

# 高速水中可視光通信のための 複数色LEDを用いた畳み込み符号化OOK方式の一検討

森 卓哉†, 小澤 佑介†, 榎田 洋太郎†, 羽瀧 裕真††

†東京理科大学 理工学研究科 電気工学専攻

††茨城大学 工学部 情報工学科

## 水中可視光通信

**メリット**

- 高い指向性により高速多重通信可能
- 電磁波の中で可視光帯が最も透過

**デメリット**

- 水質により通信に適した波長が変化
- 通信距離は数m~数十m

→水中通信路に合わせた高速高信頼化が求められる

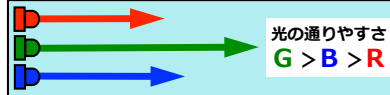
本研究では

- 高信頼化のための誤り訂正符号として畳み込み符号
- 複数色LEDを用いて高速多重通信
  - 符号化された情報を複数色LEDで多重送信
  - 符号化率(1/2, 1/3), 光の波長(R, G, B)の最適な組み合わせ

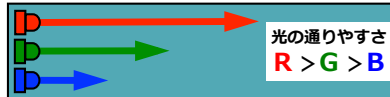
水質がとても良いとき



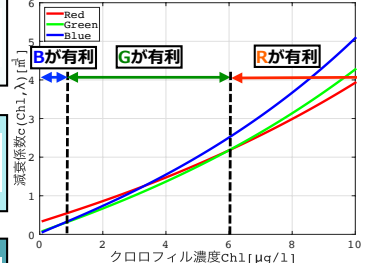
水質が良いとき



水質が悪いとき

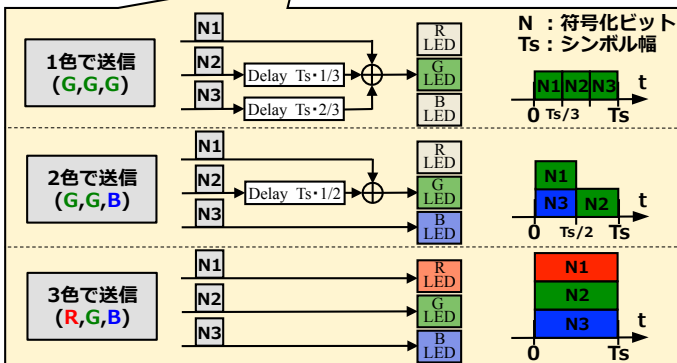
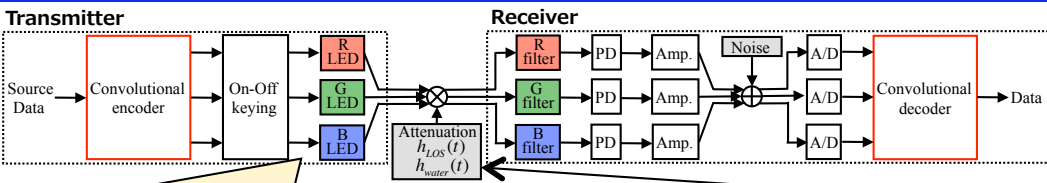


クロロフィル(植物プランクトン)濃度と減衰係数の関係



・本研究は水質が良いときについて検討 (クロロフィル濃度Chl=0~3μg/l)  
・最も有利であるGreenを主に用いる

## 複数色LEDを用いた畳み込み符号化OOK方式(符号化率1/3)



**距離減衰**  
 $h_{LOS}(t) = 1/r^2$

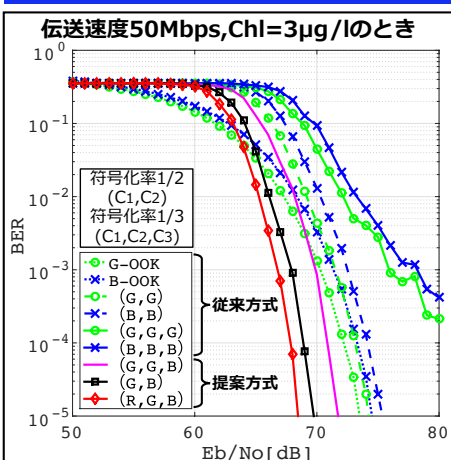
**水による減衰**  
 $h_{water}(t) = \exp(-c(Chl, \lambda)r)$

$r$ : 距離  $\lambda$ : 波長  
 $Chl$ : クロロフィル濃度 (植物プランクトン)  
 $c(Chl, \lambda)$ : 減衰係数  
水による吸収と拡散を考慮

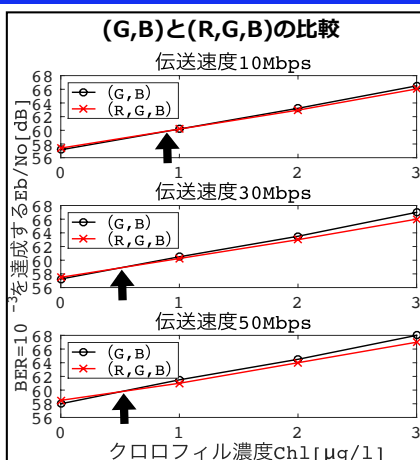
## 評価諸元

雑音	AWGN
LEDの波長	R=625, G=530, B=470 nm
LEDの半値角	$\pi/3$ rad
放射角, 入射角	0 rad
PDの受光面積	1 cm <sup>2</sup>
PDの受光感度	1 A/W
通信距離	1 m
クロロフィル濃度 Chl	0, 1, 2, 3 μg/l
LEDの3dB帯域幅	20 MHz
伝送速度	10, 30, 50 Mbps
拘束長	7
符号化率R 生成多項式(8進)	1/2 (165 171) 1/3 (133 165 171)

## 提案方式の評価



・従来方式よりも提案方式が良い結果  
・符号化率1/2では2色, 符号化率1/3では3色用いる方式の性能が良い



最適な符号化率と光の波長の組み合わせ  
Chl=0~0.6[μg/l]程度では(G,B)  
Chl=0.6~3[μg/l]程度では(R,G,B)

## 結論

本研究では水中可視光通信のための複数色LEDを用いた畳み込み符号化OOK方式を提案した結果として以下の2点を示した

- 従来方式よりも、提案方式の (G,B)(G,G,B)(R,G,B)が良い結果を示した  
クロロフィル濃度3μg/l, 伝送速度50Mbps BER性能が10<sup>-5</sup>の点で, (R,G,B)がG-OOKより, 1ビットあたりの信号電力対雑音電力を約3dB改善  
符号化率1/2では2色  
符号化率1/3では3色を用いる方式の性能が良いことが示された
- 最適な符号化率と光の波長の組み合わせは、

Chl=0.6μg/l 以下では(G,B)  
Chl=0.6μg/l 以上では(R,G,B)