

# 観測ロケット実験 CLASP

岡本文典

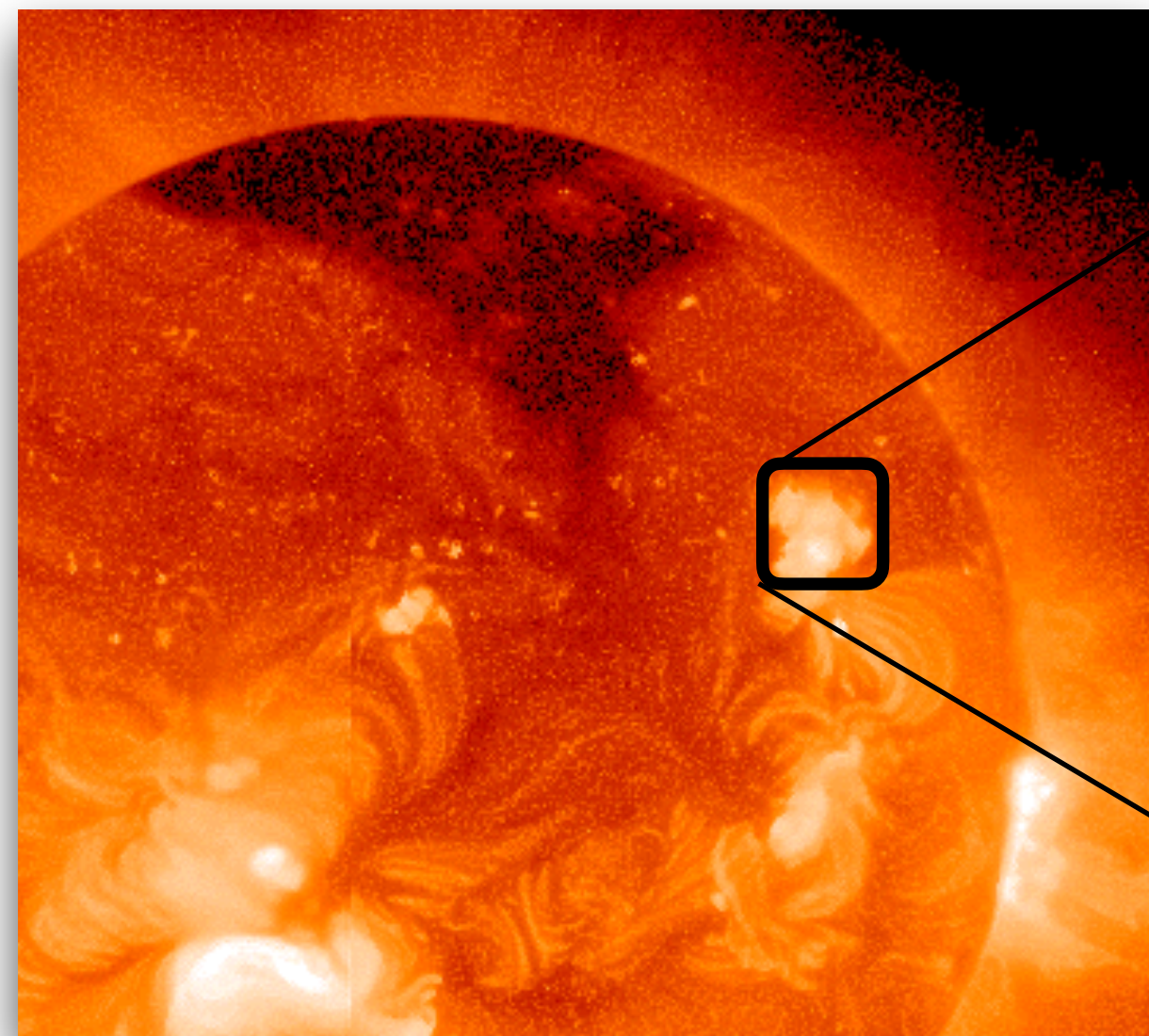
国立天文台





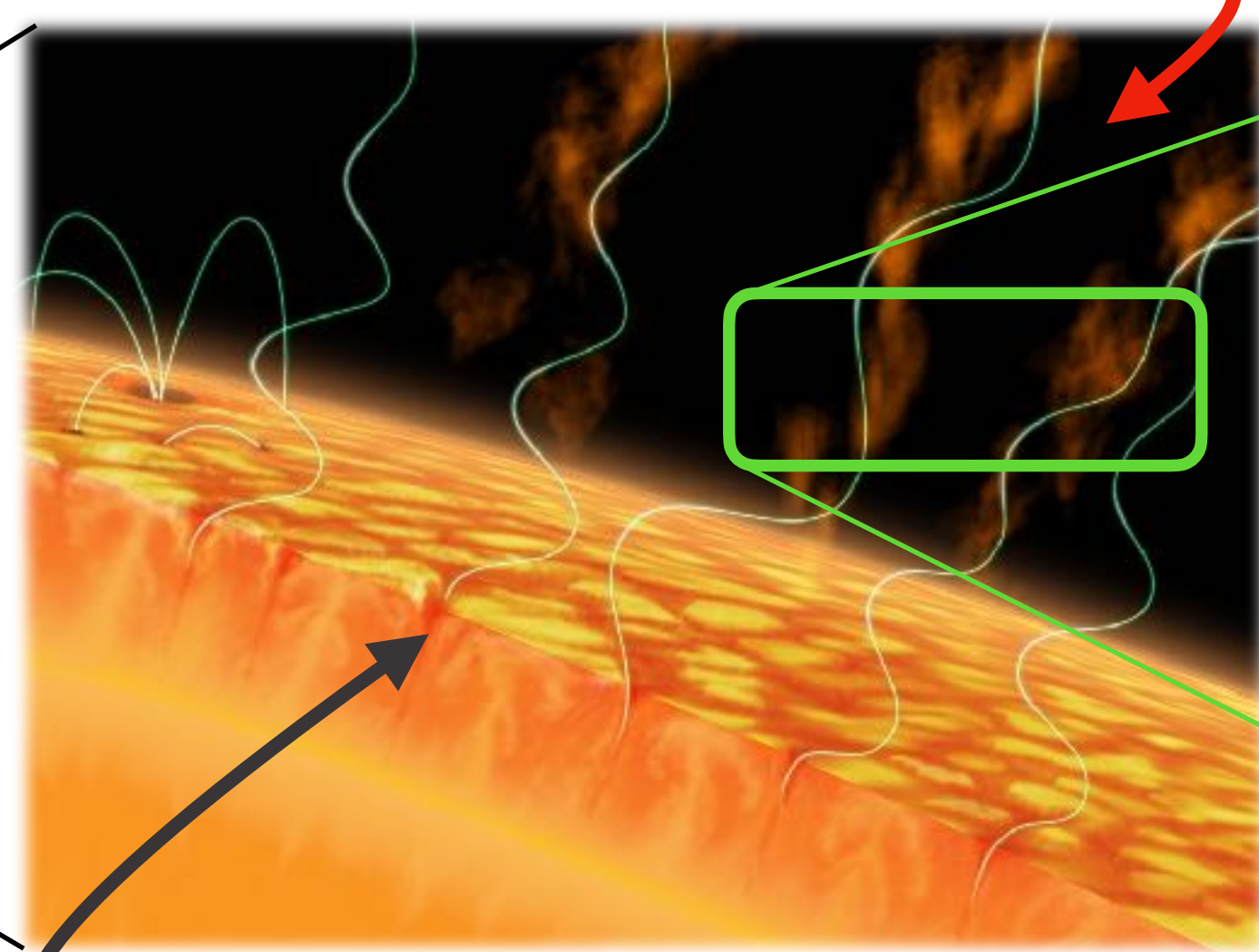
コロナ加熱問題を解くために  
活動的な彩層の役割を理解することが重要

70年以上に渡る疑問

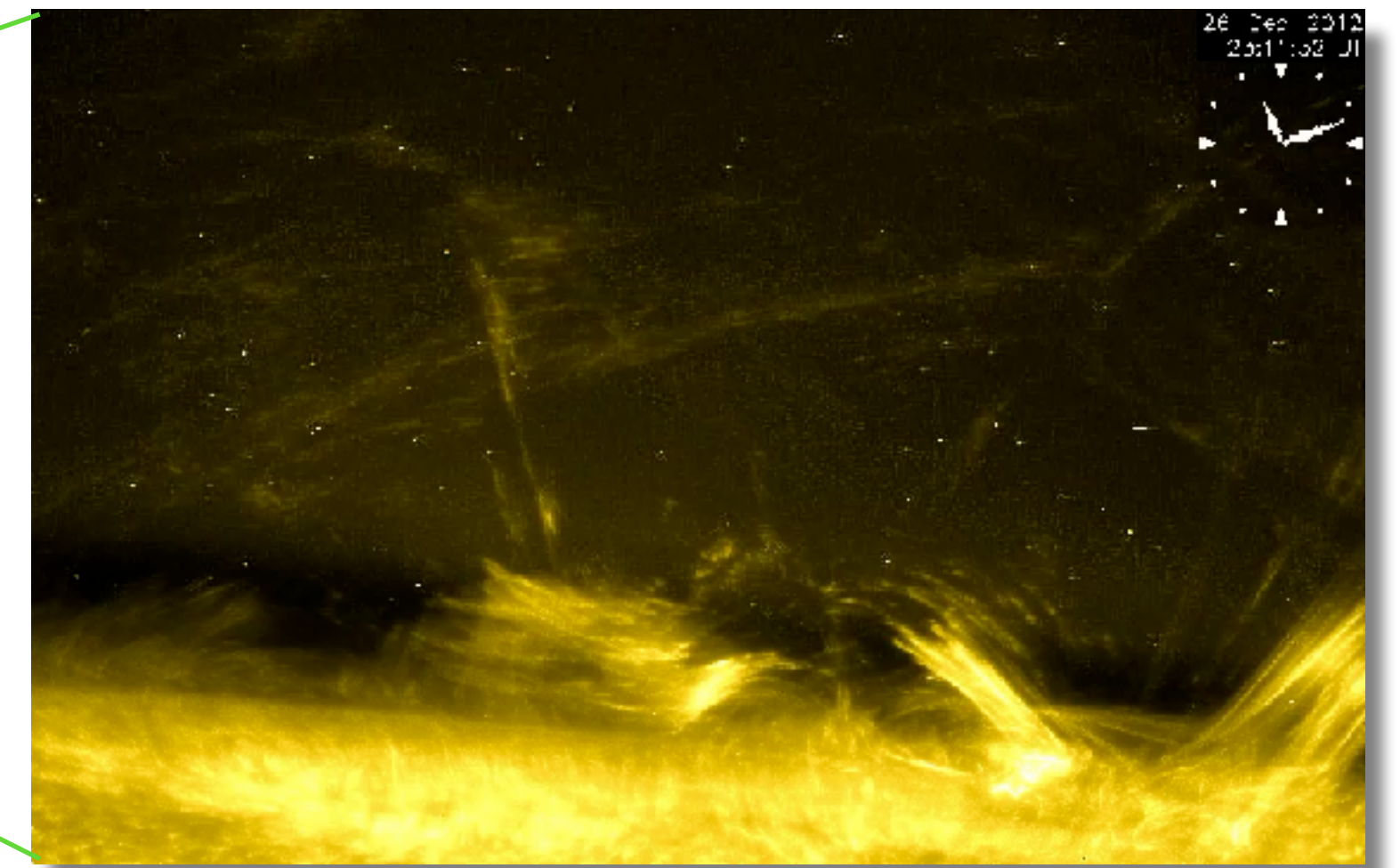


太陽コロナはどのように  
作られているのか

100万度のコロナ



6,000度の太陽表面



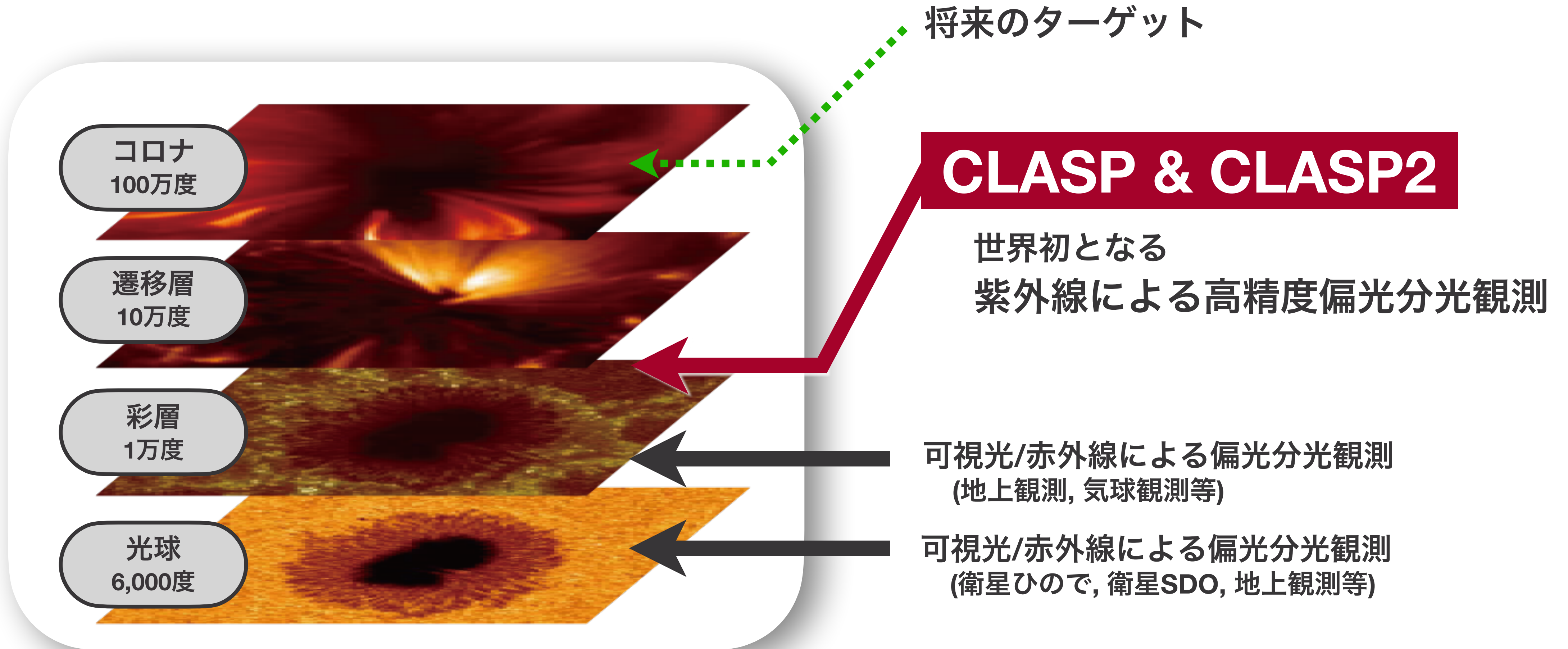
中間に位置する彩層が想像以上に活動的

彩層の磁氣的構造やその性質を理解することが大事



太陽彩層の磁場観測は難しい

# CLASP実験：彩層磁場計測に向けた技術検証



# 紫外線の利点

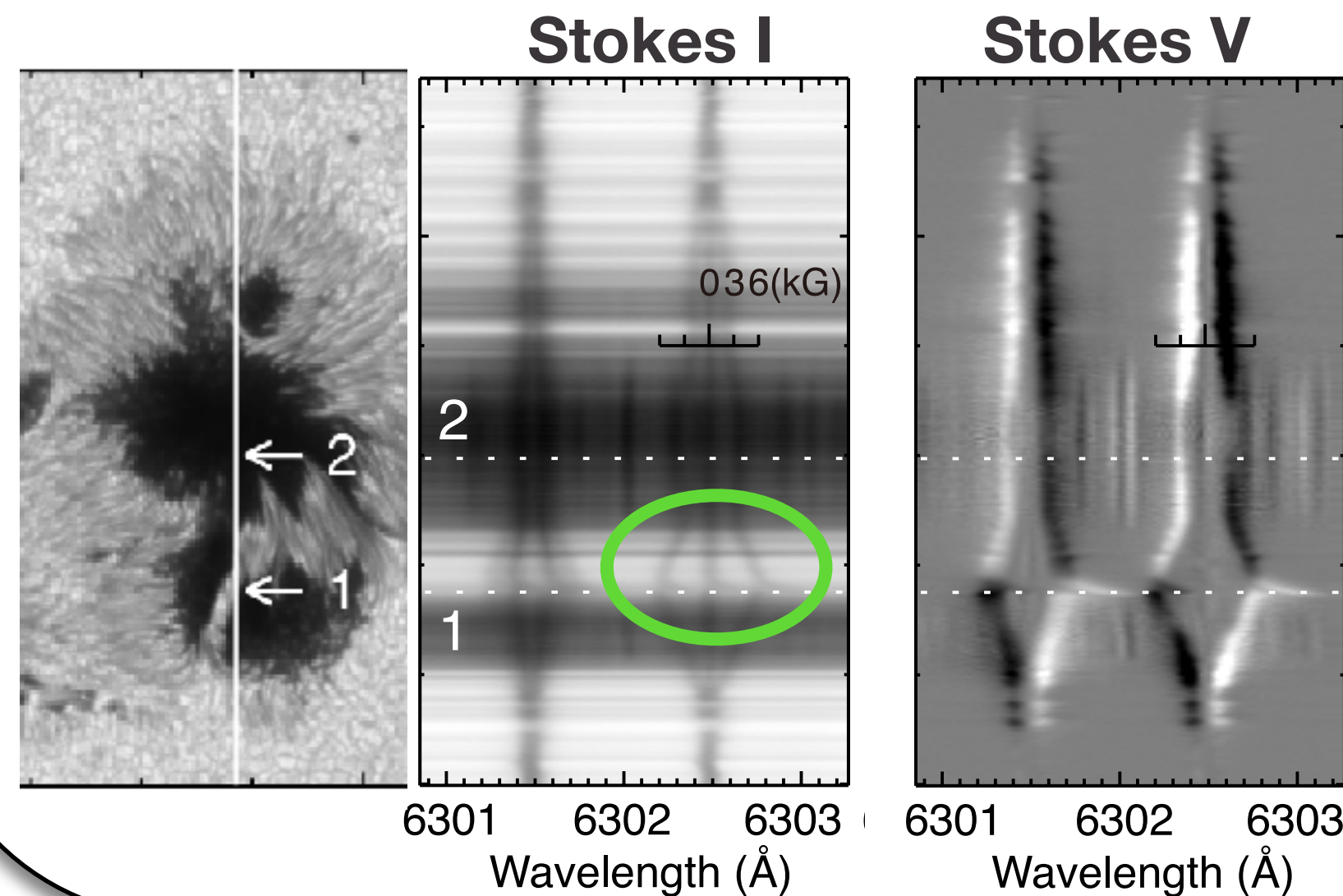
## 太陽大気の弱い磁場も測ることができる

### ゼーマン効果

磁場強度に比例して偏光シグナルは強くなるが、  
彩層、特にその上部は磁場が弱く偏光シグナルも  
小さい

光球 100 – 3,000 G  
彩層 10 – 100 G

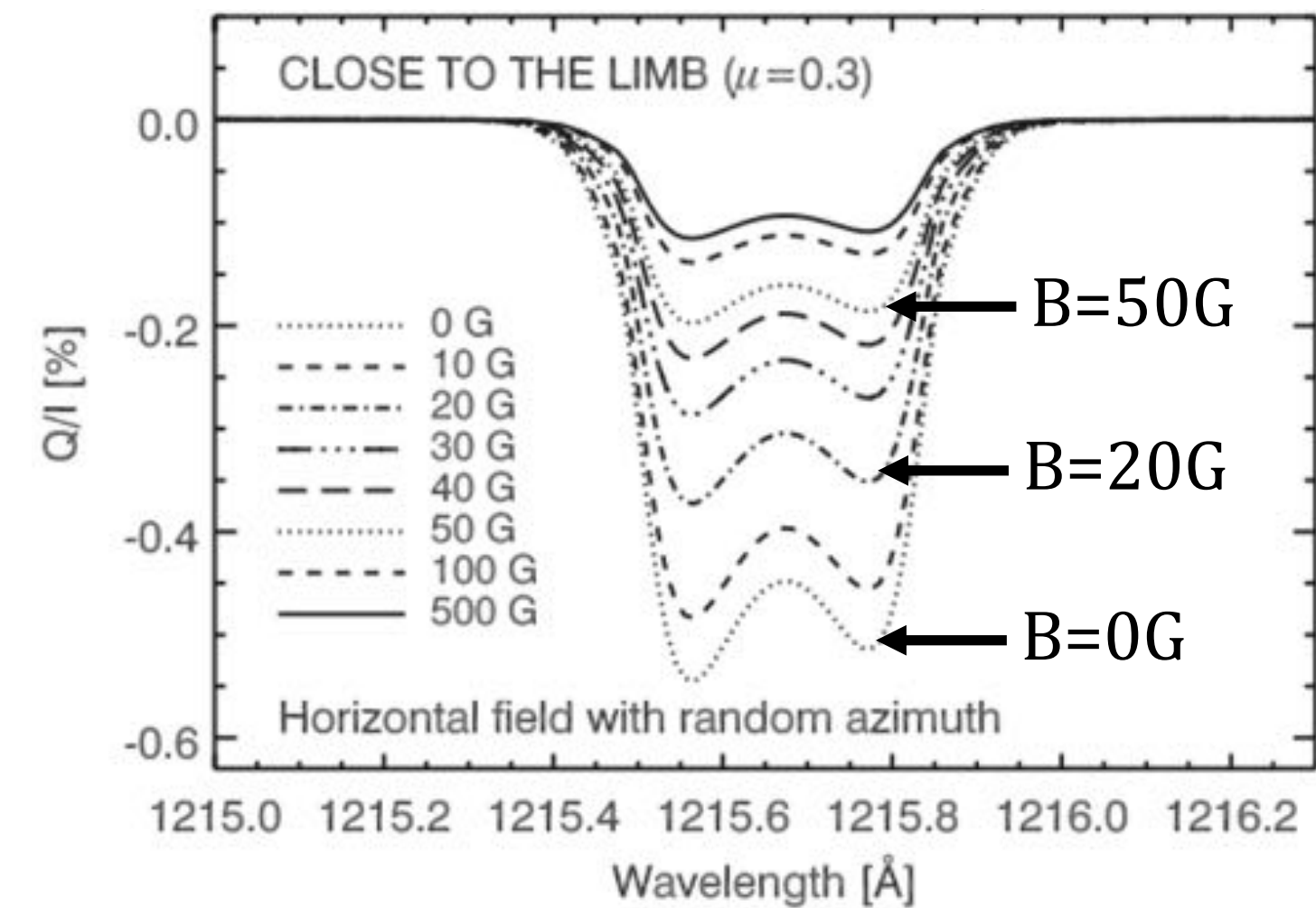
Fe I 線による光球の偏光スペクトル



### ハンレ効果

散乱が作る直線偏光が磁場の存在により変調する  
彩層上部の弱い磁場でも、それに起因する偏光  
シグナルを捉えられる

Ly- $\alpha$ 線 による Stokes Q/I (理論)





**しかし、そもそも紫外線で偏光は見えるのか？**

**そこから磁場計測ができるのか？**

**まずは検証、そして技術の確立を目指す**



# 3つのロケット観測実験

## Ly- $\alpha$ と Mg II による偏光分光観測

CLASP1		CLASP2 / CLASP2.1
 <p>Chromospheric Lyman-Alpha SpectroPolarimeter</p>	<p>観測時間は 1回の打ち上げで 5分間だけ</p>	 <p>Chromospheric LAYER SpectroPolarimeter</p>
<p>2015年</p>	<p>打ち上げ</p>	<p>2019年 / 2021年</p>
<p>Stokes I Q U</p>	<p>偏光情報</p>	<p>Stokes I Q U V</p>
<p>Ly-<math>\alpha</math> (1216 Å)</p>	<p>観測波長</p>	<p>Mg II k &amp; h (2800 Å)</p>
<p>0.1 Å 3秒角</p>	<p>波長分解能 空間分解能</p>	<p>0.1 Å 2秒角</p>
<p>400秒角</p>	<p>スリット長</p>	<p>200秒角</p>

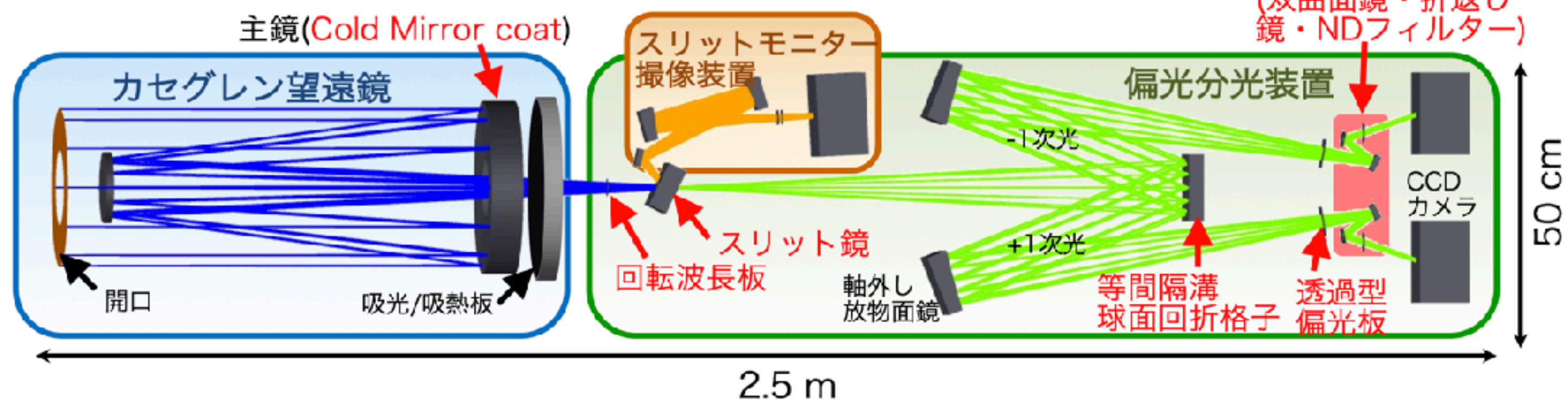


# CLASP 観測装置の開発

## 2008年から検討、2015年最初の打ち上げ、日米欧の国際協力

### CLASP2観測装置

CLASP( $\lambda=122\text{nm}$ ) → CLASP2( $\lambda=280\text{nm}$ )



国立天文台先端技術センター内での開発の様子

- 日本：望遠鏡、偏光装置、主構造
- アメリカ：ロケット、打ち上げ、搭載コンピュータ、CCDカメラ
- フランス：回折格子
- スペイン/ノルウェー：モデル計算

