

## 研究成果報告書

研究テーマ (和文)	スケーラブルな量子計算応用に向けた、トポロジカル絶縁体／超伝導体接合素子の開発		
研究テーマ (英文)	Development of topological insulator / superconductor junction devices for scalable quantum information processing		
研究期間	2019年～2022年	研究機関名	国立研究開発法人産業技術総合研究所
研究代表者	氏名	(漢字)	井上 悠
		(カタカナ)	イノウエ ヒサシ
		(英文)	Hisashi Inoue
	所属機関・職名	国立研究開発法人産業技術総合研究所・研究員	
共同研究者  * 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)	
		(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			
概要 (600字～800字程度にまとめてください。)			
<p>量子計算は、超高速な情報処理が可能な技術であり、世界的に研究が行われている。実用に資する技術として発展させていく上で、外部からのノイズで情報が簡単に失われてしまうことが問題だった。本研究では、トポロジカル絶縁体と超伝導体を組み合わせることで、ノイズに強い量子計算を実現するための素子開発基礎技術を開拓することを目的として、研究を行った。</p> <p>分子線エピタキシー法によってトポロジカル絶縁体の高品質な薄膜を作製し、これに電子線リソグラフィによる微細加工を施すことによって、ジョセフソン接合素子の作製を行った。素子を液体ヘリウム温度まで冷却して、電気的な方法により素子特性の評価を行ったところ、ジョセフソン効果とよばれる量子現象に由来する無散逸伝導現象の観測に成功した。上記ジョセフソン効果を制御して、よりノイズに強い量子状態を形成するために、トポロジカル絶縁体の組成制御も行い、組成変化とジョセフソン効果の関係性を明らかにすることにも取り組んだ。残念ながら、この量子状態を制御して量子演算を行うには至らなかったが、上記結果は、トポロジカル絶縁体と超伝導体の接合素子を支配する物理法則を理解し、今後ノイズに強い量子素子開発を行っていくための技術に貢献すると考える。</p> <p>上記研究から派生した研究として、ノイズに強い量子素子応用のための候補物質を探索することを目的として、トポロジカル物質とよばれる物質群を中心として様々な物質の基礎物性を明らかにする研究も行った。その結果、これまで明らかにされてこなかった物質中でのいくつかの電子状態を見出すことにも成功しており、今後、こうした知見を基にした、量子現象を巧みに使った機能性素子応用への発展が期待できる。</p>			

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	Evidence of two-dimensional flat band at the surface of antiferromagnetic kagome metal FeSn				
	著者名	M. Han and H. Inoue et al.	雑誌名	Nature Communications		
	ページ	5345	発行年	2 0 2 1	巻号	12
雑誌	論文課題	Determination of the phase coherence length of PdCoO <sub>2</sub> nanostructures by conductance fluctuation analysis				
	著者名	T. Harada et al.	雑誌名	Physical Review B		
	ページ	045123	発行年	2 0 2 1	巻号	103
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。）

Topological insulator/superconductor junction is an attractive platform for noise-tolerant quantum computing. This project originally aimed to develop a fundamental basis for topological insulator/superconductor-junction-based devices. I have successfully fabricated the topological insulator-based Josephson junction and observed dissipation-less transport phenomena called the Josephson effect. Moreover, the link between the electron concentration of the topological insulator and the Josephson effect was investigated, aiming to realize more noise-tolerant quantum states. Although more work is needed to manipulate the quantum states, the above study leads to unexpected results, including observation of a two-dimensional flat band in antiferromagnetic kagome metal FeSn and universal conductance fluctuations in conductive oxides PdCoO<sub>2</sub>, which revealed quantum states that were not discovered before. The results open a pathway to functional devices that utilize the unique properties of the quantum states.