Space mission

Y. Murata
ISAS/JAXA, Japan
31 October, 2014

SCIENCE

Space or Ground

Outline

1. Status of Japanese Space Science planning

2. Consideration of next space VLBI radio astronomy mission

   Low, Middle, High

3. ISAS status

Discussion in Space Science sub-committee under the HQ of space policy

- Discussions and materials are basically public
- We can see in web-site, but most are in Japanese

<u>Plan of executing Space Science Projects</u>

was discussed in 2013. Final 7th meeting Sep.15.

Space Science Loadmap.

宇宙科学・探査の分野と目標（試案）

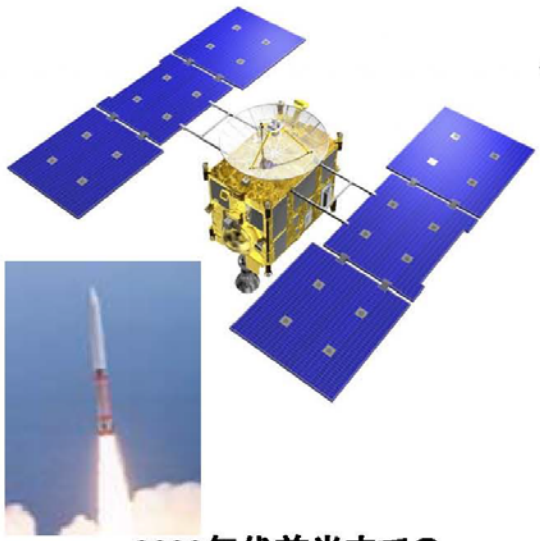
	分野	大目標	観測・探査／技術の目標
宇宙理学	宇宙物理学・天文学	宇宙飛翔体を用いて宇宙・物質・空間の起源と進化に関する人類共通の知識資産の蓄積を図る	○宇宙の成り立ちと進化を解明し、暗黒物質・暗黒エネルギーを探る ○初期宇宙の極限状態を探る ○太陽系外惑星の形成過程を探る ○生命の起源，地球外生命の探求
宇宙理学	太陽系探査科学	衛星・探査機による観測によって太陽系の起源と進化および太陽系空間と天体に関する知識の蓄積を図る	○太陽系諸天体の構造と起源を探る ○太陽系空間と惑星環境を探る ○地球の環境を知る
宇宙工学	宇宙飛翔工学	「より遠くへ」「より自在に」宇宙飛翔体を飛ばし，「より高度な」宇宙活動や科学観測・探査を行う．これにより宇宙開発利用全体を先導する	○衛星・探査機の高度化・自律化・知能化 ○月惑星表面到達・探査技術の獲得 ○深宇宙航行技術の洗練 ○極限環境における飛翔体・探査機技術 ○先進的推進技術の獲得 ○将来型輸送システムの開拓
宇宙工学	宇宙機応用工学		

Target of Space Science / Exploration

	Area	Large Target	Target of observation, probe, technology
Space Science	Astronomy Astrophysics	宇宙飛翔体を用いて宇宙・物質・空間の起源と進化に関する人類共通の知識資産の蓄積を図る	○宇宙の成り立ちと進化を解明し、暗黒物質・暗黒エネルギーを探る ○初期宇宙の極限状態を探る ○太陽系外惑星の形成過程を探る ○生命の起源，地球外生命の探求
Space Science	Planetary Science	衛星・探査機による観測によって太陽系の起源と進化および太陽系空間と天体に関する知識の蓄積を図る	○太陽系諸天体の構造と起源を探る ○太陽系空間と惑星環境を探る ○地球の環境を知る
Space Engineering	Rocket Baloon	「より遠くへ」「より自在に」宇宙飛翔体を飛ばし，「より高度な」宇宙活動や科学観測・探査を行う．これにより宇宙開発利用全体を先導する	○衛星・探査機の高度化・自律化・知能化 ○月惑星表面到達・探査技術の獲得 ○深宇宙航行技術の洗練 ○極限環境における飛翔体・探査機技術 ○先進的推進技術の獲得 ○将来型輸送システムの開拓
Space Engineering	Engineering of spacecraft		

Ⅲ. 今後の宇宙科学・探査プロジェクトの推進方策

宇宙科学における宇宙理工学各分野の今後のプロジェクト実行の戦略に基づき、厳しいリソース制約の中、従来目指してきた大型化の実現よりも、中型以下の規模をメインストリームとし、中型（H2クラスで打ち上げを想定）、小型（イプシロンで打ち上げを想定）、および多様な小規模プロジェクトの3クラスのカテゴリーに分けて実施する。



2000年代前半までの
典型的な科学衛星ミッション
M-Vロケットによる打ち上げ

戦略的に実施する中型計画（300億程度）
世界第一級の成果創出を目指し、各分野のフラッグシップ的なミッションを日本がリーダとして実施する。多様な形態の国際協力を前提。

公募型小型計画（100-150億規模）
高頻度な成果創出を目指し、機動的かつ挑戦的に実施する小型ミッション。地球周回/深宇宙ミッションを機動的に実施。現行小型衛星計画から得られた経験等を活かし、衛星・探査機の高度化による軽量高機能化に取り組む。等価な規模の多様なプロジェクトも含む。

多様な小規模プロジェクト群（10億/年程度）
海外ミッションへのジュニアパートナとしての参加、海外も含めた衛星・小型ロケット・気球など飛翔機会への参加、小型飛翔機会の創出、ISSを利用した科学研究など、多様な機会を最大に活用し成果創出を最大化する。

Ⅲ. Plan to execute Space Science / Exploration missions

Main missions are divided into 3 categories,
Middle and Small class mission, smaller class project with 3 categories
(HIIA) (Epsilon(E) Rocket)
Large project is not a main stream

Money paid by Japanese Government

Middle class missions (~300 M$)
Flagship, led by Japan,
International collaboration

H IIA class
Including rocket

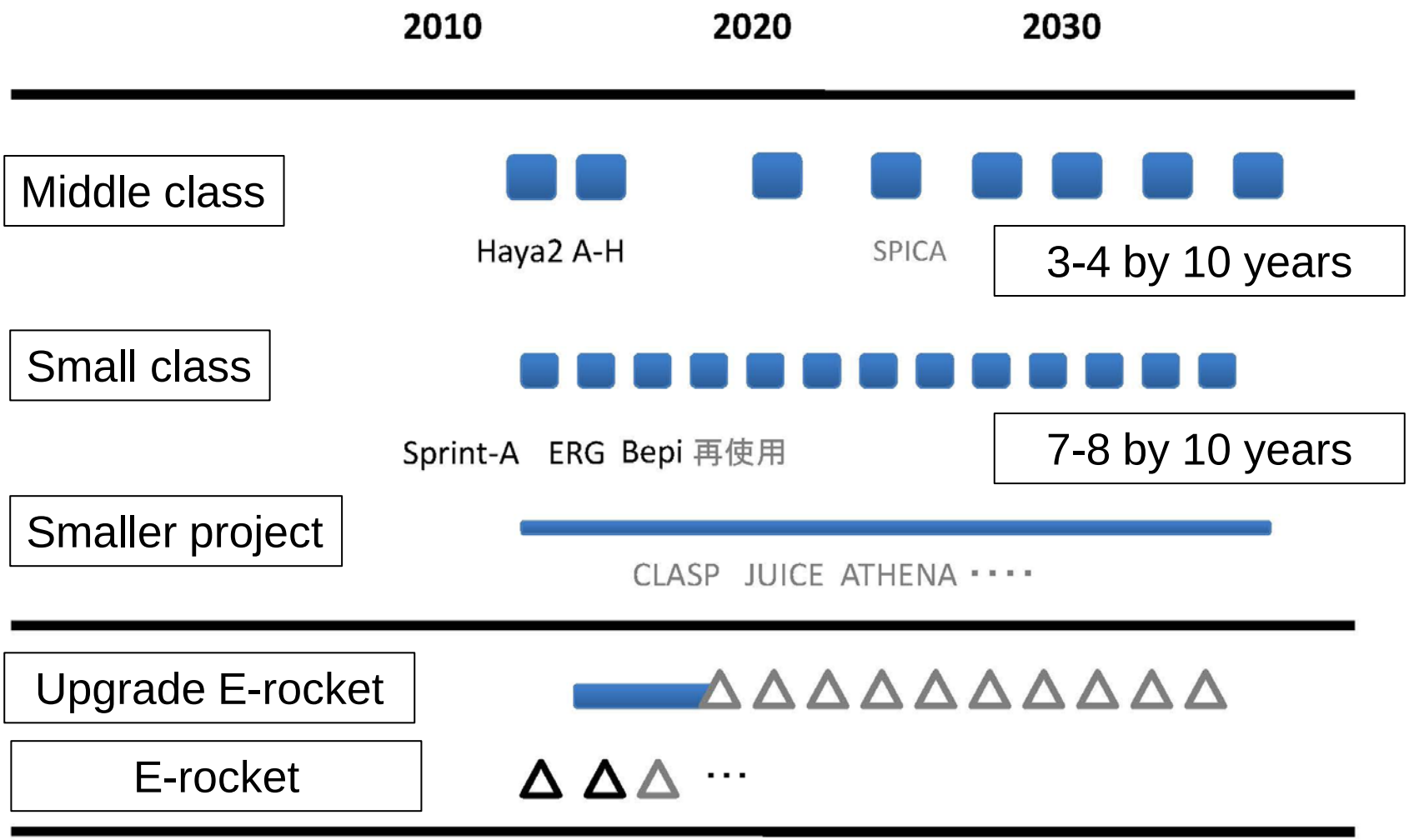
Small class missions (~100-150 M$)
Open proposal, challenging
International collaboration
Light and high quality

E-rocket class

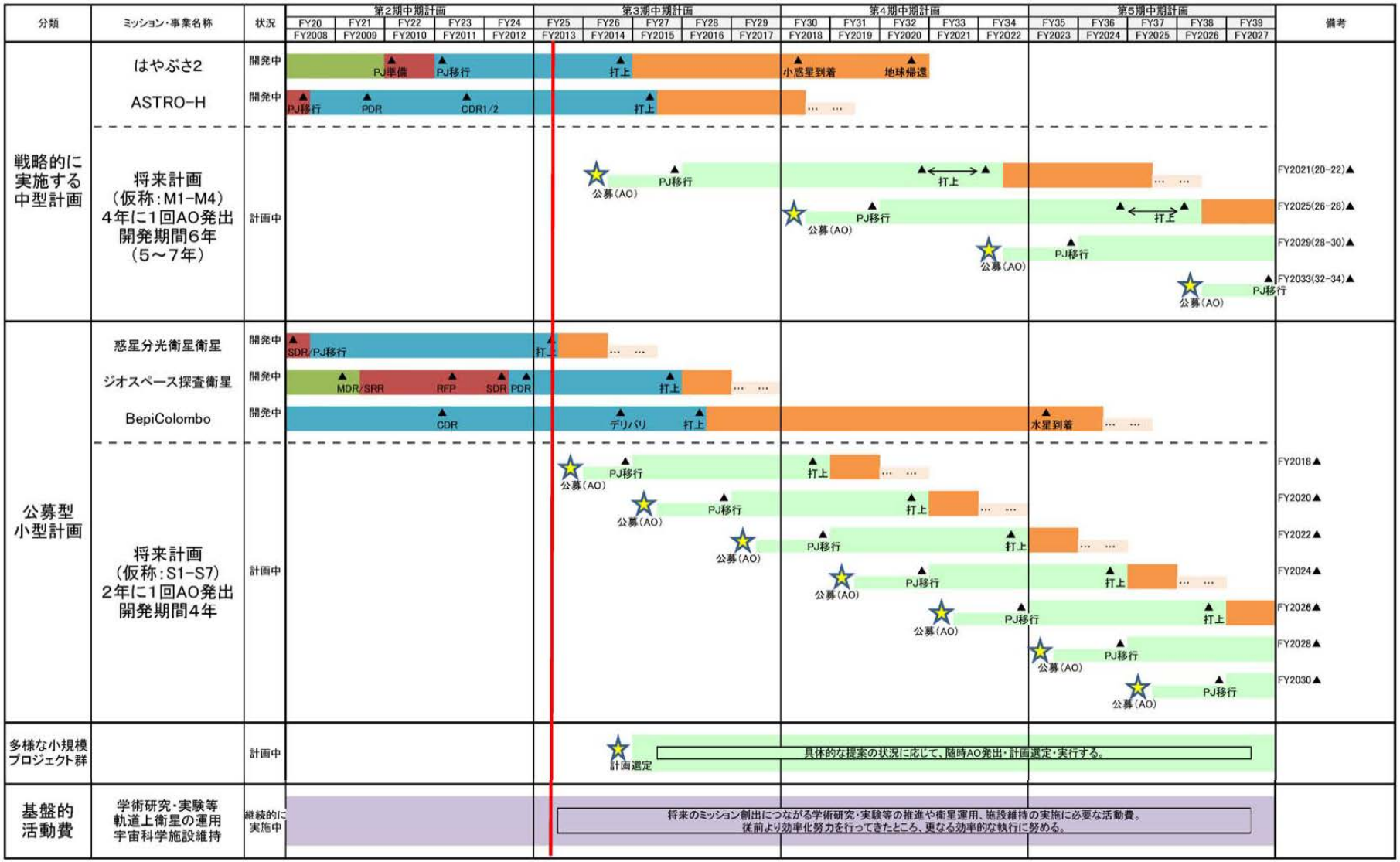
Space Science
By M-V rocket
Till middle of
2000 decade

