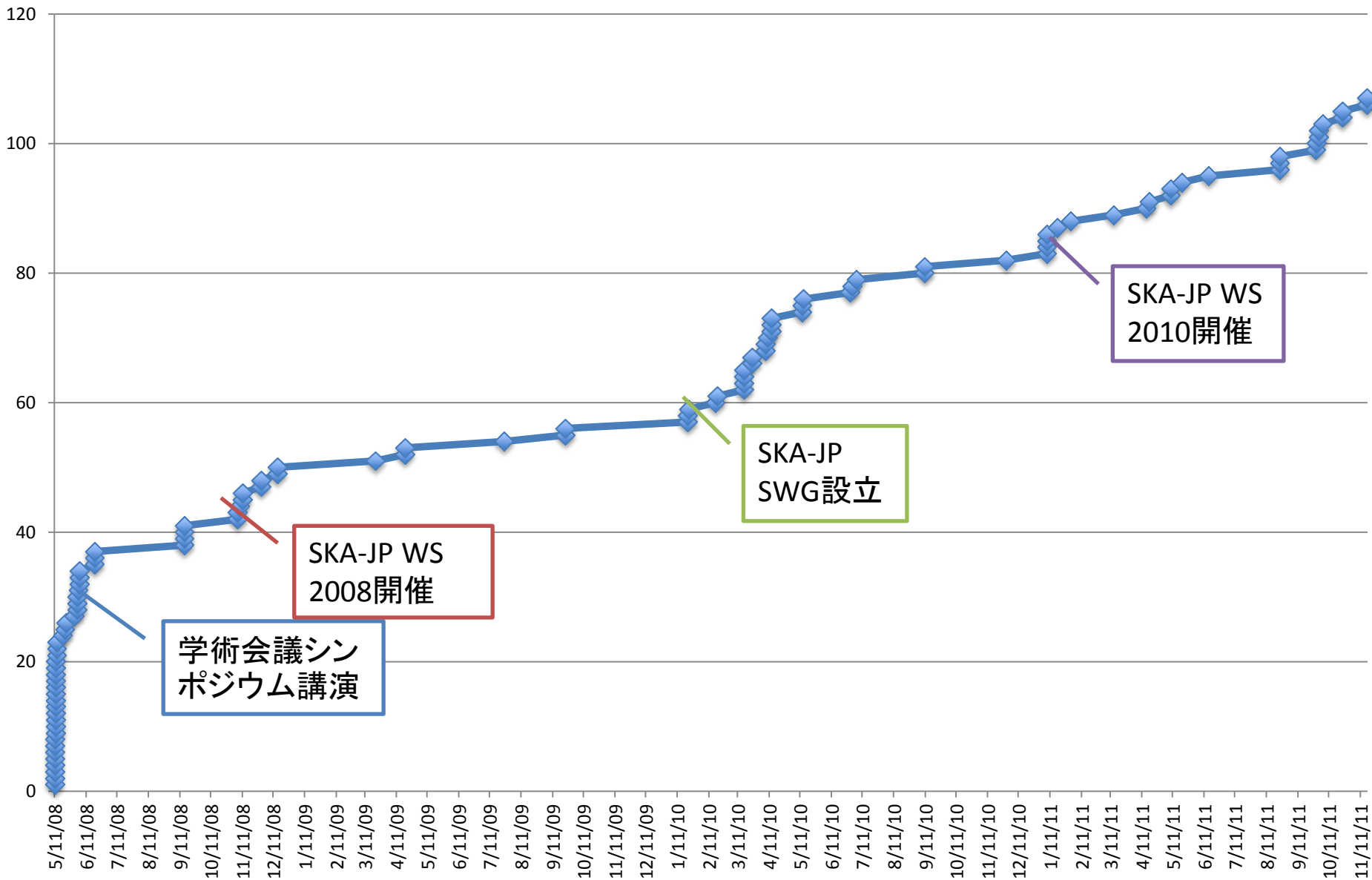
2011年12月 国際研究会を韓国で開催

東アジア地域での協力体制の議論を深める

2012年1月 国内組織のリニューアル

2012年5月 東アジアSKA会合を台湾で開催

# SKA-JPメンバー数変遷



# Japan SKA Consortium

メンバー数 116名

Adviser  
N.Sugiyama  
(Nagoya Uni.)