国立天文台の研究者や学生だけでなく、  
京都大学の学生や韓国の研究者も関わっていました

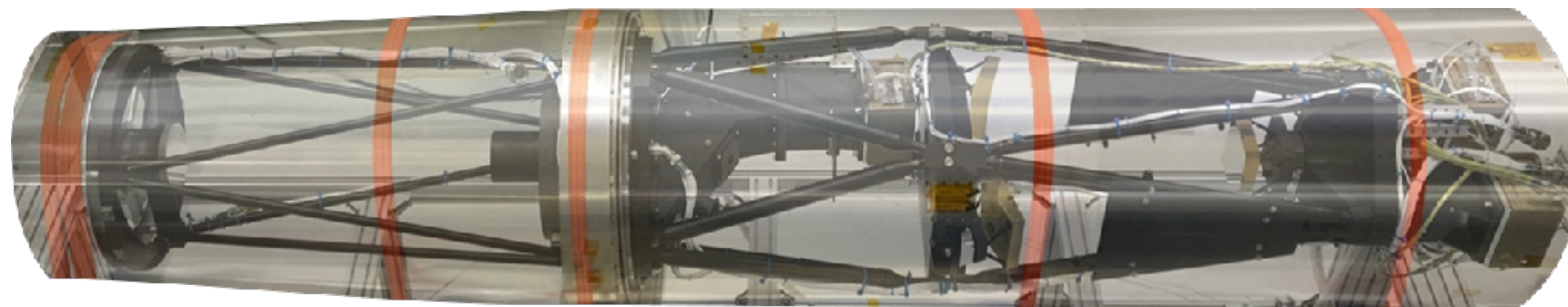
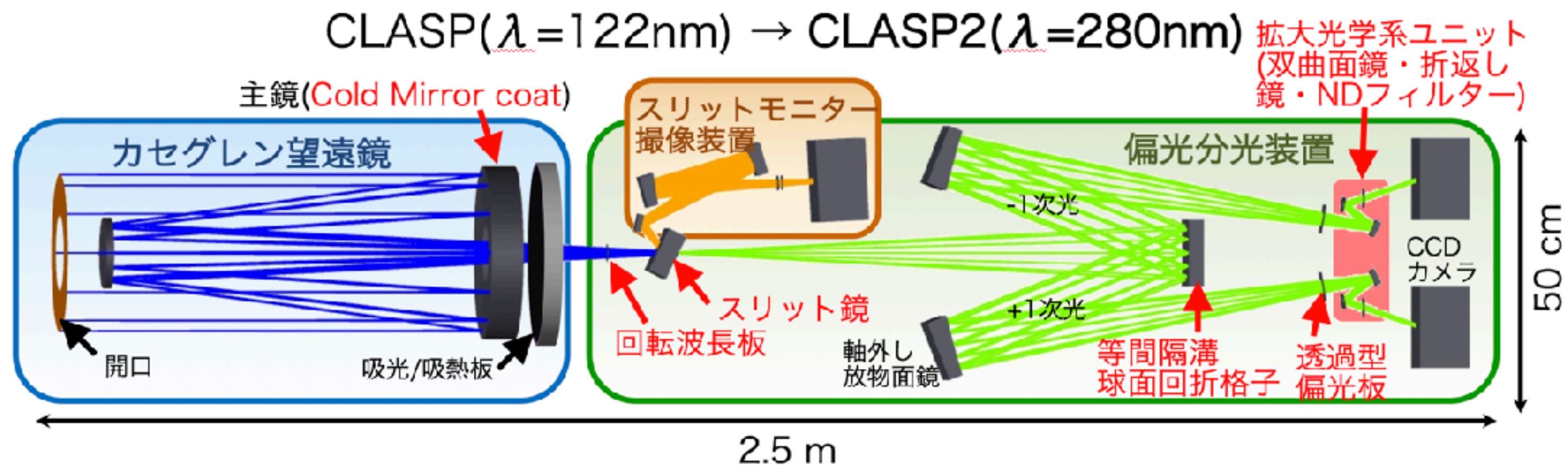


# CLASP 観測装置の開発

## 2008年から検討、2015年最初の打ち上げ、日米欧の国際協力

### CLASP2観測装置

CLASP( $\lambda=122\text{nm}$ )  $\rightarrow$  CLASP2( $\lambda=280\text{nm}$ )



- 日本：望遠鏡、偏光装置、主構造
- アメリカ：ロケット、打ち上げ、搭載コンピュータ、CCDカメラ
- フランス：回折格子
- スペイン/ノルウェー：モデル計算

