

黒点暗部微細構造に 関する 観測的研究

京都大学理学研究科 附属天文台
博士後期課程1年 渡邊 皓子

指導教官 北井 礼三郎

2010年3月3日 たちばな賞受賞式

渡邊皓子の経歴

- 2003年4月 京都大学理学部入学
- 2007年4月 京都大学大学院
理学研究科修士課程入学
- 2009年4月 京都大学大学院理学研究科
博士課程進学
日本学術振興会特別研究員(DCI)
- 2009年9-12月 オスロ大学に滞在
- ❖ 学生団体Kyoto ⇔ Science Codex代表
- ❖ 京セラジュエリーデザインコンペティション2009優秀賞

出版論文

- “*Umbral Fine Structures in Sunspots Observed with Hinode Solar Optical Telescope*”, Kitai, R., Watanabe, H., et al.
Publ. Astron. Soc. Japan, 59, S585-S591, (2007)
- “*Spectro-Polarimetric Observation of an Emerging Flux Region: Triggering Mechanism of Ellerman Bombs*”, Watanabe, H., et al.
The Astrophysical Journal, 684, 736-746, (2008)
- “*Magnetic Structure of Umbral Dots Observed with the Hinode Solar Optical Telescope*”, Watanabe, H., et al.
Publ. Astron. Soc. Japan, 61, 193-200, (2009)
- “*Characteristic Dependence of Umbral Dots on their Magnetic Structure*”, Watanabe, H., et al.
The Astrophysical Journal, 702, 1048-1057, (2009)

I. 太陽黒点とは？

III. これからの展望

II. 微細構造の研究

母なる星 太陽

- 直径 70万km (地球の109倍)
- 質量 2.0×10^{30} kg (地球の33万倍)
- ガスで出来ており、中心核では核融合反応

黒点研究のはじまり

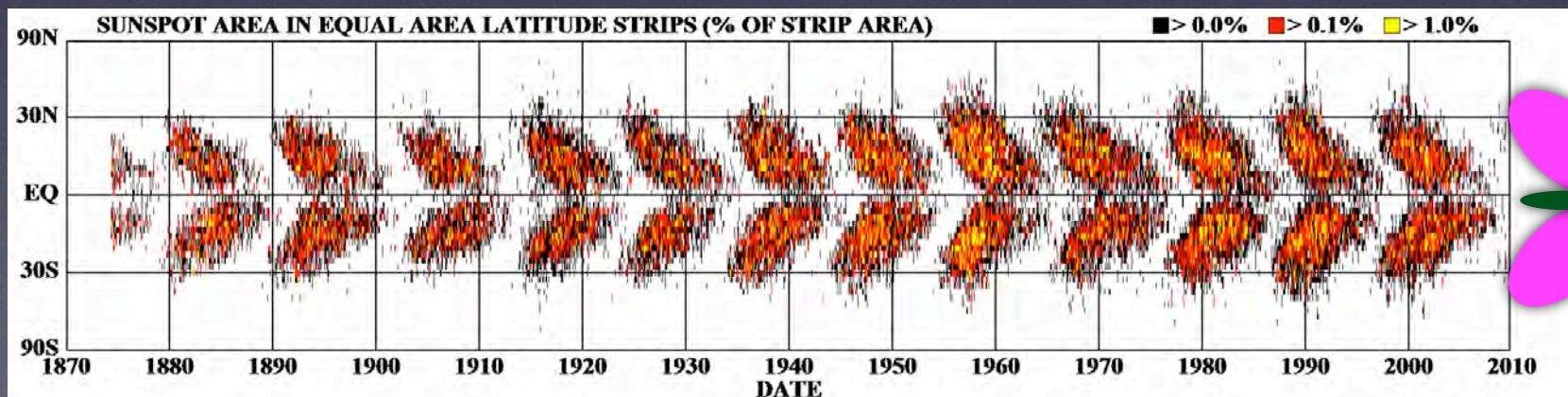
- ガリレオ・ガリレイ (1564-1642)
 - ▶ 1609年 天体望遠鏡を自作
 - ▶ 1613年 『太陽黒点論』 出版
 - 黒点の運動を記録
 - 地動説のさきがけ
 - ▶ 2009年 国際天文年



©ナノオプトメディア
(イラスト:イクタユリエ)

黒点研究の発展

- Samuel Heinrich Schwabe (1789–1875)
 - ▶ 1843年 黒点数の11年周期
- Edward Walter Maunder (1851–1928)
 - ▶ 1904年 “バタフライ・ダイアグラム”
- George Ellery Hale (1868–1938)
 - ▶ 1908年 太陽黒点内に磁場を発見