Chair  
T.Handa (Kagoshima Uni.)

Industry Forum  
T.Kumazawa(TOYO)

Vice Chair  
H.Nakanishi (Kagoshima Uni.)  
K.Takahashi (Kumamoto Uni.)

NAOJ liaison  
Y.Hagiwara(NAOJ)

Engineering Working Group Chair  
H.Nakanishi  
(Kagoshima Uni.)

Science Working Group Chair  
T.Takauchi  
(Nagoya Uni.)

Outreach  
K.Ichiki  
(Nagoya Uni.)

Funding Procurement  
H.Imai  
(Kagoshima Uni.)

DSP  
H.Nakanishi(K.U.)

Software  
T.Kurayama(Teiyō)

Wideband feed  
H.Ujihara(NICT)

Magnetic field  
T.Akahori(KASI)

High-z  
H.Hirashita(ASIAA)

Astrometry  
H.Imai(K.U.)

AGN  
H.Ito(Kyoto U)

Pulsar  
O.Kameya(NAOJ)

Astrochemistry

# 日本における取り組み

学振「頭脳循環を加速する若手研究者海外派遣プログラム」の採択

- 事業名:次世代大型電波干渉計建設に向けた若手研究者の国際連携構築
- 研究・開発を推進
  - 宇宙磁場(偏波)
  - 位置天文学
  - 電波分光計開発(ソフトウェア、FPGA (ROACH board))
- 派遣事業
  - スタッフ2名、大学院生2名を豪、英、蘭へ派遣
- 研究支援員の雇用(前田 和成)



