

氏名(本籍)	たなかまのぶ 田中真伸(長野県)					
学位の種類	理学博士					
学位記番号	博甲第734号					
学位授与年月日	平成2年3月23日					
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当					
審査研究科	物理学研究科					
学位論文題目	Pion-Induced Double Pion Production on Nuclei in the Incident Momentum Range from 0.5 to 1.5 GeV/c (入射運動量0.5-1.5 GeV/cの π 中間子による原子核からの2重 π 中間子生成)					
主査	筑波大学教授	理学博士	八木浩輔			
副査	筑波大学教授	理学博士	滝川紘治			
副査	筑波大学教授	理学博士	吉野興平			
副査	筑波大学助教授	理学博士	香村俊武			
副査	筑波大学講師	理学博士	新井一郎			

論文の要旨

π 中間子は、強い相互作用をする粒子(ハドロン)中最も軽く、また3種類の荷電状態 π^+ 、 π^0 、 π^- をもつ。したがってハドロンと原子核の相互作用の研究において、 π 中間子は核子Nとは異なった特徴を示す。 π 中間子と原子核の相互作用の研究は、専ら欧米のいわゆる中間子工場(Meson factory)において0.4GeV以下の π 中間子エネルギー領域でなされたきた。

著者は、入射 π 中間子運動量0.5-1.5GeV/c領域において、いろいろ標的原子核からの以下のよ様な包含的2 π 中間子生成反応の実験をはじめて系統的におこなった。

$$\pi^+ + A \rightarrow \pi^+ + \pi^- + X, \quad (1)$$

$$\pi^+ + A \rightarrow 2\pi^+ + X, \quad (2)$$

$$\pi^+ + A \rightarrow 2\pi^- + X. \quad (3)$$

標的核AはLi, C, Al, Cu, In, Pbである。このような生成チャネル(1), (2), (3)および上記の入射運動量領域を特に選んだ理由は次のようである: (i) π Nすなわち素過程での2 π 中間子生成断面積は、0.5GeV/c近傍から急激に増大し、約1GeV/c以上の領域では全反応断面積の主要部分を占めるほどに大きい。すなわち、0.5-1.5GeV/c領域の主反応チャネルは上記チャネル(特に(1), (2))である。(ii) 素過程で0.5GeV/c以上では、いわゆる(3, 3)共鳴準位を越えているので原子核が透明度を回復し、原子核の内部構造が π 中間子をプローブとして見易くなる。(iii) 反応(1), (2)は一段階過程では、それぞれ素過程 $\pi^+ + n \rightarrow \pi^+ + \pi^- + p + X$, (1'), $\pi^+ + p \rightarrow 2\pi^+ + n + X$, (2')に対応し、標的核中の中性子あるいは陽子を識別できることになる。(3)の素過程は $\pi^+ + n$

$\rightarrow 2\pi^+ + 2\pi^- + p + X$, (3') となり, 反応断面積は前二者に較べてはるかに小さい。

著者が(1), (2), (3)の実験を初めておこなうことができた理由は, (a)終チャンネルの2個の放出 π 中間子を検出・分析できる大立体角多粒子スペクトロメーター ($33^\circ \leq \theta \leq 107^\circ$ および全方位角をカバー) を使用した, (b)12GeV 陽子シンクロトロン (KEK) による高エネルギー π ビームを使用したからである。

6種類の標的核について, (1), (2), (3)チャンネルの微分および全断面積が入射運動量間隔0.1GeV/cで測定された。各チャンネルで放出 π 中間子のエネルギースペクトルが測定され, スペクトルの形が標的核によらず一定であることが判明した。このスケール則は, 各チャンネルでは標的核によらず同じメカニズムの反応が起っていることを示す。さらに(2)と(1)の全断面積の比 $\sigma(2)/\sigma(1)$ はF, 標的核のZ/N比に比例する。ここでZ (N) は標的核の陽子 (中性子) 数。このことは前記 (iii) を考慮すれば, 反応(1), (2)がそれぞれ素過程 (1'), (2') という一段階過程によって起っていることを示している。一方反応(3)の断面積は, (1), (2)と比較して約一桁小さい。ただし素過程 (3') から期待される断面積よりもはるかに大きい。そこで反応(3)は二段階過程: $\pi^+ + n \rightarrow \pi^+ + \pi^- + p$ (第一段), $\pi^+ + n \rightarrow \pi^+ + \pi^- + p$ (第二段)によって起ると考え, 測定された全断面積の比 $\sigma(3)/\sigma(1)$ が説明できるかを調べた。そして, 二次 π 中間子 (下線) の核内での平均自由行程, 核内中性子密度, 核半径の値から矛盾がないことを確かめた。著者はさらに, 全断面積の標的核の質量数A, 陽子数, 中性子数依存性をべき乗則 A^n, Z^n, N^n の形で求め, それぞれのn値の入射運動量依存性まで求めた。(1)と(2)のn値はほぼ同値でありかつ(3)のn値とは大きく異なり, 反応メカニズムの(1), (2)での同型, (3)との相違を示している。

審 査 の 要 旨

この論文のオリジナルティーは, (I) π 中間子が様々な原子核に入射し, 2個の荷電 π 中間子を生成する3種類のチャンネルの微分および全断面積を, 0.5–1.5GeV/c入射運動量領域ではじめて系統的に測定したこと, (II) この反応のメカニズムを考察して, 主な反応過程としてチャンネル(1)および(2)は一段階過程, (3)は二段階過程によることを定性的に導いたことである。(II)の反応メカニズムの定量的解釈は, 今後のモンテカルロ法による計算等の詳細に待たなければならないが, 著者の与えた定性的解釈はその出発点を与えるものと考えられる。以上の結果は, ハドロンと原子核の相互作用の研究に大きく寄与すると思われ, 成果は高く評価されてよい。

よって, 著者は理学博士の学位を受けるに十分な資格があるものとみとめる。