

太陽を調べる光の目

京都大学・理学研究科附属
飛騨天文台

一本 潔、協力:上野 悟

太陽研究最前線体験ツアー
2017.3.27 - 31

1

いちもと きよし

一本 潔 (大阪茨木高校出身)

京大・理・附属天文台飛騨(+国立天文台Solar-C推進室併任)

略歴:

1987.4 京大宇宙物理・天文台卒業

1987.5 国立天文台勤務;

乗鞍コロナ観測所、日食遠征、ひので、

|

2008.4~ 京大理・附属天文台

研究内容: 太陽観測(黒点、コロナ、フレア、)
飛騨の装置開発、観測
次期太陽観測衛星Solar-Cの開発

太陽を調べる光の目 内容:

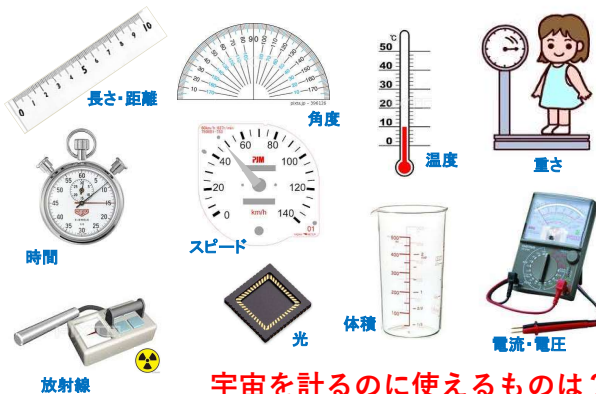
0. イントロ「飛騨天文台」、「宇宙の測りかた」
1. 太陽のみえ方
 - 光に含まれる情報
 - 光の種類とスペクトル
 - 太陽スペクトル
2. スペクトルのでき方
 - 連続光の形成
 - 線スペクトルの形成
 - 太陽の周辺減光と大気構造
3. 宇宙の中の「磁場」
 - 宇宙における磁場の働き
4. 磁場を測る
 - 偏光とゼーマン効果
5. 光を読みとる観測装置
 - 空間を分解する望遠鏡、シーイング
 - 波長を分解する分光装置
 - 偏光を分解する偏光解析装置
 - 世界の太陽望遠鏡
6. 京大理学・附属天文台ですすめている観測研究
飛騨天文台のとりむ観測プロジェクト

3

イントロ: 宇宙の測りかた

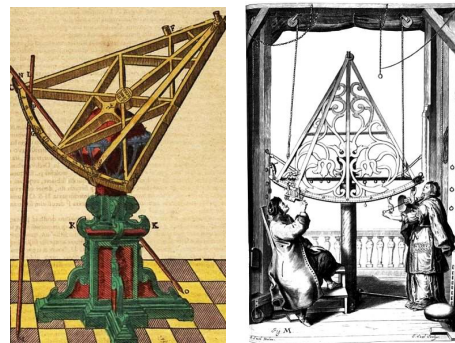
(飛騨天文台一般公開用スライド)

はか
測(計)る・・・



宇宙を計るのに使えるものは?

宇宙を計った分度器 = 六分儀



ティコ・ブラーエの六分儀

星の「位置」を測定

http://mail2.nara-edu.ac.jp/~asait/kuiper_belt/eclipse2/sextant_astrometry.htm

星の「位置」から描かれた宇宙観

てんきゅう
天球

こんてんぎ
渾天儀：天球の模型

何が足りない・・・

http://www.zero-co.com/seiza/faq/seiza_01.html

太陽や月の「大きさ」はどのくらい？

金環日食

2m先の1円玉 (2cm)

22m先のサッカーボール (22cm)

飛行機よりも大きい

手を伸ばして持った5円玉の穴(5mm)

もちろん本当の大きさじゃない！

宇宙を計る道具

望遠鏡

分光器

人工衛星

望遠鏡は高精度の分度器！？

距離

大きさ

望遠鏡が遠くのものを見分ける能力 = 「分解能」

$$\frac{\text{大きさ}}{\text{距離}} = \frac{\text{光の波長}}{\text{望遠鏡の口径}}$$

口径 1 mm	100km 先の 50 m (高層ビル)	緑の光で
" 4.5 cm	" 1 m (机)	
" 20 cm	" 25 cm (ラーメンの器)	
" 60 cm	" 8 cm (チャーシュー)	
" 5 m	" 1 cm (ネギ)	

分光器は温度計！？

物体の温度と色

← 高温 → ← 低温 →

10000 度 6000 度 3000 度 1000 度 100 度

スペクトルのどこが明るいかで温度が分かる！

分光器はスピード計！？

ドップラー効果・・・

救急車が近づく サレンが上がる

救急車が遠ざかる サレンが低くなる

反射波

放射波

スピード測定器から出る電磁波(放射波)と、ピッチャーの投げたボールから跳ね返ってくる電磁波(反射波)は周

光のドップラー効果

近づいてくる

遠ざかっていく

スペクトルに混ざった黒い線 - 星の元素の痕跡

飛騨天文台の2つの太陽望遠鏡

SMART望遠鏡
太陽全体を常に観測



ドームレス太陽望遠鏡
世界屈指の分光器



これらをつかって
太陽の大きさを測ってみよう。





太陽全体画像



スペクトル


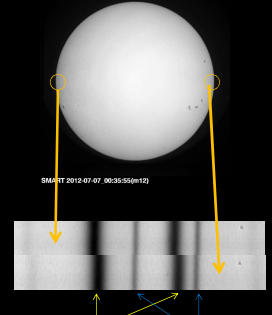
まずSMART望遠鏡

SMART 2012-07-07_00:35:55(m12)

太陽は約27日で1回転

つぎにドームレス望遠鏡


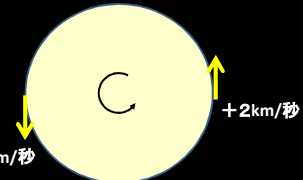



SMART 2012-07-07_00:35:55(m12)

↑
太陽で作られる
スペクトル線

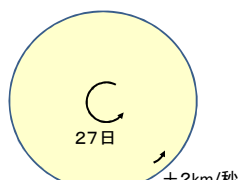
↑
地球の大気(O²)で
作られるスペクトル線

つぎにドームレス望遠鏡

太陽の表面は2 km/秒で回転

太陽の大きさは？



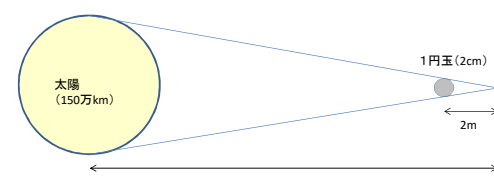
太陽の1周
= 2km/秒 x 27日
= 2x60x60x24x27
= 470万km

太陽の直径 = 1周 / 3.14(円周率) ~ 150万km

.. 地球の約110倍

太陽はどのくらい離れているのか？

太陽の見かけの大きさ ~ 2m先の1円玉(直径2cm)



太陽までの距離 = 2m x 150万km / 2cm
= 1億5千万km (= 1天文単位)

太陽の寿命は？

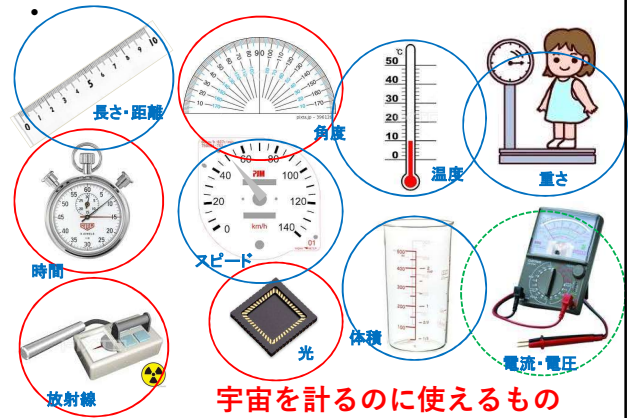
太陽 1.4kW/m^2 → 地球
 1億5000万km 離れたところで太陽の光のエネルギーは 1.4kW/1平方m (太陽定数)

太陽は四方八方同じだけ光を出しているだろうから、
 太陽が1秒間に放つ全エネルギーは $\sim 4 \times 10^{26} \text{ J/s [W]}$

太陽の燃料が石油だったとしたら・・・
 太陽は500万年で燃え尽きてしまう。

太陽の燃料は水素の核融合反応であることがわかった・・・
 → 太陽の寿命は約**100億年**(今45億歳)

宇宙を測(計)る・・・



1. 太陽のみえ方

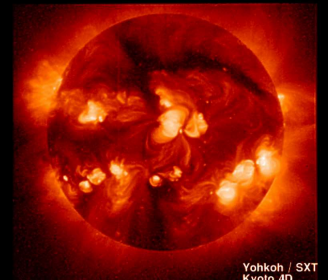
27

2つの異なる連続光で見た太陽

1999/10/30



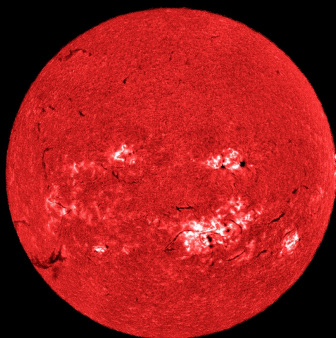
可視光



軟X線

Yohkoh / SXT
Kyoto 4D

H α 線(水素原子のスペクトル線)で見た太陽 (彩層=1万度: 光球の上層大気)



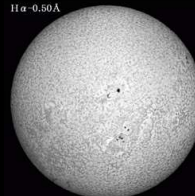
2003年10月30日
 京大飛騨天文台
 SMART望遠鏡

29

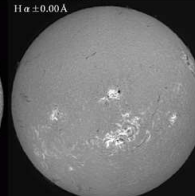
H α の異なる波長で観た太陽

Solar Magnetic Activity Research Telescope
 "SMART" at Hida Observatory, Kyoto University

