

国際協力の観点で将来計画 検討の振り返りと 今後へのコメント

2017年度光学赤外線天文連絡会シンポジウム
「国際協力で実現させる2020年代の光学赤外線天文学」

2017年7月24-26日

和田武彦（ISAS/JAXA）

光赤天連では2016年8月に将来計画検討報告書改訂版「2020年代の光赤外天文学」を発行しました。

1. 将来計画検討書サマリの概要
2. 国際協力について(検討書1.5.4節)
3. 今後へのコメント

1. 将来計画検討書Executive Summaryの概要

2020年代に光赤外線天文学が取り組むべき優先課題を次の3つのテーマに分けてまとめた:

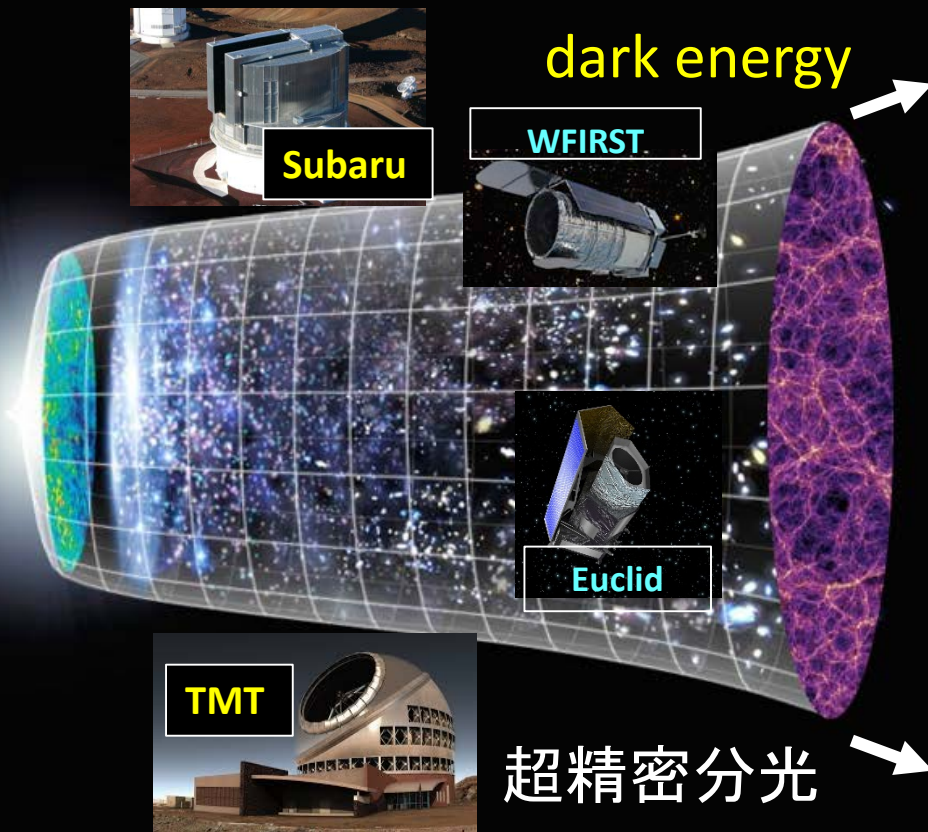
- 宇宙の加速膨張とダークエネルギー／ダークマターの解明
- 物質宇宙の多様性とその進化の解明
- 惑星系形成および進化の解明と宇宙における生命の探査

宇宙の加速膨張とダークエネルギー/ダークマターの解明

広天域かつ均質な
撮像・分光サーベイ



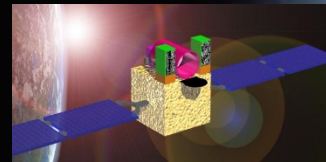
Grav. lens, BAO, RSD,
clustering analysis



dark matter

ダークエネルギーの性質
ダークマターの詳細分布
ニュートリノ質量
宇宙曲率
原始パワースペクトル
原始密度ゆらぎ

物質宇宙の多様性とその進化の 解明 I



HiZ-GUNDAM

宇宙再電離

広天域・高感度の
撮像・分光サーベイ

赤外線高感度観測

天体の起源

初代星

?

