

南極2m望遠鏡による赤外線天体の深探査

— 多様な系外惑星の探査 —

市川隆

(東北大理学研究科天文学専攻)

南極天文フォーラム

現在の天文学における赤外線による深探査

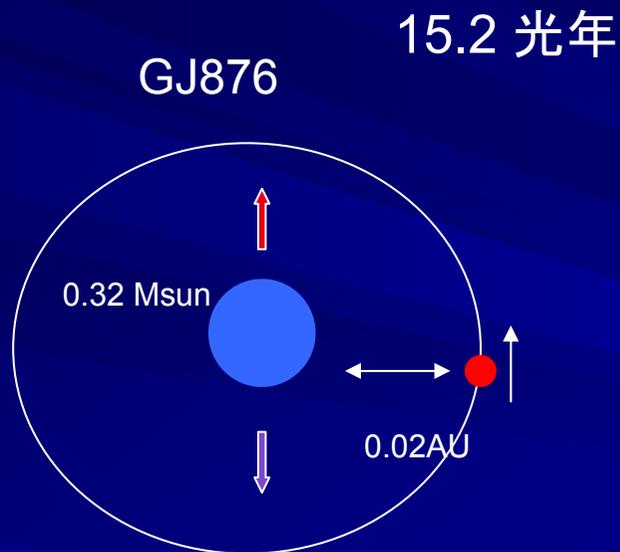
- 宇宙の大規模構造 (特に宇宙初期の銀河と階層構造)
- ガンマ線バーストによる宇宙再電離時代の解明
- 星周のダスト円盤
- 系外惑星、特に低質量惑星の探査と大気構造
- 太陽系内の水質変成史および有機物の探査
-

系外惑星の探査

主星の視線速度の変化による方法

主に大望遠鏡と高分散分光器による可視光での観測

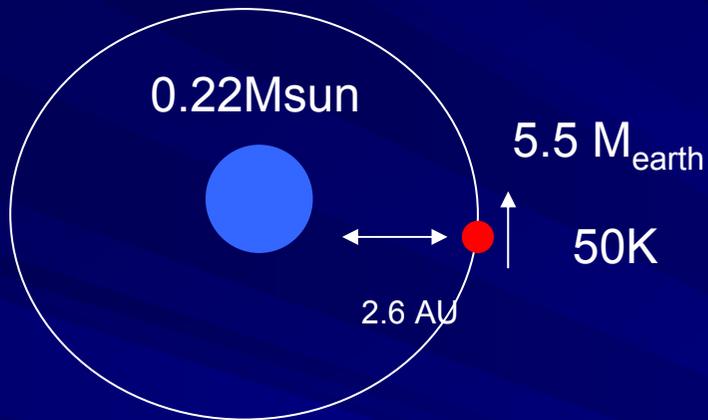
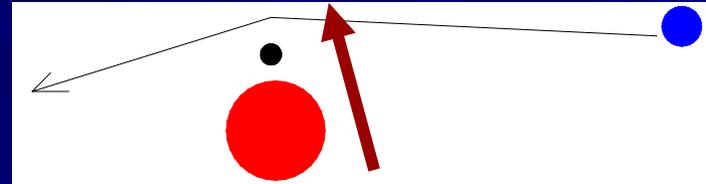
誤差4.1m/sの測定



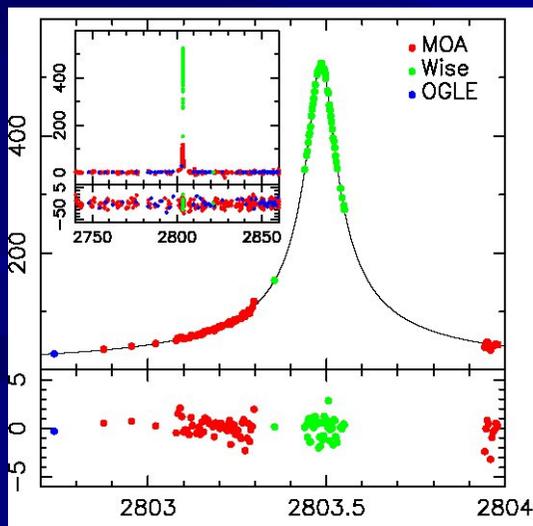
$m = 7.5 \pm 0.7 M_{\text{earth}}$
周期1.94日

