

# 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

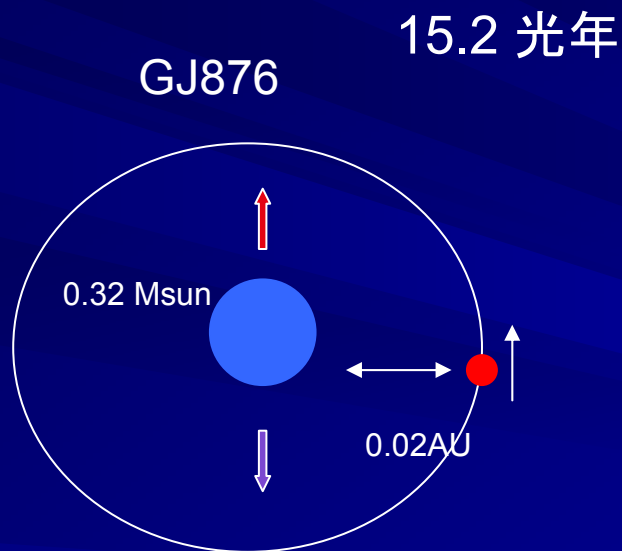
- 宇宙の大規模構造 (特に宇宙初期の銀河と階層構造)
- ガンマ線バーストによる宇宙再電離時代の解明
- 星周のダスト円盤
- 系外惑星、特に低質量惑星の探査と大気構造
- 太陽系内の水質変成史および有機物の探査
- . . . . .

## 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

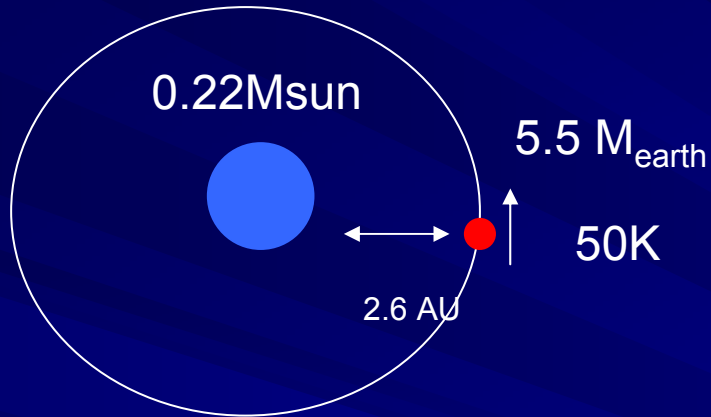
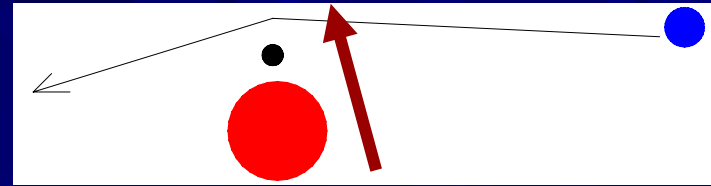
誤差4.1m/sの測定



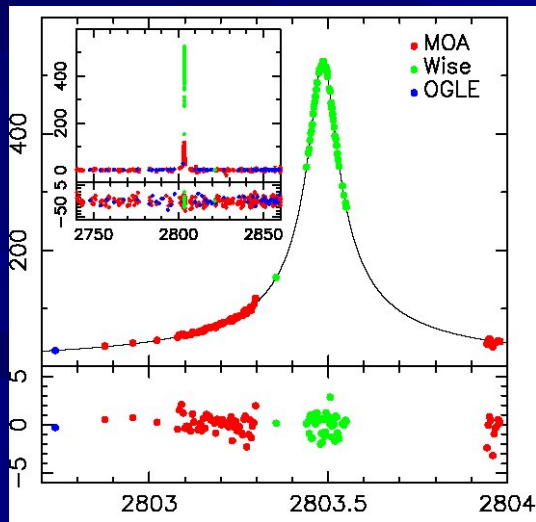
$m = 7.5 \pm 0.7 M_{\text{earth}}$   
周期1.94日

現在190個の惑星発見

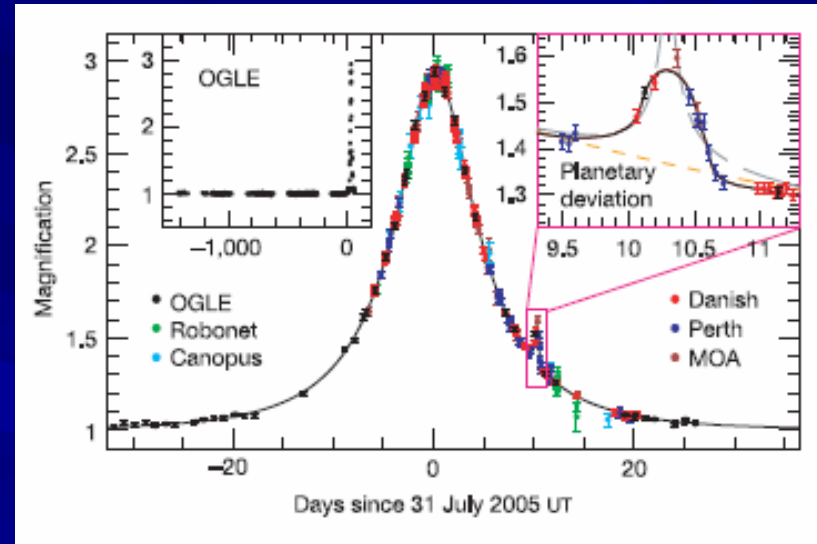
# マイクロ重力レンズによる方法



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

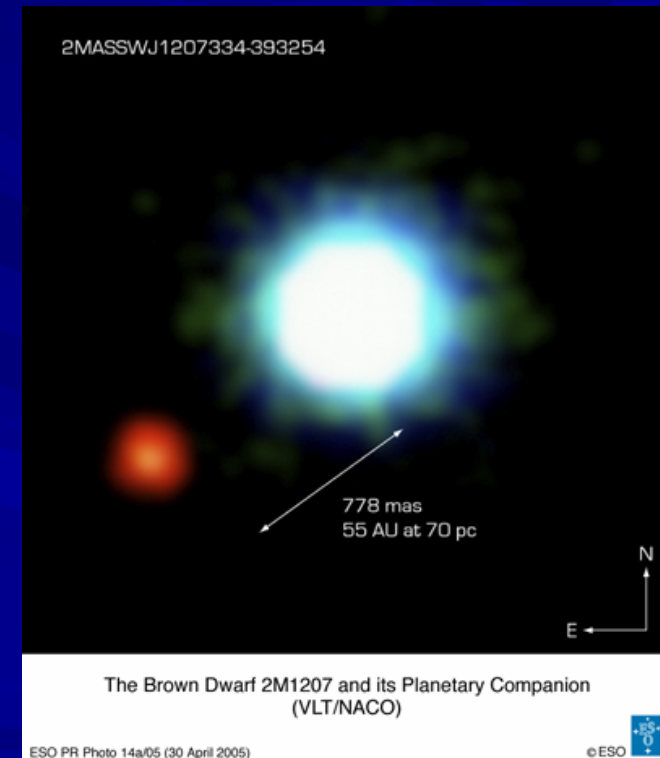
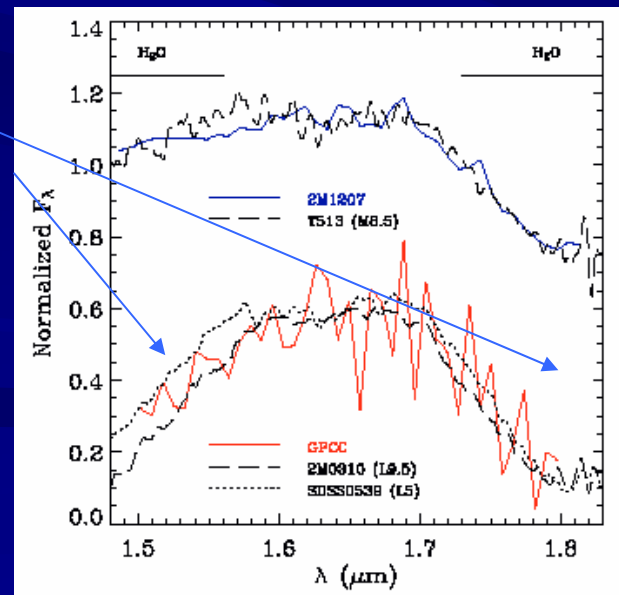
59 AU

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



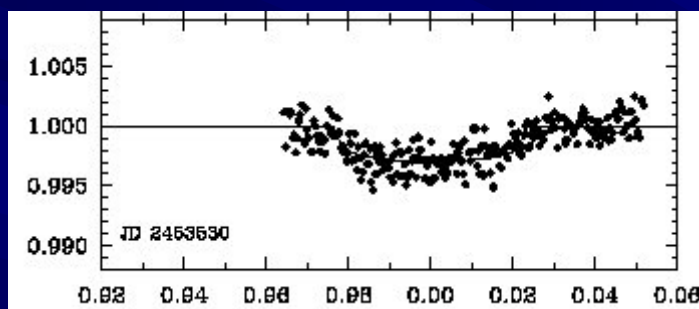
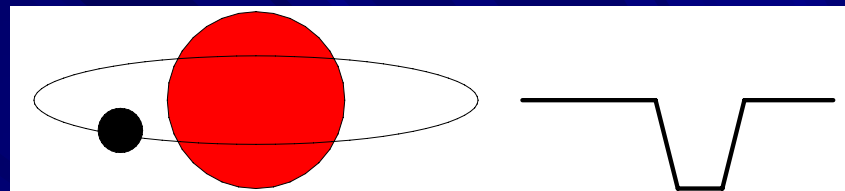
## 食変光による方法

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

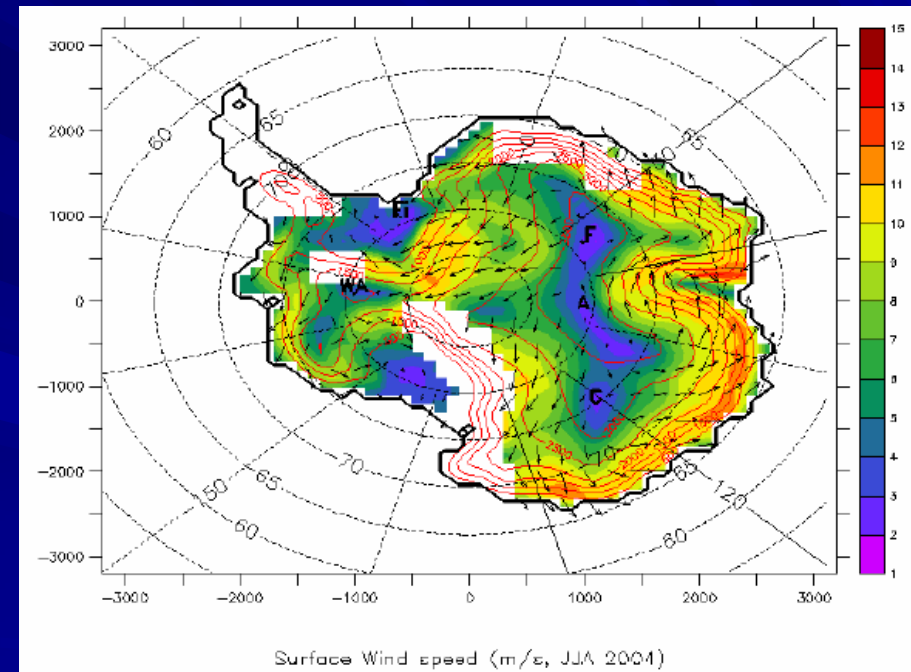
ドームふじ (3800m)

≧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

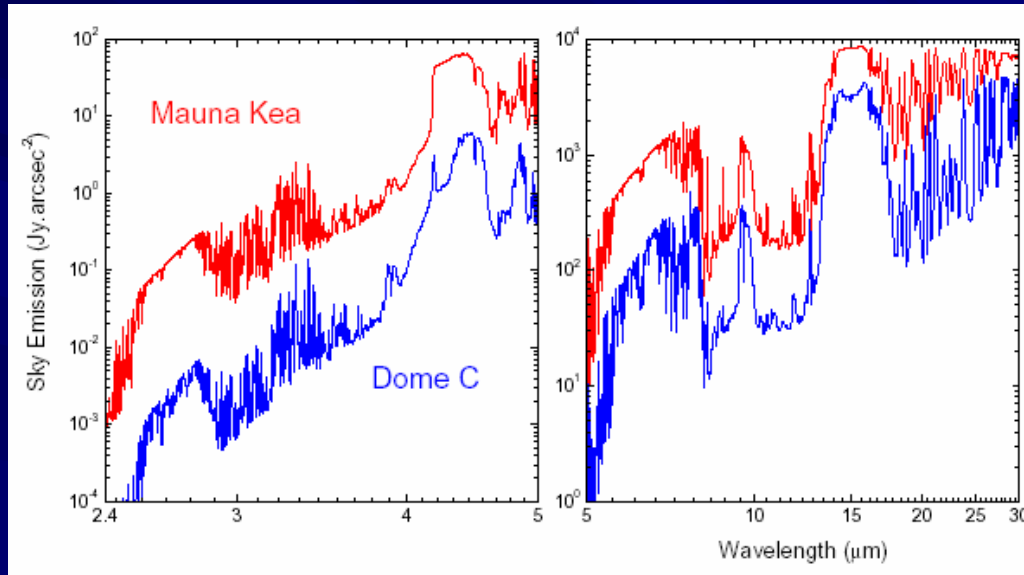


電波(サブミリ)、赤外線、可視光の望遠鏡群

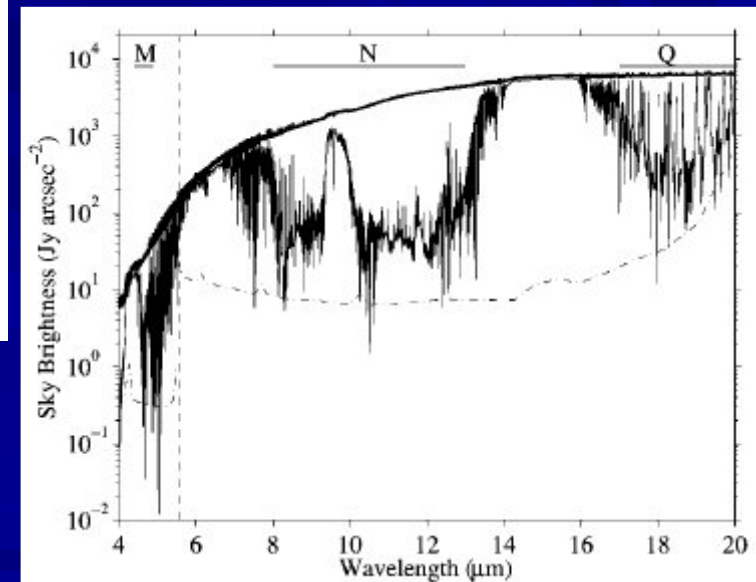
# 赤外線観測の障害—大気熱放射

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、 $2.2 \mu\text{m}$ 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 $10^{-9}$  ( $1.5 \times 10^{-8}$  J)  
2.2  $\mu$ mの空の明るさの10万分の1(S/N=1)

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

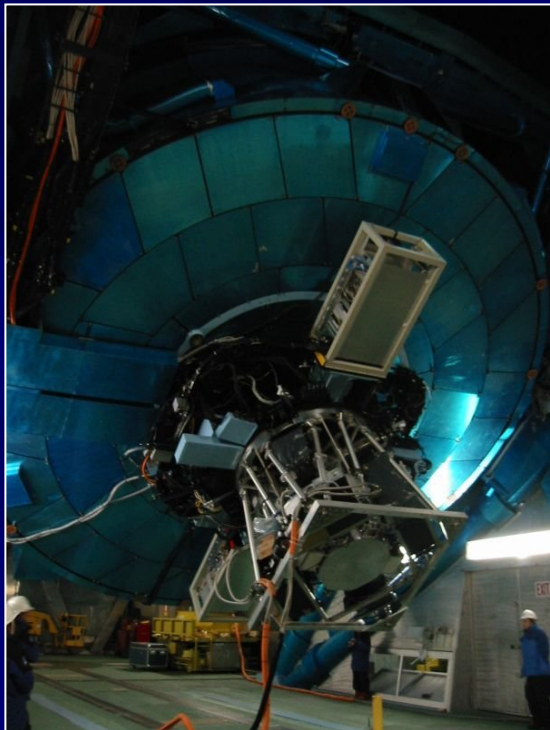
空の明るさが100分の1ならば、望遠鏡の口径は1/10が良い

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)

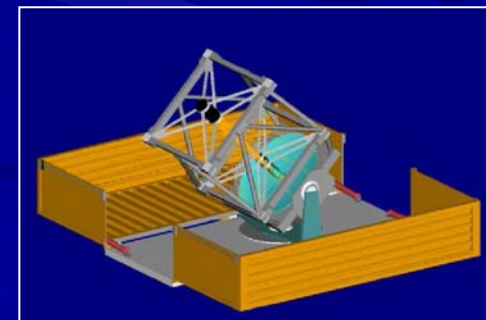
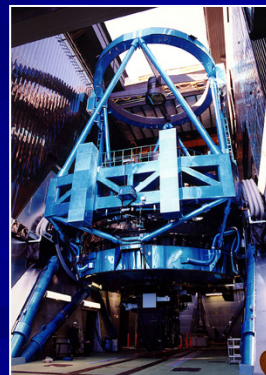
同じ性能



南極2m望遠鏡

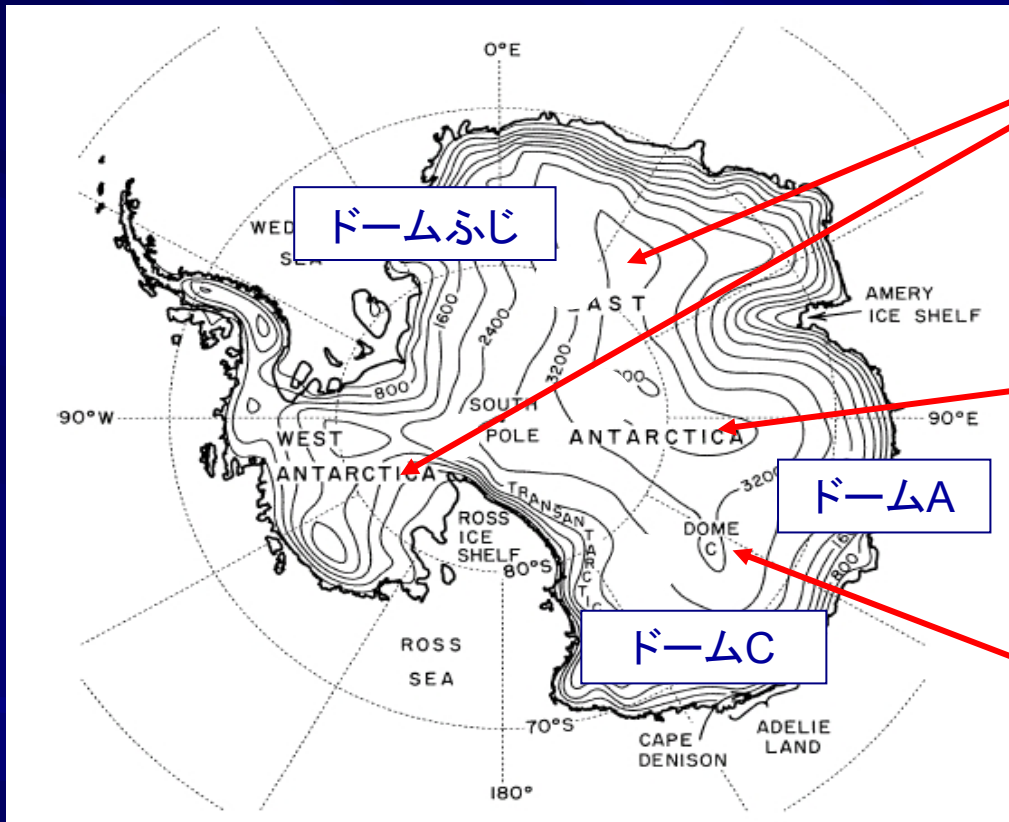


Kurita et al. (2005)



Arcidiacono et al. (2004)

# 外国の取り組み

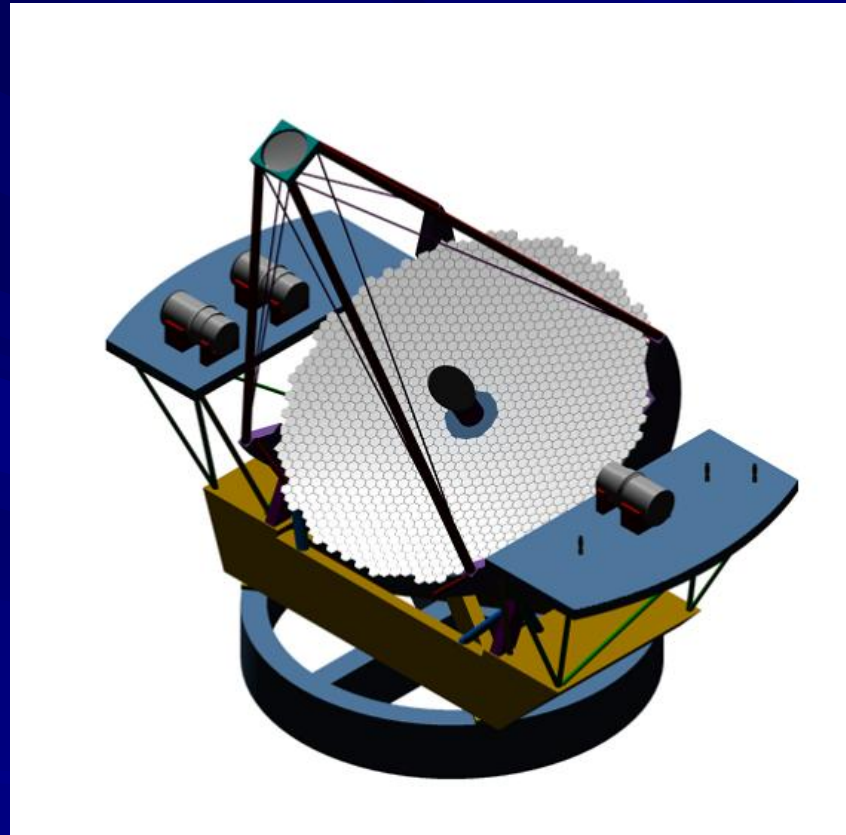


米国国立天文台 サイト調査開始  
(2007?) 日本にも協力の依頼

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)

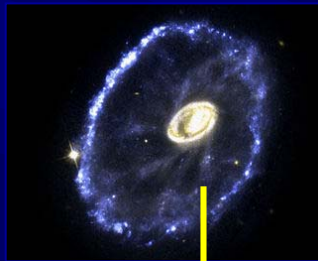
栗田光樹夫(名古屋大学)

岡野章一、坂野井健(東北大)

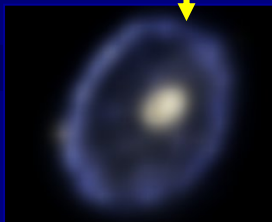
田口 真 (極地研)

# 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

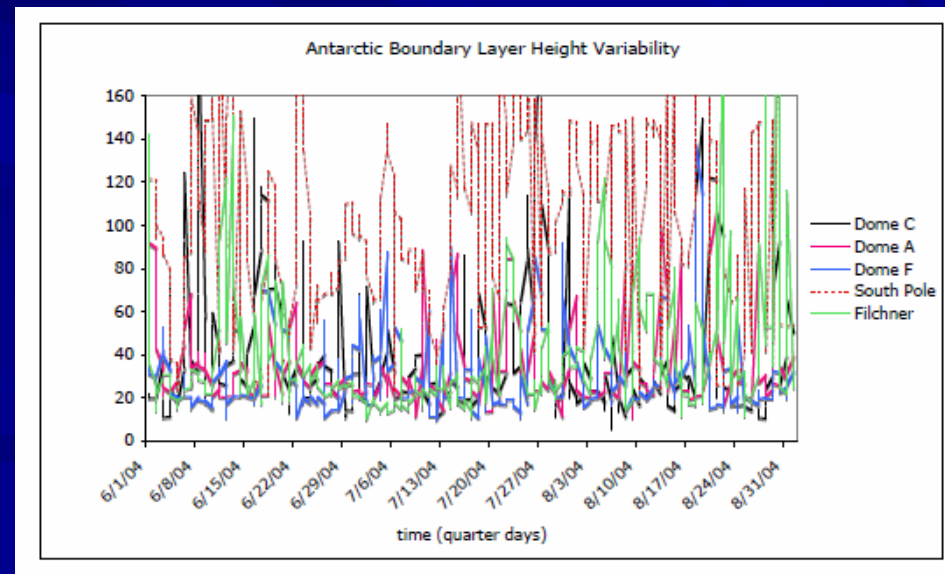


ハッブル望遠鏡



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

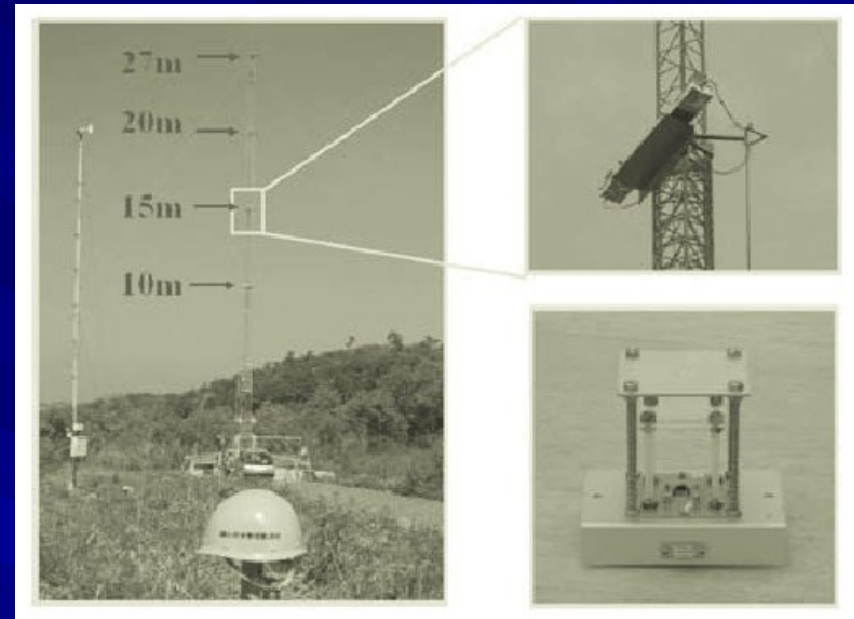


( $25\text{m} < h < 1000\text{m}$ )

第48次隊に委託

# $C_T^2$ センサータワー

Wada et al. (2004)



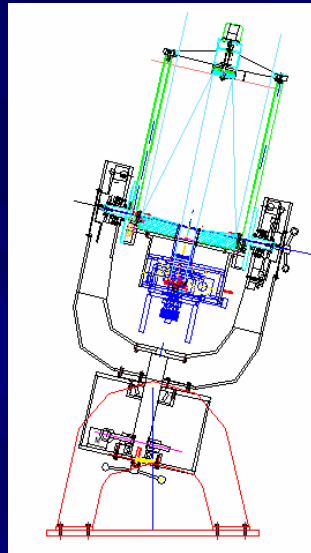
$2\text{m} < h < 15\text{m}$

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