

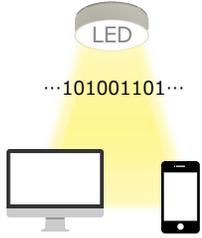
# PWM/DPAMハイブリッド型調光制御法を用いたデジタル制御型カラーシフトキーイングの実験的評価

松田 勇介<sup>+</sup>、小澤 佑介<sup>‡</sup>、楳田洋太郎<sup>+</sup>

<sup>+</sup>東京理科大学大学院 理工学研究科 電気工学専攻 <sup>‡</sup>茨城大学 工学部 情報工学科

## 照明可視光通信とは

可視光線(380nm-780nm)に情報を載せる無線通信



- 利点**
- ・照明インフラを通信に利用  
→ コピキタス・省エネルギー
  - ・通信範囲が可視化/遮断が容易  
→ 高セキュリティ

- 課題**
- ① LEDの非線形性の影響  
② 蛍光体による応答速度の低下  
③ 点滅によるちらつき  
④ 色味の制御 (調色)  
⑤ 明るさの制御 (調光)

## DCSK方式[島本ら, RWS 2015]

複数のRGB-LEDを協調発光し色によって情報を表現する変調方式



- 利点**
- ① オンオフのみ利用するため線形駆動が可能
  - ② 単色LEDの高い遮断周波数による高速通信
  - ③ 発光強度一定によりちらつきの低減
  - ④ 信号点配置を変更し色味を制御 [伊形ら, ICSPCS 2016]

⑤ 調光制御法としてPWM/DPAMハイブリッド型調光制御法が提案

## デジタル制御型カラーシフトキーイング (DCSK方式)

## PWM/DPAMハイブリッド型調光制御法[奥村ら, WBS 2016]

デジタルパルス振幅変調(PAM)型調光制御  
RGB-LEDの協調発光数により調光



パルス幅変調(PWM)型調光制御  
光信号パルスのデューティ比により調光



PWM/DPAMハイブリッド型調光制御  
2つの調光制御法を組み合わせることで

- ・ DPAM方式以上の調光段数の実現
- ・ PWM方式以上の周波数利用効率の実現
- ・ 通信速度と調光率に応じた最適な調光制御法に対応可能

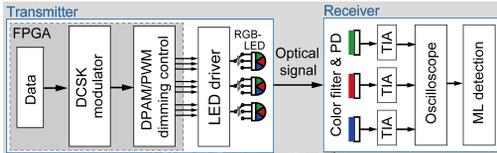
従来研究(シミュレーション解析)の課題

- ・ RGB-LEDアレイを点光源と仮定
- ・ 調光率の誤差について未検討
- ・ 距離に応じた通信性能について未解析

本研究の目的

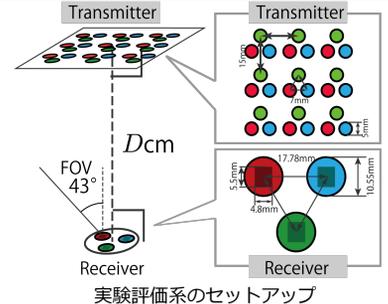
調光率の誤差(調光精度)と通信距離と通信性能の関係を実験的に評価

## 実験概要



RGB-LEDを9個用いた際の調光時における4値DCSKの送信パターン

調光率 ( $\frac{E_{PWM}}{E_{DPAM}}$ )	PWM/DPAMハイブリッド型調光制御法				PWM型調光制御法
	00	01	10	11	
100% ( $\frac{100\%}{100\%}$ )					
67% ( $\frac{100\%}{67\%}$ )					
44% ( $\frac{67\%}{67\%}$ )					
33% ( $\frac{33\%}{67\%}$ )					
22% ( $\frac{33\%}{67\%}$ )					
11% ( $\frac{33\%}{67\%}$ )					



実験評価系のセットアップ

実験諸元

各LEDの放射照度(D=20cm)	約25mW/m <sup>2</sup>
送信周波数	1MHz (2Mbps)
送受信機間距離	20 - 55cm
復調に用いたシンボル数	10,000 symbols

評価方法

**照明性能** 所望調光率と実測した調光率との誤差(調光精度)により評価

**通信性能** 送受信機間距離Dを変えた時の実効スループット性能により評価

## 性能評価

### 調光精度

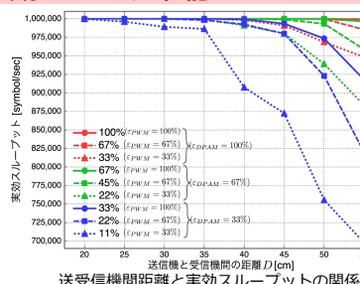
所望調光率	各調光率における調光精度(%)		実測した調光率	誤差(実測-所望)
	PWM調光	DPAM調光		
100.0	100.0	100.0	100.0	-
66.7	100.0	66.7	68.2	1.5
67.0	67.0	100.0	66.1	-0.9
44.7	67.0	66.7	45.1	0.4
33.3	100.0	33.3	34.1	0.8
33.0	33.0	100.0	33.2	0.2
22.2	67.0	33.3	22.7	0.5
22.0	33.0	66.7	22.5	0.5
11.0	33.0	33.3	11.6	0.6

□:重複した調光率

重複する調光率ではPWM方式を優先した組み合わせの調光精度が優れる

➡ PWM方式はLEDの個体差による影響を受けない

### 実効スループット性能



実効スループット性能の優劣が実測した調光率と同じ順序

➡ 調光率が高いほど信号電力が大きいため

## まとめ

目的  
PWM/DPAMハイブリッド型調光制御を用いたDCSK方式の調光精度と通信性能を実験的に評価

結果

**調光精度**  
調光率が重複する場合はPWM方式を優先した組み合わせの方がLEDの個体差による影響を受けないため調光精度に優れる

**実効スループット性能**  
調光率が高いほど信号電力により実効スループット性能が高い