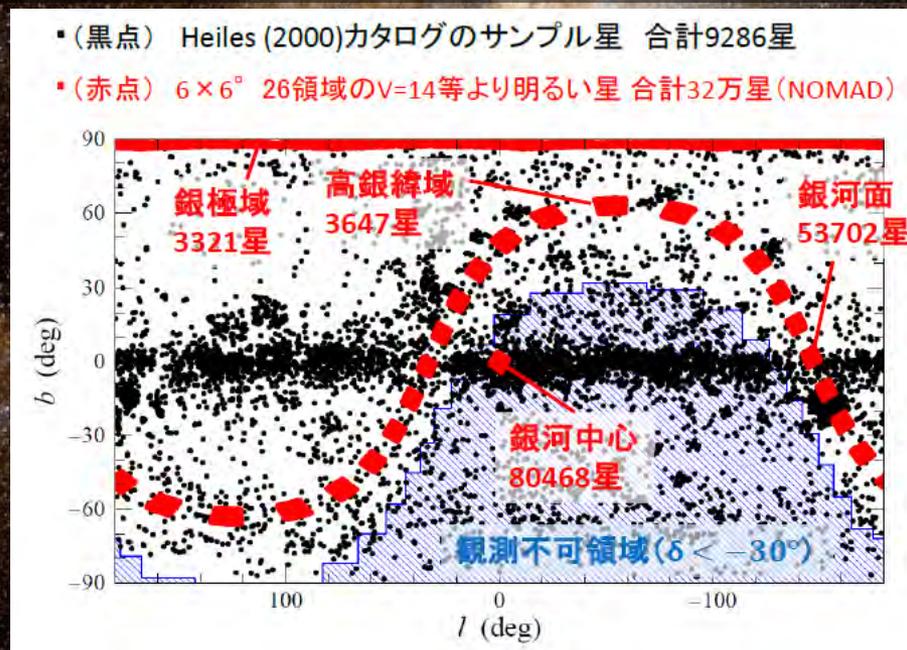


可視偏光サーベイ計画SGMAP

Search for the Galactic Magnetic-field by All-sky
Polarimetric Survey

広島大学宇宙科学センター
吉田道利、広島大学SGMAPグループ



2m望遠鏡＋広視野光学系＋偏光解析撮像系・・・専用化
～14等より明るい恒星 数百万個の可視3バンド偏光サーベイ
初の北天偏光サーベイ → カタログ化

- 天の川銀河の詳細な三次元磁場構造(円盘面、ハロー)
 - GAIA, Jasmine衛星による恒星の高精度距離計測との融合
 - 低周波の全天偏波マップやALMAの超精細偏光マッピングとも相補的
 - 星周域・SNRにおける磁場の圧縮・乱れ、外縁部の磁場、磁場の起源...
- 新しい偏光天体の発見(連星系、AGN等)
- 恒星の光球形状や活動性・質量放出の統計的研究
 - SDSSのスペクトルカタログなどとの相乗効果
- 星間ダストの統計的性質
- 前景 星間偏光の高精度見積もり(CMB、系外銀河・超新星)
- 前景 星間吸収の高精度見積もり(R_V の位置依存性)

：
：
：

銀河磁場

渦巻き銀河では普遍的に存在 数 $\sim 10\mu\text{G}$

星間物質のエネルギー密度

天の川銀河の太陽系近傍 (Boulares & Cox 1990)

磁場、星間乱流、宇宙線がそれぞれ同程度

銀河全体 (NGC 6946; Beck 2004)

磁場 ($B^2/8\pi$)

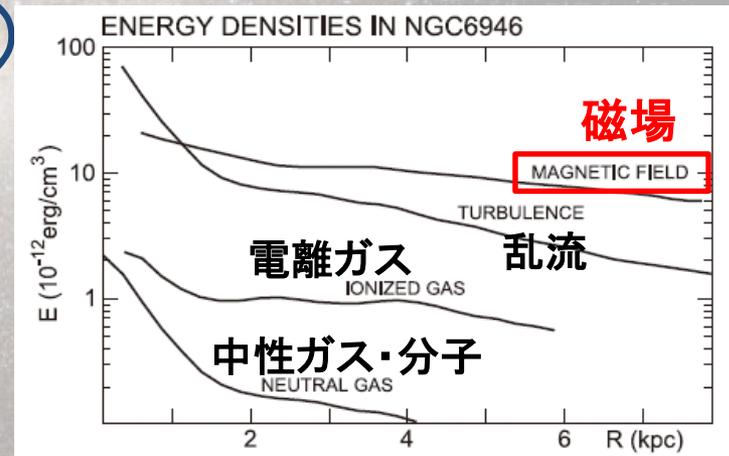
星間乱流 ($1/2\rho v^2$, $v\sim 7\text{km/s}$)

電離ガス ($3/2n_e kT$, $T\sim 10^4\text{K}$)

中性ガス・分子 ($3/2n_H kT$, $T\sim 50\text{K}$)

