

# ドームふじ基地での赤外線観測

—進捗状況—

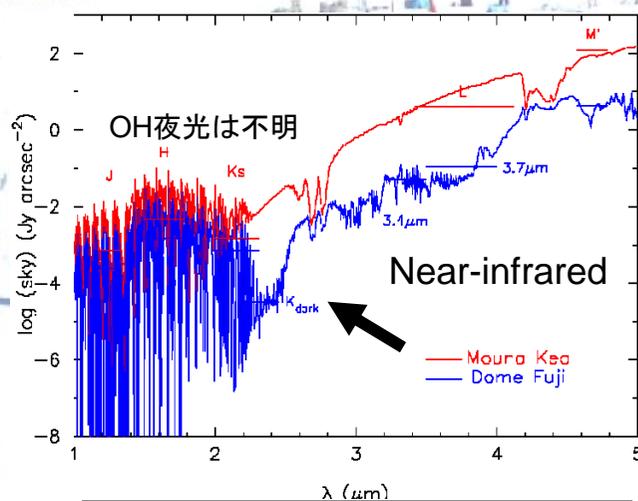
市川隆 (東北大)

# Low sky background & High transmittance

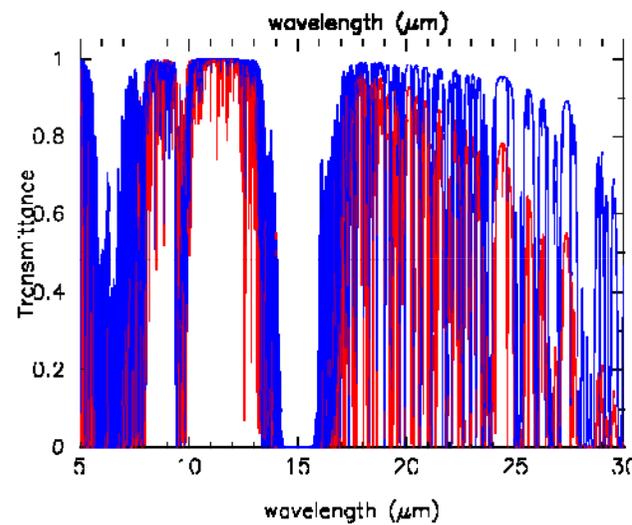
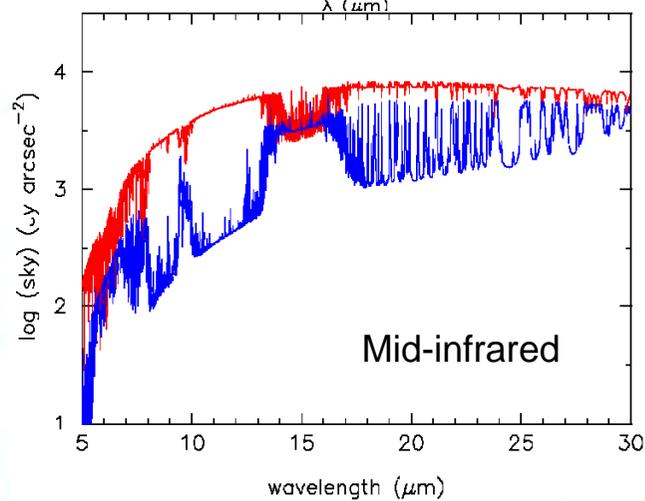
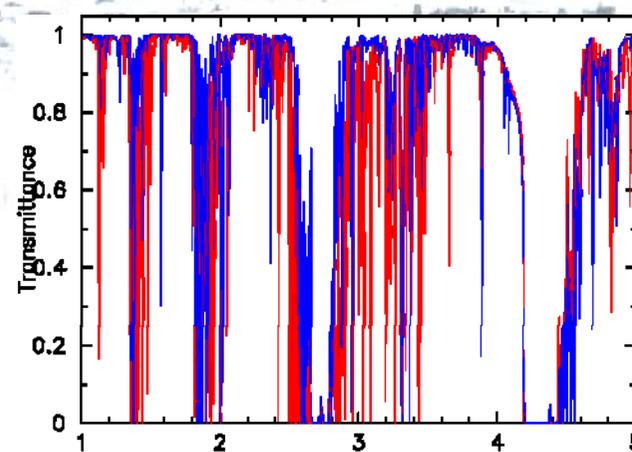
		altitude	temperature	PW
blue	<b>Dome Fuji</b>	3810m	-70°C	0.2mm
red	<b>Mounakea</b>	4200m	0°C	1.0mm

LBLRTM

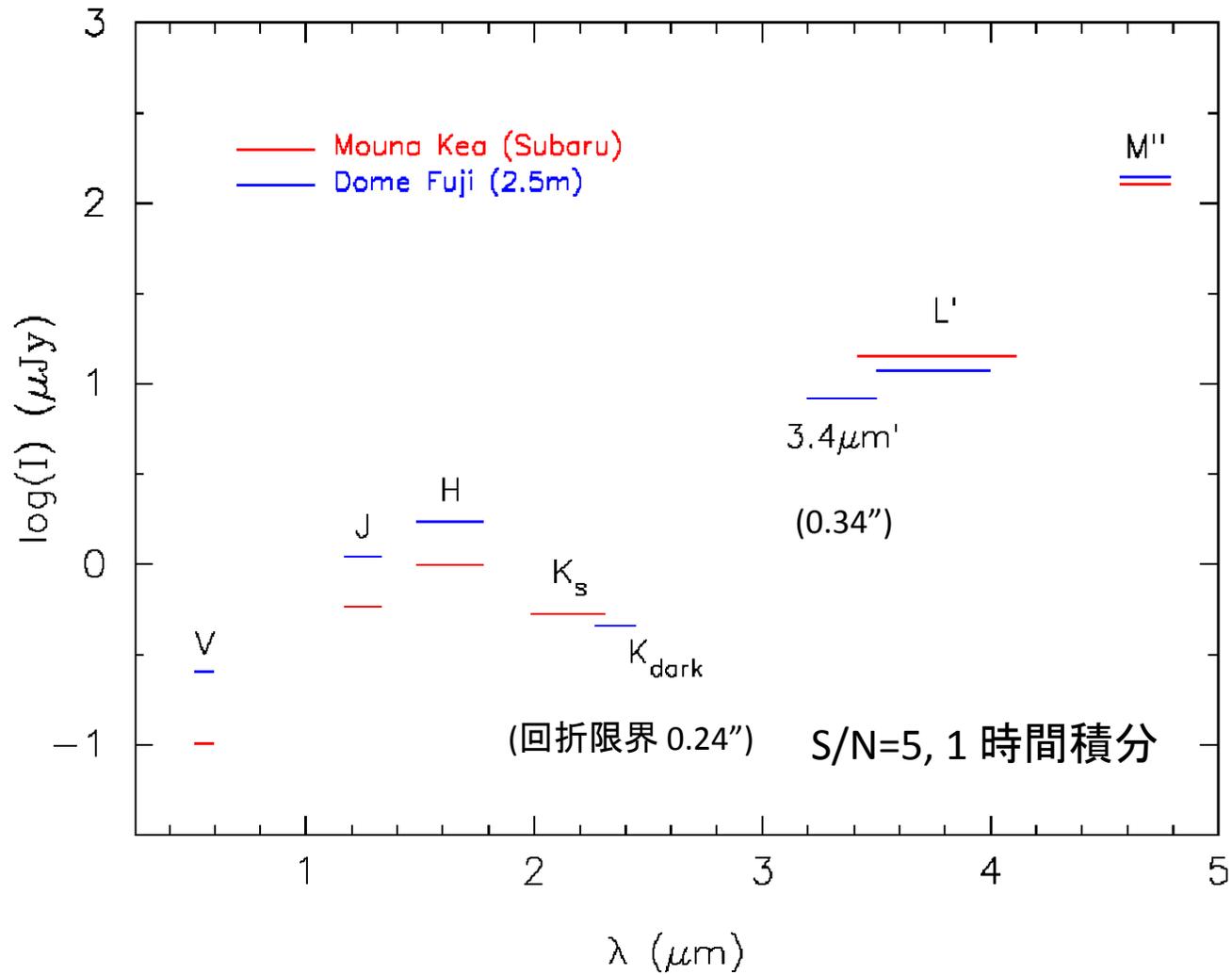
sky background



transmittance



# すばる望遠鏡との 点源検出限界の比較



# ドームふじはオーロラ帯の端にある

赤外線観測には問題なし

77° 19'01"S, 39° 42'12"E

F  
A  
C

7 $\mu$ m

赤外線での観測は少ない。しかし赤外線では非常に弱いと言われている (Phillips+1999; Espy+ 1988).  
(cf. strong CO, NO at 4.7, 5.4  $\mu$ m)

