Studying stellar populations in Omega Centauri with phylogenetics

GAゼミ：2025/04/22 石川諒

Jofré *et al.*　　**arXiv: https://arxiv.org/pdf/2504.01813**

[Abstract]
銀河系内最大の球状星団であるω Cenが、実際には過去に破壊された矮小銀河の核星団(NSC)である可能性を検証した。系統学の手法を模倣利用し、元素組成比から系統樹（NJ法）を構築して、複数の星集団の化学的関係性を解析した。結果、ω Cenには球状星団起源の古い集団のほか、in-situ星形成に由来する金属量の高い集団が存在する、複数の星形成史が混在していることが判明した。特にChild-Cen集団は、既存の銀河進化モデル(GC,矮小銀河etc.)では説明困難な特徴を示し、新たな理論モデルの必要性を示唆する。本研究は、元素組成比空間での系統解析が星団の形成史や母銀河の性質を明らかにする強力な手法であることを示した。

[Goal]　ω Cenの起源/形成過程を明らかにする

[Originality]　異なるサンプルを併せて、系統学的手法を用いた

[Sample]　cf) Fig.2

[Optical] CTIO (SN~18k), 組成 (Fe,O,Na,Al,Si,Ca,Sc,Ti,Ni,La,Eu), N~122

[IR] SDSS-IV/APOGEE-2 (SN~22k), 組成(Fe,(C,N),O,Mg,Al,Si,(K,)Ca,Ce), N~137

→cross-match:16天体

[Logic]

1. 主成分分析(PCA)で組成分布を評価 (Fig.4)
2. クラスタリング(GMM): [X/Fe]を用いて集団を推定 (Fig.5)
   BICより可視光(IR)サンプルを3(4)の集団に分類 (Fig.B.4他)
3. 系統樹(Neighbor-Joining法)の構築(組成比全て/共通の組成比のみ) (Fig.6, 7)
4. 系統樹のMCMC(信頼度のRFD評価): 可視/IRのデータ各1000回
   crossmatch天体で系統誤差とも比較 (Fig.8)

[Result & Discussion]　(*fig5~7: 全て可視光データのみ)

Fig.5 ： **Stellar Population Barplot**

GMMによるクラスタリングの結果を各星の所属確率で可視化
各集団間の“混合度合い”や“進化独立性”定量的に評価
→星形成が独立か、混合していたか議論できる

Fig.6 ： **円形系統樹(Circular Optical tree)**

2つの”芋虫型”の枝(child, block)と”星型”の枝(GC):複数の起源or Mixingを示唆

Fig.7 ： **系統樹と主な元素比分布**

chemical clockとして[Ca/H]採用 (cf.) fig.3) -> 元を[Ca/H]最小を選択

GC-Cen：狭[Fe/H]、低[La/Fe]、O-Al逆相関＝**GC由来**
Block-Cen：[O/Fe]↘、[La/Fe]↗、Al↑＝**銀河のBuilding block由来の星形成**
Child-Cen：[Fe/H]↗,[La/Fe]↑、O↓、Al過剰＝**in-situ星形成（内部進化）**

