

Observational Properties of Stellar Systems

官谷 幸利 (京大理)

1 Introduction

星・星団・銀河・銀河団などは、自分自身の重力で束縛され、また自分の重力によって進化する系である。中でも、楕円銀河 (EG) と球状星団 (GC) は、ガスの質量比が $\sim 1\%$ かまたはそれ以下で、系全体が星の集団としてのダイナミクスで支配されていると考えられている。このような系は、自己重力多体系と呼ばれる。

ここでは、EG (特に絶対等級が -20 等より明るい巨大 EG) と GC について観測的に得られている性質を紹介する。まず、EG と GC のそれぞれについて、観測量のスケールを表に示しておいた。これを見ると、EG は我々の銀河に匹敵する大きさを持った、星の大集団であり、また、GC は比較的小さな集団であることがわかる。

表: EG と GC の観測量

	EG	GC
光度 $L(L_{\odot}$: 太陽光度)	$\sim 10^{10}$	$\sim 10^5$
絶対等級 M_* (等)	$-18 \sim -23$	$-6 \sim -9$
サイズ	$30 \sim 40$ kpc	~ 50 pc
偏平率 $\epsilon = 1 - \text{短軸} / \text{長軸}$	$0 \sim 0.6$	$\simeq 0$
視線方向の速度場 v (km/s)	~ 50	≤ 5
視線方向の速度分散 σ (km/s)	~ 200	~ 10

$$M_* = -2.5 \log(L/L_{\odot}) + 5.48, 1\text{pc} = 3.06 \times 10^{18} \text{ cm}$$

2 楕円銀河

表面輝度分布 EG は、その名のように楕円形をしており、表面輝度分布に関しては、 $R^{\frac{1}{2}}$ 則と呼ばれる経験則が最もよく用いられている：輝度分布 Σ が、中心からの距離 R に対し、下の式によく合う (e.g. [1])

$$\Sigma(R) = \Sigma_0 \exp(-kR^{\frac{1}{2}}) \quad (\Sigma_0, k \text{ は定数}) \quad (1)$$

三次元的な形と kinematics 70 年代前半まで、EG は等方的速度分散を持った系が、回転の遠心力によって偏平 (みかん型) な形になったため、見かけの形も楕円形をしているのだろうと考えられていた (速度分散が等方的で回転がなければ、定常形状は球対称)。しかしながら、このような描像によるモデルと、巨大 EG の回転速度及び速度分散の観測とを比べると、実際にはモデルの予測に比べ回転速度が小さすぎるということが知られている。

さらに、速度分散が等方的なときは回転速度 v 、中心付近の速度分散 σ と、見かけの偏平率 ϵ との間に、近似的に (ただし形が偏平なとき)

$$\frac{v}{\sigma} \simeq \sqrt{\frac{\epsilon}{1-\epsilon}} \quad (2)$$

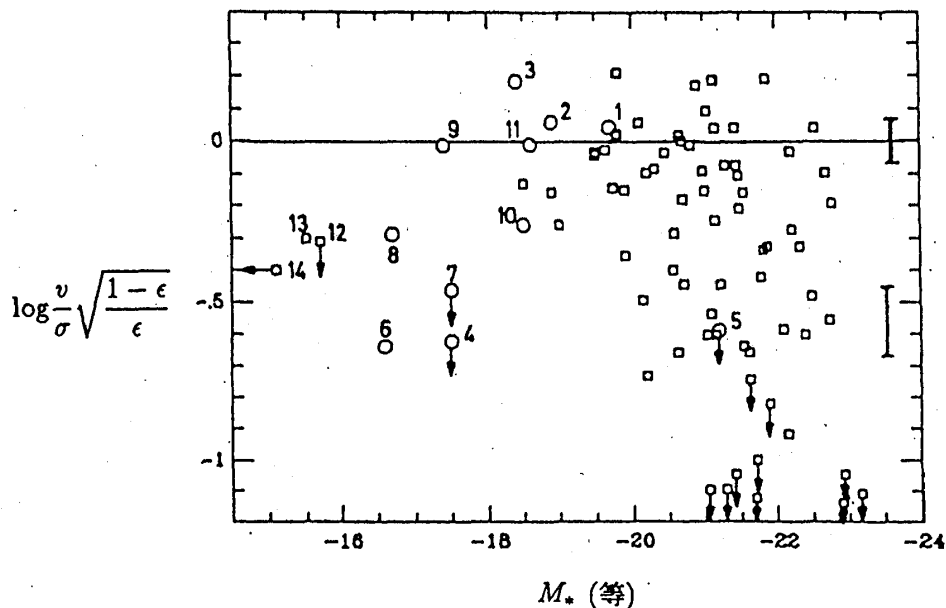


図 1: EG の光度と $v/\sigma \times \sqrt{(1-\epsilon)}/\epsilon$ の関係。

[2] が成り立つであろう。これに関する観測結果を図 1 に示した [3]。この図の実線は、(2) 式の予測である。また、形を偏長（ラグビーボール型）としてもほとんど同じ図になる。これをみると、巨大 EG については、(2) 式は成り立っておらず、速度分散は非等方と考えられる。

従って、巨大 EG は回転によって偏平になった系であるという単純な描像は成り立たない。巨大 EG は回転の遠心力よりもむしろ、速度分散（“圧力”）に支配された系なのである。これらの事実によって、巨大 EG の形の問題は振り出しに戻ってしまった。

ただ、最近になって、30 個程度の EG に関して、速度分布の詳細なデータが得られるようになった。これらのデータを用いた統計的な議論によれば、EG は三軸不等な形で、どちらかといえば偏長に近いようである [4]。