?

初代銀河

?

→

銀河の進化

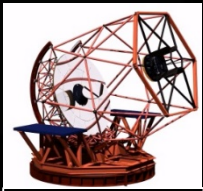
?

物理過程
環境効果

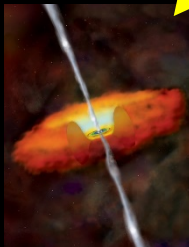
?



TAO



京大望遠鏡

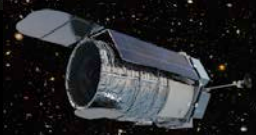


巨大ブラックホール

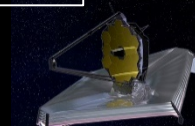
TMT



WFIRST



JWST



銀河形態
発現



?

物質宇宙の多様性とその進化の 解明Ⅱ

TMT

近傍宇宙論

Subaru

ブラックホール

可視赤外線高空間・
波長分解能
高感度観測

広天域・高感度の
撮像・分光サーベイ

宇宙の物質循環と 星形成

銀河系の構造

小型JASMINE

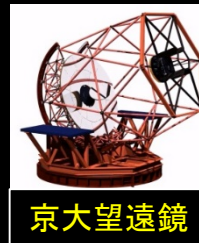
銀河中の物質循環

SPICA

京大望遠鏡

TAO

惑星系形成および進化の解明と 宇宙における生命の探査

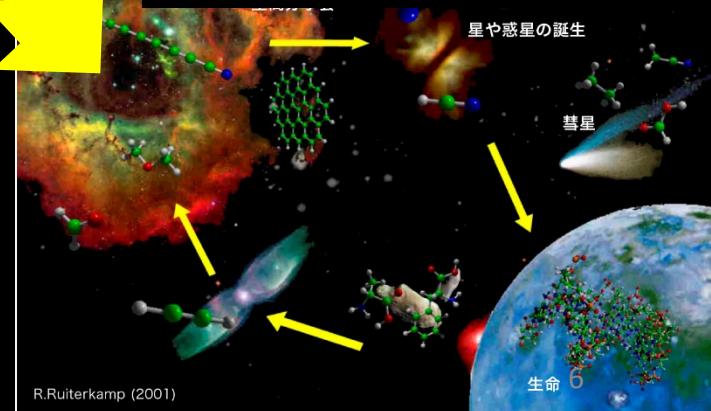


星・惑星系形成と
地球型惑星探査

太陽系の姿と起源
←→地球惑星科学

赤外線高空間・波長分解能
高感度観測
探査機との連携

生命の可能性



1. 将来計画検討書Executive Summaryの概要

