

平成 22 年 5 月 27 日現在

研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20740126
 研究課題名（和文）クォークoniumをプローブとした超高温高密度クォークグルオン物質の物性研究
 研究課題名（英文）Study of the properties of hot and dense Quark-Gluon-Plasma via Quarkonia production
 研究代表者
 郡司 卓 (GUNJI, TAKU)
 東京大学・大学院理学系研究科・原子核科学研究センター・助教
 研究者番号：10451832

研究成果の概要（和文）：CERN 研究所の LHC 加速器を用いた ALICE 実験に参加し、電子を同定する遷移輻射検出器(TRD)の制作、検出器からの信号を読み出す電子回路の開発とその制御システムの開発を進め、その一方で、制作された検出器の実験エリアへのインストールや立ち上げ作業を CERN にて行った。また、LHC 加速器で初となる陽子・陽子衝突実験を遂行し、TRD を用いた電子の同定や本研究で測定する J/ψ 粒子の同定に成功した。

研究成果の概要（英文）：I participated in the ALICE experiment at CERN-LHC and performed the construction of the Transition Radiation Detector (TRD) and development of the readout electronics and its control system. I installed TRD in the experimental area and did commissioning at CERN. I successfully identified electrons with TRD and measured J/ψ via di-electron decay in the first p+p collisions at LHC.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

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：原子核(実験)

1. 研究開始当初の背景

高温高密度クォーク物質の検証とその性質解明を目的として、米国ブルックヘブン国立研究所の RHIC 加速器を用いた重イオン衝突実験が行われ、数々の興味深い実験結果とともに、高温高密度クォーク物質の形成は確固たるものとなった。さらに、クォーク物質の性質に至っては、比粘性の小さな理想流体の様相を呈していることが分かり、RHIC における一連の研究はクォーク物質の物性研究

の新展開を告げる事となった。

スイスの CERN 研究所の LHC 加速器では、RHIC の 30 倍ものエネルギーの重イオン衝突実験が計画されており、LHC は、クォーク物質の物性研究のフロンティアとして、ますます重要な研究中心である。

申請者は LHC-ALICE 実験に参加し、重イオン衝突におけるクォークonium(J/ψ , Υ)生成を通じて、クォーク物質の性質研究を行う予定であった。

2. 研究の目的

申請者の研究目的は、LHC において高エネルギー重イオン衝突実験を遂行し、重イオン衝突で生成される高温高密度クォーク物質の性質解明を行う事である。さらに、LHC エネルギーにおけるクォーク物質の性質解明を通じて、RHIC-LHC という広エネルギー領域におけるクォーク物質の物性解明、非摂動的な強い相互作用の理解、クォーク物質の熱平衡化機構の解明を行うことも本研究の重要な目的である。

3. 研究の方法

申請者は、重イオン衝突におけるクォークonium (J/ψ , Υ) 生成を測定することで、クォーク物質の性質研究にあたる。クォークonium 収量はクォーク物質の温度分布やその時空発展に敏感で、収量の中心衝突度依存性や運動量依存性を測定することで、クォーク物質の熱力学性質を算出する。

申請者は、広い運動学領域でクォークonium 測定が可能な LHC-ALICE 実験にて本研究を遂行する。ALICE 実験でクォークonium 生成を検証するに辺り、申請者は以下の研究方針を打ち出してきた。

- (1) クォークonium が電子対に崩壊するモードで研究を遂行するにあたり、電子対同定に必須な遷移放射検出器 (TRD) の制作、読み出し回路の調整、実験エリアへのインストールとコミッショニングを行う。
- (2) TRD 検出器の読み出し回路の為の slow control system の開発を進める。
- (3) TRD 検出器の読み出し回路の応答を含めた Monte Carlo 計算の確立
- (4) 陽子・陽子衝突、鉛・鉛衝突実験を遂行し、TRD 検出器のデータ校正やクォークonium 収量測定を行う。

4. 研究成果

(1) TRD 検出器の制作、読み出し回路の調整や TRD 検出器の総合テスト (ガス漏れ、冷却システム、読み出し回路の動作確認) を行い、実験エリアへのインストールとコミッショニングを CERN にて遂行してきた。本研究期間中に 5 個の TRD モジュールを新たに実験エリアに設置した。



