

可視光通信実用技術および可視光IDと その標準化

2016年11月30日

可視光通信協会 鈴木修司

Published by Visible Light Communications Association at "Visible Light Communications Work shop 2016" on November 30, 2016 in Yokohama, Japan.

This is an open access article under a Creative Commons Attribution-Non Commercial-No Derivatives 4.0 International (CC BY-NCND4.0). This means that the work must be attributed to the author (BY clause), no one can use the work commercially (NC clause), and the work cannot be modified by anyone who re-uses it (ND clause).



目次

1. 可視光通信協会 (VLCA) とは
2. 可視光信号技術の特性
3. 可視光IDと標準化
2004年頃の状況
JEITA CP-1222
JEITA CP-1223

1. 可視光通信協会 (VLCA) とは

2014年5月、旧可視光通信コンソーシアム(VLCC)から発展した一般社団法人として可視光通信協会(VLCA) 設立

活動 (定款から)

- ① 可視光システムの規格の研究と策定
- ② 可視光通信システムの市場形成、拡大に向けた普及啓発活動
- ③ 可視光通信システム利用の通信インフラ整備の促進
- ④ 可視光通信システムに係る内外機関との交流および共同標準化の推進
- ⑤ 前各号に掲げる事業に附帯又は関連する事業

理事会構成

代表理事	中川正雄	慶應義塾大学名誉教授
理事	山中直明	慶應義塾大学教授
理事	飯塚宣男	カシオ計算機
理事	黒川裕之	アウトスタンディングテクノロジー
監事	山口武彦	元VLCC理事

現団体会員 全12団体(アイウエオ順)

正会員(社員)

NECエンジニアリング株式会社

カシオ計算機株式会社

株式会社アウトスタンディングテクノロジー

株式会社三技協

パナソニック株式会社

富士通株式会社

不二電機工業株式会社

古河機械金属株式会社

ルネサスエレクトロニクス株式会社

一般会員

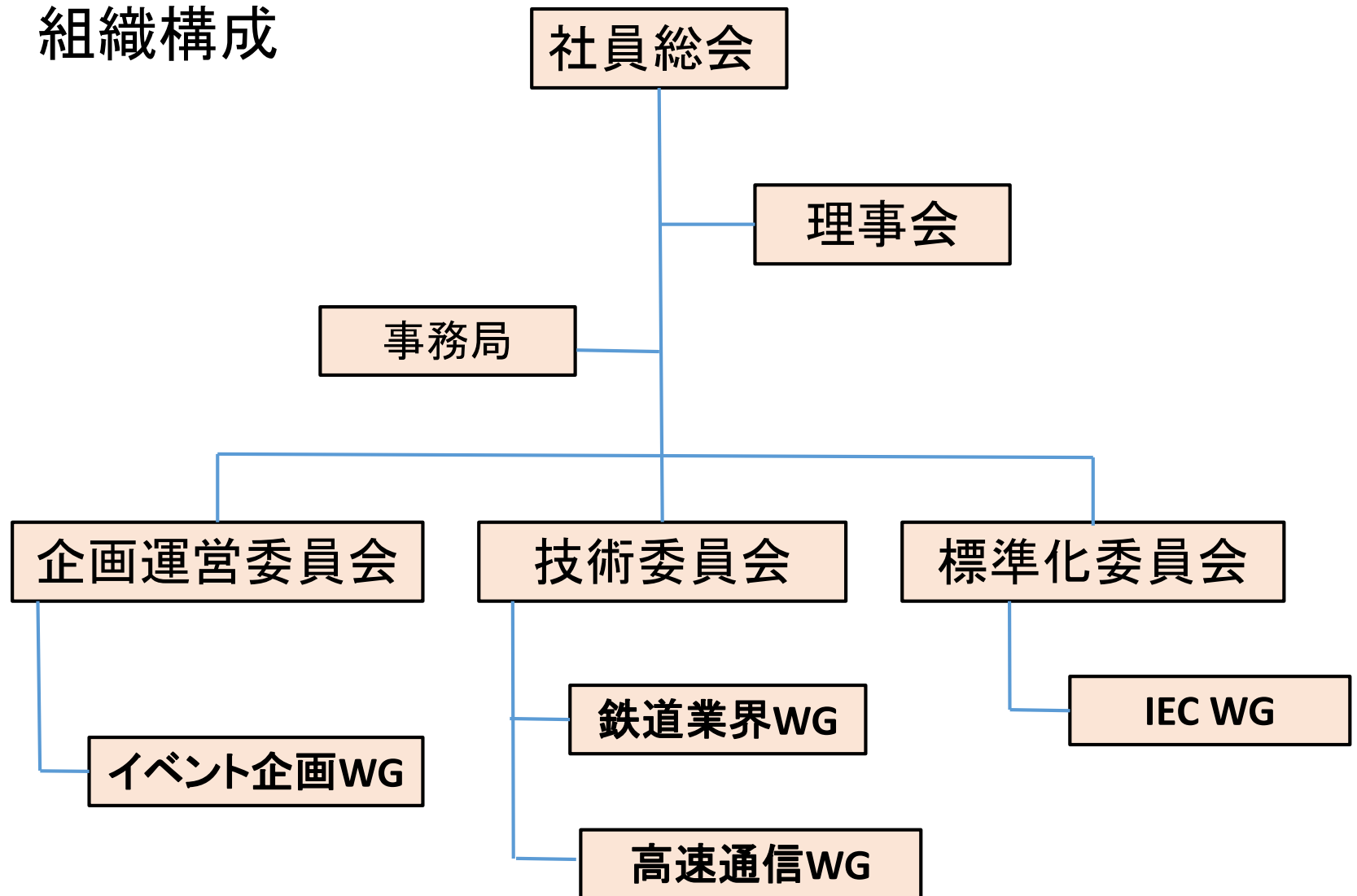
加賀電子株式会社

京セミ株式会社

特別団体会員 海洋研究開発機構 (JAMSTEC)