2020年代に光赤外線天文学が取り組むべき優先課題を次の3つのテーマに分けてまとめた：

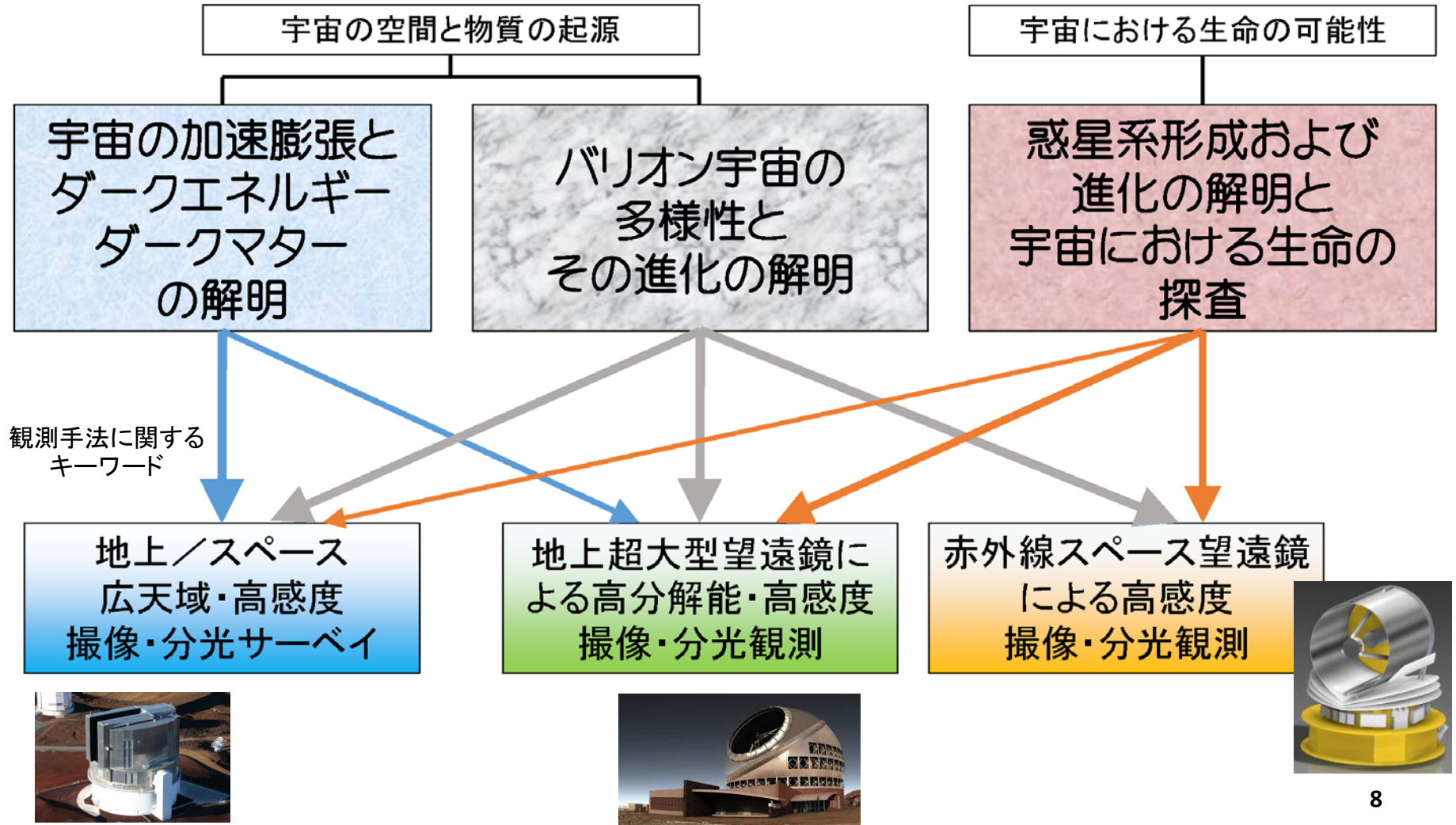
- 宇宙の加速膨張とダークエネルギー／ダークマターの解明
- 物質宇宙の多様性とその進化の解明
- 惑星系形成および進化の解明と宇宙における生命の探査

これらを実現する上での観測手法に関するキーワード：

- 地上／スペース広天域・高感度撮像・分光サーベイ
- 地上超大型望遠鏡による高分解能・高感度撮像・分光観測
- 赤外線スペース望遠鏡による高感度撮像・分光観測

2020年代に光赤外天文学が取り組むべき優先課題(三大課題)と、主要な観測手法に関するキーワード

宇宙科学ロードマップにおける宇宙物理学キーワード



光赤外天文学は、宇宙の加速膨張・バリオン宇宙の多様性とその進化・惑星系形成と進化を解明する

宇宙の始まり

Cosmic inflation

インフレーション

Particles form

物質創成

中性化

Recombination

ダークエイジ

Dark ages

初代星、初代銀河、GRB

First stars & galaxies

再電離期

銀河進化、銀河団形成

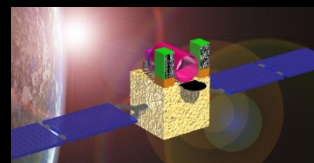
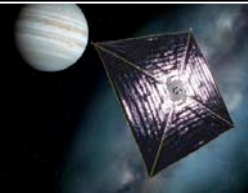
Galaxy evolution

巨大ブラックホール進化

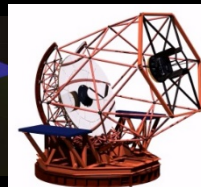
TMT



EXZIT / ソーラー電力セル



HiZ-GUNDAM



京大望遠鏡

0
 10^{-32} seconds
 10^{-30} seconds
1 second
100 seconds
1 year
100 years

38万年

2億年

10億年

100億年

138億年
(現在)

1.82 billi

原始赤外線銀河、
重元素生成

SPICA



惑星系形成

WFIRST / WACO



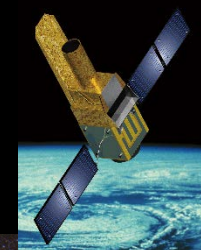
大規模構造、
ダークエネルギー



Subaru

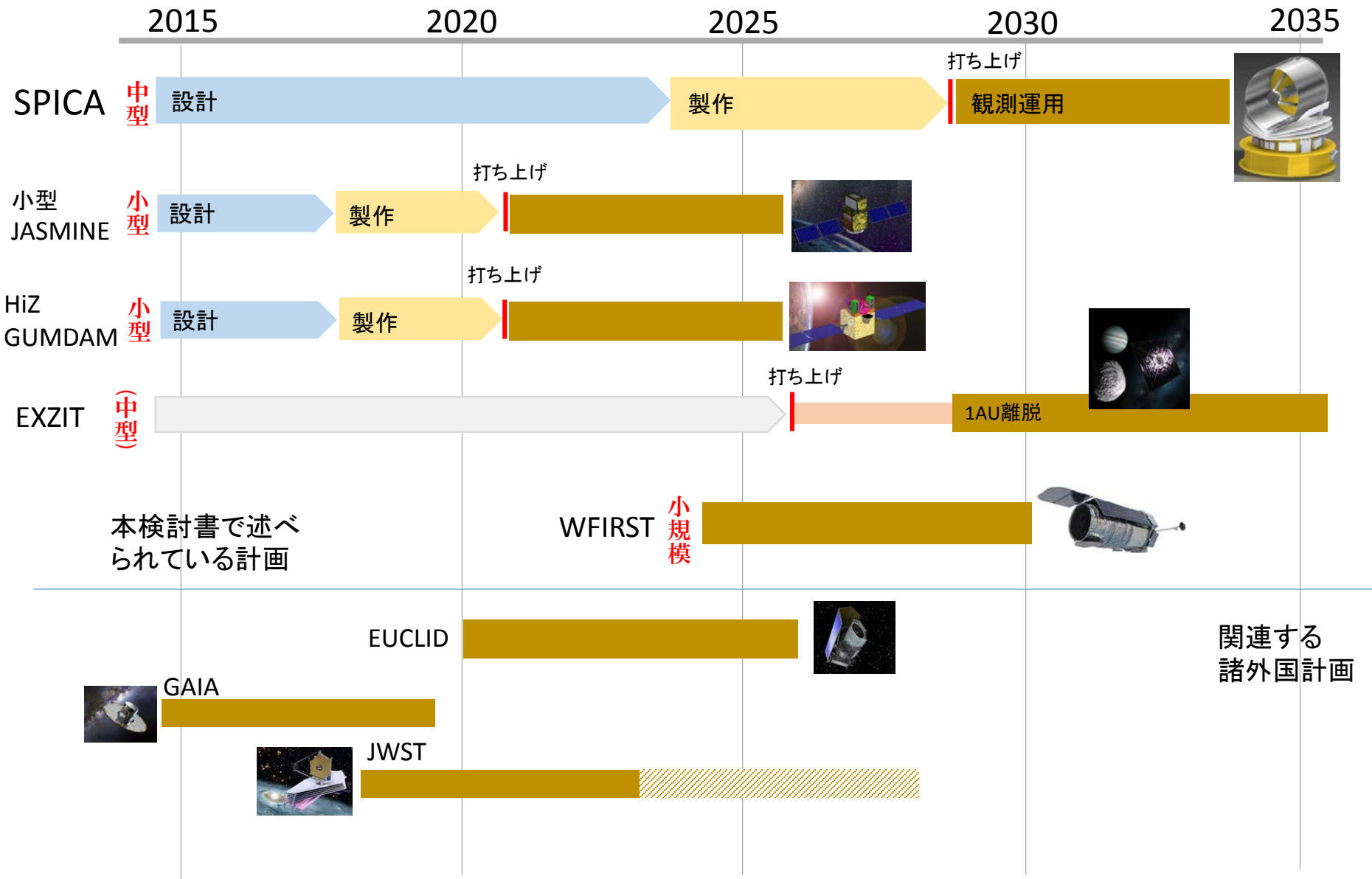


TAO



小型JASMINE

天の川銀河、
中心ブラックホール



光赤外線望遠鏡地上計画

口径(m)

