

2009年春季年会@大阪

黒点暗部における 上昇流を伴う輝点の侵入

京都大学 物理学・宇宙物理学専攻

修士2年 渡邊 皓子

2009年春季年会@大阪

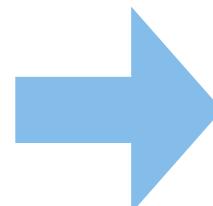
黒点暗部における 上昇流を伴う輝点の侵入

京都大学 物理学・宇宙物理学専攻

修士2年 渡邊 皓子

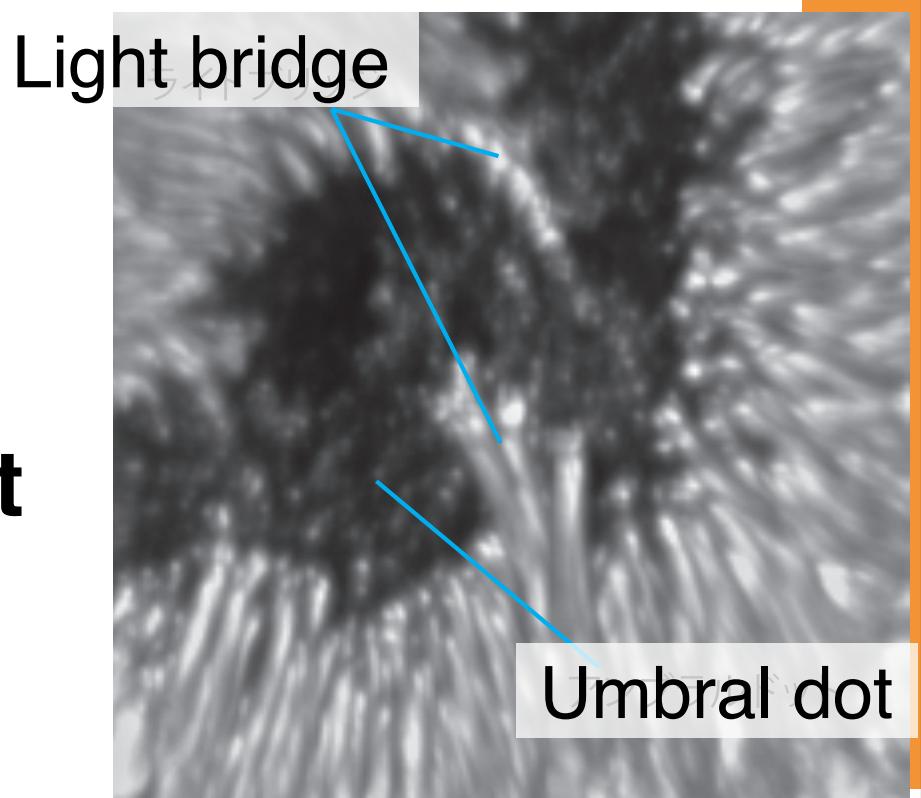
黒点暗部で観測される現象

- Umbral Dot
- Light bridge



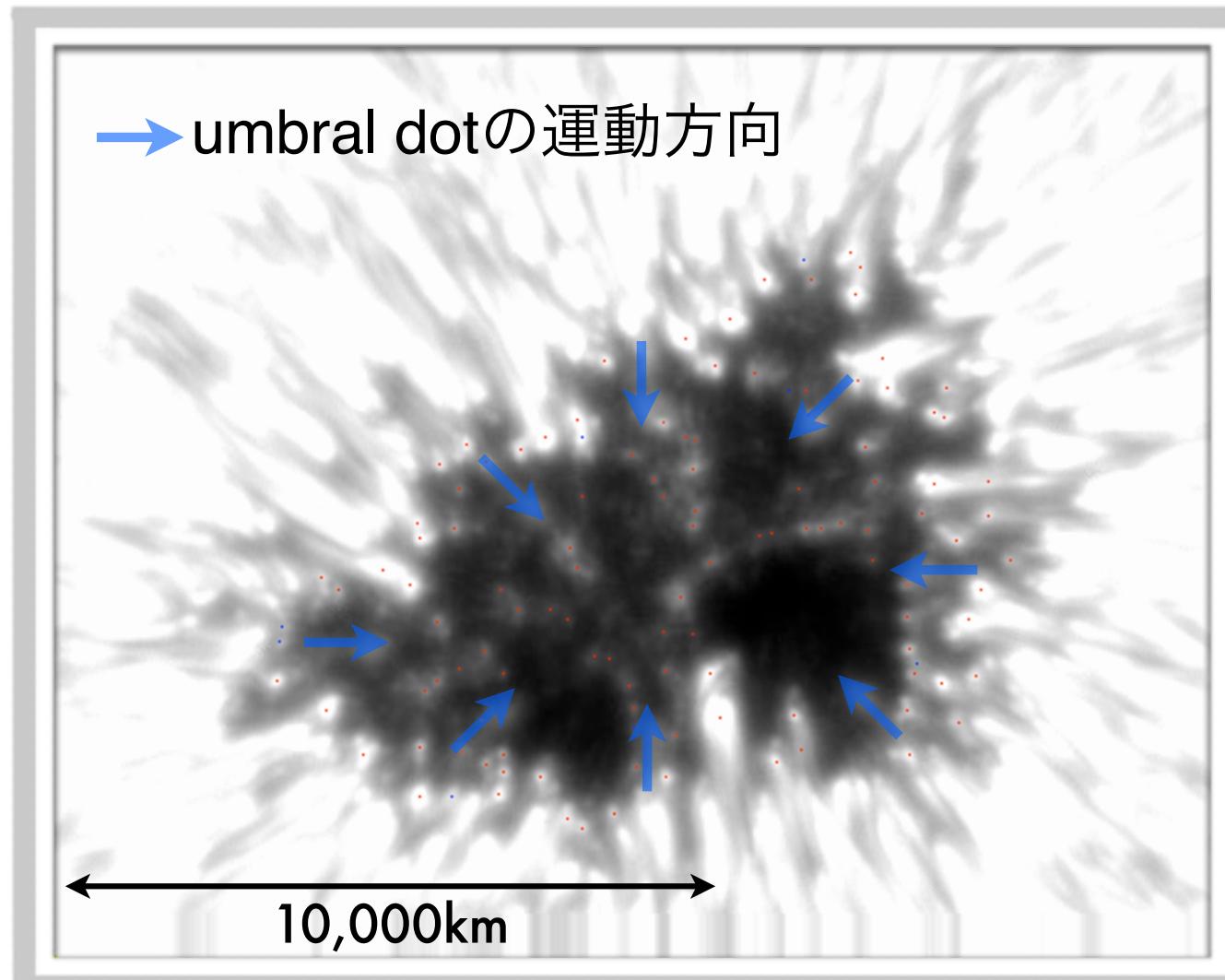
磁気対流
上昇流を伴う

- 暗部内に侵入する輝点
(umbral dot)を発見
- 輝点に伴うDoppler shift
の時間変化を追う

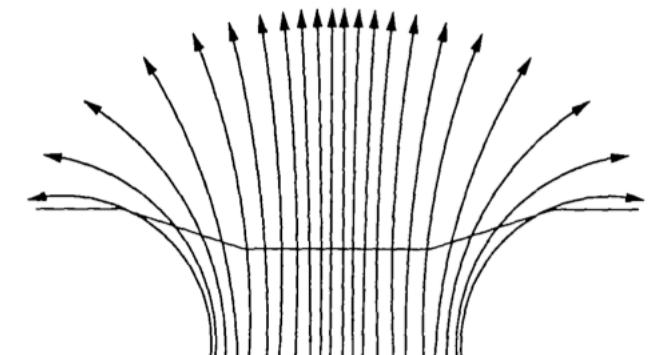