最新の黒点観測

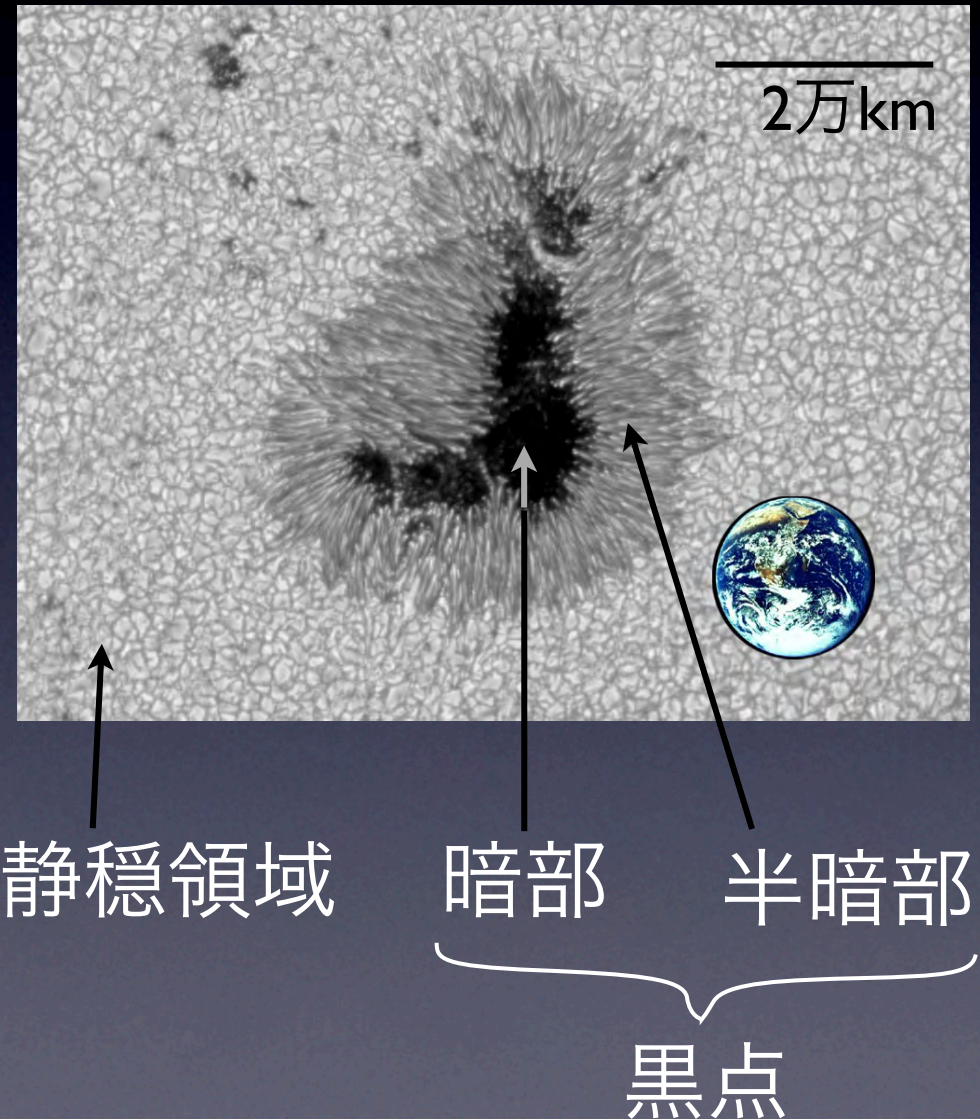
- 太陽観測ひので衛星



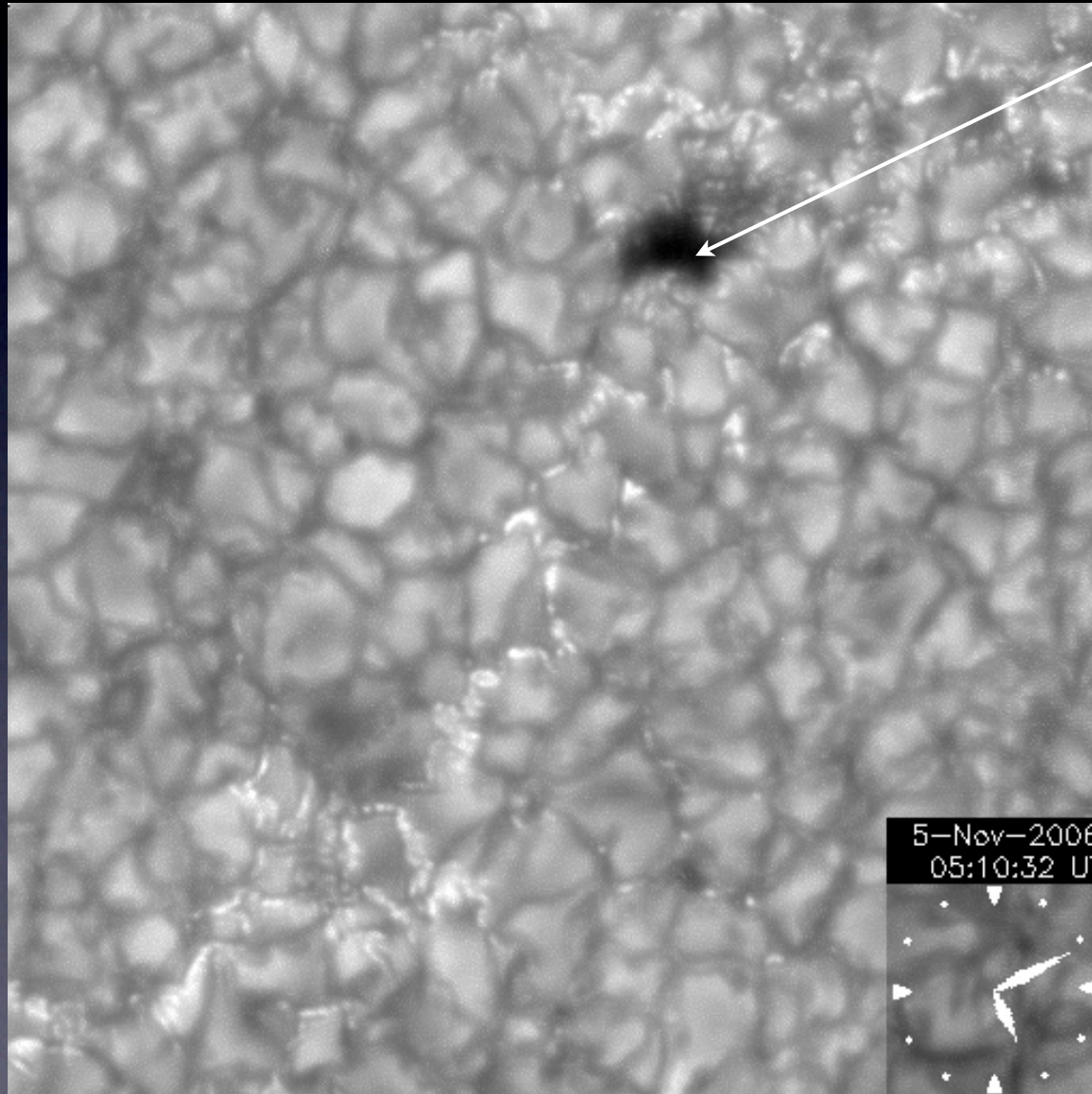
171,000 km ©Takenori J. Okamoto

黒点の構造

直径	1万-100万 km
寿命	数時間-数週間
温度	黒点: ~4500K 静穏領域: ~6000K
磁場強度	1000-3500 Gauss
なぜ黒い？	強い磁場強度のため対流による熱の移動が抑制される

