

令和元年6月14日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06334

研究課題名(和文) 疑似雑音符号系列による知的照明光通信ネットワークの創出

研究課題名(英文) Innovation of intelligent illumination light communication network using pseudo-noise codes

研究代表者

羽瀧 裕真 (Habuchi, Hiromasa)

茨城大学・理工学研究科(工学野)・教授

研究者番号：90241744

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、情報通信ネットワーク、照明ネットワーク、信号現示ネットワークを統合する光無線通信ネットワークシステムに着目する。特に、屋内外をシームレスにつなぐ『疑似雑音符号系列による知的照明光通信ネットワーク』を実現するために4つの要素技術を検討した。調光制御と情報配信を同時に行うことができる拡張プライム符号による可視光通信法(考案方式Ⅰ)、2種類の変調法を融合する階層化多値変調法(考案方式Ⅱ)、オンオフ型疑似雑音符号を用いる符号多値変調法(考案方式Ⅲ)、可視光通信信号の特徴を考慮する誤り訂正符号(考案方式Ⅳ)、を要素システムとして開発した。さらに、それらの要素システムの有効性を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

疑似雑音符号系列による知的照明光通信ネットワークを実現するために4つの要素システム(Ⅰ)調光制御機能と情報配信機能と受信機測位機能を併せ持つ拡張プライム符号による可視光通信法、(Ⅱ)階層化多値変調法、(Ⅲ)オンオフ信号形式による符号多値変調法、(Ⅳ)光無線チャネルに対処できる誤り訂正符号設計)を開発した。これらの4つの考案要素システムは単なる電波無線通信の延長や焼き直しではなく、いずれも既存方式の問題点を解決し、知的照明光通信の重要技術になると期待できる。さらに、これらの要素システムの統合化は、これまでにない新しい知見を得られるばかりでなく、新分野を切り開くものと期待できる。

研究成果の概要(英文)：In this study, optical-wireless communication network systems are considered. For intelligent illumination light communication networks using pseudo-noise (PN) code sequences, the following four primitive methods are developed; (Method I) the visible-light communication systems using extended Prime code sequences for realizing dimming control function and data broadcasting function, (Method II) the optical-wireless hierarchical modulation scheme, (Method III) the code shift keying systems using on-off non-orthogonal PN codes, and (Method IV) the error correcting system design for anti-background-noise and anti-scintillation. Moreover, bit error rate performance, data transmission property, and channel capacity are evaluated by theoretical analysis and computer simulation. Consequently, the effectiveness of four primitive systems is clarified.

研究分野：情報通信工学

キーワード：照明光通信 可視光通信 光無線通信 多値変調法 疑似雑音符号 ターボ符号 強度変調/直接検波法 階層化変調法

1. 研究開始当初の背景

光無線通信は、法規制問題がないためグローバル化し易い、技術的にも人体的にも人にやさしい、無線 LAN や携帯電話などの既存の電波通信と干渉しない、壁等により物理的に遮蔽されるため情報漏洩範囲が限定的などの特徴を有している。そのため、将来のネットワークや通信サービスを支える重要技術の 1 つであると考えられる。光無線通信は ARIB STD-T50 Ver.4、IEEE802.15.7、IEEE802.15.7r1、IrDA、JEITACP-1221,1222 などの標準化が行われ、現在では次世代標準が検討されているが、最適な光無線通信の発明や構築はなされていない。さらに、LED の長寿命化、省電力化、低価格化に伴い、照明や信号灯が LED に置き換わりつつある。白熱電球が省エネの点で多くの国で禁止になりつつあり、LED への移行に拍車がかかっている。そのため、照明機器を用いる『照明光通信』は屋内・屋外情報通信改革の素養をもち、ユーザが感知することなく情報配信や情報交換を可能とするアンビエント社会を支える重要な技術となるものと期待できる。照明光通信の確立には、光無線通信の特徴を捉え、それに適した方式設計が必要である。例えば、(1)太陽光や照明光からの環境光雑音や遮蔽による信号の消滅や劣化、(2) R,G,B 光の伝送路透過度の違いによる信号減衰や情報消失、(3)大気変動に伴うシンチレーション、(4)他の照明光通信機器からの干渉、(5)光の直進性に伴う通信領域の狭小化、などのチャネル特性への対応は必要である。さらに、(6)照明調光に対処可能な通信法、(7)光点滅(オンオフ信号形式)に合った伝送法、(8)ユーザ位置の把握とそれに応じた情報配信法、(9)フォトダイオード等の受信機特性を考慮した性能評価、などの検討が必要である。