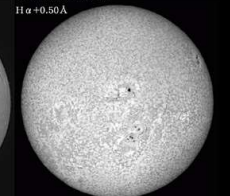
2003.10.29 01:19 UT
 H α -0.50Å



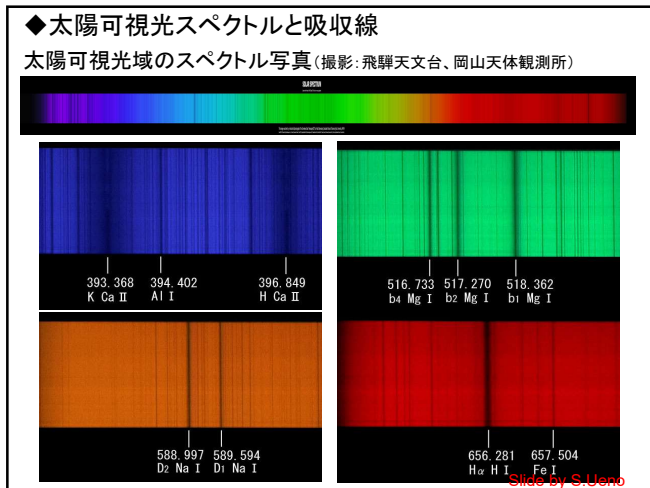
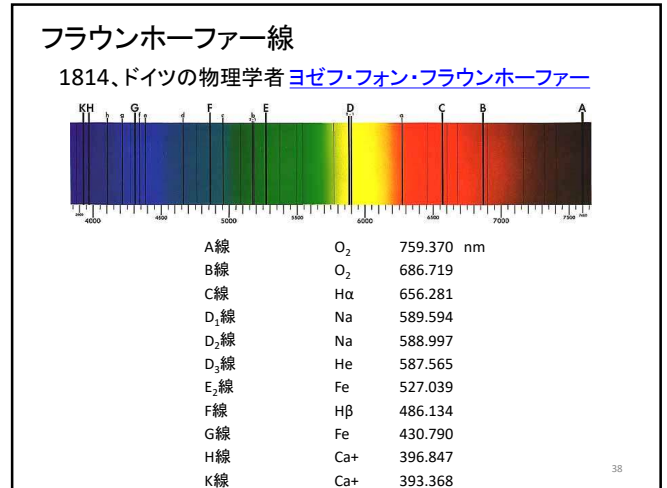
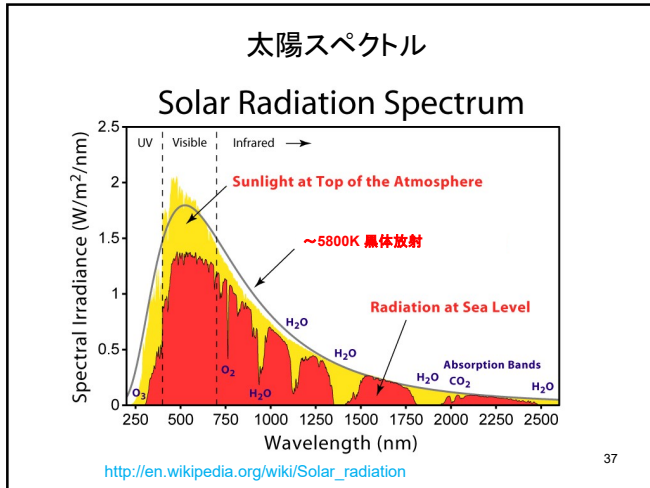
2003.10.29 00:42 UT
 H α +0.00Å



2003.10.29 01:39 UT
 H α +0.50Å

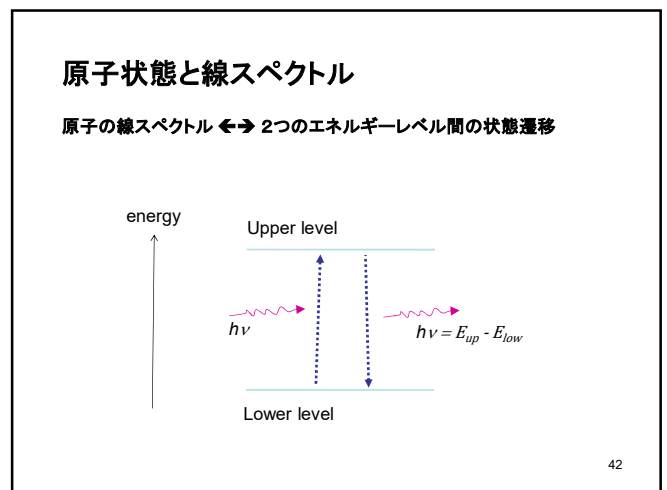
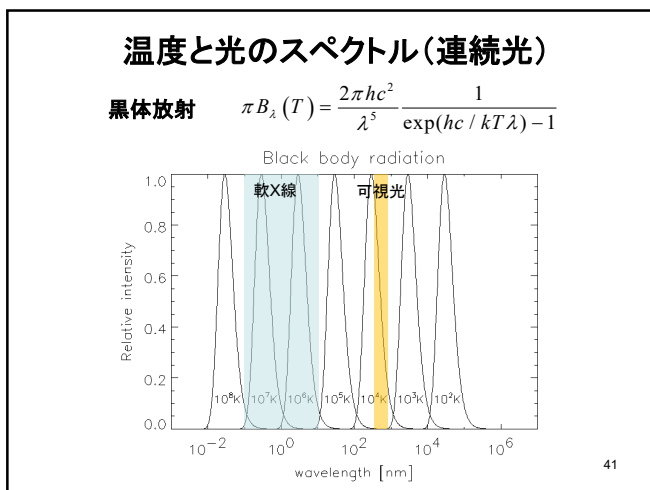


30

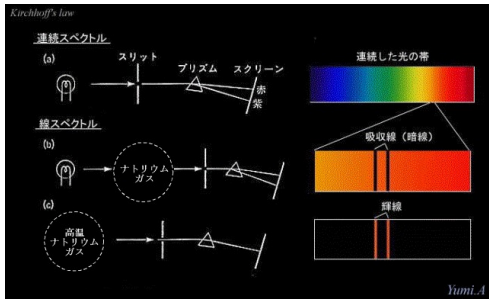


2. スペクトルのでき方

40



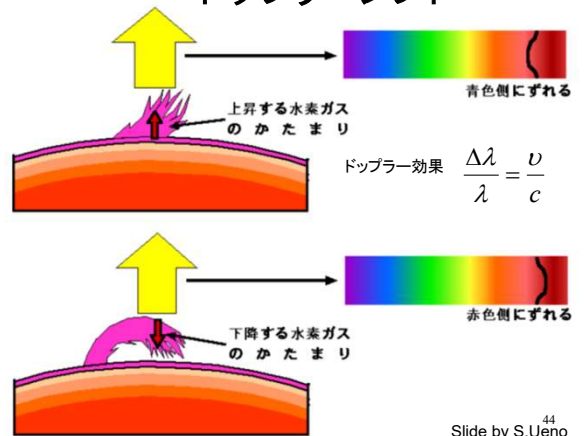
輝線スペクトルと吸収線スペクトル



<http://www.kasaoka.okayama-c.ed.jp/kyoumu/kokusai/kokusai312a.htm>
美星天文台提供

43

ドップラーシフト



Slide by S.Ueno

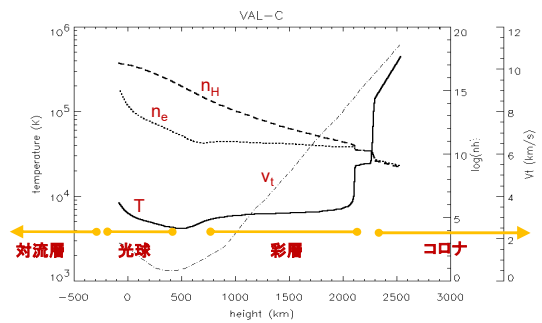
太陽はなぜ周辺が暗いのか？ (周辺減光)

周辺に近いほど大気の高い層をみている。
太陽大気は高さと共に温度が下がっている。

実は光の種類によって「周辺増光」もある。
いろいろな光で太陽の輝度分布を調べると、大気の高さ構造が分かる。

2009-06-02 18:30:11

太陽の大気構造



46

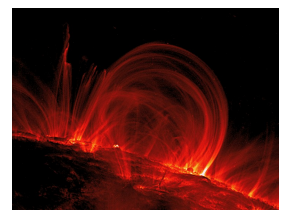
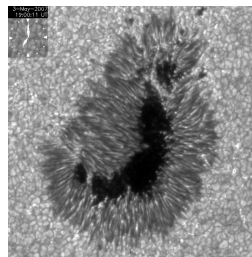
3. 宇宙の中の「磁場」

47

宇宙における磁場の働き(1):

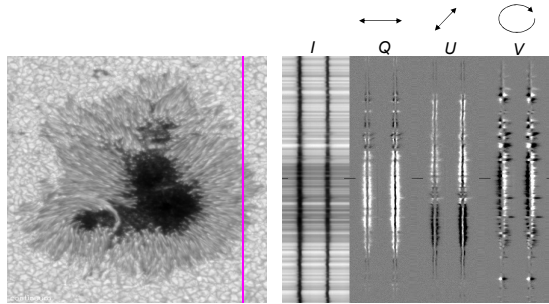
- プラズマの運動を抑制・ガイド $r_L = \frac{v_{cm}}{eB} = \frac{2c}{eB} \sqrt{\frac{kmT}{3}} \ll L$

→ 「構造」の形成 (対流の抑制、プラズマ閉じこめ)



宇宙における磁場の働き(続):

- スペクトル線の偏光を生成(変更)
- それ自身の測定を可能とする!



