助成番号　210495	５－２

研 究 成 果 報 告 書

研究テーマ（和文）	光を用いたニューラルネット的計算:高速ニューロチップの開発		
研究テーマ（英文）	Development of optical neuro-inspired computing device		
研究期間	2021　年 ～ 2022　年	研究機関名　金沢大学	
研究代表者	氏名（漢字）	砂田　哲	
	氏名（カタカナ）	スナダ　サトシ	
	氏名（英文）	Satoshi Sunada	
	所属機関・職名	金沢大学	
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）		
	氏名（カタカナ）		
	氏名（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。）
本研究では，光で大規模ニューラルネット処理が可能な光ニューロチップを作製し，その処理性能を評価した。本研究で作製した光ニューロチップは，光の波動ダイナミクスに基づいており，その大自由度性をいかして大規模なニューラルネット的な処理を実行できる。光ニューロチップは単一モード導波路と結合した２次元微小共振器構造を有する。２次元微小共振器は光を効率的に閉じ込め且つ多様なモードを有するため，光線・波動対応原理に従い，光のネットワークを自発的に形成する。本研究では，シナイのビリヤードや半スタジアムと呼ばれる形状の共振器をシリコンフォトニクス技術を用いて試作した。これらの共振器形状は共振器内部の光線軌道がカオスとなるため，ランダムな光ネットワークを形成できる。比較のため，非カオス共振器である長方形形状の共振器も作製した。これらのカオス・非カオス共振器の光チップから測定される光波動ダイナミクスをリザバー計算の原理に従い処理することで，時系列データの処理が可能となることを示した。そして，カオス時系列予測や NARMA などの基本的なベンチマークに対して性能評価したところ，高い光の閉じ込め効率が得られ，且つランダムネットワークに対応する光波動場を生成するスタジアム形状の微小共振器が最も高い計算能力を示すことを明らかにした。また，このスタジアム型の光微小共振器ニューロチップは，入力光の位相を高速に推定可能であること，そして本研究で開発したランダムパターンプロジェクション技術と組み合わせることで，1GHz レートを超える画像認識が可能であることを明らかにした。これらの特徴は，高速光通信分野での高速光処理や高速現象の推定・認識などを可能にする新しい技術基盤としての発展が期待できる。

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	Gigahertz-rate random speckle projection for high-speed single-pixel image classification				
	著者名	J. Hanawa, T. Niiyama, Y. Endo, and S. Sunada	雑誌名	Optics Express		
	ページ	22911～22921	発行年	2 0 2 2	巻号	30
雑誌	論文課題					
	著者名		雑誌名			
	ページ	～	発行年		巻号	
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。）
In this study, we developed a photonic chip capable of large-scale neural network processing. The developed photonic chip can operate based on the optical wave dynamics in a two-dimensional microcavity. The microcavities fabricated in this study include chaotic cavities and a non-chaotic cavity. The optical wave dynamics in the chaotic and non-chaotic cavities was used for reservoir computations. The performance was evaluated with basic benchmarks, such as chaotic time series prediction and NARMA tasks, and it was found that the stadium-shaped microcavity with high optical confinement efficiency and generating optical wavefields corresponding to random networks allows for the highest computational performance. The stadium-shaped microcavity enabled detecting the phase of input light at a high speed. Moreover, it was shown that image recognition can be achieved at fast rates exceeding 1 GHz, combining with the random pattern projection technique developed in this study, These features are expected to be useful as a new technological basis for high-speed optical processing for optical communications and recognition of high-speed phenomena.