

## 可視光通信におけるラインスキャンサンプリング受信方式の有用性評価

### Evaluation of usefulness of line scan sampling reception method in visible light communication

○高橋大我<sup>1</sup>, 三觜大喜<sup>2</sup>, 大谷昭仁<sup>3</sup>  
Taiga Takahashi<sup>1</sup>, Hiroki Mitsuhashi<sup>2</sup>, Akihito Otani<sup>3</sup>

**Abstract:** In this paper, we evaluated using an actual machine for the purpose of confirming the usefulness of the line scan sampling reception method in visible light communication. We made an actual machine with a DMD projector and RGB-LED as the transmitter and a CMOS image sensor as the receiver. As a result, the change in brightness of each color was confirmed, and the color pattern of the alphabet was received and analyzed. This confirmed the usefulness of the line scan sampling reception method.

#### 1. はじめに

可視光通信は人が視認できる約 380~780nm の波長帯を搬送波に用いた通信方式である。これをスマートフォン等に搭載されている CMOS イメージセンサカメラで受信をすることで、既存の照明等の光源を送信機とした通信が可能となる。この技術が確立することで、既存の機器を用いた安価かつ汎用性のある通信を可能とすることが期待できる。特に車のヘッドライトを送信機、ドライブレコーダーを受信機とした車車間通信への応用による安全運転や利便性の向上が考えられる。

しかしながら、従来の方法ではフレームレートがサンプリングレートとなるため、低いフレームレートでは可視光は人の目にちらつきを与えてしまう<sup>[1]</sup>。この問題は高フレームレートのハイスピードカメラを用いることで解決できるが、車に搭載するには高価であり汎用性は期待できない。そこで、これらの問題の解決にはラインスキャンサンプリング受信方式が有効であると考えられる。この受信方式は CMOS イメージセンサのローリングシャッタを利用したサンプリング方式であり、従来方式の 1000 倍以上のサンプリングが期待できる<sup>[2]</sup>。

そこで本稿では、ラインスキャンサンプリング受信方式の有用性を確認するため、実機を作製し評価を行った。

#### 2. DMD におけるラインごとの輝度変化

DMD プロジェクタは数百万個のマイクロミラーを格子状に配列した素子であり、この素子に赤緑青 (RGB :Red Green Blue)光源を反射させ高速にオンオフを切り替える。この時分割多重方式(TDM: Time Division Multiplexing)によって情報伝送を行う。

DMD プロジェクタは Texas Instruments 社 dlpdlcr2010evm を使用した。出力は白色を出すために RBRGG の順に 1ms で切り替わっている。その際の時間波形をデジタルオシロスコープを用いて確認すると各色当たり 1ms であることがわかる。輝度の大きさは各色で異なっているが、測定時の誤差であり、実際には各輝度は一定である。

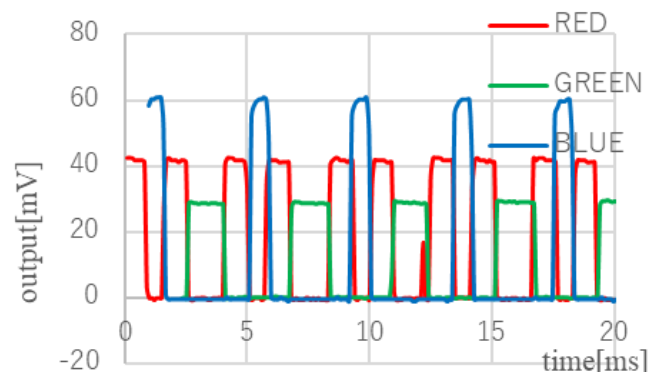


Figure 1. DMD Time Waveform

受信部には CMOS イメージセンサ搭載 Raspberry Pi カメラモジュール(横 2160\*縦 1080)を用い、ラインスキャンサンプリングを用いた受信を行う。ラインスキャンサンプリングは CMOS イメージセンサの特徴で、上部から下部にかけてラインを積み重ねることで 1 枚の画像を構成するが、高速で移動する物体を撮影するとラインのズレから被写体が進行方向に歪むことがある。これがローリングシャッタ歪みであり、このラインに情報を載せることで 1 画像での色変化を読み取るというものである。

