

平成 22 年 5 月 1 日現在

研究種目： 基盤研究(C)
 研究期間： 2007 ～ 2009
 課題番号： 19540281
 研究課題名 (和文) 100万ニュートリノ反応検出によるチャーム粒子解析
 研究課題名 (英文) Charmed particle analysis with one million neutrino interactions

 研究代表者
 佐藤 修 (Sato Osamu)
 名古屋大学・大学院理学研究科・特任助教
 研究者番号：20377964

研究成果の概要 (和文) : 200 文字

CHORUS 実験の標的原子核乾板に蓄積されている約 100 万ニュートリノ反応の反応点近傍、数ミリの範囲を位置の分解能サブミクロンで解析しチャーム粒子付事象、2 万例を検出しその中にエキゾチックなチャーム粒子の探索・解析を目的とする。

本研究では 10cmx10cm の全スキャン範囲における本物飛跡の飛跡検出効率を維持しつつノイズ飛跡を拾わない開発・条件出しを行い反応点の選び出し方法の確立まで終了した。本研究課題で達成した大面積のスキャンによる飛跡選び出しにより CHORUS 実験に蓄積された全ニュートリノ反応を検出・チャーム粒子付事象を解析する目処がついた。

研究成果の概要 (英文) :

The CHORUS experiment stored one million neutrino interactions in nuclear emulsion target. While the past analysis for neutrino oscillation and charm analysis such for short life time particle detection was just based only 0.2 million events. The limitation of the analyzed event comes from limitation of scanning power and inefficiency due to target tracker prediction accuracy tail.

Then the aim of this study is locating of 1 million neutrino events by faster scanning machine and deal about 20,000 charmed particle associated events.

The R&D of improving track finding efficiency and reducing background tracks in the large area scanning like level of 10 cm x 10 cm was done.

And the parameters of track goodness are tuned to keep signal background level and track finding efficiency and the track pick up for event location was done.

All neutrino event location in the CHORUS detector and neutrino events with charmed particle will be followed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	800,000	240,000	1,040,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
2009 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	1,800,000	540,000	2,340,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：チャーム粒子生成、チャームペンタクォーク

1. 研究開始当初の背景

ニュートリノ反応はチャーム粒子を効率よく生成する事ができる。CHORUS 実験は1994年から1997年の4年間ニュートリノビーム照射がされて約100万反応が標的の原子核乾板に蓄積された。当時の自動飛跡読取装置の能力では後方支援検出器 (TT) が予測した場所の約1mm四方を探す事が出来る程度であった(図1参照)。そのため TT の予測精度が悪いなどの理由で解析されたのは約20万反応程度であった。約2000チャーム付事象を解析し一部チャーム粒子を伴う希少な事象の解析(スーパー核の探索、およびチャームペンタクォーク探索)を行ったが統計が少ない為に生成断面積のリミットを出すに t とどまっておらず不十分である。またイベント検出のエネルギーに依存性も存在しており不満があった。

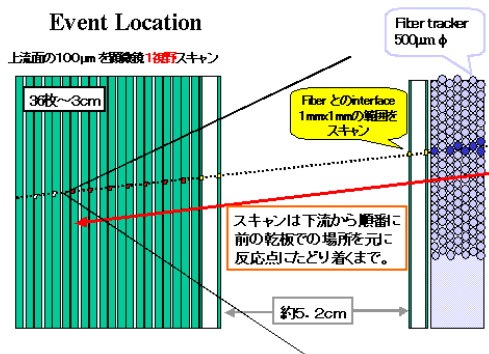


図1 CHORUS 実験のイベントロケーション (当時)

2. 研究の目的

ニュートリノ反応数を100万までに上げることでチャーム事象数も当時の解析量の5倍に増やしチャームを伴う希少な事象、チャームを含むペンタクォークの探索、 Λ_c が核子と束縛した状態(スーパー核)の探索およびチャームハドロンの2次反応断面積の測定が物理解析目的である。その物理解析実現のためにCHORUSで蓄積した全ニュートリノ反応100万反応を検出する方法を確立する。

3. 研究の方法

チャーム粒子を伴う稀反応を扱う事を目的にするので反応点検出、およびチャーム粒子解析においてエネルギー依存性および後方支援検出器 (TT) による飛跡再構成のバイアスを無くしたい。以前の解析では TT の情報を利用していましたがこれを反応点探索のためには使わないようにする。そのかわり自動飛跡読取装置が高速化されてきた事を利用して原子核乾板の全面積をスキャンする。全面積をスキャンした中から宇宙線、上流のビームラインからの μ 粒子等を除き反応由来のトラックのみを効率よく選び出し反応点探索を行う。ニュートリノ反応の検出後は以前の解析と同じように短寿命粒子の崩壊を伴うイベントを探索する。

4. 研究成果

原子核乾板のスキャンは名古屋大学F研究室で開発された高速スキャンシステム (SUTS) を用いて行い、単位時間にスキャンできる面積は $50\text{cm}^2/\text{h}$ である。このマシンから吐き出される大量の飛跡情報の中には本物だけでなくその飛跡(ノイズ飛跡)も存在する。 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ の乾板の面積から引き出されるトラックデータは約1億本である。そのほとんど(99%以上)はノイズ飛跡である。まずこの大量に読み出された飛跡情報を扱う方法の確立した。その後読み出されたトラックの本物と偽物飛跡の分別の R&D およびパラメータのチューニングを行った。

