

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 31 日現在

機関番号：62616

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2010～2011

課題番号：22840047

研究課題名（和文） 太陽黒点から静穏領域・極域への磁束供給過程の解明

研究課題名（英文） Study on magnetic flux transportation from sunspots to quiet Sun

研究代表者

久保 雅仁 (KUBO MASAHIRO)

国立天文台・太陽天体プラズマ研究部・助教

研究者番号：80425777

研究成果の概要（和文）：太陽黒点から静穏領域へ運ばれる磁束量を定量化する目的を立てるとともに、磁束輸送の理解に重要である太陽表面の磁場と太陽内部の対流運動との関係を調べ、太陽静穏領域における光球の垂直磁場と水平磁場の分布を生み出す機構の違いがある可能性を示唆する結果を得た。この結果は、静穏領域の磁場分布が単に超粒状斑流の掃き寄せで決まっているわけではないという新たな描像である。

研究成果の概要（英文）：We establish a method to estimate a magnetic flux budget from sunspots to the quiet Sun. In addition, we find a possibility that the distribution of the horizontal magnetic field is determined by a different mechanism for the distribution of the vertical magnetic field that is closely related to supergranular advection.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	880,000	264,000	1,144,000
2011年度	460,000	138,000	598,000
総計	1,340,000	402,000	1,742,000

研究分野： 数物系科学

科研費の分科・細目：天文学・天文学

キーワード： 太陽物理学

1. 研究開始当初の背景

黒点数に代表される太陽活動は、11年周期で変動することが古くから知られている。この太陽周期活動の解明が太陽物理学最大の難問である。また、マウンダー極小期の様に数周期に渡ってほとんど黒点が現われない時期もあり、地球気候の長期変動との関係からも太陽活動への注目度は高い。太陽周期活動を理解する鍵は、太陽全体に及ぶ磁束の輸送と太陽内部の流れや回転の相互作用が握っている。太陽には、赤道と極の間を循環する子午面還流があることが知られており、子午面還流が磁場を輸送すると考えられている。この大規模な磁束循環に、差動回転による磁場の増幅機構を加えたものが、太陽活動の11年周期を生み出すという説が有力である。また、太陽の磁場は太陽表面に一樣に分布しておらず、粒状斑や超粒状斑の外端、つまり対流の収束流が顕著な領域に集中しており、対流による磁場輸送の証拠である。太陽の磁場の分布やその変動を理解するためには、磁場と対流や回転との相互作用を理解することが重要になる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、太陽磁場の大循環の開始点と言える黒点領域から周囲の静穏領域への磁束輸送メカニズムを理解することにある。このためには、(1) 磁束の輸送を定量的に理解すること、(2) 磁場と対流との相互作用を理解することが必要である。磁束輸送の定量的な理解のために、黒点を含む活動領域とそれを囲む静穏領域での磁束収支の時間発展を調べることを計画した。また、磁場と対流の相互作用を理解するために、太陽表面(光球)の磁場の分布と太陽内部の流れの関係を調べた。

3. 研究の方法

(1) 黒点領域から静穏領域へ輸送される磁束の収支計算

磁束の収支を得るためには、活動領域及びその周囲の静穏領域での磁束の増減率と磁束の流入出率を計算する必要がある(図1)。磁束の変化は、精度の良い分光観測データから見積もる。また、流入出率に必要な磁気要素の速度の情報は、時間分解能が高い撮像観測データから得ることができる。変化の激しい活動領域の磁場の時間発展は、高空間分解能・高精度・連続観測が可能な「ひので」可視光磁場望遠鏡で得た磁場3成分(ベクトル磁場)データを用いて定量化し、その周囲の静穏領域における磁場の変化は、他の望遠鏡で得られた太陽全面の磁場データを用いて補完する。これにより、広い範囲の磁束収支の2次元空間情報を得ることができる。

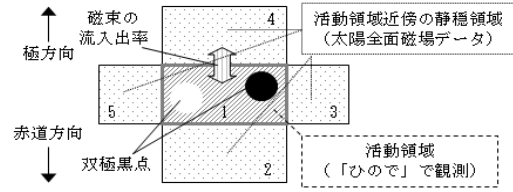


図1. 磁束収支計算の概念図

(2) 太陽表面磁場と内部の流れの比較

太陽の内部は光学的に不透明であるので、地球から観測することが不可能である。これが、太陽の内部構造を理解することを困難にしている原因であるが、逆に太陽を含めた恒星物理学の大きなフロンティアと言える。太陽の内部構造の情報を得る唯一の方法は、日震学である。図2に日震学の簡単な原理を示した。A点とB点との間に伝わる波を考えると、媒質が均一な時はA点からB点に伝わる波の伝播速度(t_1)とB点からA点に伝わる波の伝播速度(t_2)は同じになる。しかし、太陽内部にB点からA点に向かう流れがあると、波の経路が若干変わり、さらに t_2 は t_1 より短くなる。逆に考えると、伝播時間の差から太陽内部の流れを推測することができる。本研究では、黒点と同程度の大きさである超粒状斑規模の発散流と収束流に着目し、太陽表面の磁場の分布や磁場の特徴との比較を行った。

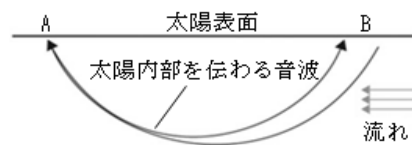


図2. 日震学の概念図

4. 研究成果

(1) 黒点領域から静穏領域へ輸送される磁束の収支計算

「ひので」衛星のデータを用いた黒点周辺の磁束収支計算に関しては、「学会発表」で示した研究会で招待講演を行い、磁束収支計算を基にした最新の黒点崩壊に関する研究成果を国内外の太陽研究者に示した。磁束の収支計算の方法及びその解釈に賛同を得た。黒点周辺の磁束収支の計算手法を確立したと言える。一方、「ひので」は視野が狭いために、その周囲の静穏領域の磁場変化は、2010年2月に打ち上げられたNASAのHelioseismic and Magnetic Imager (HMI) で得られた太陽全面の磁場データを用いて補完することを計画していた。しかし、最終校正されたHMIのベクトル磁場データのリリースが遅れたために、磁場の視線方向成分に関して「ひので」データとHMIデータを比較するにとどまった(図3)。HMIは「ひので」と比べて解像度が数倍悪いが、それでも大局的な磁場構造の運動を定量的に調べることができることを確かめた。また、HMIのデータ容量が大きいことが懸念事項であったが、必要な領域を切り出すことで長期変動を追うことができた。今後、本格的に磁束収支計算が行える見通しが立ったと言える。

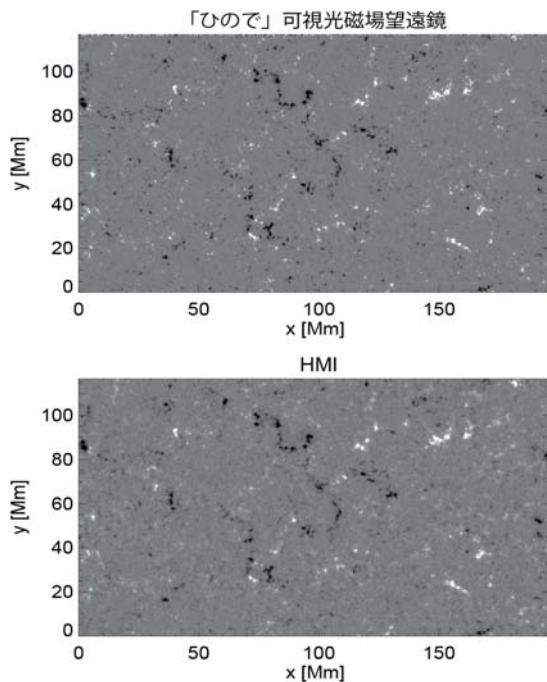


図3. 光球磁場の視線方向成分の二次元空間情報の比較 (白：正極、黒：負極)

