

銀河渦状腕形成の素過程

吉田 雄城 (東京大学)

利用カテゴリ 計算サーバ

[A] 研究背景

銀河の特徴ある構造として渦巻状に星が集まり輝く渦状腕がある。渦状腕形成の解明は銀河構造や銀河形成を理解するための重要な研究課題の一つである。近年の研究の進展によって、渦状腕は形成と破壊を繰り返す、星の集合を表す物質腕であると考えられている。物質腕の考え方の中でも、渦状腕は、銀河円盤中を回転する間に自己重力で集まった星の集団運動を表しているとするスイング増幅と呼ばれるモデルが研究されている[1,2]。スイング増幅モデルが予測する渦状腕の数やピッチ角は、観測結果や銀河円盤の N 体シミュレーションとよく一致することがわかっている[3]。更に、スイング増幅のメカニズムに関して、銀河円盤中の星間物質や星の高密度分布領域を摂動源とする重力散乱によって渦状腕構造を作り出すと考えられている[2]。物質腕の考え方において渦状腕は星の集団運動を表しているが、一般に銀河円盤中の星の運動は銀河中心を円運動する点の周転円運動に近似できる。この周転円運動について、渦状腕形成時に星のエピサイクル位相が同期している[4]ことが発見されている。

[B] 問題点・研究方法

摂動源による重力散乱が位相同期を引き起こす可能性は示唆されているが[2]、その定量的な関係性は研究されておらず、重力散乱と位相同期の因果関係を詳細に調べる必要がある。本研究は重力散乱による位相同期の様子を調べるため、銀河円盤の局所座標系の中で星が摂動源に重力散乱される制限三体問題を考え、Runge-Kutta-Fehlberg法を利用したコードを作成し、シミュレーションを行った。また、初期のエピサイクル振幅に対する位相同期の依存性についても調べた。さらに、摂動源による重力散乱後の星の個数密度増幅の様子を調べるため、一様な密度分布を持つ星の集団を用意し、それぞれの星について作成したコードを用いて、シミュレーションを行った。そして重力散乱された後に形成される構造の様子についても調べた。

[C] 研究成果

(1) 摂動源の重力散乱によって星のエピサイクル位相同期が生じるメカニズムの解明

銀河の局所座標系内での星は、周転円運動と円盤の差動回転による流れの運動で表すことができる。右図は局所系の原点にある摂動源による星の重力散乱の様子を示し、左図は星が最も摂動源に近づいたときに位相が変化して同期する様子を示している (図 1)。この結果により、異なる位相を持つ周転円運動が重力散乱の影響を受け、同位相を持つ周転円運動に変化することが明らかになった。

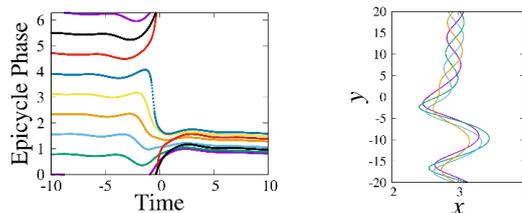


図 1: (左)位相の時間変化, (右)星の軌道

(2) 摂動源の重力散乱による星の軌道変化が、星の個数密度増幅に与える影響の解明

一様分布を持つ星の集団を用意し、初期条件にランダムな位相とレイリー分布を持つエピサイクル振幅を与えた。それぞれの星に項目(1)で利用したコードを適用し、星同士の重力相互作用は無視した。図2は摂動源近傍の星の分布図を再現した結果であり、渦状腕的な構造が見られる。個数密度は最も高い場所で、初期密度の3倍弱ほどになった。この結果から、周転円運動の同期により星の軌道が近くなり、星の個数密度が高まったことを示した。

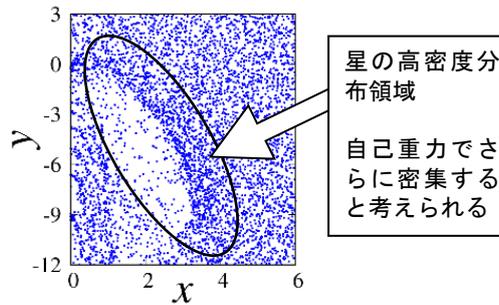


図2: 星の分布図

- [1] Goldreich, P. & Lynden-Bell, D. 1965, MNRAS, 130,125
- [2] Julian, W. H. & Toomre, A. 1966, ApJ, 146, 810
- [3] Michikoshi, S. & Kokubo, E. 2018, MNRAS, 481, 185
- [4] Michikoshi, S. & Kokubo, E. 2016b, ApJ, 823, 121