“Variations of the initial mass function in semi-analytical models: implications for the chemical enrichment of galaxies in the GAEA model”

GAゼミ@20160705 豊内 大輔

Fontanot et al. 2016, arXiv:1606.01908

【アブスト】

Integrated Galaxy-wide stellar initial mass function (IGIMF)という銀河の星形成率が高くなるほどhigh-mass側のIMFのべきがフラットになるような特殊なIMFを仮定した場合の銀河進化に対する影響をセミアナモデルを用いて調べた。その結果、銀河の星成分の[O/Fe]-星質量関係について一般的なIMFに比べIGIMFを仮定したモデルではよく再現できることがわかった。また質量の大きい早期型銀河について力学質量光度比の観測からbottom-heavy IMFが推奨されているが、これもIGIMFを仮定することで自然と説明できる。

【ゴール】

銀河進化におけるIMFの影響を調べる

【オリジナリティ】

IGIMFをセミアナモデルで採用して銀河進化を解いた初めての計算

【ロジック】

・GAlaxy Evolution and Assembly (GAEA, Hirschmann+2015)：セミアナモデル、merger-treeはMillennium simulationから。詳細は不明だが銀河のmass functionの時間変化を再現するように星形成効率やフィードバックに関するパラメータを決めて、他の観測と比較する仕様。

・IGIMF (Weidner & Kroupa 2005)：銀河全体の星形成率が高くなるほどtop-heavy型のIMFになる（図1）。いくつかの観測的根拠に基づくIMFモデル（裏面）。

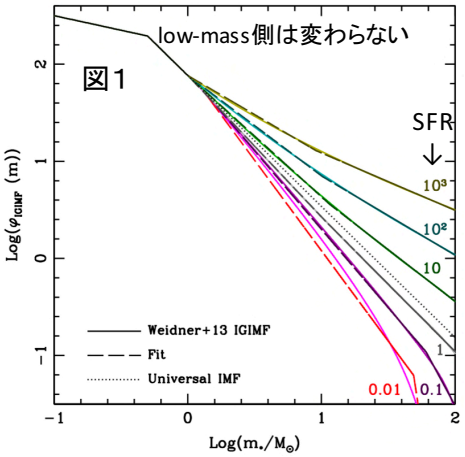


図2：銀河の星成分の[O/Fe]-星質量関係。Chabrier IMF（黒線）、IGIMF（青＆赤線）、その他（観測）。観測は質量が大きいほど[O/Fe]が大きい。Chabrier IMFの結果は全体的にフラットだが、IGIMFは比較的観測とよく一致する。

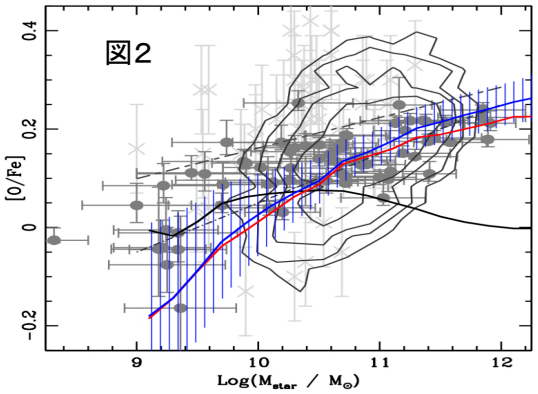
図3：実際の星質量とi-bandの光度比（M/Li, 横軸）-M/LiとChabrier IMFを仮定した場合の質量光度比Yiの比（縦軸）。黒のコンタワは重力レンズ（Cappellari et al. 2012）と分光（Conroy & van Dokkum 2012）による観測。観測は質量光度比が大きい（早期型で重い銀河）ほどIMFがtop-heavyっぽく見える。ここでもChabrier IMFの結果は全体的にフラット（当然）だが、IGIMFでは観測に似た結果が得られる。

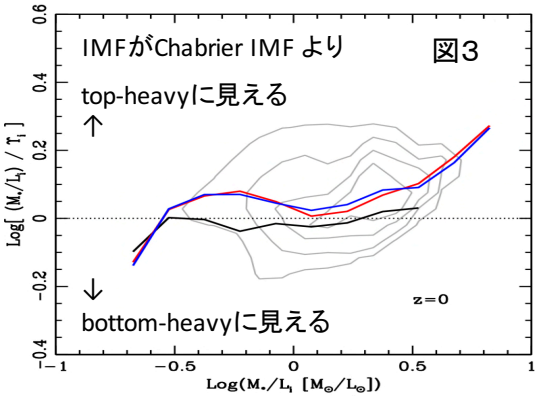
【考察】

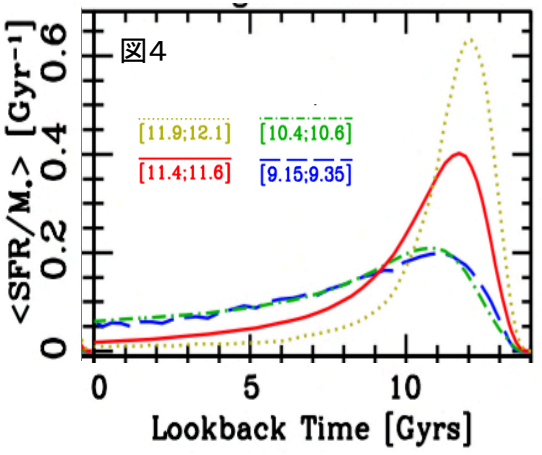
重い銀河は平均的に最初だけ星形成率が高く、その後は星形成率が非常に低い（図4）。そのため、初期にIMFがtop-heavyでこれを反映して星成分の[O/Fe]は大きくなる。その後はずっとbottom-heavy IMFなので質量光度比の観測からはbottom-heavy IMFが推奨される。一方で軽い銀河は平坦な星形成史を持ち、IMFはずっとChabrier的。後半も星を多く作るのでSNIaの影響もあり、星成分の[O/Fe]は自然と小さくなる。

【感想】

銀河系に適応したらどうなるか？IMFの空間依存性は化学進化にどう影響するか？







補足：The Integrated Galaxy-wide stellar initial mass function

個々の星団内のIMFの関数型は同じ

$$\varphi_\star(m) = \begin{cases} (\frac{m}{m_{\rm low}})^{-\alpha_1} & m_{\rm low} \leqslant m < m_0 \\ (\frac{m_0}{m_{\rm low}})^{-\alpha_1}(\frac{m}{m_0})^{-\alpha_2} & m_0 \leqslant m < m_1 \\ (\frac{m_0}{m_{\rm low}})^{-\alpha_1}(\frac{m_1}{m_0})^{-\alpha_2}(\frac{m}{m_1})^{-\alpha_3} & m_1 \leqslant m \leqslant m_{\rm max} \end{cases}$$

ただし一つの星に許される最大質量 m_{max}は星団の質量Mclに依存

$$\log m_\star^{\rm max} = 2.56\ \log M_{\rm cl} \times [3.82^{9.17} + (\log M_{\rm cl})^{9.17}]^{1/9.17} - 0.38$$

(Pflamm-Altenburg et al. (2007)による数値計算)

また銀河内の最大星団質量 M_{cl}^{max}、星団の質量関数 $\phi_{cl}(M_{cl}) \propto M_{cl}^{\beta}$ のべきβはともに観測から銀河全体の星形成率と関係している

$$\log M_{\rm cl}^{\rm max} = 0.746 \log SFR + 4.93$$

(Weidner et al. 2004)

$$\beta = \begin{cases} 2 & SFR < 1 M_\odot/yr \\ -1.06 \log SFR + 2 & SFR \geqslant 1 M_\odot/yr \end{cases}$$

(Gunawardhana et al. 2011)

銀河全体のIMFは以下のような積分から求まる

$$\varphi_{\rm IGIMF}(m) = \int_{M_{\rm cl}^{\rm min}}^{M_{\rm cl}^{\rm max}} \varphi_\star(m \leqslant m_\star^{\rm max}(M_{\rm cl})) \varphi_{\rm CL}(M_{\rm cl}) dM_{\rm cl}$$

結果的に表面図1のように銀河全体のSFRが大きいほどtop-heavy型のIMFとなる