

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2007～2008

課題番号：19540321

研究課題名 (和文) アトラス実験後段トリガーにおける事象選別の研究

研究課題名 (英文) Development of the Higher-Level Trigger at the ATLAS experiment

研究代表者

長野 邦浩 (NAGANO KUNIHICO)

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・助教

研究者番号：90391705

研究成果の概要：世界最高エネルギーでの陽子・陽子衝突加速器 LHC を用いた ATLAS 実験の後段トリガーにおける、ミュー粒子を含む事象選別の研究を行った。事象選別の性能を詳細に評価して、効率を低くする、トリガー頻度が大きくするなどの要因を特定して、改良するトリガー論理を開発した。また、取得されたデータを直ちに解析して事象選別が正しく動作していることを確認するモニターを開発した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2008年度	1,700,000	510,000	2,210,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：高エネルギー物理学

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：素粒子実験、新粒子探索、標準模型、トリガー、国際協力

1. 研究開始当初の背景

世界最高エネルギーでの陽子・陽子衝突加速器 LHC を用いた ATLAS 実験では、人類未踏の TeV 領域で新粒子を直接に探索することができる。この際、膨大なバックグラウンド事象の中から、新現象を含む重要な事象を逃すことなくオンラインで高速判定してデータ収集すること (トリガー) が必須であり、難関の実験技術である。トリガーで判定されなかった事象は記録されないため、万一トリガー系が正しく動作しないと重要な事象なども失ってしまう。2008年9月からの実験開始を控え、安定に動作するか、新粒子などの重要

な事象に対して十分に高い効率があるか、などを詳細に理解し、より有効なトリガー論理を開発して改良することが重要であった。

2. 研究の目的

ATLAS 実験トリガーのうち後段トリガーの開発を行い、オンラインでの事象選択に応用することが目的である。これにより、重要な事象に対して効率を高く保ちつつ、バックグラウンドとなる事象に対して有効な排除を与え、新粒子などの探索が可能であることを目的とする。

3. 研究の方法

LHC における膨大なバックグラウンド中の測定では、電子やミュオン粒子などのレプトンが、とりわけ重要なシグナルになる。本研究ではミュオン粒子に特化したトリガーの改良を行った。

シミュレーション事象を用いて、トリガーの性能や頻度などを詳細に調査して理解を進め、改良を行った。当初計画では、2008年9月のLHC 運転開始後は実際に取得したデータで研究を進める予定であったが、LHC 加速器の事故により運転再開が延期されたため、シミュレーションに基づく研究に専念した。

4. 研究成果

まずは、トリガー頻度を十分に低く抑えて安定に稼働できるかどうかを検証した。物理シミュレーションを用いて予想されるトリガー頻度を評価し、その結果から運動量の低いミュオン粒子に対してトリガー効率がゼロとはならずトリガー頻度に対して大きな不定性を与えることが分かった。さらに解析を進め、原因は磁場が複雑な領域が存在すること、トリガー論理の中で反応バーテックスが原点であることを仮定せざるを得ないことに依ると特定した。

続いて、これらを改善するための新しいトリガー論理（アルゴリズム）の開発を行った。ミュオン粒子を選択するトリガーのうち、現行では運動量測定精度があまり良くない、検出器の中央から外側寄りのエンドキャップ部について、以下の3つのアイデアから改良を進めた。一つは、磁場が複雑になっている領域で電荷依存性を考慮に入れるなどによって運動量の精度を向上させた。もう一つは、最内層の検出器を積極的に用い、運動量測定が反応バーテックスの位置に依存することを抑えるアルゴリズムを開発した。この成果については大学院生の修士論文として纏められ、日本物理学会でも報告した（図1参照）。さらに、カルマンフィルター原理を用いて複雑な磁場も正しく考慮に入れて飛跡の再構成を行うトリガーの新規開発を進めた。このような本格的な飛跡再構成を後段トリガーのうち最初の段階で導入するのはATLAS 実験では初めての試みである。技術的な開発事項を完成させ動作させることに成功し、細部は未調整ながら現行と同等もしくはやや良い性能を得た（図2参照）。今後の詳細な調整と較正により飛躍的な改良が期待できると考えている。この成果については物理学会でも報告した。