現在190個の惑星発見

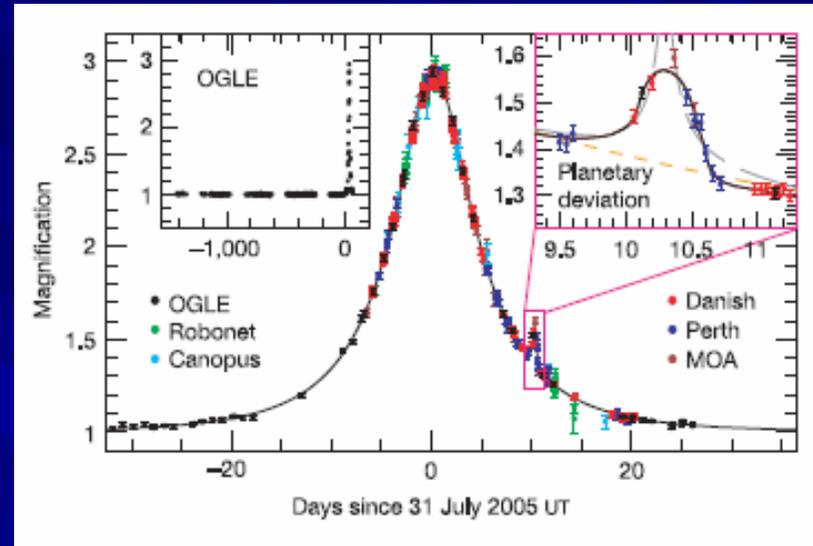
マイクロ重力レンズによる方法



太陽から22000光年



Beaulieu et al. (2006)



Abe et al. (2004)



この星には2.3-3.6地球軌道半径に地球質量以上の惑星はない

初の惑星の直接撮像

木星の5倍の質量

温度1250K

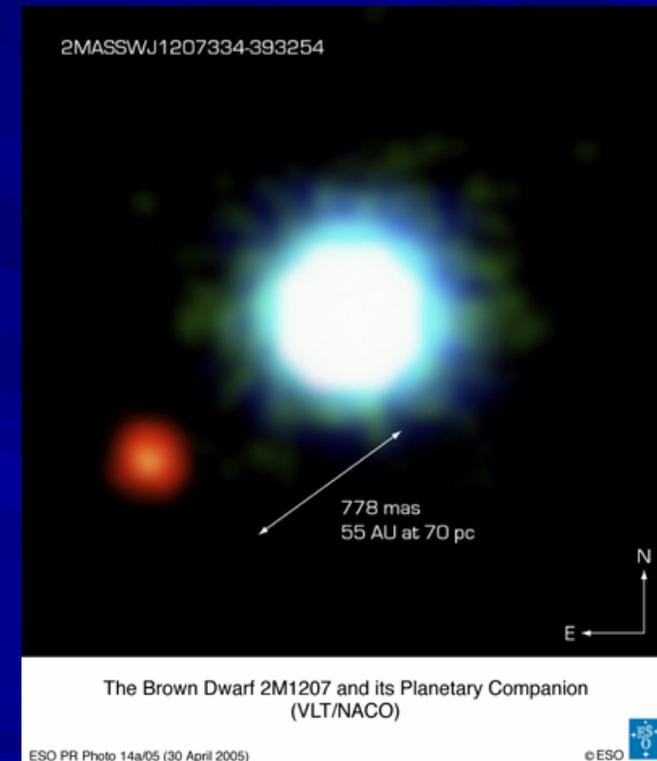
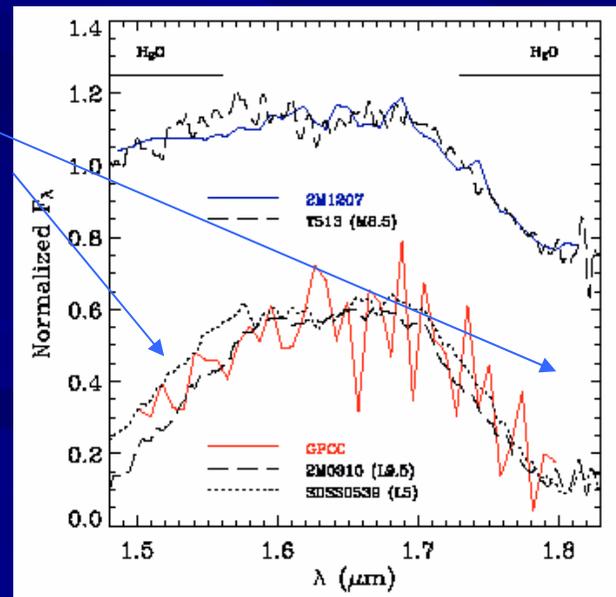
59 AU

年齢 800万年

Chauvin et al. (2004)

口径8m望遠鏡と補償光学の技術

水の存在



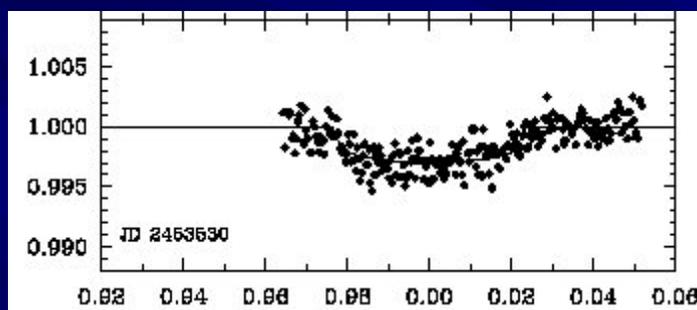
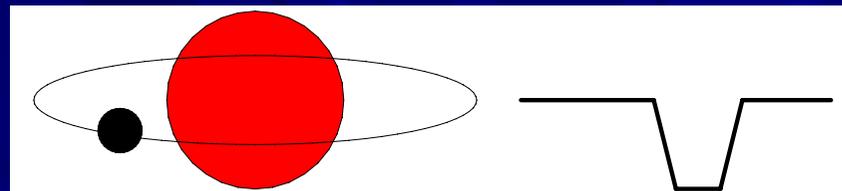
食変光による方法

惑星の大気を通過する星の光

半径

惑星の熱放射

わずかな変光



主星の吸収による惑星大気の研究

Sato et al. 2005

主星 $1.3M_{\text{sun}}$

2.88日周期、 $0.36M_{\text{Jup}}$ 、 0.725 木星半径、 $67 M_{\text{earth}}$ core

今後の主要課題 多様な惑星系、惑星大気の解明

なぜ南極(ドーム)赤外線望遠鏡か

- 赤外線では主星と惑星のコントラストが小さい

惑星は赤外線で明るい。主星は赤外線で暗い

- 長時間連続して変光観測ができる
- 大気が安定して、ゆらぎが少ない
- 地球大気の温度が低いので、大気からの赤外線ノイズが小さい
- 晴れの日が多い
- 大気の透明度が高い

天文サイトの条件

条件	すばる望遠鏡	南極ドームC
晴れる	65%	75%(?)
大気が安定している (星が瞬かない)	0.6" (星像の大きさ)	< 0.5" (?)
標高が高い	4205 m	3250 m
大気温度が低い	0°	-50°
水蒸気量が少ない (透過率が高い)	3 mm PWV	< 0.6 mm PWV
風が弱い	平均7m/s	平均 3m/s @地上5m

宇宙に開かれた地球上最後の窓

南極における大規模大気シミュレーション (Swin 2006)

