

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 5 月 22 日現在

機関番号：32712

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04403

研究課題名（和文）符号分割多元接続技術を用いた中継伝送方式と海中光無線通信への応用

研究課題名（英文）A code-division multiplexed data relay system and its application to underwater wireless data transmission using visible light

研究代表者

松嶋 智子（Matsushima, Tomoko K.）

横浜商科大学・商学部・教授

研究者番号：30648902

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、高速かつ長距離の海中無線通信の実現を目的として、他の中継ノードからの干渉光と太陽光等の背景光を同時に抑制する可視光無線中継伝送方式を検討した。本研究により一般化拡張プライム系列符号（GMPSC）を用いる光符号分割多元接続（CDMA）方式を海中無線通信に適用した場合、優れた干渉光除去能力を有することが示された。この光CDMA方式により、他ノードからの干渉光と太陽光等の背景光を同時に除去する中継用送受信機を実現することができる。また、GMPSCの一部は高速に強度変動する背景光を除去することを発見し、その特性を有する拡散符号（チップペア符号）の具体的な構成方法を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

わが国は海に囲まれ潜在的な海洋資源を多く有している。また、地震や津波等の災害対策の観点からも海中での様々な調査や観測が必要とされている。しかし、海中では長距離かつ大容量のデータ通信が難しく、海中での無線通信技術の確立が課題となっている。本研究では、海中で減衰が小さい可視光スペクトルと光CDMA技術を利用して、伝送距離と伝送速度を同時に高める無線中継伝送方式を提案する。この方式は自律型無人潜水機（AUV）等を中継ノードとして想定し、拡散符号GMPSCを各ノードに割り当てる。提案方式は背景光雑音と他ノードからの干渉光を同時に抑制できるため、海中無線データ通信方式として有効であると考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this study, wireless data-relay transmission systems for visible light communications were investigated to realize high-speed and long-distance undersea communications. It has been shown that the optical code-division multiple-access (CDMA) schemes using generalized modified prime sequence codes (GMPSCs) have the property of canceling background light, such as sun light, as well as interference light from other transmitters. We proposed several optical CDMA schemes for our purpose and evaluated them theoretically and by computer simulation. In addition, this study proposed a new class of signature codes for optical CDMA, referred to as chip-pair codes, which have the property of removing interference light with an intensity varying by shorter periods without requiring additional equipment.

研究分野：通信・ネットワーク工学

キーワード：海中無線通信 可視光通信 光符号分割多元接続 中継伝送 一般化拡張プライム系列符号 干渉光除去 チップペア符号

1. 研究開始当初の背景

わが国は海に囲まれ潜在的な海洋資源を多く有しているため、研究開始当初も現在も、海洋資源探査は重要な課題となっている。また、地震や津波等の災害対策の観点からも、海底の地形や火山等の詳細な調査が必要とされている。海洋でのこのような調査や観測のために、海中で長距離を高伝送速度でデータ伝送できる無線通信技術の確立が課題となっていた。

海中における無線通信技術としては、音波を利用する方式、電波を利用する方式、可視光波を利用する方式が提案されていた。電波は誘電率の高い海水により指数関数的に減衰し長距離伝送に適さないこと、また、音波は長距離伝送が可能だが伝送速度が低く 1Mbps を超えるような高速データ伝送には適さないことが知られていた。すなわち、海中で音波や電波を用いて通信を行った場合、伝送距離と伝送速度の両方を同時に高くすることは困難であった。

一方、可視光波については、半導体レーザーや発光ダイオード (Light Emitting Diode: LED) 等の光源の発光効率が向上し、海中での光無線通信に十分な出力を得られるようになっていた。海中で透過率の高い波長 450nm 付近の可視光波は、短距離 (150m 未満) ではあるが、高い伝送速度を達成できることが報告されていた。伝送速度は水質等の環境や太陽光の有無に大きく左右されるが、一般に、半導体レーザーでは数 Gbps、LED では数 Mbps の伝送を実現できることが実験的に示されていた。特に、LED は技術開発により応答速度が向上しつつあり、LED による可視光通信はより高速になることが期待されていた。

