

KISOGP

KWFC銀河面変光天体探査

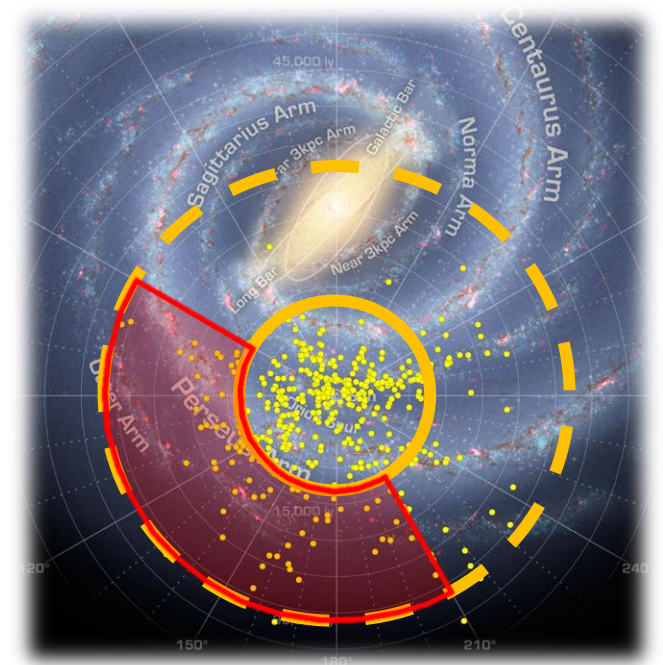


松永典之（東大・木曾観測所）
坂本強（日本スペースガード協会）
前原裕之（京大・花山天文台）

KISOGPチーム

概要

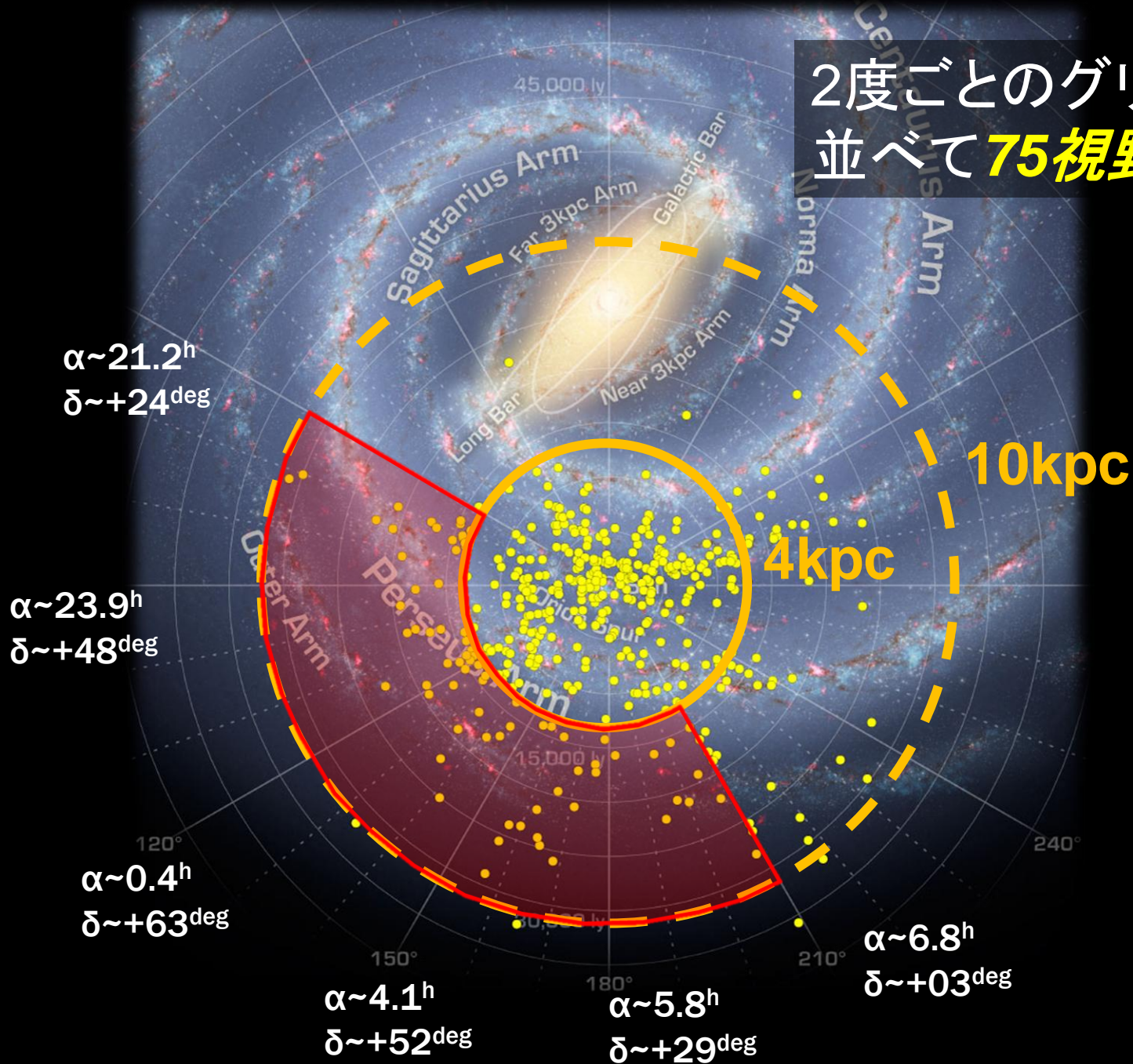
- KISOGPの概要と目標
- 今年4月に観測を開始
 - 現状と今後の計画について
 - 実際の観測時間や限界等級の様子
- 観測方針についての見直し



KISOGP

- KWFC Intensive Survey Of the Galactic Plane
- KWFC大規模観測プログラムのひとつ
- 銀河面の変光星および新星・矮新星などを
探査して、銀河系の構造を調べる。
- 銀河面に沿って銀経60～210度を観測

2度ごとのグリッドに
並べて**75視野**



観測領域が銀河面をカバーする様子



銀経80度付近

30度×30度

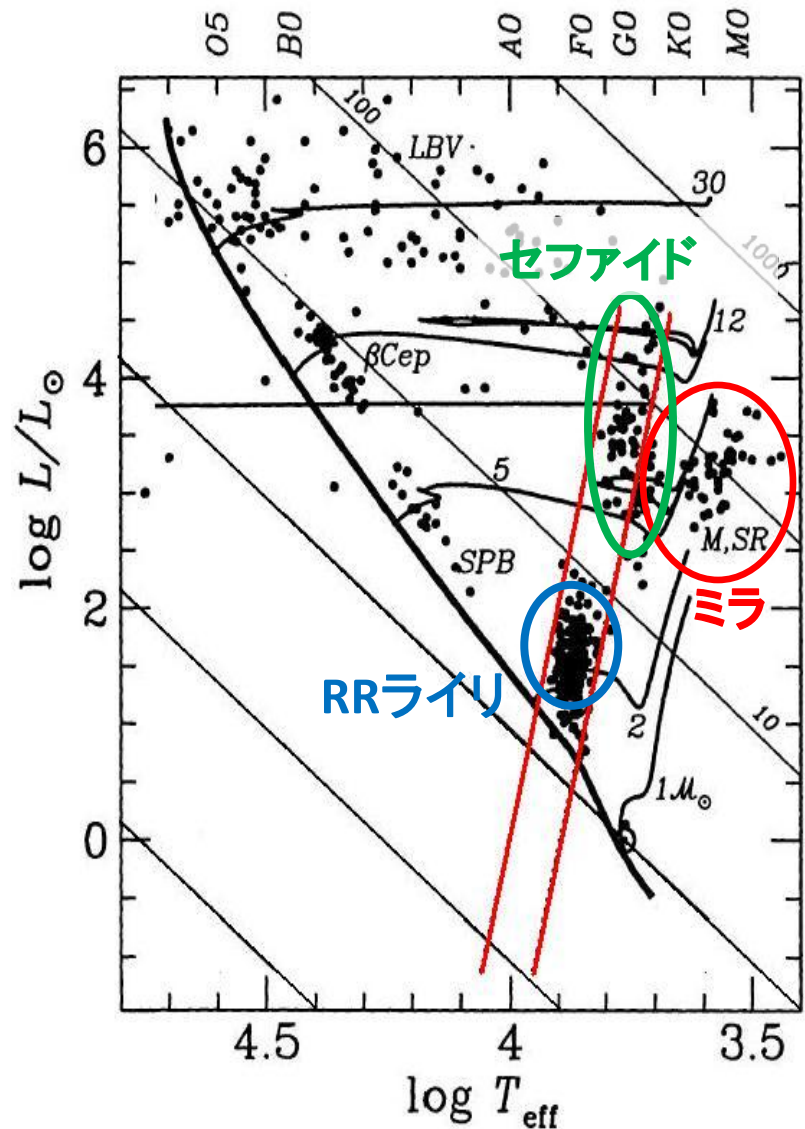
チャート: 前原さん作成

様々なターゲット

- 脈動変光星
 - セファイド、RRライリ、ミラどんな種類でも。
- 新星・矮新星
- 小惑星
- YSO(T Tauri、Herbig A/B)、LBV
- その他
 - **みなさんの研究にご利用ください。**
 - **データやカタログもなるべく早く公開していく。**

