

MHD緩和法に基づく磁気静水圧平衡コロナ磁場外挿コードの開発

○山崎 大輝¹ 三好 隆博² 井上 諭³ (1.国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 2.広島大学大学院 先進理工系科学研究科 3.ニュージャージー工科大学 太陽地球科学センター)

太陽フレアやコロナ質量放出のエネルギー源は活動領域中に蓄積された磁気エネルギーである。そのため、観測で得られる光球ベクトル磁場を境界条件としてコロナ磁場を再構築する磁場外挿法は、太陽活動現象の理解において重要な役割を果たしている。これまで広く用いられてきた非線形フォースフリー場 (NLFFF) 外挿法は、ローレンツ力のみを考慮した力学平衡を仮定しているため、プラズマ β が1程度となる彩層や弱磁場領域では適用性に課題がある。我々はMHD緩和法に基づきガス圧勾配項を考慮した有限プラズマ β 磁場外挿法を開発してきた (日本天文学会2024年春季年会 M13b)。しかし同手法では重力成層を考慮しておらず、現実的なガス圧およびプラズマ β 分布を再現することが困難であった。そこで本研究では、重力項を導入した磁気静水圧平衡 (Magnetohydrostatic; MHS) 磁場外挿法を新たに開発した。開発したコードを2021年10月28日にX1.0フレアを発生した活動領域 NOAA 12887に適用し、複数の圧力スケールハイト分布を仮定したパラメータ調査を実施した。その結果、従来のNLFFFおよび有限プラズマ β 外挿法と同様に活動領域中心部に磁気フラックスロープ (MFR) 構造を再現できることを確認した。さらにMHS解では弱磁場領域においてより強い磁気ねじれが形成され、自由磁気エネルギーがNLFFFに比べて15%以上増加することが分かった。また、光球で $\beta \approx 1$ 、コロナで $\beta \ll 1$ となる現実的なプラズマ β 構造を再現できることを確認した。さらに、MHS外挿法では磁場に垂直な電流成分 (反磁性電流) が自然に形成されることを示した。反磁性電流は重力の影響が大きい大気低層に集中し、その強度は仮定した圧力スケールハイト分布に依存することが分かった。また、反磁性電流は活動領域中央の磁気中性線周辺に集中しており、過去のフレアMHDシミュレーションでリコネクションが発生した領域と良い対応を示した。これらの結果は、MHS外挿法がNLFFFでは得られない非力学平衡構造の診断手法として有望であることを示唆している。