



|              |                                                                                                                                                 |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title        | Studies on Ultrafast All-Optical Analog-to-Digital and Digital-to-Analog Conversion Assisted by Nonlinear Optical Phenomena                     |
| Author(s)    | 西谷, 隆志                                                                                                                                          |
| Citation     | 大阪大学, 2008, 博士論文                                                                                                                                |
| Version Type |                                                                                                                                                 |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/48599">https://hdl.handle.net/11094/48599</a>                                                             |
| rights       |                                                                                                                                                 |
| Note         | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。 |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名 にし 西 たに 谷 たか 隆 し 志

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 2 1 9 7 9 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 20 年 3 月 25 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第 4 条第 1 項該当

工学研究科生命先端工学専攻

学 位 論 文 名 Studies on Ultrafast All-Optical Analog-to-Digital and Digital-to-Analog Conversion Assisted by Nonlinear Optical Phenomena  
(非線形光学現象を用いた超高速全光 A/D 変換、D/A 変換に関する研究)

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 伊 東 一 良

(副査)

教 授 菊 地 和 也

教 授 高 井 義 造

教 授 兼 松 泰 男

教 授 金 谷 茂 則

教 授 福 住 俊 一

教 授 宮 田 幹 二

教 授 渡 部 平 司

准教授 小 西 毅

## 論 文 内 容 の 要 旨

本研究では、デジタル技術を用いて実世界の信号を扱うために必要不可欠なインターフェースである A/D 変換、D/A 変換に光技術を導入することで、これまで達成が困難であった高性能な全光 A/D 変換、全光 D/A 変換の実現を試みた。全光 A/D 変換においてこれまで足踏み状態にあった分解能の向上を可能とする新たなシステム構成を提案し、これまで未到達であった 4 ビット全光 A/D 変換の実証に初めて成功した。提案する全光 A/D 変換を利用したシステムの性能の底上げを可能とする全光入出力インターフェースの完備を目指し、新たに全光 D/A 変換を提案し、4 ビット全光 D/A 変換を実証した。

第一章では、本論文の背景と目的を述べ、高性能な全光 A/D、D/A 変換の実現において重要となるファイバ内非線形光学現象と時空間変換技術について概説した。

第二章では、4 ビット全光 A/D 変換の実現に向けて、所属研究室で提案している全光 A/D 変換における光量子化手法の詳細な実験的検討、および光量子化後の処理として新たに光符号化手法の提案を行った。これらの光量子化、光符号化を用いた全光 A/D 変換の確認実験を行い、3 ビット全光 A/D 変換を実証した。

第三章では、提案する全光 A/D 変換の分解能が自己周波数シフトの結果得られた光信号のスペクトル幅に反比例することに着目し、ファイバ内非線形光学現象を用いたスペクトル圧縮技術を導入した高分解能化が可能な新たな全光 A/D 変換を提案した。提案するシステム構成を用いて実際に実験を行い、4 ビット全光 A/D 変換を初めて実証した。

第四章では、提案する全光 A/D 変換の性能評価を行うため、A/D 変換の応用分野の中でも明確で厳しい性能評価基準を持つ光通信分野への導入を検討した。全光 A/D 変換の光通信システムの評価基準に基づく性能評価実験を行った結果、光通信システムで利用可能とされる基準値である  $10^{-9}$  以下の低い誤り率を達成し、提案する全光 A/D 変換が高い性能を持つことを確認した。

第五章では、全光入出力インターフェースの完備を目指し、新たに全光 D/A 変換を提案し、実証実験を行った。提案する全光 D/A 変換に必要なデジタル信号認識フィルタの最適設計を行い、原理確認実験を行った結果、4 ビット全光 D/A 変換が実現可能であることを確認した。

## 論文審査の結果の要旨

アナログ-デジタル (A/D) 変換、デジタル-アナログ (D/A) 変換はデジタル技術を用いた情報システムの性能を大きく左右する重要な入出力 (I/O) インターフェース技術である。近年、電子技術の利用に起因する A/D、D/A 変換の性能限界を取り除くため、光技術を用いた光 A/D 変換、光 D/A 変換が注目されている。本論文では、電子技術を用いることなく A/D 変換、D/A 変換を光領域で実現するために、非線形光学効果を活用した全光 A/D 変換、全光 D/A 変換について研究を行っている。特に、これまで全光 A/D 変換、全光 D/A 変換の開発において足踏み状態にあった分解能の向上を可能とするシステム構成の検討を行っている。所属研究室で提案されている全光 A/D 変換をベースとして、分解能の飛躍的向上を可能とする新たなシステム構成を提案し、これまでの技術では未到達であった 4 ビット全光 A/D 変換の実証を行っている。また、提案した全光 A/D 変換の性能評価を行うため、その応用分野の中でも明確で厳しい性能評価基準を持つ光通信分野への応用を試みている。さらに、全光 A/D 変換を利用したシステムの性能の底上げを可能とする全光 I/O インターフェースの完備を目指し、新たに全光 D/A 変換を提案し、実証している。これらの結果は、電子技術を基盤として検討されてきた従来の手法に対し光技術を積極的に導入することでその性能を大きく向上できることを示している。得られた結果を要約すると以下の通りである。

- (1) 高分解能な全光 A/D 変換の実現に向けて、所属研究室で提案している全光 A/D 変換における光量子化手法の詳細な実験的検討、および光量子化後の処理として新たに光符号化手法の提案を行っている。これらの光量子化、光符号化を用いた全光 A/D 変換の確認実験を行い、提案する手法が分解能向上にも対応可能であることを実証している。
- (2) 提案する全光 A/D 変換の分解能が自己周波数シフトの結果得られた光信号のスペクトル幅に反比例することに着目し、ファイバ内非線形光学現象を用いたスペクトル圧縮技術を導入した高分解能化が可能な新たなシステム構成を提案している。提案するシステム構成を用いて実際に実験を行い、4 ビット全光 A/D 変換を初めて実証している。
- (3) 提案する全光 A/D 変換の性能評価を行うため、A/D 変換の応用分野の中でも明確で厳しい性能評価基準を持つ光通信分野への導入を検討している。全光 A/D 変換の光通信システムの評価基準に基づく性能評価実験を行った結果、光通信システムで利用可能とされる基準値である  $10^{-9}$  以下の低い誤り率を達成し、提案する全光 A/D 変換が高い性能を持つことを確認している。
- (4) 全光入出力インターフェースの完備を目指し、新たに全光 D/A 変換を提案し、実証実験を行っている。提案する全光 D/A 変換に必要となるデジタル信号認識フィルタの最適設計を行い、原理確認実験を行った結果、4 ビット全光 D/A 変換が実現可能であることを確認している。

以上のように、本論文は、高速かつ高分解能な A/D 変換、D/A 変換を実現する新しい全光信号処理手法について述べたものであり、電子技術を基盤として検討されてきた従来の手法に比べてその性能を飛躍的に向上させる有効な手法であると考えられる。また、A/D、D/A 変換への光技術の導入は、光技術と電子技術をつなぐ新たな I/O インターフェースとしての可能性を持ち、今後、光技術と電子技術の融合による新たな応用分野の発展が期待できる。これらの成果は、特にフォトニック情報工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。