セファイド・ミラ・RRライリ

- 古典的セファイド
 - Blue loop (4~10 M_{sun})
 - 周期 3~50日程度
- ミラ型変光星
 - AGB (1~6 M_{sun})
 - 周期 100~1000日程度
- RRライリ変光星
 - HB (~1 M_{sun})
 - 周期 0.5~1日程度
- II型セファイド
 - post-HB (~1 M_{sun})
 - 周期 1~40日程度



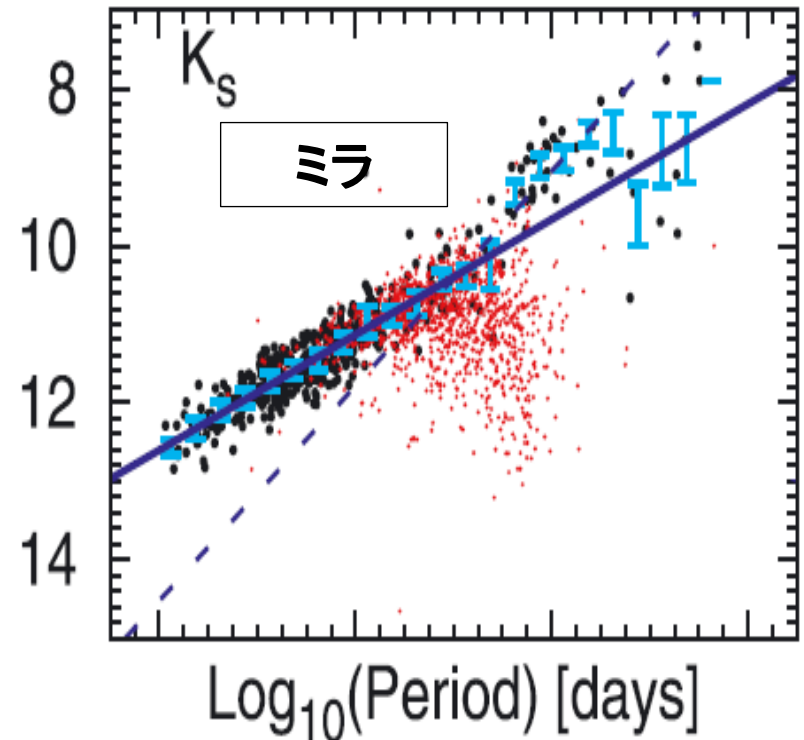
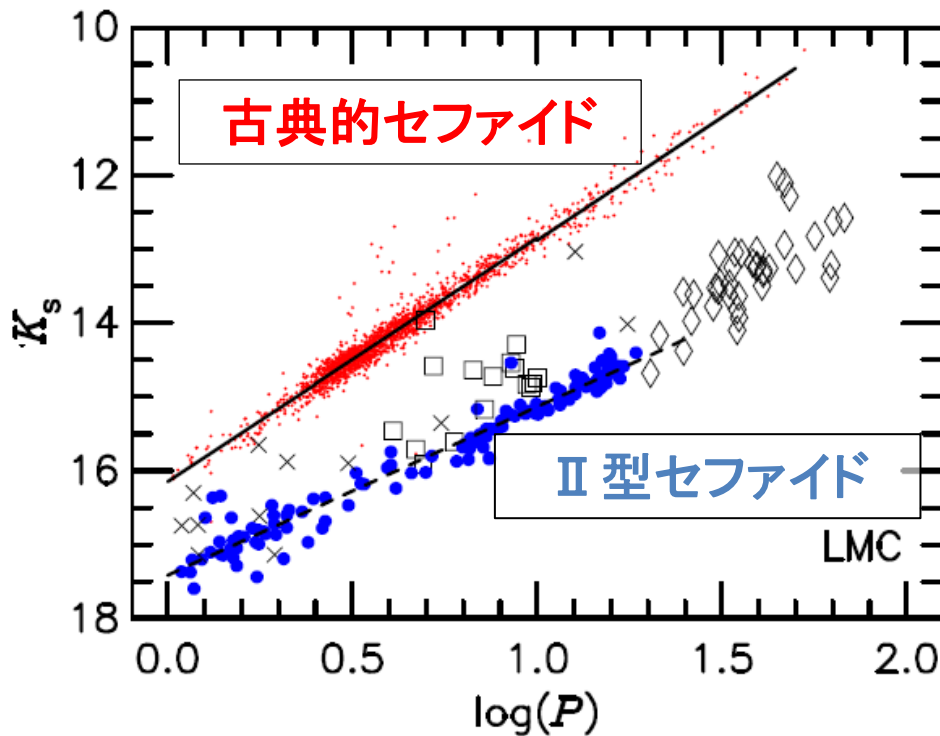
脈動変光星の応用

