

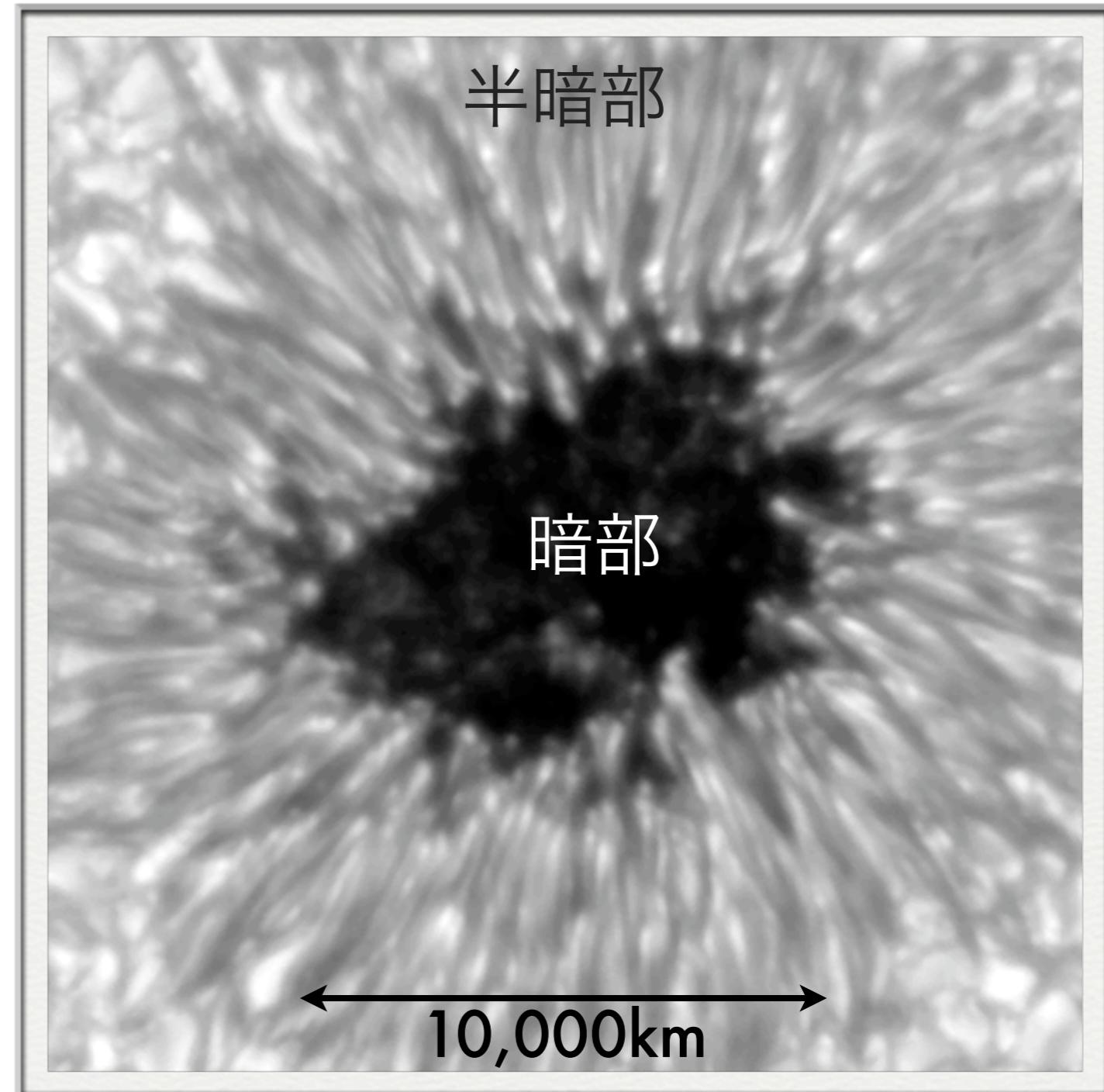
黒点暗部微細構造に関する 観測的研究

京都大学 物理学・宇宙物理学専攻
修士2年 渡邊 皓子

Introduction

■ Umbral dot (UD)

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



Hinode SOT blue continuum (光球)

Background

■ 観測

暗部の明るさは
静穏領域の2-3割

暗部の磁場は
最大でも3500Gauss

umbral dot
暗部より500Kほど高温

Danielson (1964), ApJ, 139, 45

■ 理論

磁場によって
対流を抑制

対流が完全に抑制なら
磁場は5000Gauss

磁気対流が
起こっているはず

Deinzer (1965), ApJ, 141, 548

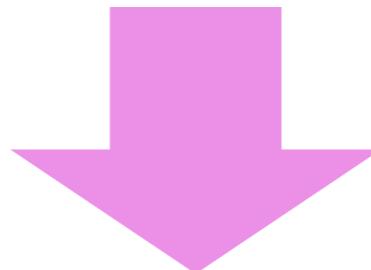
Motivation

- 太陽観測衛星 *Hinode* の高分解能データ
- 磁気対流（磁場と対流の相互作用）
 - ▶ サイズ、寿命、固有運動
 - ▶ 磁場強度、磁場の向き
 - ▶ 磁場と、サイズや寿命との相関
- 3次元MHDシミュレーションとの比較
 - ▶ 黒点の構造
 - ▶ Umbral dotの分類

Umbral dotの特徴は
磁場とどのような関係をもつ？

Outline

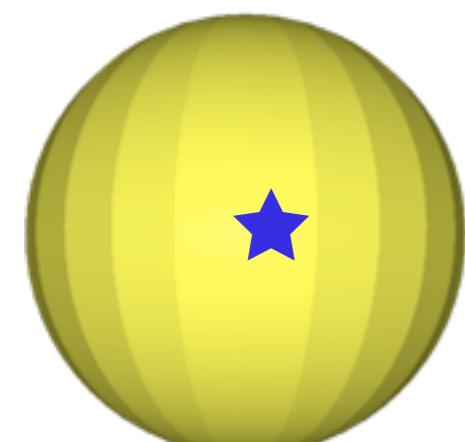
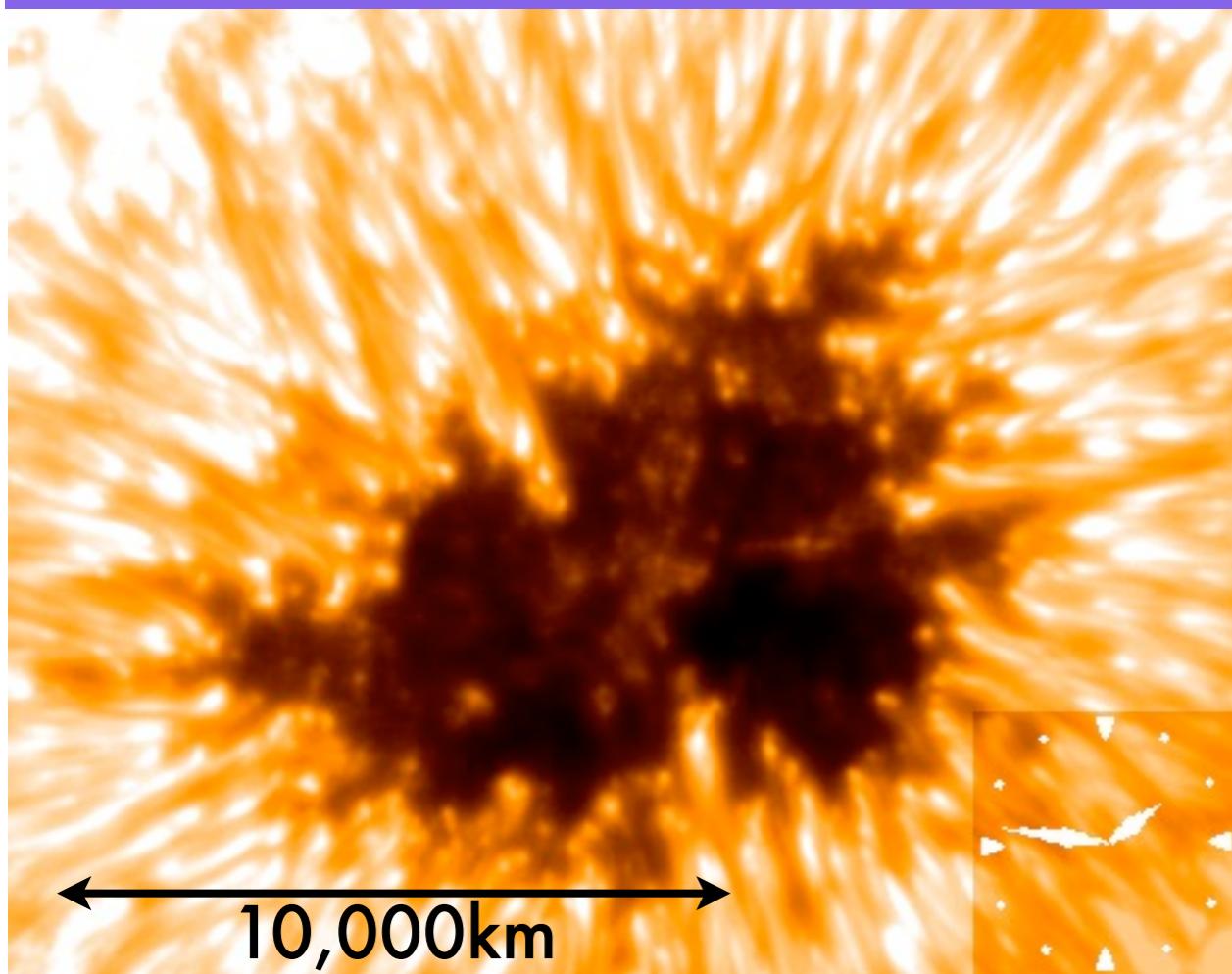
- UDの寿命やサイズ、固有運動をbiasなく検出
 - ▶ automatic detection algorithm
- 分光データから磁場の強度と向き



