

高速度カメラとLED交通信号機を用いた路車間可視光通信システムにおける通信速度の向上

岩瀬 大吾[†] 笠井 信[†] 圓道 知博^{†a)} 荒井伸太郎^{††}
 山里 敬也^{†††} 岡田 啓^{†††} 鎌倉 浩嗣^{††††} 藤井 俊彰^{†††}

Improving Communication Rate of Road-to-Vehicle Visible Light Communication System Using High-Speed Camera and LED Traffic Light

Daigo IWASE[†], Makoto KASAI[†], Tomohiro YENDO^{†a)}, Shintaro ARAI^{††},
 Takaya YAMAZATO^{†††}, Hiraku OKADA^{†††}, Koji KAMAKURA^{††††},
 and Toshiaki FUJII^{†††}

あらまし 我々は、路車間可視光通信に着目し、送信機にLED交通信号機、受信機に高速度カメラを用いたシステムの実現を目指し、研究を行っている。本論文ではLEDマトリックスを送信機、高速度カメラを受信機として用いたシステムのリアルタイム処理の実装と通信速度の改善を図る。今回用いたシステムにおいて、LEDと高速度カメラの同期は難しく、送信機の更新周期と受信機の撮影速度が同じ場合、点灯パターンが混合した画像を取得してしまう。この問題の対策として、従来法では受信機の撮影速度を送信機の更新速度の倍にすることで、2フレームに1枚点灯パターンの混合していない画像を取得している。我々は受信機の撮影速度と送信機の更新速度を一致させ、混合画像から点灯パターンを推定することで通信速度を向上させる手法を提案する。

キーワード イメージセンサ通信, 可視光通信, 高度交通システム (ITS), 高速度カメラ, LED交通信号機

1. ま え が き

可視光通信とは、人間が視認できる周波数帯の光、可視光を用いた無線通信技術であり、従来の電波を用いた無線通信技術に比べて様々な利点がある [1]~[8]。利点として挙げられるのは既存の各種照明装置を使用するのでコストが安いこと、電波帯域を使用しないこと、人体や精密機器にほとんど影響を与えないことなどである。現在、送信機として照明 [1] や LED (Light

Emitting Diode) など、受信機としてカメラやフォトダイオード [2] があげられている。送信機としては人間が視認できない速度で点滅させることができ、点灯制御が容易なものが用いられる。受信機としては受光素子を用い、カメラであれば複数光源からのデータ取得が容易であり、フォトダイオードでは数十 Mbps の速い応答ができるという利点がある。

一方で、様々な用途において光源としてLEDが広く普及してきている。LEDには低消費電力、長寿命、良好な視認性などの利点がある。このことから照明光だけでなく、交通信号機にも使用されるようになった。これに着目し、高度道路交通システム (ITS: Intelligent Transportation System) の分野ではLED交通信号機を用いた可視光通信が研究されてきた [3]~[8]。本論文ではその中の路車間可視光通信について述べる。路車間可視光通信はLED交通信号機から送信されたデータを搭載した高速度カメラを用いて受信するシステムである。図1に本研究で想定している路車間可視光通信システムの概要図を示す。

[†] 長岡技術科学大学, 長岡市
 Nagaoka University of Technology, 1603-1 Kamitomiokamachi, Nagaoka-shi, 940-2188 Japan

^{††} 香川高等専門学校, 三豊市
 National Institute of Technology, Kagawa College, 551 Kohda, Takuma-cho, Mitoyo-shi, 769-1192 Japan

^{†††} 名古屋大学, 名古屋市
 Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya-shi, 464-8603 Japan

^{††††} 千葉工業大学, 習志野市
 Chiba Institute of Technology, 2-17-1 tsudanuma, Narashino-shi, 275-0016 Japan

a) E-mail: yendo@nagaokaut.ac.jp

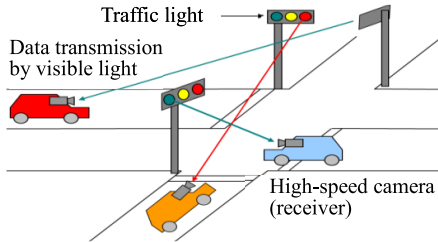


図 1 想定する可視光通信システムの概要図
Fig. 1 Image of VLC system.

高速度カメラは一般的なカメラよりも短い周期で撮影でき、高速移動する物体や変化する物体からより多くの情報を得ることができる。近年では ITS だけでなく、科学研究、産業で使われるようになってきた。本研究の想定するシステムの先行研究として笠井らは格子状の LED アレイと高速度カメラを用いてリアルタイム通信を実現している [3]。また、西本らは遠距離、近距離に違うデータを送信する重畳符号化を提案した [4]。名倉らは送信データを論理反転したデータを送る反転信号を提案し、LED アレイの追跡に関する研究を行った [5]。想定するシステムは高速度カメラを受信機として使っており、そのフレームレートは LED アレイの更新速度よりも遅いので、受信速度はカメラのフレームレートによって決まってくる。このような条件下にありながらも先行研究では送信機の更新速度をカメラのフレームレートの半分に設定している。これは送信機と受信機の同期が難しく、カメラの露光時間中に LED の点灯パターンが変わり、パターンが混合した画像を取得してしまうためである。名倉らが [5] で提案している反転信号ではそれに加えて論理反転したデータを送るので一つのデータを送るために 4 フレームを用いることとなる。我々は、通信速度の改善のため、パターン混合画像からパターンを推定する方法を提案する。

本論文の構成は 2. では今回のシステムのモデルを、3. でパターン混合画像からデータを推定する二つの手法を説明し、4. で提案手法を用いたシミュレーションの結果を、5. で実験結果を述べる。6. では実験の考察を述べ、7. で提案手法に用いるパラメータの誤差に対するデータの推定精度を説明する。8. はむすびである。

2. システムモデル

本章では、想定する可視光通信システムについて実

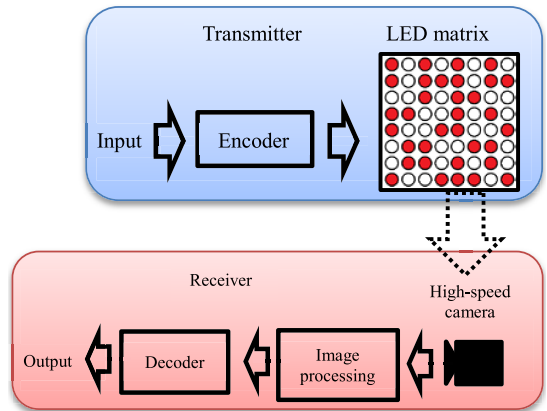
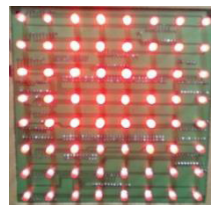


図 2 システムモデル
Fig. 2 The model of system.

表 1 LED アレイの仕様
Table 1 Specs of LED array.

Number of LED	64 (8 x 8)
Refresh-frequency	2000[Hz]
COLOR	Red
LED Spacing	20[mm]



LED アレイ
LED Array



高速度カメラ
High-speed camera

図 3 LED アレイと高速度カメラ
Fig. 3 LED array and High-speed camera.

験を行うため、システムをモデル化し、類似したシステムを構成する。システムモデルを図 2 に示す。

2.1 送信機

我々は LED 交通信号機の代わりに格子状の LED アレイを送信機として用いた。表 1 に LED アレイの仕様、図 3 左側に送信機として用いた使った LED アレイを示す。LED 数は 8×8 個で、輝度は PWM (Pulse Width Modulation) を用いて 251 段階に設定できる。本研究では 2 段階 (0, 250) の輝度値を使用した。送信機の更新周期は高速度カメラの撮影速度と同じく $2[\text{kHz}]$ とした。

2.2 受信機

我々は受信機として高速度カメラとパソコンを使用

表 2 高速カメラの仕様
Table 2 Specs of high-speed camera.

Model Number	Photron IDP-Express R2000
Resolution	512*512
Frame Rate	MAX 2000[fps]

した。高速カメラは 2000[fps] での撮影が可能であり、リアルタイムにパソコンに画像が送信される。提案するシステムは撮影画像を画像処理することで通信を行う。また、提案システムはリアルタイム通信の実現のため、1 フレーム分露光時間の間に画像処理を完了させることができる。表 2 に高速カメラの仕様を、図 3 右側に受信機として用いた高速カメラを示す。

3. 提案手法

混合画像を取得する要因として、受信機と送信機の同期問題があげられる。システムでは、送信機と受信機間の接続はないので両者の同期をとることは難しい。ここで、受信機のフレームレートと送信機の更新速度が同じ場合、二つの隣り合ったパターンが一定の割合で混ざった画像を取得し続ける。その割合は受信機のシャッタータイミングと送信機の更新タイミングの時間的な差で表すことができる(図 4) [3]。以降、この差を位相差 P とする。ここで I_n , D_n はそれぞれ n フレーム目に含まれる送信データ群と画素値群を表し、 i_n , d_n はその中の一つの画素値及び 1 データシンボル(後述の例であれば 1 ビット)を表す。今回、露光時間は 1 フレーム分の時間と同じと仮定する。この推定法によって従来法である反転信号に対して通信速度が 2 倍に改善される。

この章ではシステムの通信速度の改善のため、2 のパターンが混ざって映った混合画像から位相差 P を使用しデータ d_n を推定する方法を二つ提案する。

3.1 位相差を用いたデータ推定

送信データ d_{n-1} と d_n 、それに対応する画像中のピクセルの画素値 i_n の関係を考える。

パターン混合画像の画素値 i_n は式 (1) を用いて表せる。

$$i_n = P \times d_{n-1} + (1 - P) \times d_n, \quad 0 \leq P < 1 \quad (1)$$

ここで、 P は位相差、 d_{n-1} と d_n は送信データを表す。そして、式 (1) を変換すると式 (2) が得られる。式 (2) より、画素値 i_n と位相差 P 、前の送信データ d_{n-1} を用いることでデータ d_n を逐次的に求められる

I_n : pixel value of image
 D_n : transmitted data
 P : phase difference

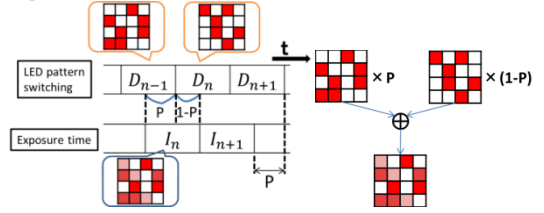


図 4 取得画像の画素値と位相差の関係

Fig. 4 Relation of phase difference and pixel value of image.

ことがわかる。

$$d_n = \frac{i_n - P \times d_{n-1}}{1 - P} \quad (2)$$

しかし、実際の画素値 i_n は雑音 N を含んでいるので式 (3) のようになる。

$$\hat{i}_n = P \times d_{n-1} + (1 - P) \times d_n + N \quad (3)$$

この実際の画素値 \hat{i}_n を式 (2) に代入すると、式 (4) を得ることができる。

$$\tilde{d}_n = d_n + \frac{N}{1 - P} \quad (4)$$

式 (4) より、位相差 P が 1 に近づくと雑音 N の影響が大きくなるのがわかる。なお、位相差 P が 1 に近い場合は、 d_n は i_n より次の画素値 i_{n+1} により強く反映されていることになるため、式 (2) を用いて推定するより i_{n+1} から直接推定した方が精度が高いと考えられるが、ここでは常に式 (2) を用いるものとする。

3.2 混合画像 2 枚を用いたデータ推定

位相差 P が 1 に近いとき、画素値 i_n に含まれる d_n の割合は小さくなる。このとき、3.1 で述べた手法では雑音 N の影響が強く出てしまう。しかし、次の画素値 i_{n+1} にはデータ d_n が高い割合で含まれることになる。そのため、二つの画素値 i_n , i_{n+1} を用いることでデータの推定精度が上がると考えられる。

画素値 i_n , i_{n+1} は位相差 P と連続する三つのデータ d_{n-1} , d_n , d_{n+1} により決定される。今回、 d_n は 0, 1 の 2 値を考える。画素値 i_n , i_{n+1} は式 (2) により計算することができ、データ的全組み合わせに対する画素値は表 3 のようになる。そして、表 3 のデータを i_n - i_{n+1} 平面上にプロットすると図 5 のようになる。図 5 の横軸は画素値 i_n 、縦軸は次の画素値 i_{n+1} を示している。また、図 5 の (a), (b), (c) はそれぞれ位

表 3 データ系列 (d_{n-1}, d_n, d_{n+1}) に対する画像の画素値

Table 3 The pixel values of images for each data combination (d_{n-1}, d_n, d_{n+1}).

d_{n-1}	d_n	d_{n+1}	i_n	i_{n+1}
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1-P
0	1	0	1-P	P
0	1	1	1-P	1
1	0	0	P	0
1	0	1	P	1-P
1	1	0	1	P
1	1	1	1	1

相違 P が 0.2, 0.5, 0.8 のときの結果を示している。点の近くの数列は連続するデータ d_{n-1}, d_n, d_{n+1} を表し、黒点は d_{n-1} が 0 のとき、白点は d_{n-1} が 1 のときのデータを表している。

ここで、最尤推定法を用いて d_n を推定することを考える。実際の画素値には式 (3) で示したように雑音が含まれており、 i_n-i_{n+1} 平面では表 3 で示した理想点から離れた場所にプロットされる。雑音を白色雑音 (AWGN: Additive White Gaussian Noise) と仮定すれば、あるデータが送信された場合に、ある画素値の組 (i_n, i_{n+1}) が受信される確率は、 i_n-i_{n+1} 平面上での当該点 (i_n, i_{n+1}) と、送信データ系列から表 3 で求まる理想点、とのユークリッド距離が遠いほど生起確率が低い。そのため、受信された画素値を i_n-i_{n+1} 平面上にプロットし、そこから最も近い理想点を選択し送信データを推定することで、最尤推定が実現される。今回は前のデータ d_{n-1} を既知とし、候補となるデータ列を八つから四つに絞る。

4. シミュレーション

3.1 で提示した手法 (以下, 手法 A (method.A)) と 3.2 で提示した手法 (以下, 手法 B (method.B)) についてのシミュレーションを行った。

入力データ列と指定した位相差により受信画素値を式 (3) を用いて算出し、それぞれの手法によりデータ d_n を推定する。送信機の LED 数は 8×8 を想定し、送信データは疑似乱数とし、試行回数は 100000 フレーム (6.4×10^6 ビット) とした。初回のパターン d_{-1} は既知とした。LED の輝度値は 0 と 1 の 2 値とし、LED 光を受信したときの画素値は 0 から 1 の実数値とした。加える雑音は AWGN とし、生成には

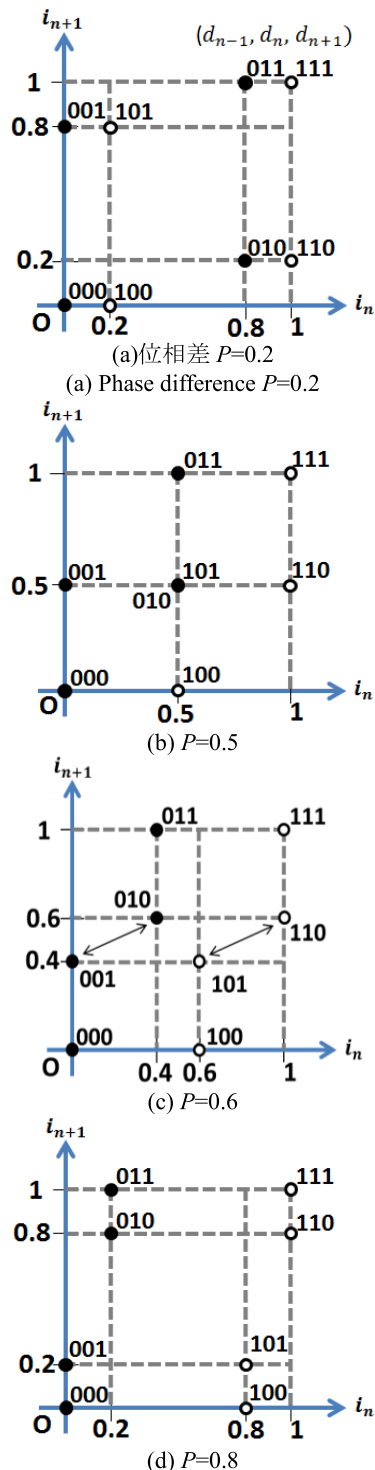


図 5 各データ系列に対する二つの画素値のグラフ
Fig. 5 The graph of 2 pixel values for each data combination.

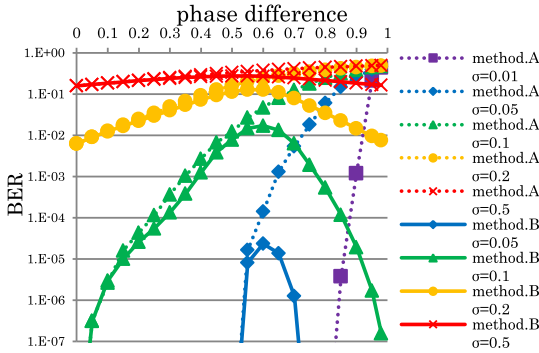


図 6 シミュレーション結果
Fig. 6 The simulation results of each method.

ボックスミュラー法を用いた。雑音を加えた画素値は範囲を超えた場合、値を丸めて範囲内に収まるようにした。また、雑音は画像同士で独立とした。手法 A について、式 (4) により算出した \tilde{d}_n にしきい値処理を施して 0 か 1 になるようにした。

シミュレーションでは位相差 P と雑音の分散 σ の変化による BER (Bit Error Rate) の変化を算出した。結果を図 6 に示す。分散 σ が 0.01 の雑音を加え手法 B を用いた場合、エラーフリーとなった。

図 6 より、手法 A は位相差が大きいき、BER が増加することがわかる。それに対して手法 B は位相差が 0.6 になるまでは BER が増加するが、位相差がより大きくなると BER が低くなることがわかる。また、手法 B は全位相差において手法 A よりも BER が低くなった。

5. 実験

この章では、2. で説明した送信機と受信機を用いて提案手法の実験を行う。

5.1 実験条件

手法 A、手法 B を用いて装置を固定した状態で実験を行い、位相差の変化による BER の変化を観測する。実験は一般的な蛍光灯照明下の大学の実験室内で行った。

LED の輝度値は受信画像の画素値として読み取る。送受信機間が離れていて受信画像上の LED 送信機像が小さい場合、解像度の不足により一つの画素に複数の LED からの光を同時に入射し、受信信号が混合することがあるが、本提案手法ではこのような状況は想定しておらず、個々の LED の光を画素間で独立して受信できることが必要である。そこで、送受信期間を

2[m] と設定した。このとき、受信画像上における LED ピッチは約 30 画素に相当し、画像上で容易に分離可能である。画像上から画素値を選択する方法として、画像から左上と右下の LED 位置を手動で入力し、LED アレイの領域を切り出す。そして、LED の配置が格子状であることを利用して領域を等分してそれぞれの LED のおおよその位置を決定し、点灯 LED の撮影により画素値の最も明るい画素を近傍処理によって探し、決定した座標の画素値をとり続けることで取得する。

実験での送信データは擬似乱数、試行回数は 10000 フレーム (6.4×10^5 ビット)、初回のパターン d_{-1} は既知とした。また、送信機からカメラにトリガ信号を送ることで撮影タイミングを操作し、両者を同期させた。位相差はこのトリガ信号を操作することで固定した。今回は手法 A と手法 B について、カメラの絞りを調整し、受信画像が明るいとき、暗いときに実験を行った。これらを明環境 (bright condition)、暗環境 (dark condition) と呼ぶこととする。また、式 (2) を用いるため、画素値の正規化を行う必要がある。位相差 P を 0 とし、疑似乱数を送信した際、LED を捉えた画素値のヒストグラムは二つの山型のグループに分かれており、それらをガウス関数近似でフィッティングを行った。正規化はそれら二つのグループの平均を用いて行い、取得した画素値が 0 から 1 の実数になるよう処理した。正規化の結果が範囲を超えた場合は、値を丸めて範囲内に収まるようにした。実験において、正規化に用いた二つの平均は明環境で 23.17 と 96.58、暗環境で 23.17 と 51.05 であった。

5.2 実験結果

各手法の実験結果を図 7 に示す。縦軸は BER、横軸は位相差 P である。明環境下で手法 B を用いた場合、エラーフリーとなった。

図 7 より、結果はシミュレーションと同様に手法 A は位相差が大きいき、BER が増加することがわかる。それに対して手法 B は位相差が 0.6 になるまでは BER が増加するが、位相差がより大きくなると BER が低くなることがわかる。また、実験においても手法 B は位相差にかかわらず手法 A よりも BER が低くなった。

シミュレーションにおける数値の条件に実験の数値を合わせた場合、AWGN の分散 σ は明環境で 0.0264、暗環境で 0.0883 となった。図 6 と図 7 より、明環境における実験とシミュレーションの結果はおおよそ合致していることがわかる。しかし、暗環境において、シ

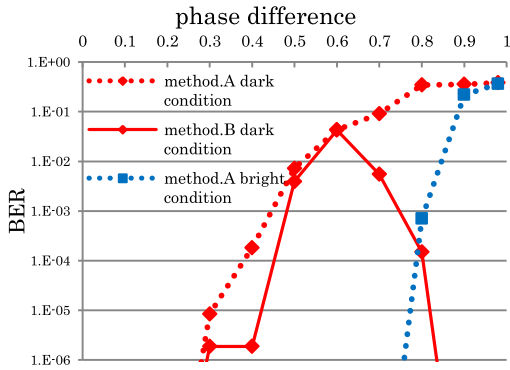


図7 実験結果
Fig.7 The experimental results.

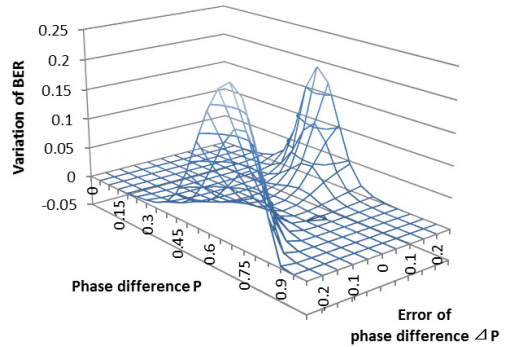
ミュレーション結果は実験結果よりも悪いものとなっている。この原因の一つとして、実際の撮像素子のノイズはショットノイズを含み、ノイズの大きさは入射光量に依存するが、シミュレーションでは AWGN としていることが考えられる。

6. 考察

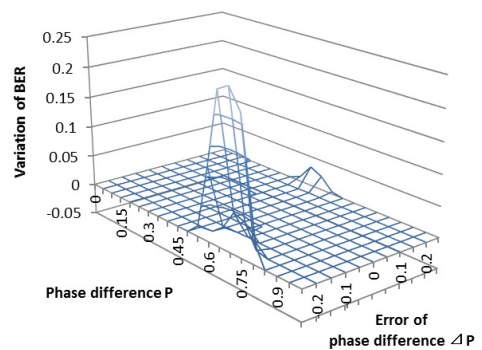
手法 B において、実験とシミュレーション両方の BER のピークが位相差 0.6 のときとなった。手法 B で BER 特性が劣化する要因として、図 5 のグラフ上でデータ系列内の d_n が違う候補点が位相差の変化によって近づくことが考えられる。 $d_{n-1} = 0$ の場合は候補点 000, 001 の 2 点と 010, 011 の 2 点が近づくことと推定精度が悪くなる。 $d_{n-1} = 1$ のときは候補点 100, 101 の 2 点と 110, 111 の 2 点が近づく場合である。また、この候補点の中で最も近づくのは 001 と 010 ($d_{n-1} = 0$)、または点 101 と 110 ($d_{n-1} = 1$) であり、これらの距離が最短となる位相差 P は計算により 0.6 と算出できる。一見すると、候補点の位置関係に対称性があり、0.5 の場合に距離が最短になると予想しがちであるが、実際は、 P が 0 から 1 へ変化するとき、点 001 は左上 $(i_n, i_{n+1}) = (0, 1)$ から左下 $(0, 0)$ へ下方向に移動するが、点 010 は右下 $(1, 0)$ から左上 $(0, 1)$ へと斜めに移動するため、 $P = 0.5$ ではなく $P = 0.6$ で最も接近する。点 101 と点 110 についても同様である。このときの様子を図 5(c) に示す。この状態では推定法は雑音に最も敏感になり、BER が最大になったのだと考えられる。

7. 位相差の誤差による通信精度の変化

今回の実験において、位相差の制御は送信機から有



(a)SNR=20[dB]



(b)SNR=30[dB]

図 8 位相差の誤差による通信精度の変化

Fig.8 Relationship between variation of BER and estimation error of phase difference.

線でトリガ信号を送り受信機側の高速度カメラの撮影フレームタイミングを制御することで実現した。しかし、実際に通信を行う環境においてはこのトリガ信号は存在せず、位相差は受信機側で得られる情報のみで推定する必要がある。このとき、推定精度が BER に及ぼす影響を調べるため、手法 B において実際の位相差と受信機側で復調の際のパラメータとして使用する位相差が異なる場合の BER への影響をシミュレーションによって確認する。

シミュレーションでは画素値生成時の位相差に、定数誤差 ΔP を加えた値をデータ復調時に位相差の値として用いる。加える誤差 ΔP の範囲は $-0.25 \sim 0.25$ とし、その際の BER と、正しい位相差の値を用いた場合の BER との差 (増分) を算出した。位相差の値は、誤差を加えた後に 0~1 に収まる範囲の値を用いた。試行回数は 10000 フレーム (6.4×10^5 ビット) と

した。

図 8 にシミュレーション結果を示す。図 8 (a) より、SNR が 20[dB] で位相差が 0.6 に近い場合、位相差に加わる誤差が小さくとも BER が増加してしまう。図 8 (b) より、SNR が 30[dB] のときは位相誤差に $-0.1 \sim 0.1$ の誤差が加わっても BER が変化しなかった。

8. む す び

今回、送信機更新と受信機の撮影のタイミングのずれ、位相差を用いたデータの推定方法を二つ提案した。混合画像を 1 枚、または 2 枚用いる方法である。

1 枚を用いた推定は位相差が 1 に近づくと BER が大きく増加してしまうが、2 枚を用いた推定では位相差が 1 に近い状態でも実用に耐える BER となった。2 枚を用いた推定では位相差が 0.6 のとき BER が最大となった。しかし、位相差にかかわらず、2 枚を用いた推定は 1 枚を用いたものよりも良い精度を示した。

今後は使用する画像の枚数を更に増やしたとき、使用する階調値を増やしたときについて検討する。

文 献

- [1] T. Komine and M. Nakagawa, "Fundamental analysis for visible-light communication system using LED lights," IEEE Trans. Consum. Electron., vol.150, pp.100-107, 2004.
- [2] M. Akanegawa, Y. Tanaka, and M. Nakagawa, "Basic study on traffic information system using LED traffic lights," IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems, vol.2, no.4, pp.197-203, Dec. 2001.
- [3] M. Kasai, et al., "Visible light communication system using real-time processing of high-speed camera image," Proc. 2014 International Workshop on Advanced Image Technology, pp.258-263, Jan. 2014.
- [4] S. Nishimoto, et al., "High-speed transmission of overlay coding for road-to-vehicle visible light communication using LED array and high-speed camera," IEEE Workshop on Optical Wireless Communications (OWC'12), pp.1234-1238, 2012.
- [5] 名倉 徹, 山里敬也, 荒井伸太郎, 岡田 啓, 圓道知博, 藤井俊彰, "車両走行時の路車間可視光通信のための LED アレイ追跡手法," 信学論 (B), vol.J95-B, no.2, pp.326-336, Feb. 2012.
- [6] T. Nagura, et al., "Improved decoding methods of visible light communication system for ITS using LED array and high-speed camera," Proc. IEEE Vehicular Technology Conf. (VTC 2010-Spring), pp.1-5, 2010.
- [7] 山里敬也, "LED アレイと高速度カメラを用いた可視光通信の ITS への応用," 電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ誌, vol.3, no.2, pp.45-53, Oct. 2009.
- [8] S. Arai, S. Mase, T. Yamazato, T. Yendo, T. Fujii, M.

