高精度トランジット測光観測のための ディフューザー開発とオンスカイ試験

総研大D1, 西海 拓(Nishiumi Taku) 成田憲保、福井暁彦、MuSCAT-JP チーム



- トランジット観測の問題点
- 問題の解決方法
- オンスカイでのテスト観測
- 結果
- 考察・まとめ

3 colors (g', r', z_s)

Diameter: 188cm FoV: 6.1' * 6.1' Pixel scale: 0.358"/pixel Site: Okayama, Japan

MuSCAT (3色同時測光観測カメラ)



理想的なトランジット観測





トランジットの地上観測での問題点



- ・より高精度な物理パラメータ(例えば惑星の半径)を取得したい
- →より高精度な測光観測をしたい

解決法1: 1.デフォーカス



デフォーカス

6



MuSCATを用いた観測でも成功 (例) Fukui et al. 2016

解決法2. 2.ディフューザー



diffuserA を使用 (type-A: 拡散が弱いもの)

diffuserB を使用 (type-B: 拡散が強いもの)



Engineered Diffusers[™] unique structures project general light patterns.

https://www.rpcphotonics.com/engineered-diffusers-information/

・より広がったFWHM
・Top-hat状のPSF
・安定したFWHMとピークカウント
・より長時間の露光時間で観測可能
・ディフューザーを取り付けるための装置が必要





DIFFUSER

2種類のディフューザーを用意し、MuSCATの3色それぞれにディフューザーのユニット を取り付けた。

PCのコマンドで任意のディフューザー出し入れ可能



8

ディフューザーユニットはオプトクラフトによる設計・製作





ディフューザーを用いることによる利点と欠点

利点

Top-hat状のPSF:
 さまざまな固有の感度を持つピクセルに一様にフォトンがのる

・より広がったFWHM: 多くのピクセルで受け取るため、ピクセルの感度差による影響を平均化する

・安定したFWHM

同じ特定のピクセルがフォトンを受け取る

・安定したピークカウント よりCCD飽和限界に近い、長い積分時間を使用可能

より低いピークカウント
 積分時間を長くすることができる



欠点

より低いピークカウント:
 暗い天体は観測が難しくなる

・ディフューザーの透過率が100%ではない フラックスが減る



以下を調査した ・FWHMとピークカウントの安定性 ・ディフューザーの透過率

・非常に明るい天体の観測とその精度



下記の天体のトランジットしていない時間に観測

(HAT-P-1, HAT-P-6, WASP-84, HAT-P-15, HAT-P-21, GJ 436, 55 Cnc, HAT-P-69, HD 332231, WASP-176, HD 106270)

・ディフューザーのあり、なしで交互に撮影



2019.7.30, 10.29, 10.30

2020.2.24, 2.26, 2.27, 3.23 - 3.25, 7.30, 7.31

RESULTS

- FWHM の安定性
- ピークカウントの安定性
- PSF の比較
- ライトカーブ

例として HAT-P-69(左側) and HD332231(右側) の結果を紹介 どちらもg'バンドの結果

- 55 Cancri の観測
- ディフューザーの透過率

FWHMの安定性

露光時間

Onfocus, defocus, diffuserA = 3s, 7s, 7s

Observed on March 24, 2020

Target: HAT-P-69(g'=9.9), g'-band



露光時間 defocus, diffuserB = 10s, 15s Observed on July 30, 2020 Target: HD332231(g'=11.4), g'-band



ピークカウントの安定性

露光時間 Onfocus, defocus, diffuserA = 3s, 7s, 7s Observed on March 24, 2020

Target: HAT-P-69(g'=9.9), g'-band

露光時間 defocus, diffuserB = 10s, 15s Observed on July 30, 2020 Target: HD332231(g'=11.4), g'-band





ライトカーブ

Observed on March 24, 2020 Target: HAT-P-69(g'=9.9), g'-band Dead time is considered Observed on July 30, 2020 Target: HD332231(g'=11.4), g'-band Dead time is considered



16





Observed on March 24, 2020 Target: HAT-P-69 (g'=9.9) g'-band



Onfocus, defocus, diffuserA = 3s, 7s, 7s





非常に明るい恒星のライトカーブ (55 Cnc, V=5.4)



(55 Cncのフラックスを近くの恒星の フラックスで割り、規格化したもの)





18

RMS of residual (ppm)	g'	r'	z_s
Binned (1 min)	426	641	783
Binned (30 min)	188	221	196

RMS: 246 ppm in I filter (30 min. binned) (Stefansson et al.(2017))

ディフューザーの透過率

diffuser-A g': 93.1 % r' : 94.3 % z_s: 93.6 % diffuser-B g': 91.7 % r': 93.1 % z_s: 93.7 %

CONCLUSION & DISCUSSION

- ディフューザーを用いることでFWHMとピークカウントが安定することが確認できた。
 - これは自動観測などでも有利
- これまで観測することができなかった非常に明るい天体を高精度で観測可能になった。

- ディフューザーはその特徴から明るい星では高精度で、暗い星では他の観測方法が適していると考えられる。これらの条件を調べることが必要であると考えられる。
- 恒星の明るさにより、最適な観測方法をしらべることで、どの天体でももっとも高精度な 観測方法を選んで観測可能になると考えられる。

今後の予定

- 他の観測方法と比較して、ディフューザーを用いると高精度化される条件を調査
 - さまざまな明るさの恒星の等級とそのライトカーブの精度の比較

- 55 Cancri e のトランジット観測の解析(Observed on 2020.11.25)
 - トランジット深さ~400ppm
 - 今回の観測で達成可能な精度

ありがとうございました。

質問があればどうぞ。 (google doc.上でも大丈夫です。)