

位相共役波による音響通信の第1回実海域試験 Experiment of time-reversal communication in ocean

志村 拓也[†]、渡邊 佳孝、越智 寛 (海洋研究開発機構 海洋工学センター)
Takuya SHIMURA, Yoshitaka WATANABE and Hiroshi OCHI (JAMSTEC MARITEC)

The basic studies on time reversal for underwater acoustic technologies have been carried out by authors, and the method of the acoustic communication using time reversal with adaptive equalizer was proposed. This technique will be applied to long horizontal communication in the deep ocean with an autonomous underwater vehicle (AUV). The experiment was executed in the area at the depth of 1,000m in Suruga-bay. The 500Hz projectors were used, and the range between the focus and the time-reversal array (TRA) was 10 km. Unfortunately, the projector of the TRA side had a breakdown, so it was impossible to execute active time-reversal communication. However, experiments of passive time-reversal communication could be achieved. It was verified that the proposed method enables to assure the communication channel with the TRA of 20 elements.

1. はじめに

著者らは海洋研究開発機構(JAMSTEC)において水中音響技術の研究開発を行っており[1-4]、その中で位相共役波を利用した音響技術について基礎的な研究を進めてきた[5-12]。

位相共役波(=時間反転波)とは、Fig.1に示すように、点音源から発した音波を時間反転アレイ(Time-Reversal Array: TRA)で受信し、時間反転した信号のことで、この位相共役波をアレイから逆に送信すると、マルチパス波が集まって、元の音源の位置(焦点)に音波が収束する。この位相共役波を用いれば、焦点の位置や伝播路の音速分布などが未知であっても、収束させることが出来るため、自律型無索無人機(Autonomous Underwater Vehicle: AUV)水平方向の長距離通信に適用することが出来る。

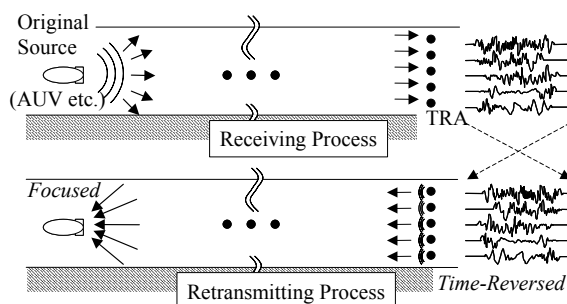


Fig. 1 Time-reversal communication.

著者らは、この位相共役波による収束と適応フィルタによる補償を組み合わせた通信の方法を提案してきた。本稿では、そうした方法を実証するための実海域試験を行ったので、その結果について報告する。

2. 試験概要

実海域試験は、JAMSTECの海洋調査船「かいよう」によって、駿河湾奥の深度1,000m付近の海域で行った。実験の概要図をFig.2に、実験を行った海域の海底地形図をFig.3に示す。送波器は、EAI社製のPS-500D(中心周波数500Hz、帯域幅±10%)を、受波器はHitech Inc.社製HTI-90Uを用いた。送受信装置は、送波器、受波器、送受信回路、タイマー回路、バッテリー等から成る。焦点側の送受信装置は、深度約500mに固定的に係留し、アレイ側の送受信装置はFig.2にあるように、水中ウィンチによって、係留ロープを繰出・巻取ながら、送受信を行った。このように計測したデータを、データ回収後、後処理で加算することによって、仮想的に時間反転アレイを構成するものとした。焦点側、アレイ側の係留地点をFig.3中に示す。係留系間の距離は約10kmで、深度はほぼ1,100mである。また、音速計で計測した実験海域の音速プロファイルをFig.4に示しておく。

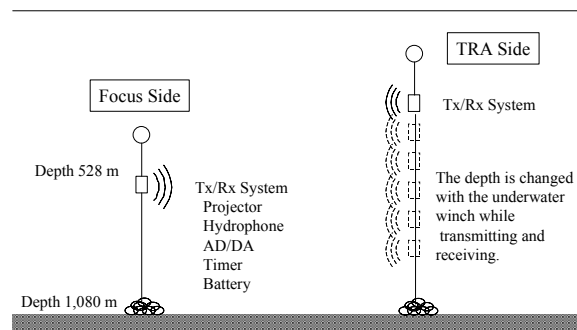


Fig. 2 Schematic of experiment.

shimurat@jamstec.go.jp

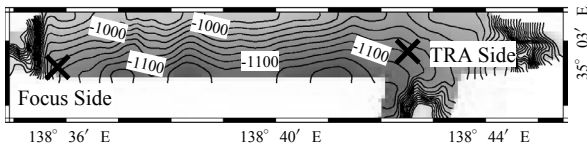


Fig. 3 Contour map of experiment area.