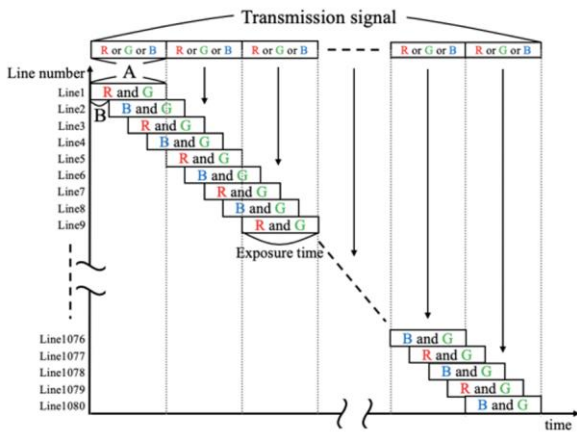


Figure2. Line scan sampling reception method

実際に DMD から白色光を送信し, Raspberry Pi カメラモジュールでの受信を行った. Figure3 より RBRGG の順で送信部の点滅及び輝度変化が読み取れていることが確認できる. ここで, 写真中央(光源)が白色として捉えられているのは, 光源の輝度が高く RGB が一様であるとして認識されたことが原因であると考えられる.



Figure3. Measurement result of DMD

### 3. RGB-LED と CMOS イメージセンサを用いた通信

前述の DMD プロジェクタでは発光パターンを変更不能な既製品であった. そこで, 変調方法が TDM で発光パターンを設定できる RGB-LED を用いて実験を行った. 信号には 2 ラインのカラーパターンで 3 つの数値に変換する方式を用いる. これにより, ASCII の解読を行うことが可能となり, RGB の輝度変化でアルファベットの解析を行った. Table 1 について, 2 つのカラーパターンに対応する 3 つの符号を示す. 本方式では 2 色 3 ビットとし, 7 ビット 1 文字の ASCII では解析にずれが生じてしまう. そこで, 各アルファベットのはじめに同期信号を追加することで, 1 文字あたり 9 ビットのアルファベットを 6 色で表すことが可能となった. また, 6ms での輝度変化であるため可視光の課題である目視でのちらつきを抑えることが期待できる.

Table 1. Correspondence table (2Color to 3bit)

(R,R)	(1,0,0)	(G,B)	(0,0,1)
(R,G)	(0,0,0)	(B,R)	(1,1,1)
(R,B)	(1,1,0)	(B,G)	(0,1,1)
(G,R)	(0,1,0)	同期信号	
(G,G)	(1,0,1)	(B,B)	(0,b,1)

実際に“abc”の 3 文字を ASCII に変換すると“11000011100010 1100011”で表すことができ, Table 1 より“BBRRGB BBRRGR BBRRBG”となる. 変換した信号を RGB-LED を用いて送信し, CMOS イメージセンサでの受信を行った. Figure4 より送信した順で輝度変化が読み取れていることが確認でき, “abc”が復調できた.



Figure4. Measurement result of RGB-LED

### 4. まとめ

本稿では, 可視光通信におけるラインスキャンサンプリング受信方式の有用性の確認を目的とし, CMOS イメージセンサを用いた実機での評価を行った. 本研究では DMD を送信部とし, ラインスキャンサンプリングにおける各色の輝度変化が確認できた. 次に RGB-LED を送信部とし, 受信したカラーパターンから文字の解析を行った. 結果として, 送信したアルファベットを受信していることが確認できた. これらにより, 可視光通信におけるラインスキャンサンプリング受信方式の有用性が確認できた.

### 5. 参考文献

[1] 森峰生, 他:「臨界融合周波数以上の点滅刺激による明るさ知覚への影響」, 映像情報メディア学会 Vol 52, No.4, pp. 612 ~615, 1998

[2] 大嶋光昭, 他:「イメージセンサ受信型可視光通信技術の開発」, AV&ICT ソリューション特集, pp.119-123, 125, 2015