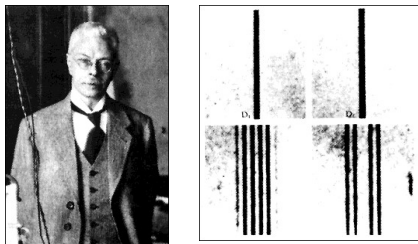
磁場が作るスペクトル線の偏光

4. 磁場を測る

スペクトル線の偏光

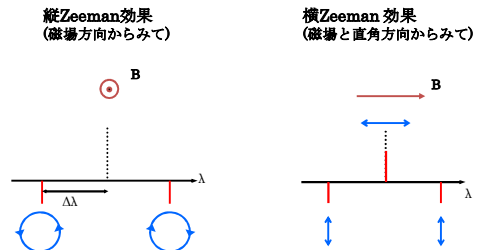
Zeeman効果の発見

The Effect of Magnetisation on the Nature of Light Emitted by a Substance
P. Zeeman, *Nature*, vol. 55, 11 February 1897, pg. 347



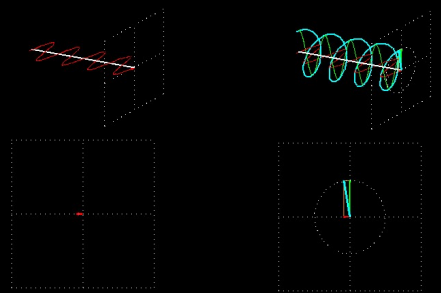
Zeeman 効果

磁場によってスペクトル線が分離($\Delta\lambda \sim B$).
分離した各コンポーネントが偏光。



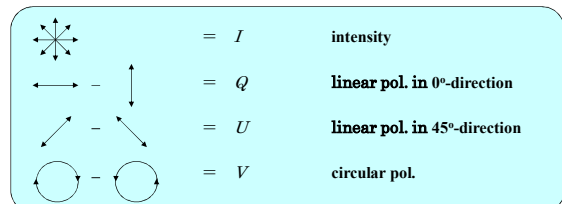
Description of polarized light

Linear polarization Circular polarization



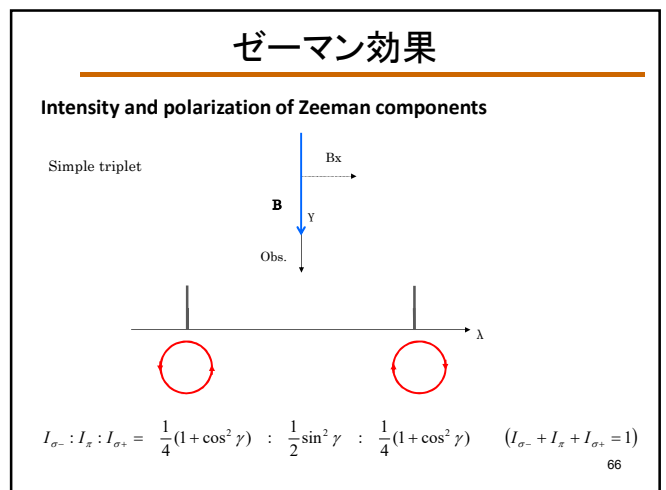
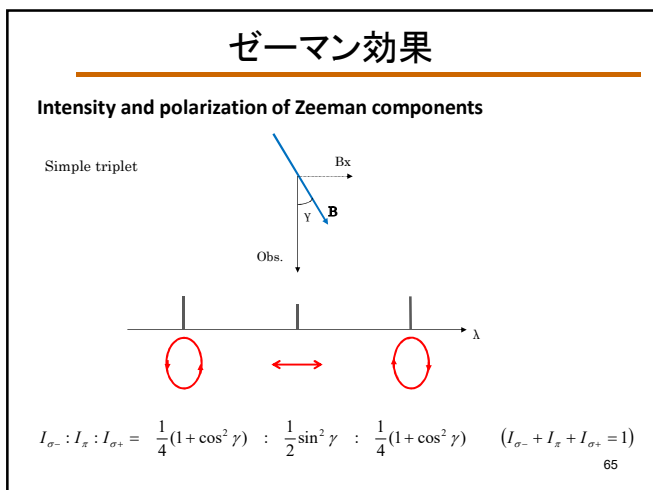
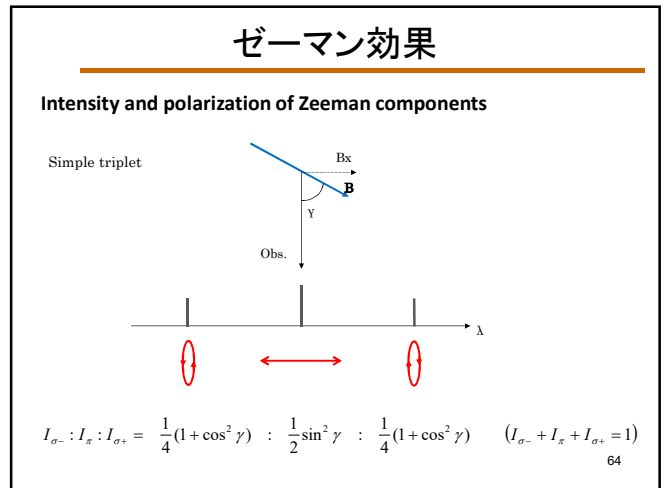
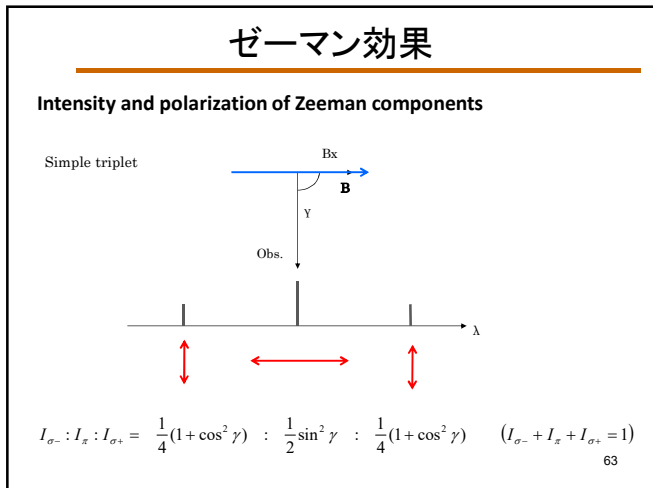
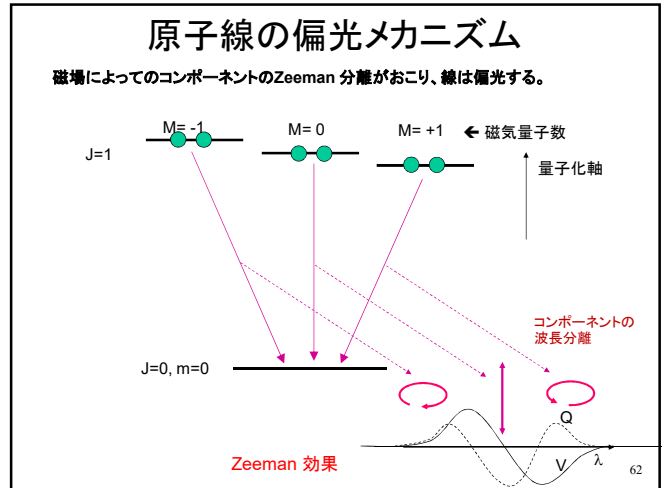
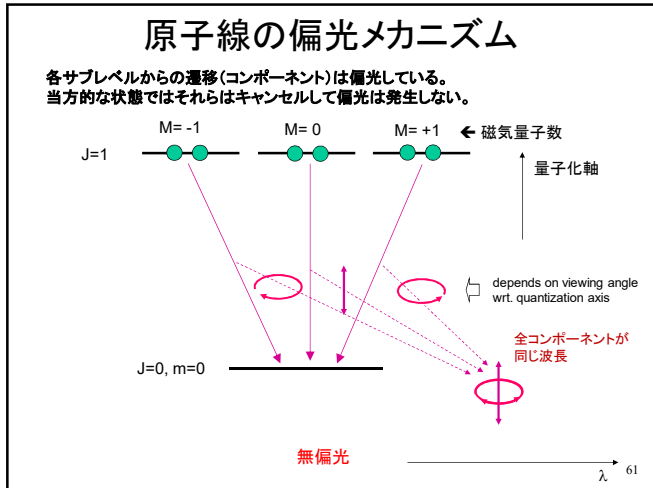
animation courtesy of Jose Carlos del Toro Iniesta

偏光の記述; Stokes パラメータの定義



Intensity through ideal polarizer

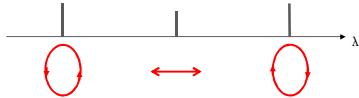
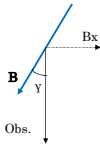
Stokes vector	$\begin{bmatrix} I \\ Q \\ U \\ V \end{bmatrix}$	$=$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$ (un-polarized)
---------------	--	-----	---	---	--	---	---



ゼーマン効果

Intensity and polarization of Zeeman components

Simple triplet



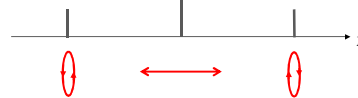
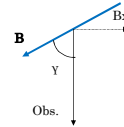
$$I_{\sigma^-} : I_{\pi} : I_{\sigma^+} = \frac{1}{4}(1 + \cos^2 \gamma) : \frac{1}{2} \sin^2 \gamma : \frac{1}{4}(1 + \cos^2 \gamma) \quad (I_{\sigma^-} + I_{\pi} + I_{\sigma^+} = 1)$$