『光無線通信の信頼性向上法』は、主に、名古屋大学の山里らによるイメージセンサを用いて重要情報と非重要情報を同時送信する方式、マックマスター大学の Eric Monteiro らやモナシュ大学の Jean Armstrong らによる直交周波数分割多重法などの光変復調法、早稲田大学の劉らによる Advanced a-law による PAPR 対処法、慶應義塾大学の笹瀬らや職業能力開発総合大学の松嶋らによる光符号分割多元接続(OCDMA)、テキサス大学の Kamran Kiasaleh らや慶應義塾大学の大槻らによる光誤り訂正符号、ウォーリック大学の Harita Joshi らや慶應義塾大学の中川らによる伝送路モデル検討、中川研究所の林らによる水中濁度により送信波長帯を切替えて伝送する方法、などの検討がある。これらの検討の多くは単に電波無線技術を光無線通信に適用したものであり、上記の(1)~(9)のような光無線通信や照明などの特徴などを考慮し、光無線通信能力を最大限に引出す設計になっていない。

2. 研究の目的

本研究では、屋内外をシームレスにつなぐ疑似雑音符号系列による知的照明光通信法の創出とその要素システムの開発を目的とする。この目的について、『基礎的性能検討段階』、『高信頼化性能検討段階』、『総合評価検討段階』の 3 段階に分けて検討を行う。

特に、考案した 4 つの要素システム( . 拡張プライム符号系列による屋内可視光通信方式、 . 2 種類の変調法を融合する階層型変調方式、 . 非直交符号を用いる高密度多値変調方式、 . 透過適応型ターボ符号化方式)とそれらを統合するシステムを検討する。1. の背景で述べた(1)~(9)の電波通信とは異なる検討課題を考慮し、さらにオン信号とオフ信号では受信光雑音の分散が異なることを踏まえ、4 つの考案要素システムを設計する。さらに、それぞれの考案要素システムの基本性能を、理論解析およびコンピュータシミュレーションにより明らかにする。

3. 研究の方法

本考案システムは、屋内通信と屋外通信に分類し、各々の伝送路環境に応じる 4 つの考案要素システムからなる。これらの要素システムを“疑似雑音符号による通信”をキー技術として結び、屋内外をシームレスにつなぐ通信システムを検討する。その考案要素システムは、システムの簡易性、基本通信性能(情報伝送効率、誤り率、スループットなど)の点から理論解析および計算機シミュレーションにより評価する。

(1) 屋内通信

図 1 に調光制御と情報配信を同期に行う屋内知的照明光通信システムを示す。各照明 LED(発光ダイオード)

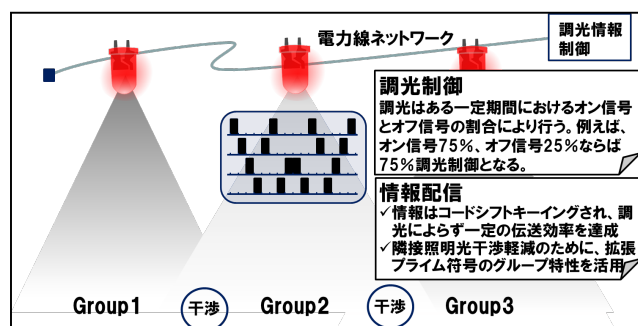


図 1 屋内照明光通信システム

は電力線により電力が供給されており、電力線通信を行えば、新たに通信線を敷設する必要がない。調光制御信号と情報配信信号を融合し、電力線を介して照明機器に送信して制御することにより知的照明光通信が構築できる。考案要素システムⅠである拡張プライム符号系列による屋内可視光通信システムについて、調光レベルにかかわらず情報配信のための情報伝送速度を落とすことなく、照明光間の通信干渉問題も解決できることを明らかにする。さらに、受信強度による『3点測位法』『光フィンガープリント法』を構築でき、ユーザ測位の補完も可能になることも明らかにする。

## (2) 屋外通信

図2に、情報通信ネットワークと交通ネットワークを統合する高度交通システム(ITS)における路車間・車車間統合通信システムを示す。特に、路側に設置された基地局からの配信法として、2種類の変調法を融合する階層型変調方式(考案要素システム)と非直交符号を用いる高密度多値変調方式(考案要素システム)を取り上げ、その基礎性能を明らかにする。また、配信情報のユーザ間共有法および取得失敗時の対処法として、車車間通信による多値変調型ランダムアクセス法を採用する。

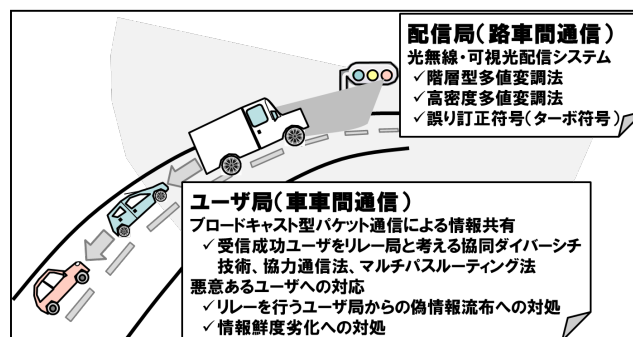


図2 路車間・車車間統合通信システム

可視光や赤外線による光無線通信では、伝送路である大気や海洋水の濁度などの状況により、波長に応じて伝搬路透過度が異なり、部分的な消失通信路となってしまう。その対処法の1つとして考案した透過適応型ターボ符号システム(考案要素システム)について、R,G,B 光の受信光電力に応じて情報復調法(符号化率 1/3 ターボ復号、符号化率 1/2 ターボ復号、情報信号のみで復調)を切替える方式を示し、消失通信路に対応できることを明らかにする。

## 4. 研究成果

### (1) 調光と情報配信を同時に実現する知的照明光通信

疑似雑音符号系列として拡張プライム符号を用いるNパラレル符号多値変調(VN-CSK)方式を考案した(考案要素システムⅠ)。本方式は時間的に重なるの無いN個の符号系列からなる系列群を用いる。情報配信は、調光度に合わせて同時送信符号数Mを決定、情報配信データによりN個の符号からM個を選択、符号系列の振幅レベル調整、の手順で伝送する。(a)調光レベルによらず情報配信データの誤り率が同程度となること、(b)本方式に振幅シフトキーイングを取り入れて人間が感じる光量で調光レベル制御ができること、(c)隣接照明に異なる拡張プライム符号群を割り当てることによりチャンネル間干渉が低減できること、(d)複数の照明光からの疑似雑音符号を用いることによりコード測位が可能になること、を明らかにした。さらに、疑似雑音符号系列として、拡張プライム符号系列と変形擬直交M系列を採用することにより、照明機能・調光レベル制御機能、通信・配信機能、測位機能、物理的セキュリティ機能、を実現できる可能性があることを明らかにした。

VN-CSK方式のコード測位法として、3点測位法と光フィンガープリント法が実現できることを明らかにした。物理的セキュリティ機能として、視覚復号型秘密分散法を利用できることを示した。視覚復号型秘密分散法をそのまま適用してしまうと、0信号が連続してしまい照明機能が損なわれてしまう。そのため、0信号と1信号をランダム選択ではなく、直交M系列による選択に修正することにより調光レベル保持を実現した。