Motion of Umbral Dot

Umbral dotの水平方向の運動



- 周辺部 (磁場斜め)
 - ▶ inward migration
- 中心部 (磁場垂直)
 - ▶ almost no motion



黒点を横から見た図

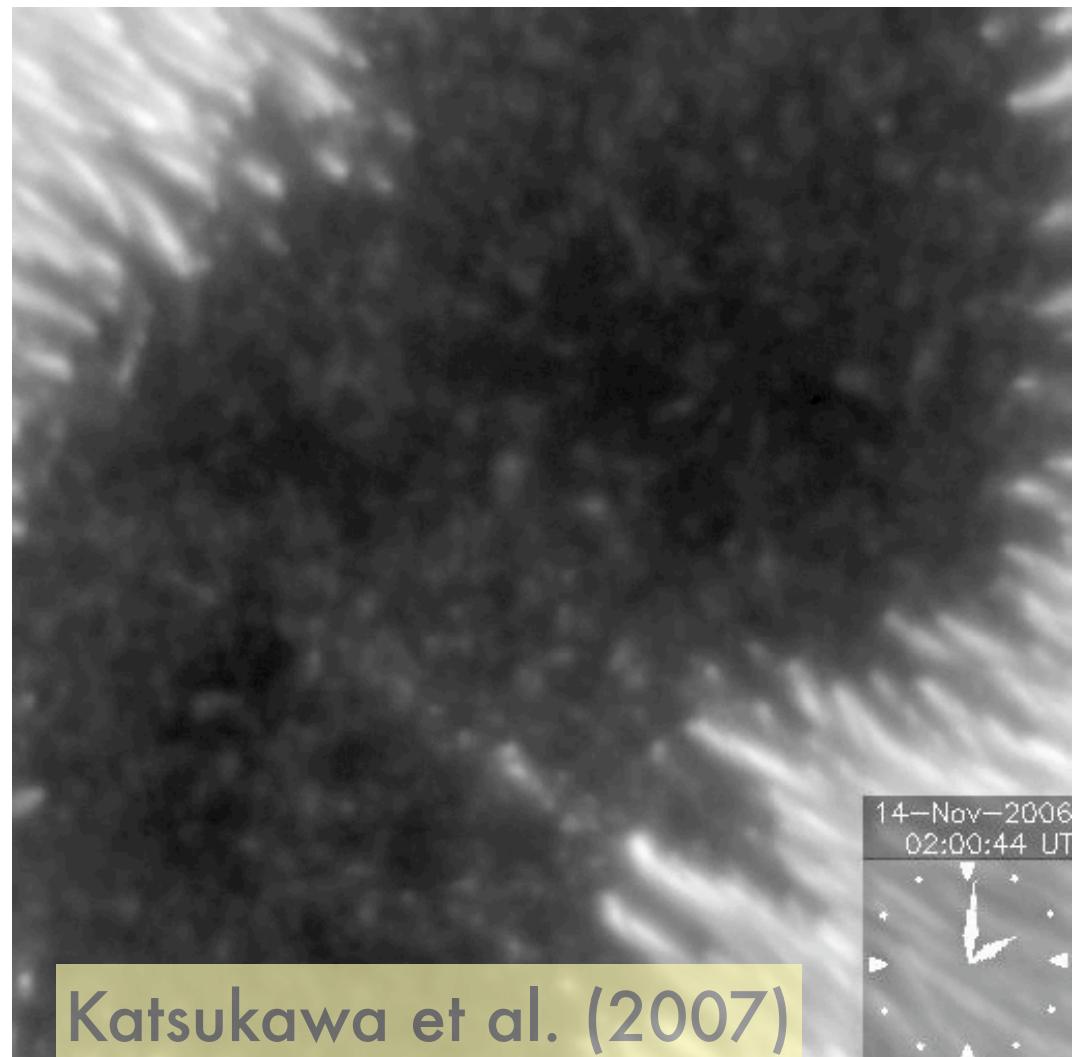
Evolution of Light Bridge

- Light bridgeの進化におけるUmbral dotの侵入

light bridgeを形成して
いるumbral dotは
1-2km/sで暗部内へ侵入
(peripheral umbral dot
は平均0.7km/s)



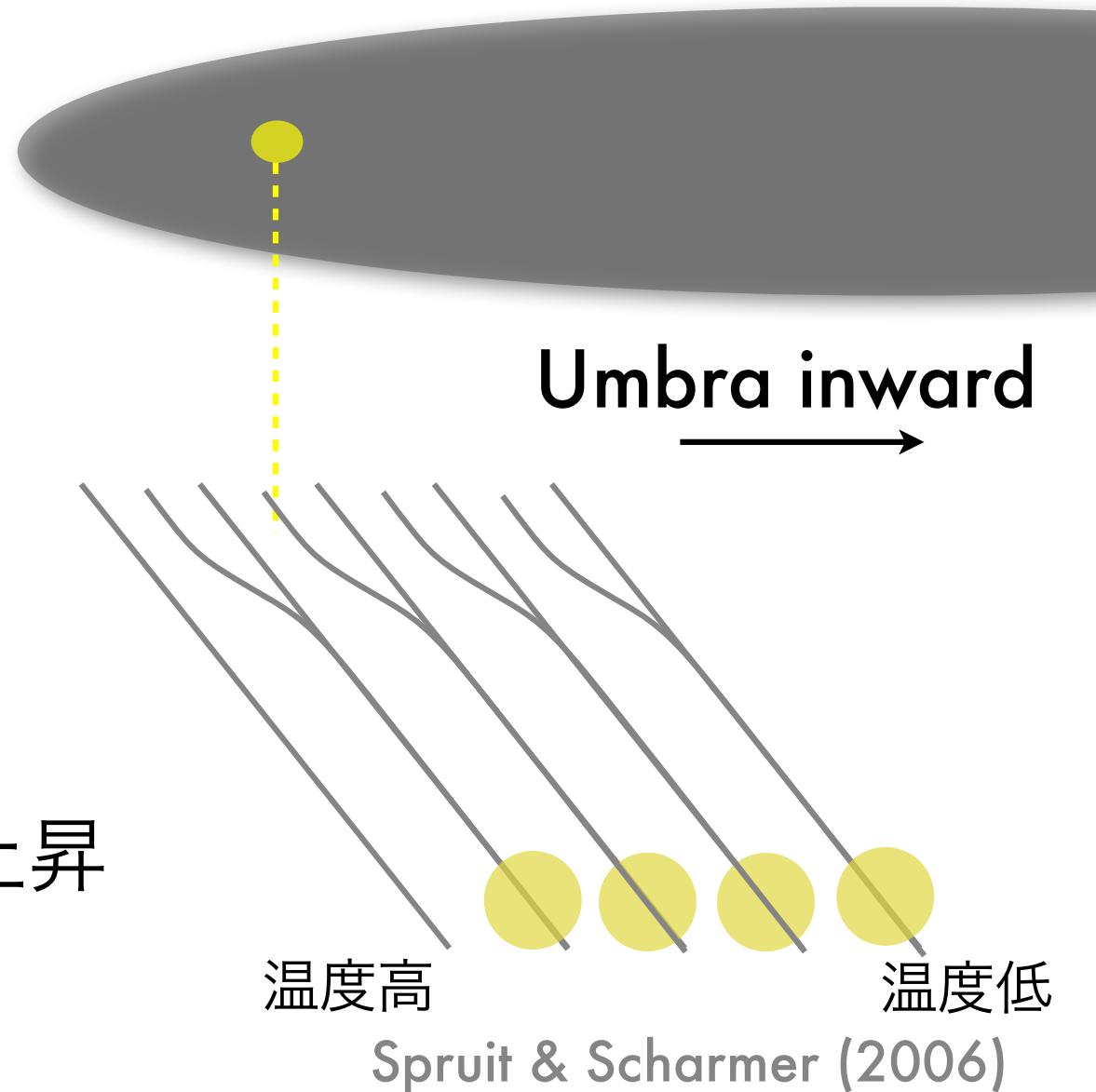
Doppler blue shift
~0.5 km/sを伴う



Katsukawa et al. (2007)

