Formation of Galactic Disks I: Why did the Milky Way's Disk Form Unusually Early?

Semenov, Conroy and Chandra et al. (2023) : arXiv : https://arxiv.org/abs/2306.09398

GAゼミ 2023.06.30 鈴木善久

アブスト

銀河系 (MW) 内の恒星に対する位置天文学的観測や分光観測の進展によって、MW の円盤は宇宙初期から数 Gyr 以内というかなり早い段階で形成されたことが明らかとなってきた。しかしながら宇宙論的 zoom-in シミュレーション (e.g. , FIRE) からは、MW-like な円盤はそれよりも数 Gyr 遅れて形成されるという結果が得られている。本研究ではこの不一致を詳しく調べるために、宇宙論的シミュレーション TNG50 を用いて MW-like な銀河の形成過程を追跡した。またその延長として、より一般的な宇宙初期の円盤形成について調査した。その結果、MWのような円盤形成過程を経験した銀河はMW-like な銀河の10% 程度 (unusual) であることが明らかとなった。また形成過程の違いは銀河の合体・降着史に依存することが分かった。

ゴール

MWを含む一般の銀河円盤の形成描像を確立すること

オリジナリティ

特に宇宙初期の円盤形成に注目してその形成過程を詳しく調べたこと

ロジック

▶ **本研究の MW 円盤形成シナリオ**

① 原始銀河 : 無秩序なガス降着＋小銀河の降着
② 厚い円盤の spin-up : 宇宙初期から 1~2 Gyr 以内に形成
③ 薄い円盤への settling down : 定常的な薄い円盤への進化
→ 本研究では特に②に遷移する段階に注目

▶ **宇宙論的シミュレーション**

TNG50 (IllustirisTNG project : e.g., Springel et al. 2018)
→ MW-like な銀河を61個抽出 (条件： DM halo 質量や星形成活動など)
星粒子の運動と化学組成から宇宙初期の銀河円盤の形成過程を調査

▶ **銀河円盤の分類**

spin-up **:** Belokurov & Kravtsov 2022 で定義 (AIの存在量を使用：**裏面**)
-1.3＜[Fe/H] < -0.9の間の接線速度の急激な変化
→ MW-like 銀河を early-spin-up 銀河と late-spin-up 銀河に分類 (目で)

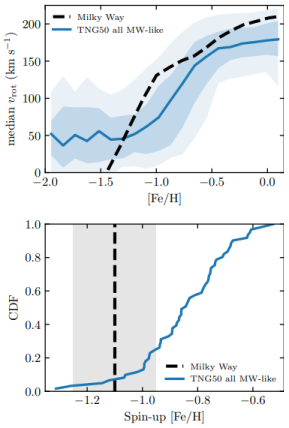


Fig.1

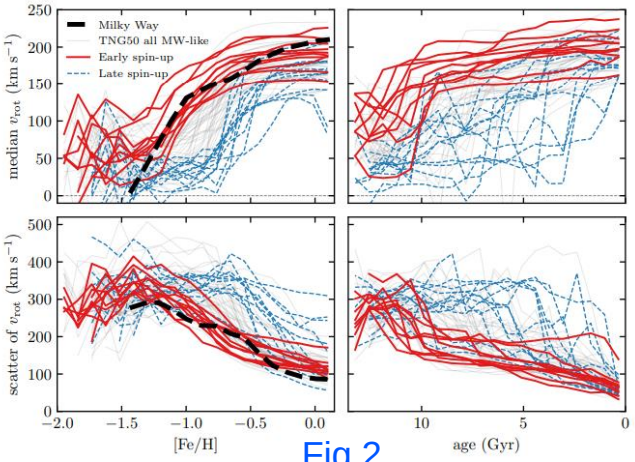


Fig.2

結果と考察

Fig.1 : MW-like な銀河とMW の恒星の化学組成・運動学的観点での比較

シミュレーション結果は観測 (点線) と全体的にはおおむね一致。
ただし、中央値は 0.3 dex ほど metal-rich → 観測とシミュレーションの不一致の原因。
MW-like な銀河のうち約10%は MW と比較して spin-up の時期がより metal-poor → MWは稀な銀河

Fig.2 : MW-like な銀河の恒星の金属量・年齢・運動の関係

(top) 回転速度の中央値 / (bottom) 回転速度のばらつき
→ early-spin-up 銀河は 10 Gyr より前に素早く(~ 1-2Gyr)で形成 / late-spin-up 銀河は多様性が確認

Fig.3 : MW-like な銀河の質量降着史

early-spin-up 銀河 : 宇宙初期の短い時間スケール (~ 1 Gyr) で質量の大部分を獲得
late-spin-up 銀河 : 比較的長い時間スケールで質量を獲得かつ major merger を経験
→ **Fig.2** の 年齢と回転速度の中央値との関係におおむね対応

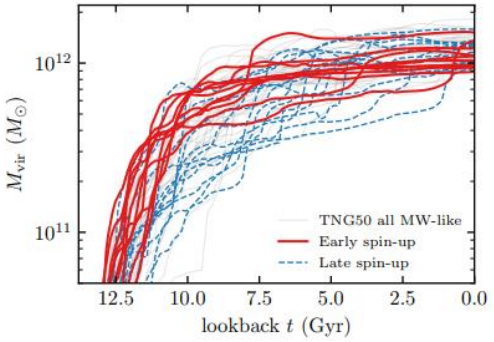


Fig.3

Fig.4 (裏面) : early-spin-up 銀河とlate-spin-up 銀河の形成過程の違い

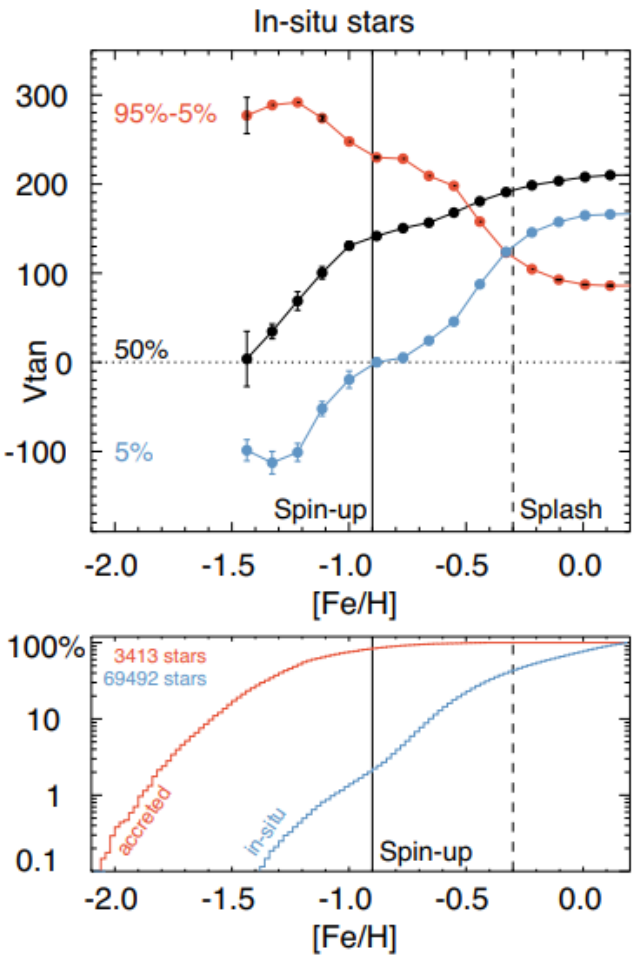
late-spin-up 銀河は~ 7 Gyr 前に major merger を経験した結果、''pre-merger disk'' が破壊され
そのあとすぐにmerger後に残ったガスで新たな円盤を形成する→ major merger によって spin-up の特徴がリセットされる