[Al/Fe]と[O/Fe]の傾向は、各Groupの形成環境の違いを示す主要な化学的証拠

[Comment] NSCとした場合、よりmetal-poorな天体が受かっていないことの説明はどうなるか

Fig. 5

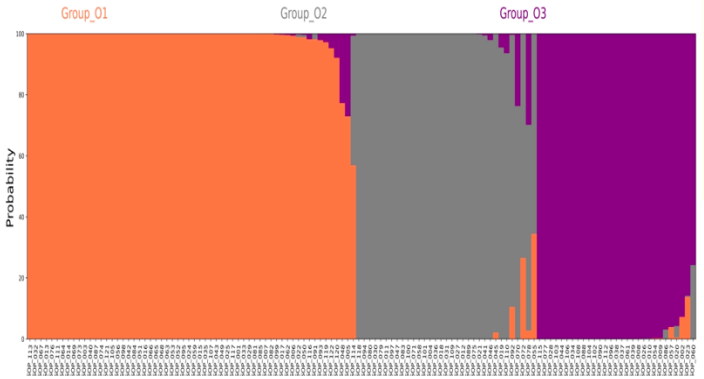


Fig. 6

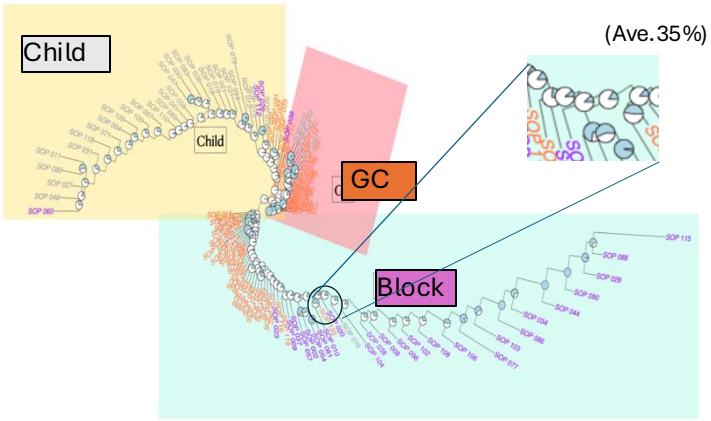


Fig. 7

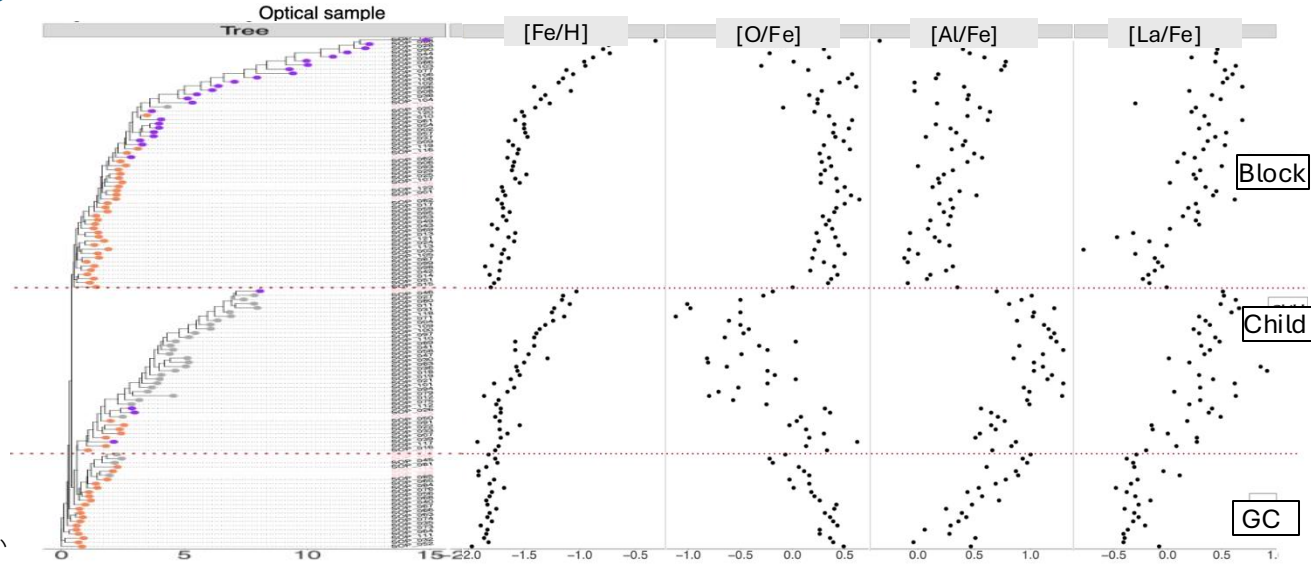


Fig. 2　可視光/IRサンプルでの[X/Fe] vs [Fe/H]の散布図

Fig. 4　PCA空間での元素の寄与方向と割合

Fig. 8　Cross-matchした16天体に対する系統樹の比較
可視光/赤外で異なる系統樹トポロジー（例：RFD = 0.63,0.57）
同一誤差内で得られる木のばらつきはRFD = 0.39,0.42(opt,IR)