このように可視光波は海中での有力な伝送媒体であり、数 M ~ 数 Gbps の高い伝送速度を達成できることが示されていた。可視光波の伝送距離は、電波の伝送距離に比べればはるかに長い。中継伝送を考慮しない場合には 100 ~ 200m 程度であり、水質や太陽光の状況によってはさらに短くなることが示されていた。一方、実際の海中探査等では数百 ~ 数千メートルの無線伝送が必要であるため、このような長距離を無線伝送するために、何らかの中継伝送技術の開発が不可欠であると研究代表者は考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、高速かつ長距離の海中無線通信の実現を目指し、海中でも利用可能な新しい可視光通信方式と中継伝送技術の開発を行うことである。海中では、太陽光などの背景光が伝送特性を大きく劣化させる。また、複数のノードを介して中継伝送を行う場合、各中継ノードの受信機が必要のない他ノードからの干渉光を受信し、それが伝送特性劣化の一因となる。そこで、太陽光等の背景光と他の中継ノードからの干渉光を同時に抑制し、高信頼度で高伝送速度の可視光通信方式を提案すること、さらにその方式を応用した可視光中継伝送方式を提案することを具体的な研究目標とした。

光ファイバ通信や空間光無線通信では、これまでに符号分割多元接続 (Code-Division Multiple-Access: CDMA) における多重ユーザ干渉 (Multi-User Interference: MUI) 除去に関する研究が行われてきた。強度変調を行う可視光通信では単極性の拡散符号を使う必要があるため、ウォルシュ符号のような直交符号を用いることができない。一方、光 CDMA のために開発された拡張プライム系列符号 (Modified Prime Sequence Code: MPSC) (引用文献[1]) およびそれを一般化した拡散符号 (Generalized MPSC: GMPSC) は、非直交符号であるため符号語数が多く、また、MPSC や GMPSC の持つ特殊な相関特性を利用することで可視光通信において MUI と背景光雑音を同時に除去することができる (引用文献[2])。本研究は、GMPSC を拡散符号とする光 CDMA の優れた干渉除去能力を海中光無線通信の中継伝送方式に応用し、背景光や他ノードからの干渉の影響を効果的に除去する可視光通信方式と無線中継伝送方式を提案する。

本研究の学術的独自性は、中継伝送時に送信情報を GMPSC で拡散符号化し、各中継ノードに GMPSC の同じグループの複数の符号語を拡散系列として割り当てる点にある。符号長が q^2 (q は素数または素数のべき乗) の GMPSC は、 q 個の符号語を含む q 個のグループ G_1, G_2, \dots, G_q に分けられ、同じグループ内の二つの符号語の相互相関は零であり、異なるグループの二つの符号語の相互相関はすべて等しい非零の値であることが知られている。GMPSC の持つ相互相関特性を考慮し、各中継ノードに割り当てる拡散系列を GMPSC の同じグループの符号語とすることで、他の中継ノードからの干渉信号と背景光雑音の影響を高い精度で推定し、復号時に除去することができると思われた。

3. 研究の方法

本研究では、まず、GMPSC を拡散符号とする CDMA 技術を利用した可視光無線通信方式を

提案し、中継伝送方式への応用を検討するとともに、その特性を数値解析および計算機シミュレーションにより評価する方法を採用した。さらに、可視光 CDMA 通信のための新しい拡散符号を提案した。また、研究の過程で得られた知見から、可視光通信だけでなく、電波を用いた無線 CDMA 方式についても検討し、多値変調に適した新しい可変拡散率符号を提案した。

4. 研究成果

本研究課題の成果は、学術雑誌への論文掲載 8 件（すべて査読有、「主な発表論文等」の「雑誌論文」欄に記載）として公開された。以下に主な研究成果の具体的な内容を記す。