宇宙線 ($C\int E^{-2\alpha}dE$) \sim 磁場と同程度

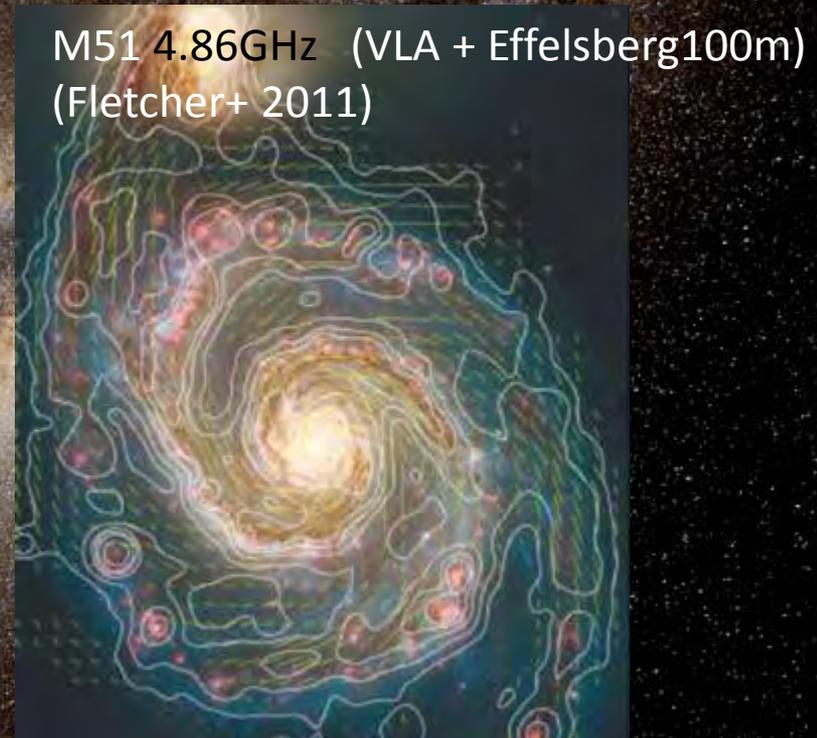
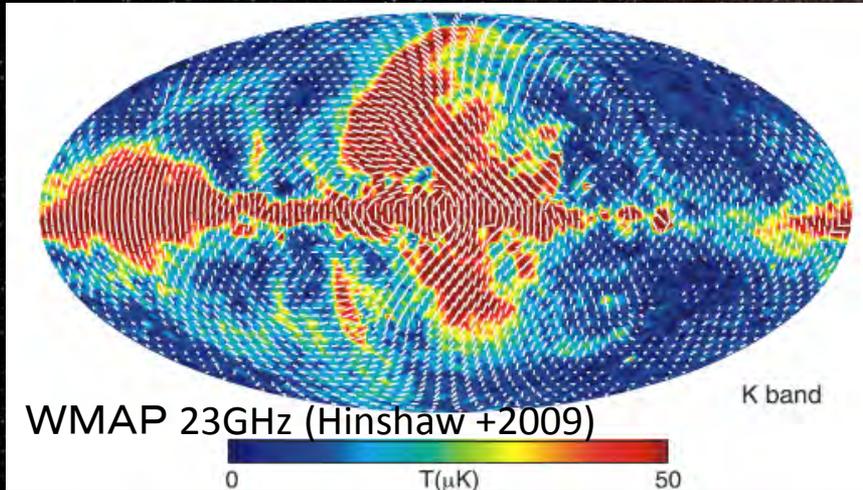
参考: 銀河回転 ($1/2\rho V_{\text{rot}}^2$, $v\sim 170\text{km/s}$) \sim 乱流の500倍 (だが外縁部では磁場エネルギーが匹敵している)



バルジより外側では磁場のエネルギーが卓越

(広域)銀河磁場の観測例

電波域でのシンクロトン放射の偏波マッピング

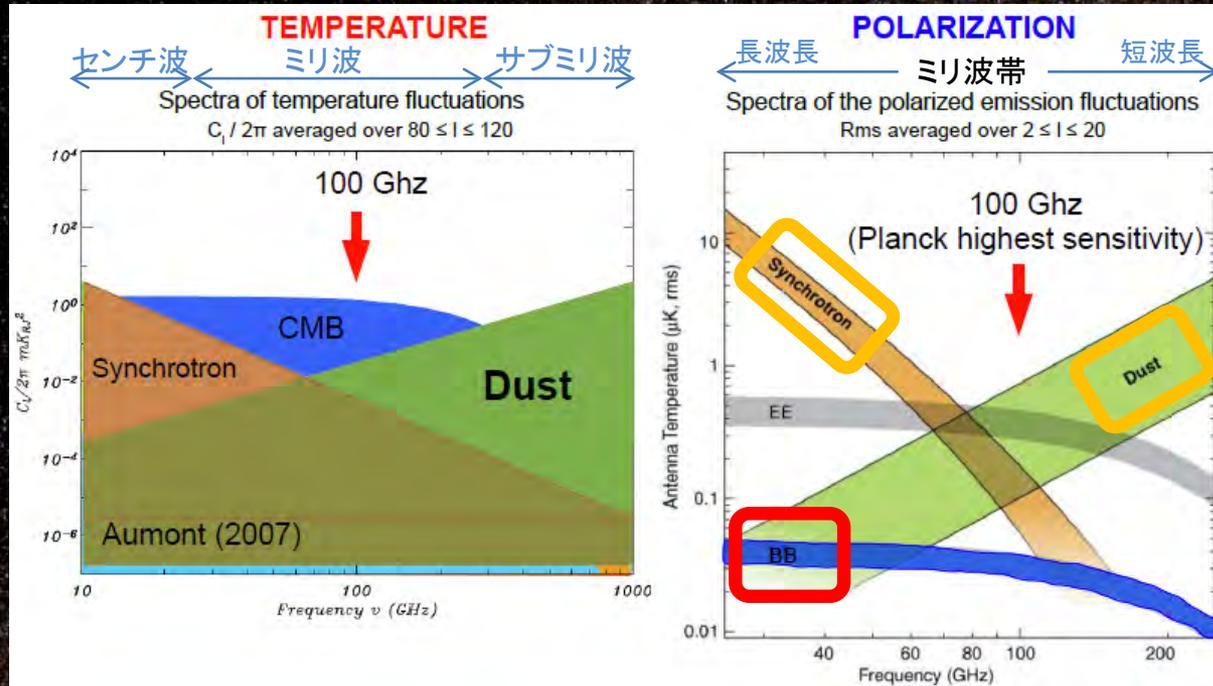


低周波だけでなく、FRの影響を受けにくい高周波(>5GHz)でも全天偏波サーベイが行われてきている。しかし距離情報は得にくい。

系外銀河では大局磁場は捕えやすいが、分解能が不足

高精度CMB偏光観測への寄与

Aumont (2007); Guillet+(2011)



