Satellite group infall into the Milky Way: exploring the Crater-Leo case with new HST proper motions

Mariana P. Júlio et al. (2024) arXiv：https://arxiv.org/abs/2404.16110

GAゼミ@2024/05/09 佐藤恭輔

【アブスト】
ΛCDMに基づくMW-likeな銀河のシミュレーションでは、個々のsatelliteというよりかは、3~5個のsatelliteがまとまって降着する。これがsatellite planeの起源である可能性もある。Group-infallしたsatelliteは総エネルギーや角運動量が似ており、軌道面や軌道方向も同じであることが予想される。この論文ではLeo Ⅱ,Ⅳ,Ⅴ, Crater Ⅱのdwarf galaxyとCrater Ⅰの球状星団に着目した。これらのCrater-Leo groupは天球上でまとまった距離勾配を示し、天球上の大円に沿って並んでいる。これまで分かっていたGaia DR3に加え、HSTのデータから導出した固有運動を用いてメンバーの位相空間上での分布がgroup-infallに対応するか検証した。結果として、 Leo Ⅱ,Ⅳ,Ⅴ, Crater Ⅰ はgroup-infallを仮定した軌道特性と一致したがCrater Ⅱは一致しなかった。

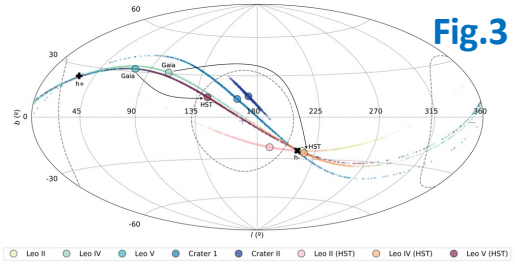
【方法】【ゴール】：Crater-Leo groupがgroup infallの名残なのかどうか検証　【オリジナリティ】：Gaia DR3で検証された結果に対しHSTのデータを用いて比較検証した点

固有運動：Gaia DR3のデータから求められたLeo Ⅳ,Ⅴの固有運動は不確かさが大きかった。そこでHSTの2-epochなfitsデータ(Leo Ⅳ : Jan. 2012& Nov. 2016, Leo Ⅴ: Mar. 2017& Mar. 2020)を用い背景銀河をastrometryの基準とすることで星の固有運動を求めた(Sohn+2012, 2020)。

【結果とディスカッション】Lynden-Bell method：同一天体から降着してきた天体は角運動量とエネルギーが一致する。視線方向のエネルギーとr^{-2}の関係式にEq. (3)を当てはめることで角運動量hがわかり、最終的に固有運動を予測できるそう

$$E_{\rm r} = \frac{1}{2}v_{\rm r}^2 + \Phi_{\rm MW}(r) = E - \frac{1}{2}h^2 r^{-2}. \qquad (3)$$

Fig.3　Orbital pole



- Leo Ⅱ,Ⅳ,Ⅴ, Crater Ⅰ,Ⅱ のOrbital poleの位置。
- Group poleの位置はバツ印。
- 破線領域はVPOSのorbital poleの位置で、すべての銀河が近接している。
- Crater Ⅱ に関してはGroup poleの位置に誤差の範囲内で重ならないためメンバー外である可能性を示唆。

Fig.4　Lynden-Bell method の結果

- それぞれの天体のエネルギーと角運動量が共通だと仮定した時のLynden-Bell法から得られたフィットの結果。上はMWのバルジディスク、ダークマターハローを組み込んだポテンシャル$(0.8\times10^{12}M_{\odot})$、下はMW+LMCのポテンシャル(agama; Vasiliev 2019: $0.88\times10^{12}M_{\odot}+1.5\times10^{11}M_{\odot}$)を考慮した結果。
- この推定からgroup-infallだとした時の予想される固有運動(positive or negative circulation)を推定した。

Fig.5　予測と測定した固有運動の比較

- 赤十字とグレー十字がそれぞれLynden-Bell method で予想されたnegative or positiveなcirculationの時の固有運動。青十字と橙十字がGaiaとHSTからそれぞれ測定された固有運動の値。
- GaiaではLeo Ⅳ,Ⅴがそれぞれpositiveな軌道だと推測されていて他のCrater ⅠやLeo Ⅱとは異なっていた。HSTから求めた結果ではすべてnegativeで軌道の方向が揃っていることが示唆された。Crater Ⅱに関しては予測された値と大きく外れていることからGroup-infallではないと判断。

Fig.8　軌道進化の様子

- 太線は測定された固有運動から、黒破線は予測から描いた軌道進化の様子。どの銀河も2Gyr前にpericenterを通過しており、類似している。
- Leo Ⅳ,Vの軌道がunboundなものになっているが固有運動の誤差が大きすぎるためで物理的にはboundされているべきだそう。

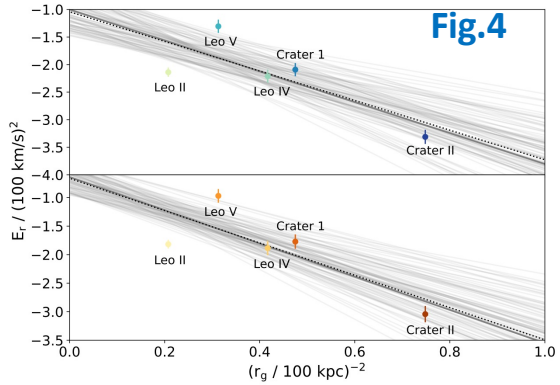


Fig.4

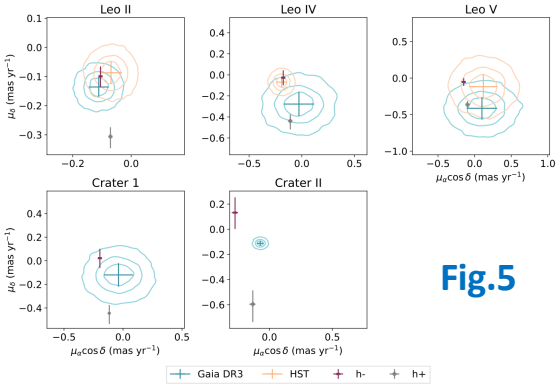


Fig.5

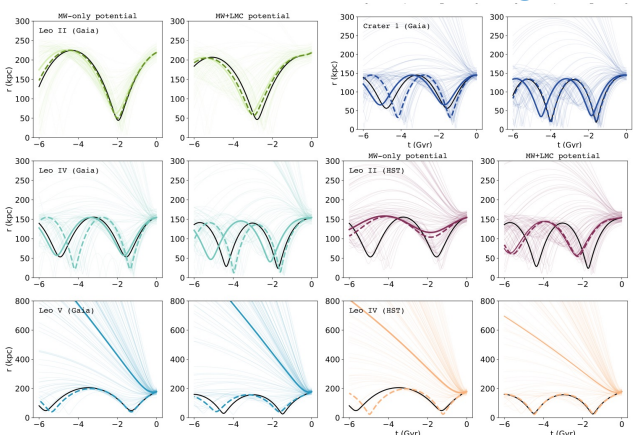


Fig.8

【コメント】2-epochとは言っているがあまりにも時間間隔が短いと思う。特にLeo Ⅳ,Vの結果は今後変わることもありそう