



|              |   |
|--------------|---|
| Title        | Suppression of $\pi 0$ Condensation in Neutron Star Matter due to Neutron 3P2 Superfluidity |
| Author(s)    | 浅井, 文男  |
| Citation     | 大阪大学, 1984, 博士論文  |
| Version Type | VoR   |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/1478">https://hdl.handle.net/11094/1478</a>           |
| rights       |   |
| Note         |   |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

|         |  |
|---------|--|
| 氏名・(本籍) | 浅 井 文 勇  |
| 学位の種類   | 理 学 博 士  |
| 学位記番号   | 第 6364 号   |
| 学位授与の日付 | 昭和 59 年 3 月 24 日   |
| 学位授与の要件 | 理学研究科 物理学専攻<br>学位規則第 5 条第 1 項該当                              |
| 学位論文題目  | 中性子星物質における中性子 $^3P_2$ 超流動による中性 $\pi$ 中間子凝縮の抑制                |
| 論文審査委員  | (主査) 教授 森田 正人<br>(副査) 教授 江尻 宏泰 教授 村岡 光男 助教授 大坪 久夫<br>講師 冠 哲夫 |

## 論文内容の要旨

核物質において、 $\pi$ NP 波相互作用による  $\pi$  中間子の生成は核子の粒子・空孔対の励起と結びつく。密度があるしきい値をこえると、フェルミガス状態にある核物質は  $\pi$  中間子と粒子・空孔対のコヒーレントな同時発生に対して安定性を失い相転移を起こす。この相転移は古典的  $\pi$  中間子場の出現を伴うので  $\pi$  中間子凝縮と呼ばれ、そのしきい値は通常核物質密度 ( $\rho_0 \simeq 0.17 \text{ fm}^{-3}$ ) の 2 倍前後である。

一方、フェルミ面近傍の核子間に働く核力が引力ならば互いに逆の運動量を持つ 2 核子がクーパー対を形成し、フェルミ面は崩れ超流動状態が出現する。中性子星物質中の中性子は LS 力のため  $\rho_0 < \rho < 3\rho_0$  の密度領域で  $^3P_2$  超流体になる。

ここで注目すべきことは、これら 2 つの相が発現する密度領域が重なり合うことである。 $\pi$  中間子凝縮及び中性子  $^3P_2$  超流動は共に中性子星の冷却やグリッヂに重要な影響を及ぼすのでこれらの現象を理解する上で両相の相互関係（共存あるいは競合）の解明は不可欠である。 $\pi$  中間子凝縮相における超流動の可能性は京都グループによって研究された。我々は逆の観点から、すなわち  $^3P_2$  超流動状態から発現する中性  $\pi$  中間子凝縮を考察することにより両者の相互関係を調べた。

しきい値を与える条件式は  $\pi$  中間子の量子数を持つ集団運動の固有振動数が虚数になるという条件から導かれる。導出された条件式が含む  $\pi$  中間子の分極演算子は通常項と異常項からなり、後者は  $^3P_2$  超流動状態の非等方的性質を反映する。

エネルギーギャップ並びにしきい値の計算を容易にするため、 $^3P_2$  対相関相互作用には非局所・分離型のポテンシャルを使う。ギャップ方程式は 5 種類の解を持つが、量子数が  $J = 2$ 、 $m_J = \pm 2$  の中性子クーパー対のみが存在する解について数値計算を実行した。

しきい値はエネルギー・ギャップの大きさに比例してフェルミガス状態における値から上昇する。すなわち、 $\pi$ 中間子凝縮の発現は超流動によって抑制される。しかし、この上昇は高々30%であり、数値計算では超流動の影響を最大限に見積っているので現実的な条件下においては無視できる程度になると判断される。

結論として、 $^3P_2$ 超流動は中性 $\pi$ 中間子凝縮の発現に対して意味のある影響を及ぼさない。同様の結論は荷電 $\pi$ 中間子凝縮についても当てはまると考えてよい。

### 論文の審査結果の要旨

$\pi$ 中間子と核子の間に働くP波の引力が有限の運動量をもった $\pi$ 中間子に対して、S波や近距離斥力の効果を上まわり、充分 $\pi$ 中間子のエネルギーを下げるため、ある密度に達すると $\pi$ 中間子を発生する可能性がある。そして $\pi$ 中間子はボーズ・アインシュタイン統計に従う粒子なので、ある一定の運動量の状態に凝縮する可能性がある。このことが1972年Migdalによって指摘されて以来、多くの人達によって研究され、通常の原子核の密度( $\rho_0 \simeq 0.17 \text{ fm}^{-3}$ )の2倍前後で中間子凝縮相が発現するだろうと結論されている。この現象は未だ実験的には確認されていないが、それが注目を集めている理由は、核子系の中に $\pi$ 中間子の自由度が核子と同等な立場で入ってきたことであり、そしてこのような状態は中性子星内部で実現しているであろうし、また高エネルギー重イオン加速器による核反応の際に高密度核物質が生成されればそこに起り得ることが期待されるからである。一方、フェルミ面近傍の核子間に働く核力の $^3P_2$ 状態は引力で、互に逆の運動量をもつ2核子のクーパー対を形成し、超流動状態が出現する。中性子星物質中の中性子は  $\rho_0 < \rho < 3\rho_0$  の密度領域で $^3P_2$ 超流動状態になるといわれている。

これら2つの相の発現する密度領域は重なり合っており、超流動性は中性子星の冷却やグリッヂに重要な影響をおよぼすので、これら両相の共存あるいは競合について明らかにする必要があった。浅井君はこのような観点に立って $^3P_2$ 超流動状態から発現する $\pi$ 中間子凝縮について調べた。

この目的のために、 $^3P_2$ 超流動状態にもとづいて $\pi$ 中間子凝縮の転移点を決める方程式を求め、転移密度およびエネルギー・ギャップの核力への依存性を詳細に調べた。 $\pi$ 中性子凝縮の発現するしきい値は、超流動状態の程度をあらわすエネルギー・ギャップの大きさに比例して上昇する。すなわち $\pi$ 中間子凝縮の発現は超流動性によって抑制されることがわかった。但し、しきい値の上昇は高々30%程度であり、核力の短距離力の不確定さなどを考慮すると $^3P_2$ 超流動状態が本質的に $\pi$ 中間子凝縮に影響をもたらすものではないという結論に到達した。この研究は理学博士の学位に充分値するものと認める。