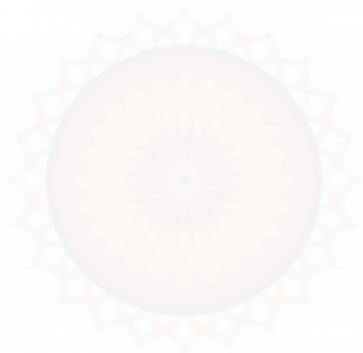


LOTUS
exploring subsecond time domain



WHIC
Wide field High speed camera



木曾超広視野CMOSカメラの 高速撮像性能の評価

WIHI
Wide field High speed camera

藤堂 颯哉 (東大天文センター)

酒向重行, 土居守, 本原顕太郎, 菊池勇輝 (東京大学),
田中雅臣 (NAOJ),

他 木曾超広視野CMOSカメラ開発チーム

MAX9D
exploring subsecond time domain

Subsecond Time domain eXplorer



Outline

- 2013年度の試験観測
- Stacking
- 測光精度
- 位置精度

LOTUS
exploring subsecond time domain

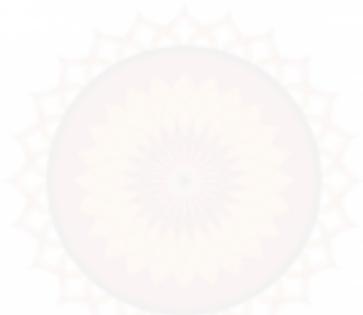
WHIC
Wide field High speed camera

MAX9D
exploring subsecond time domain

STIX
Subsecond Time domain eXplorer



LOTUS
exploring subsecond time domain



- 2013年度の試験観測
- Stacking
- 測光精度
- 位置精度

WHIC
Wide field High speed camera



WHIC
Wide field High speed camera



MAX9D
exploring subsecond time domain

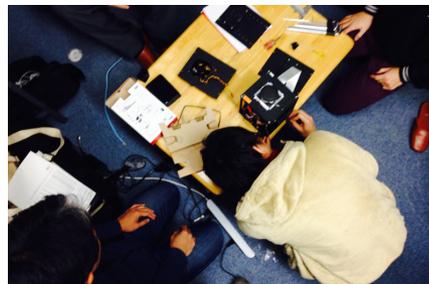


STIX
Subsecond Time domain eXplorer



試験観測の概要

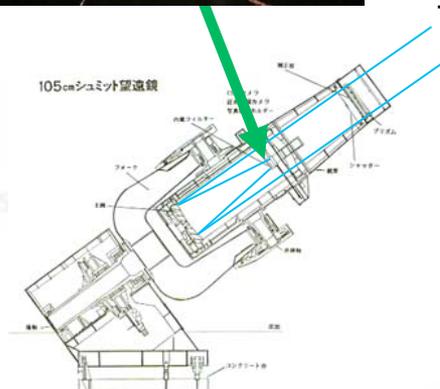
- 2013年12月12-15日(4夜)
- CMOSセンサ1台
 - 視野40' x22'
 - 積分時間設定
0.033sec - 2sec
- モノクロセンサとカラーセンサを使用
- センサ温度 -5°C