Tanimoto, and Y. Kimura, "Feasible study of road-to-vehicle communication system using LED array and high-speed camera," Proc. 15th World Congress on ITS, Nov. 2008.

(平成 27 年 5 月 21 日受付, 9 月 30 日再受付)



岩瀬 大吾

平 25 長岡技科大・工卒。平 27 同大学院修士課程電気電子情報工学専攻修了。在学中は可視光通信に関する研究に従事。現在、株式会社アルファシステムズ勤務。



笠井 信

平 24 長岡技科大・工卒。平 26 同大学院修士課程電気電子情報工学専攻修了。在学中は可視光通信に関する研究に従事。現在、株式会社三菱電機勤務。



圓道 知博 (正員)

平 8 東工大・工・制御工卒。平 10 同大学院博士前期課程了。平 13 同大学院博士後期課程了。博士(工学)。平 10 TAO・3D プロジェクト研究員。平 14 JST・CREST 研究員。平 16 名大院・工学研究科・助手。平 19 同助教。平 23 長岡技科大・電気系・准教授。3 次元映像ディスプレイ、可視光通信の研究に従事。



荒井伸太郎 (正員)

平 16 徳島大・工・電気電子卒。平 18 同大学院修士課程了。平 21 同大学院博士課程了。博士(工学)。同年、愛知工科大・ITS 研究所・研究員。平 23 香川高専・通信ネットワーク工学科・助教、現在に至る。カオスの通信システムへの応用、可視光通信、確率共鳴に関する研究に従事。平 20 本会学術奨励賞受賞。IEEE 会員。



山里 敬也 (正員:フェロー)

昭 63 信州大・工・電子工卒。平 2 同大大学院修士課程了。平 5 慶大大学院博士課程了。工博。同年名大・工・電子情報・助手。平 10 同大・情報メディア教育センター・助教授。平 16 同大・エコトピア科学研究機構。平 19 同大・エコトピア科学研究所・准教授。平 22 同大・教養教育院・教授。現在に至る。平 9 より平 10 まで、ドイツカイザースラウテルン大・客員研究員。平 25 本会フェロー称号受賞。センサネットワーク、可視光通信、ITS、e ラーニングなどの研究に従事。映像情報メディア学会、IEEE 各会員。



岡田 啓 (正員:シニア会員)

平 7 名大・工・電子情報学専攻卒。平 9 同大大学院博士課程前期課程修了。平成 11 同大大学院博士課程後期課程修了。博士(工学)。同年日本学術振興会特別研究員。平 12 名大・助手。平 18 新潟大・助教授。平 21 埼玉大・准教授。平 23 名大・准教授。現在に至る。パケット無線通信、マルチメディアトラヒック、符号分割多元接続方式、マルチホップネットワーク等の研究に従事。IEEE、ACM 各会員。平 8 電気・電子情報学術振興財団・猪瀬学術奨励賞。平 10 本会・学術奨励賞。平 25 本会・通信ソサイエティ ComEx Best Letter Award。



鎌倉 浩嗣 (正員)

平 9 慶大・理工・電気卒。平 11 同大大学院修士課程了。平 14 同大大学院博士課程了。博士(工学)。平 11~14 日本学術振興会特別研究員。平 14~18 千葉大・電子機械・助手。平 18 千葉工業大学・情報・講師。平 21 同准教授。平 14・15 (各 3ヶ月) オタワ大訪問研究員。平 14 エリクソンヤングサイエンティストアワード 2002 受賞。主として通信ネットワークに関する研究に従事。IEEE 会員。



藤井 俊彰 (正員)

平成 2 東大・工・電子卒。平成 7 同大大学院博士課程修了。同年名古屋大学大学院工学研究科電子情報学専攻助手。平 15 同助教授。平 20 東京工業大学大学院理工学研究科集積システム専攻准教授。平成 23 名古屋大学大学院工学研究科電子情報システム専攻准教授。平成 24 同教授。3 次元映像通信、3 次元映像システム・映像処理、その ITS への応用に関する研究に従事。平 8 年度本会学術奨励賞受賞。博士(工学)。映像情報メディア学会、情報処理学会、IEEE 各会員。