“The epoch of the Milky Way’s bar formation: dynamical modelling of Mira variables in the nuclear stellar disc”
by Jason L Sanders et al., arXiv:2311.00035

GAゼミ@20260720　大津 美穂

[Abstract]
天の川銀河(MW)の中心部には、~$10^9 M_\odot$の質量を持つ円盤構造であるNuclear Stellar Disc (NSD) が存在している。NSDの形成時期はBar構造の形成後～1Gyr と考えられており(Baba & Kawata 2020)、NSDの形成時期の推定はBarの形成時期の推定にもつながる。 NSD領域は特に減光が激しいが、赤外線で明るく 変光周期から年齢の推定が可能なミラ型変光星(Mira)は、この領域を貫通して年齢を特定できるトレーサーとして有用である。本論文では Miraの固有運動データと独自の力学モデリングを用いて、NSDの星形成史を調べた。その結果、周期300日(～8Gyr)を境に、Miraがバルジのランダムな動きから円盤的な高速回転へと変化し、この時代にNSDが一気に形成されたことが分かった。この傾向は、天の川銀河の棒構造が約8Gyr前に形成され、そのガス流入によって中心部で激しい星形成バーストが引き起こされたというシナリオと一致する。

[goal]
NSDに存在するMiraの運動構造から、MWにおけるBar構造の形成時期を推定する

[originality]
NSDの高度な力学モデリング+NSD内のMira(年齢のトレーサー)を用いた独自の推定手法

[method]
・Data: VVVサーベイ(VIRAC2)より抽出されたMira 1163個 ($|l| < 1.5°, |b| < 0.4°$) l, b, μ_l, μ_b, P
・モデル: 2成分力学混合モデル
　・NSD…軸対称な分布関数 $f(\boldsymbol{J}) = f(R_{NSD}, H_{NSD}, \sigma_{R,0}, R_{\sigma,\mathrm{R}})$
　/NSC, NSD, Portail+17のBarモデル, DMハローポテンシャル
　・Background(Bar, Bulge, Disc)… Portail+17のN体モデル
　+選択関数$S(l, b, s, P)$: 観測バイアスの補正

・尤度計算 $p(\boldsymbol{\mu}|l, b, P) = \int d^2\tilde{\boldsymbol{\mu}} ds\, N\left(\boldsymbol{\mu}\middle|\tilde{\boldsymbol{\mu}}, \boldsymbol{\Sigma}_{\boldsymbol{\mu}}\right) S(l, b, s, P) p(\tilde{\boldsymbol{\mu}}, s|l, b, P)$

・ $p(\tilde{\boldsymbol{\mu}}, s|\ell, b, P) = \dfrac{w(P) p_{\mathrm{NSD}}(\ell, b, s, \tilde{\boldsymbol{\mu}}|P) + p_{\mathrm{bar}}(\ell, b, s, \tilde{\boldsymbol{\mu}})}{w(P) p_{\mathrm{NSD}}(\ell, b|P) + p_{\mathrm{bar}}(\ell, b|P)}$

$\omega(P)$: NSDの星とBarの星との質量比

$p_{\mathrm{NSD}}(\ell, b, s, \tilde{\boldsymbol{\mu}}|P) = \int \mathrm{d}v_{\|}\, s^4 \cos b\, f(\boldsymbol{J}|P)$

→$\omega(P)$, $R_{NSD}, H_{NSD}, \sigma_{R,0}, R_{\sigma,\mathrm{R}}$をMCMCで推定

[result]
・Fig5: 力学モデルフィッティングの結果
実線がFully marginalized model(全パラメータを推定)、点線がFiducial model($\omega(P)$以外を固定)、破線が$S(l, b, s, P) = 1$
「～300day(8Gyr)付近で$\omega(P)$が急上昇する」という結果が**モデルの仮定によらずロバスト**
・Fig6: 周期(年齢)ビンごとの固有運動分布と力学モデルの比較
NSD成分の時間発展の様子/力学モデルの妥当性の確認
・Fig8: 周期年齢関係を用いて変換した星形成史
　・ Barの形成時期(=NSDでの星形成率が最も急激に上昇した時期)は$\mathbf{8 \pm 1}$**Gyr**と算出
　↔先行研究(Nogueras-Lara 2022など)で示唆される星形成のバーストと同時期
　・ 同じく先行研究で示唆された約1Gyr前のバーストはトレースできなかった
　→長周期Miraの欠落？

[comment]
視線速度のデータを活用し、仮定を減らしたモデルを作成できないか？

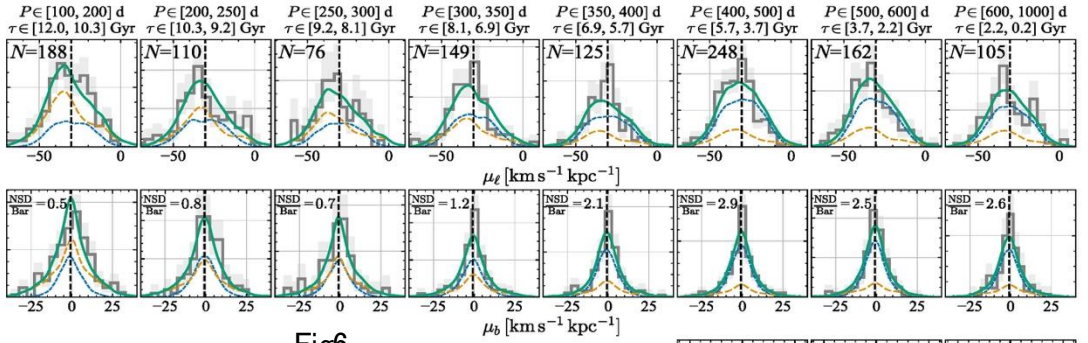
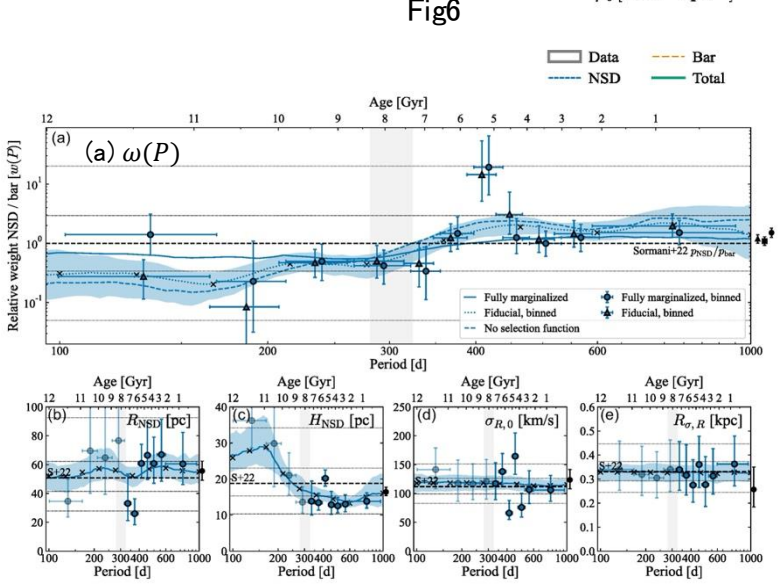


Fig6



(b),(c) スケール長 R_{NSD}, H_{NSD}　(d) 速度分散 (e) 分散の減衰スケール長

Fig5

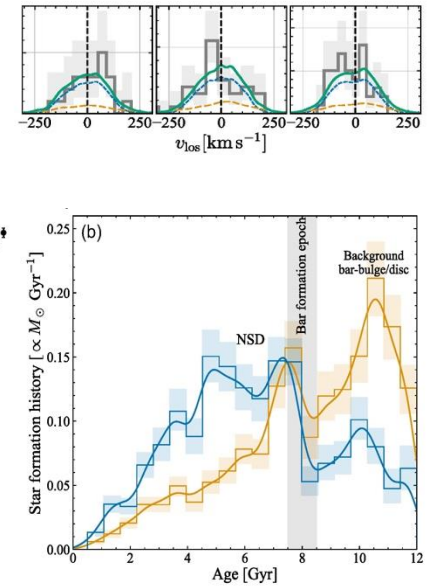


Fig8