67

ゼーマン効果

Intensity and polarization of Zeeman components

Simple triplet



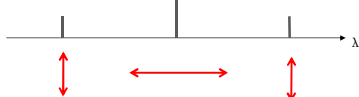
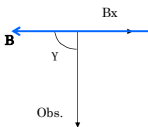
$$I_{\sigma^-} : I_{\pi} : I_{\sigma^+} = \frac{1}{4}(1 + \cos^2 \gamma) : \frac{1}{2} \sin^2 \gamma : \frac{1}{4}(1 + \cos^2 \gamma) \quad (I_{\sigma^-} + I_{\pi} + I_{\sigma^+} = 1)$$

68

ゼーマン効果

Intensity and polarization of Zeeman components

Simple triplet

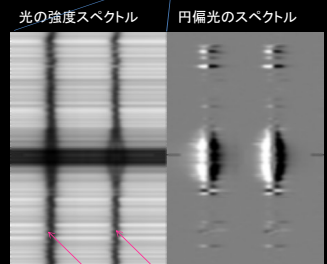
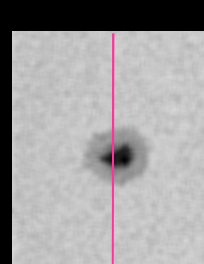


$$I_{\sigma^-} : I_{\pi} : I_{\sigma^+} = \frac{1}{4}(1 + \cos^2 \gamma) : \frac{1}{2} \sin^2 \gamma : \frac{1}{4}(1 + \cos^2 \gamma) \quad (I_{\sigma^-} + I_{\pi} + I_{\sigma^+} = 1)$$

180° different transversal field produces exactly the same Zeeman effect. ⁶⁹

黒点磁場の発見 (1908年、ヘール)

太陽可視光域のスペクトル写真

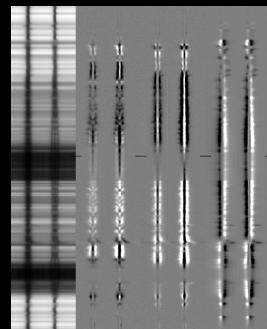
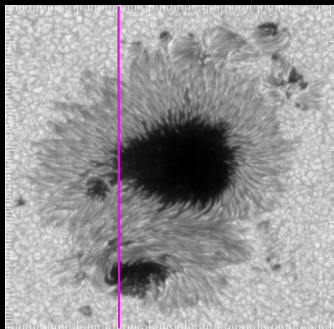
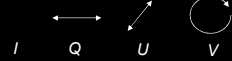


光の強度スペクトル

円偏光のスペクトル

鉄の原子がつくる線スペクトル

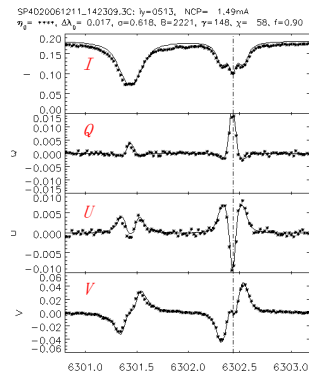
スペクトル線のゼーマン効果

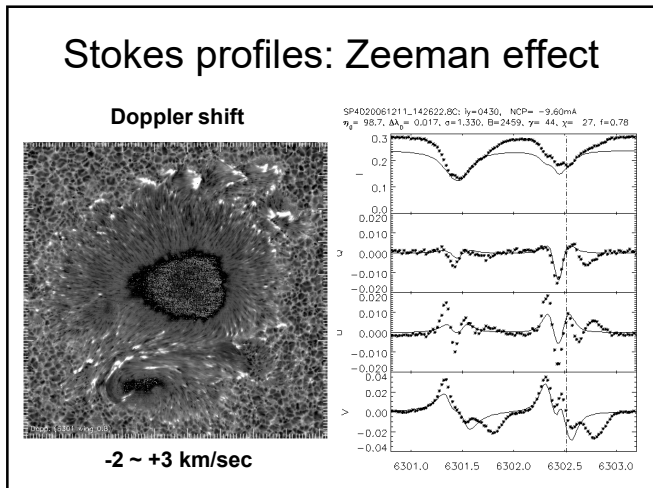
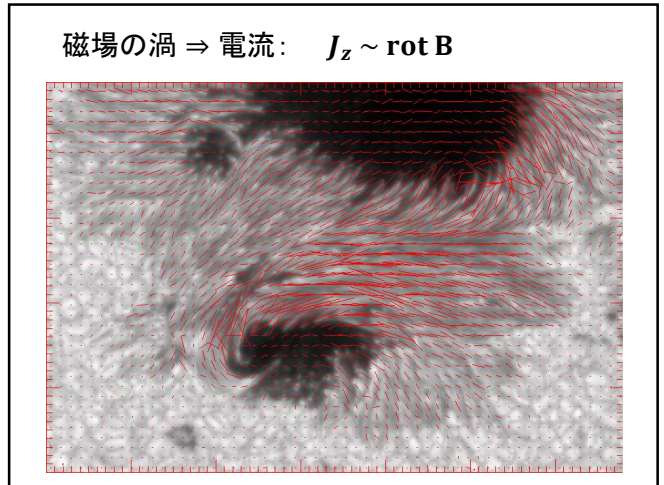
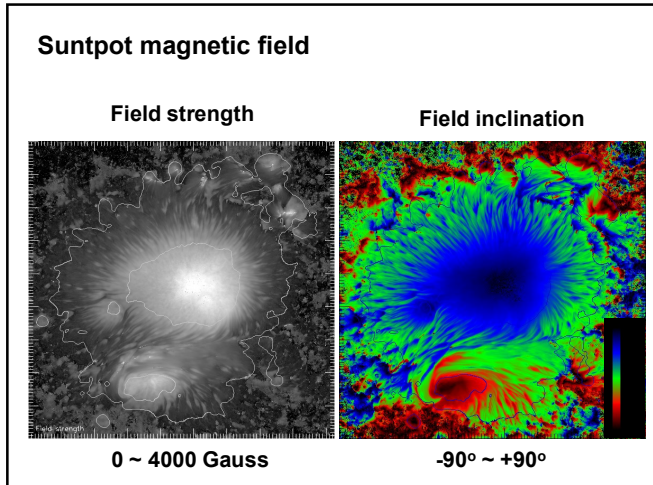


Zeeman effect of spectral line (SOT/Spectro-polarimeter)

FeI6301.5A $g = 1.67$ FeI6302.5A $g = 2.5$

Stokes profiles: Zeeman effect





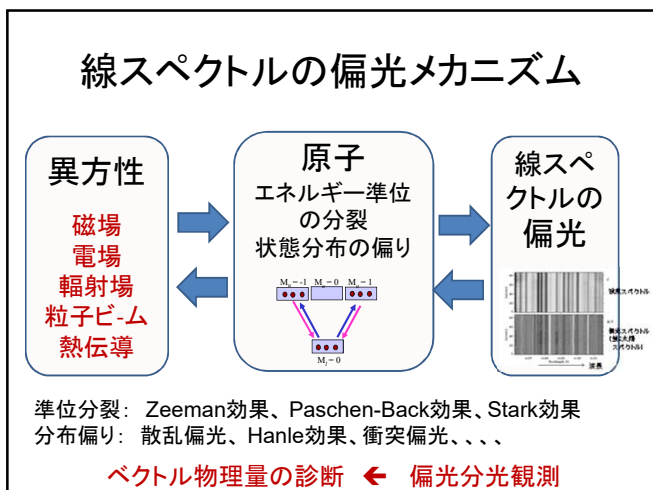
しかし・・・スペクトルの偏光はゼーマン効果と磁場だけではない！

偏光の起源 = 太陽プラズマの空間的異方性
 偏光の情報 → ベクトル物理量の診断が可能

偏光メカニズムとプラズマ診断量

異方性の原因	偏光メカニズム	診断量
磁場	Zeeman 効果 Paschen-Back効果	ベクトル磁場
電場	Stark 効果	電場、電子密度
粒子速度場	衝突偏光	熱伝導、粒子ビーム
輻射場	散乱	連続光コロナの分離 (Thomson)
輻射+磁場	Hanle 効果 禁制遷移散乱	弱い磁場、(プラズマ密度) コロナ磁場(方向)、(プラズマ密度)

未開拓領域



これはなんだ!?

CaH プロミネンス

= 100万度のコロナに浮かんだ低温の雲

質量 ~ 10 億トン
 速度 > 20 km/秒

地球

直径 ~ 13000km

高さ = $g t^2 / 2 = 10^6 \text{ km}$
 重力 $g = 28G = 274 \text{ m/s}^2$
 → 落下時間 $t \sim 14 \text{ min}$

駆動力 = $J \times B$... 但し、BもJもまだ測られてない。
 中性水素原子の感じる電場 = $v \times B$ → スタルク効果で見えるはず!

