

氏 名	た ばる つぐ ちか 田 原 司 睦
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	論理博第 1474 号
学位授与の日付	平成 18 年 11 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文題目	Production of $\omega$ and $\phi$ Mesons in 12 GeV $p+A$ Interaction Measured in $e^+e^-$ Decay Mode (120億電子ボルト陽子と原子核標的の反応における $\omega$ 及び $\phi$ 中間子生成の電子陽電子崩壊モードでの測定)
論文調査委員	(主 査) 教授 今 井 憲 一 教授 笹 尾 登 助教授 中 家 剛

### 論 文 内 容 の 要 旨

本申請論文は、120億電子ボルト陽子といくつかの原子核標的の反応における  $\omega$  及び  $\phi$  中間子の生成断面積の測定に関するものである。中間子生成断面積と原子核の質量数依存性 ( $A$  依存性) は、中間子生成機構に対する重要なデータを与える。これにより、中間子の生成点分布を予想する理論計算の精度が向上し、最近盛んに行われているカイラル対称性の部分的回復に関する研究等が一層進むと考えられる。カイラル対称性の自発的破れは、物質の質量の主たる起源と考えられている。

この実験 KEK-PS E325 は、日本の高エネルギー加速器研究機構にある陽子シンクロトロンを用いて行われた。120億電子ボルト陽子とポリエチレン ( $\text{CH}_2$ )、炭素 (C)、銅 (Cu) 標的との反応における  $\omega$  及び  $\phi$  中間子の包括的生成が衝突の重心系後方で測定された。中間子は電子陽電子崩壊モードで測定され、中間子の生成断面積のラピディティ ( $y$ ) と横運動量 ( $p_T$ ) 分布が得られた。 $y$  が 0.9 から 1.7、 $p_T$  が 0.75 未満の範囲における平均生成断面積は、 $\omega$  中間子で  $14.30 \pm 0.34$  (統計)  $\pm 2.79$  (系統) mb  $c/\text{GeV}$  (C 標的)、 $46.63 \pm 1.25$  (統計)  $\pm 9.70$  (系統) mb  $c/\text{GeV}$  (Cu 標的) であり、 $\phi$  中間子に対しては  $0.270 \pm 0.017$  (統計)  $\pm 0.053$  (系統) mb  $c/\text{GeV}$  (C 標的)、 $1.290 \pm 0.070$  (統計)  $\pm 0.258$  (系統) mb  $c/\text{GeV}$  (Cu 標的) であった。 $A$  に対する依存性は、 $\sigma(A) = \sigma_0 A^\alpha$  の様にパラメータ化され、 $\omega$  中間子に対して  $\alpha = 0.710 \pm 0.021$  (統計)  $\pm 0.037$  (系統)、 $\phi$  中間子に対しては  $\alpha = 0.937 \pm 0.049$  (統計)  $\pm 0.018$  (系統) となった。二つの中間子の  $\alpha$  パラメータは統計的に有意に違うことが判った。

測定された断面積を重心系後方の半球に外挿したところ、 $\phi$  中間子のデータは過去に  $K^+K^-$  崩壊で測られたデータと無矛盾である事がわかった。陽子どうしの反応による生成断面積は  $\text{CH}_2$  と C 標的のデータから求められ、 $\omega$  中間子に対しては  $2.3 \pm 1.1$  (統計)  $\pm 0.5$  (系統) mb、 $\phi$  中間子に対しては  $0.034 \pm 0.045$  (統計)  $\pm 0.007$  (系統) mb となった。 $\rho^0/\omega$  生成比として  $1.0 \pm 0.2$  を仮定すると、Blobel 等によって測定された  $\rho^0$  中間子の包括的な生成断面積と今回測られた  $\omega$  中間子の断面積は無矛盾であることがわかった。また、 $\phi$  中間子の生成断面積も過去のデータを用いたパラメトリゼーション ( $\sigma = a(1-x)^b x^c$ ,  $x = (2.89 \text{ GeV})^2/s$ ) と無矛盾である。

