

“Angular momentum evolution of galaxies over the past 10-Gyr: A MUSE and KMOS dynamical survey of 400 star-forming galaxies from z=0.3-1.7”

Swinbank *et al.*, (2016) <https://arxiv.org/abs/1701.07448> (Accepted to MNRAS)

Abstract

We present a MUSE and KMOS dynamical study of 405 star-forming galaxies at redshift $z=0.28-1.65$ (median redshift $z=0.84$). Our sample are representative of star-forming, main-sequence galaxies with star-formation rates of $SFR=0.1-30 M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ and stellar masses $M_{*}=10^8-10^{11} M_{\odot}$. For $49 \pm 4\%$ of our sample, the dynamics suggest rotational support. $24 \pm 3\%$ are unresolved systems and $5 \pm 2\%$ appear to be early-stage major mergers with components on 8–30 kpc scales. The remaining $22 \pm 5\%$ appear to be dynamically complex, irregular (or face-on systems). For galaxies whose dynamics suggest rotational support, we derive inclination corrected rotational velocities and show these systems lie on a similar scaling between stellar mass and specific angular momentum as local spirals with $j_{*}=J/M_{*} \propto M_{*}^{2/3}$ but with a redshift evolution that scales as $j_{*} \propto M_{*}^{2/3} (1+z)^{-1}$. We also identify a correlation between specific angular momentum and disk stability such that galaxies with the highest specific angular momentum ($\log(j_{*}/M_{*}^{2/3}) > 2.5$) are the most stable, with Toomre $Q=1.10 \pm 0.18$, compared to $Q=0.53 \pm 0.22$ for galaxies with $\log(j_{*}/M_{*}^{2/3}) < 2.5$. At a fixed mass, the HST morphologies of galaxies with the highest specific angular momentum resemble spiral galaxies, whilst those with low specific angular momentum are morphologically complex and dominated by several bright star-forming regions. This suggests that angular momentum plays a major role in defining the stability of gas disks: at $z \sim 1$, massive galaxies that have disks with low specific angular momentum, are globally unstable, clumpy and turbulent systems. In contrast, galaxies with high specific angular have evolved in to stable disks with spiral structure where star formation is a local (rather than global) process.

可視 & 近赤外面分光観測でメインシーケンス銀河の“角運動量”が $z \sim 0.3-1.7$ でどのように進化するか調べた論文。

【背景と目的】

- 銀河のガス/星の力学量を調べることは質量集積の歴史や DM ハローとの関係を知る上で重要。
- 統計的議論が可能な大量の面分光サンプルの構築は、 $z > 0.3$ では現状、KMOSとMUSEでしかできないサイエンス。

【データ】

- MUSEとKMOSによる natural seeing でのデータ (FWHM $0.7'' \Rightarrow 5.2 \text{ kpc}$ @ $z_{\text{med}}=0.84$)

| | MUSE | KMOS |
|------------|---------------------|-----------------|
| Fields | COSMOS, HDFs, etc.. | COMOS & SSA |
| λ | 477-950 nm | YJ & H-band |
| Redshift | 0.3-1.5 | 0.8-1.7 |
| Tracer (#) | [OII] (364) | H α (41) |

- SED, M^* , SFR, size, morphology, dynamics を各天体で算出
- サンプルは各 z で典型的な星形成銀河, i.e. $sSFR \sim 0.1-10 \text{ Gyr}^{-1}$ (main-sequence)

【Specific angular momentum (j_*) の定義】

原理的には以下で求まる (simulationなら可能)

$$j_* = \frac{J}{M_*} = \frac{\int_{\mathbf{r}} (\mathbf{r} \times \bar{\mathbf{v}}) \rho_* d^3\mathbf{r}}{\int_{\mathbf{r}} \rho_* d^3\mathbf{r}}$$

観測量から j_* を見積もる為に以下の式を採用

$$j_n = k_n C_i v_s R_{1/2}, \text{ and } j_* = j_n = 1.$$

(Rotation velocity と size が分かればよい)

【結果】

- Fig.8より
- $z=0$ の渦巻銀河は、 $j_* \propto M_*^{2/3}$ の関係にのるが、今回のサンプル ($z_{\text{med}}=0.84$) でも同様のべきを示す
 - ただし $z=0$ の渦巻銀河と同程度の j_* を示す銀河は $z=1$ にはいない。
 - (i.e. $z=1$ の銀河の j_* は総じて $z=0$ の spiral より小さい)

Fig.10より

- j_* の赤方偏移進化は数値シミュレーションの予言とよく一致。 $j_* \propto M_*^{2/3} (1+z)^{-1}$
- $z=0$ の渦巻銀河は $z=1$ から徐々に j_* を増加させていく一方で、passive な種族の j_* は変化なし。

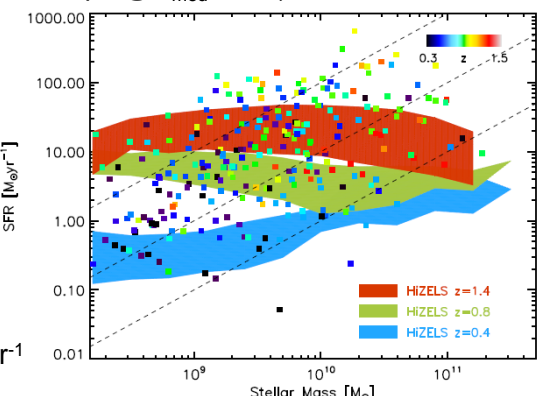


Fig.8 ↓ 比較用 $z=0$ の渦巻銀河 (Obs. & Sim.) ↓ 本論文のサンプルを重ねてプロット

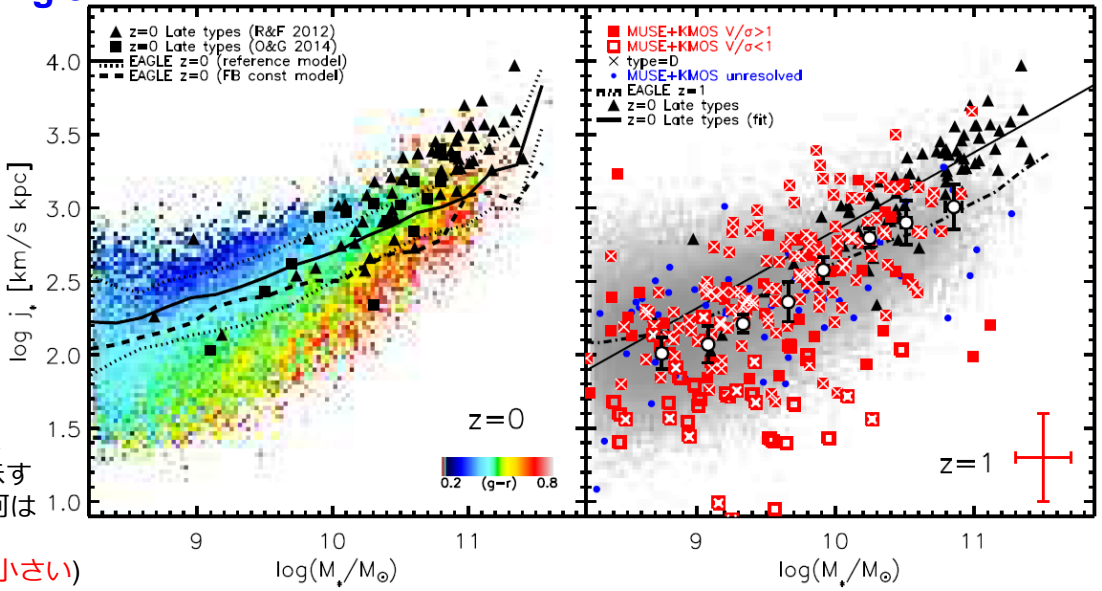
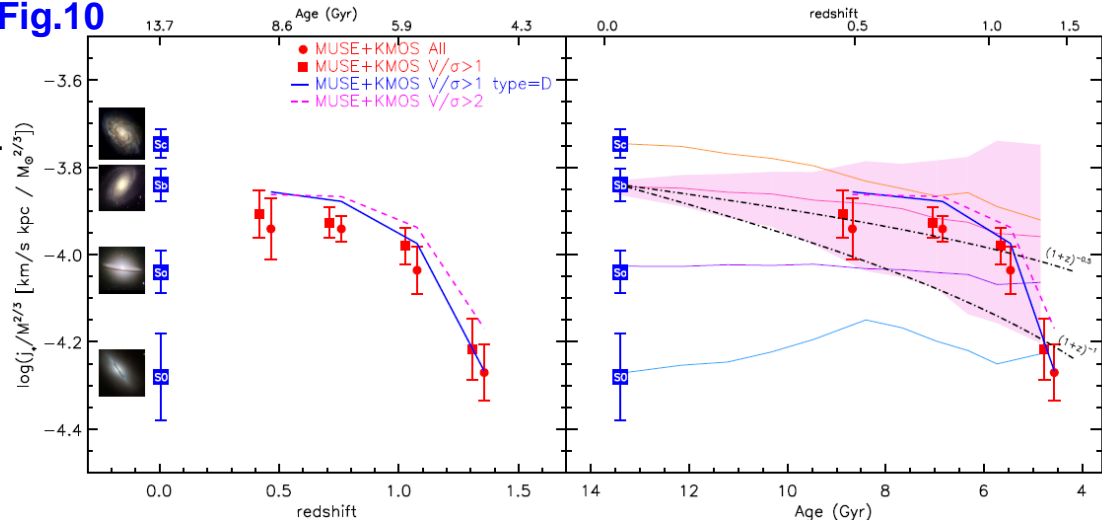


Fig.10 ↓ j_* を $M_*^{2/3}$ で規格した量の z 進化 ↓ 形態 (S0, Sa, Sb, Sc) ごとの内訳



- $z=1$ の main-sequence 銀河は $z=0$ の渦巻銀河 よりも小さな j_* をもつ
- $z=1$ では rotationally support な銀河 (irregular/clumpy) が多く、それらは角運動量を獲得しながら安定したdiscを形成し、 $z=0$ に見られる渦巻銀河へと進化していくものと思われる。