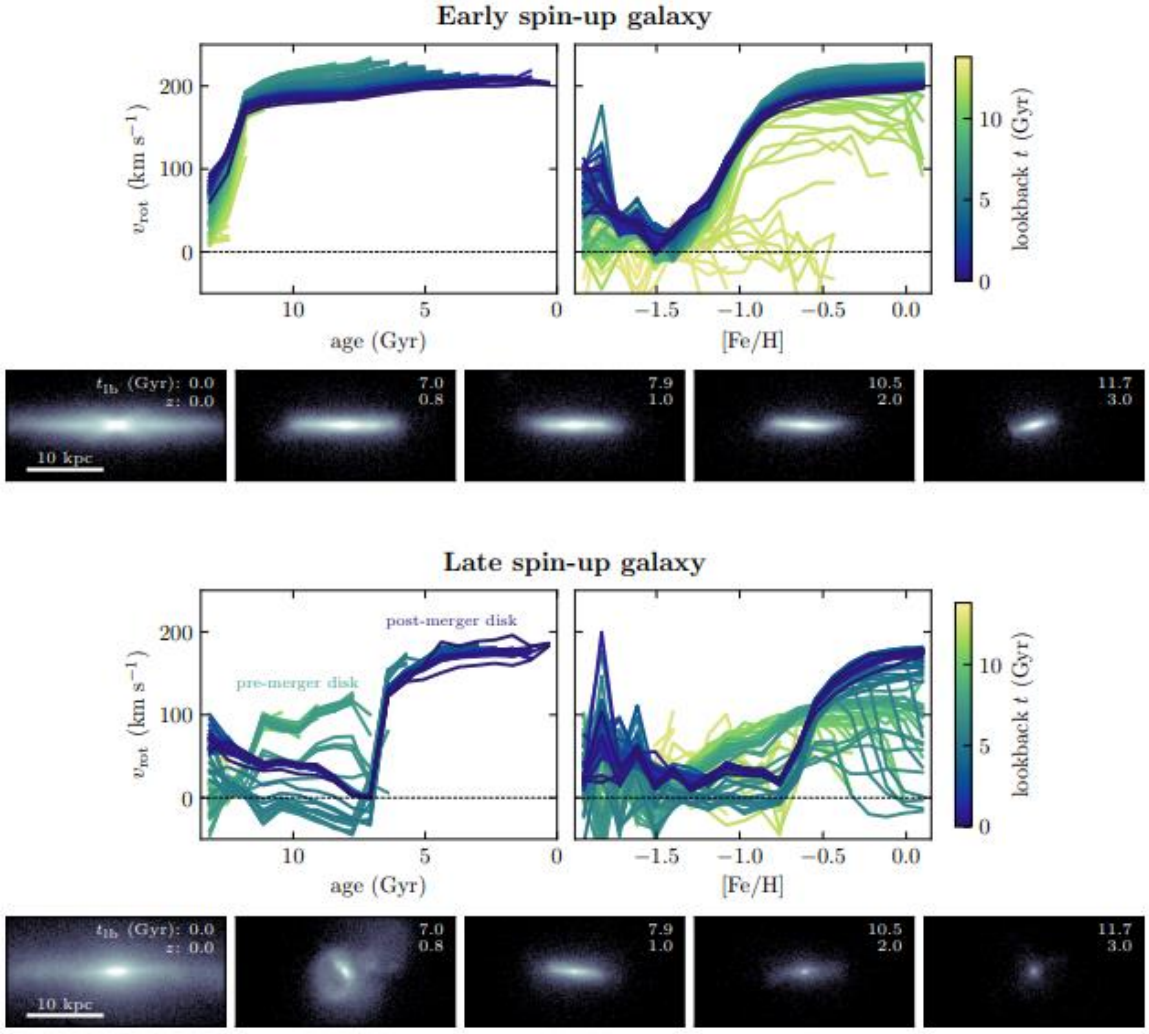
コメント

early-spin-up 銀河や late-spin-up 銀河の選び方が恣意的。理想的には先行研究に従ってAIを用いた分類にした方がよいと思う。

(参考) spin-upの定義

Belokurov & Kravtsov 2022





(現在)

Fig.4

(11.7 Gyr前)