

自己重力系での崩壊過程での速度分布の非ガウス性の起源 (g03b17)

井口 修、曾田 康秀、森川 雅博

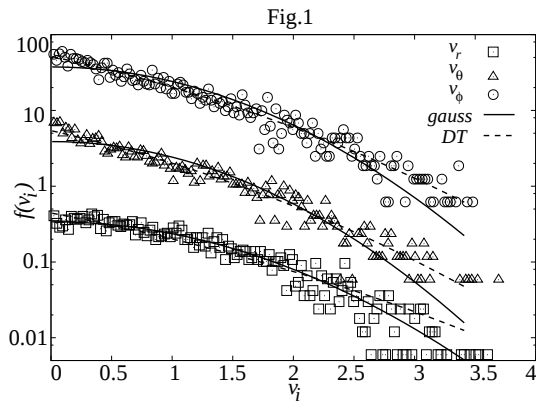
お茶の水女子大学理学部物理学科 112-8610 東京都文京区大塚 2-1-1

概要

自己重力系での球対称の崩壊過程や二つの塊の衝突などの激しい崩壊過程で現れる速度分布を調べた。N 体計算で得られた速度分布は、潰れる方向ではガウス分布になり、それ以外の方向では、様々な速度分散を同じ重みで重ね合わせたガウス分布でよく表される。この速度分布は、初期の全系のビリアル比が小さい場合での激しい崩壊過程を起こすような初期条件において顕著であり、崩壊後に現れる準平衡状態は、速度分散の中心からの質量依存性の線形性と局所的なビリアル平衡によって特徴づけられる。崩壊後の局所平衡と大域的な熱流の存在が、速度分布の非ガウス性をつくる。

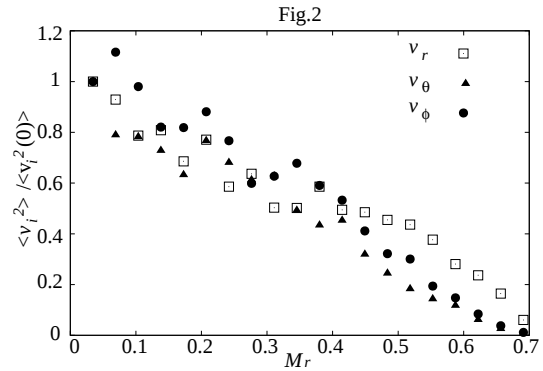
自己重力系での球対称の崩壊過程や二つの塊の衝突などの激しい崩壊過程で現れる速度分布の非ガウス性の起源を N 体計算を用いて調べた。ここでは、 $G =$ 全質量 $M =$ 初期分布の半径 $R = 1$ という単位系を用いた。

球対称崩壊の典型的な例として、初期に 5000 個の粒子を速度ゼロで半径 R の球の中に一様に分布させた場合をあげる。まず、 $t = 10t_{ff}$ ($t_{ff} := \sqrt{R^3/GM}$) で全体が潰れ、その後全体の 30% ぐらいの粒子が外に逃げ、残りの 70% ぐらいの粒子が重力的にバウンドされる。崩壊後、この重力的にバウンドしている粒子の速度分布は Fig.1 のようになる。潰れる方向である速度の動径成分 (v_r) の分布は、ガウス分布になっているが、それ以外の方向の速度成分 (v_θ, v_ϕ) の分布は、速度の遅い領域でガウス分布に比べ大きな値を持っている。この速度分布は、初期にビリアル比が小さいほど顕著であり、長時間見られる。また、個々にビリアル平衡である塊を 2 つ衝突させた場合においても、全系のビリアル比が小さければ同じ様に現れる。



このような速度分布の非ガウス性の起源を調べるために、重力的にバウンドされた粒子に対して、密度の高い塊のポテンシャルの一番低いところを中心として、中心から同じ粒子数 (質量) を持ついくつかのシェルに分け、各シェルでの平均値を局所的な量として定義した。また、中心からの距離の指標として、半径 r の内側の質量 M_r を用いた。この様に定義した物理量を用いて、崩壊後、この重力的にバウンドしている粒子は、次の 2 つの特徴的な関係を持つことが分かった。(a) 速度分散と質量の線形関係 (Fig.2)。(b) 局所的なビリアル平衡 (Fig.3)。

Fig.2 は、 $t = 10t_{ff}$ での速度分散 $\langle v_i^2 \rangle$ と質量



M_r の関係を表している。速度の動径成分以外は線形の関係があり、いろいろな速度分散を持つ粒子が、同じ割合で存在することが分かる。また各シェルごとに、シェル内の粒子速度分布はガウス分布になっていた。このことから、ガウス分布を速度分布に同じ重みで足し合わせた分布 (DT 分布) を用いると、数値計算で得られた速度分布によくあっている (Fig.1)。

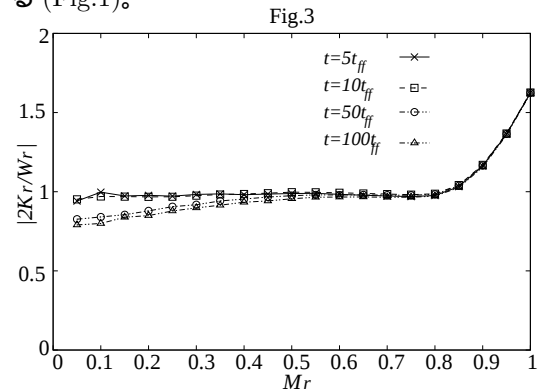


Fig.3 は、半径 r の内側の粒子の運動エネルギー K_r とポテンシャルエネルギー W_r を用いて、ビリアル比を M_r に対して図示している。バウンドしている領域 ($M_r < 0.7$) では、潰れた直後から中心を除いて、ほとんどの領域でビリアル平衡になっており、これは各シェルごとにもビリアル平衡であることを示している。

(a) は中心から外にむけての定常な熱の流れを示唆しており、激しい崩壊過程で (b) の局所平衡の形成と大域的な熱の流れによって、速度分布が DT 分布という非ガウス性を示していると思われる。