

Development of the near-ultraviolet imager at Kanata Telescope かなた望遠鏡における近紫外線撮像装置の開発



秋田谷 洋^{1,2,3,*}, 諸隈 智貴^{1,2}, 川端 弘治³

1: 千葉工業大学 天文学研究センター, 2: 千葉工業大学 惑星探査研究センター, 3: 広島大学 宇宙科学センター
*: E-mail: akitaya@perc.it-chiba.ac.jp; WWW page: https://www.perc.it-chiba.ac.jp/astr/arc/

千葉工業大学
CHIBA INSTITUTE OF TECHNOLOGY



HIROSHIMA UNIVERSITY

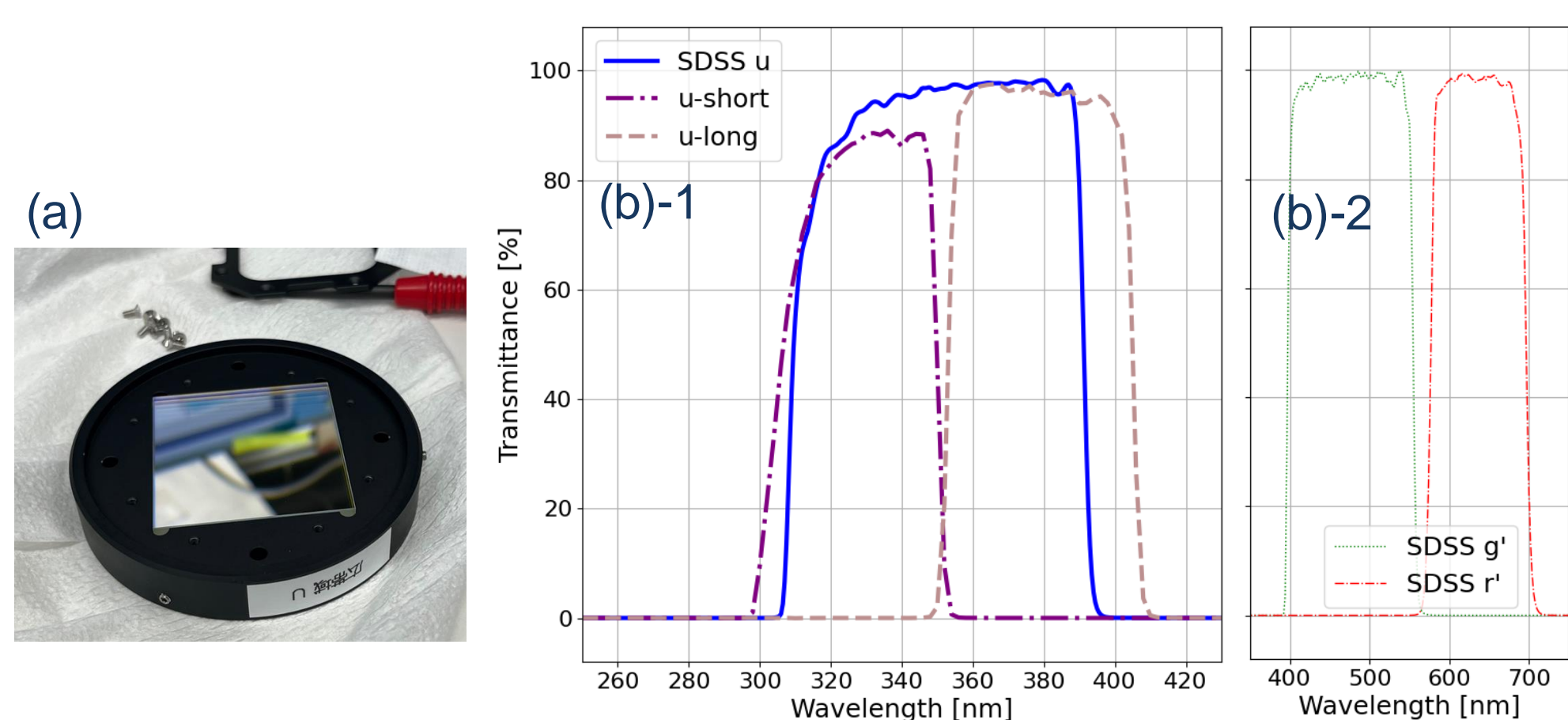
- ✓ 我々は近紫外線(300-400nm)の装置効率を最優先とした撮像装置を開発している。
- ✓ かなた望遠鏡に装着して試験観測を行い、60秒露出で u~19 ABmag までの深い点源検出ができることを実証した。
- ✓ 日本の低高度のサイトであっても、近紫外線透過率が良好で、かつ、空輝度が充分低いことを確認した。
- ✓ これらの実績をもとに、近紫外線効率を追求した装置を3.8m級望遠鏡で運用した場合の可能性を検討した。

