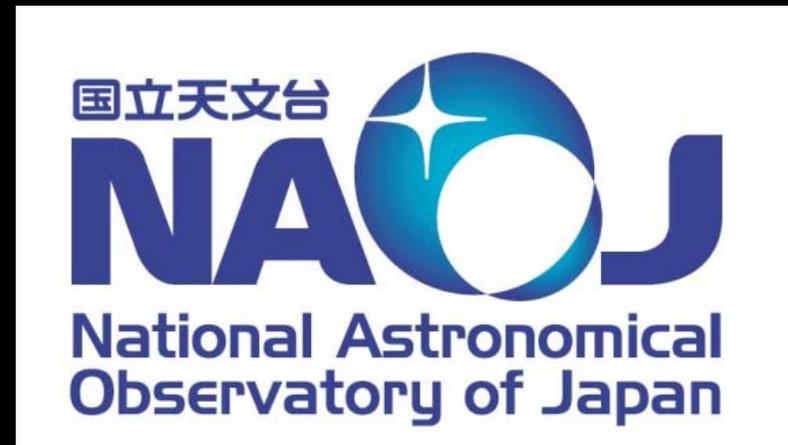


# Group 2 黒点の彩層大気構造



国立天文台 野辺山太陽電波観測所

岩井一正

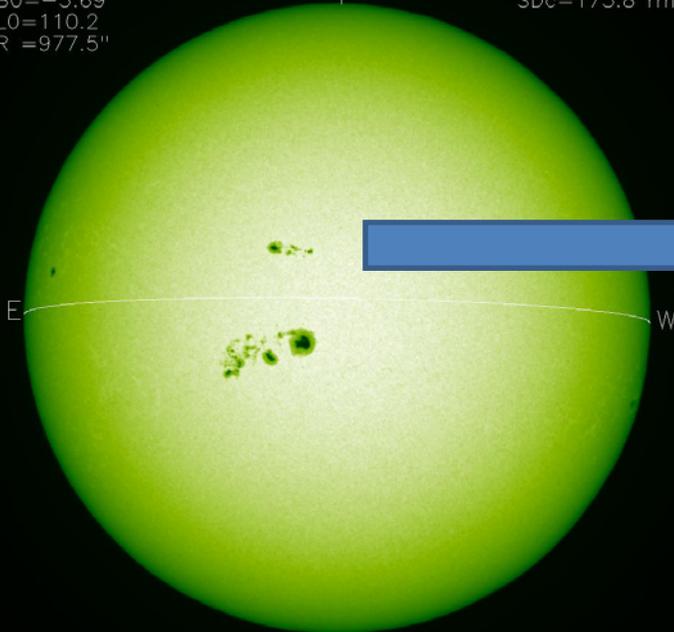
## Group 2 概要

- 目的： ミリ波の熱制動放射の輝度温度から黒点上空の大気構造を明らかにする
- 参加者： 岩井、野澤、宮脇、米谷
- 作業： 電波ヘリオグラフ(34G)のデータから黒点の輝度温度を求め、光球面磁場(HMI)やコロナ大気(AIA)の状態と比較する

# 背景(黒点上空の大気)

P = -0.827  
B0 = -3.69  
L0 = 110.2  
R = 977.5"

Rp = 870.3 pix  
SDc = 173.8 rms



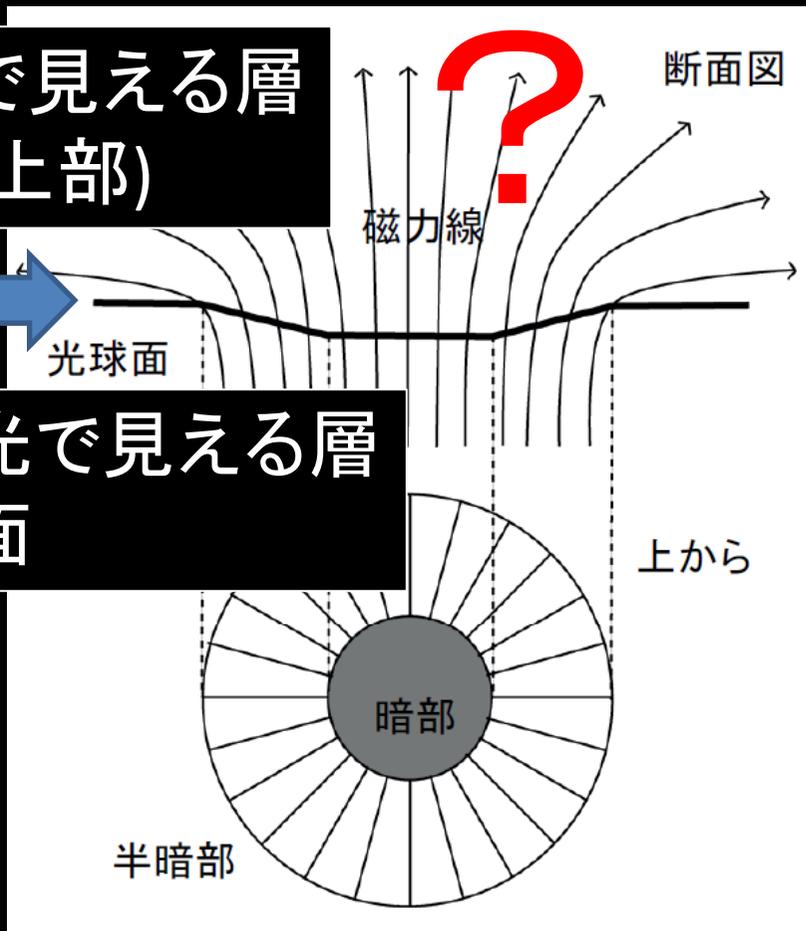
NAOJ, WL 07 Jan 2014, 00:28:35UT

## 黒点大気

- 光球面 = 黒い点
- 彩層 = ???

