

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560440

研究課題名(和文) ITSのための光/電波融合型通信の高度化

研究課題名(英文) Enhancement of Heterogeneous Networks using Optical and Radio Communications for ITS

研究代表者

羽瀧 裕真 (Habuchi, Hiromasa)

茨城大学・工学部・教授

研究者番号：90241744

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、情報通信ネットワークと交通ネットワークを統合する高度交通システムにおける路車間・車車間統合通信方式に着目した。特に、路側に設置された基地局からの配信法として“階層型変調を用いる光無線・可視光多値変調法”、配信情報の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”からなる光/電波融合型通信方式の高信頼化・高品質化の実現を検討した。その結果、(a)PN符号を用いる光階層化変調法、(b)高密度化光符号多値変調法、(c)背景光やシンチレーションに強い光ターボ符号化法、(d)変形2進カウントダウン法などの要素技術を考案し、有効性を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：In this study, a novel heterogeneous network using optical-wireless and radio communications for intelligent transportation systems is considered. For road-to-vehicle communications, the optical-wireless hierarchical modulation scheme, the error correcting system design for anti background-noise, and the high-multilevel transmissions using the pseudo noise sequence, are investigated. For the vehicle-to-vehicle communication protocol, the modified binary countdown method using the extended prime code sequence and the multi-level communication, and the wireless network coding systems, are analyzed.

研究分野：情報通信工学

キーワード：高度交通システム 路車間通信 車車間通信 光ワイヤレス通信 階層化変調方式 疑似雑音符号 ターボ符号 ネットワーク符号化

## 1. 研究開始当初の背景

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)に関する支援技術には、車々間通信と路車間通信がある。車々間通信とは、路上のユーザ間通信であり、隣接ユーザ間通信ばかりでなく、近隣ユーザや路側に設置された機器を中継局とする遠隔ユーザ間通信形態も考えられる。路車間通信とは、路側に設置された基地局とユーザ間の通信であり、基地局とユーザ間の双方向通信形態と基地局からユーザへの単方向通信(放送)形態がある。車々間通信や路車間通信は、事故防止や渋滞緩和、運転支援や同乗者支援などに活用される。今後、基地局周辺の店舗・イベント・駐車場などのカーナビゲーションシステムの補助的な情報、渋滞情報、事故や緊急車両の通過などの交通情報、観光地などにおける場所属性のある情報、などのローカル情報を配信する放送型路車間通信がキーポイントになると考えられる。放送型路車間通信では、基地局を中心とするネットワーク内に存在するユーザのみが情報を享受することができる。特に近年では、LED 信号機に通信機能を持たせ光無線通信によってユーザに道路情報を送信するような研究も盛んに進められている。この放送型路車間通信システムにおいては、

- ・配信基地局がカバーする領域に存在する全ユーザに送信可能であること
  - ・送信のみを行うことで基地局システムの簡易化が可能であること
- などの利点がある。一方、
- ・配信基地局から遠いユーザほど受け取れる信号のエネルギーが小さくなることやシャドウイングなどが生じやすくなるため、ネットワーク内で同一情報を共有しようとすることに困難が生じること
  - ・ユーザ間の相対的位置状況変化に要する時間は、配信パッケージ時間に比べて大きい。そのため配信基地局の通信エリア内でのシャドウイング状況は改善せず、連続的に情報取得失敗するユーザが存在すること
  - ・情報取得失敗時の誤り制御法が確立されていないこと
  - ・ITS では配信情報が広域情報ばかりでなく配信基地局を中心としたローカル情報を含むため、ユーザが配信基地局から離れている場合には意味の無い情報になること
- などの考慮すべき点がある。上記4点の問題は、放送型路車間通信にリバースリンクが存在せず、誤り制御が不十分であるために生じるものと考えられる。そこで、放送型路車間通信の誤り制御として、配信基地局を利用するものではなく、ユーザ同士の車々間通信を活用する誤り制御が考えられる。本研究では、

