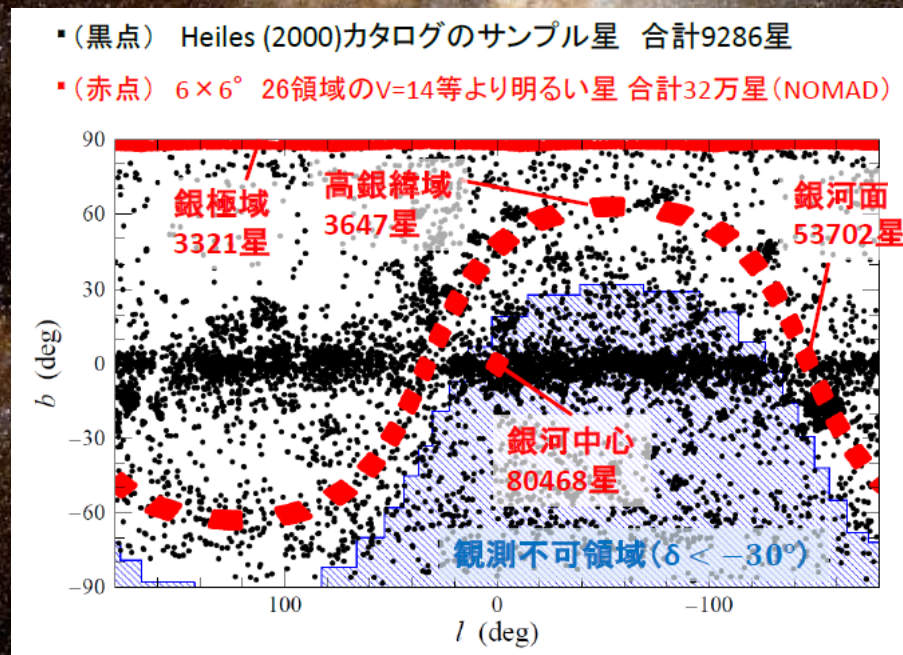


可視偏光サーベイ計画SGMAPの 広視野偏光撮像系設計

広島大学宇宙科学センター 川端弘治

吉田道利、植村誠、秋田谷洋、内海洋輔、森谷友由希、
観山正見、大杉節、田中康之、ほかSGMAP協力グループ



イントロダクション

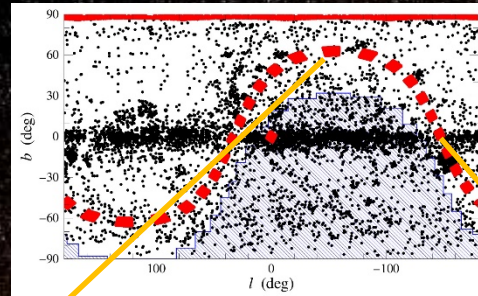
- SGMAP計画の概要 (5 pages)

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
初の全(半)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)ほか)
- 前景 星間吸収の高精度見積もり(R_V の位置依存性)

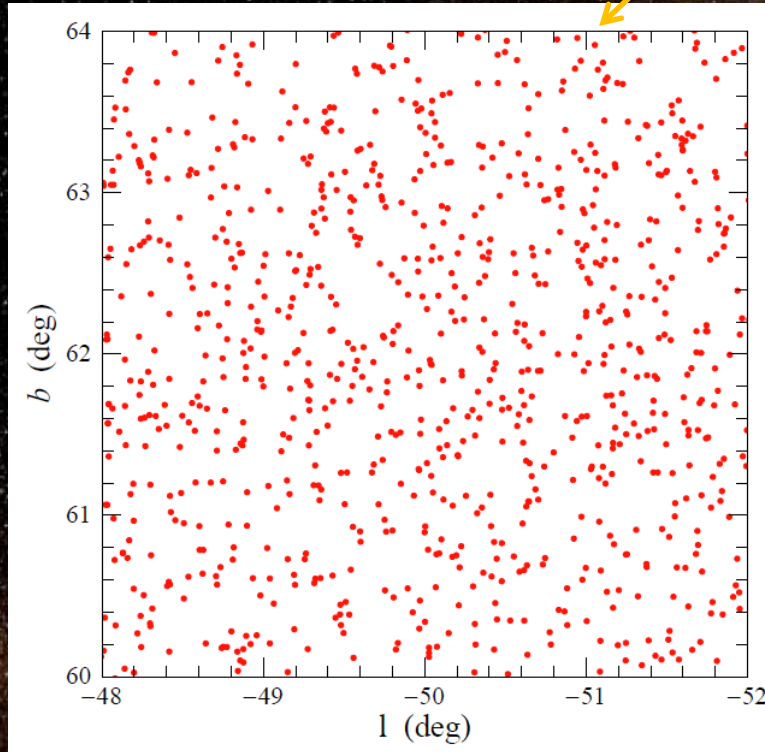
：
：
：

SGMAPでどれだけサンプルが増えるか



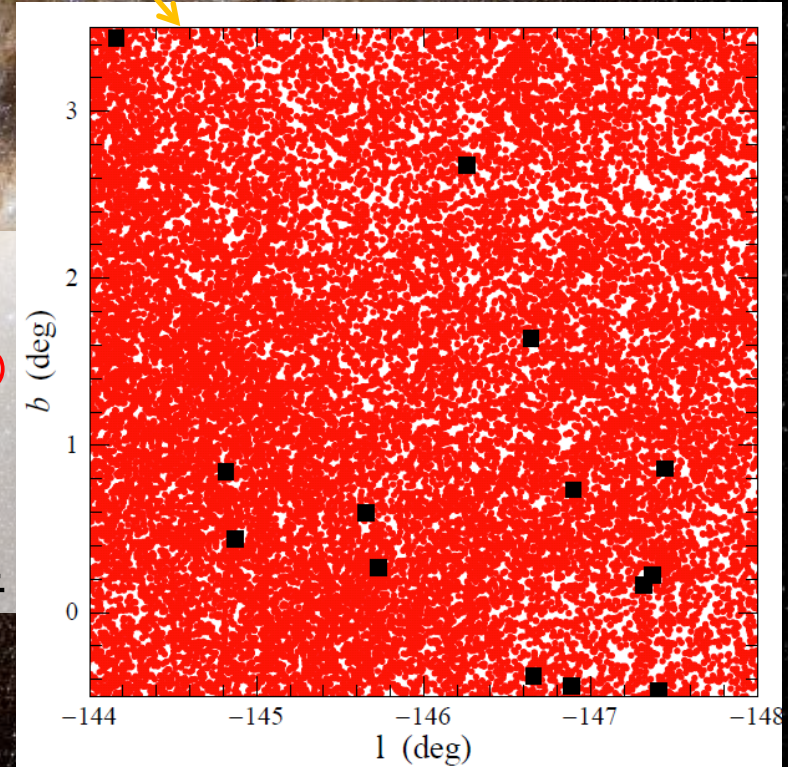
高銀緯領域
 $4^\circ \times 4^\circ$

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

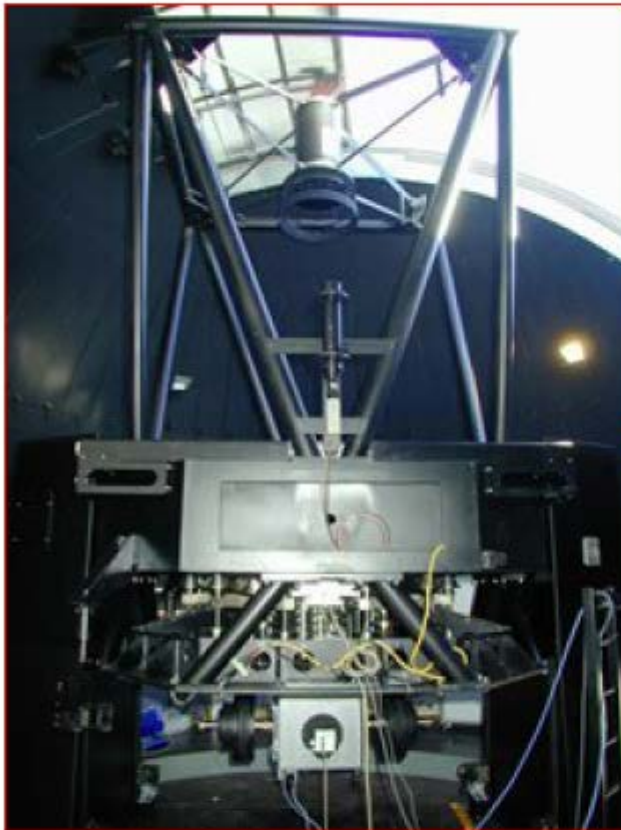


既存カタログの星はゼロ

既存カタログの星は14個のみ

建設計画

MAGNUM 2m telescope
(Univ. of Tokyo)



