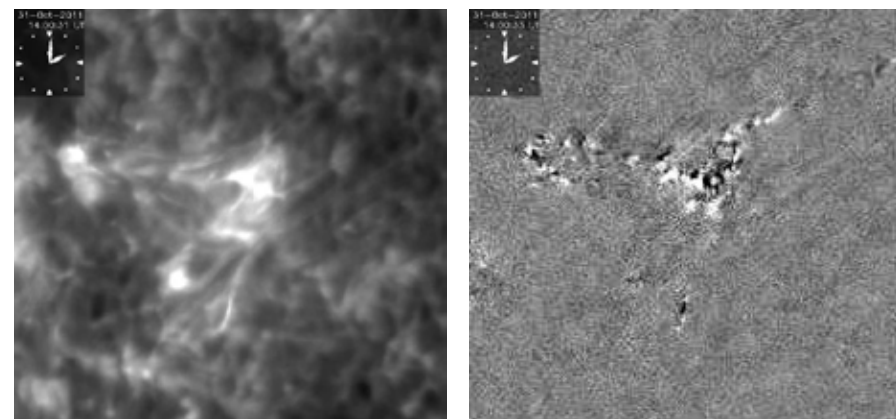
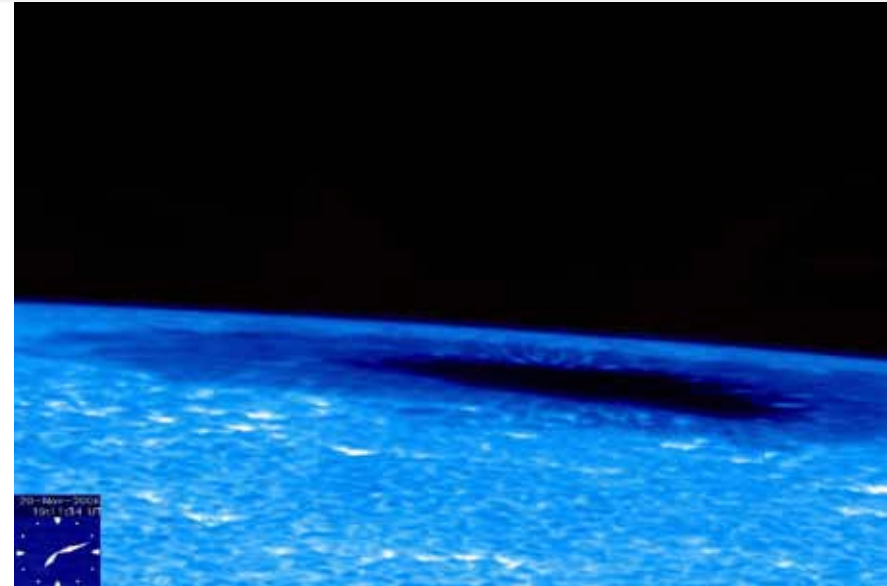


# SOLAR-C の彩層偏光分光観測で探る 太陽大気の加熱機構

勝川 行雄  
(国立天文台)

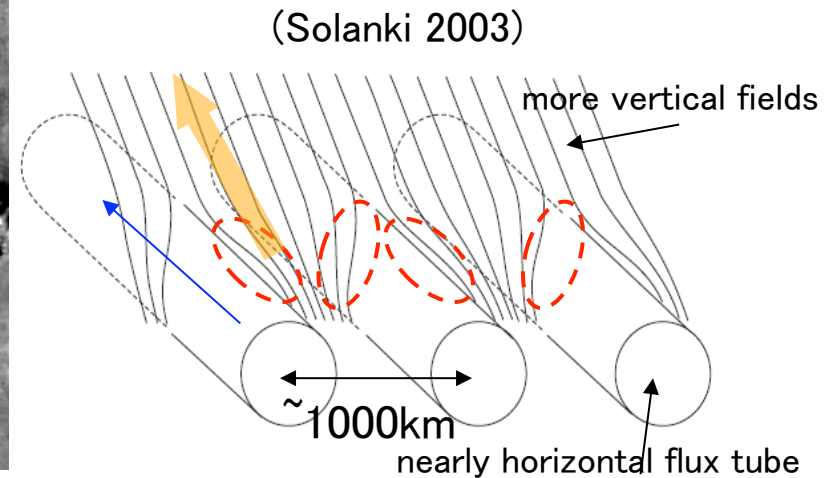
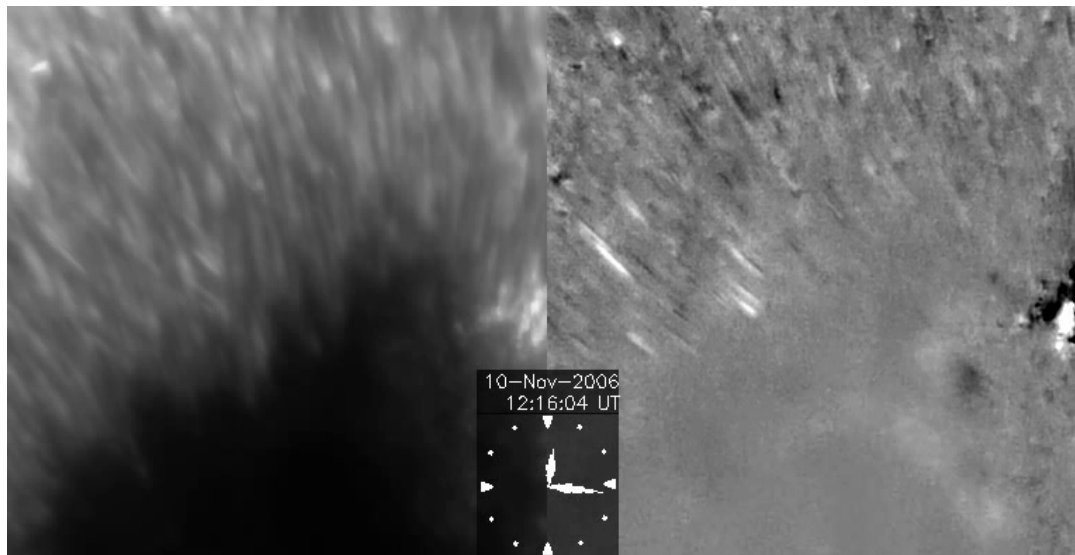
# Highly dynamic chromosphere

