

研究成果報告書

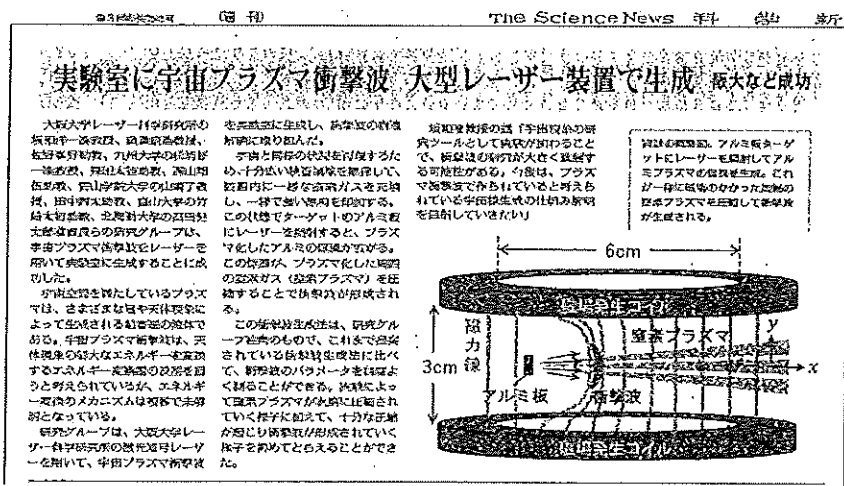
研究テーマ (和文)	大型レーザー実験および数値実験による宇宙放射線の生成機構解明		
研究テーマ (英文)	Study on cosmic ray production mechanism using high power laser experiment and numerical simulation		
研究期間	2020年 ~ 2023年		研究機関名 九州大学
研究代表者	氏名	(漢字)	松清修一
		(カタカナ)	マツキヨシュウイチ
		(英文)	Matsukiyo Shuichi
	所属機関・職名 九州大学大学院総合理工学研究院・教授		
共同研究者 (1名をこえる場合は、別紙追加用紙へ)	氏名	(漢字)	坂和洋一
		(カタカナ)	サカワヨウイチ
		(英文)	Sakawa Youichi
	所属機関・職名 大阪大学レーザー科学研究所・准教授		

概要 (600字~800字程度にまとめてください。)

積極的な宇宙利用を目指す人類にとって、宇宙飛行士の被ばくや人工衛星の故障を引き起こす宇宙線の生成機構の解明は喫緊の課題である。宇宙線はまた、地球気候の長期変動に影響を与えるという指摘もある。本研究では、未だ解明されていない宇宙線の初期加速機構を、新しい実証研究ツールを用いて解き明かすことを目指している。宇宙線の生成現場と考えられている無衝突衝撃波を大型レーザーを用いた室内実験と数値実験で再現し、両者を詳細に比較して、宇宙線の初期加速に寄与する衝撃波遷移層構造の実験的解明を目指した。

十分大きな検査空間に一樣な外部磁場 (~4 T) を印加した状態で、静止した窒素ガス (5 Torr) 中のアルミターゲットにレーザー (~1.7E13 W/cm²) を照射すると、高速で広がるターゲットプラズマがガスプラズマを圧縮して衝撃波が生成される。この磁化プラズマ衝撃波生成法は我々の研究グループで開発したもので、衝撃波上流に相当するガスプラズマの一樣性が高い点で他の衝撃波生成法よりも優れている。実験で初めて、静止した一樣磁化ガスプラズマ中を超音速で伝搬する圧縮された密度構造をとらえた。実験用にカスタマイズした数値計算コード (フル粒子コード) を用いて再現した構造との比較から、実験で捉えた構造がガス中を伝搬する発展途上の衝撃波であることが示された。トムソン散乱計測で捉えた遷移層には、非定常衝撃波の生成を示唆する非対称な散乱光スペクトルが確認された。今後は長時間計測によって粒子加速の兆候をとらえたい。

研究成果はプレスリリースされ、科学新聞等のメディアに取り上げられた。



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	Ion-acoustic feature of collective Thomson scattering in non-equilibrium two-stream plasmas				
	著者名	Sakai K.; Nishimoto T.; Isayama S.; Matsukiyo S.	雑誌名	Physics of Plasmas		
	ページ	012105-1~012105-9	発行年	2 0 2 3	巻号	30
雑誌	論文課題	High-power laser experiment on developing supercritical shock propagating in homogeneously magnetized plasma of ambient gas origin				
	著者名	Matsukiyo, S.; Yamazaki, R.	雑誌名	Physical Review E		
	ページ	025205-1~025205-7	発行年	2 0 2 2	巻号	106
雑誌	論文課題	High-power laser experiment forming a supercritical collisionless shock in a magnetized uniform plasma at rest				
	著者名	Yamazaki, R.; Matsukiyo, S.	雑誌名	Physical Review E		
	ページ	025203-1~025203-16	発行年	2 0 2 2	巻号	105
図書	書名					
	著者名					
	出版社		発行年		総ページ	
図書	書名					
	著者名					
	出版社		発行年		総ページ	

英文抄録 (100語~200語程度にまとめてください。)

1. Ion-acoustic feature of collective Thomson scattering in non-equilibrium two-stream plasmas

We theoretically and numerically investigate the ion-acoustic features of collective Thomson scattering (CTS) in two-stream plasmas. When the electron distribution functions of two (stationary and moving) components overlap with each other at the phase velocities corresponding to the two resonant peaks of the ion-acoustic feature, the theoretical spectrum shows asymmetry because the rate of electron Landau damping is different for the two peaks. The results of numerical simulations agree well with the theoretical spectra. We also demonstrate the effect of a two-stream-type instability in the ion-acoustic feature. The simulated spectrum in the presence of the instability shows an asymmetry with the opposite trend to the overlapped case, which results from the temporal change of the electron distribution function caused by the instability. Our results show that two-stream plasmas have significant effects on CTS spectra and that the waves resulting from instabilities can be observed in the ion-acoustic feature.

2. High-power laser experiment on developing supercritical shock propagating in homogeneously magnetized plasma of ambient gas origin

A developing supercritical collisionless shock propagating in a homogeneously magnetized plasma of ambient gas origin having higher uniformity than the previous experiments is formed by using high-power laser experiment. The ambient plasma is not contaminated by the plasma produced in the early time after the laser shot. While the observed developing shock does not have stationary downstream structure, it possesses some characteristics of a magnetized supercritical shock, which are supported by a one-dimensional full particle-in-cell simulation taking the effect of finite time of laser-target interaction into account.

3. High-power laser experiment forming a supercritical collisionless shock in a magnetized uniform plasma at rest

We present an experimental method to generate quasiperpendicular supercritical magnetized collisionless shocks. In our experiment, ambient nitrogen (N) plasma is at rest and well magnetized, and it has uniform mass density. The plasma is pushed by laser-driven ablation aluminum (Al) plasma. Streaked optical pyrometry and spatially resolved laser collective Thomson scattering clarify structures of plasma density and temperatures, which are compared with one-dimensional particle-in-cell simulations. It is indicated that just after the laser irradiation, the Al plasma is magnetized by a self-generated Biermann battery field, and the plasma slaps the incident N plasma. The compressed external field in the N plasma reflects N ions, leading to counterstreaming magnetized N flows. Namely, we identify the edge of the reflected N ions. Such interacting plasmas form a magnetized collisionless shock.

共同研究者	氏名	(漢字)	森田太智
		(カタカナ)	モリタタイチ
		(英文)	Morita Taichi
	所属機関・職名		九州大学大学院総合理工学研究院・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		
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			