- 銀河系研究への4つの役割
 - 銀河系構造のトレーサ
 - 恒星種族のトレーサ
 - 化学進化のトレーサ
 - 星の運動のトレーサ

銀河系構造のトレーサ

- 周期光度関係を距離指標として利用できる。
 - ひとつひとつの変光星の距離を求められる。

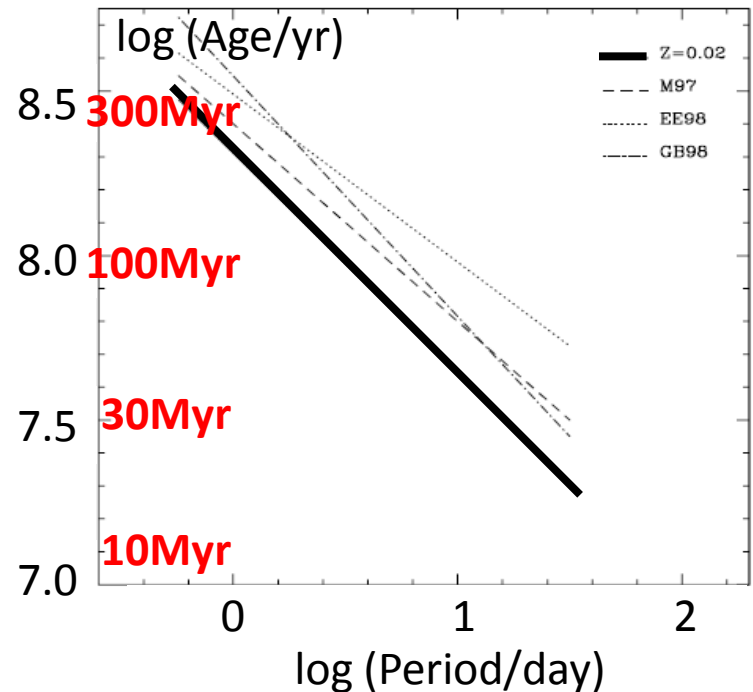
LMCにある変光星の周期光度関係



恒星種族のトレーサ

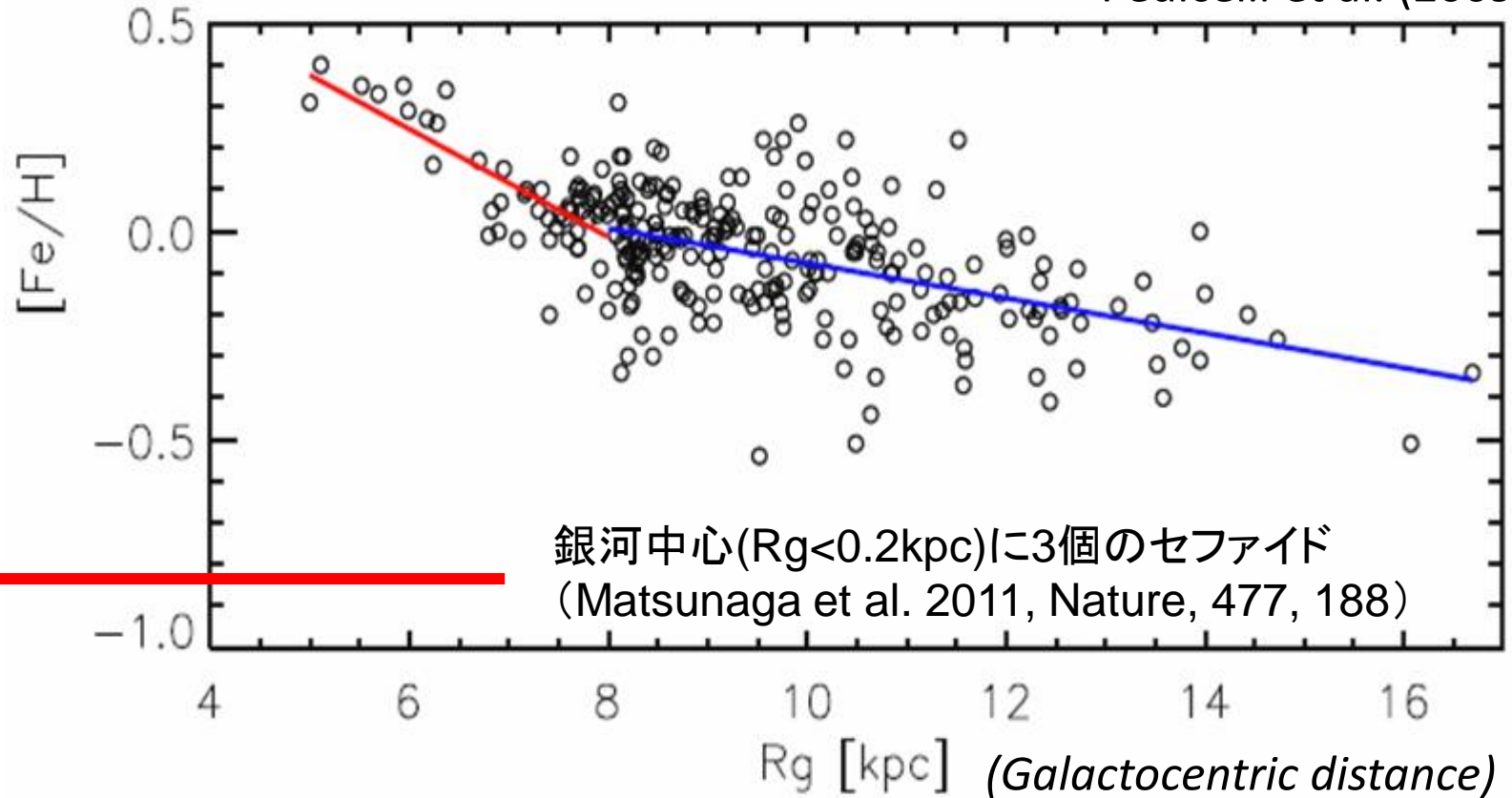
Type	Initial Mass	Age
古典的セファイド	4–10 M_{sun}	20–300 Myr
ミラ	1–6 M_{sun}	100 Myr –10 Gyr
II型セファイド RRライリ	$\sim 1 M_{\text{sun}}$	~ 10 Gyr

古典的セファイドの
周期と年齢の関係
(Bono et al. 2005)



化学進化のトレーサ

Pedicelli et al. (2009)



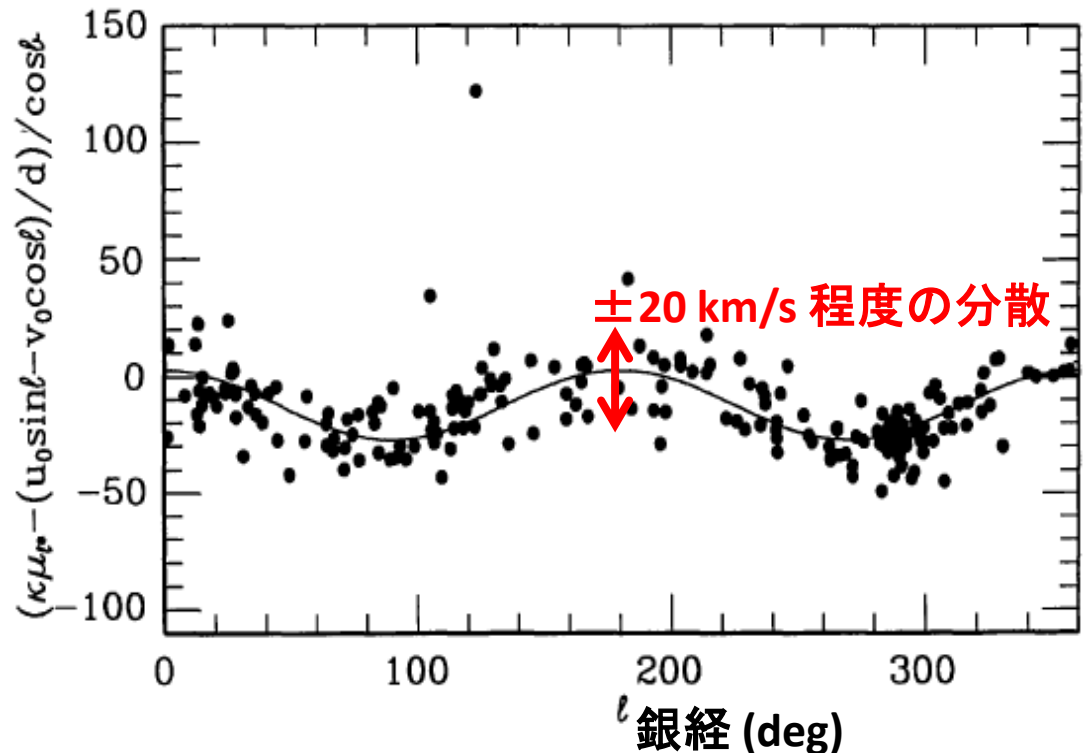
- ディスク内側のサンプルが不十分
- ディスク外側はセファイドでどこまでトレースできる？

運動のトレーサ

- 距離（銀河系中での位置）と年齢のわかる星の運動を調べられる。

Hipparcosの固有運動によるセファイドの運動の研究。
→おおよそ銀河回転に従う。

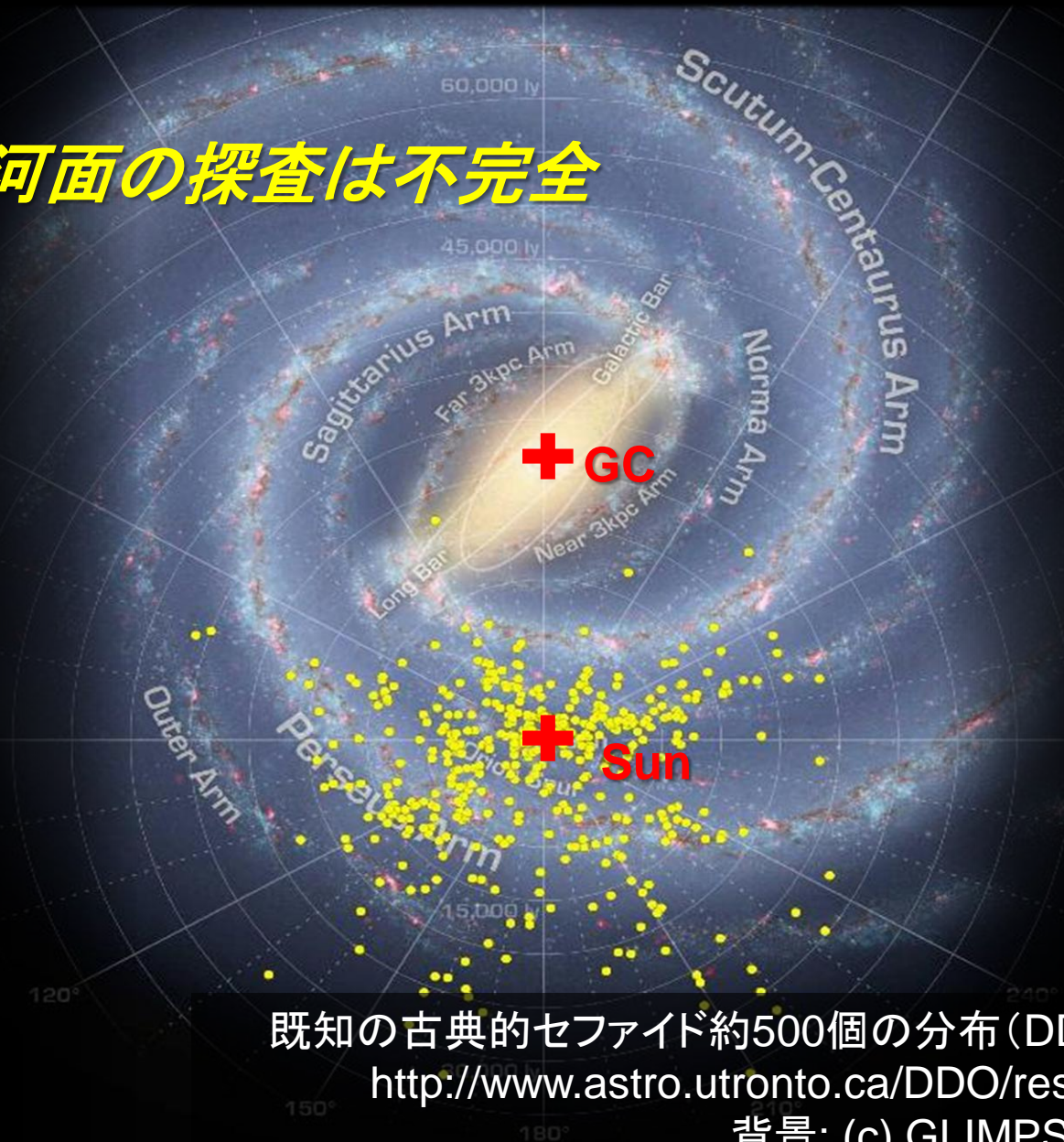
太陽の運動を補正した後の銀経方向への速度 (km/s)



