

位相共役波（時間反転波）による水中音響通信 ～マルチユーザ通信、MIMO通信への適用～

海洋研究開発機構 海洋工学センター 海洋基幹技術研究部 先端技術研究グループ グループリーダー

志村 拓也

（お問い合わせ先） 海洋研究開発機構 インベーション・事業推進部 研究業務課 E-MAIL: kakenhi@jamstec.go.jp



研究の背景

海中では、電波は吸収されてしまうため、通信や測位には音波が使われます。しかし、海中の音波による通信は、①反射波や屈折波などのマルチパス波が非常に多く受信される、②使用できる周波数帯域幅が非常に狭い、③移動によるドップラーシフトの影響が大きいなど、空中における電波の通信とは異なる制約が多くあります。こうした問題を解決するために、位相共役波（時間反転波）を利用した通信方法を研究しています。

位相共役波とは、位相を共役に（時間反転）した信号のことで、受信した信号を時間反転して生成します（図1）。この位相共役波を発信すると、時間が逆転したようにそれぞれのパスをさかのぼって音波が伝搬し、時間・空間的に収束する現象が起こります。この現象を使えば、通信を妨害するマルチパス波を集め、逆にそれを利用して通信が可能になります。

研究の成果

図1のような実際に海中で音波を収束させる方法をアクティブな位相共役、一方、位相共役による収束を信号処理上で実現する方法をパッシブな位相共役と呼びます。私たちはこれまで、こうした位相共役処理による長距離通信の実証研究などを進めてきました。

現在は、位相共役によるマルチユーザ通信やMIMO（多入力多出力）通信を研究しています。例えば、図2のように、複数の送波器からの信号が重なっても、パッシブな位相共役処理をすれば、その信号処理上の収束効果により、信号を分離することができます。この効果によって、複数のターゲットと通信するマルチユーザ通信を行うことが可能になります。また、複数の送波器から信号を送信して、通信容量を上げようとするMIMO通信にも応用することができます。

図3は、波動解析による伝搬計算に基づいたMIMO通信のシミュレーション結果で、位相共役によるMIMO通信と、空中の電波通信で広く用いられているOFDM（直交周波数分割多重方式）によるMIMO通信の成績を比較

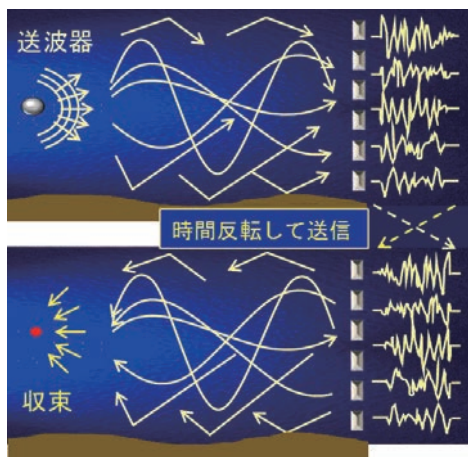


図1 アクティブな位相共役による音波の収束

したものです。送信チャンネル数を増やしたとき、復調の良否を表すoutput SNRという指標がどのようになるかを示しました。OFDMの場合は、送信チャンネルを増やすと、復調成績が低下します。それに対して、位相共役によるMIMOでは、復調成績が低下しないため、チャンネル数に応じて通信容量を増やすことが可能です。

今後の展望

位相共役によるMIMO通信は、従来手法よりも高速な通信速度を達成できると期待されています。すでに海中無人探査機とのマルチユーザ通信に関する実証実験も行っております。今後は、こうしたMIMO通信やマルチユーザ通信の実用化を目指して研究を進める予定です。

関連する科研費

2004-2006年度 若手研究 (A) 「位相共役波による長距離水中音響通信」

2010-2013年度 若手研究 (B) 「外乱下での位相共役波による長距離音響通信の研究」

2017-2019年度 基盤研究 (C) 「位相共役による高速MIMO音響通信、及び、マルチユーザ音響通信に関する研究」

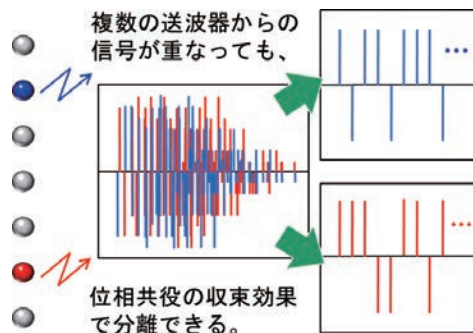


図2 パッシブな位相共役による信号の分離

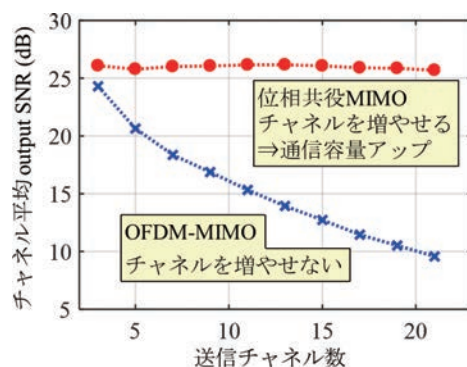


図3 MIMO通信の性能予測シミュレーション