

P46a 自己重力不安定と Alfvén 波の Parametric Instability

福田尚也、花輪知幸 (名大理)

分子雲の内部では、大振幅の磁気流体波が乱流的に伝播しており、分子雲の構造に重要な影響を与えていると考えられている。磁気流体波の3つの波のうち、Alfvén 波は非圧縮性の波であり、Slow 波や Fast 波よりも散逸しにくいと考えられる。分子雲において、Alfvén 波は、基本的に分子雲の重力収縮を支える圧力として働く (1996 年秋季年会、1997 年春季年会)。しかしながら、有限振幅の効果と考えたとき、Alfvén 波は Parametric Instability と呼ばれる不安定を起こす。Parametric Instability により、Alfvén 波は他の磁気流体波にエネルギーを移す。磁場が強い場合は、主に音波的な波にエネルギーを移し (Decay Instability)、磁場が弱い場合は、主に別の Alfvén 波にエネルギーを移す (Beat Instability)。Alfvén 波の散逸の機構として、Parametric Instability は、イオン・中性粒子の摩擦によるものと共に重要である。

今回、線形解析によって得られた分散関係式を用いて、円偏光の Alfvén 波の Parametric Instability の成長率と重力不安定の成長率との比較を行い、Parametric Instability の起こりやすさについて調べた。Parametric Instability の成長率 (γ) は、主に Alfvén 波の振幅 ($v_{A\perp}$:速度の次元) と Alfvén 速度 (v_A) に依存する。

(1) Alfvén 波の振幅が大きいほど、Parametric Instability の成長率は大きくなる。成長率は振幅の単調増加関数であるが、振幅が大きくなるとその依存性は低くなる。

(2) Alfvén 速度が大きいほど、Parametric Instability の成長率は大きくなる。音速を c_s とすると、 $v_{A\perp} = c_s$ の場合、 $\gamma \propto v_A^{1.0}$ ($v_A \ll c_s$)、または、 $\gamma \propto v_A^{0.3}$ ($v_A \gg c_s$) である。

(3) Alfvén 速度と Alfvén 波の振幅の積が音速の自乗のとき、重力不安定の成長率 ($\sqrt{4\pi G\rho_0}$) とほぼ同等の大きさになる。すなわち、 $v_A v_{A\perp} = c_s^2$ のとき、 $\gamma \approx \sqrt{4\pi G\rho_0}$ となる。

つまり、Alfvén 速度と Alfvén 波の振幅の積が音速の自乗よりも大きい場合は、重力不安定より Parametric Instability が起こるタイムスケールの方が短くなる。分子雲では超音速の内部運動が観測されている。これを Alfvén 波によるものとして考えると、Alfvén 波は Parametric Instability によって散逸されやすい状況にあるといえる。