

KOOLS-IFUによる小惑星スペクトルの解析

2020/08/18 せいめいUM

京都大学 岡山天文台 特定助教
黒田 大介

本研究の背景

テーマ:

偏光度を生じるメカニズムを解明し、太陽系天体の表層構造を調査する。

背景:

太陽系小天体の表層組成と粒子サイズ、空隙率などは、その天体が経験した進化の履歴によって異なる性質を示す。

このうち、表面組成は可視・近赤外分光観測によって区別・分類できる。

一方で、表層構造の調査は、探査機に依存していたが、偏光度を使えば小天体の表層情報を推定できると考えている。

せいめい望遠鏡における観測

□ 観測目的

可視(・近赤外)分光観測で、地球近傍小惑星の表層組成を分類する。

□ せいめい望遠鏡を使う利点

ターゲットの等級レンジ:

17-18V等級(明るい時で) 2m望遠鏡には暗く、8m望遠鏡には明るい。

広範囲の波長域:

小惑星の表面組成を判定には、0.4-2.5 μm が最も細分化できる。

KOOLS-IFUは0.45-1.00 μm と通常の可視よりやや広い範囲のデータが取得可能。

柔軟な観測スケジューリング:

時間単位の観測が可能になる？(観測好機な天体は1晩1-2天体程度)

限られた観測機会を逃したくない(年15-16天体程度)

小惑星スペクトルタイプ

Bus-DeMeo Taxonomy

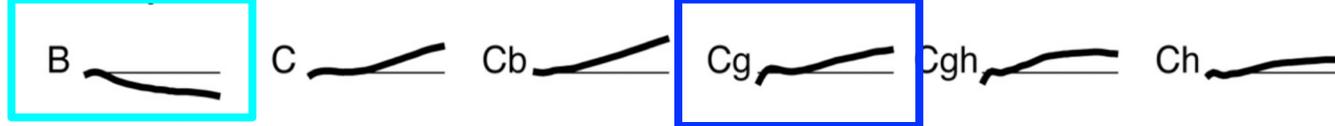
(DeMeo, Binzel, Slivan, Bus 2009)

S-complex

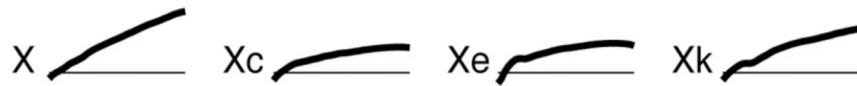


可視・近赤外分光観測(0.4-2.5 μ m)
による小惑星タイプの分類

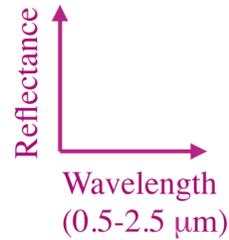
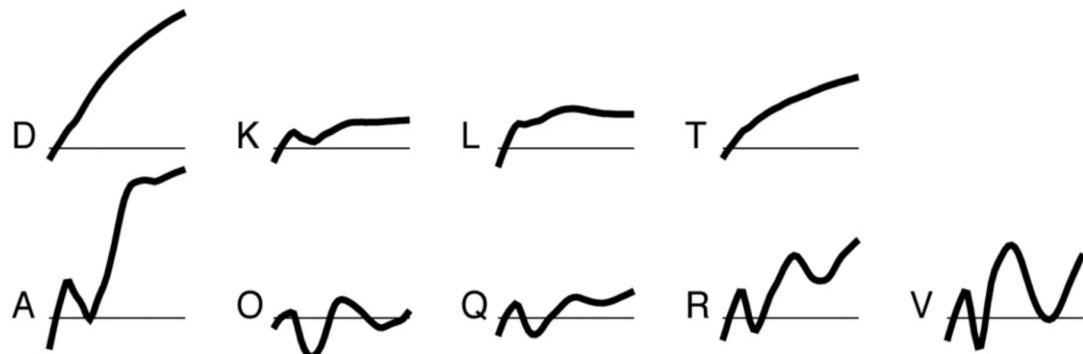
C-complex



X-complex



End Members



-  Ryugu
-  Itokawa
Eros
-  Bennu,
Phaethon

小惑星の反射スペクトルの導出

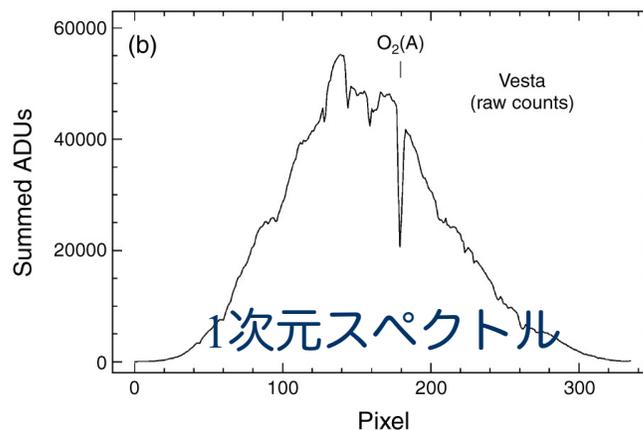
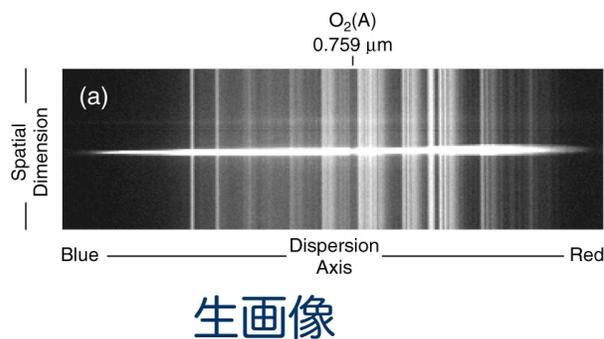
小惑星は、太陽光を反射して光っている。

小惑星の反射スペクトルは、太陽類似星との差分として導出する。

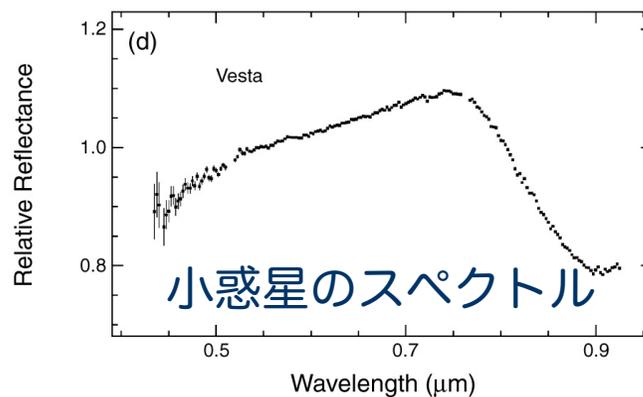
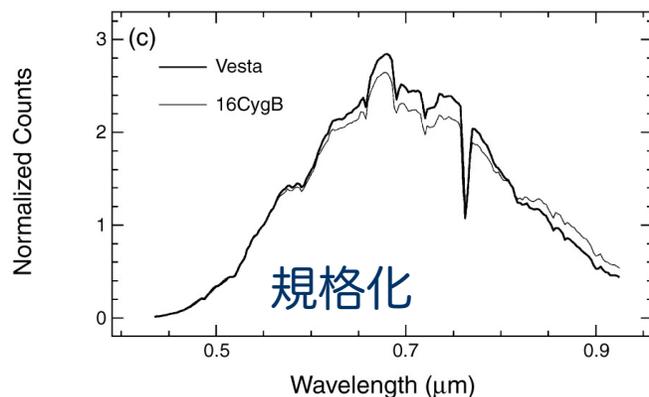
Bus et al.: Visible-Wavelength Spectroscopy of Asteroids 171