5. 光を読みとる観測装置

79

光に含まれる情報

天体の素性を読つための手がかりは光(電磁波)によってもたらされる

光に含まれる情報とは、、、

→ 強度 I & 種々の次元に対する依存性

強度 $I(x, y, t, \lambda, p)$ — 温度、密度

依存性 x, y 方向 — 空間構造

t 時間 — ダイナミクス

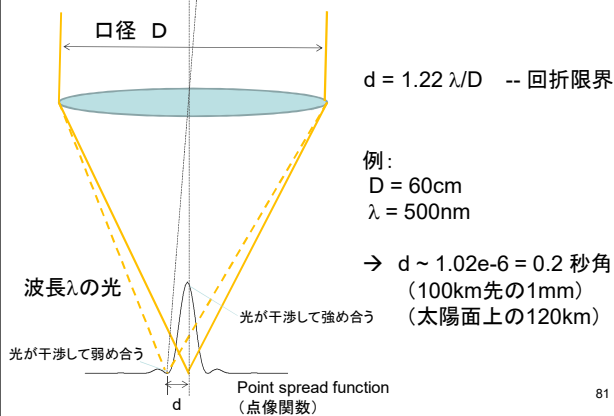
λ 波長 — 運動、温度、密度、 z 方向空間構造、

p 偏光 — ベクトルの物理量

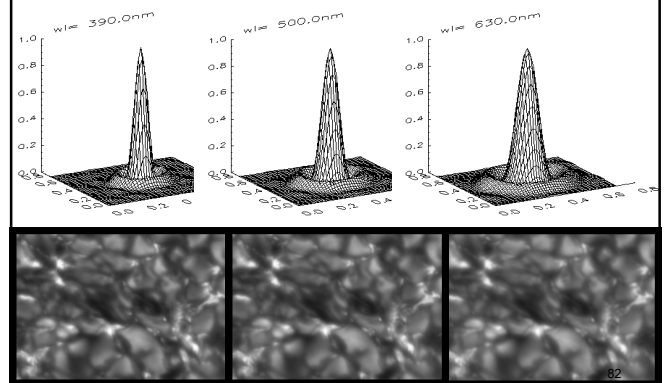
(磁場、電場、輻射場の異方性、、、)

80

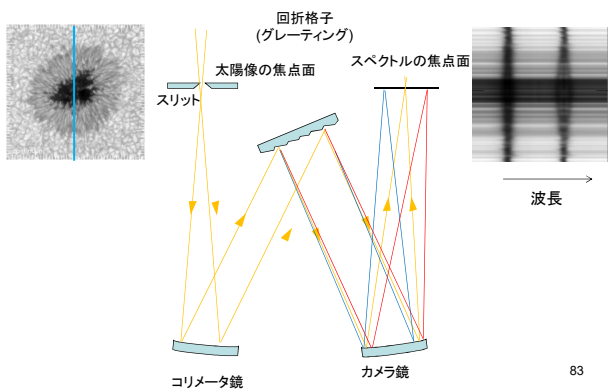
空間を分解する望遠鏡



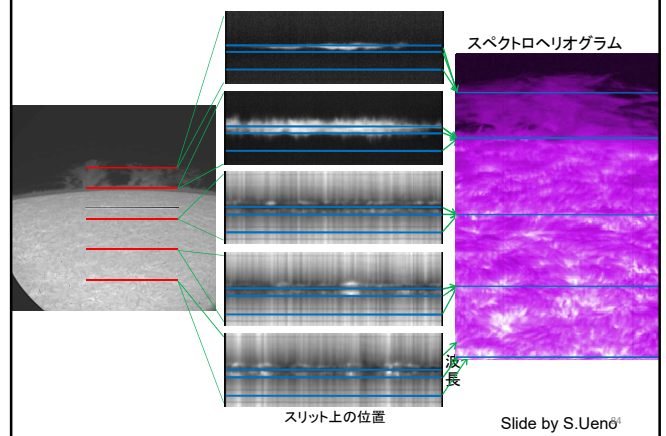
Point Spread Function (口径50cm 理想)



波長を分解する分光装置



スペクトロヘリオグラムの説明



波長を分解する分光装置 データキューブ

狭帯域カブリオパレリコルター

85

波長を分解する分光装置 狭帯域チューナブルフィルター

Lyot filter vs. Fabry Perot

Tunable filter FPP/SOT Air space Foster et al 2009 Optical Society of America LiNbO3 Schühle et al 2009(?)

86

リオフィルターの原理

遅延量 $\delta = 2\pi (n_e - n_o)d/\lambda$ が 2π 変化するごとに最大透過

87

リオフィルターの原理

$\Delta\delta = 2\pi (n_e - n_o)d\Delta\lambda/\lambda^2 = 2\pi$
 $d = \lambda^2 / (n_e - n_o) \Delta\lambda$
 $\lambda = 5000\text{\AA}$
 $n_e - n_o = 0.172$ (方解石)
 $\Delta\lambda = 0.1\text{\AA}$ } $\rightarrow d \sim 144 \text{ mm}$

88

Fabry-Perot 干渉計の原理

DとEで同じ位相になるための条件より、透過率は

$$I_\lambda = \frac{T^2}{(1-R)^2} \left[1 + \frac{4R}{(1-R)^2} \sin^2 \frac{1}{2} \left(\frac{2\pi 2n't \cos \theta'}{\lambda} \right) \right]^{-1}$$

T: intensity transmission coeff of each coating
 R: intensity reflectivity "

$n\lambda = n'\lambda'$
 $n \sin \theta = n' \sin \theta'$
 n: refractive ind

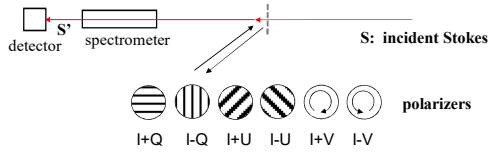
89

スペクトルの偏光測定システム

分光器 回折格子 偏光解析装置 スリット 太陽像 分光器 スペクトル カメラ 望遠鏡

偏光を分解する偏光解析装置

最も原始的な偏光解析装置(ポラリメータ)



Insert 6 different polarizers successively in the beam

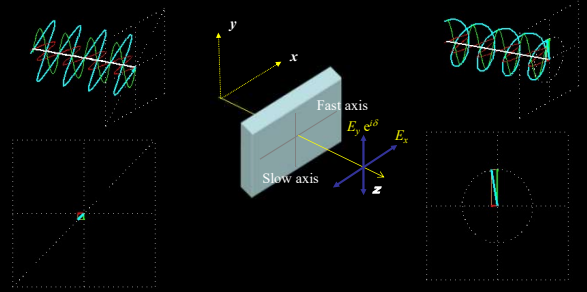
This polarimeter requires that the spectrometer and the detector have same throughput and sensitivity for all polarization states.

→ This is not the case in real devices.

Description of polarized light

Action of retarders on lights

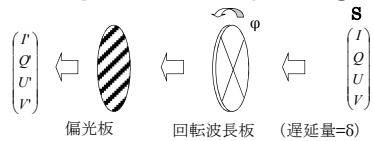
Linear retarder (90°)



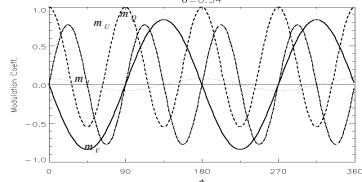
animation courtesy of Jose Carlos del Toro Iniesta

偏光を分解する偏光解析装置

A better polarimeter-1 (rotating waveplate)



$$I' = m_I I + m_Q Q + m_U U + m_V V$$

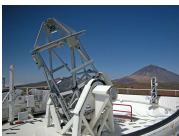


世界の太陽望遠鏡

太陽観測の動向： 地上観測

空間分解能、取得情報量、測光精度の追求

GREGOR @Tenerife (1.5m)



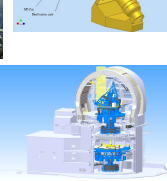
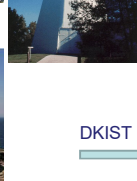
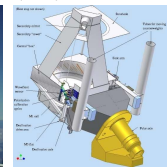
DST @SacPeak (0.75m)



SST @LaPalma (1.0m)



NST @BBSO (1.6m)



DKIST @Hawaii 4mφ

世界の地上大型望遠鏡

Name (site)	D(m)	type	year
ATST (Hawaii, US)	4	open, off-axis	2019
EST (Canary Island)	4?	open	?
### (India)	2	open	?
NST (BigBear, US)	1.6	open, off-axis	2009
McMath (KitPeak, US)	1.6	heliostat	1961
GREGOR (Tenerife, Spa)	1.5	open	2011
COSMO (Hawaii)	1.5	coronagraph	?
NVST (Fuxian, China)	1.0	vacuum	2012
SST (LaPalma, Spa)	1.0	vacuum	2002
THEMIS (Tenerife, Spa)	0.9	helium	1996
DST (SacPeak, US)	0.75	vacuum	1969
VTT (Tenerife, Spa)	0.7	vacuum	1989
DST (Hida, Japan)	0.6	vacuum	1979

飛躍DSTの特徴

- 高い汎用性を持った分光器
- 特徴ある焦点面観測装置

60cmの回折限界分解能の撮像は当たり前の時代になってきた。

灰: 計画

青: 建設中

黒: 既存

太陽観測の動向：スペース

X線, EUV領域、連続観測, 高安定度

Hinode 2006.9 ~

太陽観測衛星「ひので」2006.9 ~

可視光・極紫外領域 (EUV) 太陽表面に張り付く磁場観測ペナル

極紫外分光撮像装置 (EUVI) 200Åの極紫外分光撮像・先駆的

X線分光撮像 (XRT) 高エネルギー光子を撮像 100-8000eVの広いエネルギー領域

宇宙船並の同時観測により、星場の生涯 軌道と影響・コロナでの激変を同時観測

STEREO 2006.10 ~

EUV imager + Coronagraph x 2 spacecraft

SDO (Solar Dynamic Observatory) 2010~

太陽全面画像 (EUV+光球磁場+光球速度場) 4kx4k 大量データ

IRIS 2013~

紫外線分光撮像による彩層・遷移領域の観測

6. 京都大学理・附属天文台 でできる観測研究

98

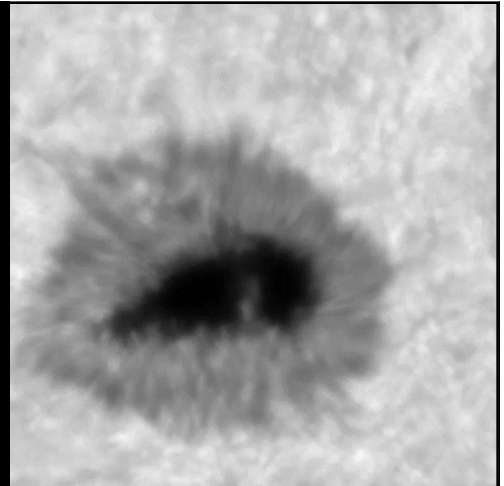
飛騨天文台で開発されたユニークな観測装置

- 2015~
- ・DST 広帯域偏光分光装置
- 2015~
- ・DST 補償光学装置
- 2016~
- ・SMART フィラメント放出速度場撮像装置
- 2014~
- ・SMART 高感度ベクトルマグネトグラフ
- 2011~
- ・SMART 連続光/H α 高速フレア撮像装置
- 2010~
- ・宇宙 (Solar-C) 用狭帯域リオフィルター
- 2011~
- ・シーイングモニター