- 微細かつ動的な現象が太陽大気中で普遍的に発生している。特に、彩層におけるプラズマのダイナミクスが重要であることは広く認識されつつある。
  - 彩層ジェット
    - 黒点半暗部やライトブリッジで発生するジェット
    - 黒点周囲で発生するサージ(彩層アネモネジェット)、エラーマンボム
  - スピキュール
- 彩層は高 $\beta$ から低 $\beta$ へと遷移する大気層。磁場によって駆動されるプラズマ流と加熱が顕著になり始める所。



Hinode SOT 1.6 sec cadence

# 半暗部ジェットと磁場構造



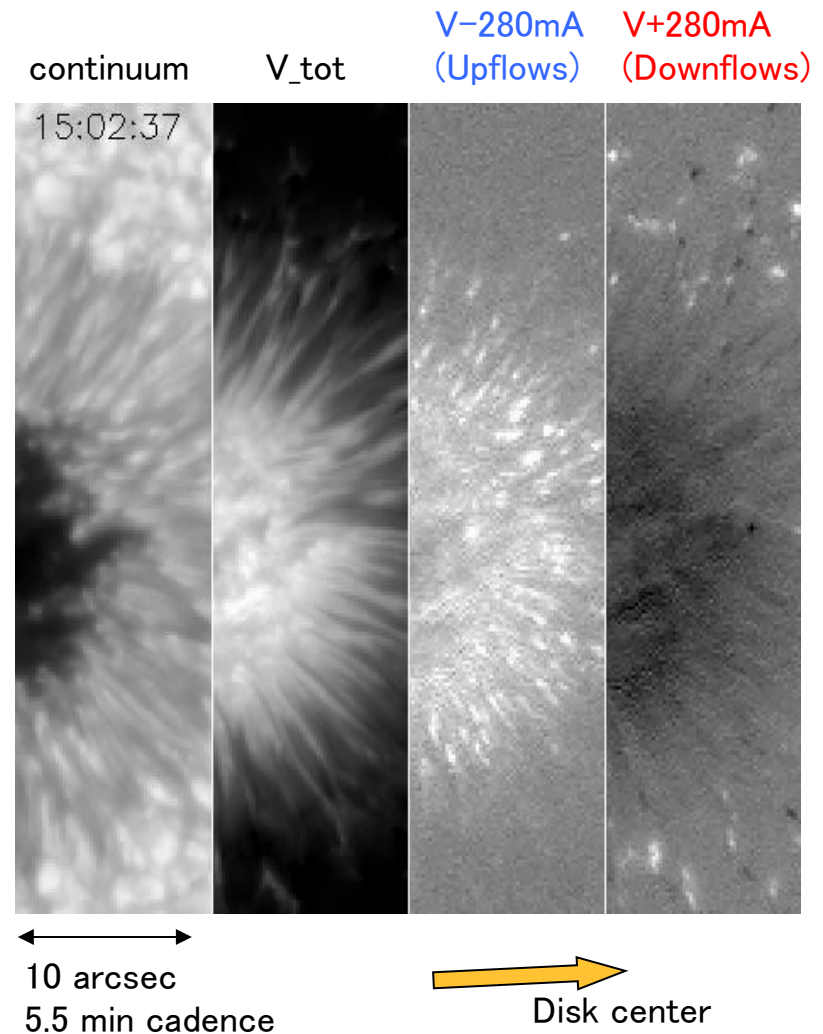
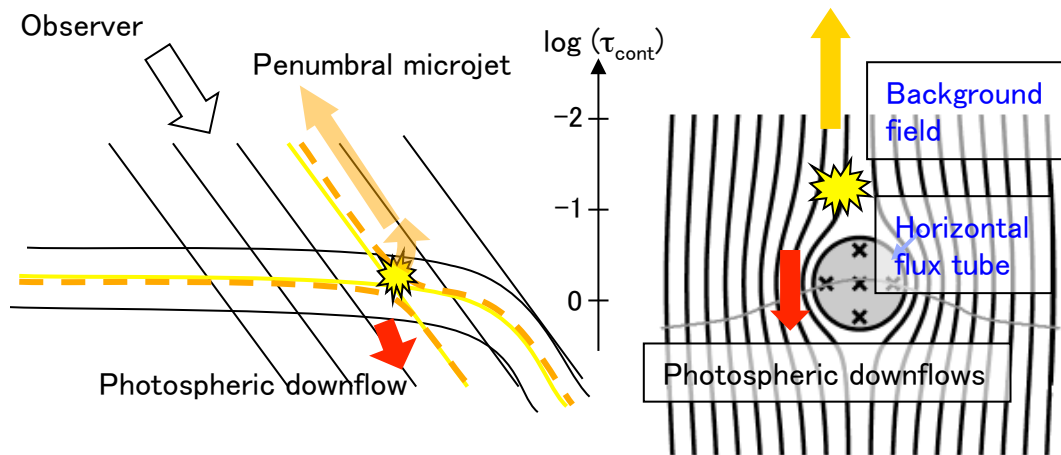
Katsukawa et al. (2007)

