

令和 4 年 6 月 5 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04382

研究課題名(和文) 厳しい2重選択性伝搬環境に有効なマルチキャリア差動トレリス符号化変復調

研究課題名(英文) multi-carrier differential trellis-coded modulation/demodulation for severe doubly-selective channel environment

研究代表者

久保 博嗣 (Kubo, Hiroshi)

立命館大学・理工学部・教授

研究者番号：40633243

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、伝搬環境の時間変動や遅延時間広がりや厳しい2重選択性の伝搬環境への耐性改善を目的として、マルチキャリア差動トレリス符号化変復調技術を検討した。本研究では、(1)伝搬環境の時間変動に有効な差動トレリス符号化変復調の伝送路予測形復調、(2)遅延時間広がりやに有効な時間軸方向に差動符号化を適用したマルチキャリア伝送方式、を提案した。また、計算機シミュレーションにより、上記(1)と(2)の技術を組み合わせたマルチキャリア差動トレリス符号化変復調技術にて、従来技術が対応可能な条件と比較して約5倍厳しい2重選択性伝搬環境に対応可能であることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

2重選択性の厳しさは伝搬環境の時間変動と遅延時間広がりから規定され、最大ドップラー周波数と遅延時間差の積(パラメータ fD ・ D)にて定量的に評価できる。従来の移動体通信では0.5%程度以下の fD ・ D を検討するのが一般的であり、1%以上の fD ・ D に対応することは困難であった。本研究の成果により、従来技術が対応可能な fD ・ D の約5倍の約5%程度の fD ・ D に対応する無線伝送方式が確立できた。

本研究の技術確立により、時速500kmを超える移動速度で数十kmのカバーエリアを実現する高速鉄道用の空間波列車無線、移動速度が3knotを超える水中音響通信にて、高品質・高信頼通信を実現することが可能となる。

研究成果の概要(英文)：This research investigates on multi-carrier trellis coded modulation/demodulation schemes, in order to improve performance on severe doubly-selective channel environments in the presence of fast time variation and large delay spread of channels. This research has proposed the following two schemes: 1) differential trellis coded modulation and its demodulation scheme employing channel prediction for fast time-varying channels; 2) multi-carrier modulation schemes employing differential encoding in the time direction for large delay spread channels. It has been confirmed that the combination schemes of 1) and 2), i.e., multi-carrier trellis coded modulation/demodulation schemes, have excellent performance in the severe doubly-selective channel environments, whose selectivity is five times larger than that considered in the conventional modulation/demodulation schemes.

研究分野：無線通信

キーワード：通信方式 変復調 信号処理 移動体通信 音響通信

1. 研究開始当初の背景

近年、移動体通信においては、従来から検討されている通信速度の高速化とは別の方向性として、適用領域拡大が検討されている。この適用領域拡大のターゲットとして、例えば高速鉄道のための大ゾーン空間波列車無線システムや、海洋移動環境での水中無線通信の実現が挙げられる。これらの用途では、伝搬環境の時間変動や遅延時間広がり極めて大きくなり、この環境を2重選択性伝搬環境と呼ぶ。列車無線では移動速度の高速化やゾーン半径の拡大により、水中無線通信の主流である水中音響通信(UWAC)では水中での音速が光速の20万分の1となることにより、この2重選択性が極めて大きくなるという課題を有している。つまり、適用領域拡大のためには、2重選択性伝搬環境に対応可能な無線通信技術の確立が重要な課題となっている。

2. 研究の目的

本研究では、伝搬環境の時間変動や遅延時間広がり大きな2重選択性伝搬環境において、良好な通信性能を有する無線通信技術の確立を目的としている。具体的には、無線通信方式が対応可能な2重選択性の厳しさ $f_D\tau_D$ として、従来は約1%が対応限界であったものを、5%程度まで対応することを目指す。ここで $f_D\tau_D$ は、最大ドップラー周波数と遅延時間広がり積である。

上記目的を達成するために、本研究において解決するための課題は、次の三点となる。

- (a) 時間選択性への耐性向上
- (b) 周波数選択性への耐性向上
- (c) 厳しい2重選択性環境性能評価

3. 研究の方法

2.で述べた課題と研究項目の関係について論じる。まず、課題(a)に対して、差動トレリス符号化変調(TCM: trellis coded modulation)に伝送路予測形のジョイントデテクション(JD)を適用することで、時間選択性への耐性を高める。次に、課題(b)に対して、差動マルチキャリア伝送方式として、差動多重シングルキャリア(MSC)伝送方式と差動orthogonal frequency division multiplexing(OFDM)を比較検討することで、周波数選択性への耐性を高める。最後に、課題(c)に対して、課題(a)と課題(b)で確立した技術を協調させたマルチキャリア差動TCMを提案し、計算機シミュレーションにて、所望の耐2重選択性特性を実現できることを確認する。加えて、海洋環境試験にて、提案方式の有効性を確認する。

