

球状星団における Na-O 逆相関の起源について

斎藤貴之 (神戸大学)

利用カテゴリ 利用カテゴリ XC-B+

古典的描像では球状星団は同じ時刻に同じ金属量を持って生まれた単一の種族からなる星の集合である。しかし、近年のハッブル宇宙望遠鏡を使った高精度メンバー決定法と高分散観測により、球状星団は複数の金属量を持つ恒星種族の集合であることが明らかにされた [1]。このような内部金属量分布は球状星団の形成過程が従来考えられてきたものよりもずっと複雑であることを反映していると考えられる。この中でも、ある種の金属をみたときに現れる逆相関は、特徴的な構造として知られており、形成過程を読み解く重要な鍵となると考えられ、様々な形成シナリオが検討されている [2]。

本研究課題では、この中でも回転する大質量星からの星風がこの逆相関の起源になるというシナリオを数値シミュレーションを用いて検討した。そのために、(1) 化学進化シミュレーション用ライブラリ CELib [3] に、Limong & Chieffi (2018) [4] の回転する大質量星からの星風と超新星爆発による金属量放出のイールドを導入し、(2) ASURA をもちいて衝突銀河のシミュレーションを行い形成される星団の内部金属量分布について調べた。このシナリオに注目するのは、短いタイムスケールで逆相関が見られる軽元素の放出が起きると期待されるからである。

図 1 に、本シミュレーションで得られた星団のうちの一つを示す。2つの銀河の衝突によって形成された $8.9 \times 10^5 M_{\odot}$ の星団であり、自己重力的に拘束されている。このシミュレーションで用いた重力ソフトニングのサイズ (20 pc) 程度のスケールを持つ。メンバー星粒子の金属量分布、とくに $[\text{Na}/\text{Fe}]$ - $[\text{O}/\text{Fe}]$ をみると、観測的に得られている逆相関と同じものが得られた。この分布は星風起源であり、時間とともに $[\text{Na}/\text{Fe}]$ の値が増加し、一方 $[\text{O}/\text{Fe}]$ が減少していく。つまり、右下から左上へ進化していく。この進化は超新星爆発が起きる前までに完了する。同様の進化は他の星団でも見られる。

本研究ではシミュレーションにより直接的に形成された星団が、Na-O 逆相関を持ちうることを示した。しかしながら、このような逆相関を持つ星団を作るためには、現状のイールドを使っている限り元となるガスの金属量が太陽金属量の 1/1000 程度でなければならない。これより金属量が多い場合、O の放出が多くなり、逆相関を作ることができなくなる。これは実際に逆相関を持つことが知られている銀河系内球状星団の金属量分布 $-2.5 < [\text{Fe}/\text{H}] < -0.5$ [2] と矛盾する。なお従来の研究 [5] ではここで用いたのとは異なるイールドを用いており、この点は問題にはなっていなかった。イールドの不定性も大きく、今後のイールドの発展とシミュレーションの発展によりより精密な議論ができるようになるだろう。

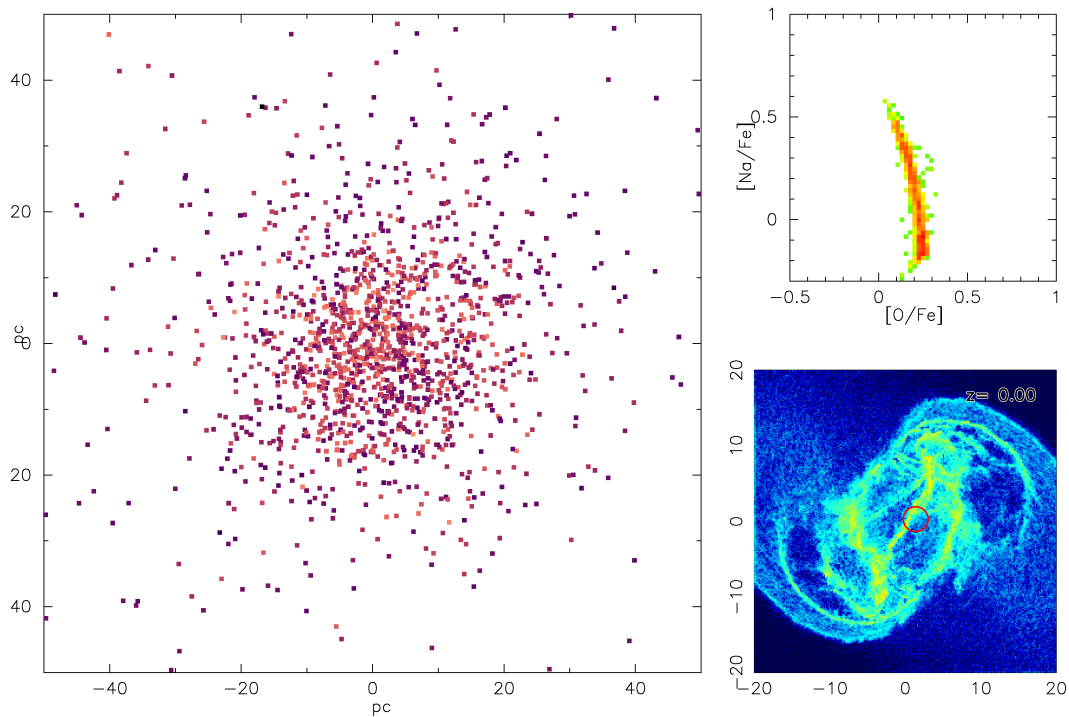


図 1: 左上:星団のメンバー星粒子の分布 (100 pc $\times$ 100 pc)。右上: [Na/Fe]-[O/Fe] 図上で
のメンバー星粒子の分布。右下:ガスの密度分布 (40 kpc $\times$ 40 kpc) と星団の位置 (赤丸)

参考文献

- [1] Piotto, G., Bedin, L. R., Anderson, J., et al. 2007, The Astrophysical Journal Letter, 661, L53
- [2] Bastian, N., & Lardo, C. 2018, Annual Review of Astronomy and Astrophysics, 56, 83
- [3] Saitoh, T. R. 2017, AJ, 153, 85
- [4] Limongi M., Chieffi A., 2018, ApJS, 237, 13
- [5] Decressin, T., Meynet, G., Charbonnel, C., et al. 2007, Astronomy & Astrophysics, 464, 1029