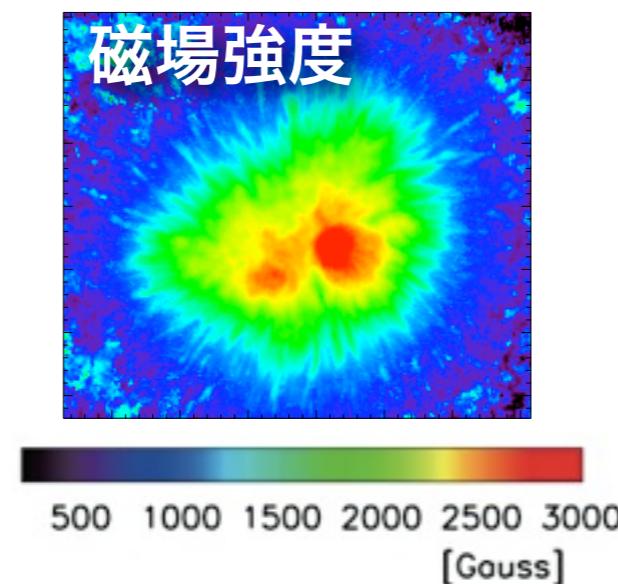
相関関係

磁気対流のパラメーターサーベイ

Data

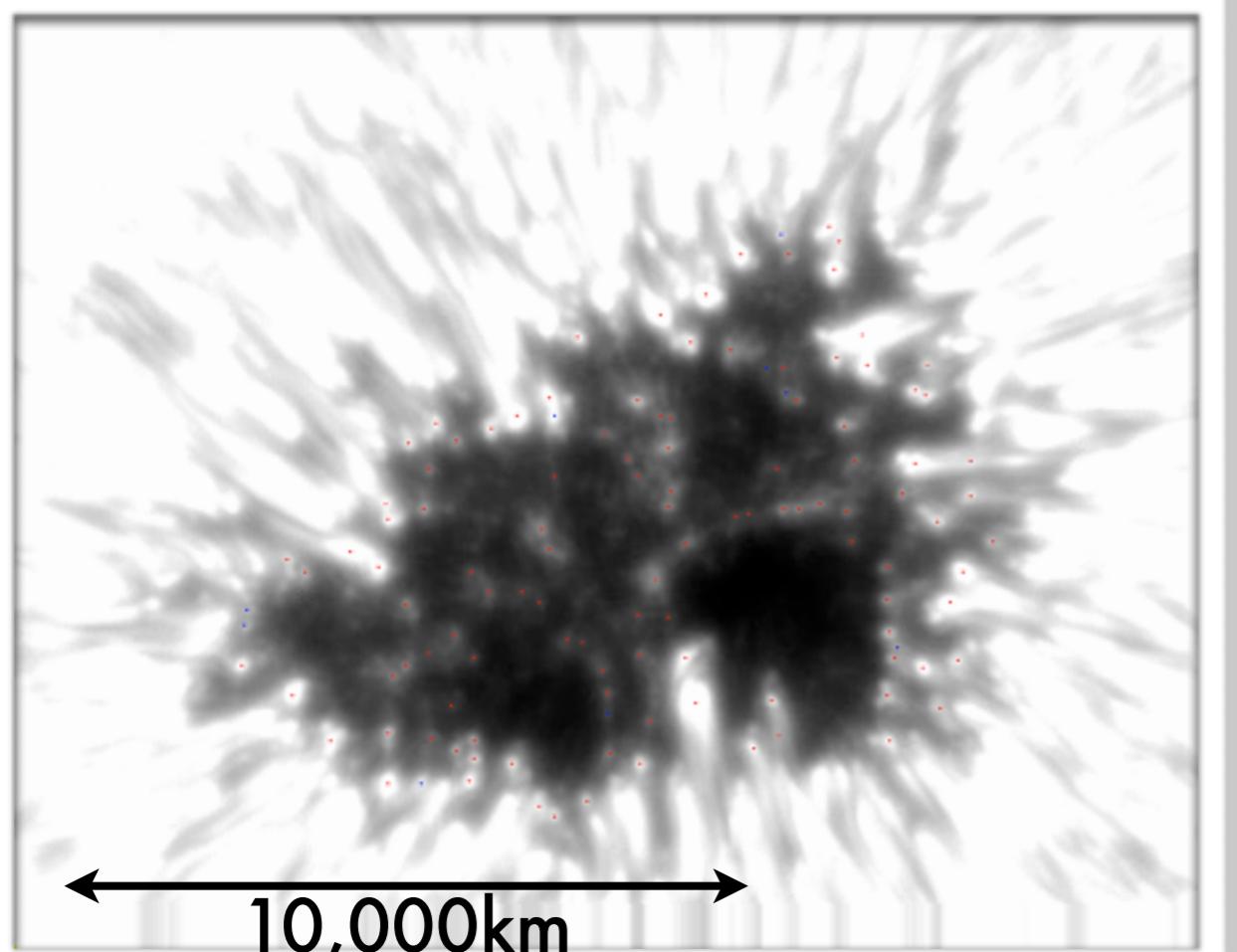


太陽面上での位置



- *Hinode* 可視光望遠鏡
- 2007年3月1日
- 撮像: blue continuum (4505Å)
 - 25秒間隔、約2時間連續
 - pixel size 0.054秒角(40km)
- 分光: Fe I 6302.5Å
 - 20,000km(黒点全体)をスキャンするのに約15分
 - pixel size 0.16秒角(110km)

Analysis 1/2

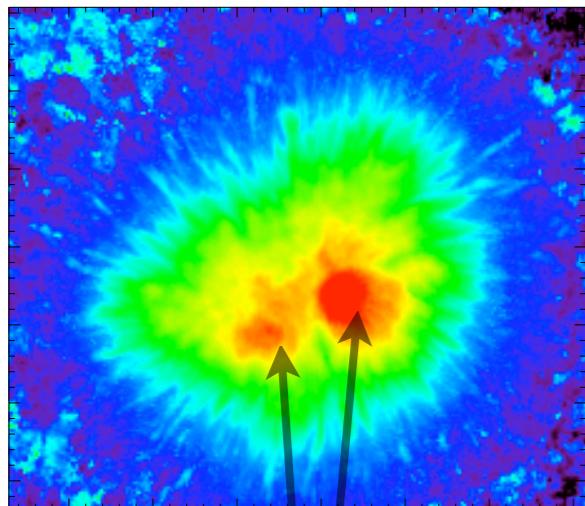


- 検出されたUD 2268個
- UD parameters
 - ▶ 寿命
 - ▶ サイズ
 - ▶ 明るさの比
(peakの明るさと周囲の明るさの比)
 - ▶ 運動の速さ
 - ▶ 運動の向き

