” The 3D kinematics of stellar substructures in the periphery of the Large Magellanic Cloud”

By Camila Navarrete et al. 2023, arXiv:2302.04579v1

2023/02/24 中村友哉

【アブスト】
大マゼラン雲(LMC)周囲の部分構造を調査するため、40個以上のミラ型変光星について低解像度分光を行いGaia DR3や文献のデータと組み合わせ6D位相空間情報を取得した。さらにLMCと小マゼラン雲(SMC)の相互作用の履歴を推定するため look-back time ~2[Gyr] のN体シミュレーションとサンプルのデータの比較により尤度推定を行った。
結果、3度のLMC-SMC crossing, 2度の近点通過があった可能性が高いことが分かった。

【オリジナリティ】 ミラ型変光星に着目した点（Cullinane et al 2022 : RGB）、look-back time ~2[Gyr] のN体シミュレーションを行った点 (Cullinane et al 2022 : -1Gyr)

【ゴール】 LMC周囲の部分構造の観測からLMC-SMCの相互作用シナリオを推定する

【ロジック】 Gaia DR1 変動データ + 赤外線測光(2MASS & WISE)

⇩ ミラ型候補星の選定 : Deason et al. 2017

LMC周囲の部分構造ミラ型候補サンプル (45 / 5 / 17 / 5 / 18) : Fig1 & 2

⇩ 追跡分光調査 CITO COSMOS 分光器(R~2000) + 分光fitting(FERRS)

ミラ型候補サンプルの恒星パラメータ (45 / 5 / 17 / 5 / 18) : 有効温度、表面重力、金属量、Vrad

⇩ Gaia DR3 視差&固有運動との比較 ⇒ コンタミの除去(41 / 5 / 17 / 5 / 14)
文献のライトカーブから周期を復元 (27 / 5 / 8 / 2 / 12)

Gaia Gバンド + 近赤外 2MASS ＞ 化学タイプ(Lebzelter et al. 2019) & 脈動モード

⇩ 周期光度関係により距離推定 + Gaia DR3 (14 / 5 / 7 / 2 / 0) ⇔ 近傍RRLによる距離

6次元位相空間カタログ(ライトカーブなし＞近傍のRRLから距離推定) (27 / 5 / 17 / 5 / 0)

⇒ LMCフレームでの円筒速度（V_R, V_Φ, V_Z ）※z方向 LMCdiskに垂直

N体シミュレーション ; Belokurov & Erkal (2019); Cullinane et al. (2022)

LMC : DMハロー&恒星disk MW: DMハロー, ディスク＆バルジ SMC : 対数+Hernquistポテンシャル
LMC,SMCを現在の位置で初期化（原点MW ,現在のLMC,SMCの位置/速度 ×400）
＞2Gyrまで巻き戻す + LMCdisk恒星トレーサー封入 10^7個
＞現在まで計算

Fig.1

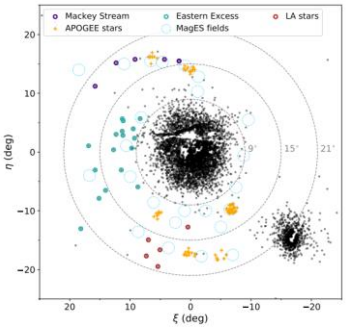


Fig.2

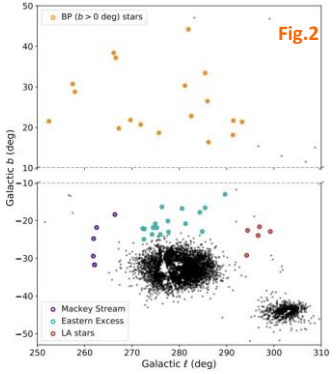


Fig.13

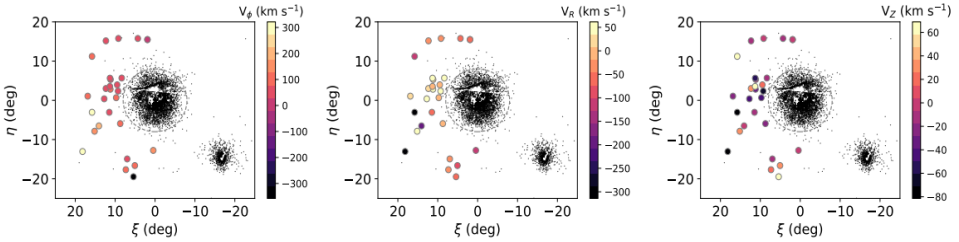


Fig.1 : 投影図上でのLMC/SMC近傍のミラ候補星 + APOGEE & MagES (RGB)分布

Fig.2 : 銀経銀緯でのLMC/SMC近傍のミラ候補星分布
(Mackey Stream/Eastern Excess/LA stars/BP stars ;b > 0 deg)

Fig.13 : LMCフレームでの円筒速度（V_R, V_Φ, V_Z）

MS : 異常値（MS02）を除いた4星はLMC摂動diskと考えられる。
北東EE (η, ξ > 0°) : V_Φ 大半が70km/s ⇔LMCの回転曲線、
V_R 0-60km/s 、$V_Z < 0 km/s$ LMC摂動diskかも
南東EE : (V_Φ , V_R) ~(300km/s, -300km/s)は diskから外れた異常値の可能性が高い
(EE17,18,22 ⇔ table1 : 低V_{rad})
LA : LA43 金属量も含めSMCデブリ(Olsen et al.2011)と一致
LA40,41,42 乱れた摂動LMCdisk (Cullinane et al 2022)と 一致

Fig.14 : 現在のLMC/SMCの相対距離＆相対速度と最接近時のlook-back time＆距離

最尤値： crossing ×3回 ; 1.78Gyr-10.2kpc ; 0.97Gyr-4.5kpc ; 0.32Gyr-5.3kpc (2度の近点通過)
赤枠内の平均値と標準偏差：$1.8 \pm 0.6 Gyr$, $962 \pm 32 Myr$, $320 \pm 25 Myr$
最接近距離： $10.4 kpc \pm 2.0$kpc, $4.7 kpc \pm 1.3 kpc$, $5.4 kpc \pm 1.5 kpc$
近点距離の平均値 ： 4.6kpc ± 1.0kpc, $4.2 kpc \pm 1.3$kpc, $5.2 kpc \pm 1.3$kpc
大半のモデル：look-back time > 1.3Gyrでcrossing、一般に距離は10kpcよりもはるかに大きい

Fig.15

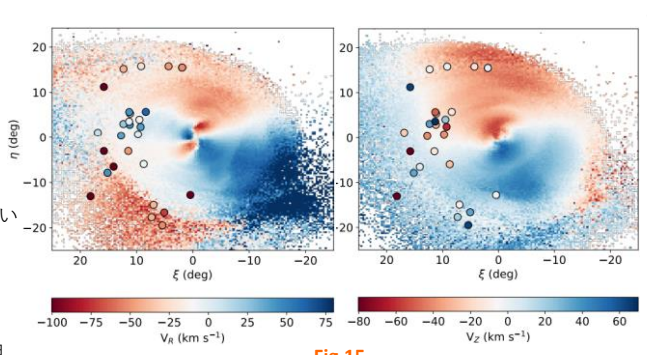


Fig.14

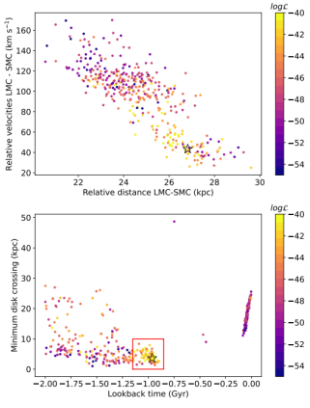


Fig.15 : 最尤モデル粒子のV_R, V_Z中央値 vs ミラ型サンプル (27 / 5 / 17 / 5 / 0)

V_R) MS、LAでN体と観測で一致、北東EEで外向き＞潮汐剥離の時期が異なる、
南東EEのN体 外/内向き混在＞複数回のcrossing
V_Z) 全体として観測とN体に大きな乖離 ＞ さらに複雑なパラメータ空間進化と相互作用

【コメント】
- 前処理に対し、N体の記述が少なくブラックボックス化していた。とくにサンプルの選択方法により詳細な説明をするべき。
- RR Lyraeだとサンプル数が多そうだが、このような研究は厳しいのだろうか。