

分子雲乱流の減衰の系統的研究 (Project ID: hks21a)

杉本 香菜子 (名大理)、福田 尚也 (千葉大理)、花輪 知幸 (名大理)

1 導入

星形成の場である分子雲の内部には、超音速の磁気乱流が存在する。この磁気乱流は、分子雲を重力に対して支える実効的な圧力を及ぼす一方で、局所的には衝撃波面でガスを圧縮して、内部に高密度なガス塊が点在する構造を形成するなど、分子雲の進化に大きな影響を及ぼすと期待される。

磁気乱流は分子雲の寿命の大部分にわたって観測されるので、比較的散逸しにくい非圧縮性の Alfvén 波が主体となっていると考えるのが妥当である。本研究では、磁気乱流を複数種の Alfvén 波としてモデル化した。また、分子雲形状としては、観測で多く見つかるフィラメント状の密度分布を採用した。本研究では、フィラメントの長さ方向の磁場による磁気圧とガス圧との比は 1 : 1 に固定した。

本研究プロジェクトにおいて、我々は単一の Alfvén 波が分子雲を支えられる時間スケールが、波の偏光や波長、振幅によってどのように変化するかを定量的に求めた。さらに、2 種類の Alfvén 波の相互作用によって形成される高密度ガス塊の構造を求めた。

2 結果

単一の Alfvén 波の減衰

フィラメント状分子雲内を、長さ方向に伝播する円偏光および直線偏光 Alfvén 波を、波長や振幅を変化させて計算した。

フィラメント状分子雲中を伝播する Alfvén 波は、Alfvén 波と等しい周期の縦波を励起することでエネルギーを失い減衰する。励起された縦波は急峻化して衝撃波面を形成する。縦波のエネルギーは、この衝撃波面で熱化されてフィラメントから散逸する。

振幅の大きな円偏光 Alfvén 波の減衰時間は $\lambda/D = 0.3 - 2.7$ の範囲では波長によらずフィラメントの力学的時間尺度の 2 - 3 倍で減衰した (λ : 波長、 D : フィラメントの密度の半値幅)。この波は

振幅の小さいものほどゆっくり減衰した。

直線偏光 Alfvén 波は、短波長で振幅が大きいものほど早く減衰した。減衰率は、近似的に

$$\frac{d \ln E_{\perp}}{dt} = 0.48 \left(\frac{B_{\perp}}{B_{\parallel}} \right) \left(\frac{\lambda}{D} \right)^{-1} \quad (1)$$

と表わせる。ここで、 E_{\perp} はフィラメントの軸に垂直な方向の磁気エネルギーと運動エネルギーの和、 B_{\perp}, B_{\parallel} はそれぞれ、軸に垂直および軸方向の磁束密度である。

以上の結果から、振幅の小さい波や、長波長の直線偏光 Alfvén 波は長い間フィラメント中に残る。しかし、小振幅の波は分子雲を支える力が弱く、長波長の直線偏光 Alfvén 波は励起される縦波が長波長なので重力不安定となり、分子雲は減衰よりも短い時間スケールで収縮する。したがって、Alfvén 波は分子雲の力学的時間尺度の 2 - 3 倍程度の時間しかフィラメント状分子雲を支えられないということが明らかになった。

2 種類の円偏光 Alfvén 波と高密度ガスの形成

波長や偏光の向きの異なる 2 種類の円偏光 Alfvén 波を初期のフィラメントに与えて計算した。2 種類の波の振幅比は 10:1 に固定した。

2 種類の波が伝播するときは、波同士の非線形相互作用によって元の波の和や差の波数を持つモードが励起された。これによって波の減衰と共に、元の波の波数およびそれらの和や差の波数を持つモードのうち、長波長で重力不安定なモードで収縮が起こり、高密度なガスが形成された。和や差のモードで分裂・収縮が起こると、フィラメントの軸に沿って並ぶ回転円盤が形成される。元々の波のモードが重力不安定であると、収縮によってらせん状の高密度なガス雲や、より細く収縮したフィラメントから、らせん状に突き出したガス形状が形成された。

結果の公表

上記の結果を「マゼラン雲と星形成研究会」(千葉大)、「天文学データ解析計算センター ユーザーズミーティング」で発表した。また「天文学会 2002 年春季年会 (P01a)」でも講演予定である。