DST
2013.6.25

430nm
ORCA4
1ms expo.x100

天体観測の
天敵 =
シーイング

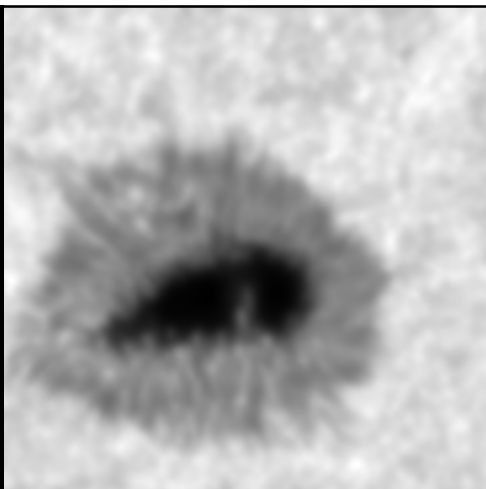


ドームレス望遠鏡
2013.6.25

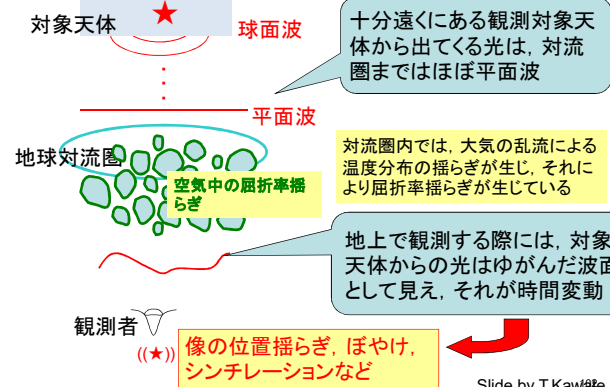
430nm
ORCA4
1ms expo.x100枚

回折限界分解能
~0.2秒角
~120km

平均画像
1秒露出の画像



シーイングとは、

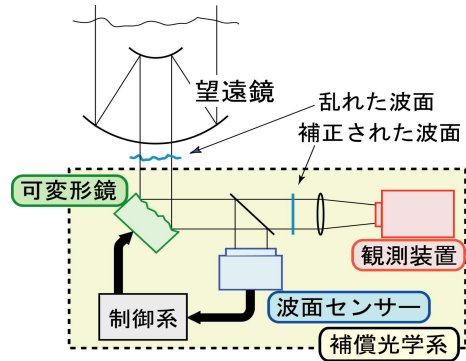


より高解像度を目指して・・・

リアルタイムで波面のゆらぎを補正
 → Adaptive optics 開発中

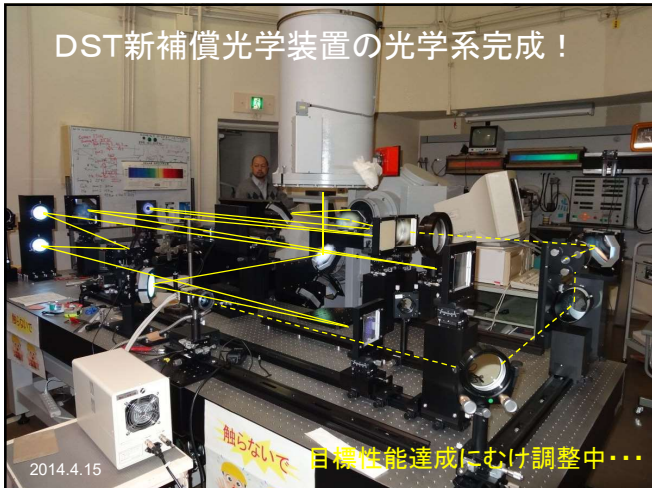
画像復元
 → スペックルマスキング 最近開発

シーイングを克服する補償光学
 (Adaptive Optics)



104
 Slide by N.Miura

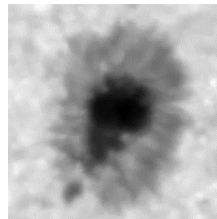
DST新補償光学装置の光学系完成！



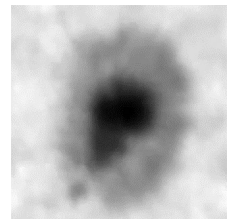
目標性能達成に向け調整中・・・

結果(1) 2010.11.20

AO-ON (21-70)



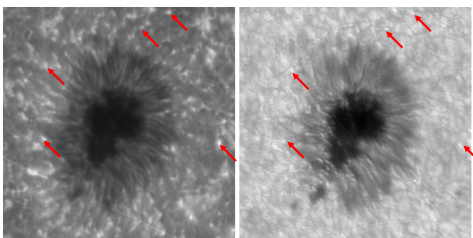
AO-OFF (251-300)



by (元)北見工大 横山

結果(2)

- ほぼ同時刻に太陽観測衛星「ひので」から撮られたものと、地上からAOを動作させながら観測したものとの比較。



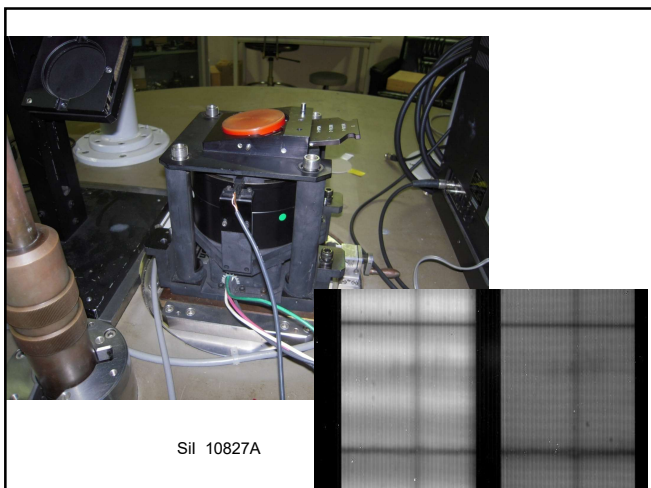
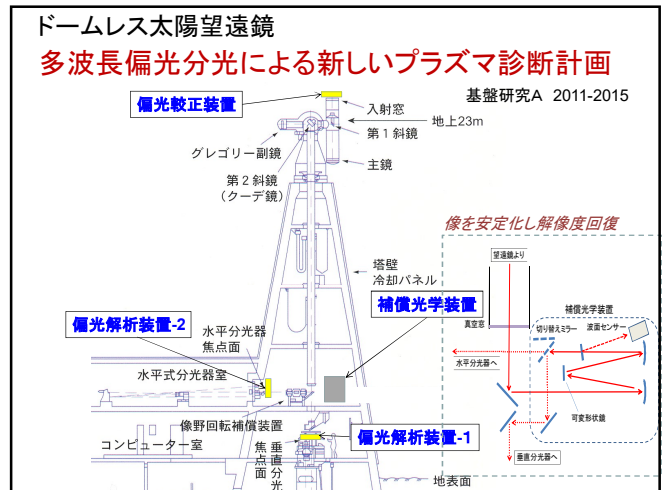
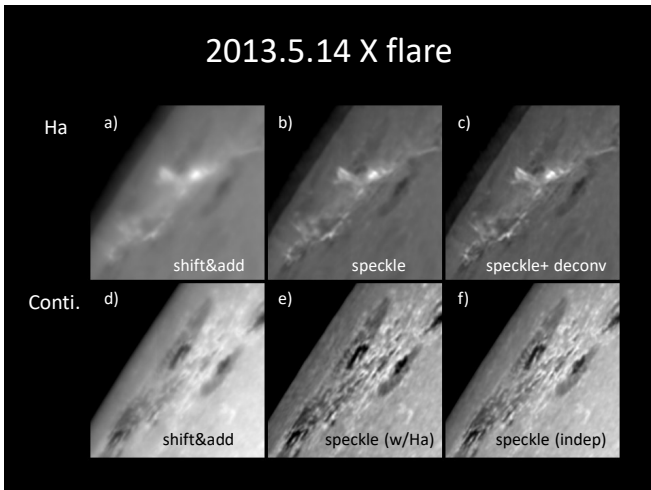
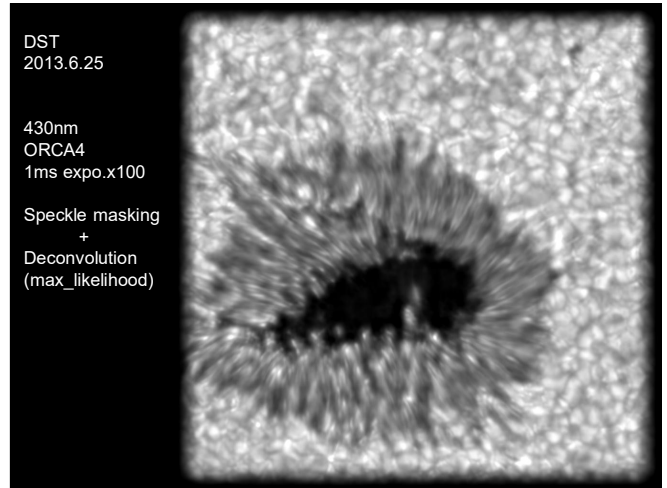
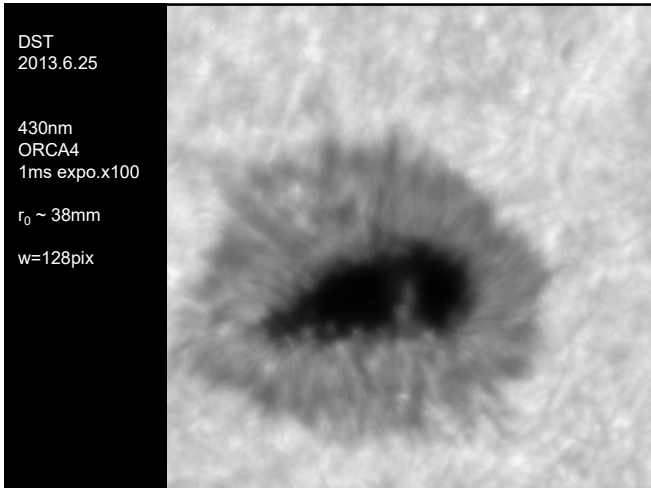
Hinode SOT-FG Ca-II H 2011.11.21 08:43:08(JST)
 DST AO+IP G-band 2011.11.21 08:42:49 (JST)

