

二国間交流事業 共同研究報告書

令和5年4月6日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[日本側代表者所属機関・部局]
 大阪大学レーザー科学研究所
 [職・氏名]
 教授・村上匡且
 [課題番号]
 JPJSBP 120204811

1. 事業名 相手国: ロシア (振興会対応機関: RFBR) との共同研究

2. 研究課題名

(和文) マイクロバブル爆縮を用いた電子・陽電子対生成の物理に関する理論的研究

(英文) Impact of QED effects on microbubble implosion

3. 共同研究実施期間 2020年4月1日～2023年3月31日 (3 年 0 ヶ月)【延長前】 2020年4月1日～2022年3月31日 (2 年 0 ヶ月)

4. 相手国側代表者(所属機関名・職名・氏名【全て英文】)

Institute of Applied Physics, Russian Academy of Science, Lobachevsky State
 University of Nizhny Novgorod
 Professor Igor Kostyukov

5. 委託費総額(返還額を除く)

本事業により執行した委託費総額		4,750,000	円
内訳	1年度目執行経費	2,375,000	円
	2年度目執行経費	2,375,000	円
	3年度目執行経費	-	円

6. 共同研究実施期間を通じた参加者数(代表者を含む)

日本側参加者等	9名
相手国側参加者等	6名

* 参加者リスト(様式 B1(1))に表示される合計数を転記してください(途中で不参加となった方も含め、全ての期間で参加した通算の参加者数となります)。

7. 派遣・受入実績

	派遣		受入
	相手国	第三国	
1年度目	0	0	0 (0)
2年度目	0	0	0 (0)
3年度目	0	2	0 (0)

* 派遣・受入実績(様式 B1(3))に表示される合計数を転記してください。

派遣:委託費を使用した日本側参加者等の相手国及び相手国以外への渡航実績(延べ人数)。

受入:相手国側参加者等の来日実績(延べ人数)。カッコ内は委託費で滞在費等を負担した内数。

8. 研究交流の概要・成果等

(1)研究交流概要(全期間を通じた研究交流の目的・実施状況)

現代物理の中でも、とりわけ量子電磁力学(QED)の延長線上にあるシュウィンガー極限電場近傍における電子・陽電子の対生成現象は未だ解明されていない未踏の挑戦的研究領域である。本研究の目的は、第一に、マイクロバブル爆縮という新たな物理コンセプトにより、シュウィンガー極限電場近傍における電子・陽電子の対生成雪崩の物理を解明することである。第二に、本研究を通じてマイクロバブル爆縮の原理実証実験に向けて理論設計を行うことである。本研究の実施状況は、日本側で理論モデルの構築と併せて3次元分子動力学(MD)シミュレーションを行った。ついで、これらシミュレーションで得られたデータを基にしてロシア側で QED 計算を組み込んだ3次元粒子シミュレーションを行うことにより、電子・陽電子対生成の定量的評価を行った。さらに、これらを互いにフィードバックをかけながら、全体的な物理を解明した。また、これらに加えて将来的に現実証実験を行う際のレーザーとターゲットパラメータに対する理論設計も行った。

(2)学術的価値(本研究交流により得られた新たな知見や概念の展開等、学術的成果)

従来、電子・陽電子の対生成は超高強度のレーザーの対向照射による光子・光子衝突が議論されてきた。これに対し、本研究のように、球収縮による幾何学的圧縮効果を利用して角砂糖大で数百キログラムに匹敵する超高密度にまでプロトンを圧縮し、その結果生成される超高静電場により電子・陽電子対生成雪崩を誘導しようという物理コンセプトは世界初であり類似研究・先行研究は一歳ない。

(3)相手国との交流(両国の研究者が協力して学術交流することによって得られた成果)

本研究においては、相手国における政治的理由から残念ながら相互の相手国への派遣はなかったものの、国際共同研究を通じて新たな結果や知見が得られ、その結果として論文などの形で出版されたことは大きな成果である。例えば、本研究の物理コンセプトは 2018 年 5 月に出版され、そのニュースは世界15カ国・30を超す報道媒体から配信された。こうした成果はマイクロバブル爆縮という極めてユニークな物理コンセプトが世界に大きなインパクトを与えたこと、そして相対論から量子論に至る幅広い基礎研究プラットフォームを形成することで多種多様な研究へと発展し得ることを示唆している。

(4)社会的貢献(社会の基盤となる文化の継承と発展、社会生活の質の改善、現代的諸問題の克服と解決に資する等の社会的貢献はどのようにあったか)

本研究は、流体力学、量子物理学、相対論、ナノテクといった幅広い分野にまたがっており、その学理を深め、学際的な展開を図ることで、将来、真空物理や白色矮星・中性子星内部の模擬実験といった宇宙物理などの基礎学術への寄与に加え、卓上 GeV 粒子加速器、超小型中性子源といった工学的応用など、学術・医療・産業における共通の研究プラットフォームとしてさまざまな応用研究展開が期待される。加えて、現在、EU・中国・ロシアといった国々は、超高エネルギー物理研究領域における覇権を窺っており、現存する超高出力レーザーのさらに1桁〜2桁高い200ペタワット〜エクサワット級のレーザー建設が次期計画の俎上にも乗っている。ゆえに、日露二国間の研究協力体制の構築と遂行は我が国が近未来的に真空物理を含む超高エネルギー領域で世界のリーダーとしての役割を担うことにつながると言える。

(5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取組、成果)

本研究計画における日露のチームには、双方ともに、若手研究者1名ずつに加え、日本側から博士学生3名・修士学生3名の計6名、ロシア側から博士学生5名・修士学生1名の計6名の大学院生が参画した。本研究テーマはオリジナル性の非常に高いアイデアであり、さまざまな角度から研究計画を立てやすく、若手による論文出版など多くの成果に繋がることが期待される。また、研究会、国内外の国際会議など多彩な発表の場を与えることもできたことから、若手研究者・大学院生等の格好の育成環境を提供するという観点から大きな貢献があったと考えている。

(6)将来発展可能性(本事業を実施したことにより、今後どのような発展の可能性が認められるか)

EU・中国・ロシアといった国々は、超高エネルギー物理研究領域において現存する超高出力レーザーを2桁近く上回るエクサワットクラスのレーザー建設を計画していることなどから、今後、真空物理を含む超高エネルギー領域で、真空物理研究に新たな切り口で迫ることのできる「マイクロバブル爆縮」の研究は国際的に注目されるとともに、欧米などの海外との研究協力体制の構築に発展してゆくことが期待される。

(7)その他(上記(2)～(6)以外に得られた成果があれば記載してください)

例:大学間協定の締結、他事業への展開、受賞など