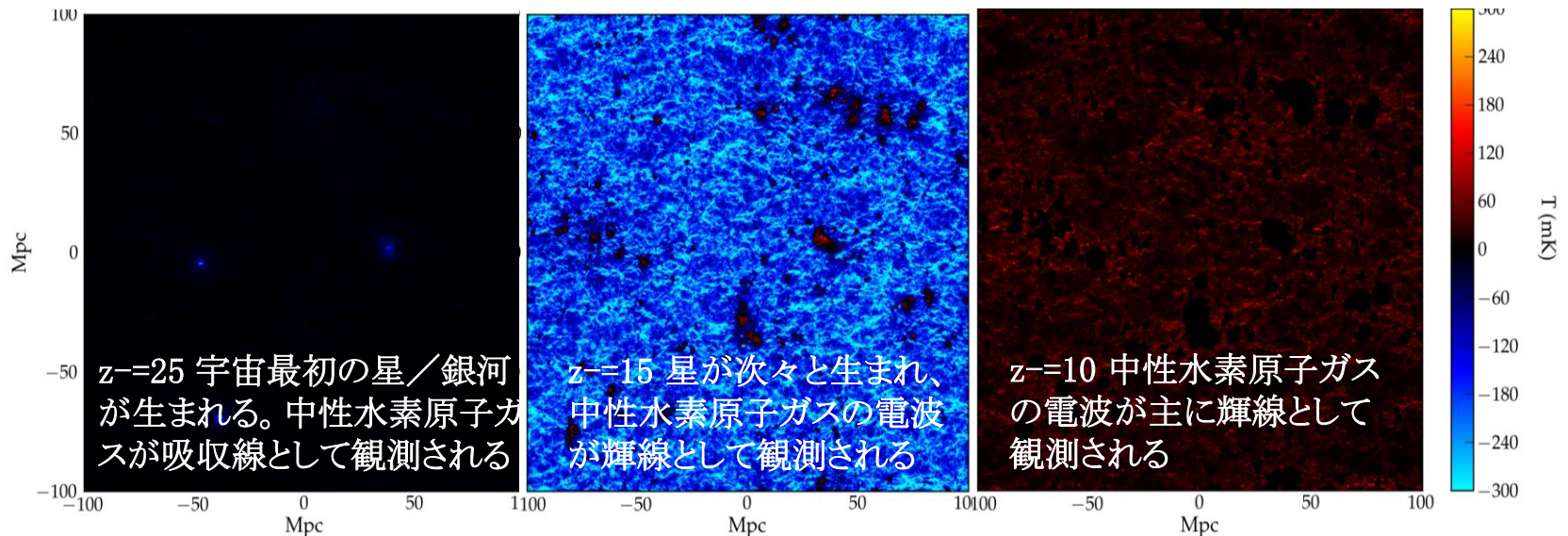
# H23年度 派遣事業 その1

## 1. 竹内良貴 (名古屋大学 大学院博士1年) ミーティングの一場面

- 期間: H24年2月2日-7月14日
- 機関: オックスフォード大学
- 実施内容: 観測シミュレーション



オックスフォード大学で開発されている観測シミュレーション (S-cube; SKA Simulated Skies)