- (1) 多重ユーザ干渉と背景光を同時に除去する同期光 CDMA システムに関する研究（「主な発表論文等」,「雑誌論文」, 1 件目）

符号分割多元接続 (CDMA) を用いた光無線通信では、多重ユーザ干渉だけでなく太陽光等の背景光が通信品質を劣化させる要因になる。拡張プライム系列符号を拡散符号とし適切な干渉除去方式を用いた同期光 CDMA は、多重ユーザ干渉を除去することが報告されている。本研究では、代表的な干渉除去方式である等重み直交 (EWO) 方式, Shalaby 方式, Liu 方式の各々について背景光除去能力を調べる。まず, EWO 方式と Shalaby 方式では、背景光の強さが一定である場合、復号器で背景光が除去されることを示す。次に、従来の Liu 方式では背景光が除去されないことを示した上で、従来の拡散系列に 1 チップ付加する改良方式を提案し、改良方式では背景光が除去されることを示す。その結果、背景光以外の雑音が無視できる理想的なリンクでは、EWO 方式, Shalaby 方式, 改良 Liu 方式の復号ビット誤り率は零となる。更に、本論文では熱雑音や光検出器での雑音に加え背景光の影響を考慮に入れて、各方式の復号ビット誤り率を計算機シミュレーションにより評価する。

- (2) Complex Orthogonal Variable Spreading Factor Codes Based on Polyphase Sequences（「主な発表論文等」,「雑誌論文」, 2 件目）

The direct-sequence code division multiple access (DS-CDMA) technique is widely used in various communication systems. When adopting orthogonal variable spreading factor (OVSF) codes, DS-CDMA is particularly suitable for supporting multi-user/multi-rate data transmission services. A useful property of OVSF codes is that no two code sequences assigned to different users will ever interfere with each other, even if their spreading factors are different. Conventional OVSF codes are constructed based on binary orthogonal codes, called Walsh codes, and OVSF code sequences are binary sequences. In this paper, we propose new OVSF codes that are constructed based on polyphase orthogonal codes and consist of complex sequences in which each symbol is represented as a complex number. Construction of the proposed codes is based on a tree structure that is similar to conventional OVSF codes. Since the proposed codes are generalized versions of conventional OVSF codes, any conventional OVSF code can be presented as a special case of the proposed codes. Herein, we show the method used to construct the proposed OVSF codes, after which the orthogonality of the codes, including conventional OVSF codes, is investigated. Among the advantages of our proposed OVSF codes is that the spreading factor can be designed more flexibly in each layer than is possible with conventional OVSF codes. Furthermore, combination of the proposed code and a non-binary phase modulation is well suited to DS-CDMA systems where the level fluctuation of signal envelope is required to be suppressed.

- (3) レベル分割多重を用いた光符号分割多元接続方式（「主な発表論文等」,「雑誌論文」, 3 件目）

拡張プライム系列符号を拡散符号とし適切な干渉除去方式を用いた同期光符号分割多元接続 (code-division multiple access: CDMA) は、多重ユーザ干渉 (multi-user interference: MUI) を完全に除去し、信頼性の高い多チャネル通信を実現する。本研究では、干渉除去方式に等重み直交方式を用いた同期光 CDMA において、レベル分割多重 (level-division multiplexing: LDM) を利用して伝送速度を向上させる方式を提案する。提案方式において LDM のレベル数を L (L は 2 以上の任意の整数) に設定すると、符号長やチップレートを変えることなく、システム全体の伝送速度が LDM を用いない場合の L 倍になる。雑音が無視できる理想的な通信路を仮定した場合、 L を任意に大きくしても、MUI の影響を受けることなく、提案方式の復号ビット誤り率は常に零となることを理論的に示す。更に、光検出器としてアパランシェフォトダイオードと PIN フォトダイオードを仮定したそれぞれの場合について、背景光、暗電流、ショット雑音、及び熱雑音を考慮して、計算機シミュレーションにより復号ビット誤り率特性を評価する。

- (4) Optical CDMA Scheme Using Generalized Modified Prime Sequence Codes and Extended Bi-Orthogonal Codes（「主な発表論文等」,「雑誌論文」, 4 件目）

Optical code-division multiple-access (CDMA) techniques provide multi-user data transmission services in optical wireless and fiber communication systems. Several signature codes, such as modified prime sequence codes (MPSCs), generalized MPSCs (GMPSCs) and modified pseudo-orthogonal M-sequence sets, have been proposed for synchronous optical CDMA systems. In this paper, a new scheme is proposed for synchronous optical CDMA to increase the number of users and, consequently, to increase the

total data rate without increasing the chip rate. The proposed scheme employs a GMPSC and an extended bi-orthogonal code which is a unipolar code generated from a bipolar Walsh code. Comprehensive comparisons between the proposed scheme and several conventional schemes are shown. Moreover, bit error rate performance and energy efficiency of the proposed scheme are evaluated comparing with those of the conventional optical CDMA schemes under atmospheric propagation environment.

