

# 低周波電波観測が切り開く宇宙物理学 趣旨説明

名古屋大学理学研究科

杉山 直

# 電波天文学

波長  $\mu\text{m}$

振動数

赤外線  
電波

mm

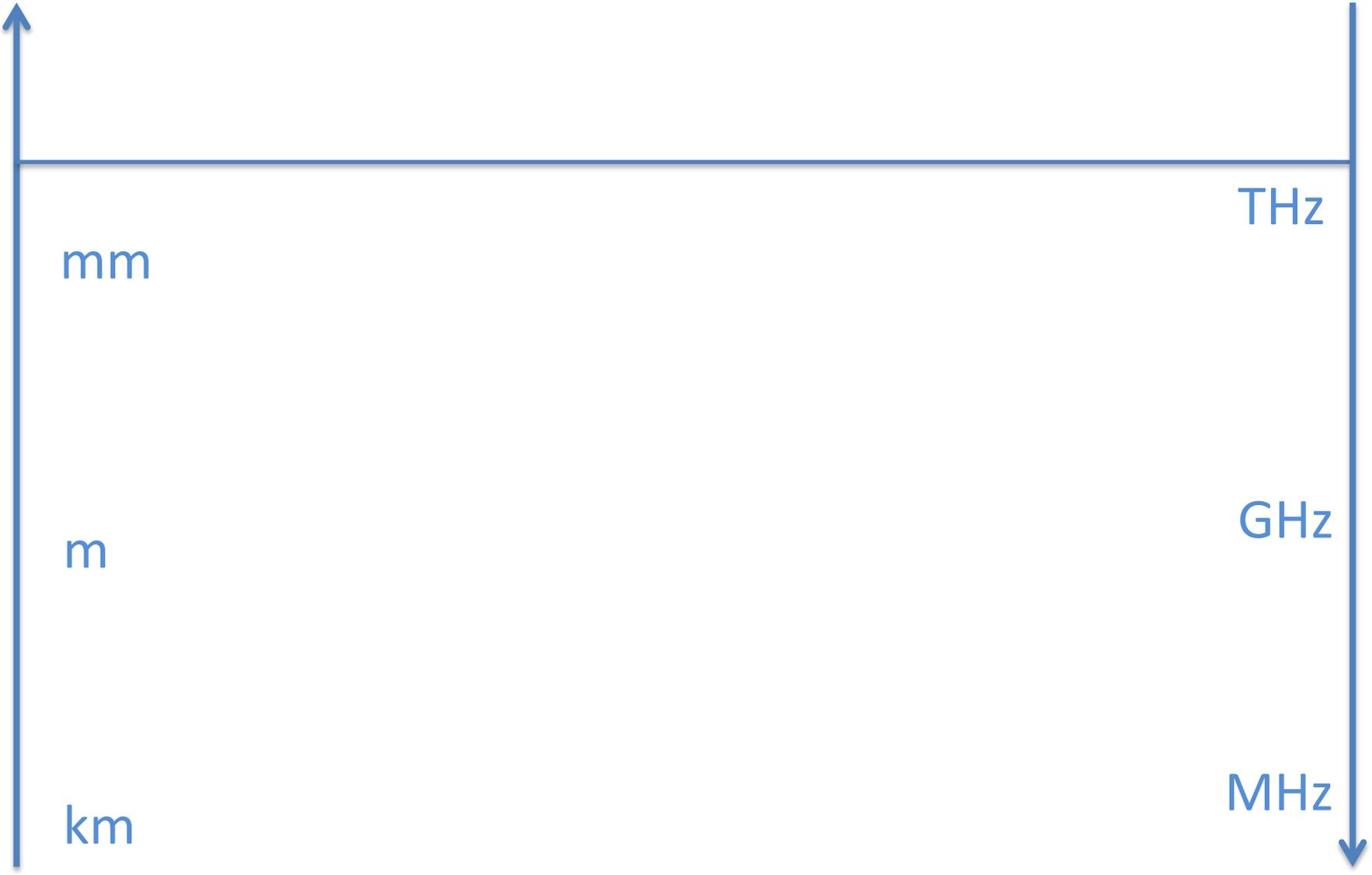
THz

m

GHz

km

MHz



熱的成分 = 冷たい

# 電波天文学

振動数

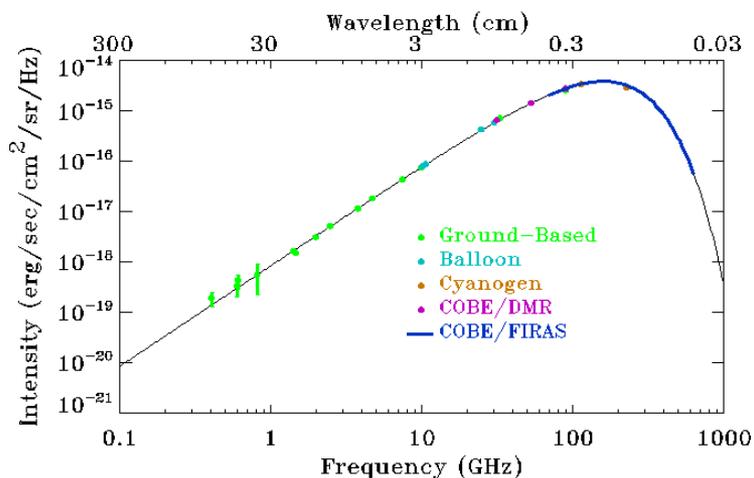
波長  $\mu\text{m}$

赤外線  
電波

THz

mm

CMB=2.725K



GHz

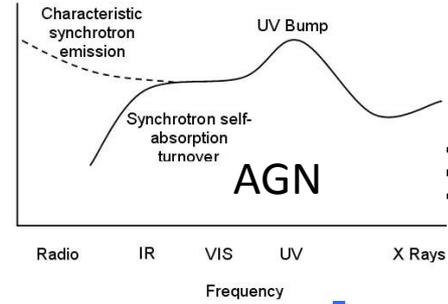
m

MHz

km

冷たい and/or 非熱的成分

# 電波天文学

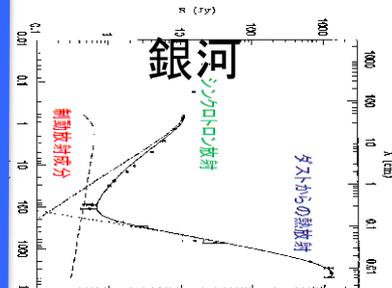


振動数

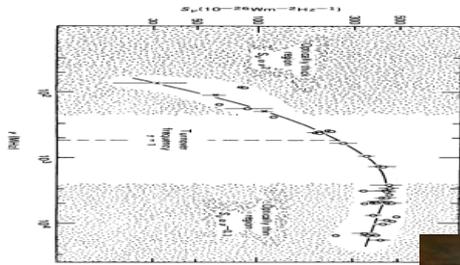
波長  $\mu\text{m}$

赤外線  
電波

ダスト熱放射



制動放射 (HII領域)



シンクロトロン

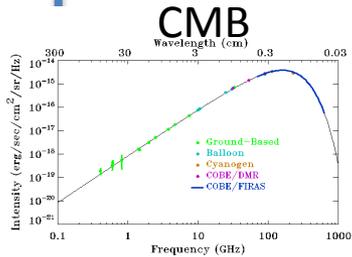
シンクロトロン放射 (AGN)

THz

GHz

シンクロトロン放射 (パルサー)

MHz



mm

m

km

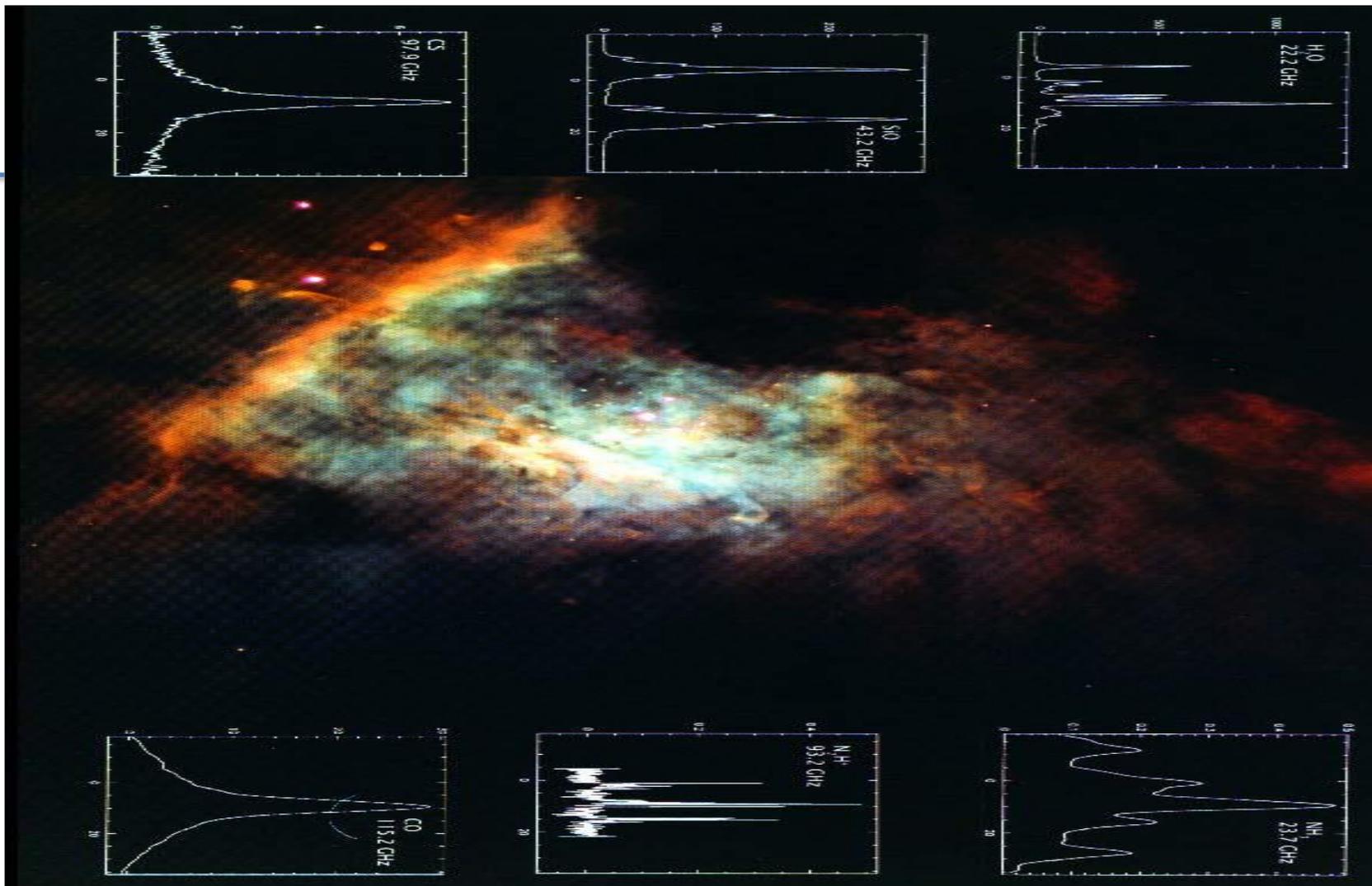
10 10<sup>2</sup> 10<sup>3</sup> 10<sup>4</sup> MHz

# 電波天文学

振動数

波長  $\mu\text{m}$

赤外線  
電波



# 電波天文学

振動数

波長  $\mu\text{m}$

赤外線  
電波

THz

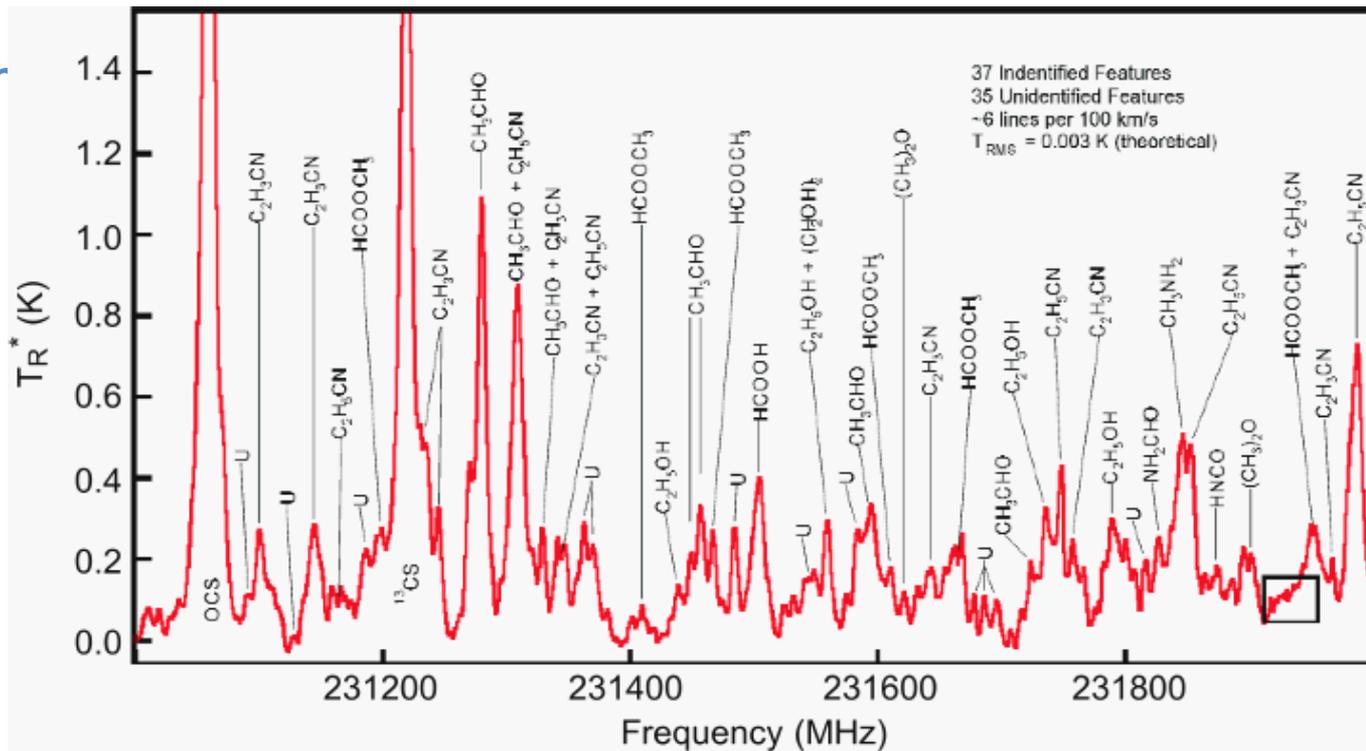
GHz

MHz

mr

m

km

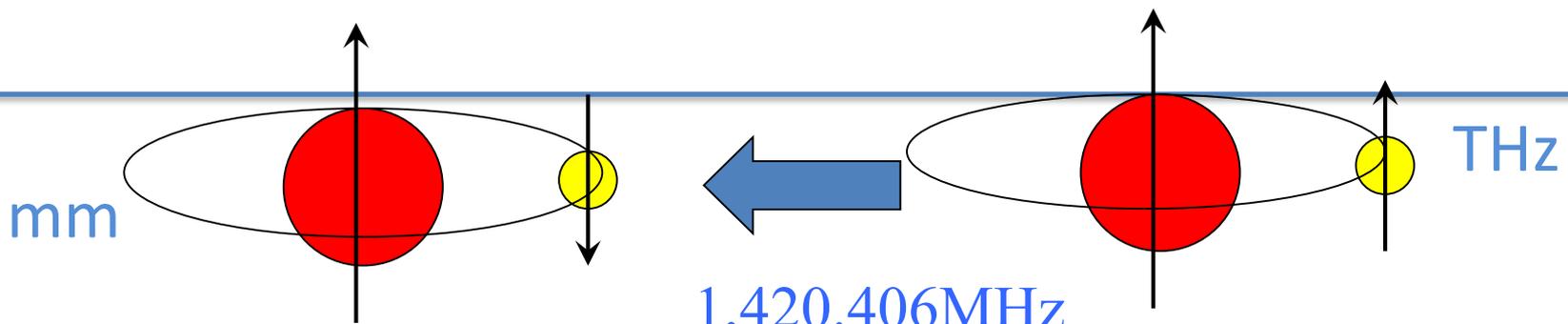