宇宙背景放射や重力レンズ等の効果、データ較正方法などについて調査する

# H23年度 派遣事業 その2

## 2. 高橋慶太郎 (熊本大学 准教授)

- 期間: H24年2月28日 - 3月29日
- 機関: CSIRO
- 実施内容: 宇宙磁場解析方法の研究

派遣事業により、さらに活発な議論が可能となり、研究が飛躍的に進むと期待

既に準備研究もまとまり論文を投稿準備中

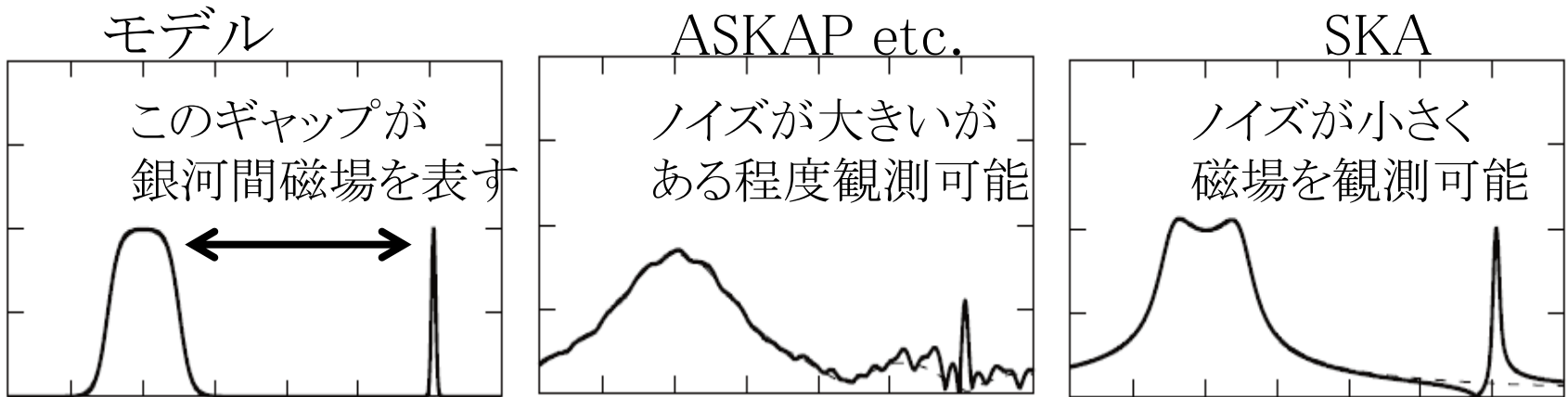
EXPLORING INTERGALACTIC MAGNETIC FIELD BY MEANS OF FARADAY TOMOGRAPHY

KOHEI KUMAZAKI<sup>1</sup>, TAKUYA AKAHORI<sup>2</sup>, KEIICHIRO TAKAHASHI<sup>3,5</sup>, AND DONGSU RYU<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>University of Nagoya, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8601, Japan; kumazaki@phys.nagoya-u.ac.jp  
<sup>2</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute, Daedeokdae-ro 776, Yuseong-Gu, Daejeon 305-348, Republic of Korea; akahori@kasi.re.kr  
<sup>3</sup>University of Kumamoto, 2-39-1, Kurokami, Kumamoto 860-8555, Japan; keitaro@sci.kumamoto-u.ac.jp  
<sup>4</sup>Department of Astronomy and Space Science, Chungnam National University, Daejeon, Republic of Korea; ryu@caopos.cnu.ac.kr  
 Draft version January 30, 2012

ABSTRACT

The origin and nature of the intergalactic magnetic field (IGMF) is one of the outstanding problems of modern cosmology. Faraday tomography, which have been intensively developed in the fields of interstellar medium and external galaxies, would be a powerful tool to study Faraday rotation measure (RM) caused by the IGMF. In this paper, we first investigate capability of Faraday tomography for the study of the IGMF, by simulating polarization observations of quasars, nearby external galaxies, and the intergalactic medium in filaments of galaxies, and by taking frequency bands and expected number of channels of the current/future radio interferometers into consideration. We consider observations of pair quasars and observations of a quasar behind an external galaxy, as favorable methodologies for overcoming Galactic contaminations. We find that future SKA observations could reveal RM due to the IGMF with reasonable accuracy in both cases, while combined observations, LOFAR+GMRT+ASKAP marginally find the RM only in the former case, and improvement of Faraday tomography would be crucially important to distinguish between the signal and numerical errors. Our results would propose the best strategy for observing the IGMF with the SKA and SKA pathfinders.  
 Subject headings: intergalactic medium, large-scale structure of universe, magnetic fields, polarization

ASKAPやSKAによる銀河間磁場の探索シミュレーション  
 (縦軸: 偏光輝度、横軸: 磁場的距離)



# H23年度 派遣事業 その3

今井裕 (鹿児島大学 准教授)

- 期間: H24年3月8日-3月31日
- 機関: 西オーストラリア大学
- 実施内容: 位置天文学解析方法の開発



受け入れ予定のMaria Jose Rioja氏との議論の一コマ。

*Highlights of Astronomy, Volume 15  
XXVIIth IAU General Assembly, August 2009  
Jan F. Corbett, ed.*

© International Astronomical Union 2010  
doi:10.1017/S174392131001197X

## GASKAP: The Galactic ASKAP Survey

Snežana Stanimirović<sup>1</sup>, John M. Dickey<sup>2</sup>, Steven J. Gibson<sup>3</sup>,  
José F. Gómez<sup>4</sup>, Hiroshi Imai<sup>5</sup>, Paul A. Jones<sup>6,7</sup> and  
Jacco Th. van Loon<sup>8</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Astronomy, University of Wisconsin-Madison, 475 North Charter Street, Madison, WI 53706, USA; email: sstanini@astro.wisc.edu

<sup>2</sup>School of Maths and Physics, University of Tasmania, Private Bag 37, Hobart, TAS 7001, Australia

<sup>3</sup>Dept. of Physics and Astronomy, Western Kentucky University, Bowling Green, KY 42101, USA

<sup>4</sup>Instituto de Astrofísica de Andalucía, CSIC, Apartado 3004, E-18080 Granada, Spain

<sup>5</sup>Dept. of Physics, Faculty of Science, Kagoshima University, 1-21-35 Korimoto, Kagoshima 890-0065, Japan

<sup>6</sup>School of Physics, University of New South Wales, Sydney, NSW 2052, Australia

