Constraining the shape of Milky Way satellites with distance gradients

Zhaozhou An, Sergey E. Koposov. arXiv:2203.02623 v1

GAゼミ@20220725佐藤恭輔

【アブスト】

DECaLS DR8とGaiaの測光データを用い、距離の指標としてBHBを使ったMW dwarf(Bootes I, Draco, UMi, Sextans, Scluptor)の三次元構造の研究。dwarfの距離勾配を求めるために、新しいBHBのcolor absolute magnitudeを作成する。SextansとSculptorだけで重要な意味を持つゼロでない勾配が見つかった。3軸のPlummerモデルによる銀河の2次元密度と距離勾配からSextansとSculptorの距離勾配はplolateな形状と一致しないがoblateかtriaxialな形状とは一致する事を発見した。観測された勾配の説明のために、 oblateなモデルは固有の楕円率がSextansで0.46以上、Sculptorで0.47以上を必要とする。平坦でoblateな形状は速度分布において重大なanisotropyを示す。つまり、 SextansとSculptorでは速度勾配が欠けているということ。

【ゴール】BHBの距離勾配からdwarfの3次元形状を推定　【オリジナリティ】BHB星の距離指数を使った距離勾配の決定と3Dモデル化

【ロジック】

Fig.2：距離指数を用いて絶対等級を計算した全てのdwarfの色-絶対等級分布。赤線はスプライン補完した結果。２次元ヒストグラムはdwarfのメンバーBHBの可能性があるものを示している。Fig.2左はMcConnchie(2012)の距離指数をそのまま利用したもので予想よりもばらつき(赤領域)が太かった。従って精密な距離指数の決定のため以下の４つのステップを踏む。

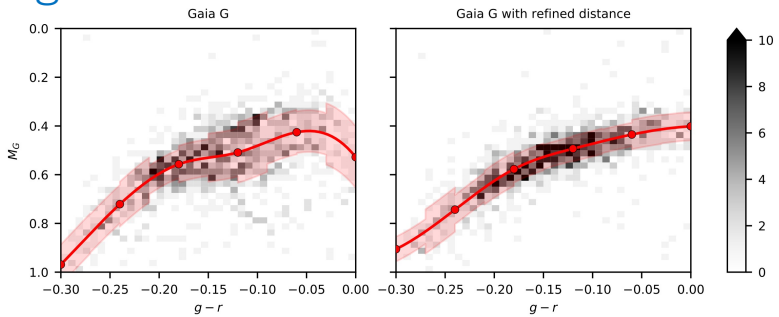
1. McConnachie(2012)の距離指数を使ってガイアG-bandの絶対等級を計算。フィッティング用モデル作成のため、色域を一様に10個のビンに分け、 M_Gで正規分布を持つと仮定した各dwarfのBHBの異なる割合を持つ混合モデルをそれぞれのビンに仮定。他の星はM_Gの一様分布を仮定。式2の最大尤度推定を利用。
2. 式3の最大尤度推定を使い色と絶対等級の関係から距離指数を再度作成。
3. 1と2で求めた距離指数を使い1と2を値が収束するまで反復。4回の反復で収束した。
4. 3で求めた距離指数を使い1を実行。この際の結果はFig.2右に反映されている。

Fig.3：dwarfの長軸短軸に沿った距離勾配の周辺事後分布。勾配がゼロの位置は破線の位置。この際SextansとSculptorで距離勾配が発見された。それ以外のdwarfでは距離勾配は発見されなかったがサンプル星が少ないこと、不確かさが大きいことが原因だと考えられる。

Fig.4：SextansとSculptorの距離勾配と２次元密度分布に対する3次元楕円体モデルを構築。ellipticityとtriaxialityが距離勾配にどの様な影響をしているか確認するため、可能性のある全ての回転の下、異なるellipticity, triaxialityで距離勾配を計算。2軸に沿って存在しうる距離勾配の領域を描いたのが図4。左図からtriaxialityが長軸方向の勾配に影響し、ellipticityが短軸方向の勾配に影響していることがわかった。図3の結果からSextansとSculptorは短軸方向に勾配を持っているのでprolateにはならない。triaxial, oblateなモデルだけを考える。