# 電波天文学

波長  $\mu\text{m}$

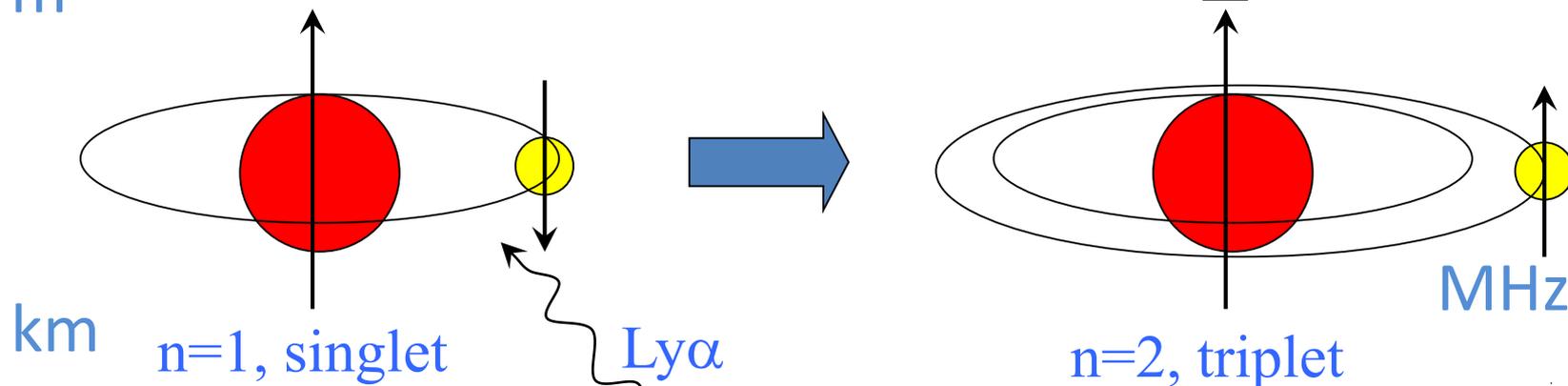
振動数

赤外線  
電波



中性水素  
21cm=1.4GHz

m



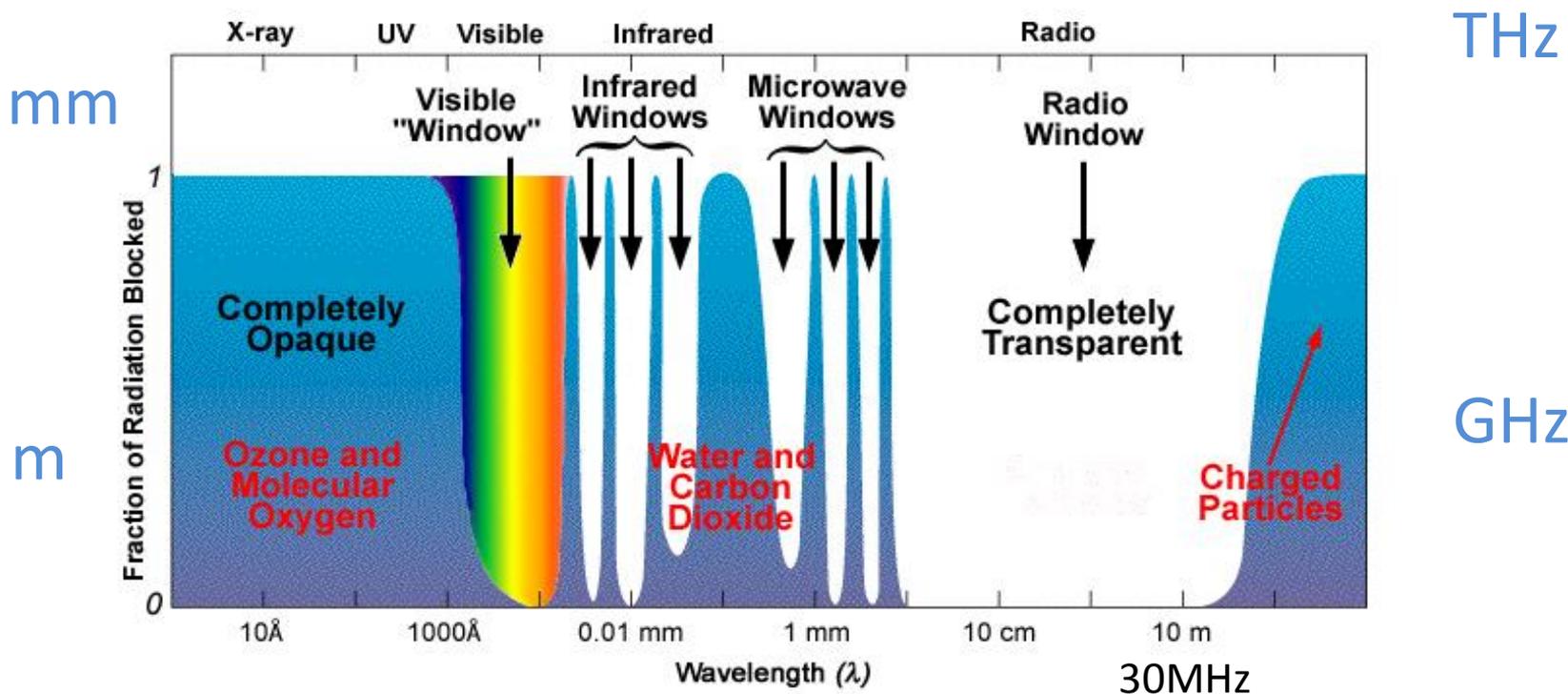
でも、観測限界あり！ :地上では、40m(8MHz)-3mm(100GHz)