Fig. 1　可視光/IR観測サンプルの測光データ分布の違い

Fig. 3　可視光/IR観測サンプルの組成分布の系統誤差

Fig. B.4 GMMを行った際のBIC

Fig. 4

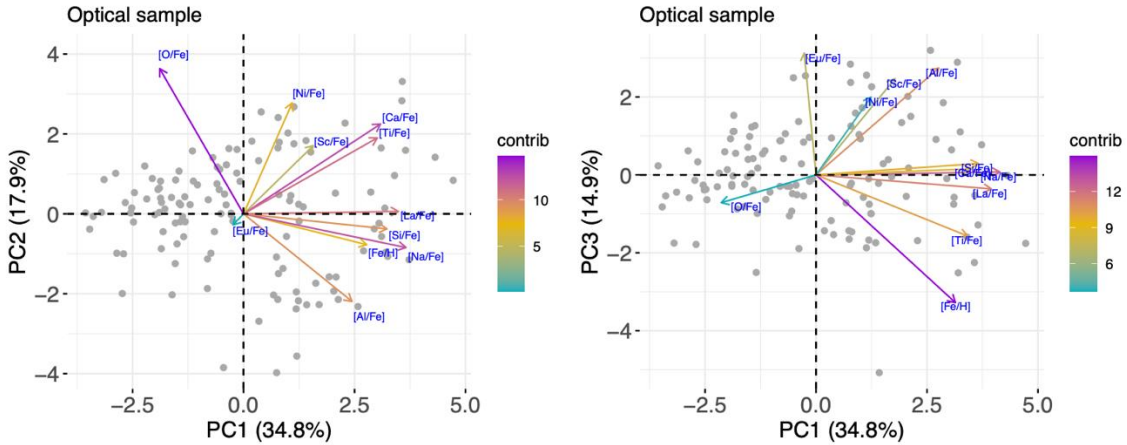


Fig. 2

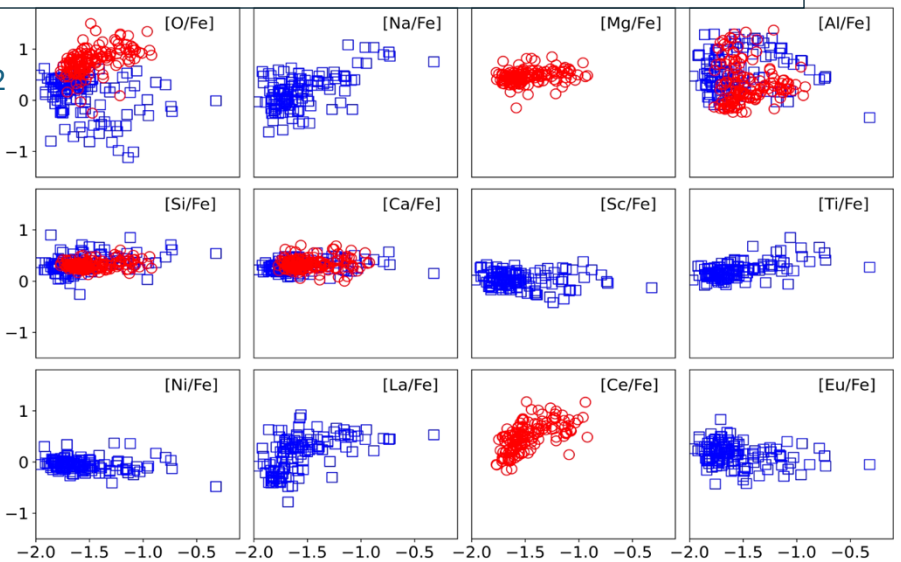


