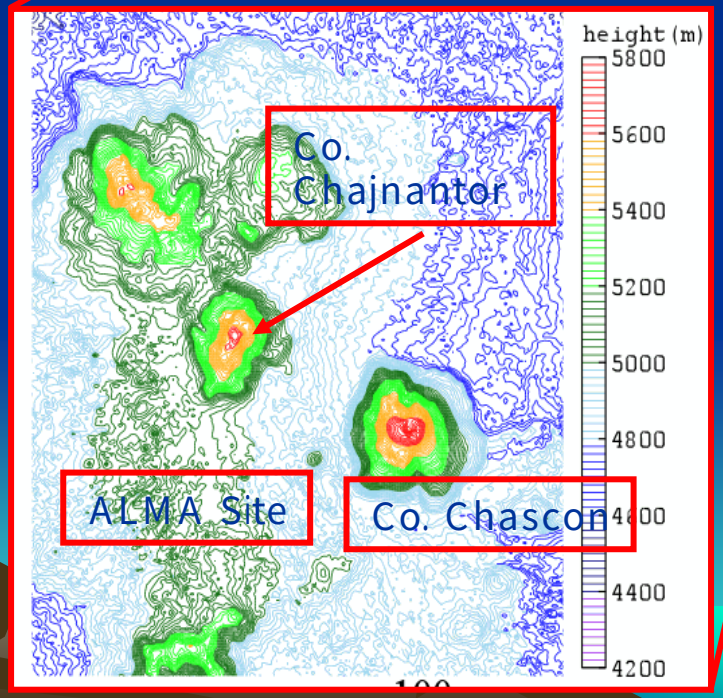
東大アタカマ望遠鏡計画

本原顕太郎、吉井譲、川原公明、田中培生、土居守、河野孝太郎、田辺俊彦、半田利弘、宮田隆志、征矢野隆夫、酒向重行
(東京大学天文学教育研究センター)

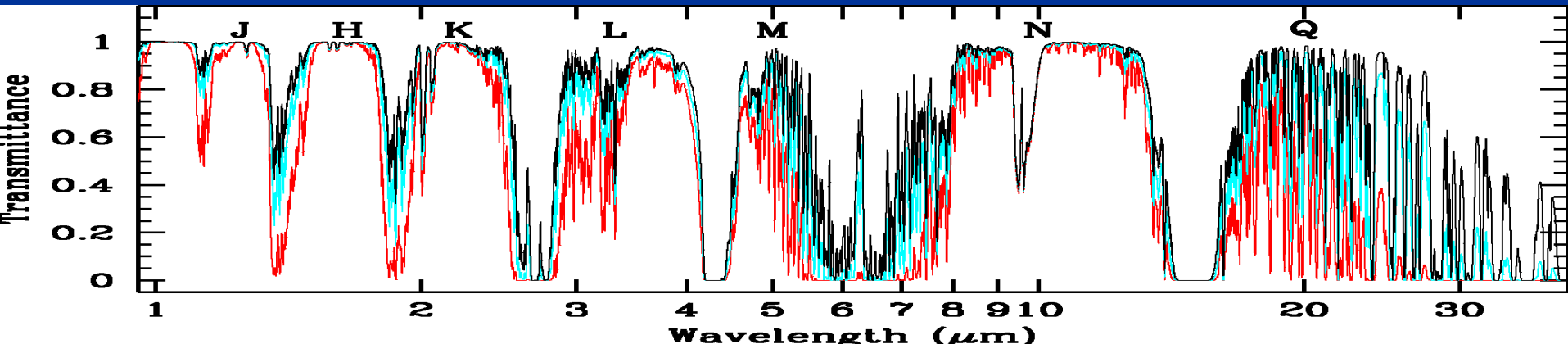
ＴＡＯ計画とは？

- 南米アタカマ高地の孤立峰、チャナントール山頂(５６００m超)
- 口径6.5mの赤外最適化望遠鏡

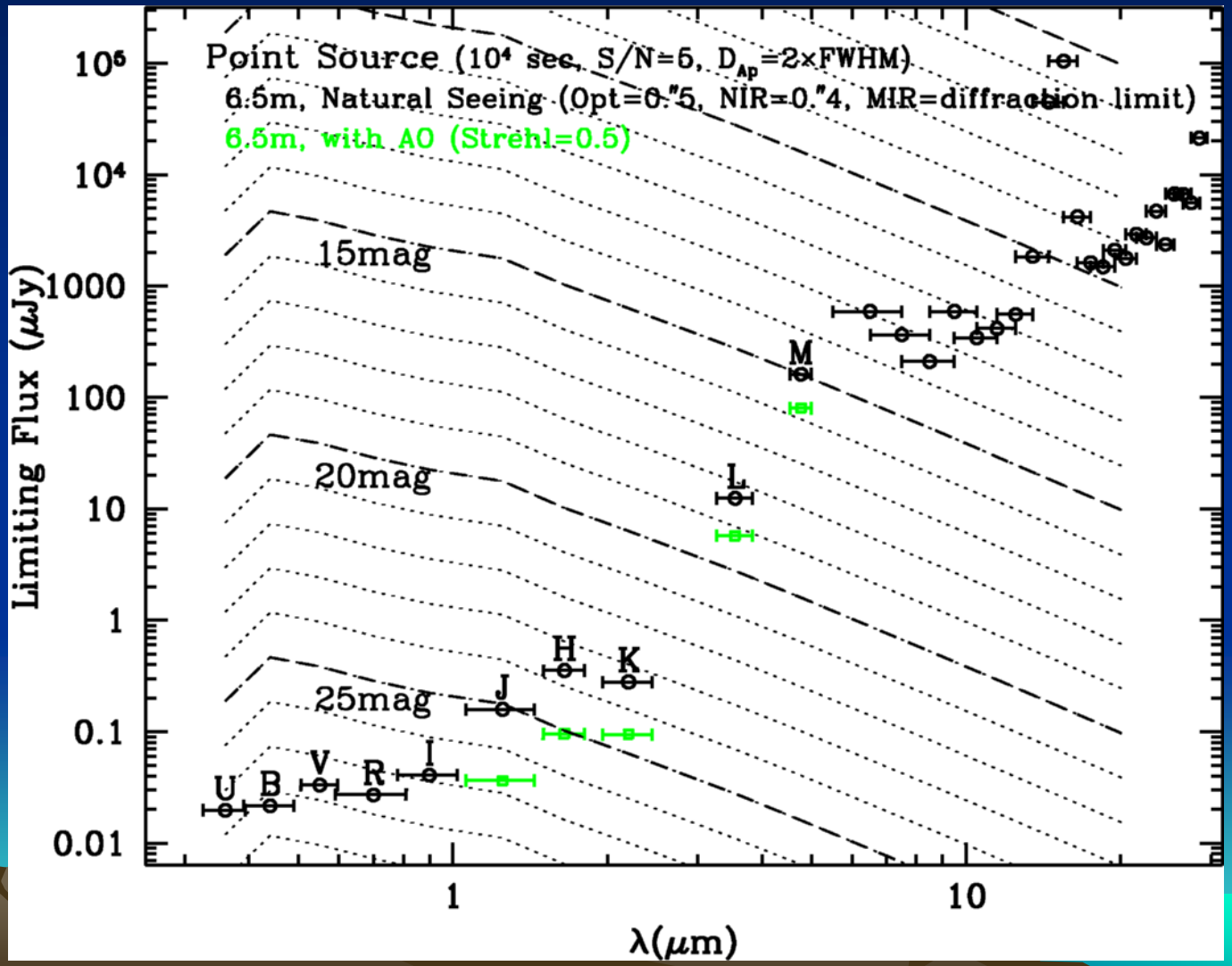


計画の特長

- 赤外線最適化
  南天で唯一の標高４０００m超の大型光赤外望遠鏡
  - 近赤外
    - 可変形副鏡で広視野高解像度
    - バンド間のない分光観測
  - 中間赤外
    - 可変形副鏡で常に回折限界像
    - 地上からの３０μmの観測
- 萌芽的、サーベイ的研究を重視
- 大学の教育を重視
- 共同利用よりは共同研究で
  （７０大学よりのご支持）
- 南天の観測：ＡＬＭＡとの連携



限界等級


Point Source (10⁴ sec, S/N=5, D_Ap=2×FWHM)
6.5m, Natural Seeing (Opt=0."5, NIR=0."4, MIR=diffraction limit)
6.5m, with AO (Strehl=0.5)
15mag
20mag
25mag
U
B
V
R
I
J
H
K
L
M
Limiting Flux (μJy)
λ(μm)
10⁵
10⁴
1000
100
10
1
0.1
0.01
1
10

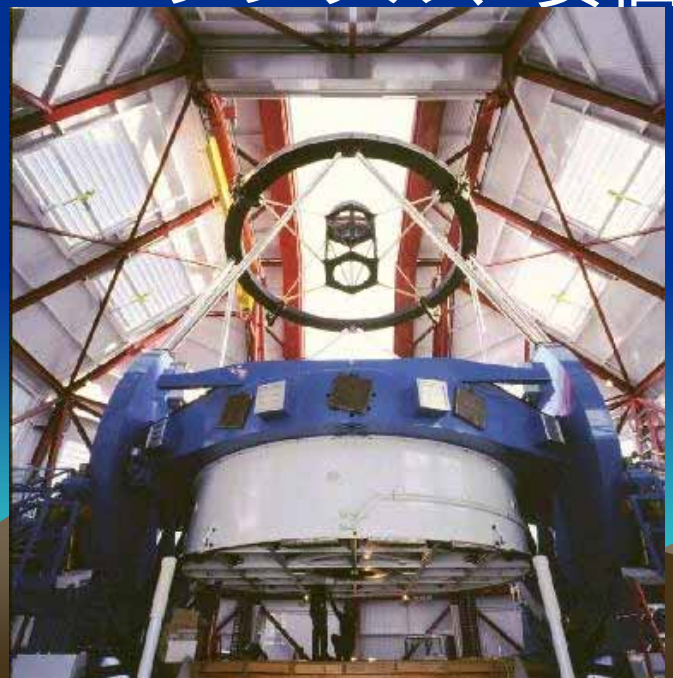
目指すサイエンス

- 近赤外分光観測
  - QSOのMg/Fe比測定による宇宙年代学
  - 遠方のIa型超新星観測による宇宙膨張測定
- 近赤外広視野サーベイ観測
  - 静止系可視光での遠方銀河サンプルの研究
- 中間赤外線高空間分解能観測
  - 星周ダストディスク/シェルの高空間分解観測
- ALMA他によるターゲットのフォローアップ
  - 星生成領域・恒星・銀河など様々な分野で

……などなど

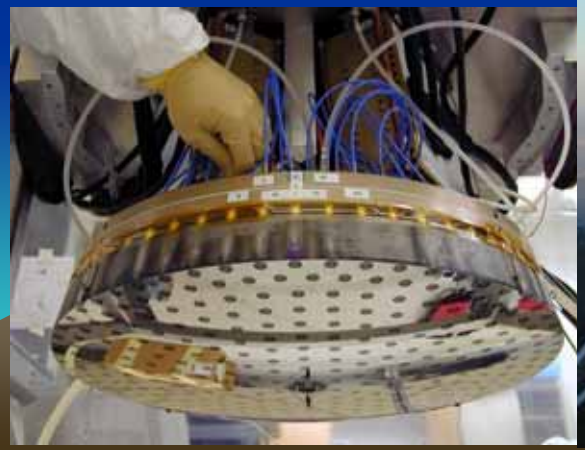
望遠鏡概要

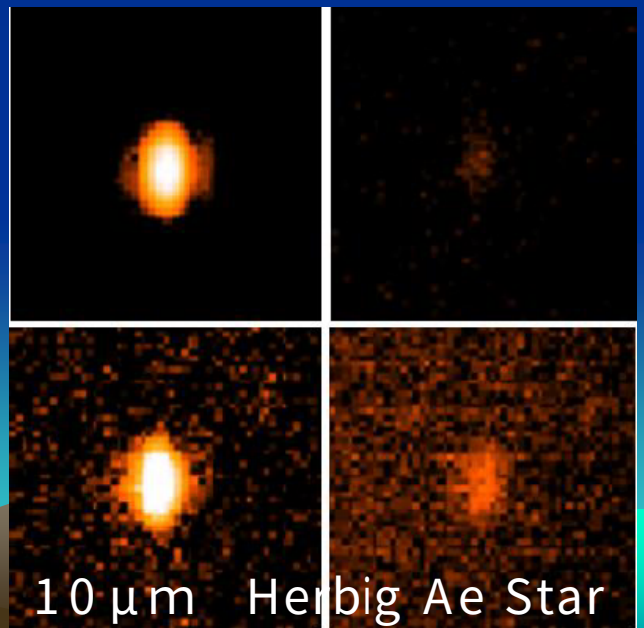
- Magellan 6.5m 望遠鏡をベース
  - リアルタイムの主鏡制御
  - ドームまで含め廃熱を考慮した設計
  - ⇒　I-バンドで0.2”を切るシーイング！
  - シンプル、安価



望遠鏡概要(続き)

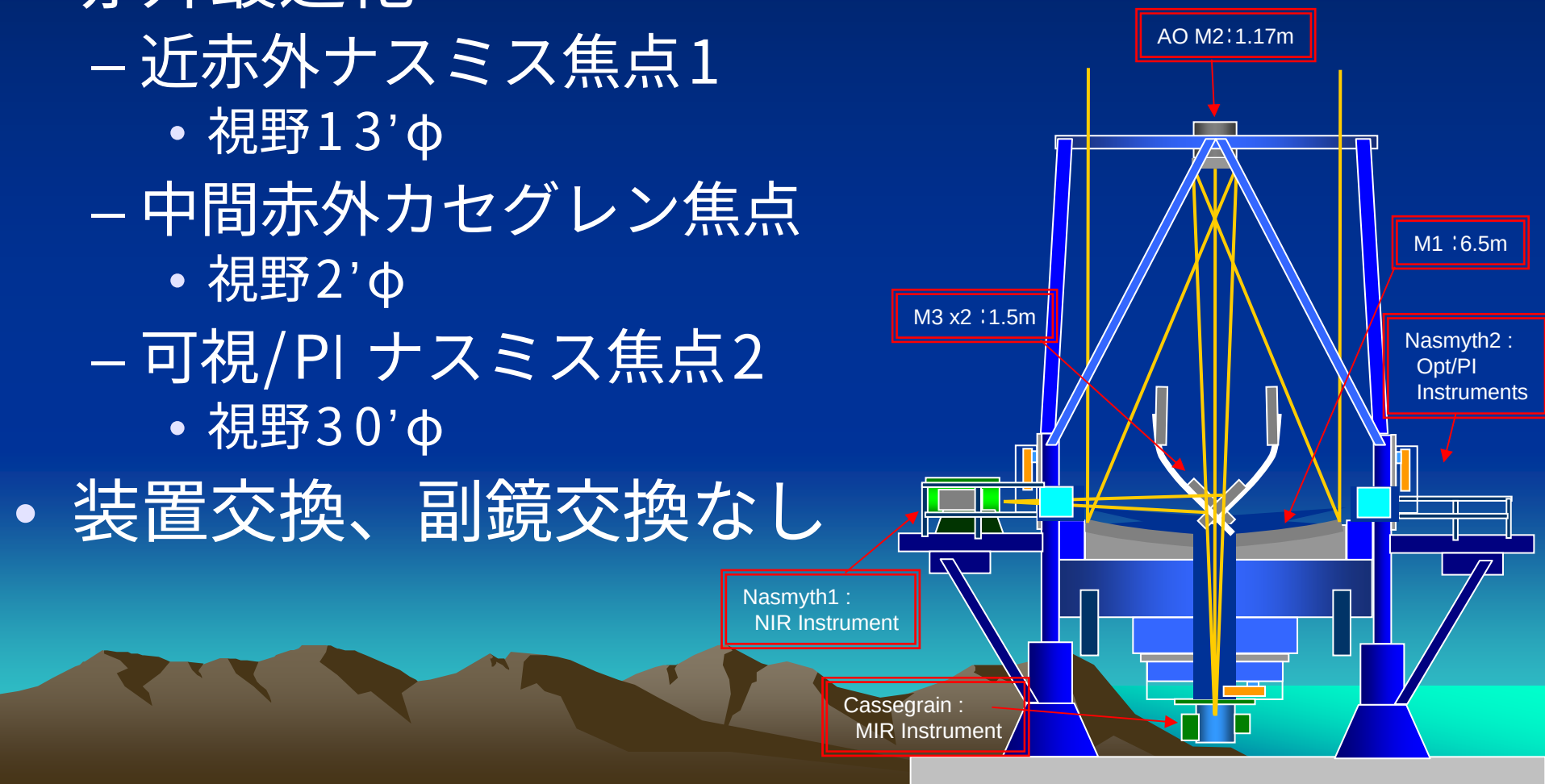
- 可変副鏡
  - Ground Layer AOで広視野(10')で比較的良いシーイング(0.5" ⇒ 0.3")を得る
  - 中間赤外AOで、熱背景放射を増やすことなく回折限界像(Strehl > 95%)を得る





望遠鏡概要(続き)

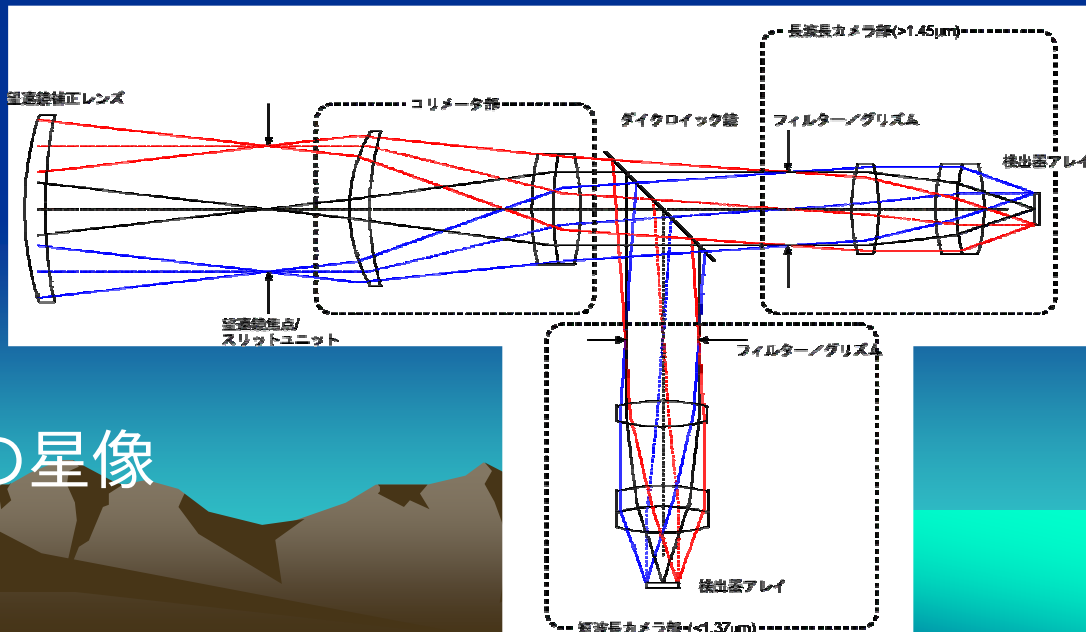
- 6.5m, F/12 グレゴリアン光学系
- 赤外最適化
  - 近赤外ナスミス焦点1
    - 視野13’φ
  - 中間赤外カセグレン焦点
    - 視野2’φ
  - 可視/PI ナスミス焦点2
    - 視野30’φ
- 装置交換、副鏡交換なし



観測装置

近赤外広視野2色同時撮像分光カメラ

- 光路をＤＭで２波長分割
  - (0.85-1.37μm/1.4-2.5μm)
- 視野5’×１０’
- マイクロシャッタアレイによる多天体分光
  - グリズム分光
  - R=１０００(1”slit)
- 高観測効率
  - Ｊ＆Ｋ’同時撮像
  - zＪＨＫ同時分光

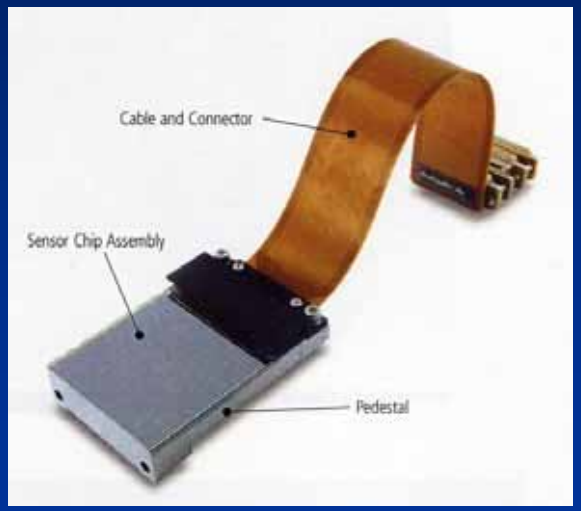


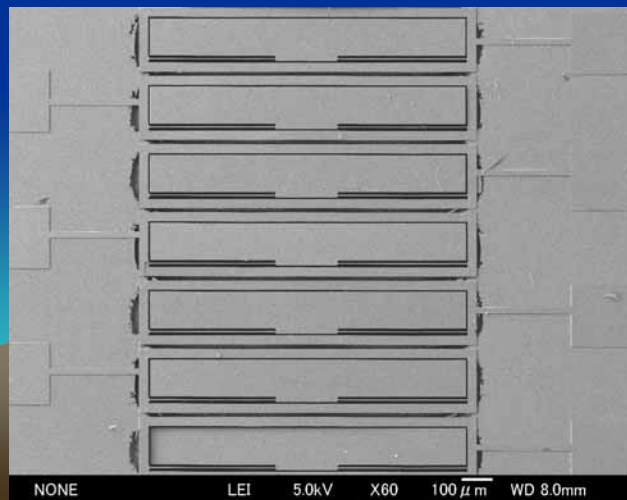
- ＧＬＡＯにより
  視野全体で0.3”の星像

観測装置(続き)

近赤外広視野2色同時撮像分光カメラ(続き)

- 検出器はHgCdTe 2Kx2K4個
  - HAWAII2-RG (Rockwell) ?
  - VIRGO (Raytheon) ?
- 本格的に検討を開始
  - マイクロシャッタアレイの開発
  - 光学系の検討

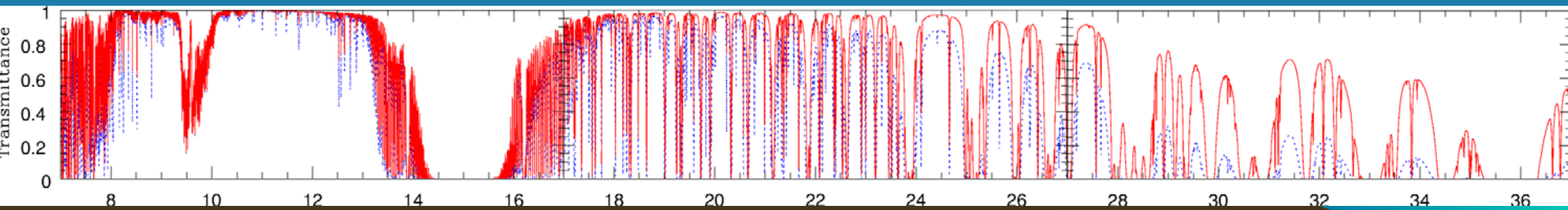




観測装置(続き)

中間赤外撮像分光装置

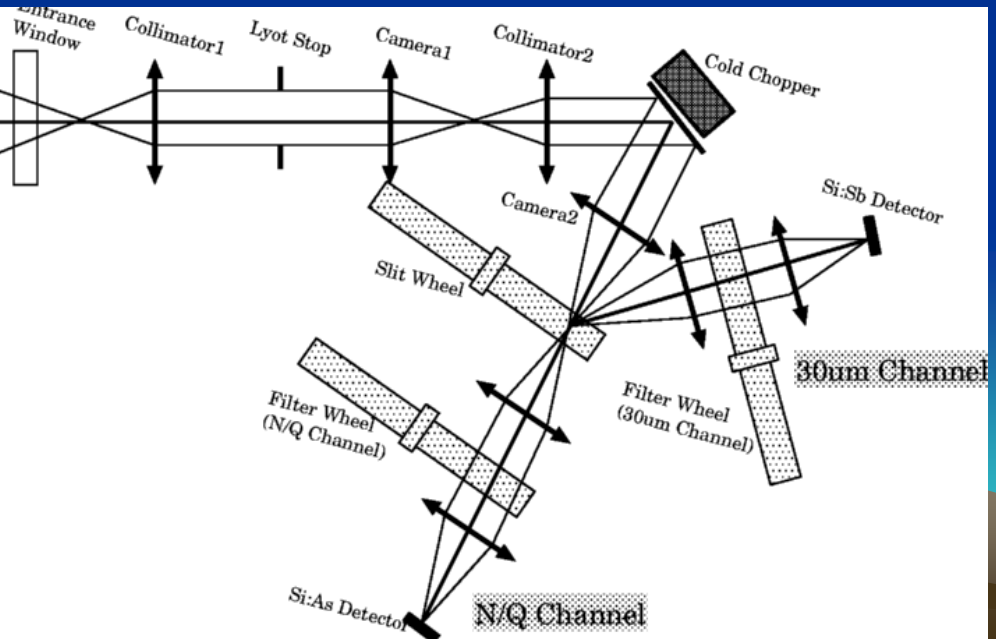
- 10μm帯、20μm帯、29-38μm
- 視野25”x25”
- 副鏡AOで、常に回折限界像を得る
- TAOのサイト特性に注目し、前人未到の地上からの30μm帯の観測を目指す

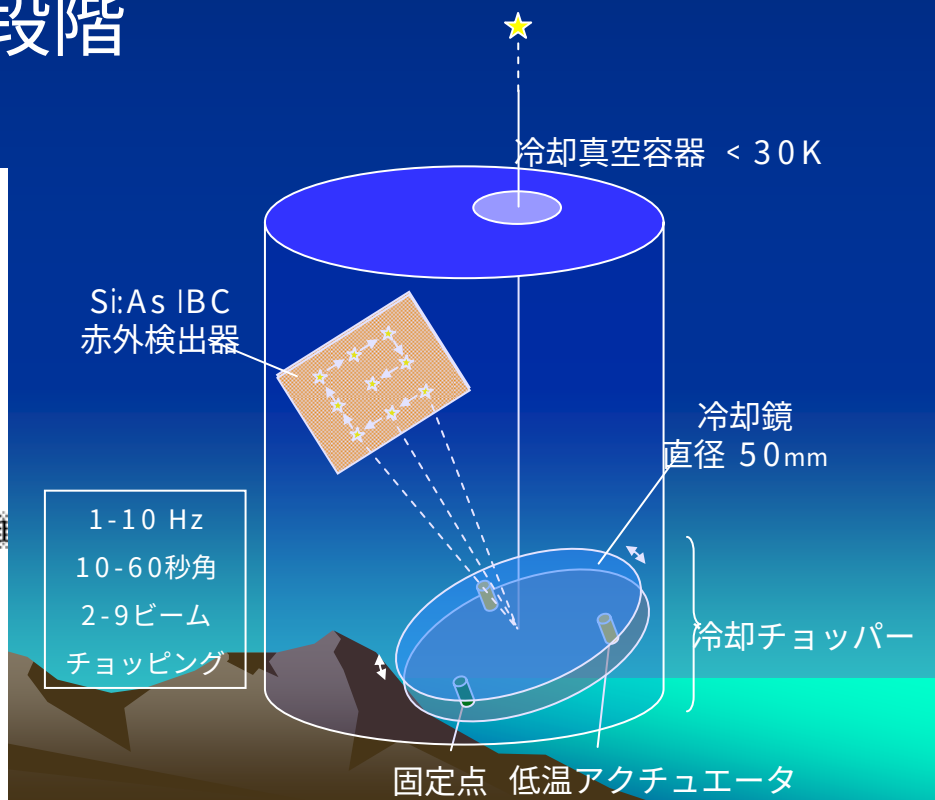


観測装置(続き)

中間赤外撮像分光装置(続き)

- 冷却高速チョッピングで実効感度はこれまでの1.4倍を目指す
- 概念設計を始めている段階





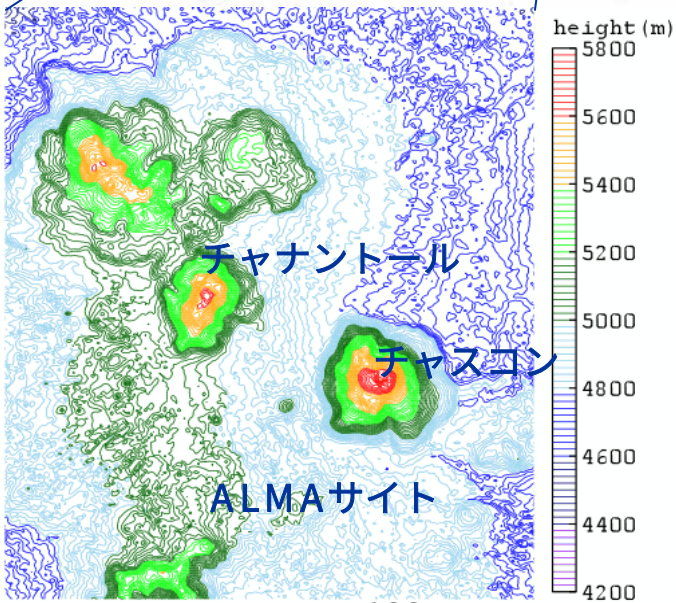
観測装置(続き)

可視観測装置

- フォローアップ重点（基本的な観測一通り可能）
- 視野：１５’x１５’
  - ＦＯＣＡＳの8倍、Suprime-Camの1/3
- 低中分散分光器 (R<１００００)
  - 多天体：マイクロシャッタアレイ
  - 面分光：イメージスライサー
  - 将来的に２色同時へ拡張

サイト調査

- 衛星データの解析
- 気象モニタ
- シーイングモニタ
- 雲モニタ
- 山頂実地調査



サイト調査(続き)

衛星データの解析

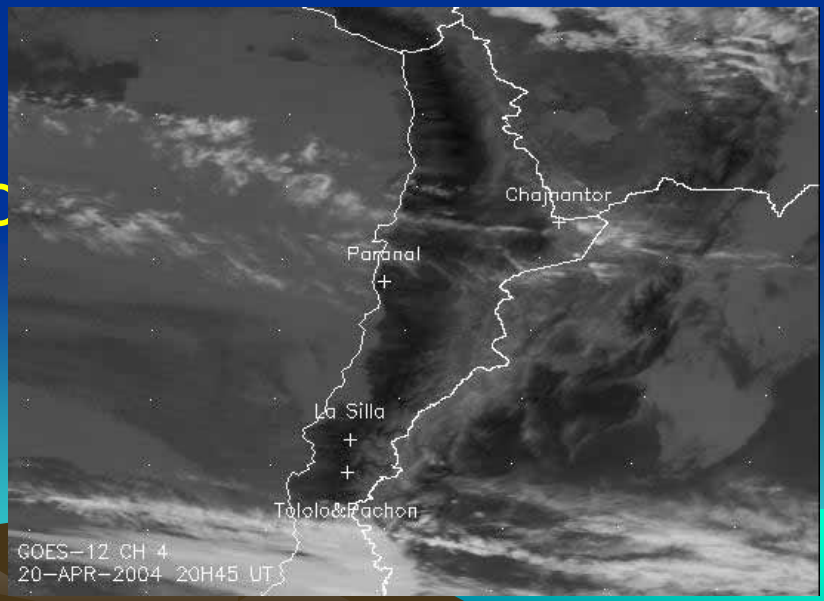
- GOES8, Meteosat3の赤外画像(6.7/10.7μm)
- 1993/7～1999/9の58ヶ月データをNOAO,ESOと共同解析
- 空間分解能は4kmx4km
- 晴天率と水蒸気量を算出

チャナントール領域で

⇒晴天率：70% Photometric

⇒水蒸気量：0.3-1.2mm

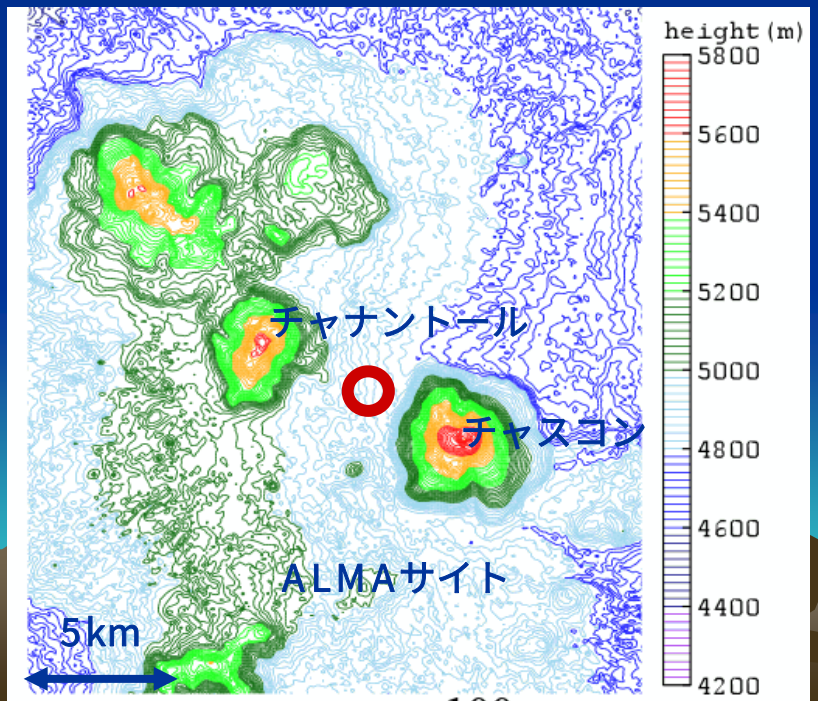
マウナケアを上回る！



サイト調査(続き)

気象モニタ

- 2001年より駆動中
- 気温、風速風向、湿度、気圧を平原部で測定
- 2004年度中にチャナントール山頂へ移設予定



サイト調査(続き)

気象モニタ(結果)

- 気温： -5～-8℃(冬)/ -1～-4℃(夏)
- 湿度：8,9月が非常に低く、2,3月は高い
- 風：西風前半夜が強い(～10m/s)/後は弱い(～5m/s)

	春			夏			秋			冬		
月	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08
OK の率 [%]	92	93	98	81	84	56	53	89	72	81	70	87
GOOD の率 [%]	27	32	37	22	12	02	01	19	14	31	21	32
NG の原因	風速	風速	風速	湿度	湿度	湿度	湿度	風速 湿度	風速 湿度	風速	風速 湿度	風速

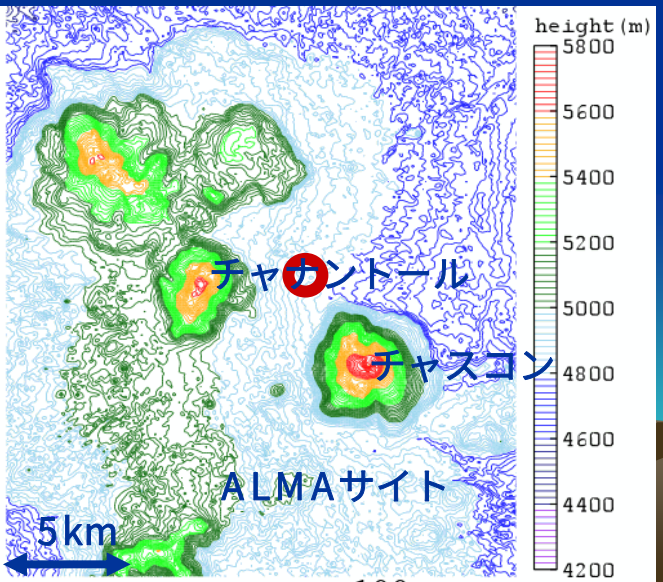
最大風速 15m/s以下、湿度80%以下をOK（観測可能）
最大風速 10m/s、平均風速5m/s、水蒸気量1g/cc以下、湿度８０%以下をGOOD

サイト調査(続き)

雲モニタ

- 衛星で捉えられない雲の測定
- ２００４年より駆動中(ＡＳＴＥコンテナ上)
- τの数%のレベルまで測定可能
- ２００４年度中にチャナントール山頂へ移設予定

モニタ波長	8-12um
モニタ天域	天頂角　０～７０度 （１０度傾斜）
モニタ時間	常時（２４時間） ５分毎にデータ取得 無人運転

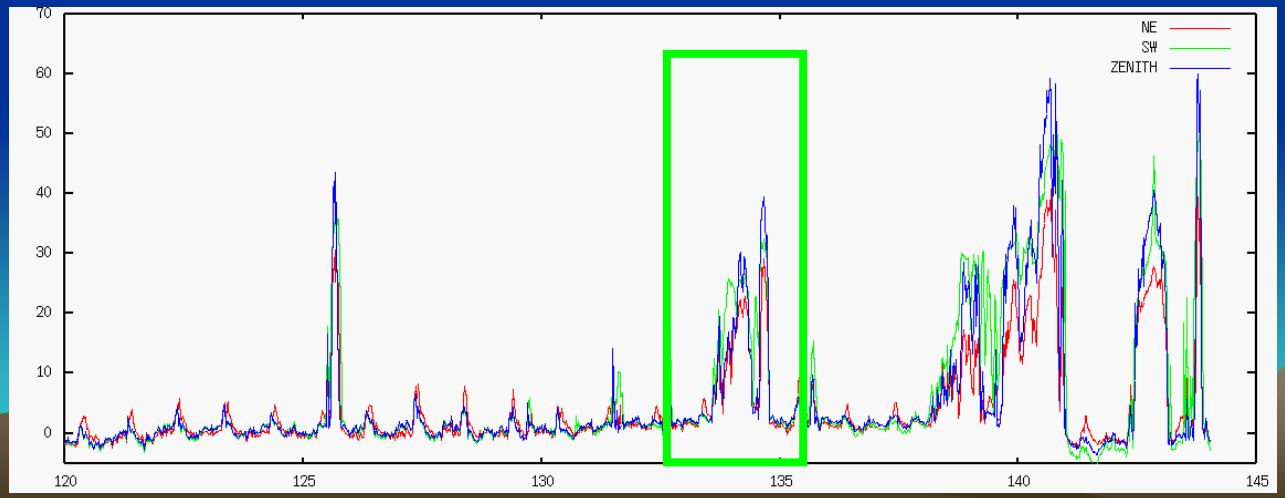


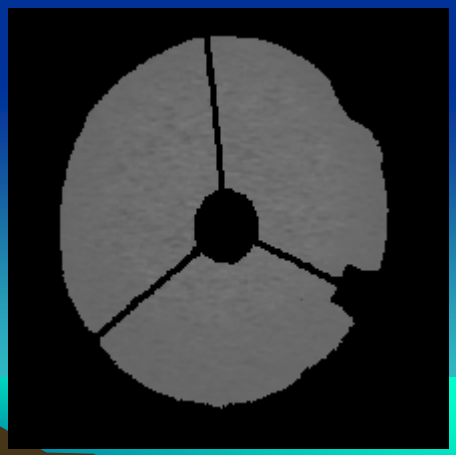
サイト調査(続き)

雲モニタ(結果)

- チャナントール付近でローカルな雲の湧き出しが起こることがあることがわかってきた。
- 2004年5月のデータでは天頂に比べ5%ほど晴天率が低い

2004/05の空の放射率





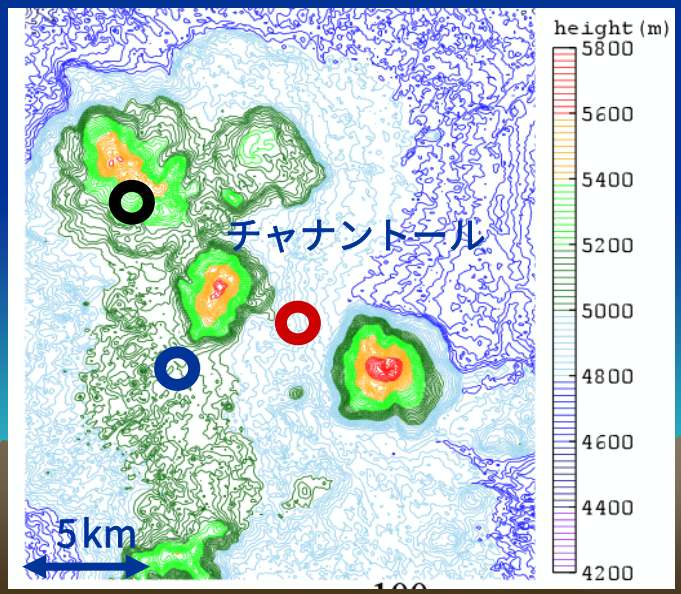
サイト調査(続き)

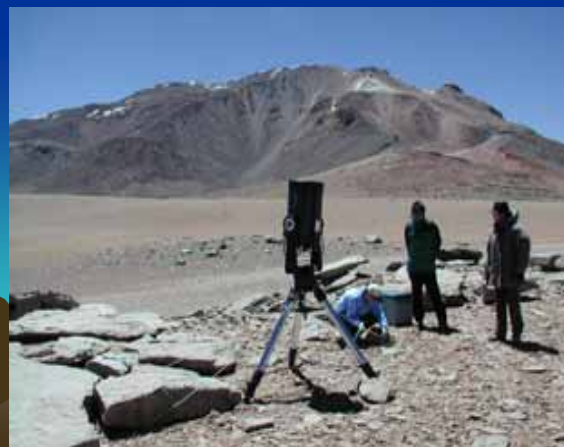
シーイングモニタ

- DIMM方式
- バッテリー駆動でどこでも観測可能
- 本観測は２００３年９～１０月の４晩
- 国立天文台高遠グループと２箇所同時測定
- 測定地点は3点で、うち２点を同時観測

モニタ波長	0.55μm
限界等級	1.5等
口径	74mm
間隔	205mm
露出時間	0.5-1msec

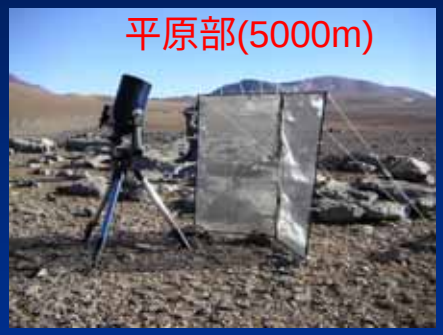
孤立峰(5200m)
高い山腹(5400m)
平原部(5000m)

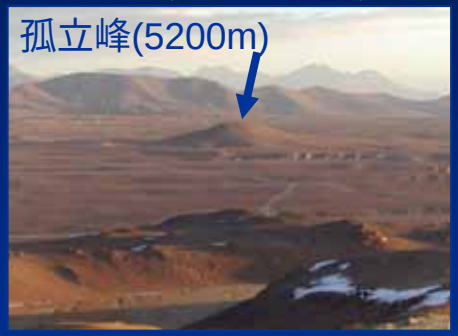


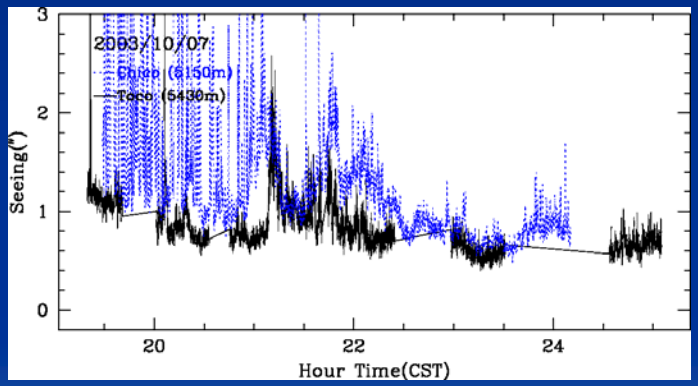


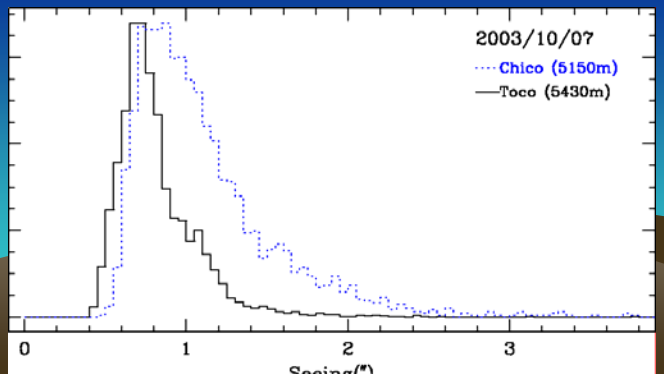
サイト調査(続き)

シーイングモニタ(続き)









- 高い山腹でコンスタントに0.5-0.8"で、孤立峰よりも系統的に良い。
  (標高があがるとシーイングはいい)
- 平原部が非常に悪い(数")のに比べ、孤立峰で安定すると0.4"台と非常に良い。
  (平原部のシーイングは悪い)

⇒チャナントールではマウナケアに勝るとも劣らないシーイングの可能性

サイト調査(続き)

山頂実地調査

- 2002/11：チャナントール山頂(5670m) 徒歩登頂
- 山頂に望遠鏡建設に十分な広さがあることを確認

過去1年間の主な活動

- サイト調査関係
  - シーイングモニタ本観測
    - 2003/9
  - 雲モニタ設置
    - 2004/3
  - 気象モニタ、雲モニタ駆動中

過去1年間の主な活動(続き)

- チリ関係
  - チャナントール周辺の土地利用許可申請
  - 在チリ日本大使館と現地協力関係を確立
  - チリ大学とGemini望遠鏡による共同研究を開始

今後の予定

- チャナントール山頂本格調査
  - 雲・気象モニター・シーイング等の移設
  - （近隣の山頂との比較）

- チリ関係
  - 土地利用（科学的利用のための保護）手続中
  - 地元への説明会など
- 望遠鏡・装置の詳細設計へ
- 建設予算獲得へ