# 電波天文学

波長  $\mu\text{m}$

振動数

赤外線  
電波



mm

m

km

THz

GHz

MHz



# 従来の電波観測

波長  $\mu\text{m}$

振動数

あかり赤外線望遠鏡



ハーシェル  
赤外線望遠鏡

赤外線  
電波

THz

mm



PLANCK

COBE/WMAP

VLA



野辺山45m鏡



ALMA

m

GHz



アレシボ天文台

73MHzまで

km

MHz

# 従来の電波観測

波長  $\mu\text{m}$

振動数

あかり赤外線望遠鏡



ハーシェル  
赤外線望遠鏡

赤外線  
電波

THz

mm

これまでは、短波長/高周波のフロンティアを  
目指す動き顕著



PLANCK

COBE/WMAP



ALMA

野辺山45m鏡

GHz

m



アレシボ天文台

73MHzまで

MHz

km

# 従来の電波観測

波長  $\mu\text{m}$

振動数

あかり赤外線望遠鏡



ハーシェル  
赤外線望遠鏡

赤外線  
電波

THz

mm

低周波/長波長天文学に  
新たなフロンティアを！

PLANCK

COBE/WMAP

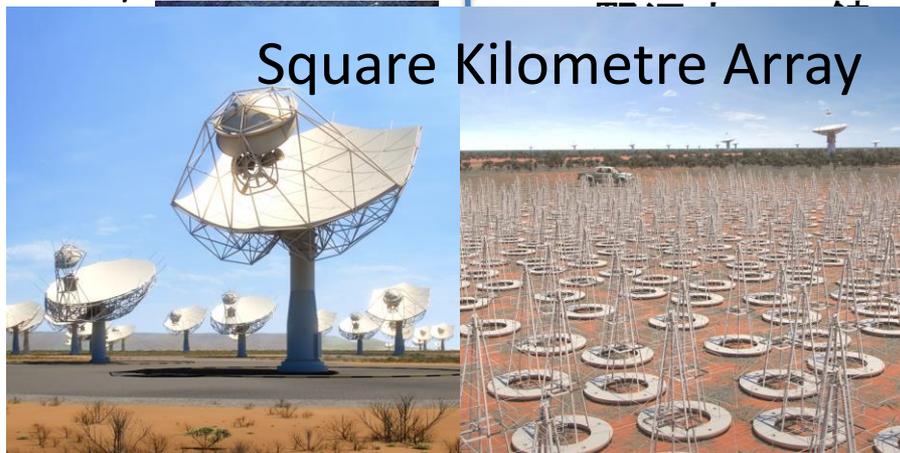


ALMA

GHz

m

Square Kilometre Array



MHz

km

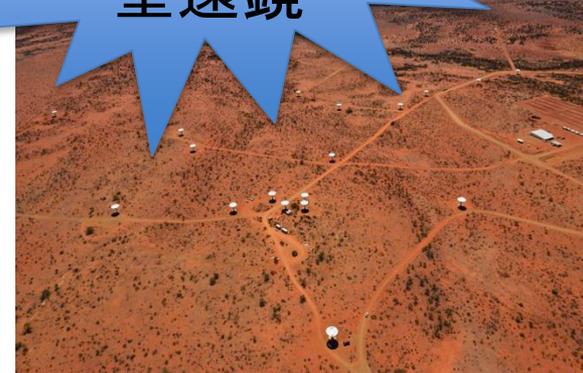