- 2本の半暗部フィラメント(水平な磁場に対応)の間の比較的垂直な磁力線に沿ってジェット状の増光が頻繁に観測される
- 水平な磁場成分と立った磁場成分の間でのリコネクションが起源
- このような磁場の配位は、黒点外にも存在(ただし、磁場強度や空間スケールは異なる)、そこでも同様のメカニズムが彩層活動の起源となっている可能性

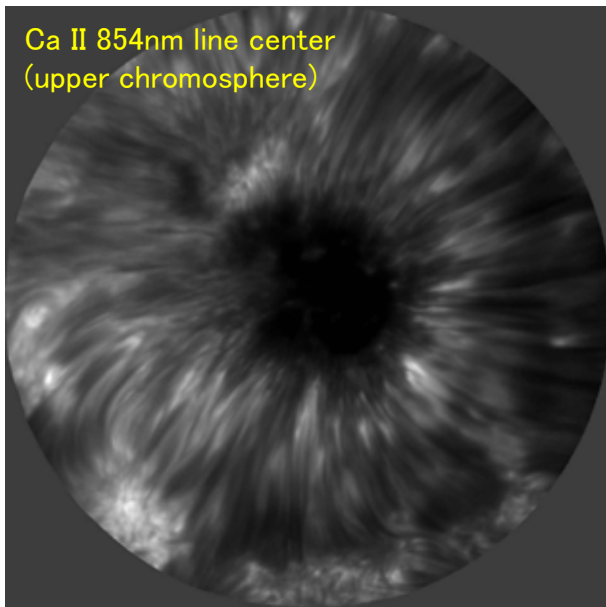
# Photospheric downflows associated with chromospheric brightenings

(Katsukawa & Jurcak 2010,  
 Jurcak & Katsukawa 2010)

- 半暗部光球において、短寿命の下降流が発生。約1/3は彩層での増光と同じ場所・同じ時間で発生している。
- 光球上部における磁気リコネクションを示唆

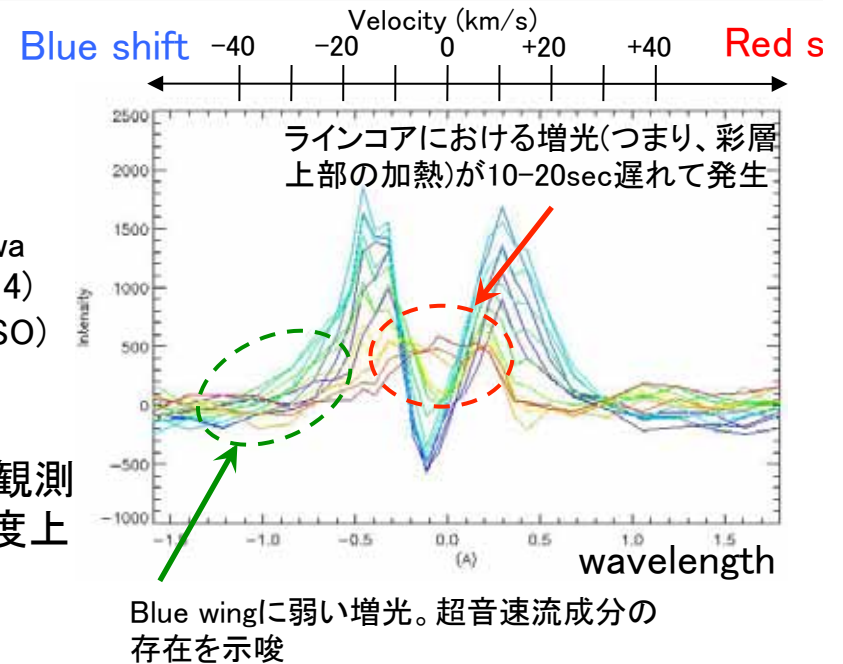


# Imaging-spectroscopy of penumbral micro-jets



Reardon, Tritschler, Katsukawa  
 (2013), Katsukawa et al. (2014)  
 (Observation using IBIS at NSO)

