

氏名 石井貴子
 学位(専攻分野) 博士(理学)
 学位記番号 理博第2176号
 学位授与の日付 平成12年3月23日
 学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当
 研究科・専攻 理学研究科物理学・宇宙物理学専攻
 学位論文題目 Relation between Emergence of Twisted Magnetic Flux Bundle and Flare Activities in Active Regions on the Sun
 (太陽活動領域における捻れた磁束管の浮上とフレア活動との関連について)

論文調査委員 (主査) 教授 黒河宏企 教授 齋藤 衛 助教授 北井礼三郎

論文内容の要旨

太陽フレア(太陽面爆発)は電波からX線、時には γ 線まで、広い波長領域にわたる放射と高速粒子やプラズマ雲の放出等、大きなエネルギーを数十秒から数十分の短い時間内に急激に解放する高エネルギー現象である。その発生機構の研究は、天体磁場エネルギー蓄積解放現象の解明にとって基本的課題であるばかりでなく、その爆発が地球磁気圏および、人類の今後の宇宙空間における活動に大きな影響を及ぼすことから、最近脚光を浴びている宇宙天気予報研究にとっても重要である。

強いフレアは強い磁場を持った黒点領域で発生することが知られており、中でも強い磁気シアー構造を持った黒点領域で頻発することが知られている。しかし他の観測では、強い磁気シアー構造の多くは安定であり、フレア発生十分条件ではないことも示されている。従って、磁気シアーの発達過程を調べることでそれがフレアエネルギー蓄積機構の研究にとって重要な鍵になると考えられ、これが本論文を構成する基本的な姿勢となっている。この観点に立って、本論文は、太陽黒点領域の固有運動と微細構造及び磁場構造の変化を追跡することによって、それらの進化の過程を分析して、磁気シアー構造が如何にして形成されるかについて、図式的モデルを提示することに成功している。

本論文は、飛騨天文台のドームレス太陽望遠鏡の高分解H α 単色像撮影装置で観測された多くの活動領域の連続観測画像データから、代表的な二つの黒点領域を選択して、それらの進化を詳細に分析している。その一つは前太陽活動周期で、最大のフレア活動を示したNOAA 5395領域であり、他方のNOAA 4201領域は、その面積は最大級であるが、フレア活動は中程度であり、これらを比較的に論じている。

本論文では、二種類の解析手法を用いている。まず一つは黒点の固有運動の測定である。

これは、ある時間間隔で撮影された黒点群の画像から各黒点の太陽面上の位置を測定し、各緯度における太陽表面ガスの自転成分を除くことによって、太陽面に対する黒点独自の運動を求めるものである。黒点は磁束管の光球面上の切り口と考えられるので、黒点の固有運動は磁束管の太陽表面に沿った運動と見なすことができる訳である。本論文では、この手法を大黒点周辺の微小黒点にも初めて適用した結果、互いに枝分かれした細い磁束管がより太い幹磁束管に集合していく様子をとらえることに成功している。又、これらの微小黒点が次々と現れて渦巻き状に曲がった経路をたどって運動していることを見い出している。

本論文で用いているもう一つの手法は、高分解H α 単色像の形態学的分析である。高分解のH α 像には彩層中のプラズマの流れを示す多くの微細な筋状構造が見られ、これらは磁場に沿っているので、これらの筋模様の変化を追跡する事によって、磁気シアーの発達過程を上記活動領域について追跡している。

本論文は以上の解析から、H α 微細構造に現れる磁気シアー構造の発達形態と、上述の黒点に見い出された固有運動の特性の両方共が、黒点群の限られた当該領域に、捻れた磁束管が浮上して来ることによって説明出来るものと考えて、これら

の観測結果を具体的に再現することの出来る三次元の図式モデルを構築することに成功している。

次に、本研究では、解析した二黒点群に発生した多くのフレアの位置を調査して、黒点群画像上にプロットした結果、ほとんどの強いフレアは上述の捻れた磁束管の浮上場所近辺で発生していることを見い出している。

