

革新的コンピューティング技術の開拓  
2020 年度採択研究者

2020 年度 年次報告書
------------------

塩見 準

京都大学大学院情報学研究科  
助教

光集積回路で切り拓く次世代セキュアコンピューティング基盤

## § 1. 研究成果の概要

本年度は、位相変調に基づく耐タンパ光論理演算のコンセプトを研究した。基準光と比較したときの、光信号の位相差に論理値をマッピングすることで、光信号の強度を一定に保ちながら論理演算を行える。この結果、攻撃者が光情報を盗聴しても内部状態を観測困難にする。集積ナノフォトニクス技術を例に、このコンセプトを実現する光論理ゲートの構成、および論理回路の設計方法を研究した。

位相情報に基づく光論理回路の設計手法として、電気光学効果に基づく光変調素子を使った論理ゲートの構成法を検討した。まず、入力電気信号（入力デジタル信号）に応じて、入力コヒーレント光の位相を変調する。次に、位相変調された光信号を電気信号に変換する（位相検波する）。集積ナノフォトニクス技術に基づき、これらのコンセプトを実現する NOR ゲートや XOR ゲートなどの論理ゲートの構成方法を検討した。{NOR} は完全系をなすため、原理上は NOR ゲートを複数組み合わせることで、任意の組み合わせ回路を設計可能である。

光変調素子の電気制御端子に生じる漏えい電磁波等のサイドチャネル情報を効率良く削除する電気制御方式を検討した。従来の CMOS 回路と比較して、同等の速度を保ちながら大幅にサイドチャネル情報を隠蔽できる検討をつけた。また、光集積回路の性能評価のための、光シミュレーション環境の構築を行った。

また、従来の振幅変調ベースの光コンピューティング技術とは一線を画す、光の位相変調や偏波変調に基づく、耐タンパかつ高効率なコンピューティング技術の検討を開始した。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) Jun Shiomi, Shuya Kotsugi, Boyu Dong, Hidetoshi Onodera, Akihiko Shinya, and Masaya Notomi, “Tamper-Resistant Optical Logic Circuits Based on Integrated Nanophotonics”, Proceedings of the 58th Design Automation Conference (DAC), July 2021 (accepted).
- 2) 塩見 準, “安心・安全な超スマート社会に向けた光セキュアコンピューティング”, 第 68 回応用物理学会春季学術講演会, 2021 年 3 月.