[1] はじめに

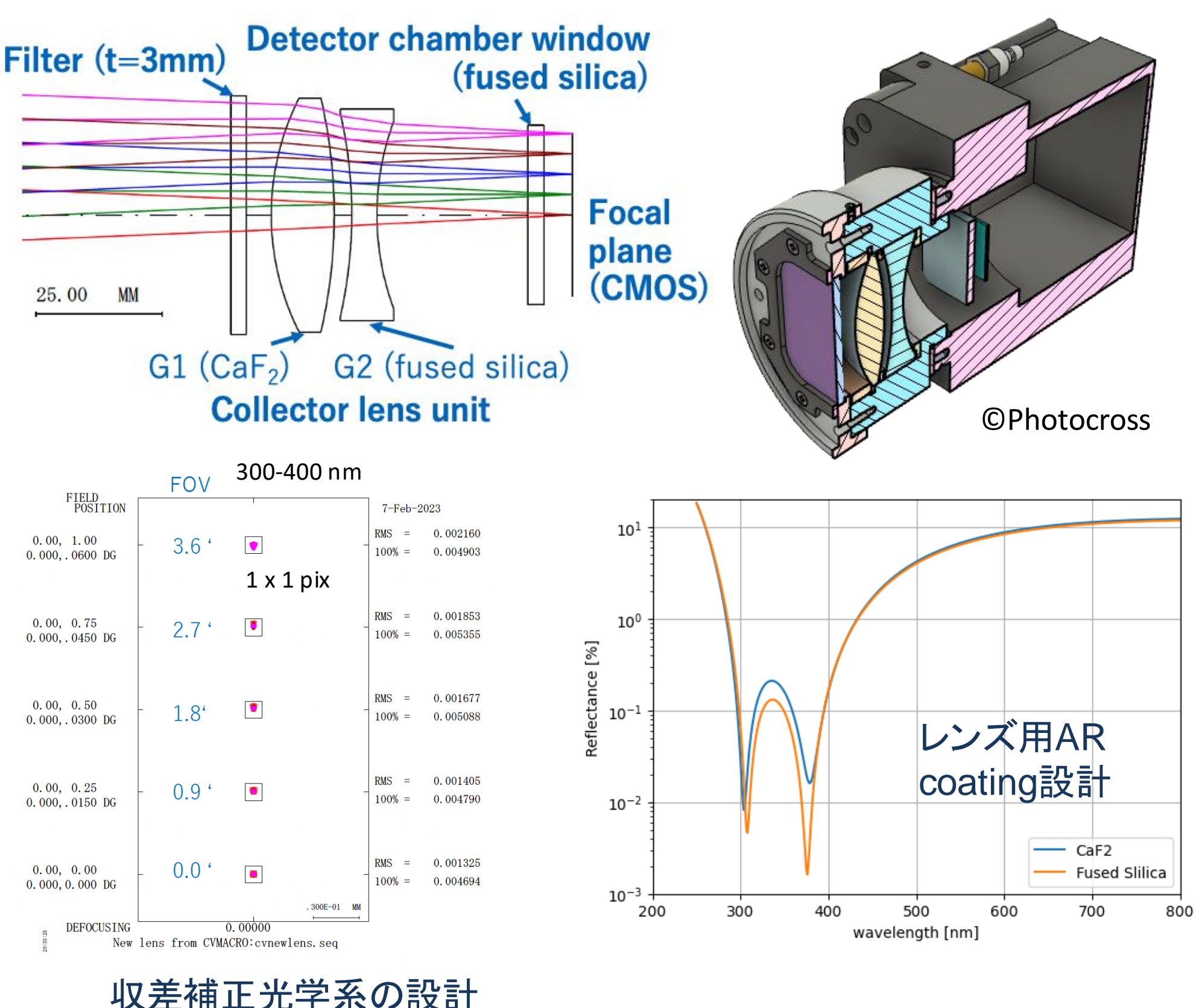
- 我々は、近紫外線(300-400 nm; u-bandを含む波長帯)における装置効率を最優先とした撮像装置(愛称 SCUID)を開発している。これを、2024年3月にかなた望遠鏡に装着し、初の試験観測を行った(Akitaya, Morokuma, & Kawabata, 2024 Proc. SPIE, 13096, 130963G)。
- u-band 観測は以下の天体の観測研究に有効である。
 - 重力イベントの電磁波対応天体としてのキロノバ
 - C型小惑星の近紫外線吸収バンド
 - 超新星、フレア星、高エネルギーニュートリノ対応天体
 - その他多様な変動天体

