

宇宙のあらゆる階層に広がる磁場の起源

惑星、恒星、星間空間、銀河間空間といった宇宙のあらゆる階層に、磁場が普遍的に存在することがわかってきた。磁場は軸性ベクトルなので、左右を区別し、電子のスピンや軌道を回転させる。その結果スペクトル線の分裂や光の偏光面を回転させ、この測定から遠方の磁場がわかる。さらに、高エネルギーガンマ線から対生成した電子・陽電子対に磁場が作用し、伝搬に遅延が生じる。これを精密に検出した結果、最近では銀河間空間にさえも磁場があることがわかり、謎をよんでいる。

宇宙に見えている物質のほぼすべてはプラズマ状態にある。非常に伝導性がよいので、マクスウェル方程式に対して、オームの法則から電場を消去した誘導方程式 $\dot{\mathbf{B}} = \nabla \times (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) + \eta \Delta \mathbf{B}$ がよく議論される（流速 \mathbf{v} 、拡散係数 η ）。ただし、この線形方程式は、既存の磁場をせいぜい増大させる働きしかない。したがって、ゼロから新たにつくられる磁場がどうしても必要である。磁場をつくるには電場や電流が不可欠である。もし電子とイオンの異なる運動があれば、マイクロな電流からマイクロな磁場が生じる。これが正負電荷の運動をさらに分離してマクロな磁場をつくっていく、という正のフィードバックが何段にも機能する機構が

ある。また、初期宇宙のインフレーション時に、密度ゆらぎが銀河の種となったように、同様の機構で磁場も生成する可能性がある。ただし、磁場と時空が結合する特別な作用を考えなければならないし、十分大きな磁場が得られないなど、困難な問題が残っている。

もっとおもしろいのは、動的磁場の起源の謎である。たとえば地球の磁極は1.6億年の間に何百回と間欠的に反転しているが、基礎方程式を大型計算機で正直に解いてもなかなか反転しない。太陽も磁極反転を何万年とくり返しているが、どの恒星にも普遍的な現象なのか謎である。

さらに、磁力線は張力をもつので、磁力線方向の圧力 p は負であり ($p = -\rho$, エネルギー密度 $\rho > 0$)、これは暗黒エネルギーの1次元版である。この磁力線がつなぎ変わることで解放されるエネルギーはマクロなスケールにおよび、突発的で絶大である。太陽のフレア、コロナの加熱など、磁場が示す活動は多様で、多方面に関連する謎は多い。

誌編集委員会