星間磁場のシンクロトロン放射
整列した星間塵の遠赤外偏光

桁で弱い

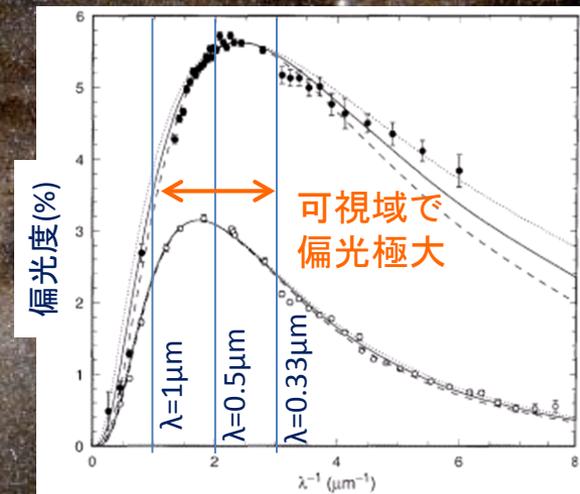
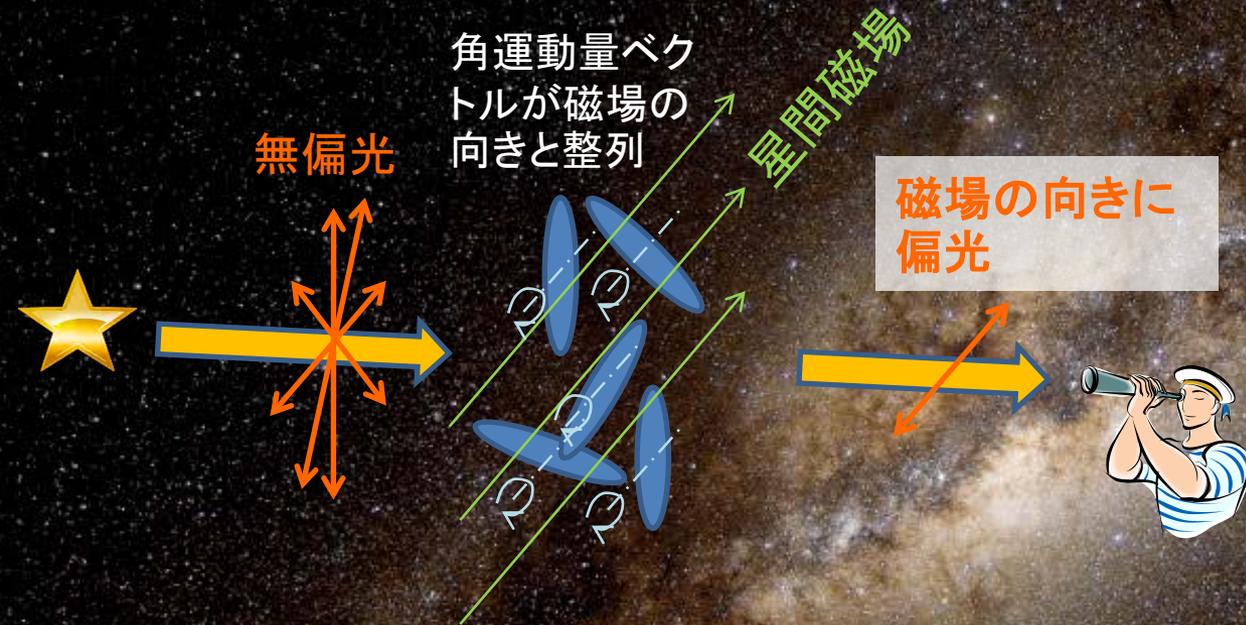
Bモード偏光

CMBのBモード偏光(原始重力波~インフレーションの証拠)は、前景の星間偏光(シンクロトロン放射+星間ダスト)に比べて弱い
→ 観測値に対し、精度の良い差し引き/マスキングが必要

(e.g., Bouchet+ 1999; Kogut & Hinshaw 2000; Tegmark+ 2000)

星間偏光 ～天の川銀河の磁場

整列した非等方ダスト(固体微粒子)による選択吸収による偏光



2つの恒星の偏光度の波長依存性とSercowski curve

遠方の星の多くは「星間吸収」・「星間偏光」

星間偏光の向きは、(距離積分した)銀河磁場の向きを表す

銀河磁場は一様成分とランダム成分の合成 (Heiles 1987, 1996)

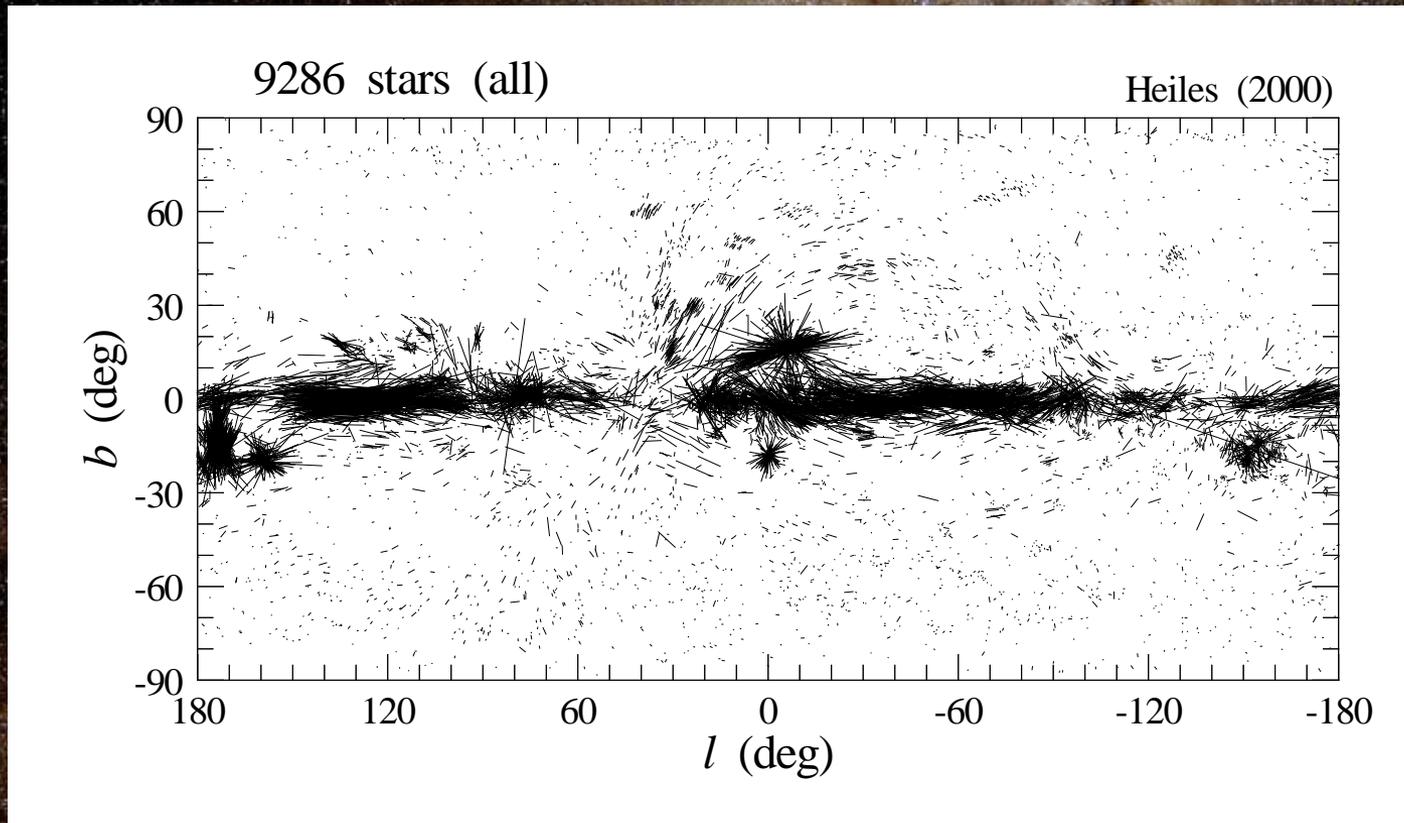
ランダム成分のスケール長 $\sim 100\text{pc}$ (diffuse) or 数百pc (all)

(Jones et al. 1992)

可視偏光サーベイの現状1

既存カタログ: 9286星 単バンド(Heiles 2000) 過去観測のコンパイル
個数では、全天の6等より明るい星(8600個)と同じ位しか無い!

