

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：33919

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04047

研究課題名（和文）複数のLED光変調サブキャリアの空間コヒーレンス合成による高速可視光通信

研究課題名（英文）High-speed visible light communication using spatial coherence synthesis of multiple LED light modulated subcarriers

研究代表者

中條 渉 (Chujo, Wataru)

名城大学・理工学部・教授

研究者番号：40292289

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：LED照明やディスプレイを送信機としたインコヒーレント変調光をイメージセンサで受信して空間コヒーレンス合成を実現した。イメージセンサの空間合成は、空間4パルス位置変調を組み合わせてシンボル判定を閾値学習を行わずに相関により実現した。複眼カメラの空間合成は、バックライトLEDをサブキャリア変調した位相シフトキーイングを重畳画像と変調の両方を考慮した特性補正で実現した。重畳データの空間合成ではJzazbz均等色空間の優位性を明らかにした。フォトダイオードの空間合成は、カメラの露光時間を短くした物体検出により、送信機と照明の違いを学習し、光軸合わせ精度 0.1° でスループット600Mbpsを実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

周囲光や重畳画像の影響により、機械学習などの事前学習に基づくシンボル判定は困難となる。空間分割多重で空間4パルス位置変調パターンの相関を用いたシンボル判定、複眼カメラでバックライトLEDのサブキャリア変調信号の重畳画像補正、Jzazbz均等色空間の優位性、何れも事前学習なしでシンボル判定を実現した点は学術的意義が大きい。電波では衝突や干渉が生じる多数機器で構成される無線通信ネットワークに対応する光技術として、LED照明やディスプレイを送信機、イメージセンサを受信機に用いて空間合成を実現した点、更にフォトダイオードとカメラを組み合わせた高スループットの空間合成に発展できた点に社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：Spatial coherence synthesis of incoherent modulated lights from an LED lighting or display transmitter to an image sensor receiver was achieved.

In image sensor spatial synthesis, symbol decision was achieved using cells that combined spatial 4 pulse position modulation. It was achieved using only clustering and correlation without threshold learning. In dual camera spatial synthesis, phase shift keying using subcarrier modulation of backlight LED was realized by characteristic correction that takes both the overlay image and modulation into account. In overlap data spatial synthesis, superiority of Jzazbz uniform color space was revealed.

In photodiode spatial synthesis, object detection of a camera with short exposure time was used to learn the difference between the transmitter and lightings. It achieved 600 Mbps throughput with optical axis alignment accuracy of 0.1° .

研究分野：可視光通信

キーワード：可視光通信 イメージセンサ ローリングシャッター 空間分割多重 波長分割多重 デジタルサイネージ 均等色空間 ダイバシチ

1. 研究開始当初の背景

マイクロ LED 技術の進展に伴い、LED アレイによる照明やディスプレイに留まらず、今後は IC カードやフレキシブルデバイスなど様々な機器から LED により可視光を高速変調して送信できるようになると予想される。このため電波を用いた無線通信では衝突や干渉があって実現が困難な多数の IoT 機器で構成される無線通信ネットワークに対応できる光無線通信技術が新たに求められている。

2. 研究の目的

LED 照明やディスプレイを送信機、イメージセンサを受信機に用いて、多数のインコヒーレント変調光をイメージセンサで受信し、空間コヒーレンス合成を実現する。このため、(1) LED 照明光とイメージセンサによる空間合成技術、(2) 複眼カメラによる空間合成技術、(3) 液晶ディスプレイバックライトの空間合成技術、(4) ディスプレイ映像に重畳されたデータ信号の空間合成技術、(5) フォトダイオード(PD)アレイ受信機による空間合成技術を開発する。

