

# ローリングシャッター効果と位相偏移変調を用いる 水中可視光通信に関する研究

濱上 立季<sup>†</sup> 海老原 格<sup>††</sup>  
<sup>†</sup>筑波大学 理工学群 工学システム学類

水谷 孝一<sup>††</sup> 若槻 尚斗<sup>††</sup>  
<sup>††</sup>筑波大学 システム情報系

## 1. はじめに

カメラを搭載し、遠隔操縦によって水中を自由に動き回ることができる水中ドローンは、水中インフラの点検などに活躍の場を広げつつある。そして、映像や操縦コマンドを無線伝送する手段の一つとして、可視光通信の利用が検討されている。オンオフ変調(On-off keying; OOK)されたベースバンド信号を LED の高速点滅として送信し、カメラのローリングシャッター効果を用いて受信する従来の可視光通信システムは、外乱光(太陽光などの低周波ノイズ)の影響を受けやすく、水中ドローン通信にそのまま適用することは難しい。

そこで、本研究では、外乱光の影響を周波数領域で除去可能なパスバンド伝送を用いる水中可視光通信システムを提案し、その性能を実験により評価する。

## 2. パスバンド伝送を用いる可視光通信システム

図 1 に提案システムのブロック図を示す。送信機は、搬送波をメッセージで位相偏移変調(Phase shift keying; PSK)し、信号先頭部検出用のヘッダーを付加した信号を、LED の高速点滅として送信する。受信機は CMOS イメージセンサを用いて、信号、および、外乱光を受光する。ベースバンド伝送と異なり、信号と外乱光は異なる中心周波数を有しているため、適当なフィルタを適用することで外乱光を選択的に除去することができる。受信機は、外乱光を除去した信号からヘッダーを検出し、復調を行うことでメッセージを復元する。

## 3. 実験

通信システムを構築し、図 2 に示す実験系において、通信品質を評価した。外乱光の周波数  $f_n$  を変化させながら、PSK を用いる提案システム(搬送波周波数 4.5 kHz)、および、OOK を用いる既存システムのビット誤り率(Bit error rate; BER)を評価した。

実験結果を図 3 に示す。PSK を用いる提案システムは、 $f_n$  が搬送波周波数より低い領域では BER は  $10^{-3}$  以下であった。一方、OOK を用いる既存システムは  $f_n$  が 10 - 1,000 Hz の領域において BER は  $10^{-1}$

程度に留まっていた。

これらの結果から、パスバンド伝送を用いる水中可視光通信システムは、低周波ノイズが存在する環境において、優れた通信品質を達成できることが明らかになった。

## 4. まとめ・今後の展望

低周波ノイズの存在する水中環境に適したパスバンド伝送を用いる水中可視光通信システムを提案し、その有効性を実験により評価した。今後は提案システムを実環境において運用し、より詳細な検証を進めていく。

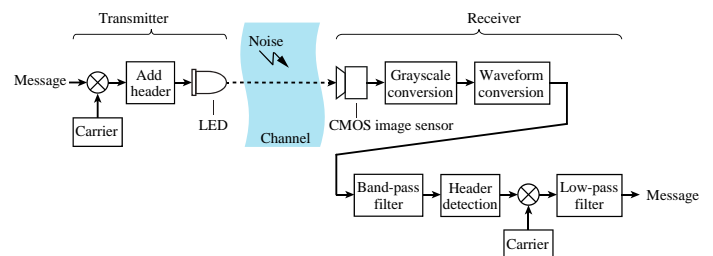


図 1: 提案システムのブロック図

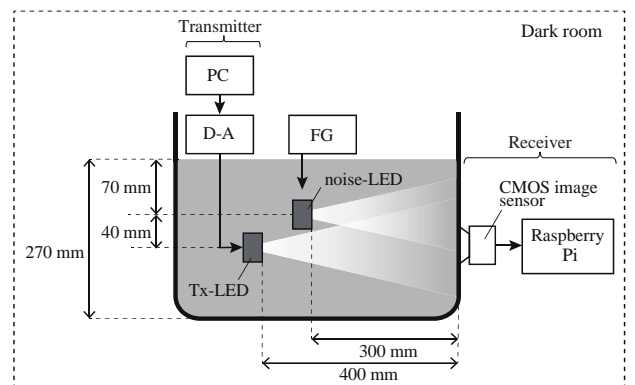


図 2: 実験環境

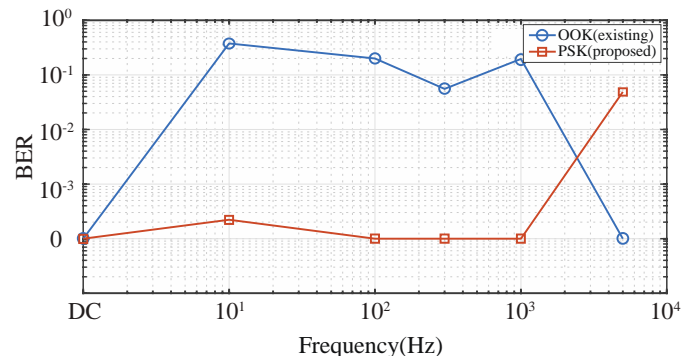


図 3: 外乱光周波数-BER 特性