



Title	Studies on Ultrafast Spatio-Temporal Signal Retrieval, Processing, and Transmission
Author(s)	尾下, 善紀
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/44947">https://hdl.handle.net/11094/44947</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	尾下善紀
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第18759号
学位授与年月日	平成16年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科物質・生命工学専攻
学位論文名	Studies on Ultrafast Spatio-Temporal Signal Retrieval, Processing, and Transmission (超高速時空間変換を用いた信号回復・処理・伝送に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 伊東一良  (副査) 教授 青野正和 教授 金谷茂則 教授 福住俊一 教授 宮田幹二 教授 柳田祥三 教授 横山正明 教授 高井義造 助教授 小西毅

### 論文内容の要旨

本論文では、超高速時系列光信号と空間並列信号との間の超高速次元変換を必要とするマルチメディア通信における画像伝送システムに着目し、特に超高速時系列信号を空間信号に展開する信号展開システムを中心に、その実現方法の検討を行っている。さらに信号展開システムにおいて、信号伝送時に必要となる信号補償機能を新しく見出し、従来にない新規な信号補償方法を提案し、その検討を行っている。

第一章では、本論文の基本概念となる時空間光情報処理技術の概要について述べ、時空間光情報処理技術を用いたマルチメディア通信のための画像伝送システムについて概説している。また画像伝送システムを構成する画像送信システム、伝送システム、画像受信システムについて概説し、特に画像受信システム実現のための超高速次元変換方法の検討を行っている。

第二章では、画像伝送システムのための信号展開システムにおける超高速次元変換について、基本的な具現化システムの検討を行っている。超高速次元変換のために、非線形光学効果を用いた光サンプリング機能と、非線形光学結晶の位相整合条件を用いた偏向技術、分光技術および空間フィルタリングの方法を用いた空間ソート機能を併用したシステムを提案し、その展開実証実験を行っている。その結果、従来の電気処理では実現不可能であった毎秒5テラビットを超える変換速度での時系列信号から2次元空間信号への超高速次元変換の可能性を実証している。

第三章では、超高速時系列信号から2次元空間信号への超高速次元変換を行う信号展開システムについて、信号展開システムの性能向上を目的としたシステムの最適化設計を行っている。特に分解可能点数の改善と光利用効率の向上に重点を置き、これらに大きく影響を及ぼす空間フィルタリング方法について再検討を行っている。光ファイバー中を伝送されてくる信号に最適なフィルタリング方法を用いることにより、毎秒8テラビットを超える変換速度を達成している。また位相型のフィルターを用いることにより、80%を超える光利用効率を実現している。

第四章では、信号展開システムが、展開された画像信号に対して空間フィルタリング技術による画像処理を施すことが可能であることを利用し、光ファイバー長距離伝播により歪んだ光信号の信号補正を行っている。様々な信号歪みに対応が可能な信号補正機能を有する光中継器のために、高い光利用効率を持ち、また超高速時系列信号を直接的

に画像処理が可能な2次元空間分布へ展開することができる信号展開システムの検討を行っている。また超高速時系列信号から2次元空間信号への変換、2次元空間面における展開した信号への直接制御、および2次元空間信号から超高速時系列信号への再変換の実証実験を行っている。その結果、毎秒2.4テラビットに相当する速度での時系列信号への画像処理を実現している。

第五章では、光ファイバー長距離伝播により分散した未知の短パルス光の超高速分散補償機能を有する光中継器について、従来にない新規な発想に基づいた実現方法を提案し、その実証実験を行っている。分散補償のためには、信号歪みの計測・解析・制御の大きく3つの機能を超高速に実現する必要がある。従来電気的に実現していた3つの機能を一体として光化することにより、未知の信号歪みに対応が可能な超高速分散補償を実現することを可能としている。光ファイバー伝送により分散の影響を受けた未知の信号の歪み補正の全光処理による実証実験の結果、分散の影響を補正してシングルパルスに戻すことが可能であることを確認でき、提案した方法の正当性を実証している。

最後に本研究で得られた成果をまとめ、総括している。

### 論文審査の結果の要旨

次世代光情報通信ネットワークにおいては、大容量な光信号の超高速処理が求められている。超高速な時系列信号の超高速処理のためには空間領域での2次元並列性を利用することが有効であり、そのためには時系列信号と2次元空間信号との間の超高速次元変換が必要不可欠な技術となる。本論文では、超高速時系列信号を2次元空間信号に超高速に変換し、2次元空間領域で並列処理を施した後、再び超高速時系列信号に変換する超高速次元変換システムを提案し、その実証を行っている。特に、2次元空間信号が画像信号であるとして一般化し、時系列信号と2次元空間信号との間の超高速次元変換を必要とするマルチメディア通信のための画像伝送システムに着目している。そして、画像伝送システムにおいて、必要不可欠な技術である信号展開システムを中心にその具現化方法を提案し、その実証を行っている。さらに、信号展開システムが信号伝送時に必要となる信号補正機能へ応用可能であることを新しく見出し、従来にない画期的な手法を提案している。これらの結果は、画像伝送システムの実現だけでなく、次世代光通信ネットワークへ応用可能であることを示唆している。得られた結果を要約すると以下のとおりである。

- (1) 超高速時系列信号を2次元空間信号に変換する超高速次元変換システムために、非線形光学効果を用いた光サンプリング機能と非線形光学結晶の位相整合条件を用いた偏向技術、分光技術および空間フィルタリングの方法を用いた空間ソート機能を併用したシステムを提案している。また、従来の電気処理では実現不可能であった毎秒5テラビットを超える変換速度での時系列信号から2次元空間信号への超高速次元変換の可能性を実証している。
- (2) 光ファイバー中を伝播してきた超高速時系列信号のための最適な信号展開システムのための超高速次元変換方法の最適化設計を行っている。特に、分解可能点数の向上と光利用効率の向上に関して検討している。空間ソート機能実現のための空間フィルタリングにおいて、時系列光信号に最適な方法を適用することによって、分解可能点数の向上を可能にし、毎秒8テラビットでの変換速度を実現している。一方、光の位相を直接制御する空間フィルターを用いることにより、従来用いてきた光の振幅を制御する空間フィルターと比較して10倍以上の光利用効率を実現している。
- (3) 光ファイバーを長距離伝播した光信号の信号補正を行っている。信号展開システムが、光ファイバー通信網において様々な信号補正機能を必要とする光中継器へ適用可能であることを利用し、電気的な処理をはるかに上回る処理速度での信号補正を行っている。特に光中継器で要求される、高い光利用効率を持ち、かつ展開した2次元空間分布を直接制御可能な信号展開システムのための超高速次元変換方法について再検討を行っている。この信号展開システムを用いて、超高速時系列信号から2次元空間への変換、2次元空間面上での超高速並列処理、および2次元空間信号から時系列信号へ再変換の実証実験を行っている。
- (4) 光中継器の重要な機能である光ファイバーの長距離伝播による未知の分散した光信号の分散補償のために、信号展開システムが応用可能であることを新しく見出し、従来にない画期的な手法を提案している。未知の分散

した光信号の分散補償のために、展開した2次元空間分布を直接制御可能であることを利用し、従来の電気的な処理を全て光で置き換えることにより超高速な分散補償機能を実現している。原理実証実験により、未知の分散したパルスの時間補正が可能であることを実証している。

以上のように、本論文は、画像伝送システムを実現する有効な手法の一つであると考えられる。本論文では、2次元空間パターンを画像として一般化することにより画像伝送システムに着目しているが、本来時空間光情報処理技術は、超高速時系列信号と2次元空間並列信号との超高速次元変換を必要とするあらゆるシステムへの適用が可能である。今後は、光ファイバー通信全体に必要となる光信号の超高速制御が必要なシステムへの応用が期待できる。これらの成果は、応用物理学、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。よって卒論文は博士論文として価値のあるものと認める。