### (2) 2種類の変調法を融合する階層化変調方式

コードシフトキーイング(CSK)とマルチパルス・パルス位置変調(MPPM)を融合するCSK-MPPM方式を考案した(考案要素システム)。本方式はCSKで選択された符号系列をMPPMフレームに配置する際にMPPMデータにより配置スロットを決定する方式である。MPPMスロットにMPPM用の符号系列を加算する従来方式よりも電力効率が高く、良好な誤り率特性を示すことを明らかにした。

CSK-MPPM方式の高度化として、非直交符号系列を適用することにより高密度化を実現する。高密度化のための非直交符号系列として、2重化変形擬直交M系列を提案(考案要素システム)し、従来方式よりも性能改善できることを示した。基地局と移動局間の通信距離に応じてSN比が減少し同期タイミングジッタの増大が通信性能への影響を明らかにした。2重化変形擬直交M系列は内部系列長を外部系列長よりも短くすることにより高密度化を図ることができることを示し、内部系列長と同程度の同期式多元接続も実現できることを明らかにした。

### (3) 誤り訂正符号による高信頼化配信法

ターボ符号に対して、2つのパリティビットストリームのビットを交互に入れ替えて再構成を行う方式を考案した(考案要素システム)。R,G,BのLEDを用いて並列伝送では、R,G,Bの減衰率をもとに情報ビットストリームとパリティビットストリームを各LEDに割当てる本方式は、従来の非再構成型ターボ符号よりも部分消失通信路に有効であることを明らかにした。また、通信路容量を評価し、LDPC符号よりも良好な性能を示すことを明らかにした。

さらに、性能改善法として、(a)情報ビットとパリティビットを融合する『振幅シフトキーイングとパルス位置変調法を組み合わせたAPPM』を提案し、従来のターボ符号よりも性能改善が可能であることを示した。(b)情報ビットをパルス位置変調し、パリティビットをオンオフ変調するターボ符号を構築し、シンチレーションや背景光雑音に耐性を強化した。また、その考案ターボ符号の信号構成に着目した同期法を考案した

## 5. 主な発表論文等

### [雑誌論文](計 3件)

Keisuke Osawa, Hiromasa Habuchi, and Yusuke Kozawa : "Theoretical Analysis on Bit Error Rate of Visible-Light Variable N-parallel Code-Shift-Keying", IEICE Transaction on Fundamentals, 査読有, Vol.E101-A, No.12, pp.2352-2358, (2018-12)  
DOI:10.1587/transfun.E101.A.2352

Shota Takayanagi, Hiromasa Habuchi, Yusuke Takamaru and Yusuke Kozawa : "Improved Code-Shift Keying Systems with Functional Pseudonoise Code in Optical-Wireless Channel", Journal of Signal Processing, 査読有, Vol.20, No.4, pp.169-173, July 2016  
DOI: <https://doi.org/10.2299/jsp.20.169>

Yuto Matsuda, Hiromasa Habuchi and Yusuke Kozawa : "Robust Turbo-Coded OOK System for Background Noise Alleviation and Frame Synchronization in Optical Wireless Channel", Journal of Signal Processing, 査読有, Vol.20, No.4, pp.165-168, July 2016  
DOI: <https://doi.org/10.2299/jsp.20.165>

### [学会発表](計 50件)

孫冉, 羽瀧裕真, 小澤佑介: "光無線通信ターボ符号システムにおける信号伝送形式の一検討", 電子情報通信学会 WBS/IT/ISEC 合同研究会, WBS2018-97 (IT2018-96, ISEC2018-102), (2019-03)

Hikari Iizuka, Ran Sun, Hiromasa Habuchi, Yusuke Kozawa : "High Accuracy Positioning System on Indoor Optical Wireless VN-CSK System", RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communication and Signal Processing, (2019-03)

Yuta Asano, Hiromasa Habuchi, Yusuke Kozawa: "Effective Frame Error Detecting Scheme for Optical-Wireless Advanced Framed-DOOK System", RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communication and Signal Processing, (2019-03)