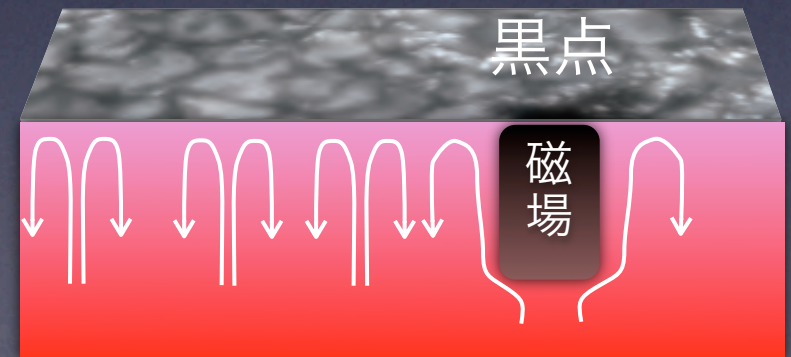


太陽面上の対流



黒点

- 粒状斑 (直径 2万km
1000km, 寿命10分)
- 対流で深い層の熱
を表層に運ぶ



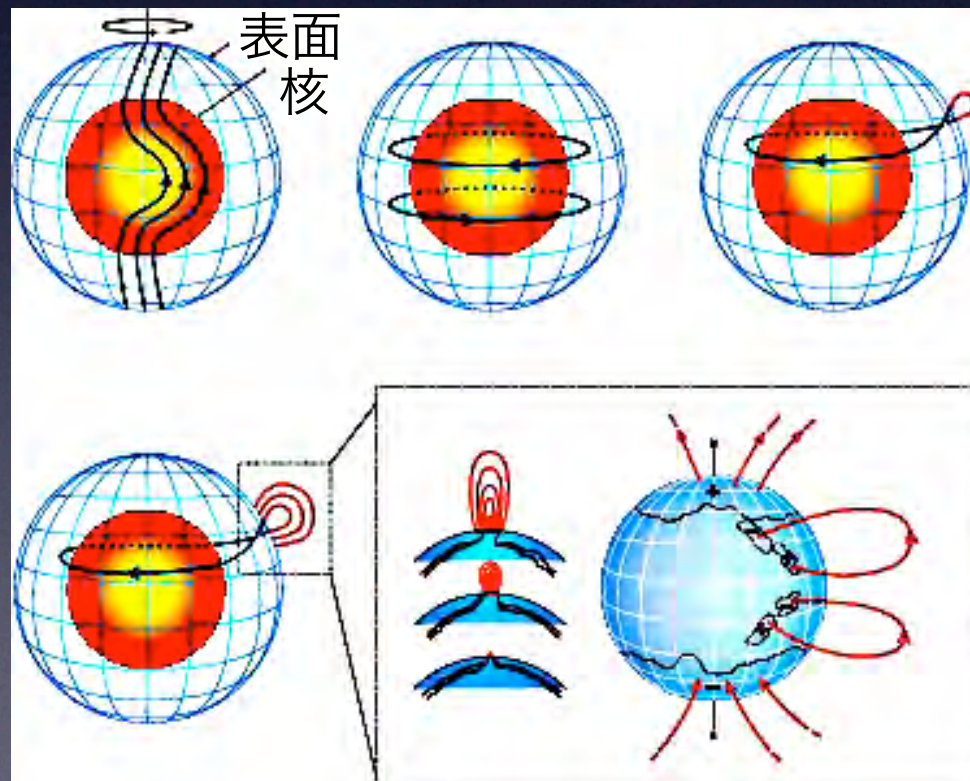
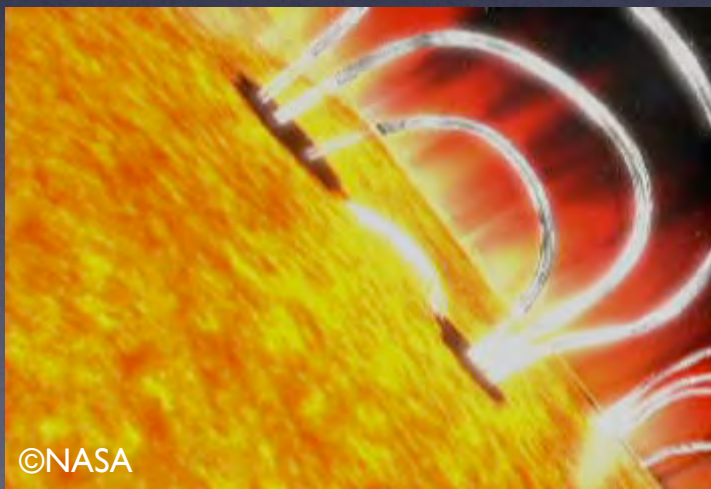
黒点磁場の起源