天文サイト条件

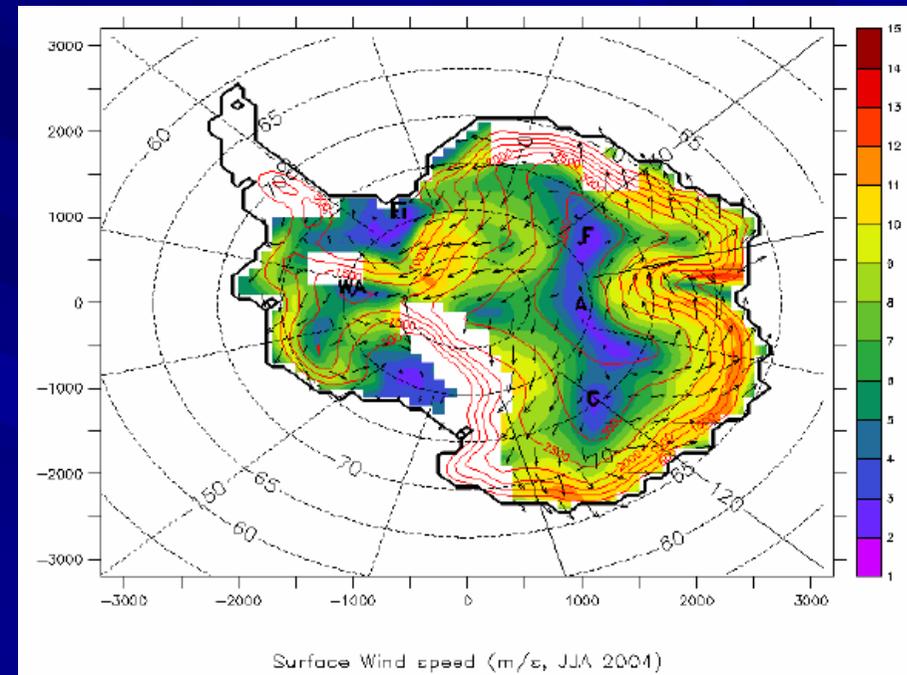
ドームふじ (3800m)

≧ドームA (4000m)

≫ドームC (3200mm)

≫ハワイ

(4000m、現在のベストサイト)



ドームふじに世界の注目

現在の世界最高の天文台サイト

ハワイ島マウナケア山頂

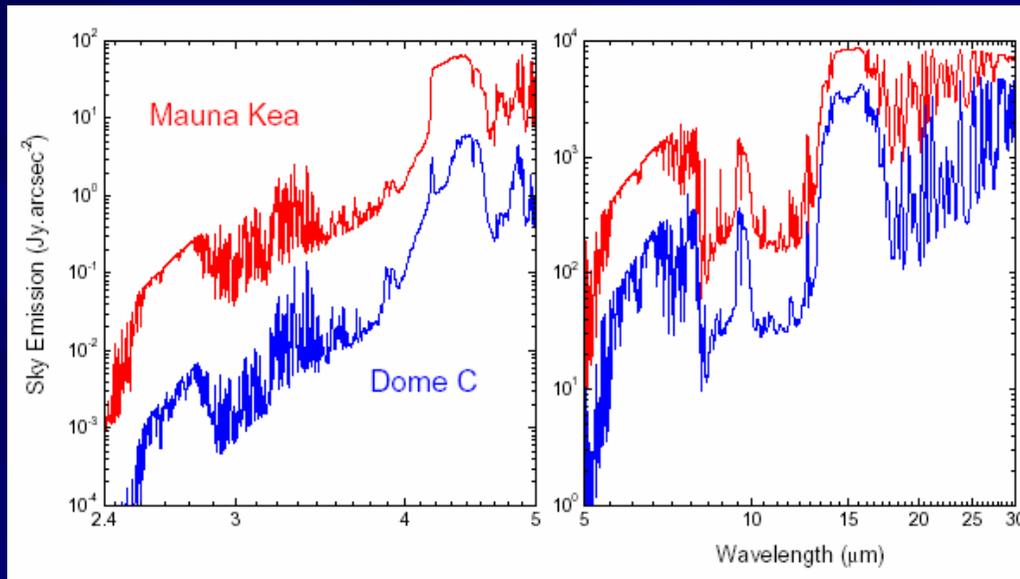


電波(サブミリ)、赤外線、可視光の望遠鏡群

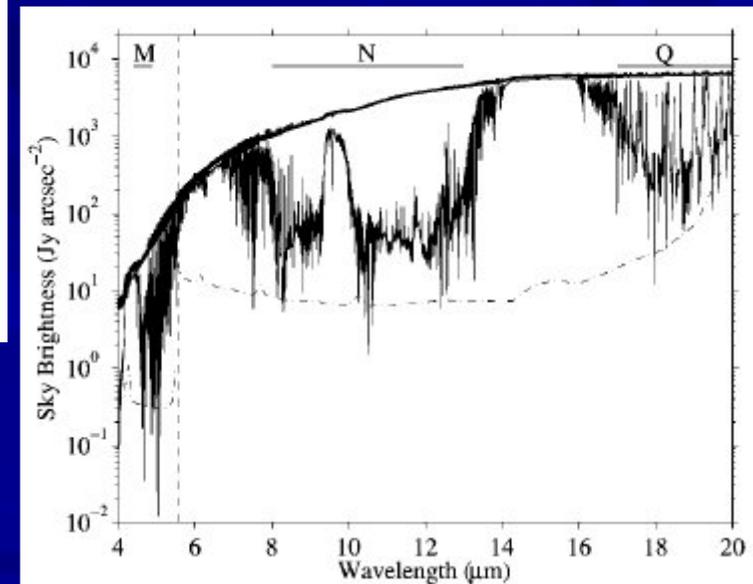
赤外線観測の障害—大気熱放射

Burton et al. (2005)

