

M42a 黒点磁場をささえる電流の起源

柴崎清登 (太陽物理学研究所)

太陽黒点は強い磁場が集中し、まわりはほとんど磁場のない静かな光球に囲まれている。このような構造を維持するためには、黒点のまわりに磁場に直交する電流層が必要である。しかし黒点のある光球面付近の温度は低く、ガスはほとんど中性で電離度は0.1パーセント以下である。このような状態でいかにして電流が流れるかを明らかにするとともに黒点磁場の強度や構造について検討する。完全電離気体であれば、MHD運動方程式を用いて定常状態での力学的平衡を議論することができるが、中性粒子は磁場と直接相互作用しないのでこれを用いることはできない。そこで中性粒子と荷電粒子の相互作用の素過程を検討して電流の起源をさぐる。十分小さな流体素を考え、そこでは中性粒子も荷電粒子も同じ温度で熱平衡状態にあるとし、磁場は一様とする。電離度は0.1パーセント以下ではあるが電荷を持った粒子が存在するので、中性粒子とこれらの荷電粒子との衝突を考える。中性粒子が荷電粒子に衝突すると、その前後で荷電粒子の案内中心はジャンプする。これを平均化するとドリフト運動となり、ドリフト電流を生ずる。このドリフト電流に働くローレンツ力は、衝突の際に中性粒子から受けた力と大きさは同じで向きが反対である。中性粒子からの力を合計すると圧力勾配力であるから、MHD運動方程式の圧力勾配の項に中性粒子の圧力勾配を加えればよいことになる。これによって、 $\nabla(\text{磁気圧} + \text{ガス圧}(\text{中性} + \text{電離})) = 0$ という力学的平衡が成り立ち、黒点磁場の閉じ込めが可能となる。黒点内部のガス圧を無視し、電流層が非常に薄いとする、黒点内部の磁気圧＝光球のガス圧となる。光球面のガス圧を1万パスカルとすると、約1,600ガウスの磁場が得られる。光球での深さ方向のガス圧分布を静水圧分布とすると、深さ方向の磁場強度分布がわかる。1,600ガウスを超えるような磁場強度は、深部の磁場が測定されていると考えられる。