以上の結果より、本論文は、強いフレア活動には捻れた磁束管の浮上が本質的な役割を演じていると結論している。

論文審査の結果の要旨

太陽は天体磁場のエネルギー蓄積と解放発散機構や再生産機構を具体的に調べることの出来る唯一の天体であり、その意味で、その爆発現象の典型であるフレアの研究は重要であるが、一方では、人類の宇宙空間での活動に大きな影響を及ぼすので、最近ではこの観点から、爆発予報の研究も行われている。

太陽フレアはコロナ中で発生するため、その発生機構の研究には、コロナ磁場構造の観測及び高速粒子加速や数千万度の高温プラズマ生成の現場を調べる X 線・電波等での観測が重要である。しかしその磁場エネルギーの源は、光球或いはその下の対流層で生成されるので、フレアの根源であるエネルギーの蓄積機構を解明するためには、光球及び彩層磁場構造の進化過程を観測する必要がある。そもそも太陽面の強い磁場構造は対流層で作られたものが、磁気浮力によって光球面上に浮上してきたものであって、その浮上磁束管の光球面での切り口が黒点である。対流層を直接透視することは出来ないで、これらの磁束管の振る舞いとそのエネルギー蓄積拡散過程を調べるためには、黒点領域の誕生発達衰退過程とその周辺の磁場構造の進化を観測することが重要な手段であると考えられている。

本研究はこのような観点から、飛騨天文台トームレス太陽望遠鏡で観測された高空間分解の黒点領域連続観測データを、独自に開発した方法によって解析して、強いフレア活動を起こす磁場シアー構造の発達過程の特性を調べたものである。

このような研究はこれまで、黒点の固有運動を追跡する方法や、黒点半暗部の筋模様と H α フィラメント構造の変化を追跡する形態学的方法等によってなされてきているが、本論文ではこの二つの手法を同時に用いて、より信頼できる結果を導くことに成功している。

従来黒点の固有運動の測定には、太陽全面写真が用いられていたが、本研究では高空間分解の拡大部分画像を用いて微小黒点の運動まで追跡することができた結果、互いに枝分かれした細い磁束管がより太い幹磁束管に集合していく様子を明確にとらえることが出来た。又、これらの微小黒点が次々と現れては、渦巻き状に曲がった経路をたどって運動していることを定量的に初めて示すことに成功しており、これは捻れた磁束管の浮上を示す強い証拠として重要な結果である。

本論文では、また、マグネットグラフによる光球面磁場図を参考にしながら、個々の黒点の誕生発達過程と H α 微細フィラメント構造の発達過程を詳細に比較することによって、磁気シアーの出現発達が、ある特定の黒点の西側部分の急激な発達に完全に一致して起こっていることを見い出している。これは磁気シアー構造発達の原因がまさに黒点の発達即ち、捻れた磁束管の浮上そのものであることを、如実に示す重要な結果である。

これらの黒点領域における磁気シアーの発達過程と上記の黒点の固有運動の特性を同時に説明するために、本論文は光球下方より浮上してくる磁束管の三次元構造モデルを図示することに成功しているが、これはこれまでに発表された磁束管浮上の図式モデルの中で、観測結果を最も忠実に再現していると云うことが出来る。

本論文では更に、フレア発生場所の同定を行い、強いフレアの発生は黒点群の中でも捻れた磁束管が浮上している領域に集中していることを見い出しており、捻れた磁束管の浮上が強い磁気シアーを形成するとともに、強いフレアを引き起こしているという描像を支持する結果を得ている。

以上のように、本論文は、黒点領域の高空間分解連続観測データを詳細に解析する事によって、浮上磁束管の三次元構造について、これまでにない具体的な図式モデルを構築する事に成功して、太陽フレアの磁気エネルギー蓄積機構について、重要な新しい知見を与えている。よって、本申請論文は博士(理学)の学位論文として十分に価値あるものと認められる。

なお、主論文に報告されている研究業績を中心として、これに関連した研究分野について、平成 12 年 1 月 21 日に試問を行った結果、合格と認めた。