スペックルマスキングによる
 画像復元プログラム

Lohmann, Weigelt, and Wirtitzer, 1983, App. Opt., 22, 4028
 Pehlemann and von der Luhe, 1989, AA, 216, 337

spemirh
 一本&川手 2014, 京都大学大学院理学研究科附属天文台技報 Vol. 2 -1

フーリエ空間における振幅と移送の復元



キャリブレーション用データ観測手法

- 観測室から無線で操作し、**既知の偏光をDSTに入射**
- $(I, Q, U, V) = (1, 0, 0, 0), (1, \pm 1, 0, 0), (1, 0, \pm 1, 0)$

バッテリー&無線

直線偏光板がマスクの8つの穴から覗いている状態

太陽電池

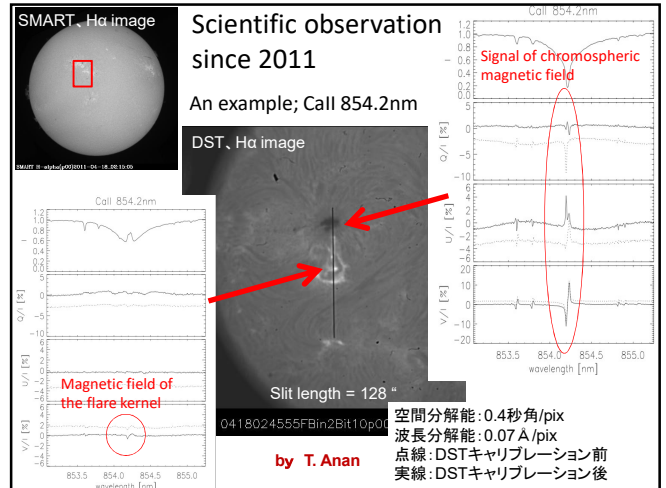
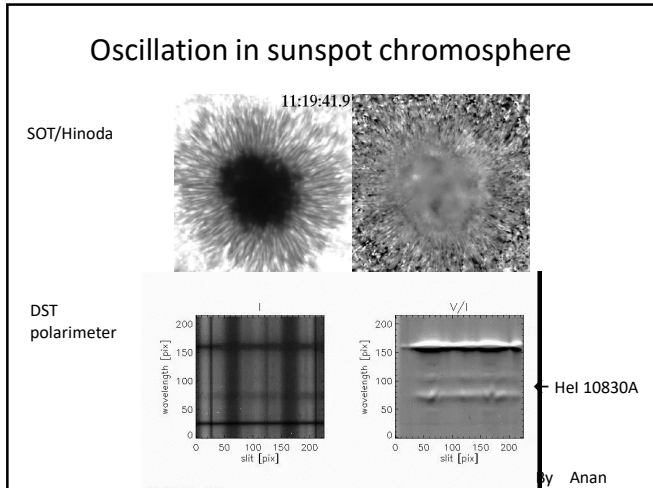
マスク (固定)

マスクの下で8つの直線偏光板と8つの穴がある回転板が回る

DST入射窓

製作: 仲谷, 他

8/14



ドームレス太陽望遠鏡

多波長偏光分光による新しいプラズマ診断の開拓

- ゼーマン効果 → 光球、プロミネンス磁場
- 散乱偏光、ハンレ効果 → 彩層・コロナ弱磁場
- シュタルク効果 → 彩層・コロナの電場
- 衝突偏光 → 粒子ビーム、熱伝導

原子の偏向と輻射過程の基礎研究
→ 天体磁気プラズマの基礎過程を真に理解する

SMART system

- 2016~ Full disk magnetograph (suspended)
- 2016~ H α full disk doppler imager (SDDI)
- 2015~ High res. vector magnetograph (final prep.)
- 2011~ High speed flare imager (FISCH)
- 2011~ SHABAR Seeing monitor

フィラメント“消失”とCME

100分後

02:00 UT

03:45 UT

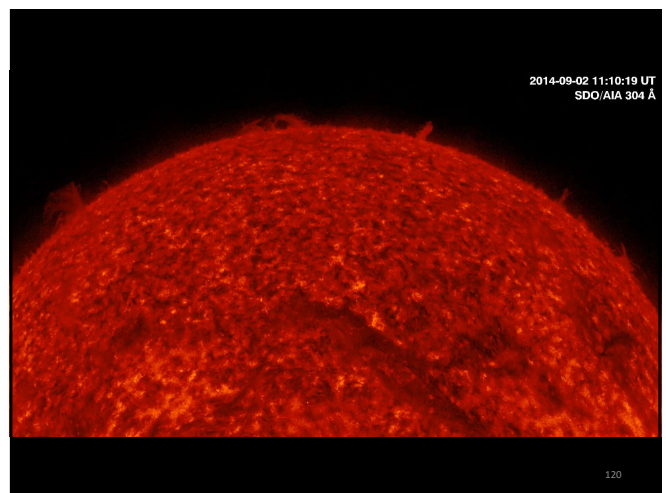
CMEの70%以上がフィラメント“消失”に伴っている (Munro et al 1979)

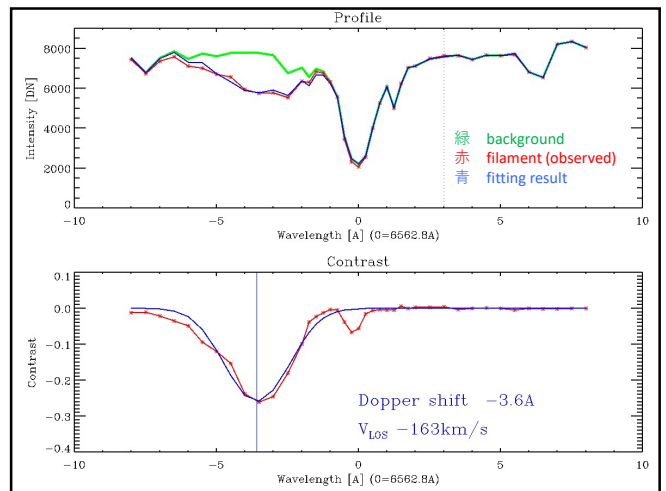
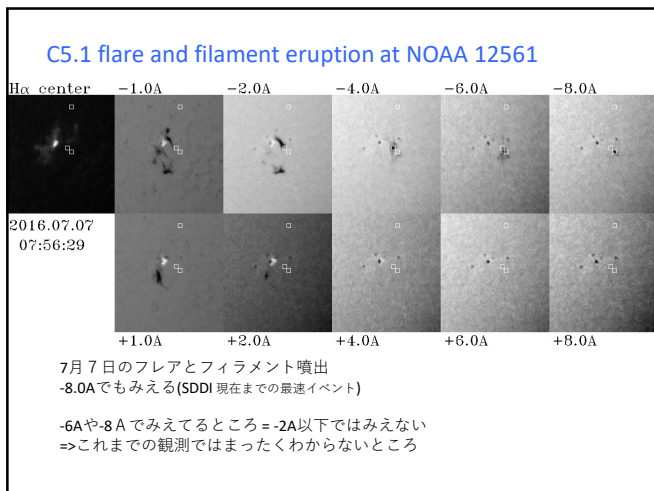
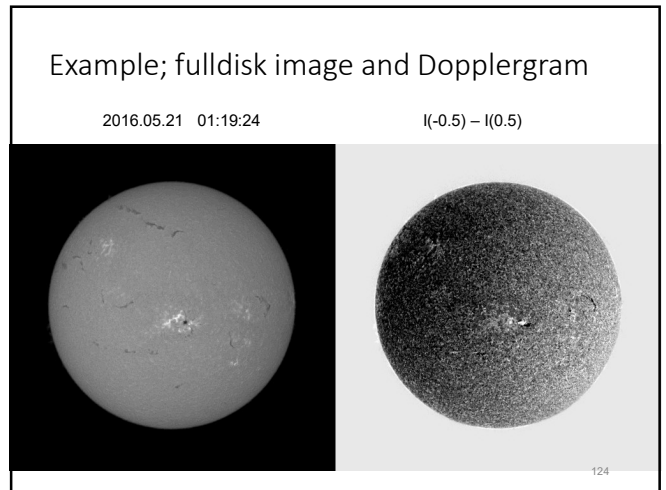
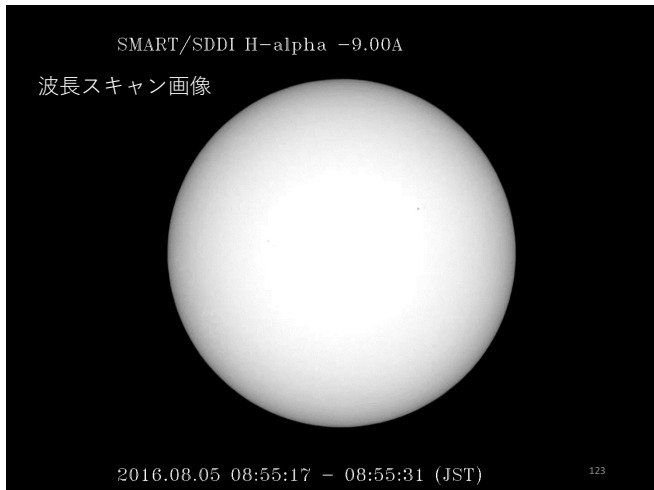
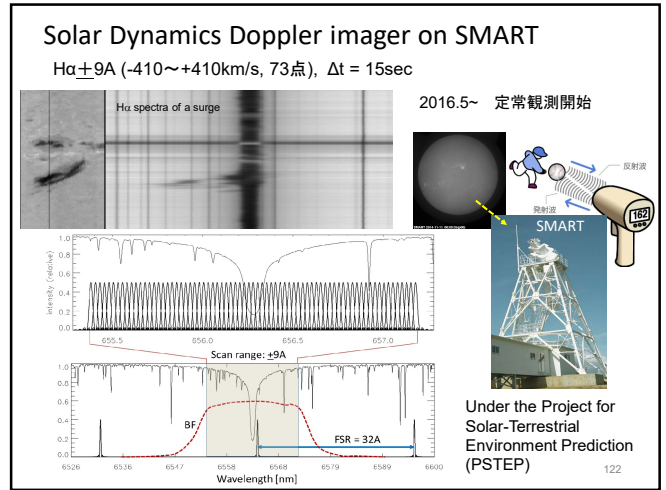
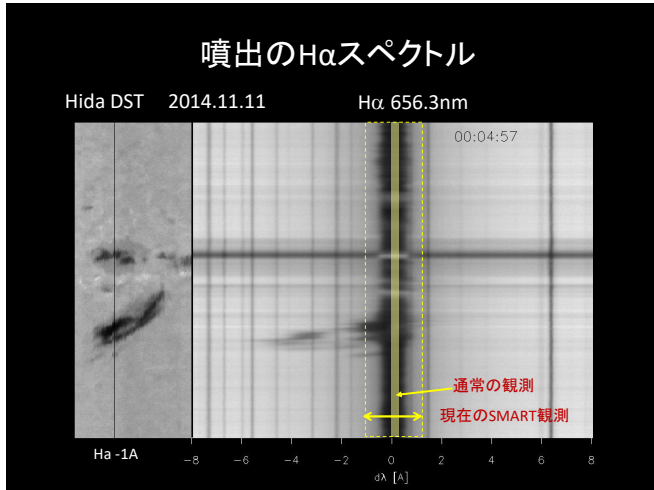
15 のフィラメント消失のうち、噴出型BイベントはすべてCMEを伴い、「準」噴出型イベントはすべてCMEを伴わなかった。(Morimoto and Kurokawa 2003)