近赤外で数十分の1



夏期の実測



ドームふじでは、2.2 μmより長波長に重点を置く

Walden et al. (2005)

目標とする天体の明るさ 1等星の 10^{-9} (1.5×10^{-8} J)
2.2 μ mの空の明るさの10万分の1(S/N=1)

信号／ノイズ = 天体の明るさ/ $\sqrt{\text{空の明るさ}}$
 \propto 望遠鏡の面積/ $\sqrt{\text{空の明るさ}}$

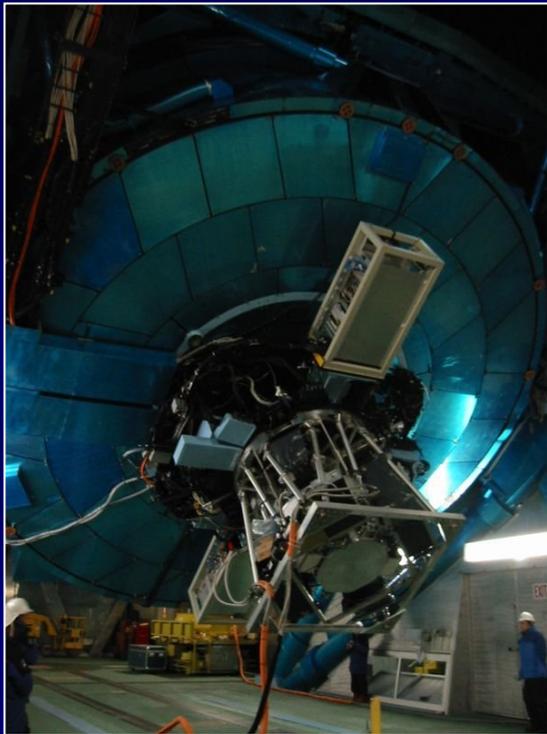
空の明るさが100分の1ならば、望遠鏡の口径は1/10が良い

南極の空の明るさ = マウナケアの数十分の1

口径8.2mすばる望遠鏡 ~ 南極2m赤外線望遠鏡

すばる望遠鏡+MOIRCS

世界最高性能の赤外線カメラ



Ichikawa et al. (2005)

