

太陽黒点における、表面での物理と深部磁場分布の関係の調査

石倉秋人(千葉大学)

利用カテゴリ XC-MD

太陽黒点の輻射輸送磁気流体計算を行い、黒点磁場構造の形状が、太陽表面での物理量にどのような影響を及ぼすかを調査した。これまでも黒点の数値計算は行われており、Rempel (2012)では数値計算の解像度と磁場上部境界条件が黒点形状に与える影響について議論されている。しかし黒点モデルの磁場概形を変化させ、その観測量への影響を探るパラメータサーベイは未だ行われていなかった。

本研究では、独自に開発した輻射輸送磁気流体計算コード、R2D2(Hotta et al. 2019)を使用して数値計算を実行した。Rempel (2012)の黒点モデルを修正したモデルを用い、その黒点の太陽表面から5 Mm下での黒点磁場強度を変化させ、その影響について解析を行った。

黒点深部での磁場強度が強い場合、太陽表面での磁場の傾きは水平に近くなり、黒点深部の磁場強度が弱い場合は、太陽表面での磁場の傾きが鉛直に近くなることがわかった(図2)。また、深部磁場強度は表面付近での磁場張力の振る舞いにも影響を及ぼした。磁場張力は、深部磁場が強い場合は内向きに、深部磁場が弱い場合は外向きに働くことがわかった(図3)。これは磁場の傾きの変化によるものと推測される。

黒点深部の磁場強度が強い場合、黒点暗部の放射強度がより小さくなることも確認できた(図4)。磁場による熱対流の抑制から、黒点暗部の放射強度が小さくなるというメカニズムを考えると、予想通りの結果であると言える。

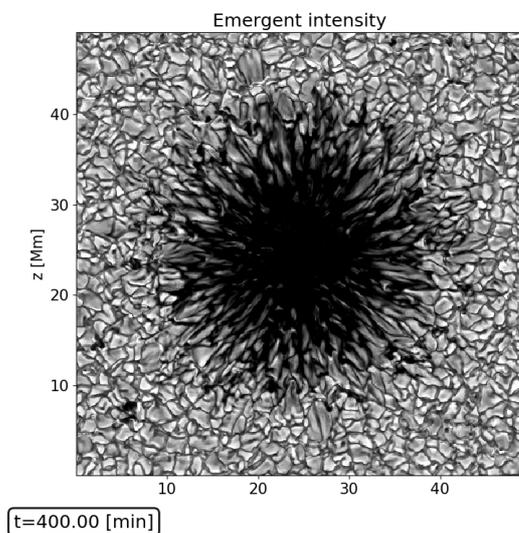


図1. 計算した黒点の放射強度図

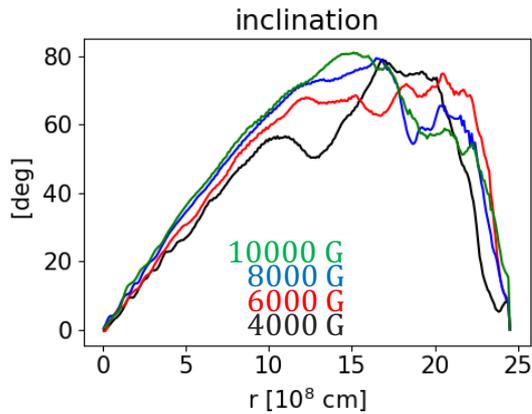


図 2. 太陽表面(光学的厚さ $\tau = 1$)での磁場の傾きの方位角平均($r = 0$ Mmは黒点中心)太陽表面に垂直な線を 0 deg、水平な線を 90 deg と定義。 $r = 8$ Mmあたりから傾きの変化が見られる。

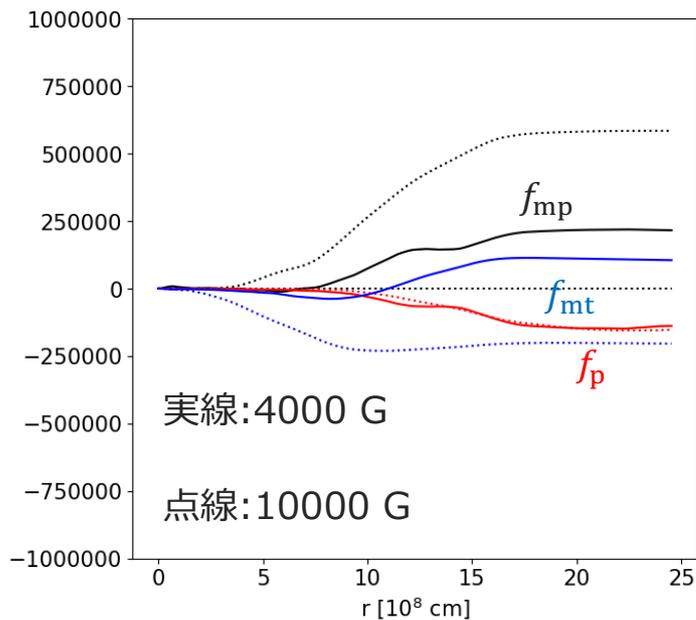


図 3. 太陽表面付近の力の積分の方位角平均

磁気圧力の積分値、 $f_{mp} = -1/8\pi (B_x^2(r) - B_x^2(0))$

磁気張力の積分値、 $f_{mt} = \int_0^r (B_x(r')/4\pi)(\partial B_r/\partial x) dr'$

圧力勾配力の積分値、 $f_p = -(p(r) - p(0))$

をそれぞれ示し、正の勾配なら外向きの力を表す。強磁場の場合、内向きの磁気張力、弱磁場の場合外向きの磁気張力を示している。

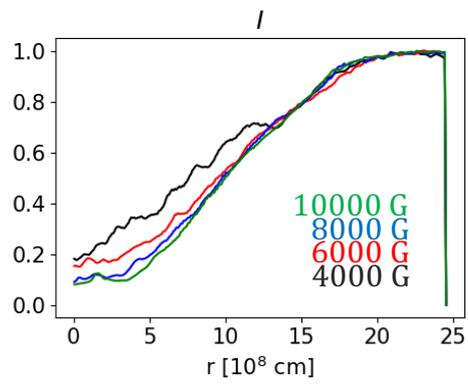


図 4. 放射強度の方位角平均

磁場が強くなるにつれて黒点中心付近での放射強度が小さくなる。