- 差動回転

- ▶ 赤道の方が極より自転速度が速い
- ▶ 不安定性によって磁場が浮上→黒点

2万km

- 太陽フレアなど強い活動性の発生源

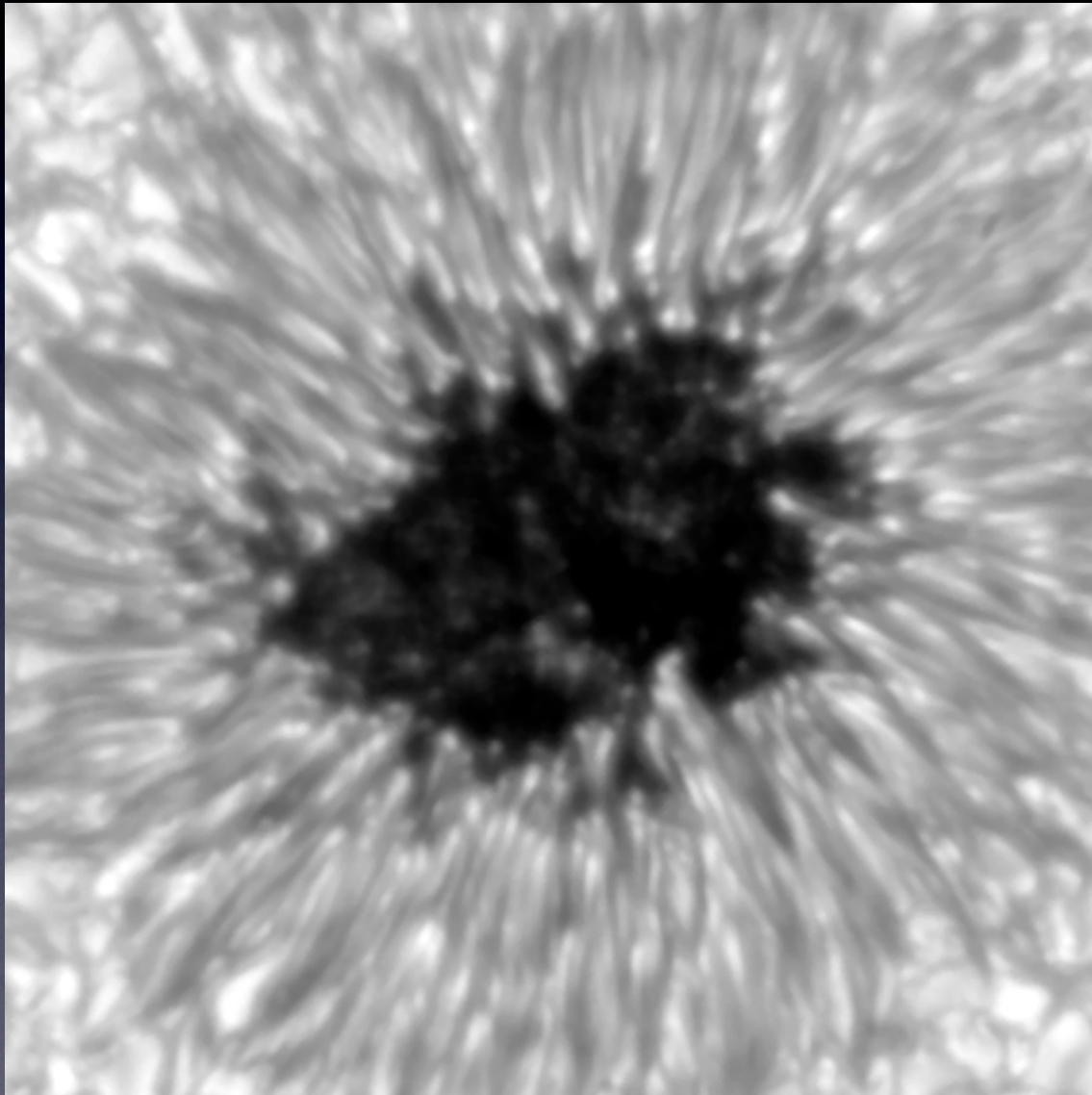


I. 太陽黒点とは？

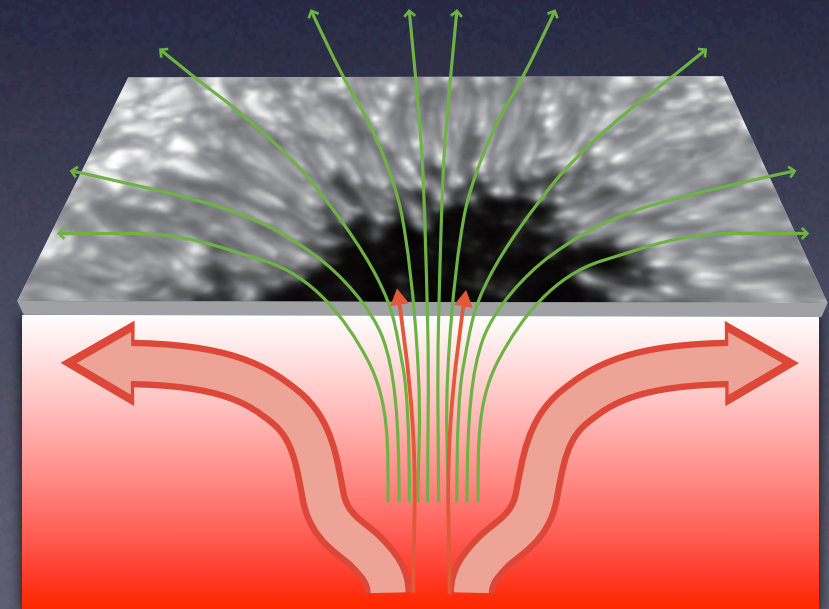
III. これからの展望

II. 微細構造の研究

黒点内の対流

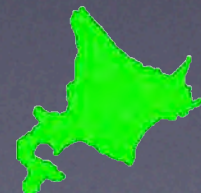
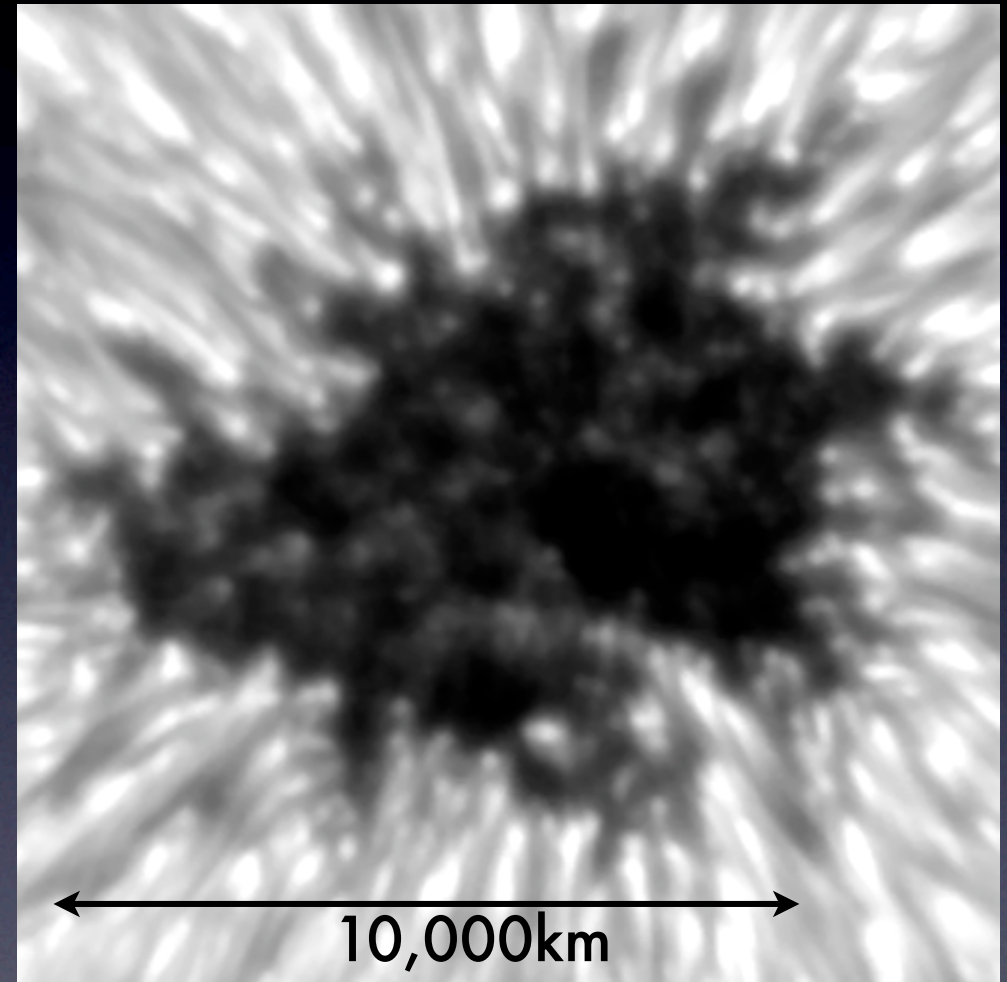


- Umbral dot 2万km
- 黒点内にも対流が侵入している



Umbral dot の性質

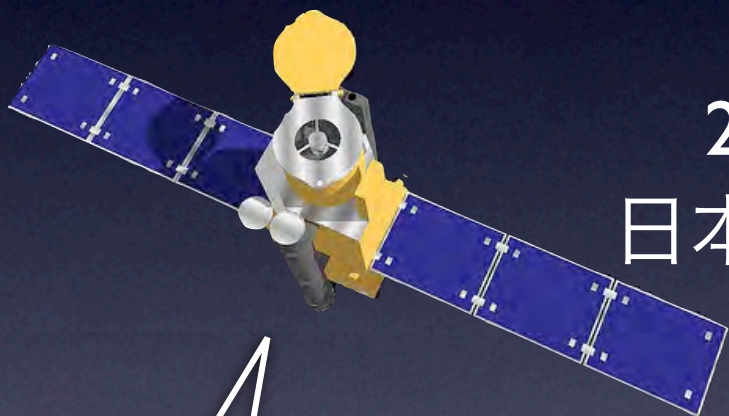
サイズ	200 - 400 km
寿命	5-40 分 典型的には10 分
見かけの 運動	周辺部: 0.5-1km/s で暗部中心方向 中心部: なし
磁場強度	2000-2500 Gauss 周囲より数十Gauss弱い
ガスの速度	上昇流 30 - 100 m/s



一つのUmbral dotの大きさ
≈ 北海道

モチベーション

Umbral dot は**磁気対流** (磁場と対流の相互作用)の現場を観測できる、唯一の天体現象！



2006年9月打ち上げ
日本の観測衛星“ひので”

→大気のゆらぎに邪魔されない観測

分解能の高い画像と、磁場の精密データが同時にとれる。磁場とUmbral dotの関係を調べたい！



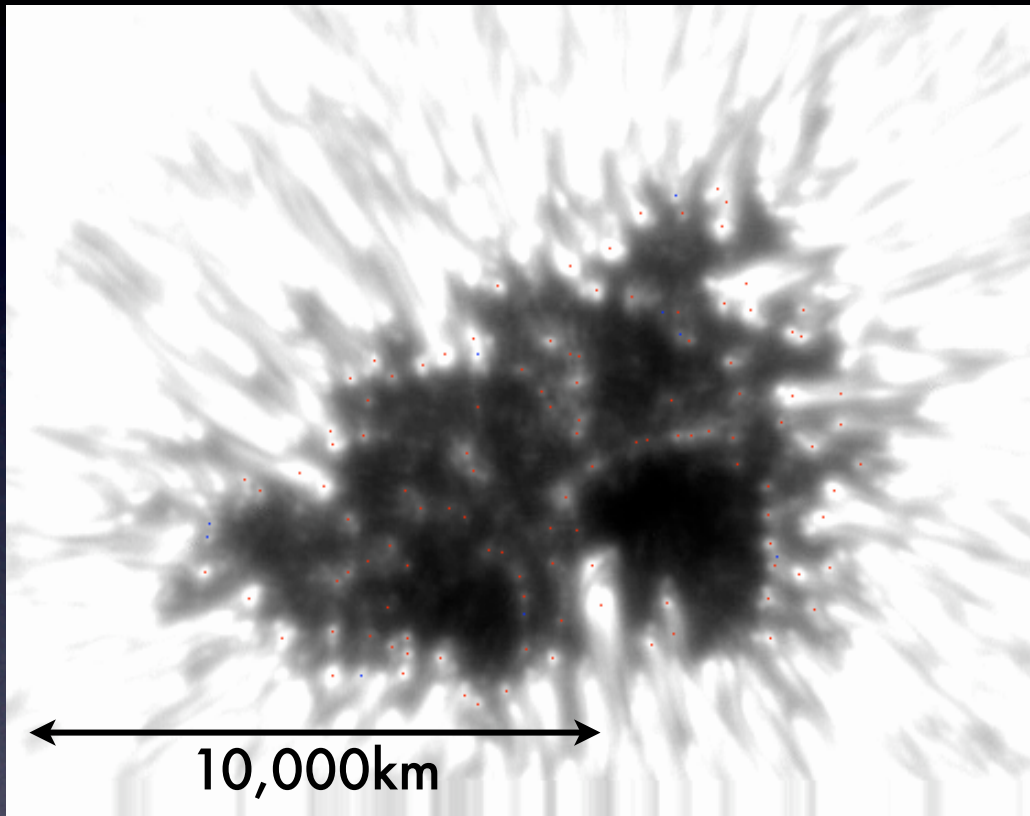
研究のアウトライン

- 磁場とUmbral dotの統計解析
 - ▶ Umbral dotのサイズ、寿命、見かけの運動
 - ★ バイアスのない標本
 - ▶ Umbral dot 発生位置の磁場強度、向き
 - ★ 十分な統計量



磁気対流のパラメーターサーベイ
降着円盤や低温星の物理にも応用可能

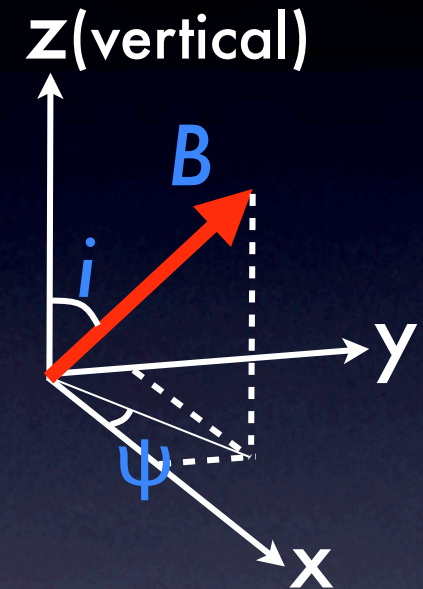
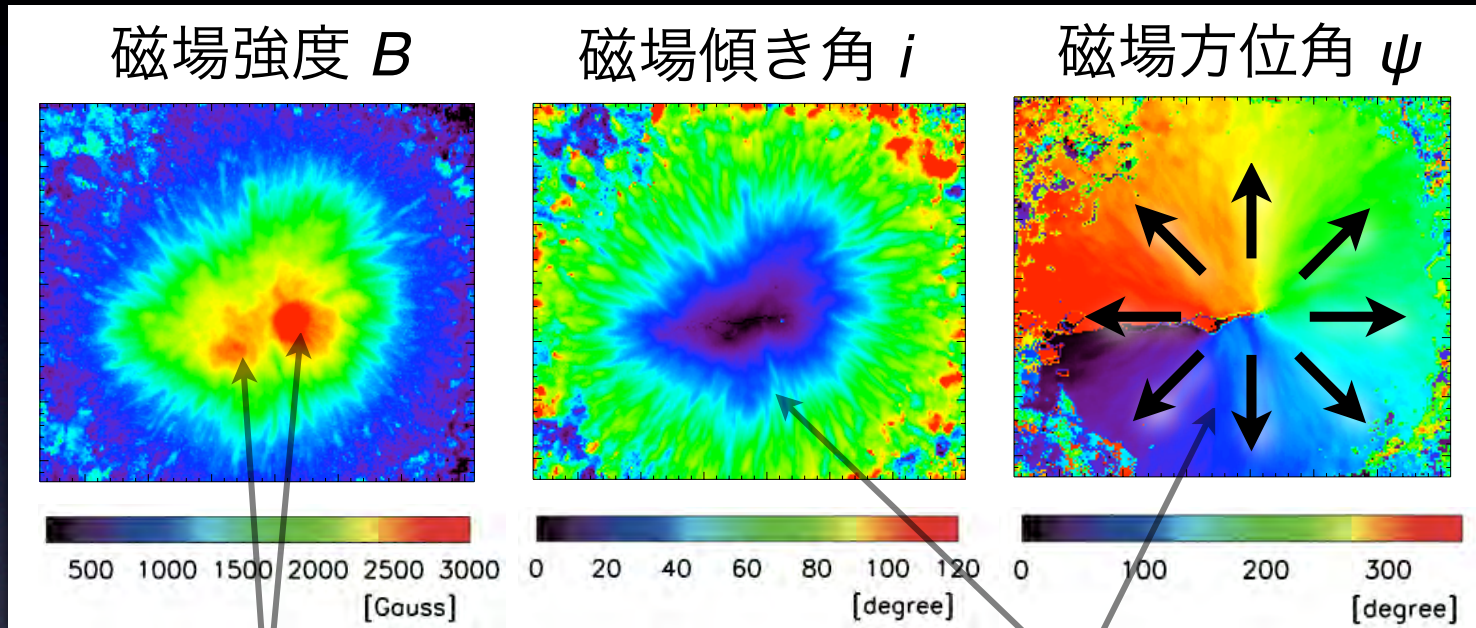
Umbral dot を自動検出



- 自動検出アルゴリズム
- 2268個のサンプル

- 計算したパラメータ
 - ▶ 寿命
 - ▶ サイズ
 - ▶ 明るさ
 - ▶ 見かけの運動の速さ
 - ▶ 見かけの運動の向き

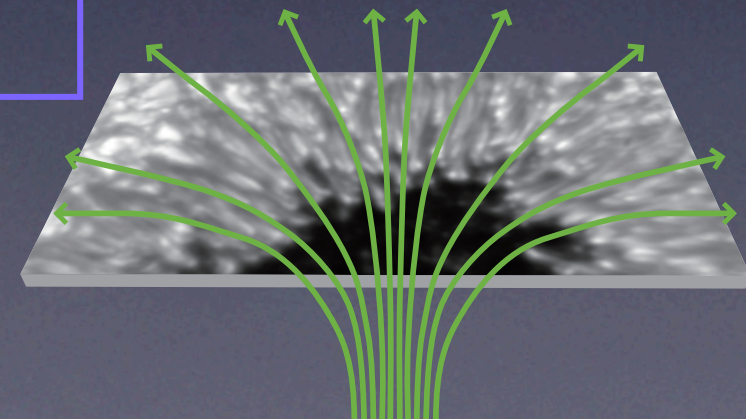
磁場の精密観測



特に磁場の強い所
dark core

暗部中心から
等方的な分布

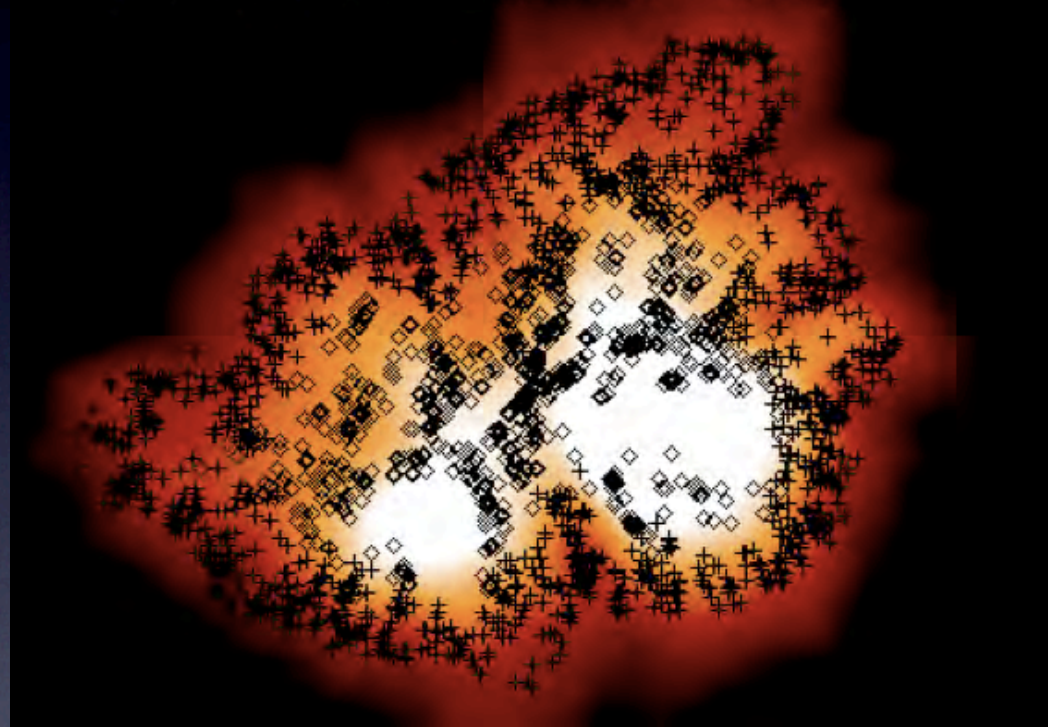
- ほぼ同時刻の磁場データ
- Umbral dot の出現位置の磁場



空間分布

1600 1800 2000 2200 2400 2600 [Gauss]

背景:磁場強度



- 磁場の強い所にUmbral dot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？

寿命, サイズ v.s. 磁場強度

- 相関関係

- ▶ 寿命

ほとんど変化なし(10分)

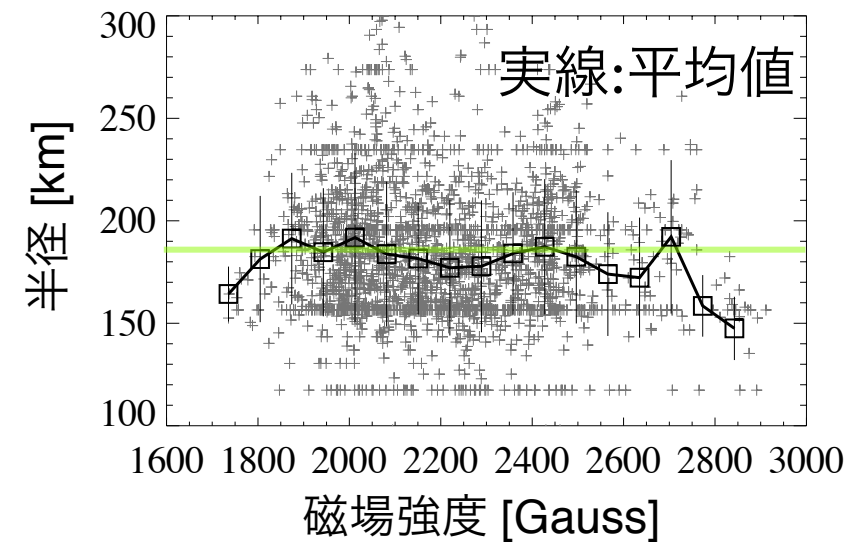
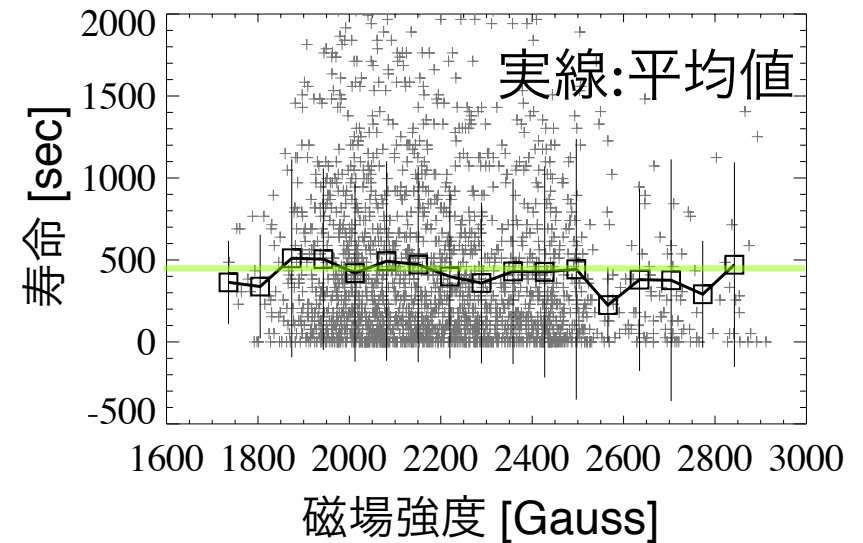
- ▶ サイズ

磁場が強い所で小さい

磁場無し

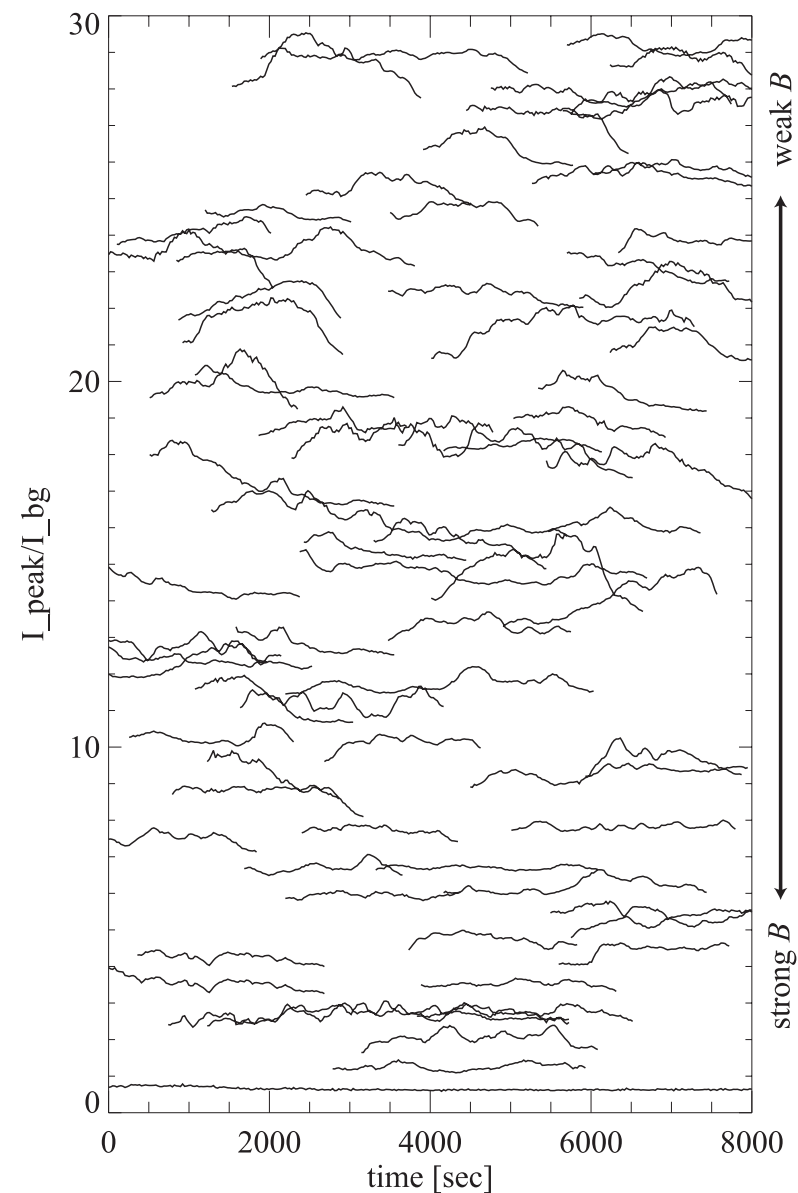


磁場あり

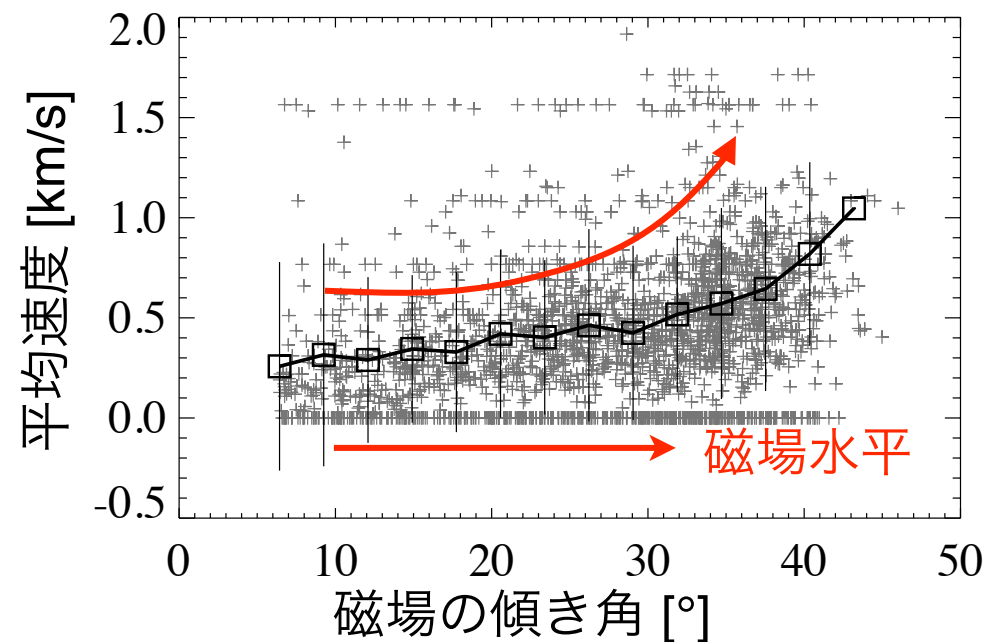
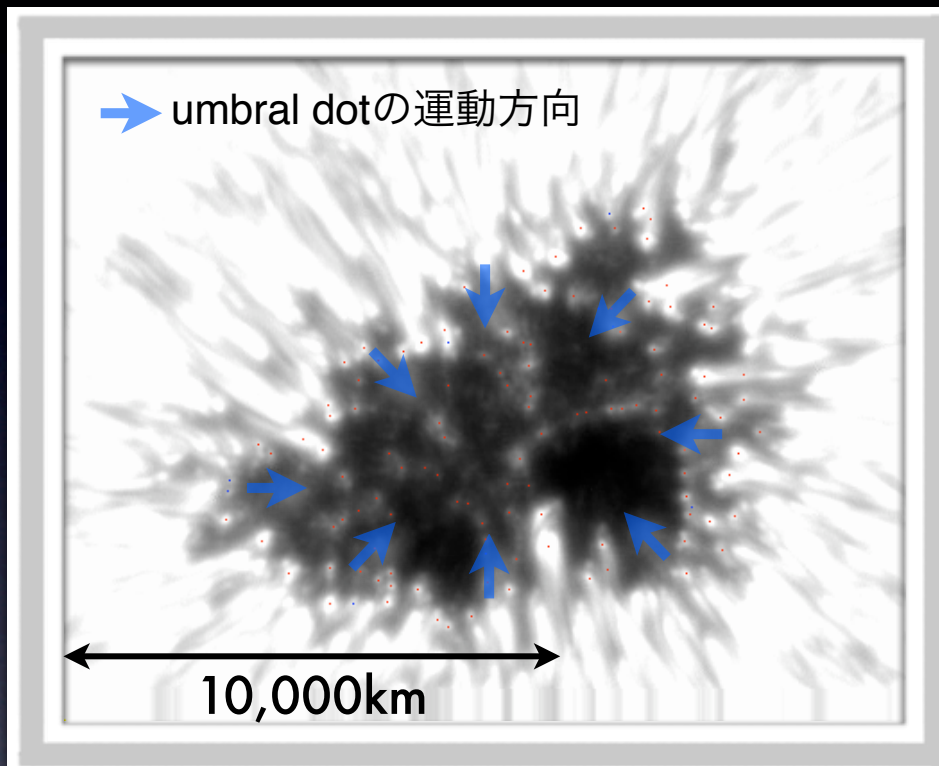


明るさの時間変化

- 寿命が長いUmbral dot 76個の明るさの時間変化
 - ▶ 10-15分の周期で振動
 - ▶ 磁気対流の振動モード？
 - ▶ Umbral dotは同じ場所で繰り返し起こる？

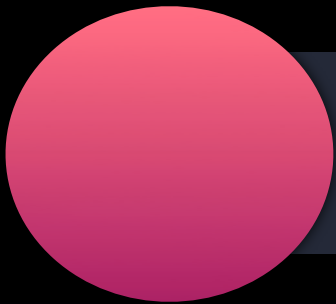


見かけの運動



磁場が垂直(中心部)...ゆっくりとランダムな運動

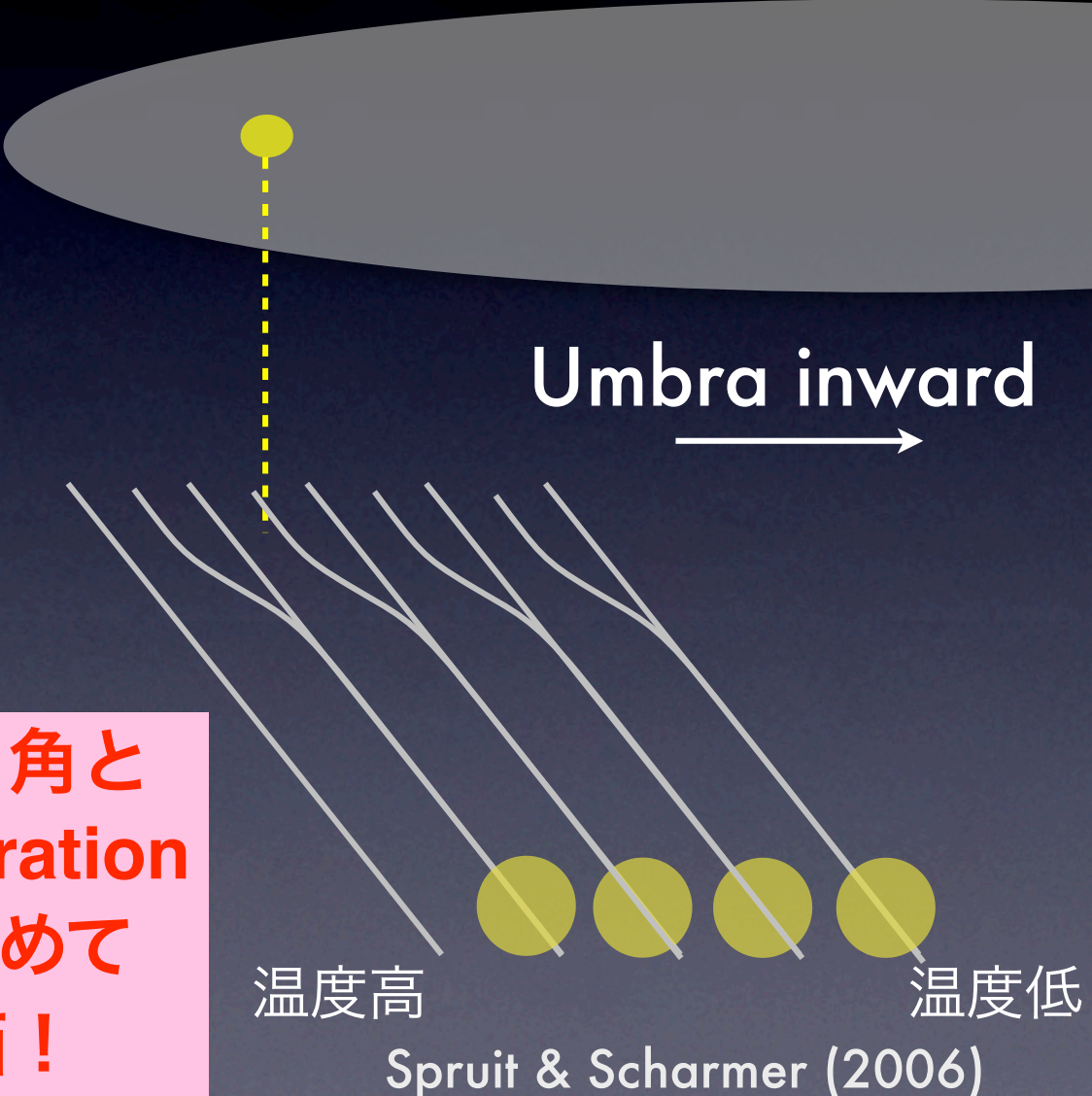
磁場が斜め(周辺部)...速い速度で暗部中心方向へ運動



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
の相関を初めて
定量評価！**



まとめ

- 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**

サイズが小さい ⇒ **ガスの膨張を抑制**

- 振動しているモード？

- 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

⇒ **傾いた磁場中でのガスによる磁力線の折り曲げ**

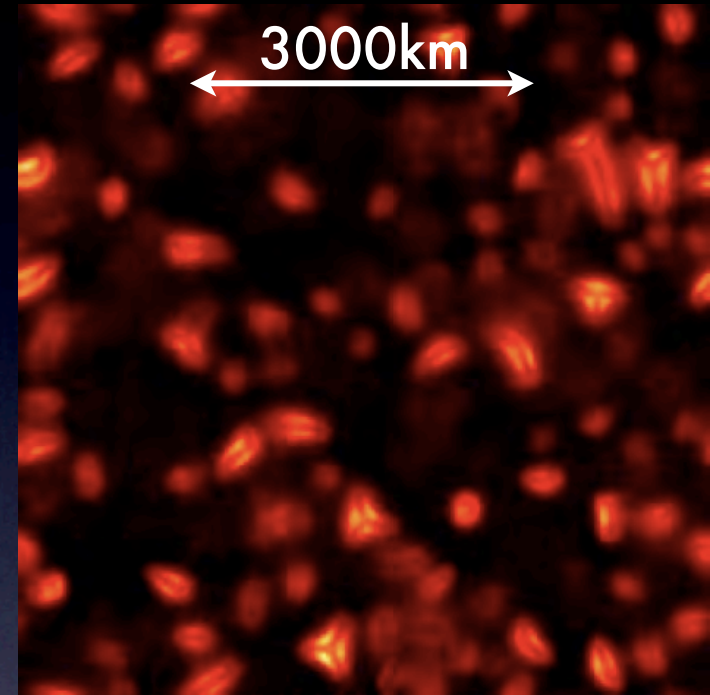
I. 太陽黒点とは？

III. これからの展望

II. 微細構造の研究

これからの展望

- 微細構造のなかの微細構造
 - ▶ 最大口径をもつ地上望遠鏡 (Swedish Solar Telescope) でせまる！



- 黒点上空の加熱
 - ▶ 京都大学附属飛騨天文台のスペクトログラフでせまる！



装置開発

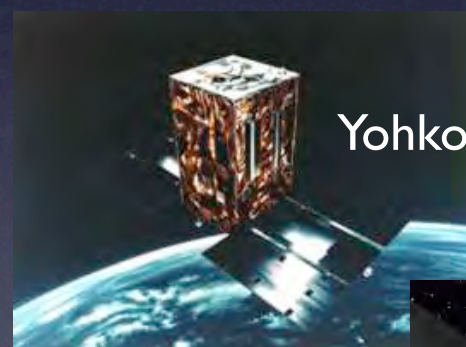
- CLASP (“Chromospheric Lyman-Alpha Spectro-Polarimeter”)

ロケット実験

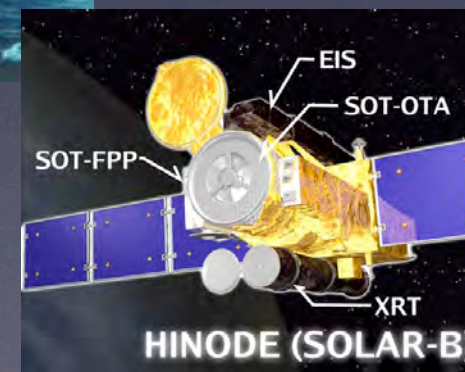
- ▶ 2012年夏打ち上げ予定

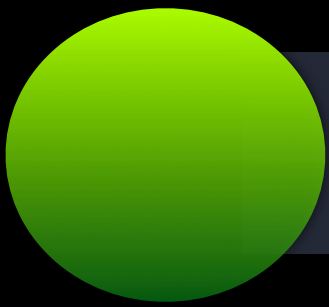
- 次期太陽観測衛星”Solar-C”

- ▶ ひので衛星の成功に続く
新世代衛星



Yohkoh(SOLAR-A)





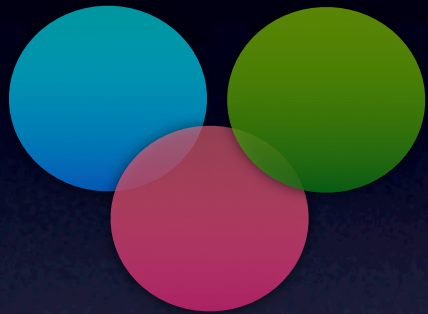
アウトリーチも

- サイエンスカフェ・ガリレオ・ガリレイで
つかうランチョンマット制作

京都精華大学

精華大学デザイン
学部の学生が
イラストを担当





おしまい

指導教官である北井先生をはじめ、一本先生、柴田台長、附属天文台の方々、宇宙物理学教室の皆様、いつも支えてもらっている家族に感謝いたします。ありがとうございました。