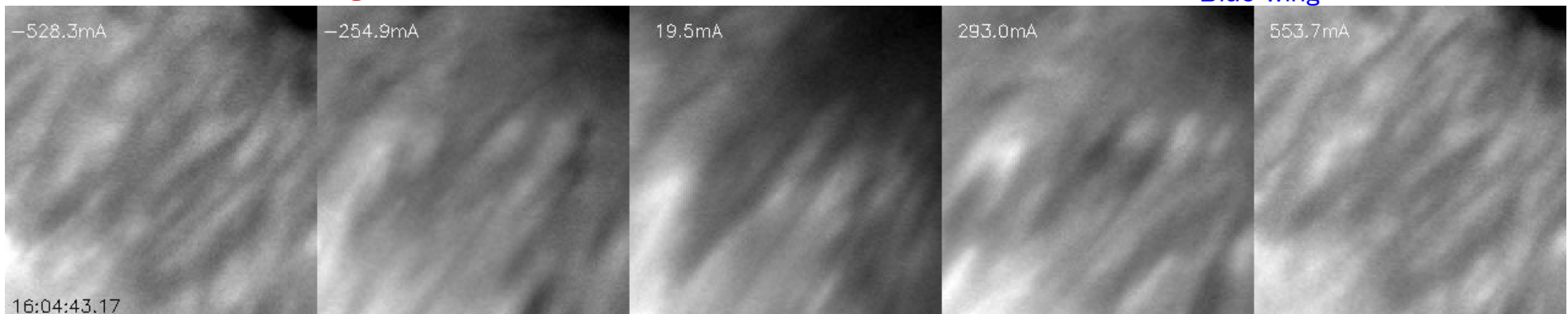
増光は吸収線ウイングで観測  
 される。彩層下部での温度上  
 昇を示唆。



Red wing

Line center

Blue wing



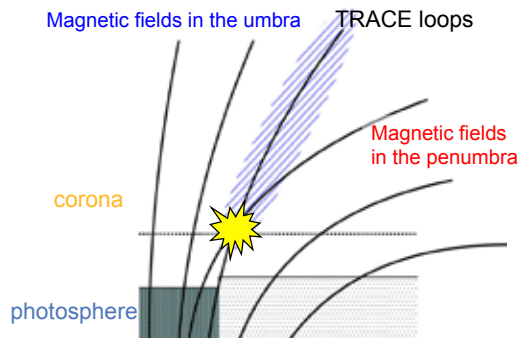


# Targets in SOLAR-C

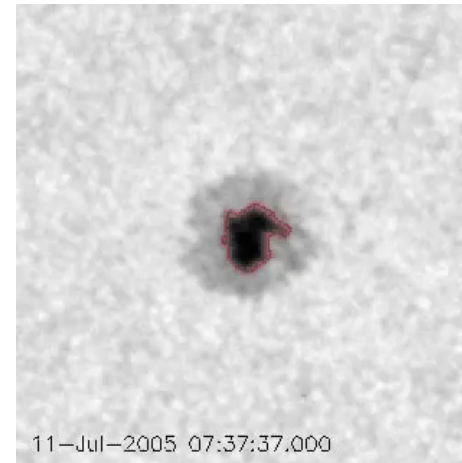
- 光球上部・彩層下部での磁気リコネクションによる突発的エネルギー解放が多くの彩層活動の駆動源になっている
- せいぜいプラズマ  $\beta \sim 1$ 。加熱・加速の効果は弱い。
  - 解放されたエネルギーを磁気流体波により上空に伝播させる必要。そのような磁気流体波の観測は(見えかけているが)まだまだ乏しい。
- そもそも、突発的エネルギー解放があっても、磁場構造の時間変化はほとんどとらえられていない。一体どれくらいの磁気エネルギーが解放されているか直接的には見えない。
  - 光球磁場を見ているだけでは駄目。エネルギー解放が起きているまさにその場所を観測する必要がある。

# Coronal heating vs magnetic fields in the lower atmosphere

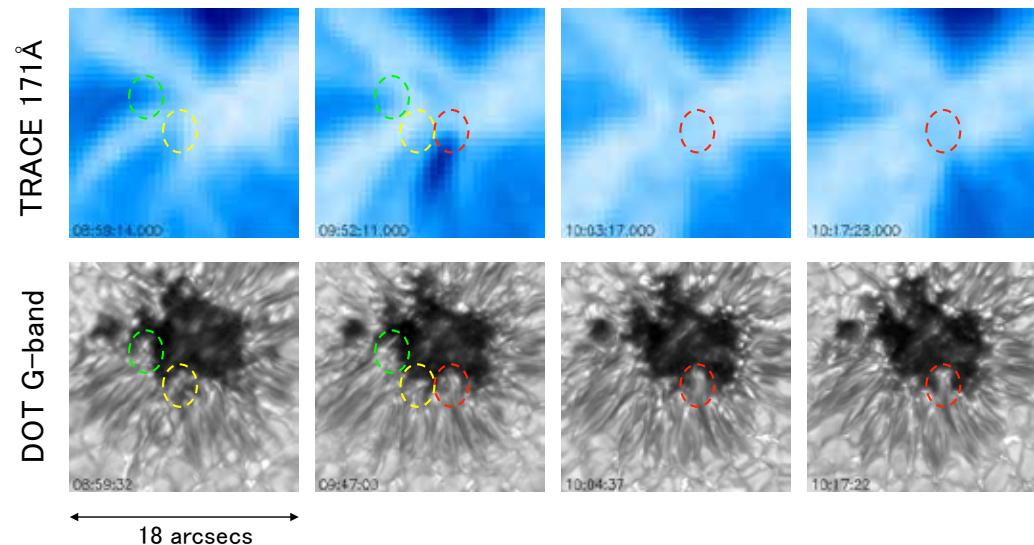
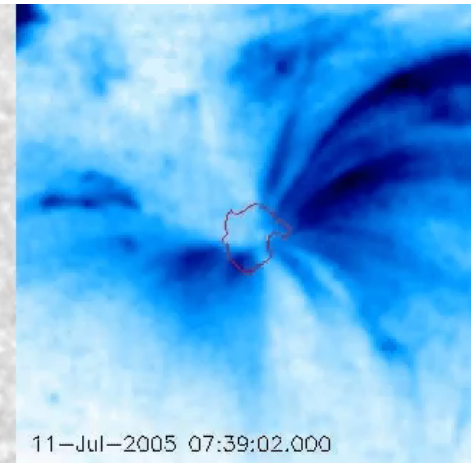
- 光球・彩層の磁場構造が直接的にコロナ加熱に影響を及ぼしている可能性があるが、証拠は乏しい。
- いくつかの観測的傍証
  - 黒点崩壊期にライトブリッジ形成に伴って、コロナが明るくなる
  - 半暗部フィラメントが暗部に貫入する場所でコロナが明るくなる
- 光球・彩層において磁場構造が不連続に変化する場所(つまり、強い電流のあるところ)で加熱が起きている  
(Katsukawa 2014, PhD)



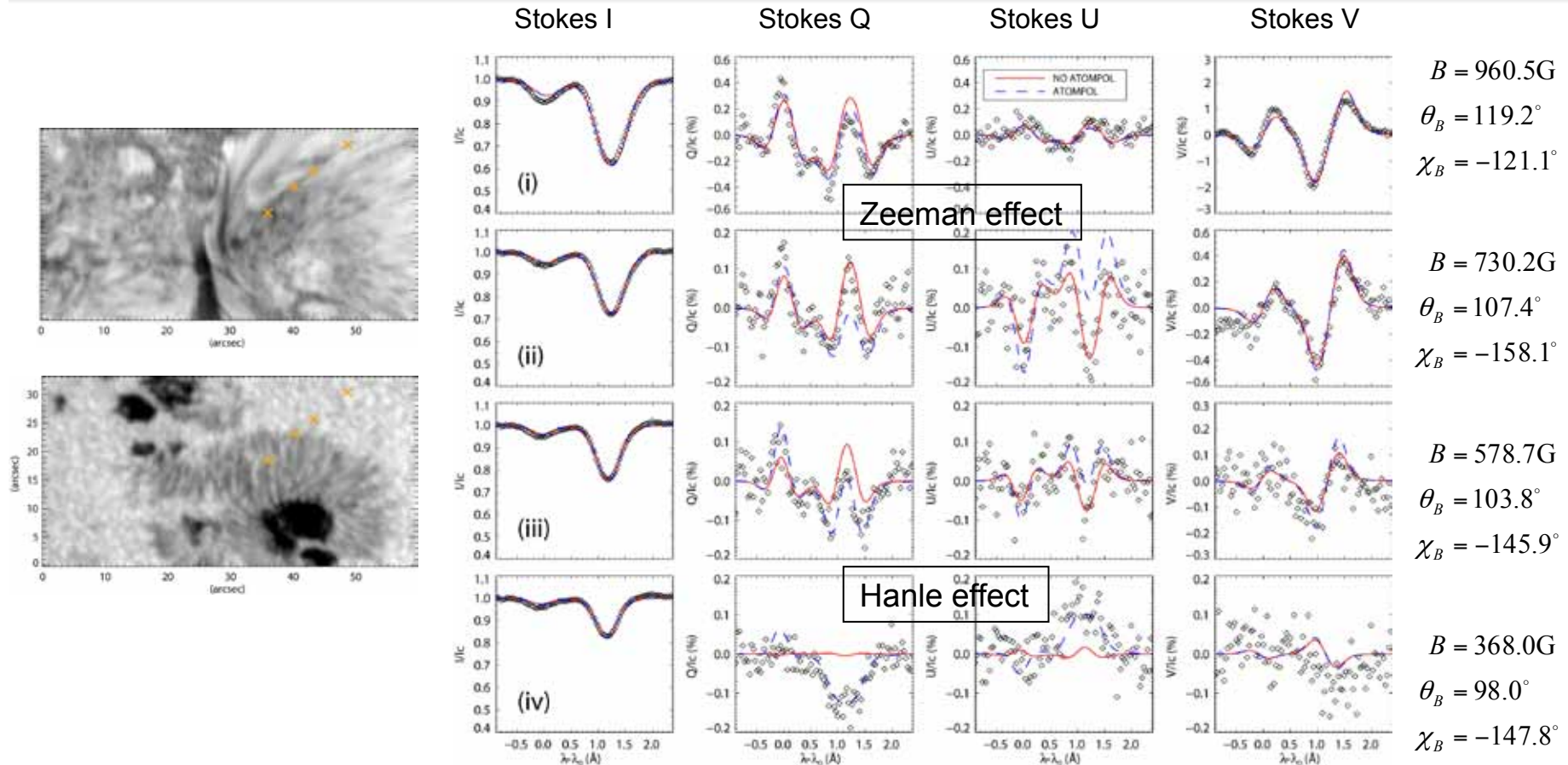
TRACE WL



TRACE 171Å



# B in the chromosphere: He I 1083 nm



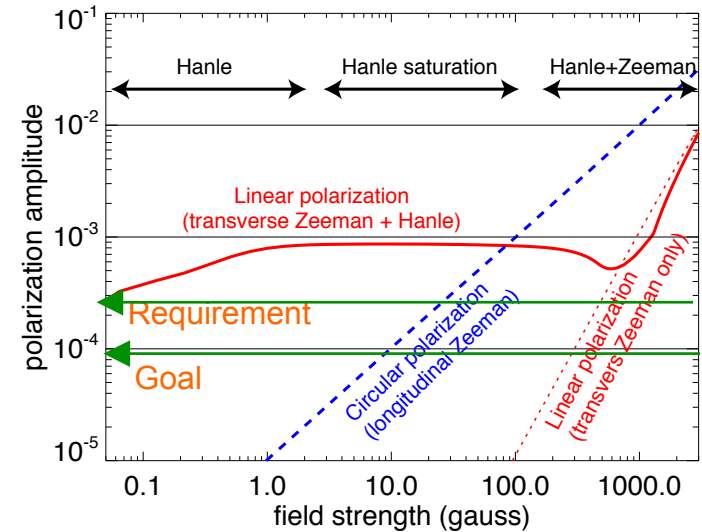
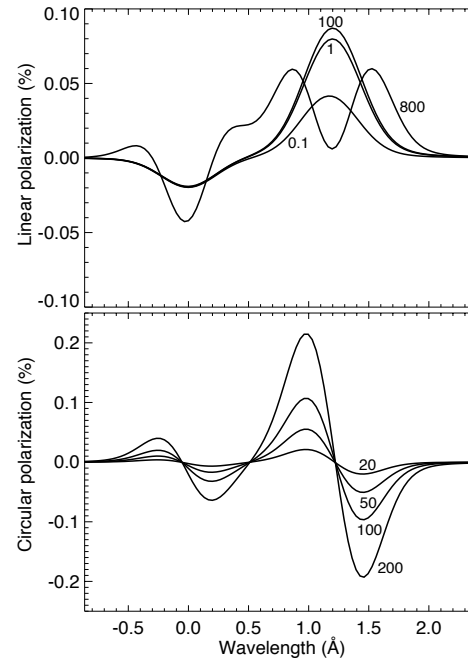
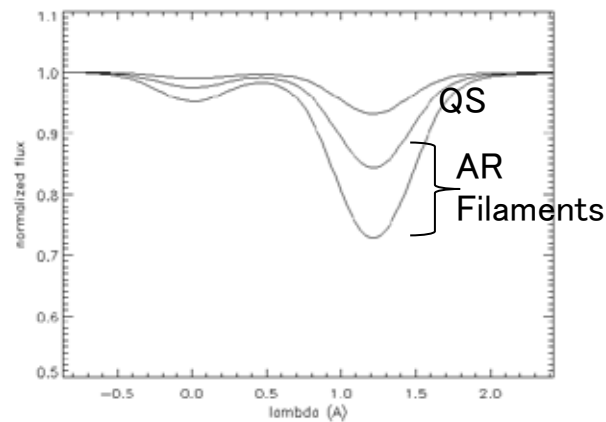
- 彩層上部の薄い大気層で形成されるスペクトル線。
- ゼーマン効果・ハンレ効果による偏光発生がよく理解されており、偏光観測から磁場を導出することが容易（大気成層の影響をうけにくい）。