(5) Signature Codes to Remove Interference Light in Synchronous Optical Code-Division Multiple Access Systems (「主な発表論文等」,「雑誌論文」, 5 件目)

This paper proposes a new class of signature codes for synchronous optical code-division multiple access (CDMA) and describes a general method for construction of the codes. The proposed codes can be obtained from generalized modified prime sequence codes (GMPSCs) based on extension fields $GF(q)$, where $q = p^m$, p is a prime number, and m is a positive integer. It has been reported that optical CDMA systems using GMPSCs remove not only multi-user interference but also optical interference (e.g., background light) with a constant intensity during a slot of length q^2 . Recently, the authors have reported that optical CDMA systems using GMPSCs also remove optical interference with intensity varying by blocks with a length of q . The proposed codes, referred to as p -chip codes in general and chip-pair codes in particular for the case of $p = 2$, have the property of removing interference light with an intensity varying by shorter blocks with a length of p without requiring additional equipment. The present paper also investigates the algebraic properties and applications of the proposed codes.

(6) Orthogonal Variable Spreading Factor Codes over Finite Fields (「主な発表論文等」,「雑誌論文」, 6 件目)

The present paper proposes orthogonal variable spreading factor codes over finite fields for multi-rate communications. The proposed codes have layered structures that combine sequences generated by discrete Fourier transforms over finite fields and have various code lengths. The design method for the proposed codes and examples of the codes are shown.

(7) Visible-Light CDMA Communications Using Inverted Spread Sequences (「主な発表論文等」,「雑誌論文」, 7 件目)

Visible-light communication (VLC) using light-emitting diodes (LEDs) is gaining attention in the wireless communication field. LEDs can be used as data transmitters without losing their main functionality as lighting devices. In some VLC applications, such as traffic signs and road signals in intelligent transportation systems, high brightness is required to help people recognize the signs and signals conveyed by the light sources. In this paper, the use of inverted modified prime sequence codes (MPSCs) is shown to be efficient for increasing brightness in an optical code-division multiple access (CDMA) system for VLC, while the original MPSCs, namely non-inverted codes, provide much lower brightness. The average light intensity of a system using an inverted MPSC is several times the intensity of a system using an original MPSC, without losing the capabilities of channel multiplexing and multi-user interference canceling. Average light intensity and normalized fluctuation are investigated for the optical CDMA systems with the original and inverted MPSCs. The results show that the systems with the inverted MPSCs provide higher average light intensity and lower normalized fluctuation than the systems with the original MPSCs do. Moreover, the bit error rates of the systems with the inverted MPSCs are evaluated by computer simulation and compared with those of the systems with the original MPSCs.

(8) Orthogonal Variable Spreading Factor Codes Suppressing Signal-Envelope Fluctuation (「主な発表論文等」,「雑誌論文」, 8 件目)

Recently, complex orthogonal variable spreading factor (OVSF) codes based on polyphase orthogonal codes have been proposed to support multi-user/multi-rate data transmission services in synchronous direct-sequence code-division multiple access (DS-CDMA) systems. This study investigates the low signal-envelope fluctuation property of the complex OVSF codes in terms of transmission signal trajectories. In addition, a new method is proposed to suppress the envelope fluctuation more strongly at the expense of reducing the number of spreading sequences of the codes.

上記の他に,国内外で口頭発表 36 件(国際会議のみ査読有,「主な発表論文等」の「学会発表」欄に記載)を行い,本研究課題の研究成果を公開した。

< 引用文献 >

- [1] G. -C. Yang and W. C. Kwong, Prime codes with applications to CDMA optical and wireless networks, Artech House, mobile communications series, Norwood, MA (2002).
- [2] T. K. Matsushima, M. Kakuyama, Y. Murata, Y. Teramachi, S. Yamasaki, "A Study on Multi-User Interference Cancellers for Synchronous Optical CDMA Systems —Decision Distance and Bit Error Rate—," IEICE Trans. on Fundamentals, Vol.E100-A, No.10, pp.2135--2145, Oct. 2017.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 上方文理, 松嶋智子, 山崎彰一郎, 宮崎真一郎, 大村光徳	4. 巻 J103-A
2. 論文標題 多重ユーザ干渉と背景光を同時に除去する同期光CDMAシステムに関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌A 基礎・境界	6. 最初と最後の頁 126 ~ 141
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 MATSUSHIMA Tomoko K., YAMASAKI Shoichiro	4. 巻 E103-A
2. 論文標題 Complex Orthogonal Variable Spreading Factor Codes Based on Polyphase Sequences	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	6. 最初と最後の頁 1218 ~ 1226
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.2019DMP0007	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 上方文理, 小野恭平, 宮崎真一郎, 山崎彰一郎, 松嶋智子, 大村光徳	4. 巻 J104-A
2. 論文標題 レベル分割多重を用いた光符号分割多元接続方式	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌A 基礎・境界	6. 最初と最後の頁 178 ~ 190
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 ONO Kyohei, YAMASAKI Shoichiro, MIYAZAKI Shinichiro, MATSUSHIMA Tomoko K.	4. 巻 E104-A
2. 論文標題 Optical CDMA Scheme Using Generalized Modified Prime Sequence Codes and Extended Bi-Orthogonal Codes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	6. 最初と最後の頁 1329 ~ 1338
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.2020EAP1148	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 MATSUSHIMA Tomoko K., YAMASAKI Shoichiro, ONO Kyohei	4. 巻 E104-A
2. 論文標題 Signature Codes to Remove Interference Light in Synchronous Optical Code-Division Multiple Access Systems	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	6. 最初と最後の頁 1619 ~ 1628
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.2021EAP1015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 YAMASAKI Shoichiro, MATSUSHIMA Tomoko K.	4. 巻 E105-A
2. 論文標題 Orthogonal Variable Spreading Factor Codes over Finite Fields	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	6. 最初と最後の頁 44 ~ 52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.2021EAP1001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Matsushima Tomoko K., Yamasaki Shoichiro, Ono Kyohei, Tanaka Hirokazu	4. 巻 11
2. 論文標題 Visible-Light CDMA Communications Using Inverted Spread Sequences	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Electronics	6. 最初と最後の頁 1823 ~ 1839
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/electronics11121823	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 MATSUSHIMA Tomoko K., YAMASAKI Shoichiro, TANAKA Hirokazu	4. 巻 E106-A
2. 論文標題 Orthogonal Variable Spreading Factor Codes Suppressing Signal-Envelope Fluctuation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	6. 最初と最後の頁 445 ~ 449
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.2022TAL0003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計36件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Shoichiro Yamasaki, Tomoko K. Matsushima, Hirokazu Tanaka
2. 発表標題 A Security Enhanced Data Transmission Scheme Using Sequences Generated by Non-Systematic Reed-Solomon Coding
3. 学会等名 International Symposium on Information Theory and Its Applications, W-1-102-3, pp.173-177, Oct. 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shoichiro Yamasaki, Tomoko K. Matsushima, Kyohei Ono, Hirokazu Tanaka
2. 発表標題 A Study on Multiplexing Scheme for Multi-Rate Information in Visible-Light Communications
3. 学会等名 IEICE Technical Report, vol. 122, no. 132, MICT2022-31, pp. 82-87, July 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮崎真一郎, 山崎彰一郎, 松嶋智子
2. 発表標題 レベル分割多重を用いた光符号分割多元接続の符号割当の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, BS-5-1, Sept. 2022 (依頼講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小野恭平, 松嶋智子, 山崎彰一郎, 田中宏和
2. 発表標題 反転符号と非反転符号を組み合わせた光CDMA調光方式の特性評価
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, BS-5-4, Sept. 2022 (依頼講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shoichiro Yamasaki, Tomoko K. Matsushima, Hirokazu Tanaka, Kyohei Ono
2. 発表標題 A Study on Orthogonal Variable Length Sequences over Finite Fields Applied to Reed-Solomon Coding and Multi-Rate Communications
3. 学会等名 The 45th Symposium on Information Theory and its Applications, 3.3.2, pp. 271-276, Dec. 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shoichiro Yamasaki, Tomoko K. Matsushima, Hirokazu Tanaka
2. 発表標題 A Study on Secure Coded Communications Using Discrete Fourier Transform over Finite Fields
3. 学会等名 IEICE Technical Report, IT2022-79, vol. 122, no. 427, IT2022-79, pp. 74-79, March 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山崎彰一郎, 松嶋智子, 田中宏和
2. 発表標題 物理層と上位層に適用される離散フーリエ変換を用いた情報保護方式の基礎検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, A-2-2
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shoichiro Yamasaki, Tomoko K. Matsushima, Hirokazu Tanaka
2. 発表標題 A Study on Information Security Scheme Using Discrete Fourier Transform and Reed-Solomon Code
3. 学会等名 第44回情報理論とその応用シンポジウム, 4.3.2, pp. 276--281
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomoko K. Matsushima, Shoichiro Yamasaki, Hirokazu Tanaka
2. 発表標題 A Study on Orthogonal Variable Spreading Factor Codes over the Complex Number Field
3. 学会等名 第44回情報理論とその応用シンポジウム, 6.2.1, pp. 354--359
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上方文理, 宮崎真一郎, 大村光徳, 大野成義, 山崎彰一郎, 松嶋智子
2. 発表標題 LDMを用いた同期光CDMA方式の受信光強度推定に関する検討
3. 学会等名 第44回情報理論とその応用シンポジウム, 6.2.2, pp. 360--365
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小野恭平, 田中宏和, 松嶋智子, 山崎彰一郎
2. 発表標題 同期光CDMAにおける二重拡散符号を用いたマルチレート伝送方式の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, IT, vol. 121, no. 327, IT2021-50, pp. 119-124
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上方文理, 宮崎真一郎, 大村光徳, 大野成義, 山崎彰一郎, 松嶋智子
2. 発表標題 レベル分割多重を用いた同期光CDMA方式の受信光強度推定に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, IT, vol. 121, no. 327, IT2021-51, pp. 125-130
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小野恭平, 山崎彰一郎, 松嶋智子
2. 発表標題 陪直交符号とEWO信号方式を用いた光CDMAシステムに関する考察
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告(情報理論) IT2020-8
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山崎彰一郎, 松嶋智子, 小野恭平
2. 発表標題 光CDMAにおける可変拡散率の符号構成法に関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告(情報理論) IT2020-9
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松嶋智子, 山崎彰一郎, 小野恭平
2. 発表標題 一般化拡張プライム系列符号の構成法に関する検討 ~チップペア符号の提案とその応用~
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告(ワイドバンドシステム) WBS2020-2
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小野恭平, 山崎彰一郎, 松嶋智子
2. 発表標題 拡張プライム系列符号とその反転符号を同時に用いる同期光CDMA方式
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告(情報理論) IT2020-18
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tomoko K. Matsushima, Shoichiro Yamasaki, Kyohei Ono
2. 発表標題 A Study on Chip-Pair Codes for Synchronous Optical CDMA Systems
3. 学会等名 IEICE Technical Report (Information Theory) IT2020-19
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小野恭平, 山崎彰一郎, 松嶋智子
2. 発表標題 同期光CDMAシステムのための拡散符号に関する研究 ~一般化拡張プライム系列符号を短縮化した符号の提案~
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告(情報理論) IT2020-57