Feast & Whitelock (1997)

変光星探査の現状

銀河面の探査は不完全



既知の古典的セファイド約500個の分布 (DDOデータベース)

<http://www.astro.utoronto.ca/DDO/research/cepheids/>

背景: (c) GLIMPSE project (2008)

限界等級と変光星の等級

1バンド 17等 (@S/N=30) \Leftrightarrow 19等 (@S/N=5)

KWFCでは1バンドにして発見に専念する。

変光星の種類	絶対等級	絶対等級		
		1kpc $A(l)=1^{\text{mag}}$	5kpc $A(l)=2^{\text{mag}}$	20kpc $A(l)=3^{\text{mag}}$
ミラ	$l \sim -4^{\text{mag}}$	7	11.5	15.5
セファイド (周期5日)	$l \sim -3.5^{\text{mag}}$	7	12	16
RRライリ	$l \sim 0^{\text{mag}}$	11	15.5	19.5

必要な観測時間(事前の見積もり)

- $I=17$ magの星を $S/N\sim 30$ で測光。
- →1分程度の露出が必要。
 - 10秒積分×1枚+60秒積分×3枚
 - チップ間の隙間を埋める。
 - なるべく冗長性を持たせて、1エポックにつき3回の計測。
 - 60秒以上の積分では、銀河面の明るい星の飽和がひどくなる。
 - 読出時間80秒として1視野10分の観測。
 - MITだけの読み出しモードで観測？
- 一晩10時間の観測で60視野(240平方度)。

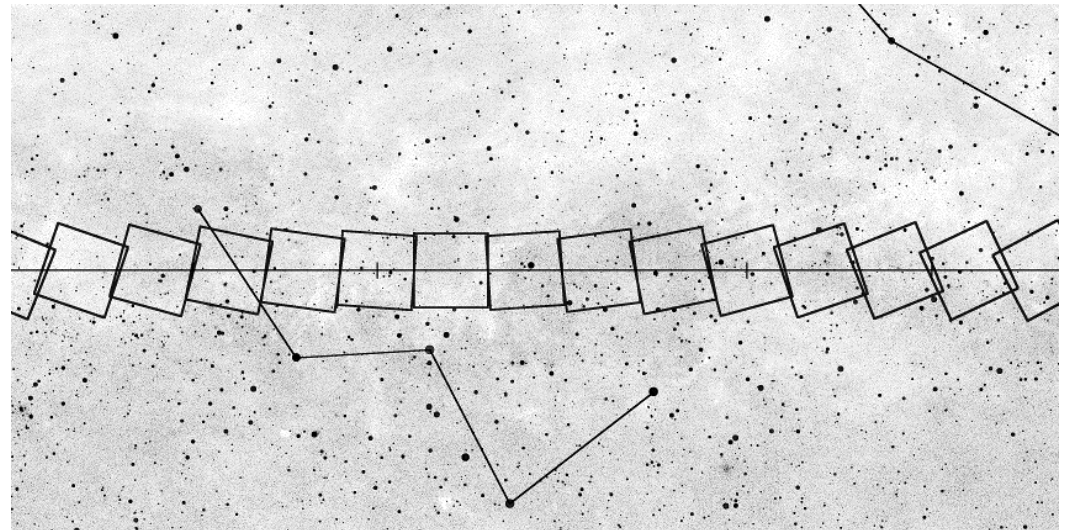
観測時間の見積もり(事前)

- 75視野、各視野10分
- 毎年15回反復
- →200時間
- 晴天率30%
- →約600時間
- →約60夜(7カ月間毎月10夜)
- 全配分時間の約20%
- 3年間で45回反復

		Sep 1	Oct 1	Nov 1	Dec 1	Jan 1	Feb 1	Mar 1		
L60	18									
	20									
	22									
	24									
	26									
	28									
L90	18									
	20									
	22									
	24									
	26									
	28									
L150	18									
	20									
	22									
	24									
	26									
	28									
L210	18									
	20									
	22									
	24									
	26									
	28									
		8	10	10	12	8	6	4	H/Nt	Sum
		10	10	10	10	10	10	10	Nt	70
		80	100	100	120	80	60	40	H	580

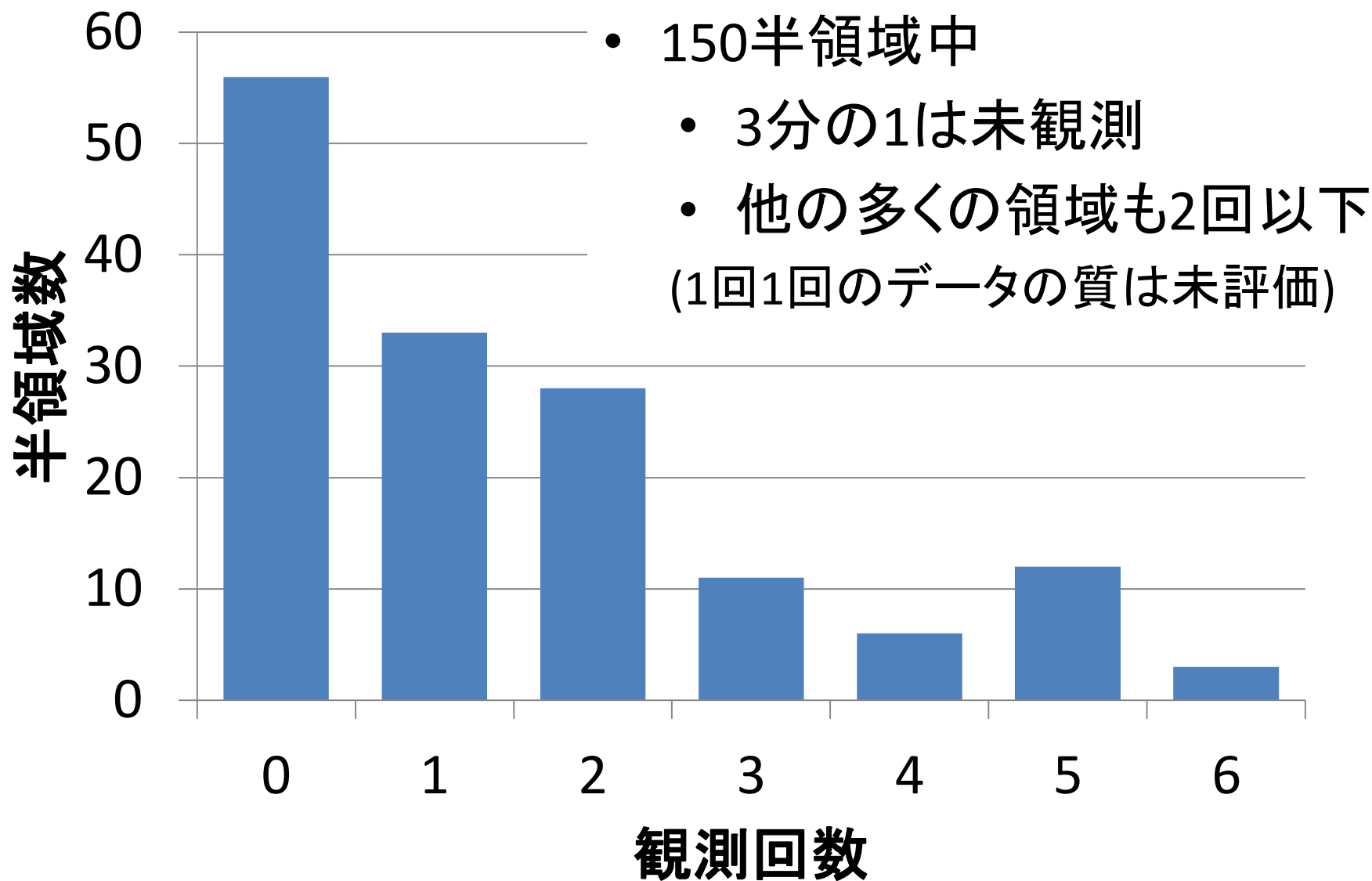
実際の観測を開始

- 2012年4月から観測を開始
 - 4～6月は銀河面が沈んでしまう時期
 - 銀河面が沈んでいる時間帯は坂本さんのミラ観測
- MITだけを使って観測
- 2度×4度の150半領域を設定



銀経120度あたり
(前原さん作成)

2012年4～6月の観測回数



観測の実効率

- 半領域あたり約10分
 - 5秒露光1回、60秒露光3回
 - 望遠鏡の移動などのオーバーヘッドを含めた時間
 - 元の計画(MIT+SITe)の2倍近い時間がかかる。

	露光一回当たり	1セット合計
露光時間	5秒/60秒	185秒
読出しなど撮像のオーバーヘッド	70秒	280秒
次の領域へ移動するオーバーヘッド	—	80秒
ディザリングのオーバーヘッド	10秒	30秒
合計	—	10分

観測の効率を上げるには

- SiTeも使うと
 - 撮像のオーバーヘッドが露光1回145秒に増える
 - その他のオーバーヘッドは実質半分になる。
 - その結果、観測に必要な時間は約4分の3になる。
- 読み出し中に望遠鏡を動かしたりできれば、最大15%程度の効率アップ

	MITのみで4平方度	MIT+SiTeで4平方度
露光時間	370秒	185秒
読出しなど撮像のオーバーヘッド	560秒	580秒
次の領域へ移動するオーバーヘッド	160秒	80秒
ディザリングのオーバーヘッド	60秒	30秒
合計	19分	15分

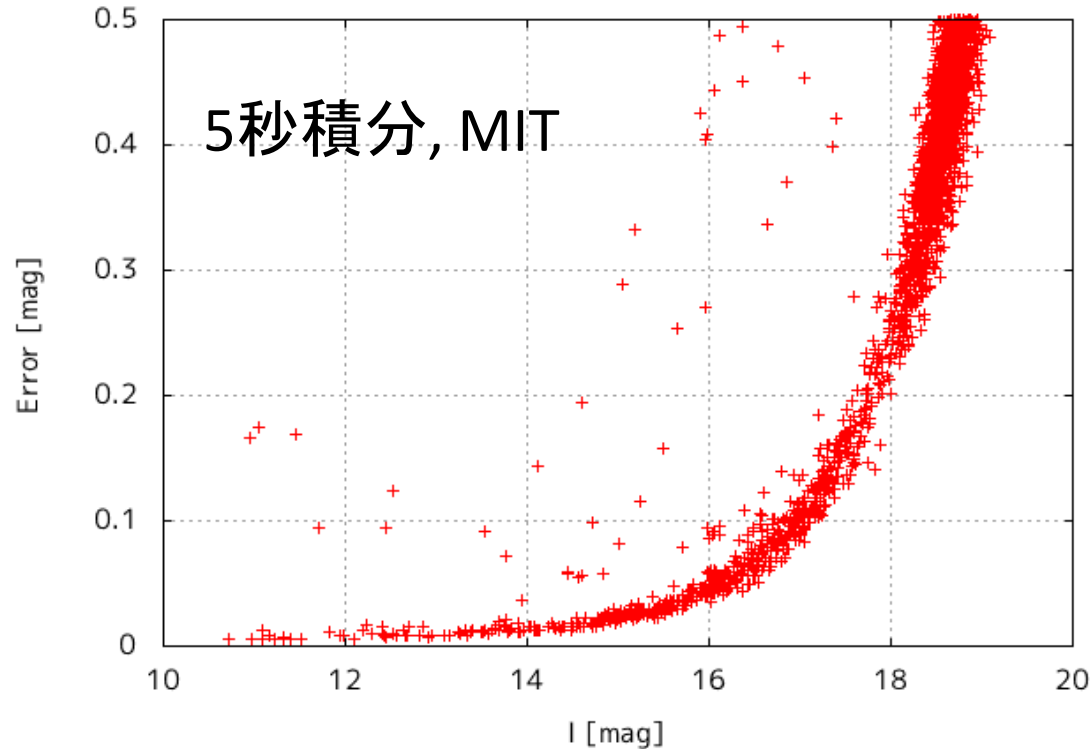
KWFC-I-バンド画像の検出限界

- KWFC0007533/7534の測光 (KISOGPではないデータ)
- ほぼ暗夜に取られた I-band の画像
- モード18で、8枚のチップの画像がある
- SA104 領域、FWHMは約4秒
- SDSSカタログ (DR7) をシステム変換して比較。

EXP-ID	7533		7534	
EXPTIME	5		60	
CHIP	MIT	SITe	MIT	SITe
BG. Mean [ADU]	80	75	1000	920
BG. Sigma [ADU]	8	15	24	27
Limit Mag (S/N=10)	17	16	18.5	18.1

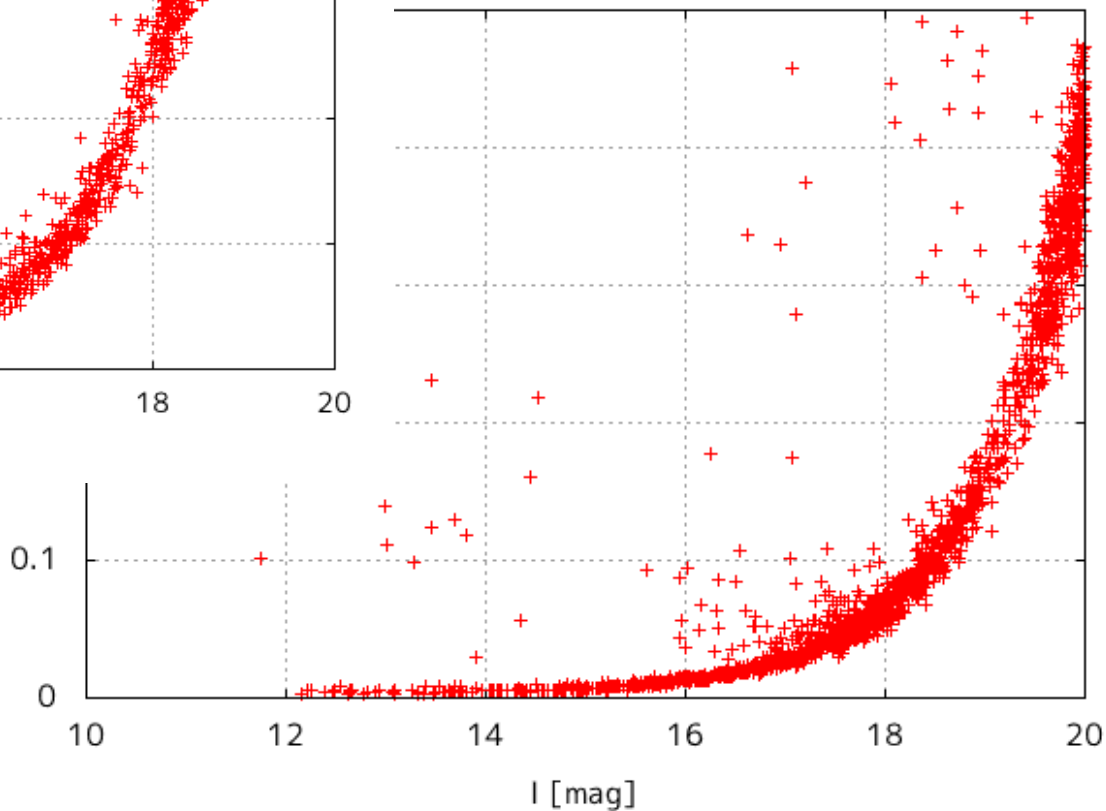
測光誤差の図(MIT, DET-ID=0)

KWFC0007533 (DET-ID=0, EXPTIME=5)



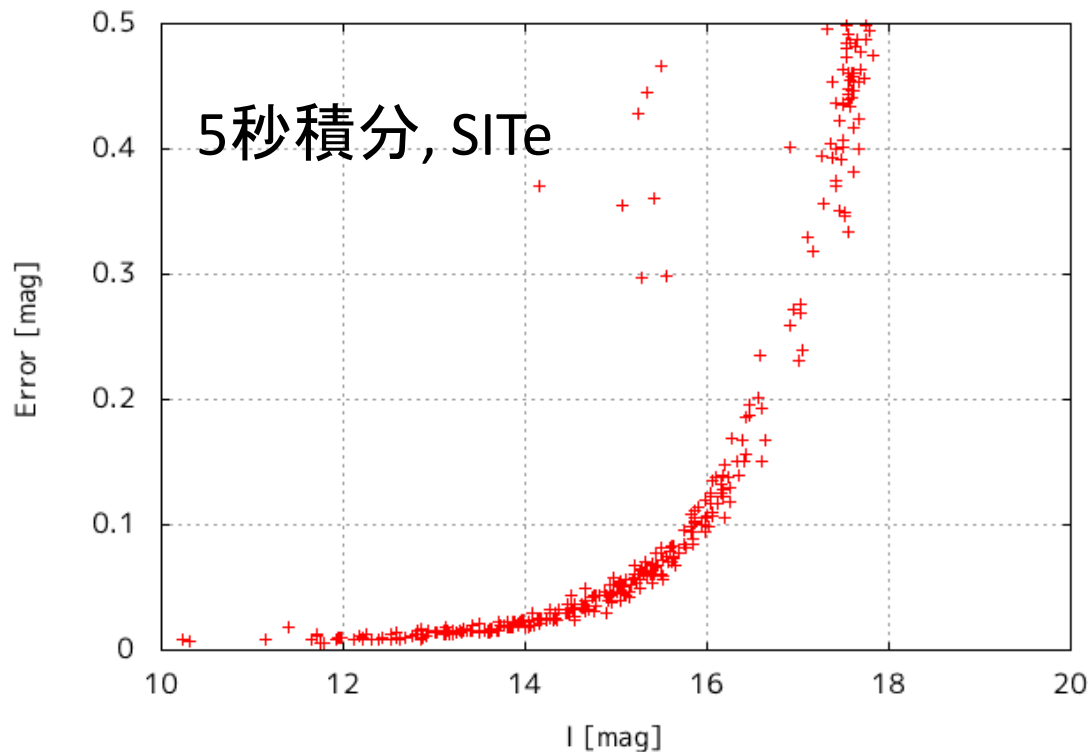
07534 (DET-ID=0, EXPTIME=60)