Various Small class projects (~10M$/year)
Junior partner for the mission outside of JAXA, ISS, and small rockets, balloon.
Light and high quality.

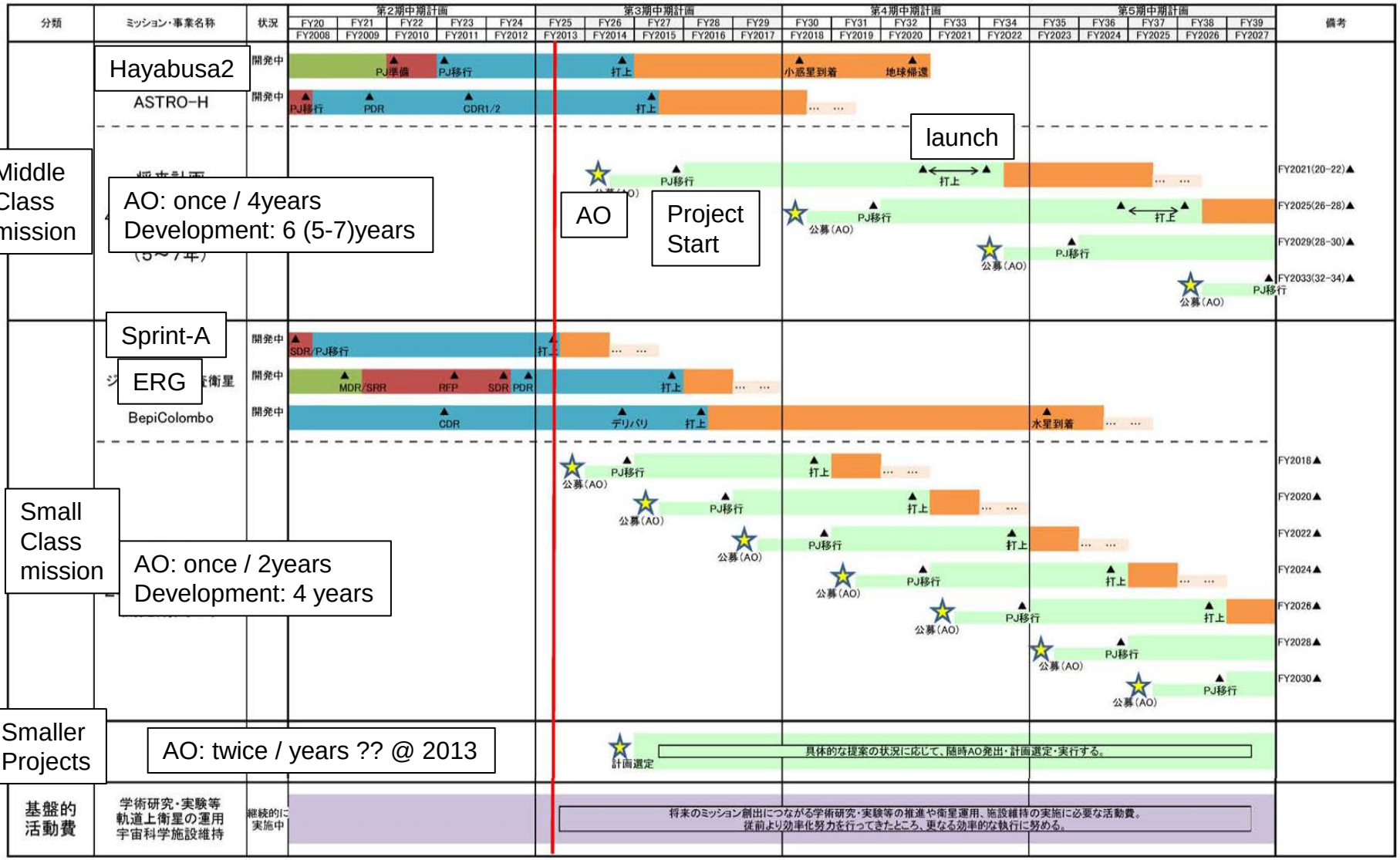
Plan to execute Space Science / Exploration projects for 20 yeas