<http://ja.wikipedia.org/wiki/>

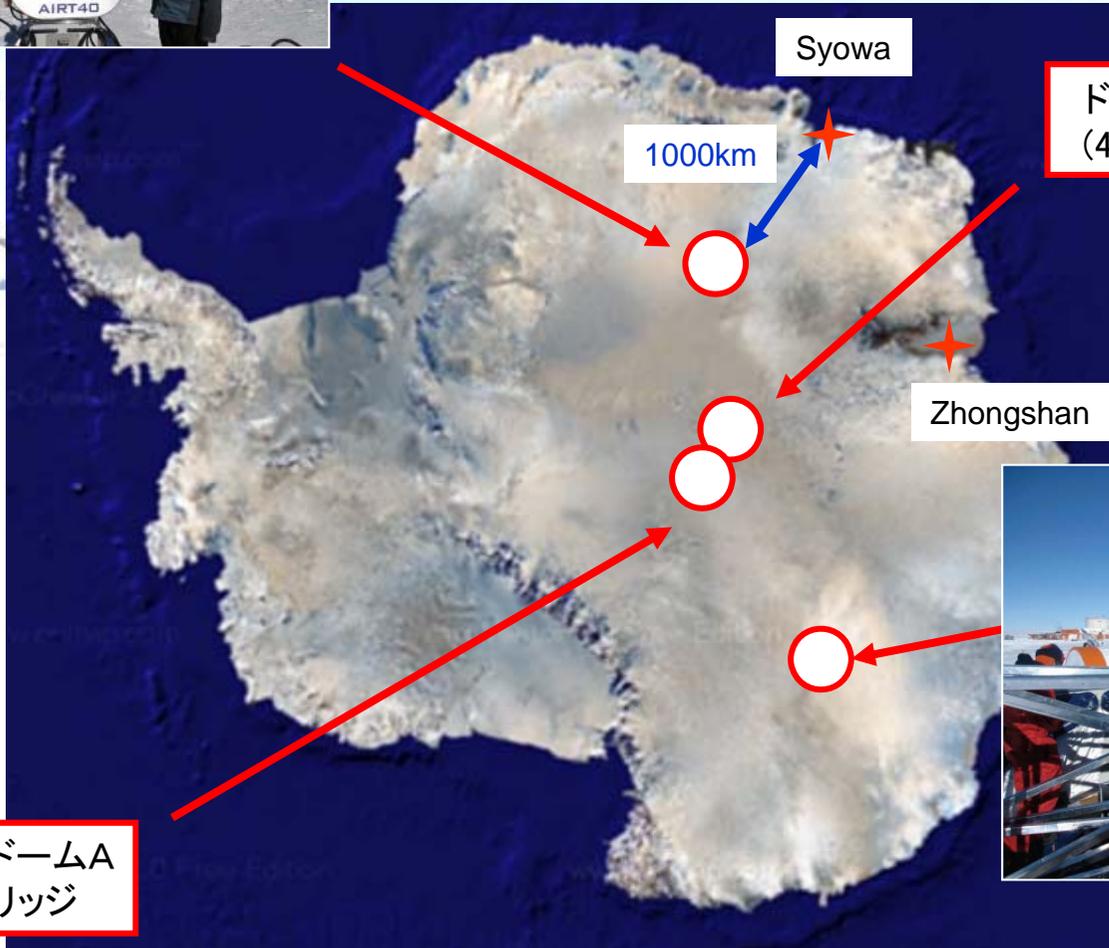


# 南極赤外線望遠鏡の現状



ドームF  
(3810m)

50cmシュミット望  
遠鏡の設置(2012)



Syowa

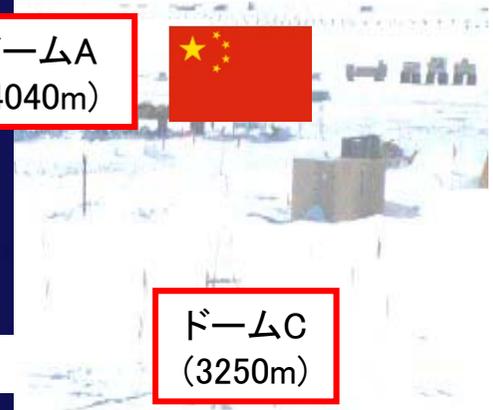
1000km

ドームA  
(4040m)



Zhongshan

ドームC  
(3250m)



ドームA  
リッジ



80cm望遠鏡  
(2013から観測?)  
(1.5~28 $\mu$ m)



# 2.5m赤外線望遠鏡

## 栗田式超軽量架台

雪面上設置のため、軽量化は必須  
保守が容易な簡易な構造

## エンクロージャー

雪、雨、風の心配がないので、簡易ドームが良い



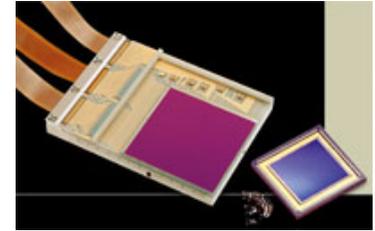
例  
φ7m発砲スチロール半球(30万円)

# 観測装置

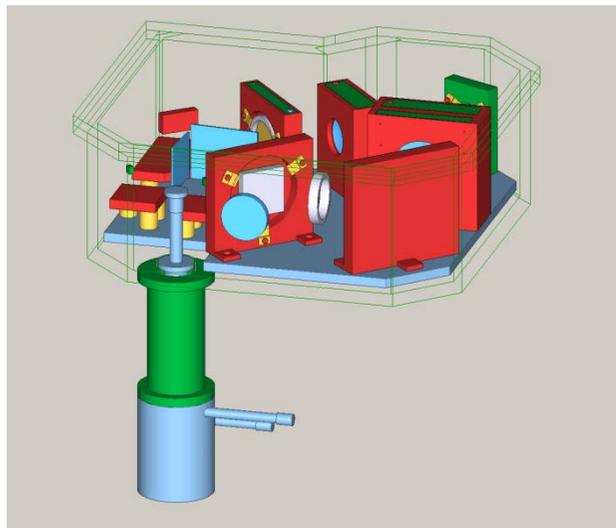
2K × 2K InSb (ORION) 3個用いた3色カメラ

1~5 $\mu$ m + 低分散( $R \sim 100$ )分光+(多天体分光)

7'x7' (0.2"/pixel)

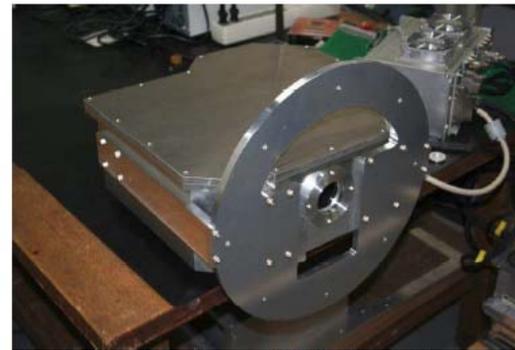


40cm望遠鏡用プロトタイプ



+安価な新読み出し回路

2.4 $\mu$ m、3.4 $\mu$ m、3.7 $\mu$ m



2Kx2K HgCdTe (VIRGO)

256x256 InSb x 2

# 目標とするサイエンス

現地での過酷な環境とアクセスの悪さを考慮して、当面は簡単な撮像装置による研究を行う

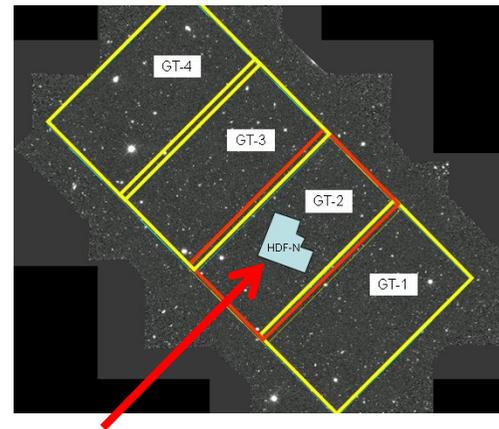
- 近赤外線広域銀河探査
- 系外惑星探査
- 重力崩壊型超新星探査
- 広域 $5\ \mu\text{m}$ サーベイ
- 長周期変光天体モニター