電波で見える層  
彩層(上部)

可視光で見える層  
光球面



黒点上空の明るさを調べる方法は？

# 黒点大気モデルと電波輝度 明るい

**熱制動放射**

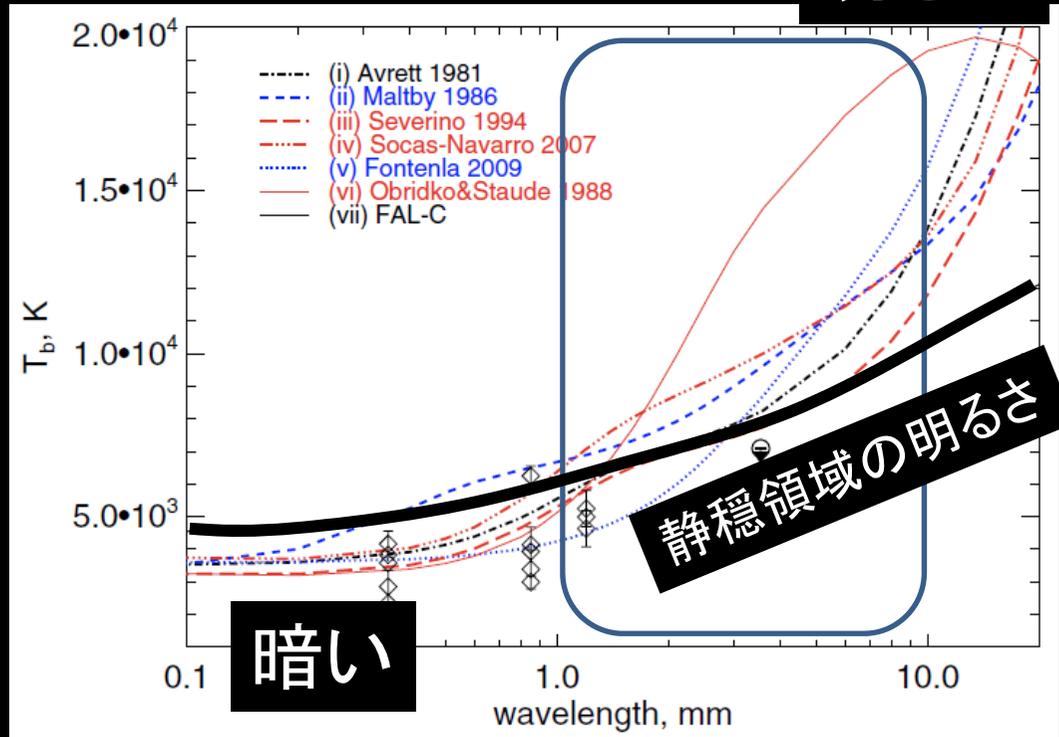
光学的厚さ  $\propto \frac{EM}{3T^2}$



大気鉛直構造  
→ 電波の輝度温度



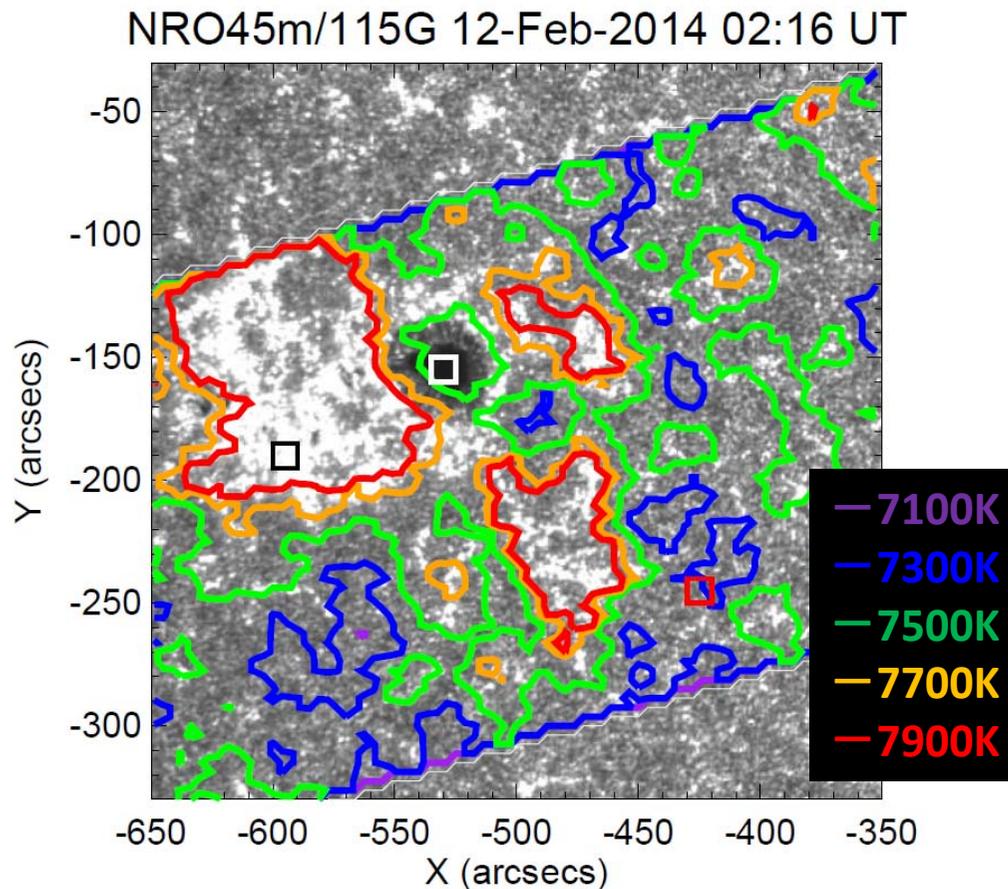
黒点の大気モデル = 多数(図参照)  
彩層領域 = 未検証(ミリ波観測が必要)



代表的な黒点大気モデルから予想される電波の電波輝度 (Loukitcheva+2014)

# 黒点の輝度温度@115G

黒点中心部(暗部)＝静穏領域と同程度



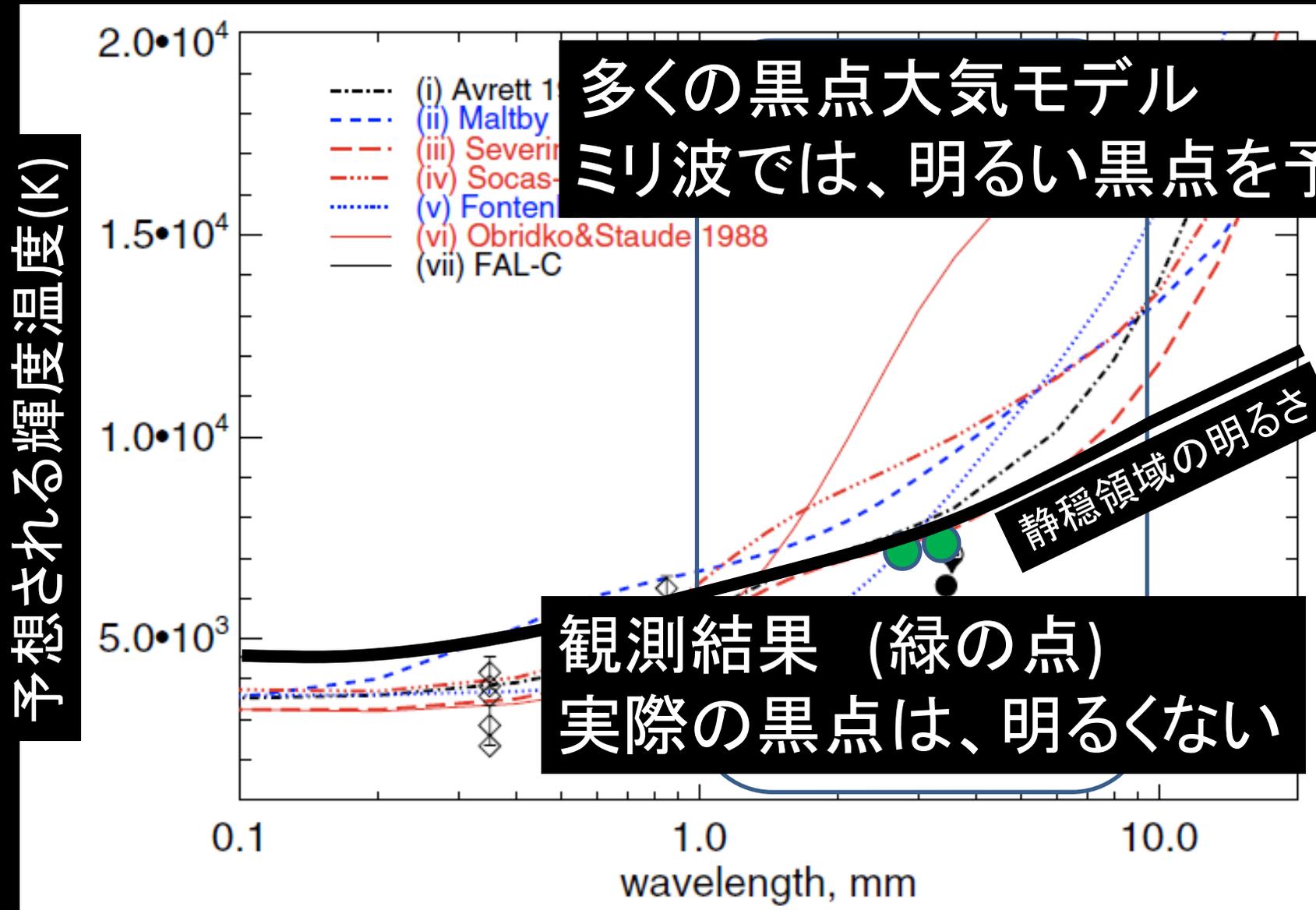
115GとUV連続光の発  
光領域は高く一致

静穏領域

7,340～7,460K

黒点：静穏領域と同  
程度(やや暗い)  
～7,410K(白枠)

# 大気モデルとの比較



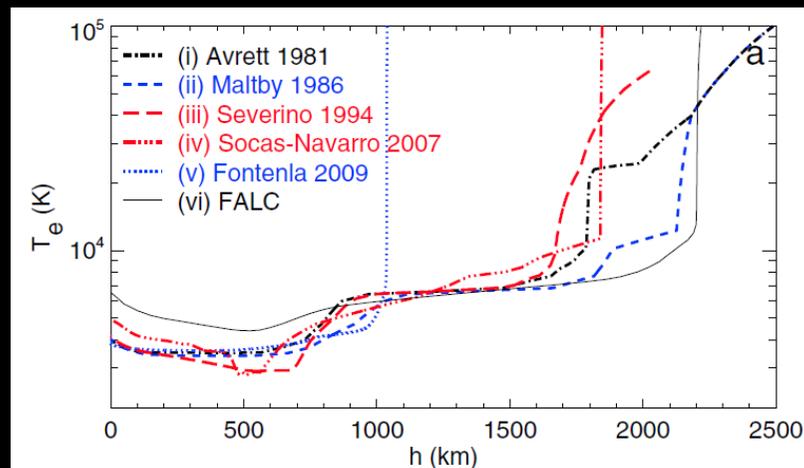
# 議論

$$\text{光学的厚さ} \propto \frac{EM}{3T^2}$$

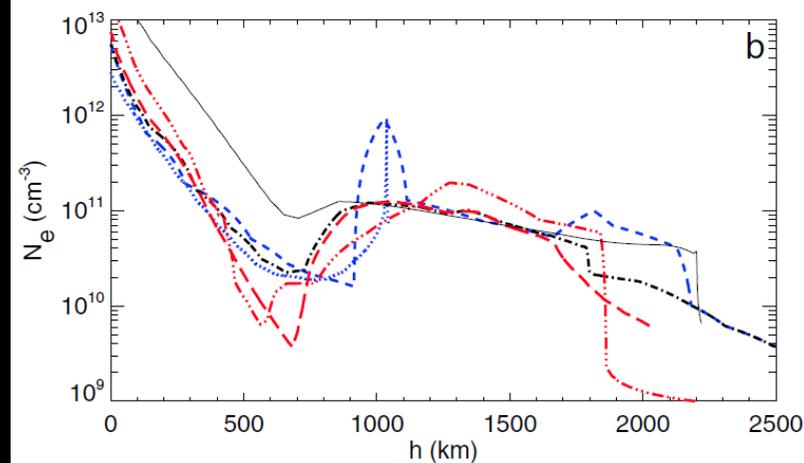
## 115Gの黒点輝度温度の意味 (観測<モデル)

- ・密度固定  
電波で見える層の温度が低温
- ・温度固定  
密度がより低い  
(より深いところで $\tau=1$ になる)
- ・実際は、温度と密度は連動  
しかも磁場が存在

温度



密度



光球面からの高度

多周波での電波観測が重要

# ミリ波干渉計としてのNoRH

観測周波数:

- 17GHz (17.6mm)
- 34GHz (8.8mm) ミリ波！！

目的: NoRHの34Gデータを用いて大気モデルに新しい制約を与える

- ただし、短基線が無いいため像が重なる
  - 早朝、夕方のデータを用いる
  - 基線が等価的に短くなる = 空間分解が落ちる(像の重なりが無くなる)

# イベント選択

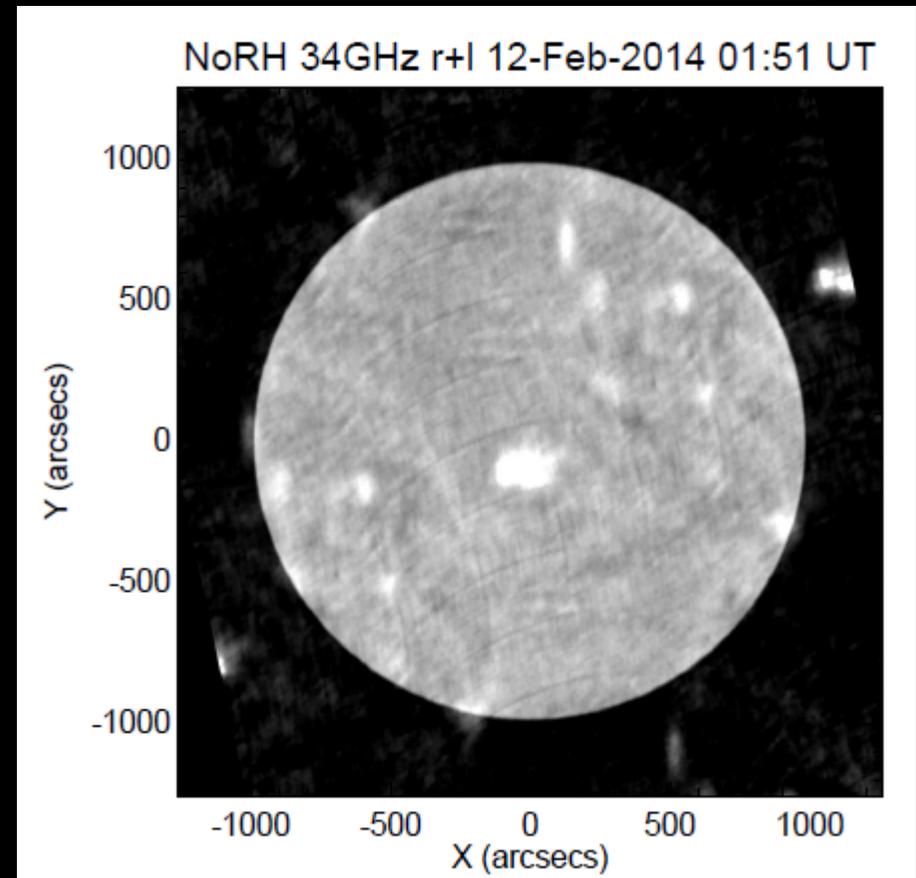
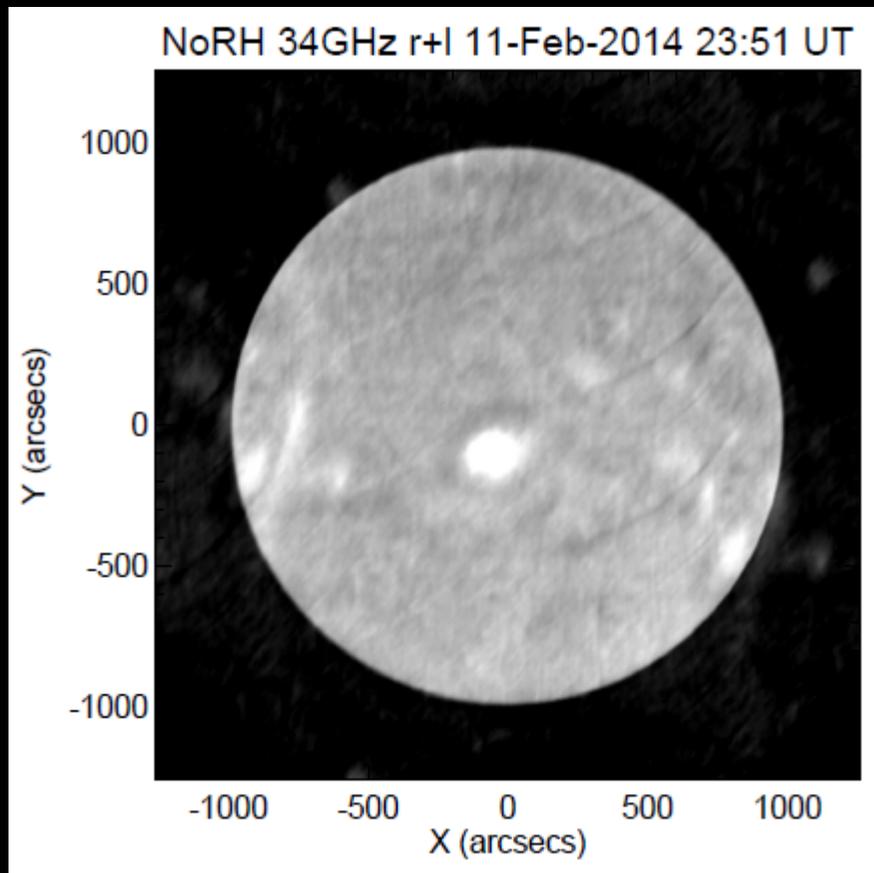
- 黒点の暗部の面積とその中心座標のリスト  
(太陽観測所提供)  
リストの場所:  
`/scr/s11/CDAW14/G1/umbrae_area/*`
- 選択基準
  - 2010年3月から現在(SDOのデータあり)
  - なるべく大きい(面積150以上)
  - なるべく太陽中心(経度緯度ともに10度以内)
  - 10月~2月
  - 9:00~10:00または14:30~15:30
- 1年で2, 3例(全部で10例くらい)しかない

