

20年後までのスペースミッションを 考えるワーキンググループ報告

秋山 正幸 (東北大) : 文責

岩田 生 (国立天文台)、左近 樹 (東京大)、
津村 耕司 (東北大)、松尾 太郎 (大阪大)、
松田 有一 (国立天文台)

ワーキンググループ活動の報告

- 2017/07の光赤外天連シンポで議論され、2017/09の総会での承認の後に発足。2017/09末から2017/12頃を活動期間とする。
- 9/27 (f2f), 10/6, 10/31, 11/17, 12/8の会合を経て12/15に「2030年代の光赤外分野のスペースミッション」ワークショップを開催。光赤外分野と関連する将来計画案について情報を収集した。メールでの取りまとめの後1/5に会合を行った。
- ワーキンググループとして、検討結果を宇宙科学シンポ2018/1/9,10においてポスター発表を行う。
- シンポでの議論なども踏まえ、2/2に会合を持ち、報告書の最終取りまとめを行った。最終版を2/6に運営委員会に提出した。2/26,3/2の運営委員会で報告を行い、活動は基本的に終了。

ワーキンググループのミッション

宇宙研の20年委員会への答申へのベースとして

1. 2030年代の光赤外分野のスペース計画として、SPICAの成功をベースラインとし、その後の可能性について、海外の計画への参画も含めて、現状で候補となりうる様々なアイデアをリストアップする。
2. 今後、それらのアイデアを発展させるために、光赤天連としての長期継続的な議論の枠組みについて方向性を提案する。大学を含む光赤外の幅広い分野の研究者が参加できる枠組みについて検討する。

これらを取りまとめた結果を光赤外天連運営委員会に答申する。

ワーキンググループのキックオフ

メンバーそれぞれの立場から、

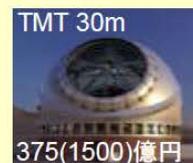
これまでのスペースプロジェクト(+地上プロジェクト)を概観し、

将来の光赤外プロジェクトの方向性としてどのような方向性がありうるかの探査を行う。

大型装置の系譜 I (松田)

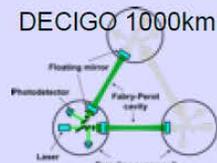


光赤外
電波



地上

重力波



スペース

太陽/GRB
ガンマ線-可視



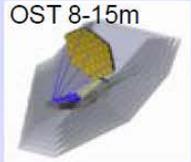
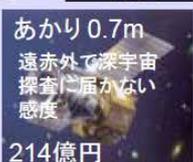
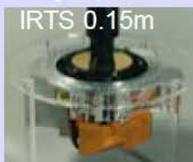
可視
近赤