3 球状星団

表面輝度分布 GC は二体緩和による等方化がよく進んでいる系とされるので、密度分布も等温的だと考えられる。ただ、等温モデルは系の広がりが無限大になってしまうので、現実の事情に合わない。そこで、中心付近で等温的な分布を持ち、有限の半径で cut off を持つようにした、King モデル (e.g. [5]) がよく使われる。このモデルと、GC の輝度分布はよく合う (e.g. [6])。

三次元的な形と kinematics どの GC も見かけの形が円形をしていることから、三次元的な形は球形だと考えられる。また速度分散については、ほとんどの GC は等方的と思われるが、中には非等方と思われる GC も数個見つかっている (e.g. [6])。このような GC は等方化が十分に進んでいないか、あるいは等方化した後の重力熱力学的収縮によって周辺部の非等方化が起こったのであろう。

4 Fundamental Plane

EG・GC について共通に得られている性質として、光度 L 、中心の速度分散 σ_c 、平均の表面輝度 $\langle \Sigma \rangle$ の間に、経験的に、

$$L \propto \sigma_c^3 \langle \Sigma \rangle^{-\frac{1}{2}} \quad (3)$$

の関係があることが知られている (図 2、[7])。つまり EG・GC は、 $(\log L, \log \sigma_c, \log \langle \Sigma \rangle)$ 空間内の共通の平面上に分布していることになる。この平面は fundamental plane と呼ばれる。virial 定理

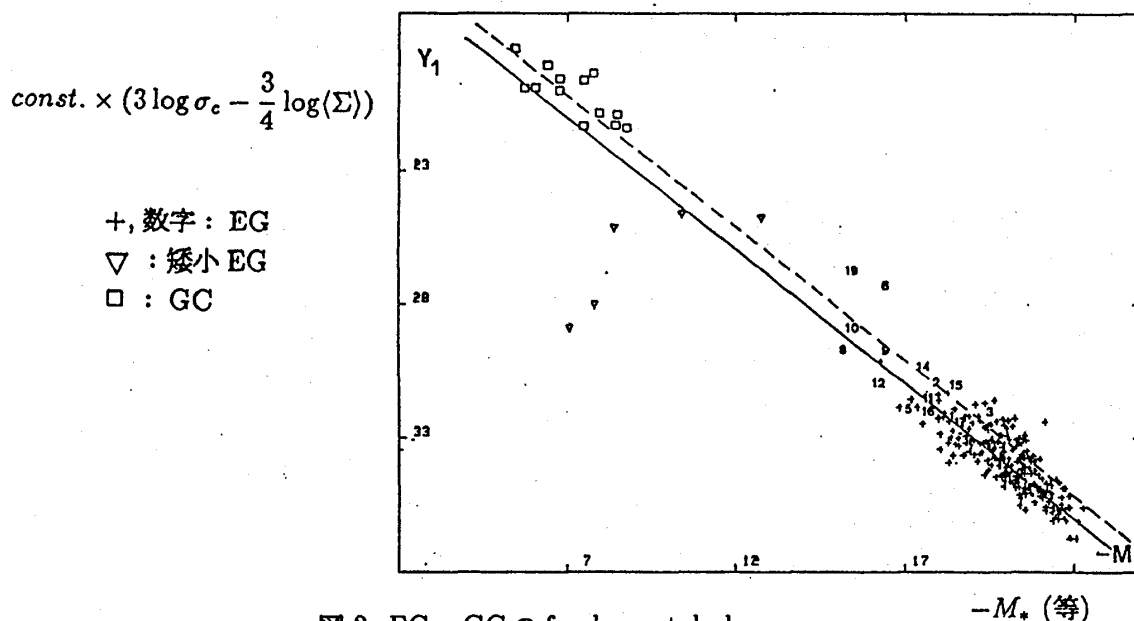


図 2: EG・GC の fundamental plane

を用いると、この関係から、

$$\frac{L}{M} \propto L^{\frac{1}{4}} \quad (4)$$

が得られる。質量-光度比の光度依存性がこの式で与えられるとすると、EG での値 $\sim 30 \sim 40 L_{\odot}/M_{\odot}$ と、GC の $\sim 2 \sim 5 L_{\odot}/M_{\odot}$ が一桁違うことと consistent である。

5 concluding remarks

EG と GC について、現在までにわかっている観測事実を簡単に紹介した。これらのことがわかるようになったのも、80 年代～90 年代の観測技術の進歩によって、より精密なデータが得られるようになったからである。今後、特に速度分布についての詳細なデータがより多くの系について得られれば、EG の形や、GC の速度分布などについての議論はさらに進むだろう。

また、理論の方にも、多体系の定常状態の議論だけでなく、形成や、ガスのダイナミクス等も考慮した、多角的アプローチもさらに発展させることが望まれる。

参考文献

- [1] de Vaucouleurs, G., de Vaucouleurs, A., Corwin, H.C. 1976. *Second Reference Catalogue of Bright Galaxies*, Austin: University of Texas Press
- [2] Kormendy, J. 1982. In *Morphology and Dynamics of Galaxies*, ed. by Martinet, L., Mayor, M., pp. 115. Sauverny: Geneva Observatory
- [3] Bender, R., Nieto, J.L. 1990. *A&A*, **239**, 97
- [4] Franx, M., Illingworth, G.D., de Zeeuw, P.T. 1991. *ApJ*, **383**, 112
- [5] Binney, J.J., Tremaine, S.D. 1987. *Galactic Dynamics*. Princeton Univ. Press
- [6] Elson, R., Hut, P., Inagaki, S. 1987. *ANA&A*, **25**, 601
- [7] Nieto, J.L., Bender, R., Davoust, E., Prugniel, P. 1990. *A&A*, **230**, L17