



Title	二重位相共役鏡による光衛星間通信システムの高性能化に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	西牧, 可織
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第11757号
Issue Date	2015-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58879
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Kaori_Nishimaki_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (情報科学) 氏名 西牧 可織

審査担当者 主 査 准教授 岡本 淳
 副 査 教 授 高橋 庸夫
 副 査 教 授 富田 章久

学位論文題名

二重位相共役鏡による光衛星間通信システムの高性能化に関する研究

(Study on performance improvement of optical inter-satellite communication systems by using a double phase conjugate mirror)

近年, 衛星間通信において, 搬送波として電波を用いる方式に代わり, レーザー光を用いる通信技術の研究開発が活発に行われている. 光衛星間通信は, 高速・大容量通信を可能にするだけでなく, レーザー光の指向性が高いことから, 搬送波の拡散が抑制され消費電力の低減を可能にし, 送受信アンテナの小型化も達成できる. また, レーザー光を用いる方式は, 電磁誘導ノイズの影響を受けにくく, 安定して大容量のデータを送受信できる利点を有する.

現状における光衛星間通信の技術開発では主に 2 つの課題が挙げられる. 第 1 の課題は, 衛星の捕捉・追尾を簡易な装置で実現する方法の確立である. 指向性の高いレーザー光を数 100 ~ 1000km も距離の離れた衛星のアンテナに入射させるのは非常に難しく, 高精度な捕捉・追尾を行うことのできる機能の搭載が不可欠となる. このような機能を実現するために必要となる機械系および光学系の搭載によって衛星は大型化・複雑化し, 衛星打ち上げコストの増大を招く. 第 2 の課題は, 太陽光を主とする背景光に対する低減技術の確立である. 信号光とともに背景光を受光すると, ビットエラーが生じ通信速度が大幅に低下する. そのため従来技術においては, 背景光と信号光を分離するフィルタを用いることで背景光をカットするが, 波長フィルタは信号光と同じ波長成分, 偏光フィルタは信号光と同じ偏光成分, 遮光板は信号光と同じ方向からの背景光成分を透過してしまうため十分な背景光低減効果が得られない.

このような状況に際し, 本論文では, 小型で簡易な光学系によって捕捉・追尾精度を大幅に緩和し, 背景光の空間フィルタリングも高精度に実現することを目的として, 二重位相共役鏡を用いた光衛星間通信システムを新たに提案している. 二重位相共役鏡とは, 入射した 2 本のインコヒーレント光に対して, それぞれの位相共役波を回折するデバイスである. 二重位相共役鏡を用いた光衛星間通信システムにおいては, 衛星間の通信光として位相共役波を用いる. 本論文では, 二重位相共役鏡の動作実験および数値解析を行い, 本手法によって, 通信光が光伝搬に伴い拡散してしまうことを防ぐことが可能であることを示している. また, 本論文では, フォトリフラクティブ効果を用いた二重位相共役鏡が, 内部の回折格子を動的に書き換え可能な性質を有していることを実験および数値解析により明らかにしている. この結果は, 本システムが, 衛星間の光軸のずれにも動的に対応できること, および, 追尾性能の大幅な向上が見込まれることを示唆している. さらに, 本論文では, 位相共役波の波面補正作用を利用して背景光と通信光を効率良く分離する手法を新たに提案している. 背景光と通信光の波面差異を効果的に生み出す位相板の設計を行い, 本手法が, 従来の雑音除去フィル

タでは取り除けなかった背景光成分を大幅にカットできることを明らかにしている。

第1章では、当該研究の背景について述べている。

第2章では、光衛星間通信の研究動向について述べている。

第3章では、フォトリフラクティブ結晶を用いた位相共役波の生成手法である二重位相共役鏡について述べているほか、フォトリフラクティブ結晶の特徴について述べている。

第4章では、二重位相共役鏡を用いた光衛星間通信システムを提案している。本システムにおいては、通信状態を形成するために用いる要求光と信号光の両波面が互いに位相共役の関係になる。そのため、衛星の自動的な追尾が可能となるほか、背景光と通信光の間の波面差異を活用した空間フィルタリングを行うことができる。

第5章では、第4章で提案した光衛星通信システムにおける衛星の追尾機能に関する検討を行っている。二重位相共役鏡の時間的・空間的動作特性を調べるために、実験および数値解析を行っている。二重位相共役鏡によって回折される位相共役波の時間応答を明らかにすることによって、本技術が従来技術として比較して、衛星の追尾精度を大幅に緩和できることを明らかにしている。

第6章では、第4章で提案した光衛星通信システムにおける背景光低減効果について検証している。本方式では、背景光と通信光の波面に差異が生ずるため、空間フィルタリングによって背景光を大幅に低減することができることを示している。また、効果的な背景光低減を目的として、2値位相マスクを新たに設計している。送受信機衛星間の通信光と背景光の伝搬解析を行い、本手法による背景光低減率が99%に達することを明らかにしている。同時に、従来のフィルタを用いた場合と比較して、許容伝送速度が10倍以上向上することも明らかにしている。

第7章では、地上における光無線通信システムへの位相共役波の応用について述べている。地上における光無線通信では、大気中に含まれる水分や塵などの通信光波面への影響も考慮する必要がある。本研究では、位相共役波の活用によって通信光の波面補正を行う方式を検討し、さらに、中継器への応用について述べている。

第8章では、本研究で得られた成果の総括を行っている。

これを要するに、著者は、二重位相共役鏡による光衛星間通信システムの高性能化に関する研究を行うことで、光通信の発展に向けた多くの有益な知見を得ており、光エレクトロニクスの分野に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(情報科学)の学位を授与される資格あるものと認める。