Fig.5,6：Sextans, Sculptorのtriaxial, oblateな3Dモデルでのパラメータの事後分布。図の結果、 Sextansがかなり平らなoblateな形状である必要性がわかった。 Sculptorに関してはtriaxialの分布で広いピークがあることから、oblateである可能性は高いが断定はできない。また、3Dモデルが正しくフィットしているか検証するため、Gelman et al(2013)の方法でp値を求めたところSextans では全パラメータで一致し、Sculptorではellipticity以外の全パラメータで一致した。

Fig.2



式2,3

$$L = P\left(M_G \mid S, \sigma_i, \alpha_i, g-r\right)$$
$$= \alpha_i \mathcal{N}_{trunc}\left(M_G \mid f\left((g-r) \mid S\right), \sigma_i\right) + (1-\alpha_i)\frac{1}{\Delta M_G} \quad (2)$$

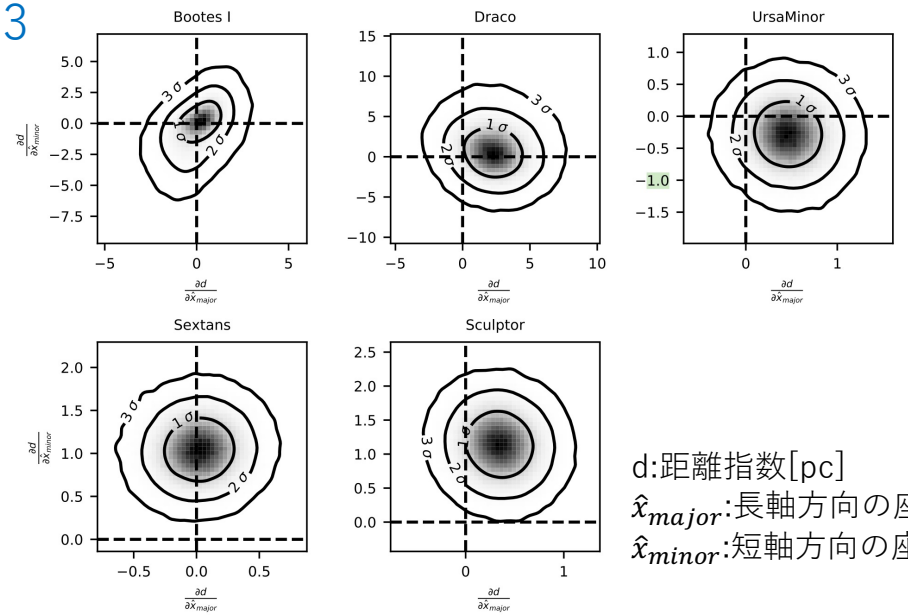
$$L = P\left(m_G \mid d, \sigma, \alpha_i, S, g-r\right)$$
$$= \alpha_i \mathcal{N}_{trunc}\left((m_G - d) \mid f\left((g-r) \mid S\right), \sigma\right) + (1-\alpha_i)\frac{1}{\Delta M_G} \quad (3)$$

【ディスカッション】

- 本研究で示されたSextans, Sculptorのoblateな形状は回転による作用の影響が考えられる。しかし、高いanisotropyであれば回転速度が遅くても平坦化されることを説明できる。これらを踏まえEmsellem et al.(2011)のモデルを用いれば、anisotropy $\beta = 0.4 - 0.6$であれば $\epsilon = 0.5$の平坦化された楕円体を回転量$\lambda_R \leq 0.2$できこの結果は本研究の推定と一致。
- Sextansでtidal disruptionの痕跡を示す研究もいくつかあるが、銀河中心に対しサブハローがprolateな形状になるはずなので本研究でわかったoblateな形状はtidal disruptionとの関係が薄いと言える。