路側に設置した基地局からブロードキャスト通信にてローカル情報を配信し、受信失敗したパケットを車々間通信で補う路車間・車々間通信統合システムを検討する。

## 2. 研究の目的

本研究は、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に着目する。特に、路側に設置された基地局からの配信法として“階層型変調を用いる光ワイヤレス・可視光多値変調方式”、その配信情報の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方式”からなる光/電波融合型通信システムの高信頼化・高品質化の実現を目指す。

本研究では、ITS のための光/電波融合型通信方式の高度化について、『情報配信検討段階』『高信頼化検討段階』『総合評価検討段階』の3段階に分けて検討を行う。『情報配信検討段階』では、光無線通信における階層化変調法を中心に検討する。『高信頼化検討段階』では、光無線通信における誤り訂正符号を中心に検討する。『総合評価検討段階』では、光無線通信の高信頼化とネットワークアクセス制御の信頼化を中心に検討する。

## 3. 研究の方法

本研究では、図1を考え、それを構成する光無線通信と電波無線通信の要素技術を考案する。その考案方式は、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。

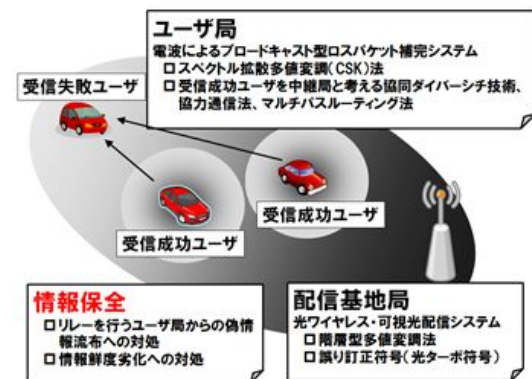


図1 考案システムの概念図

配信法における要素技術として考案した以下の方式について基本性能を明らかにする。

- ・疑似雑音(PN)符号を用いる光無線階層化変調システム
- ・変形擬直交プライム符号や変形擬直交M系列による光無線コードシフトキーイング

- ・非均一電力割当法を用いるターボ符号（または LDGM 符号）システム
- ユーザ間通信方式として考案した以下の方式について基本性能を明らかにする。
- ・拡張プライム符号を用いる変形 2 進カウントダウン法
- ・Frame Slotted ALOHA を用いる無線ネットワーク符号化法
- ・視覚復号型しきい値秘密分散法に誤り訂正符号を融合する方式

#### 4. 研究成果

(1) PN 符号を用いる光無線階層化変調法  
階層化変調方式として、2 種類の性質の異なる変調法（信号パターンによる方法（第 1 変調法）と信号電力による方法（第 2 変調法））を融合することにより構築する方式に着目する。その光無線階層化変調方式として、3 つの基本方式を提示した。

- (a) 第 1 変調法としてコードシフトキーイング(CSK)を、第 2 変調法として振幅シフトキーイング(ASK)を融合する方式
- (b) 第 1 変調法として CSK を、第 2 変調法としてコード数キーイング(CNK)を融合する方式
- (c) 第 1 変調法としてマルチパルス・パルス位置変調(MPPM)を、第 2 変調法として CNK を融合する方式

を考案した。

これらの光階層化変調法の誤り率性能の理論式を導出した。その結果、同期状態における誤り率では、第 1 変調法が第 2 変調法よりも良好な特性を示した。受信同期誤差がある場合では、第 1 変調法の誤り率は大きく劣化してしまうが、第 2 変調法の誤り率の劣化は小さく、わずかであるが第 1 変調法よりも良好である。そのため、通信距離が長くなるなどにより同期誤差が生じて情報の一部を伝達できる可能性があることが分かった。

#### (2) 光無線 CSK

光疑似雑音符号設計：

CSK では、同一の符号系列長  $L$  を保ちながら符号系列数  $N$  を増大することにより情報伝送効率や誤り率性能を改善できる可能性がある。しかしながら、これまでの光疑似雑音符号系列では、符号系列長  $L$  と CSK 符号数  $N$  の比 ( $N/L$ ) は 1 よりも小さいものであった。そこで、本研究では、 $N/L = 1$  を実現するために、2 種類の疑似雑音符号系列を融合する符号設計法を考案した。

