平成 21 年度国立天文台天文シミュレーションプロジェクト成果報告書

矮小銀河における dynamical friction 抑制の検証

井上 茂樹 (東北大学)

利用カテゴリ　GRAPE-B ・ XT4MD

成果の概要を記入してください。必要に応じてページを加えても構いませんが、pdf のファイルサイズの上限は 2MB とします。
Write up your research report in this area. Total file size should be less than 2 MB in PDF format.

研究成果

dynamical friction（以下、DF）とは、重い粒子（摂動源）が周囲に分布する背景粒子の中を運動する場合に、背景粒子にエネルギーを奪われていく現象であるが、Chandrasekhar(1942) によって解析的に公式化されている。このチャンドラセカール公式は、ひとつの背景粒子が摂動源と二体相互作用すると仮定し、それを一様密度中で積分することで導出されている。

しかし、この公式の導出にはあまりに大胆な近似が使われており、ある特定の場合においては N 体シミュレーションの結果と大きく食い違う場合があることが知られている。例えば、中心部付近で密度が一定になった“ コア構造 ”と呼ばれる密度分布の中では、そのコアの中に摂動源が入ると DF が効かないことが知られている（図）。このことはチャンドラセカール公式がコア構造の中では成り立たないことを示しているが、「なぜコア構造の中では DF が効かないのか？なぜチャンドラセカール公式が成り立たないのか？」はいまだに分かっていない。

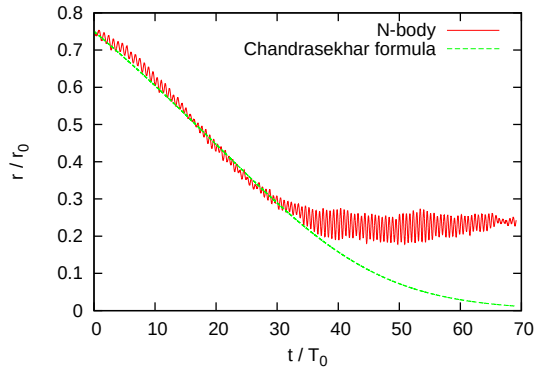

図 1: 摂動源の軌道半径の時間進化。解析計算では中心まで落ちていくが、N 体ではコア構造（$\frac{r}{r_0} \sim 0.3$）以内に入ると止まる。

私はこれまで、こうしたコア構造による DF の抑制メカニズムを突き止めるための研究を行ってきた。これまでの結果で、コア構造の内外に関わらず背景粒子の中には少数ではあるが、摂動源と 1:1 の平均運動共鳴にある粒子が存在することがわかった（図 2）。そして、そうした共鳴粒子は摂動源と大きくエネルギーの受け渡しをしていた．重要なのは、これら共鳴粒子の挙動がコア構造の内外において変化するということである。摂動源がコア構造の外側を軌道している間は、共鳴粒子は摂動源からエネルギーを奪う方向に作用していたが、摂動源がコア構造の中に入ると逆に共鳴粒子はエネルギーを与える方向に働くことがわかった。コアの中では摂動源は共鳴粒子からエネルギーを得ているため、共鳴得状態にない他の背景粒子からの

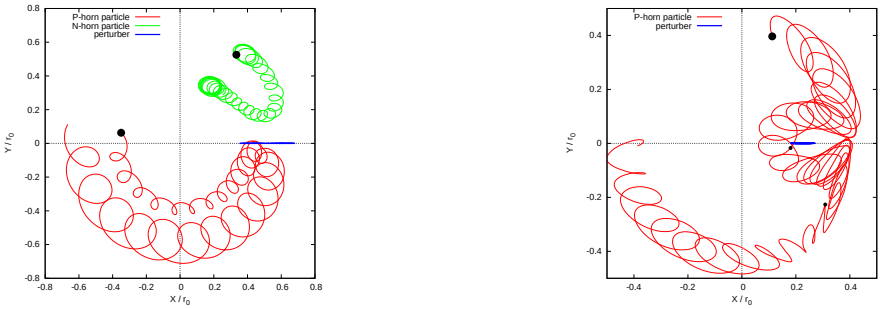

図 2: 回転座標系でみた共鳴粒子の軌道。左図は摂動源がコア構造の外側を軌道しているとき。右図はコア構造の内側を軌道しているときの共鳴粒子。左図は 1:1 平均運動共鳴の馬蹄軌道になっている。右図は 1:1 平均運動共鳴ではあるが、非常に複雑な軌道をとっている。

DF を相殺しているのである。このことは、チャンドラセカール公式では導出の際において，すべての相互作用を二体相互作用として計算しているため、こうした軌道共鳴の作用を考慮出来ていないことによることを暗示している。

研究の目的

これまでの研究で、コア構造の内部では摂動源が軌道粒子からエネルギーを得ることによって DF を相殺しているとわかった。しかし、なぜ共鳴で得たエネルギーが DF とちょうど平衡するのかという謎が残る。また、上に述べた共鳴は、一見すると摂動源が円軌道かそれに近い軌道でなければ生じないようにも思える。しかし、完全な直線軌道であってもコア構造内では軌道収縮が止まり、この事についても明確な説明は未だに出来ていない。本研究では今後も同様のシミュレーションを行い、更なる研究を行う事である。

さらに、これまでの研究結果はコア構造内でのみならず、一般的に DF への共鳴粒子の寄与が大きいことを示していた。この事はチャンドラセカール的な二体相互作用の積分が、現実の DF の全てではないこと示している。よって、今後の研究のもうひとつの目的は、「チャンドラセカール的な二体相互作用の DF は、一体どこまで正しいのか？」に迫っていくことである。