

氏 名	いし の まさ や 石 野 雅 也
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 2268 号
学位授与の日付	平 成 12 年 11 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 ・ 宇 宙 物 理 学 専 攻
学位論文題目	Study of nuclear-matter effect on K^+K^- invariant mass measured in 12-GeV p+A reactions (12GeV 陽子ビームと原子核標的の反応で測定された K^+K^- 不変質量におけ る核物質効果の研究)
論文調査委員	(主 査) 助教授 延 興 秀 人 教 授 西 川 公 一 郎 教 授 今 井 憲 一

論 文 内 容 の 要 旨

ハドロンの有効質量の起源は QCD 真空中に凝縮したクォーク・反クォーク対 ($\bar{q}q$) とハドロンの相互作用にあると考えられている。有限温度、有限密度下に於いては、カイラル対称性の回復現象が起り、 $\langle\bar{q}q\rangle$ の凝縮度の減少と共にハドロンの獲得する有効質量が減少するという QCD 和則を用いた理論計算が存在する。それによると通常原子核密度下で質量変化の程度は ϕ 中間子で 20MeV から 40MeV, ρ/ω 中間子だと 150MeV 程度である。本論文で記述された KEK-PS E325 実験は、標的核内で崩壊した ϕ 中間子を $e^+e^-K^+K^-$ 両崩壊モードで同時測定し、ハドロンの質量変化という現象を実験的に検知することを狙っている。本論文の中では特に K^+K^- モードに関する解析結果を述べられている。

実験では、ポリエチレン (CH_2)、炭素 (C)、銅 (Cu)、ガドリニウム (Gd) の 4 種類の原子核標的をビームライン上で 1 列に並べ、軽い原子核 (CH_2 , C) を起源とする K^+K^- 不変質量分布と、重い原子核 (Cu, Gd) からのものとを比較した。12GeV 陽子シンクロトロンからの 1 次ビームラインを建設し、核内崩壊の割合が高くなる遅い ($\beta\gamma \sim 2$) ϕ をつかまえられる領域に検出器を建設した。K 中間子のはの同定は運動量と飛行時間の関係から粒子質量を求めて選び出す方法と、屈折率 1.034 のエアロジェルチェレンコフ検出器で閾値運動量 0.54GeV/c 以上の π 中間子を除く方法を併せて用いた。この結果、最終 565 サンプルの内 K^+K^- の純度は 89.2% となった。不変質量分布の精度は $\Lambda \rightarrow p\pi^-$ で 1.8MeV であることが確認され、そこから予測される $\phi \rightarrow K^+K^-$ の質量精度は 2.4MeV であった。

各イベントの K^+K^- 対の不変質量を求め、重い核 (Gd, Cu) からの分布、軽い核 (C, CH_2) からの分布に分けて比較した所、互いに酷似しており、核内崩壊の成分が重い標的で特徴をもった分布になって現れる様なシグナルは得られなかった。更にそれぞれの分布を JAM という原子核衝突を逐次的に追いかけるカスケード計算コードを用いて解析した所、 $\phi \rightarrow K^+K^-$, $a_0/f_0 \rightarrow K^+K^-$, 共鳴状態のものからではない K^+K^- の 3 成分からの寄与のみで分布はよく記述された。 ϕ の質量変化から期待されるような新たな成分を加える必要性はどちらの標的に於いても生じなかった。 a_0/f_0 からの数は ϕ からの数に比べて軽い標的で $37.3 \pm 10.3\%$, 重い標的で $27.2 \pm 10.1\%$ であり、互いにコンシステントな結果を得た。ここでもやはり重い標的からより多くの低不変質量部分への寄与があるかもしれないという可能性が否定された。また、この JAM の出力で得られた ϕ の横運動量、ラピディティー分布はデータとカスケード計算との間により一致を見た。更に断面積の標的原子核質量数依存性の指数として 1.01 ± 0.09 を得た。この値はカスケード計算と 1 シグマの範囲内で一致した。また断面積の絶対値も 1 シグマの範囲内で一致した。

以上の事から得られた統計の範囲内で K^+K^- 不変質量分布に原子核内崩壊によって現れると期待された低質量部分への寄与が存在しない事、観測された K^+K^- 分布は、ピークを形成する ϕ の生成に留まらず、連続スペクトラムの形も JAM というカスケード計算コードに含まれる過程のみで記述可能である事が明らかになった。

論文審査の結果の要旨

本申請論文は原子核中、有限密度下でのハドロンの性質を調べるという新しい視点に立った実験的研究に基づいたものである。密度効果によって現れることが理論的に予想されているメソンの質量変化はその物理的な重要性にも関わらず、これまで決定的な実験事実がない。

論文は大型のスペクトロメータである実験設備の建設からその後の物理の解析に至るまで精緻に記述されている。この研究テーマは、核内でのメソンの性質をその崩壊粒子を直接測定することにより、不変質量分布のスペクトロスコピーから明らかにしようというものであり、新しいハドロンの物理の研究手法を切り開いた意味においても高く評価できる。

物理の解析は主として $\phi \rightarrow K^+K^-$ チャンネルに対してなされている。まず、12GeV 陽子に対する ϕ の生成断面積とその原子核質量数依存性が求められている。このエネルギー領域における ϕ 中間子の生成機構は未知であったが、石野氏は実験結果をカスケード計算と比較して両者が定量的に一致していることを示した。この事実は核子・核子散乱でできるクォーク対ストリングからの生成が ϕ 生成に主要な役割を担っていることを示唆している。

又、得られた不変質量分布を軽い原子核標的と重い原子核標的と比較することにより、 ϕ 中間子の密度効果による質量変化が見いだせないかとの解析がなされている。 K^+K^- の原子核標的からの不変質量分布を求め、カスケード計算と比較した解析結果は、結果として ϕ 中間子の質量変化にたいし否定的であるが、核内ハドロンの質量変化という問題に新しい実験的知見を与えたものとして評価できる。

以上の実験結果およびそれを記述した論文は、博士の学位に値するものであると判断する。

また、石野氏が実験設備の建設に当たって行ったエアロジェル製作の企業化のための努力は特筆されるべきものである。現在では世界中のエアロジェルを大量に必要とする実験が当該企業にたいし製造依頼し、生産が継続的に行われている。石野氏の大きな業績の一つとして評価するものである。

論文内容とそれに関した口頭試問を行った結果合格と認めた。