The Global Dynamical Atlas of the Milky Way Mergers : Constraints from Gaia EDR3-based Orbits of Globular Clusters, Stellar Streams, and Satellite Galaxies

GAゼミ 2022.05.16 鈴木善久

Malhan et al. (2022) : ApJ https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ac4d2a

アブスト

天の川銀河 (MW) のハローは多数のprogenitor 銀河の合体・降着によって形成されてきたと考えられているが、progenitor 銀河の数やその化学動力学的特性は未解明である。これらを観測的に調査するために、今回 Gaia-EDR3 から位置・速度の情報が得られている170の球状星団、41の恒星ストリーム、および46の衛星銀河に対してエネルギー (E) および作用(**J**) を求め、ENLINK software を用いて(E,**J**) 空間上におけるgroup を探した。その結果、**merger起源として6つのgroupが同定された**。このうち5つは従来発見されたprogenitor 候補 (e.g. GSE) であったが、**今回新たにPontusと呼ばれるprogenitorを発見した**。また、現在発見されているストリーム中最も金属量が低いストリームがLMS-1/Wukong 起源であることが示唆された。

ゴール

階層的構造形成シナリオに基づいてMWのハローの形成史を紐解くこと

オリジナリティ

先行研究とは独立した手法でprogenitorの物理的性質を調査したこと

ロジック

▶ 観測データ (Fig.1)

球状星団(Gaia-EDR3 ;**170個**) / 衛星銀河(Gaia –EDR3/DR2 ($D_\odot$< 250kpc) ; **46個**) /
恒星ストリーム (Gaia –EDR3/DR2+分光follow-up ; **41個** (1485天体))

▶ 各天体の(E,J)の求め方

McMillan+2017の静的かつ軸対称な銀河のポテンシャルを仮定して、各天体の軌道特性(E,**J**) を求めた。(E,**J**) 空間上のばらつきは 、球状星団や衛星銀河に対しては軌道計算の結果を1000回サンプリングすることで、ストリームに対しては全メンバー星の軌道をよく再現する結果を採用することで評価した。

▶ Groupの発見の仕方

1. MCMCを用いて各天体を(E,**J**) 空間上における1つの点に代表させる。
2. ノンパラメトリックにgroupを発見できるENLINK softwareに、先の(E,**J**)の情報を与えてgroupを探査する。
（このsoftwareはマハラビノス距離を計算してデータ間の“距離”を評価し、その“距離”が近いデータ同士をgroupとみなす。）
3. 2.の結果、データの集合度合いが高いものをグループ確率1,それ以外を0とし、この計算を繰り返して各天体がグループになる確率を求める。