[2] 装置設計・仕様

- 望遠鏡: 東広島天文台かなた望遠鏡 (1.5-m; f/12.2; Ritchey-Chretien; 2nd Nasmyth focus; 標高 511.2 m.)
- フィルター:
 - ✓ SDSS u-band: 干渉フィルター(特注)(朝日分光)
 - ✓ 中帯域 u-short (300-350nm), u-long (350-410nm) (Edmund Optics)
 - ✓ SDSS g', r' filters (Baader Planetarium)
 - ✓ 対物分光用回折格子 (400 gr/mm) (w/BG38)
- 光学系: 収差補正光学系 (Photocross)
 - ✓ CaF₂ and fused silica
 - ✓ >80% encircled energy/pixel
 - ✓ AR coatingは近紫外線に最適化
- 検出器: CMOS Gpixel GSENSE400 BSI UV
 - ✓ 2048 x 2048 pixels; 11 μm/pix, QE: 45-70% at NUV, FLI KL400カメラモジュールで運用
- 直線偏光ユニット(半波長板+ワイヤーグリッド偏光子)の追加を予定。
- 2024末からかなた望遠鏡第2ナスマス焦点に常駐予定。



(a) u-bandフィルター (b) フィルターの分光透過率

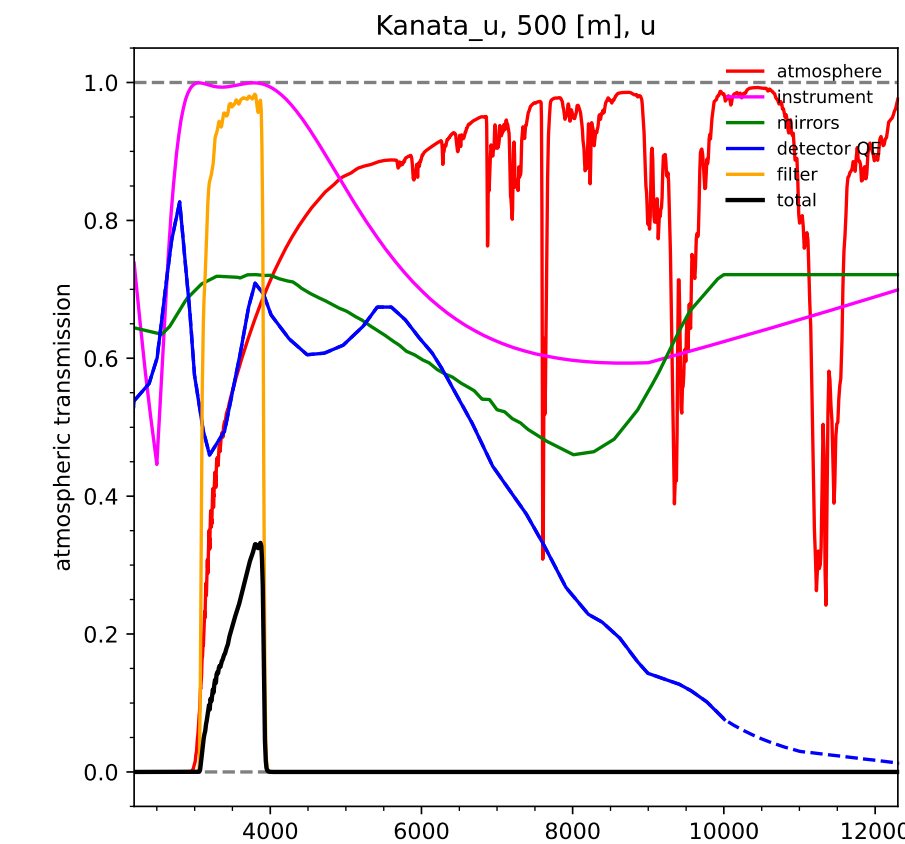


収差補正光学系の設計

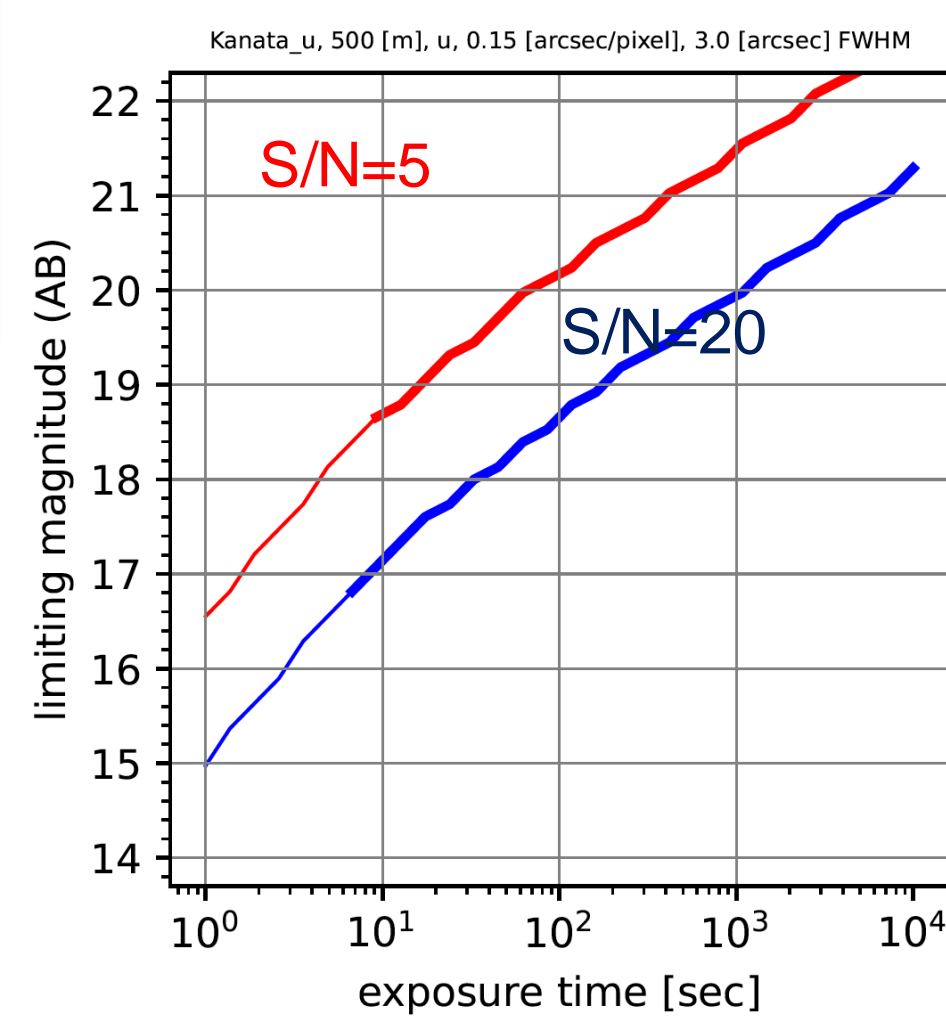


(左)撮像装置, (右)かなた望遠鏡における試験観測

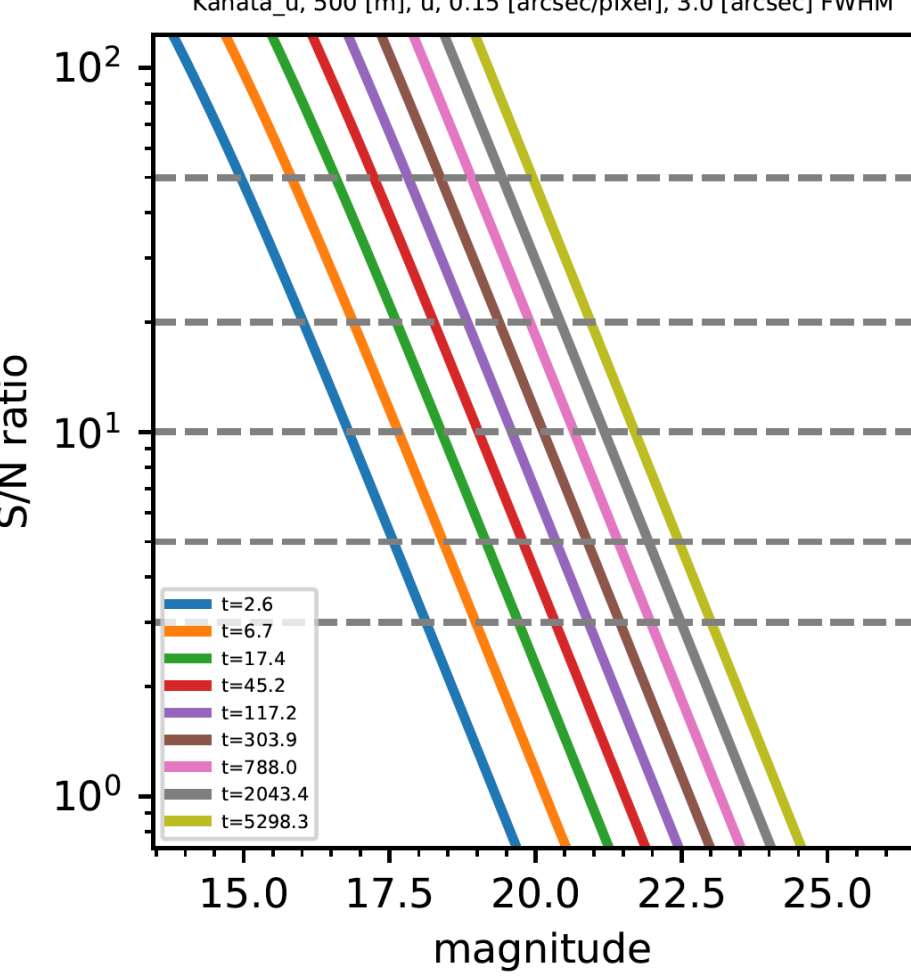
- 視野: 5' x 5' (0.14 arcsec/pixel)
- u-bandの最大スループット: ~32% (装置、望遠鏡、大気吸収含む)
- 限界等級見積り:
 - S/N=20: ~17.2 magAB (10sec) / ~18.6 magAB (100sec)
 - S/N=5: ~18.6 magAB (10sec) / ~20.2 magAB (100sec)



