

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 14 日現在

機関番号：15401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2009～2011

課題番号：21654035

研究課題名（和文） 高加速度場下の事象地平からの熱輻射探索

研究課題名（英文） Search for thermal-like radiations via event horizon under high acceleration field

研究代表者

本間 謙輔 (HOMMA KENSUKE)

広島大学・大学院理学研究科・助教

研究者番号：40304399

研究成果の概要（和文）：

高加速度場中を運動する電子（電磁相互作用）およびパートン（強い相互作用）が起こし得る事象地平経由の熱的輻射の探索を試みた。並行して、特に電磁相互作用の場合に、光子・光子散乱過程による背景事象となり得る輻射について考察した。探索については、系統誤差を詰める上で測定環境の問題と直面したが、今後解決すべき問題点を洗い出すことができた。背景事象光の考察においては、副産物として、弱く相互作用する軽い場の介在といった宇宙論的課題が検証し得る側面を含んでいることを見出せた。国際シンポジウムを主催し、これら関連する研究について公表した。

研究成果の概要（英文）：

We performed to search for thermal-like radiations via event-horizons under high-acceleration fields by electromagnetic and strong interactions with electrons and partons as the probes, respectively. In parallel, we studied photon-photon interaction processes particularly in the case of the electromagnetic interaction, which may be background processes with respect to the thermal-like radiations. In the search, we confronted characteristic problems included in the experimental environment to understand the systematic uncertainty. However, we could list up what must be solved in future. As for the study of the background processes, as a byproduct, we found the proposed system includes an interesting aspect which can be sensitive to the low-mass and weakly coupling fields which are relevant for cosmology. We organized the international symposium where these relevant results were presented.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	2,200,000	0	220,000
2010 年度	600,000	0	600,000
2011 年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,300,000	150,000	3,450,000

研究分野：素粒子・原子核・レーザー実験

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：高強度場、真空、事象地平、ホーキング、アンルー、レーザー、暗黒物質、暗黒エネルギー

1. 研究開始当初の背景

これまで高エネルギー原子核衝突における QCD に関する場の性質を探ってきた。衝突点で作られる高エネルギー密度状態から生成される粒子の顕著な性質として、急峻な熱化が挙げられる。この熱の要因が本質的に何に起因しているのかは未だ解明されていない。並行して、これまでに高強度電磁場中の誘電率増大を測るべく、相対論的な電子を電磁場中に入射させ、電子の超前方に放出されるチェレンコフ光を用いて誘電率増大の検出を試みてきた。その結果、電子軌道の超前方に長波長域の光放出の兆候が見られている。この光は、通常のコンプトン散乱で期待される波長域と比べて4桁長い波長に相当し、量的には QED の屈折率増大効果によるチェレンコフ光や古典的ラーマー輻射では説明できないことがわかっている。そこで、これら双方に共通する高加速度場からの熱輻射の関係を実験的に探りつつ、その他の背景事象（バックグラウンド）となり得る物理過程を考察する動機を得た。

2. 研究の目的

ホーキング熱輻射は、ブラックホール内外の因果的に切れた事象地平の存在に起因する。一方、加速の要因に関わらず、等加速度系の観測者にとっても、慣性系の真空領域のうち因果的に入り込めない領域が存在する。その結果、加速度系の観測者にとって慣性系の真空が熱浴にみえる。そこで、強い相互作用（QCD）および電磁相互作用（QED）の高強度の古典場がもたらす高加速度により、人工的な事象地平を慣性系時空上に導入する。その際、加速度系にいる観測者が感受する熱浴の効果（ホーキング・アンルー温度）を、慣性系の観測者が実際に検出可能かどうか、その熱輻射の兆候を異なる実験セットアッ

プ内で相補的に探索することを目的とする。それと並行して、高強度レーザーを用いる場合に、光子・光子の散乱過程が同波長域にバックグラウンドを作り出す可能性について考察することを目的とする。

3. 研究の方法

QED場からの熱輻射探索について：

主として、産業技術総合研究所（AIST）内にある電子・レーザーパルス交差装置を用いて、電子が瞬間的な静止系で感じる加速度が最大になる方向を、慣性系においてローレンツブーストした方向へ輻射される熱輻射の徴候を探る。その際、ノイズ低減のための遮蔽体に工夫を施す。

QCD場からの熱輻射探索について：

米国ブルックヘブン国立研究所内のRHIC衝突型加速器による高エネルギー原子核衝突において、パートンが感じる加速度が最大になる方向として、ビーム軸上に出る熱輻射を探索する。現時点で、最高加速度かつ最高統計量が得られる200GeVのAuAu衝突データを用いて、確かに中心衝突が起こっていることを要求した上で、ビーム軸上に設置された検出器に、熱輻射の徴候があるかどうかを調査する。

電子・レーザー／レーザー・レーザー間の様々な相互作用過程についての考察：

国内外の理論家、実験家とのワークショップおよび国際会議における議論を通じて、その相互作用の起りやすさ、および、波長域について理論的検討を行う。

4. 研究成果

QED 場からの熱輻射探索について：

AIST 装置内で生じるバックグラウンドは遮蔽体の追加により一定水準低減できたが、約半分のレーザー・電子の衝突事象は、加速器ノイズのためエネルギースペクトラムを正しく測定できないことが判明した。一方、このようなノイズ環境下においても、当初第一の目的であった、上流のレーザー光反射後の迷光が下流光検出器に入射することがないよう、迷光を抑制できることは分かった。このように、さらにバックグラウンドレベルを下げる工夫を重ねつつ実験を継続し、系統誤差を理解する必要があった。しかし、東日本大震災の影響のため産業技術総合研究所 (AIST) にも被害が及び、所内節電のため総運転時間が制限され、本実験に対する最終年度内の割り当て時間を確保できなくなった。

