“Characterizing stellar halo populations I: An extended distribution function for halo K giants”
Payel Das and James Binney 2016, arXiv:1603.09332

GAゼミ@20160426 豊内 大輔

【アブスト】

SDSS/SEGUEで観測された星のうち固有運動の分かっている1825個のK-Giant starの位相空間中での分布を金属量依存性も考慮した分布関数で最尤推定し, 銀河系恒星ハローの密度分布, 速度分布を金属量の関数として示した. その結果得られたハローの密度構造はXue+(2015)で得られた結果とよく一致している. 一方で速度構造(anisotropy parameter β)のプロファイルはKafle+(2013)等の結果とは一致しないようである. なお, この解析は空間分布と運動の間に自己矛盾のない解が得られるという点で重要.

【ゴール】

銀河系恒星ハローの空間分布を明らかにする.

【オリジナリティ】

銀河系ハローの位相空間中での分布を用いた議論＆金属量依存性を考慮した分布関数の使用

【ロジック】

最尤推定：以下に示す尤度関数が最大となるようにモデルを構成するパラメータセットを決定

$$\mathcal{L}^i = P(\mathbf{u}^i|SM)$$

selection function

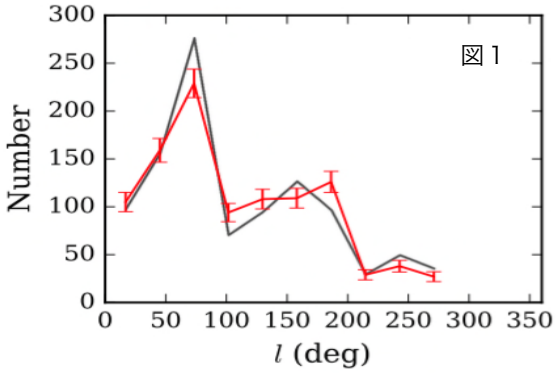
$$\mathcal{L} = \prod_{k=i}^{n_*} \mathcal{L}^i = \prod_{k=i}^{n_*} \frac{P(S|\mathbf{u}^i)P(\mathbf{u}^i|M)}{P(S|M)}$$

M：分布関数が任意のモデルM(裏面)に従う

S：SDSS/SEGUEで観測される

u：ある星の位置, 運動, 金属量が**u**となる

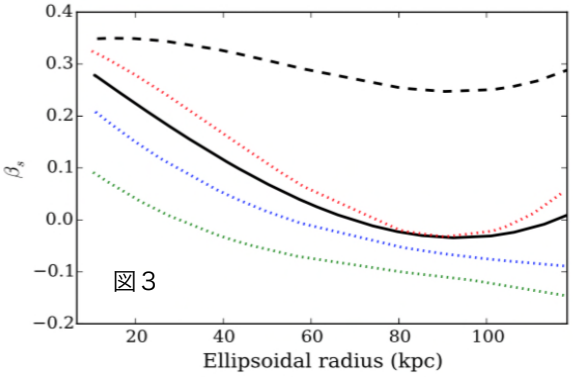
図１：サンプル星の銀経分布(グレー)とベストフィットモデルによる予測(赤)

