Stellar proper motions in the outskirts of classical dwarf spheroidal galaxies with Gaia EDR3

Yuewen Qi et al. MNRAS, Volume 512, Issue 4, June 2022, Pages 5601–5619　GAゼミ@20220606佐藤恭輔

【アブスト】

Gaia EDR3のデータを使い、６つの矮小楕円体銀河(Draco, Ursa Minor, Sextans, Sculptor, Fornax, Carina)について、king stellar limit radiusを超える一番外側の半径までのメンバー星の同定を行った。解析では視差や視線速度データを使ったデータセレクションが行われ(Fig1)、Gaia EDR3の固有運動データと撮像から得られた空間分布を用いdSphに所属する星とMWの前景星、背景星を区別する尤度推定を行った。解析の結果、キング限界半径を超える位置に分布する星で視線速度が一致する星が、尤度50%以上であることがわかり、これらの星がそれぞれのdSphと高い確率で関連があることを示した。
また、尤度90%以上の星(候補星)がtidal debriであるならば衛星銀河の軌道に沿って並ぶはずなので、潮汐半径の外側の候補星と銀河の軌道を比較した。 Sculptorでは軌道に候補星が沿って並んでいる可能性があることがわかったが、その他5つのdSphではランダムに分布していたためtidal debriの存在を確証するまではいかなかった。

【ゴール】キング限界半径より外側のdSphメンバーを見つける。【オリジナリティ】従来はdSphの周り2度の範囲が使われてきたが、3度の範囲を用いた。

【ロジック】

データセレクション：dSphの半径中心3度の領域内の星を選択。範囲内から既知のAGNを除去し、GaiaのGバンドを補正する。さらに視差で明らかな前景星を除去する。それぞれのdSphの位置でMWの脱出速度よりも接線速度が速いものを除外($4.47D_{\odot}(PM-3\sigma_{PM}) \leq V_{esc}$)。
さらにオープンソースの分光データを利用しEDR3のデータとクロスマッチ。これまでカットしたデータのうちdSphの視線速度の3σ以内の星(Fig.1青線)を残す。

尤度推定：式(11)(12)を使って尤度推定を行う。$\mathcal{L}_{PM}$はEDR3の固有運動量に基づいた要素。多変量正規分布を仮定して求める。 $\mathcal{L}_{Spatial}$は撮像データに基づいた尤度の要素。dSphの中心に近いほど重みづけされるような要素になっている。 f_{sat}はdSphに所属する星の割合。 P_{PM}は固有運動にのみ基づいた尤度。 $P_{PM+Spatial}$は両方。

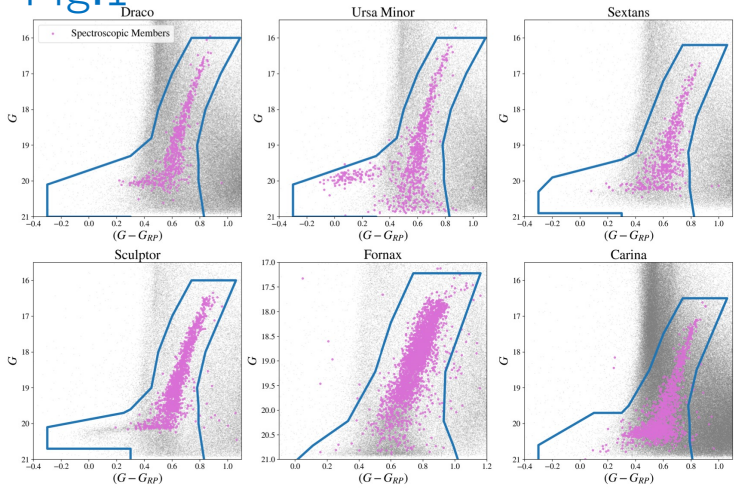
Fig.1：データセレクションを終えた6つのdSphの色等級図。青線はEDR3のデータをトリミングして MWのコンタミを除去する際の境界線。ピンクの点はEDR3のデータと視線速度カタログをクロスマッチさせた結果がdSphの視線速度と一致するもの。

Fig.4-9右下：dSphの固有運動空間での全星カタログ。色はP_{PM}で与えられる。

Fig.4-9右上左下：尤度が50%以上のものをプロットした。この図を使って尤度が90%以上のものを候補星としてCMD上にもプロットした。

Fig.4-9左上：CMD上でMWコンタミの等高線の位置(黒線)と尤度が高い星の位置(赤,青)を比較するとFnx, Scl以外の4つは分離している。尤度推定の際に色や等級を考慮していないにも関わらず尤度が高い星が本当にメンバー星である可能性が高い。

Fig.1



式11,12

$$P_{i,\mathrm{PM+Spatial}} = \frac{f_{sat;i}\mathcal{L}_{sat,spatial;i}\mathcal{L}_{sat,PM;i}}{\mathcal{L}_i} \quad (11)$$

$$P_{i,PM} = \frac{f_{sat;i}\mathcal{L}_{sat,PM;i}}{f_{sat;i}\mathcal{L}_{sat,PM;i} + (1-f_{sat;i})\mathcal{L}_{MW,PM;i}} \quad (12)$$

【ディスカッション】

DR2に基づいたモックデータであるAurigaia catalogを使ってMW hostのdwarfに対し本解析の手順を使ってシミュレーションした。よく一致し本解析の信憑性は高いといえる。
MWの重力ポテンシャルから仮定したdSphの軌道に対し、Sclの視線速度がわかっていて $P_{PM+Spatial} > 90\%$ の星が非常に近い位置に分布。これらがtidal debriである可能性あり。

【コメント】

tidal debriの可能性がある星を視線速度がわかっていて尤度が高い星の位置で判断したが、尤度が高い星の分布だけで判断はできないのか？
軌道付近に位置する視線速度既知の星はScl以外にもDraco, Sextansで見られたがSclに限定したのはぜ？

Fig.4-9

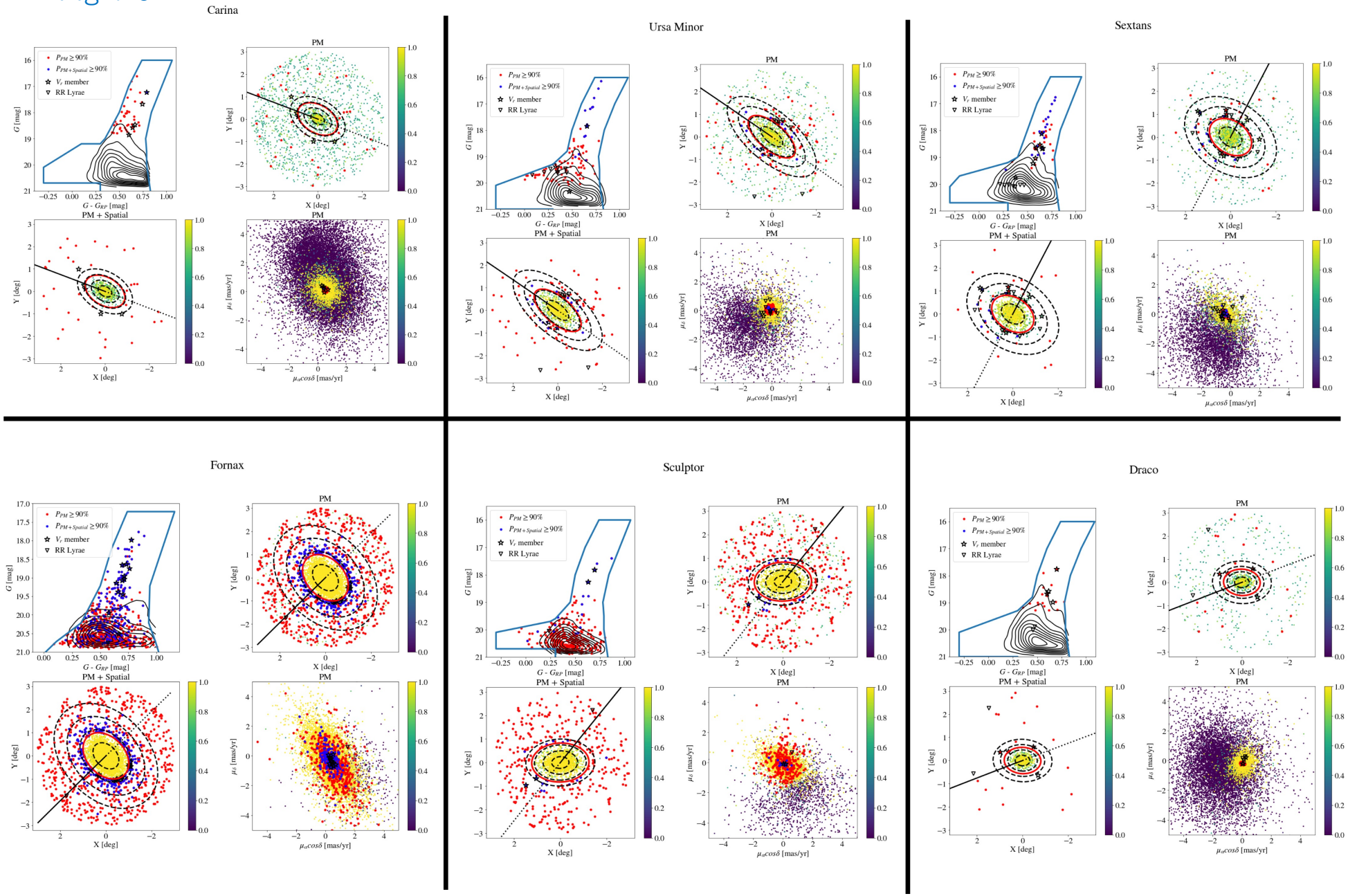


Fig.4-9

●：$P_{PM} > 90\%$

●：$P_{PM+Spatial} > 90\%$

☆：dSphのbulk verocityと一致する視線速度の星。

▽：RR Lyrae

黒等高線：MWコンタミ密度

赤線：king limit radius

青線：MWコンタミの境界

黒破線：偶数倍の半光度半径

黒線,黒点線：satelliteの軌道

点線が過去

カラーバー：尤度に応じた色