

Title	Study of Kaonic nuclei by the in-flight (K-, N) reactions
Author(s)	早川, 知克
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/47696">http://hdl.handle.net/11094/47696</a>
DOI	
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

氏名	はや かわ とも かつ 草 川 知 克
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学位記番号	第 20850 号
学位授与年月日	平成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	Study of Kaonic nuclei by the in-flight (K-, N) reactions (飛行 (K-, N) 反応を用いた K 中間子原子核の研究)
論文審査委員	(主査) 教授 岸本 忠史  (副査) 教授 能町 正治 教授 中野 貴志 助教授 保坂 淳 助教授 阪口 篤志

### 論 文 内 容 の 要 旨

高密度核物質である中性子星の質量は、本来強い相互作用の効果を盛り込んだ状態方程式によって規定されるが、現在でもよく解かれていない。観測値は 1.4 太陽質量程度であるのに対して、通常の核子（陽子、中性子）のみを導入した状態方程式の予言では 2 太陽質量以上の重い星も、コアのエネルギー密度が大きくならないためにブラックホールにならず存在可能となる。なんらかのコアのエネルギー密度を上昇させる機構が存在するはずである。これに対して Kaplan、Nelson らは核媒質中の K 中間子に対して平均場ポテンシャルを用いて K 中間子が強い引力相互作用を受ける場合、標準原子核密度 ( $\rho_0$ ) の 2-3 倍程度の密度でポーズ・アインシュタイン凝縮 (K 中間子凝縮) を起こす事、K 中間子が核物質の密度を劇的に上昇させる効果をもつ可能性を示した。一方で K 中間子原子核間相互作用について赤石・山崎等により理論的な研究が行なわれた。これは K 中間子陽子のシフトと巾、散乱実験からの散乱長のデータ、ハイペロン共鳴である  $\Lambda^*$  (1405) の中の三つを入力にした G 行列計算で、これによると (a)  $I=1$  の K 中間子核子間相互作用が弱く引力的なものであるのに対して、(b)  $I=0$  のそれは非常に強く引力的である。これは  $\Lambda^*$  (1405) を 3 クォーク状態ではなく K 中間子と核子の束縛状態と解釈したものであるが、 $\Lambda^*$  (1405) の巾が 50 MeV にも達する事から原子核内では不安定であると考えられる一方で、K 中間子原子核という描像では主な転換先である  $\Sigma \pi$  チャンネルがエネルギー的にほとんど閉じているので巾の狭い束縛状態を持つとされている。もし、予言通り原子核中で K 中間子が強く引力を感じ深い束縛状態を持つことが実験的に検証できれば、中性子星中での K 中間子凝縮の存在の証明になる。

K 中間子原子核間相互作用を研究するために、阪大グループでは飛行 (K, N) 反応 (N は陽子もしくは中性子) を用いて K 中間子原子核系 (K 中間子核) をつくり、それぞれの反応のミッシングマススペクトルから原子核中での K 中間子の状態を観測する実験を、米国ブルックヘブン国立研究所 (BNL-AGS E930) および高エネルギー加速器研究機構 (KEK-PS E548) で行った。実験では実験標的前方に散乱された陽子を磁気スペクトロメータで、中性子を 0 度方向に設置したプラスチックシンチレーション検出器で測定した。一方で実験標的周りには、K 中間子が原子核中に束縛された状態から転換する際に放出される  $\pi$  中間子や陽子のエネルギーと飛跡を Ge、NaI 検出器とプラスチックホドスコープで測定した。申請者はこれらの実験の立ち上げの段階から参加し、測定器系、データ収集系の整備

およびデータ解析を担当した。

KEK-PS E548 実験のデータ解析の結果得られた K 中間子原子核の励起エネルギースペクトルは、K 中間子の束縛領域に実験の分解能やバックグラウンド事象では説明できない“テール”と構造を持ち、これは原子核中に K 中間子が深く束縛した状態に対応すると考えられる。また、スペクトルから K 中間子が原子核から受ける引力を光学ポテンシャルの形で引き出すため、歪曲波インパルス近似法 (DWIA) による状態計算を試みた。その結果(a) ポテンシャルの深さ (実部) は 160-190 MeV にも達し、(b) 虚部は 40-70 MeV と比較的小さな値を持つ事が明らかになった。また、(c) ポテンシャルの深さはそれぞれの K 中間子原子核中の  $I=0$  KN 対の数に対応してほぼ変化していることもわかり、 $I=0$  の K 中間子核子間相互作用が  $I=1$  のそれに比べて強く引力的であるという性質が支持する実験結果であるといえる。

## 論文審査の結果の要旨

中性子星コア中での K 中間子凝縮の存在可能性をめぐって、低エネルギー領域での K 中間子原子核間相互作用についての研究が盛んに行われている。実験的には、これまで K 中間子原子 X 線の測定を中心に行われてきたが、近年では静止 ( $K^-$ , N) 反応や飛行 ( $K^-$ , N) 反応等を使って、原子核内部に K 中間子を導入した系の状態を観測する実験が行われている。

本研究に比較的重い炭素や酸素原子核に対して飛行 ( $K^-$ , N) 反応 (N は陽子もしくは中性子) を用いて K 中間子原子核系をつくり、それぞれの反応の質量欠損スペクトルから原子核中での K 中間子の状態を直接観測する実験を、米国ブルックヘブン国立研究所 (BNL-AGS E930) と高エネルギー加速器研究機構 (KEK-PS E548) で行い、その結果をまとめたものである。

KEK-PS E548 実験はその前の BNL の実験に比較して実験精度の向上が図られ、から得られた K 中間子原子核の励起エネルギースペクトルは、K 中間子の深い束縛領域に分解能等では説明できないテールや構造を持ち、原子核中に K 中間子が深く束縛した状態が見出された。また歪曲波インパルス近似 (DWIA) 法による計算と実験のスペクトルとの比較を行った結果、(a) ポテンシャルの深さ (実部) は  $-160 \sim -190$  MeV にも達する K 中間子原子核間の強い引力相互作用の存在が明らかになり、(b) 虚部は  $-40 \sim -70$  MeV と比較的小さな値を持ち、(c) ( $K^-$ , p) 反応と ( $K^-$ , n) 反応のスペクトルの違いから、ポテンシャルの深さがそれぞれの K 中間子原子核中の  $T=0$  KN 対の数にほぼ対応している、という 3 点が明らかになった。

以上の研究は K 中間子・核の相互作用に全く新しい先見を加えたものであり、本論文は博士 (理学) の学位論文として価値のあるものと認める。