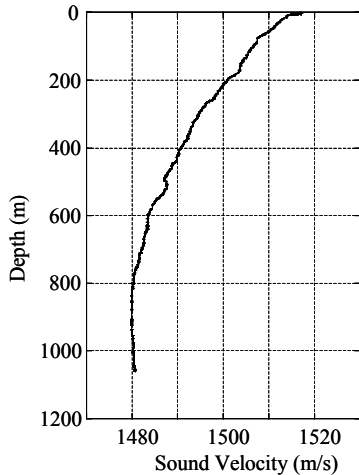


Fig. 4 Sound velocity profile in experiment area.

なお、アレイ側の送受信器は、10 数 m 置きに移動させ、計 55 点の深度で計測を行った。

3. 実験結果

位相共役の通信には、アレイ側から焦点側への通信である Active な位相共役通信[6-9]と、焦点側からアレイ側への Passive な位相共役通信[10]がある。今回の試験では、アレイ側の送波器が不具合を起こし、発信することが出来なかったため、Passive な位相共役通信のみを行った。なお、以下の結果では、付近を航行した通過船舶の放射雑音によって、受信信号が飽和してしまったデータは除き、深度約 450~900m の 20 点での計測データを用いている。

まず、位相共役波による収束を確認するために、500Hz のバーストパルスを送信し、アレイ側での受信信号に Passive な位相共役処理をした結果を Fig. 5 に示す。

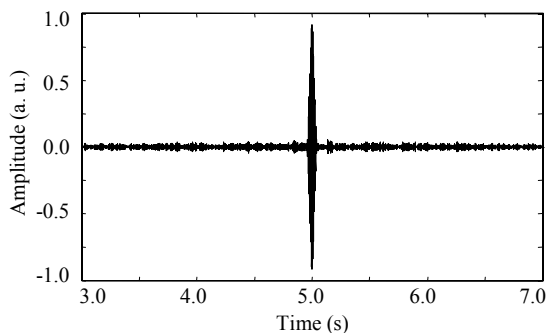


Fig. 5 Signal focused by passive time-reversal.

この図から、位相共役によって非常に鋭く信号が収束し、マルチパス波がほとんど消えているのが分かる。

次に、Passive な位相共役通信の結果を示す。Fig. 6 が BPSK 方式で行った通信の復調データである。左側の図が位相共役の処理のみで復調したもので、右側が本研究で提案している位相共役と適応フィルタによる補償を組み合わせた方法による結果である。この図から、上記の方法によって、エラーの全く無い通信が実現されていることが分かる。

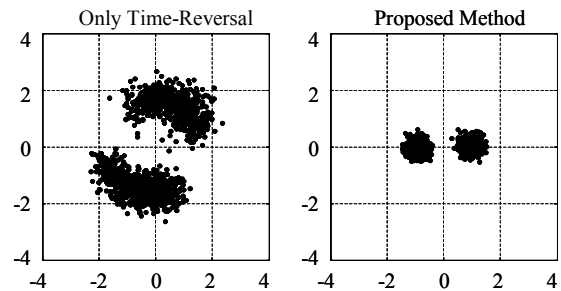


Fig. 6 Experiment result.

4. まとめ

位相共役波による長距離音響通信の実海域試験を行い、従来よりも高い確度で通信を行えることを実証できた。

謝辞

本研究は文部科学省科学研究費補助金若手研究(A)# 16686050 の助成を受けて行われた。また、実海域試験を行うにあたって、海洋調査船「かいよう」の乗組員及び MWJ の研究支援員の皆様の多大なご助力をいただいたことをここに感謝します。

引用文献

1. Y. Watanabe et al.: Jpn. J. Appl. Phys. 43 (2004) 3134.
2. H. Ochi et al.: Jpn. J. Appl. Phys. 43 (2004) 3140.
3. H. Ochi et al.: Jpn. J. Appl. Phys. 44 (2005) 4689.
4. Y. Watanabe et al.: Jpn. J. Appl. Phys. 44 (2005) 4717.
5. T. Shimura: Acoust. Sci. Technol. 25 (2004) 364.
6. T. Shimura et al.: Oceans 2004 (2004) 235.
7. 志村 他、海洋音響学会誌、32(4) (2005) 16.
8. T. Shimura et al.: Jpn. J. Appl. Phys. 44 (2005) 4722.
9. T. Shimura et al.: Acoust. Sci. Technol. 26 (2005) 526.
10. T. Shimura et al.: Forum Acousticum2005 267.
11. T. Shimura et al.: Jpn J. of Appl. Phys. 45 (2006) 4847.
12. T. Shimura et al.: ECUA2006 (2006) 879.