

Title	超短光パルスを用いた3次元空間情報の時空間光情報形態変換
Author(s)	岩本, 匡平
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44222
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。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	岩本匡平
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 17788 号
学位授与年月日	平成 15 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	超短光パルスを用いた 3 次元空間情報の時空間光情報形態変換
論文審査委員	(主査) 教授 伊東 一良 (副査) 教授 横山 正明 教授 高井 義造 教授 金谷 茂則 教授 福住 俊一 教授 宮田 幹二 教授 柳田 祥三

論文内容の要旨

本論文は超短光パルスを用いた 3 次元空間情報の時空間光情報形態変換の提案と、その具体化システムの試作検討について述べており、全 5 章から構成されている。

第 1 章では自由度の高い光情報処理システムを目指した時空間光情報処理とその基盤技術となる時空間光情報形態変換について述べた。時空間光情報処理において光の空間的な特性を多く利用するために 3 次元空間信号と時間信号間の光情報形態変換が必要であることを示した。現状のホログラフィ技術を用いた 3 次元画像伝送の問題点が情報形態変換速度であり、3 次元画像伝送が時空間光情報形態変換の優位性を検証できる具体的システムであることを述べた。

第 2 章では、空間符号化を用いた 3 次元画像伝送システムについて述べた。まず、システム構成について述べ、ここで必要となる 2 次元空間信号と時間信号間の超高速相互情報形態変換手法を提案した。検証実験を行い、潜在的な情報形態変換処理速度が最大で 1.5 Tbit/sec に達することを示した。

第 3 章では、波長符号化を用いた 3 次元画像伝送システムについて述べた。3 次元空間信号と時間信号間の超高速相互情報形態変換の光学的手法を提案した。検証実験では 3 点の点光源群の伝送を確認した。さらに伝送可能な 3 次元空間信号の空間分解能の分布が空間フィルタの開口を設計することによって調整が可能であることを明らかにした。

第 4 章では、室温下におけるバクテリオロドプシンの基底状態と K 中間体の 2 準位間の可逆的なフォトクロミズムを用いた超高速空間光変調素子への応用を検討した。通常、極低温環境において用いる基底状態と K 中間体間の可逆的なフォトクロミズムを室温下で用いる方法を提案し、検証実験を行った。実験結果から提案した手法が有効であることを確認した。

第 5 章では、通信帯域の時間信号を対象とした空間光変調器の検討を行った。バクテリオロドプシンに記録した情報を通信帯域の光で再生する際に屈折率による変調を用いることが有効であることを示し、伝送画像の空間分解能に対する影響を実験的に検討した。実験結果から、x 軸方向の空間分解能が 420 lp/m、z 軸方向の空間分解能が 35 lp/mm までの 3 次元画像を伝送できることを明らかにした。

論文審査の結果の要旨

現在の電子計算機を中心とした情報処理インフラストラクチャーにおいては、時間領域の信号が用いられている。今後要求される大容量情報の超高速処理を実現するためには、情報媒体として空間並列性や超広帯域性などの優れた特性を有する光の利用が不可欠である。そのために、空間領域と時間領域の双方における光の利用を可能とする情報形態の変換技術が必要である。

本論文では、超短光パルスを用いることにより、空間において最大の次元を有する3次元空間情報と、時間情報間における時空間光情報形態変換を提案し、大容量空間情報の伝送が必要となる3次元画像伝送システムの試作・評価を行うことにより、時空間光情報形態変換の有効性を実証している。空間周波数を用いた空間情報の符号化や、ホログラフィ技術と空間フィルタリング技術を融合した空間情報の符号化を提案し、提案手法に基づいた3次元画像伝送システムの試作・評価について述べている。また、提案手法において要求される超高速・超高分解能空間光変調素子を生体分子材料であるバクテリオロドプシンの超高速光化学反応を用いることにより実現する手法を提案し、検証実験により提案手法が有効であることを示している。

これらの結果は、今後必要となる大容量情報の超高速処理において、光を用いた並列処理の有効性を示したもので、得られた成果を要約すると以下のとおりである。

(1) 2次元空間情報と1次元空間情報の光のみによる相互変換を行うために、2次元空間情報の符号化において空間周波数を用いた手法を示している。1次元空間情報と時間情報との相互変換のために、スペクトラルホログラフィ技術を用いた手法を示している。これらの提案手法を実験により検証し、3次元画像を2次元空間情報であるホログラムとして記録することにより、3次元画像伝送システムが構築可能であることを示している。

(2) 3次元物体より伝搬する光を直接1次元空間情報に変換するために、ホログラフィ技術と空間フィルタリング技術により実現される1次元空間における微小なホログラムアレイを用いた手法を示している。1次元空間信号と時間信号の相互変換のために(1)と同様の手法を用い、これらの提案手法を実験により検証し、変換が正確に行われていることを示している。

(3) バクテリオロドプシンの初期反応過程において確認されているK中間体と基底状態の2準位を用いた超高速光化学反応を、空間光変調素子の記録・消去機能として利用するために、連続発振光による連続的な光励起および光遷移の利用を提案している。応答速度の測定および空間情報の記録・再生実験により、提案手法の有効性を確認している。

(4) 提案する3次元画像伝送システムに光ファイバー通信帯域の光を導入し、長距離伝送を実現するために、バクテリオロドプシンの吸収帯域変化に伴う屈折率変化の利用を提案している。さらに、伝送が可能である3次元画像における空間分解能の評価を行い、提案システムを現状の光ファイバ通信に導入した場合における伝送画像の空間分解能を明らかにしている。

以上のように、本論文は、光の3次元空間情報と時間情報間における時空間光情報形態変換と、その具体的な応用として3次元画像伝送システムの試作・評価について述べたものである。これらの成果は、今後の応用物理学、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。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。