

# Magellanic-type galaxy のパターン速度決定の新技术法

東京大学大学院 天文学教育研究センター  
修士 2 年 清水貴治

## Abstract

銀河は宇宙を構成する基本的な物質であると考えられる。なかでも多くの銀河は円盤状の構造を持っており、銀河円盤は複雑な力学構造を持っている。そのため、銀河円盤がどのように、どうやって今日の形状となるかは天文学の大きな問題の一つである。そして銀河の構造を研究する上では、個々の物質が作るパターンとしての回転角速度、パターン速度とよばれるパラメーターが非常に重要となっている。銀河の形態、進化はこのパラメータによって大きく左右されていると考えられているが、パターン速度は実際の物の速度ではないため観測から直接決定する方法がなく、パターン速度を決定するためには様々な仮定に基づく必要があった。しかし、従来の方法では LMC のような星生成が活発な銀河では適用することができなかった。そこで我々は非軸対称の棒状のポテンシャル仮定し、力学的な平衡点となるラグランジュ点を考察することで、LMC の複雑な星生成領域に対し初の解釈を与えた。そしてこのことから観測結果とも矛盾のないパターン速度を決定することに成功した。また、LMC のような特徴を持つ銀河は magellanic-type galaxy とよばれ多数あることが知られており、これらの銀河に対して同様の手法が用いられると期待される。本講演では LMC を例にとって、その棒状銀河のもつラグランジュ点の考察、およびパターン速度の決定方法について議論する。

## Introduction

パターン速度とは銀河のここの物質が構成している棒状構造や渦状腕の回転角速度のことであり、銀河の力学を考えるにあたり非常に重要なパラメーターとなっている。パターン速度は直接決定することが不可能であるため、さまざまな仮定を用いて決定されてきた。Tremaine weinberg (1984) は金が円盤に連続の式を摘要することにより、パターン速度を解析的に可能な値に表現した。Canzian (1993) は完全な密度波を仮定することで、パターン速度と実際の物質の回転角速度が等しくなる corotation の内外で速度場に変化があることを示した。しかし、LMC は活発な星生成領域や不規則な構造をもっているため、これらの仮定を LMC には適用することができず、LMC のパターン速度は従来の方法では決定することが困難であった。ここでは簡単な力学を用いて LMC のパターン速度を決定することに成功したため、その方法について議論する。

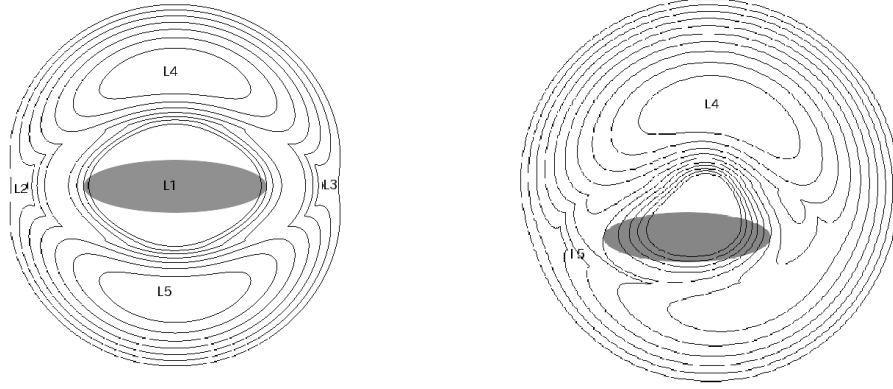


図 1: Contours of the effective potential of asymmetric galaxy for two case: the co-centered bar with the disk (Left) and the off-centered bar with the disk (Right). The points marked L are Lagrange points.

## Method and Discussion

我々の方法はパターン速度をラグランジュ点の位置が密接に関わっているという事実に基づいている。パターン速度  $\Omega_p$  で回転する棒状構造と円盤構造で構成されるような非軸対称のポテンシャルを考えると図 1 (左図) のように表すことができる。図 1 (右図) は回転座標系におけるポテンシャルの等高線である。回転の影響によりラグランジュ点と呼ばれる 5 つの特徴的な点があられることがみてとれる。一時線形摂動解析により、ラグランジュ点の中でも L4、L5 はコリオリ力のため安定する点だということがわかる。安定することから、ラグランジュ点にはガスが集まりやすく、星生成の可能性が考えられる。このように星生成が生じたとすると、星生成の起こりやすい中心部ではなく、離れたところに特徴的な星生成領域が存在することを示唆している。そのため、このシナリオで生成されたと考えられる星生成領域を観測からを見つけることは、ラグランジュ点を特定することにつながる。ここで  $V_L$  をラグランジュ点における回転速度、 $d_L$  を回転中心からの距離とすると、ラグランジュ点は corotation radius 上に存在するため  $V_L = \Omega_p d_L$  という関係式が成り立つ。LMC は星生成が活発で構造がとても複雑な銀河であるが、その我々の銀河から非常に近いことからその特徴的な構造が明らかにされつつある。LMC は回転成分を持った銀河であり、銀河の進化の過程でも重要な分類に挙げられる。しかし、そのパターン速度は銀河において重要なパラメーターであるにもかかわらず決定されていない。そこで今回の手法によって LMC の星生成領域に注目しパターン速度を求めることにした。LMC には数多くの星生成領域があることが知られており、それぞれに生成の解釈が与えられている。しかしコンステレーション III と呼ばれる星生成領域の起源については言及されていない。ここで LMC の力学的な特筆すべき特徴として、棒状構造の中心が回転の中心とずれていることである。このことを考慮して先ほどと同様にポテンシャル面を描くと図 1 (右図) のようになる。コンステレーション III はちょうどラグランジュ点に近い位置に存在しており、力学的に安定であることが起源であると考えるのが自然である。このことから LMC の観測データから、ラグランジュ点とみなしたコンステレーション III の中心と回転中心の距離、速度を用いて、LMC のパターン速度を  $21 \pm 3 \text{ km/s/kpc}$  と決定した。

ラグランジュ点のまわりで安定していると考えられることで、その周辺の力学は影響を受けるはずである。コンステレーション III を横切るように回転曲線を描いたとき、コンステレーション III の付近

で、曲線にへこみができる。これはラグランジュ点を中心にして epicyclic な運動をするためである。その周転円はラグランジュ点からの距離  $r$  と系がもつパターン速度  $\Omega_p$  によって、コリオリ力と遠心力の釣り合いを考えることにより、近似することができる。

$$2\Omega_p V = \nabla\Phi_{eff} + \frac{V^2}{r}$$

コンステレーション III の外縁部における周転円と LMC の観測から見積もることのできる周転円の回転速度は  $\sim 20\text{km/s}$  で矛盾のない結果となっている。

LMC のような特徴をもつ銀河は他にも多数存在し magellanic-type galaxy と呼ばれる。これらの銀河もまた LMC と同様、多くの星生成領域、銀河中心と一致しない力学中心といった特徴を持っている。そしてこれらの銀河にも同様の手法を用いてパターン速度を求めることができるだろう。今後は、パターン速度が決定された銀河のサンプルを増やし、LMC ひいては Magellanic-type galaxy が銀河進化においてどのように重要な過程であるのかを議論していく予定である。