# Requirements of pol. measurements

## Expected pol signals in QS ( $\Delta \tau = 0.12$ )

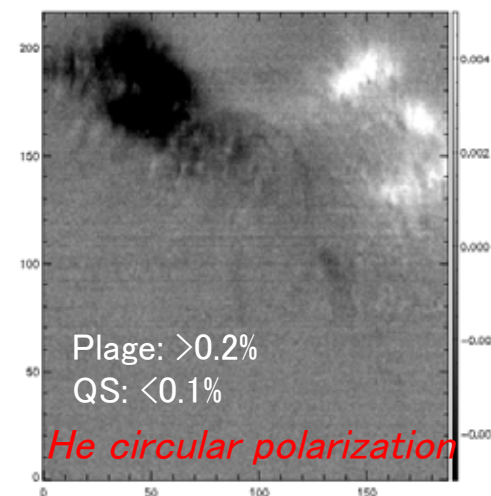
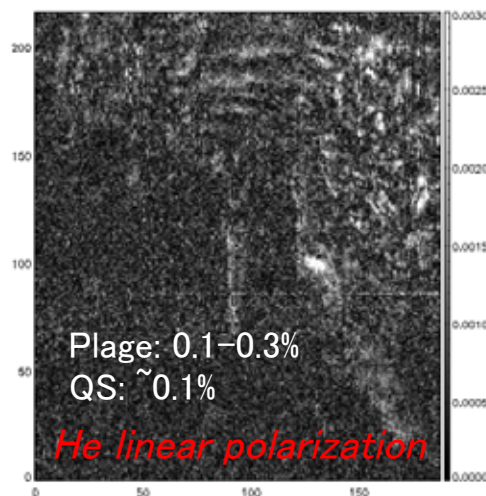
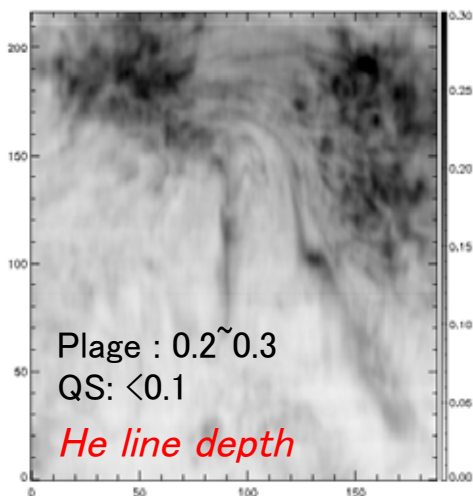
### Spectral profiles of He I 1083 nm



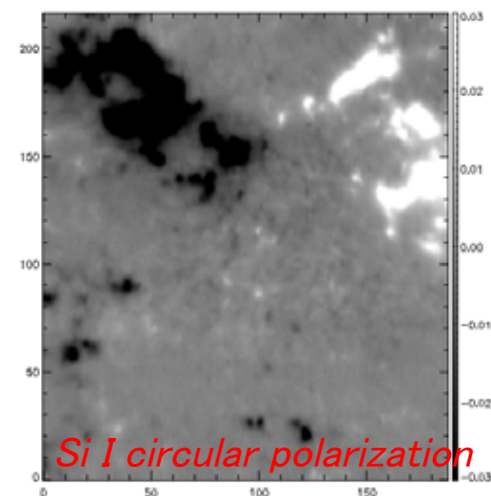
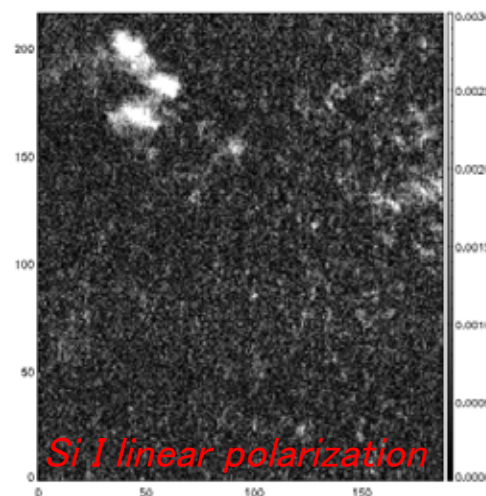
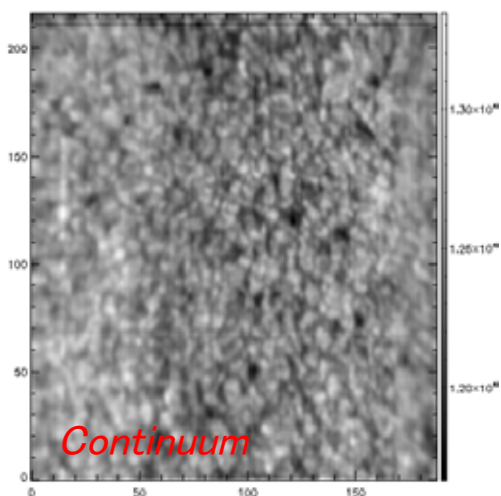
- He 1083 nm では活動領域やフィラメントの観測は得意。静穏領域では浅くなり偏光信号も弱くなるが、吸収線が完全になくなるわけではない。
- B ~ 10 Gaussをゼーマン・ハンレ効果で検出するために、要求される偏光感度 2 - 3x10<sup>-4</sup>。目標は 1x10<sup>-4</sup> (0.14"x0.18", 10-20 secで集められる光子数で到達可能)

# He I 1083 nm observation in plages and QS

彩層



光球



(Courtesy of R. Ishikawa)