# 解析1 像合成

標準像合成(hanaoka for 34GHz)を利用

像の重なりが少ない

像の重なりが多い

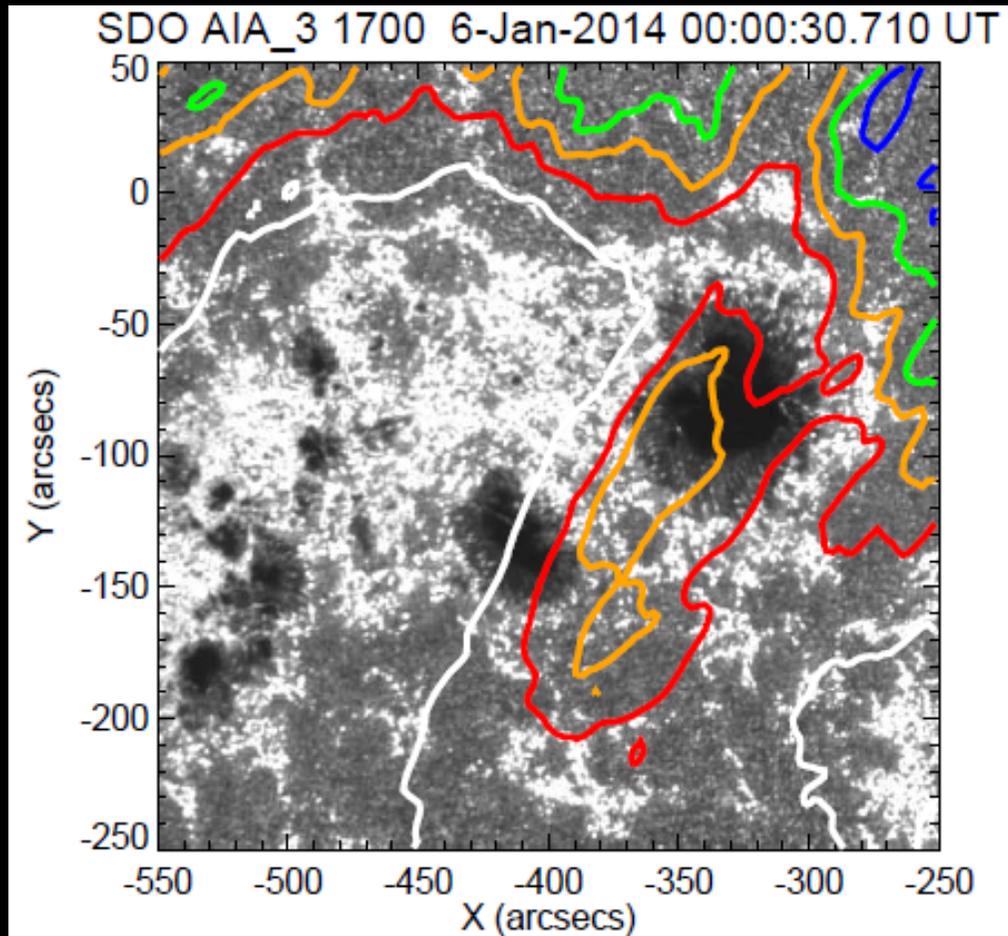


# 解析1 メモ

- 太陽面の像の重なりはあってもいいが、対象とする黒点領域は重ならないよう注意
- 34GHzの値は標準の像合成ソフトで像合成した後、0.9倍する。(標準では静穏領域の温度を10000Kとして規格化しているが、実際は9000K程度だから)
- 1秒おきに2分間(120枚)像合成して積分する
- `/scr/s11/CDAW14/G2/pro/make34map.pro`を参考にしてもよい。