<sup>7</sup>Dept. de Astronomía, Universidad de Chile, Casilla 36-D, Santiago, Chile

<sup>8</sup>Astrophysics Group, Leonard Jones Laboratories, Keele University, Staffordshire, ST5 5BG, UK

**Abstract.** The Galactic Australian SKA Pathfinder (GASKAP) survey is one of several key science projects with ASKAP, a new radio telescope being built in Australia as a technology demonstrator for the Square Kilometer Array (SKA). GASKAP aims to survey about 12,779 square degrees of the Galaxy and the Magellanic System, at high spectral resolution (0.2 km s<sup>-1</sup>) and using several wavelengths: the  $\lambda$ 21-cm HI line, the  $\lambda$ 18-cm OH lines, and the comb of recombination lines around  $\lambda$ 18-cm. The area covered by GASKAP includes all of the Galactic plane south of declination  $+40^\circ$  with  $|b| < 10^\circ$ , selected areas at higher latitudes covering important interstellar clouds in the disk and halo, the Large and Small Magellanic Clouds, and the Magellanic Bridge and Stream. Compared with previous surveys, GASKAP will achieve an order of magnitude or greater improvement in brightness sensitivity and resolution in various combinations of beam size and mapping speed matched to the astrophysical objectives.

**Keywords.** ISM: evolution, Galaxy: structure, Galaxy: halo, radio lines: ISM

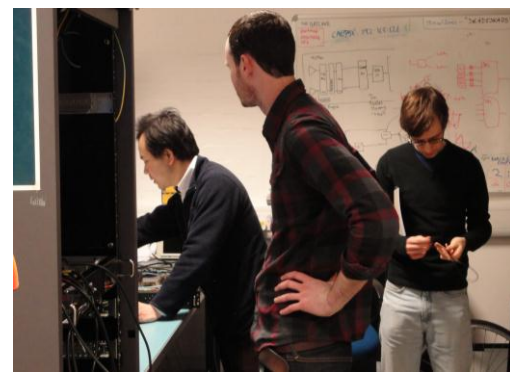
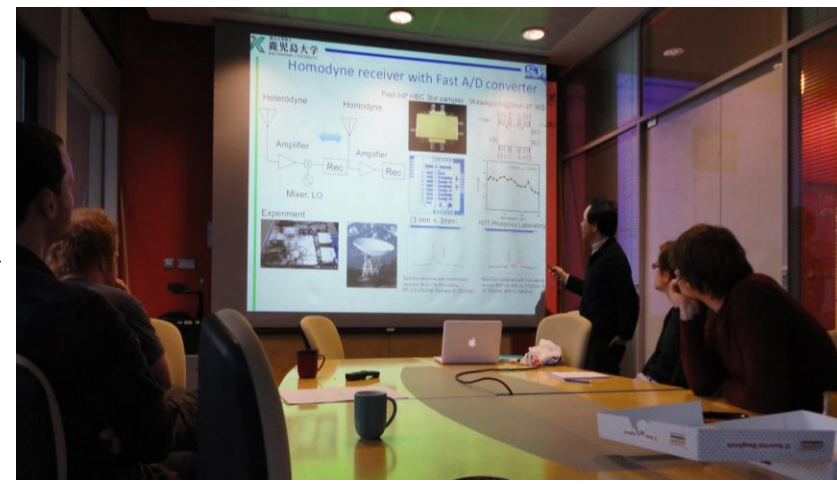
オーストラリア研究者との共同研究は既に始まっており、共著論文も投稿



# 研究推進 その1

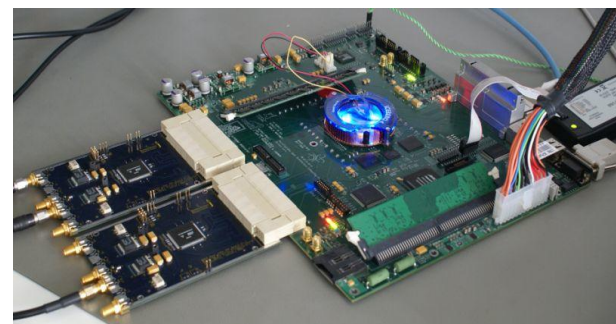
## 1. 電波分光計の開発 (鹿児島大 中西裕之)

- オックスフォード大学にて共同研究者と超広帯域受信機で必要な可変型周波数分解能機能を備えた電波分光計を勉強/開発中

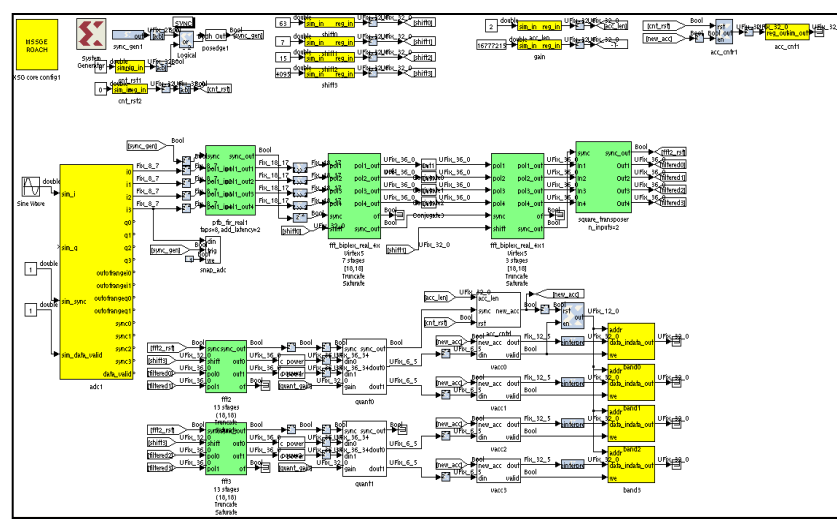


電波望遠鏡開発グループでのミーティングにてプレゼンテーション

実験室での作業の一コマ



開発のプラットフォームであるFPGAボード

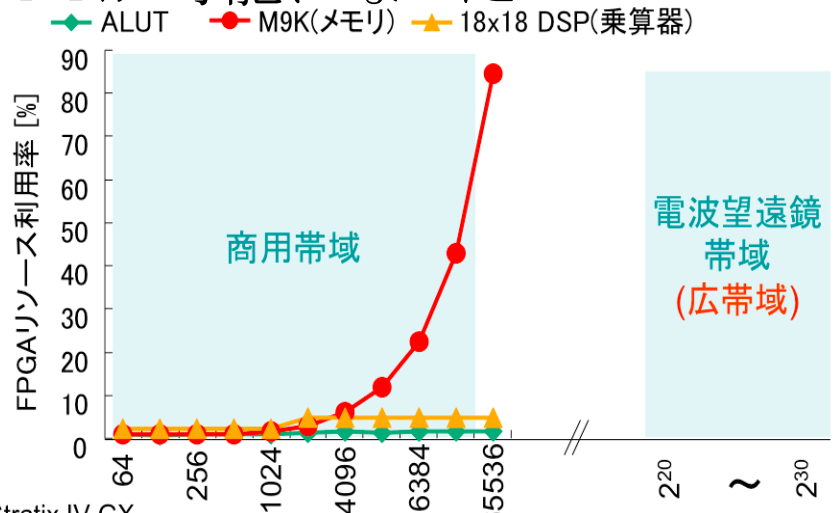


開発中の分光計の論理回路

# 研究推進 その2

## 2. 電波分光計の開発 (鹿児島大 中原啓貴)

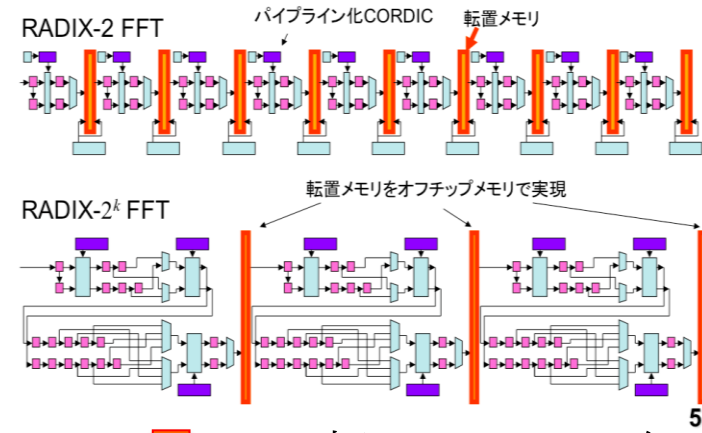
- 従来的高速フーリエ変換(FFT)回路では電波天文で必要とされる大規模FFTが不可能