- (a) 変形擬直交プライム符号を設計した。  
本符号系列は、一般化拡張プライム符号(GMPSC)と陪直交符号を組み合

わせる設計法で生成する。GMPSC では、符号長  $L$  に対して  $L$  個の符号しか利用できなかったが、本考案符号系列では  $L$  個の符号の利用を可能にした。つまり、 $N/L=1$  を達成した。

- (b) 変形擬直交  $M$  系列を設計した。本符号系列は擬直交  $M$  系列と陪直交符号を組み合わせる設計法で生成する。本考案符号系列は、 $L^2/4$  個の符号の利用を可能にし、 $N/L=L/4 - 1$  ( $L$  4 のとき) を達成した。

考案符号系列を用いる CSK

- (a) 変形擬直交プライム符号を用いる CSK では、まず GMPSC データを復号し、次にその GMPSC 復号データを用いて陪直交符号データを復号する 2 段階。そのため、本方式は、従来の陪直交符号を用いる CSK と同一の情報伝送効率を達成しながら、ビット誤り率性能の改善を可能にした。

- (b) 変形擬直交  $M$  系列を用いる CSK でも 2 段階復号法を採用する。まず、擬直交  $M$  系列のデータを復号し、次にその復号データを用いて陪直交符号データを復号する。本方式は、(a) 方式および従来の陪直交符号を用いる方式よりも情報伝送効率を高くすることができる。さらに、ビット誤り率を (a) 方式および従来方式よりも改善できることが分かった。

#### (3) 光無線誤り訂正符号

誤り訂正符号として、LDPC 符号とターボ符号を導入し、その性能改善法を検討した。

- (a) 光無線 LDPC 符号システムの改善  
情報ビットとパリティビットを分離可能な LDPC 符号の 1 つである LDGM 符号に着目する。その改善法として“情報ビットとパリティビットに異なる電力を割当てる非均一電力割当法”を検討した。情報ビットとパリティビットの電力比率には最適値が存在し、その最適値は 1（従来方式）ではなかった。そのため、電力比率の非均一化を行うことにより従来方式よりも性能改善できる。

- (b) 光無線ターボ符号システムの改善  
ターボ符号は情報ビットとパリティビットが分離している符号であるため、(a) 方式がそのまま利用できる。情報ビットとパリティビットの非均一電力化は、ビット誤り率性能を改善できることが分かった。その効果は、符号化率  $1/3$ (スタンダードターボ符号)、 $1/2$ (バンクチャードターボ符号)によらないことが分かった。さらに、差動符号化を取り入れることにより背景光雑音への対応を可能にし、伝

送速度の向上を実現した。

(4) 拡張プライム符号を用いる2進カウントダウン方式

車車間通信のアクセス制御法として、ブロードキャストを基にする変形2進カウントダウン方式を検討した。特に、拡張プライム符号を用いる変形2進カウントダウン方式を提案し、隠れ端末問題を考慮したパケット成功確率を検討した。従来方式よりも高いパケット成功確率を達成できることが分かった。

リレー局を利用する方式についても検討した。送信局からリレー局までを拡張プライム符号を用いる2進変調法で、リレー局から目的局までを多値変調法で情報伝送する方式を考案した。静的ネットワークでは、本方式のパケット成功率は従来方式よりも向上できる。

(5) Frame Slotted ALOHA を用いる無線ネットワーク符号化法

ネットワーク符号化は、基本的に複数の通信経路を持つマルチホップネットワークにおけるスループット向上技術であるため、潜在的に複数経路が存在する無線通信において有効であると考えられる。本研究では、パケット送信をFrame Slotted ALOHA方式で行う無線ネットワーク符号化法を考案した。

無線通信路環境を考慮したパケット獲得時間を導出し、評価した。特に、ソースノードからシンクノードへの直接通信路が存在するパタフライ型ネットワークモデルと直接通信路が存在しないライン型ネットワークモデルに着目し、信号電力減衰、パケット衝突、通信路雑音、ライスフェージングを考慮した通信路環境において評価した。その結果、パタフライ型ネットワークモデルはネットワーク符号化法の適用時と非適用時の性能に交点をもち、白色ガウス通信路では受信SN比が4.5[dB]以上、ライスフェージング通信路では5.3[dB]以上を確保した場合にネットワーク符号化法が有効であることが分かった。ライン型ネットワークモデルではネットワーク符号化法が受信SN比にかかわらず有効である。