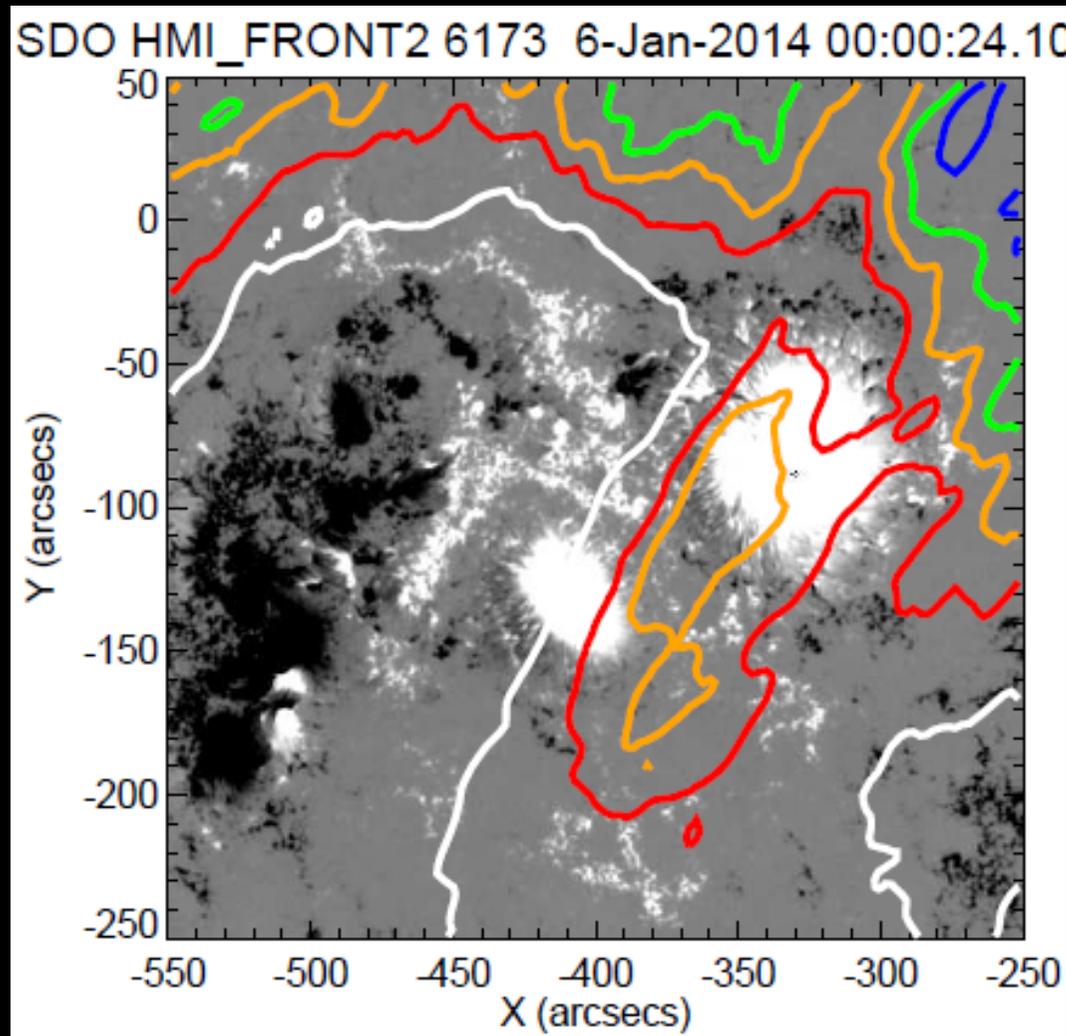
# 解析2 AIAとの比較①

## UV1700との比較



- 黒点暗部を特定
- リストから暗部の大きさをメモ
- Mapを重ねて領域内のUV1700と電波輝度温度を導出  
(等高線: 電波。緑が静穏太陽レベル)

