

論文審査の結果の要旨

氏名 石川 遼子

本論文は、太陽観測衛星「ひので」の可視光望遠鏡により可能となった高空間分解能で高精度の観測で発見された短寿命水平磁場の全貌を明らかにし、静穏太陽における磁場の起源について新しい描像を提案するものである。

論文は、全8章より成る。第1章では、論文全体への導入の章として、静穏領域の磁場に関する従来の観測的研究と新たに「ひので」で明らかにした短寿命水平磁場の性質について概観した後、静穏太陽の磁場全体の成因の解明には短寿命水平磁場の解析が重要であるとの研究の動機を述べている。

第2章では、幾つかの個別の事象の詳細な解析により、短寿命水平磁場が粒状斑の対流運動に乗って出現・消滅する様子を明らかにしている。

第3章では、短寿命水平磁場の基本的性質を明らかにすべく、多数の事象の統計的解析を行っている。これにより、大きさ・寿命については、太陽の対流の最小構造である粒状斑程度であることが明らかとなった。短寿命水平磁場の出現消滅する場所については、粒状斑の内部に出現し、下降流が際立つ粒状斑間で消滅するものもあれば粒状斑内で消滅するものもある等、多様であることを明らかにしている。

第4章では、短寿命水平磁場の3次元構造とその時間変化を、吸収線の偏光分光観測から明らかにしている。磁束管の視線方向の物理量を求めることができる解析法により、ギリシャ文字の θ の形状の磁束管が時間と共に上昇していく様子を見事に明らかにしている。これにより、短寿命水平磁場の起源が、対流層中に存在するほぼ水平な磁束管であることが初めて明らかとなった。また、短寿命水平磁場の磁束を求めることが可能となり、観測から求めた発生頻度と合わせ、短寿命水平磁場の磁束の総計は、黒点等の磁場領域の磁束の総和に比べて、非常に大きいことを定量的に明快に示した。

第5章では、短寿命水平磁場の性質を、白斑領域と静穏領域とで比較している。発生頻度、磁場強度分布には差がないこと、また、水平磁場の大部分は、磁気エネルギー密度が対流エネルギーと等しくなる「等分配磁場強度」以下であるという事実を明らかにした。この観測結果から、論文提出者は、短寿命水平磁場は粒状斑の対流運動による局所的ダイナモによって供給されていると結論している。また、短寿命水平磁場の持つエネルギーが静穏領域の彩層・コロナ加熱に必要なエネルギーに匹敵することも明らかにしている。

第6章では、長時間積算した直線偏光磁場画像から、短寿命水平磁場の出現空間

分布が 10 秒角弱のセル状の構造を成すことを発見している。更に、速度場との比較から、このセル構造は粒状斑よりも大きい中間粒状斑と呼ばれる流れ場の沈み込み部分（境界）に対応していることを明らかにした。これらの解析結果から、短寿命水平磁場は、中間粒状斑の流れ場によってその境界まで流された弱い磁場が、局所的ダイナモによって増幅されて太陽表面に出現したものであると推測している。

第 7 章では、水平磁場と垂直方向の磁場の関係に着目している。光子雑音の影響に注意した詳細なデータ解析により、水平磁場構造の大部分が垂直磁場と空間的に重なっていることを明らかにした。また、2 本の吸収線を使って磁場強度を直接求め、短寿命水平磁場の内側の磁場強度は等分配磁場強度以下であるのに対し、外側では等分配磁場強度以上になっているものも存在していることを明らかにした。更に、垂直磁場は中間粒状斑の境界と超粒状斑の境界付近に局在しているが、水平磁場は中間粒状斑の境界のみに局在していることも明らかにしている。

これらの解析結果から、論文提出者は以下の様な静穏領域磁場の統一的描像を提案している。(1) 粒状斑の対流により誘起された局所的ダイナモ機構によって水平磁場が作られている。(2) 静穏領域磁場は水平磁場の浮上によって供給される。(3) 水平磁場の一部は彩層・コロナへ到達しており、そのエネルギーは静穏領域の彩層の加熱に必要なエネルギーに匹敵している。(4) 水平磁場の足元部分の垂直磁場が、対流崩壊と呼ばれるある種の熱不安定性により、強い磁場強度になる。これが従来から観測的に知られていた垂直方向の磁場である。(5) これらの垂直磁場が、超粒状斑の流れにより、超粒状斑境界に位置するネットワーク磁場を形成する。

第 8 章は、本研究が明らかにした短寿命水平磁場の性質と静穏領域磁場の統一的描像のまとめである。

以上要するに、本論文は、「ひので」による観測に基づいた注意深い解析により、太陽表面の短寿命水平磁場の諸性質を明らかにし、これを基に、太陽静穏領域磁場の統一的描像を提案している。これは太陽の磁場の起源に関する新しい知見であり、天文学、天体物理学に新たな知見を齎すものである。

本論文は、常田佐久ほか 11 名との共同研究に基づくものであるが、研究の動機は、論文提出者自身によるものであり、本論文の核を成す「ひので」の可視光望遠鏡から得られた観測データの解析及び結果の検討は、論文提出者が主体となって行ったものがある。よって、論文提出者の寄与は十分であると判断し、本論文提出者に、博士（理学）の学位を授与出来ると認める。