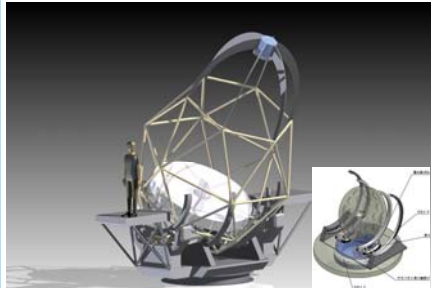


南極望遠鏡計画

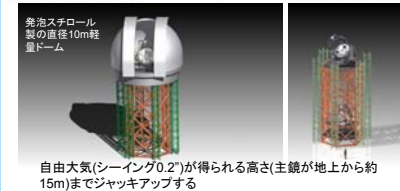
市川隆(東北大学)、中井直正(筑波大学)、南極天文コンソーシアム

南極の口径2.5mの望遠鏡は南極の好条件によって、近赤外線での撮像性能ではすばる望遠鏡とほぼ同等の性能を発揮する。また、最近のサイト調査からシーイングが可視光で0.2"であることが判明した。波長1.2μmより長波長で回折限界となり、ハッブル望遠鏡の解像度が得られる。上空大気の水蒸気量が極端に少なく、安定した大気、高い快晴率、極夜における連続5ヶ月間の連続観測などで、独自の観測が可能となる。そこで赤外線撮像装置を用いたhigh-zにおけるテラヘルツ銀河の広域探査と星生成の解明を行う。発見された銀河はALMAやTMTによる詳細観測のためのターゲットとなる。低分散多天体分光でのトランジット観測によりスーパーアースの水蒸気大気などの研究を行う。極夜には複数の惑星を持つ系外惑星系の連続観測が可能である。10μmでのヘテロダイナミック分光器を用いて金星などの連続観測により太陽系惑星の大気循環の解明を行う。その他、長周期変光星の観測、高光度赤外線銀河(LIRG)におけるII型超新星探査、GRBや重力マイクロレンズのモニター観測への参加、将来の赤外線観測技術と干渉計技術開発にも資する。また本設備は大学の基盤装置として、南極での独自のサイエンスの開拓、教育・研究を通じての人材の育成、装置開発、国内外の研究者との共同研究、極地科学・工学とのシナジーなども推進する。赤外線望遠鏡は東北大学理学研究科(天文学専攻、惑星プラズマ・大気研究センター、地球物理学専攻・地球物理学・惑星大気物理分野)、工学研究科(宇宙探査工学分野、地域環境計画分野)が筑波大学、国立極地研究所(極地工学グループ)、南極天文コンソーシアムの協力の下に推進する。理学研究科においては望遠鏡と赤外線観測装置の製作、工学研究科においては極限環境における設置、リモート制御と観測、モニター技術の開発を行う。極地研は安全な運送と雪面上に大型装置を設置する技術の開発と現地での建設を担当する。建設後はテラヘルツグループと共同して天文越冬隊員を派遣し、研究課題を推進する。

2.5m赤外線望遠鏡



岡山3.8m架台の技術を用いた超経量架台

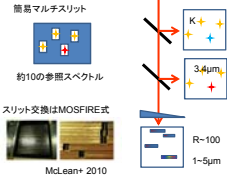


自由大気(シーイング0.2")が得られる高さ(主鏡が地上から約15m)までジャッキアップする

第一期観測装置

◆ 3色赤外線カメラ

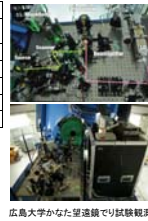
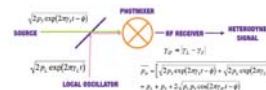
検出器	InSb 2Kx2Kx3個	3色同時又は2色分光
ピクセルサイズ	25 μm	
ピクセルスケール	0.15"	(TBD)
視野	5分角×5分角	(TBD)
フィルター	0.6 μm~5 μm各種	
分散	R~100	(TBD) 分光トランジット用
多天体機能	10個程度のスリット	スリット変換はKDCX-MOSFET方式
シーイング	0.2" (0.47 μm)	1.2 μmより長波長で回折限界、2.4 μmまで: 25"



McLean+ 2010

◆ ヘテロダイナミック分光器

検出器	MCT photo diode	3 GHz帯域幅
バックエンド	Digital FFT spectrometer	1GHz bandwidth, 61kHz channels
波長	7~13 μm	
波長分解能	1.5 × 10 ⁴ , (10 ⁻⁹)	w/o feedback, (w/ feedback)
視野	0.85"	at 10.3 μm (回折限界)
システム雑音温度	2500K	at 9.6 μm
検出限界	20mk (14Jy)	高測/時間積分S/N=1



