

氏名	よしむら けいじ 吉村圭司
学位(専攻分野)	博士(理学)
学位記番号	理博第2038号
学位授与の日付	平成11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	太陽表面での磁束管の浮上とそれにもなう軟X線増光について

(主査)

論文調査委員 教授 黒河宏企 助教授 北井礼三郎 教授 大谷 浩

論文内容の要旨

太陽表面で発生している様々な活動現象には、太陽磁場が強く関与している。この磁場は太陽対流層下部でダイナモ機構によって生成され、光球からコロナへ浮上してくる際に、様々な形でエネルギーを解放するものと考えられている。従って、この光球からコロナへの磁束管浮上現象を詳細に研究することは、太陽面爆発等の発生機構のみならず、太陽コロナ加熱機構の解明にとっても重要である。

この種の研究には、光球上に浮上してくる低温(約数千度)磁気ループとそれに伴って発生すると考えられる高温(数百万度)コロナループを同時に観測することが必要である。又、浮上磁気ループを分解してその進化を追跡することが重要であるので、高空間分解且つ高時間分解の観測が要求される。

本研究では、まず、飛騨天文台のドームレス太陽望遠鏡の高分解 $H\alpha$ 単色像撮影装置と宇宙科学研究所の太陽X線観測衛星「ようこう」の軟X線望遠鏡による協同観測を実施して、 $H\alpha$ 線像による低温磁気ループ浮上現象と軟X線像で見られる高温コロナループの突発的増光現象を、これまでにない高い空間分解と時間分解で初めて同時に観測する事に成功している。

低温磁気ループと高温コロナループの因果関係を調べる為には、 $H\alpha$ 線像と軟X線像の精密な位置合わせを行うことが、重要且つ困難な課題であったが、申請者は $H\alpha$ 線像と軟X線像に同時に現れる共通の小輝点を利用する方法を独自に開発し、これまでにない高い精度で位置合わせを行うことに成功している。

この様に、本論文では、従来にない高分解の観測データを得たことに加えて、高精度の解析方法の開発に成功した結果、まず、「 $H\alpha$ アーチフィラメント (arch filament) と呼ばれる低温磁気ループが浮上してくる際に、それに近接して、軟X線高温ループの増光が発生する」という因果関係が普遍的に存在するという事を、初めて明確に示すことに成功している。

次に、空間的にも時間的にも最も高い分解能が実現された観測例を詳細に解析した結果、 $H\alpha$ 低温ループの上昇が始まって約5分後に、その上空に軟X線ループが出現したこと、及び、その軟X線ループの方向は $H\alpha$ ループと完全には平行ではなく、約15度傾いていること等、時間的・空間的因果関係を初めて定量的に明らかにすることに成功している。更に、軟X線増光のエネルギーが浮上磁気ループによって運ばれる磁気エネルギーの値と同程度であることも見出している。

本論文は、以上のような観測結果から、光球からの磁気ループの浮上に伴って、磁気エネルギーの解放が実際に起こっていることを実証することに成功し、また、観測されたような短時間における磁気エネルギーの解放機構としては、磁気リコネクション (magnetic reconnection) が有力であると結論している。

更に本論文では、 $H\alpha$ アーチフィラメント浮上時の形態の時間変化を詳細に吟味することによって、磁束管の浮上が、二つの極で互いに非対称に進行していると考えられる新しいモデルを提唱しており、このモデルが、光球下の磁束管の形態を研究するための新しい手掛かりを与えることを示唆している。

論文審査の結果の要旨

太陽の活動領域では、対流層で生成された磁束管が、光球面上に浮上し、黒点や高温コロナループが形成されることが知られている。しかし、この磁束管の浮上に伴って、如何なるプロセスで或いはメカニズムで高温コロナループが形成されるかについては、未だ判っておらず、太陽物理学の重要な課題の一つとなっている。

本論文は、この問題に真正面から取り組んで、そのプロセスを具体的に調べようとしたもので、いくつかの新しい観測事実の発見に成功している。その研究手法は、 $H\alpha$ 線で見られる浮上低温磁気ループ（約数千度）と軟X線で見られる高温コロナループ（約数百万度）の時間的空間的因果関係を詳細に調べることが中心となっている。

この種の観測的研究が乗り越えなければならない困難さは次の様な点である。(1) 高空間分解能の $H\alpha$ 撮像装置を用い、浮上磁気ループの浮上初期を捕らえて、高時間分解でその進化を追跡する必要があること。(2) $H\alpha$ 線像と同時に高分解の軟X線像で、高温コロナループの発生と進化を追跡する必要があること。(3) 同時に観測された $H\alpha$ と軟X線像を高い精度で位置合わせしなければならないこと。

本論文では、飛騨天文台のドームレス太陽望遠鏡と「ようこう」軟X線望遠鏡による高空間分解かつ高時間分解の同時協同観測を5回にわたって実施した中から、最も良いデータを選び、申請者が独自に開発した位置合わせの方法によって、上記の困難を初めて克服することに成功している。

この結果、本論文は次のような新しい観測結果を得ることに成功している。

(1) $H\alpha$ アーチフィラメント (arch filament) と呼ばれる低温磁気ループが浮上してくる際に、それに近接して、軟X線高温ループの増光が発生することを発見した。(2) この様な $H\alpha$ 浮上ループと軟X線ループ増光の因果関係は、浮上磁場領域には普遍的に存在するという事を、初めて明確に示した。(3) $H\alpha$ 低温ループの上昇が始まって約5分後に、その上空に軟X線ループが出現したこと、及び、その軟X線ループの方向は $H\alpha$ ループと完全には平行ではなく、約15度傾いていること等、時間的空間的因果関係を初めて定量的に明らかにすることに成功した。(4) 軟X線増光のエネルギーが浮上磁気ループによって運ばれる磁気エネルギーの値と同程度であることを見出した。

これらの観測結果はいずれも、磁気ループの浮上とそれに伴う高温コロナループ発生メカニズムを解明する上で基本となる重要で新しい知見であり、国際的にも高く評価されている。

本論文は、更に以上のような観測結果を考察することによって、光球からの磁気ループの浮上に伴って、磁気エネルギーの解放が実際に起こっていることを実証するとともに、この様な磁気エネルギーの解放が、磁気リコネクション (magnetic reconnection) によって起こっていると考えることが妥当であると結論している。

更に本論文では、 $H\alpha$ アーチフィラメント浮上時の形態の時間変化を詳細に吟味することによって、磁束管の浮上が、二つの極で互いに非対称に進行していると考えて、磁束管浮上の新しいモデルを提唱している。このモデルは、光球下の磁束管の非対称な構造を研究するための新しい手掛かりを与える可能性を秘めており、今後の発展が期待されている。

以上のように、本申請論文は、太陽 $H\alpha$ 線像と軟X線像について、これまでに無い高分解の同時観測に成功するとともに、新しく開発した $H\alpha$ 像と軟X線像間の高精度の位置合わせ方法を用いて、太陽表面での磁束管浮上とそれに伴う高温コロナループの形成プロセスについて、いくつかの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11年1月22日に試問を行った結果、合格と認めた。