# 解析3 HMIとの比較



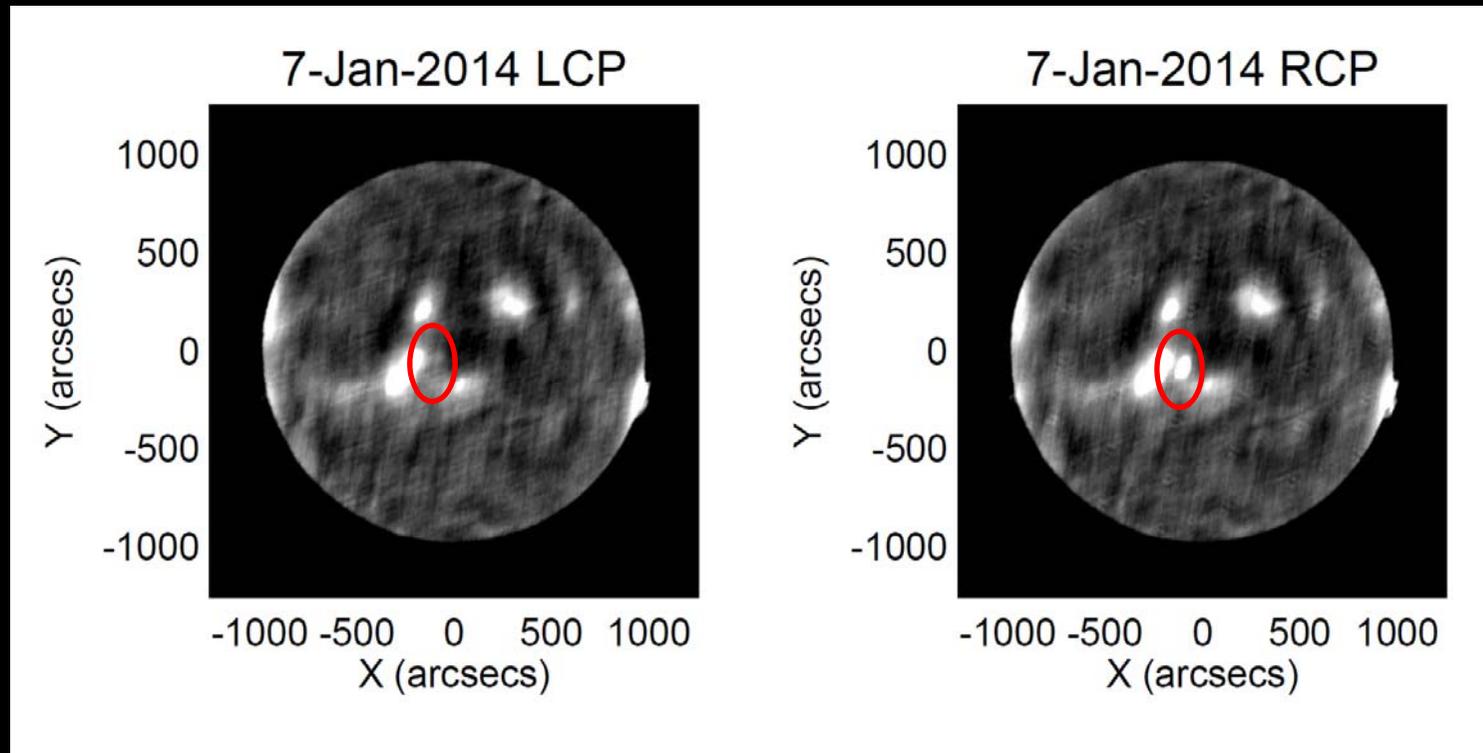
- 暗部の平均的な磁場強度を導出
- Mapを重ねて領域内の磁場強度と電波輝度温度を導出

## 解析2、3 メモ

- AIAもHMIもaia\_prep.proを使う。
- /scr/s11/CDAW14/G2/pro/sdo\_data.pro  
を参考にしてもよい。
- 黒点暗部の面積はイベントリストの値を参考に  
する(解析で出す必要は無い)
- 暗部領域のSUBMAPを電波、磁場、UVでそれぞれ  
作り、領域内の平均電波輝度、磁場強度、UV  
輝度を導出する
- /scr/s11/CDAW14/G2/pro/makeSubmap.pro  
を参考にしてもよい。

# 解析4 17GHz像合成(偏波)

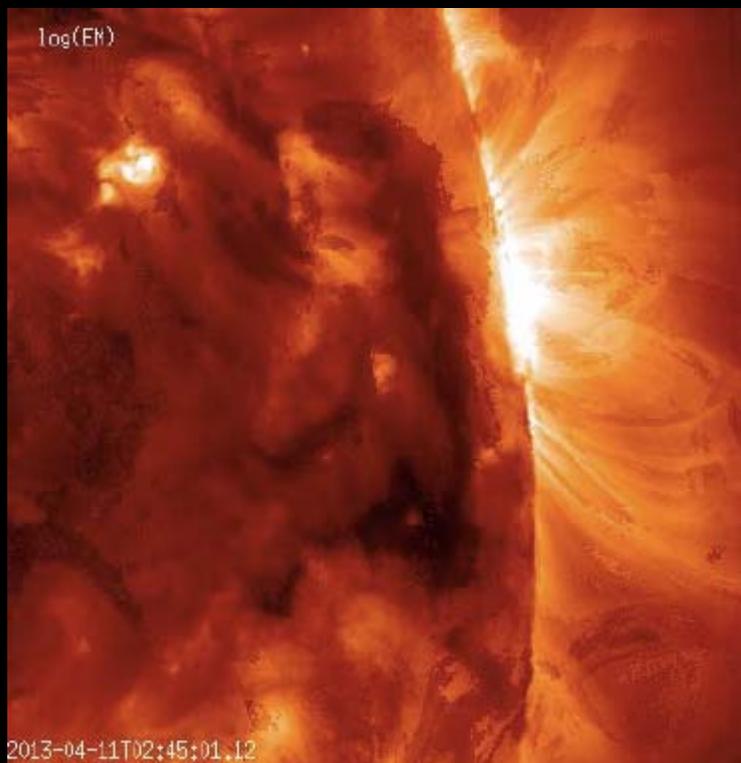
- 通常の17Gデータ: 大きな黒点では磁気共鳴放射の影響を受ける
- 磁気共鳴放射: ほぼ100%円偏波
- 円偏波の逆成分は磁気共鳴放射が無い