また、2009年のLHCの本格稼働の際に必須の、取得されたデータを直ちに解析してトリガ

ーが正しく動作しているかをモニターしたり、トリガー論理に必要な関数やパラメータの較正を行うプログラムを開発した。

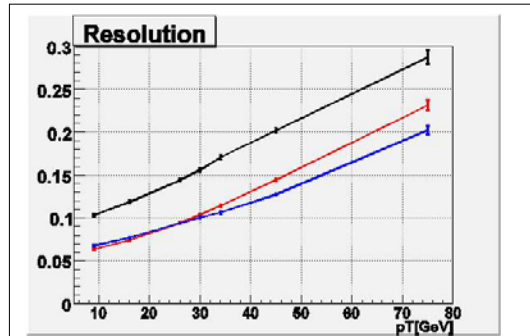


図1 ATLAS 第2段ミュオン粒子トリガーにおける運動量分解能をミュオン粒子の横方向運動量の関数として示す。黒線が現行アルゴリズム、赤線と青線が本研究で開発したアルゴリズムによる再構成。

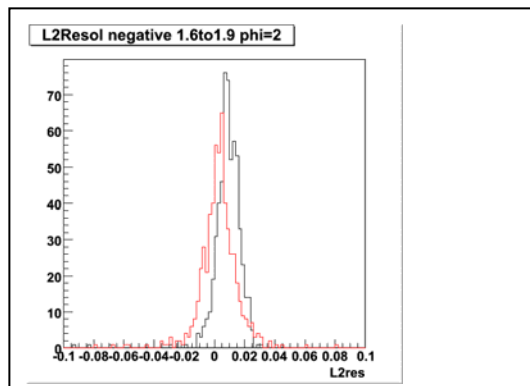


図2 ATLAS 第2段ミュオン粒子トリガーで再構成された運動量の、真の値からのずれを真の値で割って示す。黒線が現行のトリガー、赤線が本研究で新規に開発を進めたカルマンフィルターを用いたアルゴリズムによる再構成。より真の値に近い再構成が得られている。

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）

〔学会発表〕（計 7 件）

- ① 大町千尋、ATLAS レベル 2 ミューオントリガーアルゴリズムへのカル

- マンフィルターの組み込み、日本物理学会 第 64 回年次大会、2009 年 3 月 29 日、立教大学
- ② 道前武、ATLAS 実験におけるレベル 2 ミューオントリガーでの新しい運動量測定法の開発、日本物理学会 第 64 回年次大会、2009 年 3 月 29 日、立教大学
 - ③ 道前武、アトラス実験におけるレベル 2 ミューオントリガーの性能評価、日本物理学会 2008 年秋季大会、2008 年 9 月 23 日、山形大学
 - ④ 大町千尋、ATLAS レベル 2 ミューオントリガーにおける放射線バックグラウンド抑制の研究、日本物理学会 第 63 回年次大会、2008 年 3 月 26 日、近畿大学
 - ⑤ 道前武、ATLAS 実験におけるレベル 2 ミューオントリガーの位置依存性の研究、日本物理学会 第 63 回年次大会、2008 年 3 月 26 日、近畿大学
 - ⑥ 小曾根健嗣、ATLAS 実験における Inner Detector を用いたレベル 2 ミューオン・トリガーの性能評価、日本物理学会 第 63 回年次大会、2008 年 3 月 26 日、近畿大学
 - ⑦ 大町千尋、ATLAS 実験におけるレベル 2 ミューオントリガーの開発および性能評価、日本物理学会 第 62 回年次大会、2007 年 9 月 22 日、北海道大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長野 邦浩 (NAGANO KUNIHIRO)
高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・助教
研究者番号：90391705

(2) 研究分担者

(2007 年度)

藏重 久弥 (KURASHIGE HISAYA)
神戸大学・自然科学研究科・准教授
研究者番号：20205181
山崎 祐司 (YAMAZAKI YUJI)
神戸大学・理学研究科・准教授
研究者番号：00311126
陣内 修 (JINNOUCHI OSAMU)
高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・助教
研究者番号：50360566

(3) 連携研究者

(2008 年度)

藏重 久弥 (KURASHIGE HISAYA)
神戸大学・自然科学研究科・准教授
研究者番号：20205181

山崎 祐司 (YAMAZAKI YUJI)
神戸大学・理学研究科・准教授
研究者番号：00311126
陣内 修 (JINNOUCHI OSAMU)
高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・助教
研究者番号：50360566