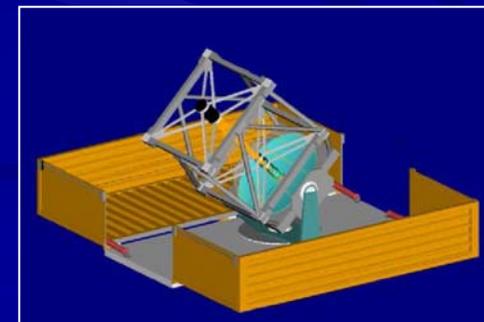
同じ性能



南極2m望遠鏡

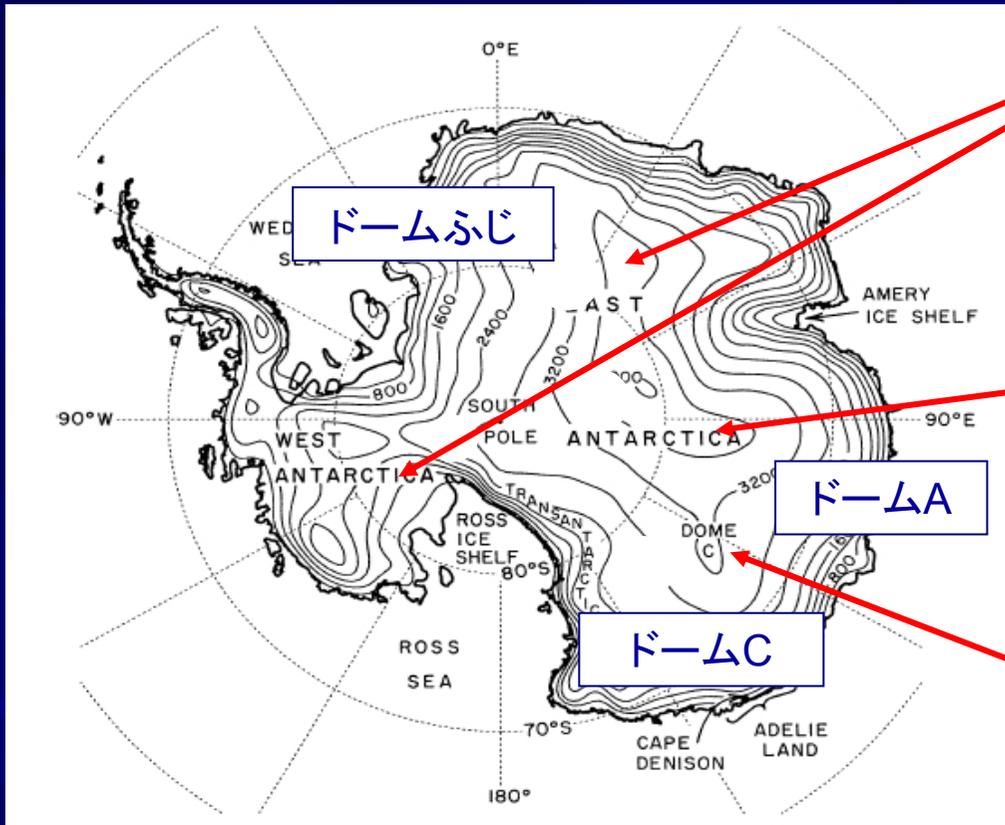


Kurita et al. (2005)



Arcidiacono et al. (2004)

外国の取り組み

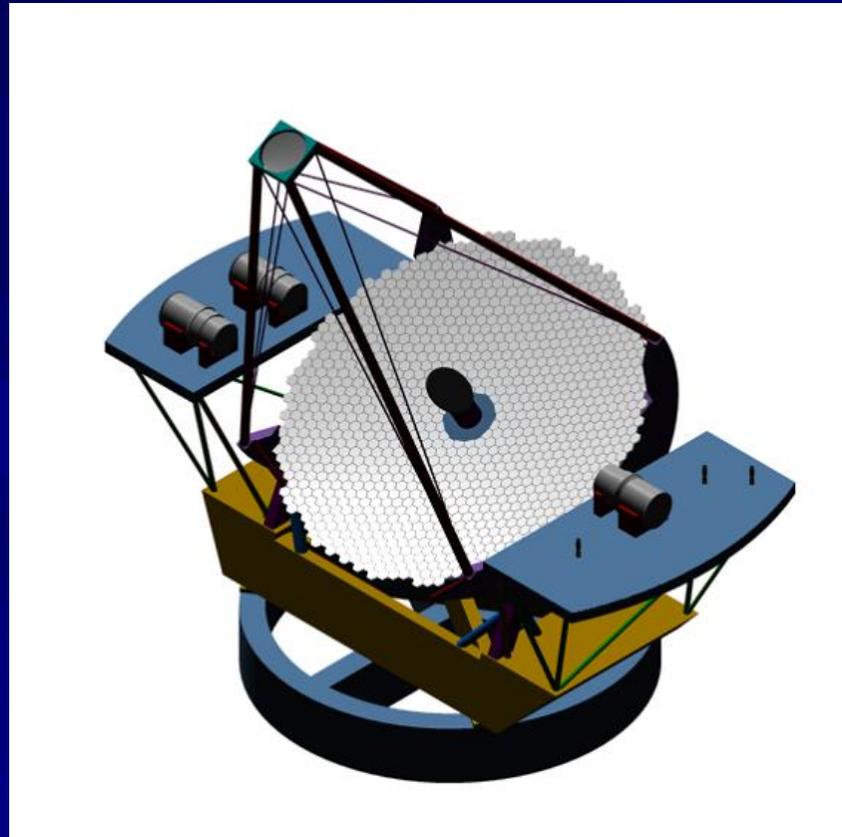


米国国立天文台 サイト調査開始
(2007?) 日本にも協力の依頼

オーストラリア、中国
サイト調査開始 (2005)

ヨーロッパ、オーストラリア
天文台設営中

米国 TMT 30m可視赤外線望遠鏡



南極に設置する可能性(?)

