

Q18a 分子雲内乱流に関する考察：その2

釜谷 秀幸 (京大 理)

観測されるサイズ-線幅関係により、それがベキ関係で表されるため、分子雲はある「乱流」状態にあると解釈される。さて、乱流が Kolmogorov 的であるためには、流体がその慣性にまかせて渦をカスケードできる領域（慣性領域）が必要である。しかし、分子雲を構成するイオン-中性ガス間の摩擦の時間スケールは、カスケードに必要な時間スケールに比べ長くはない。よって、分子雲は慣性領域を持つことはできない。つまり、分子雲の熱的散逸性や圧縮性を議論するまでもなく、Kolmogorov 的乱流像は分子雲乱流モデルとして採用できない。

一方、「乱流」はアルフヴェン波を観ているとする立場がある (e.g. Arons & Max 1975)。そのアルフヴェン波は、中性ガスでみたアルフヴェン速度と摩擦時間で決まるスケール (λ_1) より長い波長を必要とする ($\lambda > \lambda_1$)。さて、実際の λ_1 は約 100pc と (e.g. Kamaya & Nishi 1998 in press) 大きめの分子雲サイズ (L_m) 程度となり得る ($\lambda_1 \geq L_m$)。またこれは、Arons & Max の λ_1 の評価 ($\sim 0.02\text{pc}$) より 4 桁も大きい。Arons & Max の評価は古典的であった。さらに、要求されるアルフヴェン波の波長は L_m より短い必要がある ($\lambda < L_m$)。ところで、 λ_1 はせいぜい L_m であるため、分子雲中のアルフヴェン波は非伝搬 ($\lambda < \lambda_1$) となる (Kulsrud & Pearce 1969)。以上より、Arons & Max ($\lambda > \lambda_1$) を根拠に「乱流」はアルフヴェン波が起源とする議論の多くは正しいとは言えない。

次に、Kolmogorov 的カスケード及びアルフヴェン波の概念を採用しないモデルを考えてみる。分子雲は誕生時にすでにある乱流状態にあったと仮定する。非一様な星間ガスから生まれるなら、悪い前提ではない。取り込まれる磁場も同時にかなり乱れた状態にあるだろう。また、注目するスケールではイオンと中性ガス間の摩擦が重要である。イオンが受ける摩擦時間は 1 年程度とかなり短い。よって、イオンの運動エネルギー（磁気エネルギー）は中性ガス中に容易に散逸する。この機構により超音速的な線幅は説明し得る。その後、中性ガス乱流も摩擦により徐々に散逸する。特に、密度が大きい程散逸が起りやすいため、分子雲内の構造形成は乱流の散逸と関係するかもしれない (Nakano 1998)。観測的には、「乱流」の維持の機構ではなく、その散逸の様子が観えることになる。