

浮遊物存在下の水中ワイヤレス光伝送における伝送特性とその改善手法

Performance Degradation in Underwater Wireless Optical Communication Systems Corrupted by Floating Matter, and Its Improvement Technique

吉野 量子[†] 藤井 恵子^{††}
Ryoko YOSHINO[†] Keiko FUJII[†]

[†] 中央大学 理工学部 ^{††} 日本女子大学附属高等学校

[†] Faculty of Science and Engineering, Chuo University ^{††} The Senior High School affiliated with Japan Women's University

1. まえがき

水中ワイヤレス光伝送において、伝送路中に比較的大きな浮遊物が存在すると光ビームの一部が遮蔽され伝送特性が劣化する。本研究では、このような水中浮遊物に対して高い耐性を持つ伝送システムを実現することを目的としている。

本稿では、計算機シミュレーションによって、浮遊物が伝送特性に与える影響を明確にし[1]、次いでその改善手法とその効果[2, 3]について検討する。

2. 浮遊物による伝送特性の劣化と大径化による改善

光ビームは半径 R のガウシアンビーム、浮遊物は半径 r の球形としてモデル化し、計算機シミュレーションを行った。光ビームに影響を及ぼす浮遊物数 n はポアソン確率過程であり、それらの位置はビーム断面内で不規則と仮定する。

計算機シミュレーションによって符号誤り率特性を求め、それらから算出したパワーペナルティ特性を図1に種々の浮遊物数密度 N_0 に対して示す。ビーム径 R が小さい場合にはパワーペナルティは著しく劣化しているが、ビーム径を大きくするにつれて浮遊物の影響が改善される様子が明らかである。特に本数値例においては、パワーペナルティを 3dB 以下に抑えるためには、ビーム径は想定される浮遊物径 r の概ね3倍以上 ($R/r > 3$) に選定する必要があることがわかる。

3. 空間ダイバーシチ伝送技術を用いた特性の改善

3.1 符号誤り率における改善効果

前述のように、実際の水中環境において想定外に大きな浮遊物が存在する場合には伝送品質の維持が困難となる。そこで、この問題点の改善を目的として、空間ダイバーシチ技術を用いた多ビーム伝送の採用を提案し、その優位性と改善効

果を明確にする。本稿では2ビーム構成の場合を議論する。

単一ビームおよび2ビーム構成に対する符号誤り率特性を図2に示す。ここでは、2ビーム化の効果を正しく評価するために、単一ビームの断面積と光パワーを均等に分割した2ビーム化を想定している。単一ビーム時のビーム径が比較的小さい場合 ($R/r = 0.5$) には、2ビーム化によって特性が大きく改善され、その優位性が明らかである。いっぽう、ビーム径が比較的大きい場合 ($R/r = 3$) では大径化の効果が支配的であるため、2ビーム化による効果はほとんど見られない。

なお、多ビーム化においては各光路間のクロストークに十分に配慮する必要がある。

3.2 ダイバーシチ合成法による改善効果の差異

等利得合成法(E.G.C.)および選択合成法(S.C.)におけるパワーペナルティ特性を図3に示す。選択合成法に比して等利得合成法は高い改善効果を示す。これは選択合成法では、その原理上、平均受信光パワーが1/2になるためである。そこで、等しい受信光パワーとして比較するために、選択合成法の送信光パワーを2倍にした場合を併せて図中に破線で示している。この場合には、特にビーム径が浮遊物径と同程度のとき、等利得合成法よりも優れた特性改善を呈している。

4. むすび

浮遊物が存在する際に要求されるビーム径の条件を明らかにした。またダイバーシチ技術を用いた改善手法の提案とその優位性を明確にした。

文献[1] 吉野量子 外, レーザー学会学術講演会, S07-14a-XI-06, 2022.

[2] Ryoko YOSHINO, *et al.*, ICETC 2023, P3-30, 2023.

[3] Ryoko YOSHINO, *et al.*, ICETC 2022, S1-3, 2022.

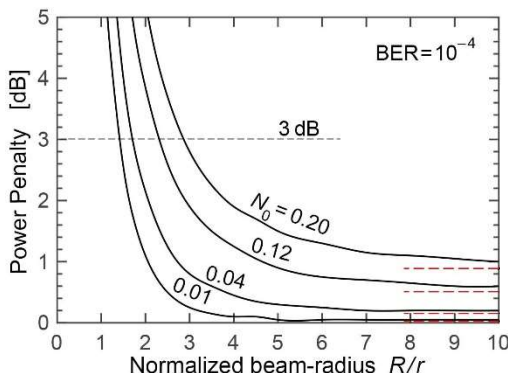


図1. 大径化によるパワーペナルティの改善

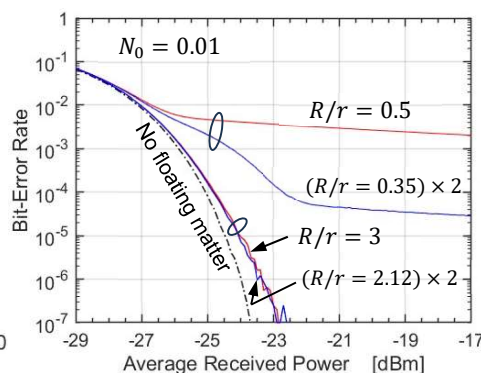


図2.2 ビーム時の符号誤り率の改善

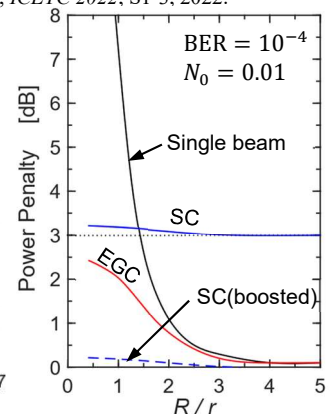


図3.2 ビーム時のパワーペナルティ