# ➤ 近赤外線広域銀河探査

2.4 $\mu\text{m}$ ~5 $\mu\text{m}$

これまでの地上観測の最大の深さ(MODS)で、最大の広域銀河探査を行い、特に  $z\sim 3$  領域までの低質量銀河( $M_{\text{star}} \sim 10^9 M_{\text{sun}}$ )の分布から星系質量を基とする銀河の基本的構造パラメータやクラスタリング進化を研究する。特に、波長2.4 $\mu\text{m}$ の窓は可視光並みの深さで観測が可能である。3.4 $\mu\text{m}$ 、4 $\mu\text{m}$ との同時撮像観測を行う。

すばる望遠鏡とMOIRCS

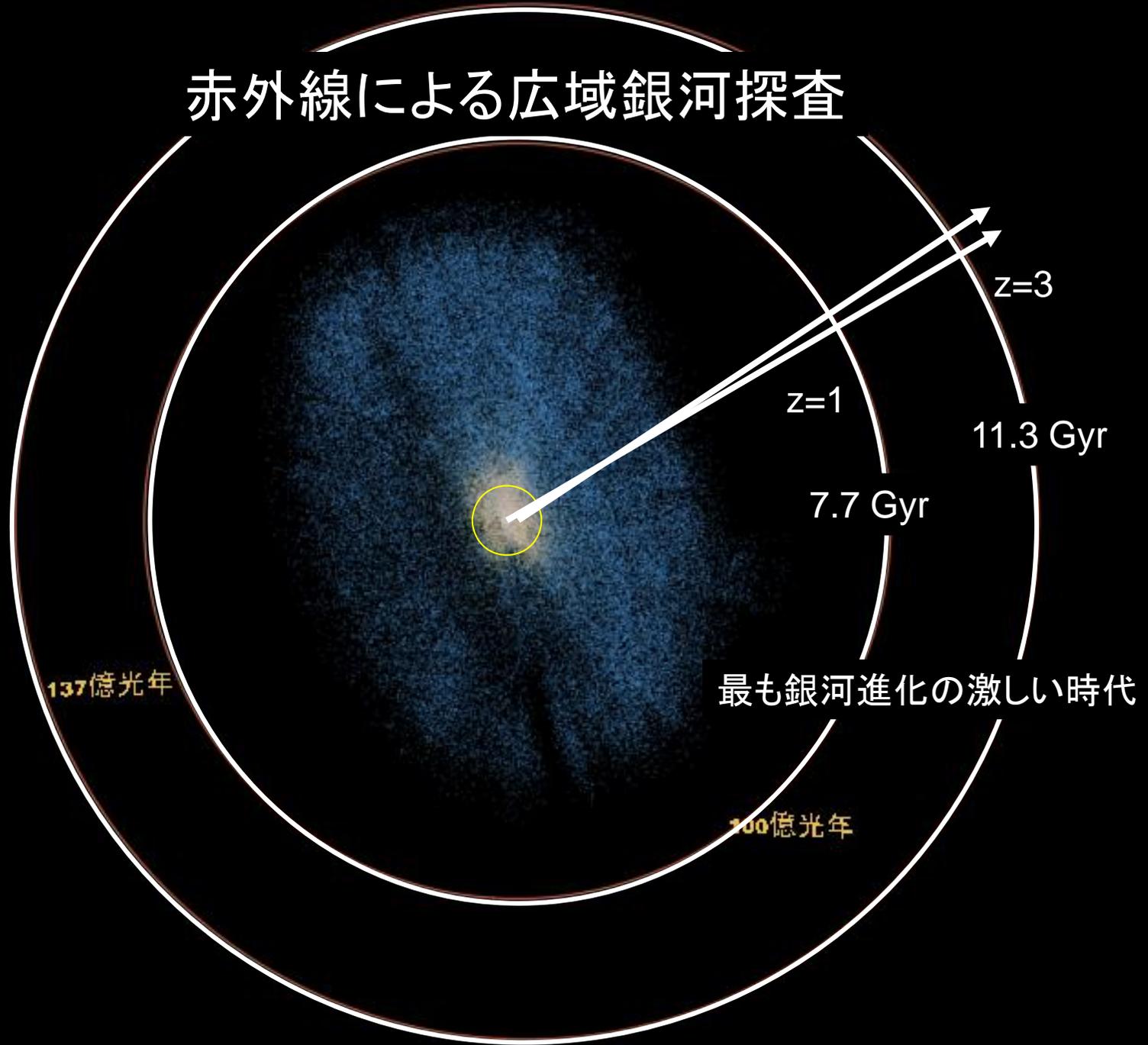


28 arcmin<sup>2</sup>

26.5 mag (AB) (5 $\sigma$  30時間)

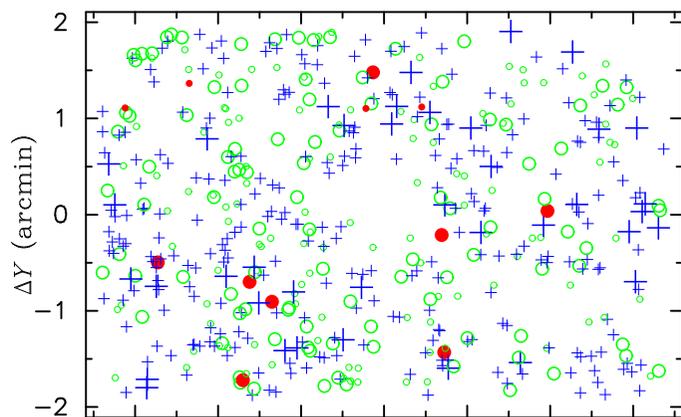
スペース観測も含め、Kバンドで世界最深

# 赤外線による広域銀河探査

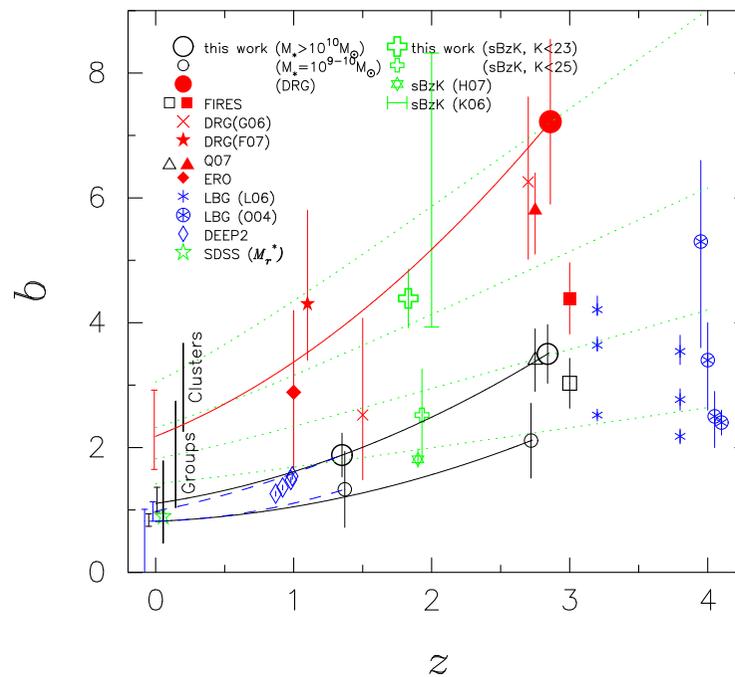
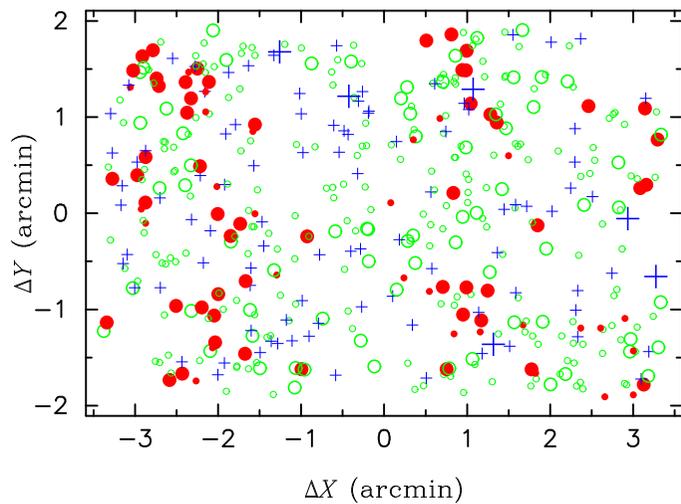


