

# 活動領域NOAA9957の 磁気中性線近くに見られた 光球面下降流

滝澤 寛<sup>1</sup>, 北井礼三郎<sup>1</sup>, 張印<sup>1,2</sup>

1 京都大学, 2 中国科学アカデミー

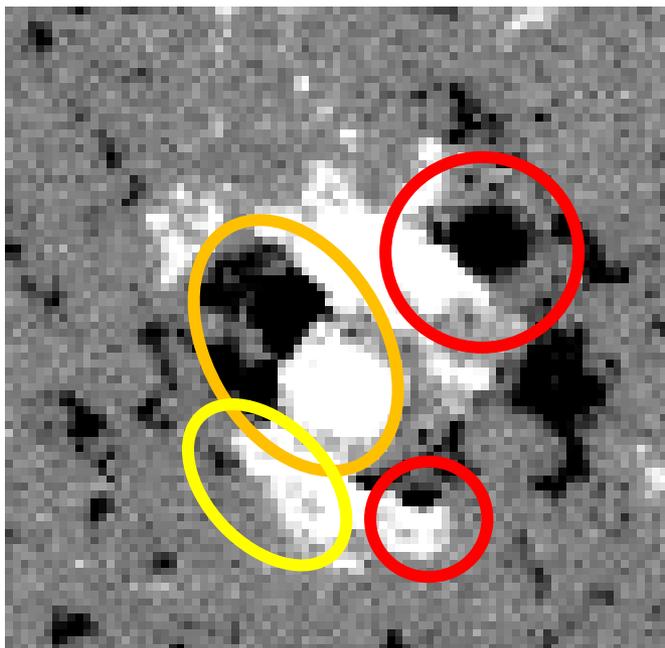
2011 Dec27 太陽恒星研究会 於 東京大学

# ●予備知識 太陽黒点のいくつかのタイプ

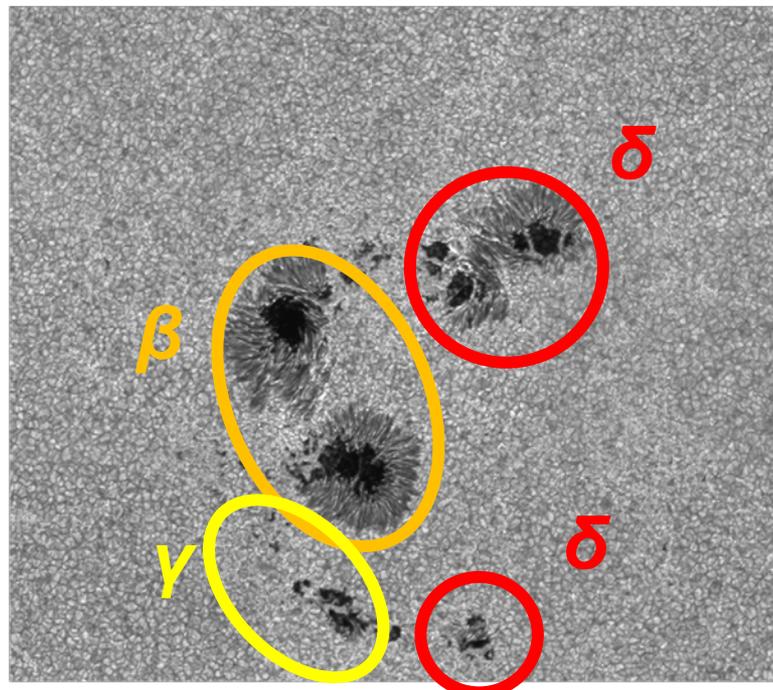
AFWAMAN 15-1,10 March 2003

UNIPOLAR GROUPS	ALPHA ( $\alpha$ )	
	ALPHA p ( $\alpha\rho$ )	
	ALPHA f ( $\alpha F$ )	
BIPOLAR GROUPS	BETA ( $\beta$ )	
	BETA p ( $\beta\rho$ )	
	BETA f ( $\beta F$ )	
	BETA - GAMMA ( $\beta\gamma$ )	
COMPLEX GROUPS	GAMMA ( $\gamma$ )	
	GAMMA - DELTA ( $\gamma\delta$ )	
		WEST <span style="float: right;">EAST</span>

## NOAA 10786



2005.7.8 SOHO,MDI

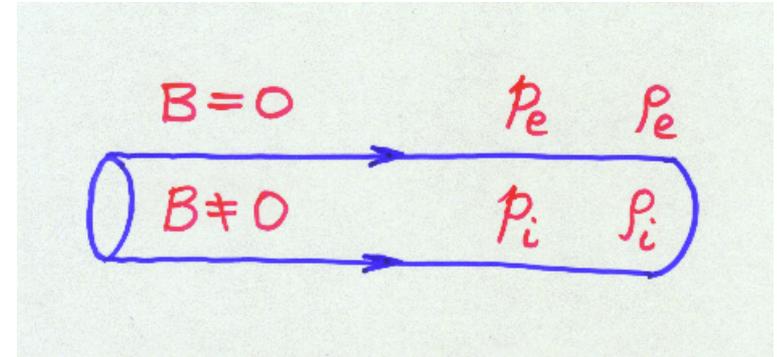


2005.7.8 DOT

Target of my master thesis study

# ●予備知識 太陽面浮上磁場

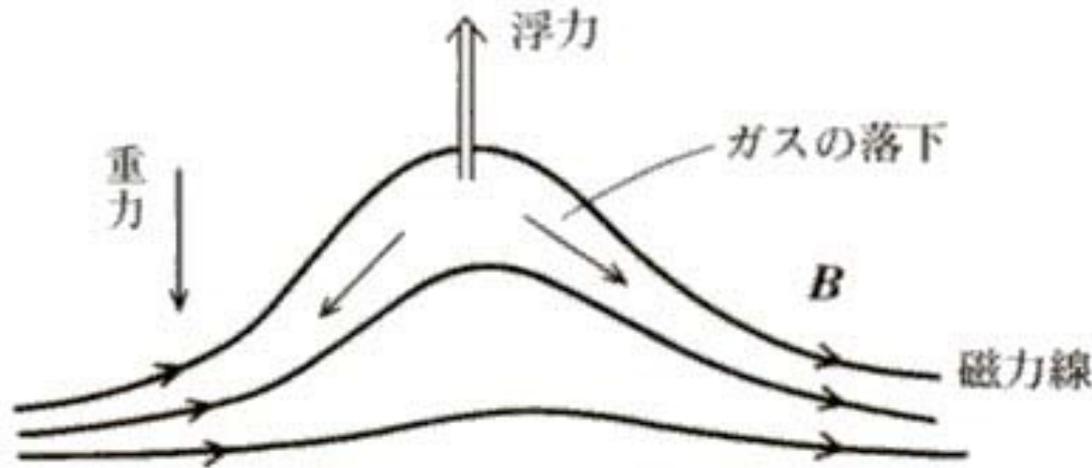
## パーカー不安定による 浮上磁場の説明図



$$p_e = p_i + B_i^2 / 8\pi$$

$$K_B T \rho_e / m = K_B T \rho_i / m + B_i^2 / 8\pi$$

$$\Delta \rho g = (\rho_e - \rho_i) g$$



●磁力線を持ち上げる変形を与えると、磁力線に沿ってガスが流れ落ち、浮力が発生する。

# 今日のお話のエッセンス

- $\delta$  タイプの活動領域（とりわけ  $\beta\gamma\delta$ 型）は、活発なフレア活動を示す (Sammis et al. 2000).
- しかしながら、いくつかの  $\delta$  領域は、それほど激しい活動を示さない (Zirin & Liggett 1987).
- 第23期の  $\beta\gamma\delta$  領域を調べる中で、不活発で、減衰期にある  $\beta\gamma\delta$  領域で、磁束管の沈み込み (submergence) と考えられる現象を発見

# 太陽活動23期の $\beta\gamma\delta$ 領域の特徴

$\delta$ 型黒点群の60%で M クラス以上のフレアが発生

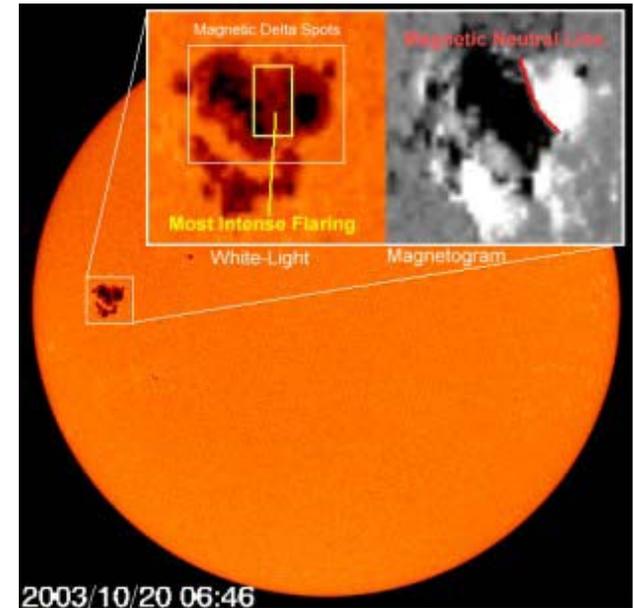
$\delta$ 型黒点は、最も強力なフレアを起こす、極めて活発な活動領域

$\beta\gamma\delta$ 黒点群の71%で M クラス以上のフレアが発生

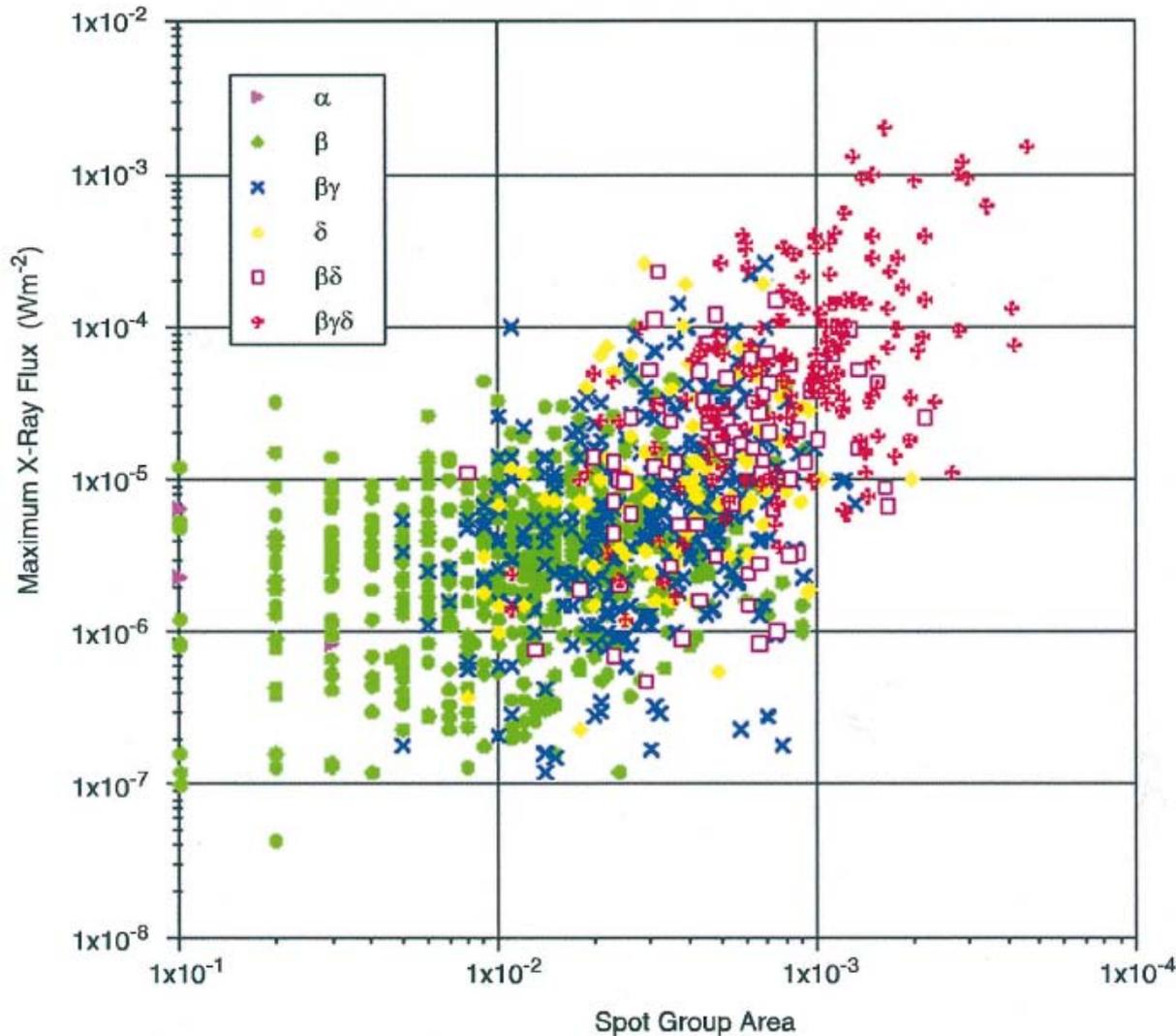
$\delta$ 型黒点群のなかでも、 $\beta\gamma\delta$ 型黒点群が、もっとも複雑に発達したタイプ

## ● $\beta\gamma\delta$ 型

$\beta\gamma$ 型の黒点群で、少なくとも、ひとつ $\delta$ 型の黒点をもつもの



# 黒点群面積 vs X-Ray Fluxの最大値

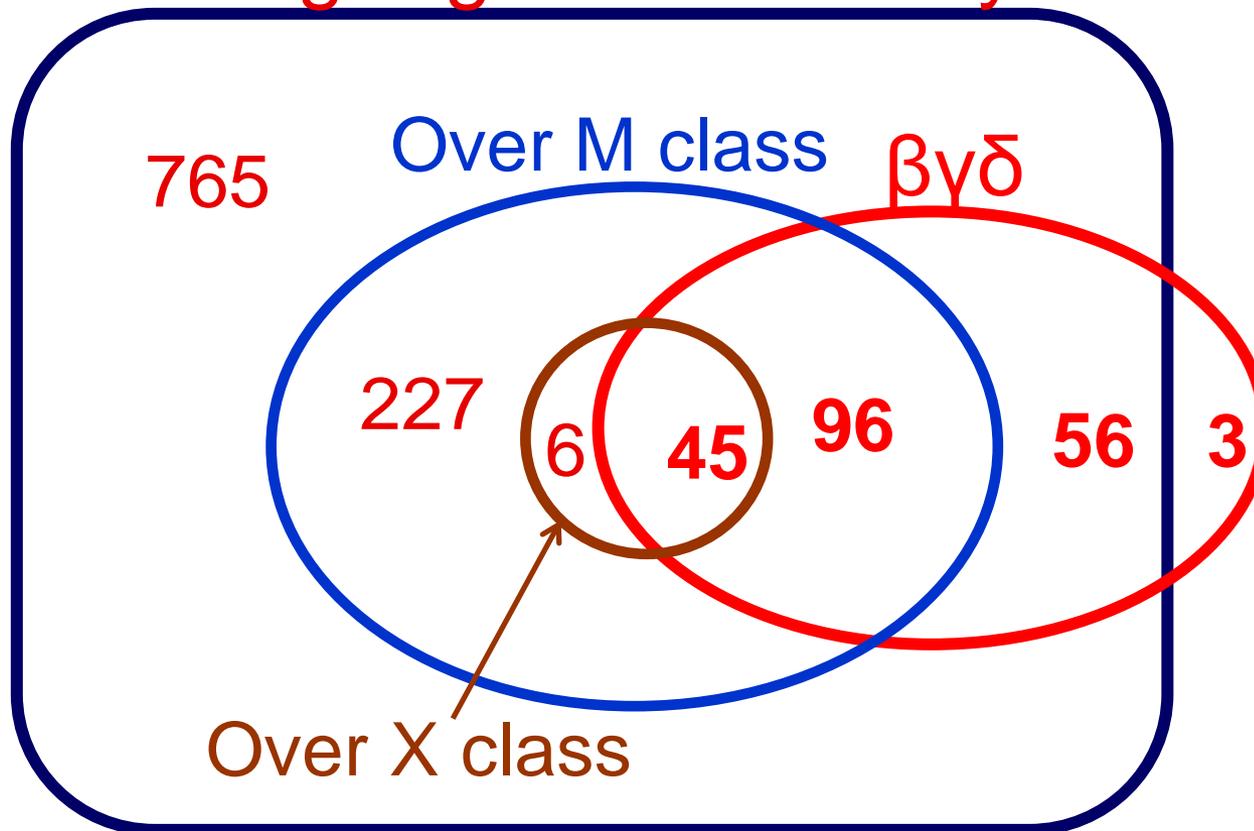


この図から  $\beta\gamma\delta$  群 が最大  
かつ最も強い磁気フラッ  
クスをもつことがわかる  
赤い+印

Sammis et. al. ApJ 2000

# 23期における $\beta\gamma\delta$ 型黒点群の特徴

## Flaring regions in 23<sup>rd</sup> cycle



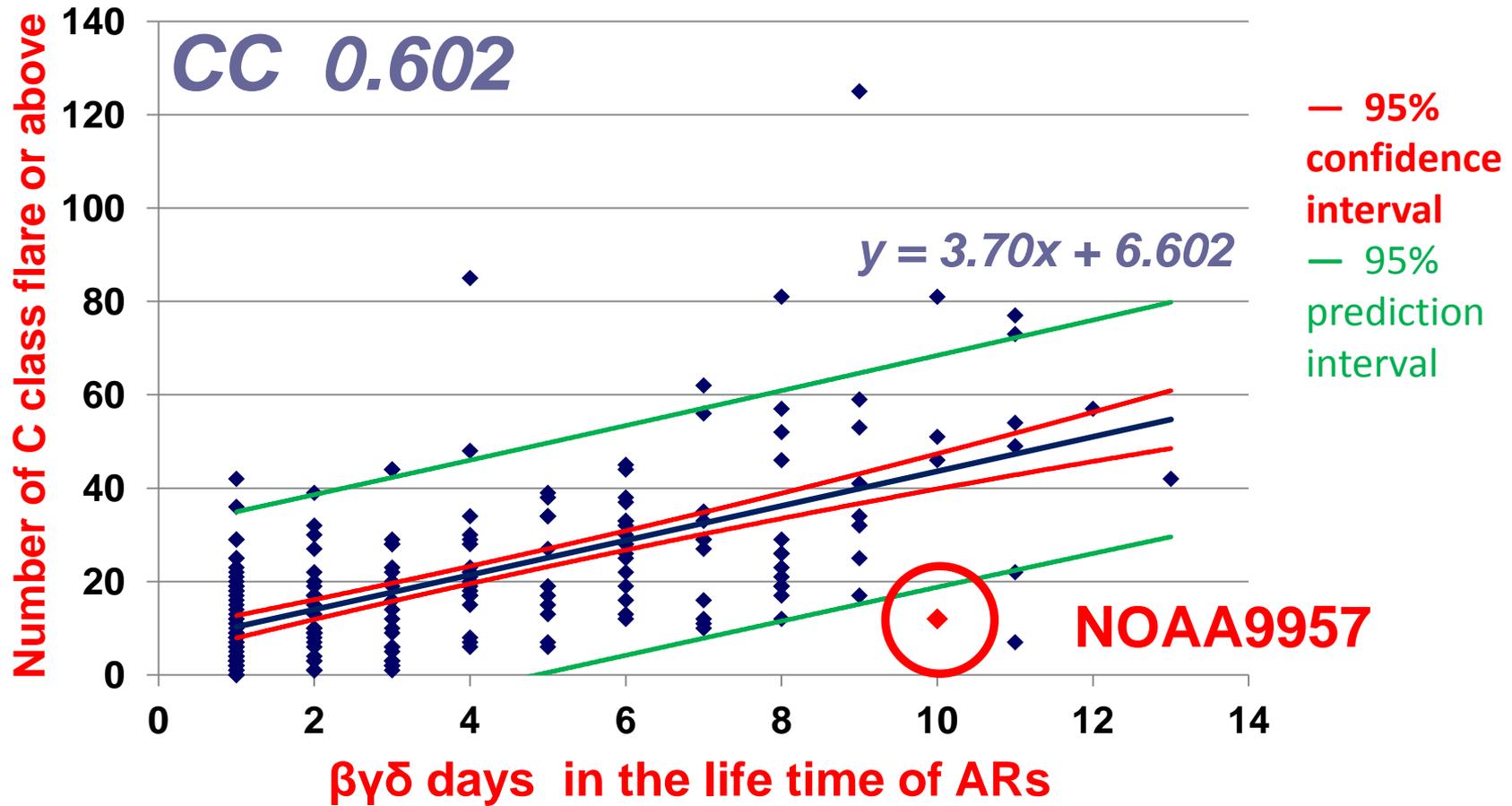
- $\beta\gamma\delta$  型：23期 の200群中141群でMクラス以上のフレアが発生

71.5%

- $\beta\gamma\delta$  型にあって、活発群と不活発群を比較検討することが重要

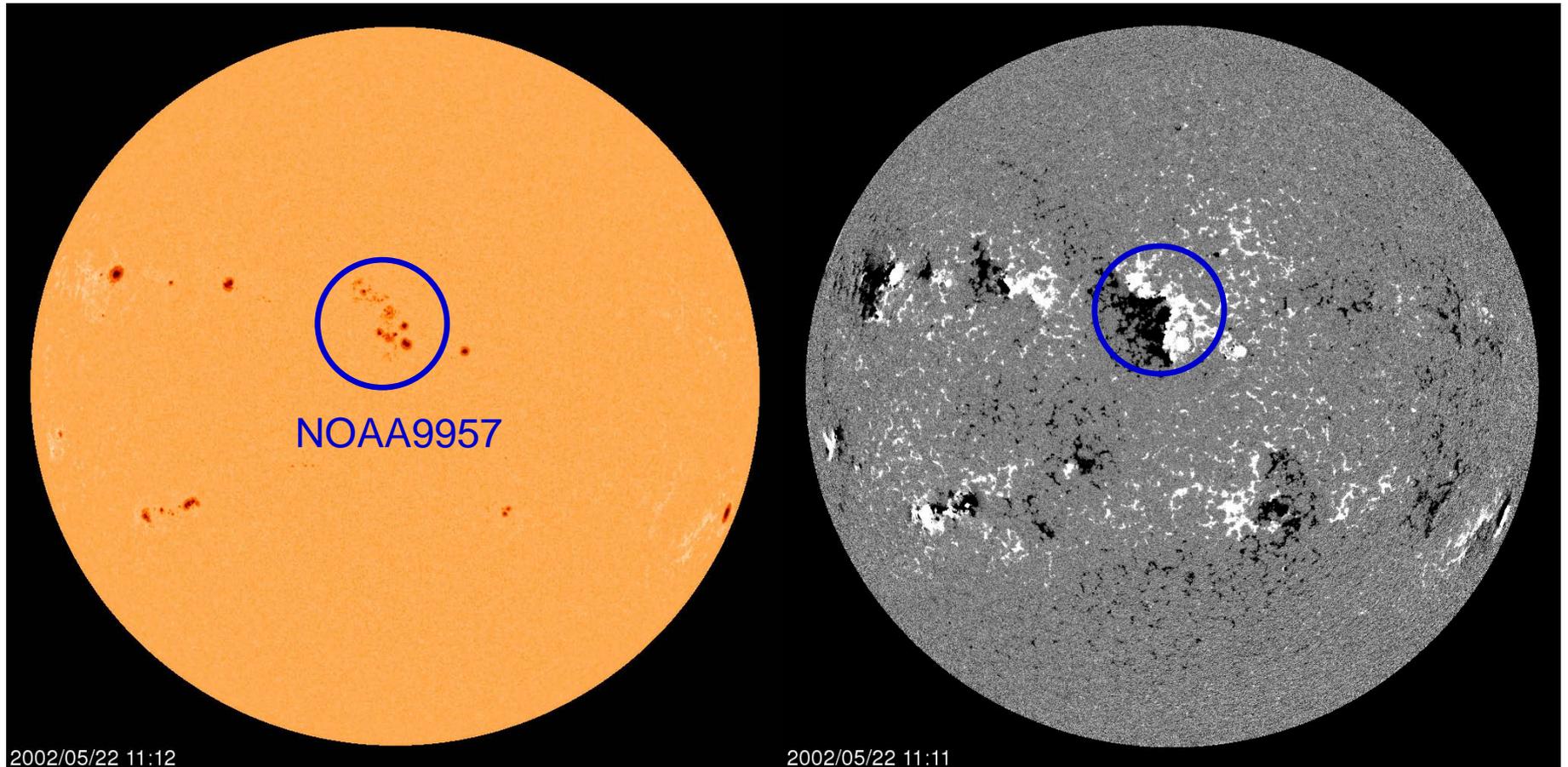
# $\beta\gamma\delta$ 寿命 vs. フレア数

200  $\beta\gamma\delta$  regions in the 23 cycle



活動領域の $\beta\gamma\delta$ 型の期間が長いほど、フレアの発生数が多い

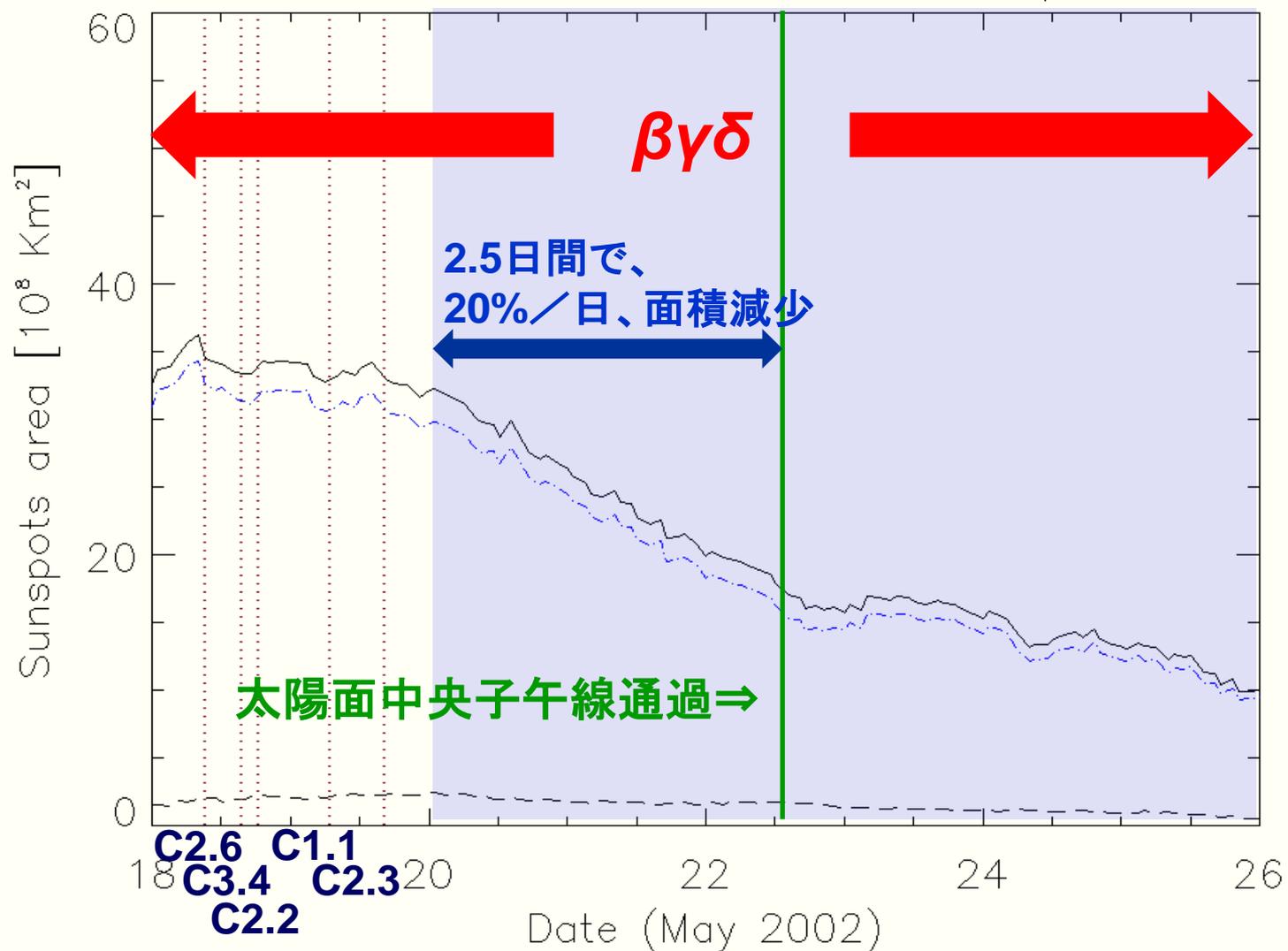
# NOAA 9957の特徴



- 2002 May 16 ~ May 28 (13日間) 太陽面上で観測
- 2002 May 17 to May 26 (10日間)  $\beta\gamma\delta$ 型に区分
- Cクラス以上のフレアが12回発生 (May 20 ~ 26 フレア発生せず)
- Mクラスフレア(M2.0)はMay 27に一度だけ(太陽西縁部付近)

# NOAA 9957 黒点面積の時間変化

NOAA 9957 Time Variation of Sunspots Area



# 利用したデータ

- SOHO-MDI Dopplergram

normal mode 1 image/min, 2"/pixel

2002 May 17 ~22,24~25

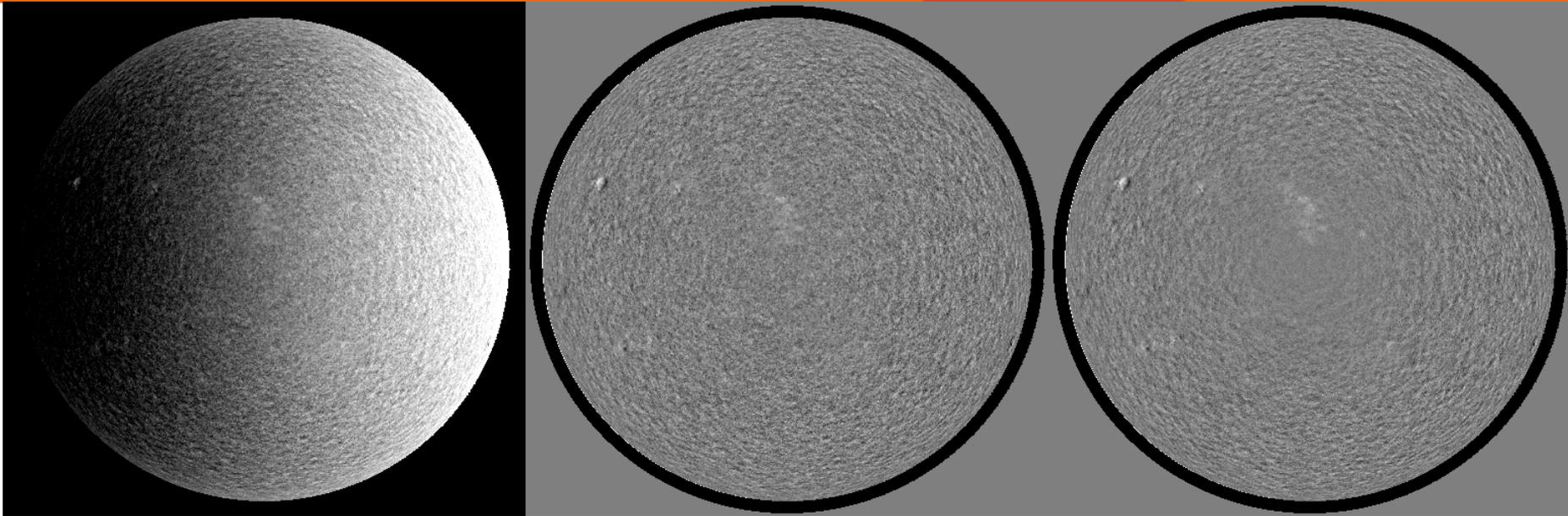
high resolution mode 1 image/min, 0.6"/pixel

2002 May 17 ~22~23

- Magnetogram & Intensitygram

normal mode 1 image/96min, 2"/pixel

# 解析手法(主に Dopplergram について)

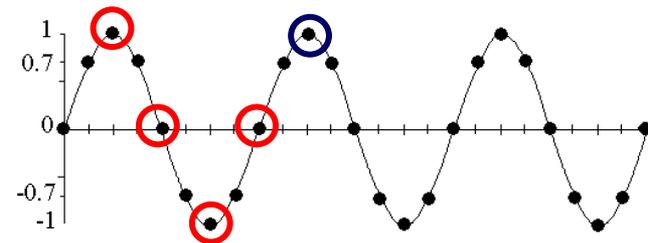


## ● データ補正

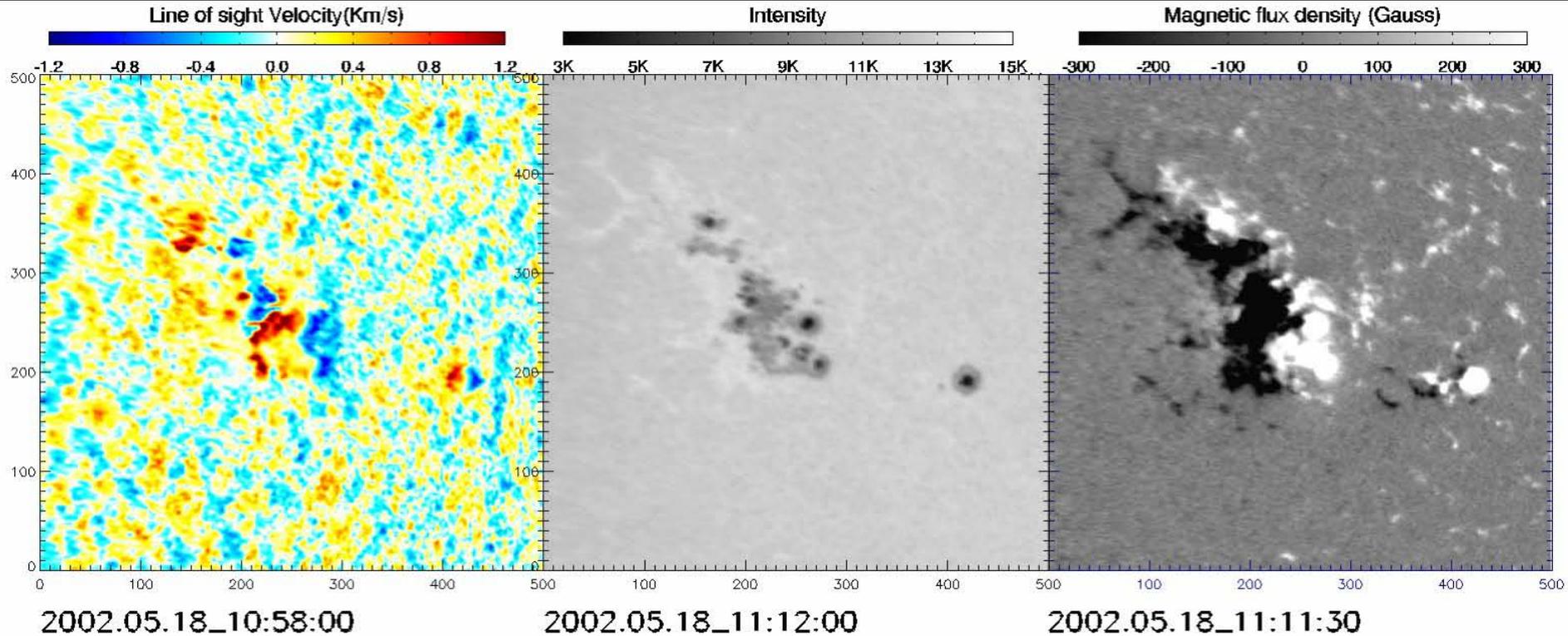
7689画像の平均画像と各画像の差を求めることで、太陽自転効果を補正。さらに連続する4画像平均を求め、太陽面の5分振動の影響を除去

撮像の時間ギャップ等から、6638画像が利用可

● high resolution modeの1590画像にも、同様のオペレーションを行った(1461画像が利用可能)

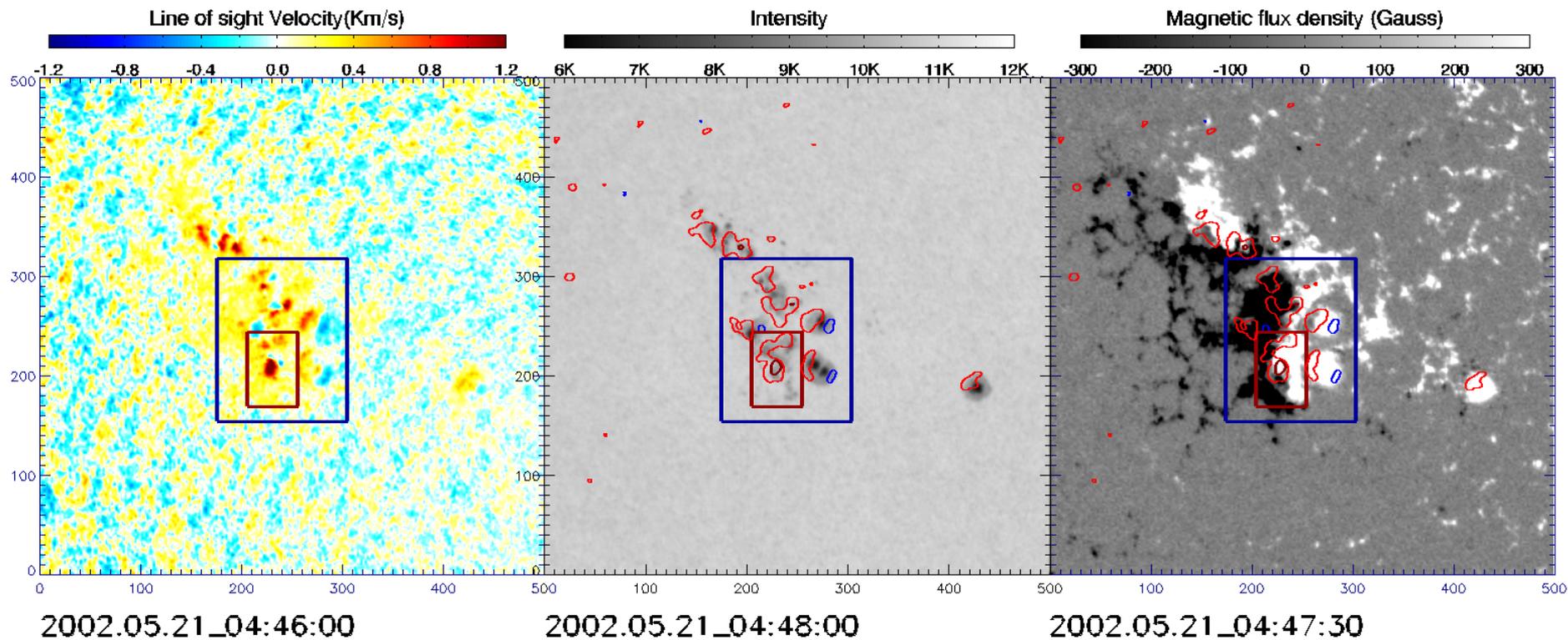


# NOAA9957の時間発展

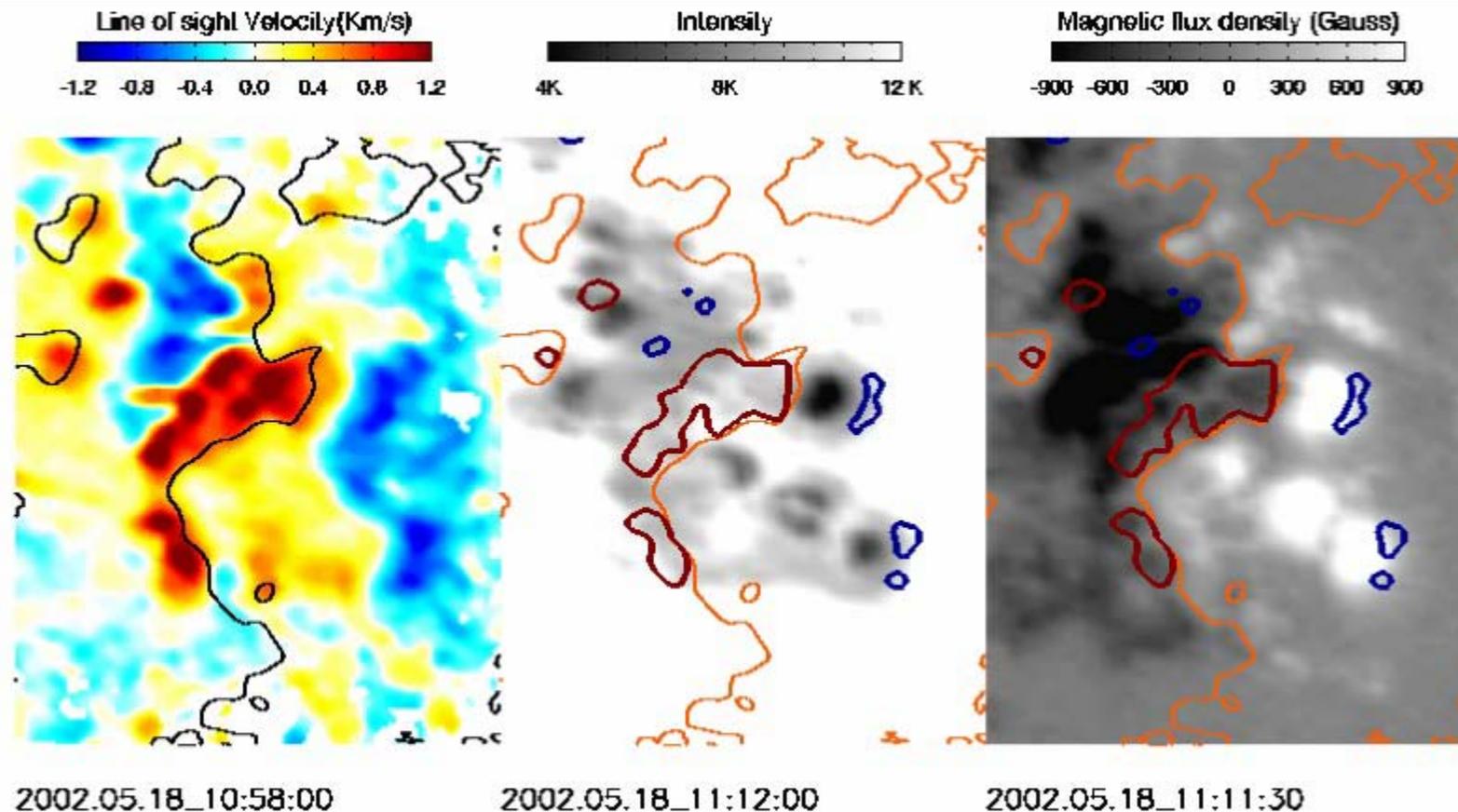


- 円形の黒点の周囲には、のような、Evershed flowパターンが見える  
太陽面中心側の、黒点半暗部は赤方変位 (red shift) のパターンを示す
- 静穏領域に見られる一般的な空色と黄色のパターンは主に granule motionによる
- **最も顕著なRed Shiftが減衰すると同時に半暗部が消失**
- 太陽面子午線通過時刻は May 22 12:00UT頃
- May 22 20:00UT 以降のDopplergramは、高解像度モード (0.6arcsec/pixel)

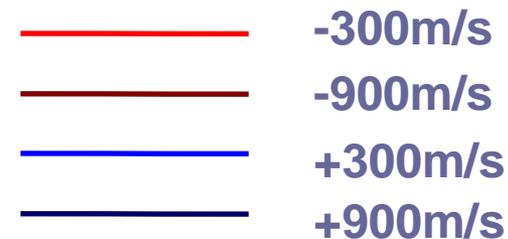
# 注目エリア



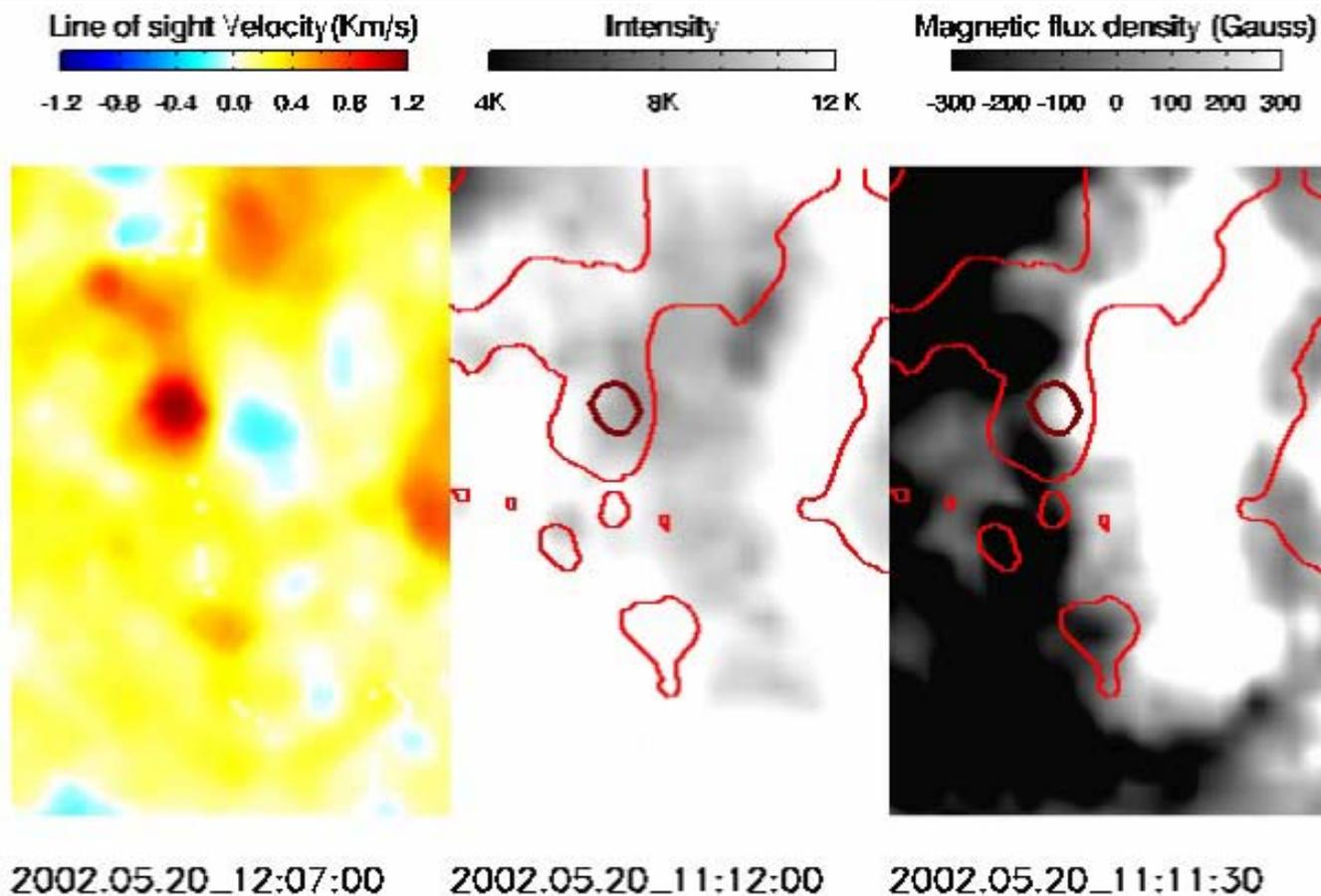
# 注目エリア(青枠拡大図130×165)



- 観測期間中、西側の2つのN極黒点から moat flow が磁気中性線に向かって流れ続けていた。
- 一方、S極成分は、全体的に磁気中性線に向かって、東から西に動いた。



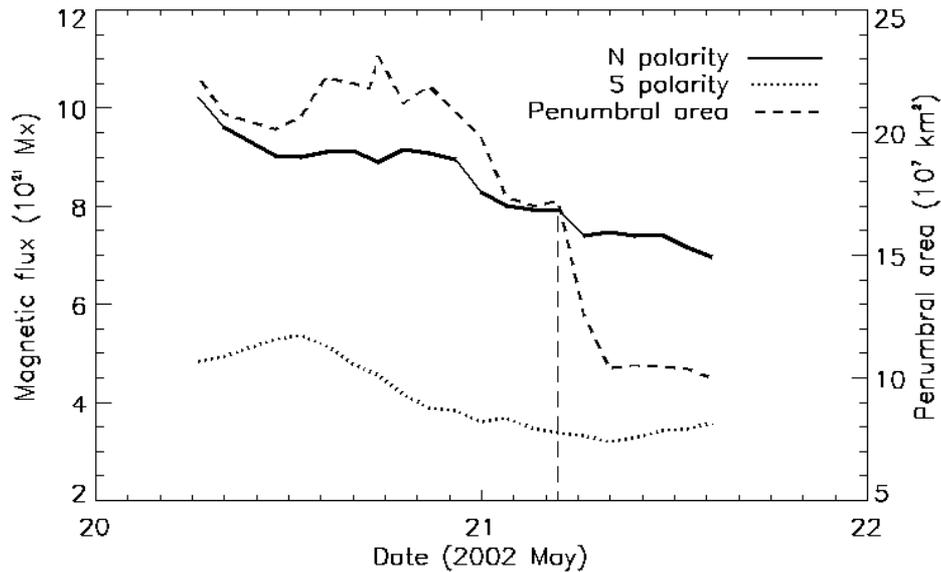
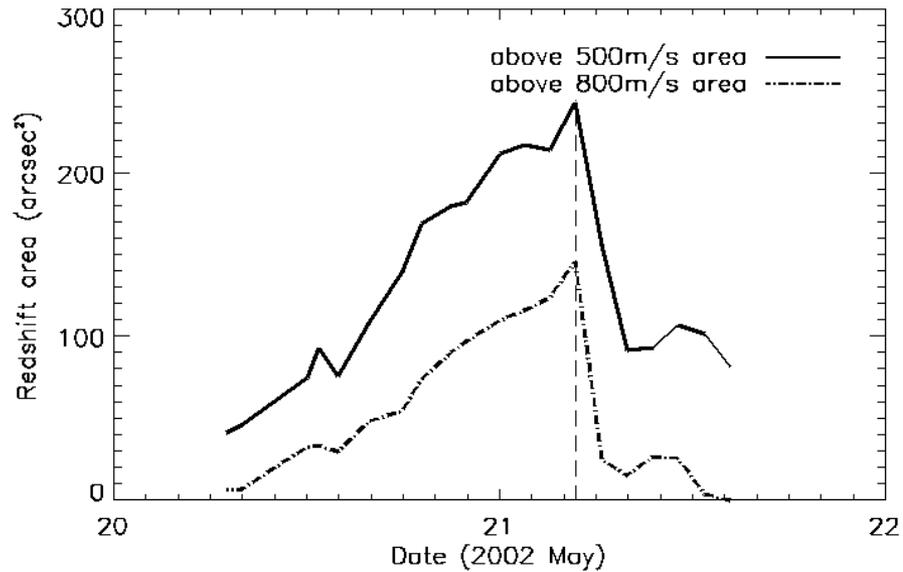
# 注目エリア (赤枠拡大図 50×75)



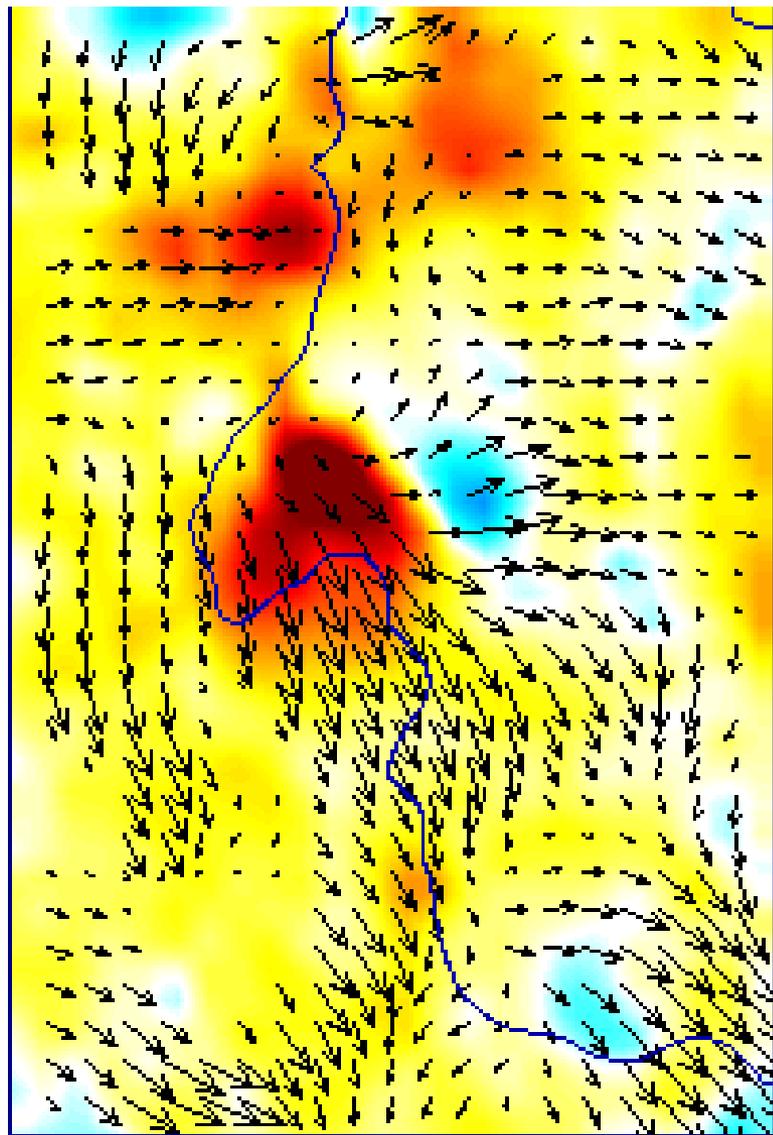
- 磁気中性線近くで1km/s 以上の下降流が15時間以上持続
- 300m/s のRed Shift コンターが、NS両極性を常に含む

— -300m/s  
— -900m/s

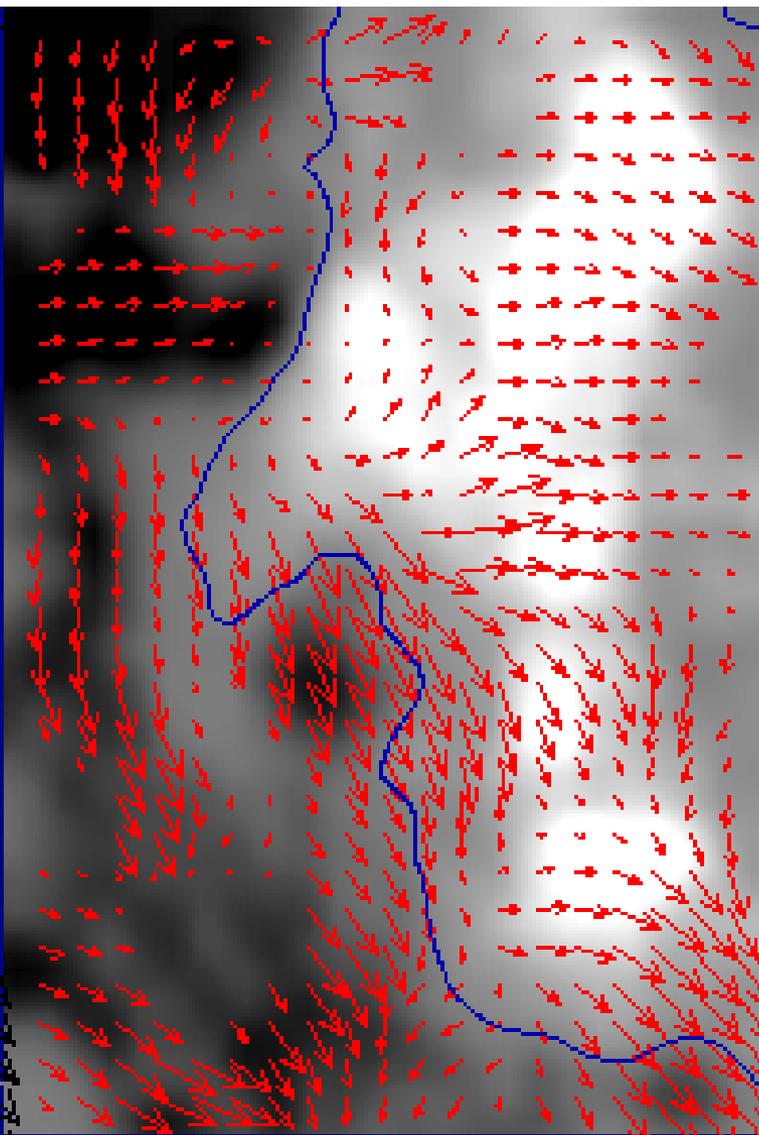
# 顕著なRed shift エリアの速度場面積の変化と半暗部変化



# 磁気中性線近くの収束流



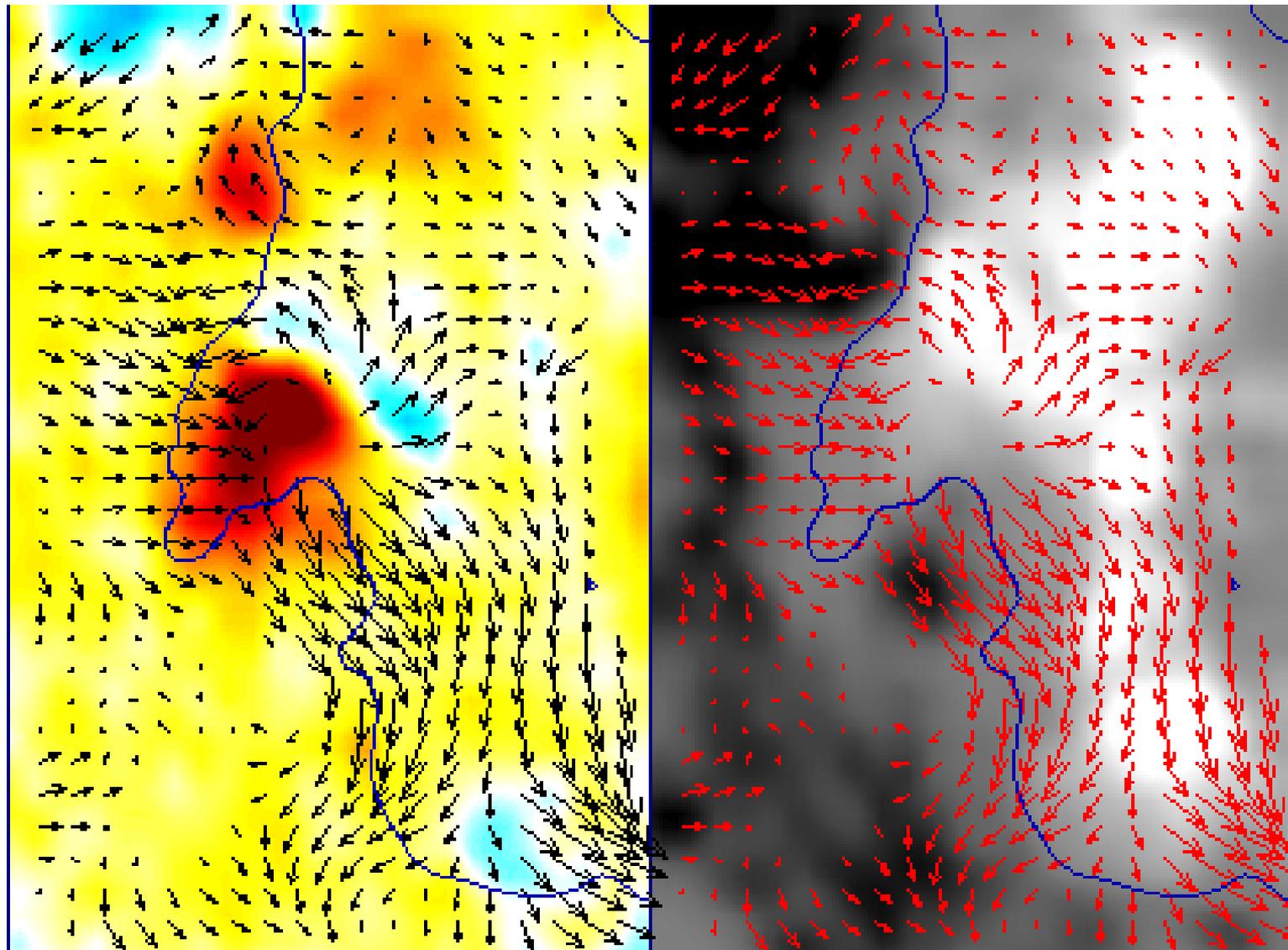
05.20\_21:58:00



05.20\_22:23:30

→  
100m/s

# 磁気中性線近くの収束流

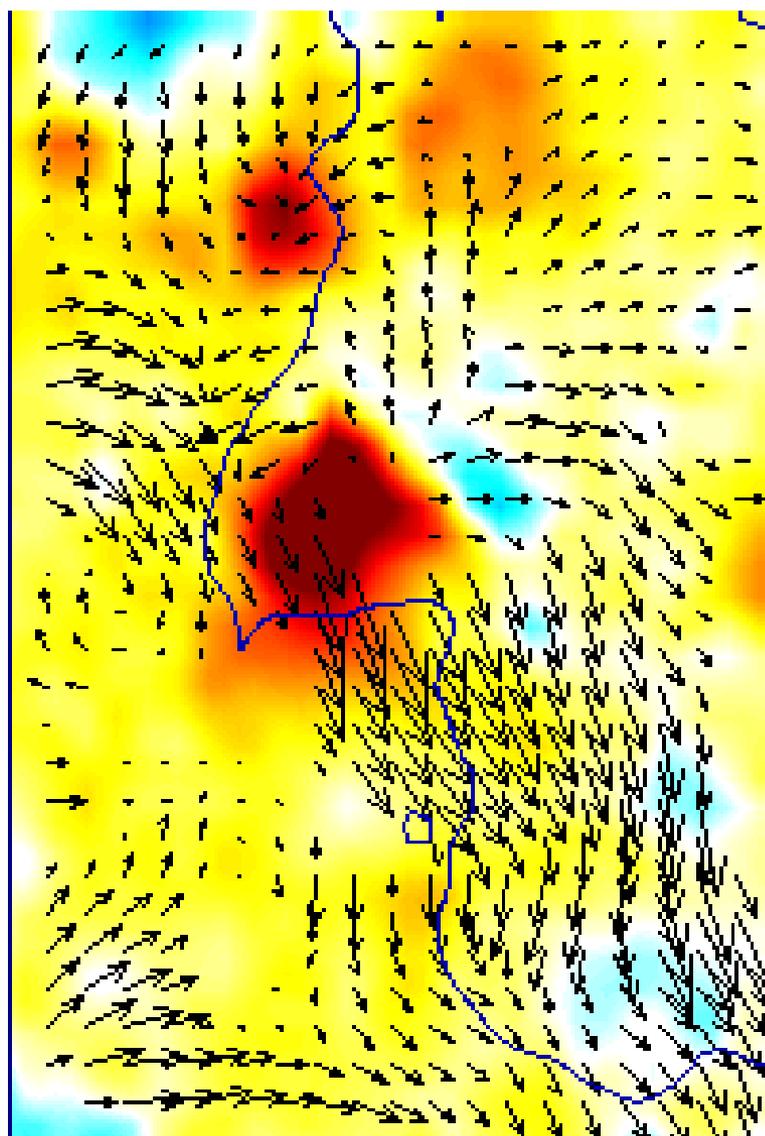


05.21\_00:03:00

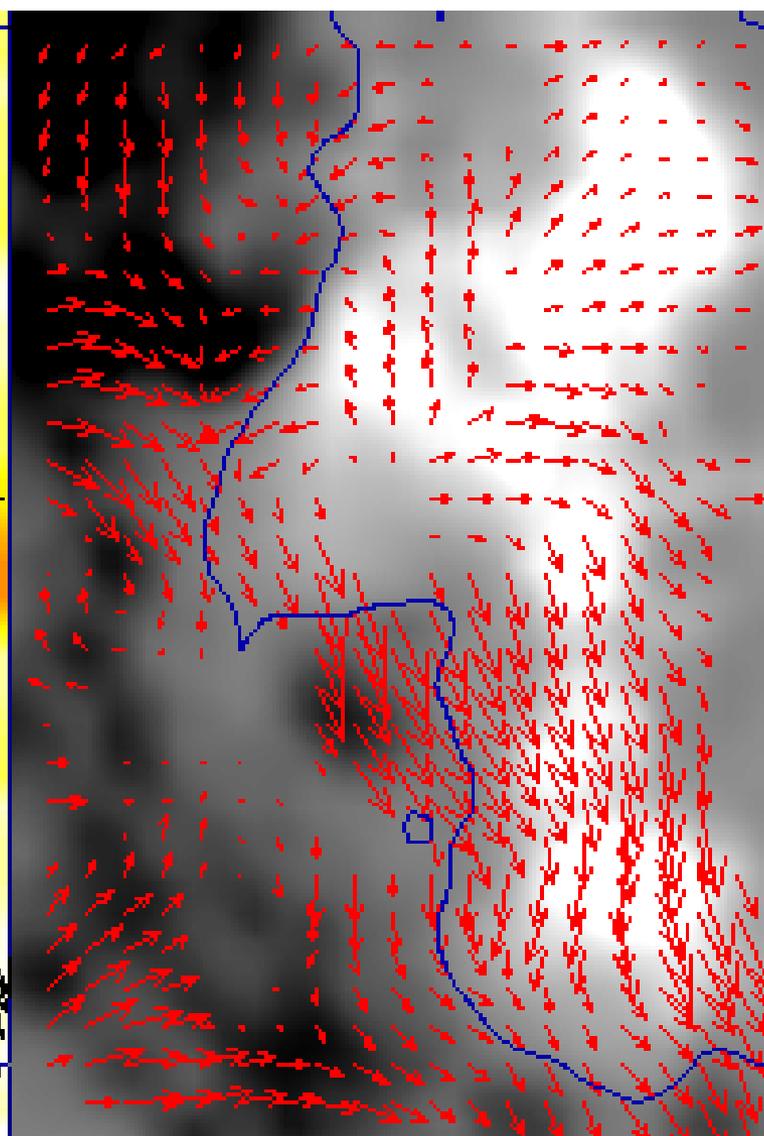
05.20\_23:59:30

→  
100m/s

# 磁気中性線近くの収束流



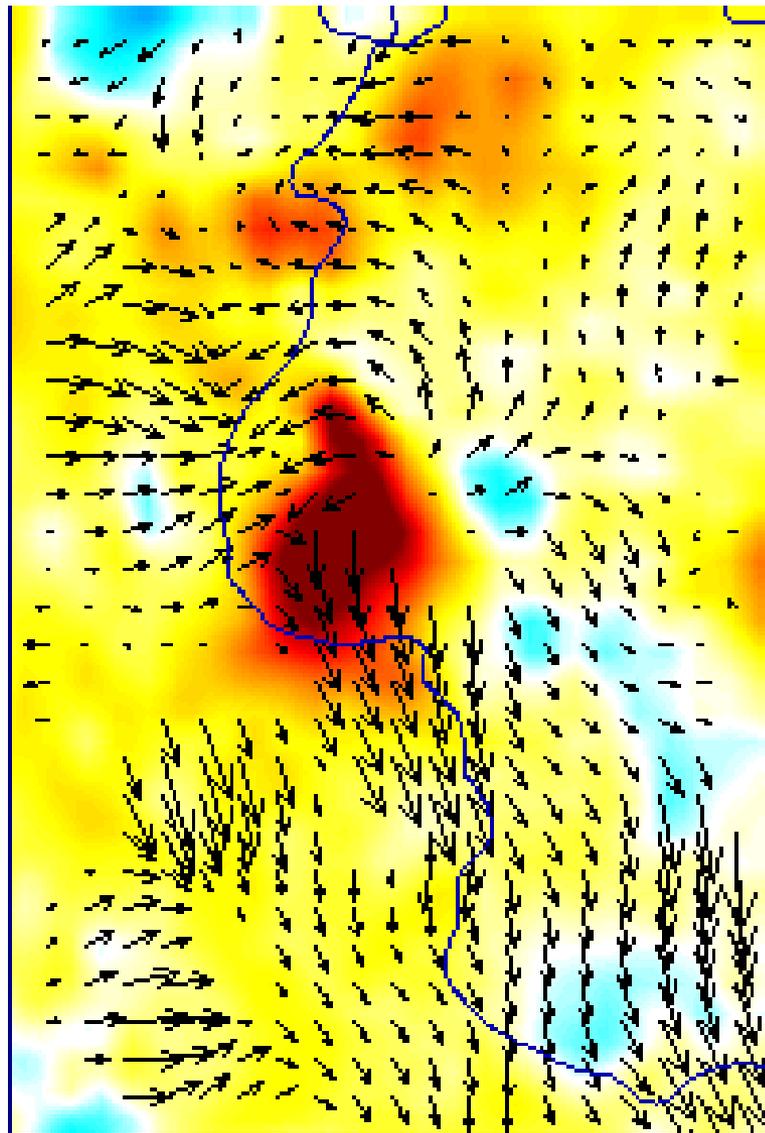
05.21\_01:34:00



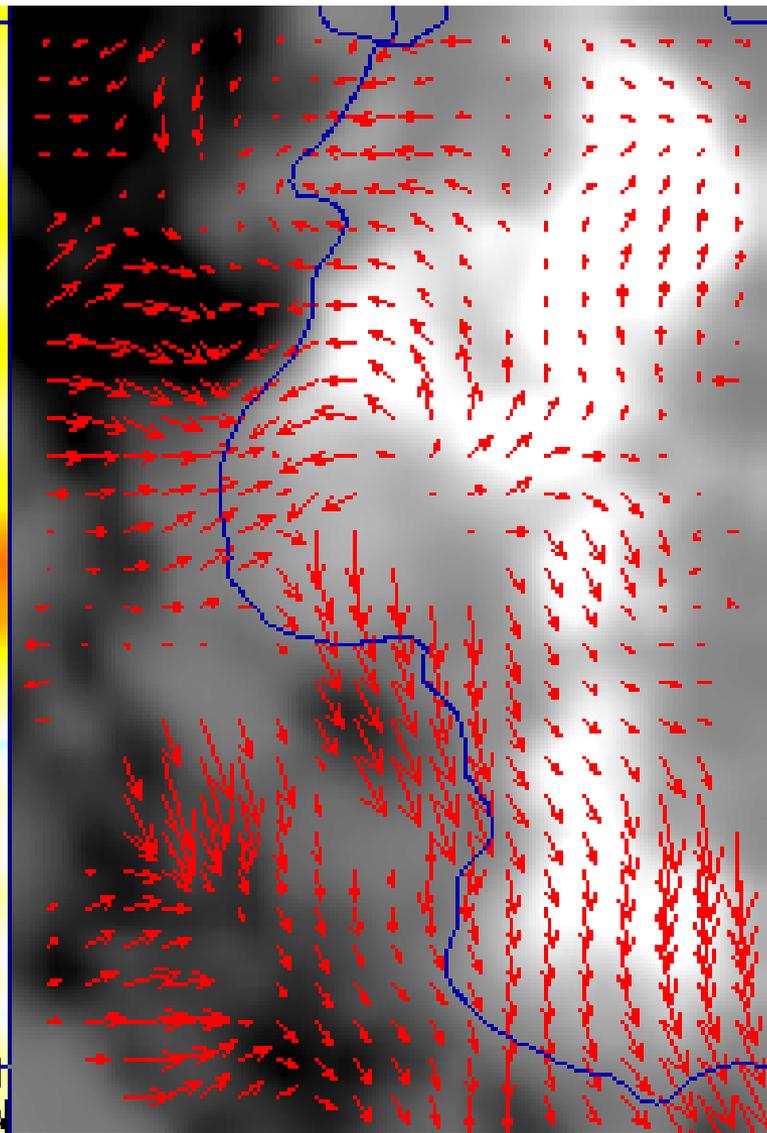
05.21\_01:35:30

→  
100m/s

# 磁気中性線近くの収束流



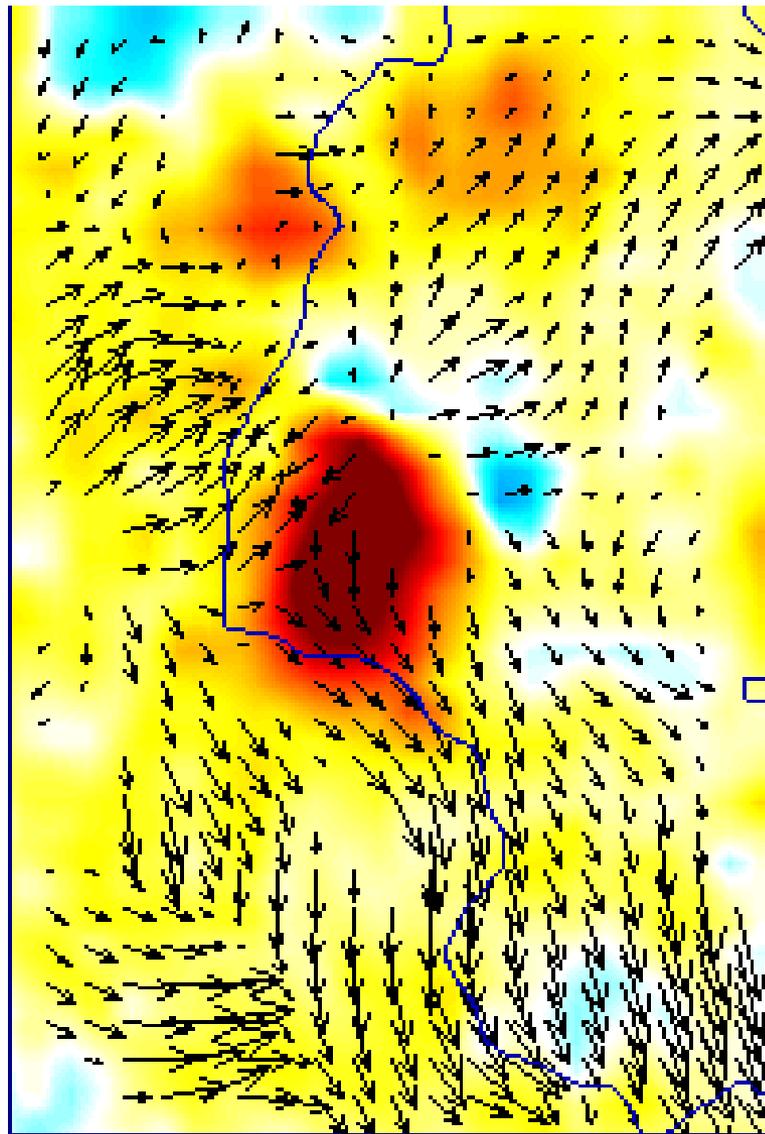
05.21\_03:09:00



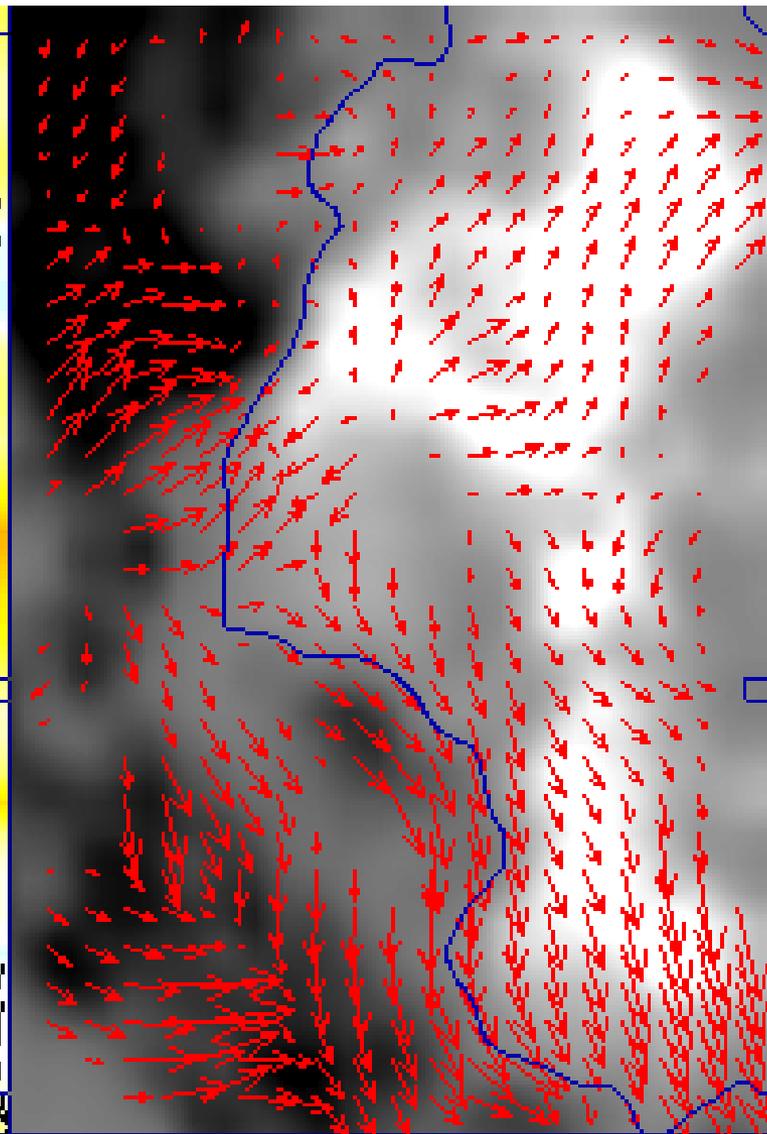
05.21\_03:11:30

→  
100m/s

# 磁気中性線近くの収束流



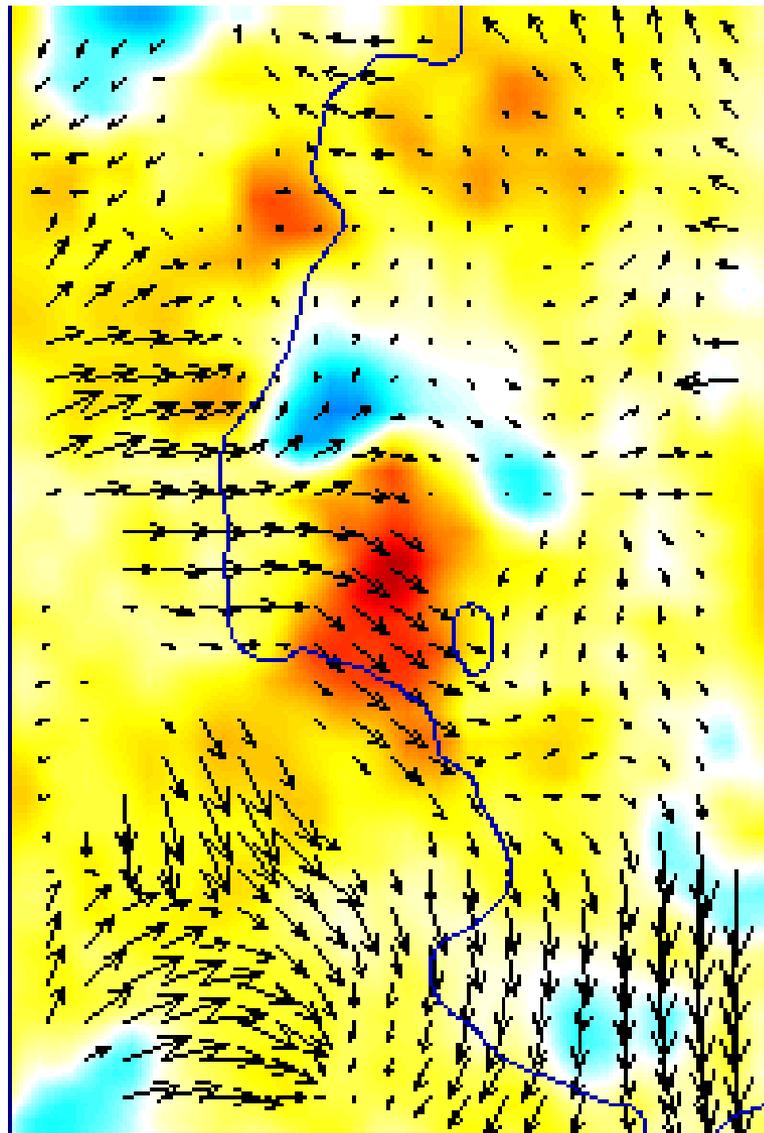
05.21\_04:46:00



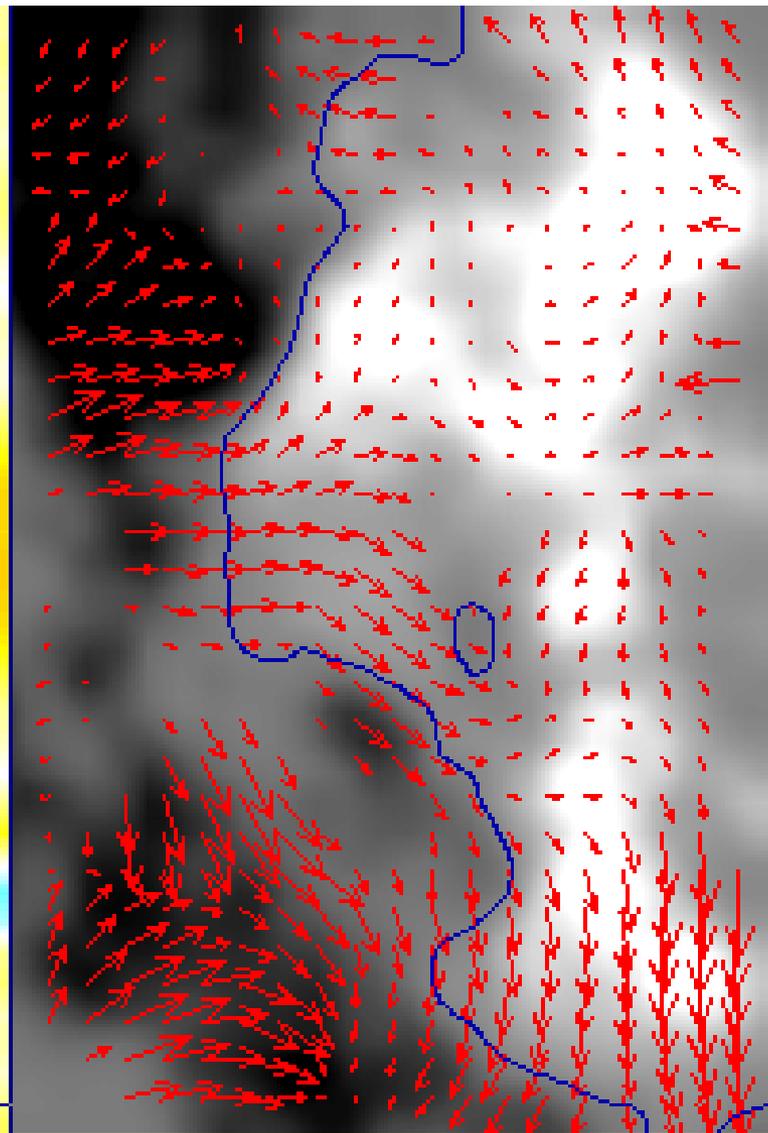
05.21\_04:47:30

→  
100m/s

# 磁気中性線近くの収束流



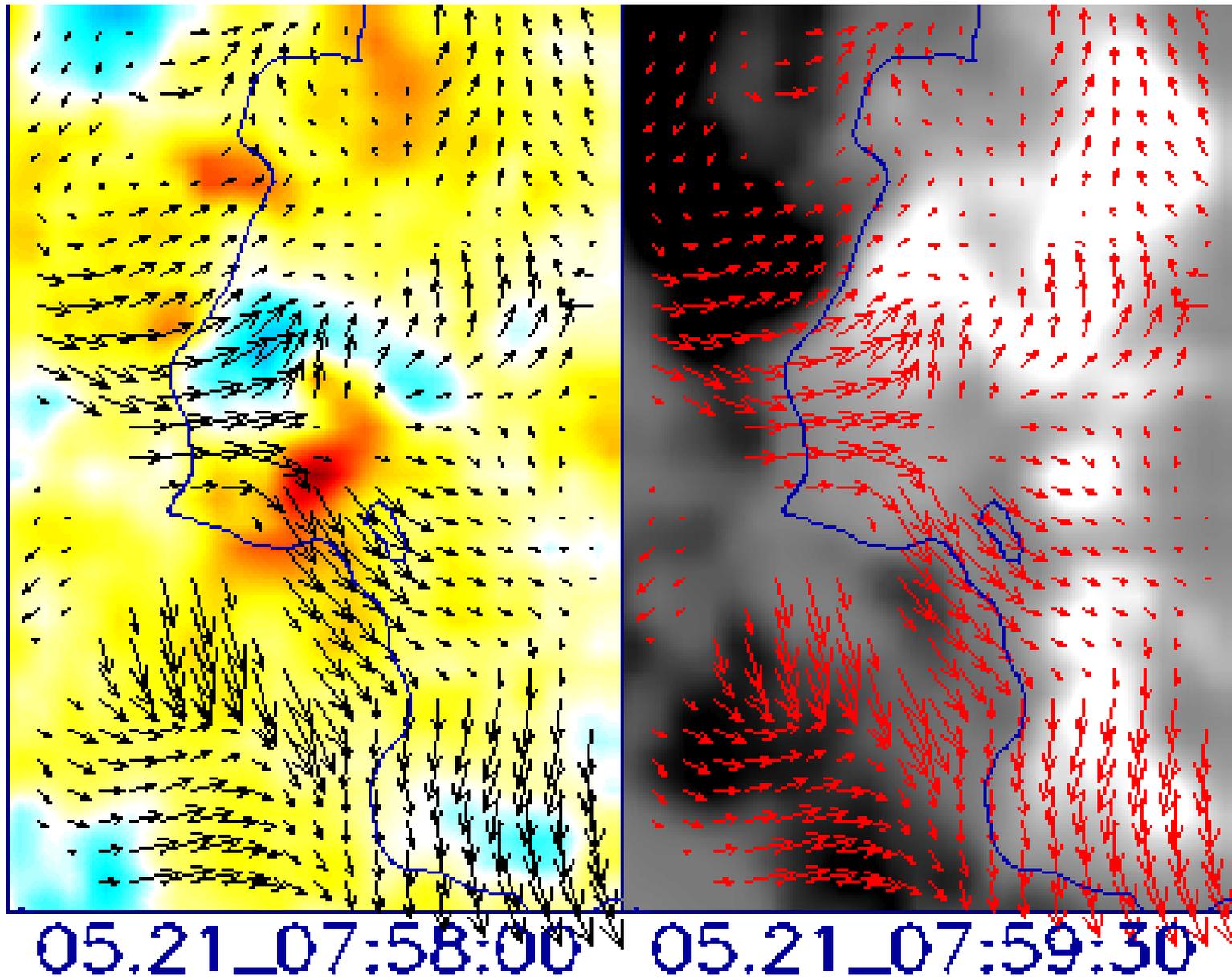
05.21\_06:22:00



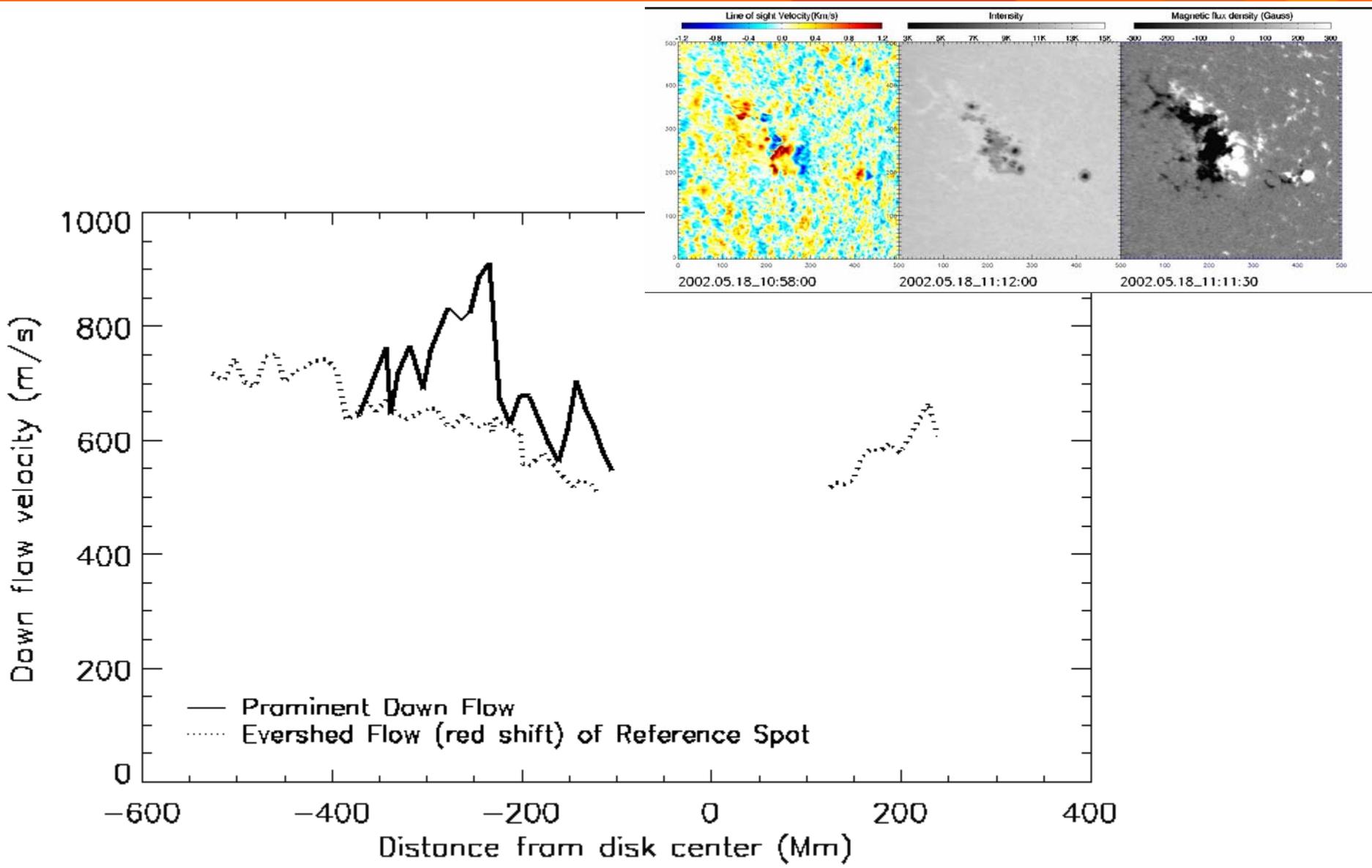
05.21\_06:23:30

→  
100m/s

# 磁気中性線近くの収束流



# 視線方向速度の比較 Evershed vs. Prominent flow

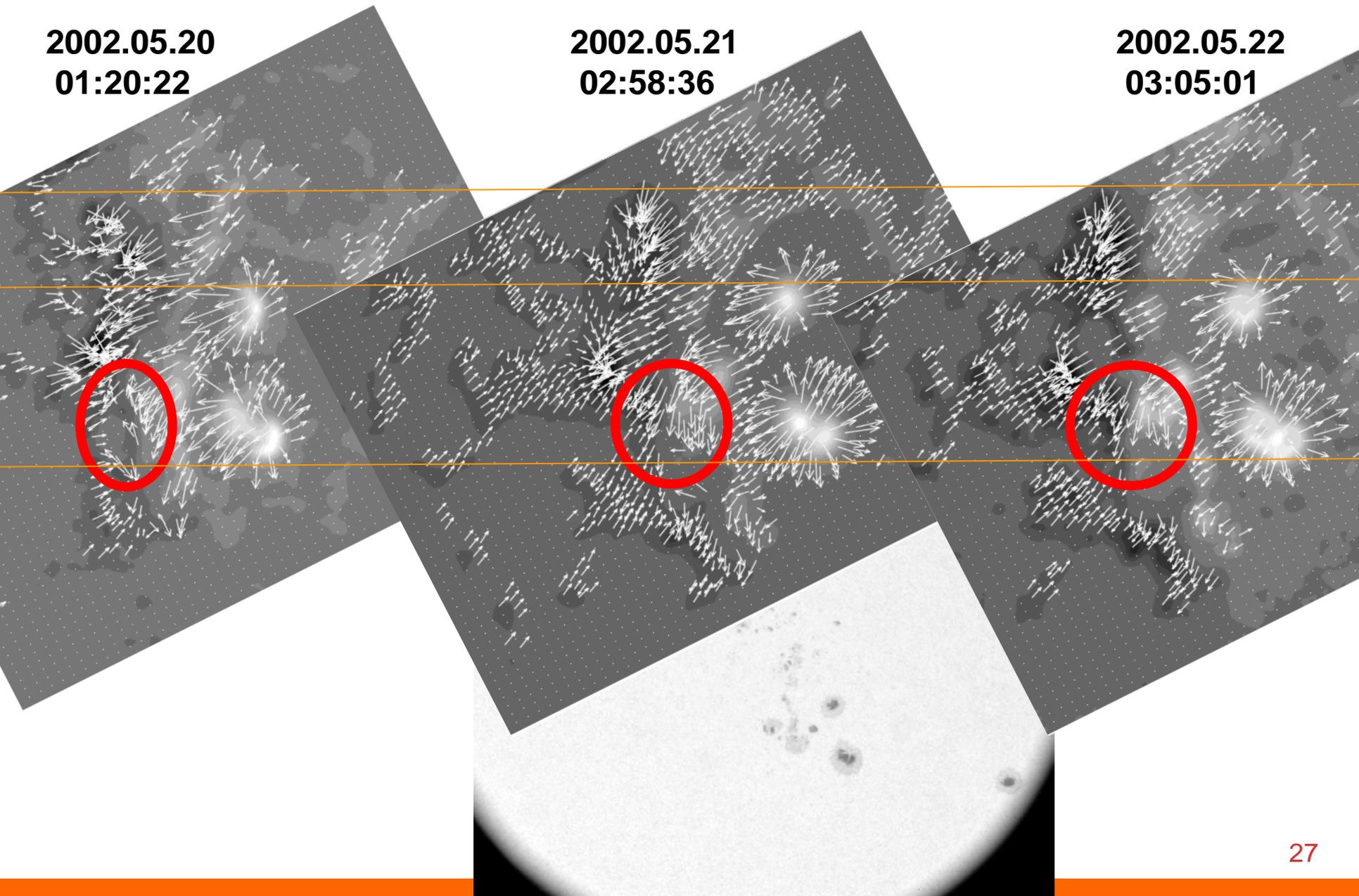


# ベクトルマグネトグラム HSOS

2002.05.20  
01:20:22

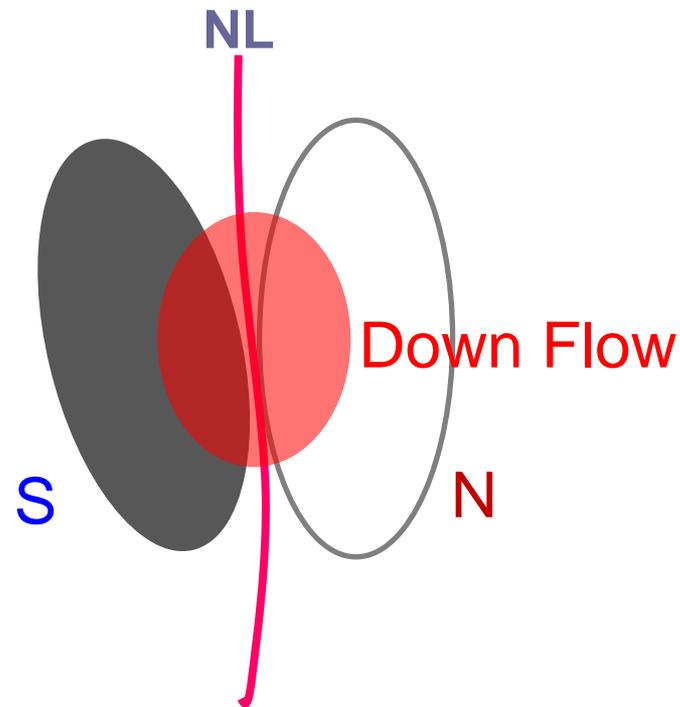
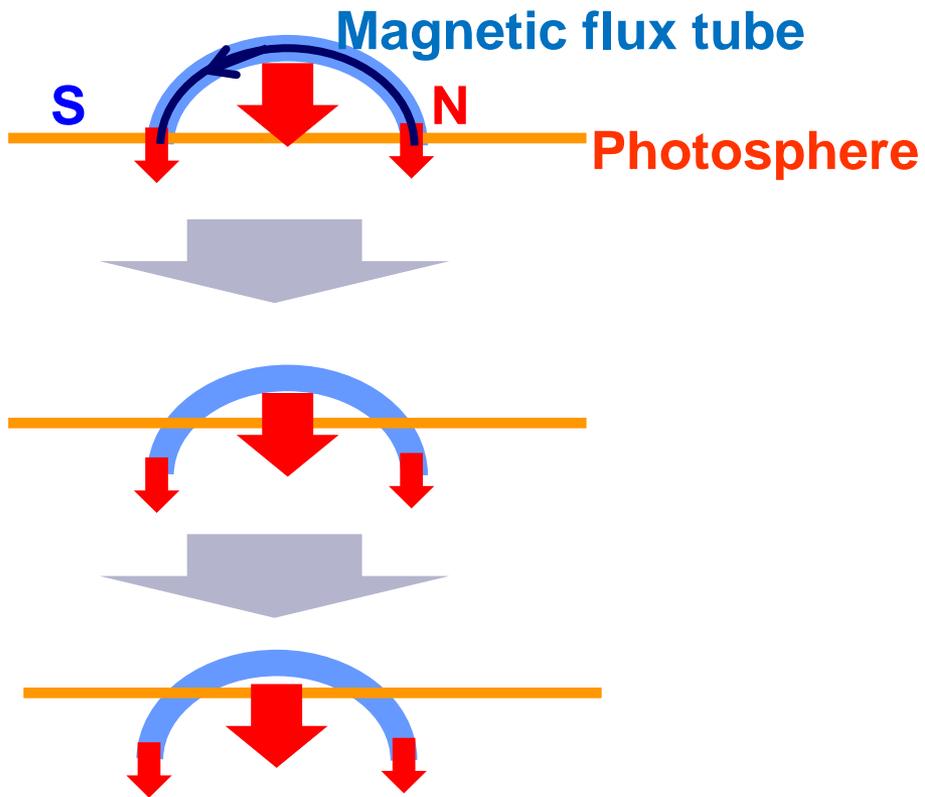
2002.05.21  
02:58:36

2002.05.22  
03:05:01

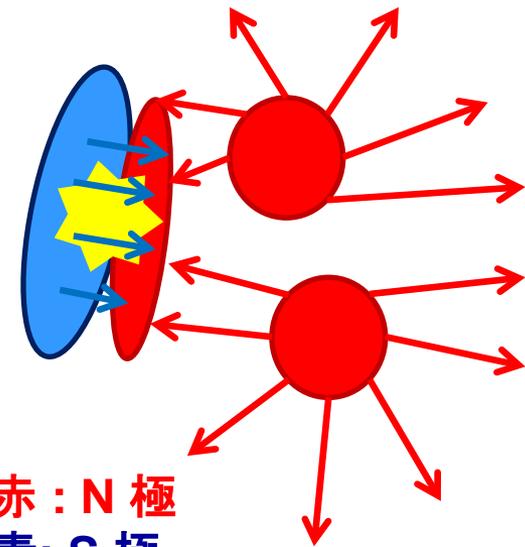
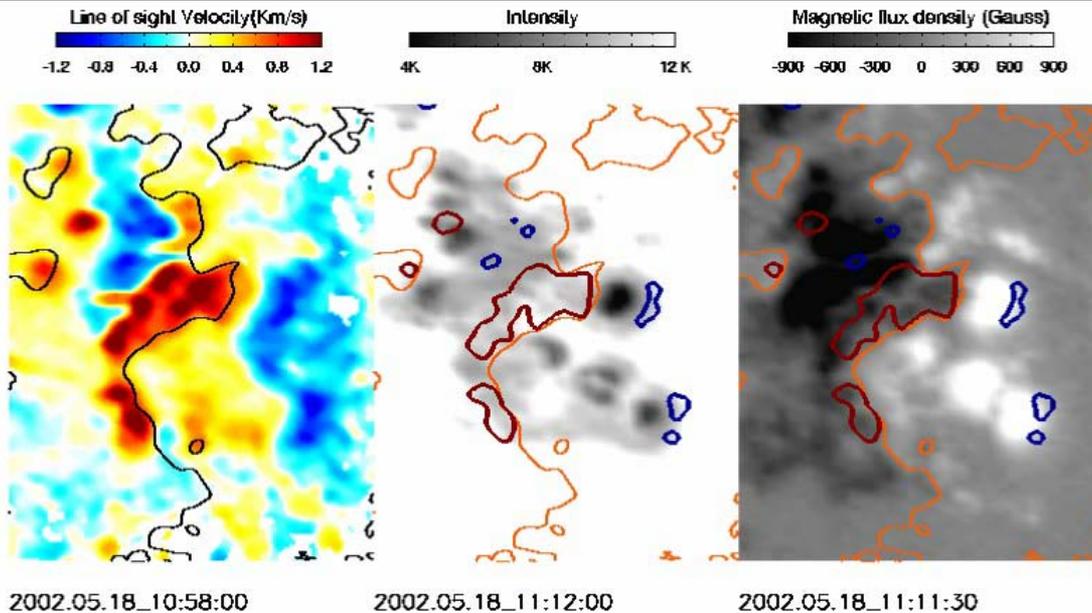


# ● 議論と考察 #1

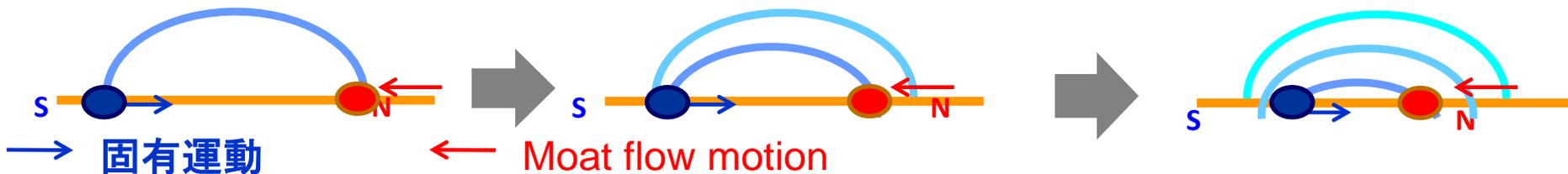
- 観測結果はΩループの沈み込みという描像を支持



# ● 議論と考察 #2



赤 : N 極  
 青 : S 極  
 黄色い星印 : 顕著な下降流



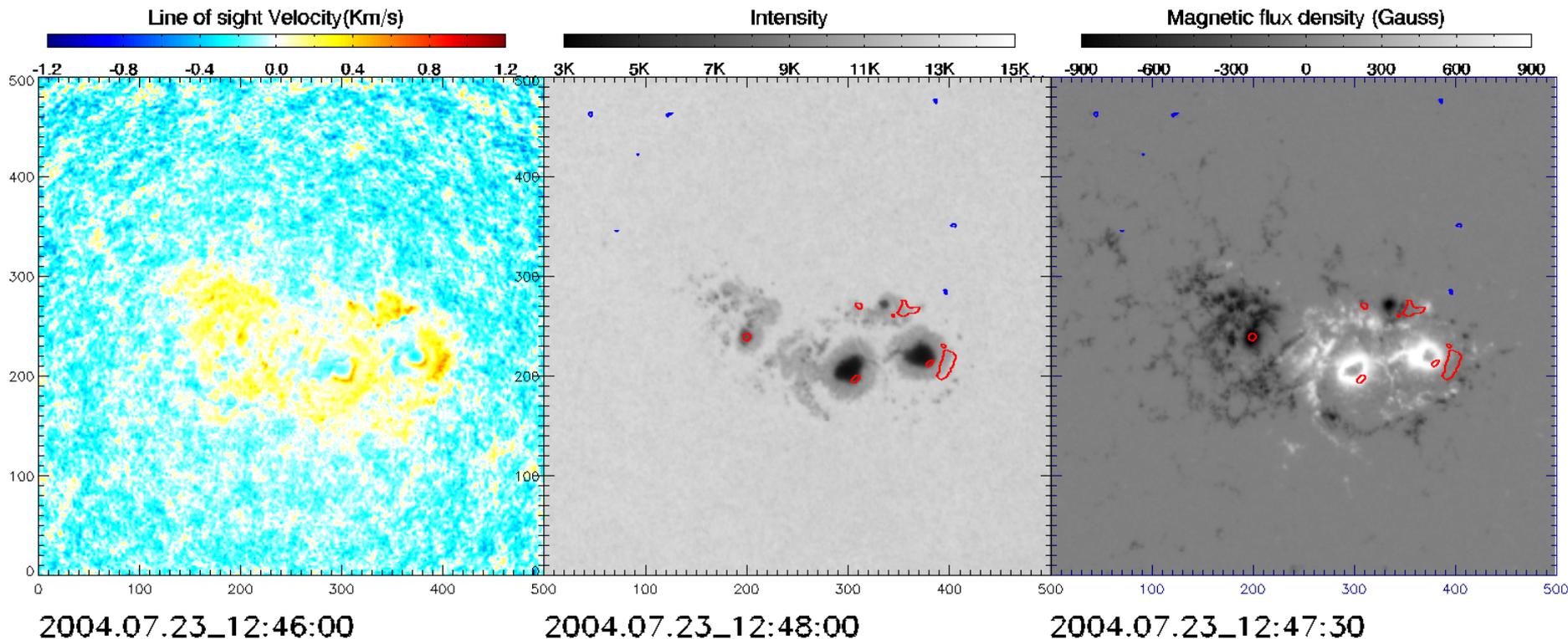
観測期間中、西側の2つのN極黒点から moat flow が持続的に磁気中性線に流入。  
 一方、S極成分は、全体的に磁気中性線に向かって、東から西に向かって動いた。  
 これらの相互作用が強力な下降流をもたらしたのではないかと？

# ●まとめ

- NOAA9957 は最も複雑に発達した $\beta\gamma\delta$ 型に分類、しかし観測期間中にその面積は急速に減少
- われわれは、この活動領域の磁気中性線近くに、持続的で、顕著な光球面下降流を発見
- 最も顕著な下降流は1.5-1.7km/sの最大値を示し、1.0 km/s の視線方向速度を15 時間以上示した。
- このケースでは、300m/s のコンターが、正負の両極性を含んでいる。最も顕著な下降流が減衰すると同時に、同じ場所の半暗部が、一挙に消失した
- Evershed flowのパターンは、時計回りの動きを示すが、注目した下降流は、これに反する南向きの動き、相棒のBlue shiftもない
- 観測結果は  $\Omega$ ループ の沈み込みの検出を強く示唆



# NOAA10652 おまけです



NOAA10652は2004 July 17 ~ July 30太陽面上にあった  
この間、81回フレア観測 (M class 17回) NOAA 9957 の12回と対照的.

NOAA10652 ではEvershed flow以外の顕著なRed shift はほとんど見られない