小惑星: Vesta
標準星: 16CygB

Bus+2002



$$\text{小惑星の反射スペクトル} = \frac{\text{小惑星の規格化済スペクトル}}{\text{太陽類似星の規格化済スペクトル}}$$

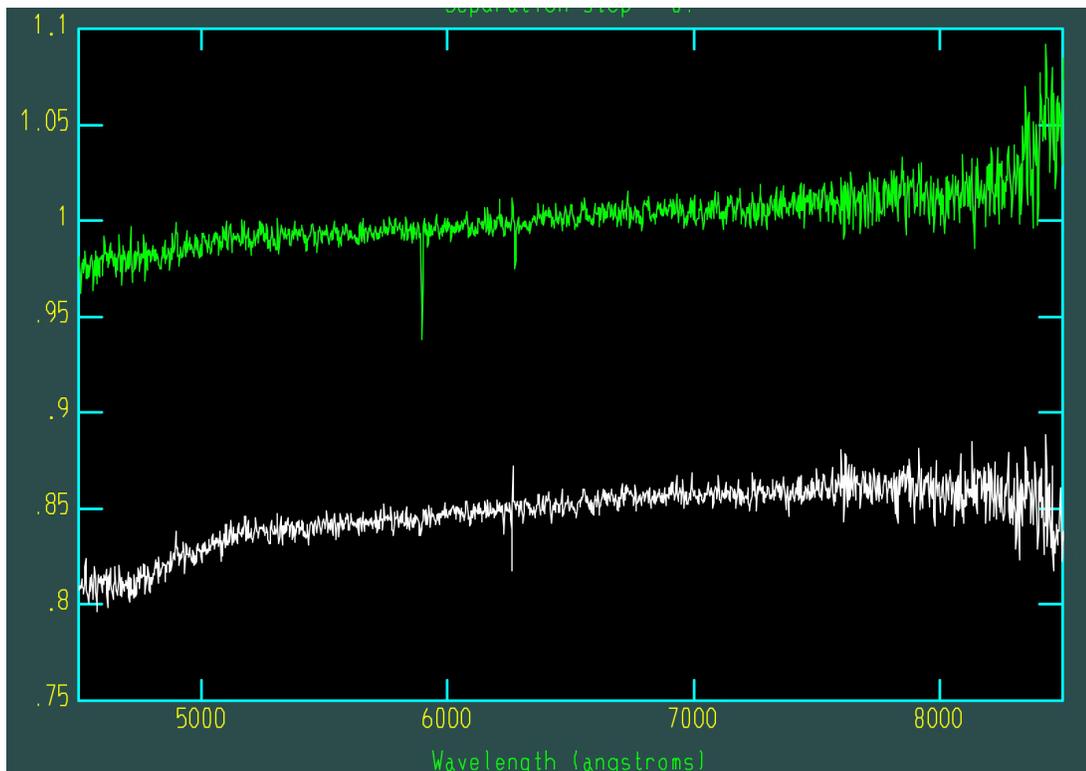


小惑星と標準星は、波長依存のフラックスロスが同様であることが重要

データの解析(問題点)

2019/11/21に、小惑星Vesta、標準星の観測を実施 (SecZ ~1.15-1.17) ある範囲のファイバーを足し上げたシンプルな解析結果をすると、過去に観測したスペクトルと整合性がないことが分かった。

後日連続して観測した標準星同士(7.9V, 30秒露出)の割り算をすると..



同じ天体であるので期待値は1.0。
エアマス(~1.13)もほぼ変わらない。

解析手法に問題ありか？

データの解析(課題と解決案)

