# The SEGUE K giant survey. III. Quantifying Galactic halo substructure

Janesh, W., et al., 2016, ApJ, 816, 80

GAゼミ@20161020 石垣

【アブスト】 銀河系恒星ハロー(5-125kpc)で、4568個のK giant の位置、距離、視線速度をもとに、サブストラクチャーがどのくらいあるか調べた。その結果銀河系ハローにはスムーズな星の分布と比較して数多くのサブストラクチャーが付随していることを確認した。サブストラクチャーの量はハローの外側ほど多くなっており、また金属量が高いほど多くなっている。また外部ハローに付随するサブストラクチャーの中では、Sagitarrius ストリームに付随するものが大部分を占めていることが分かった。

【ゴール】 銀河系ハローのサブストラクチャーの割合をこれまでより高い精度で制限する(K-giantはBHBよりも幅広い年齢、金属量を持つ利点を生かす)。

【オリジナリティ】K giant のサンプルとしてはこれまでで最も大きい。内部・外部ハローの両方について、また金属量ごとにサブストラクチャーの量を評価した。

【ロジック】

①**サンプル**: 4568 K giants (先行研究Starkenburg et al. 2009では101)。距離はXue et al. 2014により、色、等級、[Fe/H]から推定。

②**"4distance"を用いたサブストラクチャー量の評価**: 2つの星について、$\delta_{4d}$(式1)がある値より小さければ"pair"とする。K giantサンプルでのpair の数($Npairs_{real}$)をsmoothなハローで期待されるpair の数($Npairs_{smooth}$)で割った値、4 distance ratio (図1縦軸)を使ってサブストラクチャーの量を調べた。その結果、4 distance ratio は距離が遠いところほど(図1左)、また金属量が高いほど(図1右)大きいことが分かった。

(式1)

$$\delta_{4d}^2 = w_\phi \phi_{ij}^2 + w_v (v_i - v_j)^2 + w_d \left(d_i - d_j\right)^2$$

③**Friend-of-friend アルゴリズムを用いたサブストラクチャーの同定**:ある星から$\delta_{4d}$<0.03以内に含まれる星は同じグループに所属する。そのグループに所属する他の星についても各星から$\delta_{4d}$<0.03以内のものがあればそのグループに加える。加えられる星がなくなるまで続ける。

- メンバー数が10以上のFoFグループ(図2)は、位相空間上でSgrストリームの位置(Law & Majewski 2010のシミュレーション)に来るものが多く、これらのほとんどがSgrストリームに所属すると考えられる。
- メンバー数が4-9のFoFグループ(図3)のうち幾つかは、知られているサブストラクチャーに対応する。それ以外がこの論文で初めて見つかったもの
- サンプルのK-giantのうち少なくとも50%はいずれのFoFグループにも属さない。K-giantのうち13%はSgr、1%は既知のサブストラクチャーのメンバー
- $R_{gc}$>30kpcにあるFoFグループの約50%はSgrストリームに所属する。Sgrストリームに付随するグループの割合は[Fe/H]が高いほど多い(図4)

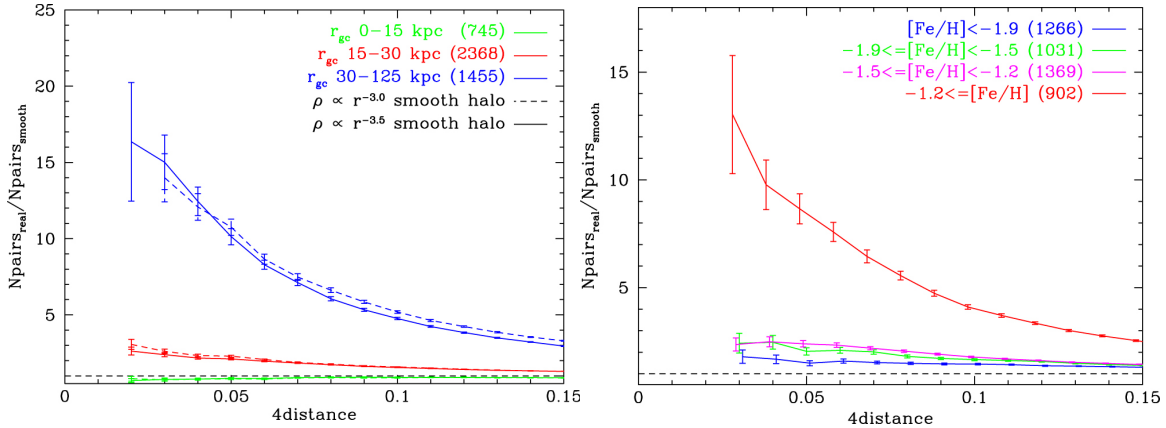
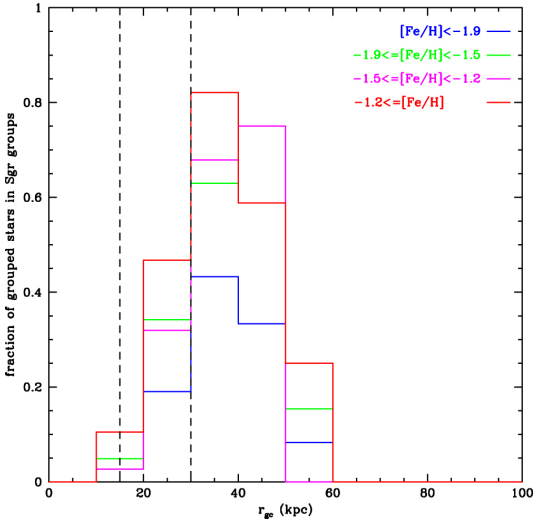