組織構成



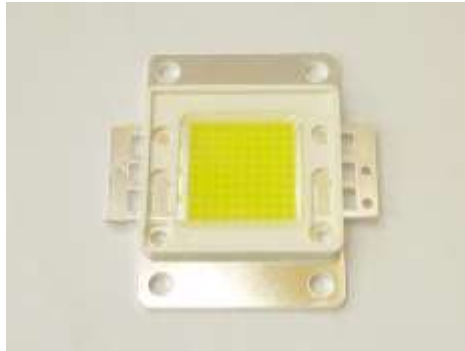
2. 可視光信号技術の特性

VLCCの時代より可視光通信の特性を考慮した
企画・技術・標準化の検討活動が行われた経緯あり

送信側：照明用LEDなど比較的大電力で送信可能
デバイスの周波数特性の制限あり

受信側：屋外では太陽光、屋内でも照明光からの
光が光信号受信での妨害となる

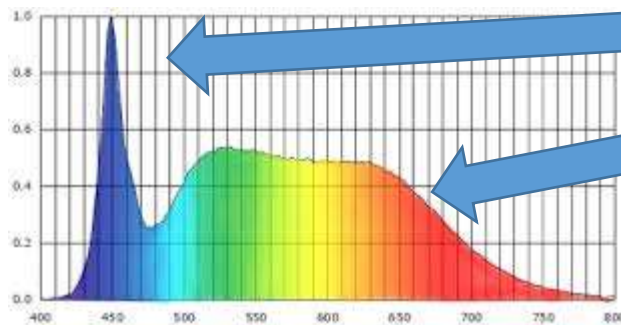
送信側:照明用LEDなど比較的大電力で送信可能



50W白色パワーLEDの例
光束:3500ルーメン
外形サイズ:30mm x 40mm

変調においてデバイスの周波数特性の制限あり

白色LEDスペクトルの成分:2つの成分



青色LEDのスペクトル:LED帯域 MHz程度

蛍光体のスペクトル:帯域 KHzていど

高速変調は容易ではない

波長



高速変調の為の工夫

- ・2値変調でもLED変調波形をプリ・エンファシス
- ・多値変調(OFDMなど)で高速化

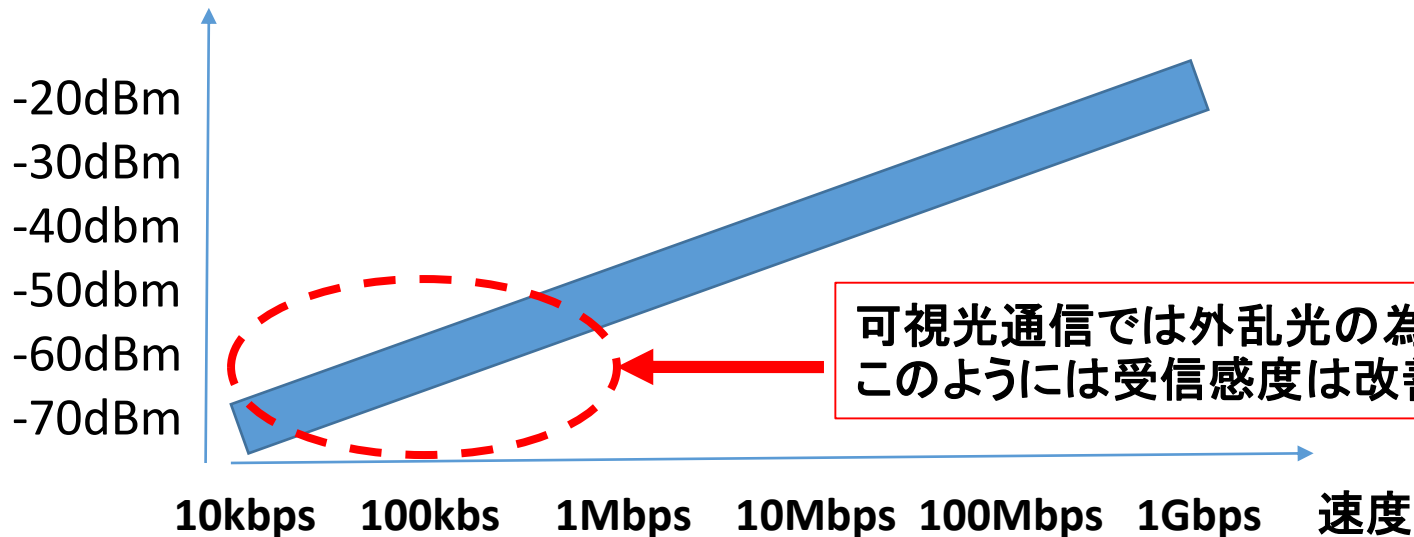
素朴な疑問:低消費電力なLED照明に消費電力の高い高速変調器を付けて良いのか?

