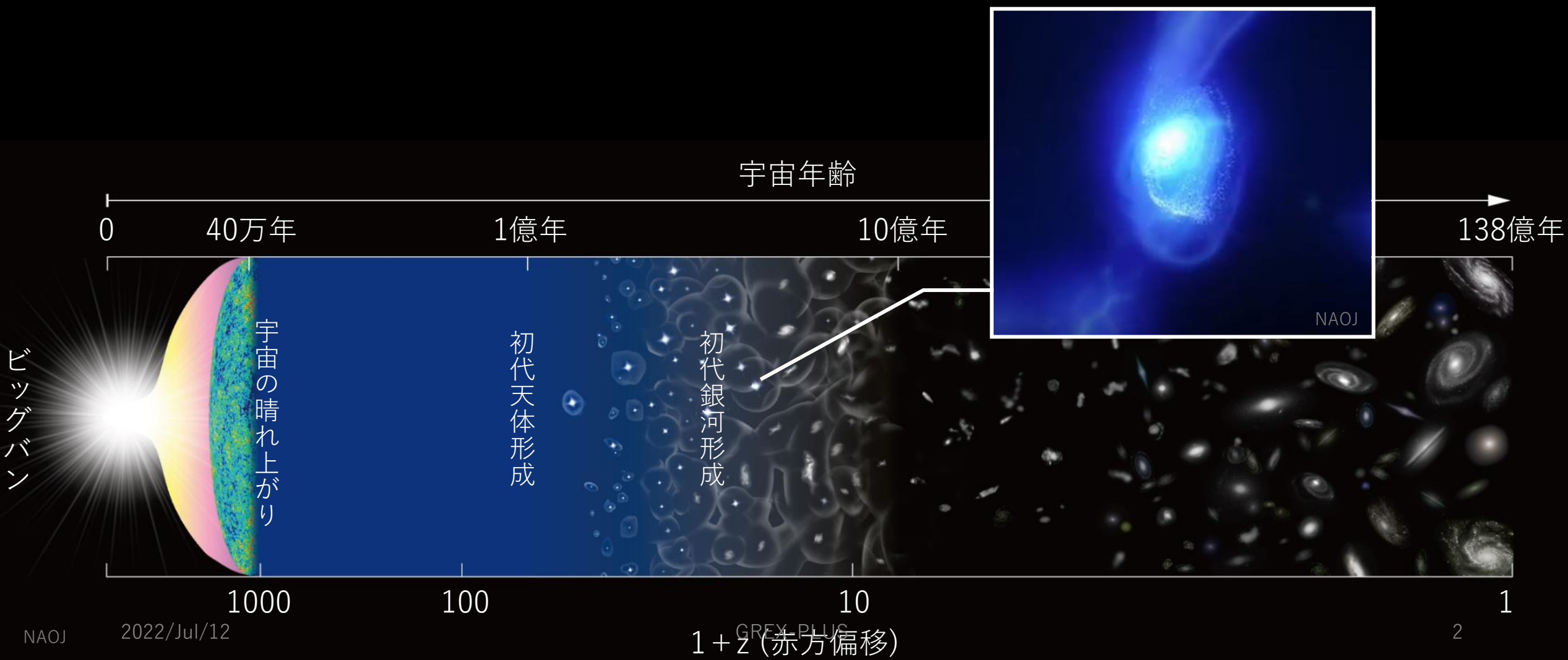


GREX-PLUS：計画概要

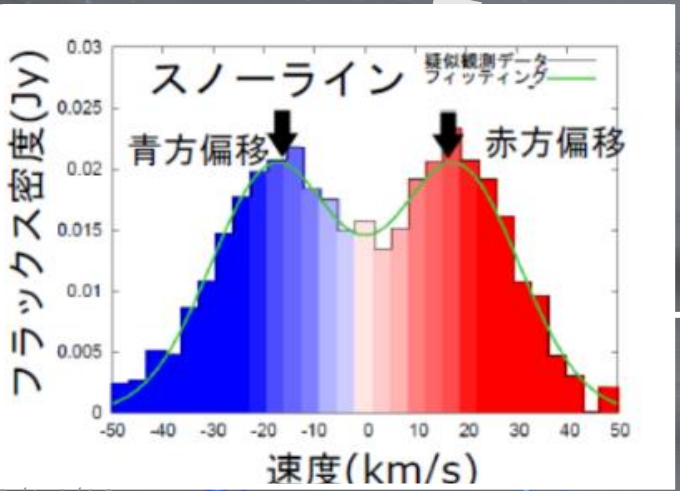
Galaxy Reionization EXplorer and
PLanetary Universe Spectrometer

GREX-PLUS 検討会
井上昭雄（早稲田大学）

宇宙で最初の日体と銀河の誕生過程を知りたい



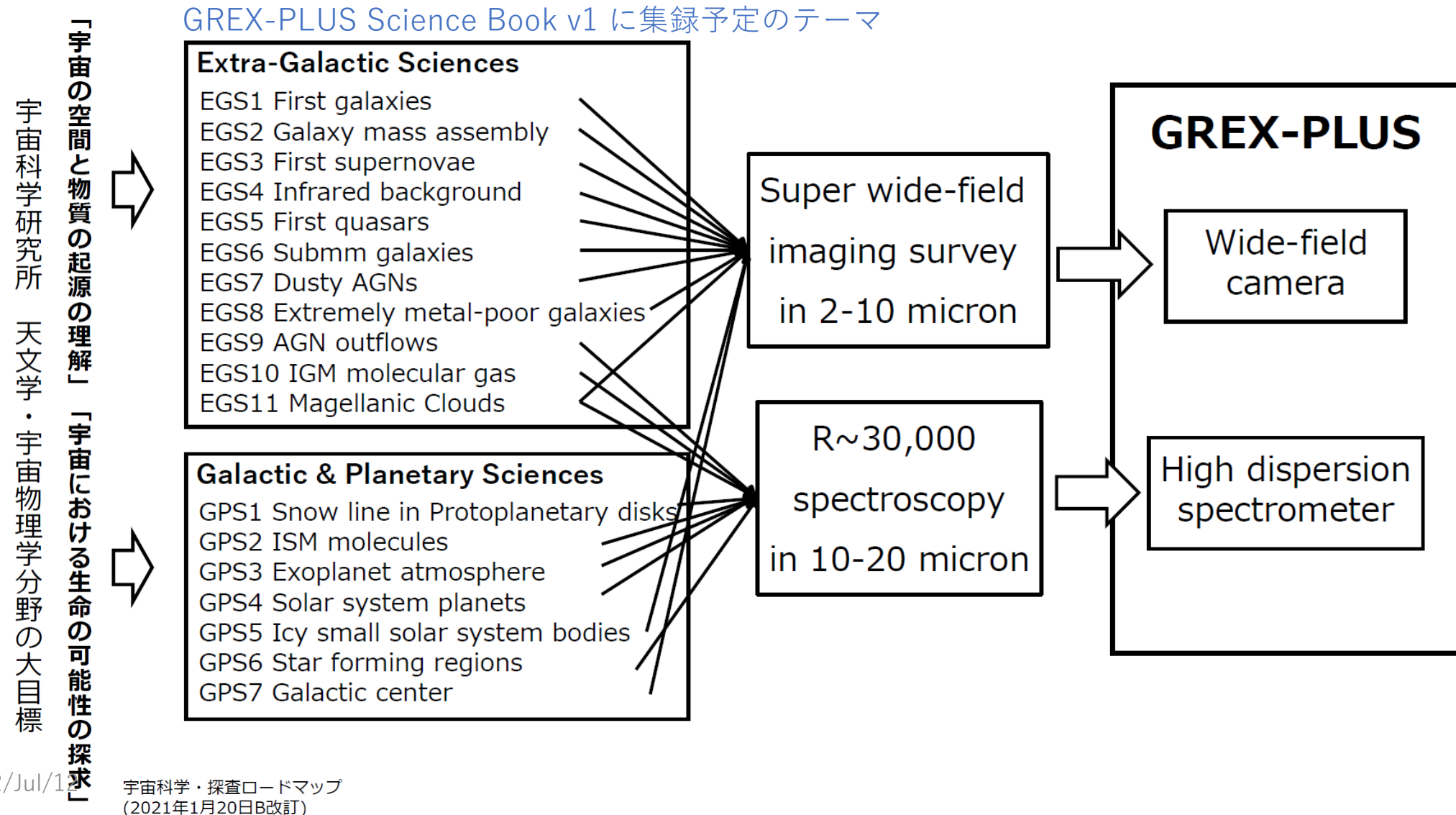
惑星、海、生命の起源を知りたい



水蒸気

氷

ISAS/JAXAの天文学・宇宙物理学の大目標とGREX-PLUSが目指すサイエンステーマの関係



GREX-PLUS in a nutshell

- 冷却宇宙望遠鏡(温度50K)
- 口径1.2m
- 広視野カメラ
 - 総視野： >0.4 平方度
 - 6バンド分割
 - 2-5ミクロン帯：3バンド
 - 5-10ミクロン帯：3バンド
- 高分散分光器
 - 10-20ミクロン帯
 - $R=30,000$ ($\Delta v=10$ km/s)
- 運用期間：5年（+5年以上目標）
- 経費：400億円未満
 - JAXA/ISAS 戦略的中型規模
- 2030年代の打ち上げ
- 2021年10月中型WG設立提案書
(133ページ)
→ 理学委員会へ提出済み

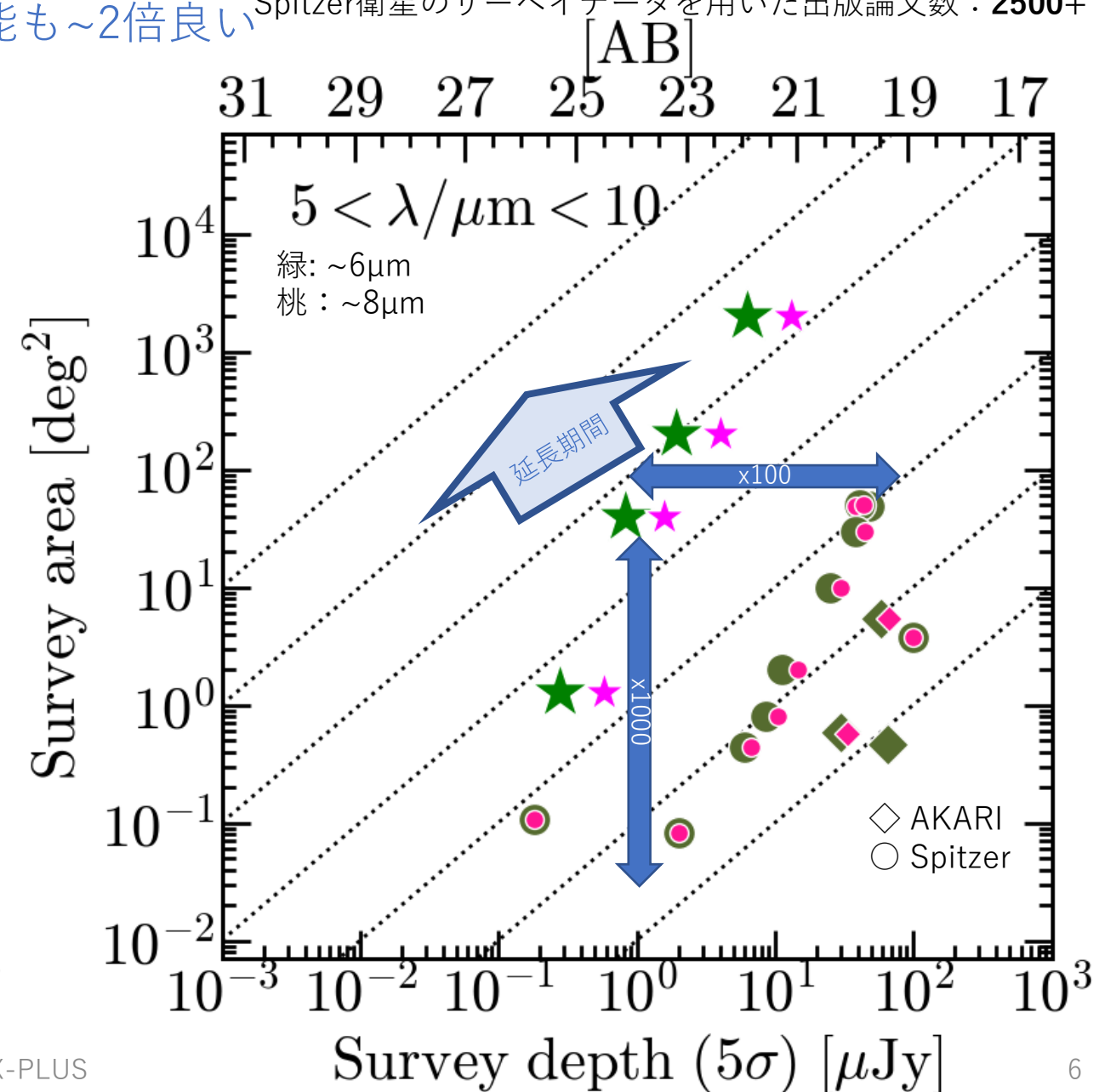
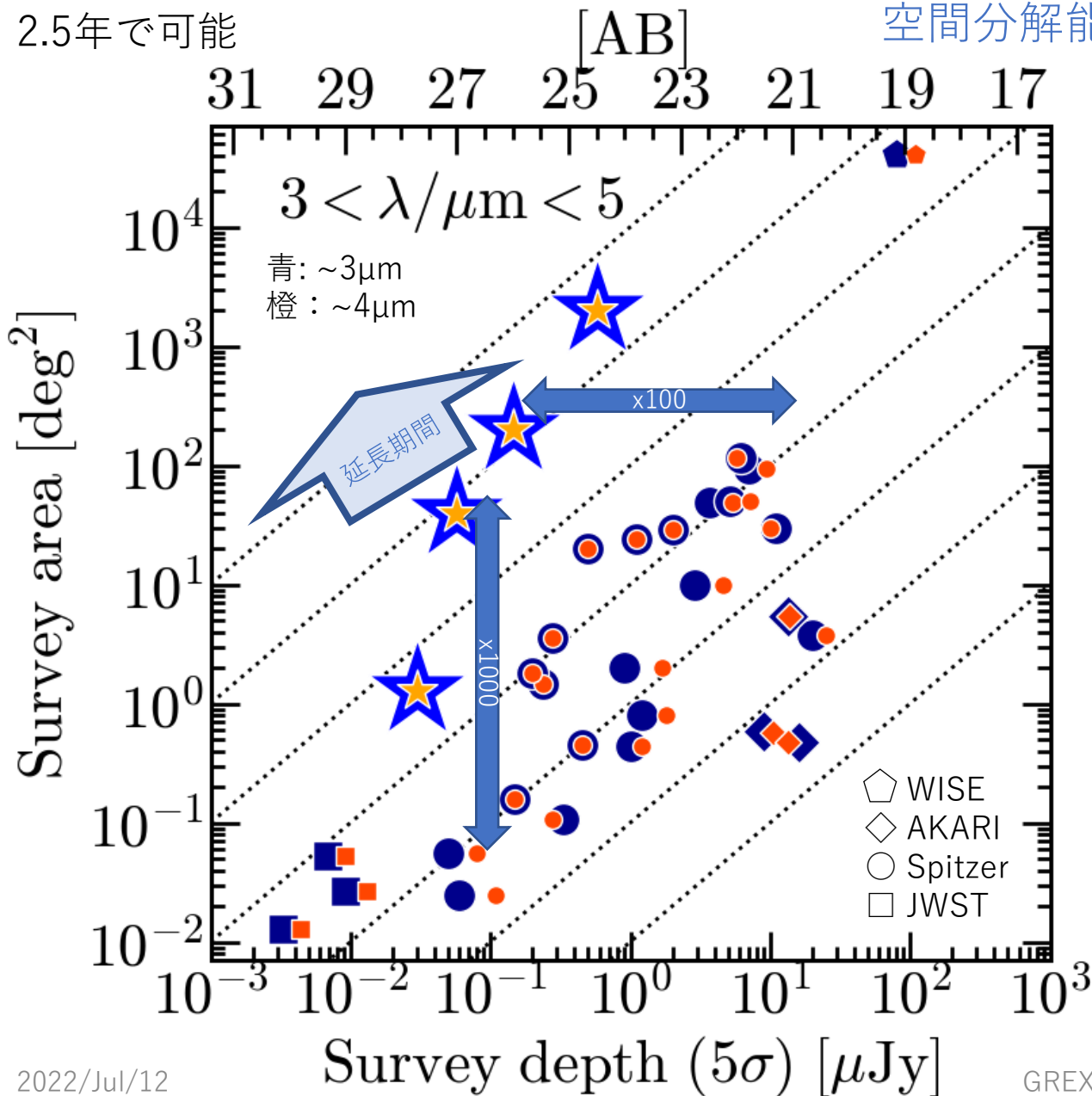
一般向け紹介記事：
日経サイエンス2021年10月号
特集：宇宙の夜明けを見る
「最初の星を探せ 日本発の宇宙望遠鏡計画」

GREX-PLUS Surveys: Spitzerより~100倍深い、~1000倍広い

2.5年で可能

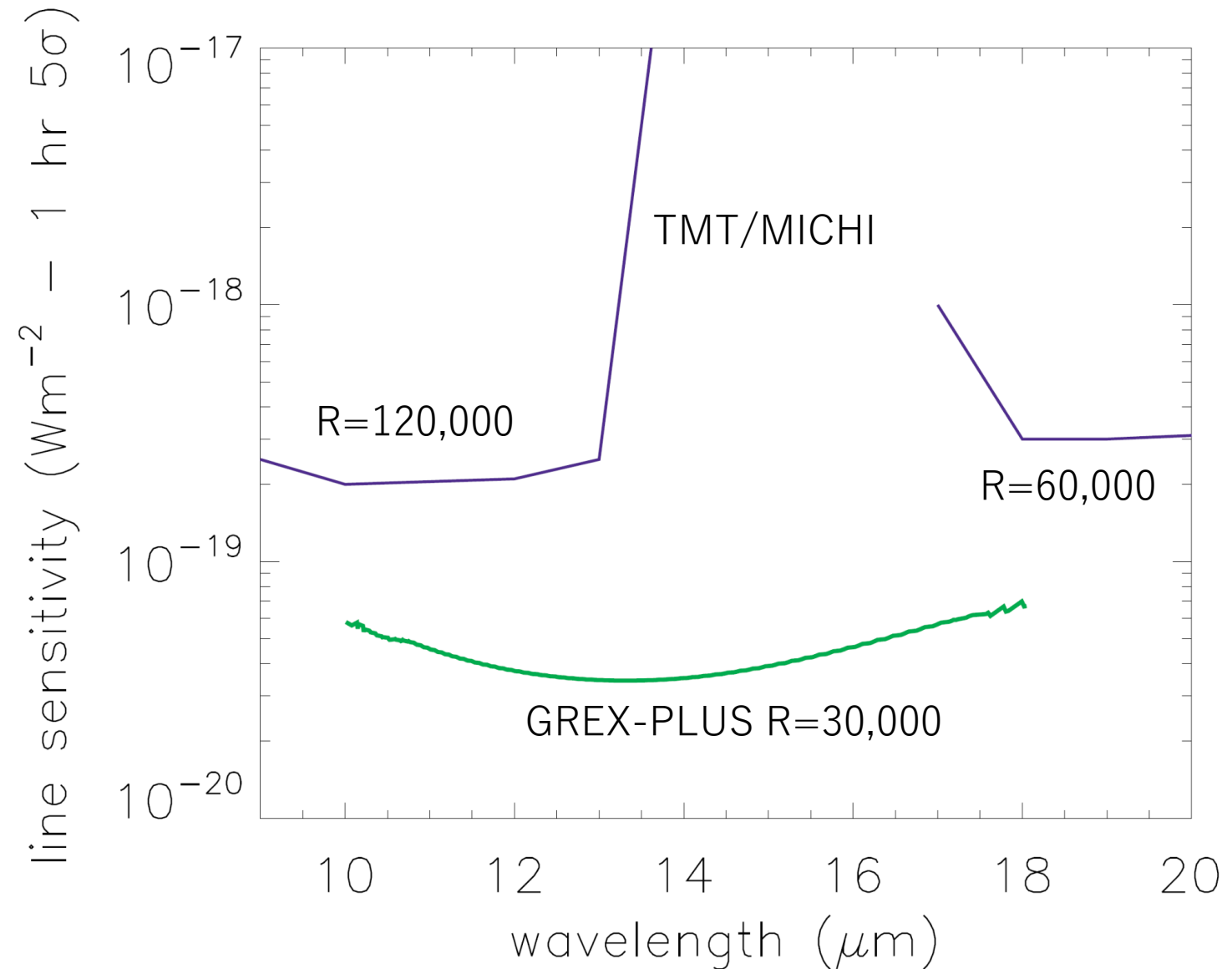
空間分解能も~2倍良い

Spitzer衛星のサーベイデータを用いた出版論文数：2500+



GREX-PLUS High-Resolution Spectrometer

- 波長分解能: 30,000
- JWST $R \sim 3,000$ より一桁高い
- TMTより数倍以上高感度
 - 波長も連続的にカバー



広視野カメラの科学

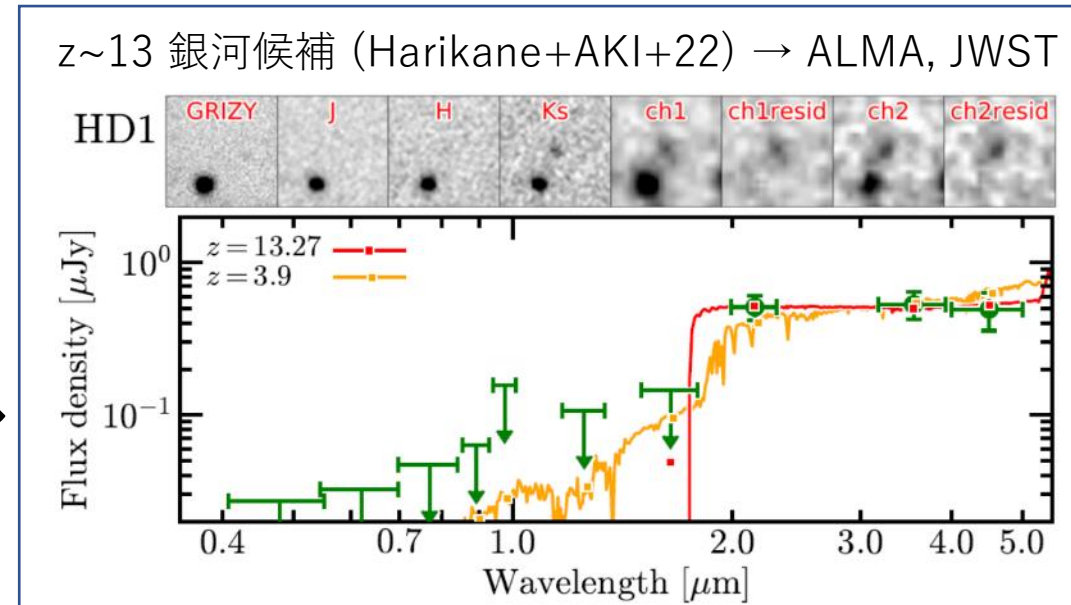
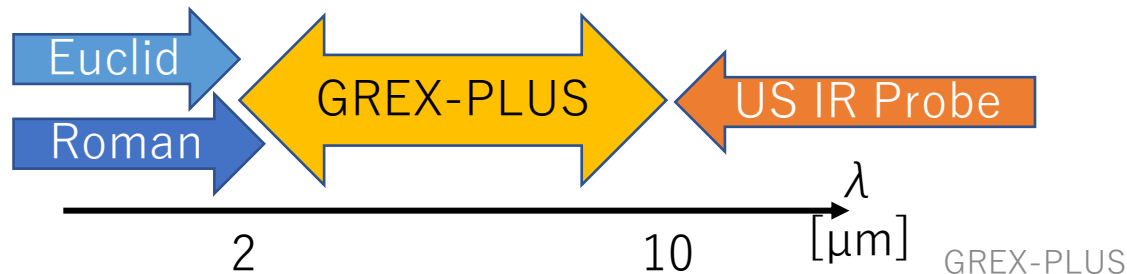
なんでもできるデータセット(赤外線背景放射、銀河系、太陽系、など)
全波長、マルチメッセンジャー対応天体探しの基盤画像データ

- 極めて汎用な2-10 μm 画像データ
- GREX-PLUSで初めて見える“Roman-drop”天体が必ず存在 [波長帯の違い]
 - $z > 15$ 初代銀河(および大質量ブラックホール) ~ 10 個か場合によってはそれ以上 (Harikane+22)
 - $z > 6$ 成熟した大質量銀河(バルマーブレイク・パッシブ銀河) $\sim 10\text{k}$ (Mawatari+20)
 - ダストで隠された銀河(および大質量ブラックホール) $z > 3-4$ DOGs $\sim 400-100$ (Toba+)
 - $z > 8$ 遠方超新星爆発(SLSNe, PISNe) ~ 10 個 (Moriya+)
 - などなど(新種の天体も含まれる)
 - ALMA, JWST, ELTsによる分光ターゲット

より大きな赤方偏移

見つける (広視野撮像) $\longrightarrow$ 調べる (分光)

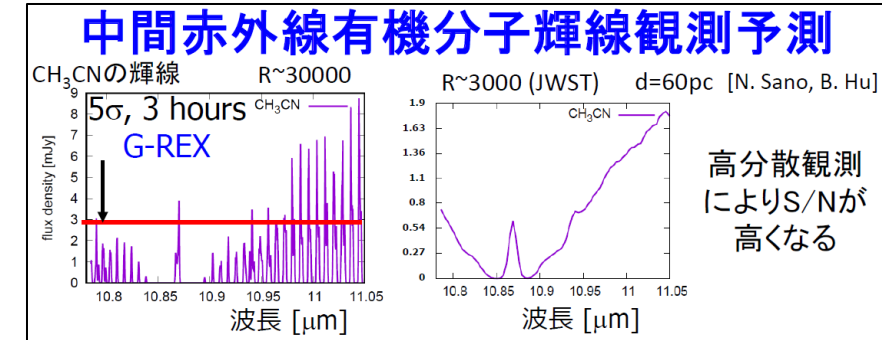
- 世界の広視野将来計画に無い**ユニークネス**



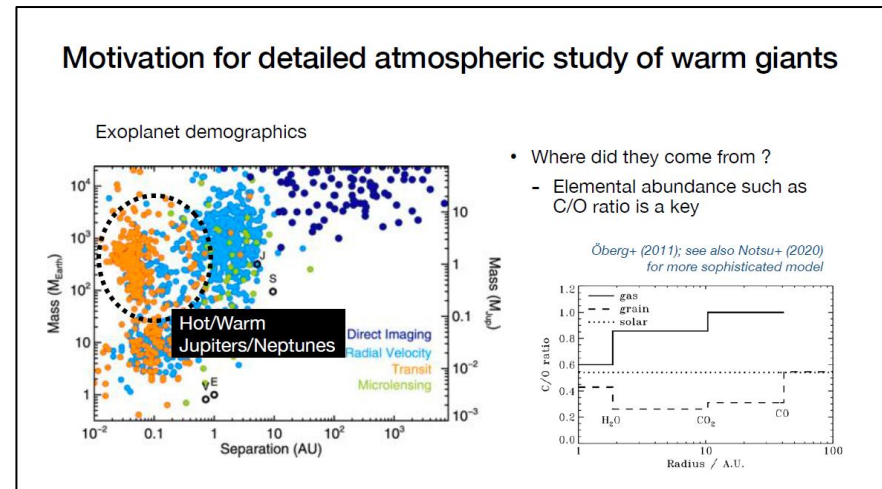
高分散分光の科学

野村英子 (2021/3/24)

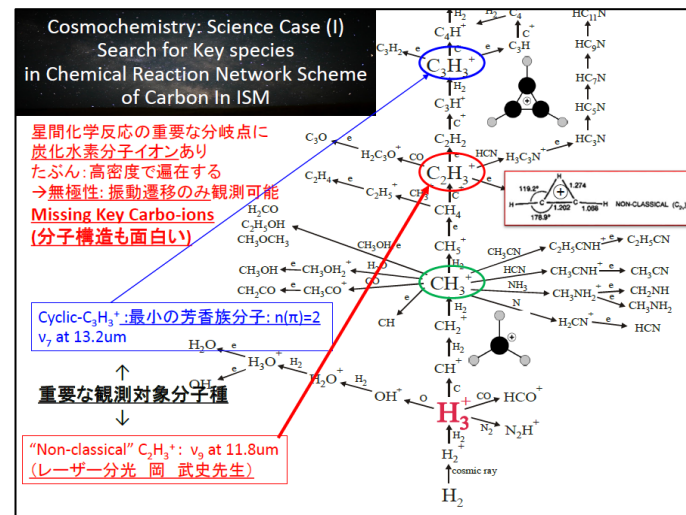
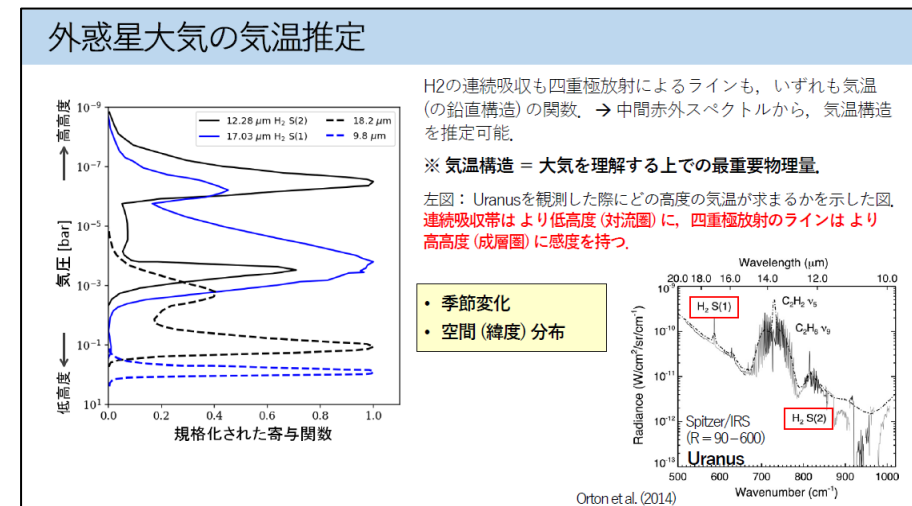
- スペースR=30,000は真にユニーク JWSTはR~3,000
- 波長10-20ミクロン帯 = 分子分光の「指紋領域」
 - 原始惑星系円盤H₂Oスノーライン、ケプラー運動分解
 - 原始惑星系円盤内縁における有機分子生成過程の解明
 - ホットジュピターの起源：どこで形成されたのか？ migration / in-situ
 - トランジット大気の透過分光：H₂O, NH₃, HCN, C₂H₂などからのC/O比がカギ
 - 星間化学反応の分岐点: C₂H₃⁺ 11.8 μm vs C₃H₃ 13.2 μm
 - 外惑星の気温構造(大気を理解するための最重要物理量)
 - H₂ S(1) 17.03 μm, H₂ S(2) 12.28 μm, H₂ 連続吸収帯 9.8, 18.2 μm



藤井友香 (2021/3/25)



平原靖大 (2021/3/24)



GREX-PLUS

国民へのアピール力

- 「最遠方銀河」
 - NHKコズミックフロント☆Next (2019/3/21) 番組時間の3分の1を使って紹介
 - NHKニュースウォッチ9 (2022/4/7) 約5分間にわたり大きく取り上げられる
- 「水(海)」
 - NHKコズミックフロント (2021/10/21) 「海の起源をめぐるミステリー」

実施体制

2022年7月4日現在

中核メンバー（15名）

井上昭雄(早稲田大)：代表、科学検討
金田英宏(名古屋大)：技術検討、分光器
山田亨(宇宙研)：光学系、広視野カメラ
本原顕太郎(国立天文台)：広視野カメラ
小宮山裕(法政大)：広視野カメラ
大藪進喜(徳島大)：光学系、分光器
和田武彦(宇宙研)：検出器、電気系
石原大助(宇宙研)：技術検討、分光器
鈴木仁研(宇宙研)：熱設計
山村一誠(宇宙研)：運用計画
播金優一(東京大)：サーベイ計画

一般メンバー（61名）

児玉忠恭(東北大)
大内正己(国立天文台)

銀河科学

守屋堯(国立天文台)

超新星・時間軸・銀河面科学

野村英子(国立天文台)

星形成・惑星科学

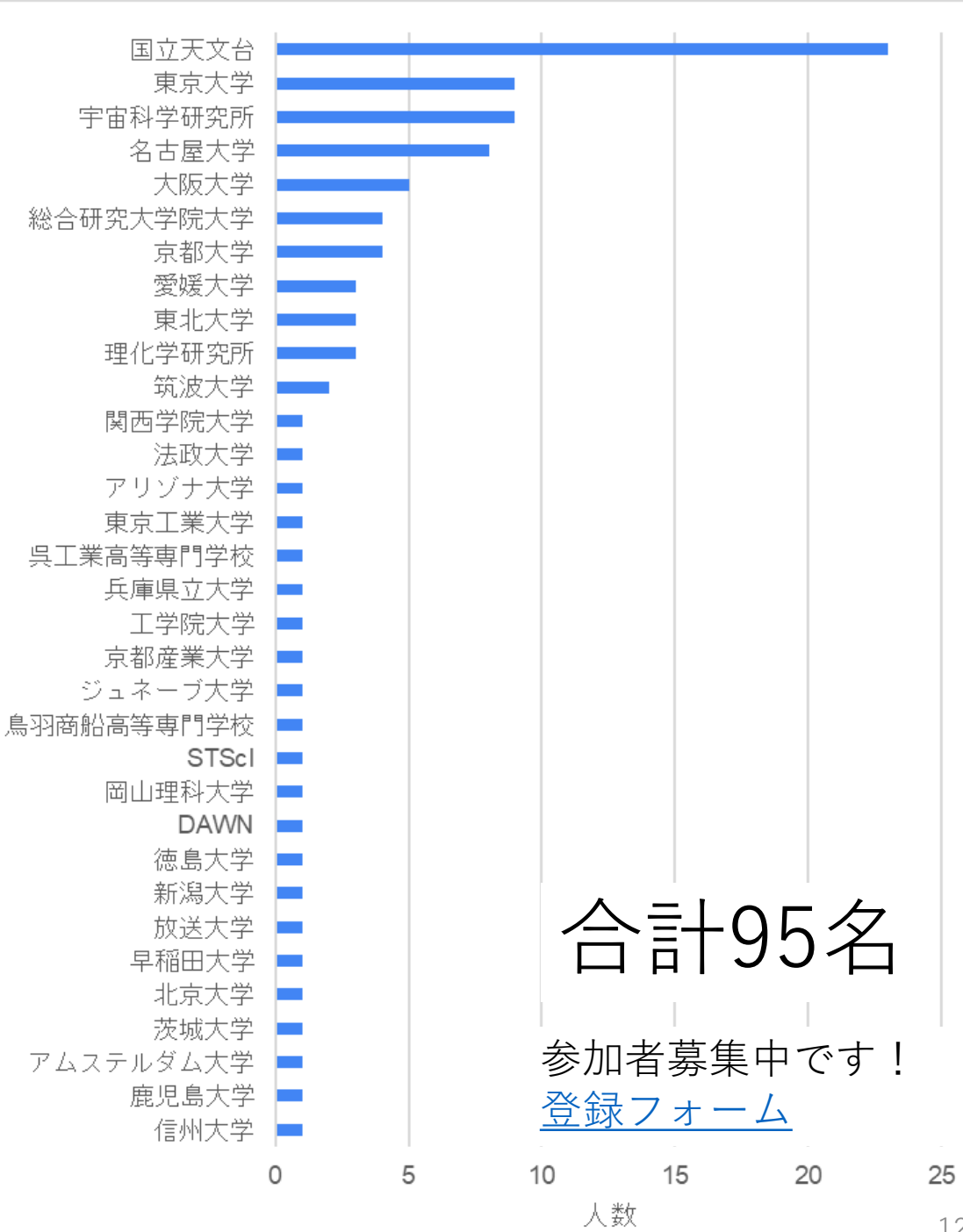
科学検討メンバー（19名）

鳥羽儀樹(京都大)
松岡良樹(愛媛大)
馬場俊介(国立天文台)
松浦周二(関学大)
但木謙一(国立天文台)
中島王彦(国立天文台)
三澤透(信州大)

鈴木尚孝(東京大)
高田昌広(東京大)

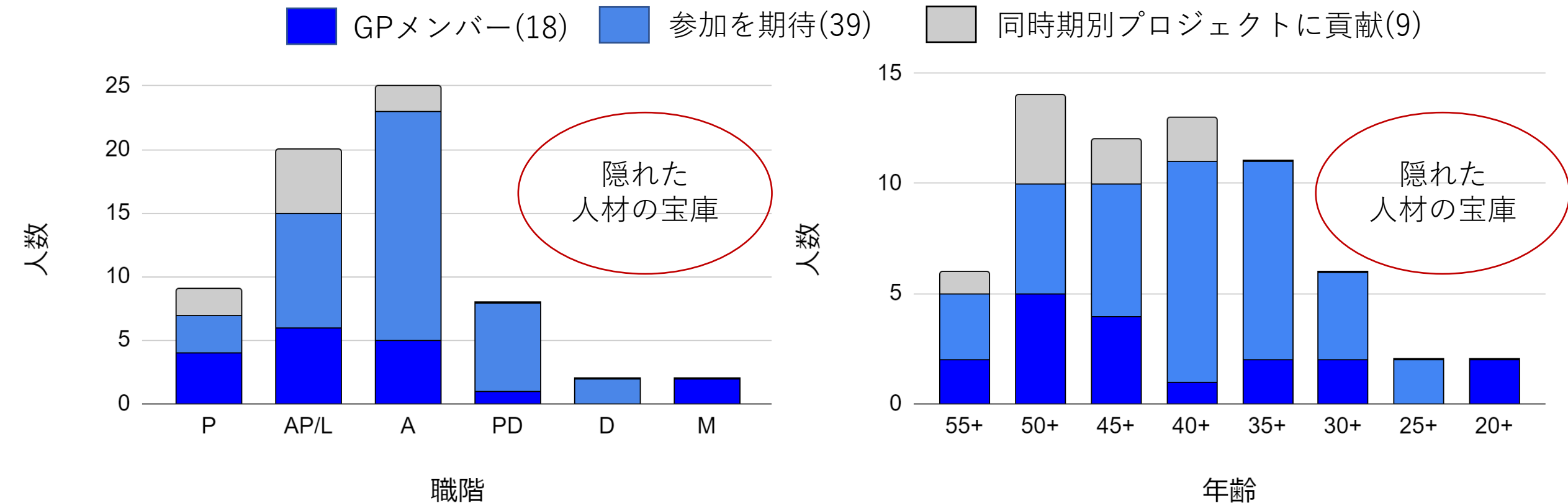
下西隆(新潟大)
安井千香子(国立天文台)
野津翔太(理研)
藤井友香(国立天文台)
松尾太郎(名古屋大)
川島由衣(理研)
佐川英夫(京産大)
平原靖大(名古屋大)
中川貴雄(宇宙研)
黒川宏之(東京工業大)

石原大助	宇宙科学研究所		伊藤慧	総合研究大学院大学	国立天文台
井上昭雄	早稲田大学		長尾透	愛媛大学	
大内正己	国立天文台	東京大学	菅原悠馬	国立天文台	早稲田大学
大藪進喜	徳島大学		橋本拓也	筑波大学	
金田英宏	名古屋大学		嶋作一大	東京大学	
児玉忠恭	東北大学		上野宗孝	宇宙科学研究所	神戸大学
小宮山裕	法政大学		梅畑豪紀	理化学研究所	
鈴木仁研	宇宙科学研究所		嶋川里澄	国立天文台	
野村英子	国立天文台		CHENXIAOYANG	国立天文台	
播金優一	東京大学		久保真理子	愛媛大学	
本原顕太郎	国立天文台		尾上匡房	北京大学	
守屋堯	国立天文台		日下部晴香	シュネーブ大学	
山田亨	宇宙科学研究所		市川幸平	東北大学	
山村一誠	宇宙科学研究所		松原英雄	宇宙科学研究所	
和田武彦	宇宙科学研究所		HuangTing-Chi	総合研究大学院大学	宇宙科学研究所
			小山佑世	国立天文台	
川島由衣	理化学研究所		矢島秀伸	筑波大学	
黒川宏之	東京工業大学		栗田光樹夫	京都大学	
佐川英夫	京都産業大学		大塚雅昭	京都大学	
下西隆	新潟大学		國生拓摩	名古屋大学	
鈴木尚孝	東京大学		白崎裕治	国立天文台	
高田昌広	東京大学		山中郷史	鳥羽商船高等専門学校	
但木謙一	国立天文台		池田遼太	総合研究大学院大学	国立天文台
鳥羽儀樹	国立天文台		森下貴弘	STScI	
中川貴雄	宇宙科学研究所		百瀬莉恵子	東京大学	
中島王彦	国立天文台		田中杏	国立天文台	
野津翔太	理化学研究所		長峯健太郎	大阪大学	
馬場俊介	鹿児島大学		榎木谷海	総合研究大学院大学	
平原靖大	名古屋大学		LauRyan	宇宙科学研究所	
藤井友香	国立天文台		中西康一郎	国立天文台	
松浦周二	関西学院大学		百瀬宗武	茨城大学	
松尾太郎	名古屋大学		笠羽康正	東北大学	
松岡良樹	愛媛大学		田崎亮	アムステルダム大学	
三澤透	信州大学		柏野大地	名古屋大学	
安井千香子	国立天文台		武藤恭之	工学院大学	
			藤本征史	DAWN	
江上英一	アリゾナ大学		小倉和幸	呉工業高等専門学校	
柏川伸成	東京大学		岩室史英	京都大学	
河野孝太郎	東京大学		橋ヶ谷武志	京都大学	
田村直之	東京大学		近藤翼	名古屋大学	
田村陽一	名古屋大学		鈴木大介	大阪大学	
吉田直紀	東京大学		尾崎忍夫	国立天文台	
谷口義明	放送大学		本田充彦	岡山理科大学	
札本佳伸	国立天文台	早稲田大学	山響	大阪大学	
泉拓磨	国立天文台		平尾優樹	大阪大学	
竹内努	名古屋大学		住貴宏	大阪大学	
馬渡健	国立天文台		森谷友由希	国立天文台	
山下拓時	国立天文台				
寺居剛	国立天文台				
斎藤智樹	兵庫県立大学				



光赤天連の力：装置開発人材

- 光赤プロジェクト、大学等からリストアップ（宇宙研除く）：**66名**
 - 2020年代後半から2030年代前半に～**50名規模**の開発体制構築は十分に可能
 - 若手人材のさらなる供給も期待できる



見込みのスケジュール

WG提案書より
(2021年10月)

年	月	マイルストーン	組織形態	フェーズ	実施内容
2020	1	RG 発足	RG	Pre-Phase A1a/b	ミッション探求(24 か月)
2022	1	WG 発足	中型 WG		概念検討(21 か月)
2023	10	PP 候補選定審査			PP 候補審査対応(3 か月)
2024	1		PP 準備チーム (ISAS)	Pre-Phase A2	ミッション定義(21 か月)
2025	10	MDR/P 準備審査			MDR 対応(3 か月)
2026	1		プリプロジェクト (JAXA)	Phase A1	概念設計(12 か月)
2027	1	SRR			SRR 対応(3 か月)
	4			Phase A2	プロジェクト定義(18 か月)
2028	10	SDR/P 移行審査			SDR 対応(3 か月)
2029	1		プロジェクト (JAXA)	Phase B	基本設計(18 か月)
2030	7	PDR			PDR 対応(3 か月)
	10			Phase C	詳細設計(18 か月)
2032	4	CDR			CDR 対応(3 か月)
	7			Phase D	FM 製造・試験(24 か月)
2034	7				射場作業(3 か月)
	10	打上		Phase E	当初運用期間(5 年)
2039	10				延長運用期間(5 年)およびアーカイブフェーズ(2 年)
2046	10	P 終了			

2022/04頃 GDI設立
2022/09頃「時限WG」発足
2024/04? コンセプト提案 → GRI

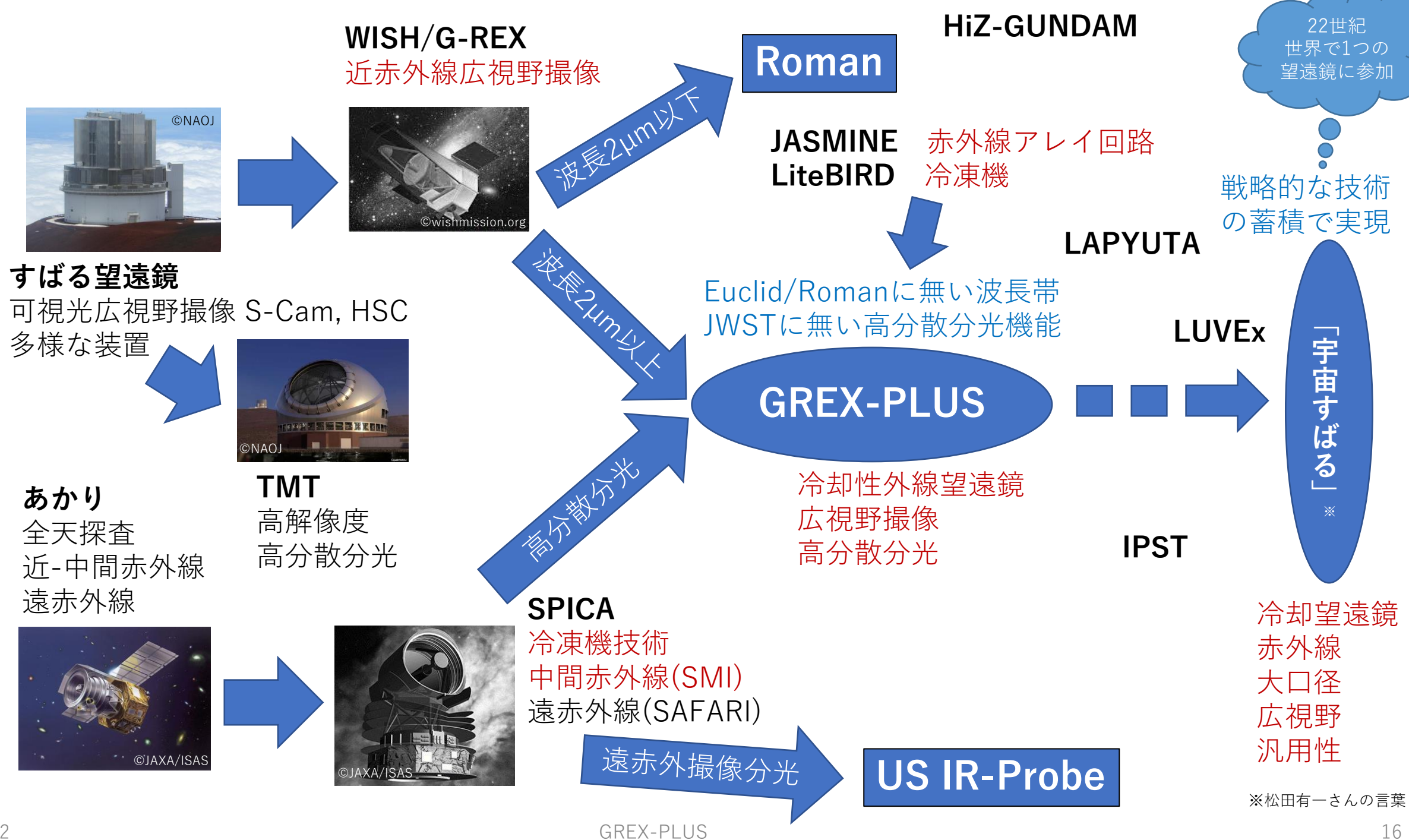
RG: Research Group
WG: Working Group
PP: Pre-Project
P: Project
MDR: Mission Definition Review
SRR: System Requirements Review
SDR: System Definition Review
PDR: Preliminary Design Review
CDR: Critical Design Review
FM: Flight Model

主な技術検討項目

WG提案書より(2021年10月)

	技術検討項目	技術成熟度 (TRL)
望遠鏡	望遠鏡光学系	—
	主鏡材	3
	望遠鏡構造	3
	主鏡保持機構の成立性	2—3
	焦点調節機構	3
広視野カメラ	近赤外線検出器	8
	近赤外線検出器読み出し系	8
	中間赤外線検出器	5
	中間赤外線検出器読み出し系	4
	検出器マウント	5
	フィルター	4
	フィルターマウント	3

高分散分光器	イマージョングレーティング	3
	低雑音・低消費電力読み出し回路	3
	自由曲面金属鏡	3
	検出器熱アニーリングに適したモジュール	3
冷却系	GREX-PLUSに対応した熱構造の検討	—
	機械式冷凍機の長寿命化	5
	機械式冷凍機の振動による擾乱影響の検討	—
広視野サーベイプラン	広視野探査タイリングの成立性	—
信号処理系・通信系	十分なデータ伝送量の確保	—
	地上系体制の未確定によるコストの不定性	—
姿勢制御系	焦点面検出器を用いた衛星姿勢制御	2
	突発天体対応要求の策定	—



GREX-PLUS

- 最高級の科学的価値
 - 極めて高いユニークネス
 - 同時に幅広いサイエンスを展開
 - 国民へのアピール力
- 光赤天連の悲願
 - US IR-Probe、Romanと合わせ、SPICAおよびWISHが目指したサイエンスを実現
- 光赤天連の力
 - コミュニティのマンパワーは十分に期待できる