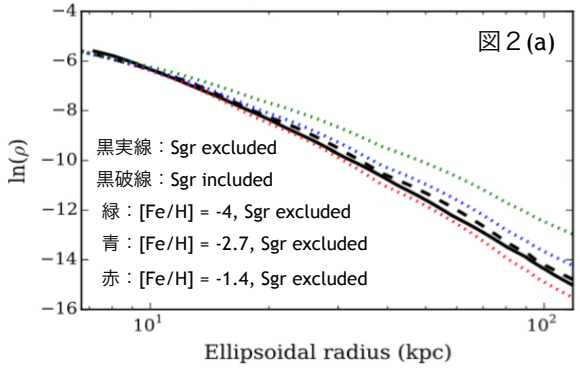


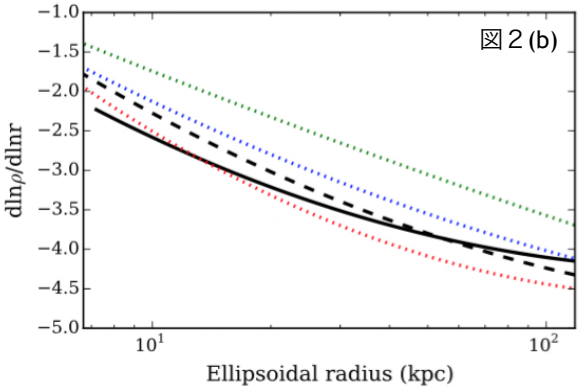
【解析結果】

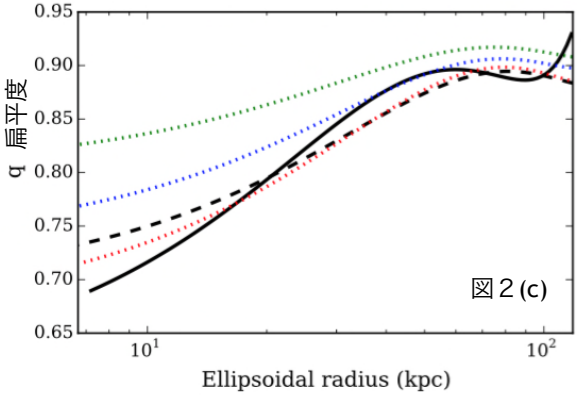
図２：内側ほど密度プロファイルのスロープがゆるく(～－2 @ r～10kpc –> －４ @ r～100kpc), 平坦な構造を持つ.金属量が低いほど密度プロファイルが広がっていて(–> 金属量勾配の存在), 丸い空間分布を示す.

図３：内側では速度楕円体が動径方向に伸びているが外側ではほぼ等方的(Sgr streamに付随する星も含めると平坦なプロファイル). Kafle et al. (2013)の観測結果やBullock&Johnston(2005)のシミュレーションとは異なる.









【コメント＆感想】

・SDSS/SEGUEの観測精度が悪いので観測されるハローの分布は位相空間中でもsmoothなものと近似している.

・anisotropy parameterにdipがないのはそもそもモデルがそのような複雑なプロファイルに対応していないからかも.

・Gaia＆PFSでより精度が高い結果が出せるかも. ただし, 位相空間中での観測の解像度が増してaccretionの痕跡が如実に出るのでsmoothな分布関数だけでフィットするのは問題かもしれない.

金属量依存性を考慮したsmooth haloの分布関数

便宜上, 金属量の代わりに関数Gを使う

$$G \equiv -\ln([\mathrm{Fe/H}]_{\max} - [\mathrm{Fe/H}])$$

分布関数は金属量分布を表す部分(f_m)と純粋に位相空間中の分布を表す部分(f_ps)に分けて定義

$$f(\mathbf{J}, G) = A f_{\mathrm{m}}(G) f_{\mathrm{ps}}(\mathbf{J}, G)$$

$$f_{\mathrm{m}}(G) = \mathrm{e}^{G} \frac{\mathrm{e}^{-\frac{G^2}{2\sigma^2}}}{\sigma\sqrt{2\pi}}$$

$$f_{\mathrm{ps}}(\mathbf{J}, G) = \frac{[1 + J_0/h(\mathbf{J})]^{\alpha(G)}}{[1 + g(\mathbf{J})/J_0]^{\beta(G)}}$$

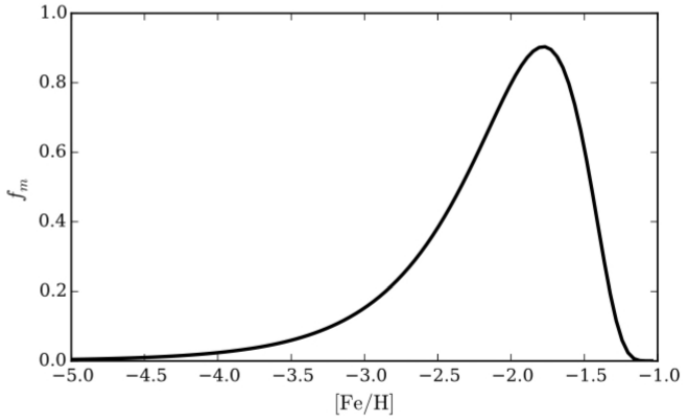
$$h(\mathbf{J}) = J_{\mathrm{core}} + a_r J_r + a_\phi |J_\phi| + a_z J_z$$

$$g(\mathbf{J}) = b_r J_r + b_\phi |J_\phi| + b_z J_z$$

$$\alpha = \alpha_0 - \alpha_{\mathrm{m}}[\mathrm{Fe/H}]$$

$$\beta = \beta_0 - \beta_{\mathrm{m}}[\mathrm{Fe/H}]$$

ハロー全体の金属量分布



主要なパラメータの意味合い

α：内側の密度スロープを決定

β：外側の密度スロープを決定

J_0：スロープが変わる半径を決定

(a_r, a_ϕ, a_θ)：内側の扁平率, 速度楕円体を決定

(b_r, b_ϕ, b_θ) ：外側の扁平率, 速度楕円体を決定

α_m：内側の金属量勾配を決定

β_m：外側の金属量勾配を決定