- ・高速通信に特化した用途なら許される(LEDバック・ホール通信、光無線LAN)
- ・エコな照明という価値を最優先するなら、変調が低消費電力で可能な速度1Mbps以下程度まで

可視光通信の受信側の特性

Mbpsより低速なら微弱な光信号でも受信できるか？

最少受信感度



可視光通信では外乱光の為に
このようには受信感度は改善されない

外乱光の混入



光ファイバー通信では
外乱光の混入なし

光送信機

光受信機

空間光伝送では 外乱光の混入大



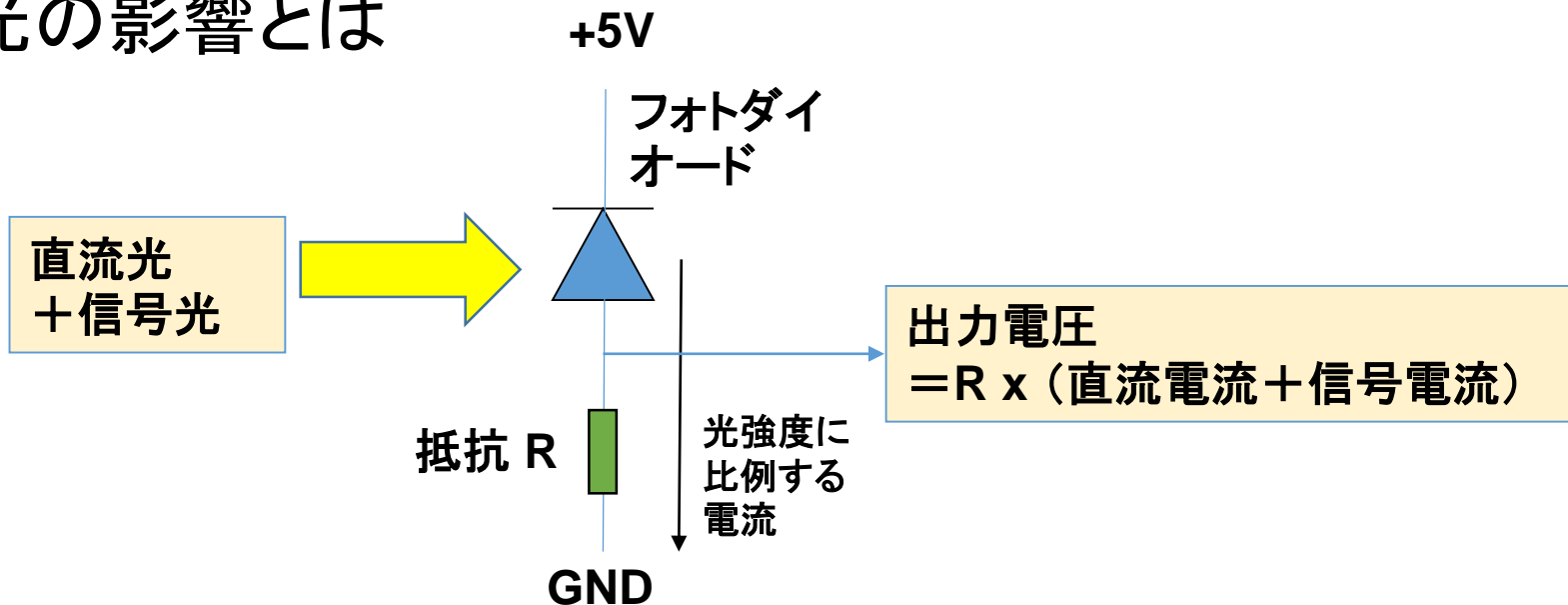
直流光
である太陽光

照明器具からの
直流光+低周波雑音光

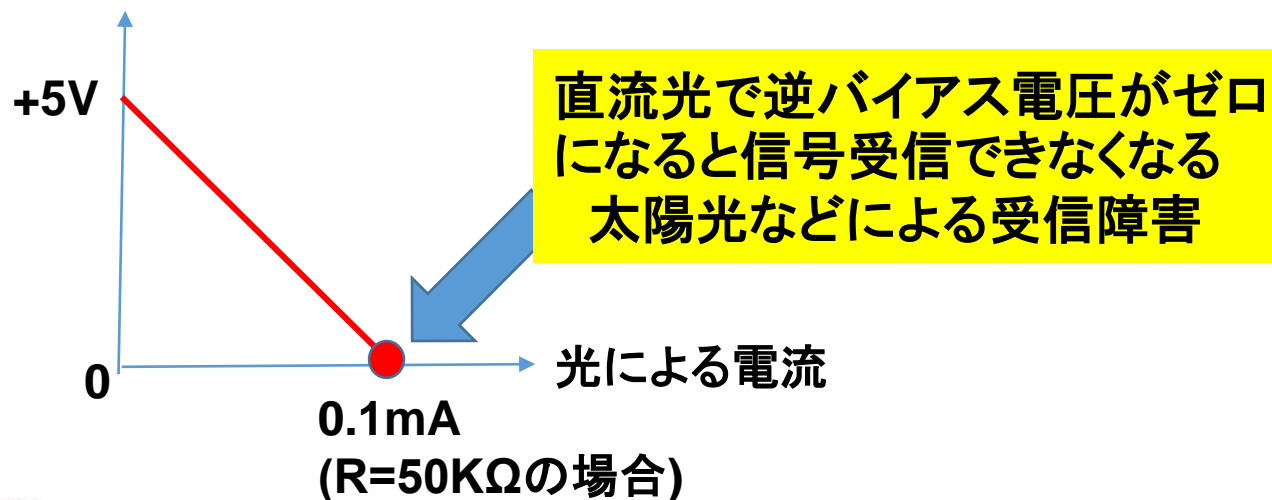
可視光
信号源

可視光信号

直流光の影響とは



フォトダイオードへの逆バイアス電圧



光による電流の大きさ

可視光
信号源

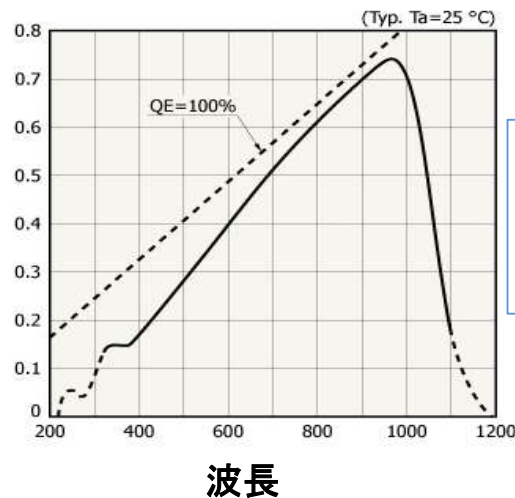
光電力100W
で発光とする

ある距離で半径2mに光が
円形かつ均一に広がったと
仮定する
光電力の面密度