60秒積分, MIT



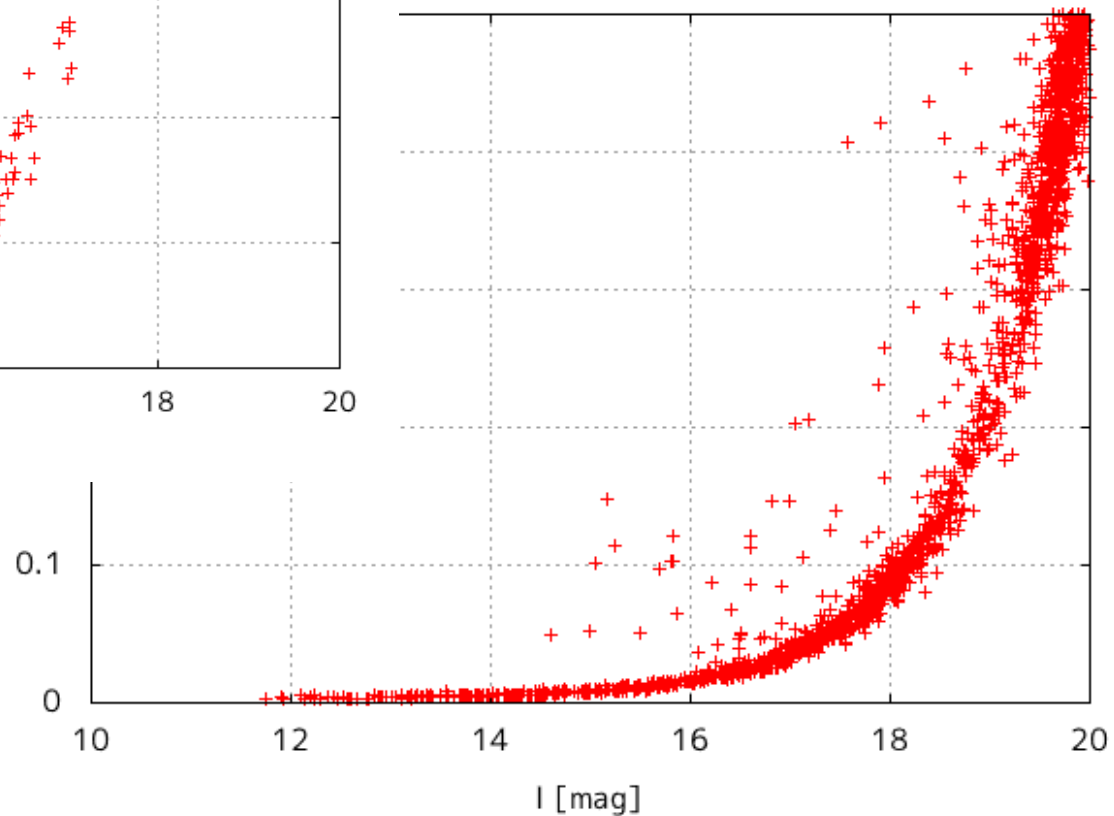
測光誤差の図(SITe, DET-ID=4)

KWFC0007533 (DET-ID=4, EXPTIME=5)



KWFC0007534 (DET-ID=4, EXPTIME=60)

60秒積分, SITe

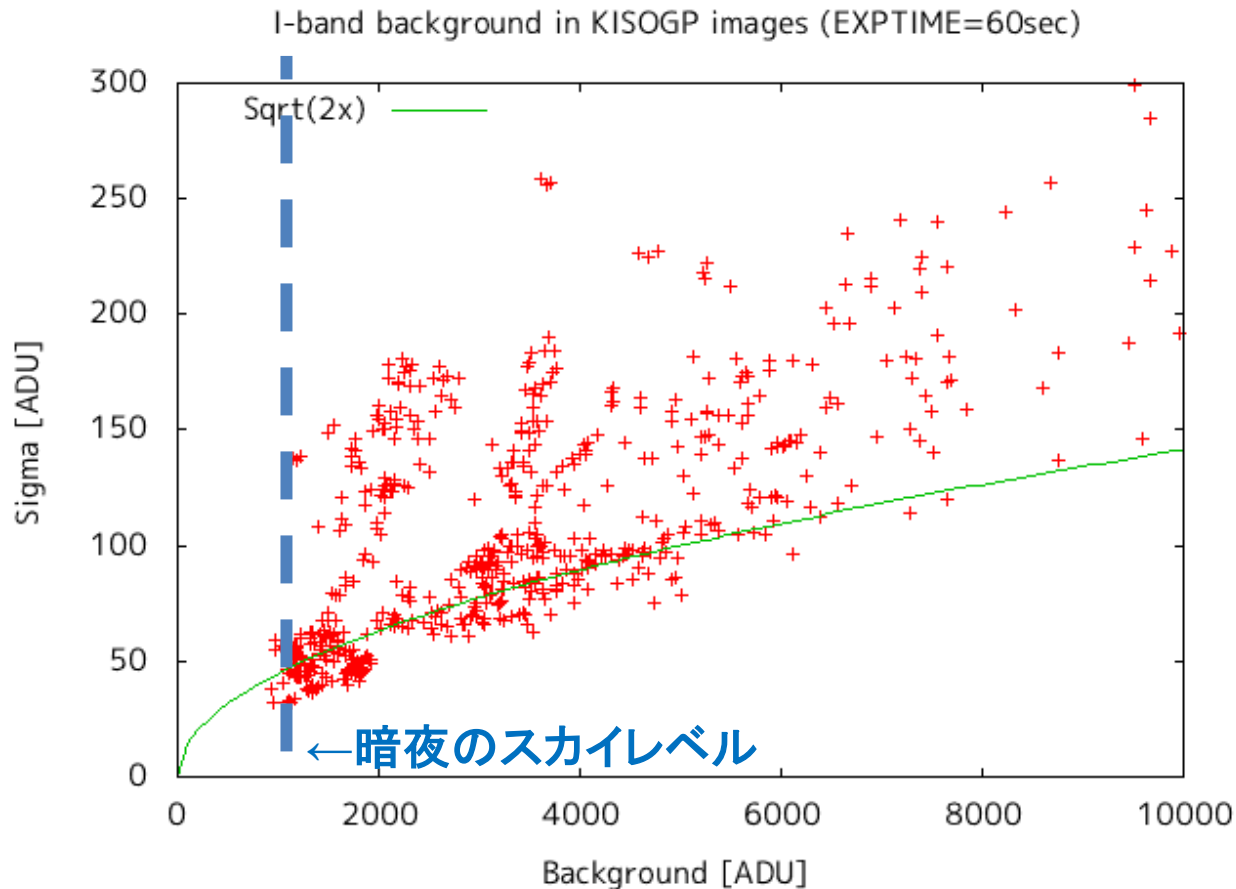


暗夜におけるバンドの限界等級

- 60秒積分、FWHM \sim 4秒での限界等級が
MIT 18.5 mag、SITe 18.1 mag (S/N=10)
 - 予想限界等級(18.7mag, FWHM=3")とほぼ等しい
- 900秒(15分)積分では約1.5 mag深くなるので
約20 magに到達する。