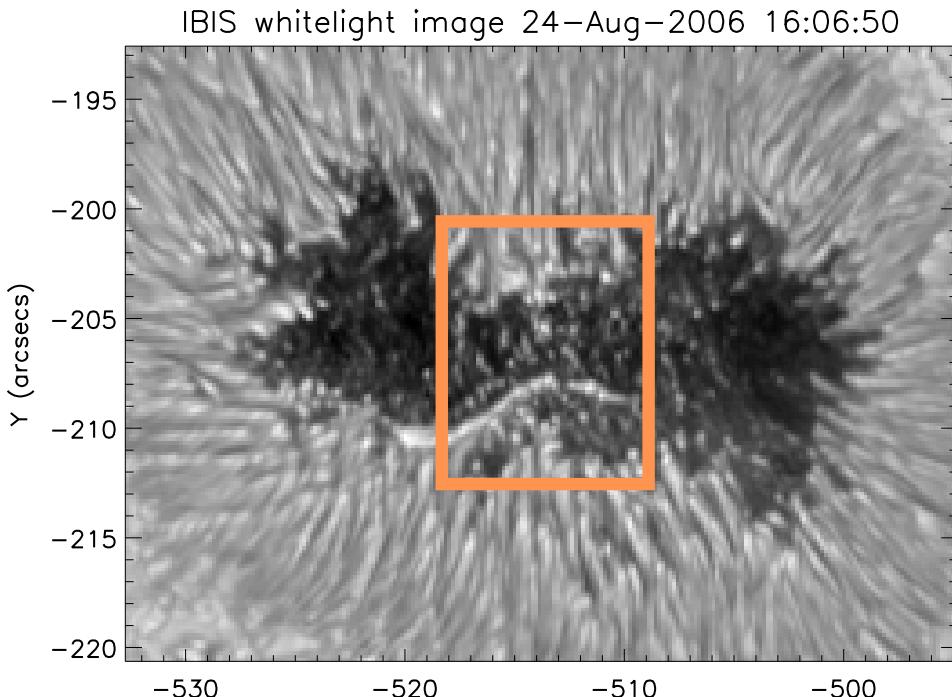
Inward migration

1. gasの上昇、冷却
2. 磁力線の折り曲げ
3. 磁気圧減少
4. 暗部中心側のガス上昇

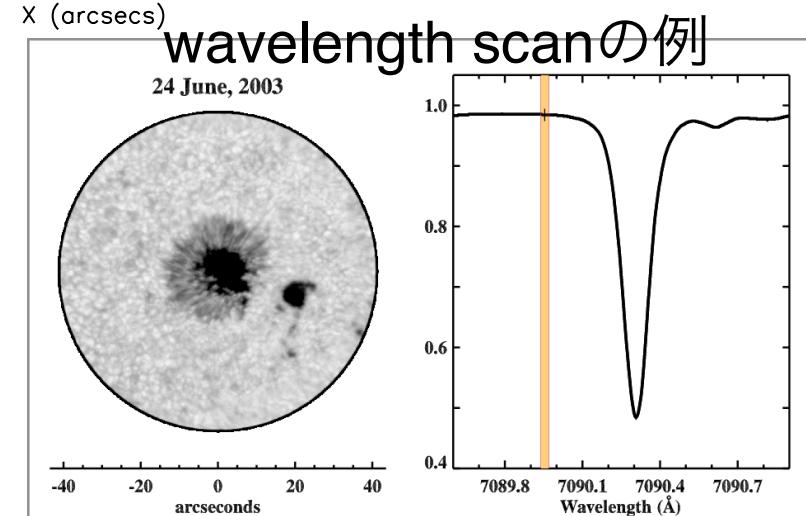


解析 & 結果

Observation



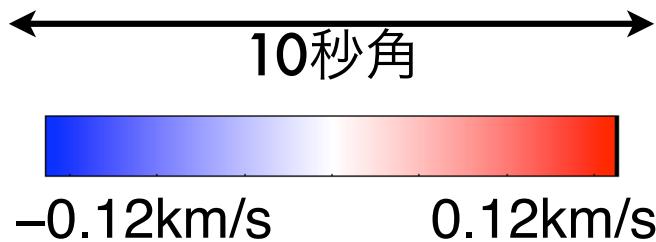
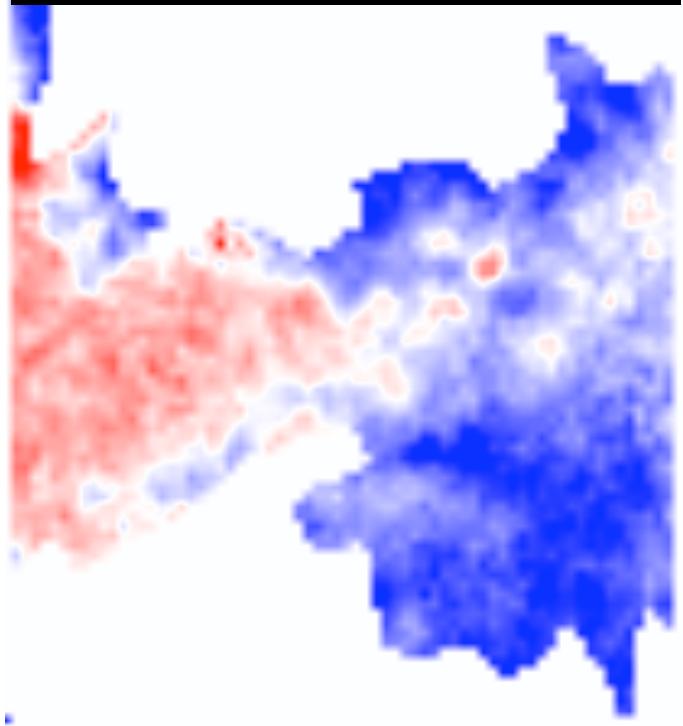
- Dunn Solar Telescope φ76cm
- Interferometric Bidimensional Spectrometer (IBIS)
- 2006年8月24日 15:50-17:50
- Fe I 709.0nm & continuum
center 721nm, FWHM 9.6nm



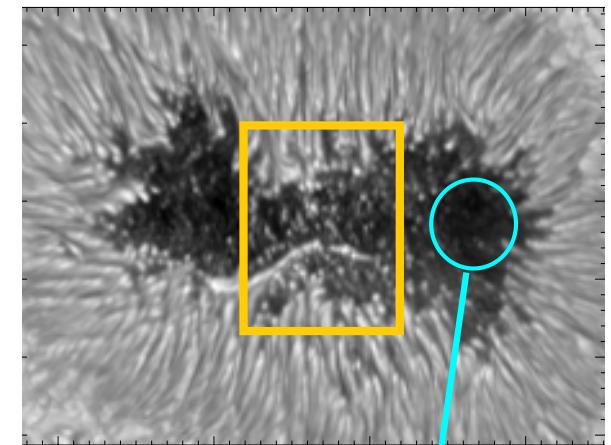
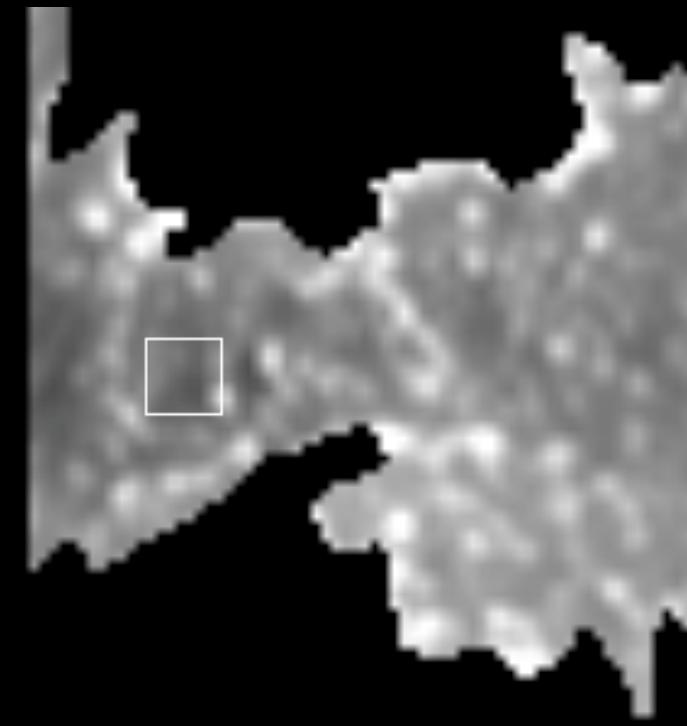
- 空間ピクセルサイズ
0.16秒角
- マップ(40 wavelength point
scan)の時間間隔 37秒