原子核のカスケードシミュレーションプログラム JAM は、10 A GeV の  $p+\text{Be}$  反応から  $\text{Au}+\text{Au}$  反応までで生成された  $\pi$  中間子、 $K$  中間子の分布をよく再現する。また、今回測定された  $\omega$  と  $\phi$  中間子の  $y$  と  $p_T$  の分布もよく再現しており、データと同様に二つの中間子の  $\alpha$  パラメータも異なっている。一方、 $\omega$ 、 $\phi$  中間子の生成断面積の絶対値及び  $\alpha$  パラメータの絶対値を過大評価することも判った。JAM の計算との比較から、現データにおける  $\omega$  と  $\phi$  中間子の  $\alpha$  パラメータの違いは、主に中間子生成に対する一次反応と二次反応の寄与の違いよることが示唆される。

### 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本申請論文は、12 GeV 陽子—原子核反応における中間子生成の生成断面積の測定に関するものである。実験の動機は、

原子核中でカイラル対称性の部分的回復がおこるといふ理論的予測を検証するといふものである。すでに申請者らは、 $\omega$  と  $\phi$  中間子の生成においてカイラル対称性の部分的回復による質量の変化を観測した発表している。しかしこのことを確立していくためには、たとえば反応のメカニズムについてのより深い理解がかかせない。そのため本申請論文は、 $\omega$  と  $\phi$  中間子の生成断面積とその質量数依存性 (A-dependence) の新しいデータを提供したものであり、カイラル対称性の回復といふ重要な問題の研究の進展に寄与するものと評価できる。

この実験は KEK の陽子シンクロトロンからの 12 GeV の陽子を直接引き出して、炭素、ポリエチレン、銅の薄い標的にあて、生成される中間子をその  $e^+e^-$  崩壊によって検出するといふ非常に難しい実験である。ビーム強度が非常に高いこと、 $e^+e^-$  への崩壊分岐比が非常に低く大きな立体角のスペクトロメーターが必要なこと、大量の中性  $\pi$  中間子や  $\gamma$  線に起因する電子陽電子のバックグラウンドがあること、など克服すべきことは多い。申請者らは長期間にわたりビームラインや検出器の調整を行い、 $e^+e^-$  のスペクトルにきれいな  $\omega$  と  $\phi$  のピークを見出すことに成功した。これまでのこの種の実験に比べて S/N の格段に高いピークを観測したことは高く評価できる。さらに申請者はデータ解析において各種検出器の較正や検出効率の評価をシミュレーションを駆使して行い、A-dependence だけでなく生成断面積の絶対値を導出したことは評価できる。

申請者は、 $\omega$  と  $\phi$  中間子についてその生成断面積の横運動量、ラピディティ、質量数依存性を求めた。特に質量数依存性が  $\omega$  と  $\phi$  で大きく異なることを見出した。このことはそれらの中間子の生成メカニズムが大きく異なることを示すもので興味深い。原子核内の高エネルギー反応は自由度が多く複雑であるが、カスケード計算が  $\pi$  や K 中間子の生成についてある程度確立している。そのカスケード計算の JAM と呼ばれる標準的な計算コードとの比較が行われている。それによると、質量依存性の大きな  $\phi$  は、 $\omega$  中間子は一次反応で多く生成され  $\phi$  は二次反応で多く生成されるというカスケード計算の予想とほぼ一致していることが示された。ただ一方断面積の絶対値は実験結果とカスケード計算に大きな食い違いが見られる。申請者の得た結果は、これらの中間子をはじめとする原子核からのハドロン生成反応のさらなる理解を進めるうえで重要な結果であると評価できる。このことは原子核中でのカイラル対称性の部分的回復といふ問題を明らかにしていく上で重要なことである。

なおこの実験の主要な結果については、すでに学術誌に掲載されることが決まっている。

よって本申請論文は博士 (理学) の学位論文として価値あるものと認める。また、論文内容と関連研究分野に関する試問を行った結果、合格と認めた。