

研究成果報告書

研究テーマ (和文)	長期間気球実験による宇宙線反ヘリウムの探索		
研究テーマ (英文)	Search for cosmic ray anti-helium with long duration balloons		
研究期間	2018年～2021年	研究機関名 神奈川大学	
研究代表者	氏名	(漢字)	清水 雄輝
		(カタカナ)	シミズ ユウキ
		(英文)	Yuki Shimizu
	所属機関・職名	神奈川大学工学部・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)	福家 英之
		(カタカナ)	フケ ヒデユキ
		(英文)	Hideyuki Fuke
	所属機関・職名	宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所・准教授	

概要 (600字～800字程度にまとめてください。)

南極周回気球による宇宙線反粒子探索計画 GAPS(General Antiparticle Spectrometer)により、前例のない反陽子よりも大きい質量を持つ反粒子を観測するため、測定器の性能評価を行った。GAPSの主な測定対象である反重陽子に加えて、より質量の大きい反ヘリウムを検出するための解析手法を研究した。反ヘリウムは、反重陽子に比べて、高エネルギー宇宙線と星間物質の衝突による二次成分によるバックグラウンドがさらに少ないことが予想されるため、暗黒物質の対消滅や崩壊などの宇宙空間における未知の物理現象を探る重要なプローブとなる。

GEANT4によるモンテカルロシミュレーションにより、反ヘリウムがGAPS測定器内に入射した際に引き起こす相互作用および各検出器における信号を計算し、測定データから反ヘリウムを同定する解析手法について研究を行った。反ヘリウムの検出には、同じく反粒子であり、存在量の多い反陽子が主要なバックグラウンドとなることが予想される。この反陽子からの反ヘリウムの弁別のため、粒子の飛行時間、各検出器内での損失エネルギー、測定器内のSi原子核との間で起きる核子対消滅によって生じる π 粒子や陽子等の二次粒子数などに基づく粒子識別手法を開発した。この手法により反陽子バックグラウンドを十分除去できることを確認し、反ヘリウムに対するGAPSの検出感度を算出した。

また、従来行われてきた測定物理量を用いた解析手法に加えて、近年発展の著しい深層学習アルゴリズムを用いた粒子識別手法の開発を行った。深層学習の一種である3次元畳み込みニューラルネットワークを利用し、測定器内に配置された各検出器における信号を入力としてパターン学習を行った。この手法により、反重陽子と反陽子の識別において 10^5 程度のバックグラウンド除去率が得られることを確認した。

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	Application of Machine Learning to the Particle Identification of GAPS				
	著者名	T. Wada, Y. Shimizu, et al.	雑誌名	Transactions of the Japan society for aeronautical and space sciences, space technology Japan		
	ページ	44~50	発行年	2 0 2 0	巻号	18 Issue 3
雑誌	論文課題	Cosmic antihelium-3 nuclei sensitivity of the GAPS experiment				
	著者名	N. Saffold, Y. Shimizu, et al.	雑誌名	Astroparticle Physics		
	ページ	102580	発行年	2 0 2 1	巻号	130
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。）

The General Antiparticle Spectrometer (GAPS) is an Antarctic balloon experiment aiming for detection of relatively low energy cosmic anti-nuclei as signatures of annihilation or decay of dark matter particles. While the GAPS is designed for anti-deuteron detection, we studied the sensitivity of GAPS to anti-helium nuclei in this work. For anti-helium detection, anti-protons are expected to be the most serious background due to its much higher flux. We have developed anti-helium discrimination methods with the time of flight, energy deposition of the incident primary anti-particle in each detector and the number of secondary particles that are generated in nucleon annihilation with Si nuclei. In addition, we have studied machine learning methods for the particle identification. By using the 3-dimensional convolutional neural networks, we have achieved the anti-proton rejection power of about 10^5 with the anti-deuteron efficiency of about 70%.

共同研究者	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				
氏名	(漢字)			
	(カタカナ)			
	(英文)			
所属機関・職名				