

2008 夏の学校@つくば

太陽観測衛星ひのでを用いた 黒点内部の輝点(umbral dot) の解析

渡邊 皓子(京都大学修士2年)

指導教官 北井 礼三郎

watanabe@kwasan.kyoto-u.ac.jp

2007.5.3 SOT blue continuum

Outline

Introduction

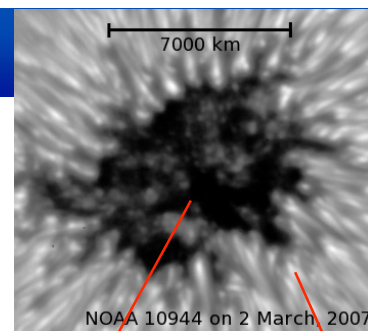
1. 黒点の微細構造の観測
2. Umbral dotの過去論文
3. 磁場の強い所で起きる対流

Results

- ◆ umbral dotの寿命、大きさの分布の特徴
- ◆ ポア(半暗部なし)と大きめの黒点でのumbral dotの寿命、大きさの違い

Discussion Summary

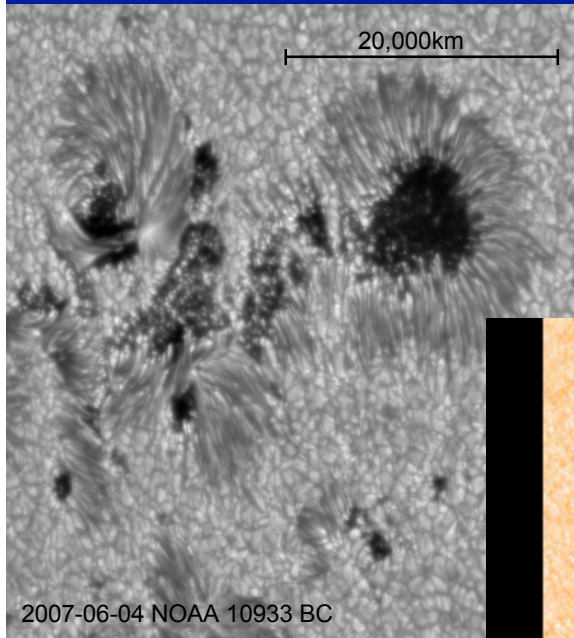
- ◆ 観測結果とsimulationの比較



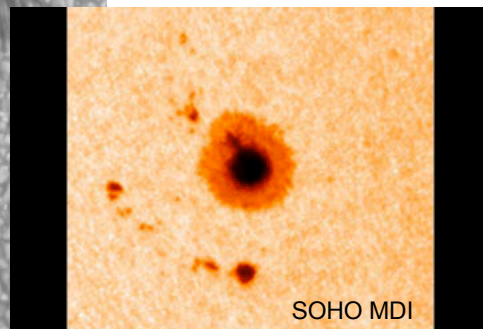
暗部

半暗部

黒点に関する謎



- ◆ 安定性
- ◆ 微細構造
- ◆ ポアから半暗部形成までの変遷
- ◆ 黒点底部の磁場、速度場、温度



Introduction(1) 黒点の微細構造の観測

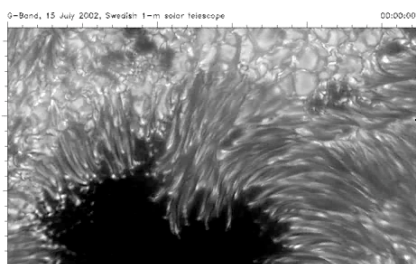
地上での観測

Swedish Solar Telescope (口径1m)

Dunn Solar Telescope (76cm)

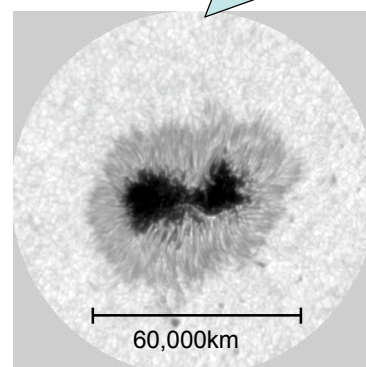
Dutch Open Telescope (45cm)

Domeless Solar Telescope (60cm)



