



Title	Studies on Optical Signal Multiplexing using Fractional Fourier Transform and All-Optical Analog-to-Digital Conversion
Author(s)	永島, 知貴
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/61791
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (永島知貴)

論文題名

Studies on Optical Signal Multiplexing using Fractional Fourier Transform and All-Optical Analog-to-Digital Conversion

(フラクショナルフーリエ変換と全光アナログデジタル変換を用いた光信号多重化に関する研究)

論文内容の要旨

本博士論文では、フラクショナルフーリエ変換を用いた光信号多重化に基づく信号伝達を行うシステムの伝達関数の最適化について、光通信をモデルとして実証を行なった。基礎的な検討として、伝送路の特性を踏まえたフラクショナルフーリエ変換に基づく多重化光信号の振る舞いについて解明し、伝送中の信号品質の劣化が最小限になるように最適化が可能なことを実証した。実用化に向けた検討として、実用環境における伝送試験と、フラクショナルフーリエ変換の実装デバイスや全光アナログデジタル変換 (ADC) といった最適化を実現するための技術の実現性について検証した。

第一章では、光信号多重化の研究背景として、伝送システムにおける現状の光信号多重化技術と光伝送路伝送中に引き起こされる信号品質の劣化要因について概説した。

第二章では、光信号多重化を一般化するためのフラクショナルフーリエ変換に基づく新しい光直交周波数分割多重 (OFDM) 方式について、理論背景と光信号の実装法を述べた。波長分散を持つ光伝送路中での信号の振る舞いをピーク対平均強度比の観点から明らかにし、伝送中の非線形光学効果による信号劣化の低減法について提案と実証を行なった。

第三章では、フラクショナルフーリエ変換によるフーリエ変換の一般化が、フーリエ変換の優れた信号処理特性を維持しつつ自由度を拡張可能であることを示すため、光フラクショナルOFDM信号におけるサイクリックプレフィクス挿入による線形歪みの耐性向上効果を実験的に実証した。第二章で述べた非線形光学効果による信号劣化の低減法と組み合わせることで、伝送中の信号劣化が最小限になるように最適化が可能であることを示した。

第四章では、全光フラクショナルOFDM方式の実用化に向け、新世代通信網テストベッドJGN-Xを用いた実用環境における伝送の実証、平面光回路を用いた低コスト受信器の原理実証、異なる多重化方式との接続性を示すための時間レンズ効果を用いた受信方式の実証を行なった。

第五章では、全光ADCにより光フラクショナルOFDM信号の受信が実現可能であることを示すため、4レベル変調された光フラクショナルOFDM信号と2 bit全光ADCの接続実験について述べた。

第六章では、より高い多重度のマルチレベル信号に対応するために、全光ADCの実装上の課題を考慮した分解能向上手法について提案した。これまで報告されている40 GS/s全光ADCのなかで最も高い有効ビット数を持つ40 GS/s 4 bit全光ADCの実証を行なった。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (永 島 知 貴)	
論文審査担当者	(職) 氏 名 主 査 准教授 小西 毅
	副 査 教授 大政 健史
	副 査 教授 中山 健一
	副 査 教授 菊地 和也
	副 査 教授 伊東 忍
	副 査 教授 高井 義造
	副 査 教授 渡部 平司
	副 査 教授 兼松 泰男

論文審査の結果の要旨

信号の多重化と多重分離は、通信を行うシステムの本質を担う過程であり、正確な信号伝達を行うためにはシステムの伝達関数を最適化することが重要であるといえる。本論文では、フラクショナルフーリエ変換と全光アナログデジタル変換（ADC）に基づく新しい光信号多重化を用いた最適化の実現を目的とし、常に高い信頼性と実現性が要求される光通信をモデルとして実証を行っている。得られた結果を要約すると以下のとおりである。

1. 光信号多重化を一般化するためのフラクショナルフーリエ変換に基づく新しい光直交周波数分割多重方式（光フラクショナル OFDM）について、理論背景と光信号の実装法をまとめ、波長分散を持つ光伝送路中での信号の振る舞いをピーク対平均強度比の観点から明らかにしている。伝送中の非線形光学効果による信号劣化の低減法について提案し、実証を行なっている。
2. フラクショナルフーリエ変換によるフーリエ変換の一般化が、フーリエ変換の優れた信号処理特性を維持しつつ自由度を拡張可能であることを示すため、光フラクショナル OFDM 信号におけるサイクリックプレフィクス挿入による線形歪みの耐性向上効果を実験的に実証している。非線形光学効果による信号劣化の低減法と組み合わせることで、伝送中の信号劣化が最小限になるように最適化が可能であることを示している。
3. 全光フラクショナル OFDM 方式の実用化に向け、新世代通信網テストベッド JGN-X を用いた実用環境における伝送の実証、平面光回路を用いた低コスト受信器の原理実証、異なる多重化方式との接続性を示すための時間レンズ効果を用いた受信方式の実証を行なっている。
4. 全光 ADC により光フラクショナル OFDM 信号の受信が実現可能であることを示すため、4 値の強度変調された光フラクショナル OFDM 信号と 2 bit 全光 ADC の接続を実証している。
5. より高い多重度のマルチレベル変調信号に対応するため、全光 ADC の実装上の課題を考慮した分解能向上手法について提案している。これまで報告されている 40 GS/s 全光 ADC のなかで最も高い有効ビット数を持つ 40 GS/s 4 bit 全光 ADC の実証に成功している。

以上のように、本論文は、フラクショナルフーリエ変換と全光 ADC を用いた新しい光信号多重化について述べたものであり、通信を行うシステムの伝達関数を最適化し、その性能を最大限に活用させる有効な手段であると考えられる。本研究で得られた知見は、我々の生活や科学技術の発展を支える将来の大容量光通信の実現に繋がるといえる。さらに、実用環境下における提案方式の実現性の実証は、光を用いた分析、計測システムへ応用していく上での信頼性の保証に繋がることと期待される。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。