宇宙科学・探査プログラムの中長期立上げ計画（案）



宇宙科学・探査プログラムの中長期立上げ計画（案）



How we consider space VLBI/radio astronomy project in this environment

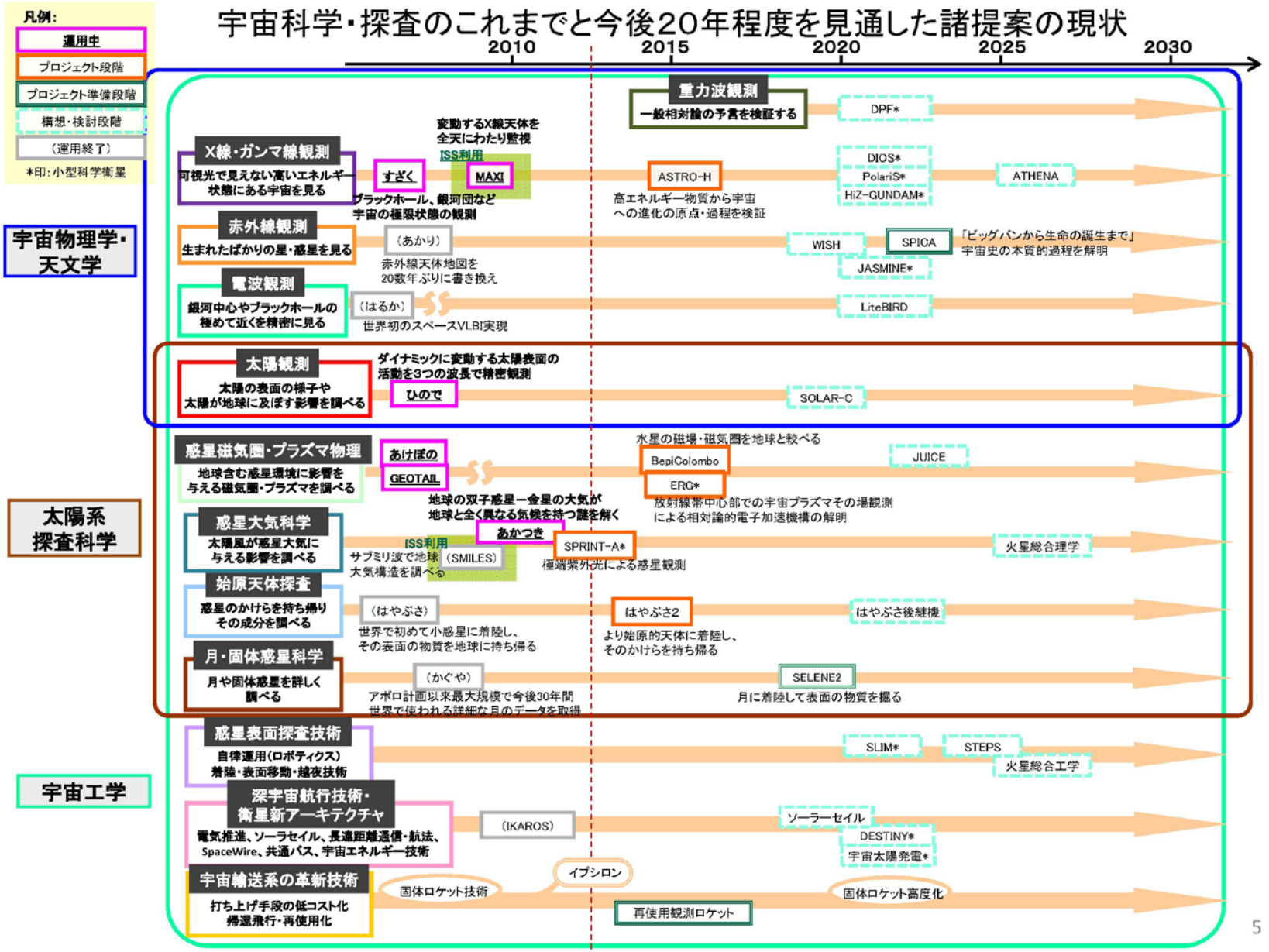
- Propose same concept project as VSOP-2
  - Science is OK at middle/end of 2020's
  - Chinese space VLBI project
  - Consider μ-vsop (Doi et al. 2012)

    4m, E-rocket, 22/43 GHz not enough science

- Need to re-consider the plan

宇宙政策委員会　第4回 宇宙科学・探査部会 資料より

宇宙科学・探査のこれまでと今後20年程度を見通した諸提案の現状



3 direction of space VLBI

- Space VLBI (SVLBI)
  - Make λ/D small
  - Change of 10 (or 1/10) of the frequency gives different aspects of astronomical objects. Extending the baseline to the space is still useful.

Type of SVLBI	Frequency	Science Target	Point to think	Technologies	Need to consider	Key Words
High frequency	86 – 350 GHz or higher	See Black Hole silhouette Accretion disk	How to see BH silhouette	Solid Antenna Sub-mm detectors (SMILES @ 640 GHz)	How ground based sub-mm VLBI will produce outputs. Need space baseline?	Space-Space sub-mm array ALMA in Space
Mid	6-43(22) GHz	Jet, Accretion Disk, Masers, Astrometry	Based on ASTRO-G design	22 GHz (and 43 GHz?) or 12.3, 6.7 GHz	Launch will be 2020's. Is it still useful?	Chinese SVLBI @ 2020
Low	< 3 GHz	Pulsar HI absorption Jet, lobe SNR	Co-observation with SKA	JAXA ETS-8 (2.2 GHz 14 x 19m) VLDR (2.2 GHz 30m)	Science of high resolution in low frequency	Different science from those of ASTRO-G

Higher frequency SVLBI?
AGN science discussion in Japan

- Report of AGN WG @ VLBI committee in JAOJ
- See the center of AGN
  - Shadow of black hole (BH)
- Should go higher frequency
  - A few hundred GHz
  - But need of longer baseline (no space baseline, but need for good UV coverage?)
  - Submm VLBI projects: EHT (Event holizon telescope, GLT (greenland telescope) ….
  - Balloon VLBI or Space VLBI?