Swedish
Solar
Telescope
2002.7.15
Gband

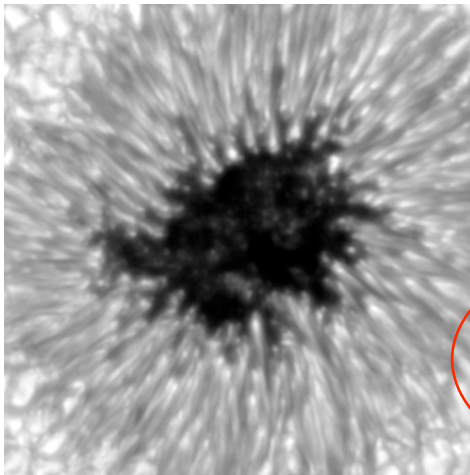
Dunn Solar Telescope with IBIS
2006.8.24 whitelight



- ◆ 黒点微細構造の時間変化を調べるには、Spaceからのデータが最適！ ➡ 太陽観測衛星ひので

Introduction(2) umbral dotの過去論文

- ◆ <観測> Kitai et al. 2007など多数...直径約300km、15-60分と幅広い寿命。上昇流を伴う。



Hinode SOT 2007-03-02 blue continuum

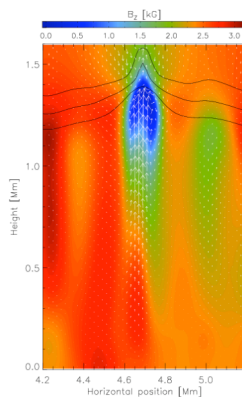
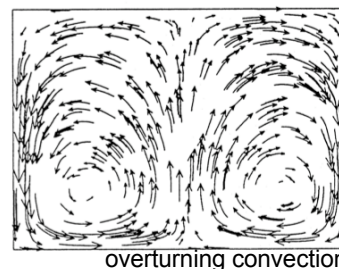
<メカニズムに関して>

- ◆ Parker 1979...
磁束管のすきまに侵入してくるfield-free hot gas
- ◆ Weiss et al. 1990...
垂直な磁場中における振動対流によるmagnetized hot gas

Introduction(3) 磁気対流

ζ = 磁気拡散率 / 熱拡散率

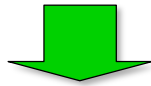
- ◆ $\zeta > 1$...overturning convection
- ◆ $\zeta < 1$...oscillatory convection
- ◆ 黒点では、光球から約1500km深部までは $\zeta < 1$ 、それより深い所では $\zeta > 1$



- ◆ Schüssler & Vögler 2006
 - umbral dotのrealisticなsimulation
 - $\langle B \rangle = 3500\text{G}$ で $\langle \text{lifetime} \rangle = 25\text{min}$
 - 黒点の平均磁場強度を弱くすると、diffuseだけど長生きなumbral dotになる
 - light curveは振動的に変化