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上方文理, 小野恭平, 宮崎真一郎, 山崎彰一郎, 松嶋智子, 大村光徳
2. 発表標題 レベル分割多重を用いた光CDMA伝送方式の特性評価
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告(情報理論) IT2020-58
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 笠結衣紀, 小野恭平, 山崎彰一郎, 松嶋智子
2. 発表標題 可視光CDMA通信における調光制御方式に関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告(情報理論) IT2020-59
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高田康平, 宮崎真一郎, 山崎彰一郎, 松嶋智子
2. 発表標題 無線伝送の周波数領域等化における残留歪みの軽減方式の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム) RCS2020-178
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小野恭平, 山崎彰一郎, 松嶋智子
2. 発表標題 短縮化拡張プライム系列符号を重畳する同期光CDMA方式の提案
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告(情報理論) IT2020-105
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小野恭平, 山崎彰一郎, 松嶋智子
2. 発表標題 光符号分割多元接続のための可変拡散率符号の提案
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告(情報理論) IT2020-113
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松嶋智子, 山崎彰一郎, 小野恭平
2. 発表標題 チップペア符号を用いた同期光符号分割多元接続方式の誤り率特性
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告(情報理論) IT2020-114
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小野 恭平, 山崎 彰一郎, 松嶋 智子
2. 発表標題 複数の拡散符号を重畳する同期光CDMA方式に関する研究
3. 学会等名 第28回職業能力開発研究発表講演会講演論文集, 28-H-1
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上方文理, 小野恭平, 松嶋智子, 山崎彰一郎, 宮崎真一郎, 大村光徳
2. 発表標題 背景光とシンチレーションを考慮した光CDMA空間伝送の評価
3. 学会等名 第28回職業能力開発研究発表講演会講演論文集, 28-H-2
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松嶋智子, 山崎彰一郎, 上方文理, 大村篤生, 遠藤克帆, 宮崎真一郎, 大村光徳
2. 発表標題 背景光と多重ユーザ干渉を同時に除去する同期光CDMA方式に関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, WBS2019-20
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松嶋智子, 山崎彰一郎, 宮崎真一郎, 大村光徳
2. 発表標題 レベル分割多重を用いた光CDMA多重伝送に関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 基礎境界/NOLTA講演論文集, A-2-2
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoko K. Matsushima, Shoichiro Yamasaki
2. 発表標題 Construction Method of Orthogonal Variable Spreading Factor Codes over the Complex Number Field
3. 学会等名 第42回情報理論とその応用シンポジウム(SITA2019), 1.4.3
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山崎彰一郎, 松嶋智子, 小野恭平, 遠藤克帆, 大村篤生, 宮崎真一郎, 大村光徳
2. 発表標題 レベル分割多重を用いた光CDMA多重伝送方式
3. 学会等名 第42回情報理論とその応用シンポジウム(SITA2019), 3.4.4
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山崎彰一郎, 松嶋智子
2. 発表標題 可変長直交拡散系列の有限体上における構成法に関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, IT2019-66
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野恭平, 山崎彰一郎, 松嶋智子
2. 発表標題 拡張プライム系列符号と陪直交符号を用いた光CDMAの多重化方式
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, WBS2019-65
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoko K. Matsushima, Shoichiro Yamasaki
2. 発表標題 A Note on Orthogonal Variable Spreading Factor Codes Based on Polyphase Sequences
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, WBS2019-66
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上方文理, 松嶋智子, 山崎彰一郎, 宮崎真一郎, 大村光徳
2. 発表標題 背景光を除去する同期光CDMA方式の評価
3. 学会等名 第27回職業能力開発研究発表講演会講演論文集, 30-H-8
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 遠藤克帆, 山崎彰一郎, 松嶋智子, 宮崎真一郎, 大村光徳
2. 発表標題 レベル分割多重を用いた光CDMA伝送の基本構成と特性
3. 学会等名 第27回職業能力開発研究発表講演会講演論文集, 30-H-9
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大村篤生, 山崎彰一郎, 松嶋智子, 宮崎真一郎, 大村光徳
2. 発表標題 多段階のレベル分割を用いた光CDMA方式における多重化分離処理
3. 学会等名 第27回職業能力開発研究発表講演会講演論文集, 30-H-10
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	宮崎 真一郎 (Miyazaki Shinichiro) (40648937)	独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発 総合大学校(能力開発院、基盤整備センター)・能力開発 院・准教授 (82727)	削除：2021年6月4日
研究 分担者	大村 光徳 (Omura Kotoku) (40725719)	独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発 総合大学校(能力開発院、基盤整備センター)・能力開発 院・准教授 (82727)	削除：2021年6月4日

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------