If it does not kill them, it makes them stronger: collisional evolution of star clusters with tidal shocks
Mark Gieles and Florent Renaud 2016, arXiv:1605.05940

GAゼミ@20160524 加藤美保子

【アブスト】
銀河系や他の渦巻銀河にある若い星団の大きさは数pcで、星団の質量とはあまり相関がないとされているが、密度を含めその詳細な理由は謎である。ここでは二体緩和とtidal shockの効果の相互作用で、半径が質量にほとんど依存しない状態（$r_h \propto M^{1/9}$）を導いた。これは太陽近傍のISMの性質から期待される典型的な星団の半径（～3pc）と質量（$< 10^5\ M_{sun}$）、年齢（＜数100Myr）ともよく合っている。また二体緩和に加えて、巨大分子雲の通過によるtidal shockでのマスロスを加えても、ハロー外側で低質量の球状星団が見られない問題を説明できないことが分かった。

【ゴール】
銀河に付随する星団の性質を理解する

【オリジナリティ】
先行研究を組み合わせて星団の進化を追う式を作った

【ロジック】
自己重力系の全エネルギー変化 $\frac{dE}{E} = \frac{5}{3}\frac{dM}{M} + \frac{1}{3}\frac{d\rho_h}{\rho_h}$

を、tidal shockと二体緩和によるものとする。$\frac{dE}{E} = \frac{dE_{sh}}{E} + \frac{dE_{rlx}}{E}$

dE_{sh} は巨大分子雲（Σ_{GMC} ～170 $M_{sun}pc^{-2}$）とのtidal shockを想定したエネルギー変化。
一回の衝突で星団はマスロスをし、星はエネルギーを得て星団から離れることが計算されている（Binney&Tremaine 1987,Gieles et al. 2006）。
複数回shockがあった場合のエネルギー変化を計算し（**図1**）、shock後も星団に残る星について計算すると密度は高くなっていた。
衝突の相対速度σ～10 kms^{-1}、星団内ISM密度ρ～0.03 $M_{sun}pc^{-3}$ を想定し、
エネルギー変化 dE_{sh} を起こすタイムスケール τ_{sh} の関係が得られた。
二体緩和についてもHenon(1965)の星団モデルからエネルギー変化 dE_{rlx} とタイムスケール τ_{rh} の計算をし、二体緩和では密度は低くなることが分かった。
二つの効果を組み合わせて $\frac{d\rho_h}{\rho_h} = \left(\frac{3}{f} - 5 + \frac{3}{f}\frac{\zeta\tau_{sh}}{\tau_{rh}}\right)\frac{dM}{M}$

の関係が得られる。これを満たす解として得られるのが $r_h \propto M^{1/9}$ である。
星団の密度 ρ_h を、初期質量を変えてプロットしたのが **図2**。
上式から τ_{sh}/τ_{rh} の値が大きいほど、質量Mが下がるとき密度ρが急速に落ちることが分かる。
$\tau_{sh}/\tau_{rh} \propto \rho_h^{3/2}/M$ の関係から言い替えると
・二体緩和による膨張は密度の高い、軽い星団の進化を担っている
・shockによるマスロスは密度の低い、重い星団の進化を担っている
二つの効果が星団の進化に寄与していることを考慮すると、Elmegreen (2010)での「星団の壊れるタイムスケールが短いためGlobular Cluster Mass Functionの”turning over”が説明できる」という主張は通らないことになる。

【コメント】
適用するパラメータが多いので、観測結果によって関係が変わりうる？

図1→
10^3 個の星についてエネルギー ε と星団中心からの距離 r をプロットした図

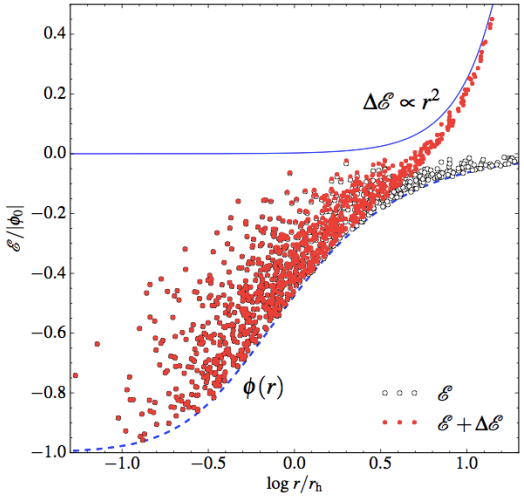


図2→

