

ガスを多分に含む円盤銀河同士の合体とその構造、運動および化学的特徴

(Richard et al. 2010, MNRAS, 402, 1489 のreview)

東北大学 修士1年 笠井互
wkasai@astr.tohoku.ac.jp

円盤銀河同士の合体ではよく楕円銀河になると言われているが、力学平衡でなおかつガスを多く含んでいるのなら円盤構造が形成される事がRobertson et al. 2006 等で示されている。また銀河の厚い円盤の起源は未解決問題であるものの、一般的には薄い円盤の形成後にそれが加熱され形成させると考えられている。しかしRobertson et al. 2006 では合体により厚い円盤が形成される事が報告された。ただ、このSimulationでは銀河の合体に関して化学的な側面は取り扱っていないので化学的側面に不足がある。今回は8つのSimulationを通して主に化学的観点で銀河の合体を検証し、厚い円盤が形成されるかどうか調べる。

今回の計算で調べる事柄

運動学的特徴

- ガスを多く含む円盤銀河同士の合体によって円盤の回転方向と逆方向に移動する星が誕生するか

構造的特徴

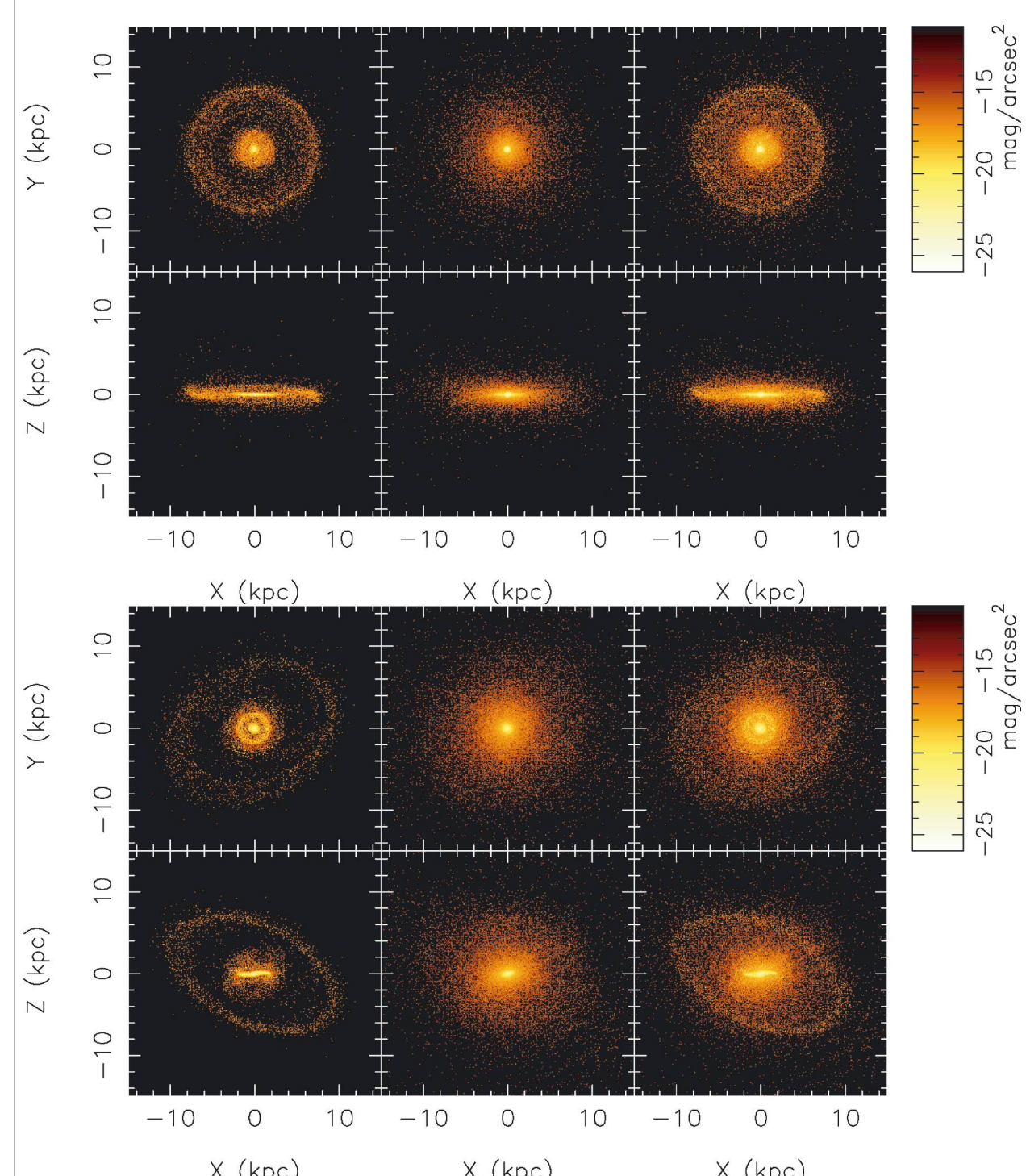
- 厚い円盤の光度分布が大規模衝突によって指数則になるか
- 厚い円盤および薄い円盤のスケール長さの決定
- 合体の結果得られる厚い円盤と薄い円盤が同一平面上に存在するか

化学的特徴

- 化学進化の観点から厚い円盤が合体過程によって形成されるかどうか

運動的、構造的結果

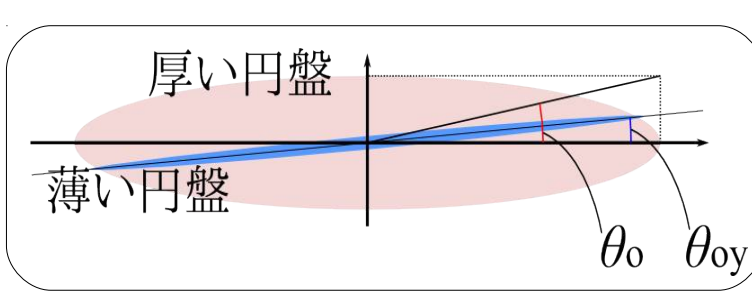
- M12z, M11以外で薄い円盤と厚い円盤が形成され、M12z, M11では楕円銀河のような特徴を持つ銀河が形成された。



- 表面輝度分布でもM12z, M11はde Vaucouleurs則で、それ以外は指数則で近似できた。
- 回転速度は親銀河の質量差、逆行で下がる事がわかった。M12z, M11ではより多くの星が逆回転をしていた。
- 殆どの結果でyoung starのリング構造が形成される。

M12(上図)及びM12z(下図)の結果。
左側: 合体後にできた星(young star)の分布
中央: 合体終了迄にできた星(old star)の分布
右側: 全ての星の分布

| Run | h_o (kpc) | h_y (kpc) | h_o/h_y | Run | θ_{oy} (°) | θ_o (°) | θ_{oy}/θ_o |
|--------|-------------|-------------|-----------|--------|-------------------|----------------|------------------------|
| M12 | 5.56 | 5.27 | 1.06 | M12 | 3.28 | 17.62 | 0.19 |
| M1290 | 6.22 | 6.05 | 1.03 | M1290 | 0.70 | 11.19 | 0.06 |
| M12orb | 8.97 | 5.59 | 1.60 | M12orb | 3.26 | 20.64 | 0.16 |
| M12z | 6.55 | - | - | M12z | 6.00 | 41.17 | 0.78 |
| rM12 | 7.54 | 5.21 | 1.45 | rM12 | 2.21 | 1.27 | 1.74 |
| M11 | 5.94 | - | - | M11 | 2.31 | 26.68 | 0.08 |
| M13 | 5.37 | 4.47 | 1.20 | M13 | 5.63 | 17.82 | 0.32 |
| M110 | 7.71 | 7.87 | 0.98 | M110 | 0.25 | 13.80 | 0.02 |



円盤のスケール長さ

- 両円盤はほぼ同一平面上にあるとみなせる。

考察

他のSimulationとの一致

- 合体によって円盤構造を作る条件として親銀河がガスを多く含んでいる事は条件としては重要であるが十分では無い。ガスを多く含んでいても質量が小さいと楕円体構造ができやすい。(これはRobertson et al. 2006の結果と一致。)

- 円盤状の構造が形成される際、そこには必ず薄い円盤と厚い円盤が含まれる。(Yoachim & Dalcanton 2006でも同様の結果が出ている。)

化学的な側面

- $[Fe/H] < -0.5$ なら $[alpha/Fe]_{old}$ はほぼ一定になり、 $[Fe/H]$ が増加するにしたがって $[alpha/Fe]_{young}$ は減少してゆく。

- $[Fe/H] \leq -0.3$ の場合、銀河系の厚い円盤の $[alpha/Fe]$ は薄い円盤のそれよりも0.15程高いと言う観測事実があるが今回のSimulationはそれと一致している。(Reddy, Lambert & Allende Prieto 2006)

- Bensby et al. 2005で銀河系観測による厚い円盤の形成や化学進化に関する制限が提案されているが、今回のSimulationはこれらの制限と殆ど一致している。

- これら参考文献で指摘されていた次の事が今回の結果から確かめられた。

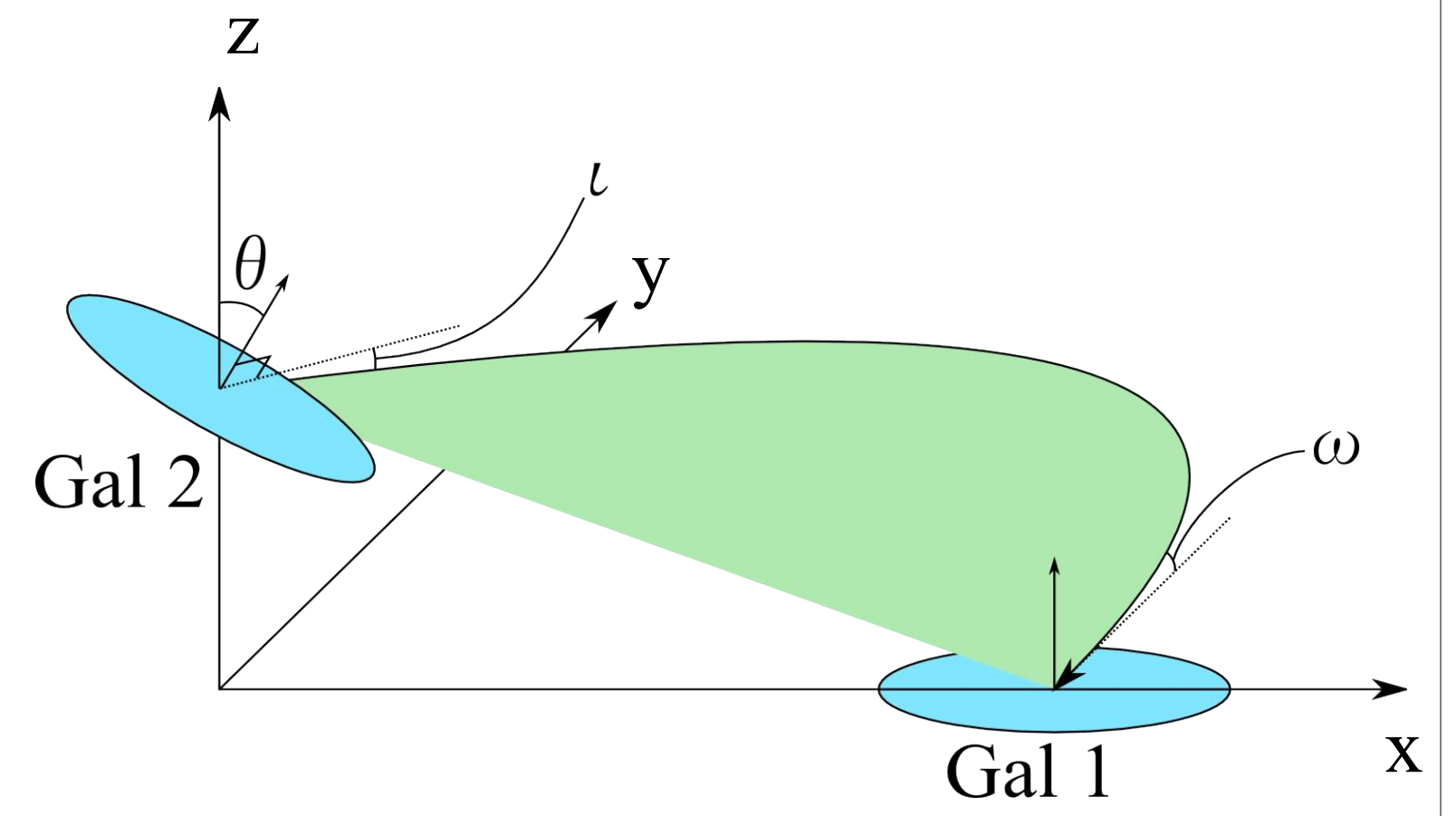
- 銀河同士の衝突によって強力なスターバーストが発生しそれに伴って大量のII型超新星爆発が発生する。これにより $[alpha/Fe]$ の値が引き上げられる。
- スターバーストによって作られた星がIa型超新星爆発を引き起こす事でFeの量も増えてゆく。
- Ia型超新星爆発は長期間にわたって発生するので合体後の星生成では $[Fe/H]$ の値が一定でも $[alpha/Fe]$ の値が小さい星が生まれる。

- 一回の合体で厚い円盤の形成を説明するのは無理があるが、今回の様な合体でスターバーストが起き、厚い円盤が形成される場合もある事は示せた。

8つのSimulationの差異

M12の初期条件

| | | |
|------|-------|--------------------------------|
| Gal1 | 初期位置 | (50, 0, 0) kpc |
| Gal2 | 初期位置 | (0, 0, 15) kpc |
| Gal1 | 質量 | $5.0 \times 10^{11} M_{\odot}$ |
| Gal2 | 質量 | $2.5 \times 10^{11} M_{\odot}$ |
| Gal2 | z方向速度 | 0 km/s |



θ 30°

M12orb Gal 2の位置をy方向に50kpcずらしたSimulation

M12z Gal 2に $v_z = 100$ km/sの初速度を与えたSimulation

M129 Gal 2の θ を30°から90°に変更したSimulation

rM12 Gal 2を順行から逆行に変更してのSimulation

M11 Gal 2およびGal 1の質量をM12でのGal 1の半分にしたSimulation

M13 Gal 2の質量をGal 1の1/3にしたSimulation

M110 Gal 2の質量をGal 1の1/10にしたSimulation

化学的結果

(* α はO, Mg, Siの数密度の平均値)

- $[Fe/H]$, $[alpha/Fe]$ と銀河中心からの距離(r方向)の相関

$[alpha/Fe]_{old}$ は全てのSimulationで一定だが、 $[alpha/Fe]_{young}$ は複雑な挙動をする。

$[Fe/H]$ は全てのSimulationで銀河中心から離れる程、減少する。

- $[Fe/H]$, $[alpha/Fe]$ とz方向の相関

相関はあまり見られない。

- $[Fe/H]$, $[alpha/Fe]$ と時間の相関

$[alpha/Fe]$ は合体期間迄は一定で、合体終了後に減少してゆく。

$[Fe/H]$ は増加し続けるが、合体終了後その増加はゆっくりしたものの変化してゆく

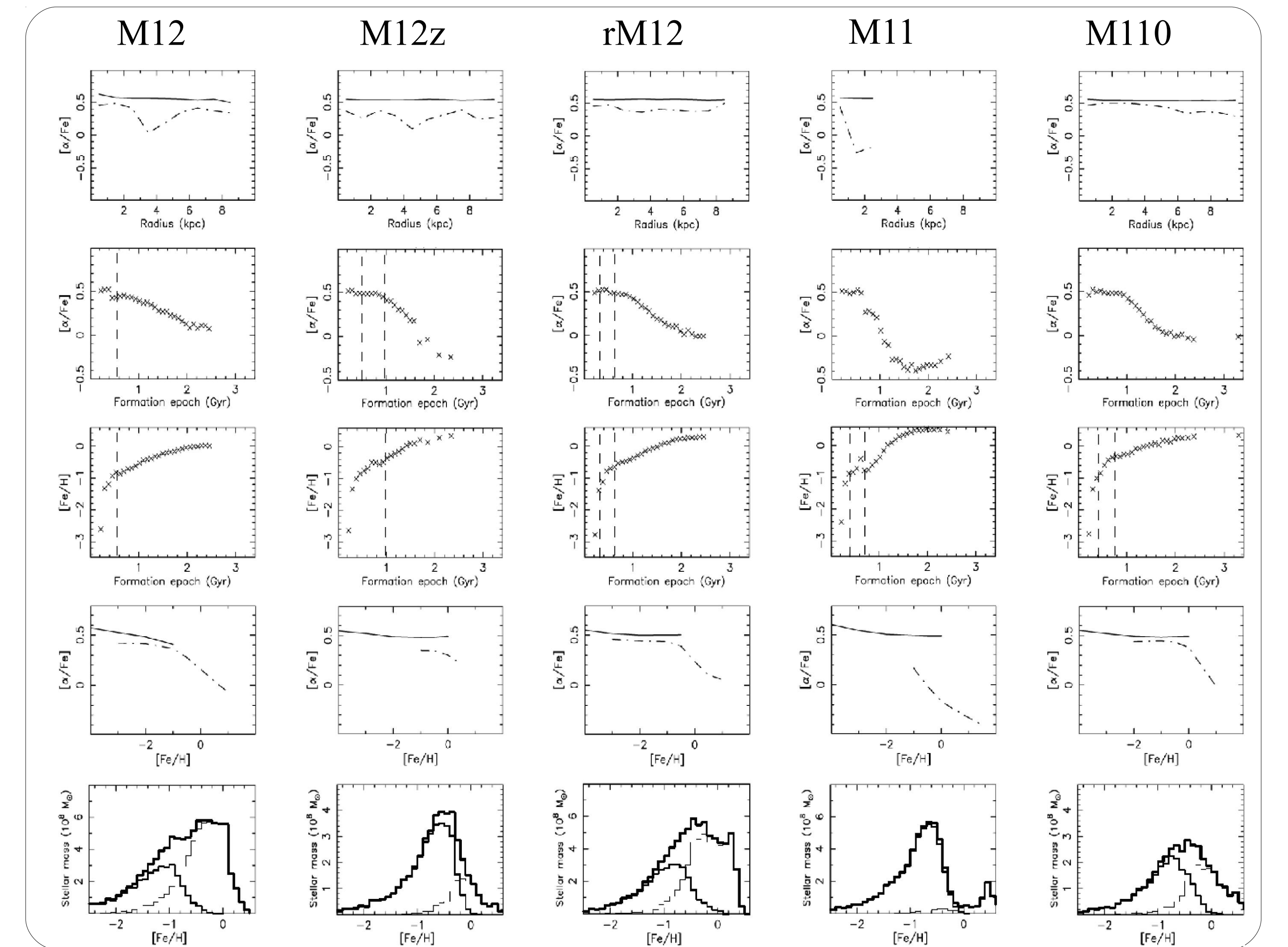
- $[Fe/H]$ と $[alpha/Fe]$ の相関

$[Fe/H] < -0.5$ なら $[alpha/Fe]_{old}$ は全てのSimulationでほぼ一定になる。

$[Fe/H]$ が増加するにしたがって $[alpha/Fe]_{young}$ は減少してゆく。

- $[Fe/H]$ と星の種類

old starは $[-0.6:-0.1]$, young starは $[-0.4:0.4]$ の星が最も多い。



Richard et al. 2010 を読んで

この計算はガスを多分に含まれる銀河同士の合体を扱うとはいえ、初期条件のガス比が82-96%と非常に高く設定されていて、筆者もそのまま放っておくと勝手にスターバーストが起きてしまうと指摘している。そのため、実際のガス比に近づけた形で同様の合体Simulationを行う必要があると思われる。

参考文献

Robertson et al. 2006, ApJ, 645, 986
Reddy, Lambert, Allende Prieto 2006, MNRAS, 367, 1329
Bensby et al. 2005, A&A, 433, 185
Yoachim & Dalcanton 2006, AJ, 131, 226 etc...