図 1: TRD 検出器の動作確認の状況

(2) TRD 検出器の読み出し回路制御の為の slow control system の開発を日本や CERN で行い、実機 TRD 検出器のシステムに実装した。また制御用の GUI を作成し、より円滑なオペレーションシステムの構築を行った。



図 2: 日本で構築した slow control system 開発環境

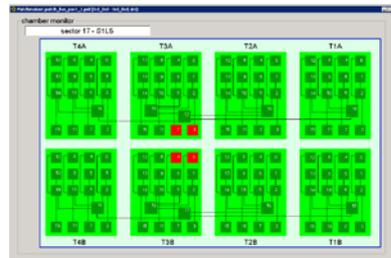


図 3: slow control system の graphical user interface

(3) 2008 年 10 月末に起きた LHC 加速器の大規模な事故により、本研究期間中に重イオン衝突が行われる計画がなくなったものの、申請者は陽子陽子衝突実験や宇宙線を使った実験に参加し、TRD 検出器の動作確認や、電子同定能力の評価を行った。図 4, 5 は TRD 検出器で検出された宇宙線と、陽子陽子衝突における TRD 検出器の電子・ π 粒子に対する応答である。TRD 検出器の動作に関して当初の目標性能を達成していることを確認した。

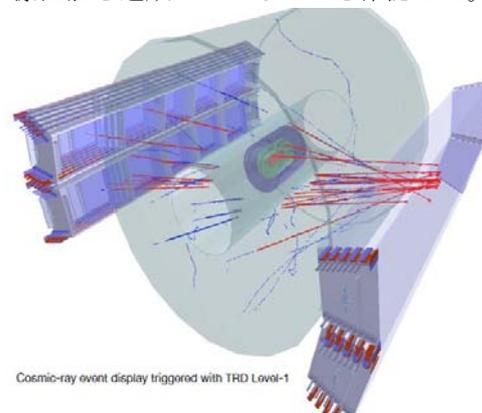


図 4: TPC-TRD を通過した宇宙線の飛跡

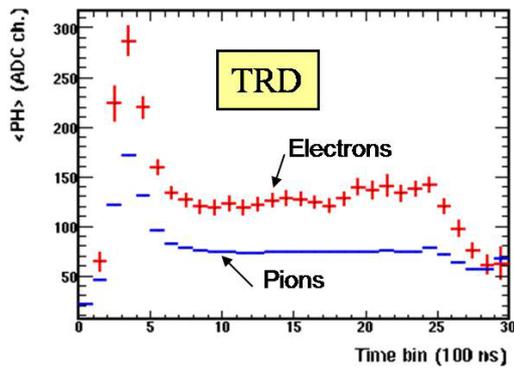


図 5 : TRD 検出器の電子や π 粒子に対する応答

(4) 重心系エネルギー 7TeV の陽子・陽子実験を遂行し、TRD 検出器の電子同定を評価した上で、電子・陽電子対の不変質量分布を算出し、 J/ψ 粒子の同定・検出に成功した(図 6)。現在も生成断面積の導出にむけデータ解析を継続中である。

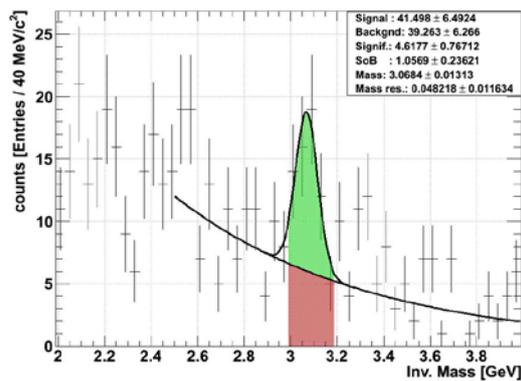


図 6 : 電子対の不変質量分布と J/ψ

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 K. Aamodt, T. Gunji et al. (for the ALICE Collaboration), “First proton+proton collisions at the LHC as observed with the ALICE detector-Measurement of the charged-particle pseudorapidity density at $\sqrt{s} = 900$ GeV”, Eurp. Phys. Jornal C65, 2010, 111-125, 査読有
- ② T. Gunji, “Quarkonia Production in high-energy heavy-ion collisions at RHIC”, Journal of Physics G36, 06401 5, 2009, 査読なし