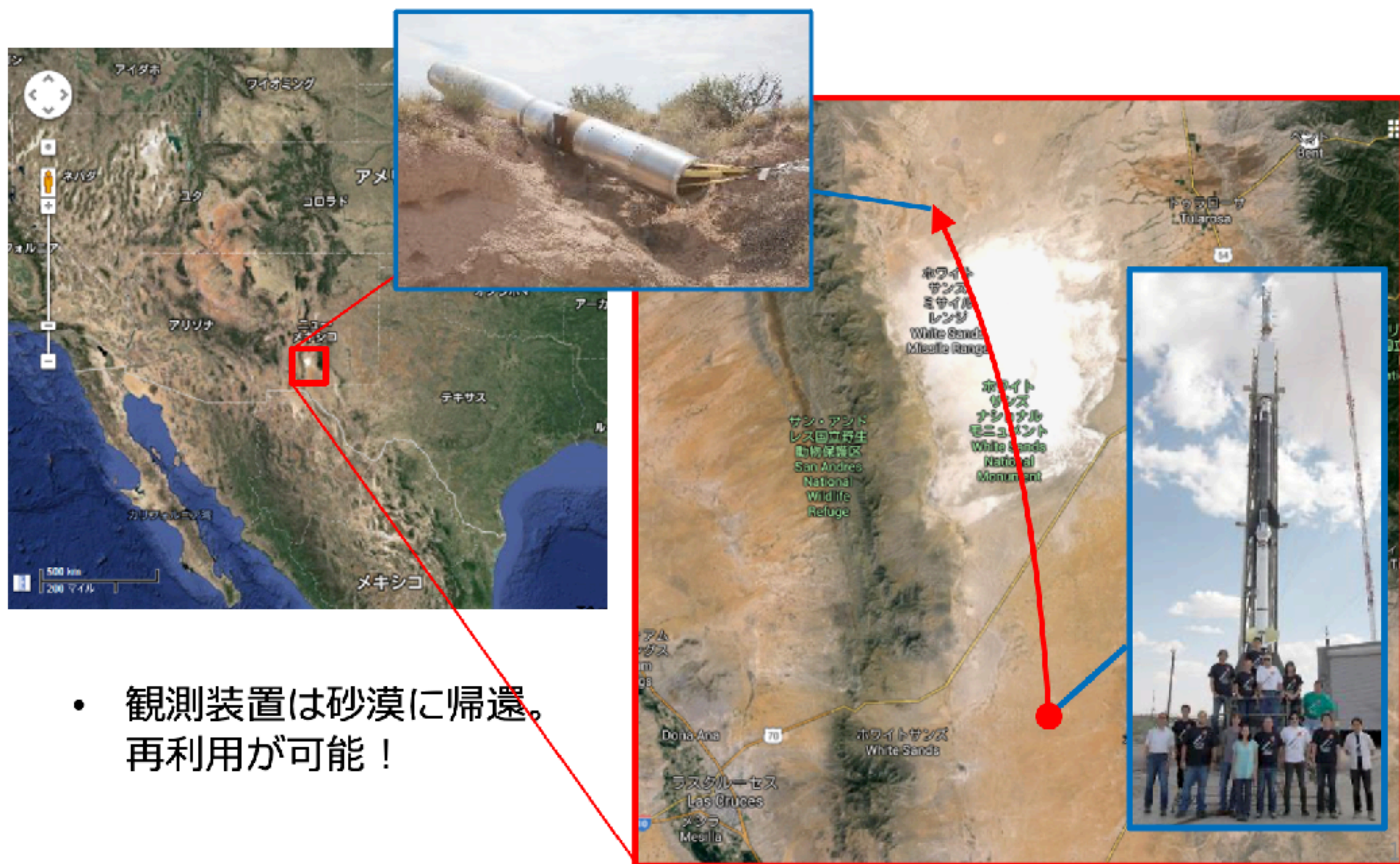




# CLASP 観測装置の開発

## 2008年から検討、2015年最初の打ち上げ、日米欧の国際協力

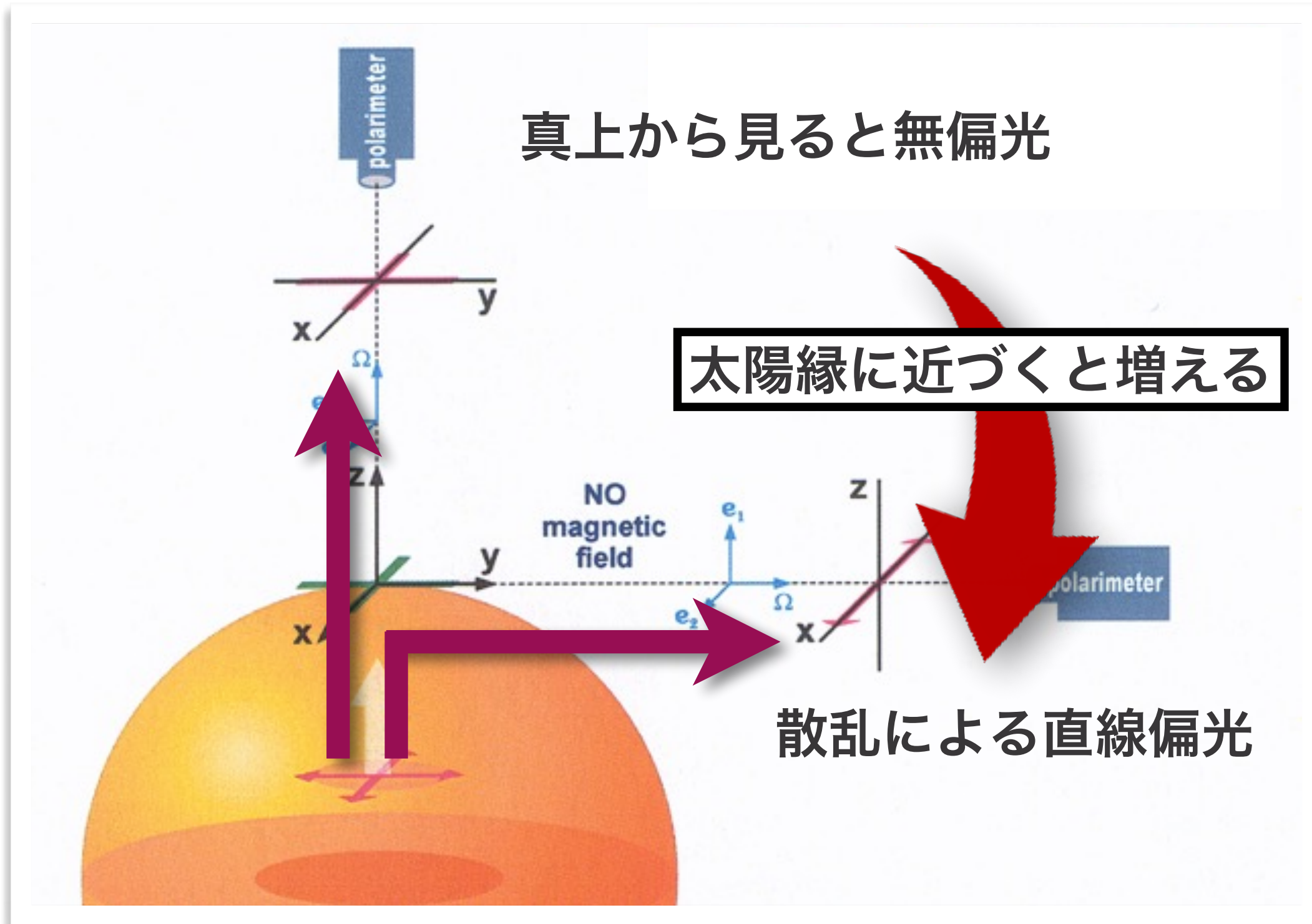
### 打ち上げ場所： White Sands Missile Range



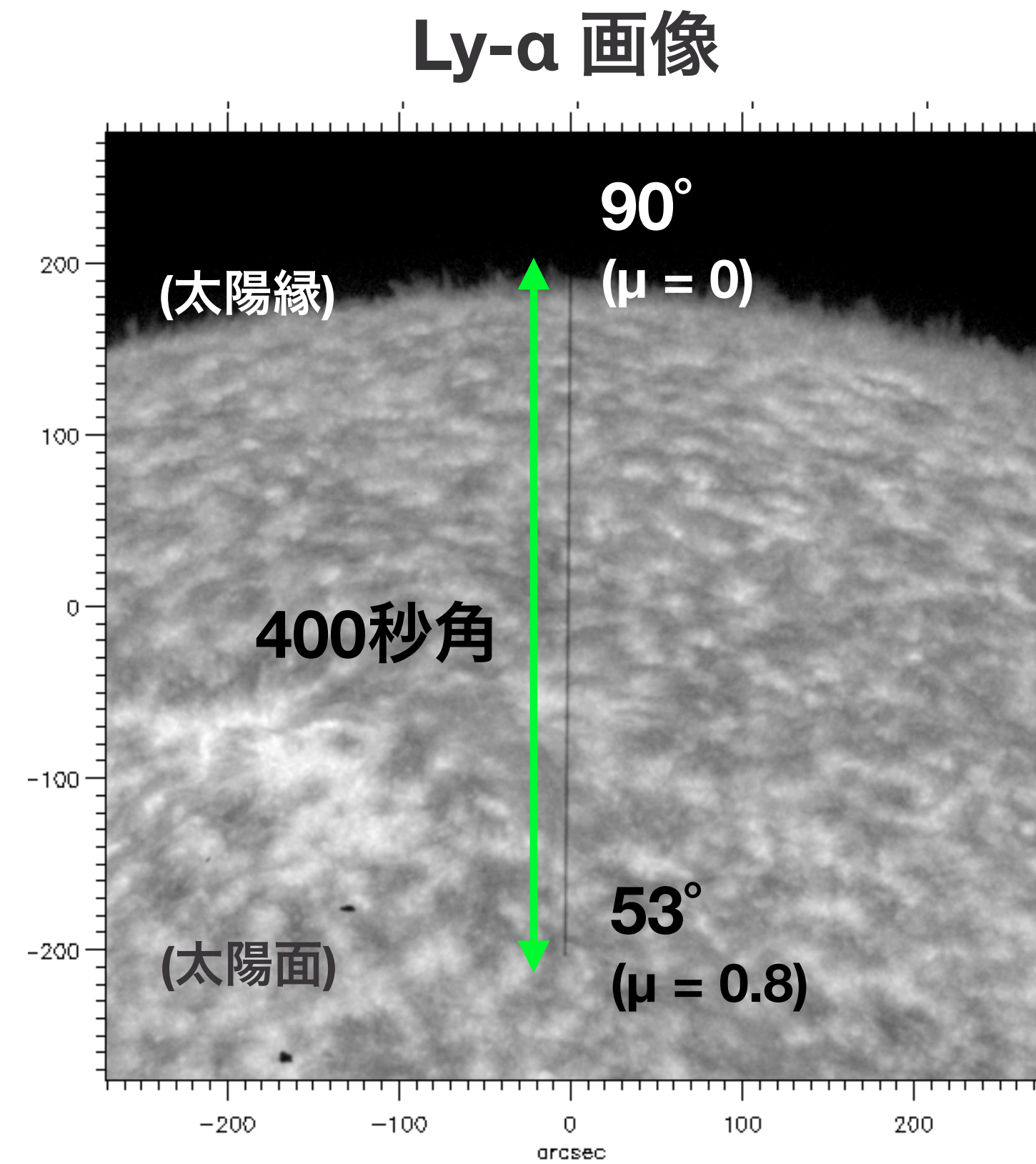


# CLASP1 の結果

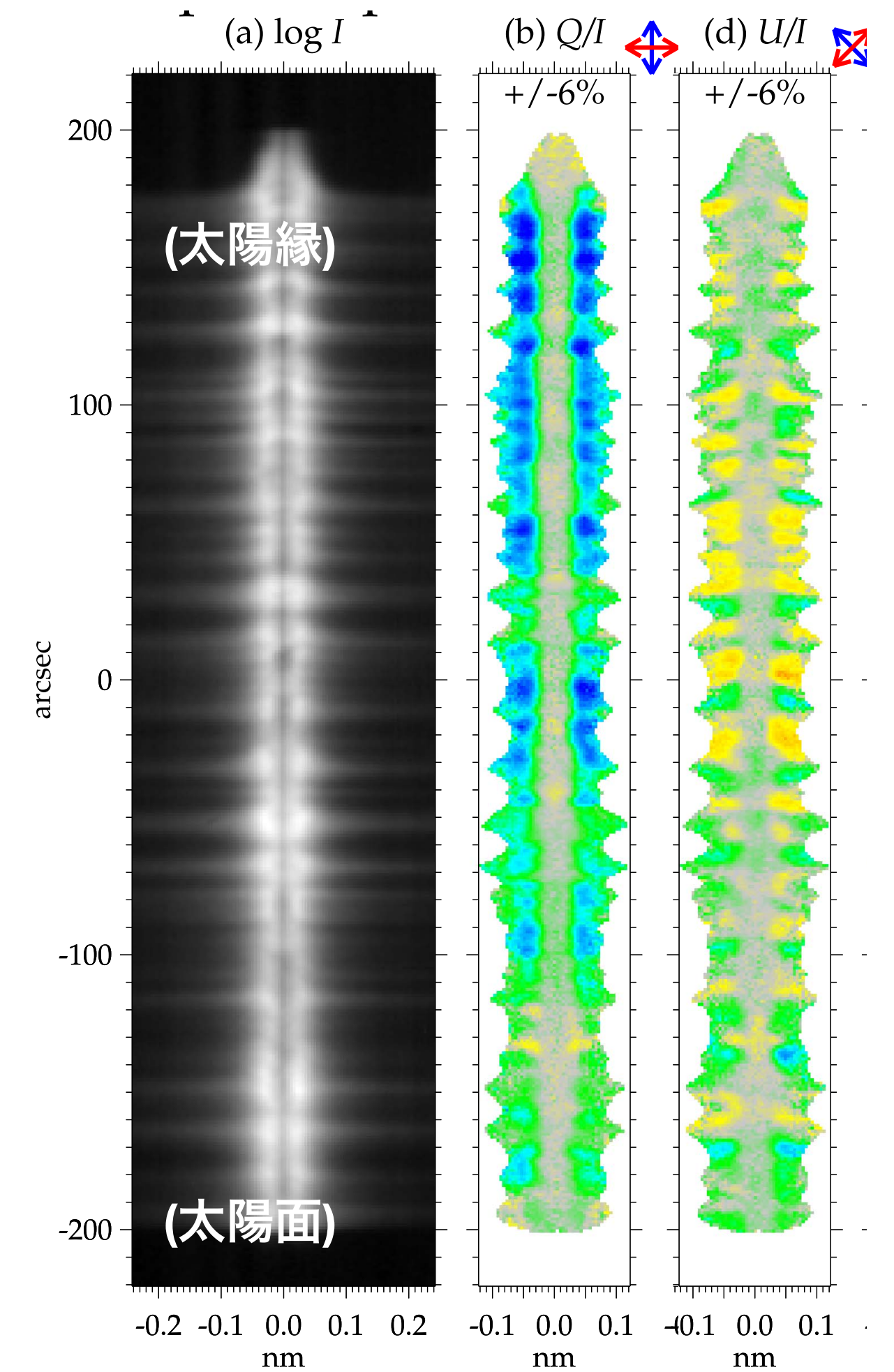
## Ly- $\alpha$ 線による偏光シグナルの検出



Trujillo Bueno+2002 (figure from Andreas Lagg's presentation)



### Stokes spectra in Ly- $\alpha$



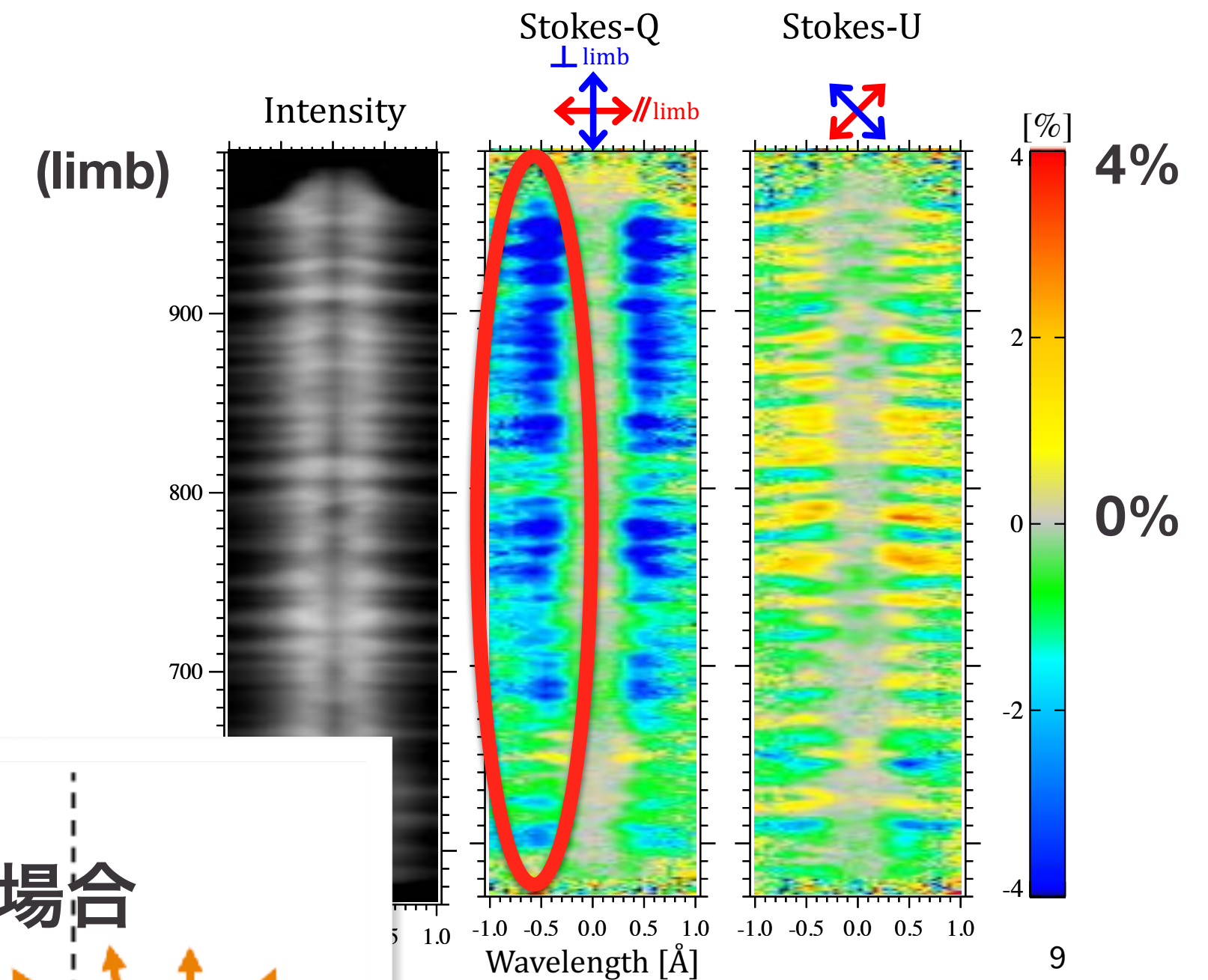
Kano+2017



# CLASP1 の結果 散乱偏光の確認

## Ly- $\alpha$ wing における散乱偏光

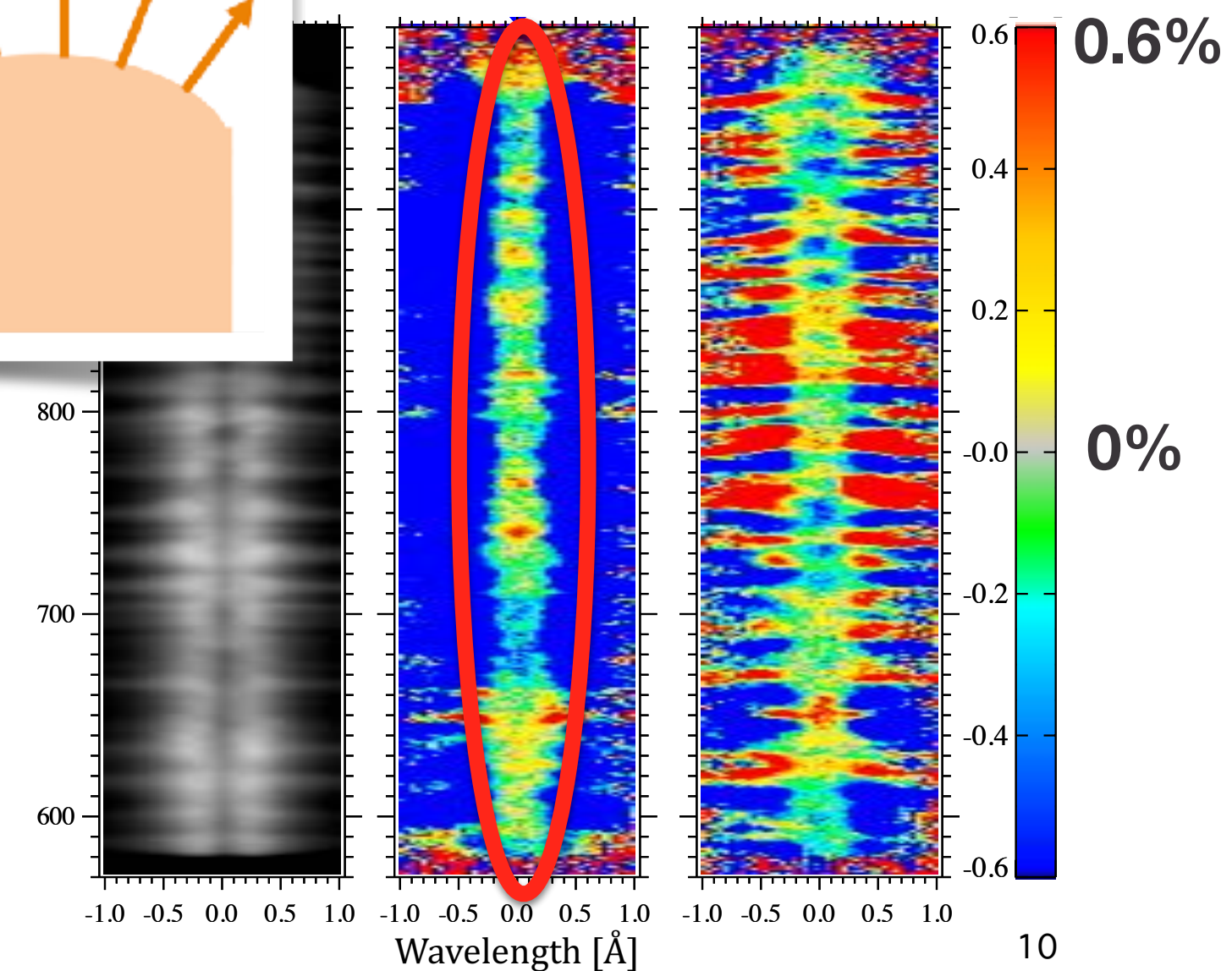
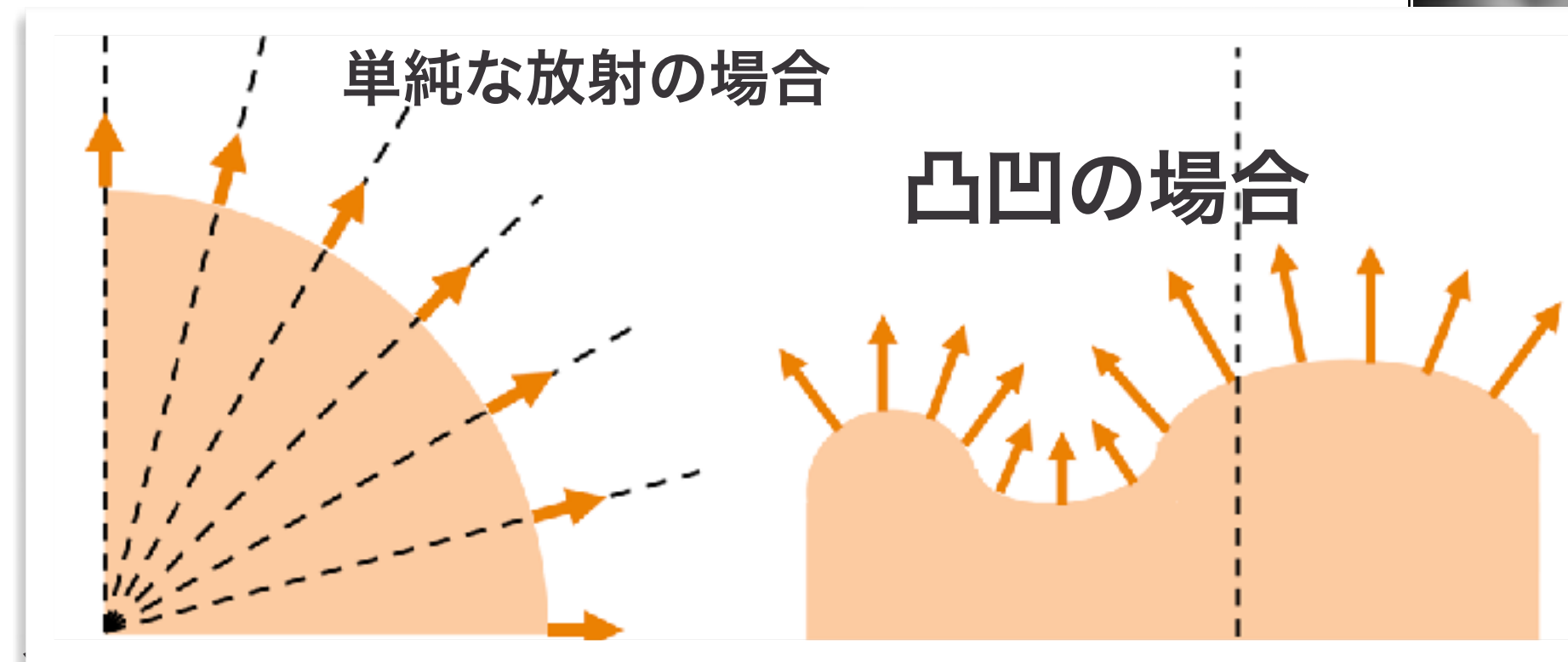
偏光度は太陽円盤上の位置に依存して変化する  
(center-to-limb-variation : CLV と呼ぶ)