真中佳祐, 陳力源, 羽瀧裕真, 小澤佑介 : "VN-CSK 照明可視光通信における等重み(2,2)視覚復号型秘密分散法", 電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会, (2019-03)

浅野裕太, 羽瀧裕真, 小澤佑介 : "拡張フレーム化 DOOK システムのためのフレーム誤り検出法の検討", 電子情報通信学会 WBS 研究会, WBS2018-30, (2018-12)

孫冉, 羽瀧裕真, 小澤佑介 : "ハイブリッド PPM-OOK 信号形式を用いる光無線パンクチャードターボ符号システムの検討", 電子情報通信学会 WBS 研究会, WBS2018-72, (2018-12)

Run Sun, Hiromasa Habuchi, Yusuke Kozawa : "Proposal of Optical Wireless Turbo Coded System with Hybrid PPM-OOK Signalling", International Conference on Signal Processing and Communication Systems, (2018-12)

Yuto Asano, Hiromasa Habuchi, Yusuke Kozawa : "Frame Error Detection Performance of Optical-Wireless Advanced Framed-DOOK System", International Conference on Signal Processing and Communication Systems, (2018-12)

Yuto Asano, Hiromasa Habuchi, Yusuke Kozawa : "Exact Bit Error Rate Analysis for Optical-Wireless Framed-DOOK System", IEEE 7th Global Conference of Consumer Electronics, (2018-10)

Takashi Tokunaga, Hiromasa Habuchi, Yusuke Kozawa, Ran Sun : "BER Performance Impaired by Transmission Time Offset Between Users in Optical Wireless CSK/ACDMA System Using DMPOMs", IEEE 7th Global Conference of Consumer Electronics, (2018-10)

浅野裕太, 羽瀧裕真, 小澤佑介 : "誤り検出可能な光無線フレーム化 DOOK システム", 革新的無線通信技術に関する横断型研究会 MIKA2018, (2018-09)

孫冉, 羽瀧裕真, 小澤佑介 : "光無線通信におけるハイブリッド PPM-OOK ターボ符号システム", 革新的無線通信技術に関する横断型研究会 MIKA2018, (2018-09)



- Yutaka Imaizumi, Hiromasa Habuchi, Koichiro Hashiura : "Improved Packet Success Rate on MC-CDMA based On-demand WSN System with MPOMS", IEEE Vehicular Technology Society Asia Pacific Wireless Communications Symposium, (2018-08)
- Hikari Iiduka, Hiromasa Habuchi, Yusuke Kozawa : "Proposal of VN-CSK System having Positioning Function", IEEE Vehicular Technology Society Asia Pacific Wireless Communications Symposium, (2018-08)
- Tomofumi Haruna, Hiromasa Habuchi, Yusuke Kozawa : "Theoretical Analysis of Optical-Wireless Code Shift Keying System using Extended Einarsson Code", IEEE Vehicular Technology Society Asia Pacific Wireless Communications Symposium, (2018-08)
- 春名智文, 羽瀨裕真, 小澤佑介 : "光無線 CSK システムへの拡張 Einarsson 符号の適用性", 電子情報通信学会 WBS 研究会, WBS2018-8, (2018-07)
- 飯塚暉, 羽瀨裕真, 小澤佑介 : "光無線 VN-CSK システムにおける測位性能の検討", 電子情報通信学会 WBS 研究会, WBS2018-9, (2018-07)
- 浅野裕太, 羽瀨裕真, 小澤佑介 : "光無線フレーム化 DOOK システムにおける同期シンボルによる誤り検出法の検討", 電子情報通信学会 WBS 研究会, WBS2018-16, (2018-07)
- 徳永岳, 孫冉, 羽瀨裕真, 小澤佑介 : "DMPOMs を用いる光無線 CSK システムにおける同期性能を考慮した誤り率性能", 電子情報通信学会 WBS 研究会, WBS2018-17, (2018-07)
- 大澤圭佑, 羽瀨裕真, 小澤佑介 : "可視光ハイブリッド VN-CSK/PAM におけるビット誤り率と情報伝送効率のトレードオフ", 電子情報通信学会総合大会, AS-1-8, (2018-03)
- ②1 Yuta Asano, Hiromasa Habuchi, Yusuke Kozawa : "Design of Synchronization Signal Embedded Optical Wireless Differential OOK", 2nd International Conference and Exhibition on Visible Light Communications, (2018-03)
- ②2 石川真行, 羽瀨裕真, 小澤佑介 : "CSK-MPPM を用いる光無線路車間通信における路車間距離による同期誤差特性", 電子情報通信学会 WBS/IT/ISEC 合同研究会, WBS2017-131 (IT2017-150, ISEC2017-138), (2018-03)
- ②3 Keisuke Osawa, Hiromasa Habuchi, Yusuke Kozawa : "Performance Evaluation of Hybrid VN-CSK/PAM for Lighting Constrained Visible Light Communications", RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communication and Signal Processing, (2018-03)
- ②4 San Sun, Hiromasa Habuchi, Yusuke Kozawa : "Error Correcting Codes in Underwater RGB-LED Parallel Communication: Turbo or LDPC?", RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communication and Signal Processing, (2018-03)
- ②5 飯塚暉, 大澤圭佑, 羽瀨裕真, 小澤佑介 : "拡張プライム符号を用いる VN-CSK における受信機位置測位に関する研究", 電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会, B-10, (2018-03)
- ②6 Takashi Tokunaga, Hiromasa Habuchi, Yusuke Kozawa, Ran Sun : "SCDMA Capability of High-Density Code-Shift Keying using Dual MPOMs in Optical-Wireless Channel", 27th International Telecommunication Networks and Applications Conference, (2017-11)
- ②7 Ran Sun, Hiromasa Habuchi, Yusuke Kozawa : "Proposal of Optical Wireless Turbo Coded APPM System", 27th International Telecommunication Networks and Applications Conference, (2017-11)
- ②8 Masayuki Ishikawa, Hiromasa Habuchi : "On Suitable Pseudo-Noise Code for Optical-Wireless Hierarchical CSK-MPPM System", IEEE 6th Global Conference of Consumer Electronics, (2017-10)
- ②9 Yuto Asano, Hiromasa Habuchi, Yusuke Kozawa : "Improved Synchronization Scheme for Indoor Visible-Light Differential On-Off Keying", IEEE 6th Global Conference of Consumer Electronics, (2017-10)
- ③0 徳永岳, 羽瀨裕真, 小澤佑介, 孫冉 : "MPOMs の二重符号化を用いる光 CSK/SCDMA の性能評価", 電子情報通信学会 WBS 研究会, WBS2017-25, (2017-10)
- ③1 孫冉, 羽瀨裕真, 小澤佑介 : "ASK-PPM を用いる光無線ターボシステムの一検討", 電子情報通信学会 WBS 研究会, WBS2017-28, (2017-10)
- ③2 Keisuke Osawa, Hiromasa Habuchi, Yusuke Kozawa : "A Theoretical Analysis of Visible-Light Variable N-parallel Code-Shift-Keying in LOS Indoor Environments", The Eighth International Workshop on Signal Design and Its Applications in Communications, (2017-09)
- ③3 Ran Sun, Hiromasa Habuchi, Yusuke Kozawa : "Impact of Framed-DOOK Optical Wireless System using Error Correcting Codes", The Eighth International Workshop on Signal Design and Its Applications in Communications, (2017-09)
- ③4 Takashi Tokunaga, Hiromasa Habuchi, Yusuke Kozawa : "New Two-Layered Pseudo-Noise Code for Optical-Wireless Code-Shift Keying/SCDMA", The Eighth International Workshop on Signal Design and Its Applications in Communications, (2017-09)
- ③5 大澤圭佑, 羽瀨裕真, 小澤佑介 : "VN-CSK 照明光通信における環境光雑音の影響", 電子情報通信学会 WBS 研究会, WBS2017-13, (2017-07)
- ③6 徳永岳, 羽瀨裕真, 小澤佑介 : "光無線 CSK/SCDMA のための二重拡散符号設計に関する一検討", 電子情報通信学会 WBS 研究会, WBS2017-1, (2017-05)

- ③7 浅野裕太, 羽瀨裕真, 小澤佑介: "光無線差動符号化OOKのためのフレーム同期信号設計に関する一検討", 電子情報通信学会 WBS 研究会, WBS2017-2, (2017-05)
- ③8 大澤圭佑, 羽瀨裕真, 小澤佑介: "拡張プライム符号を用いる可視光可変Nパラレル符号多値変調法におけるマルチパスリフレクションの影響", 電子情報通信学会 IT/ISEC/WBS 合同研究会, WBS2016-112(IT2016-136, ISEC2016126), (2017-03)
- ③9 Shota Takayanagi, Hiromasa Habuchi, Yusuke Kozawa: "Theoretical Analysis of Visible-Light Code-Shift Keying Using Extended Pseudo-Orthogonal M-sequence in Line-of-Sight Link", 10th International Conference on Signal Processing and Communication Systems, (2016-12)
- ④0 Keisuke Osawa, Hiromasa Habuchi, Yusuke Kozawa: "Performance Evaluation of Novel Optical-Wireless Variable N-parallel Code-Shift-Keying", 10th International Conference on Signal Processing and Communication Systems, (2016-12)
- ④1 Ran Sun, Hiromasa Habuchi, Yusuke Kozawa: "Underwater Turbo-code Optical Communication System Compatible with Partial Erasure Channel", Premier International Technical Conference of IEEE Region10, (2016-11)
- ④2 孫冉, 羽瀨裕真, 小澤佑介: "水中可視光通信のための RGB LED ターボ符号システムの一検討", 電子情報通信学会 WBS 研究会, WBS2016-43, (2016-10)
- ④3 Ran Sun, Hiromasa Habuchi, Yusuke Kozawa: "Enhancement of RGB Parallel Turbo-code System with UTPA in Optical Partial Erasure Channel", 13th IEEE Vehicular Technology Society Asia Pacific Wireless Communications Symposium, (2016-08)
- ④4 Masayuki Ishikawa, Hiromasa Habuchi, Atsuhiko Takahashi: "New Optical-Wireless CSK-MPPM System with Modified Prime Sequence Code", The 31st International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications, (2016-07)
- ④5 Ran Sun, Hiromasa Habuchi, Yusuke Kozawa: "Novel Parallel Optical Turbo-code Communication System using RGB LEDs for Partial Erasure Channel", The 31st International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications, (2016-07)
- ④6 Keisuke Osawa, Hiromasa Habuchi, Yusuke Kozawa: "Proposal of a Variable N-CSK with MPSC for an Intellectual Illumination Light Data Transmission System", The 31st International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications, (2016-07)
- ④7 石川真行, 羽瀨裕真: "光無線 CSK-MPPM 方式のビット誤り率における同期誤差の影響", 電子情報通信学会 WBS 研究会, WBS2016-19, (2016-07)
- ④8 大澤圭佑, 羽瀨裕真, 小澤佑介: "拡張プライム符号を用いる VN-CSK 方式の隣接照明間干渉に関する検討", 電子情報通信学会 WBS 研究会, WBS2016-20, (2016-07)
- ④9 孫冉, 羽瀨裕真: "UTPAを用いる Framed-DOOK パンクチャードターボ符号の一検討", 電子情報通信学会 WBS 研究会, WBS2016-21, (2016-07)
- ⑤0 高柳翔太, 羽瀨裕真, 小澤佑介: "LOS 環境における拡張擬直交 M 系列を用いる光空間 CSK の一検討", 電子情報通信学会 WBS 研究会, WBS2016-23, (2016-07)

〔その他〕

ホームページ等

<http://rainbow.cis.ibaraki.ac.jp/Achievement/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

なし

### (2) 研究協力者

なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。