図1:4distance ratioの分布。(左)K-giantを銀河中心からの距離ごとに分けた場合(点線・実線はsmoothなハローの密度プロファイルとしてそれぞれr-3.0、r-3.5を仮定)。距離が遠いほど4distance ratio が大きくなっている。(右) K-giantを[Fe/H]ごとに分けた場合。最も[Fe/H]の高い([Fe/H]>-1.2)星々で4 distance ratioが最も大きい。

図4:Sgr に所属するグループの割合を銀河中心からの距離についてのヒストグラムで表したもの



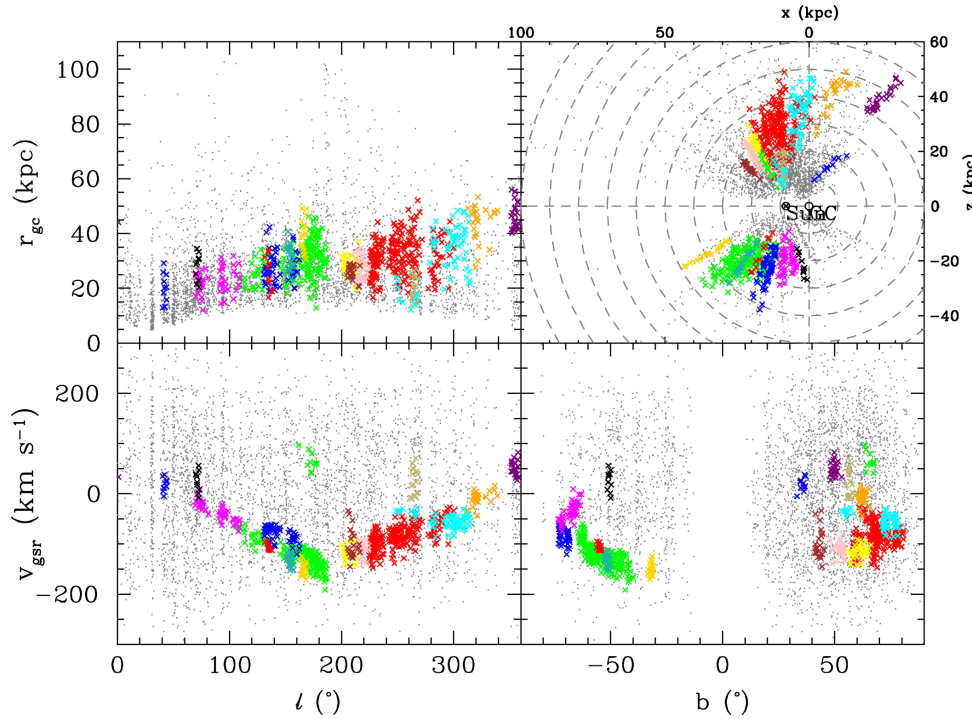



**図2**：FOFで得られたメンバー数10以上のFoFグループ。Law & Majewski (2010)によるシミュレーションとの比較から、これらのほとんどがSgrストリームに所属していると考えられる。

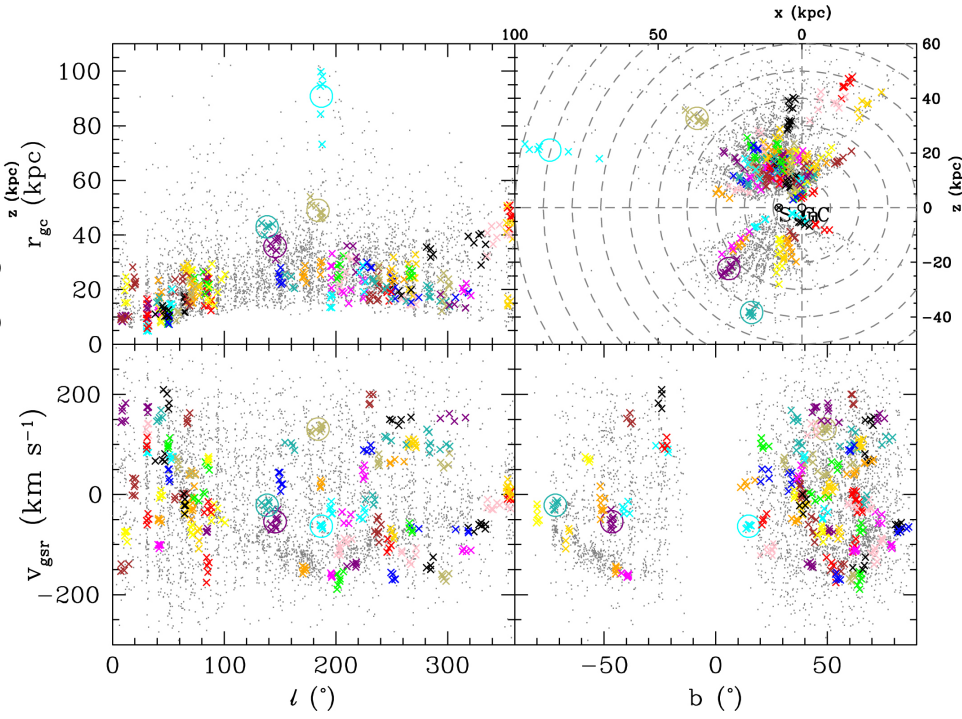



**図3**：FOFで得られたメンバー数4–9のFoFグループ。◯印は既知のサブストラクチャー（金: Orphan stream, 紫と緑青：Cetus Polar stream, シアン：~90kpcで新しく見つかったSgrストリーム）

**【コメント】** 外部ハローのサブストラクチャーでSgr起源以外のものだけをとってみるとかなり少ない。距離の誤差の影響でFoFグループを検出しにくくなっているのか。