偏光ベクトルの全天マップ (棒の長さ5° が偏光度1%に対応)



なぜ可視偏光サーベイは進んでいないのか

広視野 → F比小・入射角大・ビーム径大

高精度偏光測定 ($\sigma_p < \sim 0.1\%$)

※最低3方位での直線偏光成分の光量測定が必要

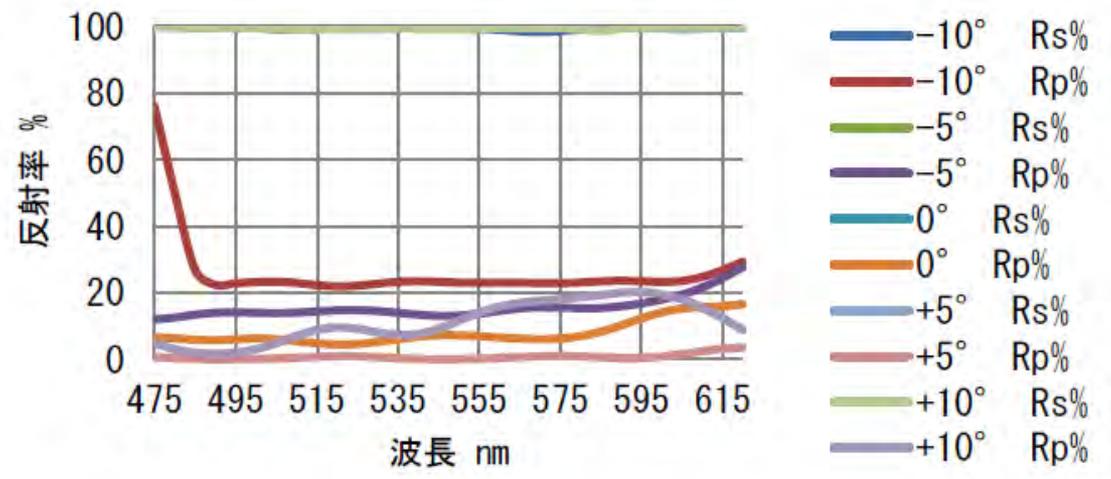
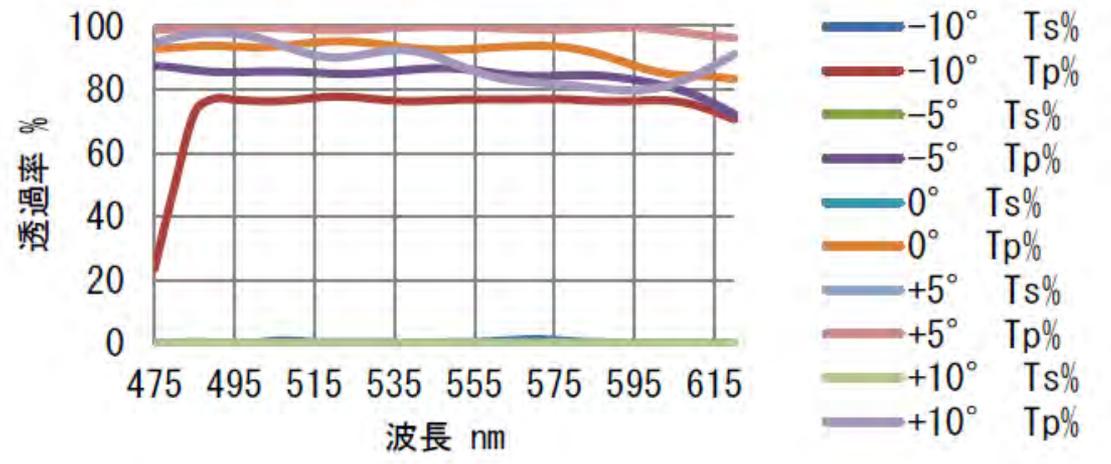
- 地球大気の透過率変動の補償
- 高速の測定 ($> \sim 10\text{Hz}$)、ないしは直交偏光成分の同時測定
- 複屈折性素子(光学結晶)が必要だが、許容角が限られ、且つ大型結晶材の手配や加工の問題があり、困難

偏光特性



入射角±10°対応キューブ
偏光ビームスプリッタ
Edmund Optics © Edmund Optics

入射角±10°で、
消光比 $T_p/T_s > 4$



多層膜仕様の偏光ビームスプリッタ
及び、偏光成分の透射

2m望遠鏡

+ 広視野光学系 + 偏光解析撮像系

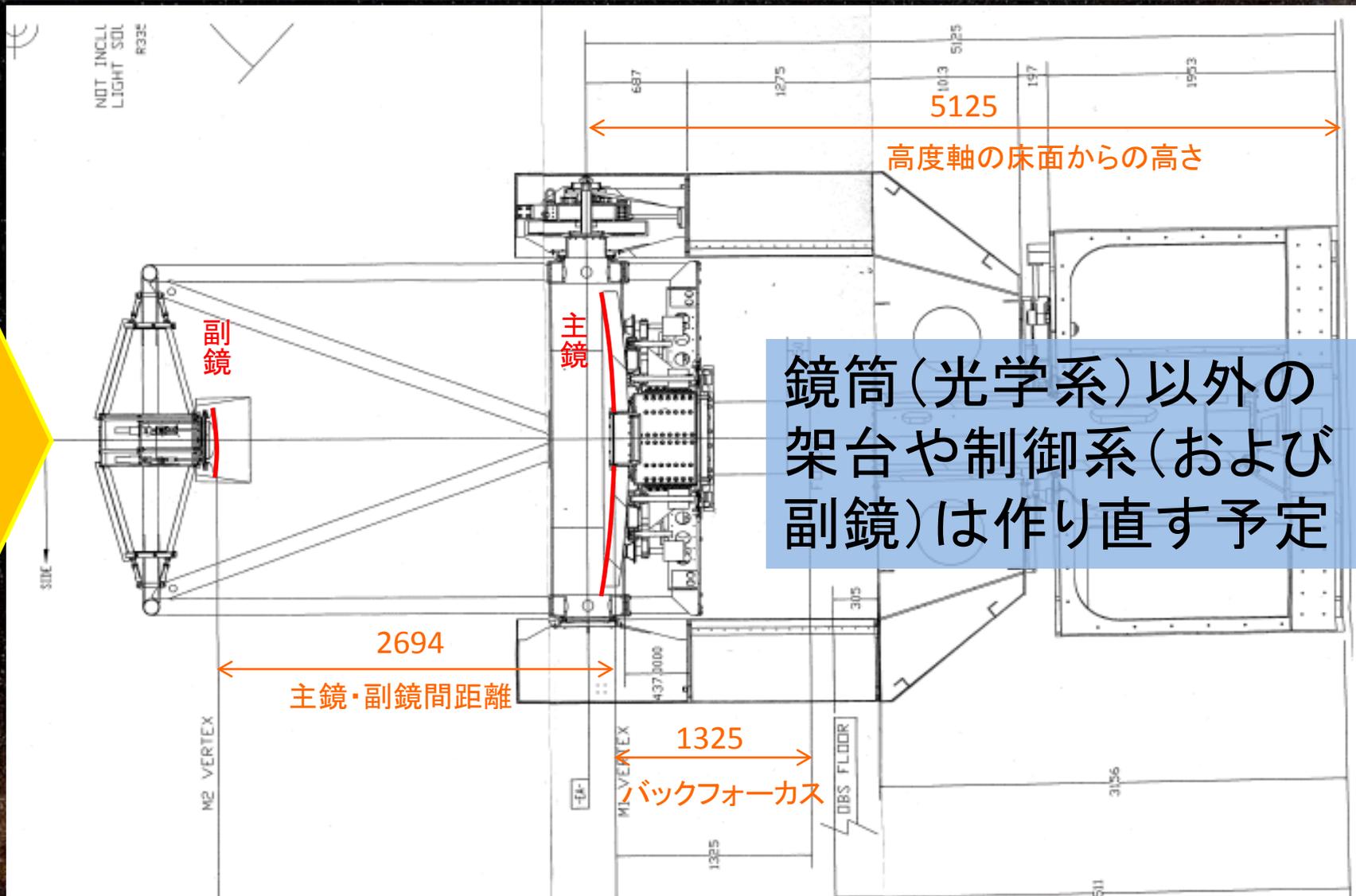
可視多色偏光サーベイ

北天域 ($\delta > -30^\circ$)

$V < 14$ 等 ($\sim 10^6$ 個) の偏光計測

カタログ化 → 世界に公開

MAGNUM望遠鏡(現:東京大所有)



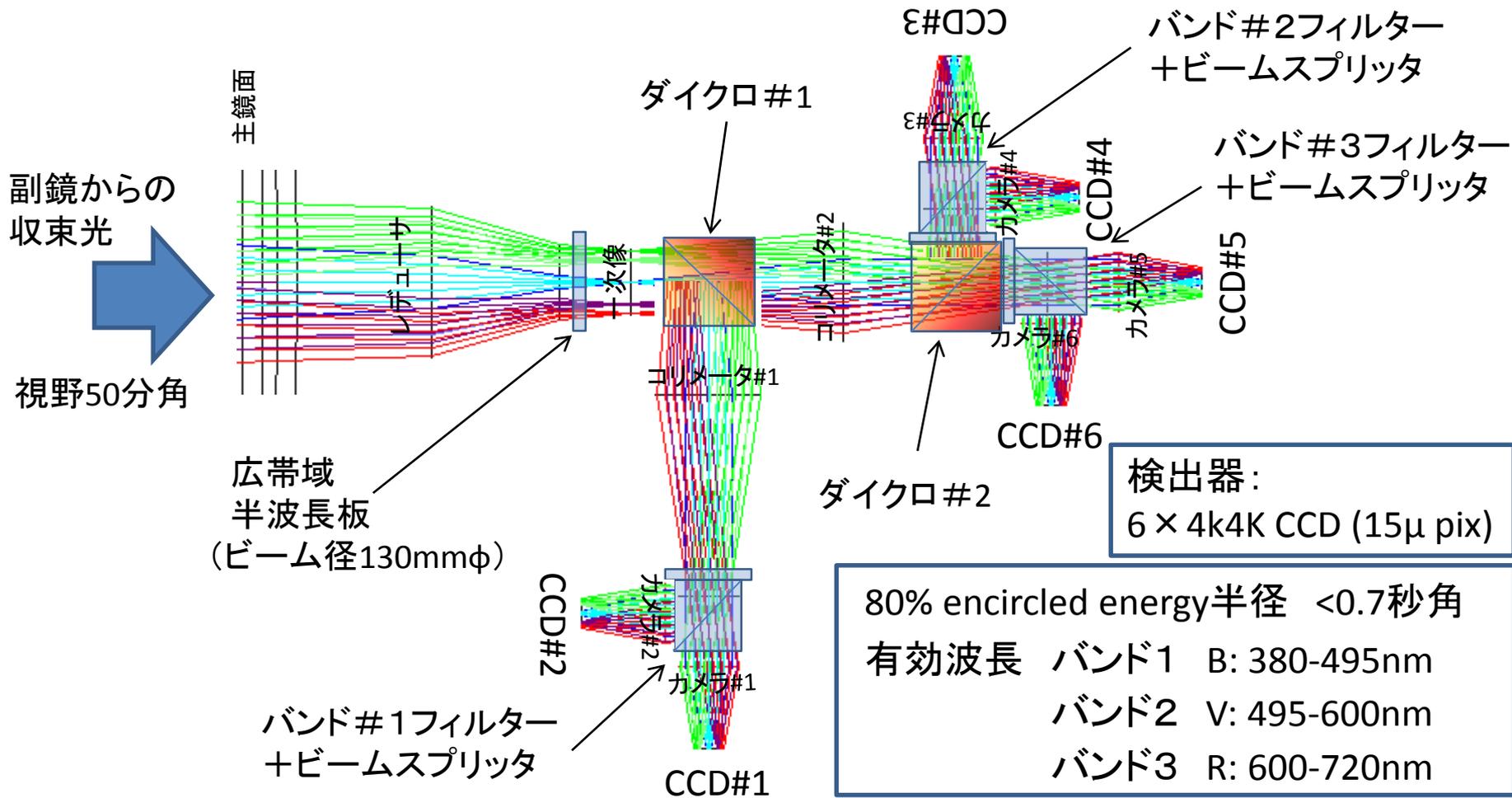
鏡筒(光学系)以外の
架台や制御系(および
副鏡)は作り直す予定

視野

直径 33.3 arcmin (Corrector要)