(6) 視覚復号型しきい値秘密分散法に誤り訂正符号を融合する方式

(k,n)しきい値秘密分散法は、秘密情報をn個のシェアに分散し、そのうちのk個のシェアを取得することにより元の情報を復号でき、k個未満の分散情報では解読することができない方式である。秘密情報を2つのシェアに分割する際、信号0は{01,01}または{10,10}の組をランダムに選び、信号1は{10,01}または{01,10}がランダムに選択される。信

号0の場合は各々の要素を排他的論理和すると00となり、信号1の場合は11となり、両方を受け取ることで信号を復元できる。しかしながら、盗聴者が01を受け取っても信号0の01なのか信号1の10なのか不明となり、データを抽出ことはできない。この信号列の1の極性に誤り訂正符号を導入する方式を考案した。考案方式は、信号1の極性で誤り訂正情報を表現するため、時間的・周波数的冗長度を抑えることができ、リレー局や受信局での信号抽出確率を改善できる。ホップ数2のマルチホップ通信では、本方式は誤り訂正符号なしの従来方式よりも5[dB]改善できることが分かった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 4件)

Yusuke Takamaru, Sachin Rai, Hiromasa Habuchi: "Theoretical analysis of new PN code on optical wireless code-shift-keying", IEICE Transaction on Fundamentals, Vol.E97-A, No.12, pp.2572-2578, (2014-12) 査読有

Kyohei Sumikawa, Hiromasa Habuchi: "Optical wireless LDGM-BPPM with unequal transmission power allocation scheme", IEICE Transaction on Fundamentals, Vol.E97-A, No.12, pp.2579-2585, (2014-12) 査読有

Kyohei Sumikawa, Hiromasa Habuchi: "Influence of scintillation and background noise on LDGM-BPPM with unequal transmission power allocation scheme in optical wireless channel", Journal of Signal Processing, Vol.18, No.4, pp.181-184 (2014) 査読有

羽瀨裕真, 小澤佑介: "光無線通信におけるPN符号を用いる階層化変調法", 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J96-B No.5 pp.509-517, (2013-5) 査読有

[学会発表](計 40件)

松田優人, 羽瀨裕真, 小澤佑介: "差動符号化を用いる光無線OOKの同期保持時間", 電子情報通信学会総合大会, (2015-3-10), 立命館大学(滋賀県草津市)

小磯翔, 羽瀨裕真: "誤り訂正符号を組み込んだ秘密分散法の検討", 電子情報通信学会東京支部学生研究発表会, (2015-2-28), 明治大学(東京都千代田区)

高柳翔太, 羽瀨裕真, 高丸祐典: "変形擬3進M系列を用いる光コードシフトキーイングの提案", 電子情報通信学会東京支

部学生研究発表会, (2015-2-28), 明治大学(東京都千代田区)

細川勇氣, 羽瀨裕真: “変形擬3進M系列対を用いる OFCDM の提案”, 電子情報通信学会東京支部学生研究発表会, (2015-2-28), 明治大学(東京都千代田区)

Sachin Rai, Yusuke Kozawa, Hiromasa Habuchi, Yuto Matsuda: “Proposal of turbo-coded differential OOK for optical IM/DD system”, RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing, (2015-2-28), クアラルンプール(マレーシア)

Takuya Eto, Hiromasa Habuchi, Koichiro Hashiura: “Spread spectrum/binary countdown scheme with GMPSC for multi-hop wireless network”, International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking, (2015-1-20), ロワジュールホテル函館(北海道函館市)

Sachin Rai, Hiromasa Habuchi: “Enhancement of punctured turbo code with UTPA in optical wireless channel”, International Symposium on Information Theory and Its Applications, (2014-10-27), メルボルン(オーストラリア)

江藤拓也, 羽瀨裕真, 橋浦康一郎: “スペクトル拡散型2進カウントダウン法のスループットの検討”, 電子情報通信学会WBS研究会, (2014-10-3), 秋田県立大学カレッジプラザ(秋田県秋田市)

高橋貴大, 羽瀨裕真, 小澤佑介: “光MPPM-CNKのフレーム同期法の検討”, 電子情報通信学会WBS研究会, (2014-10-3), 秋田県立大学カレッジプラザ(秋田県秋田市)

江藤拓也, 羽瀨裕真, 橋浦康一郎: “拡張プライム符号を用いる2進カウントダウン法の提案”, 電子情報通信学会WBS研究会, (2014-7-29), 大阪市立大学文化交流センター(大阪府大阪市)

松田優人, 羽瀨裕真, 小澤佑介: “同期信号を埋め込んだ差動符号化光OOKの提案”, 電子情報通信学会WBS研究会, (2014-7-29), 大阪市立大学文化交流センター(大阪府大阪市)

ライサチン, 羽瀨裕真: “光ワイヤレス通信における非均一電力割当型ターボ符号の誤り率特性”, 電子情報通信学会WBS研究会, (2014-7-29), 大阪市立大学文化交流センター(大阪府大阪市)

羽瀨裕真, 山形正哉: “変形擬3進M系列によるM-ary 陪直交変調の同期追跡法”, 電子情報通信学会WBS研究会, (2014-5-16), 名古屋工業大学(愛知県名古屋市)

江藤拓也, 羽瀨裕真, 橋浦康一郎: “拡張

プライム符号と変形2進カウントダウン法を用いるマルチホップセンサネットワークの検討”, 電子情報通信学会ISS学生ポスターセッション, (2014-3-20), 新潟大学(新潟県新潟市)

高橋貴大, 羽瀨裕真, 小澤佑介: “MPPM-CNKにおける同期誤差の影響”, 電子情報通信学会ISS学生ポスターセッション, (2014-3-20), 新潟大学(新潟県新潟市)

ライサチン, 羽瀨裕真: “A study of Punctured Turbo Code with Unequal Transmission Power Allocation Technique in Optical Wireless Channel”, 電子情報通信学会ISS学生ポスターセッション, (2014-3-20), 新潟大学(新潟県新潟市)

Kyohei Sumikawa, Hiromasa Habuchi: “Influence of scintillation and back-ground noise on the optical LDGM-BPPM with unequal transmission power allocation scheme”, RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing, (2014-3-1), ホノルル(アメリカ)

Masaya Yamagata, Hiromasa Habuchi: “On the non-coherent delay lock loop for M-ary/spread-spectrum system”, RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing, (2014-3-1), ホノルル(アメリカ)

Masaya Yamagata, Hiromasa Habuchi: “Effective code tracking system for M-ary orthogonal modulation scheme”, International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems, (2013-11-14), 自治会館(沖縄県那覇市)

Yusuke Takamaru, Hiromasa Habuchi: “Optical N-parallel codes-shift-keying using generalized modified prime sequence codes and Hadamard codes”, International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems, (2013-11-15), 自治会館(沖縄県那覇市)

②1 澄川京平, 羽瀨裕真: “光無線LDGM-BPPMにおける非均一電力割り当て方式の効果”, 情報理論とその応用シンポジウム, (2013-11-28), 伊東ホテル聚楽(静岡県伊東市)

②2 Masaya Yamagata, Hiromasa Habuchi: “On the modified pseudo-ternary M-sequence pair”, International Workshop on Signal Design and its Applications in Communications, (2013-11-1), 機械振興会館(東京都港区)