具体的には、本研究では、以下の(1)から(5)に記載する項目を研究することにより、2.で述べた目的を達成する。

- (1) 差動TCMの伝送路予測JD
- (2) 差動MSCと差動OFDM
- (3) 差動OFDMのためのSPO
- (4) 差動TCMを用いたOFDMの伝送路予測JD
- (5) UWACを想定したシミュレーションと海洋環境試験評価

ここで、SPOはsubcarrier phase offsetの略号である。

4. 研究成果

(1) 差動TCMの伝送路予測JD

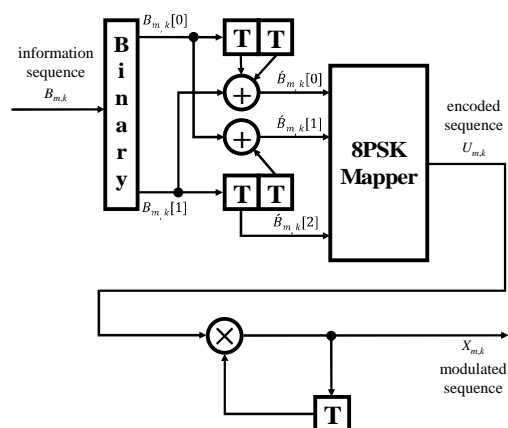


図1 差動TCMの構成

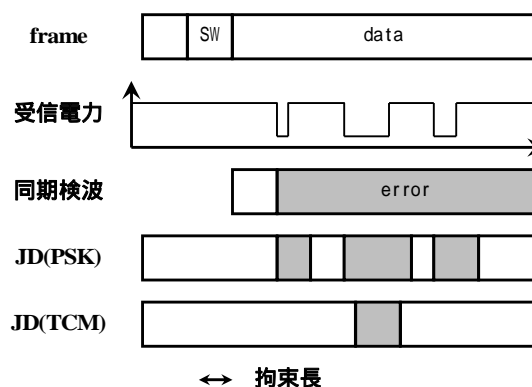


図2 JDの有効性のイメージ

課題(a)への対応策として、図1に示す差動TCMを活用する。ここで、差動TCMは4相phase shift keying(QPSK)と同等の周波数利用効率を達成するため、トレリス符号化8PSK(TC8PSK)を検討する。差動符号化を適用することで、ブラインドで伝送路推定可能なJDを導入可能となる。

図2に、信号のレベル低下(フェード)が頻発する伝送路において、JDの有効性を説明するイメージ図を示す。ここで、本図では、信号フレームの先頭に同期語(SW)が挿入され、受信電力のレベル変動にて簡単なフェードを示し、同期検波とJDにて復調した場合の誤り発生イメージを示す。通常の同期検波は、SWによる伝送路推定後にフェードが発生すると、次のSWが到来するまで誤りが連続する。他方、JDはブラインドで伝送路推定が可能のため、フェード時のみ誤りが発生するだけとなる。特に、差動TCMを用いると、拘束長より短いフェード時の誤りを回避できる。その結果、フェードが短期間となる高速フェージング下では、伝送路予測JDを用いた差動TCMは良好な特性を有する。

シングルキャリア(SC)伝送時について、TC8PSKとQPSKの性能を評価する。ここで、 L は伝送路予測次数である。図3に平均 E_b/N_0 をパラメータとしたbit error rate(BER)特性、図4に雑音が無い条件でシンボルレート正規化最大トッパー周波数 $f_D T$ をパラメータとしたBER特性を示す。ここで、 T はシンボル周期、受信アンテナ数は4とする。両図より、TC8PSKはQPSKより、高速フェージングに有効であることが明らかとなる。