広島大学かなた望遠鏡で試験観測

ドーム地域の国際状況

ドームC (欧州、越冬基地での運用)

- イタリア 80cm近・中間赤外線望遠鏡試験観測中
- フランス 40cm可視光望遠鏡運用中
- 欧州・豪 2.5m可視・赤外線望遠鏡計画

ドームA (中国、無人観測、豪と共同)

- 全天カメラ、オーロラ分光器など運用中
- 50cmシュミット望遠鏡運用中 (ただし5月に故障)
- 2.5m望遠鏡、5m7H望遠鏡の予算化直前

ドームふじ (日本、無人観測)

- 全天カメラ運用中
- 10mTHz、2.5m赤外線望遠鏡の概算要求

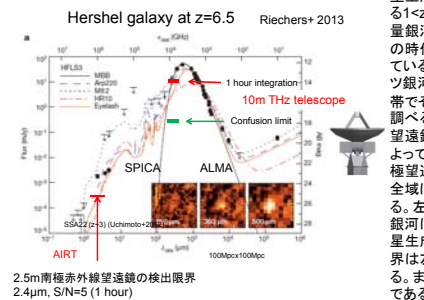
リッジA (米国・豪、無人観測)

- 60cmテラヘルツ望遠鏡運用中
- 60cm × 2台での干渉計予定

最短スケジュール



テラヘルツ銀河の広域探査と星生成活動



MOIRCSIによるGOODS-N領域における広域探査は、依然として、Kバンドでの観測では世界で最も深い。観測時間の制限から非常に狭い領域に限定されていたが、南極望遠鏡では、1シーズンに、1度 × 1度の領域で、KAB = 26等(z=3で10⁹ Msun銀河)が観測可能となる。

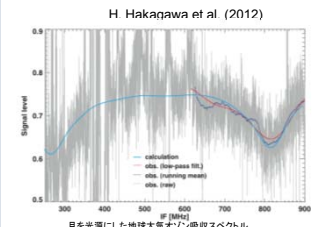
星生成活動が盛んで、銀河が誕生し、急速に進化している1<z<3の時代にはすでに、星生成活動を終えた大量銀河が多数存在している。それら銀河はかつて、z>3の時代にガスやダストに覆われ、大規模な星生成を行っている銀河であり、高温のダストを大量に持つテラヘルツ銀河として観測される。実際、Herschel衛星のTHz波長帯でそのような銀河が多数発見され、その詳細な性質を調べるための追跡観測が進んでいる。しかし、Herschel望遠鏡は口径3.5mのため、コンビュージョンリミットによって検出の完全性は低い。SPICAでも同様である。南極望遠鏡計画では10m THz望遠鏡を建設して、南天の全域において、1.5 THz (200μm)での探査を計画している。左図にその検出限界を示す。この探査で発見された銀河は赤外線観測することによっておおよそのredshiftと星生成率が評価できる。2.5m赤外線望遠鏡の検出限界は左図のように十分高く、大半のTHz銀河が同定できる。また、高い解像性能によって、その形態分類も可能である。

太陽系惑星の大気構造

中間赤外域は回転振動遷移の芳醇な分子種線に恵まれ、惑星観測に非常に有用な分光領域である。この波長域の分子分光遠隔観測は惑星大気研究にとって最も実績のある強力な研究手段の一つである。特に高い波長分解能により分子プロファイルを完全に分解することができれば、圧力、温度、存在量、励起状態や風速、さらに鉛直構造に至る多くの基礎物理パラメータを得る事ができる。しかし地上観測の場合、地球大気の強い吸収線と混じり合う微弱な惑星大気の信号を分離するのに水蒸気が少なく、大気の薄い南極地域での観測が有効である。また高い波長分解能によって地球大気との分離が可能となり、惑星信号の信頼度は格段に向上する。

惑星・天体観測に必須の長時間積分は、局発光であるレーザ発振波長をガスセルフィードバックにより安定化させることで実現可能となり、6 × 10⁷ という圧倒的な波長分解能を達成している。また装置ノイズは局発光源のショットノイズで決まり、量子雑音限界レベルの高感度をほぼ達成している。

時々刻々とダイナミックに変化していく惑星大気やその進化を理解する上で、連続モニタリングは非常に重要である。例えば火星大気を理解する上で、大気成分の時空間変動の特徴を明らかにし、大気表面、さらにはエアロゾルやダストとの相互作用を定量的に理解することは特に重要であるにもかかわらず、未解明な点が多い。日変化、季節変化、年変化、太陽活動変動など様々なタイムスケールの時間変動を理解することで、初めて火星大気の大気・気候システムを掌握することができる。