## Ly- $\alpha$ core における偏光

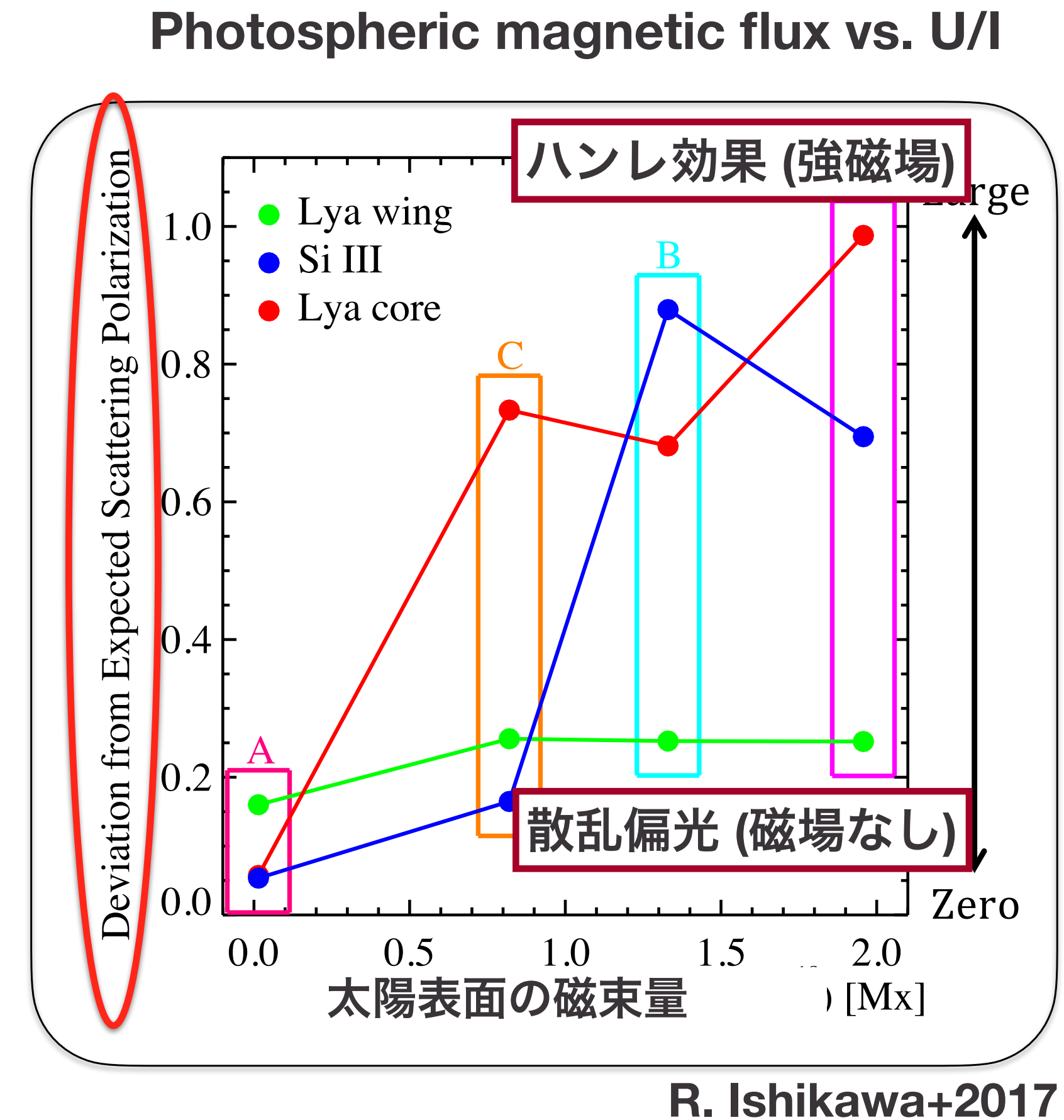
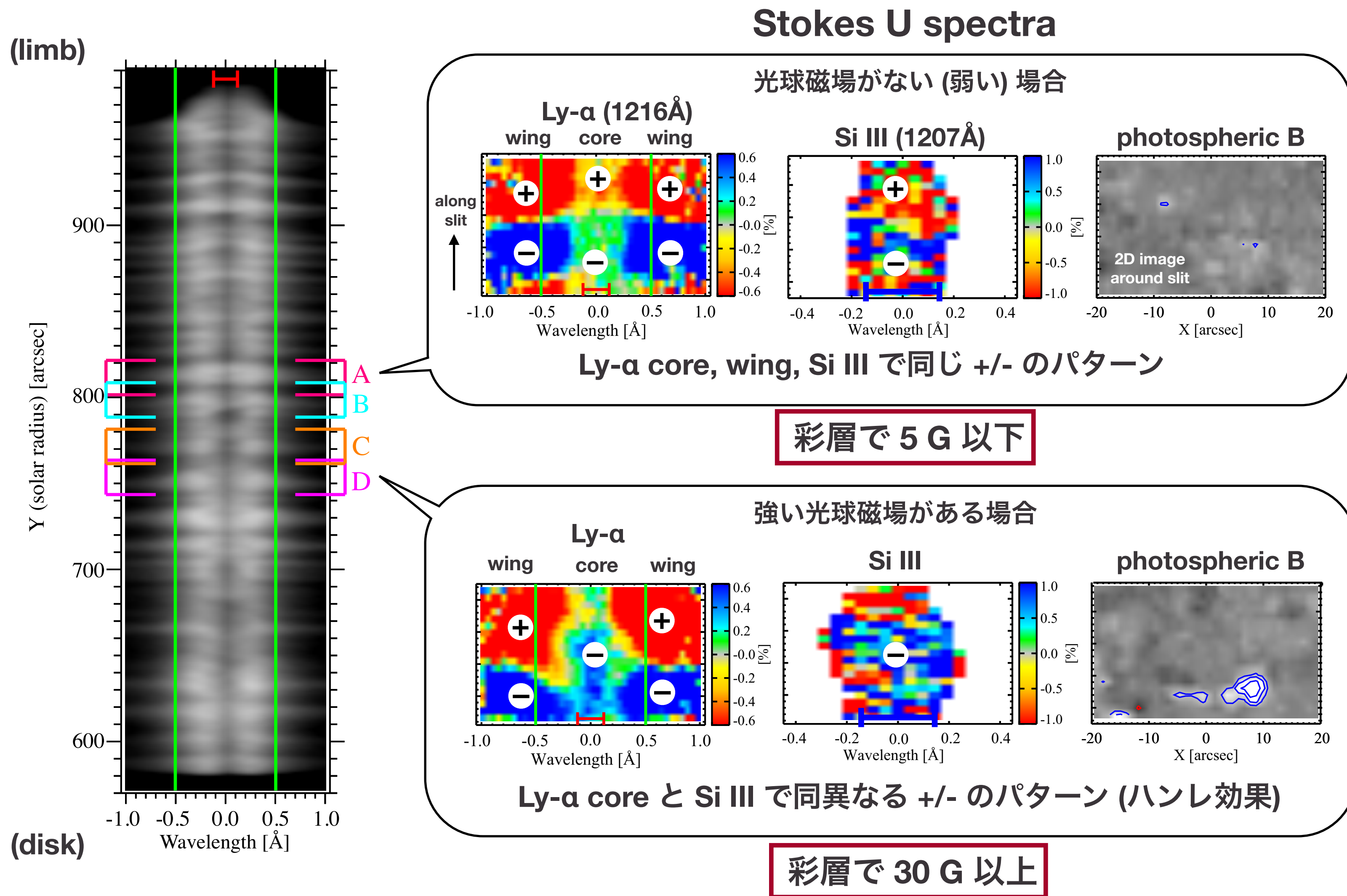
**予想外** CLV が見られない

彩層-コロナの高度における磁氣的構造の複雑さに起因か  
(Trujillo Bueno+2018)





