



# 南極赤外線望遠鏡光学設計

第三回可視光赤外線観測技術ワークショップ

東北大学 市川研究室 M1 小幡朋和

## 概要

TOHOKU UNIVERSITY

### 南極環境:

Burton et al. (1994), Harper (1989)によって南極大陸が近赤外線観測に最適な環境であることが言われてきた。日本のドームふじ基地もOkita et al. (2013)によって、地上11mで0.2"のシーイングが確認された。

### 南極2.5m赤外線望遠鏡:

合成F/12の望遠鏡を安価に製造したい。リッチークレチアン式を予定しているが、安価に製造するために変更する可能性がある。第一期観測装置として、中間赤外線ヘテロダイン分光器(東北大学地球物理学専攻)と三色近赤外線カメラをナスミス架台に設置する。

### 三色近赤外線カメラ:

三色同時高分解撮像・多天体低分散分光機能を搭載予定である。光学系はMOIRCS, SIRIUS, TRISPECなどを参考に設計を進めるが、上記の機能を搭載するために工夫が必要である。多天体低分散分光におけるスリット機構はMOSFIREを参考にする。

## サイエンス

本望遠鏡によるサイエンスを以下に挙げる。

### □ テラヘルツ銀河の広域探査

南極テラヘルツ望遠鏡(筑波大学)で発見した遠方銀河を南極赤外線望遠鏡によって追観測する。

### □ スーパーアースの水蒸気大気

スーパーアースの大気組成を調べることによって、スーパーアースの組成や形成過程の解明を迫る。

### □ 惑星大気の大気循環

長時間観測によって、惑星大気循環を解明する。

### □ 重力崩壊型超新星探査

近赤外線の高い透過率を利用し、Pa $\alpha$ 輝線によるCCSN探査を行う。

## 南極環境

南極大陸は、従来の観測地に比べ赤外線大気放射が低く赤外線域の大気透過率も高い。また、Okita et al.(2013)では南極ドームふじ基地での地上11mのシーイング観測を行った。その結果、0.2"の自由大気シーイングを得られることが報告された。この自由大気シーイングは、接地境界層と呼ばれる乱流層が観測高度11mよりも低くなった場合だと思われる。また、接地境界層の高さはmedianで15.3mだと思われる(2013年秋季天文学会沖田発表)。したがって南極2.5m赤外線望遠鏡を地上15.3mに設置し、接地境界層が観測高度よりも低くなった場合、同望遠鏡はシーイングによる影響を受けずに回折限界での観測が可能となる。

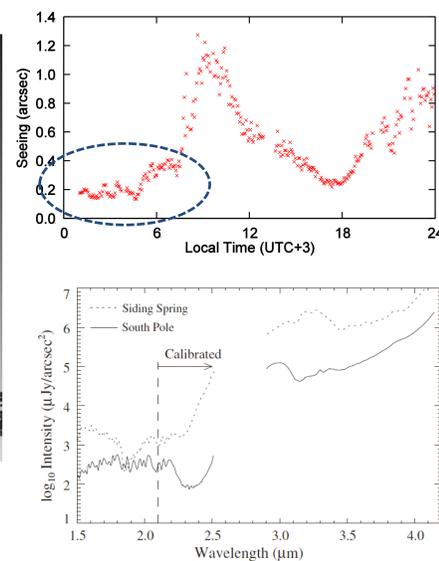
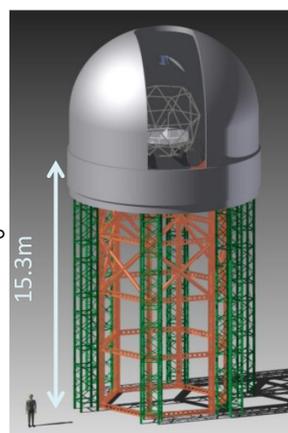


図1(左): 望遠鏡完成予想図(技術検討資料より抜粋)。このように地上15.3mに建設することで自由大気シーイングが得られる。図2(右上): ドームふじでのシーイング日変動図。0.2"の自由大気シーイングが得られることがわかる (Okita et al. 2013)。図3(右下): 南極点(実線)とサイディング・スプリング天文台(点線)における大気放射の比較(Philips et al. 1999)。南極点での大気放射が低いことがわかる。特にKdarkバンド(2.27-2.45 $\mu$ m付近)の大気放射が低い。

## 南極2.5m赤外線望遠鏡

東北大学では、南極2.5m赤外線望遠鏡建設計画が進行中である。同望遠鏡は1.6 $\mu$ m以上で、シーイングによる制限を受けないため、回折限界での近赤外線観測が可能となる。第一期観測装置は以下の2つであり、両装置ともナスミス架台に設置する。

### 第一期観測装置

- 中間赤外線ヘテロダイン分光器(東北大学地球物理学専攻)
- 三色近赤外線カメラ

### 光学設計にあたって

リッチークレチアン式を予定している。リッチークレチアン式望遠鏡は球面収差とコマ収差がないため、設置装置内で収差補正の必要ないという利点がある。しかし、製造を安価にするために変更する可能性がある。その場合、設置装置内で収差を補正することになる。