Bright Point

Doppler shift@line center
of Fe I 709nm



Speckle image of
continuum at 721nm



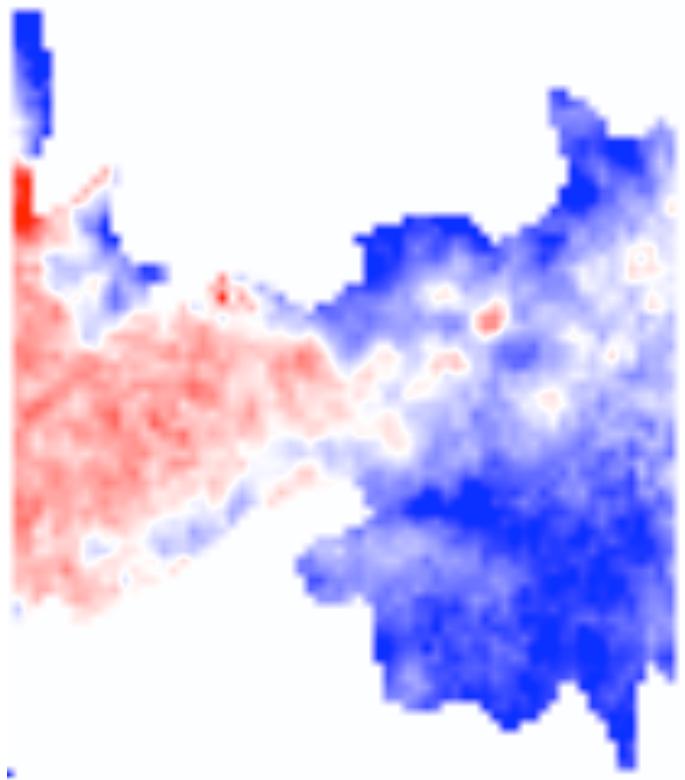
dark core

blue shiftを伴う
輝点を発見

Doppler shiftは、5分振動成分を取り除く
ために、9 frame(約5.5分)を平均してある
速度のゼロ点は、dark coreでの平均値

Bright Point

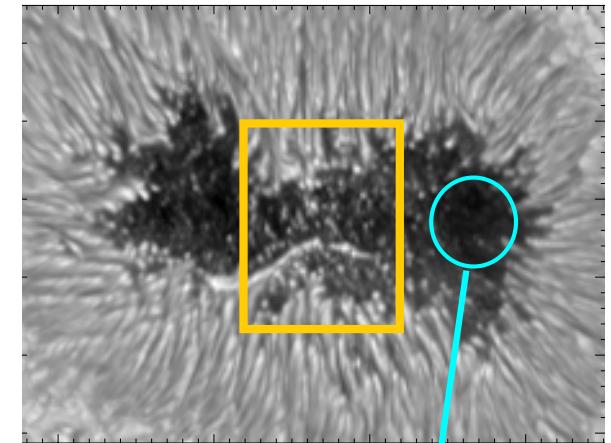
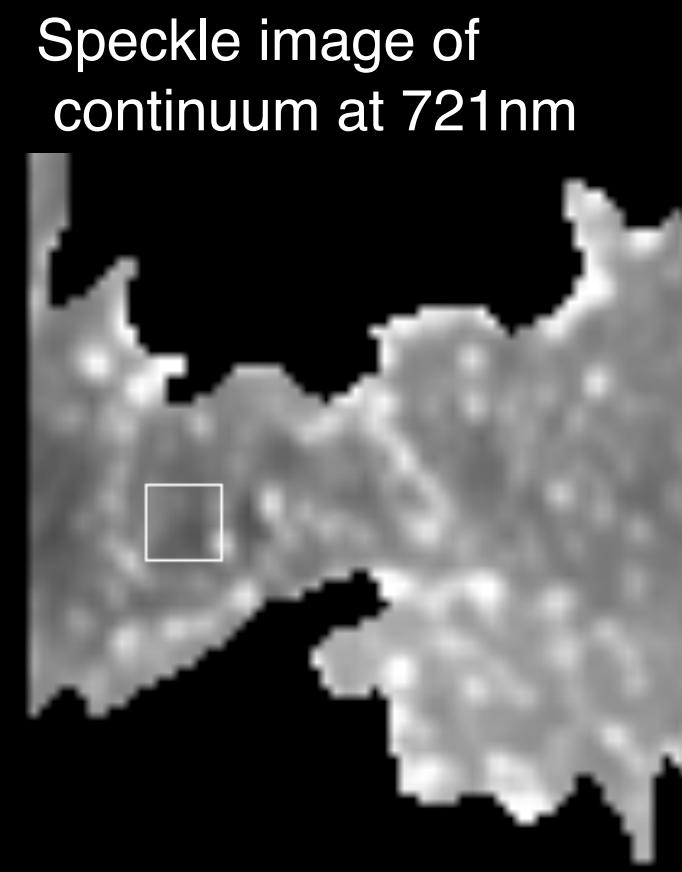
Doppler shift@line center