- Umbral dotを自動で検出
 - ▶ 周囲より3割以上明るいpeak
 - ▶ 次のフレームとの連続性

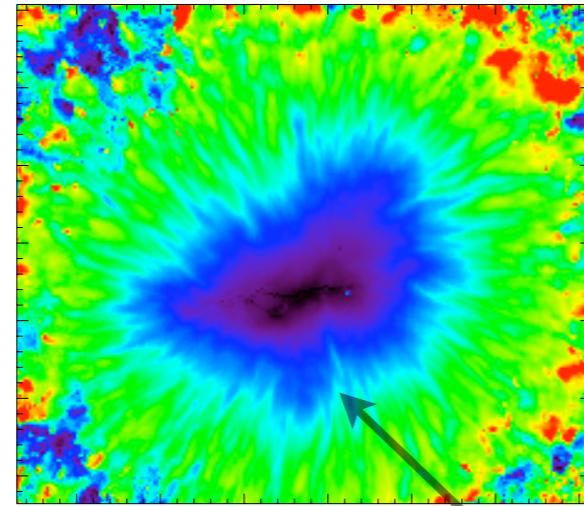
Analysis 2/2

field strength B



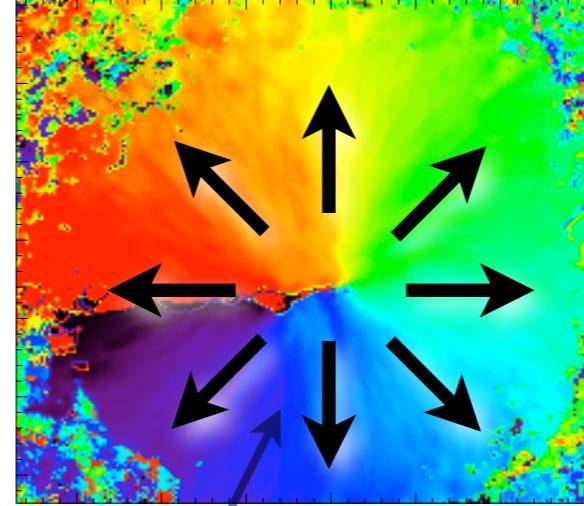
特に磁場の強い所
dark core

field inclination i

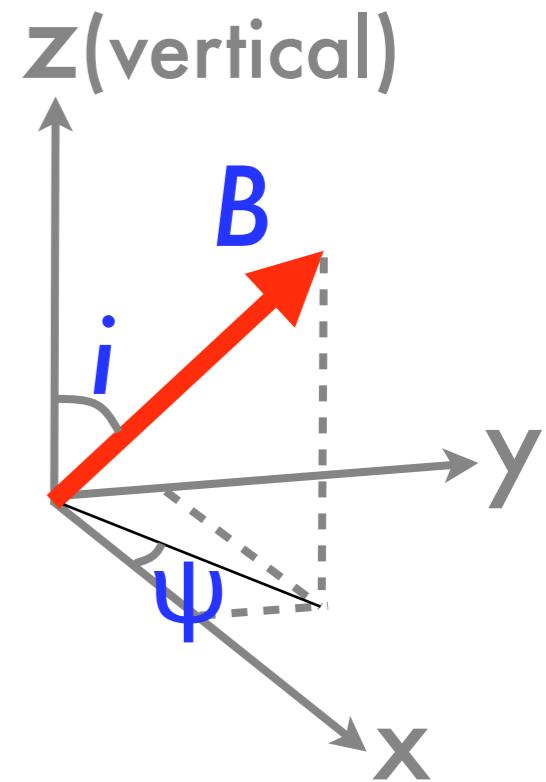


暗部中心から
等方的な分布

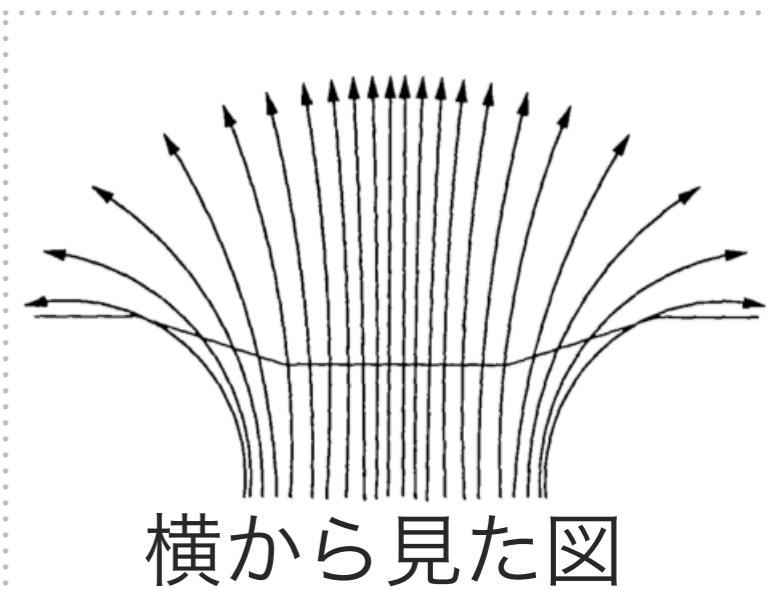
field azimuth ψ



0 100 200 300
[degree]



- Umbral dotの出現位置での磁場
 - ▶ field strength, field inclination, field azimuth

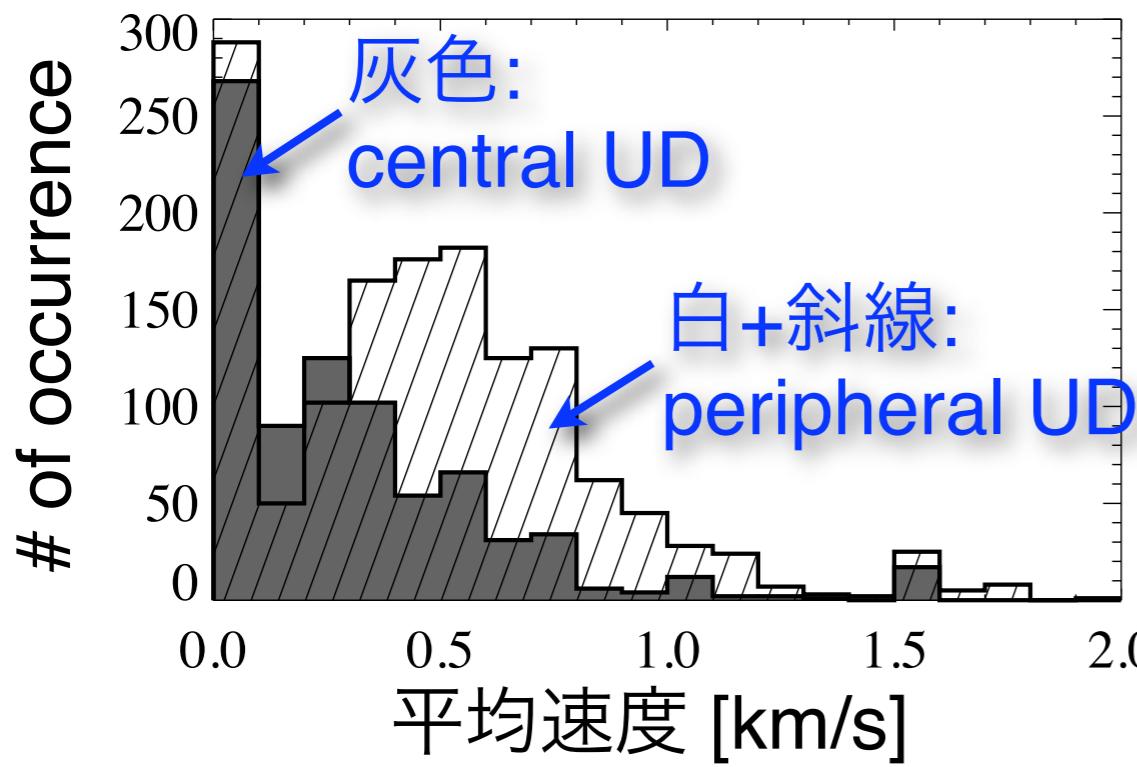
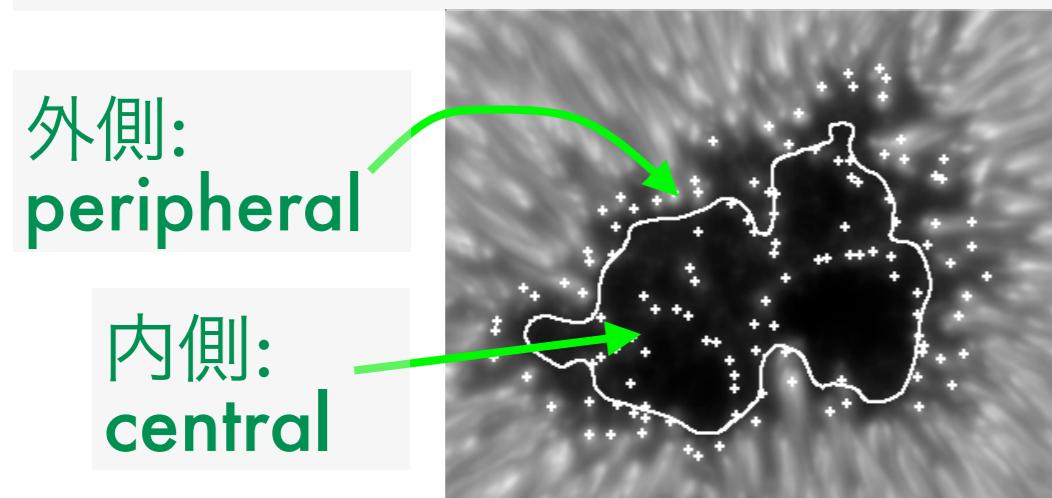


