

|           |                                                                                                                                                                            |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氏 名       | なる き めぐみ<br>成 木 恵                                                                                                                                                          |
| 学位(専攻分野)  | 博 士 (理 学)                                                                                                                                                                  |
| 学 位 記 番 号 | 理 博 第 2985 号                                                                                                                                                               |
| 学位授与の日付   | 平 成 18 年 3 月 23 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    | Experimental signature of medium modifications for $\rho$ and $\omega$ mesons<br>in 12GeV p+A reactions<br>(12GeV p+A 反応における $\rho$ および $\omega$ 中間子の核物質による質量変化の実<br>験的研究) |
| 論文調査委員    | (主 査)<br>教 授 今 井 憲 一      教 授 谷 森      達      助教授 齊 藤 直 人                                                                                                                  |

### 論 文 内 容 の 要 旨

申請論文は有限密度におけるカイラル対称性の部分的回復という理論的予想を、原子核物質中でのベクトル中間子の質量変化を測定することで調べようとしたものである。そのためには原子核中にベクトル中間子を生成して、その稀なレプトン対崩壊を測定する必要がある。レプトンは原子核による影響をほとんど受けないからである。申請者等が KEK-PS において行った E325 実験では、12GeV 一次陽子ビームを炭素および銅の原子核標的に照射し、生成したベクター中間子の  $e^+e^-$  崩壊を測定した。レプトン対を用いて通常原子核密度下でのベクター中間子の質量を見たのはこの実験が世界初めてとなる。

期待される質量の変化をとらえるため、原子核中で崩壊する確率が高い、遅いベクター中間子の検出が可能な大立体角のスペクトロメータを建設した。スペクトロメータは双極電磁石、半円筒型のドリフトチェンバー、ガスおよび aerogel Cherenkov counter, TOF カウンター、鉛ガラスカロリメーターなどからなる大規模なものである。ビームのラピディティ  $y_{\text{beam}}=3.3$  にたいし、 $\omega$  中間子のアクセプタンスは  $0 < p_{T_{e^+e^-}} < 1 \text{ GeV}/c$  かつ  $0.6 < y_{e^+e^-} < 2.0$  である。また、得られた  $\omega$  中間子の質量分解能は  $8.0 \text{ MeV}/c^2$  である。

2002 年のビームタイムでは、 $\omega$  中間子を炭素標的で 3644 個、銅標的で 3346 個収集した。また、得られた不変質量分布を既知のハドロ源、 $\omega \rightarrow e^+e^-$ ,  $\rho \rightarrow e^+e^-$ ,  $\phi \rightarrow e^+e^-$ ,  $\eta \rightarrow e^+e^- \gamma$ ,  $\omega \rightarrow e^+e^- \pi^0$  および無相関な  $e^+e^-$  で作られるコンビナトリアルバックグラウンドで再構成することを試みた。その結果、 $\omega$  中間子のピークの左側に、これら既知のものでは説明できないエクセスを発見した。その有意性は、炭素標的で  $11\sigma$ 、銅標的で  $10\sigma$  であった。なお、 $\omega$  中間子の収量に対するエクセスの量は、どちらの標的でも  $0.40 \pm 0.04$  となり、一致している。

アクセプタンス補正後の  $\rho/\omega$  生成比は 0 と一致し、その上限値は、95% の信頼度で、炭素標的で 0.15、銅標的で 0.31 であった。過去に同じエネルギー領域で測られた、素過程である陽子・陽子反応における  $\rho/\omega$  生成比の実験値はほぼ 1 である。得られた値は、これと比べて非常に小さい。これは  $\rho$  中間子の寿命が短いために、そのほとんどが原子核内で崩壊し、質量が変化してエクセスに寄与したためと考えられる。

初田、Lee の有限密度下でのベクトル中間子の質量変化の理論公式に基づき、簡単なモデルで計算を行ったところ、通常原子核密度で  $\rho$ ,  $\omega$  中間子の質量が  $9.2 \pm 0.2\%$  減少するというモデルで、観測されたエクセスがよく再現されることが分かった。一方、干渉角および  $\rho/\omega$  生成比を変数として  $\rho$ - $\omega$  干渉形でエクセスが記述できるかどうかを解析したところ、いずれの値でもエクセスを再現することは出来なかった。したがってこの実験の結果は原子核密度中でのベクトル中間子の質量変化を強く支持するものである。

### 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本申請論文は、有限密度下におけるカイラル対称性の部分的回復によるベクトル中間子の質量変化を実験的に調べようとしたものである。そのため申請者は、KEK-PS の 12GeV 陽子ビームを用いて、原子核標的でベクトル中間子を生成して

その崩壊粒子を測定した。原子核内での崩壊をしらべるため、核物質の影響を受けない電子・陽電子対崩壊を測定した。この崩壊は  $\pi$  中間子などへの崩壊に比べ、その確率が  $10^{-4}$  のオーダーときわめて小さいため、原子核標的の実験はこれまでほとんどなかった。申請者等はサイクロトロンに使用されていた大型電磁石を改造して、tracking chamber や電子同定用の、ガスや Aerogel Cherenkov counter, 鉛ガラス電磁カロリメータからなる大立体角のスペクトロメータを建設して実験を行った。その結果、初めて原子核標的の高エネルギーハドロン反応において、 $\omega$  や  $\phi$  の電子陽電子の崩壊による質量ピークの観測に成功した。このことはこれまで困難と思われていたことを成功させたという意味で、実験として立派なものであり高く評価できるものである。測定された  $\omega$  の質量幅は  $8\text{MeV}/c^2$  でありエネルギー分解能もこの実験の目的には十分な性能といえるだろう。

測定された電子・陽電子対の不変質量分布を、知られているハドロンからの電子・陽電子崩壊および combinatorial background を使ってベクトル中間子の質量変化がないとしてフィットした結果、以下の2点の重要な結果を得ている。ひとつは  $\rho$  からの寄与が0と consistent であること、ふたつめは  $\omega$  のピークより低い質量領域に説明できない収量の excess があることである。申請論文では  $\rho$  からの寄与の上限 ( $\rho/\omega$  比) ならびに excess の statistical significance が与えられている。素過程では、( $\rho/\omega$ ) 比はほぼ1であり、この結果は重要な発見であるといえる。さらに有意の excess が  $\rho$ ,  $\omega$  より低い質量領域にあることを見つけたことは、ベクトル中間子の質量変化を示唆するものとして画期的な成果といえるだろう。

申請論文では、初田 Lee の質量変化の式をとりいれた簡単なモデル計算を行い、 $\rho$ ,  $\omega$  の質量変化が  $9.2 \pm 0.2\%$  減ったときに、実験で得られた質量スペクトルをもっともよく再現することを見出している。また  $\rho$ ,  $\omega$  の干渉による説明が可能かどうか調べてその可能性を棄却している。

カイラル対称性の自発的破れは、質量の起源として重要な概念とされている。しかし実験の確証が得られているわけではない。申請論文が、ベクトル中間子の原子核中での電子・陽電子対の測定にはじめて成功し、はじめてカイラル対称性の部分的回復とも考えられる事実を発見したことは、ハドロン物理学における非常に大きな業績である。また論文の主な結果はすでに Physical Review Letters 誌に掲載されている。

よって本申請論文は、京都大学博士(理学)の学位に十分値するものと認める。また関連研究分野に関する口頭試問を行い合格と認めた。