

学位申請論文公開講演会

日時 1月24日(月) 16:00 ~ 於 物理会議室 (C-422)

申請者 杉本 香菜子

題目 Evolution of Molecular Clouds due to Decaying Magnetohydrodynamical Turbulence
(減衰する磁気乱流下における分子雲の進化)

(要旨)

星形成の場である分子雲は超音速の磁気乱流状態である。この磁気乱流は重力に匹敵するエネルギーをもつので、分子雲の構造や星形成に大きな影響を与えられている。例えば、分子雲に見られる複雑な形状は、超音速乱流による圧縮がその起源と考えられる。またこの乱流が減衰すると、分子雲は支えを失い、自己重力により収縮し、星を形成すると期待される。本研究では、分子雲での磁気流体波の減衰と、それに伴う重力収縮によって形成された高密度ガス塊の質量と形状を定量的に評価する目的で、自己重力を考慮した高空間分解能の3次元磁気流体力学シミュレーションを行った。シミュレーションの初期条件として一様な媒質を仮定し、非圧縮性のゆらぎを与えて超音速磁気乱流の減衰を数値計算した。

これまでの研究で示された通り、乱流の波長と速度の比で定義される横断時間が過ぎると、乱流のエネルギーは時刻 t に反比例して減衰し始める。しかし本研究により、乱流が時間に逆比例して減衰し始める時間と横断時間の比は決して一定でないことを明らかにした。この比は、乱流の初期波数 ($\langle k \rangle_0$)、マッハ数 ($\epsilon^{1/2}$)、プラズマ・ベータ (β) を使うと、 $5.1 \langle k \rangle_0^{-1.5} \epsilon^{-0.9} \beta^{-0.1}$ と表される。また乱流に含まれる圧縮性のゆらぎと非圧縮性のゆらぎは異なるパワースペクトルをもち、その進化が異なることも明らかにした。乱流の主成分である非圧縮性ゆらぎの典型波数は、初期にいくらか増加した後に、自己重力収縮が始まるまではほぼ一定に保たれる。一方、圧縮性成分の波数は、非圧縮性成分より短時間で増加から緩やかな減少に転じる。この結果は、「典型波数が $t^{-1/2}$ に比例して減少するために、乱流のエネルギーが t^{-1} に比例して減衰する」というという Mac Low (1999) の仮説を否定する。

重力収縮によって形成された高密度ガス塊の解析には、Minkowski Functionals (MFs) を採用した。MFs の採用により、高密度ガス塊の大きさや向きが定量化され、次の3つの結果を得た。(1) 高密度ガス塊は質量 M_{cl} が大きいものほど細長く、多数の穴構造を持つ。これらは、個々のガス塊の体積、表面積、3辺の長さが、それぞれ $M_{cl}^{0.6-0.9}$ 、 $M_{cl}^{0.5-0.8}$ 、 $M_{cl}^{0.3-0.5}$ に比例することと、負のジーンズをもつものが多数存在することから示される。(2) 高密度ガス塊の速度分散、および、力学的質量は、それぞれ $M_{cl}^{0.3}$ 、および、 $M_{cl}^{0.4-0.6}$ に比例し、質量の大きいガス塊だけが重力的に束縛されている。(3) 形成される高密度ガス塊の特徴は、初期の速度ゆらぎのスケールと磁場強度によって異なる。乱流の典型波長がジーンズ長に比べて短く、初期の磁場が強い(プラズマ β が約3以下)モデルでは、大局磁場に垂直な方向に伸びるフィラメント状の高密度ガス塊が形成される。初期の乱流の波長が大きいモデルでは、高密度ガス塊は細長い形状を持つが、ランダムな方向に伸びる。初期の乱流の波長がジーンズ長程度のモデルではガス塊は比較的丸く、方向もランダムである。星形成領域ごとに分子雲と平均磁場の方向が異なるのは、磁気乱流の性質に起因する可能性がある。