3. 研究の方法

(1) LED 照明光とイメージセンサによる空間合成技術

図 1 に示すスマートフォンスクリーンから 3.5m 離れた屋内望遠カメラへのアップリンク可視光通信において、低輝度空間分割多重スクリーンを使用し、低輝度空間分割多重スクリーンを使用してビットレートを向上させ、広角での物理層セキュリティを強化した。スクリーン上の低輝度ピクセルは周囲光の影響を受けるため、事前に学習したピクセル値を閾値として使用して各セルのシンボルを正確に決定することは困難である。閾値学習なしでシンボル判定を行うために、空間 4 パルス位置変調(4PPM) パターンの相関に基づくシンボル判定を数値モデルと実験で実証した。

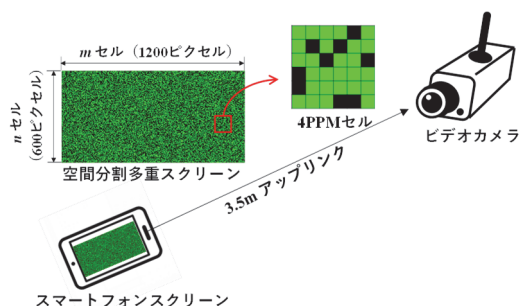


図 1 空間分割多重アップリンク可視光通信

(2) 複眼カメラによる空間合成技術

受信画像をディスプレイに表示しながらバックライト LED をサブキャリア変調してデータを送信する画像重畳アップリンク可視光通信において、位相シフトキーイング(PSK)の振幅と位相特性を複眼ローリングシャッター(RS)カメラを用いて補正した。図 2 に示す露光時間の長い RS カメラでは重畳画像のみを捕捉できるので、得られた受信ピクセル値で露光時間の短い RS カメラの受信ピクセル値を補正することで、バックライト LED をサブキャリア変調した PSK 信号のみを空間合成した。



図 2 複眼カメラによる重畳画像の補正

(3) 液晶ディスプレイバックライトの空間合成技術

単眼カメラで実現できる画像重畳アップリンク可視光通信において、ディスプレイの明るさを向上させながらビットレート(BER)を改善できる最適なバックライト変調方式を明らかにした。逆パルス位置変調(I-PPM)に、シンボル内の 1 信号と 0 信号の割合を変化させた可変パルス位置変調(VPPM)を加えて比較した。RS カメラの露光時間、スロット長の比率と重畳画像の種類を変更して、I-PPM と VPPM の BER をシミュレーションと実験で明らかにした。

(4) ディスプレイ映像に重畳されたデータ信号の空間合成技術

ディスプレイ映像にデータ信号を画像空間上に並列に重畳し、単眼カメラで撮影した映像からデータ信号を復調する可視光通信方式を検討した。人の視覚特性を考慮した均等色空間(Jzazbz 色空間)を用いることで従来の人の視覚特性を考慮しない色空間(YCbCr 色空間)を用いた変調方式を提案した。また、二つの色度成分にデータ信号を重畳して受信信号を最大比合成または選択合成を行うダイバーシチ変復調方式、ならびに、セグメンテーションを用いて重畳画像に沿ったデータ信号の重畳領域を決定することで視覚品質を向上する変復調方式を提案した。重畳画像の種類を変更してこれら変復調方式の視覚品質と通信品質のトレードオフを実験的に評価した。

(5) フォトダイオード(PD)アレイ受信機による空間合成技術

LEDとPDを用いた高スループットの光無線通信では、送受信機の半軸角が狭くなるため光軸合わせが課題となる。距離30m、スループット600 Mbpsの近赤外光LEDとPDの光軸合わせに、図3のスコープの代わりに可視光カメラで捕捉したLED画像の深層学習による物体検出を用いた。物体検出によるLEDの検出と機械的な角度調整によりPDと光軸合わせが実現できることを明らかにした。LED照明等の周囲光がある条件でLEDの平均適合率と、光軸合わせ後のスループットの評価を行った。

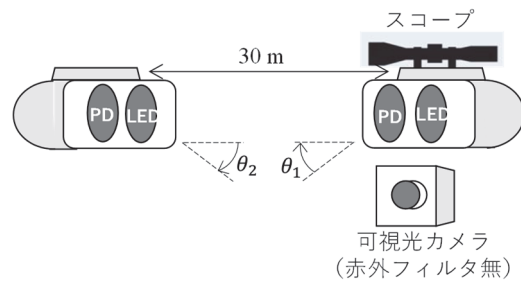


図3 可視光カメラによる赤外光LEDとPDの自動光軸合わせ

4. 研究成果

(1) LED照明光とイメージセンサによる空間合成技術

スマートフォンスクリーンから3.5m離れた屋内望遠カメラへのアップリンク可視光通信において、空間4PPMとI-4PPMを組み合わせた空間分割多重スクリーンのシンボル判定をクラスタリングと相関により閾値学習を行わずに実現した。図4に4PPMとI-4PPMの組み合わせとオンオフキーイング(OOK)適応閾値処理のビット誤り率(BER)の比較を示す。OOKスクリーンの適応しきい値処理よりもはるかに低いBERを達成した。4PPMとI-4PPMの組み合わせでは、スクリーン上の緑色のピクセル値が53のとき、506 kbpsで 10^{-6} より低いBERを達成した。

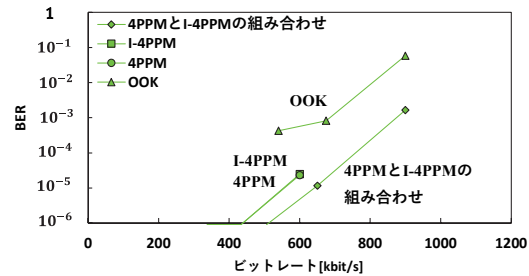


図4 BERの比較(緑ピクセル値53)

(2) 複眼カメラによる空間合成技術

露光時間の長いRSカメラで得られた受信ピクセル値で露光時間の短いRSカメラの受信ピクセル値を補正することで、バックライトLEDをサブキャリア変調した4相PSKと8PSKでビット誤りのない特性を実現した。さらに重畳画像とバックライト変調の両方を考慮した γ 特性による受信ピクセル値の補正を行い16PSKを実現した。図5に最も変化の大きい標準画像Butterfliesを重畳したときの16PSKのコンスタレーション例を示す。複眼カメラによる補正によって16PSKで $BER < 10^{-2}$ を得ることができた。

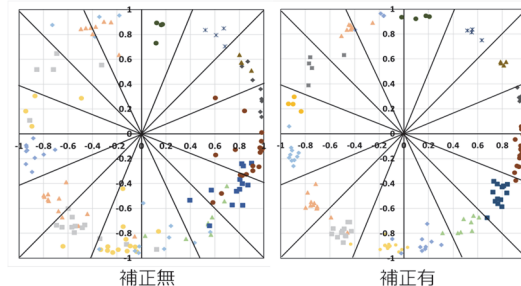


図5 16PSKのコンスタレーション比較(標準画像: Butterflies)

(3) 液晶ディスプレイバックライトの空間合成技術

ディスプレイの明るさを向上させながらBERをどこまで改善できるのか、I-PPM変調にVPPM変調を加えてシミュレーションと実験によって検証し、どの変調方式が最適であるかを明らかにした。その結果、I-2PPMは全ての画像でビット誤りが生じないが、明るさが50%のため不十分である。明るさ75%ではI-4PPMがV2PPMよりもBERを改善できることから、画像重畳アップリンク可視光通信では4PPMが最適であることを明らかにした。

(4) ディスプレイ映像に重畳されたデータ信号の空間合成技術

人の視覚特性を考慮したJzazbz均等色空間を用いた変復調方式は、従来の人の視覚特性を考慮しないYCbCr色空間を用いた変調方式よりも、青黄色方向を表す色度成分(bzとCb)において、Jzazbz均等色空間が視覚品質と通信品質のトレードオフ評価で優位性があることを明らかにした。一方で、二つの色度成分を用いたダイバーシチ変復調方式を用いた場合には、Jzazbz均等色空間のbzとaz、YCbCr色空間のCbとCrを用いた方式に優位な差は生じないことを明らかにした。また、セグメンテーションを用いた変復調方式では、格子形状のデータ信号の重畳を行うよりも視覚品質において優位性があったが、復調時において元のセグメンテーション領域の情報撮影画像から取得することが難しく通信品質の大きな劣化を生じることを明らかにした。

(5) フォトダイオード(PD)アレイ受信機による空間合成技術

深層学習による赤外光 LED 検出の平均適合率を、赤外光カットフィルターを用いない可視光カメラの露光時間を変更しながら LED 照明環境で評価した。可視光カメラの露光時間を短くした物体検出により、赤外光 LED と周囲の LED 照明の放射パターンの違いを可視光カメラで学習できた。図 6 に露光時間を 0.5 ms に設定して LED 照明の中から赤外光 LED のみを物体検出した例を示す。物体検出に基づいて光軸 $\pm 1.2^\circ$ 以内で、 0.1° の精度で高スループットの 600 Mbps 伝送を維持できた。

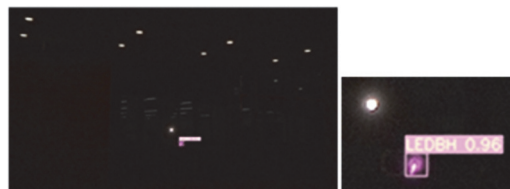


図 6 可視光カメラによる LED 照明環境での赤外光 LED の物体検出例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Kawade Alisa, Chujo Wataru, Kobayashi Kentaro	4. 巻 16
2. 論文標題 Threshold-free symbol decision based on spatial 4PPM correlation for uplink screen camera communication using low-luminance SDM screen	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEEE Photonics Journal	6. 最初と最後の頁 1~12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JPHOT.2024.3400877	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 Nishimura Yuma, Chujo Wataru, Kobayashi Kentaro	4. 巻 13
2. 論文標題 High-Precision Automatic Optical Axis Alignment of LED Backhaul in Lighting Surroundings Based on Object Detection	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEICE Communications Express	6. 最初と最後の頁 151~155
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/comex.2024xb10003	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 SHIMEI Kazuya, KOBAYASHI Kentaro, CHUJO Wataru	4. 巻 E107.A
2. 論文標題 Effect of Perceptually Uniform Color Space and Diversity of Chromaticity Components on Digital Signage and Image Sensor-Based Visible Light Communication	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	6. 最初と最後の頁 638~653
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.2023eap1052	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 Miki Yuya, Kobayashi Kentaro, Chujo Wataru	4. 巻 12
2. 論文標題 Data Signal Detection and Demodulation Based on Object Detection DNN for Image Sensor-Based Visible Light Communication	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEICE Communications Express	6. 最初と最後の頁 628~632
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/comex.2023xb10105	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 Iyoda Yuki, Kobayashi Kentaro, Chujo Wataru	4. 巻 18
2. 論文標題 Effects of Training Images on CNN-Based Demodulation for Digital Signage and Image Sensor-Based VLC	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Communications	6. 最初と最後の頁 385 ~ 390
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.12720/jcm.18.6.385-390	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 KAWADE Alisa, CHUJO Wataru, KOBAYASHI Kentaro	4. 巻 E106.A
2. 論文標題 Space Division Multiplexing Using High-Luminance Cell-Size Reduction Arrangement for Low-Luminance Smartphone Screen to Camera Uplink Communication	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 793 ~ 802
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.2022wbp0004	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 Kawade Alisa, Chujo Wataru, Kobayashi Kentaro	4. 巻 11
2. 論文標題 Two-wavelength adaptive thresholding for uplink from smartphone's low-luminance WDM/SDM screen to camera	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEICE Communications Express	6. 最初と最後の頁 441 ~ 447
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/comex.2022XBL0074	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 Shimei Kazuya, Kobayashi Kentaro, Chujo Wataru	4. 巻 11
2. 論文標題 Data signal modulation based on uniform color space for digital signage and image sensor based visible light communication	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEICE Communications Express	6. 最初と最後の頁 26 ~ 32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/comex.2021xb10177	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 Kawade Alisa, Chujo Wataru, Kobayashi Kentaro	4. 巻 10
2. 論文標題 Space division multiplexing by adaptive thresholding for uplink optical camera communication using smartphone screen	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEICE Communications Express	6. 最初と最後の頁 954 ~ 960
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/comex.2021col0046	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 Iyoda Yuki, Kobayashi Kentaro, Chujo Wataru	4. 巻 10
2. 論文標題 Data signal demodulation based on machine learning for digital signage and image sensor based visible light communication	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEICE Communications Express	6. 最初と最後の頁 912 ~ 917
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/comex.2021col0009	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49件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 14件)