7-13μmでは、CO₂、H₂O、O₃、HDO、CH₄、H₂O₂他多数の分子が観測できる。

惑星	見かけの大きさ(°)
金星	10-60
火星	5-10
木星	30-46
土星	15-19
天王星	3.5
海王星	2.3
イオ	1.0

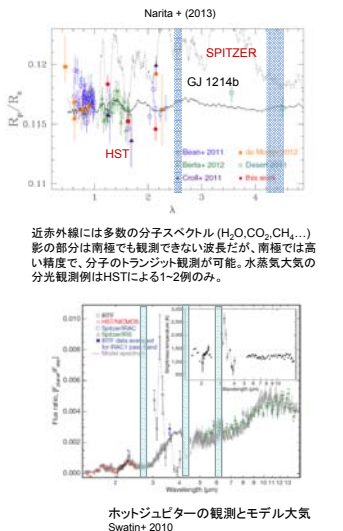
太陽系惑星は南極からは高度が低いが、太陽近くにある時は(内惑星)いつでも連続観測が可能である。また、波長が長く、波長分解能が高いので、夏期の昼間に連続観測が可能である。

スーパーアースの水蒸気大気の検出

近年、Kepler衛星望遠鏡などのトランジット観測により、多数の系外惑星探査、特に地球型のように質量が小さく、長周期の惑星が発見されている。このような系外惑星の科学は大気の性質を調べる段階に入った。惑星大気は赤外線波長にCO₂、CH₄、H₂Oなどの分子の強い吸収線を持つ。この波長に合わせて分光トランジット法を応用することで、惑星大気分子の存在や大気の厚みに関する情報も直接得ることができる。

大気が薄く非常に安定している南極では高い測光精度が得られるため、分子によるトランジット法を応用するサイトとして地球上でも優れた場所と言える。このような南極でのトランジット観測は一部、HSTやSpitzer衛星望遠鏡でも行われているが、衛星望遠鏡は高価・短命であること、装置交換ができないことを考えると、南極は定期的な観測が可能な地球上でも最適した場所である。さらに南極での極夜は連続して5ヶ月以上の観測が可能であり、長周期惑星の観測を効果的に行うことができる。恒星を回る惑星は複数存在するはずである。多惑星系でスーパーアースを持つ恒星を多数、系統的に観測して、複数の惑星の大気構造を明らかにする。

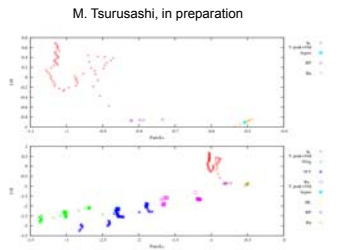
水分は生命が存在する可能性を知る最も良い分子であるが、惑星大気を透過する主星の吸収線から大気水蒸気量、厚みを知ることができる。これまでの天文台では地球大気の水蒸気量によって高い精度での観測が困難であり、衛星望遠鏡などが必要とされていた。南極では地球大気の水蒸気量が極端に少ないので、観測が可能となる。特に南極は大気が安定していることも高い精度での観測を可能にする。



II型超新星探査と分類

Core-Collapse supernova(CCSN)はprogenitorが大質量星であるため、starburst galaxyのnuclear regionで多く起こっていることが考えられている。このため、近傍のULIRGで多くのCCSNを発見することによってIMFのhigh mass end slopeの傾きが緩やかになることが期待される。

また、超新星探査において重要なのは銀河の定期的な観測、観測地大気の透過率やseeingの良さや安定性、見つかった場合の追跡観測にも必要になる。そしてstarburst galaxyのnuclear regionを観測するには減光の影響の少ない赤外域で観測することが非常に重要である。これらの問題に対して、南極で赤外線観測をすることで安定した透過率と最もOseeingで定期的な観測が可能になりより多くの超新星の発見につながり、さらに追跡観測によって正確な光度曲線の変化を追える点でもタイプの分類の決め手の一つとなる。



color-color diagramによる超新星の分類

CCSNのなかでもII型では水素の再結合線が特徴的であり、特に近赤外域ではPa αが顕著である。そこでタイプ別の超新星のSEDテンプレート(Nugent et al. 2002)をもとにJHKsフィルターに加えてPa αの特徴を利用したオリジナルフィルター("Pa αフィルター")を使い、color-color diagramを作成することで特にピークの等級以降にタイプ分類が可能であることがわかった。このため、分光観測を行わなくても超新星の分類が可能になる。