- ③ A. Adare, T. Gunji et al. (for the PHENIX Collaboration), “Detailed measurement of the e^+e^- pair continuum in p+p and Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV and implications for the direct photon production”, Phys. Rev. C81, 034911, 2010, 査読あり
- ④ S.Afanasive, T. Gunji et al. (for the PHENIX Collaboration), “Photoproduction of J/ψ and of high mass e^+e^- in ultra-relativistic Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV”, Phys. Lett. B679, 321-329, 2009, 査読あり
- ⑤ A.Adare, T.Gunji et al. (PHENIX Collaboration), “Measurement of Bottom versus Charm as a function of Transverse Momentum with Electron-Hadron Correlations in p+p collisions at $\sqrt{s} = 200$ GeV”, Phys. Rev. Lett. 103, 082002, 2009, 査読あり
- ⑥ A.Adare, T. Gunji et al. (PHENIX Collaboration), “ J/ψ Production in $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV Cu+Cu Collisions”, Phys. Rev. Lett. 101, 122301, 2008, 査読あり
- ⑦ [13] A.Adare, T.Gunji et al. (PHENIX Collaboration), “Cold Nuclear Matter Effects on J/ψ Production as Constrained by Deuteron-Gold Measurements at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV”, Phys. Rev. C 77, 024912, 2008, 査読あり
- ⑧ K. Aamodt, T.Gunji et al. (ALICE Collaboration), “The ALICE experiment at the CERN LHC”, Journal of Instrumentation, 3, S08002, 2008, 査読あり

[学会発表] (計 12 件)

- ① **T.Gunji**, “J/psi Production in High Energy heavy Ion Collisions at RHIC”, 第 65 回日本物理学会年次大会、岡山大学、2010 3/20-3/23
- ② **T.Gunji**, “Practices on GRID/CAF”, ALICE Analysis workshop for Asian Countries, 広島大学、2010 1/21-1/23
- ③ **T.Gunji**, “Forward Physics at LHC energy”, Workshop for ALICE upgrade by Asian Countries, Yonsei University, Seoul, Korea, 2009 11/5-11/7.
- ④ **T.Gunji**, “Quarkonia Melting in Expanding hot and dense medium at RHIC”, Mini-symposium heavy ion collisions at JSP/DNP meeting, Hawaii, 10/17, 2009
- ⑤ **T.Gunji**, “Heavy Quarkonia Production in High Energy Heavy Ion Collisions at RHIC and Perspectives for LHC”, Workshop on Expanding Future of High Energy Nuclear Physics at LHC and RHIC, Hawaii, 10/13, 2009
- ⑥ **T.Gunji** “Heavy Quarks and Quarkonia Production at RHIC as a probe of hot and dense QCD medium”, 34th International Symposium on Multiparticle Dynamics, Gomel, Belarus, 9/5-9/9, 2009
- ⑦ **T.Gunji**, “Quarkonia Melting in expanding hot and dense medium at RHIC”, Workshop on Heavy Quarkonium Production in Heavy Ion Collisions, Trent, Italy, 5/25-5/29, 2009
- ⑧ **T.Gunji**, “Probing hot and dense medium via heavy quarks and quarkonia”, Workshop on Photons and leptons in Hot/Dense QCD, 名古屋大学、3/3-3/4, 2009
- ⑨ **T.Gunji**, “Heavy Quark and Quarkonia

Measurement at RHIC”, Workshop on Photons and Jets with ALICE, CCNU, Wuhan, China, 12/4-12/6, 2008

⑩ **T.Gunji**, “Heavy Quark and Quarkonia Production at RHIC”, The 2nd Asian Triangle Heavy Ion Conference (ATHIC07), Tsukuba, Japan, 10/13-10/15, 2008

⑪ **T.Gunji**, “Quarkonia Production in High Energy Heavy Ion Collisions at RHIC”, International Conference on Strangeness in Quark Matter (SQM08), Beijing, China, 10/6-10/10, 2008

⑫ **T.Gunji** for the ALICE Collaboration, “ALICE performance for the Measurement of Heavy Quarkonia via di-electron decays”, 日本物理学会、山形大学、9/21, 2008

[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

6. 研究組織

(1) 研究代表者

郡司 卓 (GUNJI TAKU)

東京大学・大学院理学系研究科・原子核科学
学研究センター・助教

研究者番号：10451382

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：