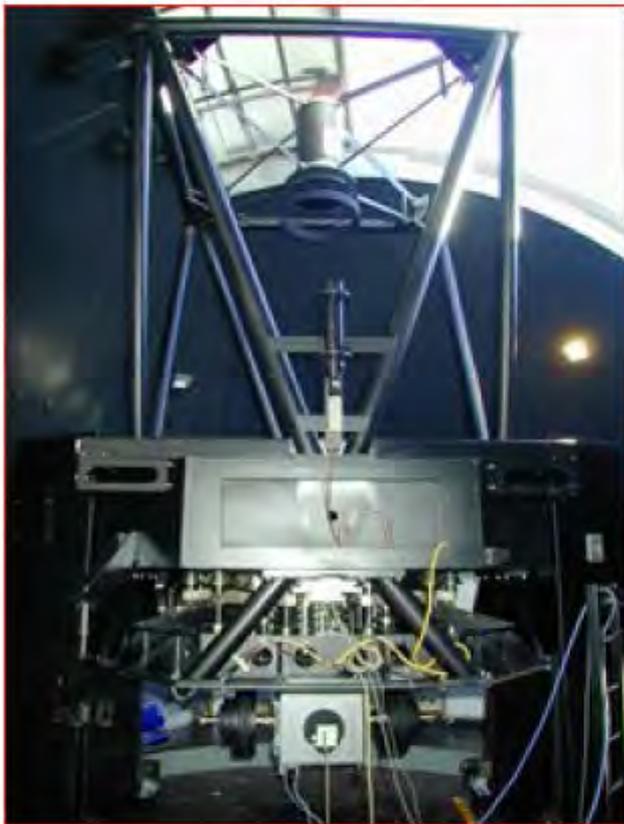
観測装置 光学系 概念図

1800mm以内



建設計画

MAGNUM 2m telescope
(Univ. of Tokyo)