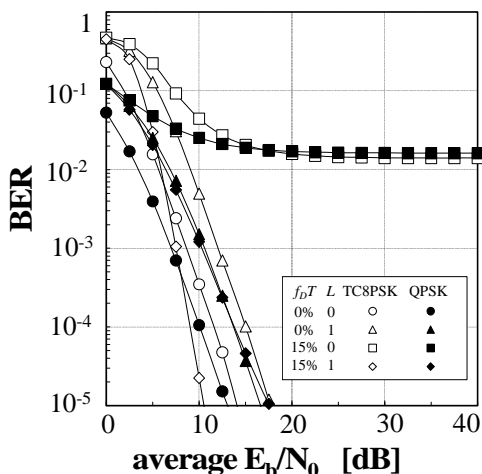


図3 平均 E_b/N_0 特性

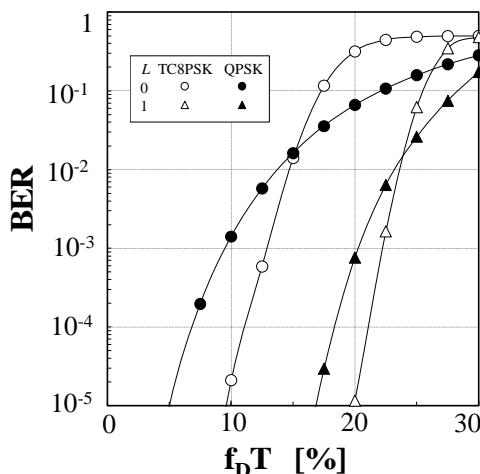


図4 $f_D T$ 特性

(2) 差動 MSC と差動 OFDM

差動 MSC と差動 OFDM は、フィルタバンクマルチキャリア伝送方式を差動符号化することで一般化が可能である。なお、差動符号化は各サブキャリアに対して、時間方向に実施することとする。図5と図6に、それぞれ、フィルタバンクマルチキャリア伝送方式の送信側と受信側の構成を示す。ここで、 g^{tx} と g^{rx} は、それぞれ、送信と受信のフィルタであり、通常は整合フィルタを実現するため同一のフィルタが使用される。差動 MSC は、フィルタとしてルート余弦ロールオフフィルタを用いるため、OFDMのように高速フーリエ変換(FFT)を用いることができず、演算量が大きくなるという課題がある。差動 OFDM は、フィルタとして矩形フィルタを用いるので FFT を利用できるが、JD を用いるとフレーム利用効率が低下するという課題がある。

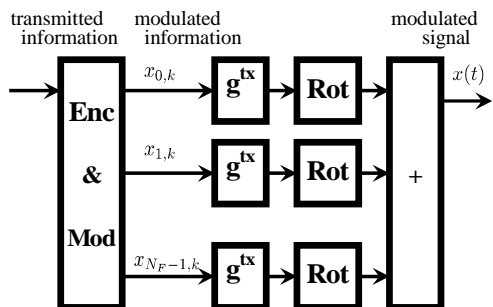


図5 送信側の構成

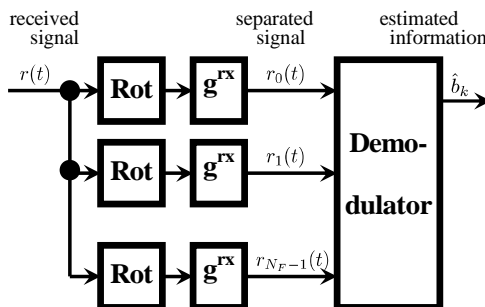


図6 受信側の構成

(3) 差動 OFDM のための SPO

差動 OFDM の動作は、データを判定する前に、SW を用いて同期が取れていることが前提となる。図7に、フレーム構成のイメージを示す。ここで、ZC は同期語である Zadoff-Chu 系列、PA は復調動作に先だつて必要なプリアンブル、F bit は復調時のトレリスを終端するために必要なフラッシュビットとする。一般に、ZC 系列のサブキャリア間の位相配置は等間隔でなく、PSK マッピングとは異なった位相配置となる。つまり、ZC 系列の挿入により、時間方向の信号の位相配置の連続性がなくなる。それゆえ、JD を用いるためには、十分大きな PA と F bit が必要となり、フレーム利用効率が低下する。

上記課題を解決する技術として SPO を提案する。SPO は、各サブキャリアに対して、ZC 系列

と同じ位相回転を与えるものである．ここで，SPO の前提条件は，差動 OFDM が時間方向に差動符号化を適用していること，動作モードが single channel per carrier (SCPC) のように連続モードで信号を送信することである．図 8 に各サブキャリアに対する SPO の動作イメージを示す．図より先頭シンボルを $e^{j0}=1$ とすることで，ZC 相当の位相回転を適用した場合，差動 OFDM の先頭シンボルは ZC 系列となる．SPO を用いることで，各サブキャリアは SC の差動符号化と同じ処理で復調処理が可能となる．

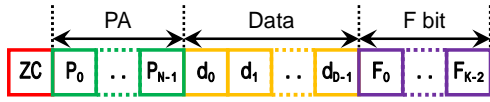


図 7 フレーム構成

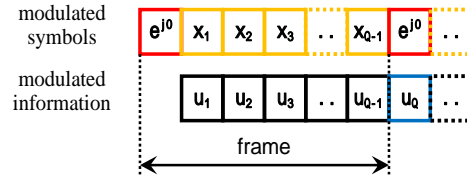


図 8 SPO の基本概念

(4) 差動 TCM を用いた OFDM の伝送路予測 JD

上記(1)~(3)の技術から，差動 TCM を用いた OFDM の JD による復調が可能となる．今回伝送路としては，フェージング伝送路とドップラースhiftを受けた静的伝送路を検討する．

フェージング伝送路

列車無線等の電波による移動体通信を想定して，フェージング伝送路について検討する．図 9 に平均 E_b/N_0 をパラメータとした BER 特性，図 10 に雑音が無い条件で $f_D T$ をパラメータとした BER 特性を示す．ここで，FFT サイズは 64，サブキャリア数は 32，cyclic prefix (CP) サイズは FFT サイズの 1/2，受信アンテナ数は 4，伝送路は 2 パス独立レイリーフェージング（直接波と遅延波の電力比 (DUR) は 6dB，シンボル周期正規化遅延時間差 τ_D/T は 1/3)とする．両図より，TC8PSK の $L=1$ による JD は，約 15%の $f_D T$ に対応可能であり，約 5%の $f_D T$ に対応可能なことが明らかとなる．

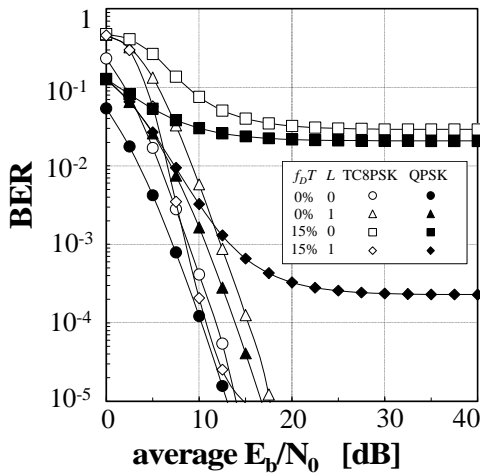


図 9 平均 E_b/N_0 特性

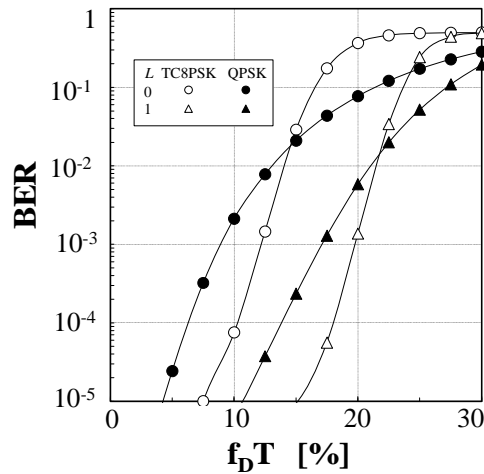


図 10 $f_D T$ 特性

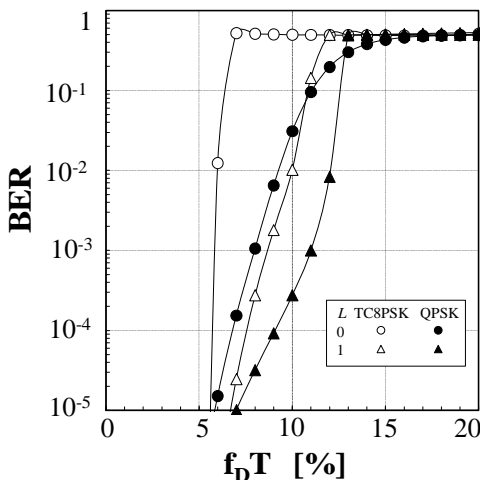


図 11 $f_D T$ 特性 (同方向回転)

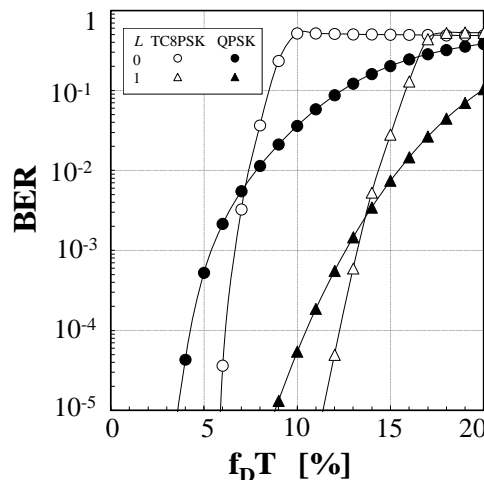


図 12 $f_D T$ 特性 (逆方向回転)

ドップラーシフトを受けた静的伝送路

UWAC を想定して、ドップラーシフトを受けた 2 パスの静的伝送路を検討する。図 11 と図 12 に、それぞれ、2 パスが同方向回転する場合と逆方向回転する場合について、正規化ドップラーシフト $f_D T$ をパラメータとした BER 特性を示す。ここで、 E_b/N_0 は 20dB、FFT サイズは 1024、サブキャリア数は 192、CP サイズは FFT サイズの 1/2、受信アンテナ数は 4、 $DUR=6dB$ 、 $D/T=1/3$ とする。なお、2 パスが同方向回転する場合、automatic frequency control (AFC) にて位相回転を補償可能である。それゆえ、性能としては、2 パスが逆方向回転の場合がより重要となる。図 12 より、逆方向回転の場合、TC8PSK の $L=1$ による JD は、約 12% の $f_D T$ に対応可能であり、約 4% の $f_{D_{TD}}$ に対応可能なことが明らかとなる。

(5) UWAC を想定したシミュレーションと海洋環境試験評価

ソフトウェアモデム

今回評価するソフトウェアモデムは差動 OFDM とし、FFT サイズは 1024、サブキャリア数は 192、CP サイズは FFT サイズの 1/2、中心周波数は 30kHz、サンプルレートは 96kpsps とする。フレーム構成は、SPO を採用した上で、図 7 の PA と F bit を 0 シンボルとし、データシンボルを 20 シンボルとする。

チャンネルシミュレーション

UWAC 環境を簡易に模擬するため、2 パスで通信距離が正弦波状に変動し、受信電力が変化しないチャンネルモデルにて評価する。図 13 に、本チャンネルモデルの伝送路インパルス応答 (CIR) の三次元 (3D) チャンネルサウンド結果を示す。ここで、正弦波振動の片側の振幅を 1.5m、2 パス間の平均距離は 4.5m (平均時間差は 3msec)、2 パスの DUR は 6dB、2 パス間の正規化位相差 ϕ は 0 と 0.5 である。 ϕ が 0 の場合は 2 パスのドップラーシフトは同一 (同方向回転) となり、 ϕ が 0.5 の場合は 2 パスのドップラーシフトは極性が逆 (逆方向回転) となる。

今回は、UWAC に関する提案方式の特徴を明らかにするために、受信アンテナ数を 1 とした簡易なモデルでの評価を実施する。図 14 に、平均移動速度 v が 0.156m/sec 時の ϕ をパラメータとした BER 特性を示す。図より、TC8PSK は、伝送路予測により性能が向上し、QPSK と比較して ϕ が 0 時には性能が劣化するが、 ϕ が 0.5 時に良好な性能を有する。なお、(4)記載と同様、 ϕ が 0 に近い場合、2 パスのドップラーシフトが同一になるため、AFC にて補償可能である。他方、 ϕ が 0.5 に近づくと、2 パスのドップラーシフトが異なるため、AFC による補償が困難になる。それゆえ、TC8PSK は、AFC を用いた運用環境により適していることが示される。

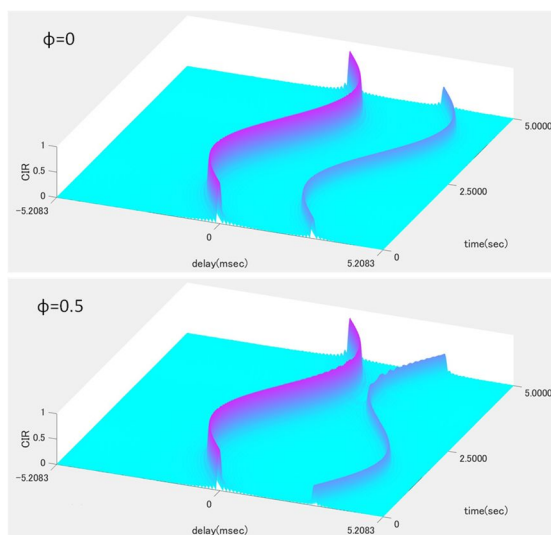


図 13 CIR の 3D 時間変動

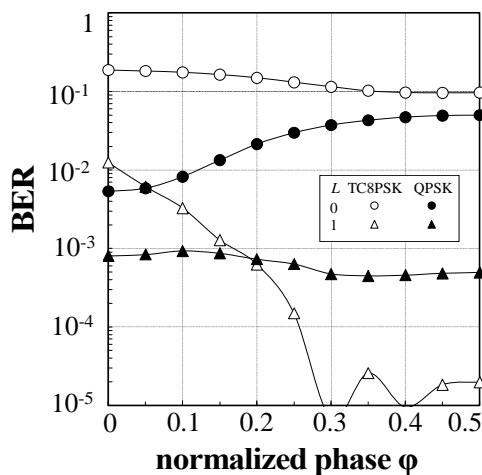


図 14 位相差 ϕ を変化させた特性

海洋環境試験評価

表 1 に、海洋環境にて、平均速度 0.4m/sec で移動した場合の実験結果を示す。ここで、受信アンテナ数を 2 とする。本条件では各パスの位相回転方向が近いため、TC8PSK より QPSK の方が性能は良好であるが、伝送路予測の効果は明らかになっている。また、各パスの位相回転方向が近いため、AFC による性能改善が可能と考えられ、今後 AFC による性能改善を検討予定である。

表 1 海洋環境試験評価結果

変調方式	TC8PSK		QPSK	
予測次数 L	0	1	0	1
BER	4.16×10^{-2}	8.62×10^{-3}	4.55×10^{-3}	6.87×10^{-4}

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 8件）

1. 著者名 塚本圭哉, 竹村真志, 久保博嗣	4. 巻 24, 1
2. 論文標題 水中音響通信のためのキャリア周波数帯サンプリング2重選択性チャネルシミュレータ	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Signal Processing	6. 最初と最後の頁 31, 40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2299/jsp.24.31	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 高橋拓也, 久保博嗣	4. 巻 24, 3
2. 論文標題 狭帯域多重シングルキャリア伝送方式による高速鉄道用大ゾーン空間波列車無線	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Signal Processing	6. 最初と最後の頁 91, 100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2299/jsp.24.91	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 吉井倫太郎, 塚本圭哉, 高橋拓也, 竹村真志, 久保博嗣	4. 巻 24, 3
2. 論文標題 水中音響通信のための差動多重シングルキャリア伝送方式とそのフィールド試験結果	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Signal Processing	6. 最初と最後の頁 101, 111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2299/jsp.24.101	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 田中優花, 中井 唯, 久保博嗣	4. 巻 J104-B, 3
2. 論文標題 厳しい2重選択性伝搬環境のためのキャリア間干渉自己キャンセラを用いた2重差動OFDM	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電子情報通信学会 論文誌(B)	6. 最初と最後の頁 280, 289
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transcomj.2020GWP0005	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 久保哲朗, 久保博嗣	4. 巻 25, 5
2. 論文標題 2重選択性のための伝送路予測多重遅延検波を用いたマルチキャリア差動トレリス符号化変復調とその応用	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Signal Processing	6. 最初と最後の頁 163, 173
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2299/jsp.25.163	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 中井 唯, 田中優花, 久保博嗣	4. 巻 25, 5
2. 論文標題 時変ドップラシフト存在下の2重選択性伝搬環境に有効なAFCを用いた差動OFDM	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Signal Processing	6. 最初と最後の頁 175, 185
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2299/jsp.25.175	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 岩本航汰, 久保博嗣	4. 巻 J105-B, 3
2. 論文標題 厳しい二重選択性伝搬環境に有効な伝送路予測多重遅延検波を用いた差動トレリス符号化OFDM	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会 論文誌(B)	6. 最初と最後の頁 210, 220
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transcomj.2021GWP0009	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 K. Yamamoto and H. Kubo	4. 巻 11, 3
2. 論文標題 32kbps terrestrial acoustic communications of single carrier block transmission employing transmit precoding and channel interpolation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEICE Communications Express	6. 最初と最後の頁 141, 147
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/comex.2021XBL0206	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 -