Mid frequency SVLBI (~ ASTRO-G frequency)

- Radioastron
- Chinese Space VLBI
  - AGN, Going to Higher frequency

- Other science possibility
  - VERA like science (astrometry more than 10kpc, Magellanic cloud, H_0 project….)

    need PR -> Baseline accuracy -> different concept

    100 m class antenna at 22 GHz for H_0.

Chinese SVLBI (SMVA)
Space Millimeter-wavelength VLBI Array

2003: start of the conceptual study of a space VLBI mission in China.

Drafted a proposal for a future "Space Millimeter VLBI Array"

2009: selected for pre-study

by Space Science Project Committee of the Chinese Academy of Sciences (CAS).

2012: The pre-study project was approved by the CAS in 2012

as a "Background Prototype Research,"

GOAL: completing the overall design of the first space VLBI array

within three years (2012-2015).

Current design: 6-8, 22, 43 GHz, 2 space craft, apogee height 60,000km, gives 20 micro arc-second resolution at 43 GHz.

Science target:

SMVA is to substantially deepen and broaden our understanding of supermassive black holes (SMBHs) and the active galactic nuclei (AGN) .

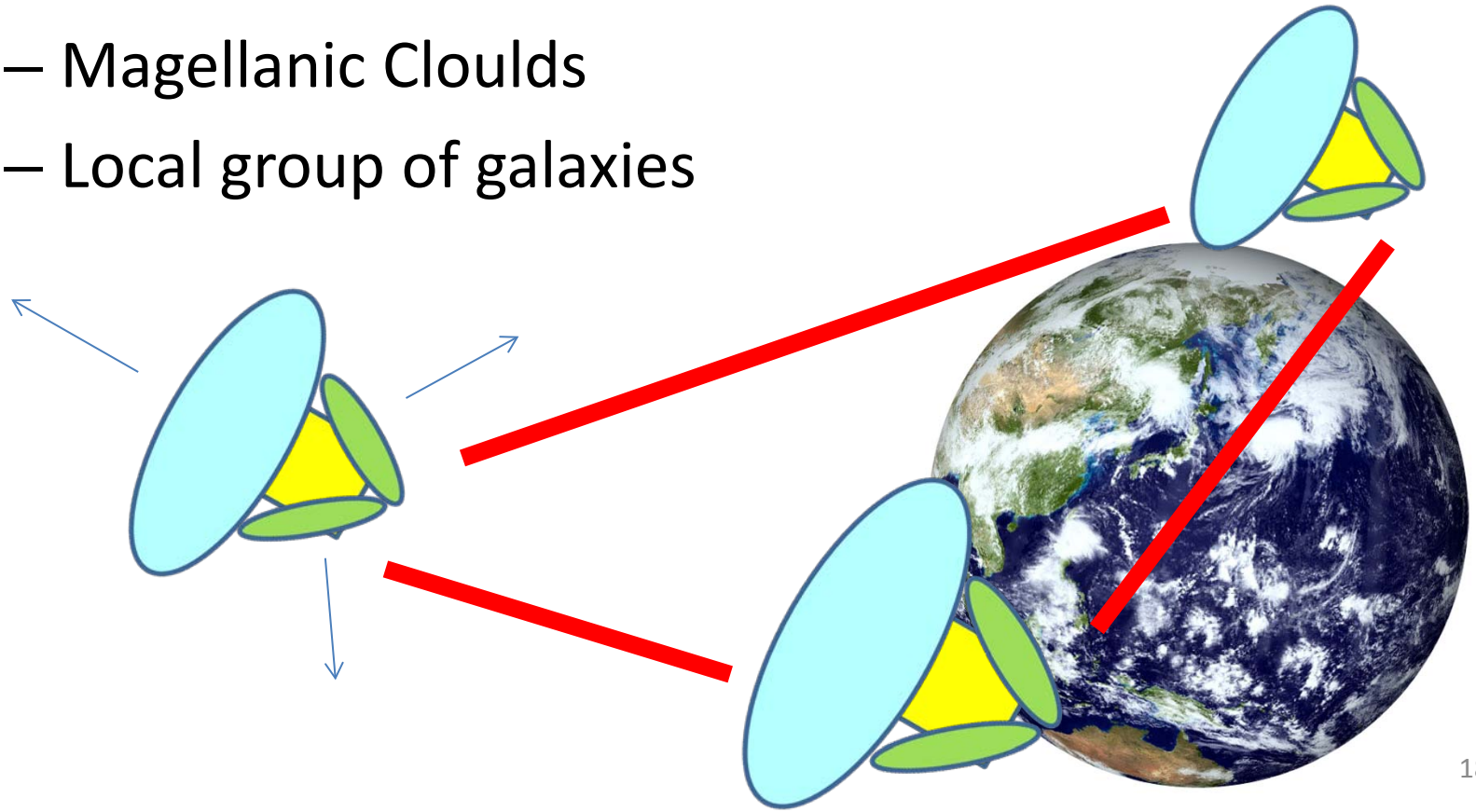
Chinese SVLBI (SMVA)

A tentative roadmap for China's space VLBI activities for the next two decades

- Stage 1 [possibly 2015-2020]: Long-mm-wavelength Space VLBI Array
  - Two space telescopes (aperture10 m)
  - Highest frequency 43 GHz
  - ~20μas resolution and good (u, v) coverage for imaging
- Stage 2 [2021-2025]: Mm-wavelength Space VLBI Array
  - Three space telescopes (12~15 m)
  - Highest frequency 86 GHz
- Stage 3 [after 2026]: Sub-mm-wavelength Space VLBI Array
  - Three to four space telescopes (12~15 m)
  - Sub-mm wavelength

Space VERA

- Target (Distance measurement of)
  - Farther part of Galactic Center
  - Magellanic Cloulds
  - Local group of galaxies

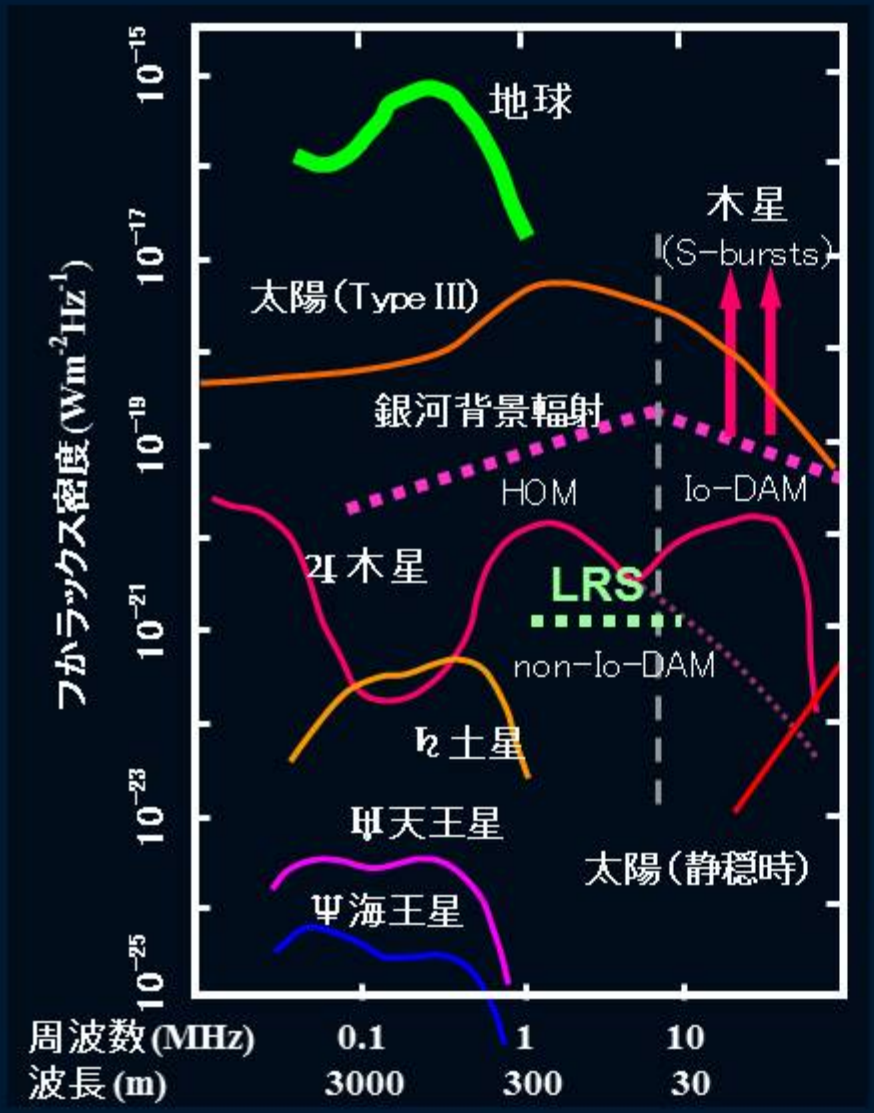


Low frequency SVLBI (< a few GHz)

- We have many objects which can see only in low frequency
  - Pulsar, SNR, Lobe (old plasma gas),
- Low frequency need long (space) baseline

  10mas (ALMA) @ 100 MHz → 65000 km size
- Co-observation with SKA
- Atmosphere is opaque again at ν < several 10 MHz, and need observation other side of Moon to avoid RFI.

低周波電波のスペクトル



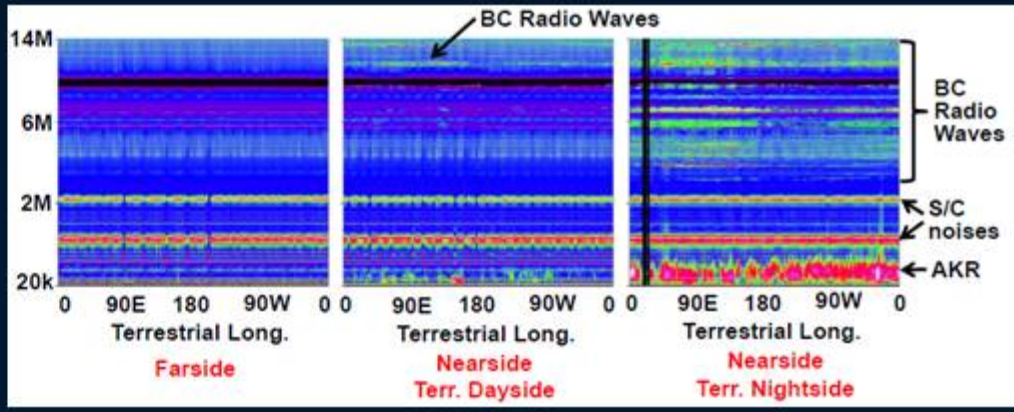
(*after* Zarka et al, 1997

←月で観測される低周波電波

・月の表側では地球からの放射が卓越

「かぐや」月レーダサウンダ(LRS)データに見る
地球からの放射の影響 (Kumamoto *et al.* 2008)

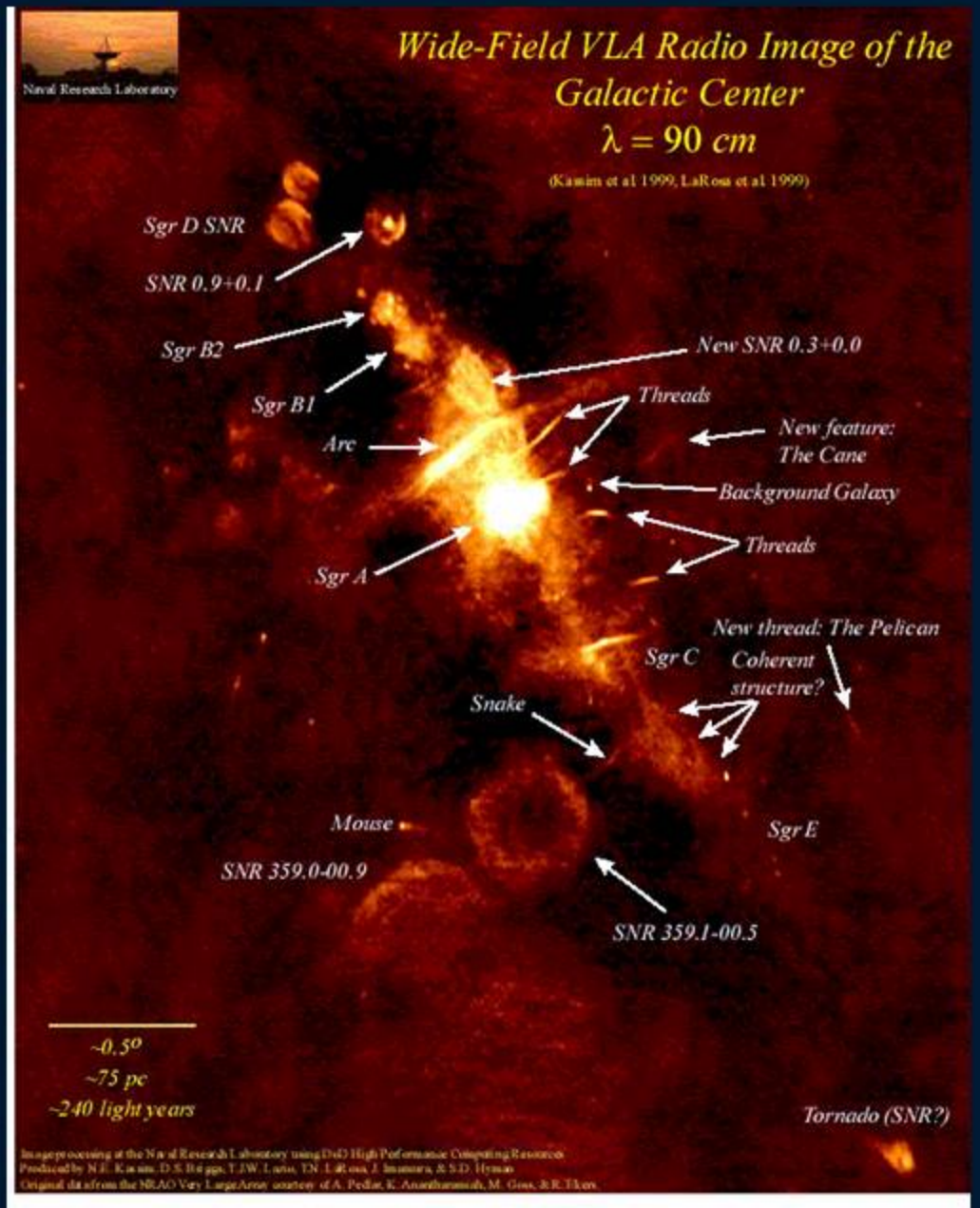
↓裏(掩蔽)　↓表・昼　↓表・夜



低周波電波の天文学 – SNR:超新星残骸

低周波
↓
低エネルギー
SNRの検出
↓
SNR/PSR系の
無バイアスサーベイ
↓
初期銀河・銀河団と
星の進化への制約？

銀河中心付近の
330MHz帯観測→
(La Rosa *et al.* 2000)

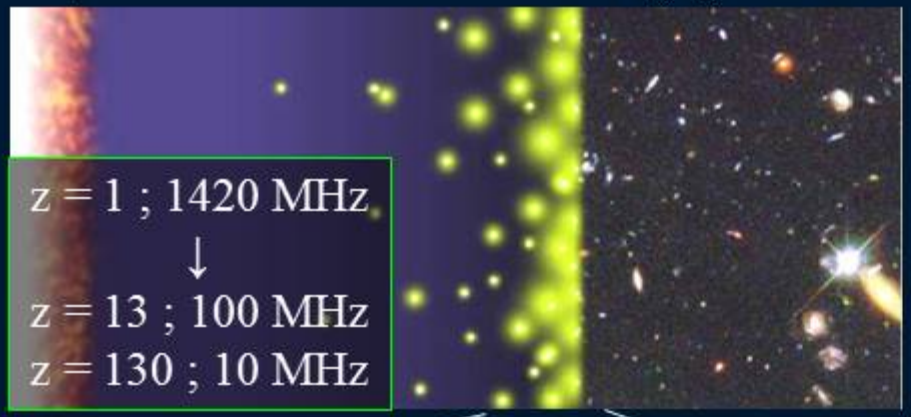


低周波電波の天文学 – 宇宙初期の観測-

$z \sim 1000$
再結合・晴れ上がり

$z \sim 10$
再電離 (reionization)

Djorgovski *et al.*



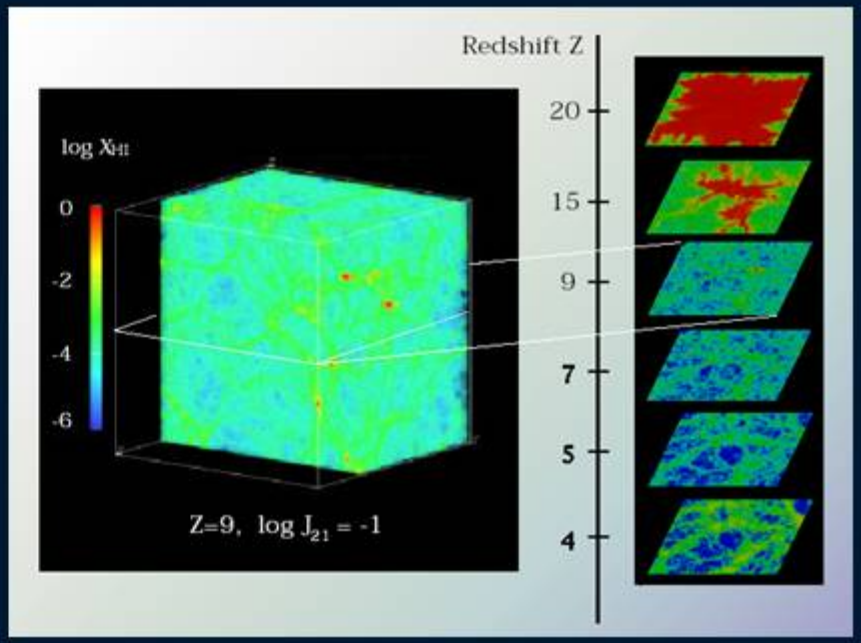
ビッグバン

$z \sim 20$

$z \sim 7$

星の誕生

クエーサの誕生



再電離過程の3次元輻射輸送シミュレーション
→ 宇宙初期のweb構造

high-z(赤方偏移)の中性水素線

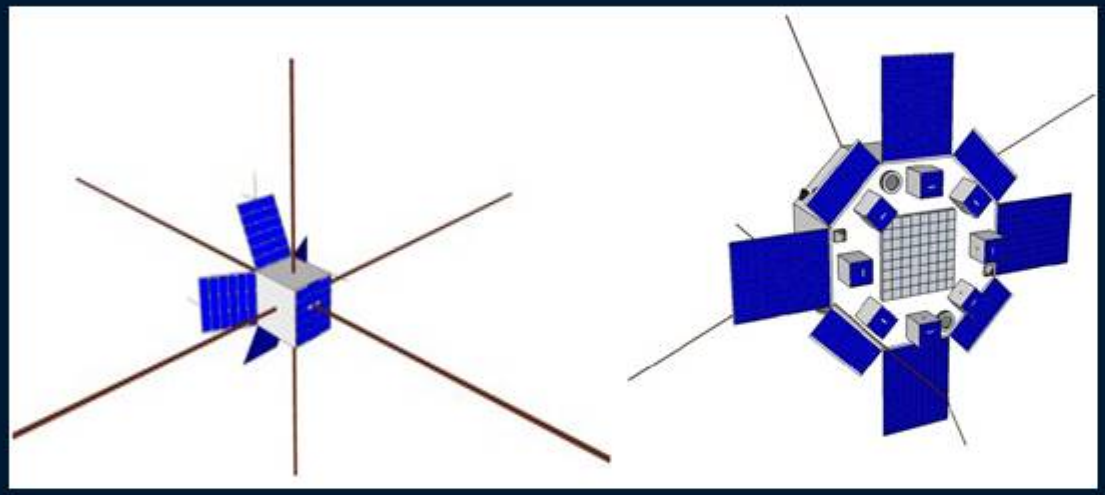
- 宇宙初期のweb構造の解明？
- 銀河団・銀河系の起源の解明？

低周波スペース観測提案の比較

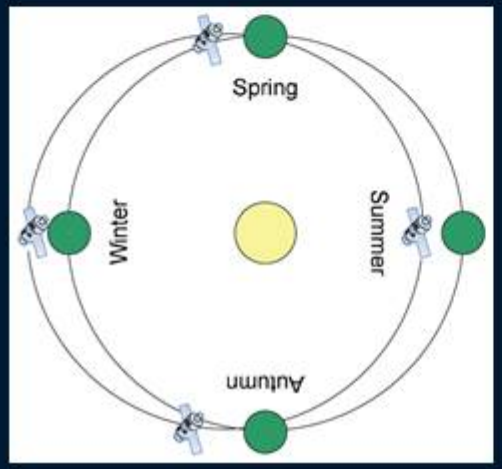
projects	freq. (MHz)	orbiter	antennas	main targets
DARIS	1-10	terrestrial small satellites (<100kg) within 100km	3 orthogonal dipoles	extragalactic survey, solar/planetary bursts
FIRST	<10	6 spacecraft at Sun-Earth L2	6 monopoles	all-sky survey
SURO	0.1-30	9 spacecraft on solar orbit	a tripole	extragalactic source populations, helio physics, planetary emissions
OLFAR	1-30	>10 (lunar) nano satellites (<10kg) within 100km	a dipole or tripole	cosmology, etc.
LLFAST	15-25	a lunar satellite	a cross dipole	planetary emissions
DARE	40-120	a lunar satellite	2 bi-conical dipoles	cosmology – the first stars and black holes, etc.

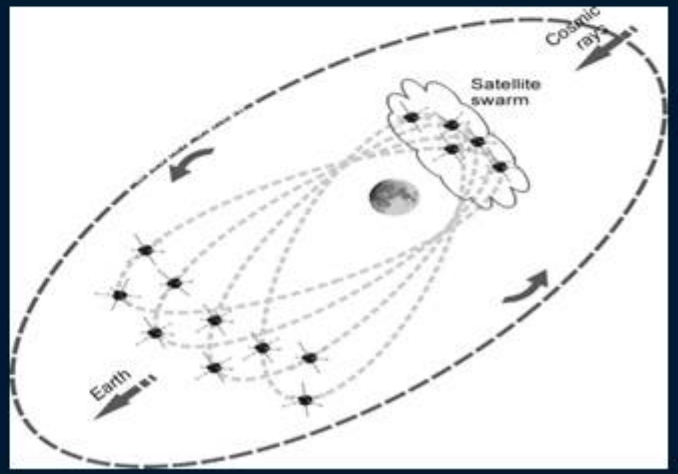
海外提案の宇宙機コンフィギュレーションと軌道例

SURO (Space based Ultra long wavelength Radio Observatory):
上）母船・子機、下）太陽回軌道
(Baan, 2010)



OLFAR (Orbital Low Frequency ARray):
上）nano satellite、下）月周回軌道
(Wolt, 2013)





ISAS status

- Balloon VLBI: Doi, Sato, (Murata)
- Low Frequency Mission: Iwata, Murata
- Radioastron: Asaki
- ALMA: Aasaki, Tsuboi
- Usuda 64m antenna
  - JVN: Murata
  - Single dish use: Murata, Takeuchi(Pulsar)
  - Radioastron: Asaki
- Hayabusa 2: Iwata
- SPICA: Murata

How to win space mission.

- Study team (Local -> pre-WG -> WG)

  Not official
- Competition and discussion among community
- Working group 1(pre-WG) @ Space science committee in ISAS
- Working group for proposal

- Watch discussion in Space science committee in ISAS (please join group member) and Committee of space policy (Web page).