装置スループット設計値。主要な要素の分光効率、および、装置・望遠鏡・大気全て込みの総合スループット(黒線)。

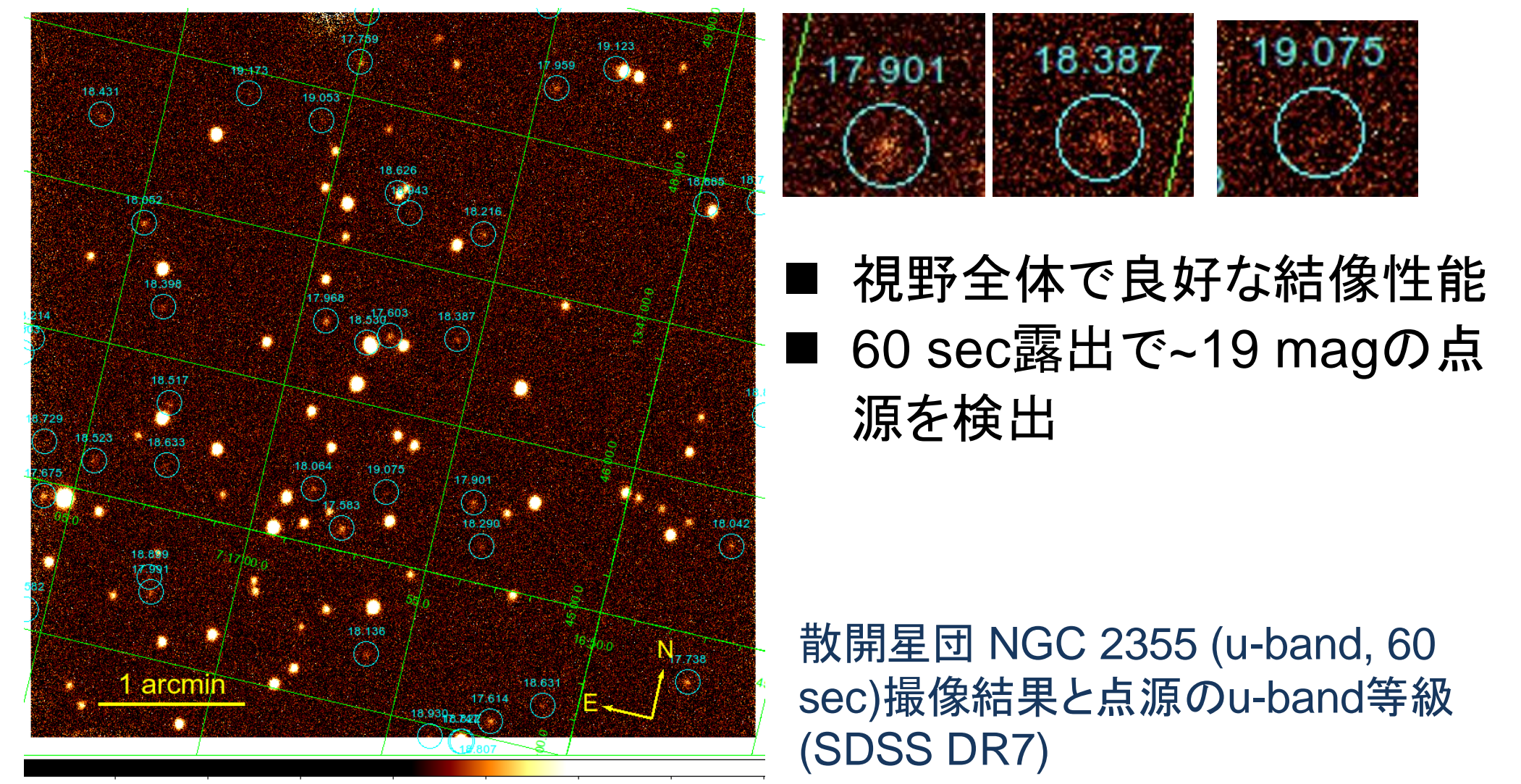


限界等級見積り東広島天文台標高、airmass=1.2, 3.0 seeing



[3] 試験観測結果

(1) 限界等級・像質

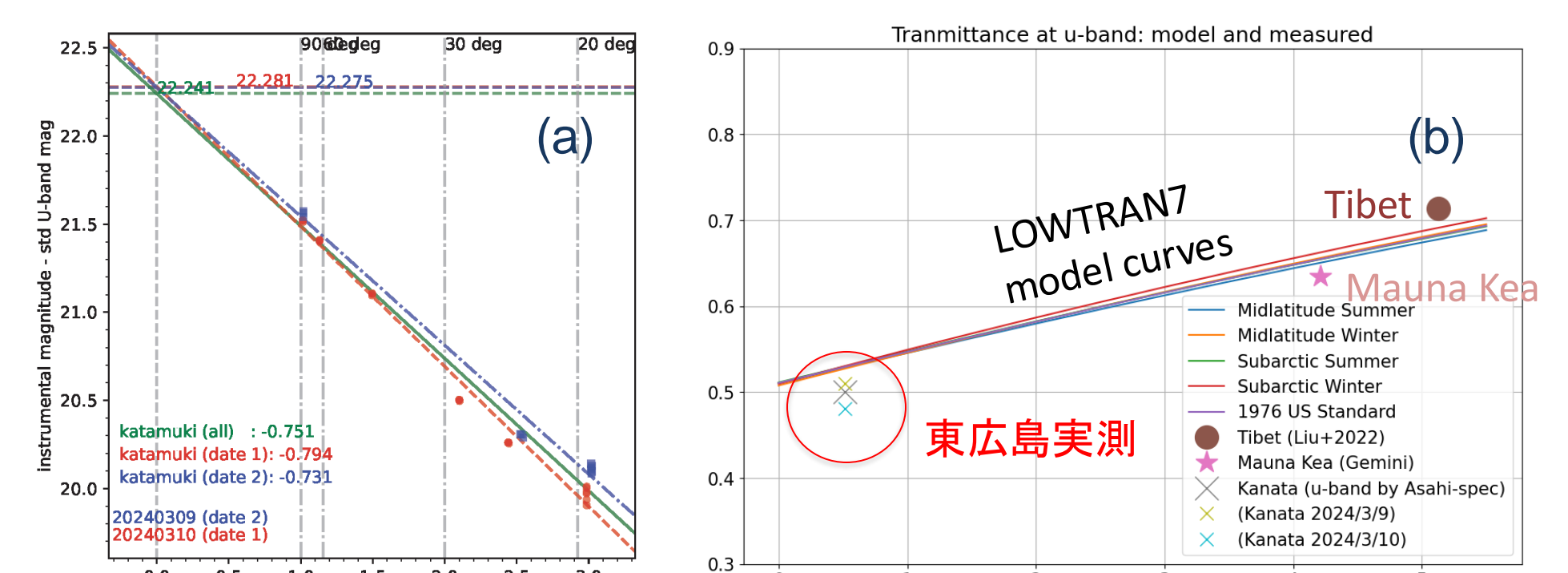


- 視野全体で良好な結像性能
- 60 sec露出で~19 magの点源を検出

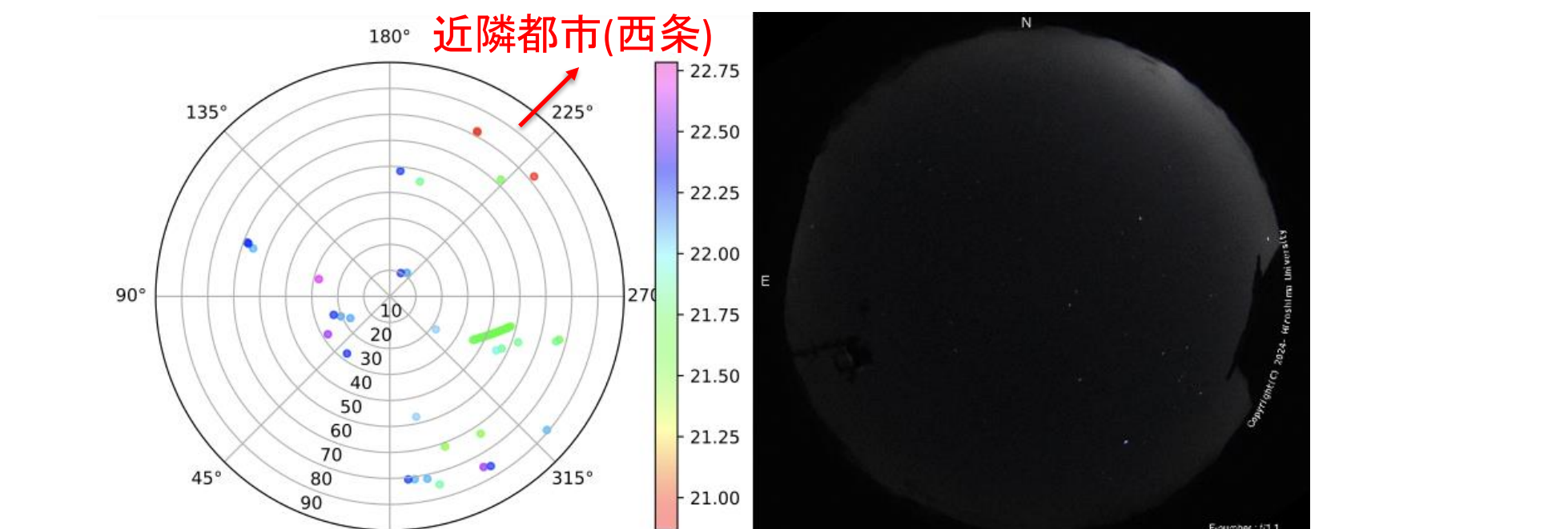
散開星団 NGC 2355 (u-band, 60 sec)撮像結果と点源のu-band等級 (SDSS DR7)

(2) u-bandにおける大気減光・空輝度

- 試験観測中2夜のu-band大気減光・空輝度を実測した。
 - 大気減光は0.75 mag/airmass (= 透過率 50%)であった。大気モデルからの予測とよく一致した。
 - 空輝度は21-22 mag/arcsec²であった。Mauna Kea (22.1 mag/arcsec²; Gemini-N web page)と遜色ない。
- 日本の低標高でも十分高い空の透過率・低い空輝度



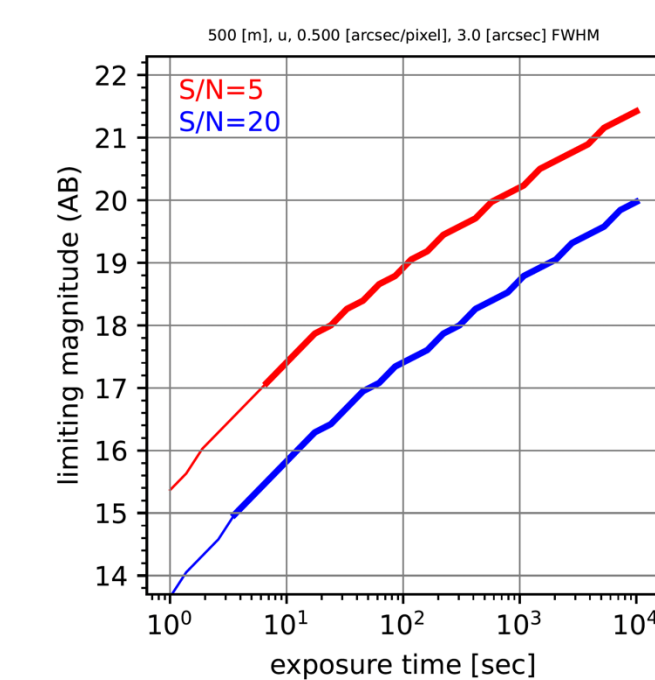
(a) u-band大気減光の測定(標準星装置等級のairmass依存性)。 (b) 大気透過率実測値(x点ほか)とLOWTRAN7大気モデル(実線)の比較



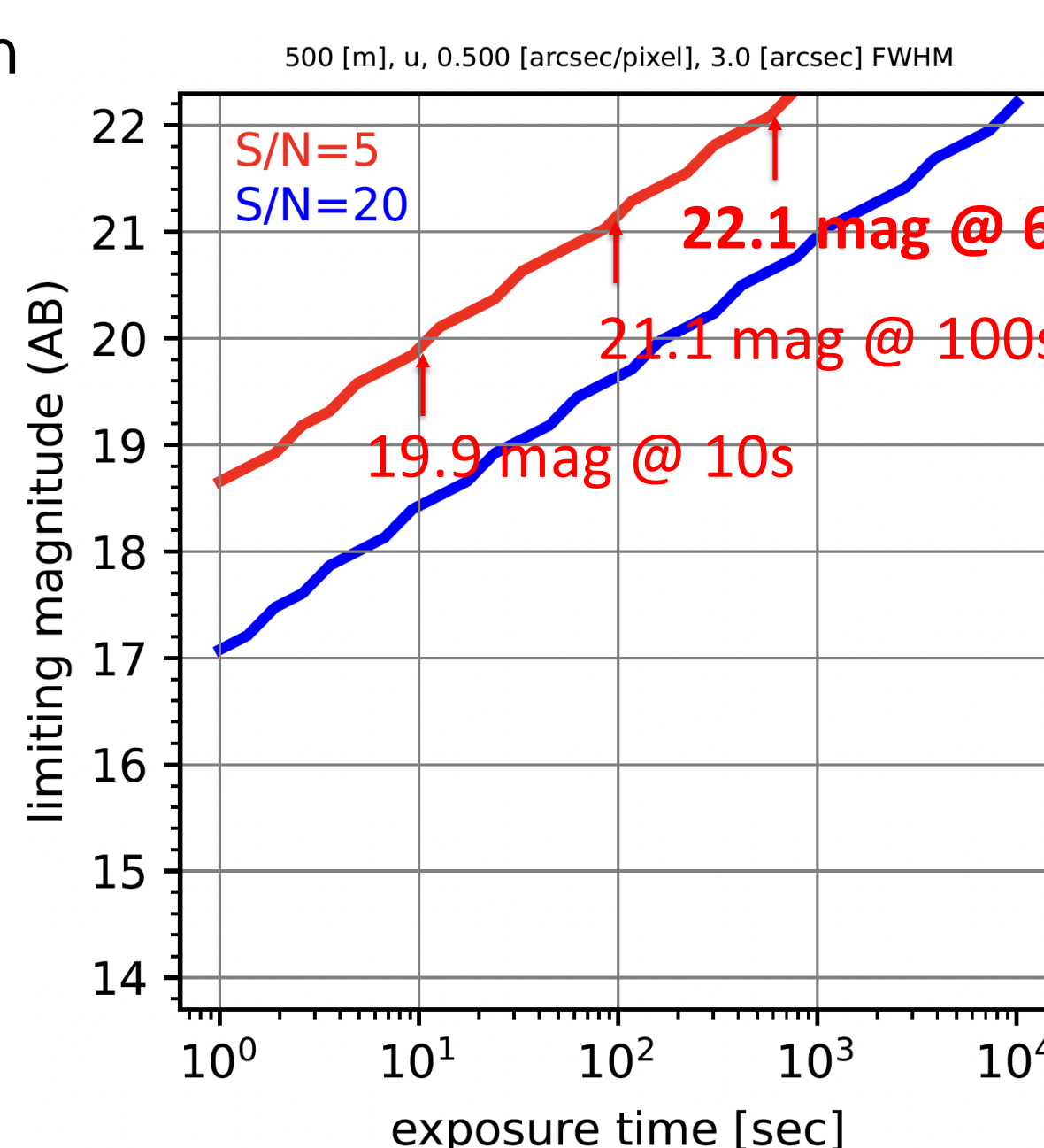
(左) 2024/3/9-10の空輝度分布。(右) 3/10の東広島天文台スカイモニター画像(NAOJ SMOKAより)。北西方向が近隣都市部(東広島市西条)。(諸隈ほか・日本天文学会2024年秋季年会・V220bで詳細報告予定)

[4] 3.8m級望遠鏡での近紫外線観測

- せいめい(or 同型3.8m級)望遠鏡に同様の装置を装着した場合のu-band 点光源限界等級を見積もった。(効率・光学仕様・観測条件を同等と仮定。口径のみ変化)
- 600secでSDSS median 5σ depth (22.15 mag) 相当に到達
→ 突発天体フォローアップには十分な感度



(参考) 口径0.5m



口径3.8mでの限界等級

アイデア・提言

- 本装置と同様の近赤外線スループット最優先装置を迅速・安価に製作し、せいめいクラスの望遠鏡に装着するのは有効。装置交換機構にとりつけ、他の装置とすばやく交換してu-bandの深い撮像・測光にのみ用いる。(他の波長は他の装置に任せる)
- 近紫外線域に限った高効率の簡便な分光器を作成し、この波長域に特化した輝線・吸収線サーベイ・モニターを行う (CaII H, K lines, Balmer jump, etc.)
- 「近紫外線の観測は日本の低標高では無理」といった類いの過剰な忌避は禁物。将来計画の上で、近紫外線は一つの重要な観測パラメータ空間として検討に値する。
- 近紫外線における主鏡反射率への考慮は必要。(現状AI + coatingの反射率は?単純なcoated silverは不可)
- 各観測地の近紫外線観測環境(空の透過率・空輝度、それらの分光特性)の丁寧な定量調査は必要。ともに進めませんか?

謝辞

- 東レ科学技術研究助成 (課題番号22-6310)
- 国立天文台先端技術センター (分光透過率測定)
- 近紫外線観測装置mini WS (2023/7・千葉工大津田沼)の参加者の皆様、その他近紫外線観測について助言をくださった皆様