1. 発表者名 大谷颯, 中條渉, 小林健太郎
2. 発表標題 標準画像重畳16PSK可視光通信の2眼カメラによるビットレート向上
3. 学会等名 電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 大谷颯, 中條渉, 小林健太郎
2. 発表標題 標準画像重畳8PSK可視光通信の2眼カメラによるビットレート向上
3. 学会等名 2024年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 三木悠矢, 小林健太郎, 中條涉
2. 発表標題 物体検出DNNを用いたイメージセンサ可視光通信方式の検出用マーカ-に対する性能評価
3. 学会等名 2024年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 三木悠矢, 小林健太郎, 中條涉
2. 発表標題 物体検出DNNを用いたイメージセンサ可視光通信方式における受信画像の歪みに対する性能評価
3. 学会等名 電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西村祐真, 中條 涉, 小林健太郎
2. 発表標題 物体検出によるLEDバックホールの光軸合わせ
3. 学会等名 電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 荒木翔太, 今川侑大, 内田大登, 中條涉, 小林健太郎
2. 発表標題 ローリングシャッターカメラを用いた物体検出による追尾型フォトダイオード受信機
3. 学会等名 2023年電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Y. Miki, K. Kobayashi, and W. Chujo
2. 発表標題 A study on data signal detection and demodulation based on object detection DNN for image sensor-based visible light communication
3. 学会等名 2023 IEEE VTS Asia Pacific Wireless Communication Symposium (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 H. Ohtani, W. Chujo, and K. Kobayashi
2. 発表標題 Compensating Image Overlay QPSK Modulation by Dual Camera for Rolling Shutter-Based Screen Camera Communication
3. 学会等名 2023 IEEE VTS Asia Pacific Wireless Communication Symposium (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 A. Kawade, W. Chujo, and K. Kobayashi
2. 発表標題 Spatial 4PPM Correlation with Successive Interference Cancellation for Low-Luminance WDM/SDM Screen to Camera Uplink
3. 学会等名 International Workshop on Optical Wireless Communications, co-located with 2023 IEEE Symposium on Computers and Communications (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 三木悠矢, 小林健太郎, 中條渉
2. 発表標題 デジタルサイネージ・イメージセンサ可視光通信のための物体検出DNNを応用した変復調方式に関する一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大谷颯, 川口翔大, 中條渉, 小林健太郎
2. 発表標題 標準画像重畳PSK可視光通信の2眼カメラによるビットレート向上
3. 学会等名 電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 川出有紗, 中條渉, 小林健太郎
2. 発表標題 4PPM空間分割多重スクリーンによるアップリンク可視光通信の物理層セキュリティ強化
3. 学会等名 電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 川出有紗, 中條渉, 小林健太郎
2. 発表標題 逐次干渉除去型空間4PPM相關による低輝度WDM/SDM可視光通信
3. 学会等名 2023年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 A. Kawade, W. Chujo, and K. Kobayashi
2. 発表標題 Low-Luminance Space Division Multiplexing with Spatial 4-PPM Correlation for Smartphone Screen to Camera Uplink Communication
3. 学会等名 IEEE Consumer Communications & Networking Conference (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大谷颯, 川口翔大, 中條渉, 小林健太郎
2. 発表標題 LCDバックライトとローリングシャッターカメラを用いた標準画像重畳4PPMアップリンク可視光通信
3. 学会等名 電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大藪凧紗, 小林健太郎, 中條渉
2. 発表標題 デジタルサイネージ・イメージセンサ可視光通信におけるセグメンテーションを用いた信号重畳方式の一検討 ~ セグメンテーション方式が視覚品質と通信品質に与える影響 ~
3. 学会等名 電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 仕明和也, 小林健太郎, 中條渉
2. 発表標題 デジタルサイネージ・イメージセンサ可視光通信における色度成分変調とダイバーシチ合成に関する一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊与田友貴, 小林健太郎, 中條渉
2. 発表標題 イメージセンサ可視光通信におけるCNNに基づく復調方式の学習パターン数削減に関する一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 A. Kawade, W. Chujo, K. Kobayashi
2. 発表標題 Enhancing Wide-Angle Physical Layer Security for Smartphone's Low-Luminance WDM/SDM Screen to Camera Uplink Communication
3. 学会等名 2022 IEEE 11th Global Conference on Consumer Electronics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Y. Iyoda, K. Kobayashi, W. Chujo
2. 発表標題 Effects of training images on CNN-based demodulation for digital signage and image sensor-based VLC
3. 学会等名 The 5th World Symposium on Communication Engineering (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 A. Kawade, W. Chujo, K. Kobayashi
2. 発表標題 Two-wavelength adaptive thresholding with red/green and green/blue for low-luminance WDM/SDM smartphone screen to camera communication
3. 学会等名 The 5th World Symposium on Communication Engineering (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中條 渉
2. 発表標題 スマートフォンスクリーンを利用した可視光アップリンク通信
3. 学会等名 2022年電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川出有紗, 中條渉, 小林健太郎
2. 発表標題 空間分割多重4PPMを用いたスクリーンカメラアップリンク通信
3. 学会等名 2022年電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大谷颯, 川口翔大, 舟橋英輝, 中條渉, 小林健太郎
2. 発表標題 LCDバックライト制御4PPMを用いたアップリンク可視光通信の標準画像重畳特性
3. 学会等名 2022年電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 A. Kawade, W. Chujo, and K. Kobayashi
2. 発表標題 Smartphone screen to camera uplink communication with enhanced physical layer security by low-luminance space division multiplexing
3. 学会等名 2022 IEEE VTS Asia Pacific Wireless Communication Symposium (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大谷颯, 川口翔大, 舟橋英輝, 中條渉, 小林健太郎
2. 発表標題 標準画像を重畳したLCDバックライト制御4PPMアップリンク可視光通信
3. 学会等名 令和4年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大藪 凧紗, 小林 健太郎, 中條 渉
2. 発表標題 デジタルサイネージ・イメージセンサ可視光通信におけるセグメンテーションを用いた信号重畳方式の一検討
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 K. Shimei, K. Kobayashi, and W. Chujo
2. 発表標題 A study on modulation and diversity methods based on uniform color space for digital signage and image sensor-based VLC
3. 学会等名 IEEE ICC Workshop on Optical Wireless Communications (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川出 有紗, 中條 渉, 小林 健太郎
2. 発表標題 スマートフォンを用いたアップリンク可視光通信のスクリーン低輝度化手法の比較
3. 学会等名 電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川出 有紗, 中條 渉, 小林 健太郎
2. 発表標題 空間多重低輝度アップリンクOCCの緑/青と赤/緑2 波長多重伝送
3. 学会等名 2022年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川出 有紗, 中條 渉, 小林 健太郎
2. 発表標題 低輝度空間分割多重スクリーンによるアップリンク可視光通信の物理層セキュリティ強化
3. 学会等名 電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 仕明 和也, 中條 渉, 小林 健太郎
2. 発表標題 デジタルサイネージ・イメージセンサ可視光通信における均等色空間に基づく多重化変調方式に関する一検討
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 2022年

1. 発表者名 A. Kawade, W. Chujo, and K. Kobayashi
2. 発表標題 Adaptive thresholding with cell-size reduction for low-luminance, space-division-multiplexing, uplink optical camera communication
3. 学会等名 2021 International Conference on Emerging Technologies for Communications (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊与田 友貴, 小林 健太郎, 中條 渉
2. 発表標題 デジタルサイネージ・イメージセンサ可視光通信における機械学習に基づく復調方式の性能へ信号画像サイズが及ぼす影響
3. 学会等名 電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 仕明 和也, 小林 健太郎, 中條 渉
2. 発表標題 デジタルサイネージ・イメージセンサ可視光通信における均等色空間に基づく変調方式の性能へ画像色成分が及ぼす影響
3. 学会等名 電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川出 有紗, 中條 渉, 小林 健太郎
2. 発表標題 空間分割多重低輝度アップリンク可視光通信の赤/青波長多重伝送特性
3. 学会等名 電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Iyoda, K. Kobayashi, and W. Chujo
2. 発表標題 A study on machine learning-based signal demodulation for image sensor-based visible light communication
3. 学会等名 International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K. Shimei, K. Kobayashi, and W. Chujo
2. 発表標題 A Study on Uniform Color Space-Based Signal Modulation for Image Sensor-Based Visible Light Communication
3. 学会等名 International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 A. Kawade, W. Chujo and K. Kobayashi
2. 発表標題 Increasing data rate and security by blue-pixel-value adaptive thresholding for smartphone-screen-based blue-light optical camera communication
3. 学会等名 2021 IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川出有紗, 中條渉, 小林健太郎
2. 発表標題 低輝度青色セルを用いた空間分割多重アップリンク可視光通信
3. 学会等名 2021年電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊与田友貴, 小林健太郎, 中條 渉
2. 発表標題 イメージセンサ可視光通信における機械学習に基づく信号復調方式の性能へ学習量が及ぼす影響
3. 学会等名 2021年電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川出有紗, 中條渉, 小林健太郎
2. 発表標題 青色セル空間分割多重アップリンク可視光通信の低輝度化
3. 学会等名 令和3年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川出有紗, 中條渉, 小林健太郎
2. 発表標題 白色光のセルサイズ縮小による空間分割多重低輝度アップリンク可視光通信
3. 学会等名 電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 A. Kawade, W. Chujo and K. Kobayashi
2. 発表標題 Smartphone-screen-based, low-luminance uplink optical camera communication by blue-color adaptive thresholding
3. 学会等名 The 26th OptoElectronics and Communications Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川出有紗, 中條渉, 小林健太郎
2. 発表標題 スマートフォンのOLED画面を利用した空間分割多重低輝度アップリンク可視光通信
3. 学会等名 電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 仕明和也, 小林健太郎, 中條 渉
2. 発表標題 デジタルサイネージ・イメージセンサ可視光通信における均等色空間に基づく信号変調方式の一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊与田友貴, 小林健太郎, 中條 渉
2. 発表標題 デジタルサイネージ・イメージセンサ可視光通信における機械学習に基づく信号復調方式の一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ワイドバンドシステム研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 後藤巧磨, 中條渉, 小林健太郎
2. 発表標題 小型LCD バックライト制御OCC アップリンクの検討
3. 学会等名 2021年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川出有紗, 中條渉, 小林健太郎
2. 発表標題 適応閾値処理による空間分割多重OCC アップリンクの低輝度化
3. 学会等名 2021年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

小林・中條研究室 https://wwwms.meijo-u.ac.jp/kkobaysh/

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	小林 健太郎 (Kobayashi Kentaro) (40583878)	名城大学・理工学部・准教授 (33919)	

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