- 新しいFFT回路を開発し大規模FFTが可能になった



FPGA: Stratix IV GX  
 の最大デバイス

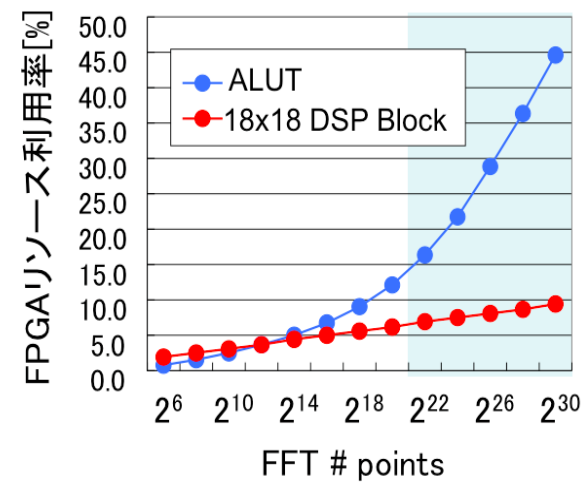
従来のFFTによるFPGAリソースの利用率

## RADIX-2<sup>k</sup> に基づく 広帯域解析用FFT回路



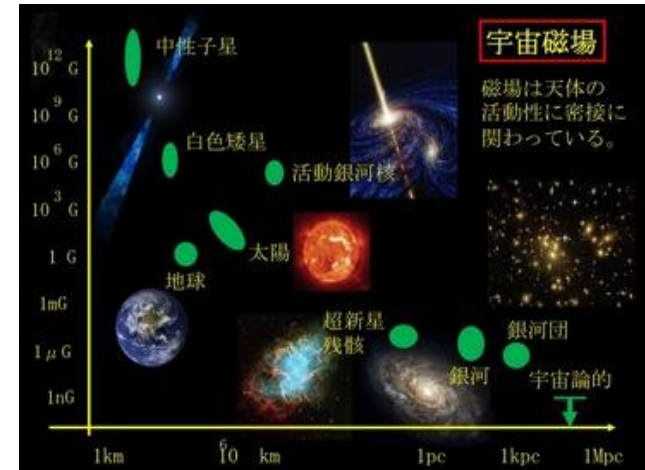
## 新しいFFT回路 の開発

- N-FFTに対するリソース利用率

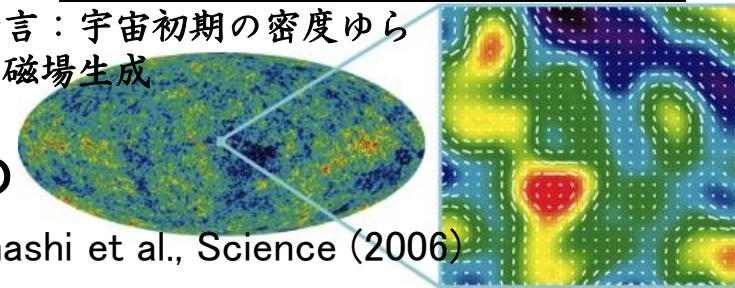


# 研究推進 その3

- 宇宙磁場の構造と起原
  - 宇宙は磁場で遍く満たされているのか？
  - 磁場構造（典型的大きさ）を探ることで磁場の起原を解明
  - **宇宙誕生の謎に迫る！！**