← 10秒角 →

-0.12km/s 0.12km/s

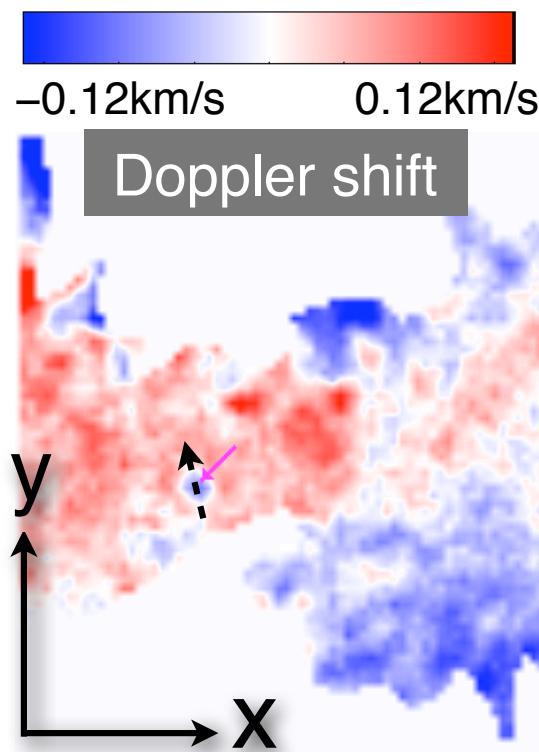
Speckle image of
continuum at 721nm



dark core

blue shiftを伴う
輝点を発見

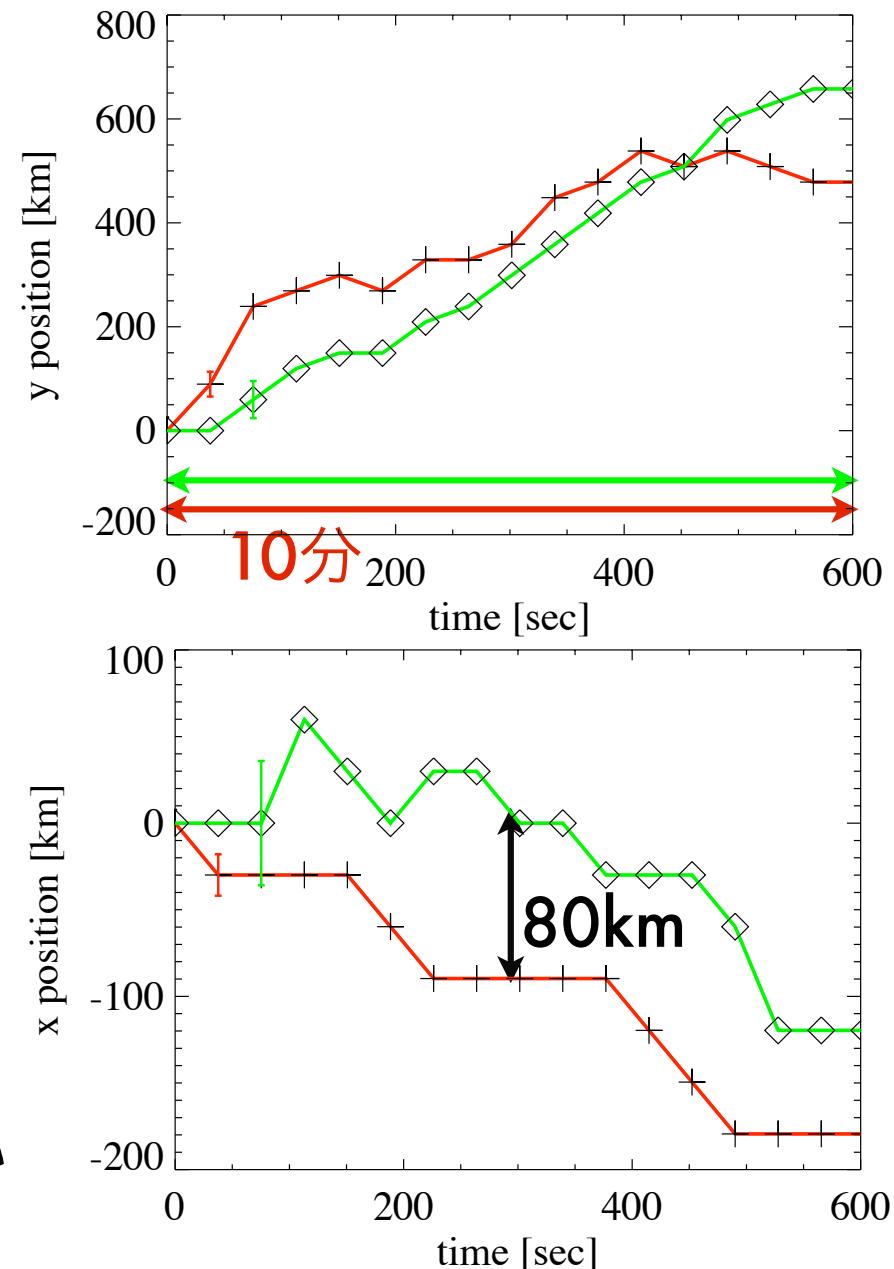
Doppler shiftは、5分振動成分を取り除くために、9 frame(約5.5分)を平均してある速度のゼロ点は、dark coreでの平均値



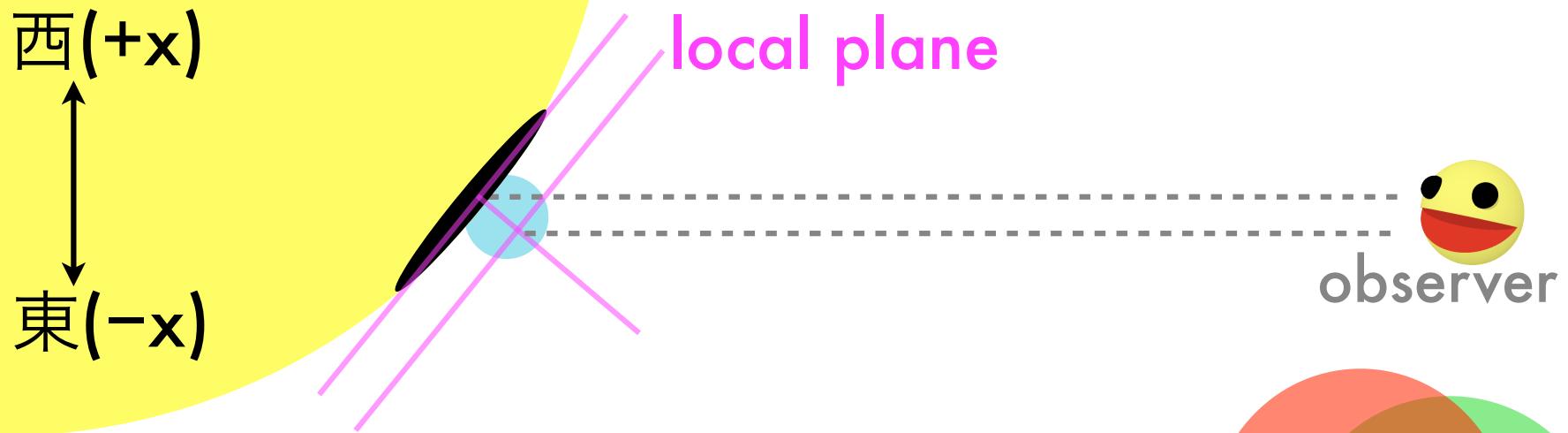
寿命と位置ずれ

赤:Doppler shiftでの
上昇流の位置
緑:continuum image
での輝点の位置

- 寿命は約10分
- 直径は最大の時で600km
- x方向(東西方向)への輝点の位置
ずれ
- ▶ Doppler shiftとcontinuum
imageでの見ている高さの違い

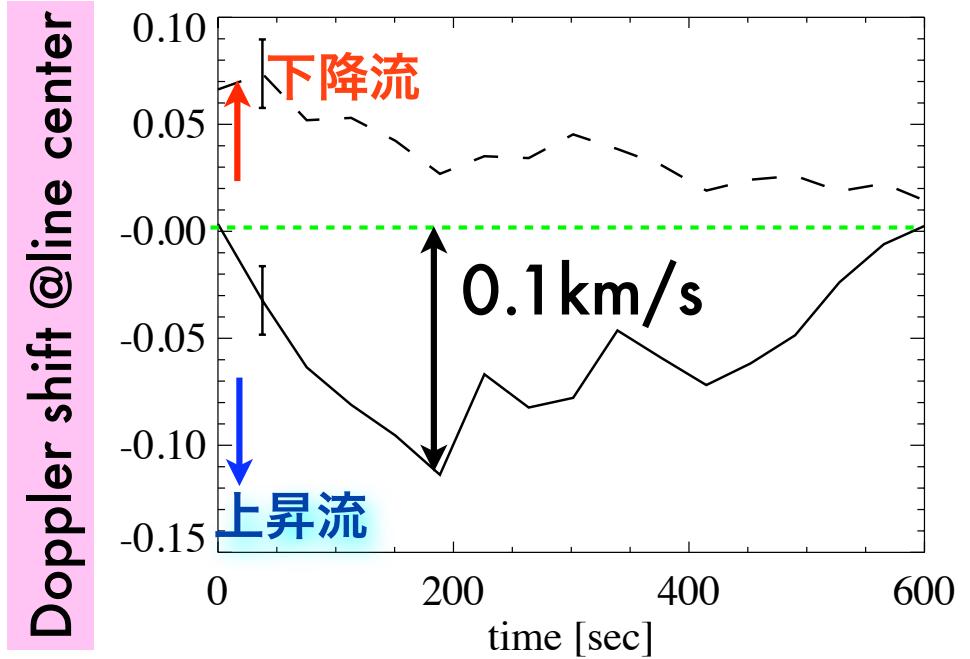
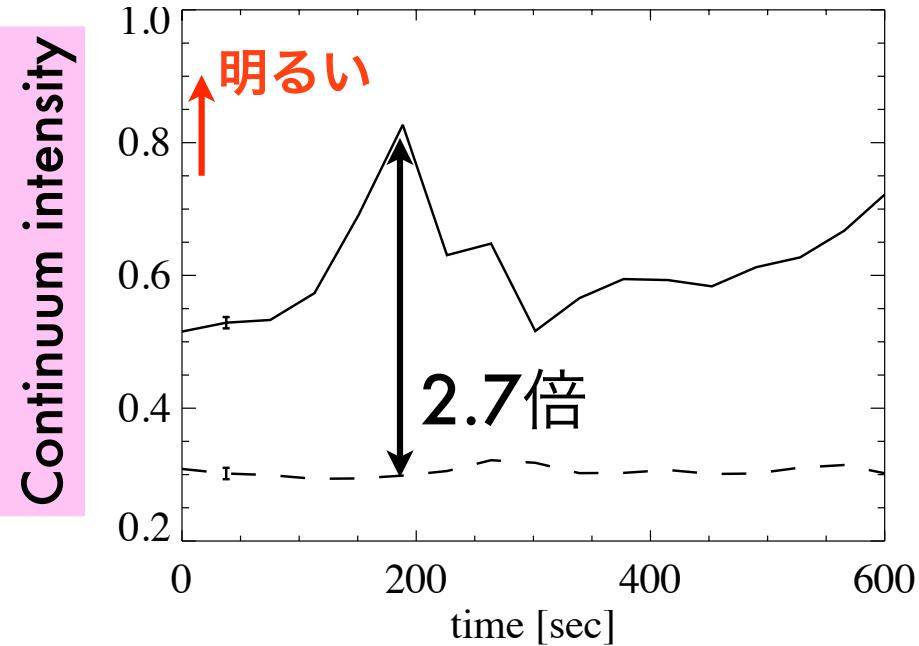


位置ずれ解釈



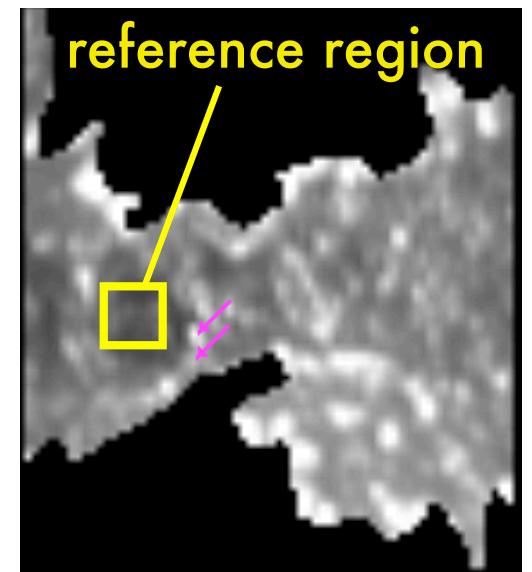
- 黒点の太陽面上での位置 西に 36°
- 輝点の位置ずれから計算したline formation height
 - ▶ $\frac{\text{continuum intensity}}{\text{(Doppler line center)}} < 140\text{km}$ の差

輝点の時間変化

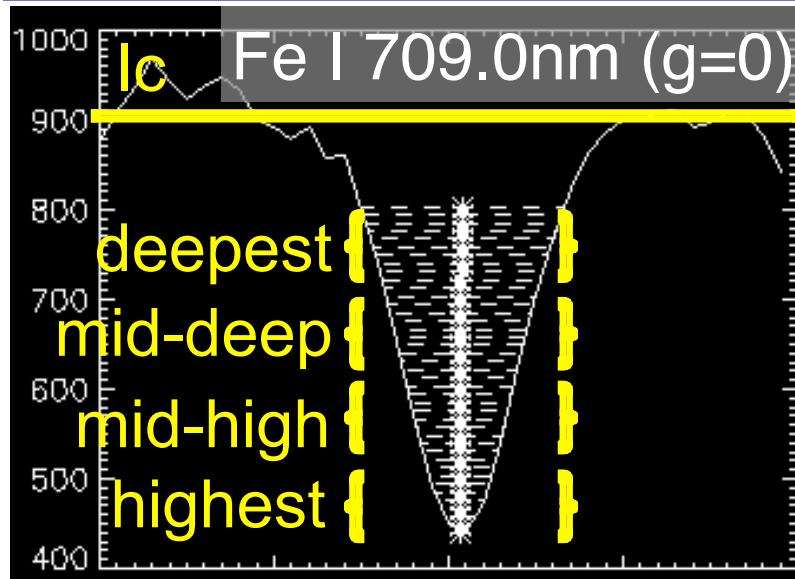


実線:輝点 破線:reference region

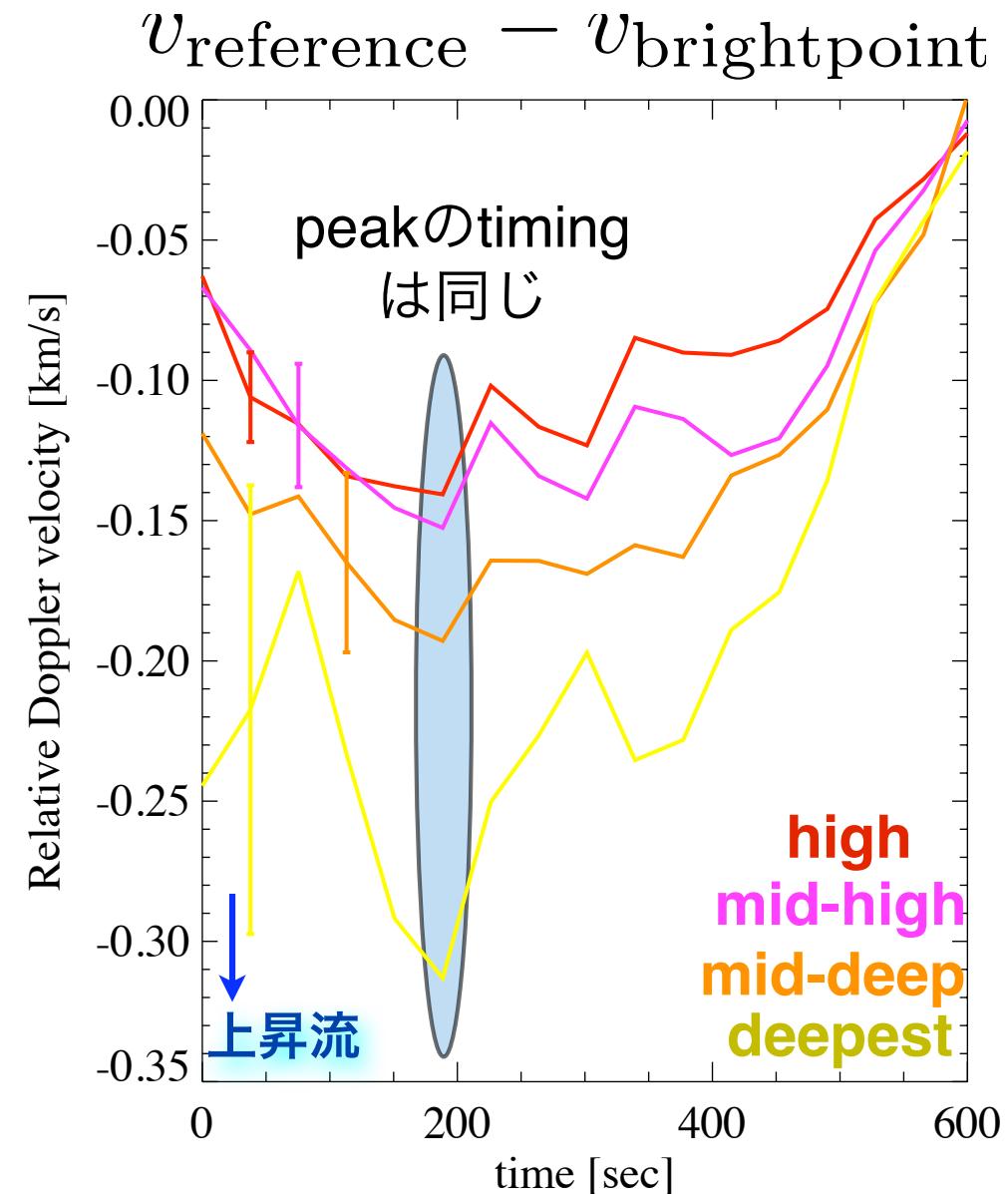
- Continuum intensityが最も明るくなった時、上昇流も最大値 0.1km/s をとる
- 暗部中心方向への侵入速度は、 $1.0\text{-}2.0\text{ km/s}$
(一般的なperipheral umbral dotより速い)

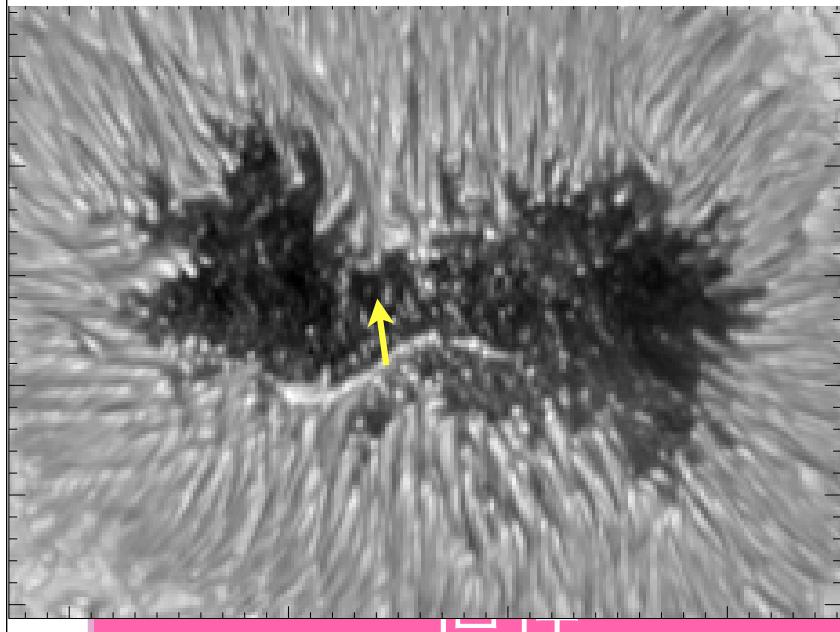


高さ方向の上昇流分布



- bisector analysis
 - ▶ 10点を平均
 - ▶ 高さ方向への違い
- 深い層ほど速い上昇流 $\sim 0.3 \text{ km/s}$





summary

10 分

600 km

1.0-2.0 km/s

peripheral umbral dotより速い
明るい構造(light bridge?)に沿った方向

line centerで~0.1 km/sの上昇

吸収線の浅い所で~0.3 km/sの上昇

輝点の位置の東西方向のずれ

line center (Doppler)とcontinuum
(intensity)で140 kmの違い

水平方向 移動速度

視線方向 Doppler shift

line formation height

Discussion

- 下層からの磁気対流によるガスの上昇
- 傾いた磁場中でのinward migration

Q. 上昇したガスはどこへ行く？

...下降流は見つからず

Q. なぜperipheral umbral dotより速い？

... light bridge付近は磁場が弱いから

Q. line formation heightが違うのに、同じタイミングでpeakを持つのはなぜ？

... 実際は4 km/s以上 (=140km/37sec)で上昇している？

Q. Blue shiftを伴わない輝点のメカニズムは？

... 同じpathを通る後続の輝点にはblue shiftなし？

End of the Talk

Special Thanks...

北井 礼三郎 先生

一本潔 先生

Alexandra Tritschler さん

Thoman Rimmeli さん

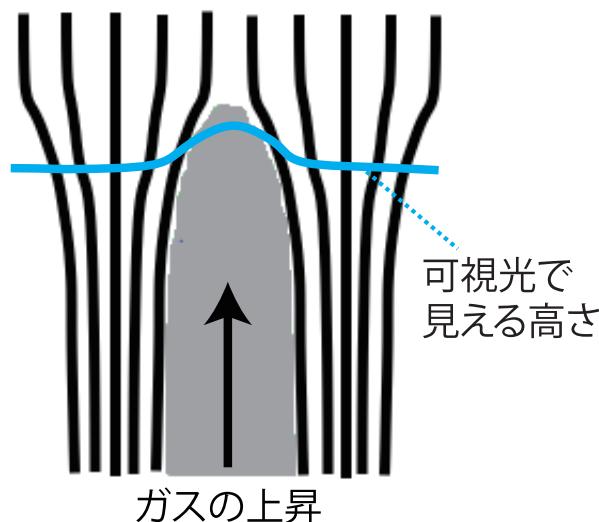
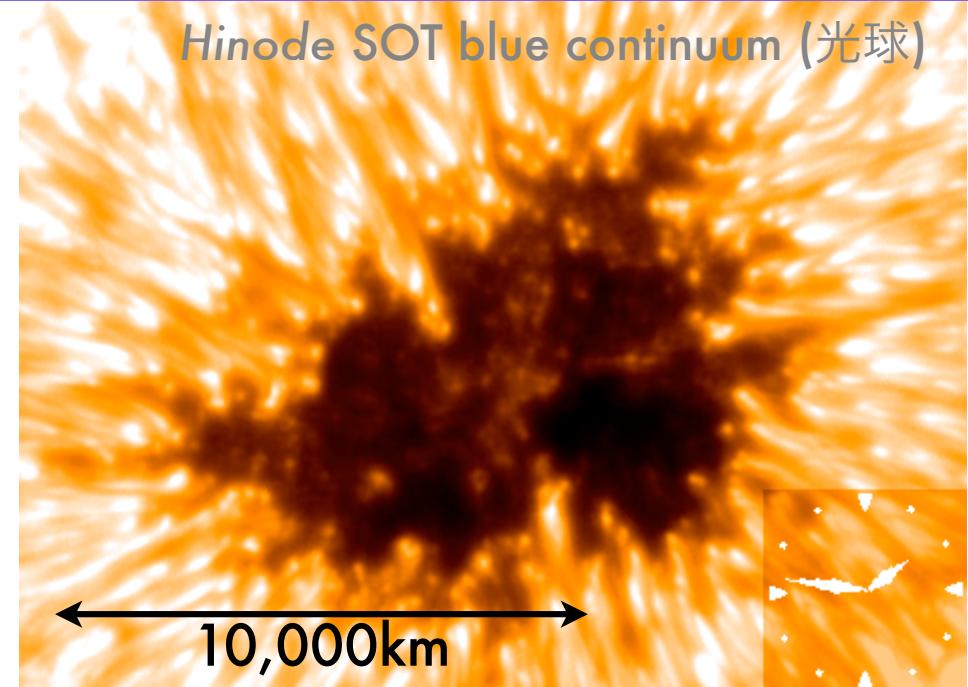
Rolf Schlichenmaier さん

Backup slides

Intro. Umbral Dot

■ Umbral dot の性質

サイズ	200 - 400 km
寿命	5-40 分 典型的には10 分
固有運動	peripheral: 0.5-1km/s で暗部中心方向 central: なし
磁場強度	2000-2500 Gauss 周囲より数十Gauss弱い
ドップラー速度	上昇流 30 - 100 m/s

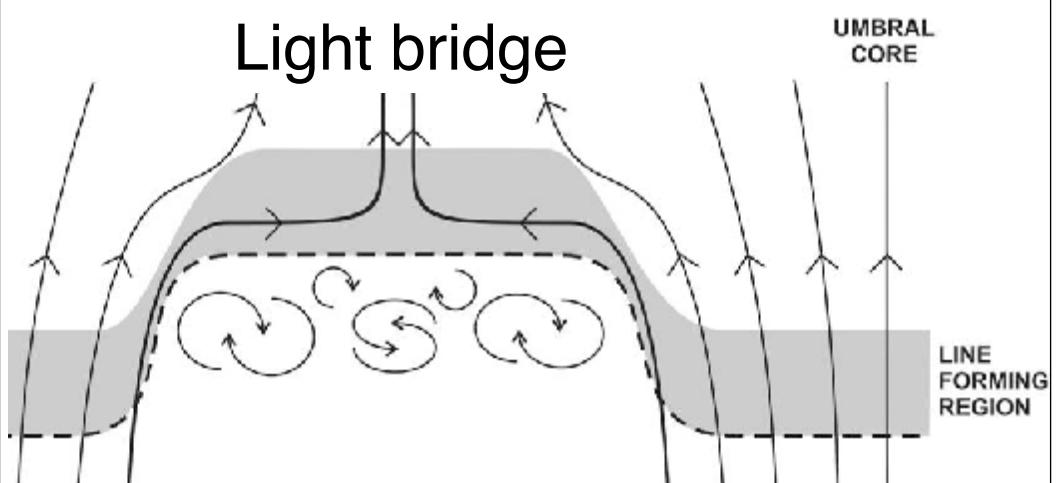
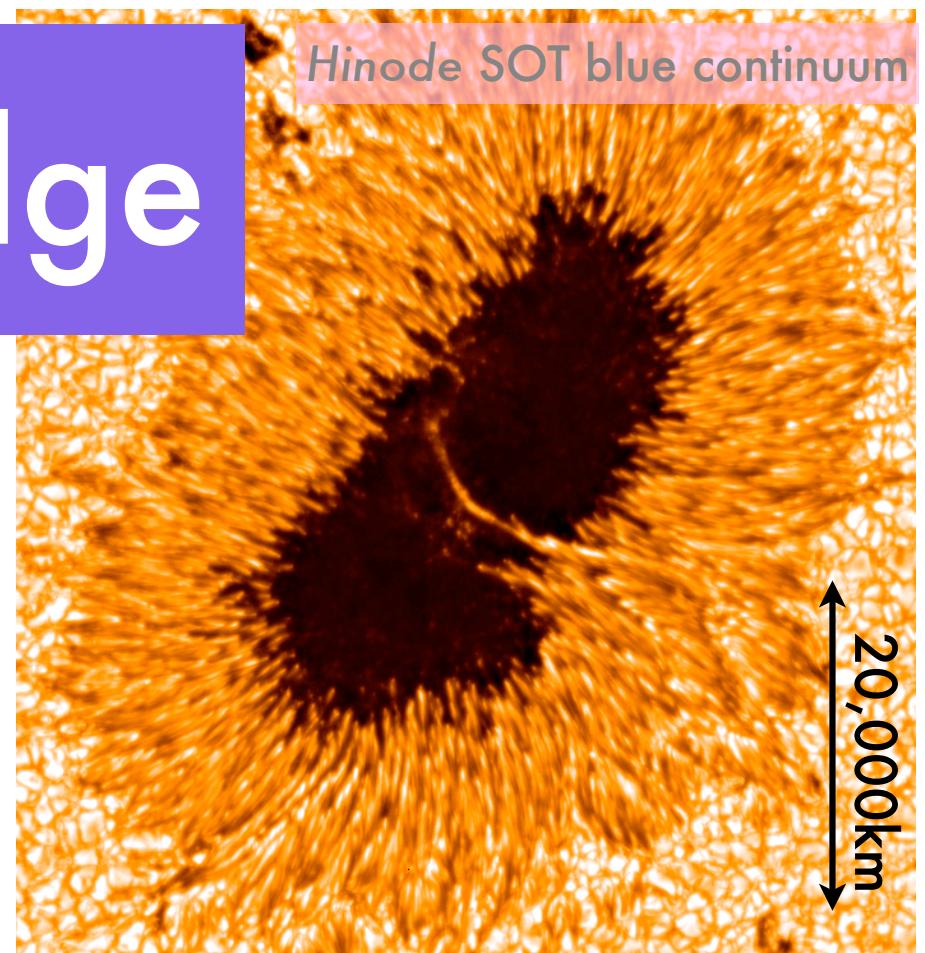


対流による
高温ガス
の上昇

Intro. Light Bridge

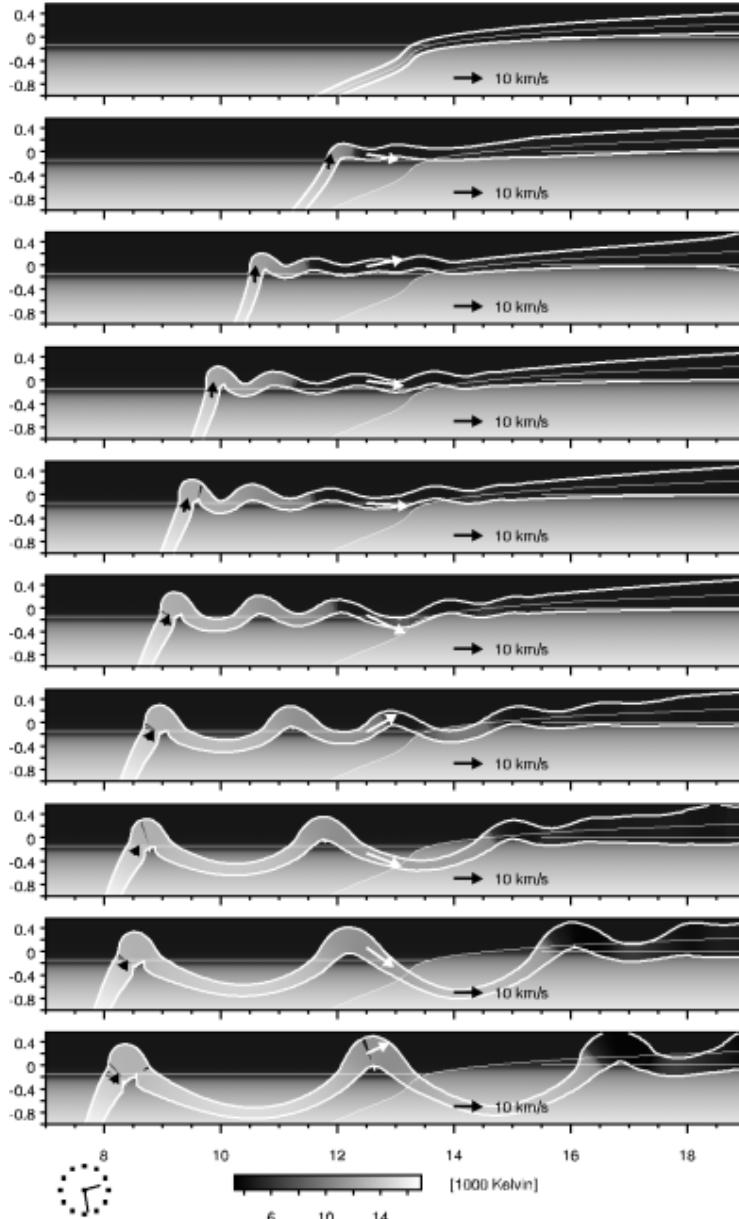
■ Light bridge の性質

サイズ	幅 500-3000 km 長さ 数千, 数万km
寿命	数日(黒点崩壊期に多い)
見た目 の分類	半暗部タイプ 粒状斑タイプ
磁場強度	1000-2000 Gauss 周囲より数百Gauss弱い
ドップラー 速度	明るさと上昇流に正の 相関 (Rimmele 1997)



Jurčák et al. 2006

Inward migration



- Schlichenmaier et al. (2002)
- moving tube model
- 磁束管の浮上に伴う足元の
inward motion
- central UDは再現できない
- penumbraの明るさを説明で
きない

MHD simulation

- 下降流はまだ観測されていない
- central UDとperipheral UDは、磁場の傾きが違うだけ