②3 Kyohei Sumikawa, Hiromasa Habuchi: “Optical wireless LDPC-coded PPM with

- unequal transmission power allocation scheme”, International Workshop on Signal Design and its Applications in Communications, (2013-10-28), 機械振興会館(東京都港区)
- ②4 Yusuke Takamaru, Hiromasa Habuchi : “Design of PN codes for optical wireless code-shift-keying with IM/DD”, International Workshop on Signal Design and its Applications in Communications, (2013-10-28), 機械振興会館(東京都港区)
- ②5 澄川京平, 羽瀨裕真 : “光無線通信における非均一電力割当型 LDPC-BPPM の性能評価”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, (2013-9-17), 福岡工業大学(福岡県福岡市)
- ②6 山形正哉, 羽瀨裕真 : “変形擬 3 進 M 系列対を用いる陪直交変調方式のビット誤り率特性”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, (2013-9-17), 福岡工業大学(福岡県福岡市)
- ②7 高丸祐典, 羽瀨裕真 : “一般化拡張プライム符号系列に基づく光 CSK 用 PN 符号の提案”, 電子情報通信学会 WBS 研究会, (2013-7-9), 高知市文化プラザかるぼーと(高知県高知市)
- ②8 日向野泰幸, 羽瀨裕真, 小澤佑介 : “フェーシング環境における Frame Slotted ALOHA 型ネットワーク符号化システムのパケット獲得時間解析”, 電子情報通信学会 WBS 研究会, (2013-5-17), 宇都宮大学(栃木県宇都宮市)
- ②9 滑川泰右, 羽瀨裕真, 橋浦康一郎 : “情報共有のためのブロードキャスト型車車間通信の性能解析”, 電子情報通信学会 ISS 学生ポスターセッション, (2013-3-21), 岐阜大学(岐阜県岐阜市)
- ③0 山形正哉・羽瀨裕真 : “変形擬 3 進 M 系列を用いる DLL のジッタ解析”, 電子情報通信学会 WBS 研究会, (2013-3-8), 関西学院大学大阪梅田キャンパス(大阪府大阪市)
- ③1 Hiroyuki Higano, Hiromasa Habuchi, Yusuke Kozawa : “Effectiveness of the network coding with frame slotted ALOHA on VANET”, RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing, (2013-3-6), ハワイ島(アメリカ)
- ③2 Yusuke Kozawa, Hiromasa Habuchi : “Performance analysis of multi-pulse PPM for optical wireless hierarchical transmission system”, IEEE Workshop on Optical Wireless Communications, (2012-12-3), アナハイム(アメリカ)
- ③3 Hiroyuki Higano, Hiromasa Habuchi : “Analysis of average packet acquisition time on wireless butterfly-typed network coding scheme”, International Conference on ITS Telecommunications, (2012-11-7), 台北(台湾)
- ③4 Koichiro Hashiura, Hiromasa Habuchi : “Priority code selection method of the modified binary countdown scheme for VANET”, International Conference on ITS Telecommunications, (2012-11-8), 台北(台湾)
- ③5 Masaya Yamagata, Hiromasa Habuchi : “A novel synchronization scheme for bi-orthogonal modulation using modified pseudo-ternary M-sequence”, 2012 International Symposium on Information Theory and its Applications, (2012-10-30), ホノルル(アメリカ)
- ③6 Yusuke Kozawa, Hiromasa Habuchi : “Analysis of hierarchical multi-pulse PPM using modified pseudo orthogonal M-sequence set”, International Symposium on Information Theory and its Applications, (2012-10-30), ホノルル(アメリカ)
- ③7 日向野泰幸, 羽瀨裕真 : “無線ネットワークコーディングのパケット獲得時間に関する一検討”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, (2012-9-12), 富山大学(富山県富山市)
- ③8 澄川京平, 羽瀨裕真 : “光無線通信における LDPC-BPPM と LDPC-OOK の誤り率性能の比較”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, (2012-9-14), 富山大学(富山県富山市)
- ③9 Kyohei Sumikawa, Hiromasa Habuchi : “On bit error rates of the LDPC-OOK and LDPC-PPM in optical wireless channel”, IEEE VTS Asia Pacific Wireless Communications Symposium, (2012-8-12), 京都大学(京都府京都市)
- ④0 村田知昭, 羽瀨裕真, 小澤佑介 : “非均一電力割当て法を用いる光無線ターボ符号の性能評価”, 電子情報通信学会 WBS 研究会, (2012-5-25), 岩手県立大学(岩手県岩手郡)

〔その他〕

ホームページ等

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

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

羽瀨 裕真 (HABUCHI HIROMASA)

茨城大学・工学部・教授

研究者番号 : 90241744

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし