“Globular cluster formation with multiple stellar populations: self-enrichment in fractal massive molecular clouds” by Bekki, K. 2017 arXiv:1705.10039

GAゼミ@170608 千葉柾司

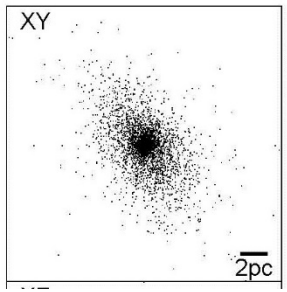
【アブスト】

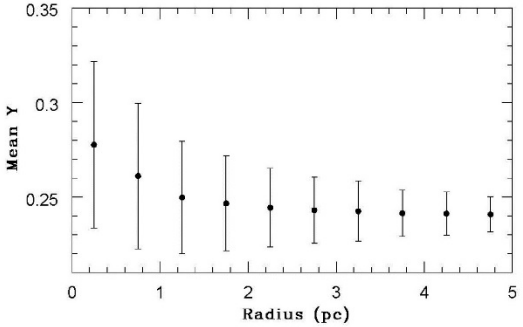
球状星団の星にはNa、Oなどの化学元素量にばらつき（逆相関）があり、その起源として星団形成時におけるself-enrichmentの過程が議論されている。本研究ではこの球状星団の性質を理解するために、フラクタル構造をしているmetal-freeな分子雲からどのように星形成と化学進化が進むか、SPH法によってシミュレーションを行った。そして、第1世代の星形成とそれからの超新星（SNe）によるenrichment、その後のAGB星からのejectaから生まれた第2世代の星が出来る様子が明らかになり、multiple populationsがある程度可能となることが分かった。

【ゴール】

球状星団のmultiple stellar populationsの起源を理解する。

図1





【オリジナリティ】

以下のように、これまでで最も詳細な数値シミュレーションを行った。

・分子雲のフラクタル構造を考慮する。次元D_3=2、$M=10^7 M_{sun}$、R=200pcで計算。

・Salpeter IMFで第1世代星を作りそれからのSN feedback（ガスの運動へ）考慮。

・AGB星からのejectaとそれからの星形成、AGBからのfeedback (v=10km/s)。
Ejectionは 5 epochsで起こると仮定（3-4Msun:200Myr, 4-5Msun:120Myr, 5-6Msun:80Myr, 6-7Msun:60Myr, 7-8Msun:40Myr）

・Live DM（N体DM）入りの矮小銀河の環境で計算。分子雲の軌道は円軌道。

【ロジック】

・（裏面に一連の時間発展）まず、local gas clumpから小さな星団が生まれ、それらが階層的に合体しながら、第1世代星（FG）の星団ができる。 Multiple SNもそれから同時に起こり、全てのcold gasが星になる前に系から出て行く（t=40Myr）。

・その後、AGBからのejectaが星団の中心部に降着し、それから第2世代星(SG)ができる。この星団はコンパクト（図1左）。最初重いAGB星からのejectaが中心に集まって星ができ、その後その周りに軽いAGB星からのejectaによる星ができる（図2）。その結果、外側ほどヘリウム量が少ない空間勾配ができる（図1右）。

・第1世代星団はmassive=5.5x10^6Msun、第2世代星団は1.1x10^5Msunで全体内での割合は小（図3）。中心1pc以内では第2世代星つまり現在のGC星が卓越。第1世代星団のほとんどが系から失われなければならない（mass budget problem）。

・この第2世代星の形成時間は10^8yrと長いので、その間にこれらのSNe(本研究ではこの効果を無視)によってガスが失われ、第2世代星団はもっと軽くなってしまって問題が生じる。これを避けるには、第2世代星ではtop-lightのIMFが必要。

図2

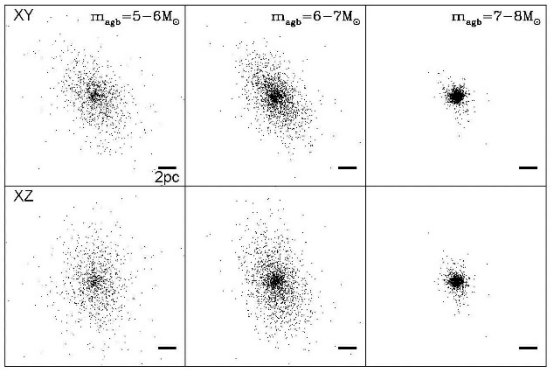
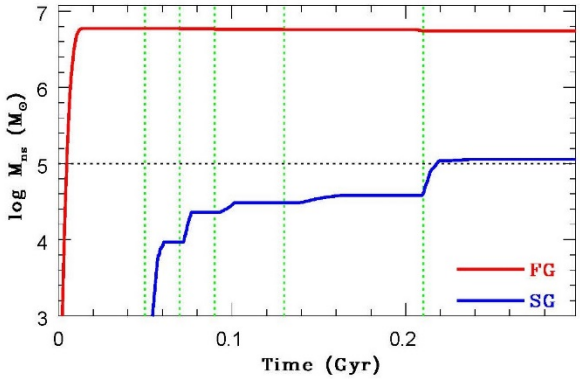


図3

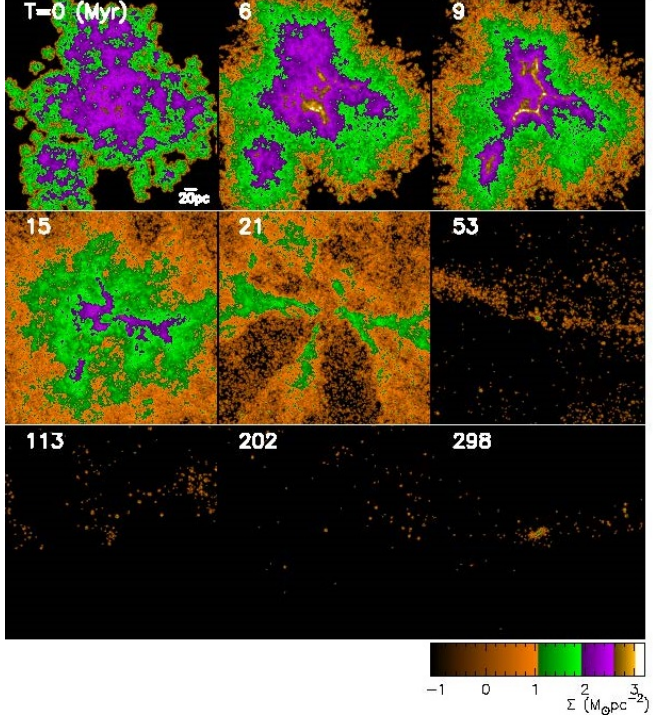


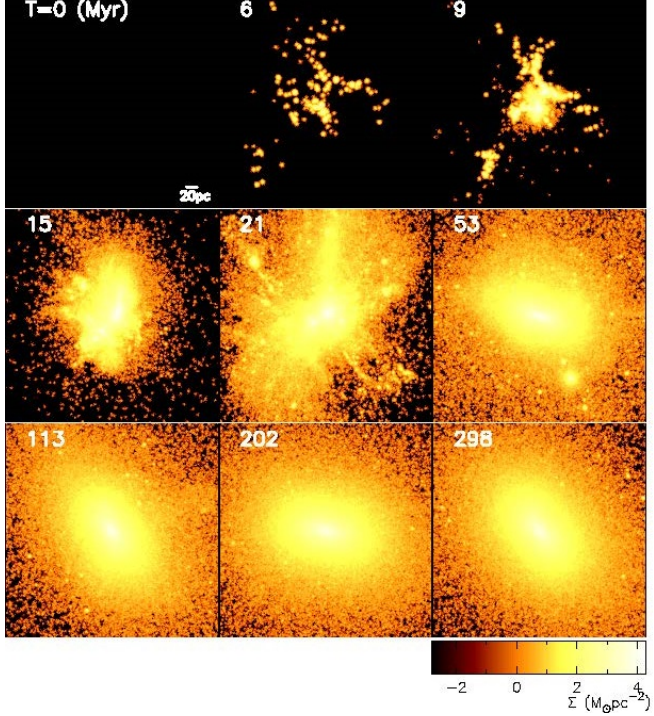
【コメント】

・総量10^5Msunの（Na-O関係を示す）第2世代星を作るためには、最初の分子雲の質量が10^7Msunとかなり大きく、第1世代星の総質量は5.5x10^6Msunと大きくなりすぎる。その他、観測をうまく説明するためには、さらなる検討や考察が必要なようだ。

Metal-free
分子雲の
進化

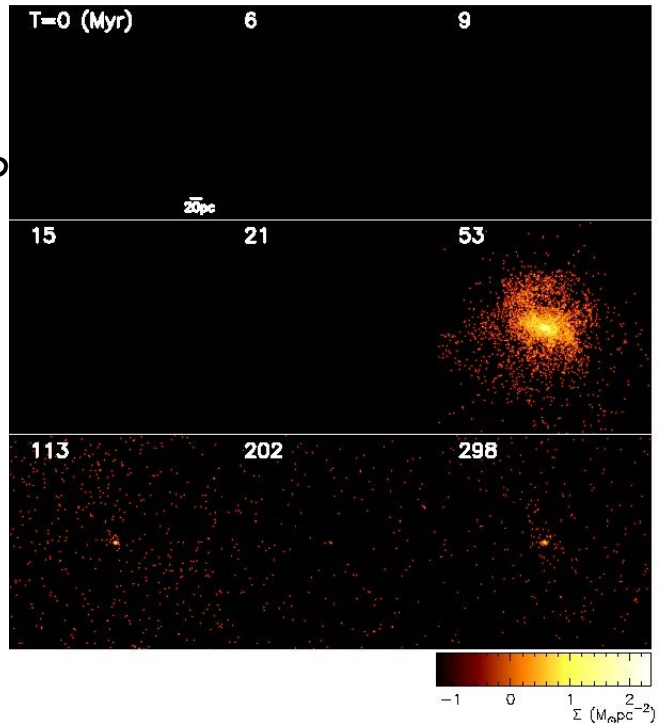
$M_{mc}=10^7 M_{sun}$
$R_{mc}=200pc$
$D_3=2$

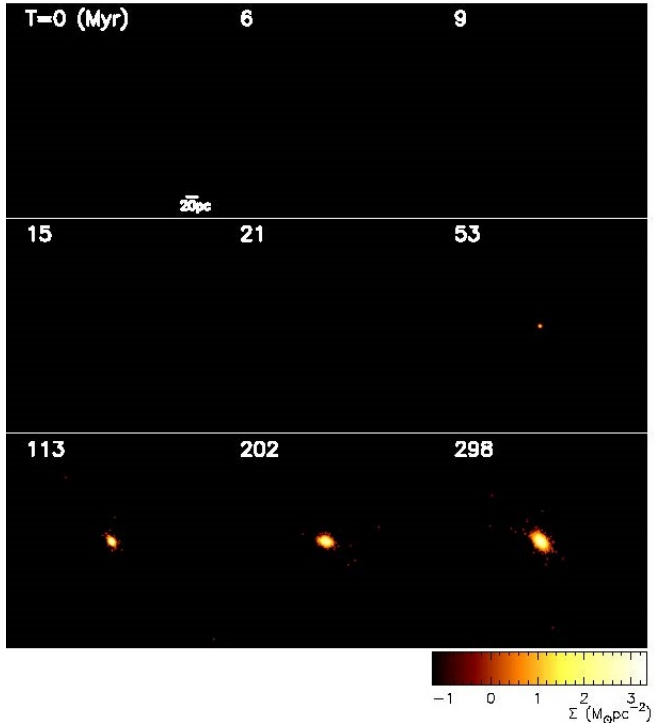




左のガスから
生まれた
第1世代星
(FG)

第1世代星の
うち、AGBから
吐き出された
ガス





左のガスから
生まれた星
つまり
第2世代星
(SG)