※Jだけを用いた場合にはうまくgroupが発見できなかった。→Eの精度が2% (Jは~10%) であるためにgroupがうまく同定。

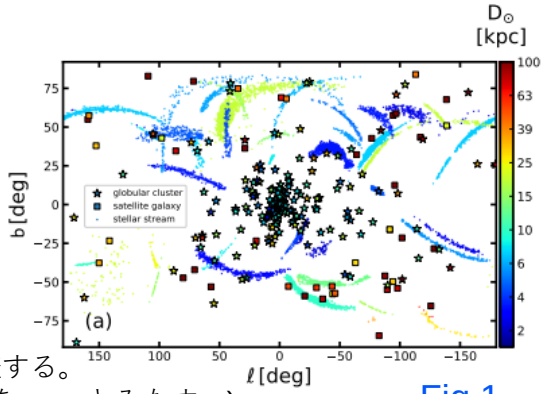


Fig.1

結果と考察

Fig.2 (裏面) : (E,J_Φ) 空間におけるグループの分布

- 9つのgroupが確認 → そのうち6つがmerger 起源で、残りの3つは (diskやbulgeに似た特徴を持つ) in-situ 起源であると推定された。
- 今まで、あるmerger起源 (e.g. GSE) のgroupに属すると考えられてきた球状星団やストリームなどが異なるmeger由来である可能性もあることが示唆された。
- **merger 起源として今回新たにPontusを発見**。
(E,J_Φ) 空間上でGaia-Sausage Enceladus (GSE) 近くに分布するが、GSEと比較して軌道離心率eが小さい上に(**Fig.3 (裏面)**)、V_Φ > 0 (retrograde) していることから (**Fig.4**)、別の起源であることが示唆、
→ 比較的エネルギーが低いことから銀河形成初期のmergerの1つである可能性。
- また現在発見されているストリーム中最も金属量が低いストリーム(C-19 ; [Fe/H] = -2.9 dex) がLMS-1/Wukong 起源であることが示唆された。
→ 金属量がかなり低いことから、宇宙初期に形成されたprogenitorである可能性。

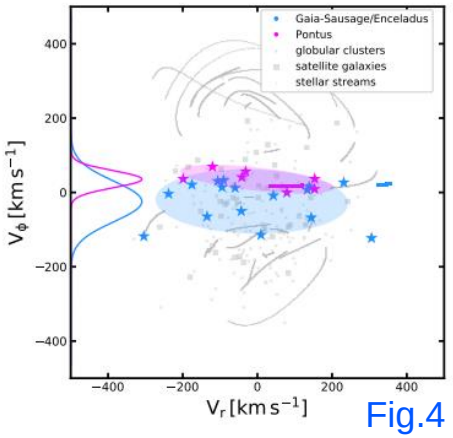


Fig.4

コメント

今回のgroup決定の鍵はEが精度よく求まっていること。非軸対称・非定常な銀河のポテンシャル+力学摩擦を考慮した場合ではどうなるか。

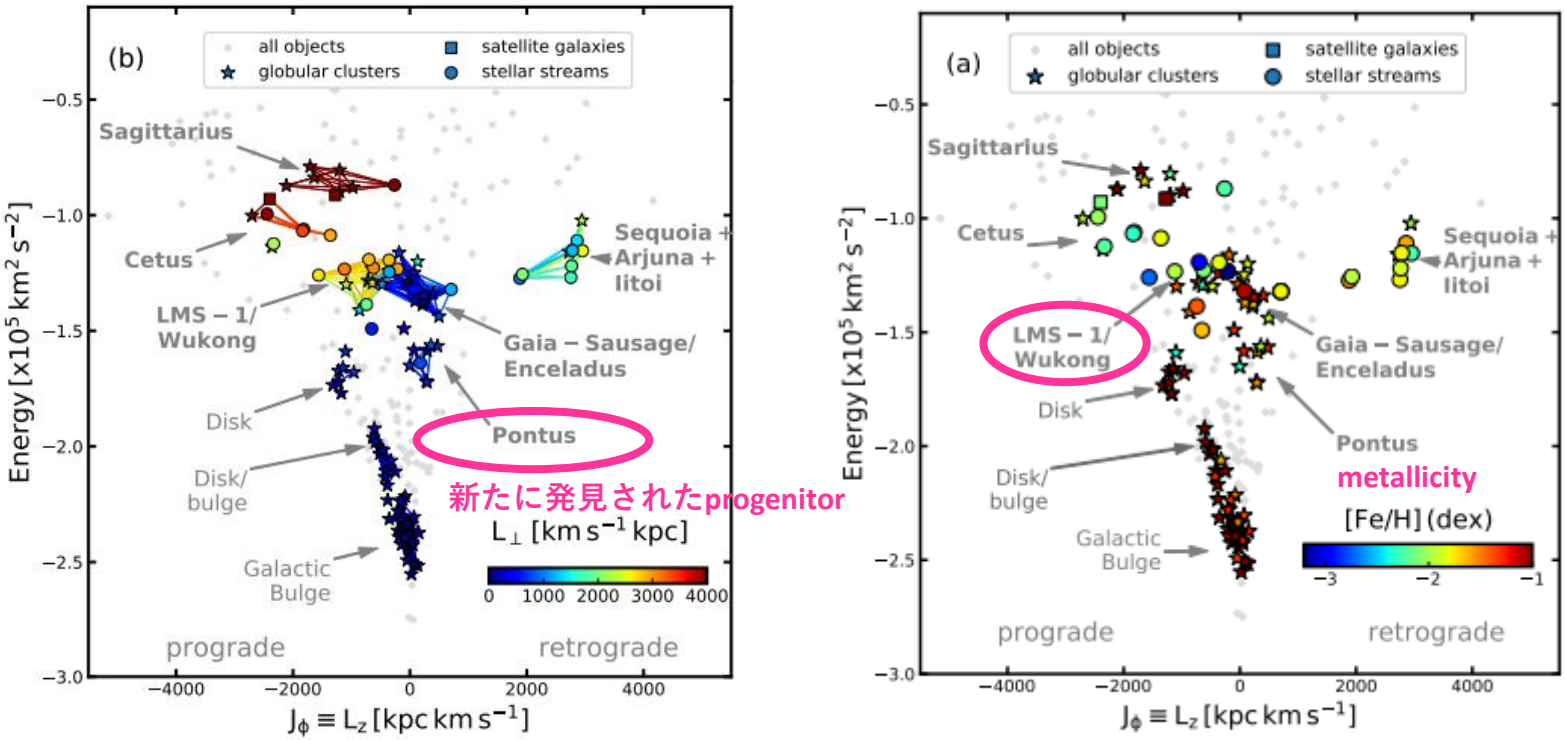


Fig.2 (E,L_Φ) 空間上の分布

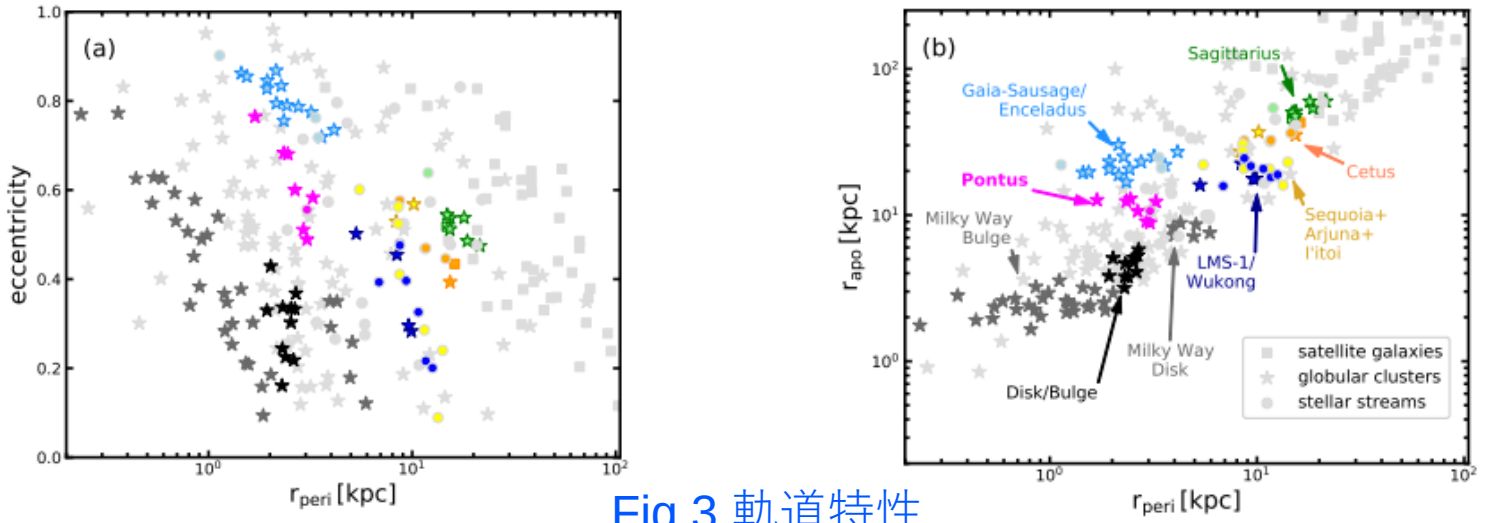


Fig.3 軌道特性