= $100(\text{W}) / \text{半径}2\text{m円面積}$
= $8(\text{W}/\text{m}^2) = 0.8(\text{mW}/\text{cm}^2)$

フォトダイオードの受光面サイズ
5mm x 5mmの場合の受信光電力:
 $0.8 (\text{mW}/\text{cm}^2) \times 0.25(\text{cm}^2) = 0.2\text{mW}$

もし集光レンズを使った場合:
レンズの有効集光面積 $1(\text{cm}^2)$ の場合
の受信光電力:
 $0.8 (\text{mW}/\text{cm}^2) \times 1(\text{cm}^2) = 0.8\text{mW}$

変換効率
(A/W)

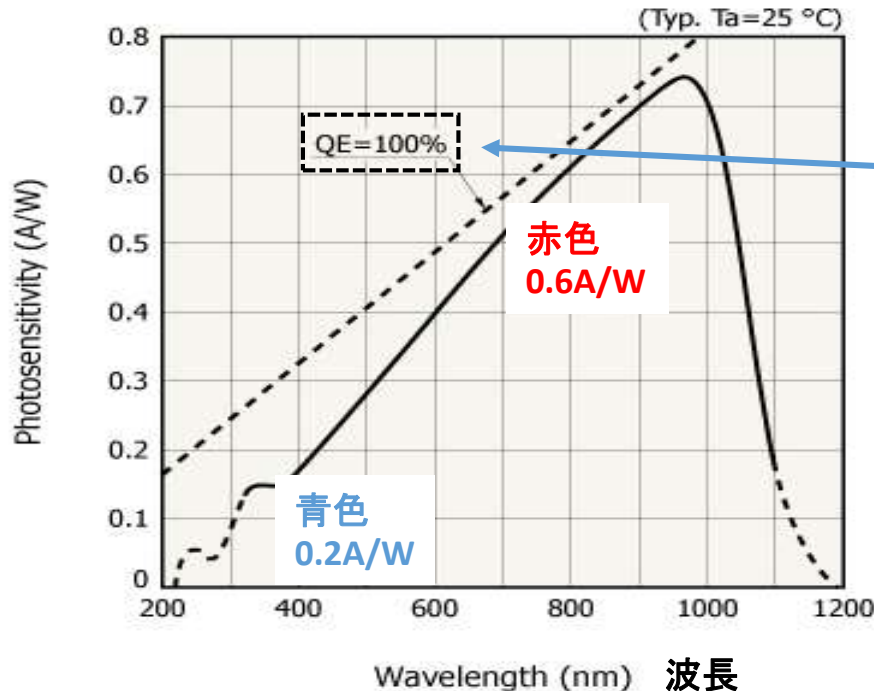


フォトダイオードで
光(W)から電流(A)
に変換される

Siフォトダイオード光・電気変換効率の波長依存性について

: 短波長(青色など)で大きく効率劣化に見える

変換効率
(A/W)



量子効率 $QE=100\%$
100個の光子が
100個の電子に
変換される(理論
限界)

