Schwarzschild modeling of barred galaxies

Eugene Vasiliev & Monica Valluri

arXiv:1909.03119

GA ゼミ@20191101 佐藤元太

[abstract]

銀河のダイナミカルなモデルを立てる方法として、Schwarzschild モデルという方法がある。これは、天体の軌道を適切に重ね合わせることで実際の分布を再現する手法である。観測データからこのモデルを立てる場合は、①ポテンシャルと分布関数が縮退して決定できない、②2 次元投影データを一意に 3 次元分布に復元できない、という問題が未解決であるものの、それさえクリアすれば、この手法で系のパラメータを正確に再現できる。

[goal]

任意の形状の銀河のダイナミカルなモデルを構築する。

[originality]

bar や disk を含む平坦な系でも使用できる Schwarzschild モデルのコードを作成した。

[logic] Schwarzschild モデルとは: パラメータでモデル化した空間をセルで区切り、多数の軌道を計算する。その計算結果が観測された密度分布を再現するように軌道の重みを決定する。その重みを用いて観測とモデルで物理量の差分をとり、その差分が最も小さくなるようなパラメータを探る手法。

$$\sum_{k=1}^{N_{\rm orb}} w_k t_{kc} = M_c \quad \Rightarrow \quad \chi^2 = \sum_{n=1}^{N_{\rm obs}} \left(\frac{\sum_{k=1}^{N_{\rm orb}} w_k u_{kn} - U_n}{\delta U_n} \right)^2$$

図 1

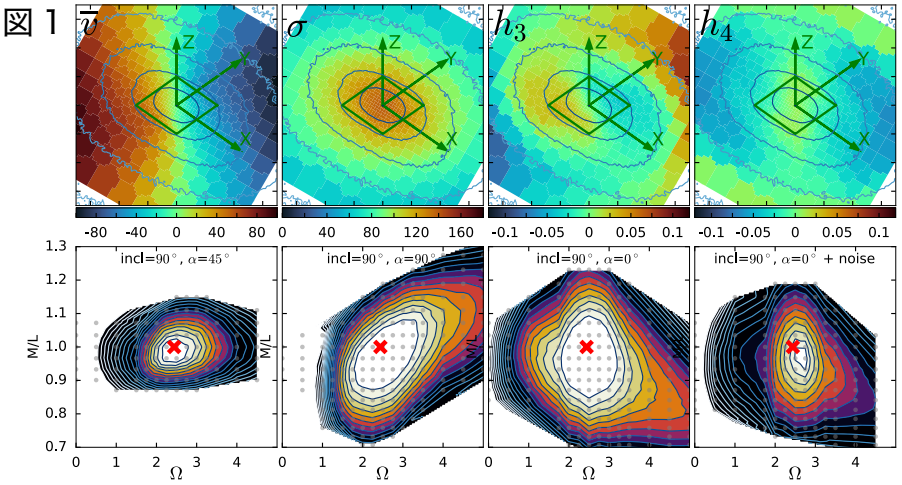


図 1:作成したコードが正しい結果を導くかの検証。上側が設定したモデルの空間分布。下側がモデル計算を行った、パラメータ空間(Ω,M/L)での χ^2 分布。×印が実際のパタメータ値。bar の角度を変えたりノイズを加えたりしても、よい精度でデータを再現できている。

α：bar を見る角度。α = 90°が end-on、α = 0°が sideways に対応する。

図 2

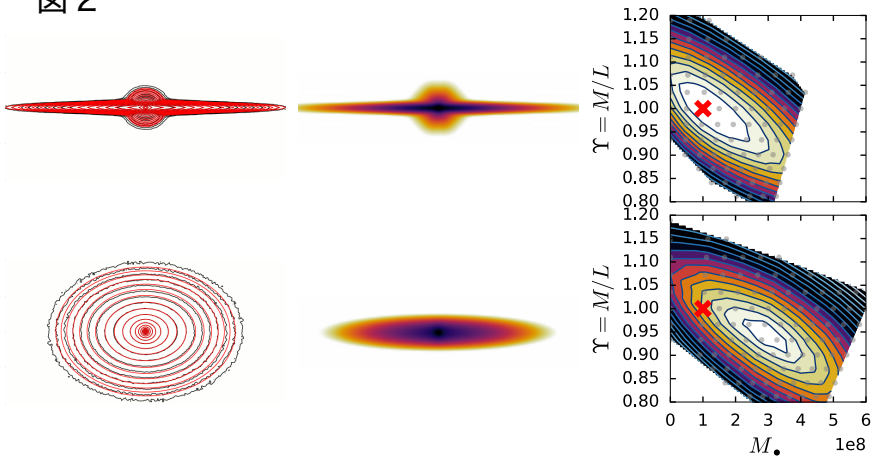


図 2:disk 銀河を生成して、Schwarzschild モデルで再現した結果。上側は edge-on で観測された場合で、実際のパラメータ値(×印)と χ^2 が最小になるパラメータがよい精度で一致している。一方下側は i=45°で観測した場合の結果で、傾斜角は正しく設定したものの、モデル化の際に楕円体系であることを仮定したため、モデル計算と実際のパラメータ値がずれてしまっている。

[comment]

・銀河の構造を決定するのに有用な手法と考えられ、ダークマターの空間分布にも活用できることが期待されるため、今後積極的に利用したい。

・観測データから、正確なポテンシャルの形状と、正確な星の 3 次元空間分布を計算する手法が欲しい。

・著者が作成したコードをダウンロードして、現在その内容を調査中。