[学会発表] 計40件(うち招待講演 1件/うち国際学会 11件)

1. 発表者名 T. Takahashi and H. Kubo
2. 発表標題 Large-cell wireless train radio communications employing narrowband multiple single carrier modulation schemes for high-speed railways
3. 学会等名 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems 2019 (ISPACS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. Sano and H. Kubo
2. 発表標題 Single carrier block transmission schemes for acoustic communications and their field evaluation results
3. 学会等名 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems 2019 (ISPACS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. Yoshii, Y. Tsukamoto, T. Takahashi and H. Kubo
2. 発表標題 A differential multiple single carrier modulation scheme for underwater acoustic communications and its actual evaluation results
3. 学会等名 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems 2019 (ISPACS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Tsukamoto and H. Kubo
2. 発表標題 A MIMO channel simulator employing ray tracing methods for underwater acoustic communications
3. 学会等名 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing 2020 (NCSP '20) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 Y. Shirasu and H. Kubo
2 . 発表標題 Audible-band spread spectrum acoustic communications adapting to acoustic communications environment
3 . 学会等名 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing 2020 (NCSP ' 20) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 T. Kubo and H. Kubo
2 . 発表標題 Multi-carrier differential trellis-coded modulation/demodulation employing multiple differential detection with channel prediction
3 . 学会等名 International Symposium on Information Theory and its Applications 2020 (ISITA2020) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 H. Toyota and H. Kubo
2 . 発表標題 Experimental evaluation results of acoustic spread spectrum communications employing orthogonal Gold sequences
3 . 学会等名 International Symposium on Information Theory and its Applications 2020 (ISITA2020) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Y. Nakai, Y. Tanaka and H. Kubo
2 . 発表標題 Differential OFDM employing AFC for fast time-varying Doppler shifts in underwater acoustic communications
3 . 学会等名 International Symposium on Information Theory and its Applications 2020 (ISITA2020) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. Tanaka, Y. Nakai and H. Kubo
2. 発表標題 Doubly differential OFDM employing an intercarrier interference self-canceller for underwater acoustic communications
3. 学会等名 International Symposium on Information Theory and its Applications 2020 (ISITA2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Yamamoto and H. Kubo
2. 発表標題 72kbps terrestrial acoustic communications employing transmit precoding and channel interpolation
3. 学会等名 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing 2022 (NCSP ' 22) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Iwamoto and H. Kubo
2. 発表標題 Differential OFDM employing multiple differential detection with channel prediction and out-of-band emission suppression
3. 学会等名 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing 2022 (NCSP ' 22) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 久保博嗣
2. 発表標題 厳しい2重選択性伝搬路に有効な無線伝送方式に関する一検討 ~ 移動環境における高信頼水中音響通信の実現に向けて ~
3. 学会等名 電子情報通信学会 コミュニケーションクオリティ研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久保博嗣, 塚本圭哉, 吉井綸太郎, 高橋拓也, 佐野隆貴
2. 発表標題 [依頼講演] 水中音響通信用無線伝送方式とその音響実験水槽と海洋浅瀬環境における性能比較
3. 学会等名 電子情報通信学会 無線通信システム研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久保博嗣, 岩本航汰, 久保哲朗, 田中優花, 中井 唯
2. 発表標題 厳しい2重選択性伝送路のための差動マルチキャリア伝送方式