Low cost, quick construction,
and quick start of observation



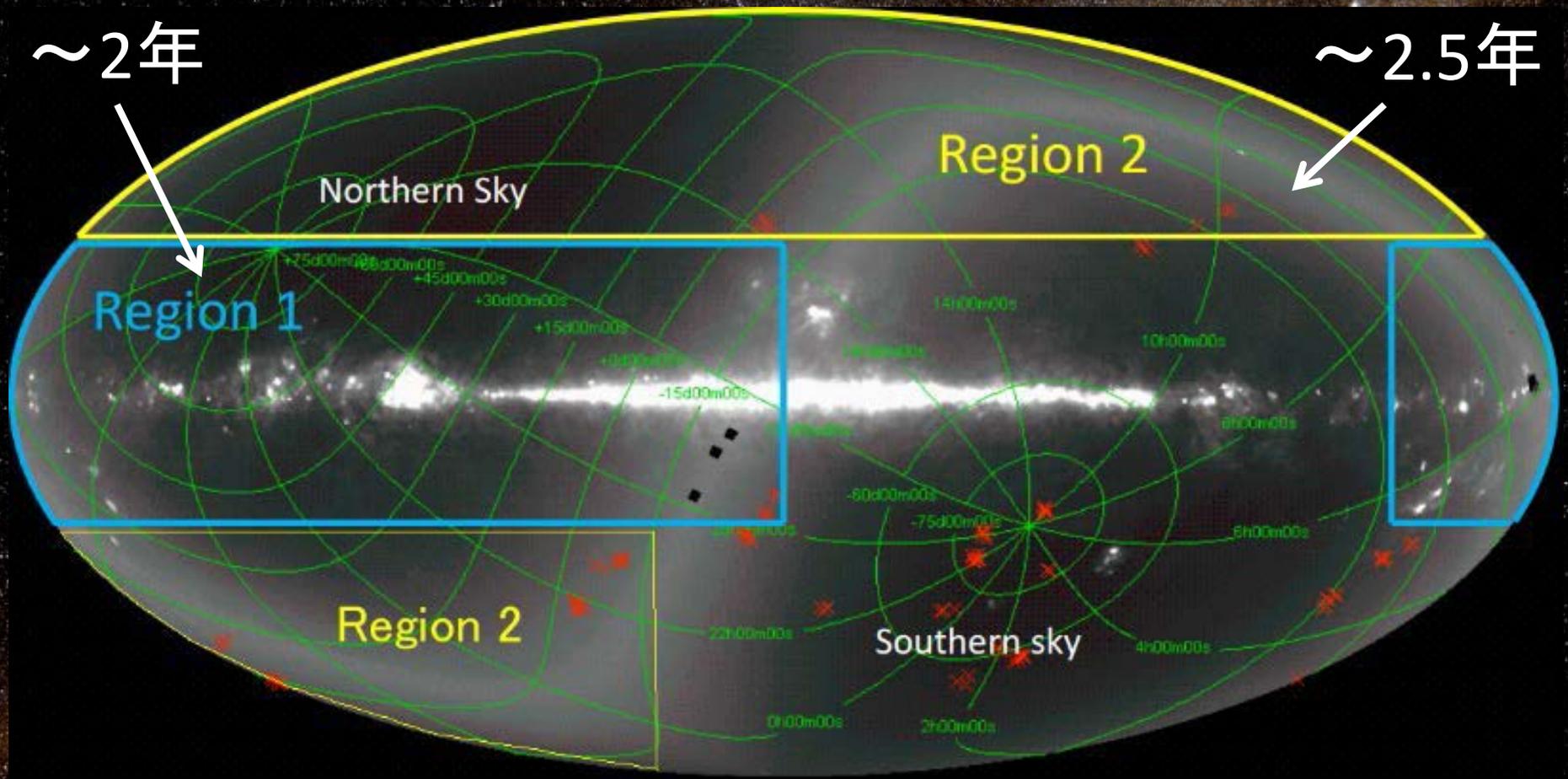
← Dismantled and
back to Japan
In 2009

MAGNUM was operated atop
Haleakala from 2000 to 2008

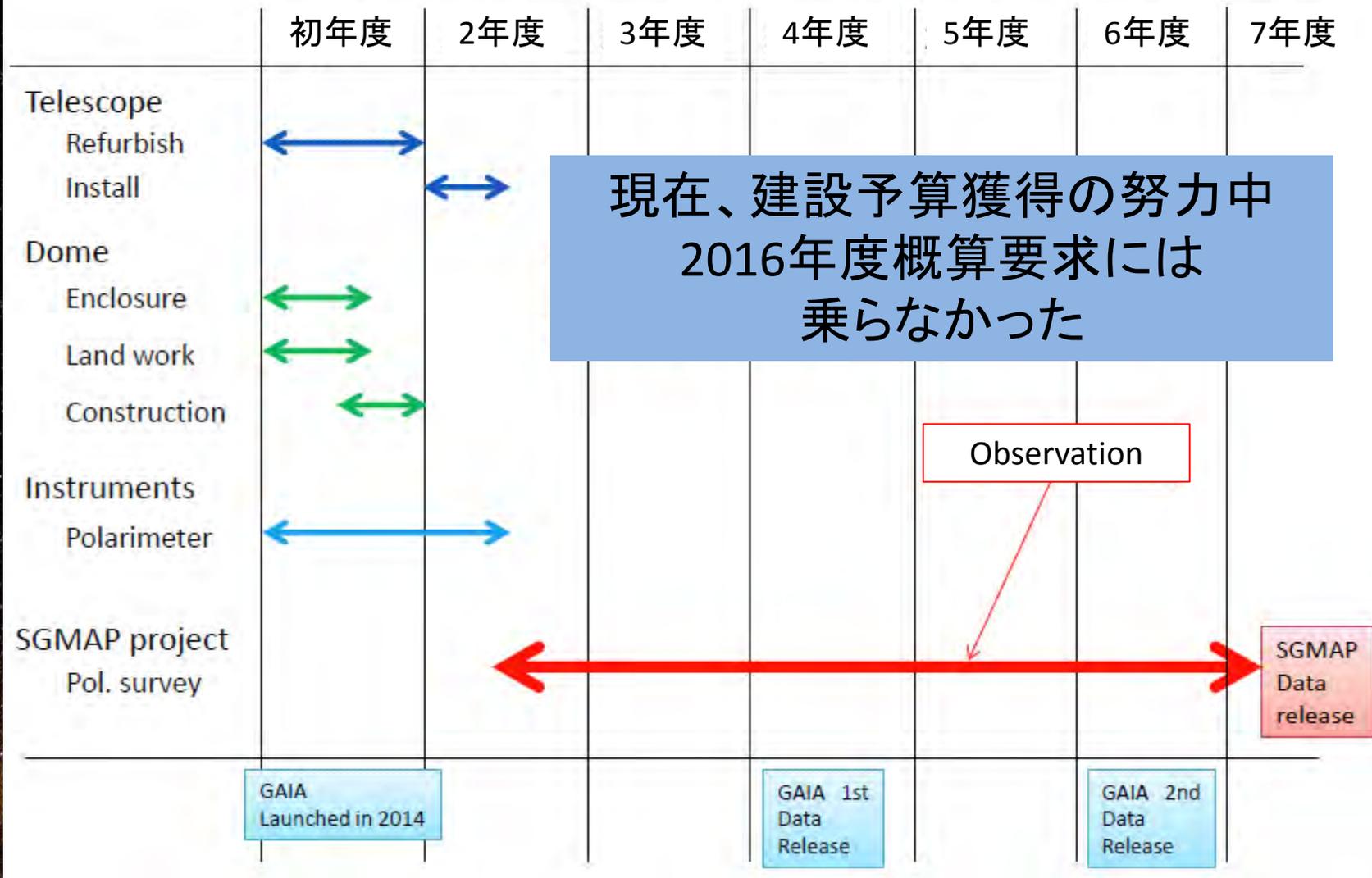
Move to
our observatory



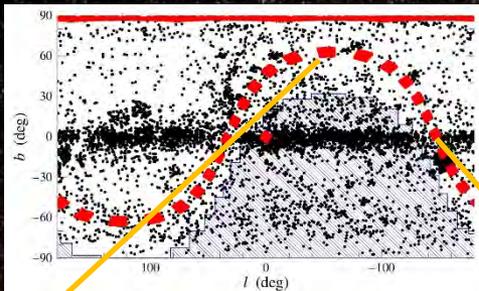
SGMAPサーベイ領域



SGMAP ROADMAP

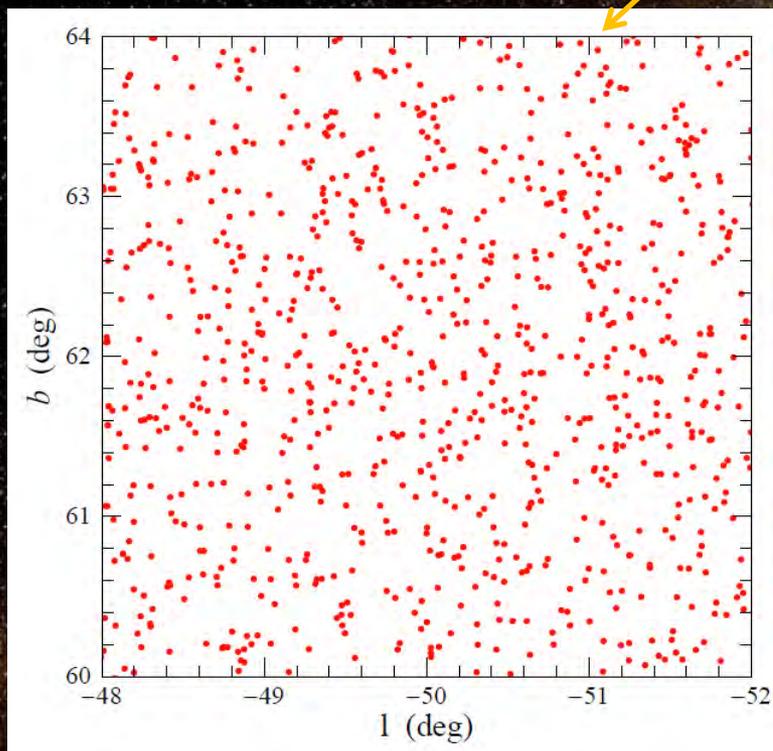


SGMAPでどれだけサンプルが増えるか



高銀緯領域
 $4^\circ \times 4^\circ$

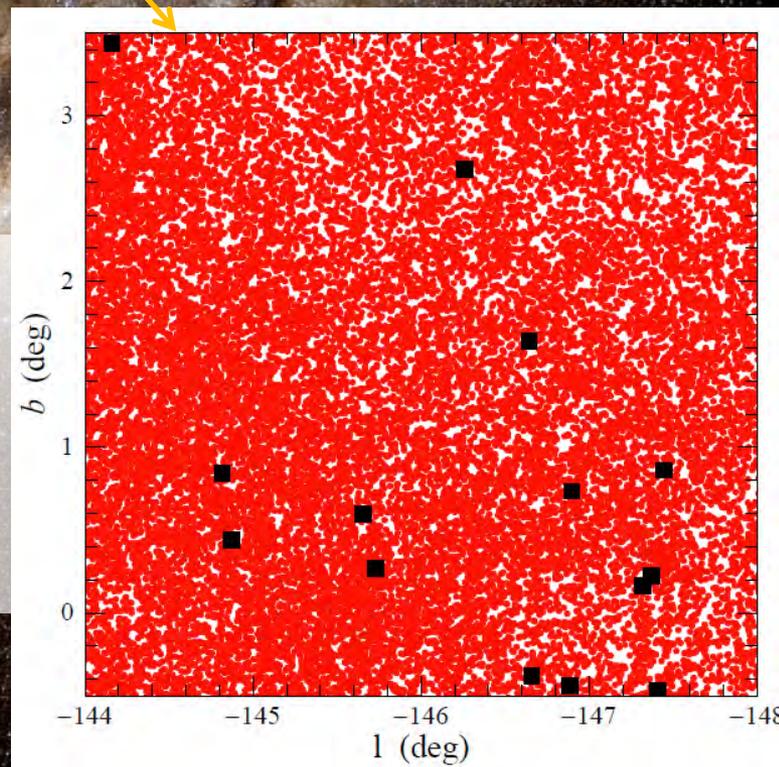
銀河面領域
 $4^\circ \times 4^\circ$



赤丸: V=14等
より明るい星
(SGMAPで観測)

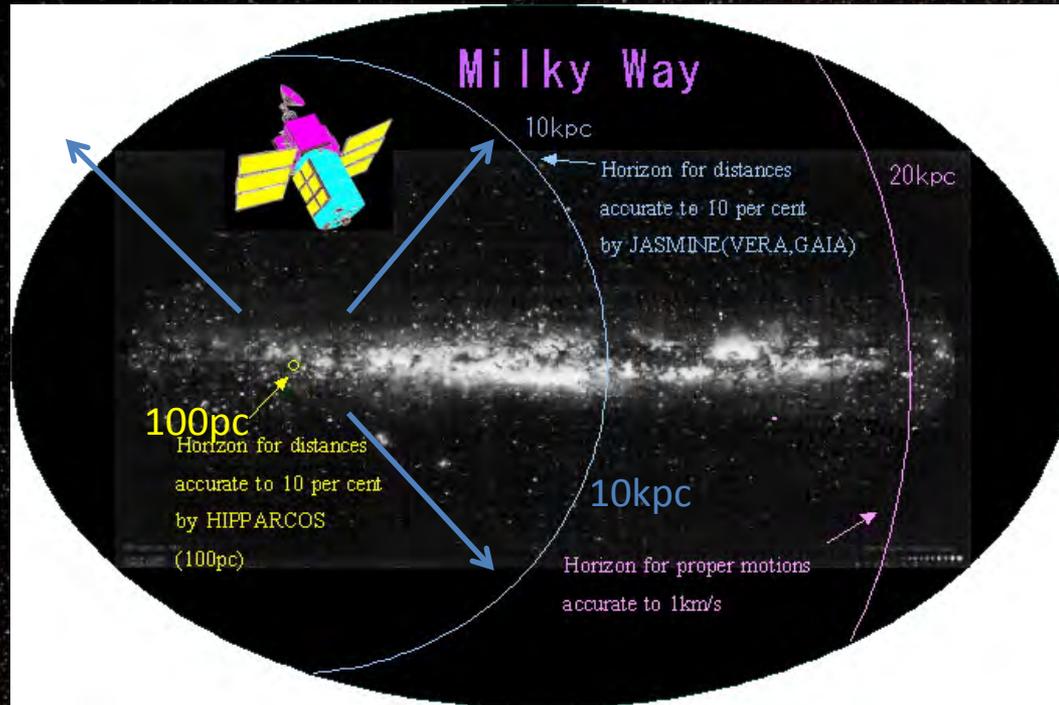
黒四角: 既存の
カタログにエン
トリされている星

既存カタログの星はゼロ



既存カタログの星は14個のみ

次世代位置天文衛星とのシナジー



©JASMINE検討室@NAOJ

GAIA/JASMINEにより10kpc/15等までの星の距離を10%精度で測定(20等までカタログ化)

SGMAPの偏光サーベイと付き合わせて天の川銀河全体の磁場構造を精密に決定

競合(?)する海外の計画



