

M09a ケルビン力による太陽風加速

柴崎清登（太陽物理学研究所）

パーカーの太陽風理論において、加速する力はガスの圧力勾配力である。しかし、コロナ上空ではプラズマが希薄で粒子間衝突が非常に少なくなるために圧力勾配力が働かなくなり、太陽風を加速するためには別の力が必要である。磁場中で熱運動する粒子は温度に比例する磁気モーメントを有する。ポーア=ファンリューエンの定理によると、一様な熱的プラズマは磁気モーメントを有さないことになっているが、再検討の結果有することが判明した。この磁気モーメントには磁場強度の勾配に比例するケルビン力が働き、その方向は反磁性のために磁場の弱まる上空に向かう。磁気モーメントは磁場のポテンシャルエネルギーを持ち、これは粒子と場の相互作用エネルギーである。ポテンシャルエネルギーの源は粒子の熱運動エネルギーであるために全エネルギーは変化しない。熱運動エネルギーがポテンシャルエネルギーに変わることによって、熱力学第二法則に反することなくプラズマのコヒーレントな運動を駆動することが可能となる。このケルビン力をMHD方程式に加えることによって、太陽大気中の開いた磁力線に沿ったプラズマの運動を議論できる。プラズマが希薄となると衝突頻度が小さくなるので、磁気モーメントは断熱不変量として扱う必要がある。ケルビン力は運動論的扱いにおけるミラー力である。これを惑星間空間での直接観測結果と結びつけることにより、太陽風加速について議論することができる。惑星間空間での現場観測によると、磁気モーメントは一定ではなく太陽からの距離が大きくなると増大することが知られている。また、速度分布関数はマックスウェル分布ではなく、裾の広がった形（ κ 分布）をしており、波動と粒子の相互作用によって粒子がエネルギーを受け取っていることが示唆されている。超音速までの太陽風加速にはこの相互作用が重要な役割を担っていると思われる。