

水中音響位相共役通信の多重反射波干渉に対する機能分析

○樹田行弘, 出口充康・志村拓也 (海洋研究開発機構)

位相共役通信では, 干渉源となるマルチパス波を収束させることによって通信信号の復調を実現する方法である。マルチパス波を収束させるという観点から, マルチパス波が多いほど位相共役処理によって通信信号の復調結果を向上させることができると期待されている。一方でその関係を定量的に評価する例はほとんどなく, 定性的な議論として取り扱われてきた。そこで本研究では, パッシブ位相共役(PTR)通信を用いたマルチパス波収束による通信信号のSN比向上機能について, 浅海域の導波路を模擬したシミュレーションデータを用いてパラメトリックスタディを実施した。信号強度比(SNR)・干渉強度比(SIR)・データ処理に用いる受信点数(受波点間隔)を変更したデータセットを作成した。データセットに対して処理を施して, 結果をシンボル判定値の平均電力とシンボルの判定結果からの分散で規定される Output SNR(OSNR)で評価し, これらのパラメータの関係を分析した。

PTR 処理の評価に用いる伝搬応答はノーマルモード法を用いて計算した。浅海を模した導波路を水平に伝搬するモデルを使用した。音源から, 搬送波周波数 20kHz, 帯域幅 8kHz の BPSK 通信信号とチャンネルレスポンス推定を行うための Root Raised Cosine Filtered Pulse を送信し, 固定長の鉛直アレイで受波を行った。マルチパス強度は伝搬応答を計算するために用いる固有モード次数を調整することで変化させた。

PTR 処理によって, マルチパス波のエネルギーを最大限に利用できるると仮定した場合に, PTR 処理後の SNR はアレイ処理の観点から次の様な入力エネルギー対雑音比: Effective SNR として与えられる。

$$\text{Effective SNR} = 20\log_{10}\frac{A_D + A_M}{N} + 10\log_{10}N_{ch}$$

ここで, $A_D \cdot A_M$ は直接波・マルチパス波の RMS 振幅値, N はガウシアンノイズ, N_{ch} は受波点数である。図 1 は入力信号の各受波点数における Effective SNR と処理結果 OSNR の関係を示したものである。低 SNR のランダム雑音が支配的な場合には, Effective SNR=OSNR となる直線(図中の Theoretical Limit として表す破線)に沿って, 結果が向上する。一方で, 干渉ノイズが支配的な場合, 受信点数に応じてこの線形性を失い, OSNR は一定値に収束する。この特性は, 理想的な連続アレイならば理論限界線に一致し, 素子数を減らすとこの直線から離れていくと考えられる。

以上より, PTR 処理の機能は,

$$\text{Effective SNR} \geq \text{OSNR}$$

の関係となっている。受波環境において, ランダム雑音が支配的な場合にこの等号が成り立ち, マルチパス波を含む信号の全エネルギーを復調に利用していることになる。

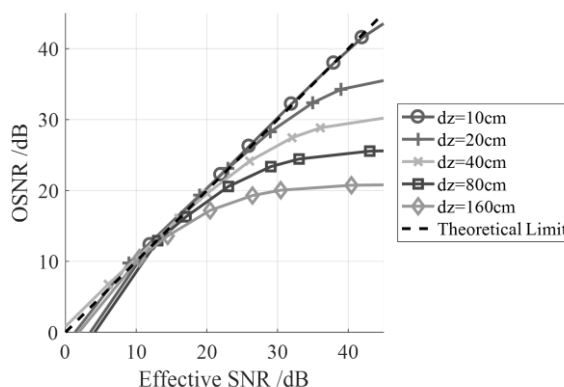


図 2 全入力エネルギー対雑音比と復調結果の関係