30

研究



最先端のサイエンス

8



6

4



Nayuta

SGMAP

AIRT

2

GAO

Kanata

OA074

Pirka

MOAII

IRSF

Kagoshima

Araki

Kiso

Murikabushi

MiniTAO

1

教育・人材育成

特化したサイエンス



Subaru

新しい宇宙像を切り開く観測



目的を絞った観測研究
広視野を活かしたサーベイ観測
HSC → PFS

高解像度を活かした戦略的観測
ULTIMATE

強い連携

さらに新しい宇宙像を切り開く観測

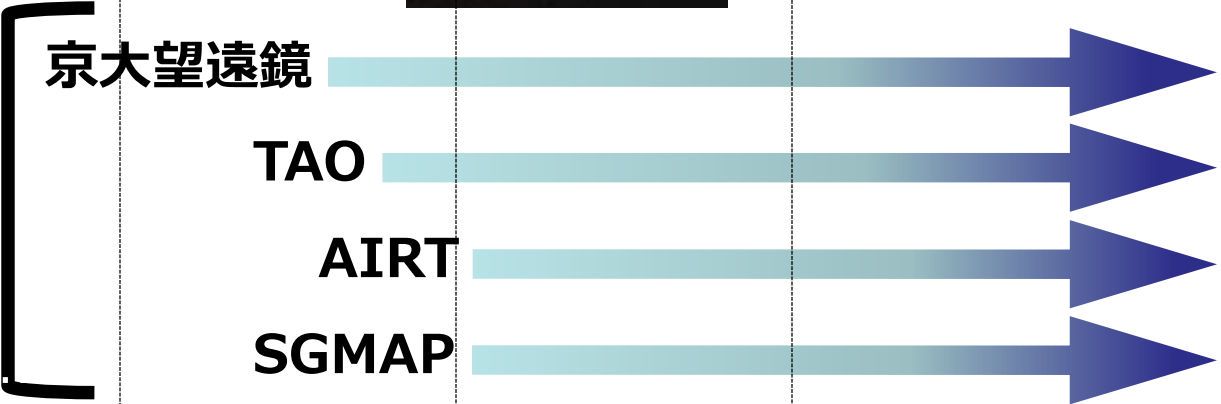


TMT

新技術による装置開発

人材育成・連携

各大学における望遠鏡計画



2. 国際協力について(将来検討書1.5.4節) 国際連携の戦略

- 国際協力・国際連携における我々の基本戦略は、科学・技術両面における我が国の立場の強化を図ることである。科学面では、我が国にもたらされる科学的成果の最大化を図り、2020年代の科学研究において主導的立場を取れるようにする。技術面では、「お家芸」と呼べるような世界的に際立った技術・観測装置を幾つか保持しそれを継続的に発展させることで、我が国の立場を強化する。
- このために、これまで培ってきた国際協力を育て、発展させていく。
- スペースにおいては「あかり」やSPICAのサイエンス検討における国際チームや超高感度検出技術・冷凍機技術における共同研究を継続・発展させていく。
- 地上においては、すばる望遠鏡において国際協力で開発されたHSCが立ち上がり、さらにPFSの開発が東大Kavli IPMUを中心とした国際チームによって進められている。主要科学課題の一つ「ダークエネルギー／ダークマターの解明」の上で、将来のスペースからのサーベイ(Euclid、WFIRST)に繋がる流れが不可欠である。
- HSC、PFS、ULTIMATE-SUBARUというすばる望遠鏡国際共同プロジェクト、あるいは「あかり」で培ったスペースプロジェクトの国際協力の実績を活かし、SPICAやTMTでの国際協力による科学的成果・技術開発実績を積み上げ、我が国の世界的地位を強化して行くことが肝要である。

2. 国際協力について(将来検討書1.5.4節) 東アジア天文台

- 東アジア天文台(East Asian Observatory; EAO)は、1990年代から始まった日本、中国、韓国、台湾の東アジア四地域における天文学に関する協力が、2005年に東アジア中核天文台連合(East Asian Core Observatory Association; EACOA)へと発展し、2014年にハワイ・マウナケアのJCMTを共同運用することを機に設立されたものである。
