



Title	All-Optical Analog-to-Digital and Digital-to-Analog Conversions Based on Fiber Nonlinearity
Author(s)	小田, 祥一郎
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46913
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名 小 田 祥 一 朗

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 20334 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 18 年 3 月 24 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第 4 条第 1 項該当

工学研究科電子情報エネルギー工学専攻

学 位 論 文 名 All-Optical Analog-to-Digital and Digital-to-Analog Conversions
Based on Fiber Nonlinearity
(光ファイバの非線形性を用いた全光アナログ-デジタル、デジタル-アナログ変換に関する研究)

論 文 審 査 委 員 (主査)
教 授 北 山 研 一

(副査)
教 授 谷 口 研 二 助 教 授 小 西 毅

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、筆者が大阪大学大学院工学研究科（電子情報エネルギー工学専攻）在学中に行った光ファイバの非線形性を用いた全光アナログ-デジタル、デジタル-アナログ変換に関する研究成果をまとめたものであり、以下のよう構成されている。

第一章は序論であり、まずアナログ-デジタル（AD）、デジタル-アナログ（DA）変換の基本事項を述べた。続いて、光ファイバ通信技術および光信号処理技術の発展について触れ、AD および DA 変換に光技術を導入する長所を明らかにした。そして、全光 AD、DA 変換の研究動向を述べると共に残された技術課題を指摘し、本研究の占める位置とその目的を明確にした。

第二章では、全光 AD、DA 変換を実現するために利用するファイバ中で発生する非線形現象を紹介した。まず光ファイバ中のパルス伝搬を記述する方程式である非線形シュレディンガー方程式と、その解である光ソリトンについて述べた。また、ソリトンの固有値および高次ソリトンの特徴を述べた。次に、正常分散ファイバ中でのスーパーコンティニューム（SC）光と光パラメトリック増幅の発生過程について議論した。最後に、自己位相変調又は相互位相変調を利用する非線形ループミラー（NOLM）の動作原理を述べ、その偏波依存性について言及した。

第三章では、3つの全光 AD 変換法を提案した。はじめに、ファイバ中で発生するソリトンの個数が入射するパルスの振幅に依存するというソリトン現象を用いた光量子化法を提案した。さらに、四光波混合による光標本化とソリトン現象による光量子化を一度に実現する方法を提案した。次に、SC 光のスペクトルスライスをを用いた光量子化法を提案した。本方法では、SC 光のスペクトル幅が入射パルスの電力に依存することを利用した。また、NOLM を用いた光スイッチングによる光符号化法を提案した。これら 2つの方法を組み合わせることにより、グレイ符号を用いた 2ビット AD 変換が実現可能となった。最後に、自己位相変調又は、ソリトン効果によるスペクトル広がりに基づく全光 AD 変換法を提案した。光パルスがファイバ中を伝搬するとその電力に依存して、自己位相変調又は、ソリトン効果よりスペクトルが広がり、そして分裂する。そのスペクトルをフィルタリングすることによりグレイ符号を用いた 2ビット全光 AD 変換が実現できる。これら 3つの方法の原理確認実験を行い、その実現可能性を明らかにした。

第四章では、2つの全光 DA 変換法を提案した。まず、光パラメトリック増幅を用いた全光 DA 変換法を提案した。

本方法では、光パラメトリック増幅利得がポンプ光の強度、波長配置、その個数で変化することに着目し、デジタル信号をポンプ光として、プローブ光を増幅することにより光加算演算を実現した。原理確認実験を行い、提案法の有効性を検証した。次に、NOLMを多段に接続することにより、光加算演算を行わずに全光 DA 変換を行う方法を提案した。提案法に基づく 2 ビット全光 DA 変換実験を行い、その原理の有効性を確認した。

第五章は結論であり、本研究で得られた成果について総括を行った。

論文審査の結果の要旨

本論文は、光ファイバの非線形性を用いた超高速全光アナログ-デジタル (AD)、デジタル-アナログ (DA) 変換法の提案を行っている。得られた結果を要約すると、以下の通りである。

- (1) ファイバ中で発生するソリトンの個数が入射するパルスの振幅に依存するというソリトン現象を用いた全光 AD 変換法を提案している。実験により、高次ソリトンによる光量子化および、2 次ソリトンの分裂に成功している。次に、スーパーコンティニューム (SC) 光のスペクトルスライスをを用いた光量子化法を提案し、3 ビット量子化実験に成功している。本方法では、SC 光のスペクトル幅が入射パルスの電力に依存することを利用して、原理的に偏波無依存で動作可能である。また、NOLM を用いた光スイッチングによる光符号化法を提案している。SC 光のスペクトルスライスによる光量子化と NOLM を用いた光符号化による 2 ビット全光 AD 変換実験を行い、その原理の有効性を示している。さらに、自己位相変調又は、ソリトン効果によるスペクトル広がりに基づく全光 AD 変換法を提案している。光パルスがファイバ中を伝搬するとその電力に依存して、自己位相変調又は、ソリトン効果よりスペクトルが広がり、そして分裂する。そのスペクトルをフィルタリングすることによりグレイ符号を用いた 2 ビット全光 AD 変換が実現できる。原理確認実験により、提案法の実現可能性を示している。
- (2) 光パラメトリック増幅を用いた全光 DA 変換法を提案している。本方法では、光パラメトリック増幅利得がポンプ光の強度、波長配置、その個数で変化することに着目し、デジタル信号をポンプ光として、プローブ光を増幅することにより光加算演算を実現している。数値シミュレーションによりその原理確認を行い、実験によりデジタル信号 “00”、“01”、“10” をアナログ信号 “0”、“1”、“2” へ変換することに成功している。次に、NOLM を多段に接続することにより、光加算演算を行わずに全光 DA 変換を行う方法を提案している。提案法に基づく 2 ビット全光 DA 変換実験を行い、その原理の有効性を確認している。

以上のように、本論文は光ファイバの非線形性を用いた超高速全光アナログ-デジタル、デジタル-アナログ変換の実現可能性を数値シミュレーションおよび実験により示しており、その成果の工学的意義は非常に大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。