電波



赤外



X線
ガンマ線



1960

1970

1980

1990

2000

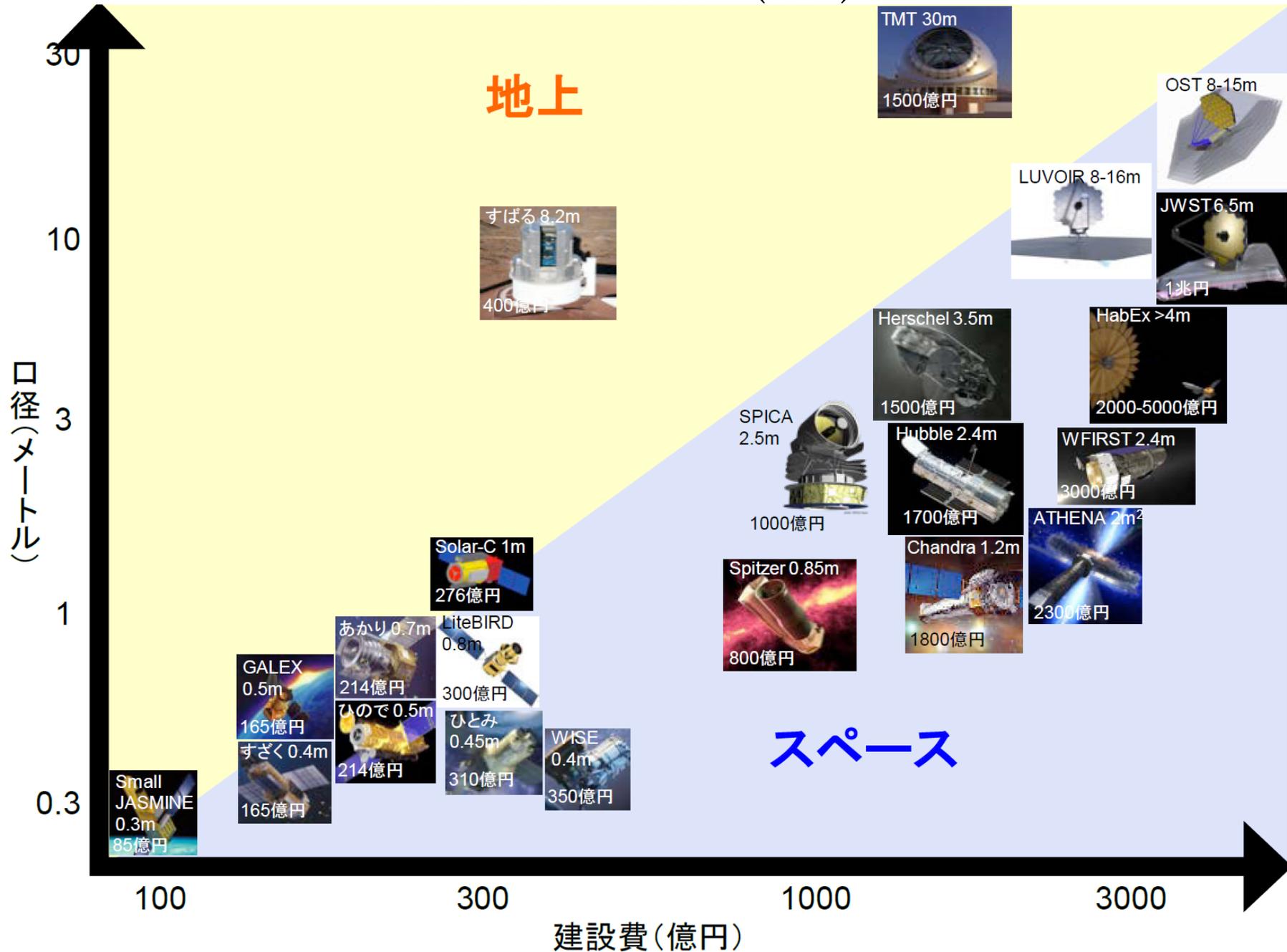
2010

2020

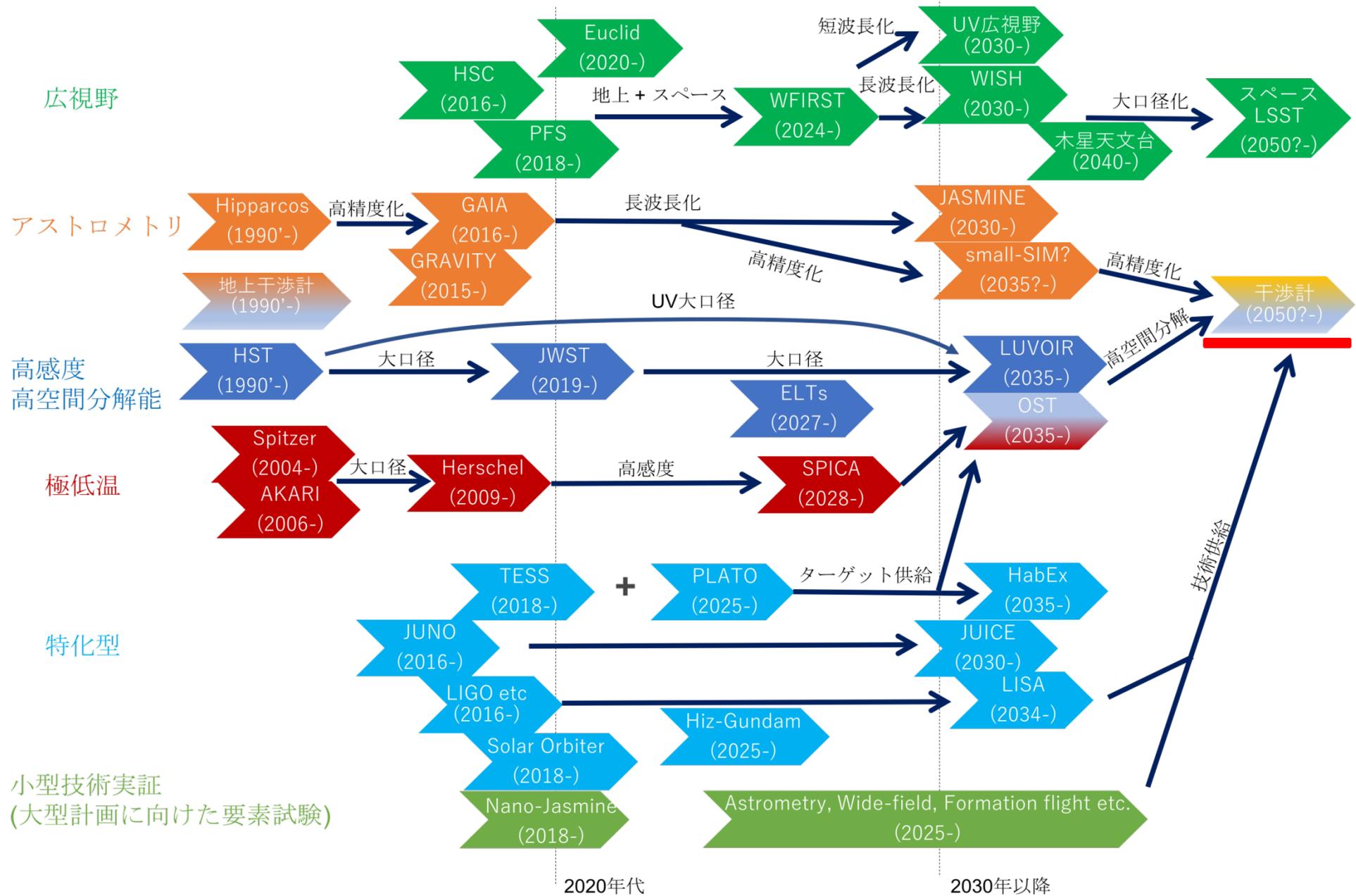
2030

2040

大型装置の系譜 II (松田)



観測機能の観点で見た系譜 (松尾)



地上・ロケット実験との連携 (左近)



気球実験

航空機実験

ロケット実験

ISS利用実験 (~2024): 簡易曝露実験装置 (EXHAM)
<http://iss.jaxa.jp/kiboexp/equipment/ef/exham/>
 : 中型曝露実験アダプター (i-SEEP)
<http://iss.jaxa.jp/kiboexp/equipment/ef/i-seep/>
 : 小型衛星放出 (J-SSOD)
http://iss.jaxa.jp/user/pdf/j-ssod_20150303.pdf

地上赤外線観測:

すばる望遠鏡等
 東京大学アタカマ天文台、国内中小望遠鏡、他
 TMT計画等

- 低コスト、短期間での実現性

→ 次世代メガミッションで利用可能な新規技術の挑戦的開発
 → 大学院教育を通じたサイエンスコミュニティの拡充

- 比較的リスクの高い最先端の技術課題、サイエンステーマへの挑戦可能性

→ 国際的な次世代メガミッションに参画する上での技術的責任分担への萌芽的寄与

- End-to-endのプロジェクト遂行経験の機会提供

→ 大学・研究機関における人材育成

- 実験天文学を通じた多角的見知の提供

→ 惑星探査ミッションと観測系ミッションのコミュニティ間連携に寄与

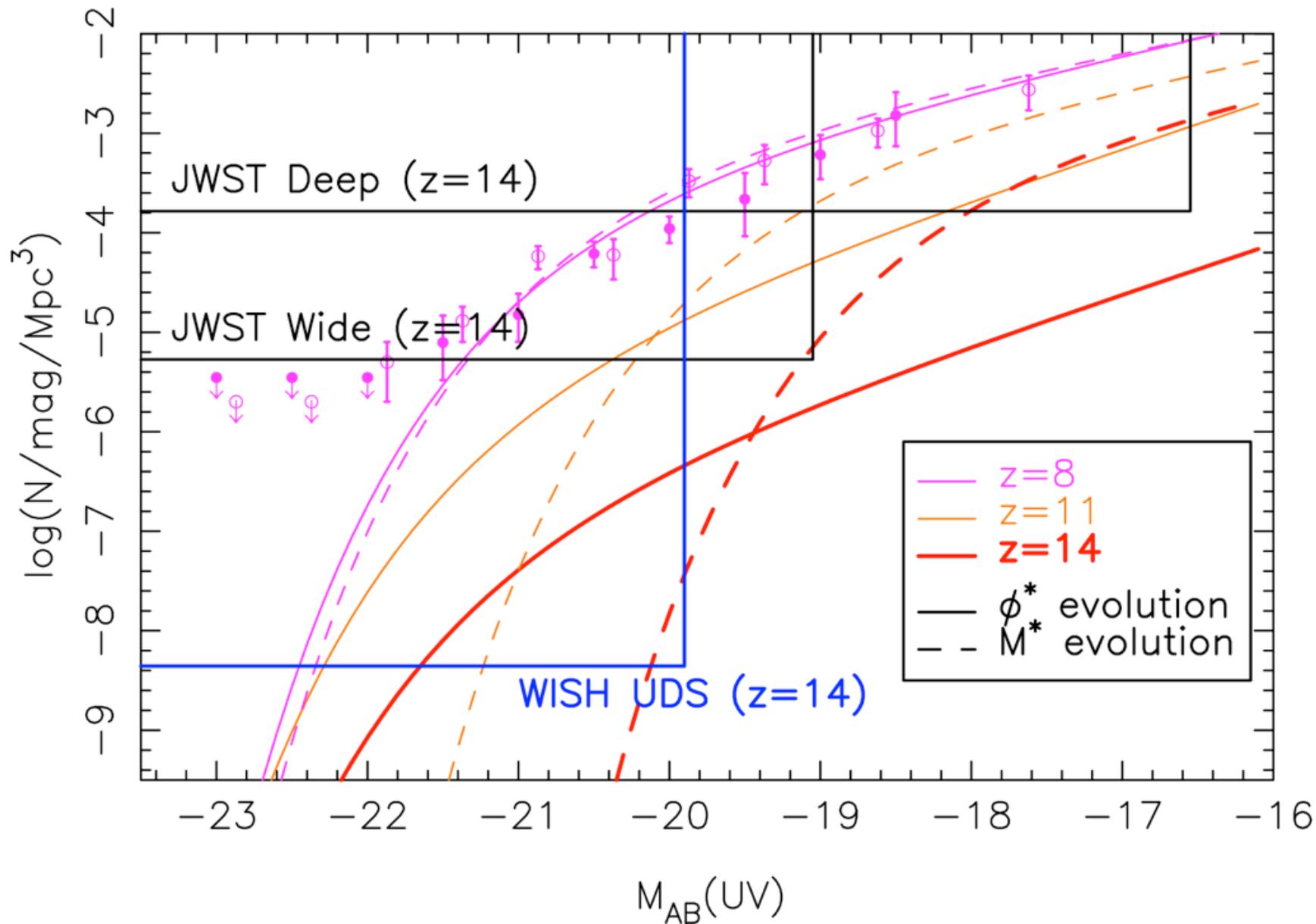
- 継続的、安定的な長期運用

→ 大学・研究機関における安定的な人材育成、サイエンスコミュニティ維持への寄与

- マルチフェーズでの観測装置の供給可能性

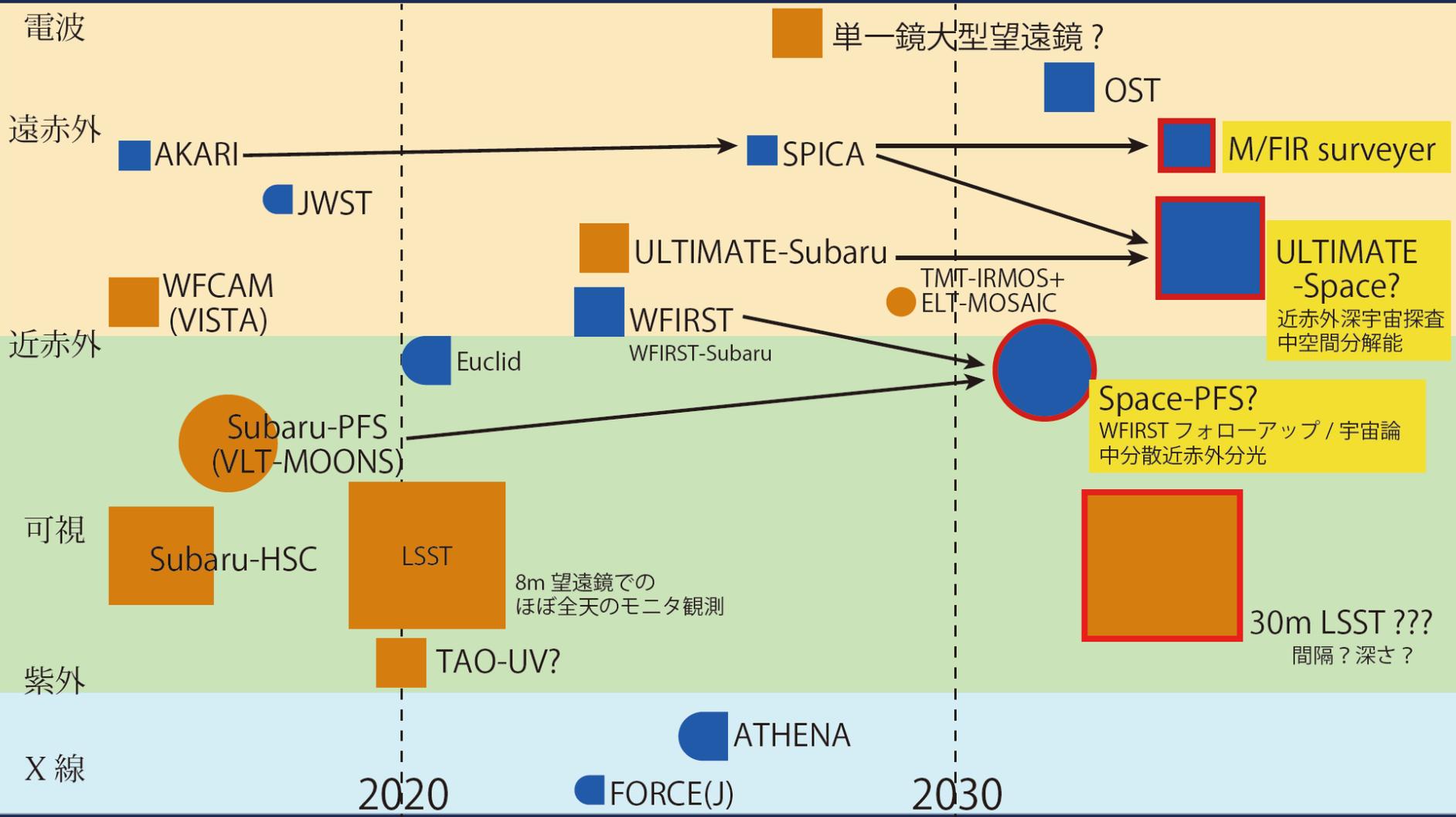
→ 装置開発の技術継承に好都合、赤外技術コミュニティの維持、
 → 産業界への技術力向上/維持の働きかけ

初代天体の探査の観点から見た将来への系譜(岩田)



広視野観測に絞り地上との連携を見た系譜(秋山)

広視野探査から見た将来の展望



ワークショップで紹介された光赤外の様々なアイデア

- 岩田：Post-WISH 2-5um 初代大質量銀河のsurveyer: >1.5m or <1.5m
- 大栗：小質量ハローへの制限16m口径可視、高い空間分解能、レンズ銀河、ダークマターマッピング
- 松尾：スペース干涉計 formation flight との連携、数 cm で 1-10km など
- 松尾：光子数干涉計
- 住：LUVOIR 8-16m UV-O-IR telescope : $R=10^5$ spec. coronagraph. MOS…、HabEx: Offaxis 4m or 6.5m ? Star-shade ?
- 左近：OST Herschel の 1000 倍の感度を目指す。9.3m offaxis telescope 5-600um <6K
- 郷田：small-JASMINE GaiaNIR 近赤外全天 1.6x0.5m の望遠鏡
- 津村：2m 惑星間天文台：点源に対して JWST と同じ感度、広い視野探査。EXZIT クラスのミッションで >1m口径が可能かもしれない。

ワークショップで紹介された様々な周辺状況

- 矢野創：太陽系探査と天文観測の連携によるアストロバイオロジーの展開。
- 森治：太陽系探査の将来展開と天文プロジェクトへの提言。実験機に続いて、本番機を投入する、というアプローチで4つの戦略的中型を束ねたプログラム化という考え方。太陽系探査クルージング中の天体観測など。
- 安東正樹：2030年代の重力波干渉計は地上(ET, CE)と宇宙(LISA, B-DECIGO)へ展開。宇宙の基盤技術は光赤外の干渉計とも共通になりうる。
- 百瀬宗武：ALMA 拡張、SKA 2030 年代、ngVLA 3mm-30mm、単一鏡：高周波(南極天文台 2030年代)、広域大集光力(LST, AtLAST)など様々な可能性。

検討報告

光学赤外線天文連絡会

20年後までのスペースミッションを考えるワーキンググループ

2018年2月6日

2030年代の光赤外スペース将来計画に向けた検討報告

光学赤外線天文連絡会(以下、光赤天連)のサブワーキンググループとして、2020年代後半に予定される30m口径地上望遠鏡TMTの観測開始、2.5m口径赤外線衛星SPICAの打ち上げに続く、日本の光学赤外線天文学分野の基幹ミッションをどのように設定し、具体化を進めていくかの検討を行った。そのために、基幹ミッションとして想定しうる機能について出来るだけ広く可能性をリストアップし、それらを取捨選択し具体化するために必要となる道筋について検討を行った。

報告のまとめと提言 I

科学的に新しい地平を切り開くために必要となる具体的なミッションの可能性として、1-5 μm の波長域で初代の銀河の探査を行う衛星、近赤外線でのアストロメトリ衛星、高空間分解能の観測を実現する光赤外干渉計衛星、冷却技術と惑星探査技術を生かした中間赤外線の惑星間望遠鏡、近赤外線で広視野分光探査を行う衛星が将来の基幹ミッションの候補として上げられる(それぞれの概要は Appendix A. 参照)。今後はこれらのアイデアについて、科学的な目標を明確に設定し、実現可能性について、光赤天連としてさらに検討を進める機会を設ける必要がある。衛星望遠鏡の大型化が進み、光学赤外線分野で国際的に基幹となるミッションを日本だけで行うことは現実的ではなくなりつつあり、日本発の提案であっても、SPICA のようにその提案を起点として国際大型ミッションとして発展させる必要もあると考える。



スペース将来計画について具体的な議論を進める母体となるWGを継続するべきである。そのWGにおいて具体的なロードマップの作成を進める必要がある。(天文学コミュニティとして連携した議論につなげるには?)

長期的な議論に向けた議論項目(WSスライドより)

- 今回のアイデアを今後「コミュニティ」として長期的に暖めていく必要性がある。継続的に検討を発展させ、必要に応じて新しい提案を反映していく母体を決めることが重要だろう。
- 光赤外をコミュニティとして捉える必要はない。波長横断(電波-高エネルギー)、分野横断(物理-天文-地球惑星、理-工)の議論により得られるものもあるだろう。
- 国際大型ミッションへの参加も重要な方向の一つであり、日本をコミュニティとして捉える必要もない。
- 一方で、国の枠組みは存在し、日本の光赤外コミュニティが一つの単位としてこれまでは便利だったことは事実であり、継続した技術開発と次世代の光赤外ミッションの提案にもこの単位は必要かもしれない。次世代の研究(者)につないでいく意味でもこの単位は重要かもしれない。

報告のまとめと提言 II

国際大型ミッションへの参加も一つの現実的な柱となりうる。現在 NASA を中心に 2020 年 decadal survey に向けて 4 つの次世代大型ミッションの検討が進められており、そのうちの 3 つ LUVOIR、HabEx、OST が光赤外分野のミッションである(それぞれの概要は Appendix B. 参照)。すばる望遠鏡や TMT で見つかる暗い天体の追求観測との親和性の高い LUVOIR、地球型系外惑星探査において飛躍的な進展をもたらす HabEx、Herschel の感度を 1000 倍改善し SPICA で得られた知見を宇宙史全体に拡張することが出来る OST、とそれぞれが 2020 年代に進む光赤外分野の大型計画で得られる知見をさらに深化させるものである。現在進められているこれらの検討への日本からの参加を通じて、光赤天連としても進むべき方向性について科学的な議論を進めるべきである。また科学的検討への参加だけではなく、望遠鏡や観測装置など個別の要素技術についても中期的な基礎開発を通じて貢献できる項目がないかを探査する必要がある。



国際基幹ミッションへの部分参加について、どのような方向と戦略をとるかについて検討を進めるべきである。現在の公募型小型と戦略的中型の枠組みにのり、どのような参加の形態がありうるかの検討をするべきである。

報告のまとめと提言 III

上の基幹ミッションを実現する上で鍵となる基盤技術を確立するために、公募型小型衛星計画、ロケット実験、宇宙ステーションを利用した実験を通じて、スペースからの観測の技術と経験を蓄積することは引き続き重要である。特に、上記の計画を 2030 年代後半に実現するために、どのような実証が必要となるか、という観点から具体的な計画を検討しなくてはならない。長期のタイムスケールでは新しいミッション提案の検討はありうるが、5-10 年のタイムスケールでは具体的にミッション提案がすでに行われるなど検討が進む EXZIT、HiZ-GUNDAM、small-JASMINE について、将来の大型計画の実現に向けた要素開発という観点から光赤天連として精査を行い、各検討グループに閉じない、より大きな枠組みで推進することを検討するべきである。また衛星開発と成果の回収の経験の蓄積の観点から nano-JASMINE についても早期の打ち上げを期待するとともに、地上中小口径望遠鏡でのフォローアップ観測を含む光赤外コミュニティの連携で科学的成果の最大化を図ることを期待する。また衛星の技術開発、科学的研究の観点からも他分野との連携を図ることは必須であり、他分野で展開されている検討状況についても Appendix C. に掲載する。



基盤となる要素技術について、どのように地上での開発を進め、宇宙での実証を進めるかについてロードマップを作成するべきである。

報告のまとめと提言 IV

4. 理学分野のミッション提案を実現するために、技術的な発展としての新規ミッション提案だけではなく、科学的要求に基づいた夢のあるミッション提案を具体化するための枠組みを設定してもらいたい。具体的にはリサーチグループをコアとして大規模なワークショップを開催する機会を設けられるようにリサーチグループの活動資金を拡大する、ミッションの具体化のために必要な技術的なサポートを JAXA から得られるようにする、ということであり、科学的要求に基づく仕様に対して、衛星の専門的な見地から実現可能性検討を進められる枠組みを設定することが必要であると考える。

(宇宙研 20 年委員会への答申事項)

光赤外将来計画の具体化にむけての現状での宇宙研の枠組み

赤字は問題提起としてのコメント (WSスライドより)

- リサーチグループ (RG) (50万円/yr の旅費)
 - 3年間の活動を通じて、
 1. 科学目的を精査し、規模、システム要求を絞り込むこと。
 2. TRL 1-2 (基本原理の実証から概念検討) を獲得するための次世代技術開発をする。科研費などを活用することを想定している。
 - RGとして活動することで宇宙研から衛星開発に向けたサポートを受けられる可能性もある。
 - **コミュニティからの科学ミッション提案を想定した場合、ワークショップ開催や研究員の雇用なしに大規模ミッションの科学目的の精査や基本原理の実証をすることは現実的なのか？**
 - **特に光赤外の汎用(天文台型)科学ミッションの提案作成に科研費などの外部競争的資金を使用することは現実的か？**
- ワーキンググループ (WG) (1000万円/yr の戦略的開発経費に応募可能)
 - 3年間の活動を通じて、ミッション提案をすること。
 - **3年間 3000万円で精度のあるミッション提案は可能なのか？**
- これらから公募型小型、戦略的中型の提案につなげる。
- **光赤外の将来計画の実現のために必要な枠組みがあれば提案すべきではないか？**

報告の Appendix A:

日本の光赤外コミュニティを主導として可能性を検討する計画

- 近赤外線広視野冷却望遠鏡
- スペースアストロメトリ
- 惑星間望遠鏡
- 超長基線干渉計
- 遠赤外線光子計数型干渉計
- 中分散近赤外分光望遠鏡

最後に

WGにおいて具体的なロードマップの作成を進める必要がある。



次世代の可能性のリストアップ

サイエンスの可能性の具体的探査

取捨選択と要素技術の工程表

