

バリオン物質における 2 体、3 体バリオン力の効果

岐阜大学・工学部

新村 昌治

高密度バリオン物質の状態方程式は、理論・実験（観測）において強く興味をもたれている。実験（観測）的には、相対論的重イオン衝突（高温）や中性子星（低温）の研究が進められており、一方、理論的には、非相対論層 G 行列理論、相対論的 Dirac 理論、相対論的平均場理論などを用いて研究されているが、ハイペロン混合などの種々の自由度を考慮するとき状態方程式(EOS)は soft になりすぎる傾向となっている。ここでは、非相対論的 G 行列計算を用い、現実的な 2 体力に加えて 3 体力を導入して、中性子星物質の EOS を議論する。通常の核物質の飽和性を再現するためにも 3 体力は必要であるので、このような検討はぜひとも必要である。

中性子星物質における G 行列計算は、電荷密度 = 0 と化学平衡を結合することが必須条件となる。それらを同時に考慮する「平衡化された G 行列計算」のコードを開発した。それを用いて今回の計算を行っている。2 体力 (NSC89, NSC97e) のみ場合の EOS の結果を図 1 に示す。比較のため、他の理論計算も同時に示してある。2 体力のみの場合、G 行列の計算ではかなり soft な EOS になることがわかる。また、ハイペロン混合を考慮しない計算では高密度で急速に EOS が stiff になることがわかるが、もちろん現実的ではない（相対論的效果も重要となる）。

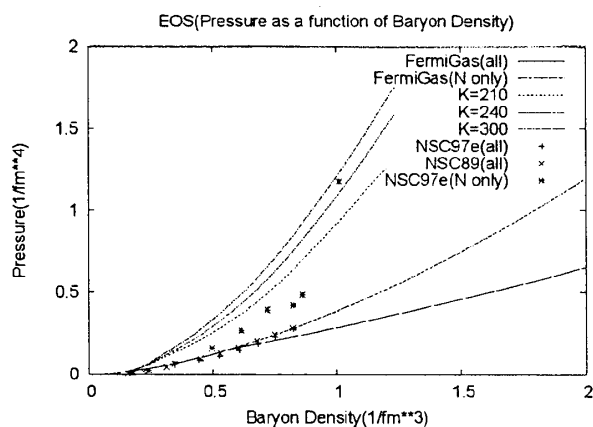


図 1 : 2 体力のみ計算および種々の理論計算

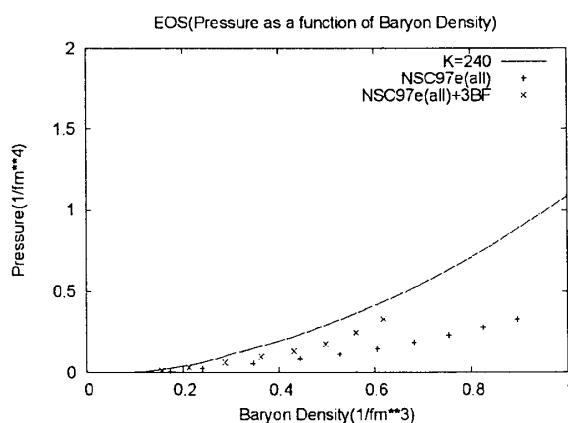


図 2 : 3 体力を含む計算 (NSC97e)

3 体力を加えた場合の EOS の計算を図 2 に示した。2 体力としては、NSC97e を用いている。3 体力としては、nnn, nnp の 3 核子力については、通常の対称核物質の飽和性とその周辺での非対称エネルギーを再現するように決めたものを採用し、さらに、もっとも簡単な仮定

$$V_{BBB}=V_{nnn}, \quad V_{BBB'}=V_{nnp}, \quad V_{BB'B''}=\text{unknown}^*$$

を用いて、3バリオン力に拡張したものを採用している(*今回は、 $V_{BB'B}$ として V_{nnn} と共通にとった)。ハイペロン混合を導入しているにもかかわらず、3体力の効果で、EOSがかなりstiffになることがわかる。

TOV方程式を解くことによって、中性子星の質量と半径を計算することができる。その結果を図3に示す。2体力(NSC97e)のみの計算では、中性子星の質量が太陽質量を越えることすらできない。また、質量を大きくしようとする、半径は8Km以下となってしまう。これでは、観測事実をまったく説明できない。一方、3体力を導入することによって、中性子星の質量は太陽質量の1.3倍程度まで可能となる。これは、1.4倍という標準的な値にかなり近い。また、半径も9Km以上となり、観測事実に比較的近いものとなる。したがって、3体力は、通常核物質の飽和性や非対称エネルギーにおいてのみならず、中性子星のEOSにおいても、重要な役割を担っていると考えられる。

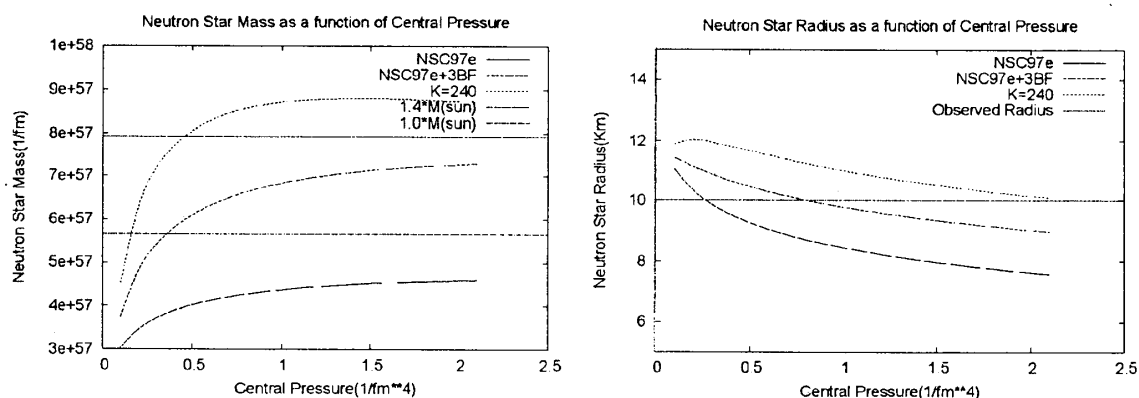


図3：中性子星の質量と半径（中心圧力の関数としてあたえた）

バリオン密度が高くなると相対論的効果やバリオンの構造の効果が重要となる。中性子星の中心付近の密度は通常核物質10倍ほどにもなる。その領域ではG行列計算がよい近似でありつづけることはできない。その意味で、G行列理論は中性子星全体を記述する理論とはなりえないとかんがえられ、他の理論による記述と結合させながら研究を進める必要がある。

参考文献

- (1) A. Akmal and V. R. Pandharipande, Phys. Rev. C56(1997)2261.
A. Akmal, V. R. Pandharipande and D. G. Ravenhall, Phys. Rev. C58(1998)1804.
- (2) P. M. M. Maessen, T. A. Rijken and J. J. de Swart, Phys. Rev. C40(1989)2226.
Th. A. Rijken, V. G. Stoks and Y. Yamamoto, Phys. Rev. C59(1999)21.
- (3) N. K. Glendenning, *Compact Stars*, Springer, 2000