# 2D spectro-polarimetry

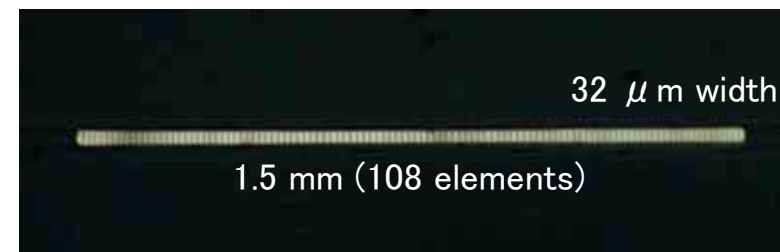
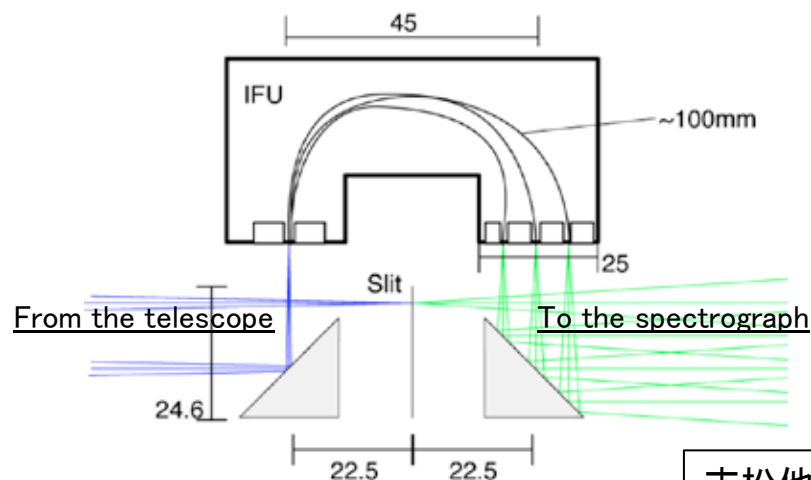
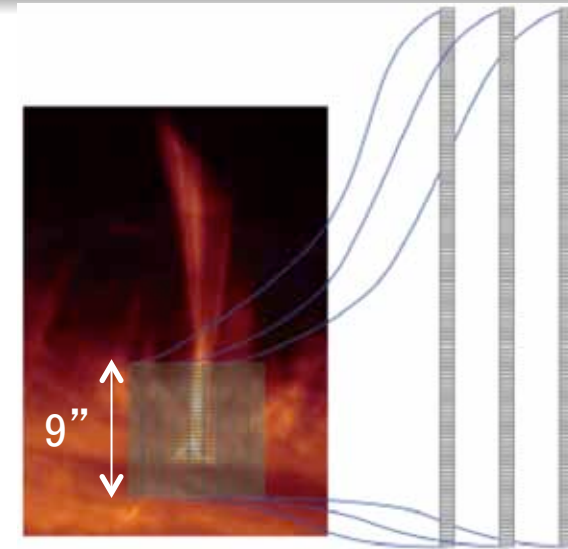
- 彩層で起こる高速現象に追従するために二次元面偏光分光は必須

100 km /s (典型的なAlfven速度)

x 10 - 20 sec (偏光観測に必要な積算時間)

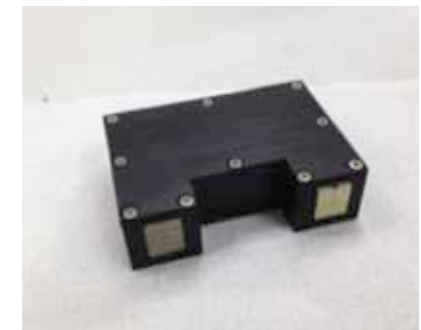
= 1000 - 2000 km

- 二次元偏光分光観測に要求される要素技術の基礎開発を実施中。



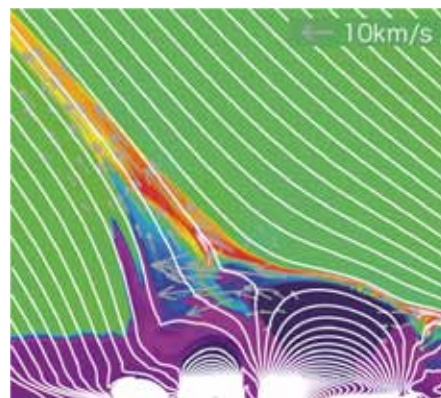
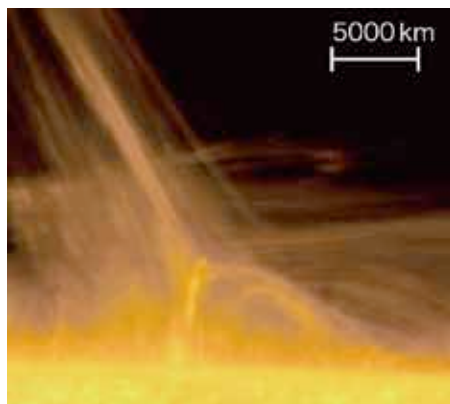
Development 32  $\mu$ m width fiber ribbon consisting of 108 rectangular cores having polarization maintenance (courtesy of H. Lin)

Test model of the Integral Field Unit



末松他  
マイクロイメージスライサーの開発 (W2-10a)

- SOLAR-Cで目指すもの
  - 解放されたエネルギーを周囲・上空に伝播させているものをとらえること。
  - 磁気リコネクションが起こっているその場所の磁場を直接観測すること。



Measurement of B around the roots of jets provides clear evidence of MR.

(Courtesy of Nishizuka)

- その実現のために要求される手法・要素技術も着実に積み上げられてきている
  - 彩層偏光分光データからゼーマン・ハンレ効果で磁場を求める手法
  - 高感度・高速な検出器、2次元面偏光分光