

自己評価報告書

平成 23 年 5 月 15 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究 (S)

研究期間：2008 ～ 2012

課題番号：20224014

研究課題名 (和文) ジェット識別測定によるクォーク・グルーオンプラズマ物性の研究

研究課題名 (英文) Study of Jets in Quark Gluon Plasma with Parton Identification

研究代表者

三明 康郎 (MIAKE YASUO)

筑波大学・大学院数理物質科学研究科・教授

研究者番号：10157422

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：原子核 (実験)

1. 研究計画の概要

ビッグバン直後の宇宙の姿、クォーク・グルーオンプラズマ (QGP) 状態の研究は自然科学の重要な課題である。

QGP 状態を実験室で生成し、その性質を研究しようという実験的研究が米国ブルックヘブン国立研究所(BNL)RHIC 加速器と欧州共同原子核研究機構(CERN)LHC 加速器において進められている。RHIC において QGP 生成が確認され、より高エネルギー衝突実験が行われる LHC において QGP 物性の研究へと新たなフェーズに移りつつある。

QGP 物性にはジェットの研究が効果的である。高運動量パートンが QGP 中で作る衝撃波の角度からは「音速」を測定できる。また高運動量パートンが QGP 相を通過する際のエネルギー損失量からグルーオン密度など物性を知ることが出来る。

ジェット識別測定が今後の研究の主流となる。そのため、ジェット、特に Di-Jet の測定と反応平面に対する方位角異方性 (v_2) の相関測定が極めて有効かつ重要である。

2. 研究の進捗状況

(1) ジェット識別測定の要点の第 1 は、ジェット測定のエネルギー分解能である。特にダイジェットバランスにより QGP 中の衝突点を測定する。GEANT シミュレーションにより、当該実験では、既設の Time Projection Chamber に電磁カロリメータを組み合わせると最善の分解能を得られることが判明した (平成 20 年度)。

(2) ジェット識別測定の第 2 の要点は、多くの事象を計測するための装置の立体角である。装置の立体角は費用に比例するので、米国、フランス、イタリア、中国の研究者に

呼びかけ、Di-Jet カロリメータプロジェクト (提案者；三明、運営；5 カ国代表による合議) を立ち上げることに成功した (平成 20-21 年度)。

(3) 米仏伊中日の 5 カ国の協力で電磁カロリメータを建設を開始した。本経費のみの場合の 4 倍の規模の電磁カロリメータを建設することとなった (平成 22 年度)。

(4) 7 TeV の陽子・陽子衝突事象のデータ解析を開始した。ジェットのエネルギー分布等の解析を行い、理論模型との比較を実施した (平成 22 年度)。

(5) LHC PS と SPS テストビームを用いて、電磁カロリメータ実機によるエネルギー分解能の最終確認を行い、当初計画通りの性能を達していることを確認した (平成 22 年度)。

(6) 世界最高エネルギーの鉛・鉛衝突において方位角異方性 (v_2) の解析を行った。QGP 粘性など流体の性質を調べる上で重要であると同時に、QGP 中におけるジェットの変貌効果のバックグラウンドとして重要な測定量である (平成 22 年度)。

(6) 日本担当分 288 モジュールのうち、192 モジュールについては組み立てを終え、フランスにおける最終組立工程にむけて出荷し 2011.2 までに無事に到着した。残り 96 モジュールの発送直前の 2011.3.11 に震災となり複数モジュールが損壊した。組立再開に向けて実験室の移動、組立装置の動作確認作業を鋭意進めている (平成 23 年度)。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由)

(1) 上述の世界最高エネルギーの鉛・鉛衝

突において方位角異方性(v_2)の結果を得た。衝突中心領域の TPC だけでなく前方/後方領域の検出器の方位角異方性測定からジェットの寄与しない v_2 を決定することに成功した。

(2) 本経費による提案により、米仏伊中日5カ国共同の Di-Jet カロリメータプロジェクトの立ち上げることに成功した。このことにより当初計画経費の5倍の大きさの装置を組立てることが出来るようになった。ジェット運動量領域では、QGP 物理のような pioneering 実験では測定可能範囲を拡大できることは大変なメリットである。

(3) 5カ国協力のメリットの反面で、検出器の完成時期が1年近く遅れたことは想定外であった。これは検出器のレスポンスを均一にするために、検出器の材料であるシンチレータや鉛板などの生産が同時期に同一の企業に集中することとなったためである。当該企業は材料調達能力と生産能力を越え、組立て作業を5カ所同時並行で進めるメリットをも消すこととなってしまった。当該測定にとって検出器レスポンスの均一性は極めて重要であるので、やむを得なかったと考えている。

4. 今後の研究の推進方策

(1) RHIC と LHC における原子核・原子核衝突及び陽子・陽子衝突における方位角異方性(v_2)の解析を推進する。特に、ジェット発生に伴う方位角異方性の変化に着目し、比較検証する。

(2) 日本分担分のモジュール組立再開。現時点では震災の影響を数ヶ月の遅れと見積もっているが、フランスにおける最終組立工程は全数到着を待たずに実施する。最悪の場合は震災影響分(全数の8.3%)については当初組み込みをあきらめる。

(3) 最終組立/組込の遂行。米仏伊中日5カ国で組立てた1152個のモジュールはフランスにおいて LHC-ALICE 実験本体に組み込むための最終組立工程(性能評価試験を含む)を開始している。平成23年度中には完了し、CERNにて実験装置本体への組み込みを待つ。

(4) ALICE 実験本体への組み込み。LHC 加速器のシャットダウン時期に合わせて組み込み作業を行う。この作業の予行演習も済ませており、実作業時間3日程度で完了する。LHC 加速器のシャットダウン時期については、加速器の不具合の発生や運転計画などから過去数年間に何度も変更されてきた経緯がある。

LHC などの大型国際協力研究では、他国の経費の違い、執行プロセスの違い、Fiscal Year の違い、また、大型加速器の運転計画の変更など、当初計画通りに進展しない可能性

が高いことを是非御理解頂きたい。一方で、これらの実験は10年以上に渡って測定が続けられ、多くの成果がもたらされることも多い。

5. 代表的な研究成果

(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 32 件)

- ① ALICE collab. (K. Aamodt, T. Chujō, S. Esumi, H. Hamagaki, Y. Miake, 他 909 名、アルファベット順), Suppression of Charged Particle Production at Large Transverse Momentum in Central Pb-Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}}=2.76$ TeV, Phys. Lett. 査読有 B696(2011) 30-39.
- ② ALICE collab. (K. Aamodt, T. Chujō, S. Esumi, H. Hamagaki, Y. Miake, 他 955 名、アルファベット順), Elliptic Flow of Charged Particles in Pb-Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}}=2.76$ TeV, Phys. Rev. Lett. 査読有 105(2010) 252302:1-11.
- ③ ALICE collab. (K. Aamodt, T. Chujō, S. Esumi, H. Hamagaki, Y. Miake, 他 955 名、アルファベット順), Charged-particle multiplicity density at mid-rapidity in central Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}}=2.76$ TeV, Phys. Rev. Lett. 査読有 105(2010) 252301:1-6.
- ④ ALICE collab. (K. Aamodt, T. Chujō, S. Esumi, H. Hamagaki, Y. Miake, 他 955 名、アルファベット順), Elliptic Flow of Charged Particles in Pb-Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}}=2.76$ TeV, Phys. Rev. Lett. 査読有 105(2010) 252302:1-11.
- ⑤ PHENIX collab. (S. Afanasiev, T. Chujō, S. Esumi, H. Hamagaki, Y. Miake, 他 342 名、アルファベット順), Systematic studies of elliptic flow measurements in Au+Au Collisions at $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV, Phys. Rev. 査読有 C80(2009) 024909:1-27.

[学会発表] (計 33 件)

- ① 中條達也, "DCal for the ALICE experiment at LHC", 3rd Asian Triangle 国際会議, 2010/10/20, 武漢, 中国
- ② 江角晋一, "Jet-flow correlations", Flow and Dissipation in ultra relativistic heavy ion collision, 2009/9/14, トレント, イタリア
- ③ 三明康郎, "Jet as a homework from RHIC to LHC", Workshop for ALICE upgrades, 2009.11.7, ソウル, 韓国
- ④ 江角晋一, "Interplay between jet and v_2 ", 4th international workshop high-pT physics at LHC, 2009.2.6, プラハ, チェコ共和国

[その他]

ホームページ ; <http://utkhii.px.tsukuba.ac.jp/>