Purpose of this Study

- ◆ umbral dotの寿命、大きさの分布に特徴はあるか？
- ◆ ポアと大きめの黒点でumbral dot (磁気対流)のスケールに違いがあるか？

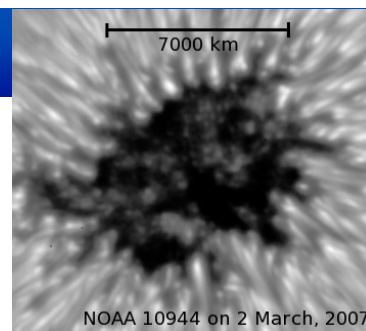


磁気対流の特徴変化から、観測では見通せない
黒点直下の磁場、温度構造を考察する

Outline

Introduction

- ◆ 黒点の微細構造の観測
- ◆ Umbral dotの過去論文
- ◆ 磁場の強い所で起きる対流



Results

- ◆ umbral dotの寿命、大きさの分布の特徴
- ◆ ポアと大きめの黒点でのumbral dotの寿命、大きさの違い

Discussion Summary

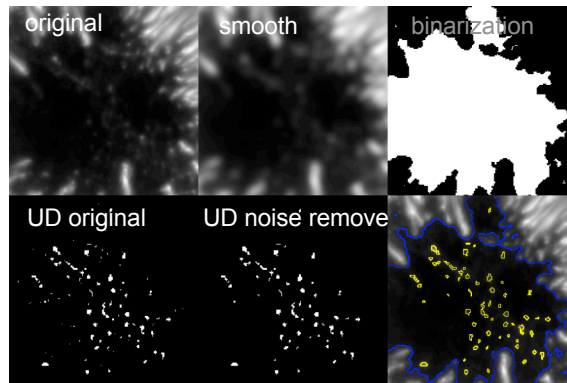
- ◆ 観測結果とsimulationの比較

Methodology

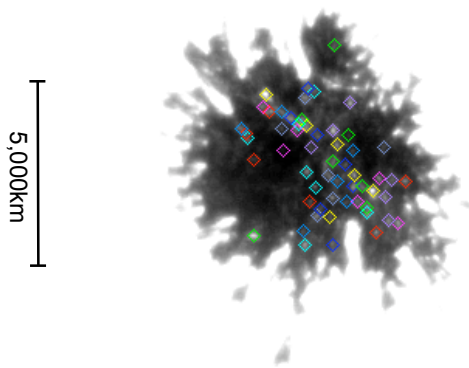
◆ umbral dot自動検出プログラムを作成

- 平滑化した黒点よりも1.1倍以上明るい
- 2pixel以下のものは消す (noiseと考える)
- 直前のframeと連続性を持っていれば、同じumbral dotと見なす

◆ 連続1時間以上、撮影間隔3分以下のblue continuumの黒点観測データを用いる



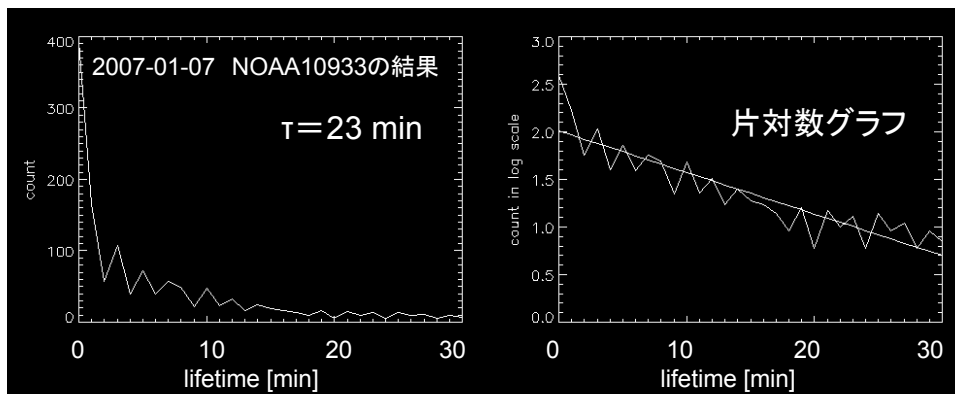
movie of identified umbral dots



- ◆ 2007-01-07
- ◆ 2.7時間連続
- ◆ 30sec間隔
- ◆ 位置
(S5°, W40°)
ただし真上から見たように変換してある
- ◆ NOAA 10933
- ◆ identified UDs
...1469個

Result -寿命-

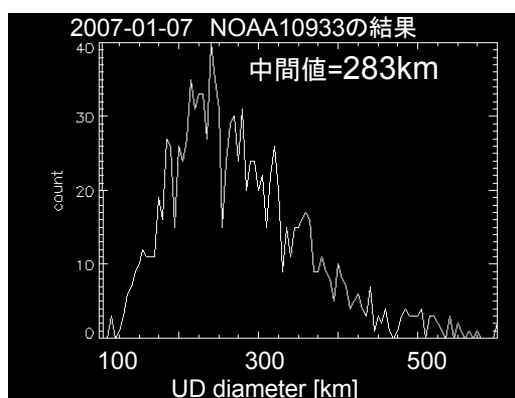
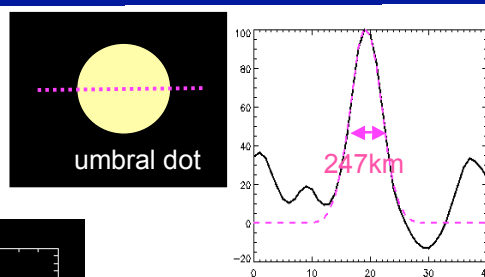
- ◆ 指数関数的な分布 $e^{-t/\tau}$
- ◆ Sobotka et al. 1997aと同じ結果



Umbral dotの寿命分布は指数関数で減少！

Result -直径-

- ◆ profileをガウスフィットし、その半値幅を直径とする
- ◆ peakをもった分布

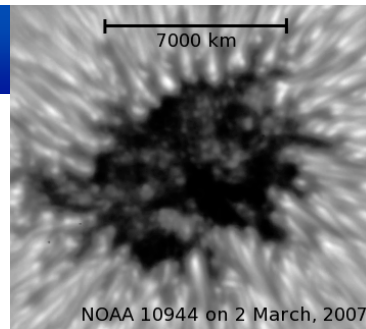


Umbral dotには
典型的な大きさがある！

Outline

Introduction

- ◆ 黒点の微細構造の観測
- ◆ Umbral dotの過去論文
- ◆ 磁場の強い所で起きる対流



Results

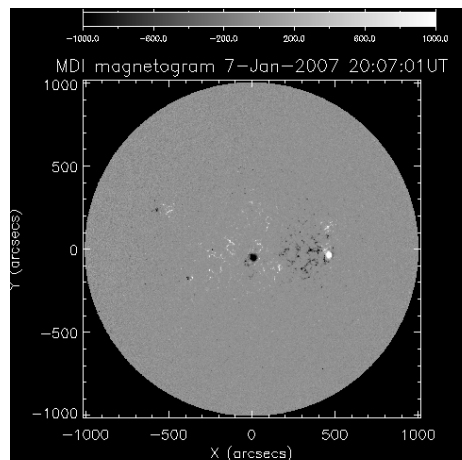
- ◆ umbral dotの寿命、大きさの分布の特徴
- ◆ ポアと大きめの黒点でのumbral dotの寿命、大きさの違い

Discussion Summary

- ◆ 観測結果とsimulationの比較

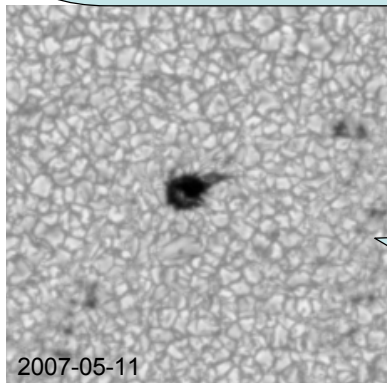
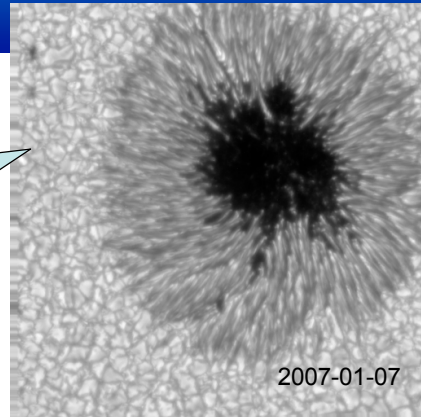
Methodology

- ◆ 寿命
 - $e^{-t/\tau}$
 - histogramを指数関数で近似したe-folding time
- ◆ サイズ
 - histogramの中間値
- ◆ 磁場強度
 - MDI magnetogramで黒点中心付近の磁場



Result

number of UD: 1469
 寿命: 23 min
 サイズ: 283 km
 磁場強度: 3840 Gauss

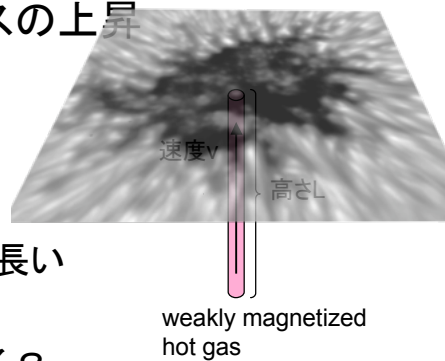


number of UD: 46
 寿命: 50 min
 サイズ: 374 km
 磁場強度: -1050 Gauss

ポアの方が直径が大きく、寿命の長いumbral dot

Discussion

- ◆ 1次元, tube内でのガスの上昇
- ◆ 寿命= L/v
- ◆ サイズ=tubeの断面積
 - v がアルフベン速度
 - 磁場が弱い方が寿命は長い
 (観測、simulation支持)
 - L は磁場が変化するとどうなる？
- tubeの断面積は、磁場が弱い方が対流が侵入しやすいので大きくなる → 観測、simulationともに支持
- 半暗部のあるなしが関係している？





Summary

- ◆ 磁場強度の弱いポアの方が、umbral dotの寿命は長く、サイズが大きい
観測とsimulationが一致！
- ◆ umbral dotが磁気対流によって起こっていることの証拠をつかんだ！
- ◆ 逆に、umbral dotを調べることから黒点で起こっている磁気対流をより深く理解することができる！