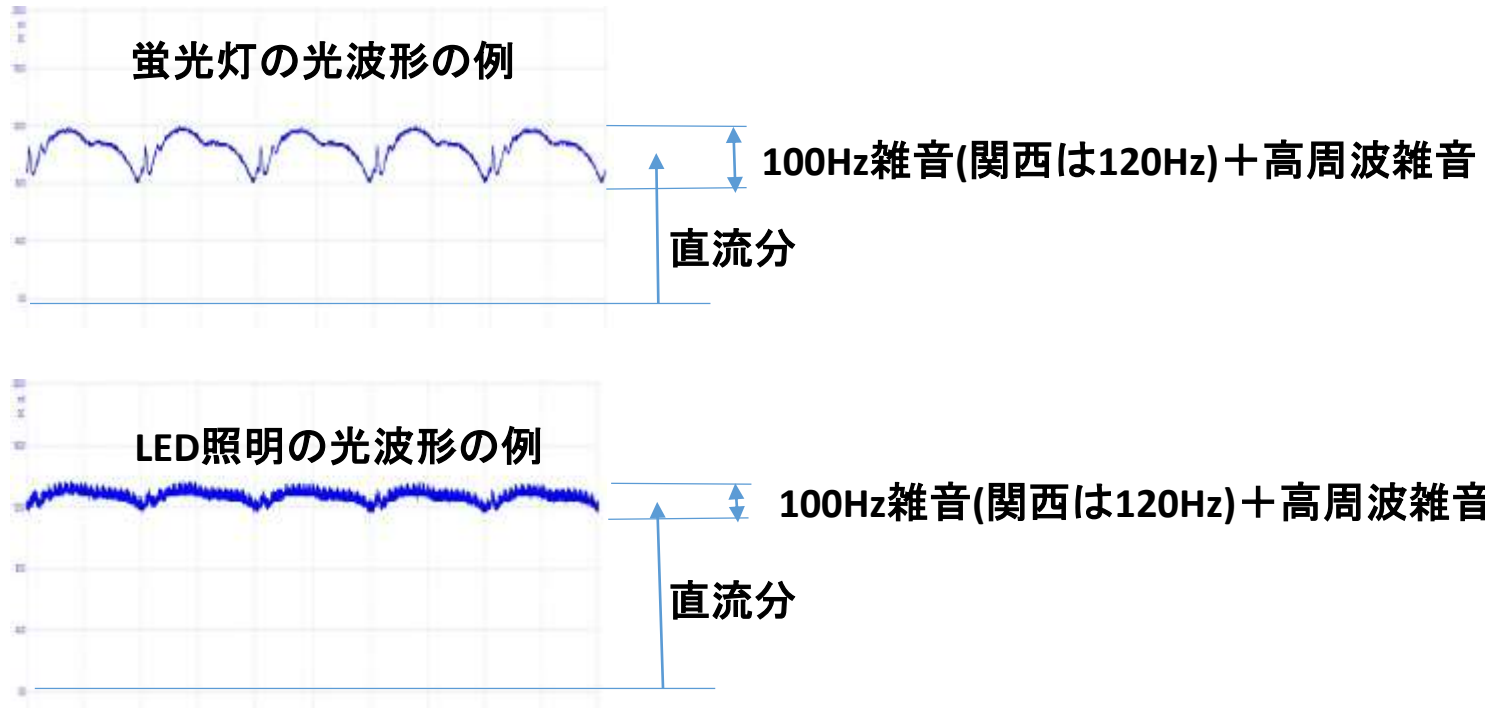
量子効率で見れば
波長依存性は小さい

ただし1個の光子のエネルギーが短波長では大きいので電力としては大きい:
100個の光子の時間当たりの光エネルギー(W)が短波長では大きい

大きな光電力が同じ電流値にしか変換されない=効率(A/W)が悪く表現される

可視光通信受信での課題

- ・屋外では太陽光によるフォトダイオード飽和
- ・屋内では既存の照明からの外乱光混入



3. 可視光IDと標準化

2004年頃の状況

LED照明にコスト・インパクトの小さい低速変調器を搭載し数Kbpsの可視光ID信号を送信、モバイル端末で受信する実験スタート
屋内位置情報ビーコンとして利用を想定