# SKA概要

大陸  
望遠鏡

## Square Kilometre Array (SKA) 計画

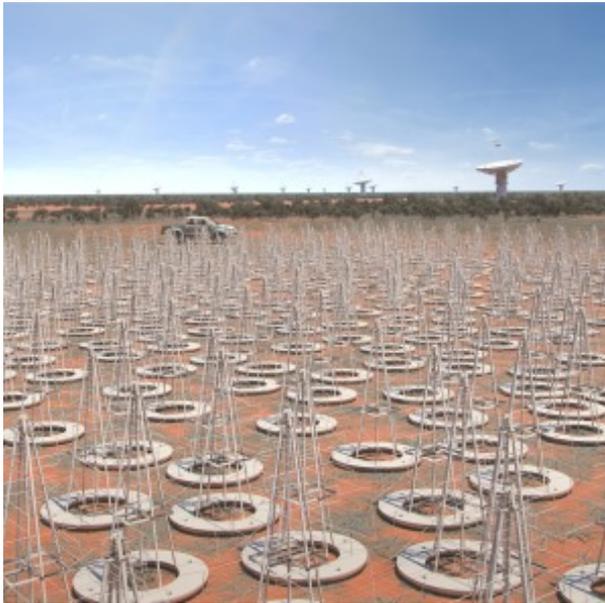
- 集光面積1平方キロ級の電波干渉計
- 周波数 50 MHz から 25 GHz
- 豪州にアパーチャアンテナ 100 万基
- 南アフリカ諸国に直径 15 m鏡 2500 台
- 最大基線長 3000 km を光結合
- 準自動・準リアルタイムのデータ処理
- 第1期(SKA1)と第2期(SKA2)に分け建設
- 10カ国が出資、世界100機関以上が協力



写真はWPC INFRAより

# SKA第1期 (SKA1)

- 建設2018-2023、初期運用2020-、本運用2023-2028
- 建設費 ~650M€、運用費 ~50M€/年



+



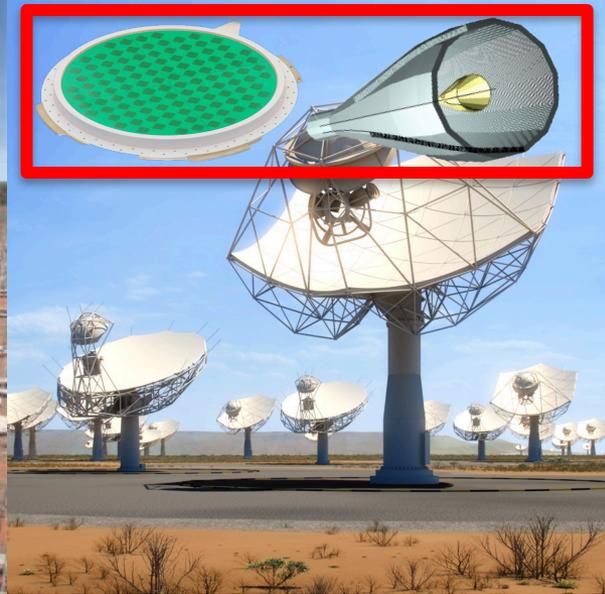
SKA1-LOW 豪州  
ログペリ 13万基  
最大基線長70km

SKA1-MID 南ア  
15m SKA 133台  
13.5m MeerKAT 64台  
最大基線長150km

ASKAP 豪州  
12m ASKAP 36台  
フェイズド・アレ  
イ・フィード(PAF)

# SKA第2期 (SKA2)

- コンセプト2016-、設計2018-、建設2023-、運用2028-
- 建設費~1500M€?、運営費~150M€/年?