図2のヒストグラムはフィルム2枚の場合のトラックらしさを likelihood 関数で評価したものである。

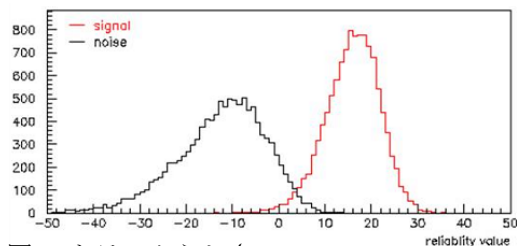


図2 トラックらしさ

トラックの評価に使っている情報は読取装置で認識された以下の14パラメータである。

- ① 飛跡の角度情報 (x, y) *2層*2枚分。
- ② 乾板1枚のベース間を挟んだ位置から求めた角度*2枚分。
- ③ 飛跡の濃さに対応するパルスハイト2層*2枚分の情報。

それぞれのパラメータにおいて本物トラック及び偽者トラック(コンプトン電子あるいはランダムフォグ)で確率密度関数を実際のデータで作成して14次元のlikelihoodとしたものである。

実際には本物トラックらしさ(L_{signal})と偽物トラックらしさ(L_{noise})をそれぞれ算出しその比を信頼性の値(Reliability value)として用いた。

解析の目的あるいはバックグラウンド飛跡をどの値までにしたいかでカットするReliability値を選ぶ事ができる。実際にはReliability値0のところでは十分な効率を維持しつつノイズも問題なく解析できる。

実際のニュートリノ反応だけにかからむ飛跡の選び出しは面積72cm*36cmの原子核乾板を36枚積層した厚み3cmになる原子核乾板モジュールの最上流側の原子核乾板と最下流側の原子核乾板で検出した飛跡の内、両方に共通するものはモジュールを貫通する飛跡として解析から除外する。残った飛跡はモジュール内で発生した物とみなしニュートリノ反応点探索を行う。

本研究課題で達成した大面積のスキャンによる飛跡選び出しを行う事でCHORUS実験に蓄積された全ニュートリノ反応を解析する目処が立った。エネルギー等のバイアスなしでニュートリノ反応を解析できる事の利点は特に低エネルギーでのニュートリノ反応の断面積の算出および反応点からトラックの角度分布を詳細に調べる事が出来る事である。また主目的であるチャーム粒子を伴う稀反応の解析はペンタチャーム及びスーパー核の探索が大統計で出来るので是非近日に解析を完了したい。

大面積スキャンのR&Dで得られたノウハウは現在OPERA実験でのスキャンに生かされ順調に進んでいる。

また大面積のスキャンが必要な研究は素粒子物理学の分野に限らずこれからますます増えると考えられる。宇宙線 μ を使って山あるいは大規模構造体の構造分析等がその例に挙げられ、これらの分析の為に大面積スキャンに本研究で開発してきた一連のスキャンデータの取り扱い、管理ソフトウェア群、飛跡の選別方法の適応が可能である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 8件)

(1) The analysis of interface emulsion detector for the OPERA experiment in JAPAN Scanning facility

JINST 5:P04009, (2010) 査読有

T.Fukuda K.Kodama M.Komatsu S.Miyamoto K.Morishima T.Nakano

T.Omura Y.Sakatani and O. Sato

(2) The Detection of neutrino interactions in the emulsion / lead target of the OPERA experiment.

OPERA Collaboration (N. Agafonova et al)

JINST 4:P06020, 2009. 査読有

(3) The OPERA experiment in the CERN to Gran Sasso neutrino beam.

OPERA Collaboration (R.Acquafredda et al.)

JINST 4:P04018, 2009. 査読有

(4) Leading order analysis of neutrino induced dimuon events in the CHORUS experiment.

CHORUS Collaboration (A.Kayis-Topaksu et al.)

Nucl. Phys. B798, 1-16 (2008) 査読有

(5) Emulsion sheet doublets as interface trackers for the OPERA experiment.

OPERA Collaboration (A.Anokhina et al.)

JINST 3:P07005, 2008 査読有

(6) Final results on $\nu(\mu) \rightarrow \nu(\tau)$ oscillation from the CHORUS experiment.

CHORUS Collaboration (E. Eskut et al.)

Nucl. Phys. B793, 326-33 (2008) 査読有

(7) Associated Charm Production in Neutrino-Nucleus Interactions.

CHORUS Collaboration (A. Kayis-Topaksu et al.)

Eur. Phys. J. C52, 543-552 (2007) 査読有

(8) Charged Particle Multiplicities in Charged-Current Neutrino and Anti-Neutrino Nucleus Interactions. CHORUS Collaboration (A. Kayis-Topaksu et al.) Eur. Phys. J. C51, 775-785(2007) 査読有

〔学会発表〕(計 3件)

- (1) ニュートリノ振動実験 OPERA のタウニュートリノ反応探索 佐藤 修
日本物理学会、2010年3月22日、岡山大学
- (2) ニュートリノ振動実験 OPERA 現状報告 佐藤 修、日本物理学会、
2009年3月29日、立教大学
- (3) ニュートリノ振動実験 OPERA 現状報告 佐藤 修、日本物理学会、
2007年9月22日、北海道大学

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕
○出願状況(計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
名古屋大学理学研究科・素粒子宇宙物理系
基本粒子研究室 (F 研) ホームページ
<http://flab.phys.nagoya-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 修 ()
名古屋大学・大学院理学研究科・特任助教
研究者番号：20377964

(2) 研究分担者 ()

研究者番号：

(3) 連携研究者 ()

研究者番号