しかしベースバンド変調であり屋内外乱光下で動作不調



**CEATEC2004展示
パナソニックLED照明
NEC受信端末**

JEITA CP-1222 の策定（2007年）

JEITA（電子情報技術産業協会） AV&ITシステム標準化
委員会のなかの「可視光通信標準化Project Group」で可
視光通信を標準化

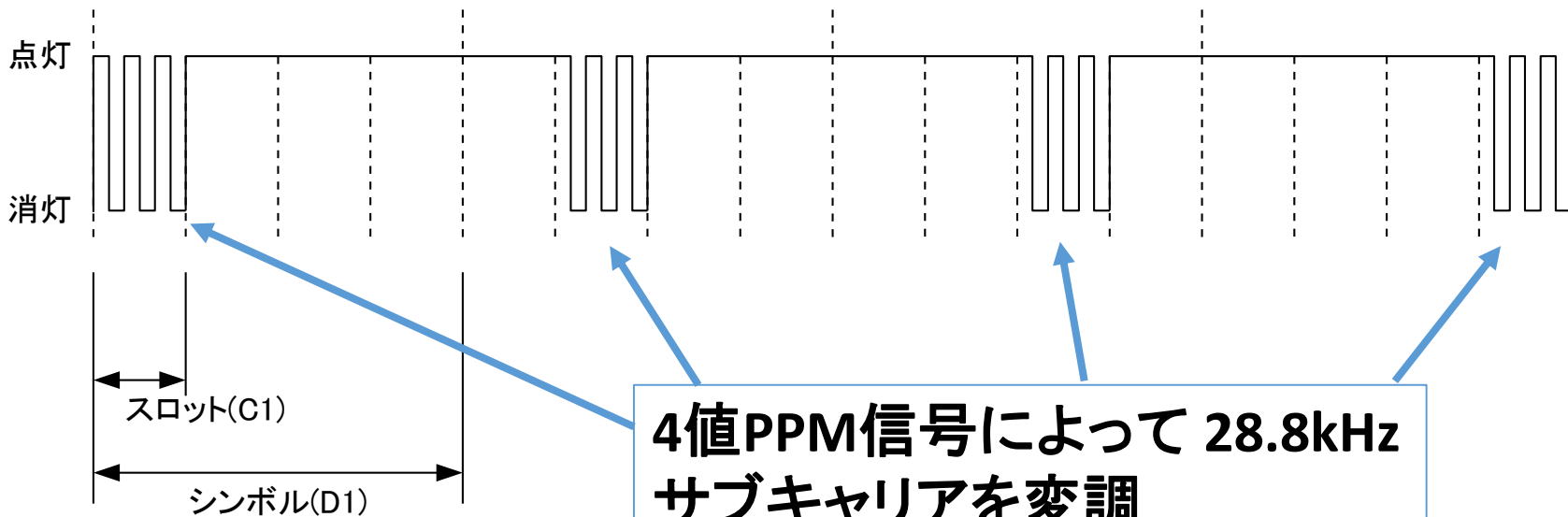
CP-1222: 可視光IDシステム

- サブキャリア周波数: 28.8kHz
赤外線リモコンの38kHzより低い周波数を用いる
- 通信速度: 4.8kbps
- 変復調方式: サブキャリア4値PPM
目で見てチラつかないように設計
- 誤り制御方式: CRCによるエラー検出
- 送信データ: ID及び一般データ

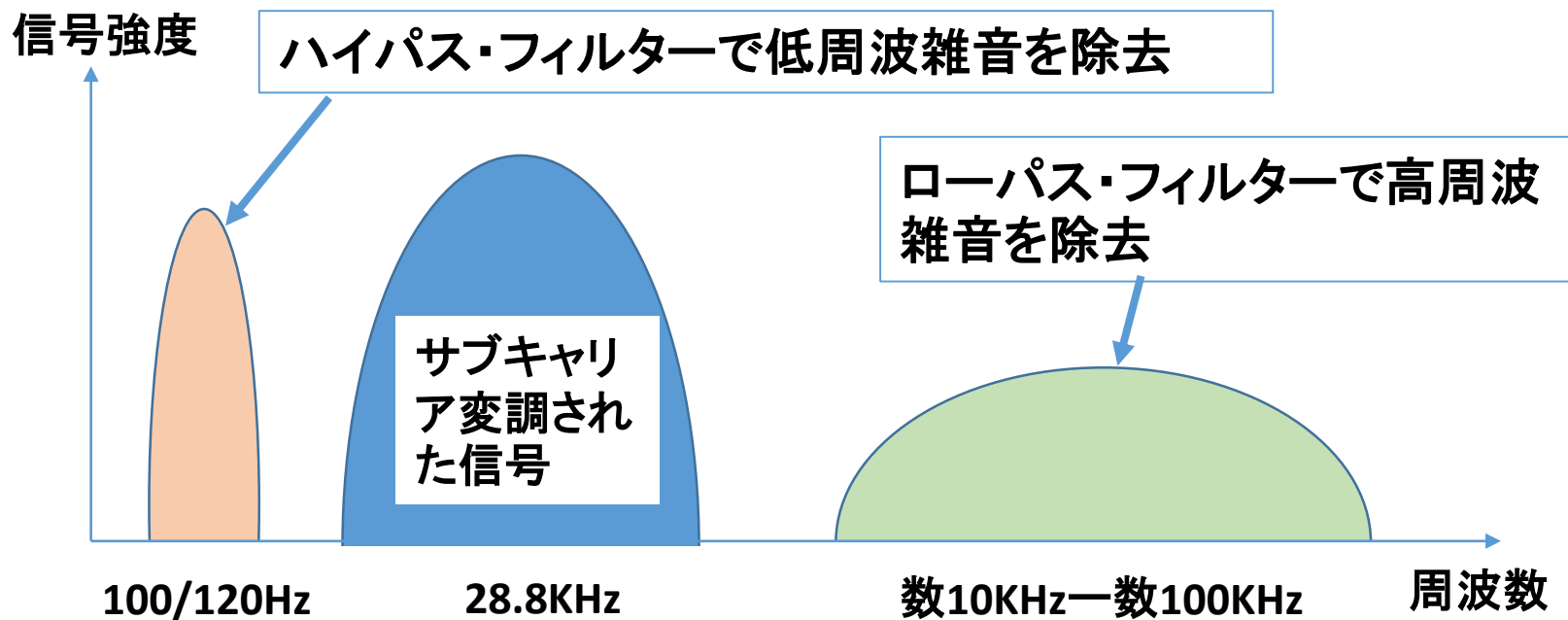
CP-1222 光信号波形： サブキャリア4値PPMの例

4.8kbps 2bitデータを9.6kbps 4値PPM信号に変換

データ	0		0		0		1		1		0		1		1	
4PPM信号	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1



CP-1222受信機における外乱信号の除去



受信機内での外乱除去で安定動作
が出来るようになった



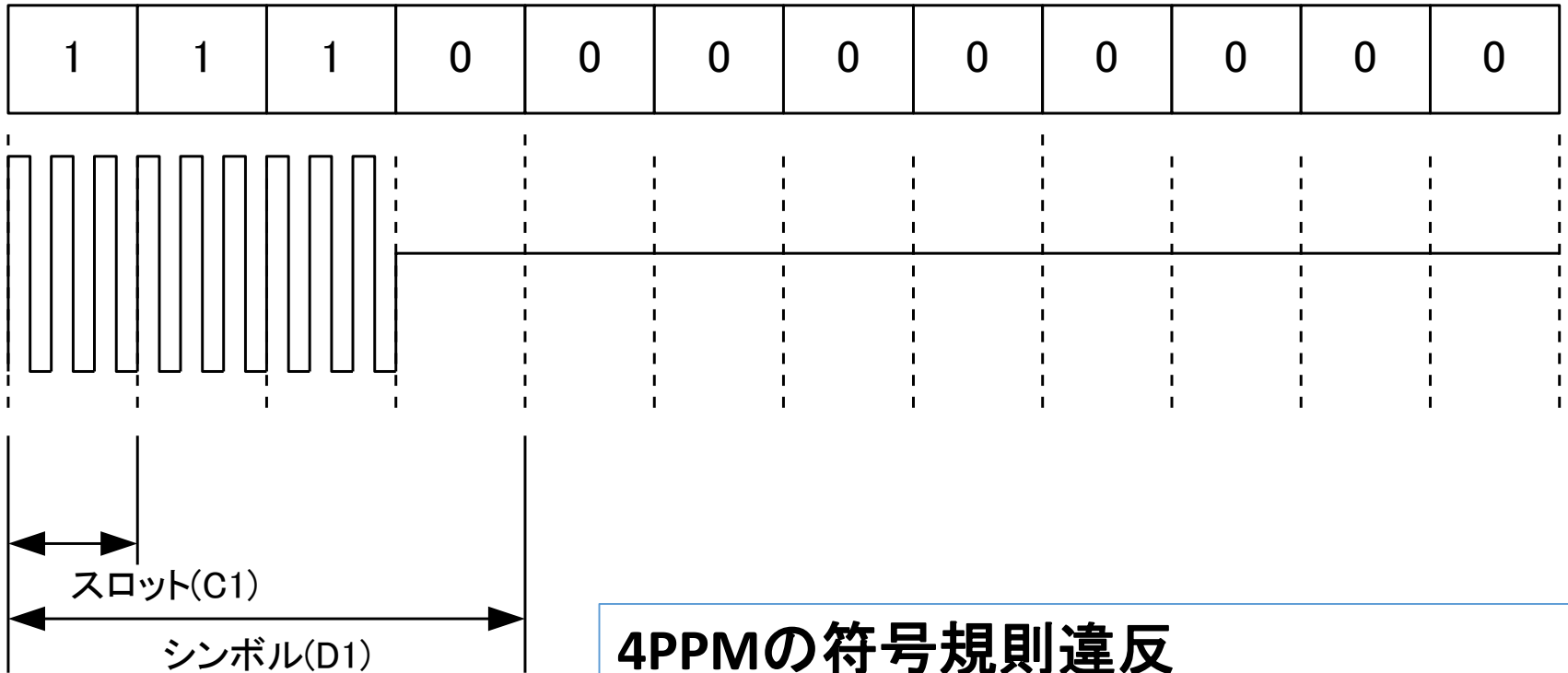
CP-1222 フレーム構造： フレーム長542bit

SOF (Start of Frame)		Payload		EOF (End of Frame)
PRE (6-bit)	F-TYPE (8-bit)	DATA (512-bit)		CRC-16 (16-bit)
		タイプA		
PRE (6-bit)	F-TYPE (8-bit)	ID (128-bit)	DATA (384-bit)	CRC-16 (16-bit)
		タイプB		

タイプA,B は Payload内部だけ異なる



CP-1222 プリアンブル (伝送符号として12bit)