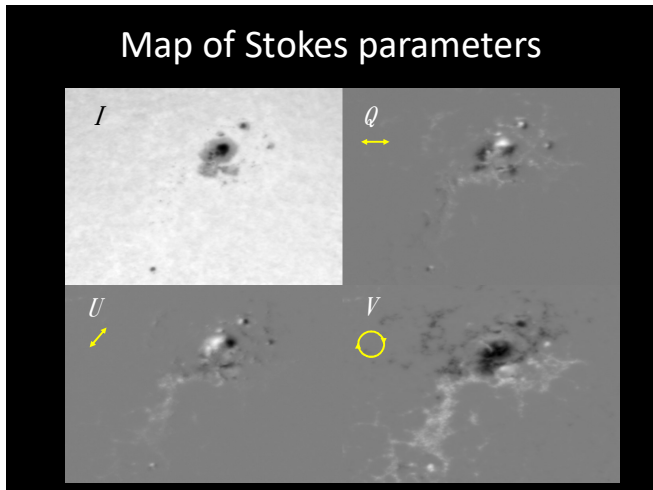
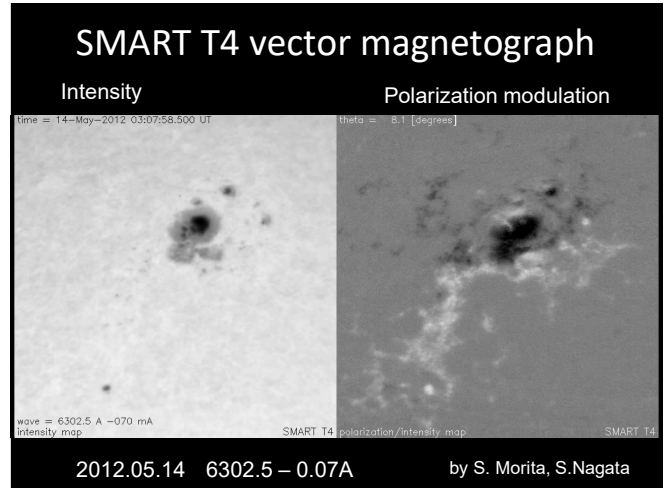
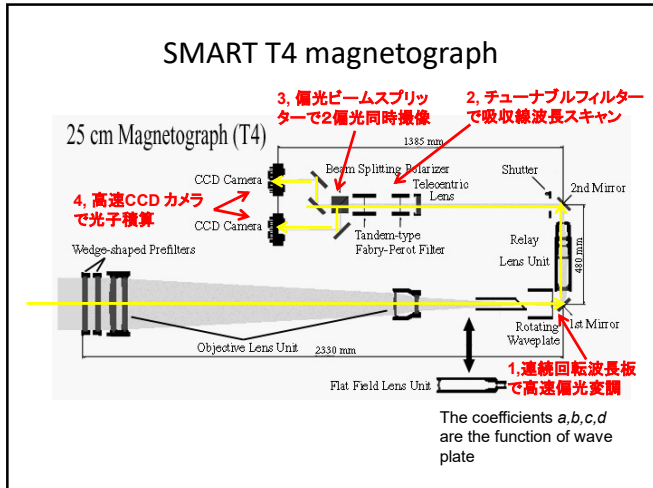
FRONTAL LOOP
cavity
Bright core
eruptive prominence

Cクラスの~70%, Mクラスの~44%, Xクラスの~10% は CMEを伴わない (Yashiro et al, 2005)

消失フィラメントの速度場をモニターすることがCMEの発生をいち早く予測するための有効な手段となり得る。







SMART望遠鏡の展開

CHAIN PROJECT

CONTINUOUS H-ALPHA IMAGING NETWORK

1日24時間太陽活動を監視する国際共同プロジェクト

本計画で実現する3つの拠点
 ・飛騨天文台(日本)
 ・イカ大学(ペルー)
 ・新教育天文台(アルジェリア)

フレア監視観測鏡

H α 線中心 全面像 H α 線中心 H α 線 -0.8 Å
 H α 線 +0.8 Å 連続光

プロミネンスモード プロミネンス噴出の時間変化

太陽面爆発によるプラズマの噴出速度と方向を測定。太陽地球環境変動に与える影響を研究する。

Solar-Cのミッション提案

2015 Feb. JAXAIに提出

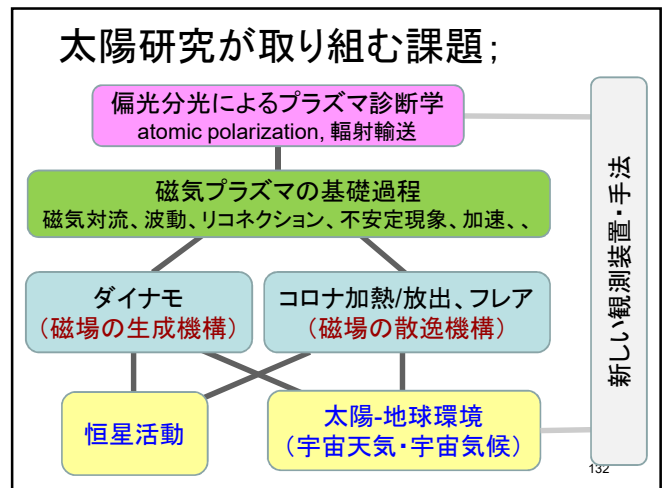
目的:
 太陽活動大気の形成機構解明、太陽面爆発の発現機構解明と予測、宇宙に普遍的な磁気プラズマ素課程の解明

先進的な3つの観測装置

- 紫外線分光望遠鏡 (EUVST) + IM (Irradiance Monitor) ESA
- SUVIT 焦点面装置群 JAXA
- 高解像度コロナ撮像装置 (HCI) NASA

重量: 2300kg
 サイズ: 3.7 x 3.2 x 7.3m
 軌道: 地球同期

「ひので」から大きなジャンプ
 (1) 彩層磁場計測、(2) 空間分解能 3~10倍、(3) 時間分解能と精度約10倍



京都大学理・附属天文台でできる観測研究

- ドームレス望遠鏡やひのを使った観測研究
(太陽による宇宙プラズマの基礎物理過程の探求)
- SMART望遠鏡やCHAINによる宇宙天気研究
(フレア、質量放出、太陽活動周期の予報に挑戦)
- 他の国内・海外施設を使った観測研究
- ドームレス望遠鏡やSMARTの装置開発、実験
(偏光、像安定化装置、高精度磁場撮像、etc.)
- 次期太陽観測衛星(Solar-C)計画への参加
(装置設計、宇宙用基礎実験、)

133

7. まとめ

太陽の謎解きには、

- ・光がどうして作られるか、
(輻射輸送、量子力学、熱力学、統計力学、相対論)
- ・光をどうやって測定するか、
(光学、電子工学、機械工学、体力)
- ・データをどう解釈するか、
(電磁流体力学、熱力学、プラズマ理論、シミュレーション)

全部必要！ → 得意な分野を生かして活躍できます。

134

おわり

135