Low cost, quick construction,
and quick start of observation



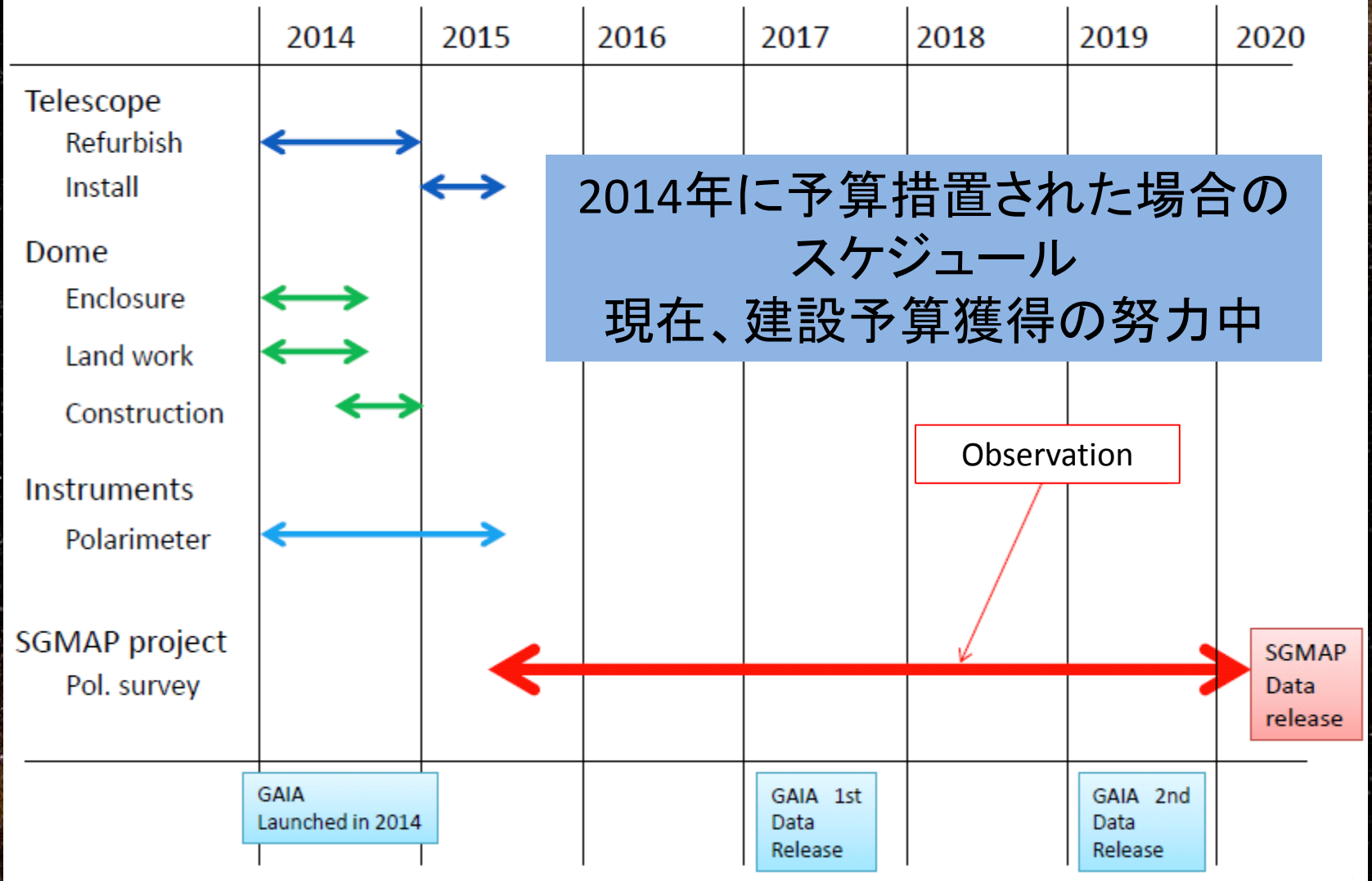
Dismantled and
back to Japan
In 2009

MAGNUM was operated atop
Haleakala from 2000 to 2008

Move to
our observatory



SGMAP ROADMAP



競合(?)する海外の計画



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

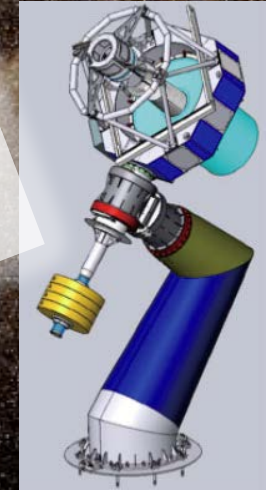
広視野0.84mロボット望遠鏡 (CTIO) + EEV 9k9kCCD

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

2013年に望遠鏡設置予定

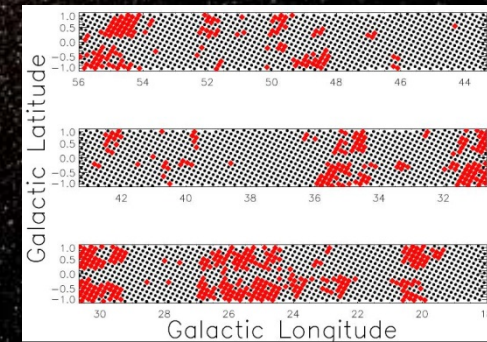


- GIPS: Galactic Plane Infrared Polarization Survey (PI: Dan Clemens@Boston Univ)

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光学系案

主な検討事項

- 望遠鏡 副鏡サイズアップ
- 広視野光学系
- ダイクロイックプリズム
- 広帯域半波長板
- 偏光ビームスプリッタ

なぜ可視偏光サーベイは進んでいないのか

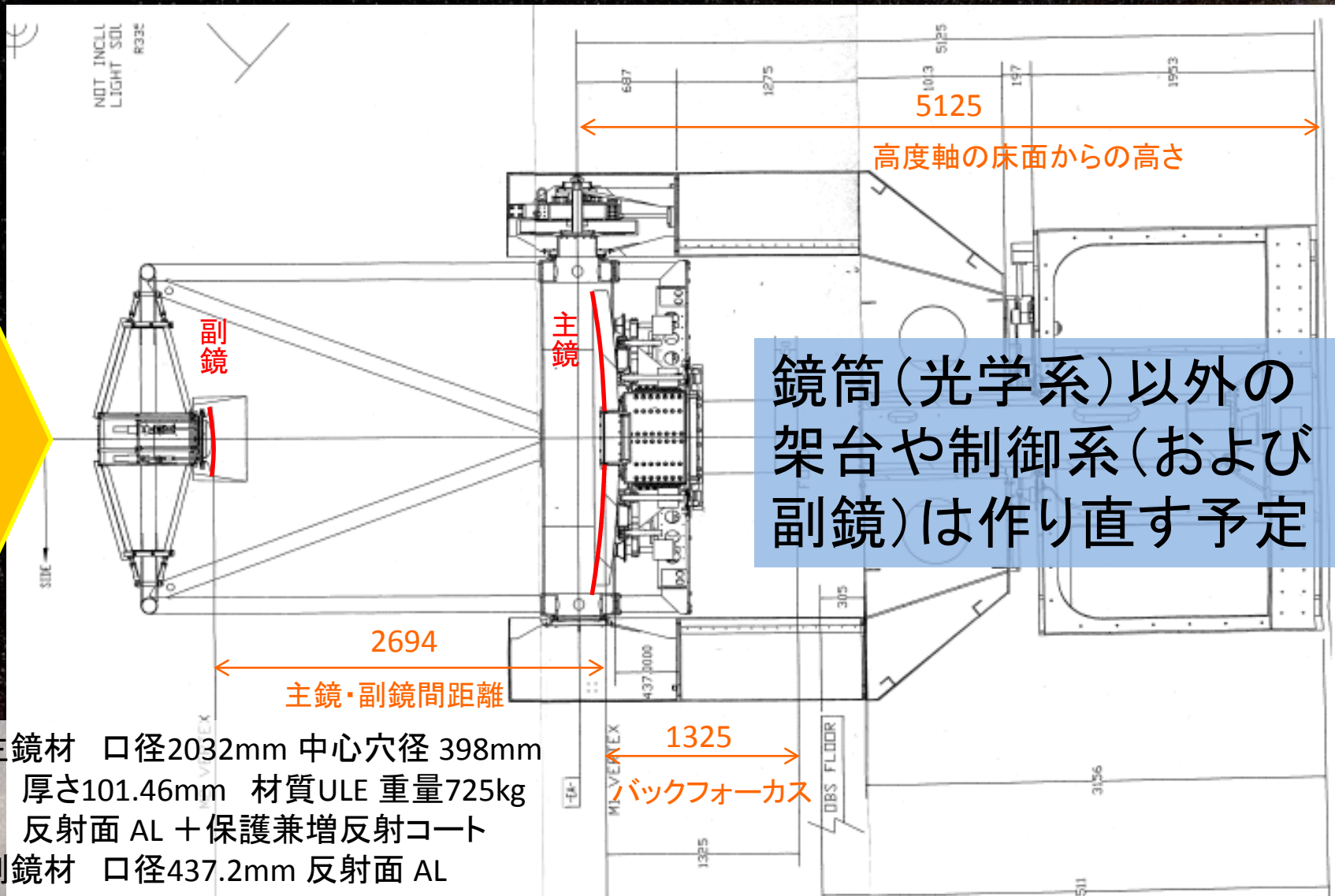
広視野 → F比小・入射角大・ビーム径大

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

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

主鏡材 口径2032mm 中心穴径 398mm
厚さ101.46mm 材質ULE 重量725kg
反射面 AL + 保護兼増反射コート
副鏡材 口径437.2mm 反射面 AL

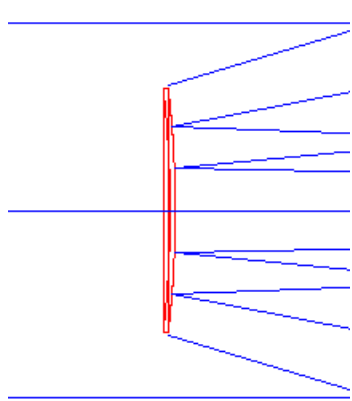
視野

直径 33.3 arcmin (Corrector要)

副鏡：サイズアップで50分角φカバーへ

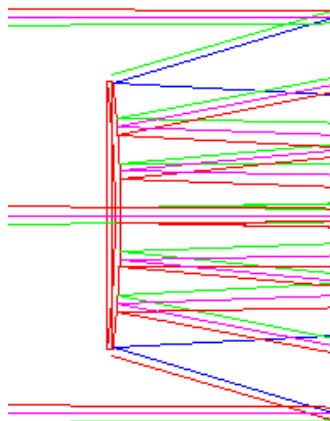
(写野角ゼロケラレなし径455.1の0.961倍)

※主鏡(2021mmφ)を入射瞳とする場合



437.2 mmφ

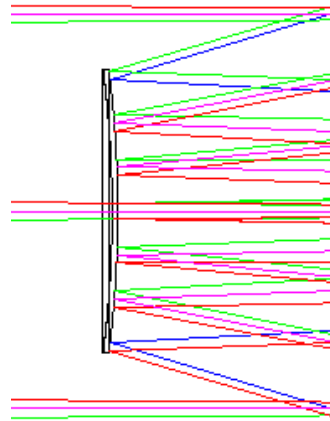
写野角ゼロケラレ有



455.1 mmφ

写野角ゼロケラレ無し

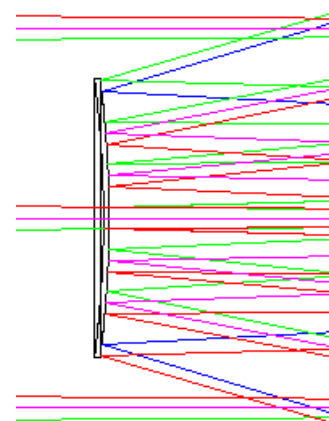
写野角25分角ケラレ有



481.7 mmφ

写野角25分角ケラレ無し

写野角50分角ケラレ有



495.0 mmφ

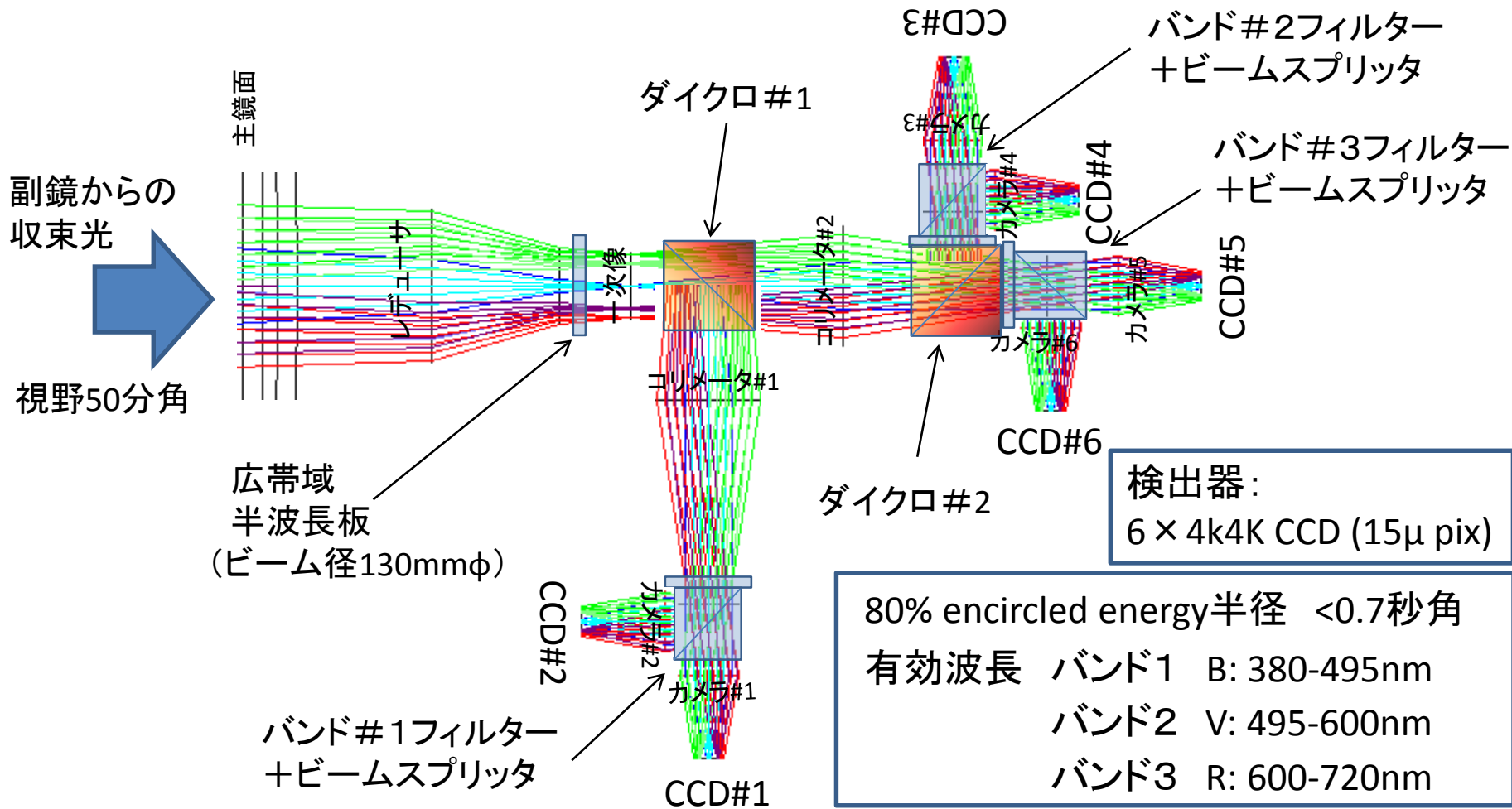
写野角50分角ケラレ無し

φ437.2→φ495mmへ(合成Fを変えずに50'φカバー)

※主鏡へ近づけ、合成Fを小さくする解も検討中

観測装置 光学系 概念図

1800mm以内



いずれの光線も、光軸に対する傾角は10° 以内

実際のレンズ系でもこの寸法になんとか収まりそう (可能な限りコンパクトに^{±2})

大型広帯域半波長板

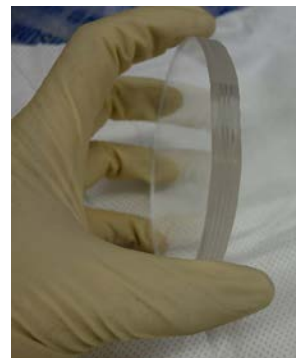
要求性能

- 有効径140mmφ 許容入射角 $\pm 10^\circ$
- 分割タイプは不可、**一体もの**（焦点面に置くため）
- λ 380-900nm において位相差 $180 \pm 3^\circ$
- 透過率 80%以上 波面精度 $\lambda/2$ 以下

Pancharatnum型(水晶+MgF₂6×2層)+入射角依存性補償板でいけそう



国立天文台8.2mすばる望遠鏡FOCAS
半波長板 直径~12cm λ 350-1200nm
4分割型（H社製）



広島大1.5m望遠鏡 可視赤外線同時カメラHONIR
半波長板 直径~10cm λ 450-2300nm
一体もの（K社製）



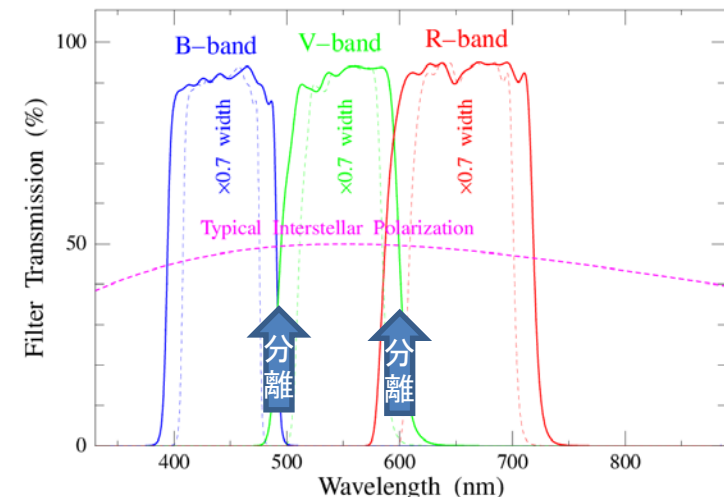
大型キューブ型ダイクロイックミラー #1, 2

要求性能

- 分離波長 #1: 495nm #2: 600nm
 - 有効径100mmφ キューブタイプ(#1は拡散光中)
 - 45° 入射で許容入射角 $\pm 10^\circ$
- (ある計算例では)#1で ± 10 nm、#2で ± 15 nmほど
分離波長がシフトしてしまう。

→ 視野位置によりバンドの有効
波長域が変わってしまう

→ これを避けるには、バンドフィル
ターで波長帯を狭く絞るか、
あるいはバンドをずらすか...



できればB,V,Rバンドのままで波長幅も広くとりたい... 良い解決法はないでしょうか？

大型偏光ビームスプリッタ #1-3

要求性能

- S偏光とp偏光の分離角 90°
- 有効径 $100\text{mm}\phi$ 許容入射角 $\pm 10^\circ$
- 消光比 $T_{\max}/T_{\min} > 100$, 効率 $>80\%$

→ 複屈折結晶(گران・プリズム)

高複屈折性結晶(方解石、ルチル等)で均質な大型の材料は入手困難

誘電体多層膜プリズム

各バンド波長帯／許容入射角に亘って高い消光比を実現できるか？

ワイヤグリッド・キューブ

対応可能なメーカーは？



マルチコートによるキューブ型偏光ビームスプリッタ $<50\text{mm}\square$
TEXHSPEC(Edmund Optics)
420-680nm/700-1100nm
500:1の消光比 許容入射角??



ワイヤグリッドを用いたシート型偏光ビームスプリッタ $<25\text{mm}\square$
MicroWire™(Edmund Optics)
 $>85\%$ eff. @ 450-700nm
許容入射角は広いらしい

現状でも消光比50を許容すれば誘電体多層膜プリズムの解はあるが...

SGMAP高視野偏光撮像光学系 まとめ

項目	設計メド ×△○◎	摘要
副鏡 サイズアップ (50'φ視野カバー)	○	おそらくOK
広視野レンズ系	△～○	全体の大きさのさらなるコンパクト化を目指したい
大型広帯域半波長板	○～◎	入射角依存性補償板を張り合わせて使用
大型キューブタイプ ダイクロイックミラー	△～○	入射角依存性を小さくできるようなら、波長帯が隣り合ったBVRバンドでいけるが、無理なら間を空けるしかない。
大型偏光ビーム スプリッタ	△	現状では多層膜プリズムが第一候補も、高い消光比は望めないか(>~50) ワイヤグリッドは使えないか？

**大型で且つ入射許容角の大きい素子が求められます
皆様のコメント・インプットを歓迎します**