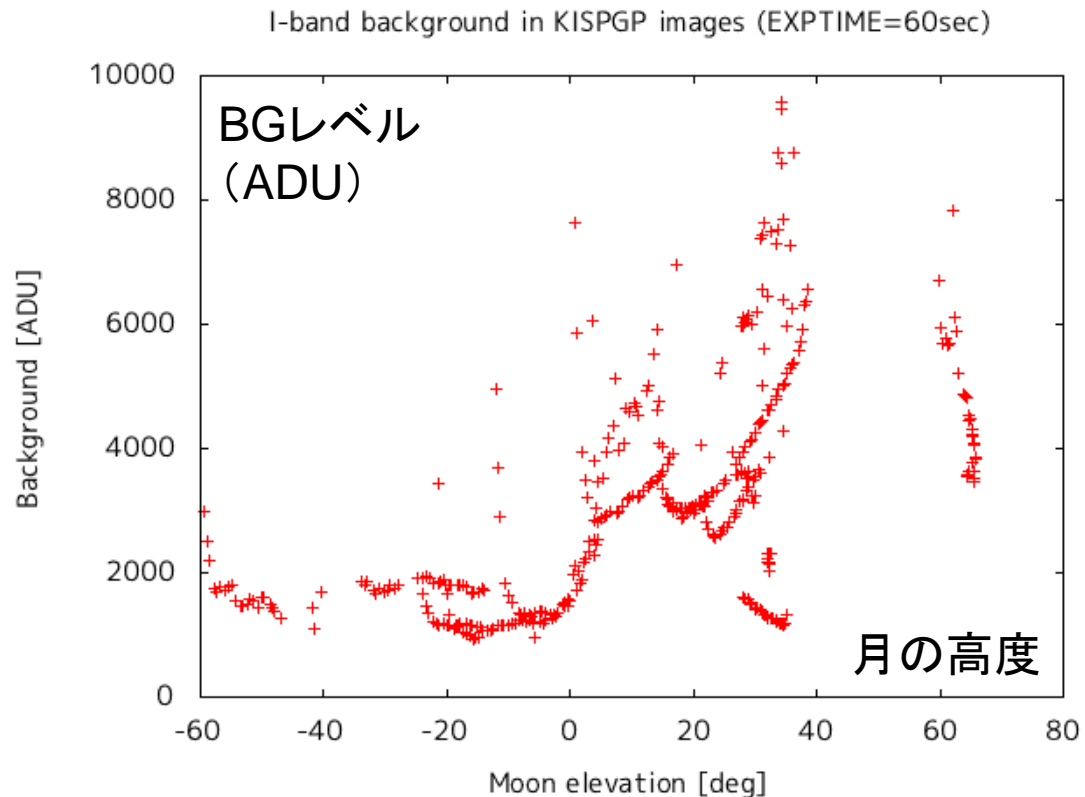
実際のバックグラウンド

- KISOGPで4～6月に取得したDET-ID=0の画像について、スカイのレベルと標準偏差を調べた。
 - 曇っている画像も含まれている。



月とスカイの関係

- 月が地平線の下にある時は暗い。(～1200カウント)
- 月が出ている時は明るくなりやすい(月齢と雲の条件によって変わっているのだろう)。
- 典型的に5000カウントくらいまで上がる。(暗夜と比べて雑音が2倍)

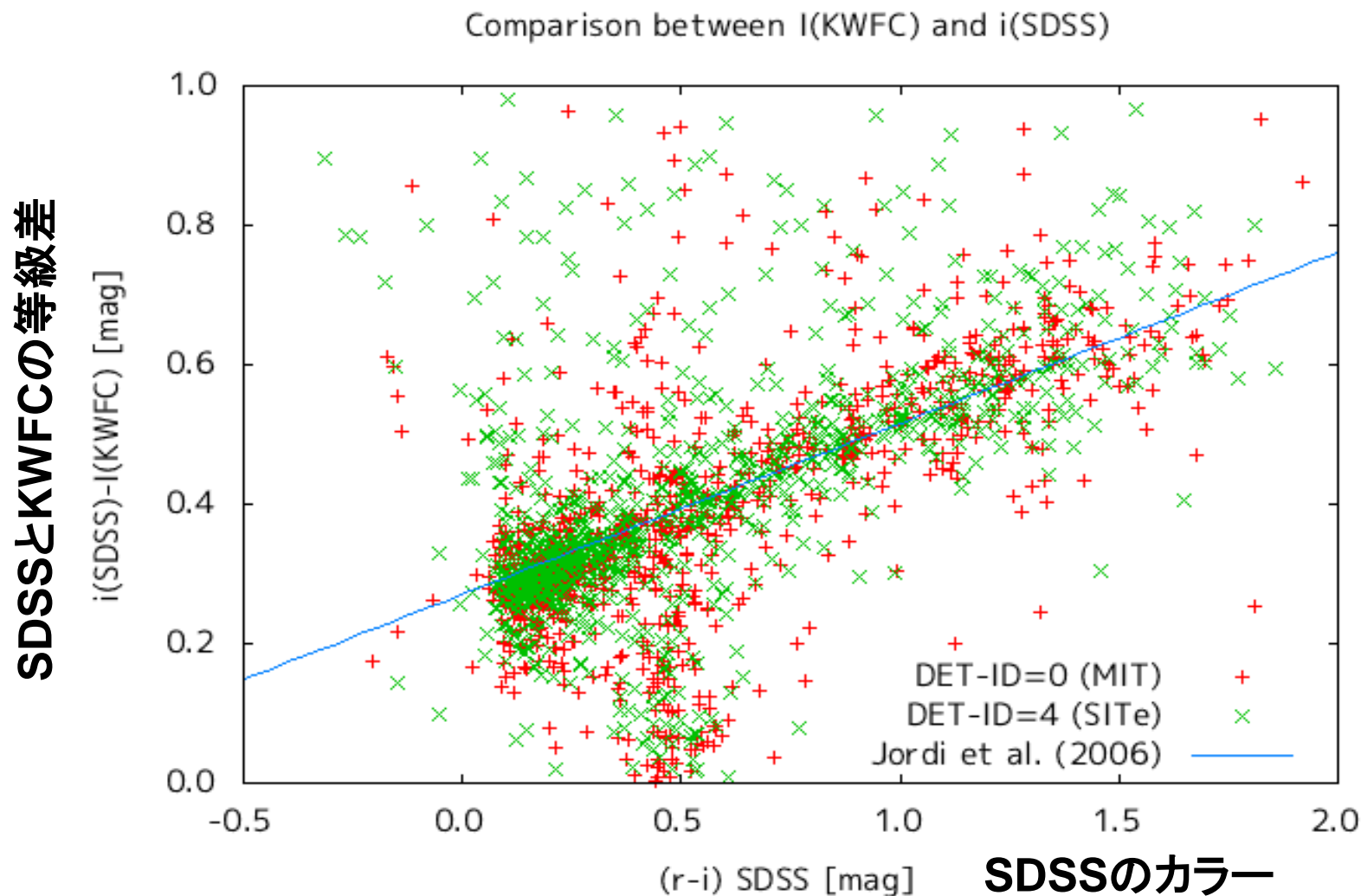


明夜のIバンドの限界等級を推定

- スカイが5000カウントの場合、限界等級は17.5 mag (S/N=10)、16.8 mag (S/N=30) 程度
- KISOGPでの目標は、17 mag(S/N=30)であったので、探査の深さについてはほぼ計画通り。

測光システムの比較

- Iバンドを、SDSSの*i*と比べる限り、MITとSITeで大きな違いは無さそう。



観測時間と観測回数の見積もり

- 3年間で30回以上（できれば40回程度）は欲しい。
- MIT+SITeの方が観測効率が良い。

使用チップ	MITのみ	MIT+SITe
4平方度1回の観測時間	16～20分	13～15分
一晚（10時間）の観測領域数	30～37領域	40～45領域
3年（600配分時間）での観測回数	24～30回	32～36回

望遠鏡を動かしながら読みだす効率化を行う場合と行わない場合の両方を評価

読み出しモードについての方針

- MIT+SITeの両方を使おう
 - 月が出ている時間帯には、MITとSITeの感度はそれほど変わらなくなる。
 - 多くのサイエンスにとって、小さな測光システムの違いよりも、観測頻度・回数の方が重要だろう。
 - 脈動変光星の距離を求めるには、いずれにしても他のバンドでの観測が必要。
 - 他の望遠鏡での観測が効率的。
 - OAO-WFC、鹿児島赤外望遠鏡、大学間連携を検討

観測効率についてのまとめ

- MIT+SITeで、5秒1枚 + 60秒 × 3枚
- 検出限界は、バンドで17mag(S/N=30)
- 1回あたり13～15分
- 一晚(10時間)あたり、40～45領域(160平方度以上)の観測ができる。
- 3年間で、各領域35回程度の反復観測が目標。

初期成果(1)

- KISOGP初の変光星候補天体を発見
 - 銀経160度の方向
 - これまでに変光星としての報告はない
 - $J=13.6$ 、 $H=13.0$ 、 $K_s=12.7$ (2MASS)
 - $B=17.1$ 、 $V=16.2$ 、 $R=15.7$ (USNO)

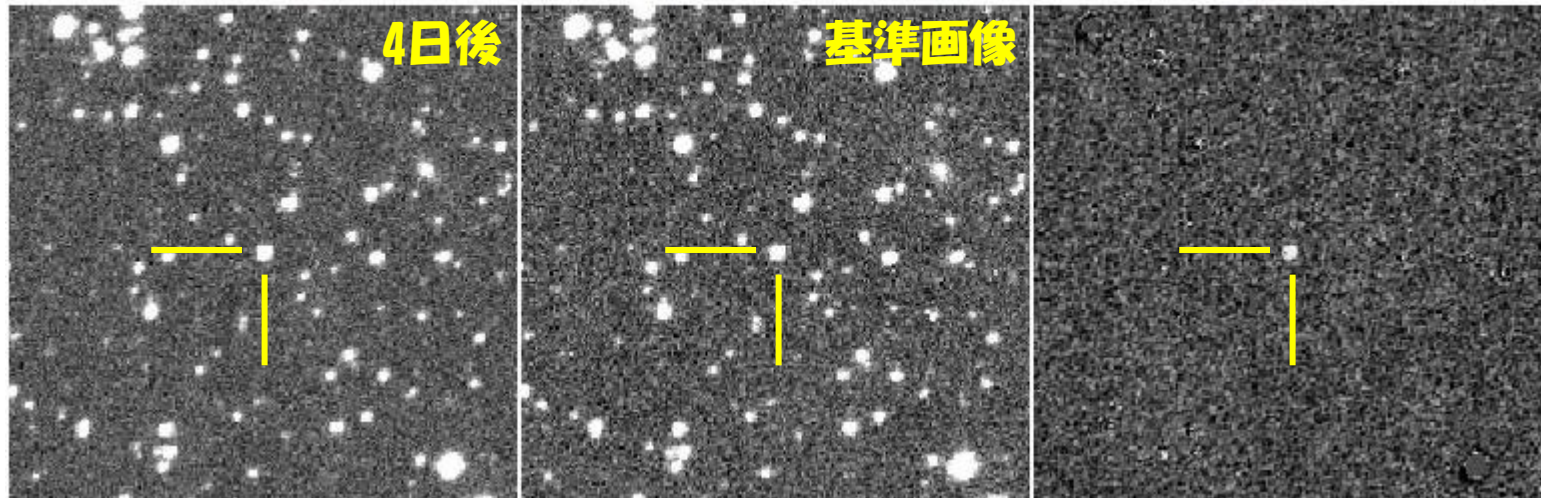
The first variable star candidate identified by the KISOGP