3. 学会等名 電子情報通信学会 無線通信システム研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 久保博嗣, 久保哲朗, 田中優花, 中井 唯, 豊田 遥, 山本巧尊, 豊田晃紀
2. 発表標題 水中音響通信のためのjoint detectionによる差動OFDM
3. 学会等名 電子情報通信学会 無線通信システム研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中井 唯, 田中優花, 久保博嗣
2. 発表標題 水中音響通信のための短期間AFCを用いた差動OFDM
3. 学会等名 電子情報通信学会 無線通信システム研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中優花, 中井 唯, 久保博嗣
2. 発表標題 水中音響通信のためのキャリア間干渉自己キャンセラを用いた2重差動OFDM
3. 学会等名 電子情報通信学会 無線通信システム研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久保哲朗, 高橋 拓也, 久保博嗣
2. 発表標題 伝送路予測多重遅延検波を用いた差動トレリス符号化変調
3. 学会等名 電子情報通信学会 無線通信システム研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 塚本圭哉, 久保博嗣
2. 発表標題 レイトレーシングを用いた水中音響通信用MIMOチャネルシミュレータ
3. 学会等名 電子情報通信学会 無線通信システム研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 豊田 遥, 白敷優一, 佐野隆貴, 久保博嗣
2. 発表標題 直交Gold系列を用いた音響スペクトル拡散通信方式の実験評価結果
3. 学会等名 電子情報通信学会 無線通信システム研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 久保哲朗, 高橋拓也, 久保博嗣
2. 発表標題 伝送路予測多重遅延検波を用いたマルチキャリア差動トレリス符号化変復調
3. 学会等名 電子情報通信学会 無線通信システム研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中井 唯, 田中優花, 久保博嗣
2. 発表標題 水中音響通信の時変ドップラースhiftに有効なAFCを用いた差動OFDM
3. 学会等名 電子情報通信学会 無線通信システム研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中優花, 中井 唯, 久保博嗣
2. 発表標題 水中音響通信のためのキャリア間干渉自己キャンセラを用いた2重差動OFDMの特性
3. 学会等名 電子情報通信学会 無線通信システム研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田島秀哉, 久保博嗣
2. 発表標題 音響通信のためのDFT-Spread OFDMの特性
3. 学会等名 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本捷義, 佐野隆貴, 久保博嗣
2. 発表標題 音響通信のための多値QAMシングルキャリアブロック伝送方式
3. 学会等名 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山田悠司, 久保博嗣
2. 発表標題 差動マルチキャリア伝送方式の一般化に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岩本航汰, 久保哲朗, 久保博嗣
2. 発表標題 伝送路予測多重遅延検波を用いた差動トレリス符号化OFDM
3. 学会等名 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長船太陽, 塚本圭哉, 久保博嗣
2. 発表標題 伝送路予測判定帰還多重遅延検波を用いた差動OFDMの特性
3. 学会等名 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岩本航汰, 久保哲朗, 久保博嗣
2. 発表標題 厳しい2重選択性環境のための伝送路予測多重遅延検波を用いた差動トレリス符号化OFDM
3. 学会等名 電子情報通信学会 無線通信システム研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長船太陽, 久保博嗣
2. 発表標題 予測形判定帰還多重遅延検波を用いた差動OFDMの基本特性
3. 学会等名 電子情報通信学会 無線通信システム研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本捷義, 久保博嗣
2. 発表標題 音響通信のための多値QAMシングルキャリアブロック伝送方式とそのフレーム構成の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 無線通信システム研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤田太一, 岩本航汰, 久保哲朗, 久保博嗣
2. 発表標題 伝送路予測多重遅延検波を用いた差動OFDMの比較
3. 学会等名 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 豊田晃紀, 中井 唯, 田中優花, 久保博嗣
2. 発表標題 差動OFDMの水中音響通信モデムの実験評価結果
3. 学会等名 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤田太一, 岩本航汰, 久保博嗣
2. 発表標題 二重選択性伝搬環境下における伝送路予測多重遅延検波を用いた差動OFDMの比較
3. 学会等名 電子情報通信学会 無線通信システム研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 豊田晃紀, 久保博嗣
2. 発表標題 差動OFDM用ソフトウェア音響通信モデムの情報伝送効率改善手法
3. 学会等名 電子情報通信学会 無線通信システム研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本捷義, 久保博嗣
2. 発表標題 送信プリコーディングと伝送路補間を用いた陸上音響通信に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 無線通信システム研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩本航汰, 久保博嗣
2. 発表標題 伝送路予測多重遅延検波を用いた差動トレリス符号化OFDMの応用に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 無線通信システム研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉村拓真, 岩本航汰, 久保博嗣
2. 発表標題 水中音響通信用OFDMモデムの帯域外輻射抑圧に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤田太一, 久保博嗣
2. 発表標題 水中音響通信用差動OFDMモデムの伝送路予測多重遅延検波特性
3. 学会等名 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 橋本宏一, 久保博嗣
2. 発表標題 二重選択性水中音響通信伝搬環境の三次元チャネルサウンド
3. 学会等名 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

耐二重選択性無線伝送技術に関する研究
<http://www.ritsumeai.ac.jp/~kubohiro/wspl-adsm.pdf>

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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------