横から見た図

Result 1/4

Histogram

境界は0.2×(静穏領域の明るさ)



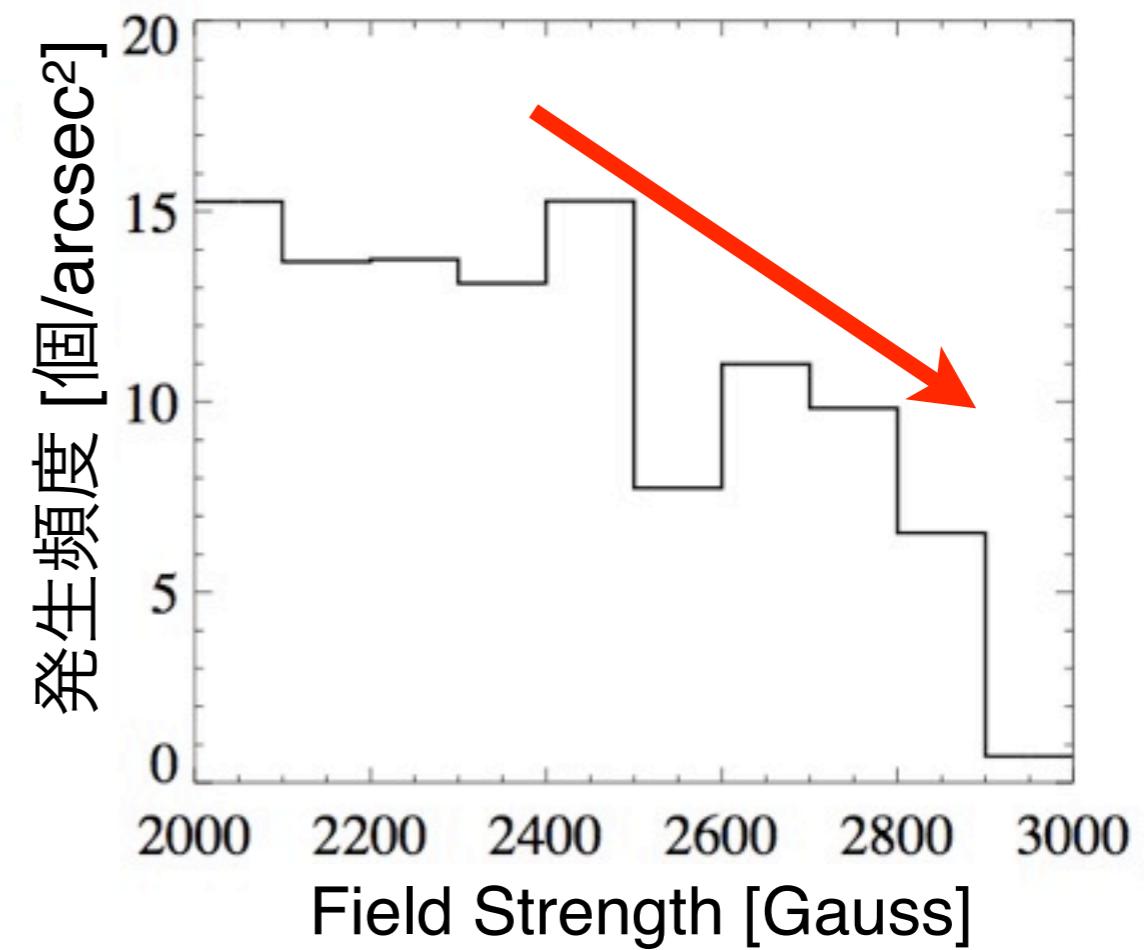
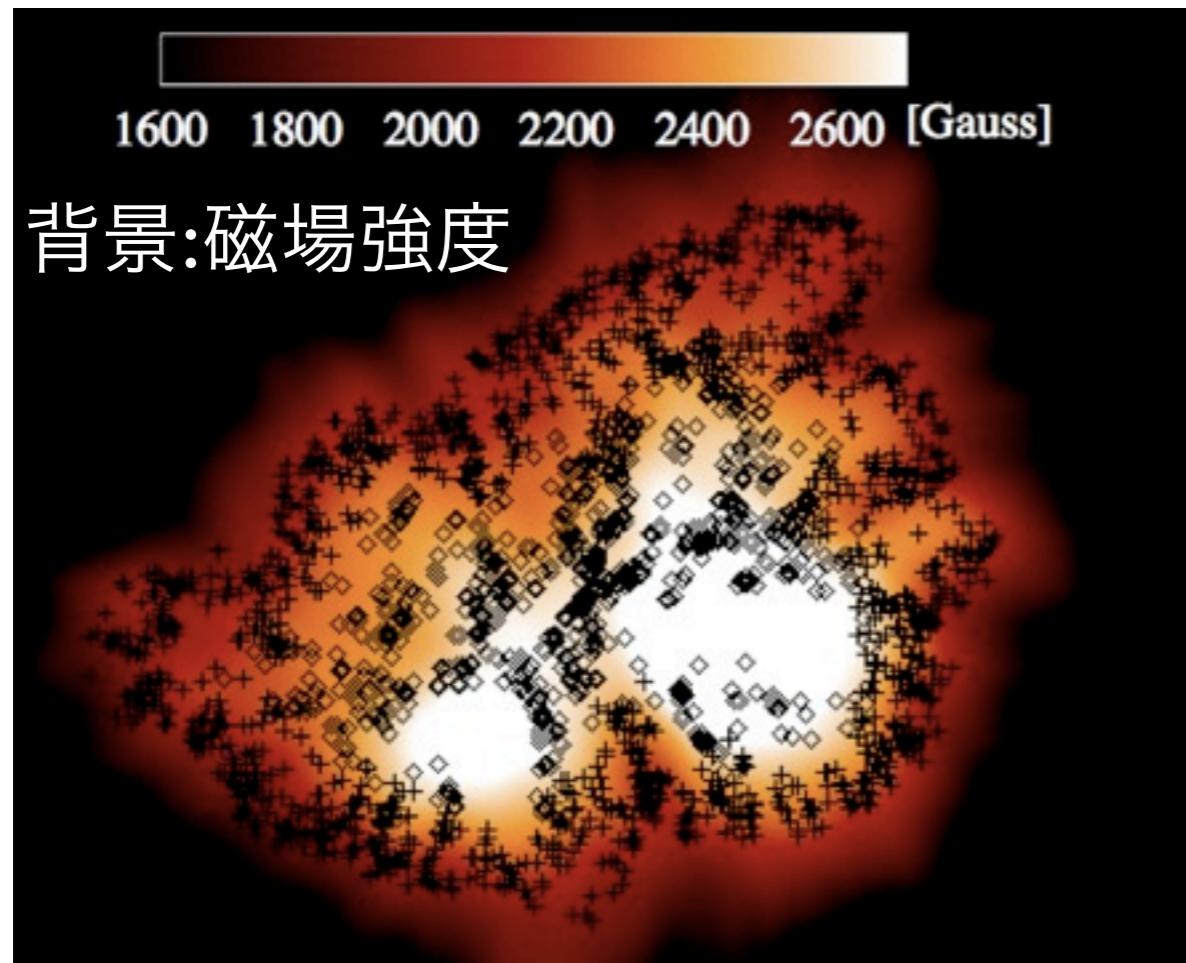
	全体の 平均	central	peripheral
寿命	7.4分	6.5分 < 7.8分	
半径	184km	178km < 187km	
$I_{\text{peak}} / I_{\text{bg}}$	1.73	1.51 < 1.85	
平均 速度	0.44 km/s	0.33 km/s < 0.50 km/s	

これまでの研究
(Kitai et al. 2007) と同じ分布

Result 2/4

■ 空間分布

- ▶ 磁場が強い所にはUDは少ない⇒対流をより強く抑制
- ▶ セル状の構造⇒黒点深部のglobalな構造を反映？



Result 3/4

■ 相関関係

▶ 寿命

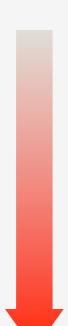
ほとんど変化なし (約10分)

▶ サイズ

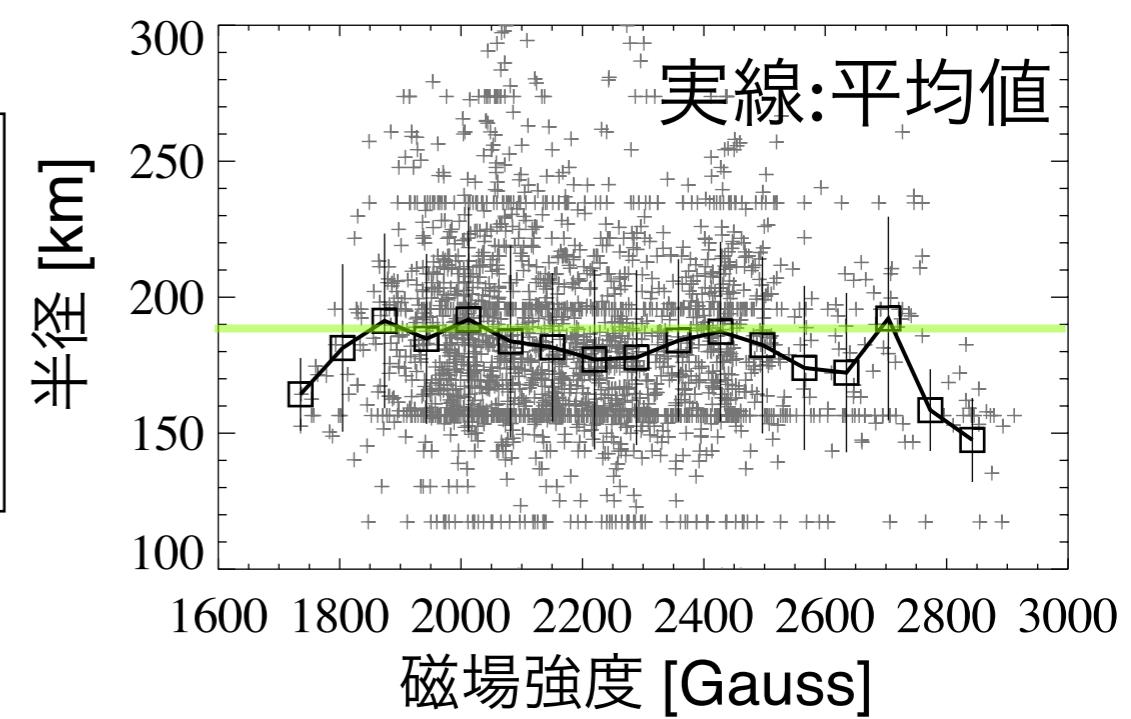
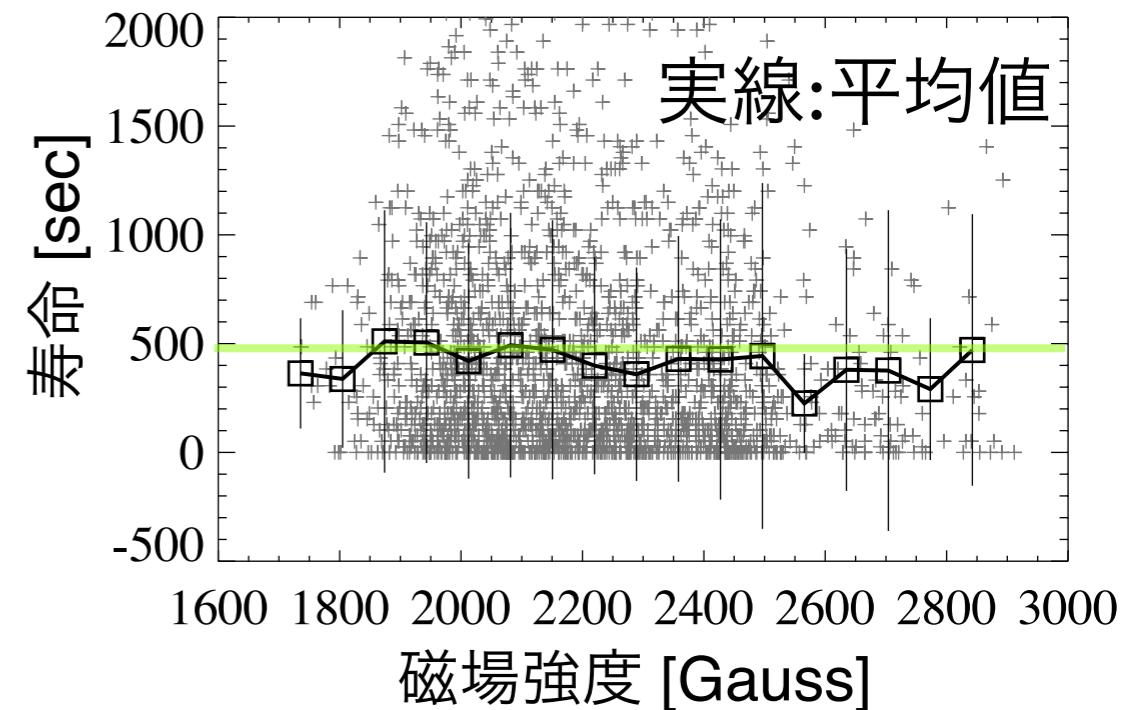
磁場が強い所で小さい

磁場無し

磁場あり



浮上速度と
サイズは
Bに逆相関



Lifetime

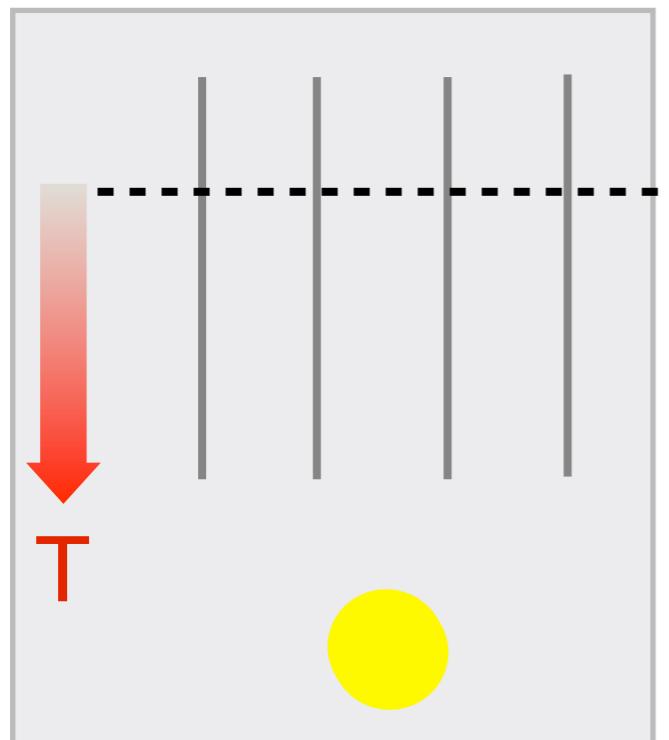
■ What determines the lifetime of UDs?

冷却時間

radiative cooling time

No!

10秒程度で短すぎ



表面ですぐ
冷える

上昇速度と
サイズは
Bに逆相関

供給継続時間

size / rise velocity

Maybe Yes!

size~300km、

lifetime~600sec、

∴ rise velocity~0.5km/s

B強⇒size↓, rise velocity↓

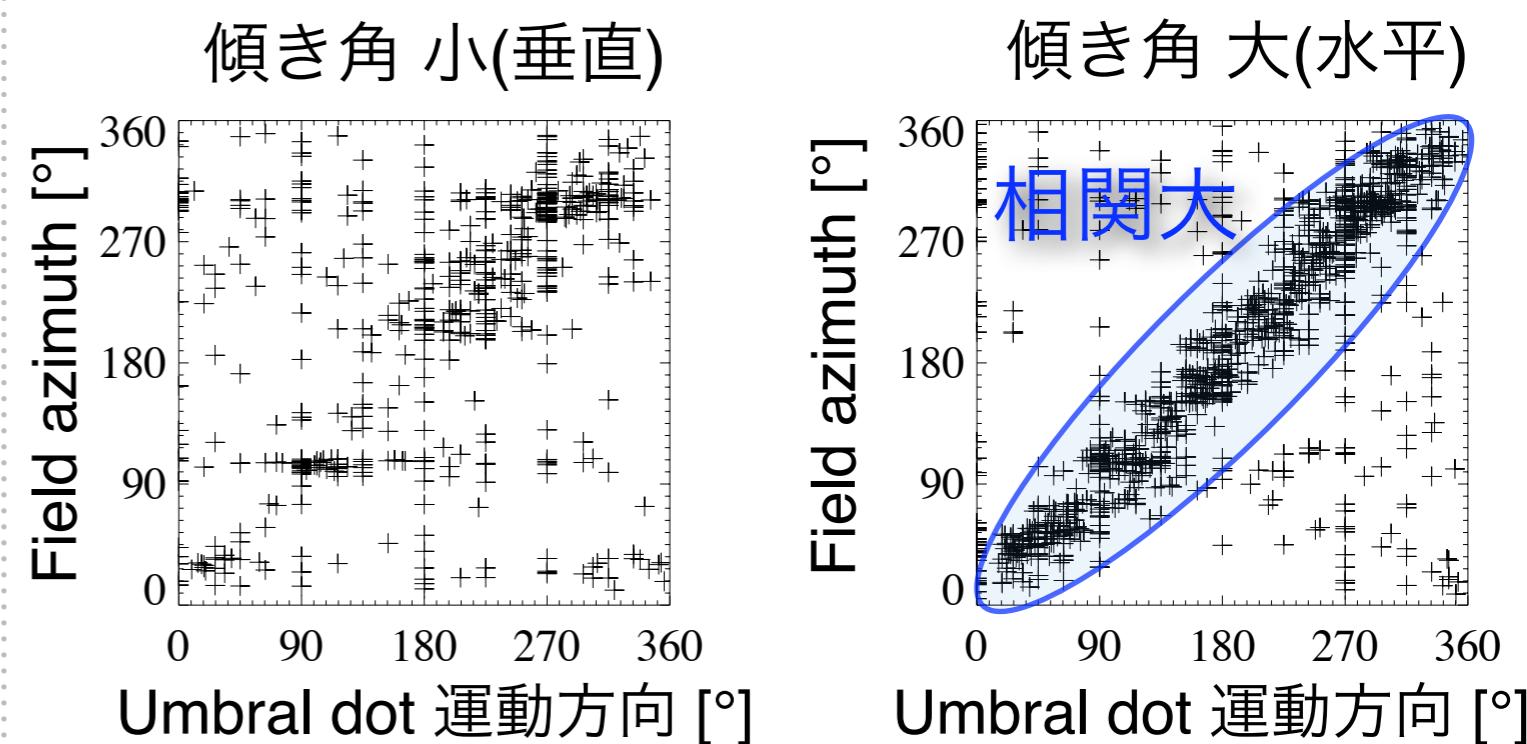
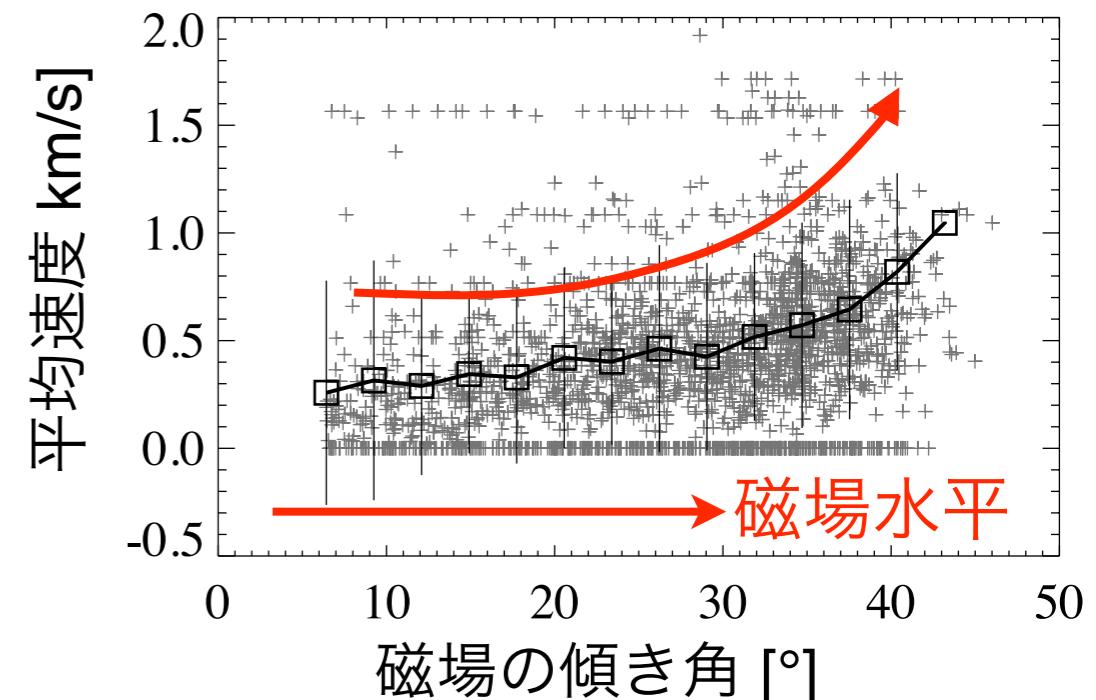
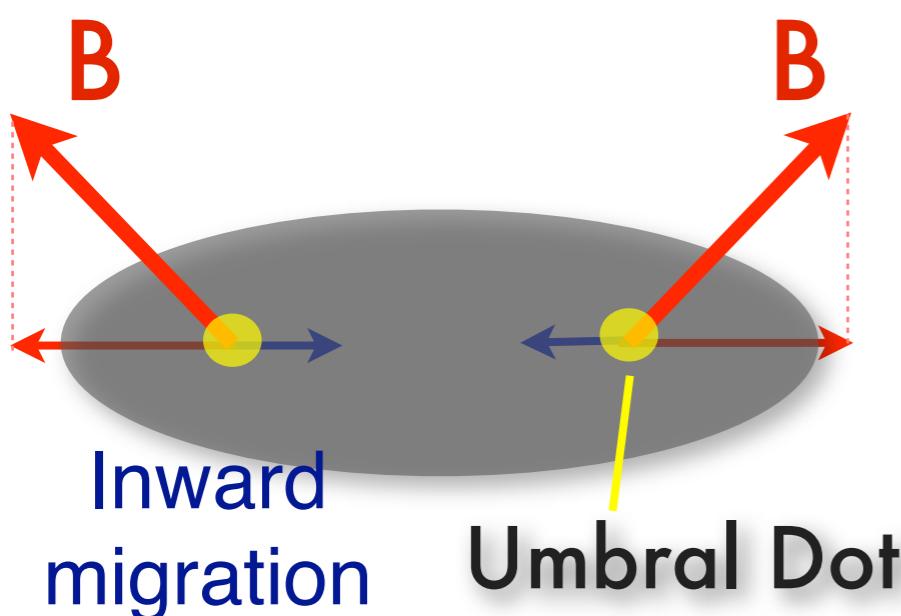
よって lifetimeは **B** に
ほとんど依存しない

Result 4/4

運動解析

最重要

- ▶ 速さ...磁場が水平の方が速い
- ▶ 方向
 - 磁場が水平 暗部中心方向
 - 磁場が垂直 相関小さい

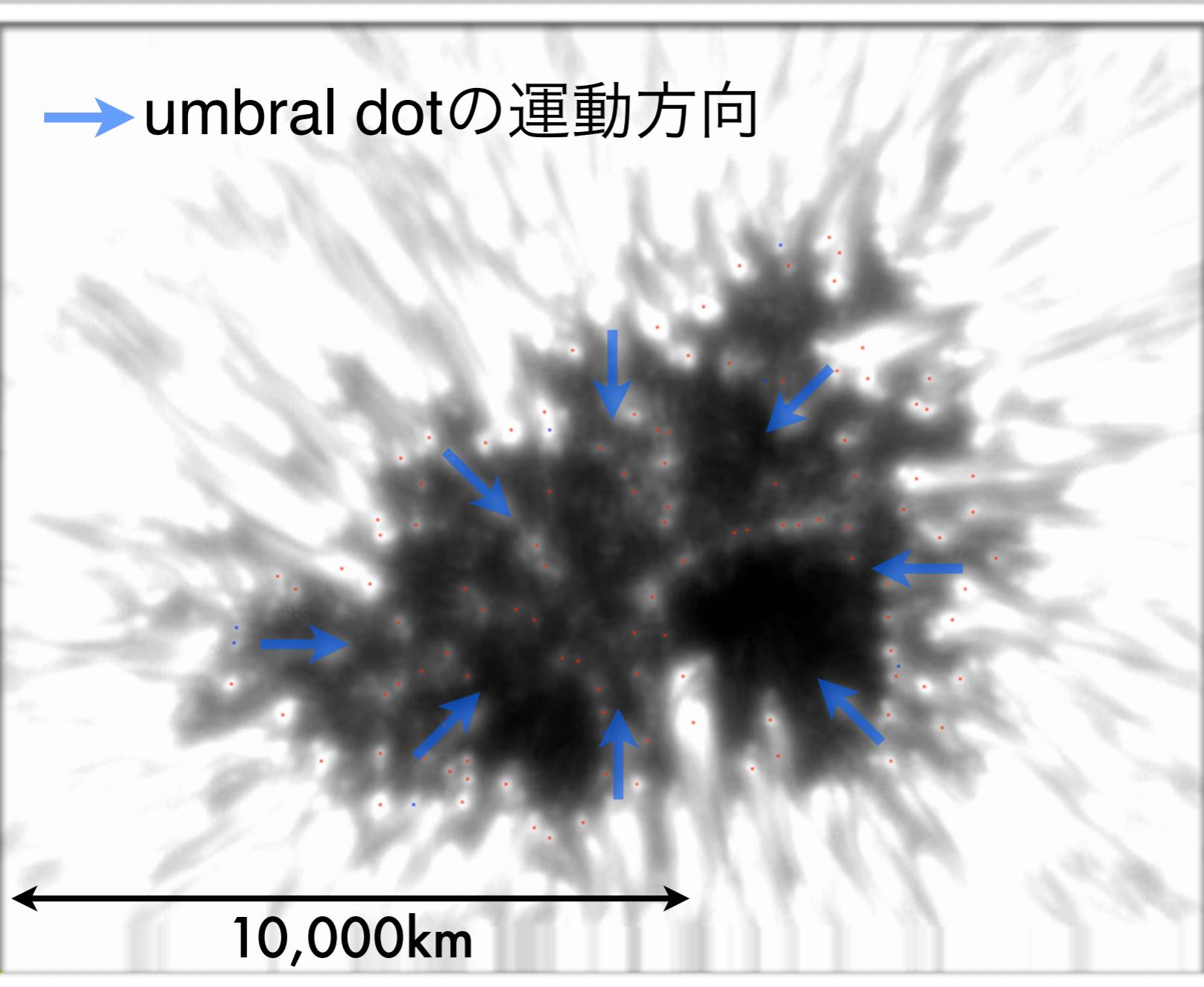


Proper motion

■ 運動解析

最重要

→ umbral dotの運動方向

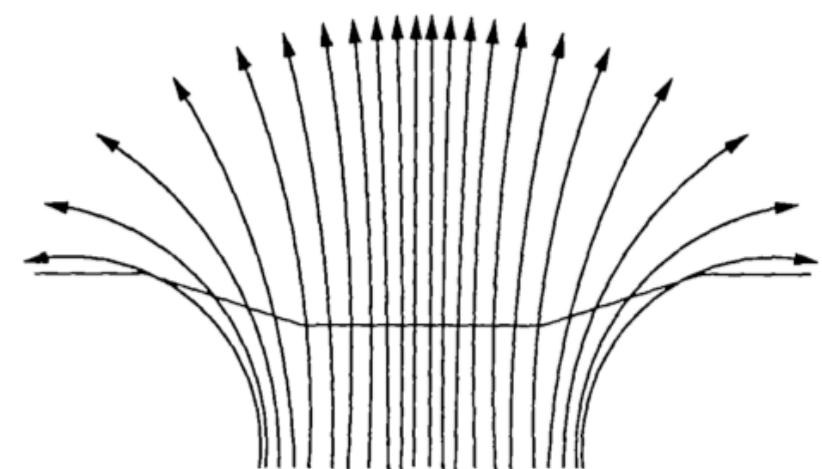


周辺部 (磁場斜め)

▶ inward migration

中心部 (磁場垂直)

▶ almost no motion

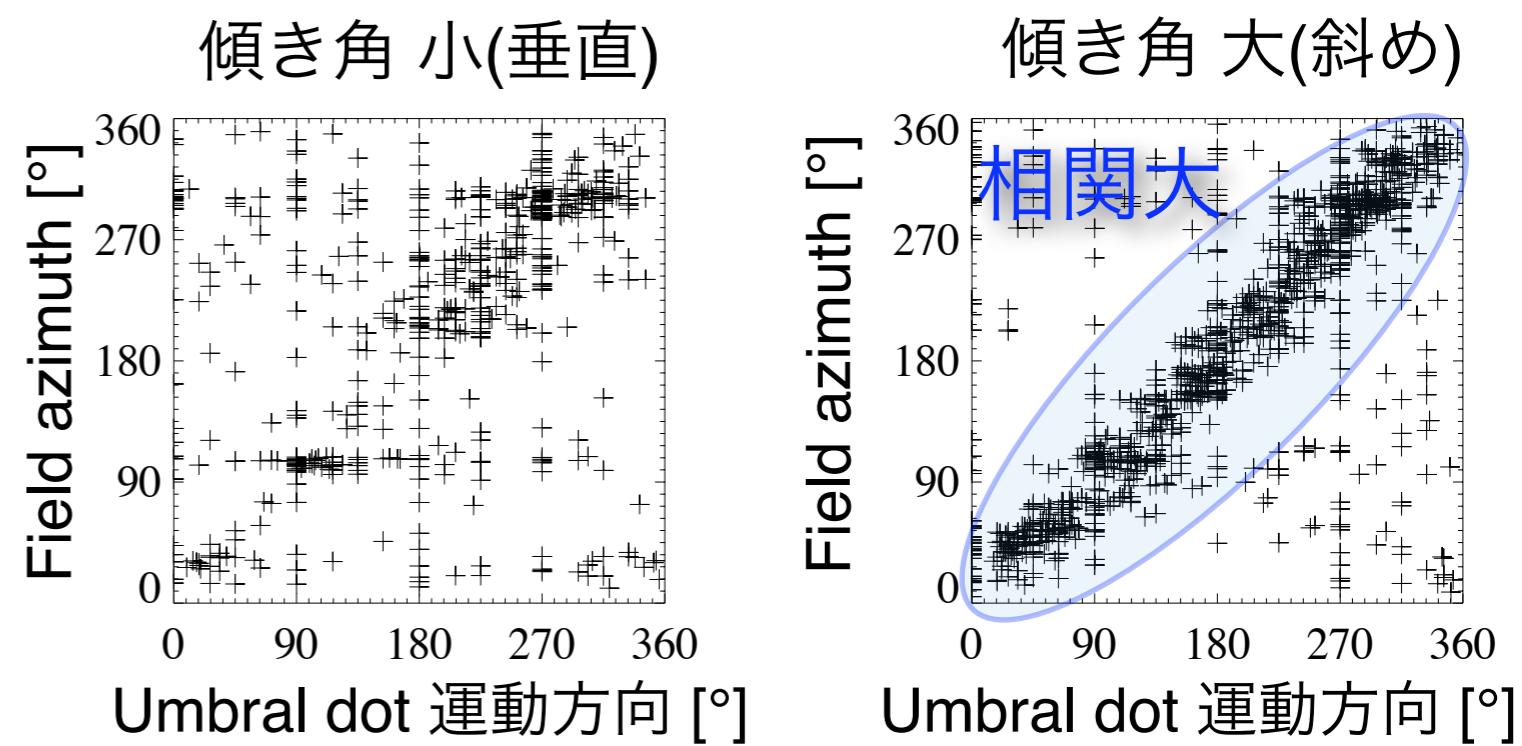
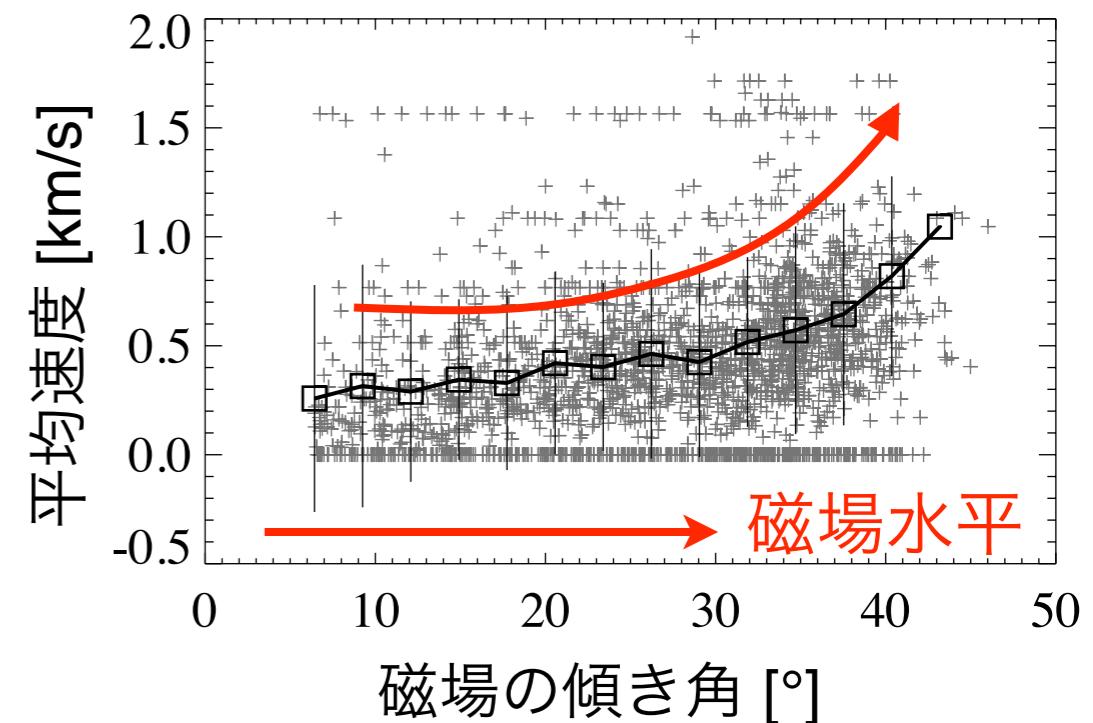
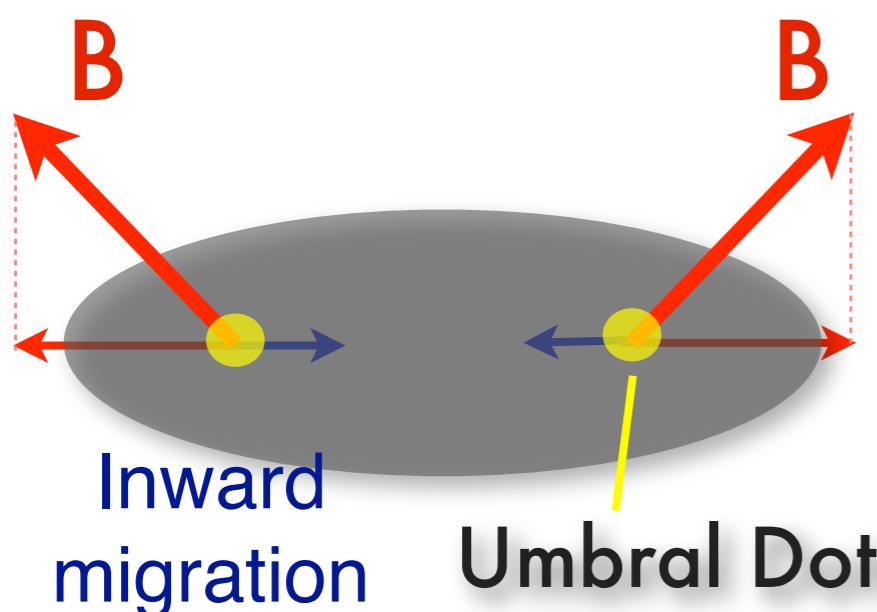


横から見た図

Result 4/4

運動解析

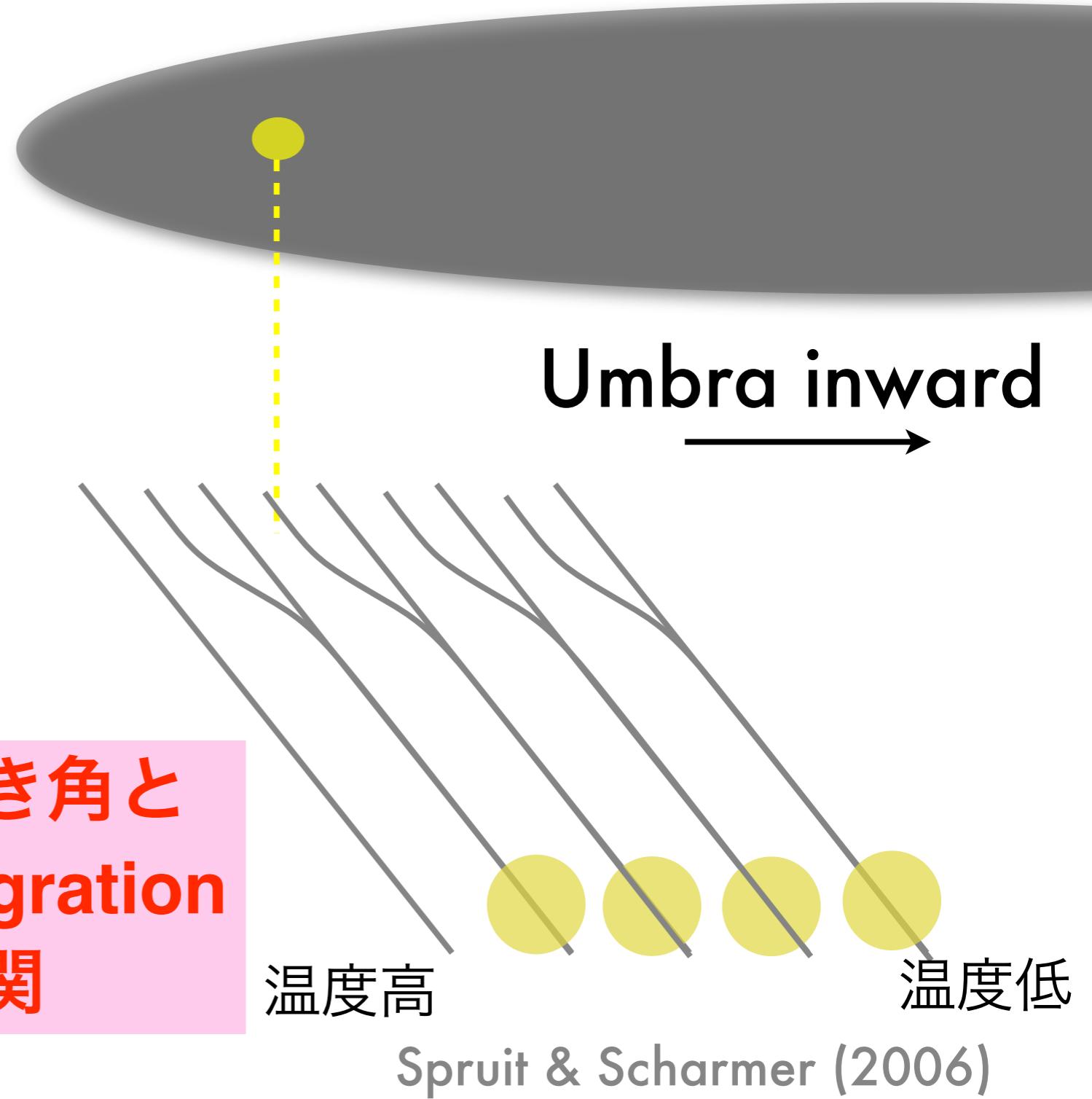
- ▶ 磁場が垂直...ゆっくりとランダムな運動
- ▶ 磁場が斜め...速い速度で暗部中心方向へ運動



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. ガス上昇

磁場の傾き角と
inward migration
の相関



Spruit & Scharmer (2006)

Summary

umbral dotは、磁場と対流の相互作用を直接測定できる貴重な対象

- 磁場が強い所では...
 - ▶ 発生頻度が少ない ⇒ **対流をより強く抑制**
 - ▶ sizeが小さい ⇒ **gasの膨張を抑制**
 - ▶ lifetimeは一定 ⇒ **lifetime~size/rise velocityで、size ↓, rise velocity ↓**
- 磁場が水平に傾いている所では...
 - ▶ 暗部中心方向に速いスピードで運動する
⇒ **傾いた磁場中のガスによる磁力線の折り曲げ**