2012/04/12

2012/04/08 (transformed)

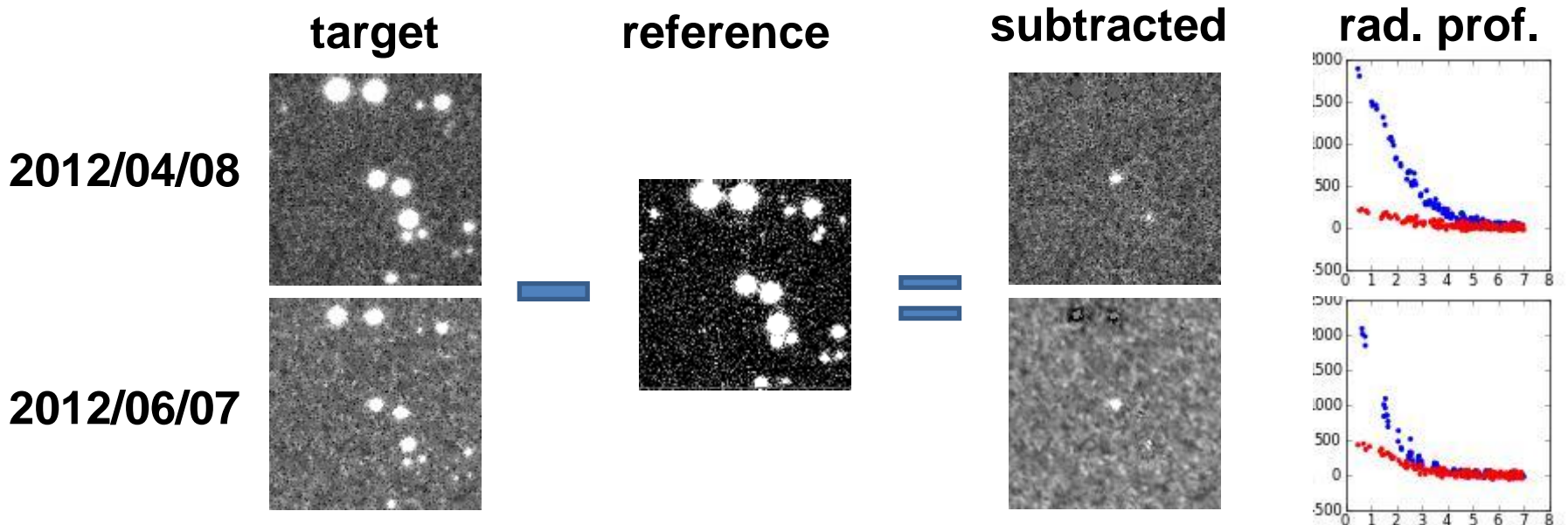
subtracted

KISSの引き算
ソフトを利用
(田中さん講演)



初期成果(2)

- まだ、観測回数、解析を行える領域数も少ないが、いくつかの領域を見たところ、それぞれに数個から十数個の変光天体が出てくる。



銀経+80度の方向

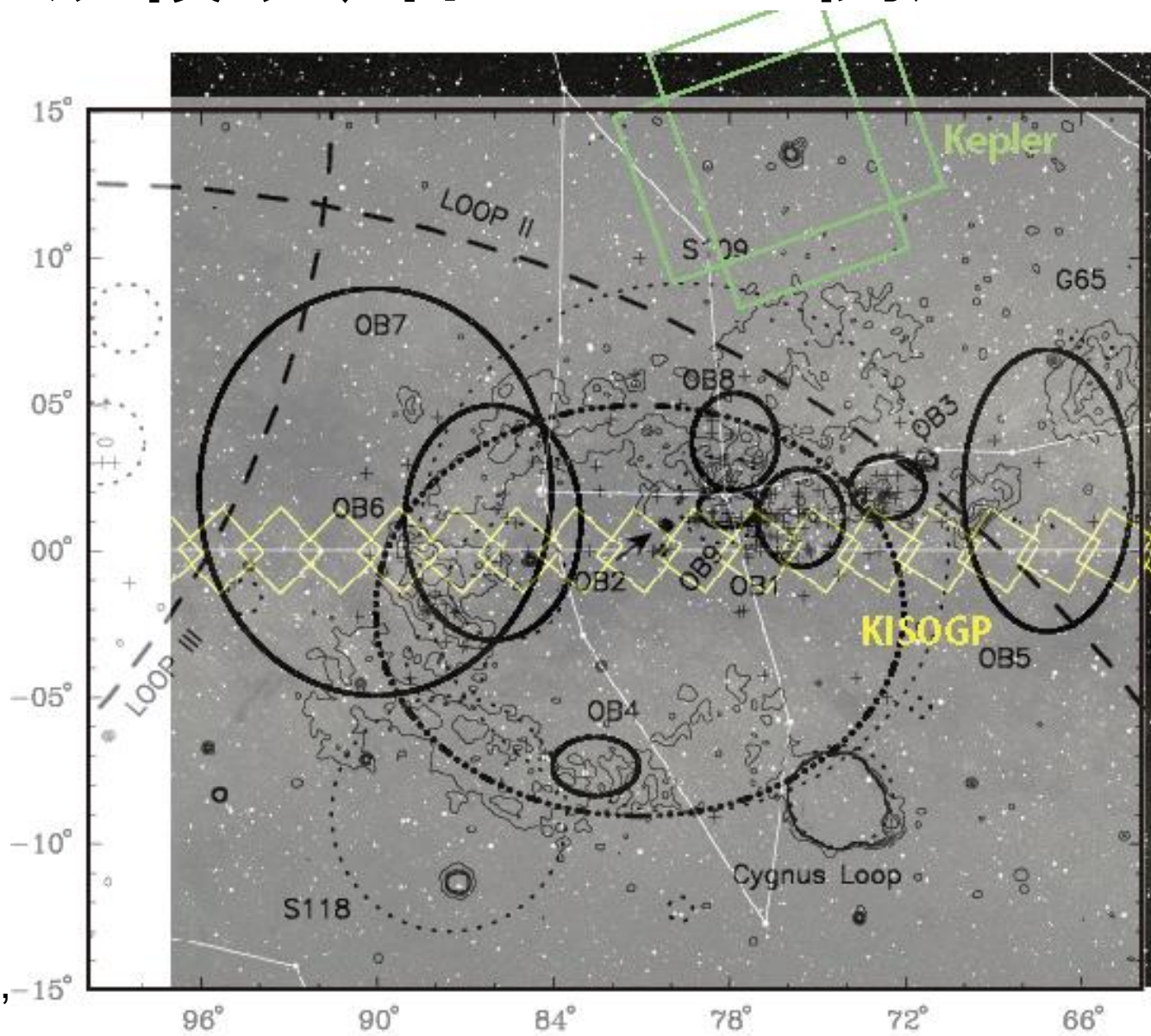
Cyg OB2領域

V=14.47、R=14.38、J=12.77、H=12.01、Ks=11.82

X線での検出あり(ROSAT, XMM-Newton)

YSOの変光天体候補

星形成領域、若い星との関連



Uyaniker et al. 2001,
A&A, 371, 675

Black curves (Cygnus OB associations)

様々な目的に利用して下さい。

- 銀河面の近くで、追加すると特に面白そうな領域があれば教えて下さい。
 - 星生成領域
 - Kepler衛星の観測領域
- 座標を打ち込むと、どのフィールドに含まれているかを調べられるツールを作る予定です。あなたの研究対象の天体が含まれているかチェックしてみてください。

まとめ

- **KISOGP** = KWFC Intensive Survey Of the Galactic Plane
- 観測領域：銀河面300平方度（75視野）+ α ？
- 検出限界： $I = 17$ mag (@S/N=30)
 - ~20kpcくらいのouter diskのセフィイドが見られる。
 - 有効的な新星・矮新星の探査が無かった範囲
 - 他にも、小惑星、YSOなど様々なターゲット
- 観測頻度と観測回数：
 - 平均して10日に一度、天気が良い時には連夜
 - 3年間で約35~40回の反復
- MIT + SITEチップでの観測に変更する。