

06

光で機械学習をスピードアップ

～光リザーバーコンピューティングによる高速機械学習～



どんな研究

光演算で機械学習を加速します。莫大な数の行列演算を光の干渉で処理することで、並列かつ光速で演算ができます。この性質を最大限活かせる構成として、小脳を模倣したリザーバーコンピューティングに着目しその光回路実装を進めています。

どこが凄い

一つの回路で入力信号が1秒あたりギガビットを超える信号を処理することができます。さらに、光の位相、波長、偏波を用いることで演算量を数百倍にすることも期待できます。これによって、大規模なニューロ演算を高速に行うことが可能です。

めざす未来

機械学習のアクセラレータとしての適用をめざします。超高速性を活かして、通信や高速な動画処理に機械学習の情報処理技術を適用することも検討しています。光の有する性質を最大限に活用することで究極に速い計算機の実現をめざします。

リザーバーコンピューティング

ランダム結合 リザーバー層 $x_i(n)$ ここだけ学習
入力 $u(n)$ 出力 $y(n)$

$$x_i(n) = f\left[\sum_{j=1}^N \omega_{ij}x_j(n-1) + m_i u(n)\right]$$

$$y(n) = \sum_{i=1}^N \omega_{oi}x_i(n)$$

(概要)
- 入力層と中間層をランダム結合で表現したニューラルネットワーク(小脳の構成)
- 学習変数が少ない上、線形回帰のため高速で収束
(応用)
- 時系列信号処理、音声認識、画像処理など

光波を用いたリザーバーコンピューティングの特徴

特長①: 光速伝搬、超短パルスによる高速演算を実現
特長②: 波長、位相、偏波を利用した大規模並列化が可能
特長③: 光演算による超低電力なニューロ演算が可能
特長④: 光通信で培った技術による大規模小型集積が可能

電気信号 学習変数 線形回帰 データ

光変調器 入力層 リザーバー層 出力層 受信機

光導波路 空間光学系

試作機の実装と原理検証

試作機の概要

光回路 PC
電気信号 PC
重みづけ+学習(オフライン処理)

光変調器 入力層 リザーバー層 受信機

時間方向へ信号被読し、入力結合を表現
半導体光増幅器(SOA)の利得飽和で非線形応答を表現

今後の展開: 波長・偏波・空間等を利用したネットワークの大規模化と更なる高スループット化
オンライン処理化と音声認識や画像処理、光通信の信号処理等をはじめとした応用問題への展開

ベンチマークタスク(NARMA10*)での動作検証

*1 NARMA10: 10次の時間遅れ+2次の非線形関数の近似タスク

(a) Real valued output RC output
(b) Imaginary valued output RC output

最小ブロックである単一波長で動作する試作機を構築し、以下を検証

- ① 光演算で高速処理の可能性(本試作機では、入力層・リザーバー層までの光実装を検討)
⇒ ナノ秒(GHz)オーダのスループット (GPUに比べ3-4桁程度高速な処理を実現)
- ② 光の波動性を利用した複素空間での情報処理は可能性
⇒ 実部・虚部の両方で所望の応答を確認し、位相空間への並列化を実現

関連文献

[1] M. Nakajima, M. Inubushi, T. Goh, T. Hashimoto, "Coherently Driven Ultrafast Complex-Valued Photonic Reservoir Computing," *CLEO 2018*, SM1C.4

担当者

中島 光雅 (Mitsumasa Nakajima)
先端集積デバイス研究所 光電子融合研究部 光電子複合機能集積グループ