# 銀河分布

(a)  $1 < z < 2$



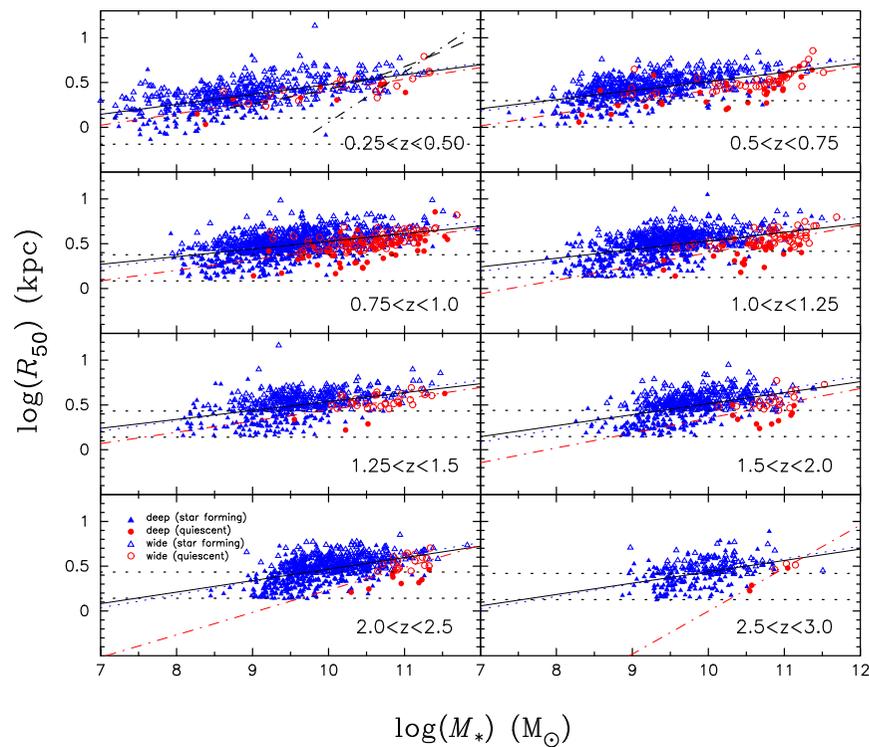
(b)  $2 < z < 4$



低質量銀河のクラスタリング進化  
(Ichikawa et al. 2007)

- ◆低質量銀河は $\Lambda$ CDMモデルよりずっと合体の兆候が少ない
- ◆大質量銀河の周りに低質量銀河が予測よりずっと少ない

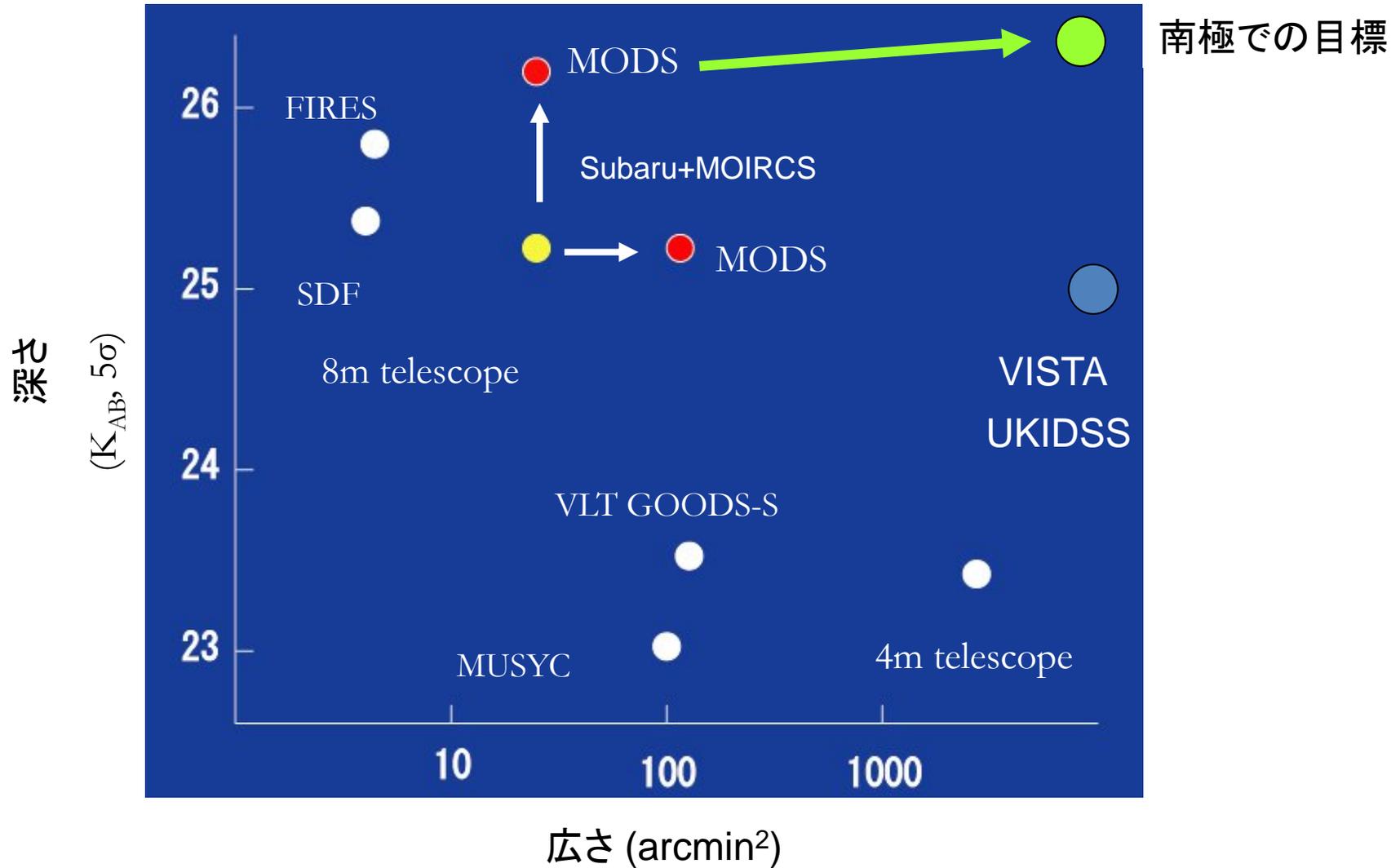
### 銀河の質量と大きさの関係と進化



銀河はいつの時代も同じように進化  
合体は少ない

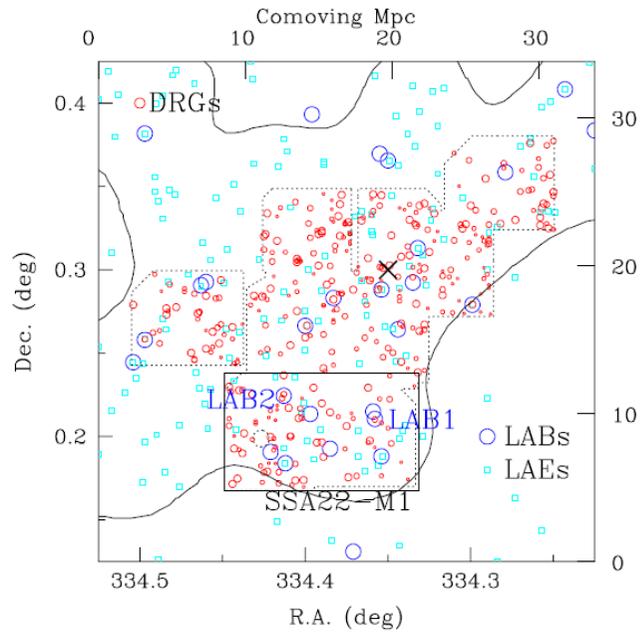
Ichikawa+ (2012)

# Kバンドでの銀河サーベイ



# MOIRCSによるSSA22領域( $z \sim 3$ )の大質量銀河の分布 (Uchimoto+2012)

K=24.3



約100倍(1平方度)を1冬(極夜)で完成

100Mpcx100Mpc領域における低質量銀河(building block)分布の解明

# ➤ 系外惑星探査

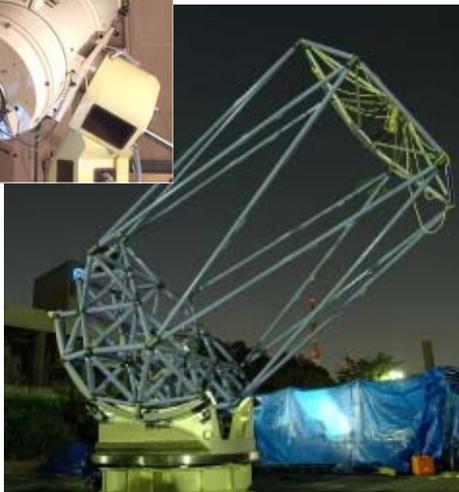
3色赤外線カメラ

CCDカメラ(2.5m望遠鏡に同架可視光小型望遠鏡)