(2) 太陽表面磁場と内部の流れの比較

太陽表面の磁場分布は、内部の流れに支配されていると考えられており、磁場と対流の相互作用を調べることは、磁束の輸送を理解するために必要不可欠である。太陽静穏領域における比較的強い磁場は、超粒状斑の境界付近に網の目状に分布している。これらは、ネットワーク磁場と呼ばれ、太陽面に対して垂直な磁場が支配的である。一方、「ひので」による高解像度・高精度磁場観測は、黒点磁束に匹敵する多量の水平磁場が、静穏領域に分布していることを明らかにした。「ひので」で観測される光球磁場の分布や特徴と太陽内部の対流運動との比較を行い、下記の2つの結果を得た(図4)。①ネットワーク磁場(垂直磁場領域)が、超粒状斑規模の収束流領域に位置することを確認した。これは、ネットワーク磁場の分布が超粒状斑流によって掃き寄せられた結果という考えを支持する。②強度の強い水平磁場は、太陽表面下の収束流領域にも発散流領域にも分布していることが分かった。結果①と②は、静穏領域における光球の垂直磁場と水平磁場の分布を生み出す機構に違いがある可能性を示唆する。これは、静穏領域の磁場分布が単に超粒状斑流の掃き寄せで決まっているわけでは無いという新たな描像である。また、高精度磁場測定と日震学を組み合わせることが重要であることを本研究は証明した。磁束収支計算と合わせることで太陽の内部を含めた磁場輸送のメカニズムを調べられることを確かめた。

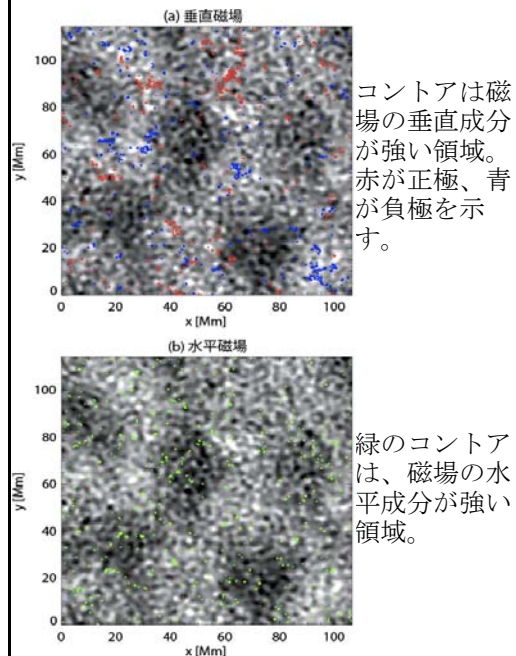


図4. 太陽内部の流れと光球磁場の関係。背景は内部の流れのパターンを示し、白と黒はそれぞれ収束流と発散流が支配的な領域に対応する。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 5 件)

- ① 発表者(代表)名: 久保雅仁
発表標題: 活動領域の磁場構造 -黒点磁場構造-
学会等名: 『「ひので」5年間の成果と今後の展望』研究会
発表年月日: 2012/2/27
発表場所: 宇宙科学研究所(神奈川県)
- ② 発表者(代表)名: 久保雅仁
発表標題: Magnetic Flux Budget of a Decaying Active Region
学会等名: ISSI meeting
発表年月日: 2011/11/23
発表場所: スイス・ベルン
- ③ 発表者(代表)名: 久保雅仁
発表標題: Comparing Photospheric Magnetic Fields and Subsurface Flows in the Quiet Sun
学会等名: Hinode-5 meeting
発表年月日: 2011/10/11
発表場所: アメリカ・ボストン
- ④ 発表者(代表)名: 久保雅仁
発表標題: 太陽静穏領域における光球磁場と対流層の超粒状斑流との関係
学会等名: 日本天文学会
発表年月日: 2011/9/21
発表場所: 鹿児島大学(鹿児島大学)
- ⑤ 発表者(代表)名: 久保雅仁
発表標題: Diffusion & Decay of Sunspots
学会等名: Hinode-4 meeting
発表年月日: 2010/10/11
発表場所: イタリア・パレルモ

6. 研究組織

(1) 研究代表者

久保 雅仁 (KUBO MASAHIRO)
国立天文台・太陽天体プラズマ研究部・助教
研究者番号: 80425777

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし