“Interpreting the local stellar surface density - gas surface density - gas phase metallicity relation with a local leaky-box model”

GAゼミ@20170119 豊内 大輔

Zhu et al. 2017, arXiv:1701.00003

【アブスト】

最新の面分光サーベイであるSDSS-IV/MaNGA surveyのデータを用いて近傍の円盤銀河について星質量面密度(Σ_{star})、ガス質量面密度(Σ_{gas})、ガス金属量(Z)の関係を調べた。その結果、過去の観測結果(e.g., PINGS, CALIFA)と同様に3つの物理量の間には強い相関があることが確認された。さらにその関係はleaky-box modelという簡単な化学進化モデルによって非常に良く説明出来ることがわかった。

【ゴール】

円盤銀河の星形成史、化学進化を理解する

【オリジナリティ】

これまでより多くの観測データに基づいた結果＆簡単な化学進化モデルによる解釈

【ロジック】

観測データ：SDSS-IV/MaNGA IFU surveyで観測された653個の近傍の典型的な円盤銀河内における507,000領域のスペクトル

図1：Σ_{star} vs. Z. グレーの点は全観測領域の分布。3色のコンタワは星形成率面密度(Σ_{SFR})で3グループに分けた場合のそれぞれの90%領域。基本的にΣ_{star}が大きいほど金属量も高いが、Σ_{SFR}によってその関係は異なる。**つまり、金属量はΣ_{star}とΣ_{SFR}（→ Σ_{gas}）両方に依存する。**

図2：横軸として裏面式(5)の[ ]内に相当する物理量を用いた場合の分布。ここでは ε=0.0004, k = 2.2 (KS則に従う)、η=1 (SFR=outflow rateの仮定)に設定。図1とは異なりΣ_{SFR}が違っても分布が重なる。黒破線はγ=0.0026 (一般的なイールド)を仮定した場合の裏面式(5)の関係。**観測されたΣ_{star}-Σ_{SFR}（Σ_{gas}）-Zの関係はleaky-box model（ガス流入無し）で良く説明出来そう。**

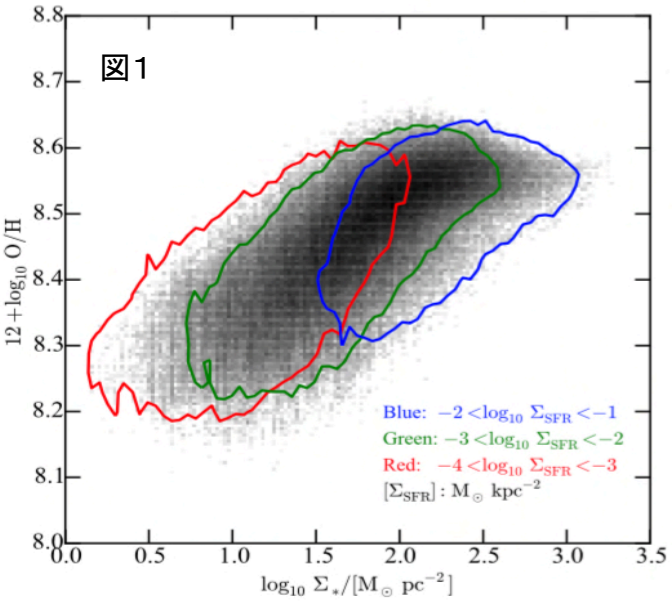
【著者コメント】

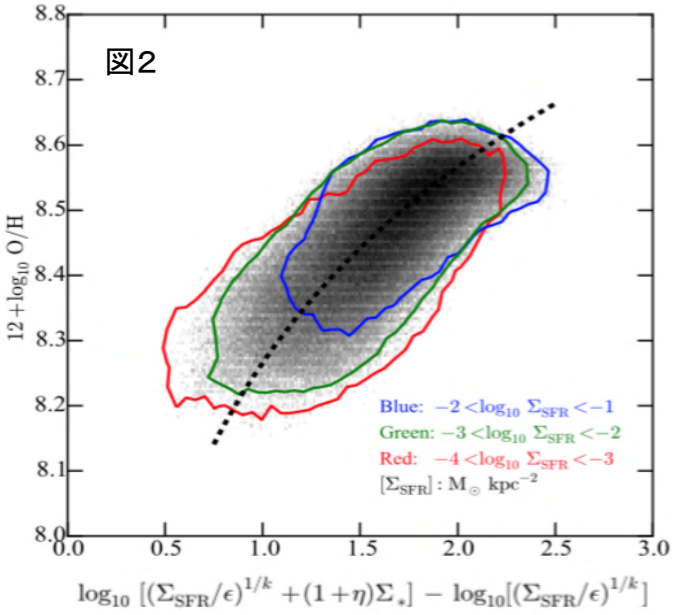
この結果は円盤銀河上各領域では局所的にleaky-box modelが成り立つことを意味している。分布の広がりは領域毎でηの値が違ったり、星やガスの円盤内での移動の影響か？

【感想】

・ガス流入も考慮した場合の解では説明出来ないのだろうか。銀河系ではガス流入無しだと金属量分布が説明出来なさそうだし、そもそもKS則から推定される銀河円盤中での典型的なガスの消費時間は数10～100 Myr程度なので、数Gyr以上星形成を維持するにはガス流入が不可欠なはず。

・環境効果、形態、バルジやバー・スパイラル内ではどうか？





Leaky-box model

星形成・アウトフロー有り、インフロー無し（leaky = 水の漏れやすい）。さらにアウトフローは星形成率に比例すると仮定。

$$\frac{\mathrm{d}\Sigma_{\mathrm{out}}(t)}{\mathrm{d}t} = \eta \frac{\mathrm{d}\Sigma_*(t)}{\mathrm{d}t} \qquad (1)$$

このとき星形成開始時のガス密度Σ_0は以下のように書ける。

$$\Sigma_0 = \Sigma_*(t) + \Sigma_{\mathrm{gas}}(t) + \Sigma_{\mathrm{out}}(t) = \Sigma_{\mathrm{gas}}(t) + (1+\eta)\Sigma_*(t) \qquad (2)$$

またガス密度、重元素密度の時間変化は以下の通り。

$$\frac{\mathrm{d}\Sigma_{\mathrm{gas}}(t)}{\mathrm{d}t} = -(1+\eta)\frac{\mathrm{d}\Sigma_*(t)}{\mathrm{d}t} \qquad (3)$$

$$\frac{\mathrm{d}\Sigma_{\mathrm{metal}}(t)}{\mathrm{d}t} = y\frac{\mathrm{d}\Sigma_*(t)}{\mathrm{d}t} - Z(t)\left(\frac{\mathrm{d}\Sigma_*(t)}{\mathrm{d}t} + \frac{\mathrm{d}\Sigma_{\mathrm{out}}(t)}{\mathrm{d}t}\right) = (y - Z(t) - Z(t)\eta)\frac{\mathrm{d}\Sigma_*}{\mathrm{d}t} \qquad (4)$$

式(3)、(4)を解くと金属量が得られる。

$$Z(t) - Z_0 = \frac{y}{1+\eta}\log\frac{\Sigma_0}{\Sigma_{\mathrm{gas}}(t)} = \frac{\log(10)y}{1+\eta}\left[\log_{10}\Sigma_0 - \log_{10}\Sigma_{\mathrm{gas}}(t)\right] \qquad (5)$$

さらに星形成率がKS則に従うと仮定する。

$$\frac{\mathrm{d}\Sigma_*(t)}{\mathrm{d}t} = \epsilon\Sigma_{\mathrm{gas}}^k(t) \quad \Rightarrow \quad \Sigma_{\mathrm{gas}}(t) = \left(\frac{\Sigma_{\mathrm{SFR}}(t)}{\epsilon}\right)^{1/k} \qquad (6)$$

式(2)、(6)を使って式(5)からΣ_0とΣ_{gas}を消去すると**式(5)の[ ]内が図2のX軸と一致する**。