極夜を利用した長周期系外惑星の大気構造の研究を行う。反射光の検出は困難と思われるが、第1食、第2食の継続的観測により大気の色、分子線の検出などが期待される。

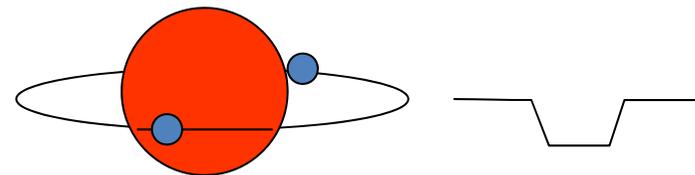


可視



赤外線

大気の色、分子線



サイズ、大気の色、(大気成分)

# 赤外・可視同時観測による惑星の分類法(反射光)

Lundock, Ichikawa (2009)

## 太陽系の惑星と衛星の反射光

Figure 1

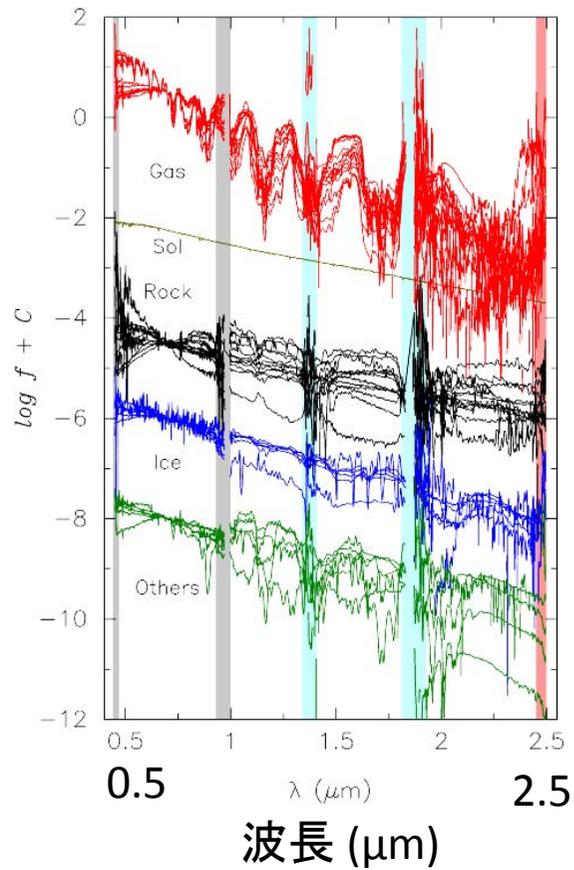
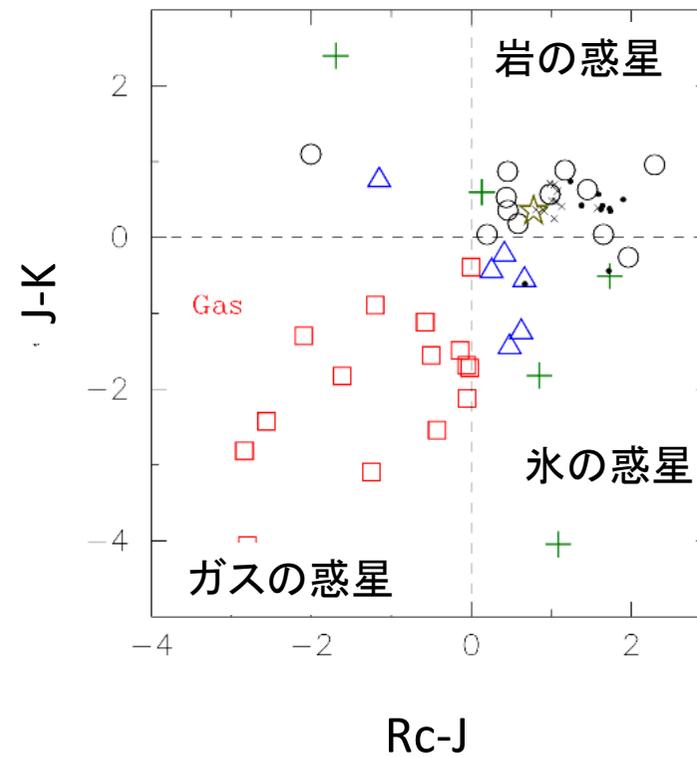


Figure 2

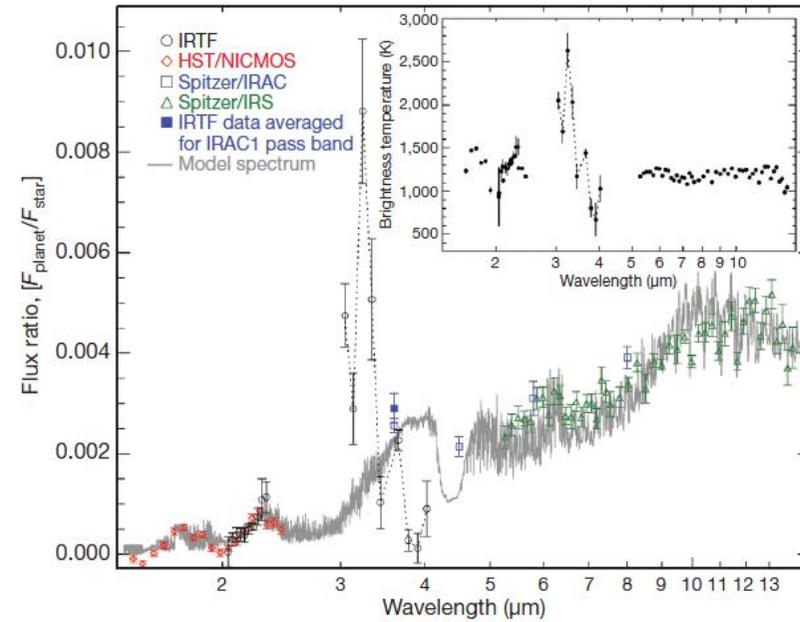
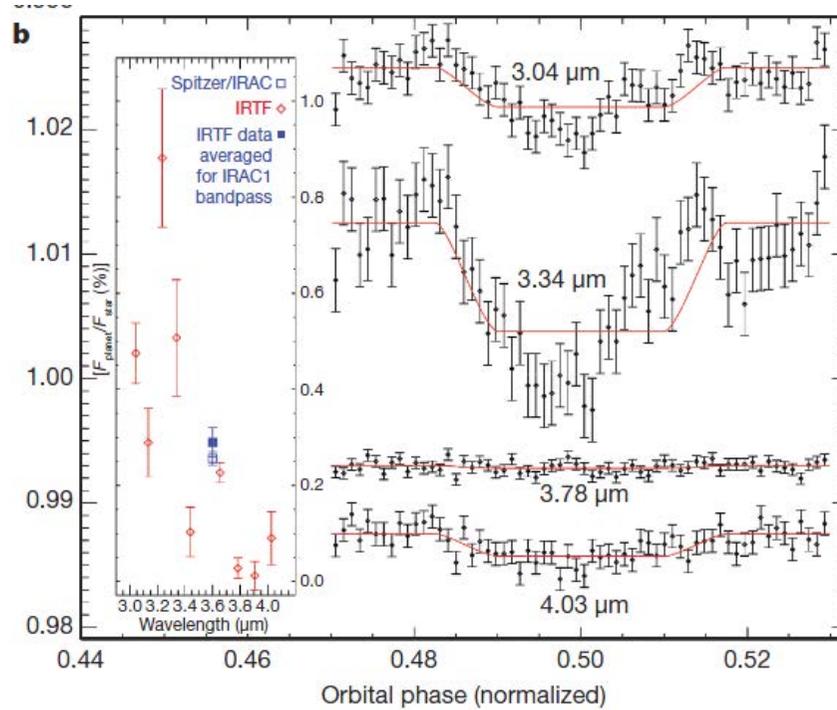