## 解析4 メモ

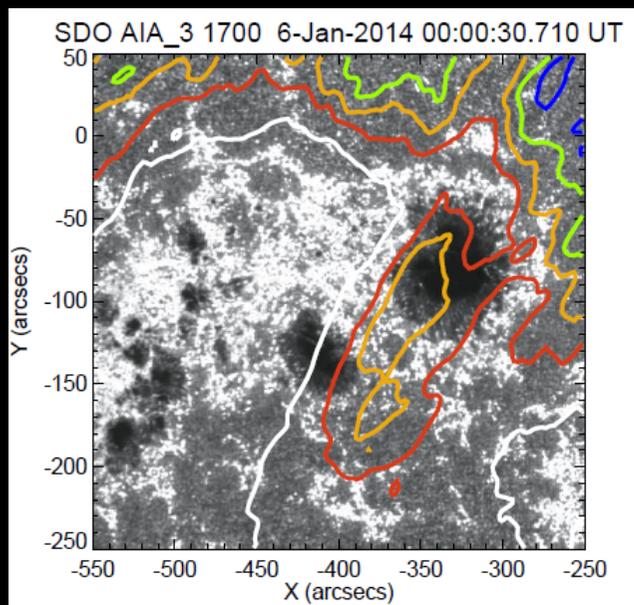
- norh\_transで必要データを入手
- SSWIDLを抜ける
- /scr/s11/CDAW14/G2/RL/\*を全てコピー
- inputというファイルをテキストエディタで開く
  - ディレクトリ名、SS・SZファイル名を書き換え
  - 開始・終了フレーム、間隔を書き換え
  - 詳しくはNoRHのマニュアルを参照
- 実行 `norh_synth -p hanaoka17RL_Linux input`
- ifr\*, ifl\*がRとLの偏波成分のFITSファイルとして出力される

## 解析5 (余裕があるとき) AIAとの比較②



- EMとの比較(コロナ成分が邪魔をしていないかの確認)
- コロナループ中のプラズマも電波を出すので、純粹に光学的に厚くなる領域の輝度温度が導出できない可能性がある。
- CDAW2013の資料参照

# 議論：黒点の像合成はできるのか？



(上)34Gの等高線

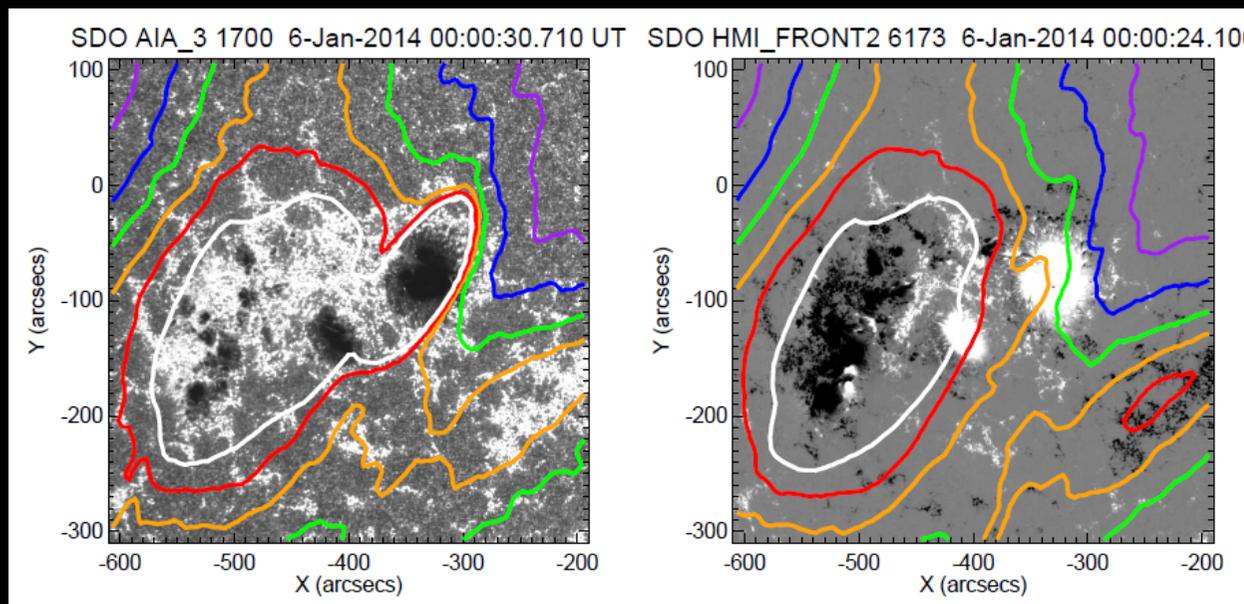
黒点周辺はプラージュよりは暗いか？

(左下)17Rの等高線

磁気共鳴領域はクリーンできている

(右下)17Lの等高線

黒点に対応する構造は無い



広がった明るい領域の中にある暗い点を像合成するのは難しい

# 統計解析

複数の黒点を解析することで、以下の関係を導出する

- 暗部の大きさ(直径・面積)と輝度温度
  - 予想: 相関あり
- AIAのUV1700と輝度温度
  - 予想: 相関あり
- 磁場強度と輝度温度
  - 予想: 無いかも、または弱い相関あるかも
- 「各黒点の」17G/34Gの輝度温度スペクトル
  - 予想: わからない

# まとめ

NORHの34Gの輝度温度を導出し、可視光・紫外線等と比較する多波長解析から、黒点大気モデルに制約を与える

## 研究会後

- (希望者)野辺山での追解析も可能です。
  - 旅費の支援もできます。
  - 卒論・修論に使う場合も最大限協力します。

- (岩井)結果を論文にまとめる。

2月のユーザズミーティングまでに投稿します