## 三色近赤外線カメラ[第一期観測装置]

東北大学では、南極2.5m赤外線望遠鏡第一期観測装置である三色近赤外線カメラの光学設計を行っている。本装置は、近赤外線域での三色同時高分解撮像・多天体低分散分光機能を搭載する。可能な限り効率性を上げるためにシンプルな装置にする。そのため、検出器は2k $\times$ 2kのORIONとし視野を狭くしている。狭い視野は長時間観測によってカバーする。

### 光学設計にあたって

SIRIUSやTRISPECを参考に設計を行っていく。しかし、三色撮像機能と同時に三色多天体低分散分光機能を実現しなければならない。SIRIUSのようなオフナー光学系では色収差がでないという利点があるが、コリメート光部分を三色に分けられない。またMOIRCSやTRISPECは近赤外線域での高分解能を実現した装置である。しかし両装置ともレンズ光学系であり、透過率の面で改良の余地がある。本装置の光学設計において、反射光学系かレンズ光学系のどちらを用いるかの判断は、製造費と性能の兼ね合いで決めていく。他天体分光機能におけるスリット機構はMOSFIREを参考に設計する予定である。(図7参照)

### 南極2.5m赤外線望遠鏡

主鏡口径	2500mm
合成焦点距離(F値)	30000mm(F/12)

### 三色近赤外線カメラ

観測波長域	2.2 - 3.7 $\mu$ m(K-Lバンド)
ピクセルスケール	0.2"程度
FOV	7' $\times$ 7'程度
コリメート径	$\phi$ 50
装置全体の大きさ	1m $\times$ 1m以内

### 赤外線検出器ORION

検出波長範囲	0.6 $\mu$ m - 5.4 $\mu$ m
ピクセルピッチ	25 $\mu$ m $\times$ 25 $\mu$ m
ピクセル数	2048 $\times$ 2048
Array Active Area	51.2mm $\times$ 51.2mm
Detector Material	InSb
Operating Temperature	30K

表1. 南極赤外線望遠鏡・三色近赤外線カメラ・赤外線検出器ORIONの仕様



図7. MOSFIREのスリット機構 (McLean et al. 2010)

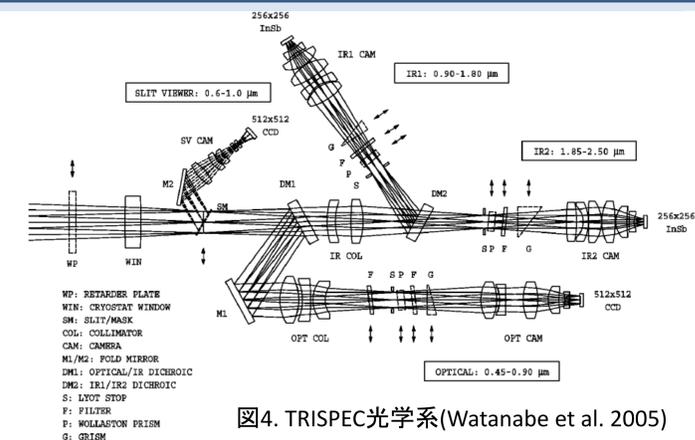


図4. TRISPEC光学系(Watanabe et al. 2005)

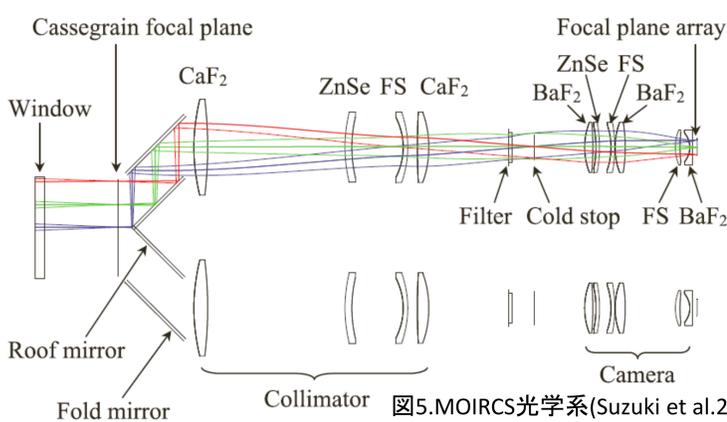


図5. MOIRCS光学系(Suzuki et al. 2008)

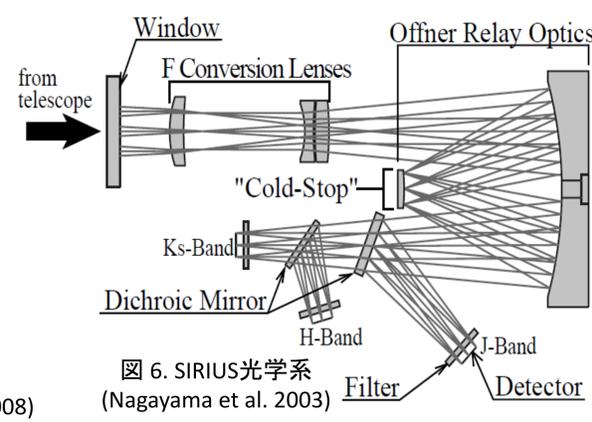


図6. SIRIUS光学系 (Nagayama et al. 2003)