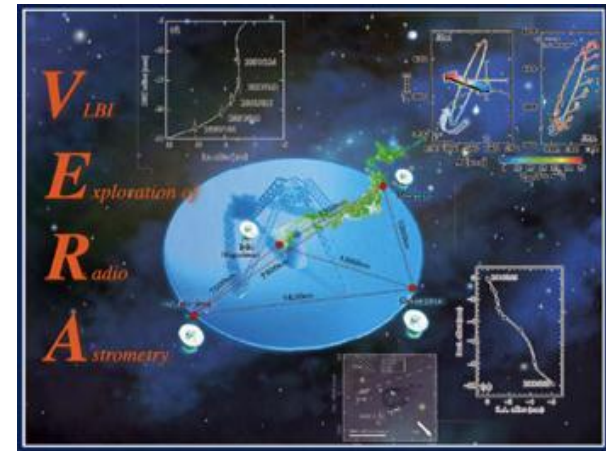
理論的予言：宇宙初期の密度ゆらぎによる磁場生成



Takahashi et al., Science (2006)

- 超長基線電波干渉計(VLBI)による  
 銀河系位置天文学

- 我々が住む銀河系はどんな姿をしているのか？
- 三角測量が必須 → VLBIで可能に
- 既にVERAによる研究を推進



# 日本SKAサイエンス会議「宇宙磁場」2012 (第1回)@志賀島

6月25日(月)

- 1 はじめに
- 2 宇宙の種磁場
- 3 銀河団・宇宙大規模構造の磁場
- 4 総合討論

6月26日(火)

- 5 銀河の磁場
- 6 星間・太陽の磁場
- 7 SKA計画に向けた研究
- 8 総合討論
- 9 おわりに



主催: 日本SKAコンソーシアム「宇宙磁場」サブサイエンスワーキンググループ

世話人: 赤堀卓也(韓国天文研究院)、井上允(台湾中央研究院)、工藤哲洋(国立天文台)、祖父江義明(明星大学)、高橋慶太郎(熊本大学)、中西裕之(鹿児島大学)

LOC: 町田真美(九州大学)、中西裕之(鹿児島大学)、高橋慶太郎(熊本大学)、赤堀卓也(韓国天文研究院)



# 東アジアSKA協力体制の構築

## 2009年より情報交換

- 電話会議×2 (2009/9/24 2012/1/6)
- EA-SKA 研究会
  - 2010/11@三鷹, 2011/12@KASI
  - 2012/5/29 @台北
  - 2012/9/25-26 @北京



## 科学研究

- HI : 研究会開催@北京, 21CMA, FAST
- 宇宙磁場: 研究会開催

## 技術開発

- 相関器 (software, FPGA): 2012/9/14 関係者打ち合わせ@大田
- Dish: China, Korea, Japan (feed)

強い協力体制が築かれつつある。



## まとめ

- 長い歴史を経てSKAはPreconstruction Phaseへ
- サイトはオーストラリア & 南アフリカ。
- 宇宙における生命から、宇宙の暗黒時代、宇宙磁場の進化、重力理論の検証、銀河進化といった天文学の重要な問題を解決するのに必須
- SKA-JPは2008年より活動を開始、2011年には外部資金を獲得し、国際協力、研究・開発が本格的に始められるようになった
- High-z, 宇宙磁場、位置天文、分光計・フィード・ソフト開発を中心に活動中
- 東アジア地域での協力体制も整いつつある