**SKA2-LFAA 豪州**  
ログペリ 100万基  
最大基線長3000km

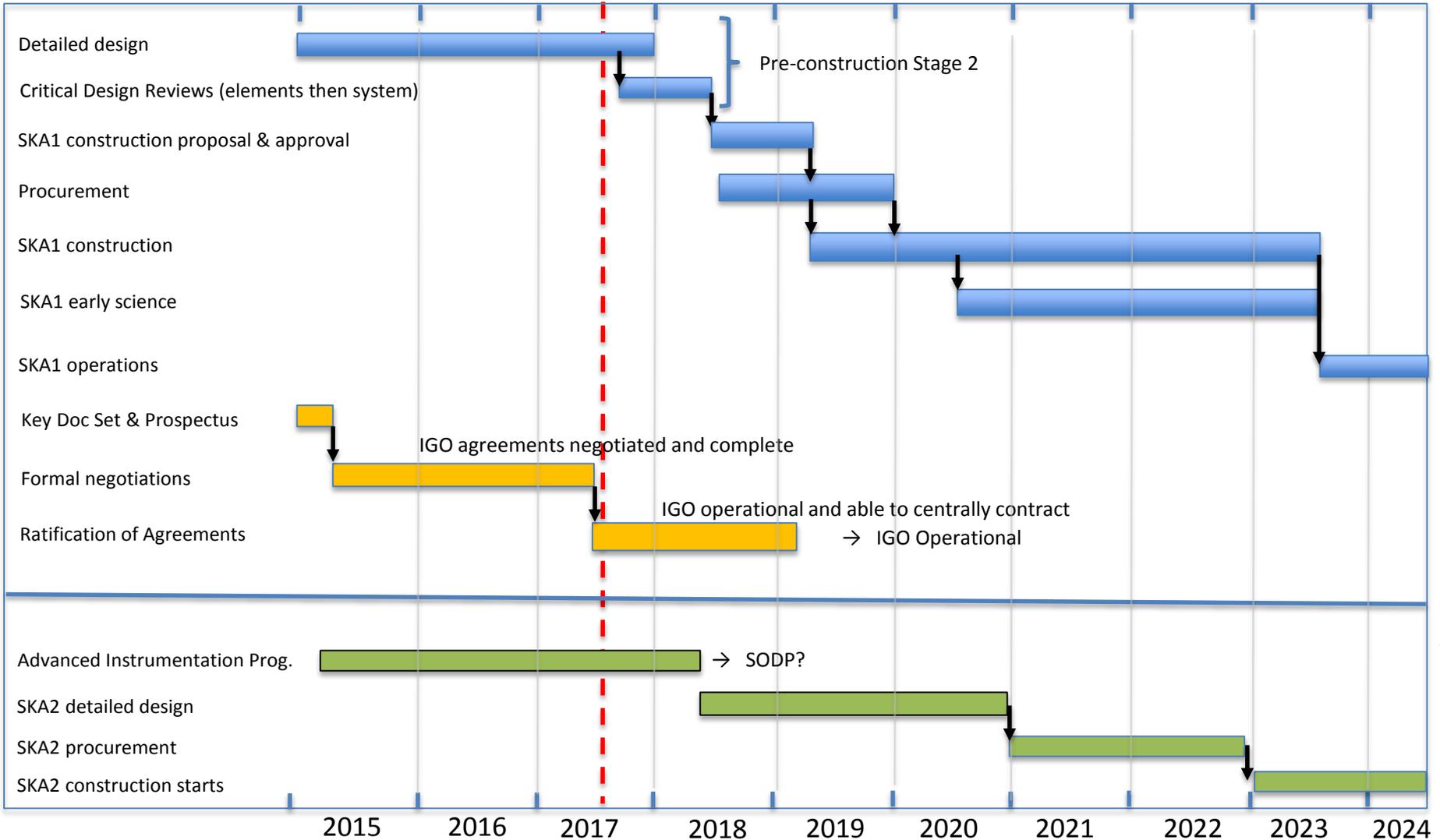
**SKA2-DISH 南ア**  
15m SKA鏡 2500台  
最大基線長3000km

**SKA2-MFAA 南ア**  
密開口アンテナ 250  
局

**PAFか広帯域フィード フェイズドアレイ技術**

# SKA1建設・運用スケジュール

KEY: Blue = SKA1 science & engineering; orange = policy; green = SKA2



## 1.2 SKA計画の科学

# SKAが狙う天文学最大級の謎

銀河はどのように進化するのか？  
暗黒エネルギーとは何か？

アインシュタインの重力理論は  
正しかったのか？

宇宙の夜明けはいつどのようにして起こったか？

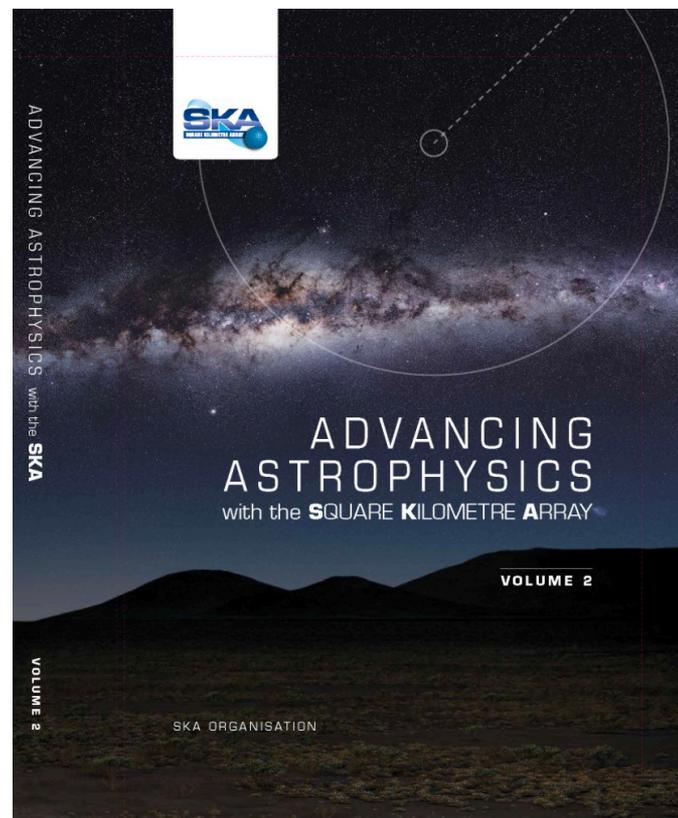
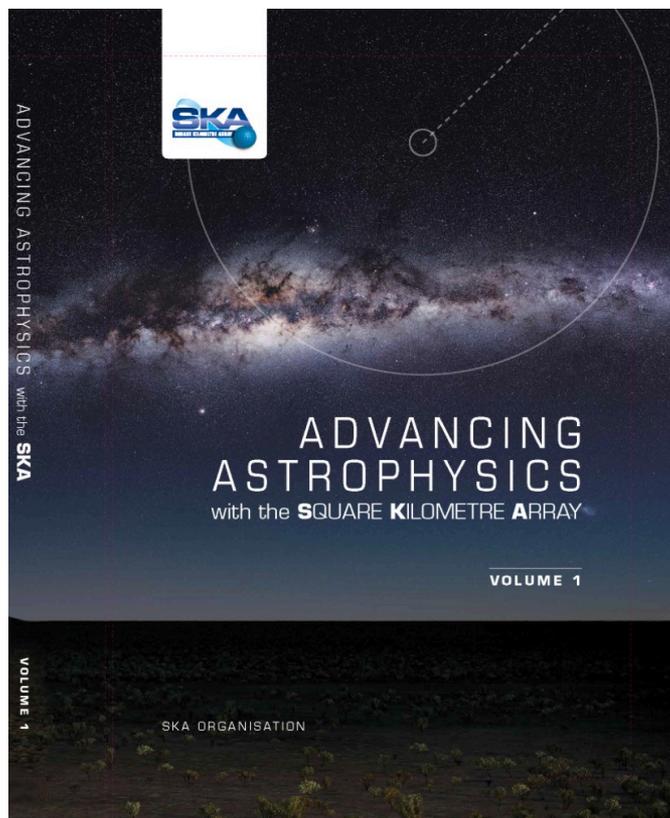
わたしたちはこの宇宙で  
ひとりぼっちなのか？

磁場はどこから来たのか？  
宇宙に北極はあるのか？

# 国際サイエンスブック

❖ ウェブに公開（公式出版）

<https://www.skatelescope.org/books/>



# SKA Japan組織

2008年設立、メンバー～200人

執行部

- ・ 代表：杉山（名古屋）
- ・ 副代表：高橋（熊本） 赤堀（鹿児島）
- ・ 顧問：小林、本間（NAOJ）
- ・ 広報：中西（鹿児島）
- ・ Science Working Group
  - 代表：市來（名古屋）
  - 副代表：竹内（名古屋）
- ・ 外部資金：今井（鹿児島）
- ・ Engineering Working Group
  - 代表：青木（山口）



# 日本版サイエンスブック

## 日本語版

- ・ 2015年2月完成、320ページ、執筆者～60人
- ・ 再電離、宇宙論、銀河進化、パルサー  
宇宙磁場、近傍宇宙時空計測  
星間物質、突発天体
- ・ 内容：
  - 分野レビュー
  - 国際サイエンスレビュー
  - 日本サイエンス
- ・ 2015年3月のワークショップで配布  
[http://ska-jp.org/ws2015/SKA-JP/talks/SKAJP\\_Science\\_Book\\_2015.pdf](http://ska-jp.org/ws2015/SKA-JP/talks/SKAJP_Science_Book_2015.pdf)



# SKAへ、日本参加の取り組み

- 国立天文台で(サブ)プロジェクト化
- 2018年に予定されている正規メンバーの調印の後に、準メンバーとして加盟することを目指す
  - 正規メンバーだと、建設費・運用費の10%程度を分担しなければならない。日本として、ALMA、TMTがある中で、予算的にも人的にも厳しい
  - これまで準メンバーを認めてこなかったが、ドイツなどが、正規メンバーから降りたため、設置される可能性が高い



# 今回のシンポジウムの趣旨は

- 2020年代に稼働するSKAを中心に、新たなフロンティアである低周波電波観測で展開されるサイエンス、期待されるブレークスルーをトップランナーたちが語る
  - 低周波電波観測の発展: 本間(国立天文台)
  - 電波観測によるCrabパルサー磁気圏研究・FRBへの応用: 寺澤(理研iTHES)
  - パルサー精密観測による重力理論検証: 田中(京大理)
  - 大規模電波サーベイによる宇宙論: 山内(神奈川大工)
  - 中性水素21cm線で探る初期天体と宇宙再電離: 高橋(熊大理)
  - 低周波電波観測で切り開く宇宙磁場研究: 赤堀(鹿大理)