

相対論的高速微分回転星の平衡形状

鷹野 重之 & 江里口 良治 (東大総合文化)

karino@valis.c.u-tokyo.ac.jp

観測的に知られている中性子星の質量は $\sim 1.4M_{\odot}$ となっている。しかし、理論的には熱圧力や回転の効果により、中性子星の質量は $1.4M_{\odot}$ 以上にもなり得る。例えば、中性子星連星の合体のような場合を考えると、合体後の総質量は $\sim 3M_{\odot}$ にも達する。質量の幾らかは外部に放出されるとしても、合体後には超臨界質量中性子星ができるのだろうか。ここで連星合体後にできる天体では、回転の効果、特に強力な微分回転の効果が重要となる。ポリトロープを用いた近年の計算によれば、中間的な強さの微分回転でも、支え得る星の質量は回転のない場合の数倍に達する可能性が示唆されている (Baumgarte et al. ApJ, 528, L29, 2000, hereafter BSS)。しかし、このような簡単なモデルが現実的な状況をどれだけ定量的に表現できるかは明確でない。そこで、我々は現実的な状態方程式について、中性子星モデルの最大質量を計算し、このような巨大質量を支え得る平衡形状が存在するかを評価した。

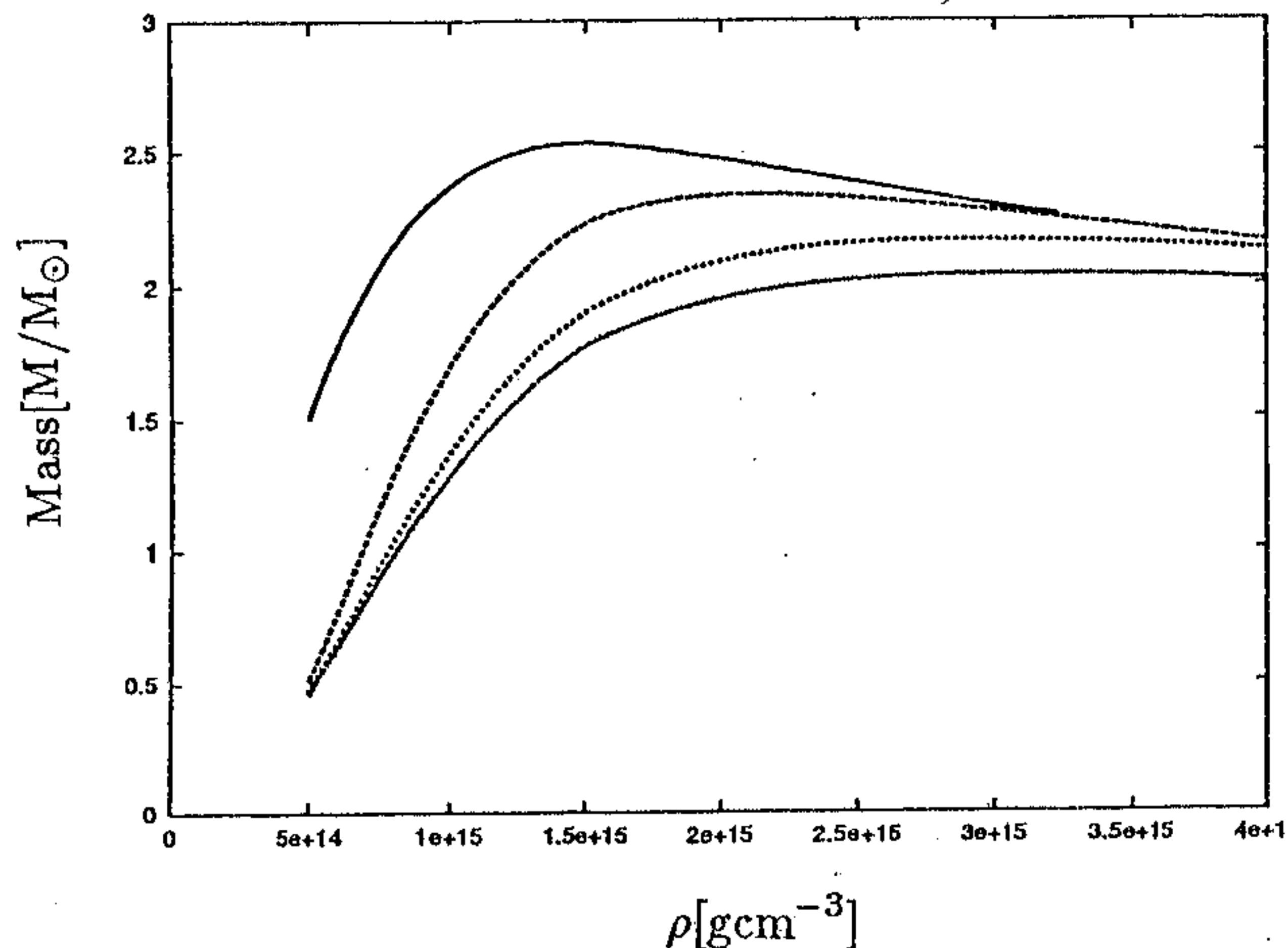
軸対称な相対論的高速微分回転星の数値計算法については Komatsu et al. (MNRAS, 237, 355, 1989) によって既に確立されているので、それを改良して用いる。微分回転の効果を取り入れ、星の回転則は

$$\frac{(\Omega_c - \Omega)}{\hat{A}} = \frac{(\Omega - \omega)r^2 \sin^2 \theta e^{2(\beta-\nu)}}{1 - (\Omega - \omega)^2 r^2 \sin^2 \theta e^{2(\beta-\nu)}} \quad (1)$$

という形のものを考える。ここで \hat{A} は微分回転の強さを与えるパラメタであり、 $\hat{A} \rightarrow 0$ の極限で剛体回転に帰着する。 \hat{A} が大きくなるほど微分回転の効果は強くなる。

実際に用いた状態方程式は Wiringa, Fiks & Fabrocini (PRC, 38, 1010, 1988) による三体衝突を考慮した高密度な核子モデルと、Bethe & Johnson (Nucl. Phys., A230, 1) による多体計算から導かれた中性子ガスについてのモデル (BJ(I)) とハイペロンを考慮にいれたもの (BJ(V)) の三種類である。これらの状態方程式を用いて、幾つかの高速微分回転中性子星モデルの系列を求めた。この際、各系列は微分回転パラメタ \hat{A} および軸比 r_p/r_e を固定し、中心密度を変化させて系列を計算した。

一例として状態方程式 BJ(I) についての結果を示す。図は横軸に最大密度 ρ_{\max} 、縦軸には太陽質量で規格化した質量 M/M_{\odot} を取っている。図中の曲線で示されているモデルは、各々ケプラー限界に近いような高速回転の場合を示している。図より、高速微分回転する場合には中性子星の最大質量は明らかに増加しているが、強い微分回転とケプラー限界に近い高速を伴う場合でも、その最大質量は数十 % しか増加せず、BSS にあるような $\sim 3M_{\odot}$ を超える巨大質量を支えることは難しい。この結果は他の現実的な状態方程式にも当てはまる。



中性子星の密度 (横軸) 対質量 (縦軸)。各曲線は上から微分回転の効果が強い順。