カメラの準備をする様子



シュミット望遠鏡の
主焦点に設置



M42



高ダイナミックレンジ画像
M42オリオン星形成領域
フィルタなし

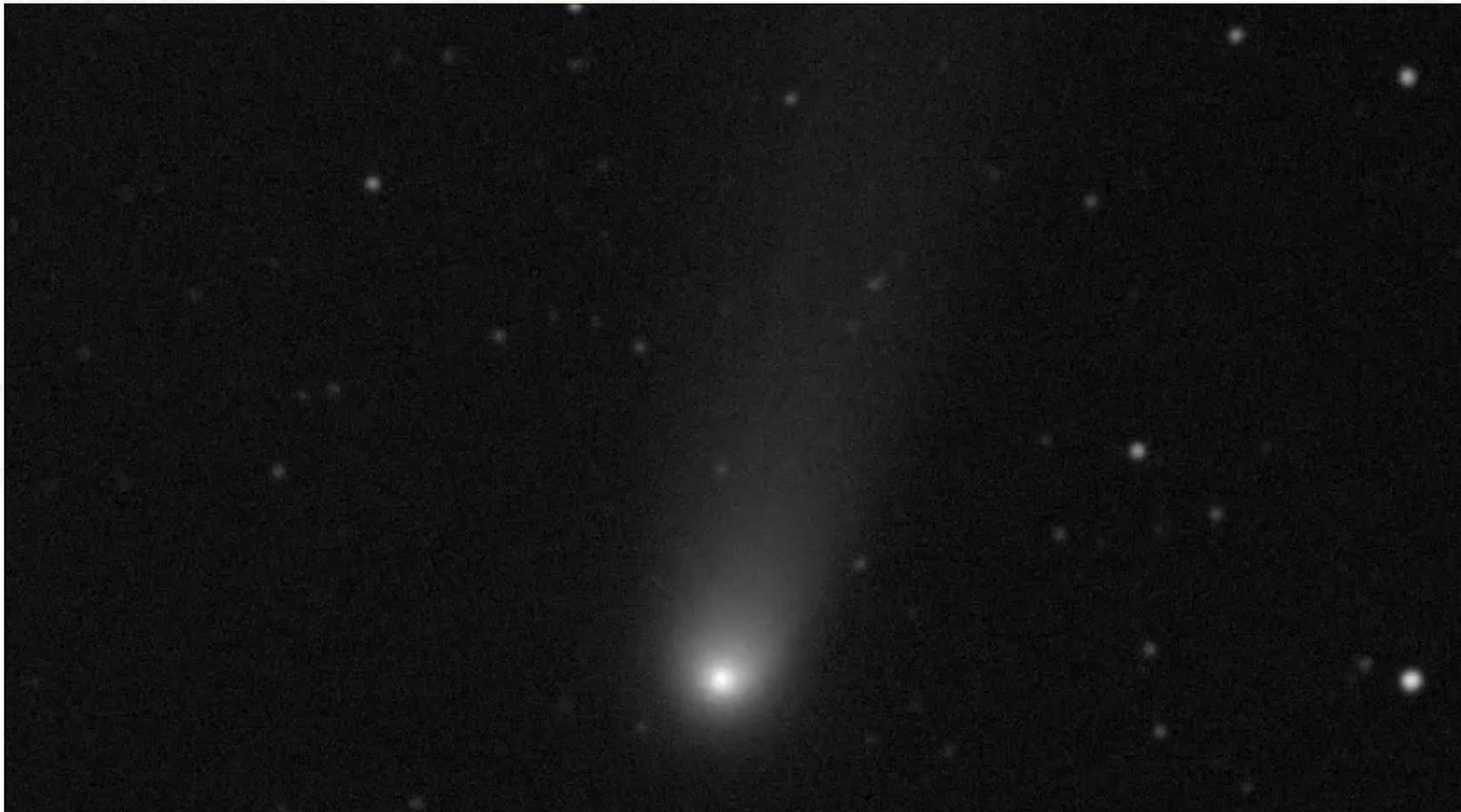
1秒 x 100フレーム
0.25秒 x 100フレーム
0.1秒 x 100フレーム

ラブジョイ彗星



Lovejoy彗星
カラーセンサ
1秒 x100フレーム

Movie: ラブジョイ彗星



2013/12/14 5:30頃

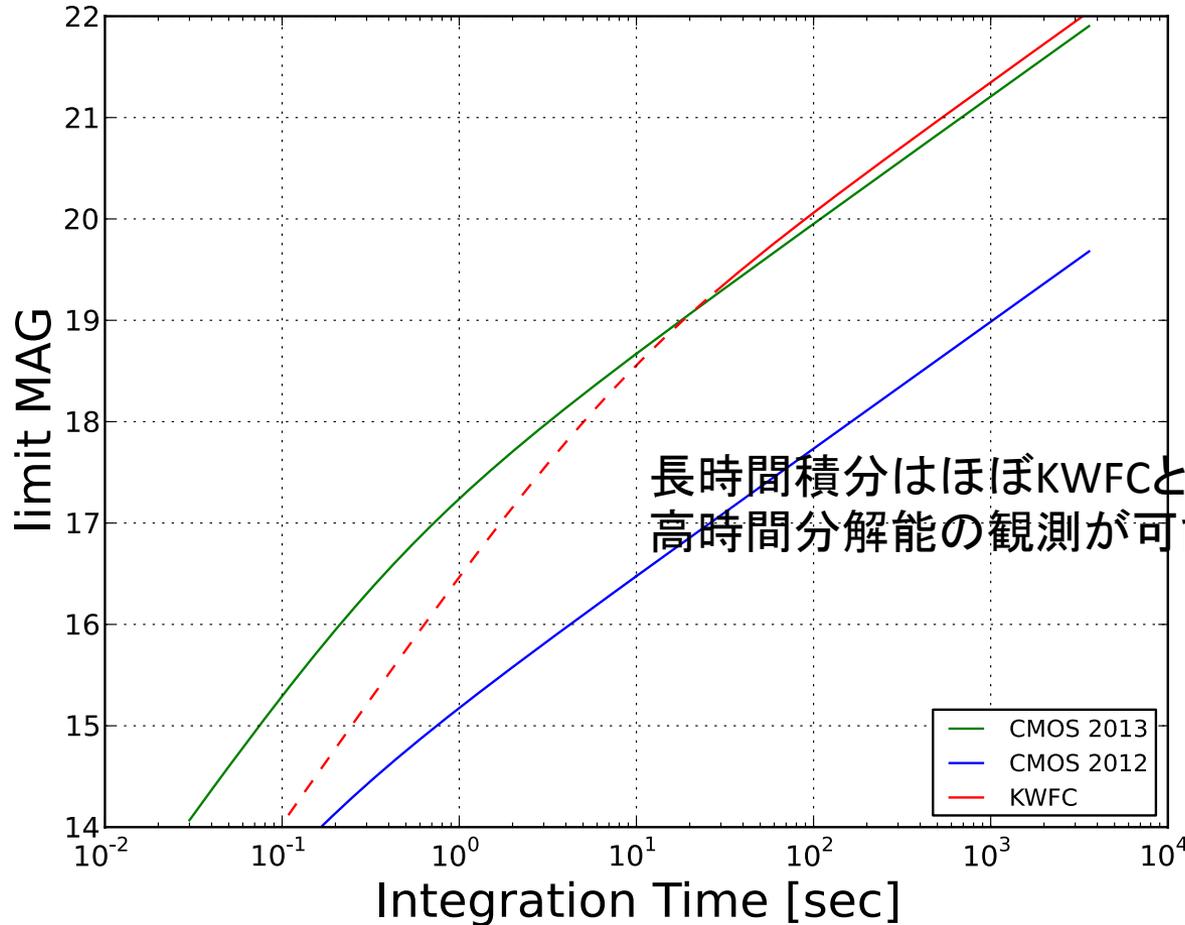
- 高度~30度
- フィルタなし
- 1sec x 100枚を5倍速に変換
- 対数スケールで表示

評価結果

項目	測定値	コメント	KWFCの値
読み出しノイズ	2.5e-	前年度: ~3e-	7-20e-
暗電流	<1e-/sec	前年度: 180e-/sec	<0.001e-/sec
システム効率	0.44		
限界等級 (S/N=5)	0.033sec	13.2mag	ただし、観測時は 月齢: 10 Sky: 19.5mag/ arcsec ²
	0.2sec	15.0mag	
	1sec	16.2mag	

センサの要求性能をほぼ達成!

限界等級: KWFCとの比較



長時間積分はほぼKWFCと同等の性能を保ちながら、
高時間分解能の観測が可能になる！

暗夜を想定

15.3mag @0.1sec
17.2mag @1sec
20.0mag @100sec

LOTUS
exploring subsecond time domain

- 2013年度の試験観測
- **Stacking**
- 測光精度
- 位置精度

WHIC
Wide field High speed camera

WHIC
Wide field High speed camera

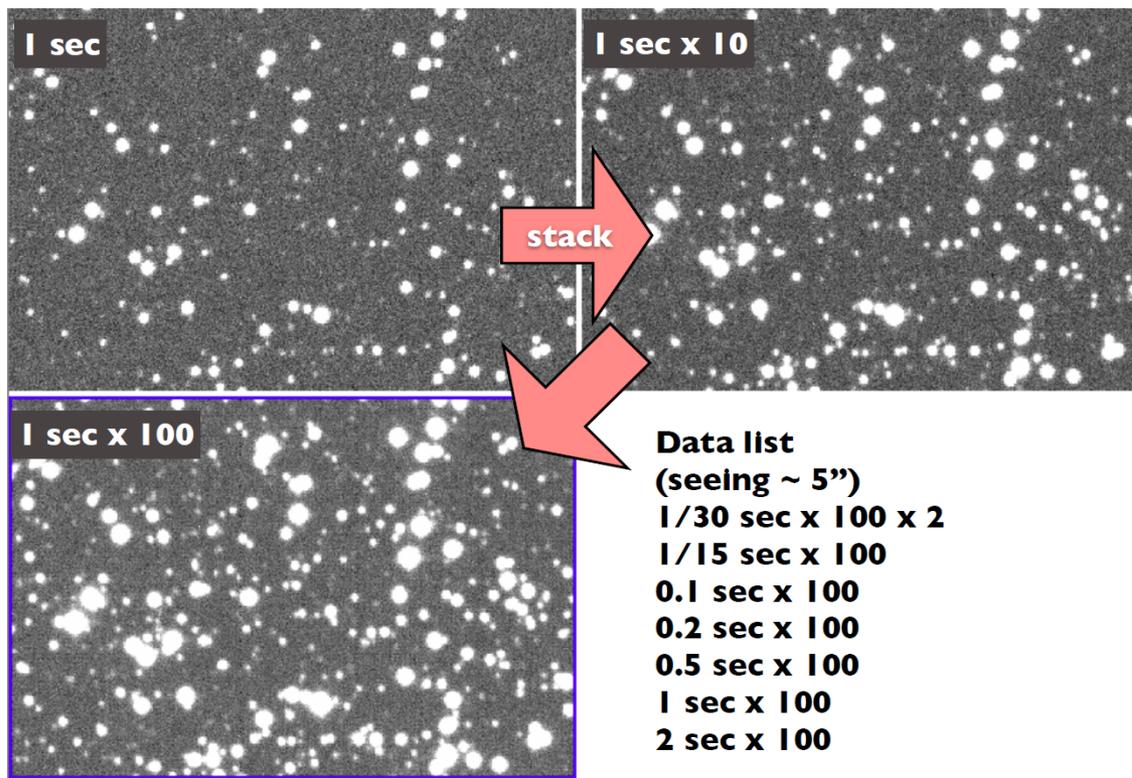
MAX9D
exploring subsecond time domain

STIX
Subsecond Time domain eXplorer



短時間積分のstack

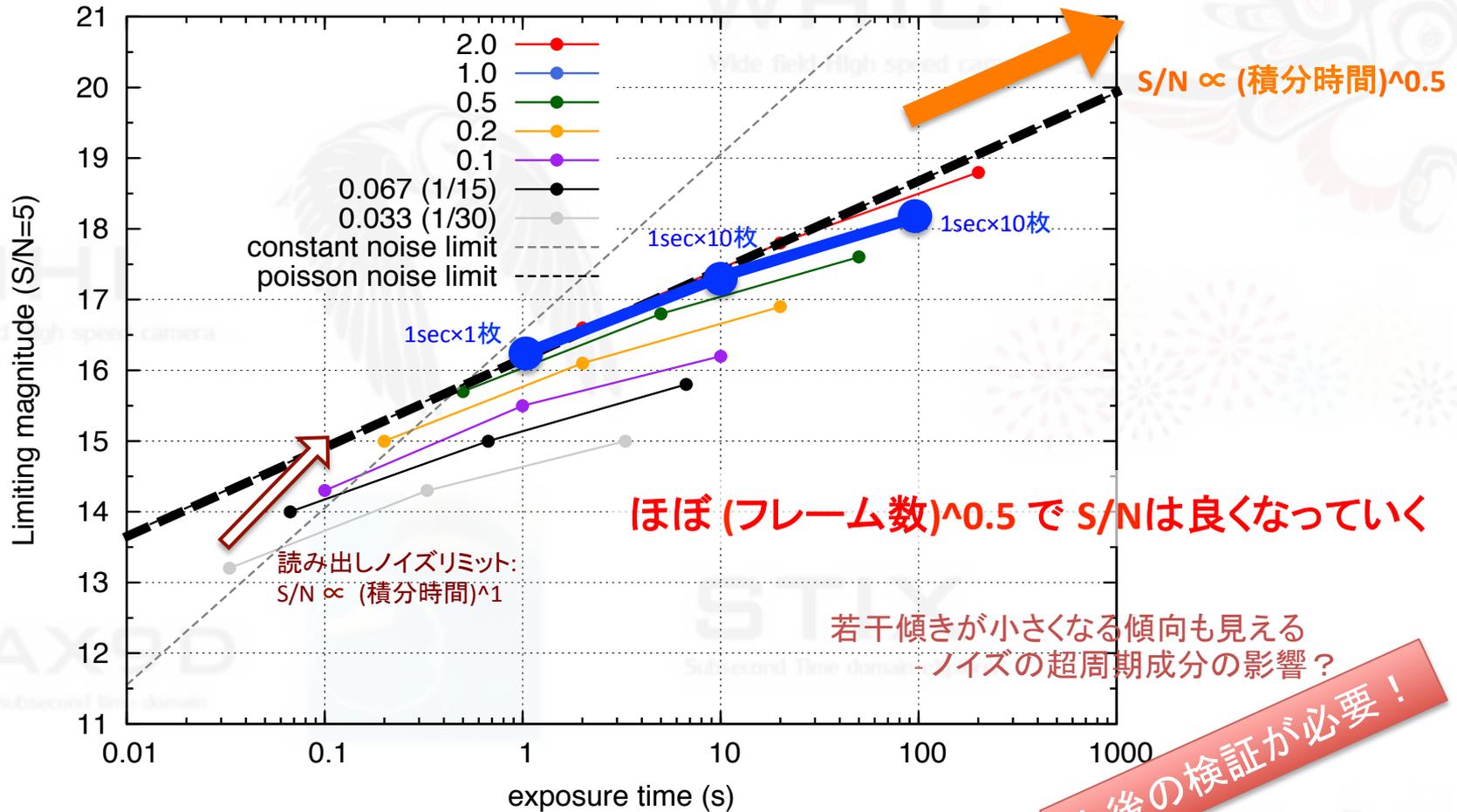
M38散開星団, Vバンド



短時間積分のstackingでS/Nは確かに向上する！

stackとS/N

各積分時間で1,10,100枚stackした限界等級



今後の検証が必要!

LOTUS
exploring subsecond time domain

- 2013年度の試験観測
- Stacking
- 測光精度
- 位置精度

WHIC
Wide field High speed camera

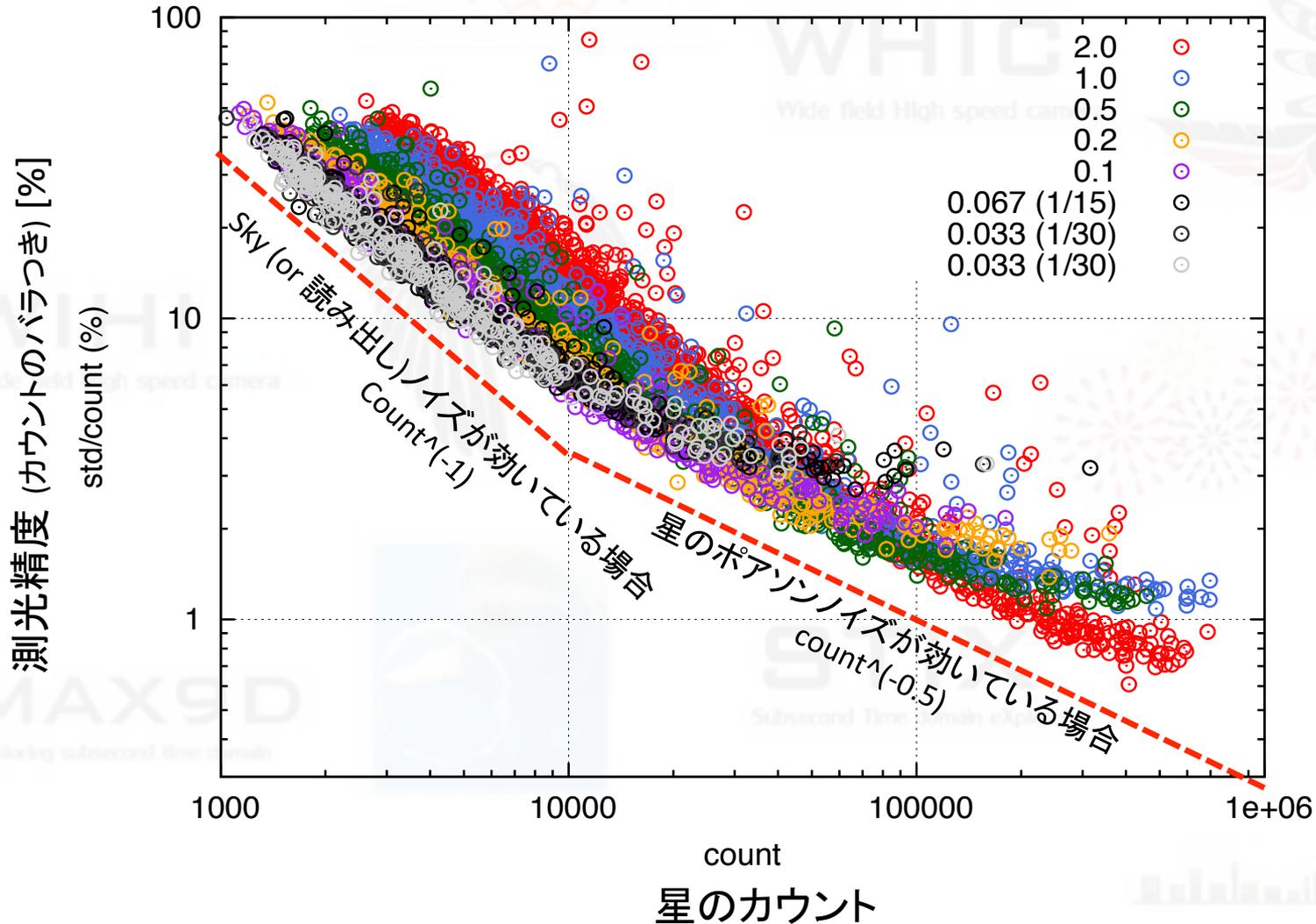
MAX9D
exploring subsecond time domain

STIX
Subsecond Time domain eXplorer

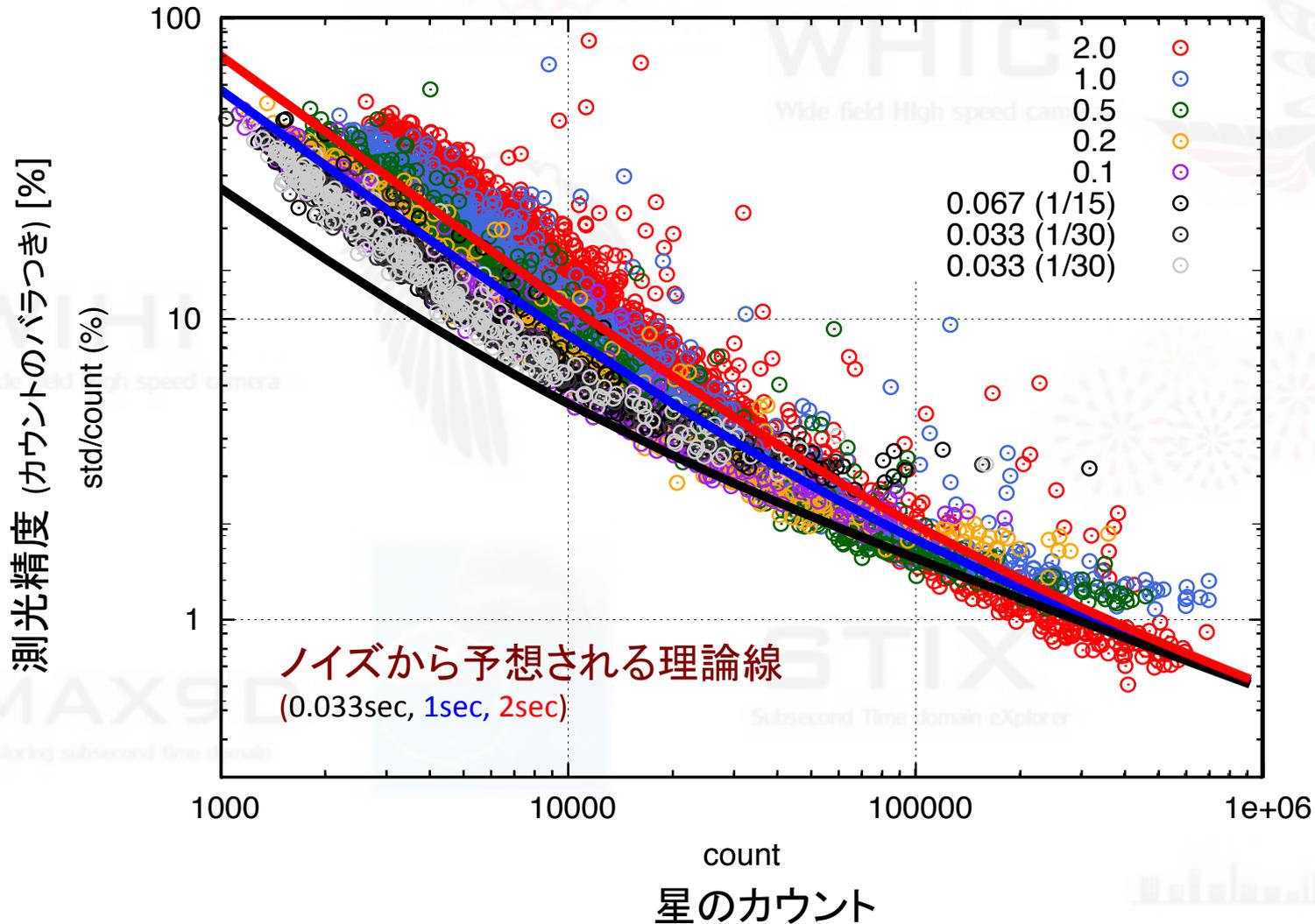


高速撮像での測光精度

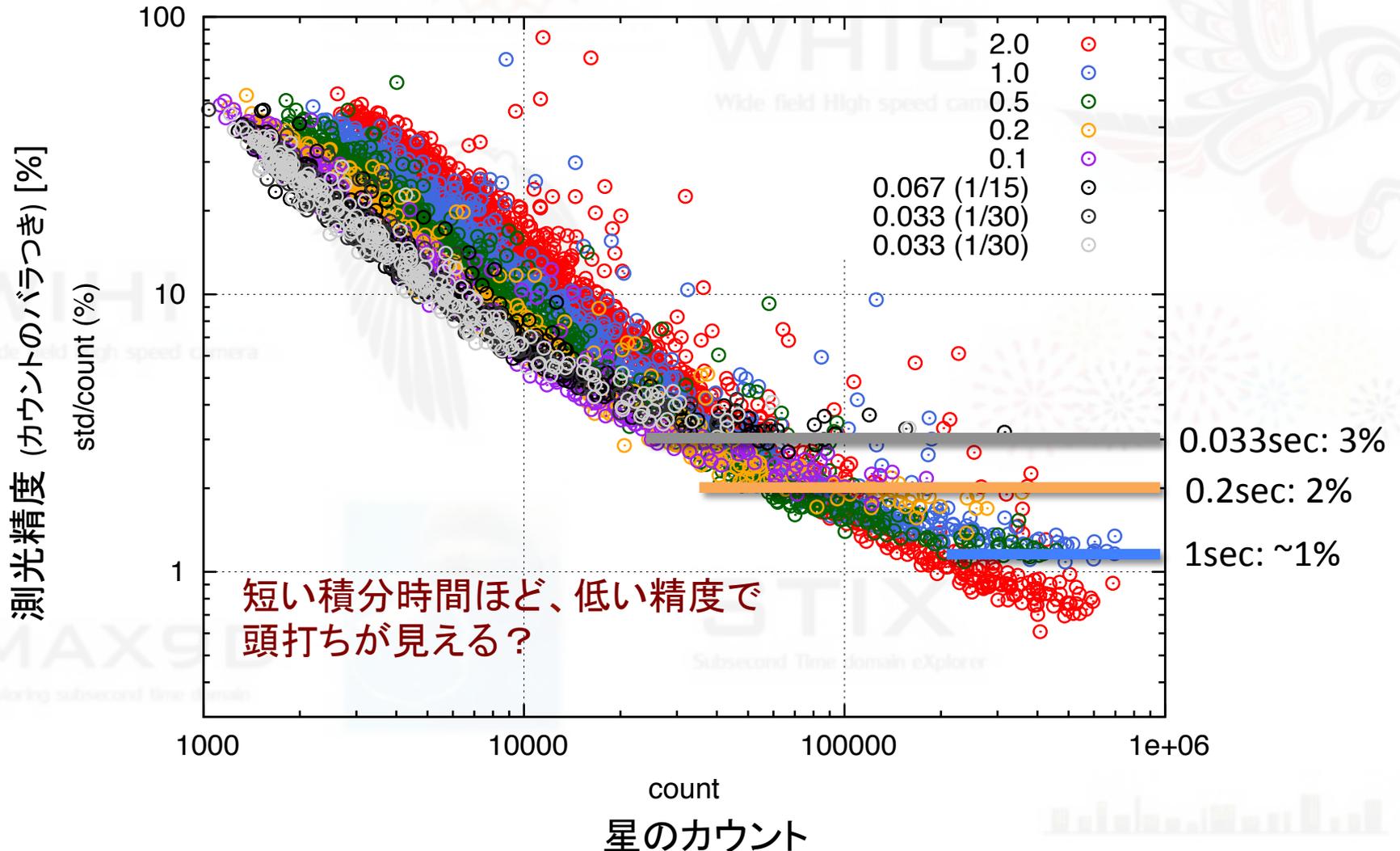
各積分時間で100枚連続撮像したとき、星のカウントに対するカウントのバラつきの割合



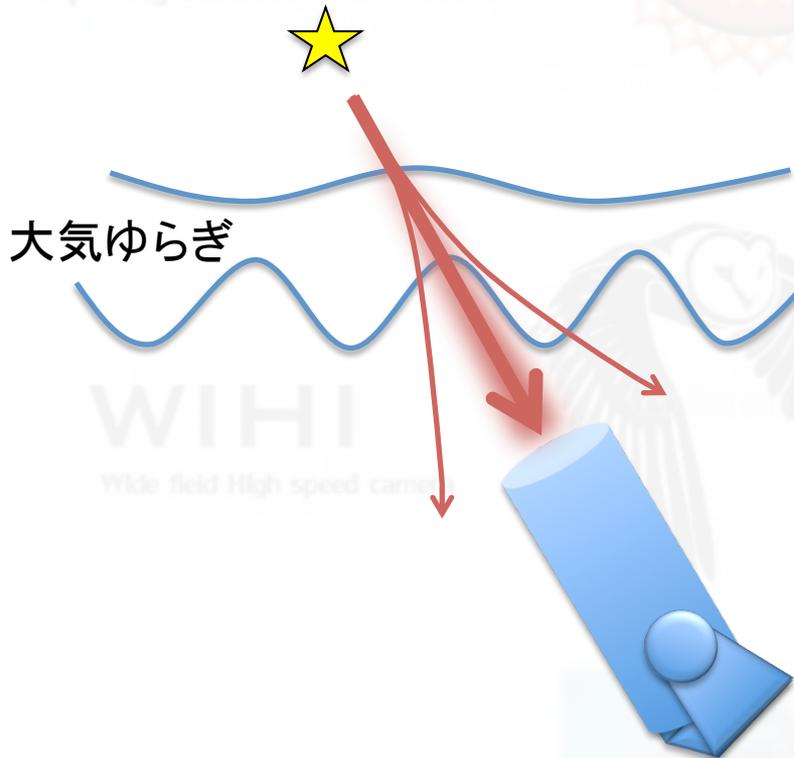
高速撮像での測光精度



高速撮像での測光精度



考察: 高速撮像での測光精度



大気ゆらぎの影響により、星の光は散逸される
短いtime scaleほど散逸の効果が大きく、
測光精度がlimitされる

積分時間	測光精度 リミット	リミットされ る等級
0.033sec	3%	<13mag
0.2sec	2%	<14mag
1sec	1%	<14mag

今後の検証が必要!

LOTUS
exploring subsecond time domain

- 2013年度の試験観測
- Stacking
- 測光精度
- 位置精度

WHIC
Wide field High speed camera

WHIC
Wide field High speed camera

MAX9D
exploring subsecond time domain

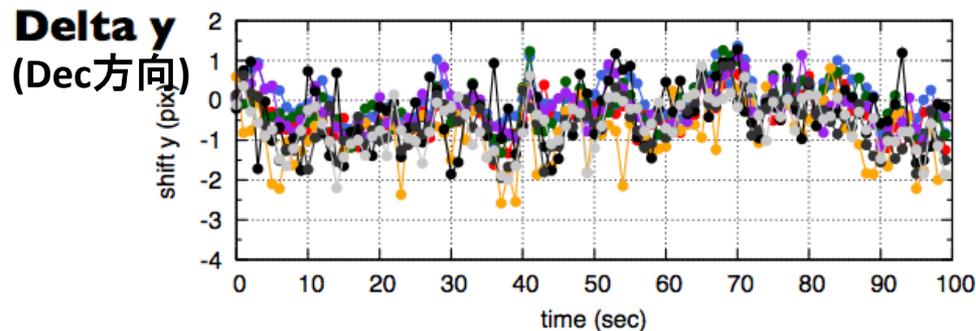
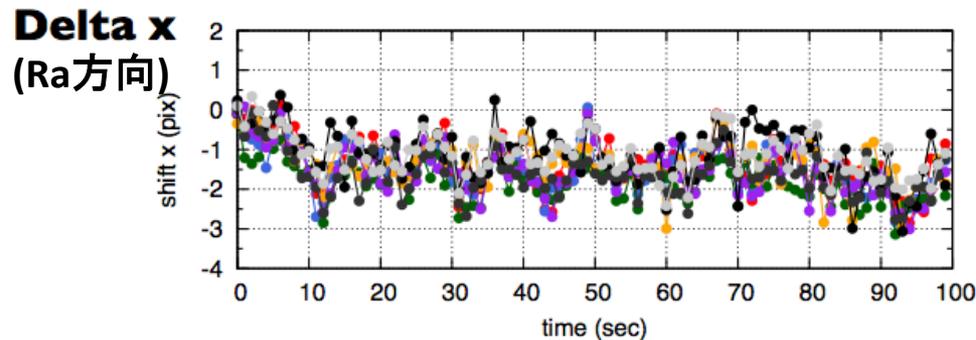
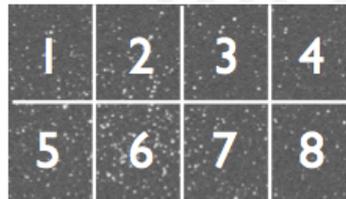
STIX
Subsecond Time domain eXplorer



短時間積分での位置精度

1秒積分の場合:

Positional variation
(exp = 1 sec)

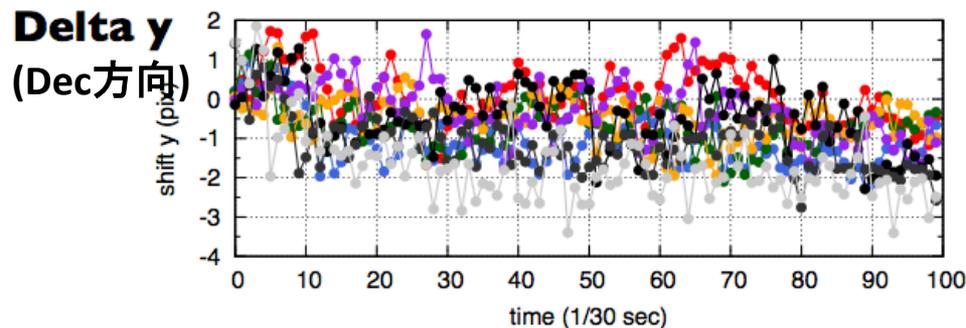
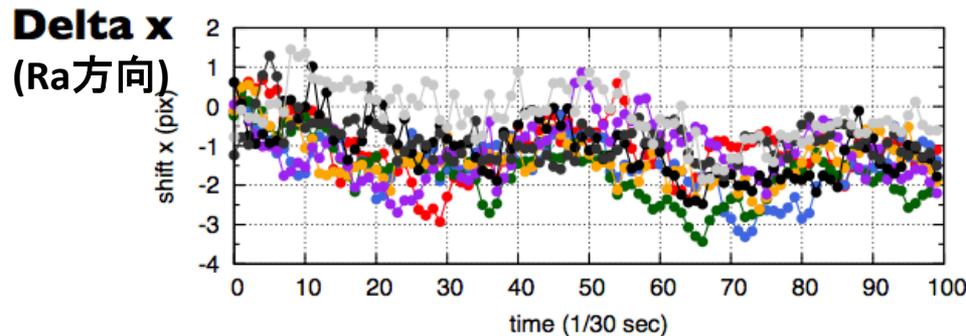
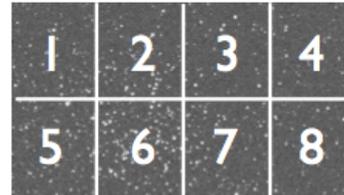


- Peak-to-peakでSeeing sizeの~0.6倍
- frame全体で同期した(?)位置変動
- ~数10sec scaleの位置変動がありそう

短時間積分での位置精度

0.033秒積分の場合:

Positional variation
(exp = 1/30 sec)



- frame全体で同期した長周期(~1sec)成分が卓越?
- Ra, Dec方向で振動パターンが明確に異なる
 - Trackingの影響か何か?
 - Dec方向のほうが振動幅大きい

今後の検証が必要!

Summary

- 木曾超広視野CMOSカメラで使用予定のセンサで試験観測を実施
- KWFCとほぼ同等の限界等級を達成
- 高速撮像性能の評価
 - 短時間積分のStack: ほぼ (フレーム数)^{0.5} でS/Nは向上する
 - 測光精度: $t < 1\text{sec}$ では頭打ちが見える
 - 位置精度: $t = 1/30\text{sec}$ でも顕著な悪化は見えない
- 今後の検証課題
 - StackとS/Nについての定量評価
 - 高速撮像での測光精度について、Seeingの影響などの追調査
 - 高速撮像での位置精度について、追調査