- その目的は、将来(今から30年程度以上先)の地上大型望遠鏡計画を、これら東アジア四地域が中心となって実現することで、日本及び東アジア地域の天文学の競争力を第一線に維持しようとするものである。
- すでに欧州を中心に15か国の参加を得て着実に地上大型望遠鏡計画を推進する欧州南天天文台(ESO)や、米国の地上天文台計画が進む中で、欧州全体や米国に対して1/5程度の名目GDPしかない日本が、一国だけで大型基礎科学計画をリードすることは不可能である。しかしながら、最近のアジア諸国の急激な経済発展により、日本、中国、韓国、台湾を加えたGDPは欧米のそれに匹敵し、今後さらに伸びることが予想される。
- したがって、これまでより一歩進んだ協力体制をこれら東アジア隣接地域と作り上げることは、我が国の光赤外天文学の将来、特に2030年代以降の地上望遠鏡計画策定にとって重要な意味をもつと考えられ、東アジア天文台はそのための協力の場を与えるものと期待される。

3. 今後へのコメント

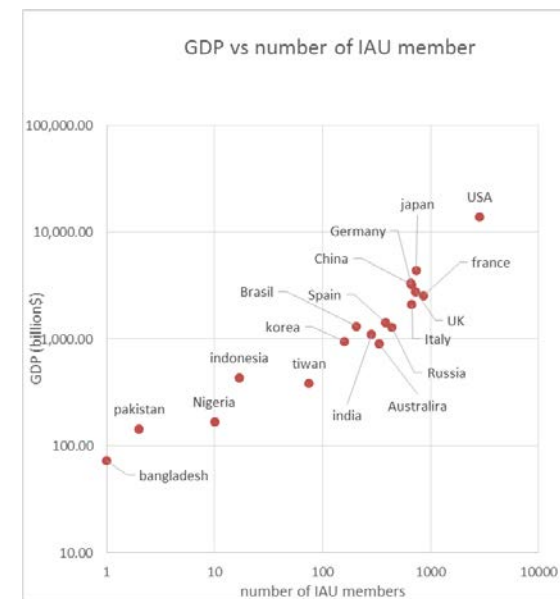
- 2030年代を目指して戦略を持ちつつ柔軟に
 - 「2030年代の光赤外天文学」将来計画検討
 - 2018-2020 理念的なサーベイ
 - 2020 検討すべき計画概要の同定
 - 2021 検討チーム設立
 - 2024 ミッション提案書
 - NASA 2020 Decadal Survey (2018-2020)
 - the Science and Technology Definition Teams (STDTs)
 - Habitable Exoplanet imaging mission “HabEx” 田村さん
 - Large UV-Optical-Infrared Surveyor “LUVOIR” 住さん
 - Far-infrared Surveyor 左近さん
 - X-Ray Surveyor 田代さん
 - 世界で一つの望遠鏡
 - 次世代の超大型ミッションは経済的に日本一国では難しい
 - TMT 国際共同ミッション 望遠鏡・観測装置
 - SPICA 国際共同ミッション 冷却系・観測装置
 - 大型国際計画に主要パートナーとして参加していける実力と狡猾さを
 - TMTやSPICAで実績をつみ、次世代flag ship missionへ

3. 今後へのコメント

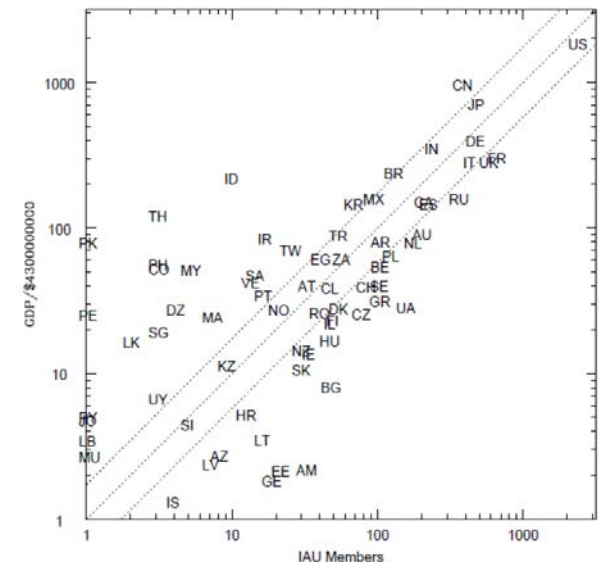
- 国際協力は手段
 - 国際協力は高コスト
 - とはいえ、国際水平分業の時代でもある。
- 目的
 - 研究 新しい宇宙像を確立すること、新しい物理を見つけること
 - 教育（天文に限らず）次世代の人材を育てること
 - 開発 新しい科学技術のゆりかご
 - 政治 日本を守るに値する国にする。国民に夢と希望を。
- 目標
 - 世界で唯一無二
 - 装置、解析、アイデア
 - 経済的に世界で一つ：国際協力が不可欠
 - お金を払うだけでは足元を見られる。
 - 唯一無二の何かが必要（技術、装置、解析、アイデア）。
 - 将来、唯一無二の何かにつながる（人材育成）のであれば、お金を払う価値があるのでは？
 - 必要が無ければ、国際協力はしないほうが楽。
 - バックヤードであれば国際協力は不要
 - 小回りを利かせられる環境も必要。
 - 小さくとも独自の何かを
 - 目新しくなくても、時間をかける
 - じっくり人や技術を育て、アイデアを練れる環境も必要。