Fig. 1

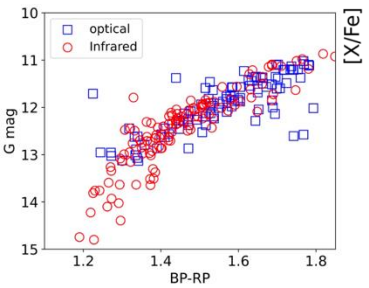


Fig.8

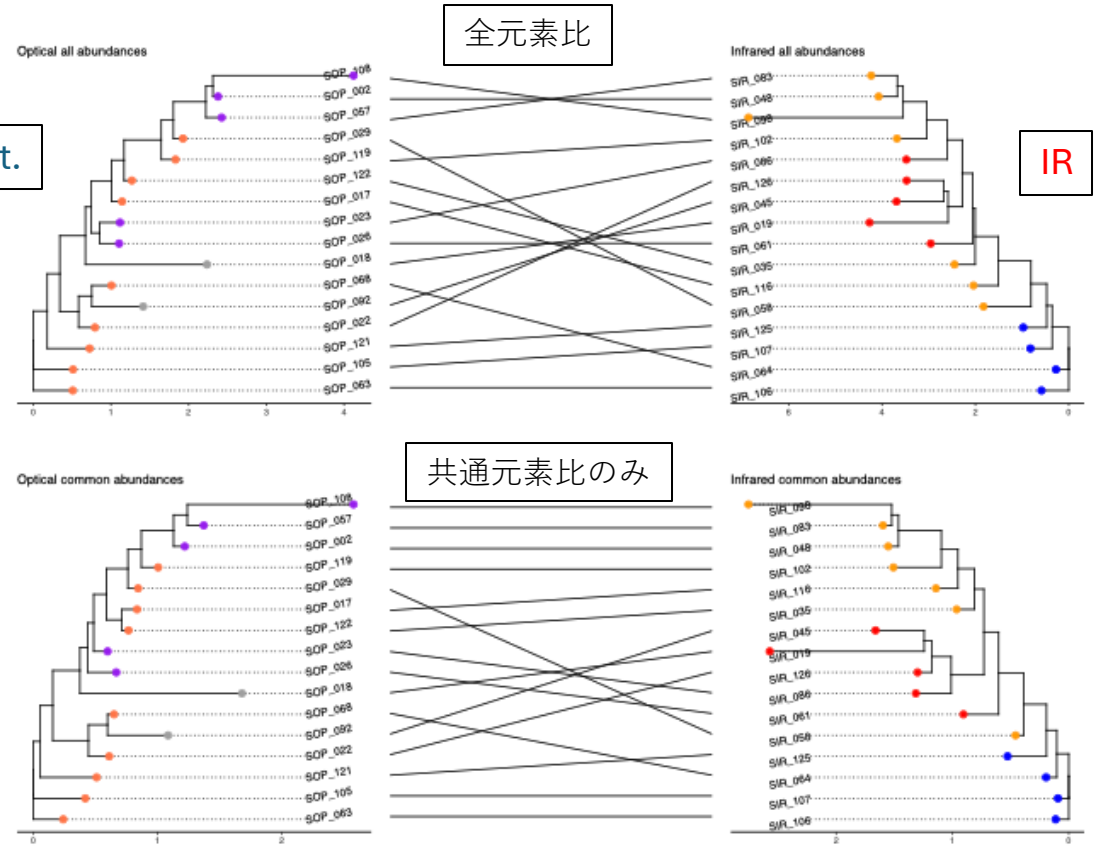


Fig.B.4

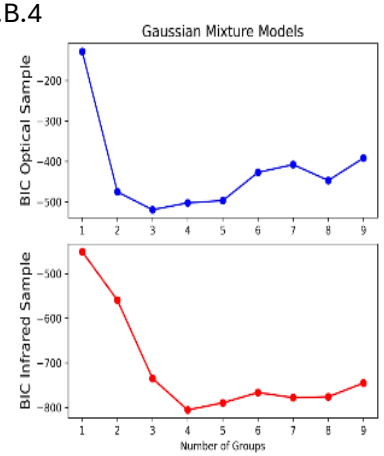


Fig. 3

