助成番号 210629

５－２

研 究 成 果 報 告 書

研究テーマ（和文）	高強度ペタワットレーザーを用いた天体現象の模擬実験：誘導コンプトン散乱の検証		
研究テーマ（英文）	Laboratory Astrophysics with Petawatt Laser: Experimental Demonstration of Induced Compton Scattering		
研究期間	2021年 ～ 2024 年	研究機関名	青山学院大学

研究代表者	氏名	（漢字）	田中　周太
		（カタカナ）	タナカ シュウタ
		（英文）	Shuta Tanaka
	所属機関・職名		青山学院大学 理工学部 物理科学科・助教
共同研究者（計　４　名）＊２名をこえる場合は、【別紙追加用紙】（P3）に３人目以降を追記してください。	氏名	（漢字）	蔵満　康浩
		（カタカナ）	クラミツ　ヤスヒロ
		（英文）	Yasuhiro Kuramitsu
	所属機関・職名		大阪大学大学院 工学研究科・教授
	氏名	（漢字）	福田　祐仁
		（カタカナ）	フクダ　ユウジ
		（英文）	Yuji Fukuda
	所属機関・職名		量子科学技術研究開発機構 関西光量子科学研究所・上席研究員

概要 （600 字～800 字程度にまとめてください。）

本研究では、最新鋭のペタワット級レーザーを用いて、パルサーなどの極限天体で生じるとされる未実証の非線形相互作用「誘導コンプトン散乱（Induced CS）」の実験的検証を行った。Induced CS は天体からの放射を変調しうる重要な過程であり、理論予言を地上の高強度レーザー実験で検証した。2022 年 11 月、量子科学技術研究開発機構・関西光量子科学研究所の J-KAREN-P レーザーを用いた国内実験において、induced CS の有無でスペクトルに顕著な差異が確認し、Induced CS の兆候と考えられる結果が得られた。現在、結果を論文化中である。

Induced CS の振る舞いをさらに詳細に調べるために、J-KAREN-P レーザーの約 10 倍のエネルギーで世界最高強度を誇るルーマニア Extreme Light Infrastructure-Nuclear Physics の施設での実験も計画・申請しており、2023 年 10 月には施設研究者との共同ワークショップを開催するなど連携を深めた。コロナ禍や国際情勢により実験の実施は遅延したが、2024 年 3 月には布石となる共同実験を実現した。研究には日本から学生含め 8 名が参加し、人材育成と国際ネットワーク形成にも寄与した。この研究実験も論文投稿中である。同時に induced CS と関連して、パルサー星雲に関する研究でも論文を発表した。

本研究によって、われわれの理論予言に基づく induced CS の実証は成功したと考えている。Induced CS を実証したことで、パルサーや高速電波バーストなどの天体コヒーレント放射の機構という未解明の問題に新たな視点で挑む道が開けた。今後は、他の非線形過程との識別やプラズマ密度依存性の精査を通じて induced CS の理解を深め、高輝度天体現象における induced CS の役割解明を目指す。

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）

雑誌	論文課題	Testing a stochastic acceleration model of pulsar wind nebulae: Early evolution of a wind nebula associated with SN 1986J					
	著者名	Shuta J. Tanaka, Kazumi Kashiyama	雑誌名	Monthly Notices of the Royal Astronomical Society			
	ページ	2750～2757	発行年	2　0　2　3		巻号	525
雑誌	論文課題	A Self-Regulated Stochastic Acceleration Model of Pulsar Wind Nebulae					
	著者名	Shuta J. Tanaka, Wataru Ishizaki	雑誌名	Progress of Theoretical and Experimental Physics			
	ページ	12 pp	発行年	2　0　2　4		巻号	053E03
雑誌	論文課題						
	著者名		雑誌名				
	ページ	～	発行年			巻号	
図書	書名						
	著者名						
	出版社		発行年			総ﾍﾟｰｼﾞ	
図書	書名						
	著者名						
	出版社		発行年			総ﾍﾟｰｼﾞ	

英文抄録（100 語～200 語程度にまとめてください。）

We experimentally studied the nonlinear interaction known as induced Compton Scattering (Induced CS) using up-to-date petawatt-class lasers. Induced CS is expected around extreme astrophysical phenomena such as pulsars and fast radio bursts. In 2022, the experiment using the J-KAREN-P laser at Kansai Institute for Photon Science in Japan, we observed distinct spectral differences with and without scattering plasma, indicating possible signature of induced CS. Further studies are underway, including a proposed experiment at the Extreme Light Infrastructure-Nuclear Physics facility in Romania, where laser energy is about an order of magnitude higher. Despite delays due to COVID-19 and geopolitical factors, we conducted a joint experiment in March 2024 and held collaborative workshops with local researchers, contributing to both research and international networking. These results are being prepared for publication. Our successful verification of Induced CS opens new windows to explore the mechanisms behind coherent emissions from pulsars and fast radio bursts. Future work will focus on distinguishing Induced CS from other nonlinear processes and understanding its role in high-brightness astrophysical environments.

【別紙　追加用紙】

＊記入がない場合は、この用紙を削除してください。

研究代表者名　　田中　周太

共同研究者	氏名	（漢字）	瀬戸　慧大
		（カタカナ）	セト ケイタ
		（英文）	Keita Seto
	所属機関・職名		日本原子力研究開発機構 研究副主幹
	氏名	（漢字）	坂和　洋一
		（カタカナ）	サカワ　ヨウイチ
		（英文）	Youichi Sakawa
	所属機関・職名		大阪大学レーザー科学研究所 准教授
	氏名	（漢字）	
		（カタカナ）	
		（英文）	
	所属機関・職名		
	氏名	（漢字）	
		（カタカナ）	
		（英文）	
	所属機関・職名		
	氏名	（漢字）	
		（カタカナ）	
		（英文）	
	所属機関・職名		
	氏名	（漢字）	
		（カタカナ）	
		（英文）	
	所属機関・職名		
	氏名	（漢字）	
		（カタカナ）	
		（英文）	
	所属機関・職名		