フランス・イタリア・オーストラリアなどヨーロッパ諸国による

南極 Dome Cの天文開拓

PILOT2.4m望遠鏡計画

将来の巨大望遠鏡群の候補地？



天文環境測定のための様々な観測装置の設置

80cm望遠鏡の設置(2006年秋、輸送開始)

南極ドームに望遠鏡群？



日本の 南極天文台構想

- ・10mテラヘルツ望遠鏡
- ・2m赤外線望遠鏡

いずれも南極の天文好条件を最大限に生かす望遠鏡であり、共通のプロジェクトによって、宇宙初期の銀河から銀河系の星生成領域、系外惑星系まで、宇宙全域で新しい知見をうることができる。

日本は地球上の天文ベストサイト(?) ドームふじに基地持つ

日本独自にサイト調査を進めたい

推進組織

南極天文フォーラム

(代表) 中井直正、瀬田益道(筑波大)

市川隆(東北大)

高遠徳尚、浦口史寛、家正則(国立天文台)

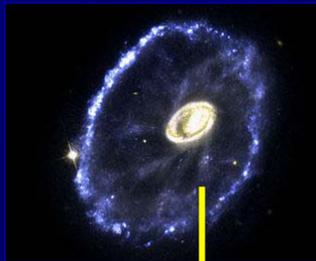
栗田光樹夫(名古屋大学)

岡野章一、坂野井健(東北大)

田口 真 (極地研)

サイト調査のための装置

■ 大気ゆらぎ(シーイング)の高度分布

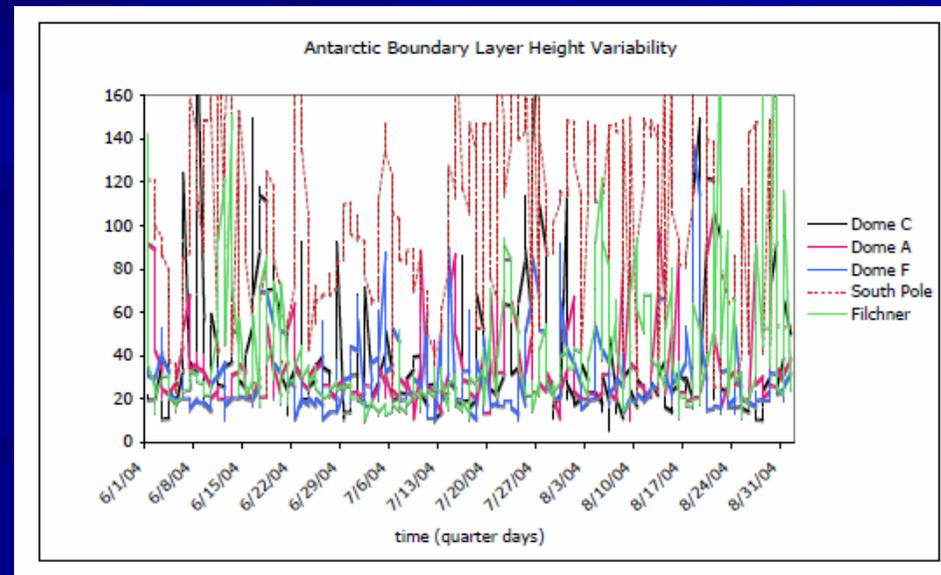


ハッブル望遠鏡



ピンぼけ像

南極ドームでの設置境界層の高さ
(Swain et al.2006)



Doppler SODAR

sonic detection and ranging

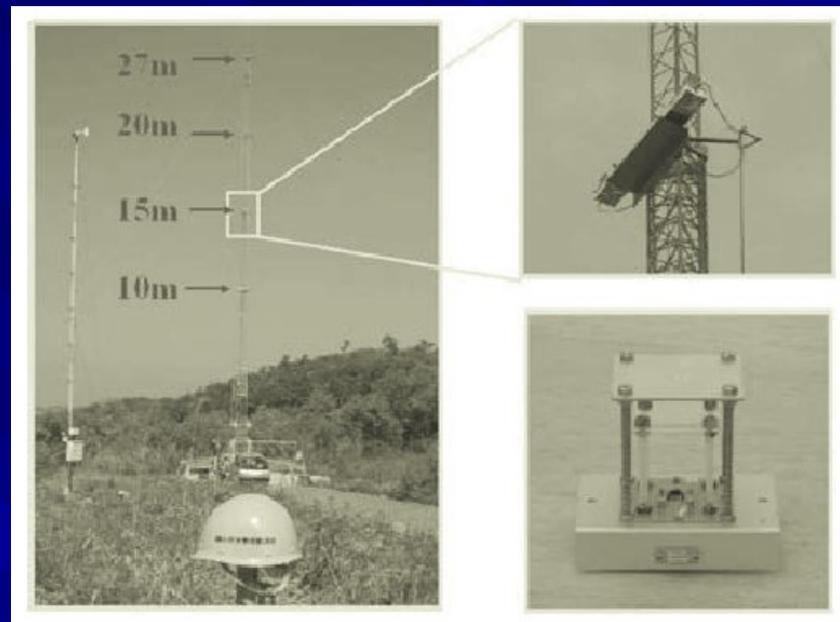


($25\text{m} < h < 1000\text{m}$)

第48次隊に委託

C_T^2 センサータワー

Wada et al. (2004)



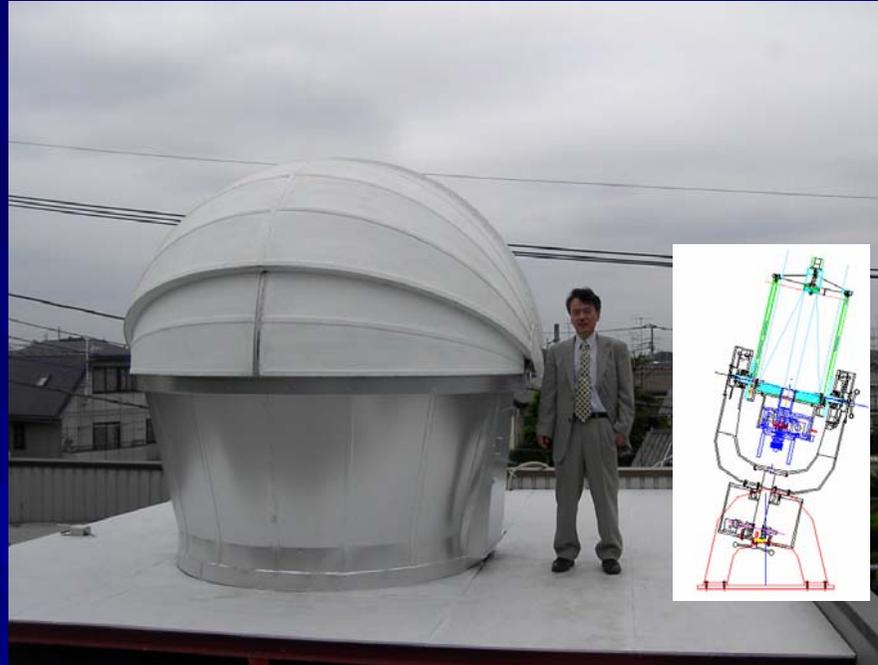
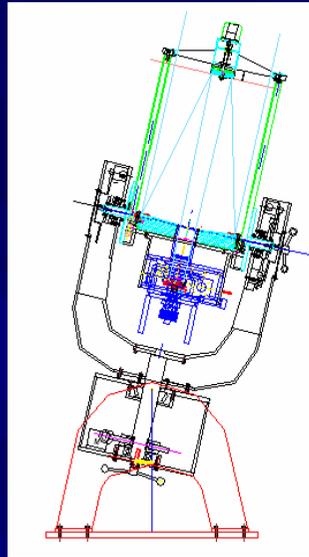
$2\text{m} < h < 15\text{m}$

抵抗体(ニッケル線)の温度変化

温度の微小変動から接地境界層
の高さや大気のゆらぎ

調査、基礎技術開発、初期成果のための
軽量40cm南極望遠鏡の開発

-80°での運用仕様



+ 400万画素赤外線カメラ



南極2m赤外線望遠鏡