3. 今後へのコメント

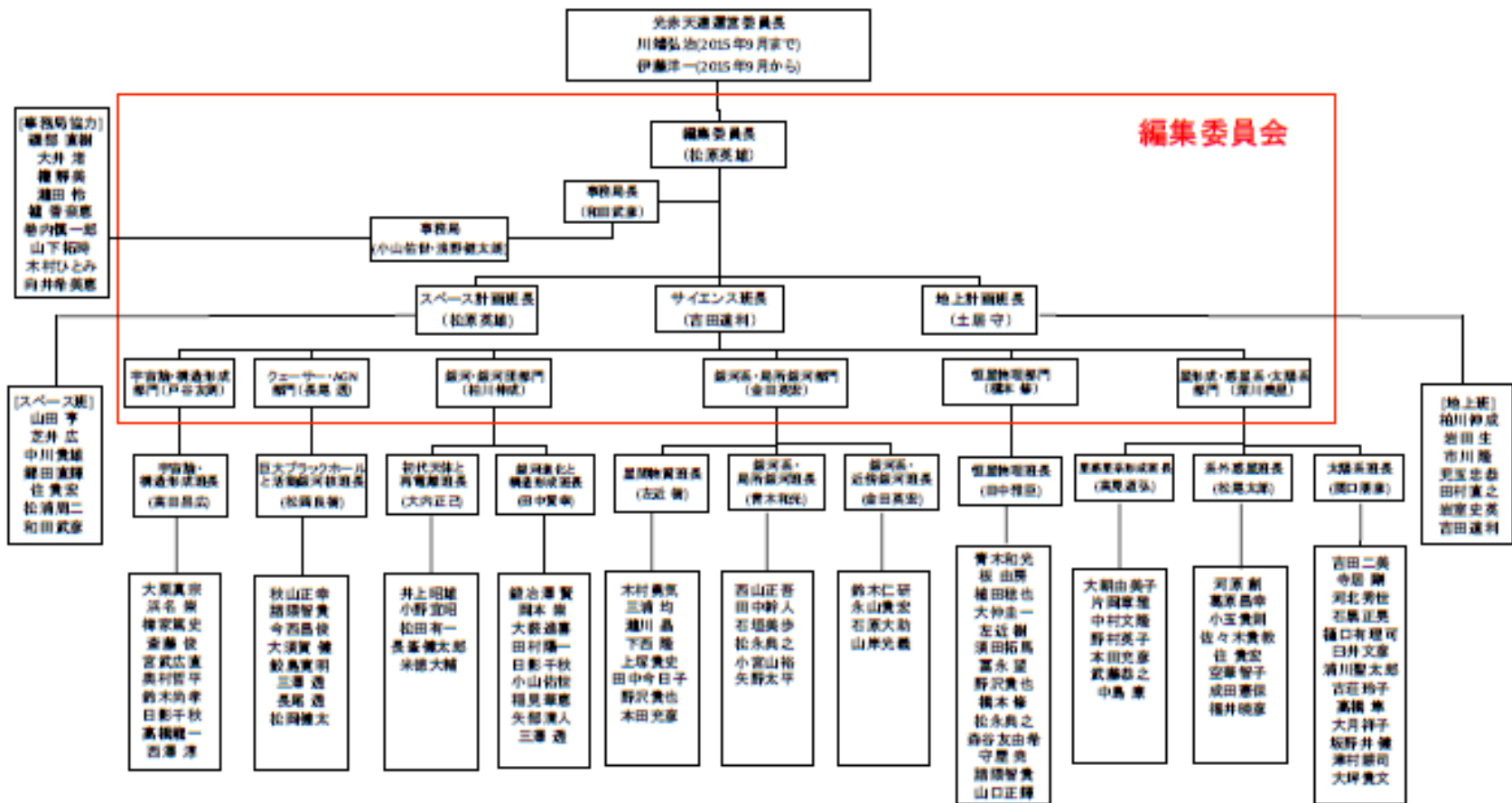
- IT革命、IoT革命、グローバル化
- 市場として海外は魅力
- 国内
 - 人口減 GDP減少 天文学も例外なく影響を受ける
 - 若年人口減
 - お客様(学生)の減少 => 海外から学生を
 - 就職先の減少 => 海外に就職先を
- 欧米 GDPに比べ天文学人口が多い
- アジア他 天文学人口の伸び代が大きい
- GDPが伸びそうで、比較的天文学人口の少ないところ
- 学生教育はぜひ日本語で
 - しっかり教育することが大事
母国語で教育を受けられるのは絶大
 - 言語バリアがあっても来なくなる魅力を。
 - 安全、安心は有利
 - 肝心の教育レベル、研究レベルを上げるのが第一。
 - 日本語教育サポート、英語によるサポート
- 海外市場開拓の敷居を下げよう
 - 英語教育
 - が、有る程度、A/Iを仮定してよいのでは
 - 異文明交流
 - 海外派遣
 - 国内招致
 - 明治期と違って、若手PDや学生も。



IAU member数(2016), 人口(2010)、GD(2007)いずれかtop 10の国
(+韓国、台湾)のIAU member数とGDPの関係



IAU member数とGDPの関係



編集執筆にご協力いただいた方々、ご支援いただいた皆様、光赤天連の皆様にご挨拶申し上げます。

若手の方、次回もよろしくお願いします。