

科学的目標
「種族III天体」の候補である遠方(赤方偏移7以上)、(低金属量 10^{-4} 以下)の星からの電離輝線を、放射エネルギーが赤方偏移した赤外線領域の分光観測で検出する。これにより種族III天体の存在を明らかにする。さらに「種族III天体」の形成時の分子雲冷却にかかわる水素分子輝線(赤方偏移3以上)を赤外線分光観測で探査し「種族III天体」形成の証拠を探る。
宇宙遠赤外線背景放射を、「あたり」の3倍以上の空間分解能により個別の遠赤外線天体に分解する。さらに個別天体を取り除いた遠赤外線背景放射ゆらぎを評価し、多波長相関解析等からその起源を解明する。
赤方偏移3までの銀河について、中間・遠赤外線中分散広帯域分光観測を行ない、PAH放射や原子の電離輝線・分子輝線を効率的に捕らえ、その銀河の星間環境と星間ダストの性質を明らかにする。これにより、他波長のように星間塵の吸収補正の不定性なく、初期の宇宙(90億年前まで)の銀河の物理化学状態を明らかにする。
星間塵の影響を受けない赤外線撮像・分光観測により、他の手法では観測が困難な星間塵に囲まれた形成中の超巨大ブラックホールを、現在の宇宙から初期宇宙に至るまで広く探査し、TBD個のサンプルを構築する。これと、銀河形成史の観測結果とをくみあわせて、銀河の進化における超巨大ブラックホールの役割を解明する。
星形成活動のピーク(70-100億年前、 $z=1\sim 2$)があったとされる時代までの初期宇宙において、放射エネルギーが赤方偏移してきた赤外線領域で、大規模構造をトレースできるほどの広い天域(300メガパーセク相当)をサーベイし、銀河団や大規模構造を観測する。これにより、宇宙星形成史・質量集積史および銀河進化に対する環境効果を解明する。

コアとなる波長領域	望遠鏡の温度	望遠鏡の口径(集光力)	望遠鏡の口径(解像度,WFEの要求あり)	ミッション要求						
				感度	波長分解能($\lambda/\Delta\lambda$)	観測装置の視野	観測期間	運用(時期)	データ量(平均、ピーク)	観測装置
中間赤外、遠赤外線	6.0K以下(フルサクセス) 5.5K以下(エクストラサクセス)	3.5m以上	3.5m以上	フルサクセスは未検討。 エクストラサクセスでは、 $1E-20$ W/m ² 以上	>700	Alpha search : >TBD arcmin	TBD年以上	JWST, TMT	平均<4Mbps ピークTBD	MIRACLE BLISS
遠赤外	6.0K以下(フルサクセス) 5.5K以下(エクストラサクセス)	2.5m以上 (full success) 3.5m以上 (extra)	2.5m以上	撮像: 100uJy @ 70um以上(フル) 50uJy@70um以上(エクストラ)	several	> 1 arcmin	1年以上	ALMA	平均<4Mbps ピークTBD	MIRACLE SAFARI BLISS
中間赤外、遠赤外線	6.0K以下(フルサクセス) 5.5K以下(エクストラサクセス)	3.5m以上	2.5m以上	分光(遠赤外): $1E-19$ W/m ² 以上(フル) $1E-20$ W/m ² 以上(エクストラ)	100 & >700	> 1 arcmin	1年以上	JWST, TMT, ALMA	平均<4Mbps ピークTBD	MIRACLE MIRMES SAFARI BLISS
中間赤外、遠赤外線	6.0K以下(フルサクセス)	2.5m以上 (full success) 3.5m以上 (extra)	3.5m以上	20uJy @20um以上(フル) TBD以上(エクストラ)	several (FIR imaging) >100	> 1 arcmin	1年以上	JWST, TMT, IXO	平均<4Mbps ピークTBD	MIRACLE MIRMES SAFARI
中間赤外、遠赤外線	6.0K以下(フルサクセス) 5.5K以下(エクストラサクセス)	3m級以上	3.5m以上	中間赤外: 5uJy以上(フル) 1uJy以上(エクストラ) 遠赤外: 100uJy以上(フル) 50uJy以上(エクストラ)	several	> 4 arcmin (フルサクセス) > 6 arcmin (エクストラサクセス)	1年以上	JWST, TMT	平均<4Mbps ピークTBD	MIRACLE SAFARI

表3. (1/3) SPICAミッション要求

科学的目標
~25Mpc以内の近傍銀河内で起こるダスト形成の兆候が見られる超新星(5個以上)について、爆発後から1~2年間に複数回のデータ取得を行う。これにより、超新星放出ガスからダストが新たに凝縮する過程、また、それらが既存の星周ダストの温度(数百度K)に冷える過程の中間赤外スペクトル変化を調べ、超新星 ejecta 中で形成されるダストの組成、サイズ分布、質量を詳細に制限する。
系内、及びマゼラン雲中のAGB星、惑星状星雲、新星など進化した中小質量星約30個の星周の希薄なダストシェルを空間分解し、撮像情報から過去の質量放出とダスト形成の歴史を調べる。また星周の分子・ダストシエルの中間赤外~遠赤外分光データから、分子・ダストシエルの組成を調べ、放出ガスから形成されたダストの性質を制限する。
系内の若い星を内包するcold dense molecular cloudsの中間 遠赤外分光観測によってiron sulphideの赤外バンドを検出し、Inter planetary Dust Particles (IDPs) 中に見られるGlass with Embedded Metals and Sulfides (GEMS)と Interstellar dustの関連を解明する。これによって superparamagnetic (SPM) hypothesis の検証を行い、低温高密度分子雲中におけるダスト粒子の成長のシナリオを探る。
現在までに赤外線で見出されている系内・系外超新星残骸約30個に対して、中間赤外から遠赤外線までの空間分解した中分散撮像を行う。またobject#3の観測結果をfeedbackし、系外銀河に新たに検出される超新星残骸についても同様の観測を行い、超新星の ejecta に伴うダスト量・組成及び周囲の星間物質との相互作用から星間物質の進化への超新星の寄与を解明する。観測時間は300~500時間程度を予定する。
「あかり」サンプル近傍銀河50個に対し、計600時間の中間・遠赤外線イメージ分光により、ガス診断とダスト(バンド)観測を行う。SNR、HII領域、巨大分子雲、銀河中心、ハローなど、物質の生成・破壊場所を空間分解し、大きな循環と銀河内gradientを捉える。系内物質循環の詳細研究(#1)と相補的。
天の川銀河系の銀河面を近・中間赤外線域で撮像と分光の両面から網羅的に探査する。レッドクランプ星、長周期変光星により銀河系中心を超えて銀河系円盤部の反対側の端まで見通すことで、銀河系円盤部の恒星質量分布を得る。また、ダスト供給源である高い質量放出率を示す各種天体の分布、星間ダストの分布を得る。これらにより、銀河系内の物質循環の具体的描像を得る。