# CLASP1 の結果 ハンレ効果の観測的証拠

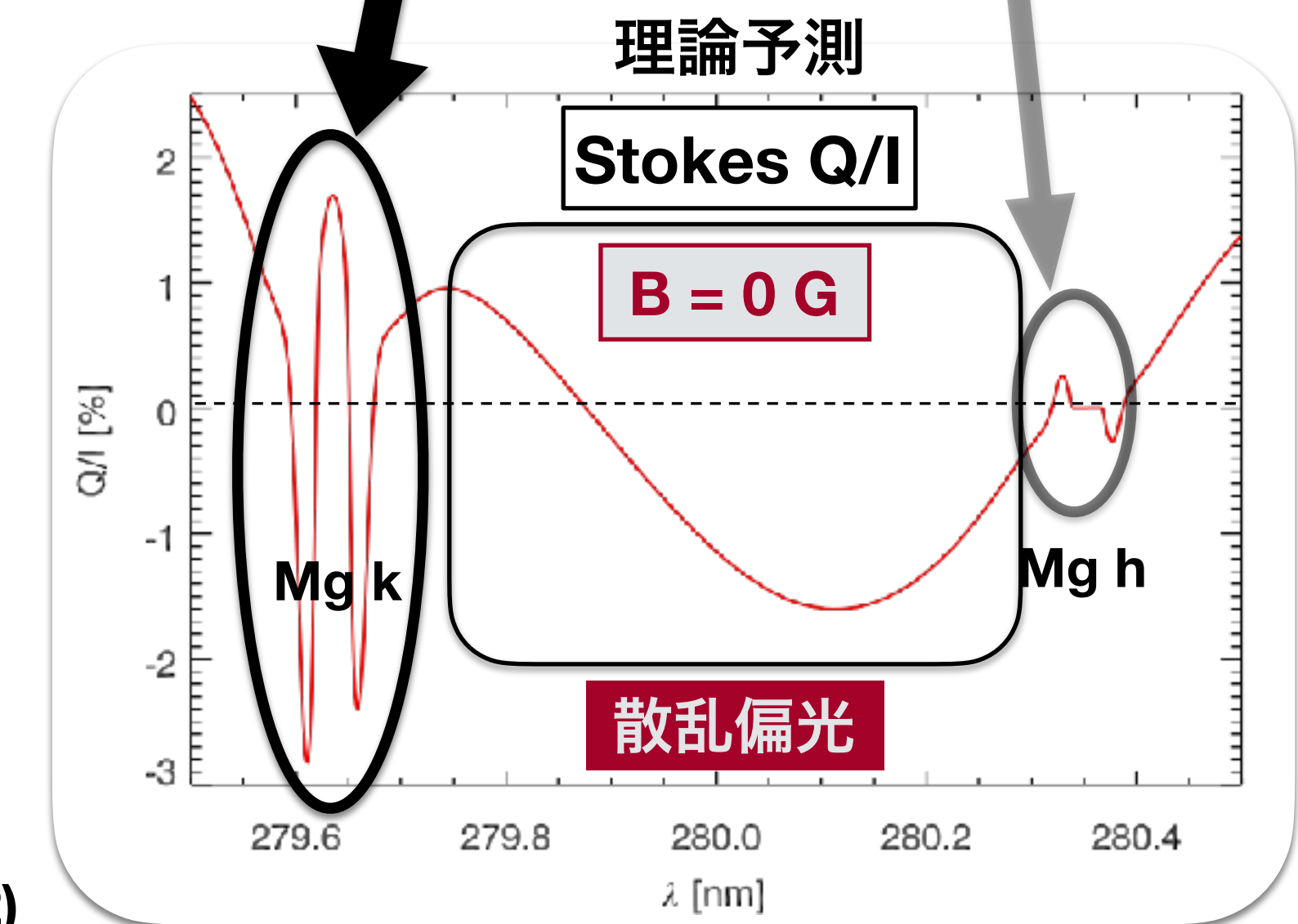
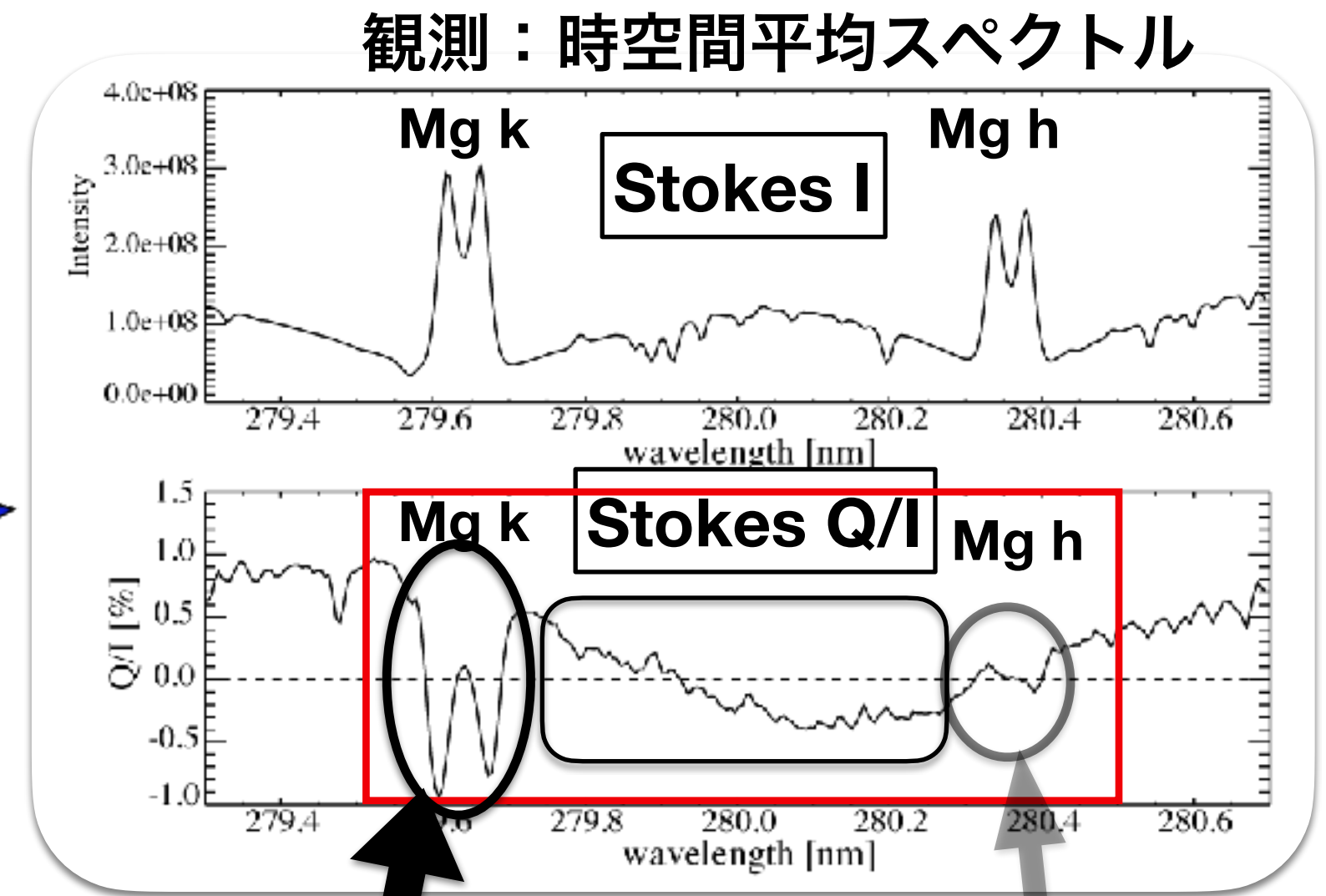
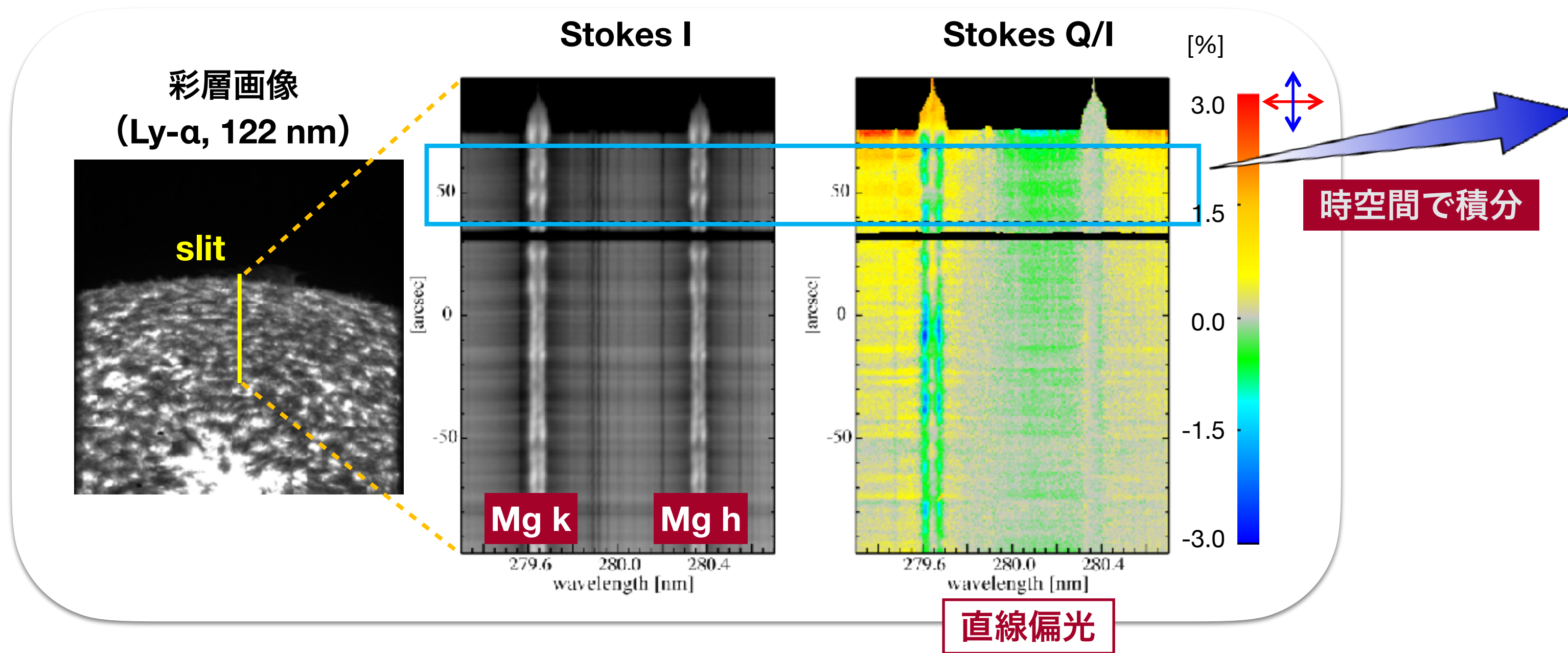


偏光度の変調と磁場との間には明確な  
関連性がある



# CLASP2 の結果

## Mg II 線における偏光シグナルの検出



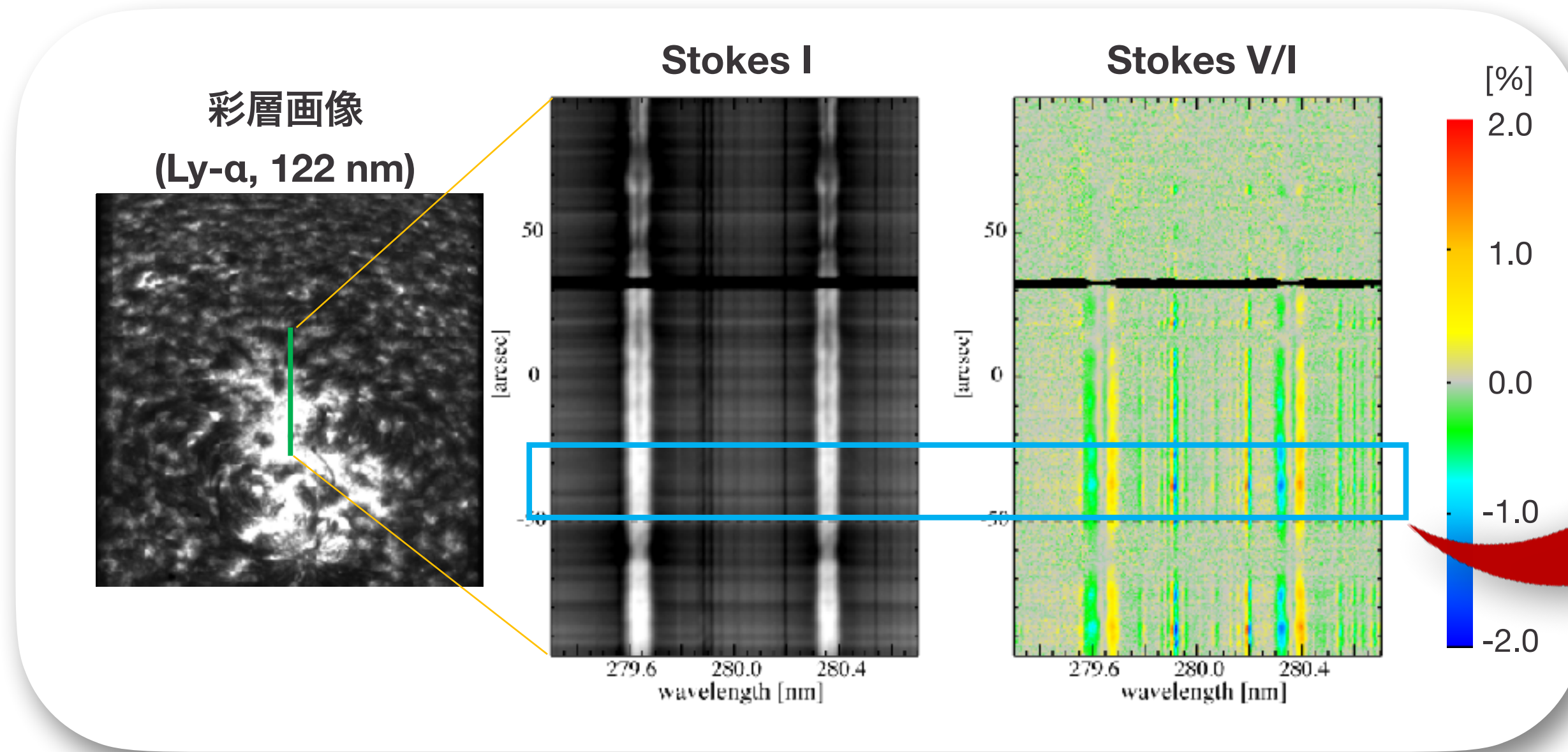
( $\mu=0.1$ , FAL-C, B=0G)

Belluzzi & Trujillo Bueno (2012)

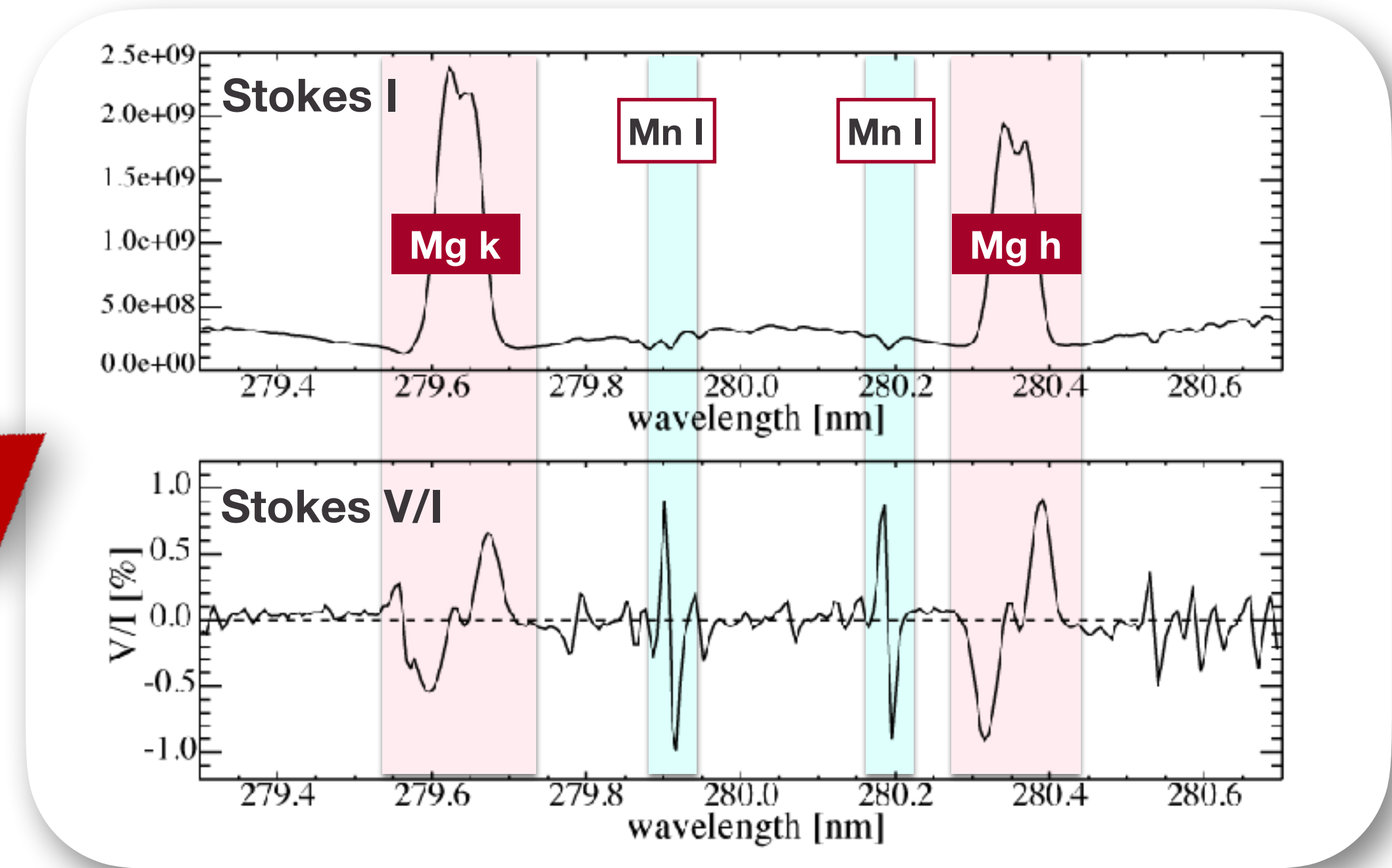


# CLASP2 の結果

## Mg II における Stokes V の検出



時空間平均スペクトル



Stokes V (円偏光) はゼーマン効果による

→ 視線方向磁場に比例

マンガン線が想定外に強い Stokes V のシグナルを示す

→ Mg II とは異なる高度の磁場情報をもたらす結果に



# CLASP2 の結果

## 3つの高度における磁場強度の測定

弱磁場近似

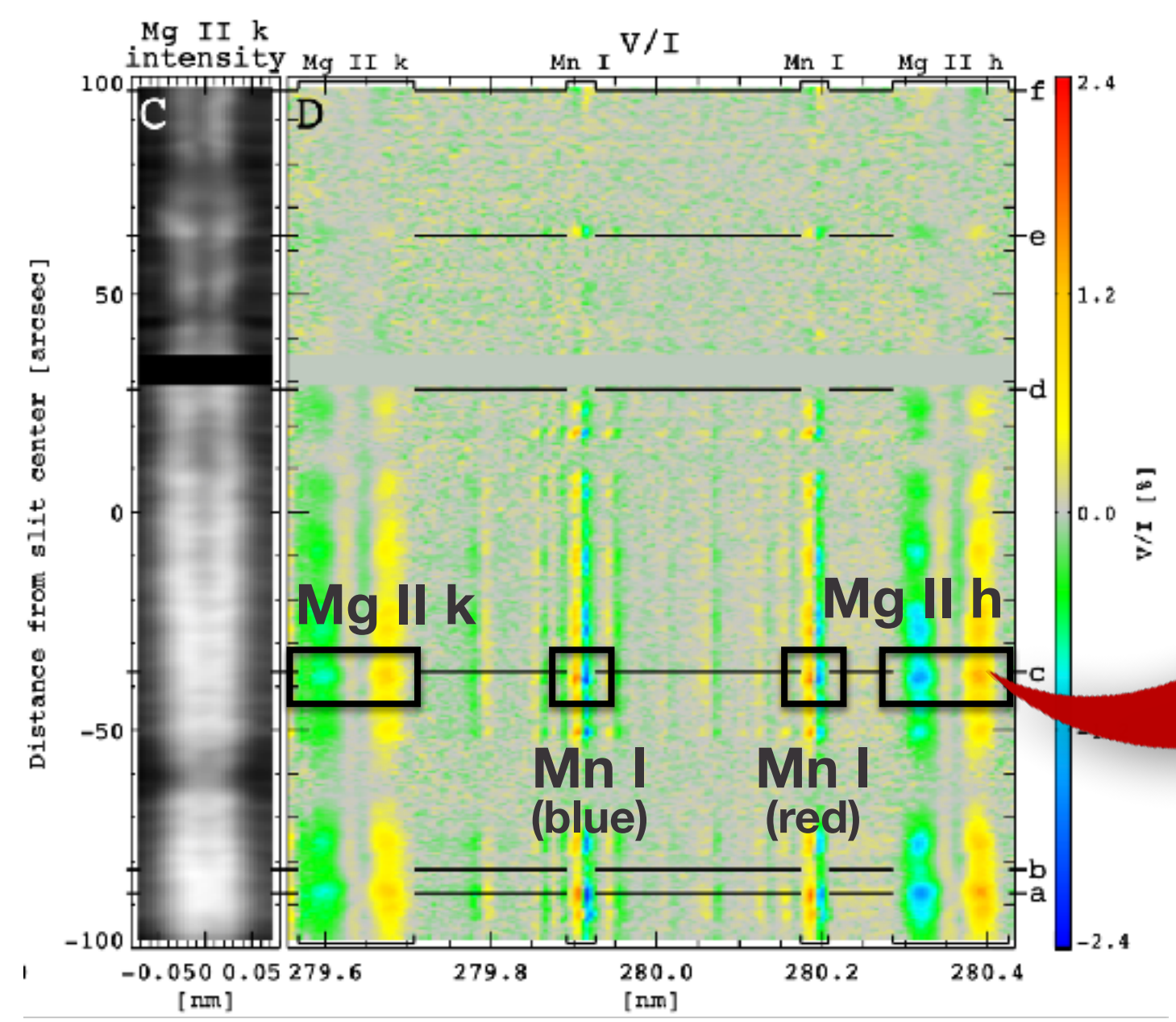
$$\frac{V}{I}(\lambda) = -4.67 \times 10^{-5} g \lambda^2 B \frac{\partial I(\lambda)}{\partial \lambda} \cdot \frac{1}{I(\lambda)}$$

Stokes V の観測値      ランデ因子      波長      Stokes I の観測値

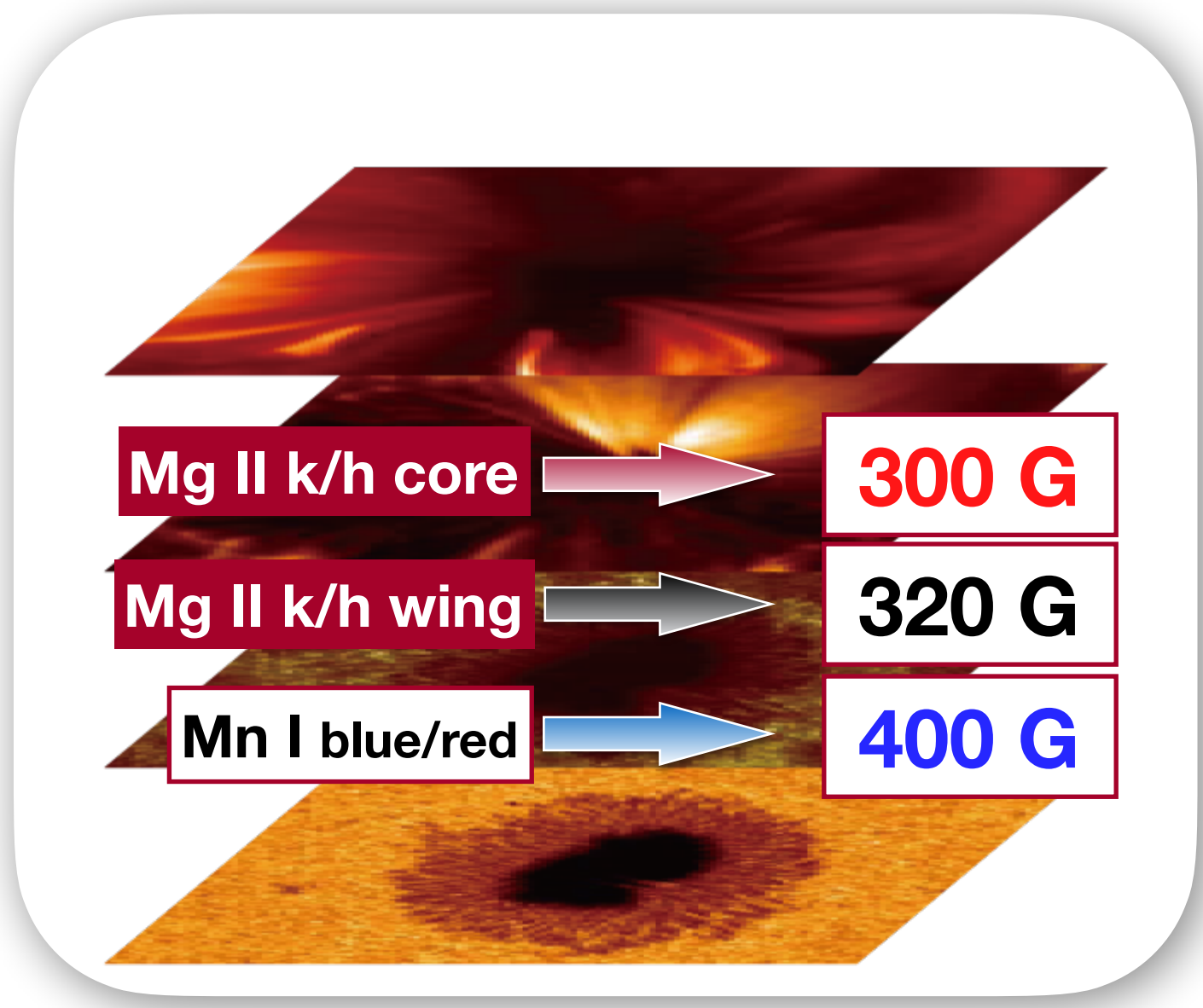
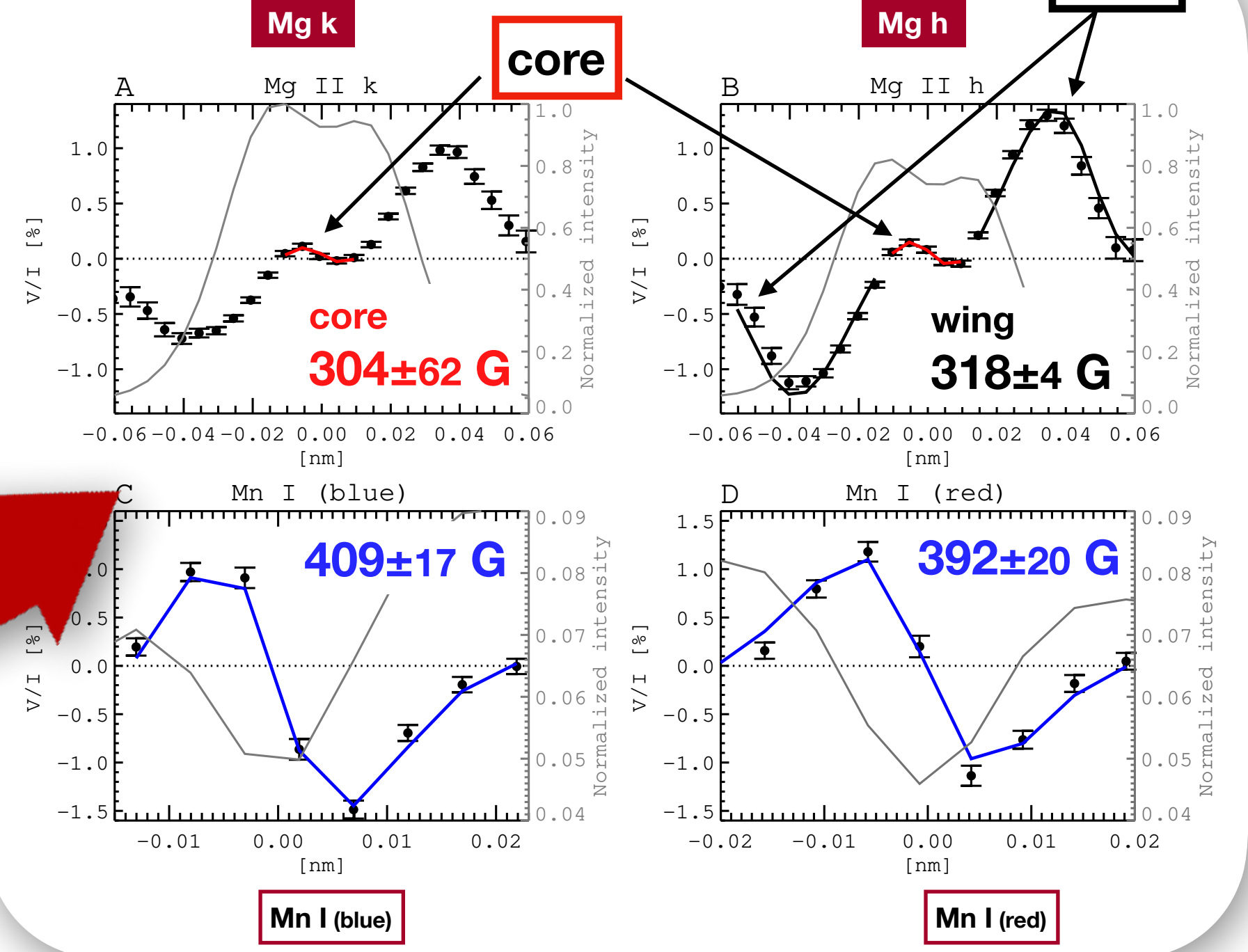
求めたいもの

g= 1.17 for Mg k  
1.33 for Mg h  
1.94, 1.70 for Mn I  
λ~ 2796 Å

時間平均 V/I



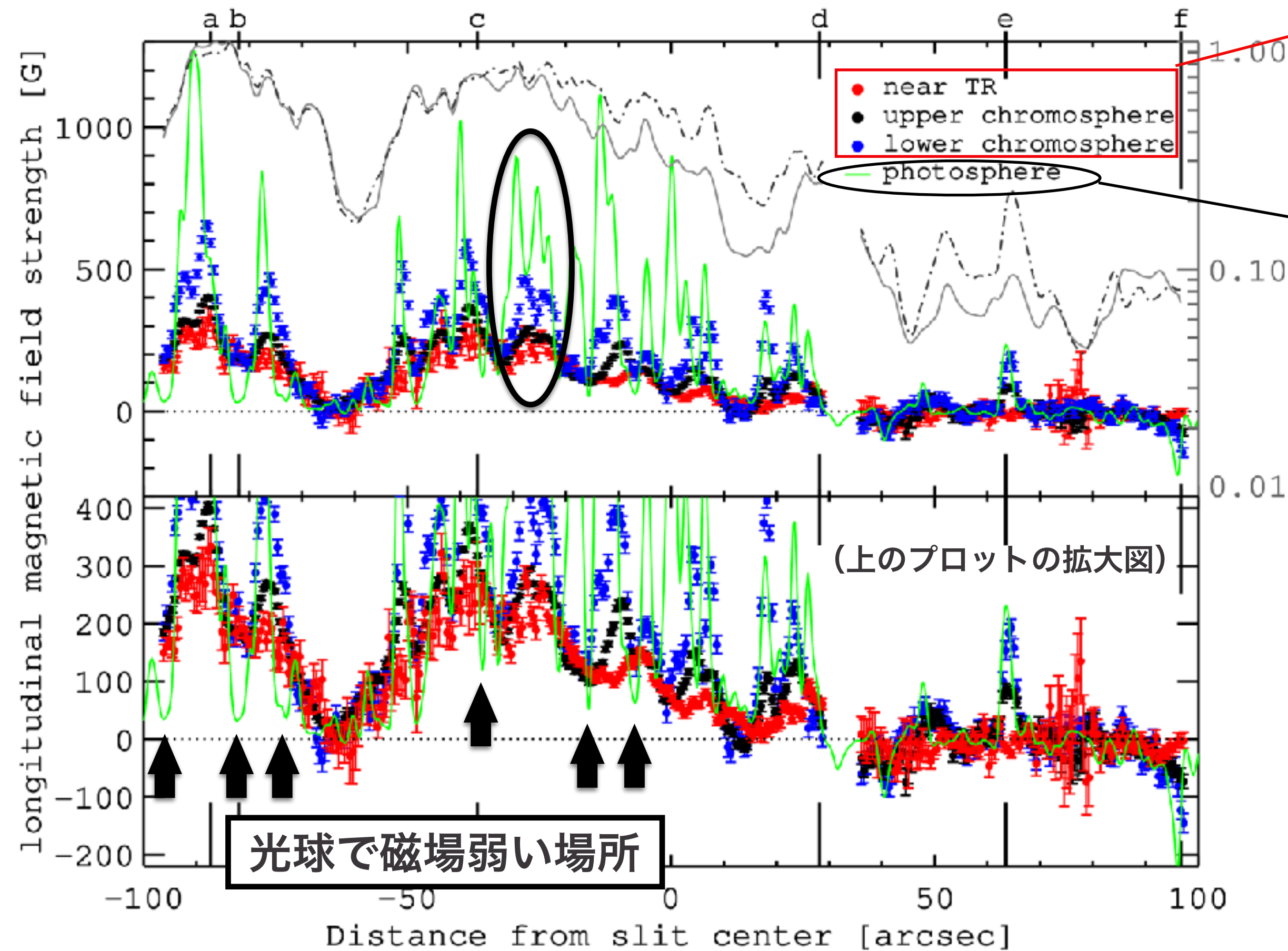
Stokes V/I とフィッティング結果





# CLASP2 の結果 高い場所ほど磁場が弱い

観測スリットに沿った磁場強度



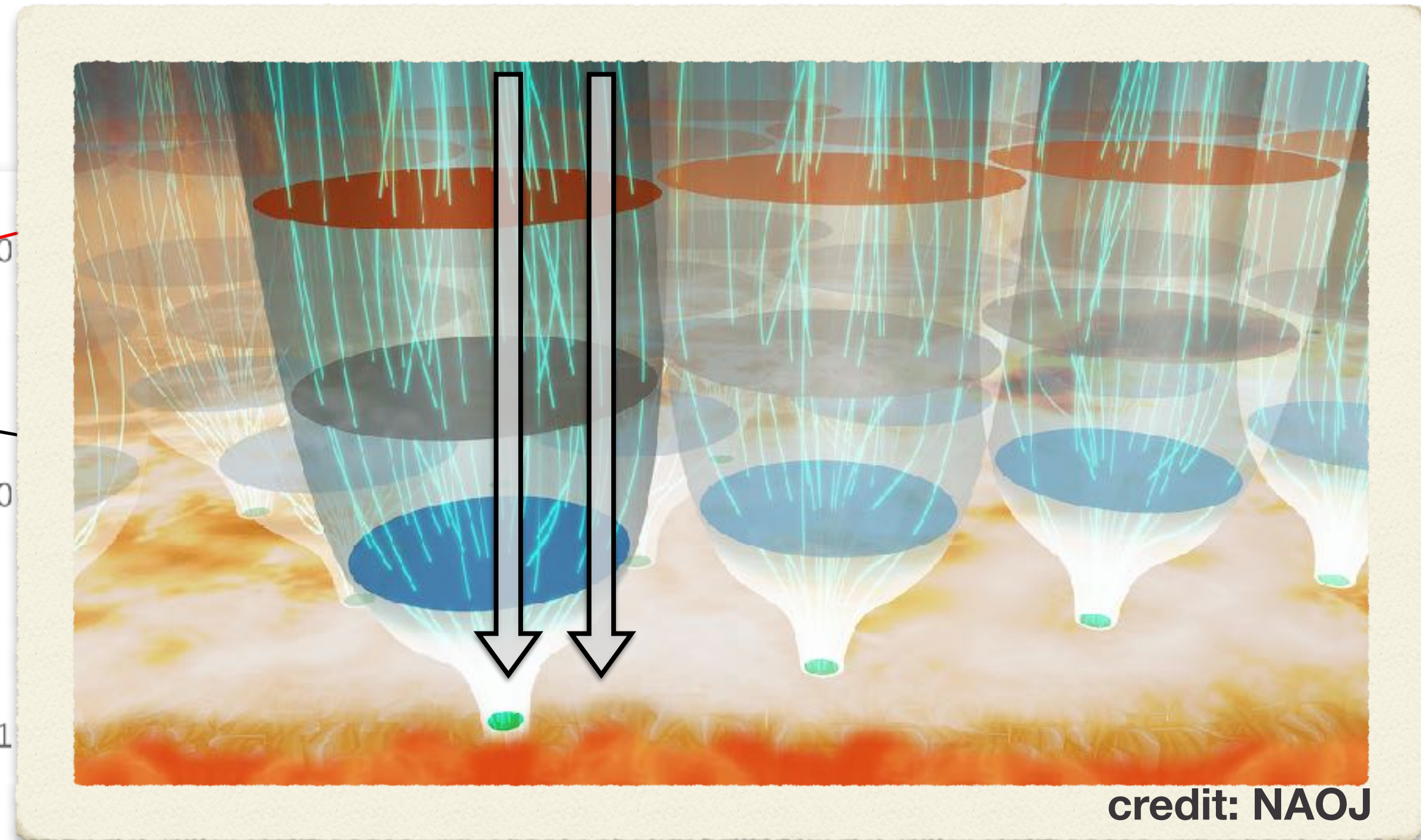
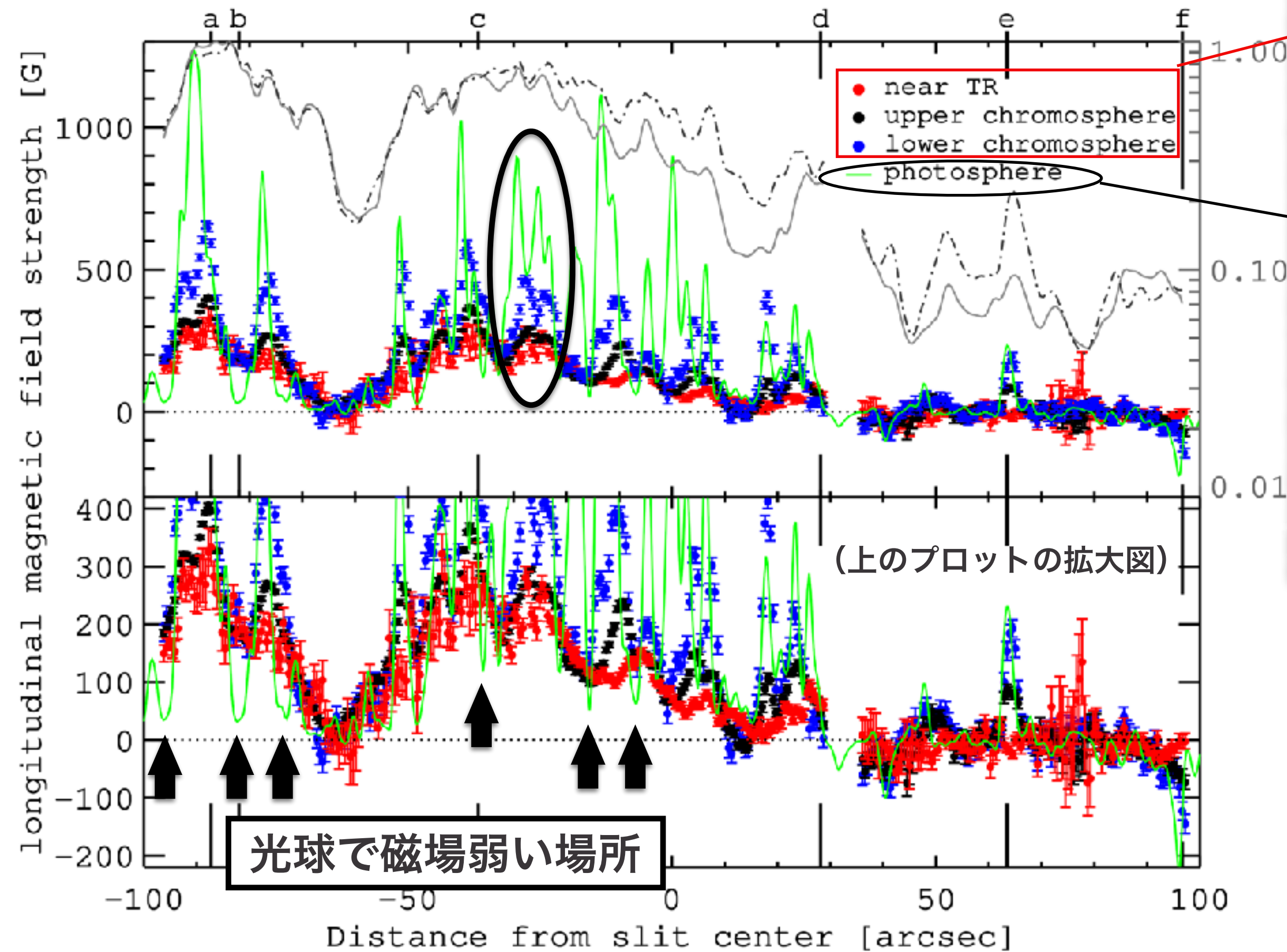
高度が上がると、磁場強度の空間変動が滑らかになる

複雑な 3次元的磁場構造がある模様



# CLASP2 の結果 高い場所ほど磁場が弱い

観測スリットに沿った磁場強度



高度が上がると、磁場強度の空間変動が滑らかになる

複雑な 3次元的磁場構造がある模様



**CLASP 実験により紫外線での偏光分光観測の有用性が示された**

**ハンレ効果の解釈や詳細な磁場構造の導出は途上である**

**彩層磁場情報の活用法を明確にする研究が要る**

衛星にする価値があるか否か、地上観測でどこまで迫れるのか  
コロナ加熱問題にとって必要か、十分か、必要十分か、否か



# 自己紹介

おかもと じょうてん  
**岡本文典**  
(たけのり)

大阪府高槻市出身、京都成章高校卒、京都大学博士

## しごと

データ見ておもしろいもの見つけて論文を書くこと  
太陽観測衛星ひので、IRIS の科学運用  
観測ロケット実験 CLASP2/CLASP2.1 のプロジェクトサイエンティスト  
次期太陽観測衛星 SOLAR-C の開発

## 趣味というか好きなこと、やったこと

(30年以上) ジグソーパズル、植物栽培、自転車、地図、原石、RPG、書道  
(20年ちょい) ペンシルパズル、ボウリング、車  
(ここ10年) ボルダリング、スカイダイビング、バンジージャンプ、神社・ダム巡り、アメリカの大自然巡り

チェス、麻雀、ぷよぷよなんかも好きです。  
相撲観戦、大リーグ観戦も機会があれば行きます。  
犬、ネコにはいつも目がいきます。  
文庫本、ラノベは年間 10-50冊くらい。  
あさりよしとお、衛藤ヒロユキ、北道正幸、鴨志田一各氏のギャグセンスがお気に入り。



credit : US Army Photo

米国ニューメキシコ州ホワイトサンズ・ミサイル実験場  
(米軍基地)