KOOLS-IFUの解析では、いくつかの課題がある。

A) フラットの波長依存性

波長較正前に、フラット補正を行うと不可解なパターンが残る。

→ フラット補正は、波長較正後に行うと良い。

B) 大気分散によるずれ

青い波長と赤い波長では、結像位置がずれている。

どの波長でも同じファイバー範囲を選ぶと、フラックスロスが生じる。

→ 波長ごとに2D画像を再構成して、PSF測光することで解決できそう

C) 背景(スカイ)の差し引き

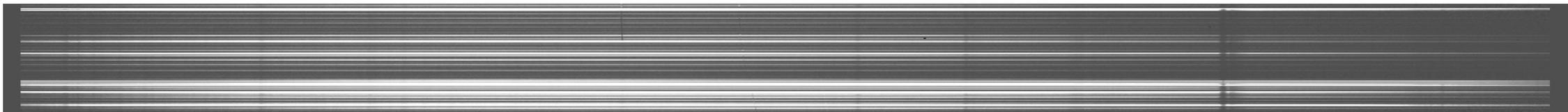
明るい天体を観測した際は、最遠のファイバーにもフラックスがのる。

→ 露出時間を短めにする。スカイは別途撮って差し引く。

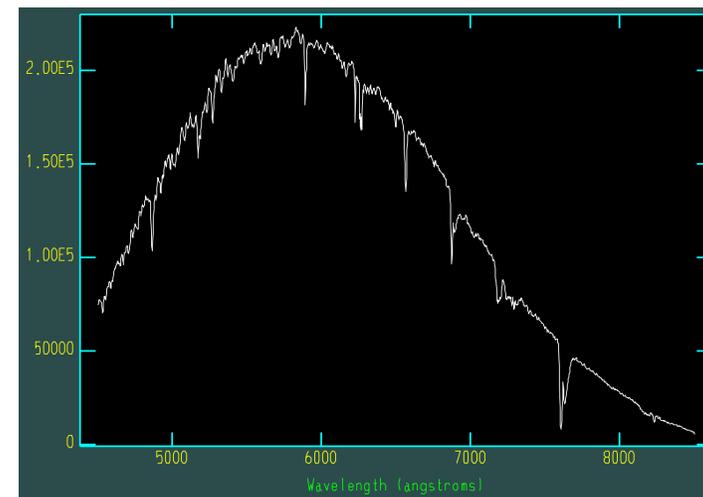
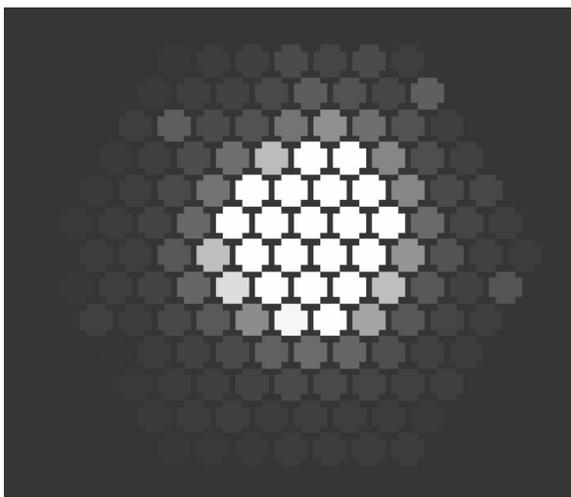
KOOLS-IFU PSF測光→1次元スペクトル

入射時のファイバーの並びを模した2次元画像を測光する

- 1次処理、波長較正の処理済みの127本のファイバーマルチスペクトル画像。

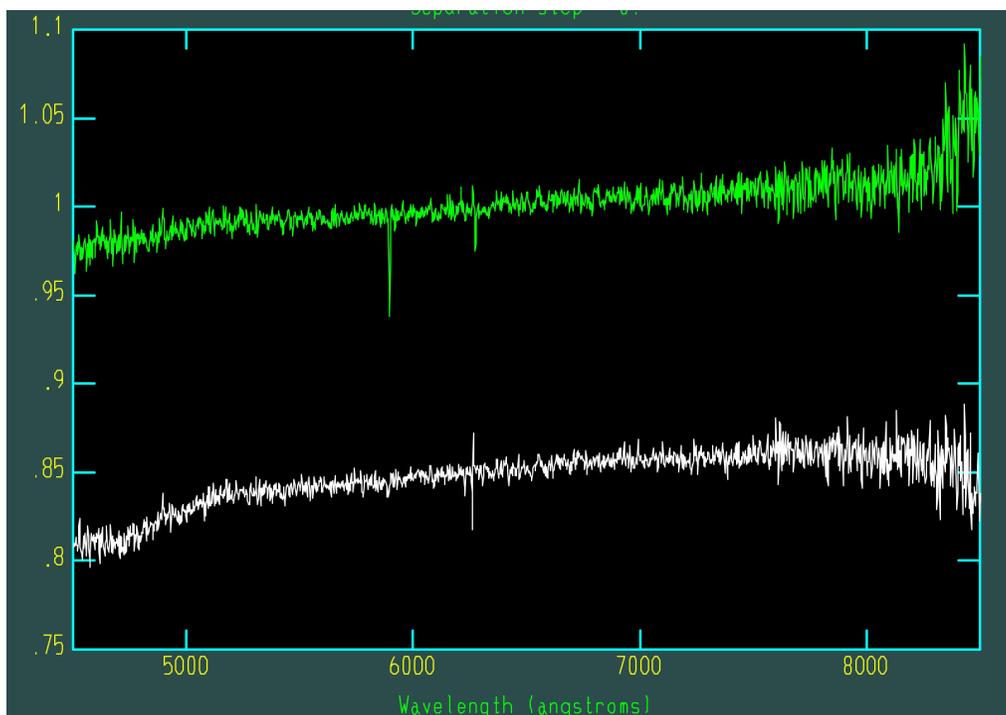


- 波長刻み(今回は $dw=2.5\text{\AA}$)ごとに、2次元画像を再構築。
- 2次元ガウシアンでPSFを作りフラックスを測定する。
- 波長とフラックスを元に、1次元スペクトルを作る。

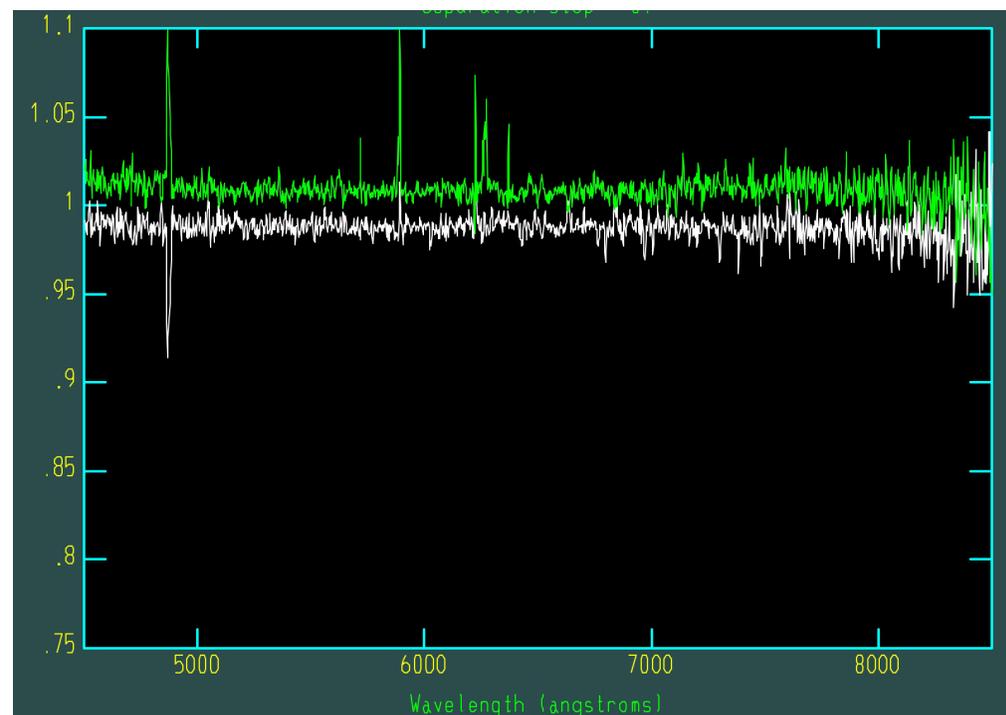


解析手法による比較

- 同じKOOLS-IFUのデータを2つの解析手法で比較すると、PSF測光からスペクトルを再合成する手法のほうが期待値に近い結果を得られた。



ある範囲のファイバーの足し上げ



2D画像を波長 $2.5\mu\text{m}$ 刻みで作り、
フラックスをアパーチャ測光

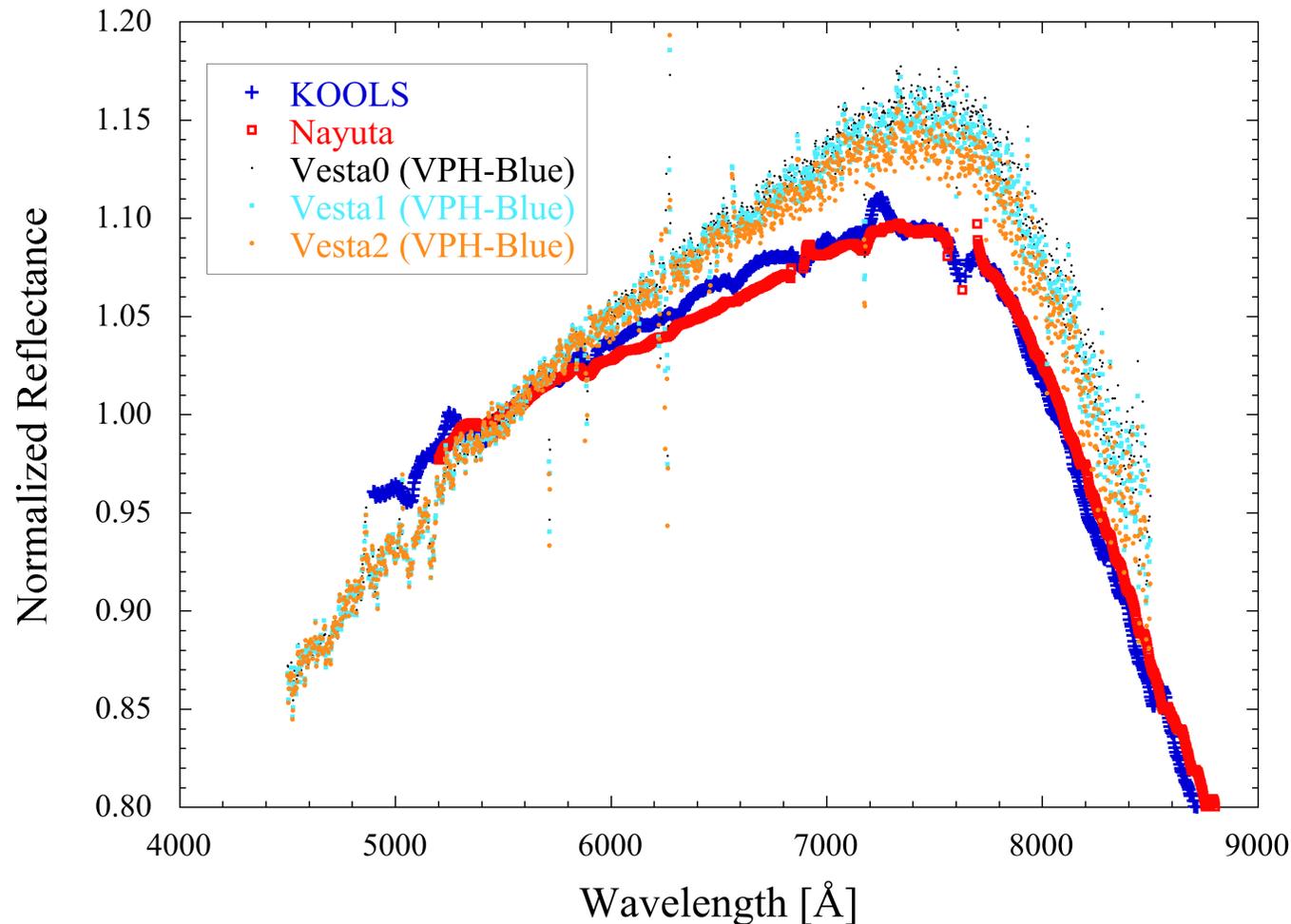
PSF測光からスペクトルを再構成

この手法の利点

- 大気分散による位置ズレ、星像サイズの違いを補正できる。
- 明るい天体でなければ、スカイの傾きも含めバックグラウンド引きができる。
- ファイバー間の隙間に落ちたフラックスをある程度補完できる。

新たな解析手法による小惑星スペクトル

PSF測光からスペクトルを再合成する手法で、再度小惑星スペクトルを解析した。
188-cm+KOOLS, Nayuta+MALLS(Hasegawa+2014)と比較。



過去の観測と不整合は解決しなかった。

別の要因があると考えられるが、いまのところ思いつかない。

標準星が適切ではなかったか？
明るい天体に露出をかけ過ぎたか？

まとめ

- 16等級より明るい小惑星と彗星を10天体について、KOOLS-IFUを用いた観測を行った。
- 小惑星の反射スペクトルを得るのは、現状ではかなり難しいと判断。
- スリット分光観測の際も、シーイングサイズの倍程度の大きめのスリットを用いることが多い。
- ファイバー分光装置には、オプションとしてより大きいコアサイズのファイバーが選択できると良いかもしれない。
- 開発中の分光機能を有す観測装置には、ぜひ大きめのスリットも搭載して欲しい。