

量子技術の社会実装 リザーバーコンピューティング

～量子技術の 機械学習への応用～

量子断層撮影光学系をリザーバーコンピューティングに適用し、深層学習に迫る高度な情報処理を実現。

生体試料も含め、強散乱体であればどのような試料でも使用可能な技術です。

日本大学
量子科学研究所

井上 修一郎



光の量子力学的な性質が顕著に現れる「単一光子」や「量子もつれ光子対」を用いた実験的研究に取り組んでいる。

実験の基礎となる量子もつれ光子対の生成とその検出技術(単一光子検出・光子数識別)をベースに、量子情報通信と量子ナノプラズモニクスの研究をこれまで行ってきた。最近では、圧縮センシングや機械学習(深層学習)などの情報理論を応用した量子計測(イメージング)の研究を進めている。

ポイント

- 量子断層撮影光学系をリザーバーコンピューティングに適用、従来の600倍以上のノード数を創出
→ **深層学習に迫る性能**と**低消費電力**を実現
- 強散乱体(生体・半導体・電子デバイスなど)の断層撮影と並行して機械学習が可能 → **欠陥検査・異常検知**などが可能

こんな研究や開発ニーズに

- 非侵襲・非破壊検査システムの構築
- 断層撮影と機械学習を組み合わせた機器の開発

こんな企業の方を探しています

- ・ OCTや非破壊検査システムを開発している検査機器メーカー
- ・ リザーバーコンピューティングや機械学習システムを開発している企業

量子断層撮影光学系を用いた 多次元光リザバーコンピューティング

日本大学 量子科学研究所 井上 修一郎

概要

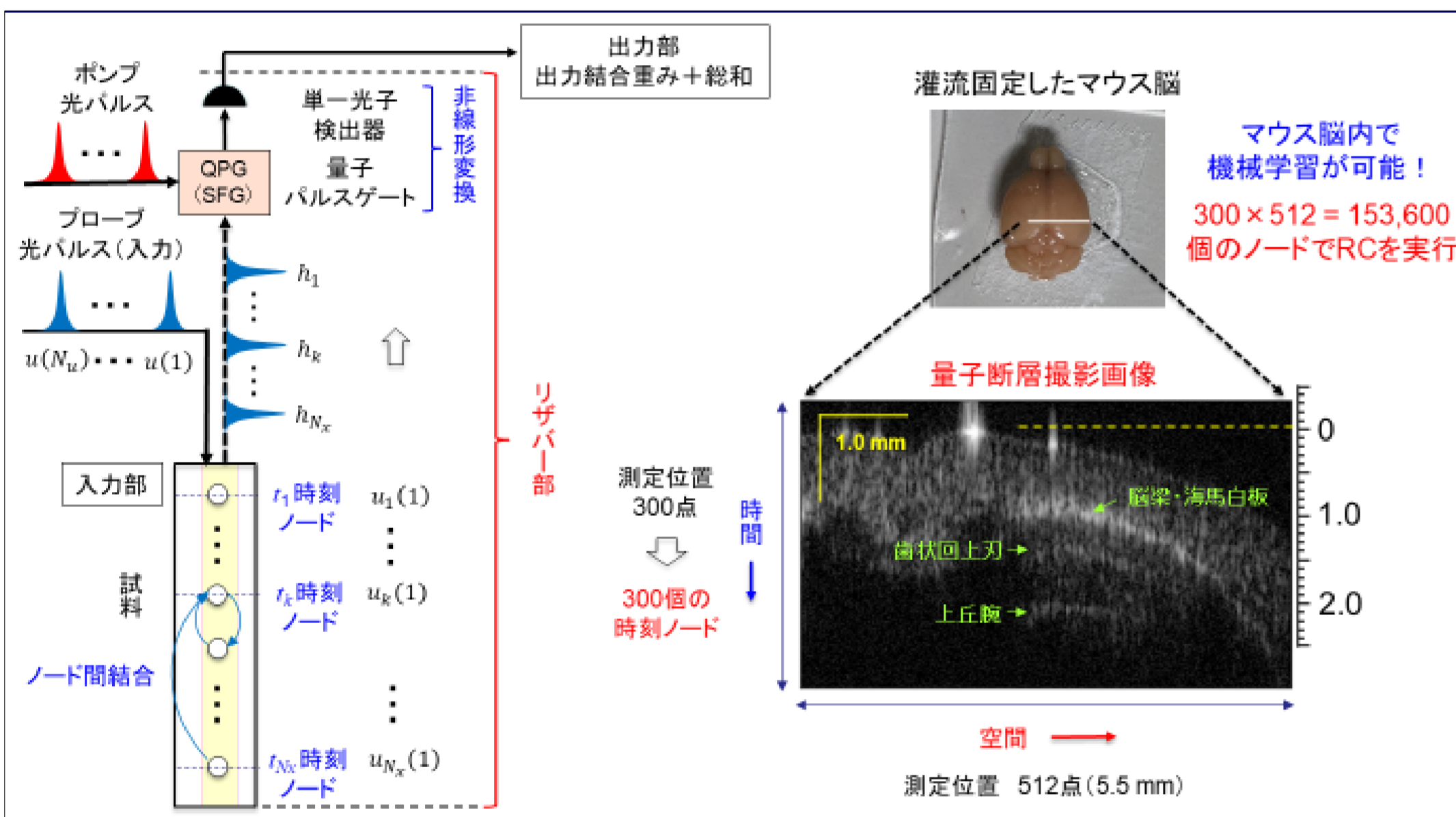
- 本発明は、リザバーコンピューティング(以下、RC)のリザバー部に量子断層撮影光学系(試料を含む)を適用することで**深層学習に迫る性能を実現する**技術である。
- 現状のRCは深層学習のような高度情報処理を行うことができない。
- 本技術は、光RCとして低消費電力かつ短時間で機械学習を行い、画像認識タスクや時系列データ予測など、現在コンピューターで行われている様々な情報タスクを行うことができる。

研究背景・目的

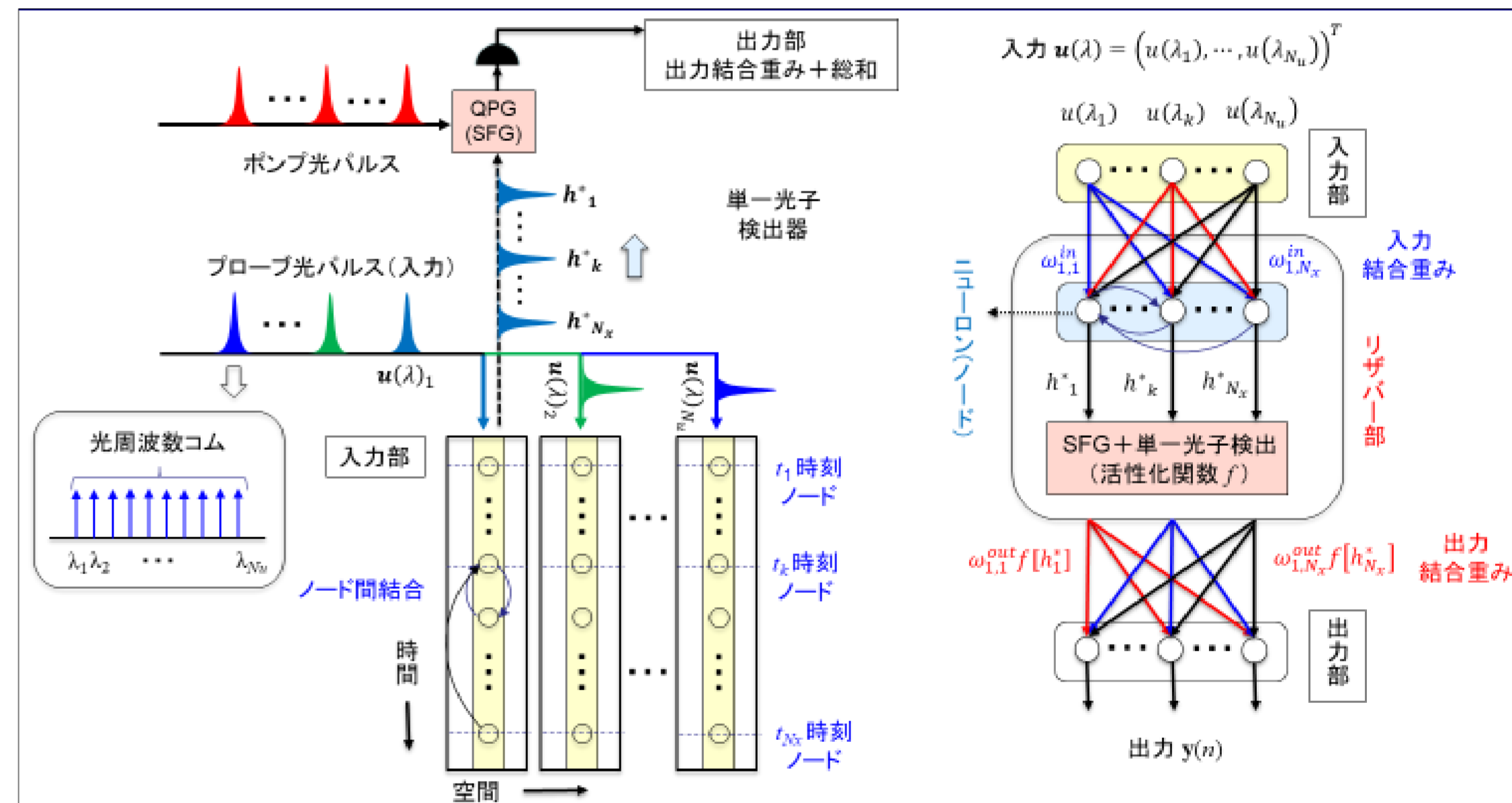
- 近年、機械学習法の一つとして深層学習が注目されているが、深層学習では学習に要する計算時間を事前に見積もることが出来ない上、膨大な電力を消費する。学習コストと消費電力を大幅に低減する方法として、RCが注目されている。
- RCは、物理系をリザバーとして使用する。光の高速性や時間・空間・波長多重性を活かすことで、高速かつ低消費電力の光コンピューティングが可能となる。さらに、ノード数を増加させた極限では、学習コストを抑えつつ高度な深層学習に匹敵する性能が期待できる。
- **量子断層撮影光学系をRCに利用し、深層学習に迫る性能と超低消費電力を実現可能なRC技術を提供する。**

原理・方法

光パルスの飛行時間測定による断層撮影



多次元光リザバーコンピューティング



量子パルスゲートによる光パルスの飛行時間測定系(量子断層撮影光学系)をRCに適用することで、強散乱体内部に時間・空間・波長多重による4次元ノード空間を創出する。

結果・まとめ

- 量子断層撮影光学系をRCに適用することで、深層学習に迫る性能を実現する。
- また、時間・空間・波長を使用することで、先行技術の600倍以上のノード数を持つネットワークでリザバーコンピューティングを実装することができる。

応用分野・用途・今後の展開

- 半導体デバイス、電子部品などの非破壊検査での欠陥の自動検出や非侵襲での生体の異常検知
- レーザー加工における加工精度の制御

現在は試作段階であり、今後は、企業との共同研究で実用化・商品化を実現したい。