ミッション要求										
コアとなる波長領域	望遠鏡の温度	望遠鏡の口径 (集光力)	望遠鏡の口径 (解像度,WFEの要求あり)	感度	波長分解能 ($\lambda/\Delta\lambda$)	観測装置の視野	観測期間	運用(時期)	データ量 (平均、ピーク)	観測装置
中間赤外線、遠赤外線 (4-200 μ m)	6K以下	3m級以上	2m級以上	MIRACLE: IRS SL&LLの1桁高 MIRMES: IRS SH&LHの1桁高 SAFARI: PACSの2桁高	MIRACLE: > 100 MIRMES: > 1000 SAFARI: > 1000	中間赤外線低分散: >1 arcmin 中間赤外線中分散: ~30 arcsec 遠赤外線: >1 arcmin	3年以上 (Herschel相当かそれ以上。近傍超新星爆発の頻度を考慮)	JWSTとは独立。Mission中に適した超新星があれば十分に意味がありユニークである。	TBD	MIRACLE、MIRMES、SAFARI
中間赤外線、遠赤外線 (4-200 μ m)	6K以下	3m級以上	波長10 μ m回折限界 (MIRMESの波長カバーレージの短波長端)	MIRACLE: IRS SL&LLの1桁高 MIRMES: IRS SH&LHの1桁高 SAFARI: PACSの2桁高	MIRACLE: > 100 MIRMES: > 600 MIRMES: > 10000 SAFARI: > 1000	中間赤外線低分散: >1 arcmin 中間赤外線中分散: ~30 arcsec, 高分散: ~a few arcsec, 遠赤外線: >1 arcmin	3年以上 (Herschel相当かそれ以上。)	JWSTの成果が出た後、ターゲットの最終絞込みで考慮。我々のデータの波長範囲はユニークであり、急ぐ必要なし。	TBD	MIRACLE、MIRMES、SAFARI
中間赤外線、遠赤外線 (4-200 μ m)	6K以下	3m級以上	2m級以上	MIRACLE: IRS SL&LLの1桁高 MIRMES: IRS SH&LHの1桁高 HIRES: IRS SH&LHと同程度 SAFARI: PACSの2桁高	MIRMES: > 600 MIRMES: > 10000 SAFARI: > 1000	中間赤外線中分散: ~30 arcsec 中間赤外線高分散: ~a few arcsec 遠赤外線: ~5 arcmin	3年以上 (Herschel相当かそれ以上。Object #1-2の結果をfeedbackすることを計画)	JWSTの成果が出た後、ターゲットの最終絞込みに必要。中間赤外高分散機能、中分散中間赤外~遠赤外の波長範囲はユニーク。	TBD	MIRACLE、MIRMES、HIRES、SAFARI
中間赤外線、遠赤外線	6K以下	3m級以上	波長10 μ m回折限界 (MIRMESの波長カバーレージの短波長端)	拡散光に対して、MIRACLE: IRS SL&LLの1桁高 MIRMES: IRS SH&LHの1桁高 SAFARI: PACSの2桁高	MIRACLE: > 100 MIRMES: > 1000 SAFARI: 2つのモードが必要、100/2000	中間赤外線低分散: ~5 arcmin 中間赤外線中分散: ~30 arcsec 遠赤外線: ~5 arcmin	3年以上 (Herschel相当かそれ以上。Object#3の結果をfeedbackすることを計画)	JWSTとは独立。JWSTではガスとの相互作用は研究できるが、ダストについてはSPICAの機能が必須。	TBD	MIRACLE、MIRMES、SAFARI
中間赤外線、遠赤外線	6K以下	3m級以上	波長10 μ m回折限界 (MIRMESの波長カバーレージの短波長端)	MIRACLE: IRS SL&LLの1桁高 MIRMES: IRS SH&LHの1桁高 SAFARI: PACSの2桁高	MIRACLE: > 100 MIRMES: > 1000 SAFARI: 2つのモードが必要、100/2000	中間赤外線低分散: ~5 arcmin 中間赤外線中分散: ~30 arcsec 遠赤外線: ~5 arcmin	3年以上 (Herschel相当かそれ以上、我々の観測時間600hrは、Herschel近傍銀河プログラム Kingfish相当)	JWSTの成果が出た後、ターゲットの最終絞込みに必要。我々のデータの波長範囲はユニークであるため、急ぐ必要なし。	TBD	MIRACLE、MIRMES、SAFARI
近赤外線、中間赤外線	10K以下	3m級以上	波長5 μ mでPSF < 0.7"	MIRACLE: IRS SL&LLの1桁高 MIRMES: IRS SH&LHの1桁高 150 μ Jy@5 μ m, 3秒, S/N=5 (撮像)、450 μ Jy@5 μ m, 3秒, S/N=5 (低分散分光)	FPC-S: ~5 MIRACLE: > 100 MIRMES: > 1000	近・中間赤外線撮像: ~6 arcmin 中間赤外線低分散: ~10 arcmin 中間赤外線中分散: ~30 arcsec	長周期変光星の探査を考慮し、1000日以上	JWSTとは独立。特に、我々の分光サーベイデータはユニークであるため、急ぐ必要なし。	2ch*2MB/frame*(24*3600/1)=350GB/day (8Mbps)	FPC-S、MIRACLE、MIRMES

表3. (2/3) SPICAミッション要求

科学的目標
主星: 惑星のコントラスト比 10^{-6} 以上の観測を実現することにより、系外ガス惑星を直接に検出すると同時に、分光観測によりその大気の組成を明らかにする。これを我々の太陽系の惑星系と比較することにより、惑星系の多様性を解明する。 トランジット法を利用した分光観測により、巨大地球型惑星の大気検出を試みる。木星型惑星については、多数の赤外分子バンドの観測により大気組成を詳細に調べる。
原始惑星系円盤中のガス、特に主成分である水素分子ガスを赤外線高感度観測により検出し、残存ガスの量を求め、主星の質量や年齢との相関を調べる。
原始惑星系円盤の高分散赤外線分光観測することにより、ガスのさまざまな成分の輝線強度比を求め、それに基づき円盤の空間構造、物理状態、化学組成の分布を明らかにする。
「あかり」よりも3倍以上良い空間分解能と10倍以上すぐれた感度により、主系列星周りの塵円盤を太陽系と同程度の塵しかない円盤まで検出し、惑星系と塵円盤と相互関係を解明する。
コロナグラフを用いて原始惑星系円盤および主系列星の塵円盤の高感度観測を行い、その進化的関係を明らかにする。主系列星の塵円盤を、「あかり」よりも3倍以上良い空間分解で赤外線分光観測することにより、固体物質、特に氷および微小惑星帯の分布や物理状態を明らかにする。
「あかり」よりも10倍以上すぐれた感度により、太陽系内の氷天体からの熱放射を、太陽系外縁部までではじめて調査する。

コアとなる波長領域	望遠鏡の温度	望遠鏡の口径 (集光力)	望遠鏡の口径 (解像度,WFEの要求あり)	ミッション要求						
				感度	波長分解能 ($\lambda/\Delta\lambda$)	観測装置の視野	観測期間	運用(時期)	データ量 (平均、ピーク)	観測装置
中間赤外	10K以下	3 m級以上	3 m級以上	$1 \mu\text{Jy} @ \lambda 5 \mu\text{m}$	100	> 1 arcmin	1年以上	JWST, TMT	ピーク 200 kBytes/s	Full success: SCI (Imaging) Extra success: SCI (spectr.) MIRMES
中間赤外、遠赤外線	6.0K以下(フルサクセス) 5.5K以下(エクストラサクセス)	2 m以上	3 m級以上	10^{-19}W/m^2	>600	数秒	1年以上	TMT, ALMA	TBC	MIRMES MIRHES SAFARI
中間赤外	10K以下	3 m級以上	3 m級以上	10^{-19}W/m^2	> 30,000	数秒	1年以上	TMT, ALMA	TBC	MIRHES
中間赤外、遠赤外線	6.0K以下(フルサクセス) 5.5K以下(エクストラサクセス)	2 m以上	3 m級以上	$10 \mu\text{Jy}$	5	> 1 arcmin	2年以上	JWST, ALMA	ピーク 200 kBytes/s	MIRACLE SAFARI
遠赤外・中間赤外	6.0K以下(フルサクセス) 5.5K以下(エクストラサクセス)	2 m以上	3 m級以上	$100 \mu\text{Jy} (< \lambda 40 \mu\text{m})$ $1 \text{mJy} (> \lambda 40 \mu\text{m})$	100	> 1 arcmin	1年以上	JWST, TMT, ALMA	ピーク 200 kBytes/s	SCI MIRMES MIRACLE SAFARI
遠赤外	6.0K以下(フルサクセス) 5.5K以下(エクストラサクセス)	3 m級以上	—	$10 \mu\text{Jy} @ \text{遠赤外線}$	5	> 1 arcmin	1年以上	JWST, TMT	ピーク 200 kBytes/s	SAFARI

表3. (3/3) SPICAミッション要求