【コメント】同一金属量の星を使いたいため半光度半径内の星を全て除外して解析しているが、カットしない場合ではどんな形状になるだろうか。

Fig.3



d:距離指数[pc]
$\hat{x}_{major}$:長軸方向の座標[pc]
$\hat{x}_{minor}$:短軸方向の座標[pc]

Fig.4

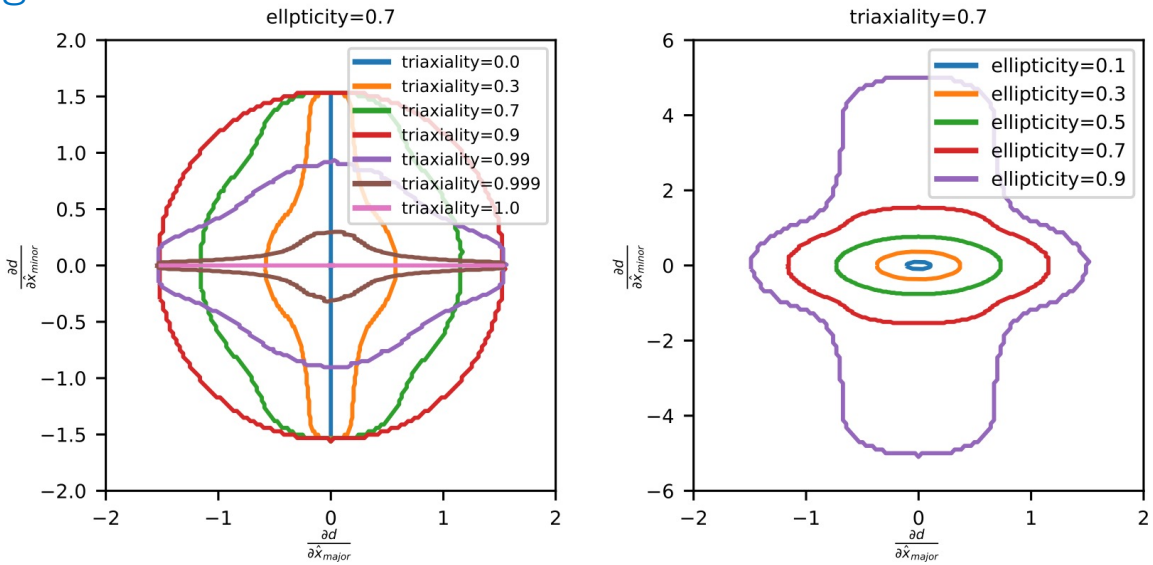


Fig.5

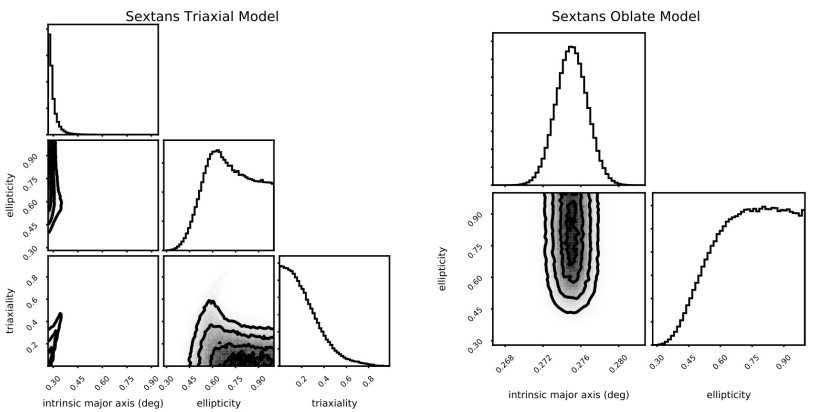


Fig.6