**4PPMの符号規則違反
(1の連続3bit以上、0の連続7bit以上)
これにより容易にプリアンブルの検出
が可能**

CP-1222 フレーム・タイプ

SOF								フレーム形式	ペイロード搭載情報	EOF (16b)
PRE	F-TYPE (8b)									誤り制御
ハイレゾ符号	0	0	0	0	0	0	0	IDなし(試験用)	ペイロード自由使用(試験・開発用)	CRC16
ハイレゾ符号	0	0	0	0	0	0	0	TYPE-A	位置、商品情報などサーバアクセスによらない直接配信情報	CRC16
ハイレゾ符号	0	0	0	0	0	0	1	(同上予約)		CRC16
ハイレゾ符号	0	0	0	0	0	0	1	(同上予約)		CRC16
ハイレゾ符号	0	0	0	0	0	1	0	TYPE-B	ID + 直接配信情報	CRC16
ハイレゾ符号	0	0	0	0	0	1	0	(同上予約)		CRC16
ハイレゾ符号	0	0	0	0	0	1	1	(同上予約)		CRC16
ハイレゾ符号	0	0	0	0	0	1	1	(同上予約)		CRC16
ハイレゾ符号	0	0	0	0	1	0	0	(同上予約)		CRC16
ハイレゾ符号	0	0	0	0	1	0	1	(同上予約)		CRC16
								~		
ハイレゾ符号	0	0	0	1	1	1	1	(同上予約)		CRC16
ハイレゾ符号	0	0	1	0	0	0	0	(予備)		CRC16
								~		
ハイレゾ符号	1	1	1	1	1	1	0	(予備)		CRC16
ハイレゾ符号	1	1	1	1	1	1	0	(予備)		CRC16
ハイレゾ符号	1	1	1	1	1	1	1	(予備)		CRC16
ハイレゾ符号	1	1	1	1	1	1	1	予約(制御用)		CRC16



JEITA CP-1223 の策定（2013年）

CP-1223: 可視光ビーコンシステム

CP-1222 からの変更点

- ・ フレーム長の短縮: 542bit → 158bit
- ・ 28.8KHzサブキャリア変調の廃止

フレーム長の短縮: 受信レスポンスの向上のため

フレーム長 542bit=113msec ➡158bit=33msec

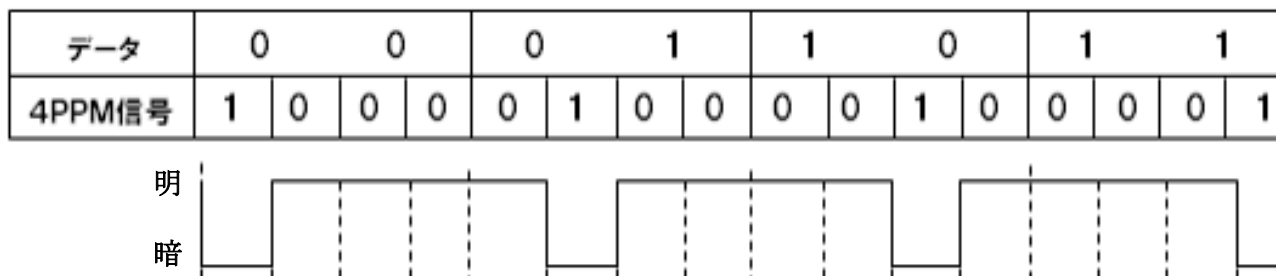
フレーム構造

SOF (Start of Frame)		Payload	EOF (End of Frame)
PRE (6-bit)	F-TYPE (8-bit)	ID / DATA (128-bit)	CRC-16 (16-bit)

ペイロード 512bit ➡128bit

サブキャリア変調でなくベースバンド Inverse-4PPM符号変調へ

光信号波形： 9.6Kbps I-4PPM

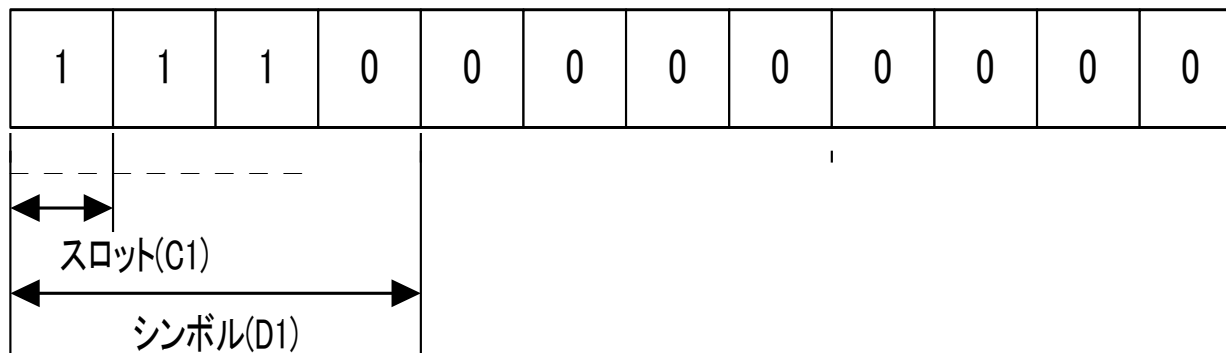


ベースバンド 変調へ変更理由

- ・サブキャリア変調省略による回路の簡略化
- ・既存照明からの100/120Hz雑音光成分への受信機内対策技術
- ・将来的のイメージセンサ受信機との親和性向上

CP-1223 の、IEC での国際標準化作業中 来年前半に成立予定

CP-1222 プリアンブル (伝送符号として12bit)



**4PPMの符号規則違反
(1の連続3bit以上、0の連続7bit以上)
これにより容易にプリアンプルの検出
が可能**



CP-1222/1223 準拠品の状況



USB端子を使う可視光受信アダプタを含むキット

<http://www.kashikou.jp/page-3811/>



スマートフォン、タブレットのマイク入力端子を使う可視光受信アダプタ

<http://shop.taxan.co.jp/id-rxs.html>

この後の「企業プレゼンテーション・セッション」でも
色々な可視光通信に関する紹介がございます

ご清聴ありがとうございました