# 惑星の大気温度と分子の検出

$H_2O$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$ ,  $CO$

Swain+ 2010

HD189733b

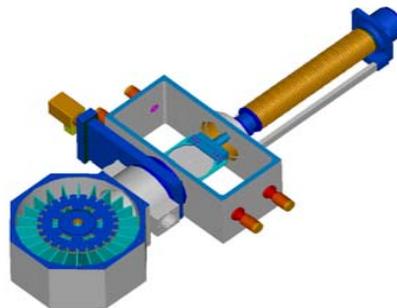
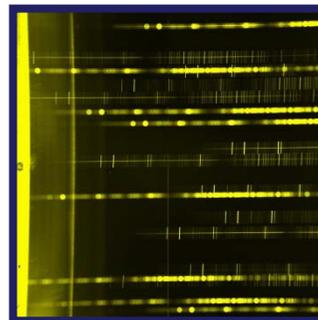
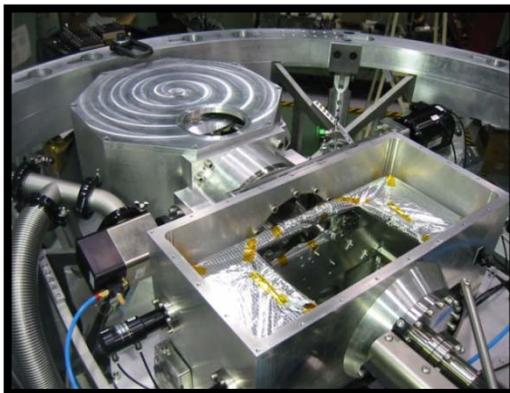


## 南極の特色を生かした観測

- ◆ 安定した大気
- ◆ 少ない水蒸気
- ◆ 4ヶ月の極夜+薄明夜
- ◆ 長周期惑星の観測
- ◆ 単周期惑星の繰り返し観測

## 交換型マルチスリットによる低分散多天体分光

MOIRCSの例



非常に簡素化したシステム



多数の分光参照星

## ➤ 重力崩壊型超新星探査

赤外線での高い透過性を利用して、近傍銀河から $z\sim 1$ 程度の超高光度赤外線銀河(ULIRG)の系統的観測による、ダストに覆われた活発な星生成領域内での超新星探査を行う。IMFの上限質量などの研究を行う。

星生成率 $\sim 100$  /yr  
発見確率が高い



ULIRG IRAS19297-0406

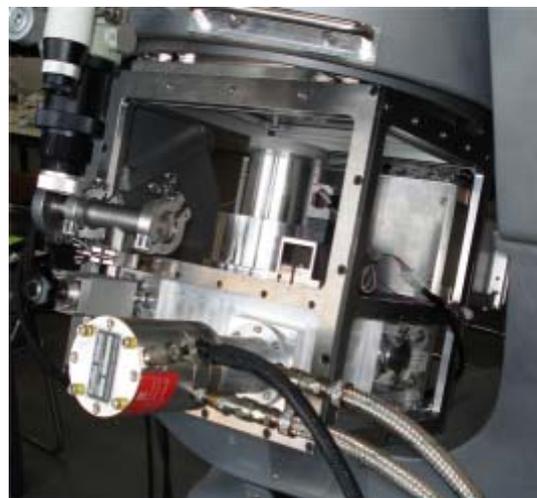
極夜期に行うことで、発見後も連続して観測を行うことが可能である。

# 進捗状況

## 小型望遠鏡によるパイロット研究

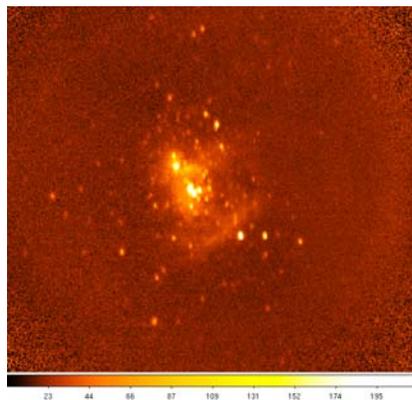
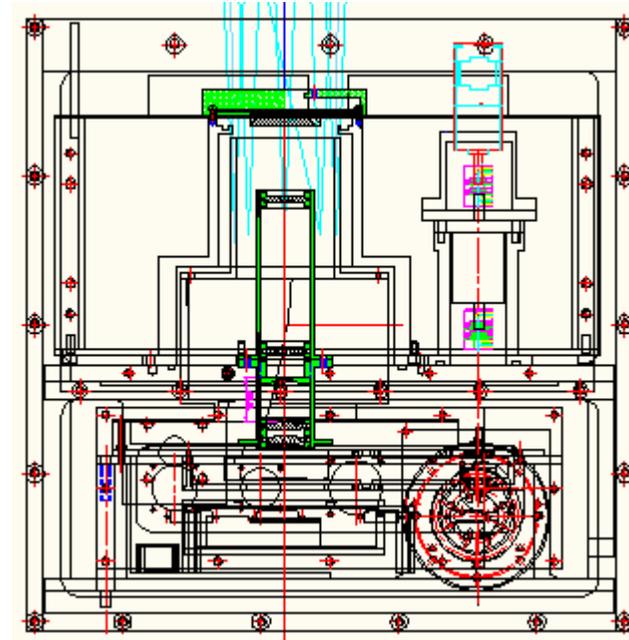
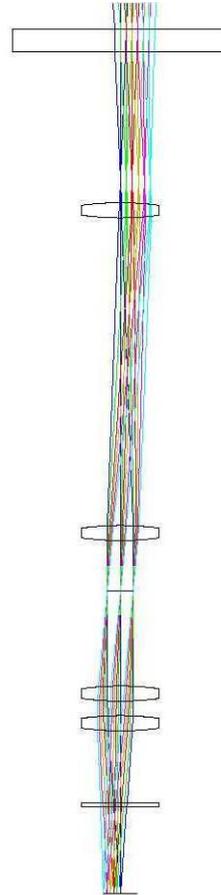
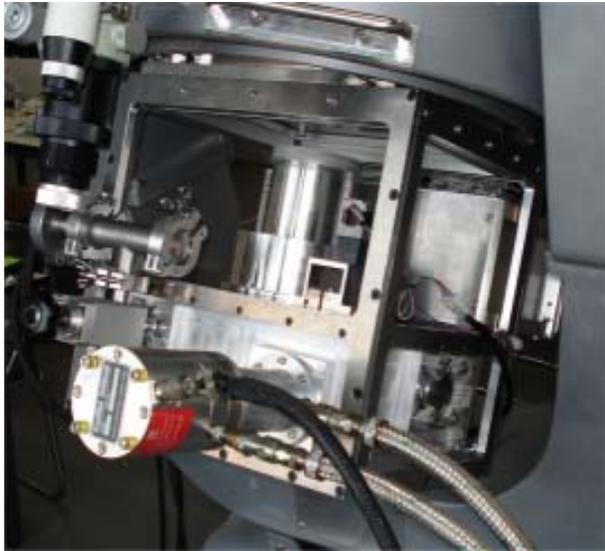


40cm望遠鏡



小型赤外線カメラ

# AIR-TONIC



Array: 2048x2048 HgCdTe(VIRGO)

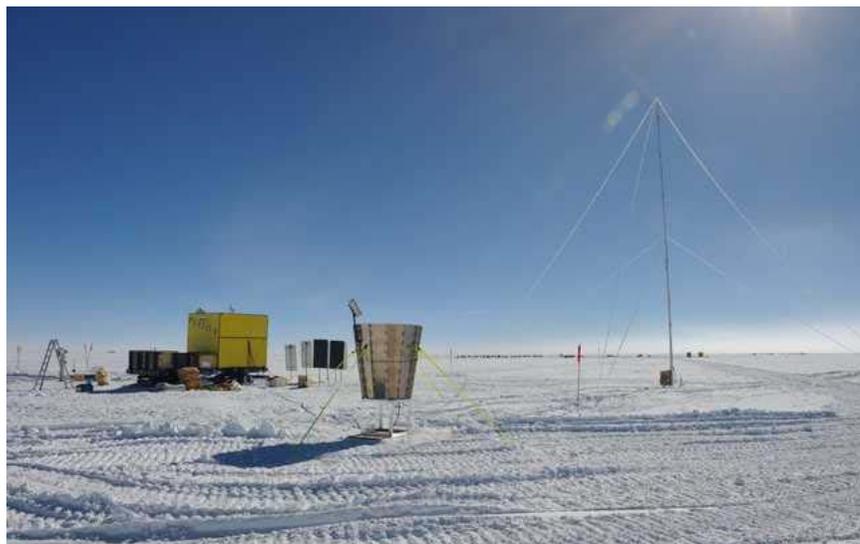
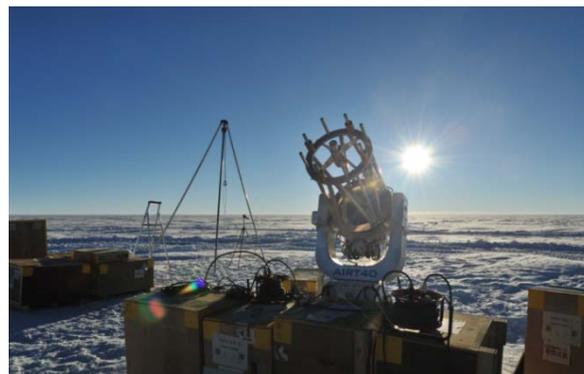
FoV:  $\phi$  9.6' (<15')

Scale: 1.53/pixel

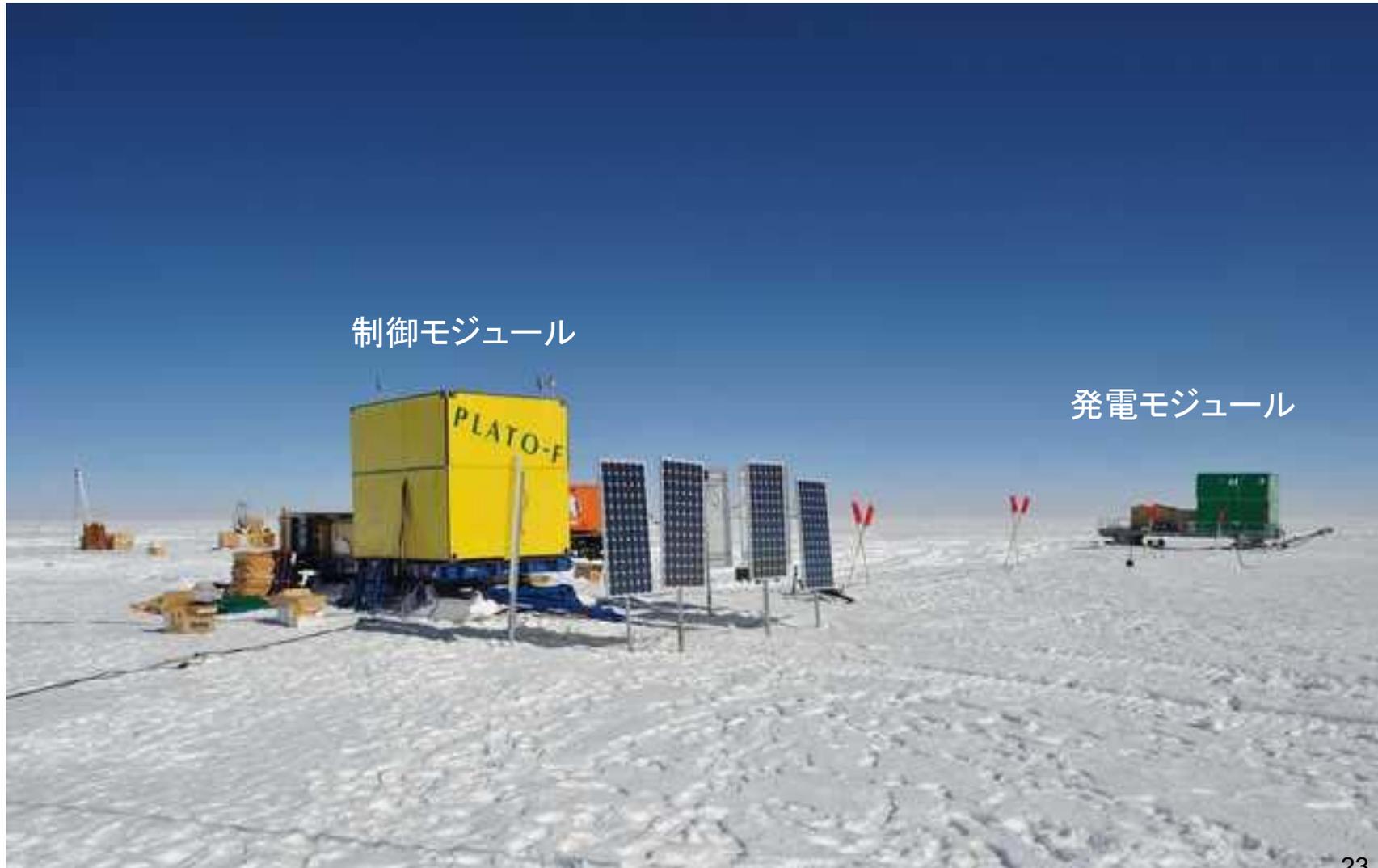
Filter: J, H, P $\alpha$ , Kdark etc.

## 2010/2011 第52次観測隊によるドームふじ基地天体観測所開設

南極ドームにて世界初の赤外線ファーストライト



# 無人での運用 オーストラリア・ニューサウスウェールズ大学との共同研究



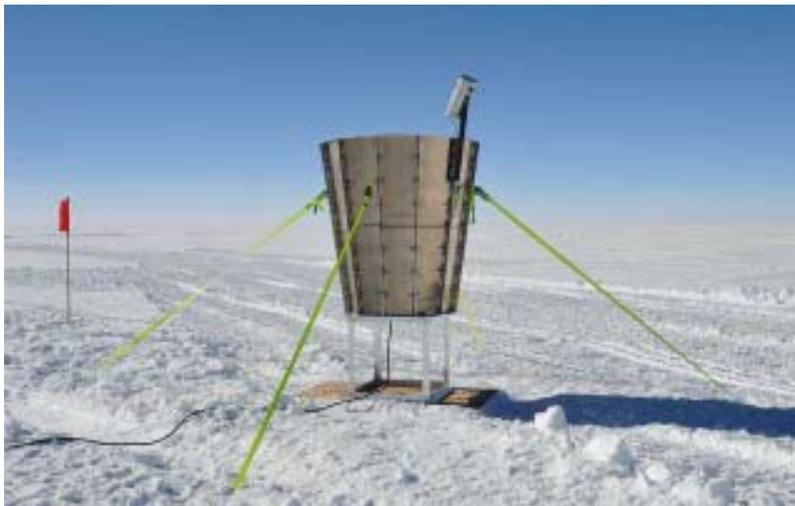
TwinCAM  
10cmx2



16m 気象ポール



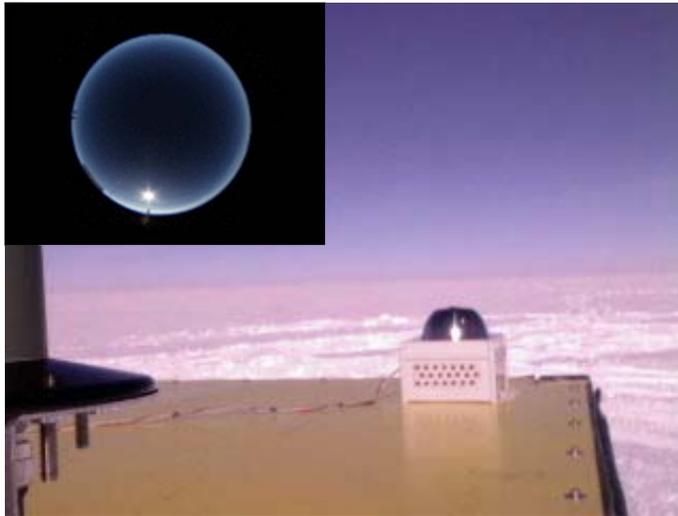
SNODAR (Bonner et al.)



**データ回収は2012/2013**

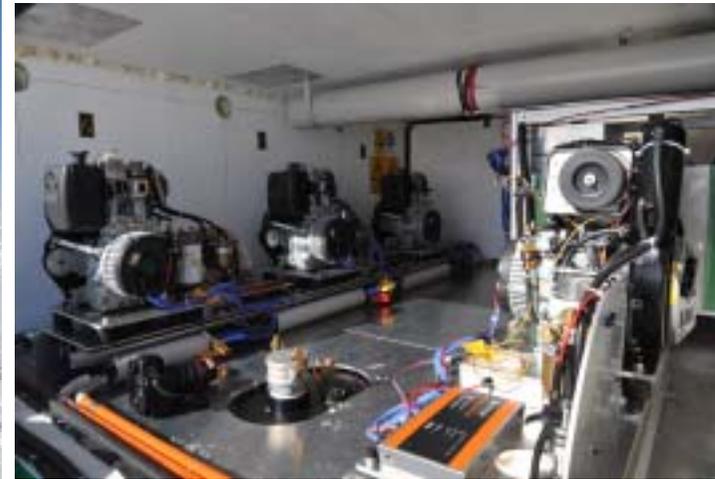
# ウェブカメラと全天カメラ

Storey, Ashley et al.



# 自動発電装置

1kW を連続600日間  
(2kWを300日間に改修予定)



Storey, Ashley et al.

2011/7/7に異常電流のため停止

# 2012/2013 第54次観測隊

沖田、小山(東北大)

ドームふじ基地での設営

- 40cm望遠鏡、ステージ、観測室の設置
- 天文気象観測装置の保守、データ回収
- 自動発電装置PLATO-Fの修理・保守



昭和基地に仮設置された40cm望遠鏡



8m高ステージ  
(ジャッキアップ式)

# 基礎技術開発

と言っても、できる限り簡単で確立した技術を基本

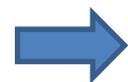
越冬基地ができても  
年に一度の補給

# 基礎技術開発

- -80°Cでの駆動実験
- 保温技術



DIMM 装置 (Okita 2012)



北大低温科学研究所の低温室(-50°C)での総合テスト

# 基礎技術開発

## ➤ 不等沈下(2013予定)

- 氷盤は地下100m、非常に堅い層であり、安定している。掘削は簡単
- 雪上の建築物は不等沈下が危惧される

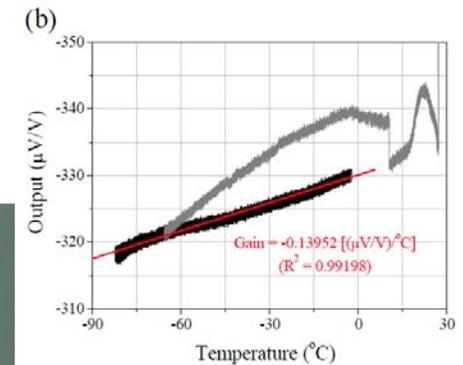


ドームふじ設営予定の8mステージ(昭和基地での仮組)

パラウェブマット、テラムシート、ベニヤ板を基礎



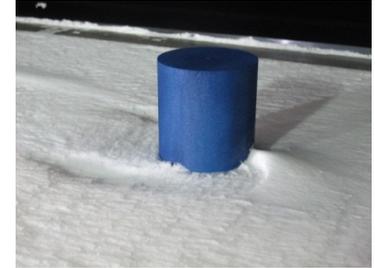
高精度傾斜計による不等沈下の測定(極地研 金)  
-80°Cで±5度、0.01度精度



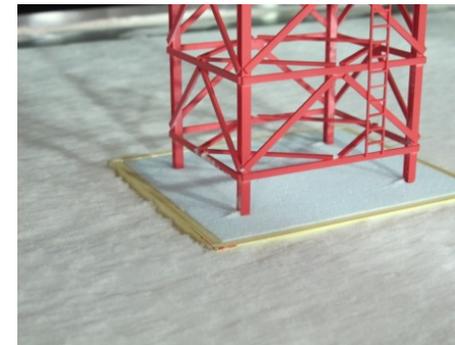
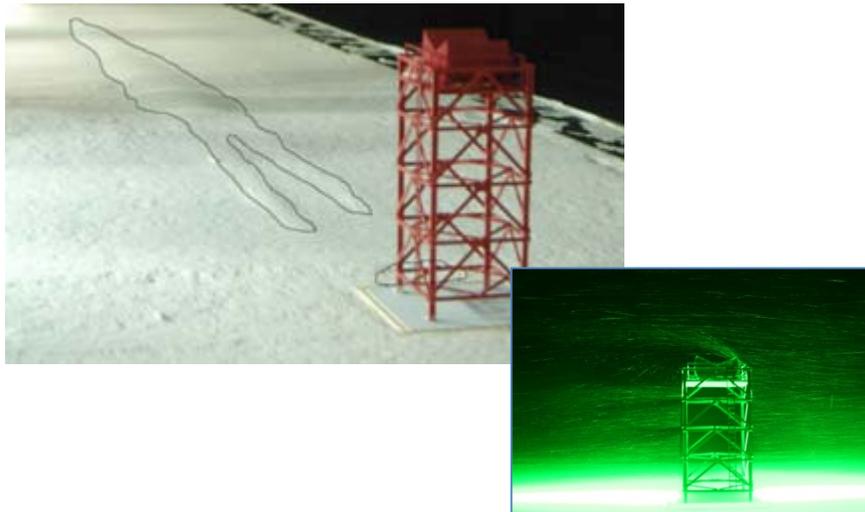
オフセットの温度依存性

# 基礎技術開発

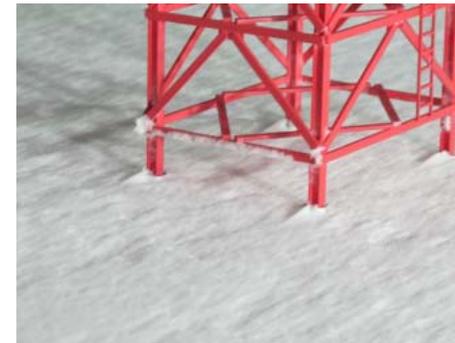
- ドリフト(地吹雪による積雪の再配分)  
(2013予定)



建物の構造によって、吹きだまりが加速される

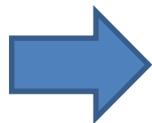


30分後



雪の風洞実験(極地研金氏、日大森脇氏提供)

(独)防災科学技術研究所雪氷防災研究センター新庄支所



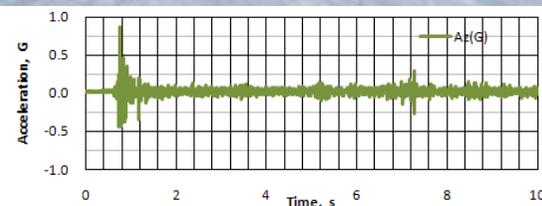
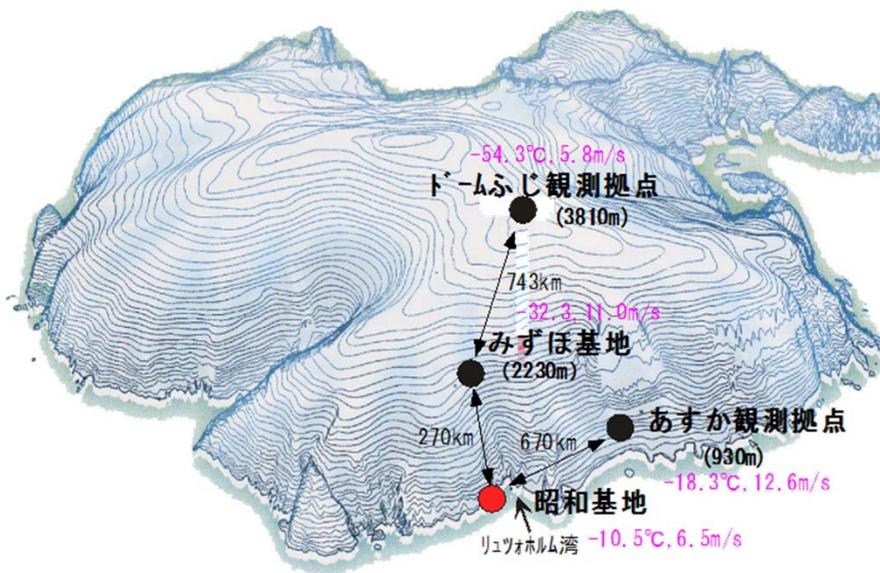
高床・ジャッキアップ式を採用

# 基礎技術開発

## ➤ 精密装置の運搬技術

天文用ソリの運送時の振動測定 (2012/13 予定)

香川(金沢大)



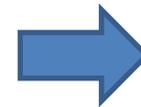
2008/2009S16-みずほ基地

# 基礎技術開発

## ➤ データ通信

現在ドームふじ基地は128kbps イリジウムOpenPort  
~1kB/円  
80万円/GB (割引あり)

ドームふじ基地のOpenPort



インテルサットによる通信の提案  
KDDI

南極点の米国基地は古い静止衛星を用いている

## まとめ

- ◆ 2.5m望遠鏡によるサイエンス
- ◆ 40cm望遠鏡によるパイロット観測
- ◆ 基礎技術開発の必要性



# 南極遠征

年	観測隊員	同行者	主なミッション
2006/2007			大気透過率、大気擾乱測定依頼
2008/2009		瀬田益道(筑波大)	大気透過率
2010/2011	高遠徳尚(国立天文台)	沖田博文(東北大)	天体観測所開設
2011/2012	市川隆(東北大) 小山拓也(東北大)		昭和基地への運搬
2012/2013	沖田博文(東北大) 小山拓也(東北大)		40cm望遠鏡設置
2013/2014	(筑波大)		昭和基地越冬
2014/2015	(筑波大2名)	(東北大)	30cm電波望遠鏡観測 データ回収
2016(?) ~			新ドームふじ基地建設

天文で毎年1~2名の隊員枠

感度では圧倒的に衛星に負けるが、

- 安価 (<5億/台)
- ホームテレスコープ
- 長期、繰り返し観測
- 新しいアイデアのテスト
- 新装置のテスト
- 赤外線干渉計のための準備