- SOUTH POL (PI: A. M. Magalhaes@Univ de Sao Paulo)

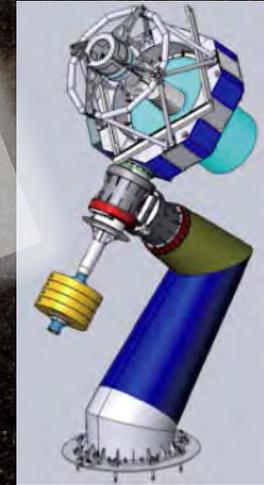
広視野0.84mロボット望遠鏡 (CTIO) + EEV 9k9kCCD

視野 2.0deg^2 を一度にカバー

可視1バンド(広帯域)のみの観測

南天 赤緯 $\delta < -15^\circ$ をサーベイ

2014年に望遠鏡設置

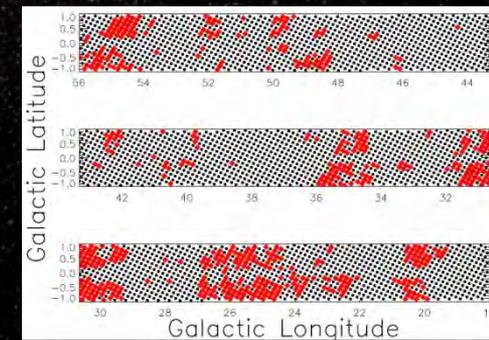


- GIPS: Galactic Plane Infrared Polarization Survey (PI: Dan Clemens@Boston Univ)

1.8m望遠鏡 (CTIO) + 10分角視野 1k1k InSb array

近赤Hバンドのみ (より遠くまで見通す)

銀河面のみのサーベイ ($|銀緯 b| \leq 1^\circ$)



GIPS DR1 ($l=18-56^\circ$ $-1 < b < 1^\circ$)

SGMAPと相補的

SGMAP summary

Hiroshima Univ. (at Kanata telescope site)

MAGNUM telescope (U-tokyo) will be modified
Northern hemisphere will be covered within 4 yrs.

One hundred times more objects

Structure of magnetic field in milky-way galaxy,
interstellar dust, and other variety sciences

今年は概算要求に乗らなかった
→ 今後の進め方は不透明
→ 望遠鏡・サイトを含めて再検討