QCD 場からの熱輻射探索について：

高エネルギー原子核衝突において、パートンを感じる加速度が最大になる方向として、ビーム軸上に出る熱輻射探索を目指し、金・金衝突データを用いて、中心衝突が起こっていることを要求した上で、ビーム軸上に設置された検出器に、熱輻射の徴候があるかどうか調査を試みた。しかし、一回の衝突あたりに複数の衝突事象が混入する事象と、超前方の輻射事象とを分離することは現状の検出器システムでは難しいという判断を強いられた。

バックグラウンドとなる様々な光子・光子相互作用過程についての考察：

高強度レーザー場中の電子からの輻射をより広く捉えると、電子からの輻射光子とレーザー場中の相互作用に着眼する必要も生じる。その場合、電子からの仮想光子・光子

散乱、さらにレーザー光・レーザー光散乱を議論しなければならなくなる。これらの光子・光子散乱は、第一に QED の過程として理解されるが、いずれにしても、光子・光子の前方散乱においては、レーザー光に含まれない周波成分が発生する可能性があるため、これらについて考察を深めた。当初は、熱輻射過程に対するバックグラウンドという位置づけで考察を開始した。しかし、思いがけない副産物が得られた。この測定系により、軽い暗黒物質や暗黒エネルギー源の候補としての擬スカラー場やスカラー場の共鳴的散乱過程を通じて高周波光が発生する現象について、一般的に検証し得ることに気付くこととなった。

高加速度場（高強度場）から生じる粒子の多重生成に関する国際シンポジウム、

International Symposium on Multiparticle Dynamics (ISMD2011)を主催し、上記の研究に関連したセッションにて研究活動を公表した。

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 6 件)

[1] Edited by S. Asai, K. Homma, K. Itakura, A. Nakamura, K. Shigaki and Y. Yamazaki

Multiparticle Dynamics
Proceedings of XLI International Symposium on Multiparticle Dynamics (ISMD2011)
Progress of Theoretical Physics Supplement No.193
(2012) 1-357 査読有

[2] K. Homma, D. Habs, T. Tajima
Probing the semi-macroscopic vacuum by higher-harmonic generation under focused intense laser fields
Applied Physics B Laser and Optics
106 (2012) 229-240
DOI: 10.1007/s00340-011-4567-3
査読有

[3] Y. Fujii and K. Homma

An approach toward the laboratory search for the scalar field as a candidate of Dark Energy

Progress of Theoretical Physics
Vol. 126 No. 3(2011)531-553
DOI: 10.1143/PTP.126.531
査読有

[4] K. Homma, D. Habs, T. Tajima

Probing vacuum birefringence by phase-contrast Fourier imaging under fields of high-intensity lasers

Applied Physics B Laser and Optics
104(2011)769-782
DOI:10.1007/s00340-011-4568-2
査読有

[5] 高橋徹、本間謙輔

高強度レーザーが拓く素粒子物理の新分野
応用物理 78 (2009) p.0536-0539
査読無

[6] K. Homma

Fundamental physics on natures of the macroscopic vacuum under high intense electromagnetic fields with accelerators, The second international symposium on laser-driven relativistic plasmas applied to science, industry and medicine, AIP Conference Proceedings, Volume 1153, pp. 49-60 (2009).

査読有

[学会発表] (計 6 件)

[1] K. Homma,

Probing vacuum structures by combinations of high-intensity laser technologies, LEI2011 – Light at Extreme Intensities, Szeged, Hungary (2011.11.16)

[2] K. Homma,

Opportunities of fundamental physics with high-intensity laser fields, XLI International Symposium on Multiparticle Dynamics 2011, Miyajima, Hiroshima, Japan (2011.9.28)

[3] K. Homma,

Two proposals in ELI-NP: Probing semi-macroscopic vacuum under high-intensity laser fields, ELI-NP: The way ahead, Bucharest, Romania

(2011.3.11)

[4] K. Homma,

Probing extremely light fields via resonance scattering by focusing intense laser, International Conference on Physics in Intense Field (PIF2010), KEK, Tsukuba, Japan (2010.11.24)

[5] K. Homma,

Probing semi-macroscopic vacua by high fields of lasers, TR18 meeting “Advances in high-intensity plasma physics”, Fraunchiemsee, Germany (2010.10.07)

[6] K. Homma,

Probing nonlinearity of semi-macroscopic vacuum by second harmonic generation with intense laser fields, XL International Symposium on Multiparticle Dynamics 2010, Antwerp, Belgium (2010.9.24)

[その他]

<http://home.hiroshima-u.ac.jp/ismd2011/>
<http://ptp.ipap.jp/journal/PTPS-193.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

本間 謙輔 (HOMMA KENSUKE)
広島大学・大学院理学研究科・助教
研究者番号：40304399

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

豊川弘之 (TOYOKAWA HIROYUKI)
独立行政法人産業技術総合研究所・計測フロンティア研究部門・主任研究員
研究者番号：80357582

黒田隆之介 (KURODA RYUNOSUKE)
独立行政法人産業技術総合研究所・計測フロンティア研究部門・研究員
研究者番号：70350428