

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	双方向長距離伝搬音波の安定度評価法
Title(English)	
著者(和文)	蜂屋弘之, 王勇
Authors(English)	Hiroyuki Hachiya, Yong Wang
出典(和文)	日本音響学会 秋季講演論文集, , , pp. 1327-1328
Citation(English)	, , , pp. 1327-1328
発行日 / Pub. date	2004, 10

## 双方向長距離伝搬音波の安定度評価法\*

◎蜂屋 弘之(千葉大・工)<sup>1</sup> 王 勇(千葉大・自然科学)<sup>2</sup>

### 1. はじめに

双方向伝搬音波の音波伝搬時間差から海洋や河川の流速を求めることが行われている。数百 km におよぶ伝搬距離で観測を行う海洋音響トモグラフィでは双方向で同時に送波したとしても伝搬時間が数百秒あるので、この間の音波の変化が問題になる。さらに、音波の伝搬経路は双方向で微妙に異なるので、これがどの程度、影響あるかが問題になる。これまでに、われわれは、100s 程度では長距離伝搬音波は安定で大きな変化をしないことを示してきた。しかし、双方向の伝搬時間差の評価を進めていくと双方向で波形状が異なる例が散見されることがわかった。本報告では、双方向伝搬音波の安定度を相互相関に基づき評価する方法について検討した結果について示す。

### 2. 評価対象

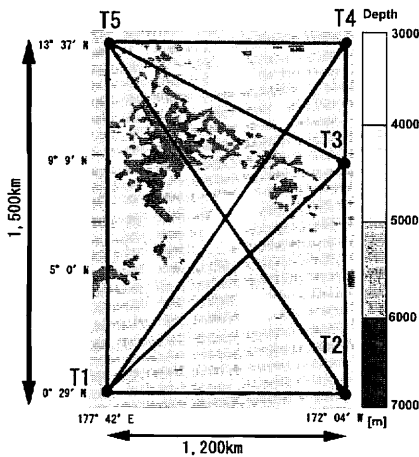


Fig. 1: 1999 OAT experiment.

1999年に海洋科学技術センターによって行われた中部太平洋赤道域における双方向音響トモグラフィ観測実験結果を対象にした解析について考える。Fig. 1に示すように、海域には5基の200 Hz トモグラフィートランシーバが設置され、T3-T4間は水平距離約500 km、T4-T5間は水平

距離約1110 kmである。送信信号は中心周波数200 Hzの10次M系列信号で、1digitに2波の搬送波が含まれ、系列は14サイクル繰り返されている。受信信号は800 HzでA/D変換された。

### 3. 相互相関による安定度評価

双方向伝搬音波の安定度を評価するため有限区間の時間的相互相関を用いる。規格化した相互相関関数として

$$R(m) = \frac{\phi_{fg}(m)}{\sqrt{\phi_{ff}(0)\phi_{gg}(0)}} \quad (1)$$

とする。ここで

$$\phi_{fg}(m) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} f^*(n)g(n+m) \quad (2)$$

で、 $f, g$ は複素復調された双方向の受信信号である。双方向信号の相互相関を求め、その最大値を評価値とする。

この相関関数は $f(n)$ と $g(n)$ の信号の類似度他に、SN比にも依存する。SN比が低下すればこの相関値は低下するが、この状況は送波波形にも依存するので、今回の海洋音響トモグラフィ観測実験の送波波形をもとに、信号SN比と相関最大値の関係をシミュレーションにより求めた。

送波される信号は

$$r(t) = \sin(2\pi ft) \cdot \exp(-t^2/40) \quad (3)$$

$t: (\text{ms})$

で近似できる。ここで、周波数 $f$ は200 Hzである。

この信号に、帯域制限したランダム雑音を加える。SN比を40dBから-10dBとしたときの信号の様子をFig. 2に示す。点線は復調したときの振幅値である。

SN比を変化させながら二つの信号を発生し、その相互相関を求める。各SN比の信号を相関した結果をFig. 3に示す。実線は実信号を相関した結果、点線は復調された複素信号を用いて相関した結果の振幅である。点線で示される複素相関振幅の最大値を、二つの信号の相関結果とする。

\* Estimation method of stability of the long-range reciprocal transmissions

<sup>1</sup> H. Hachiya, Faculty of Engineering, Chiba University. Chiba. 263-8522

<sup>2</sup> Y. Wang, Graduate School of Science and Technology, Chiba University. Chiba.

雑音をランダムに発生し、伝搬信号を生成する手順を 100 回繰り返し平均値と標準偏差を求める。この相関の値は式 (2) の信号切り出し長さにも依存する。この信号の切り出し長さを 40ms から 200ms に変化したときの SN 比と相関値の関係を Fig.4 に示す。切り出し長を大きくすると、相関値の変化は大きくなるが局所的な現象を確認しにくくなるので、適当な長さを選ぶ必要がある。

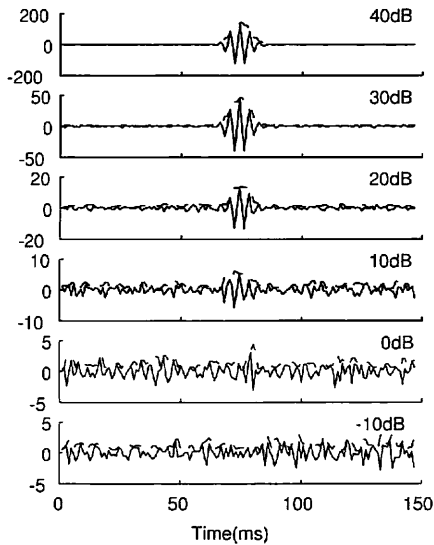


Fig. 2: Simulated signals.

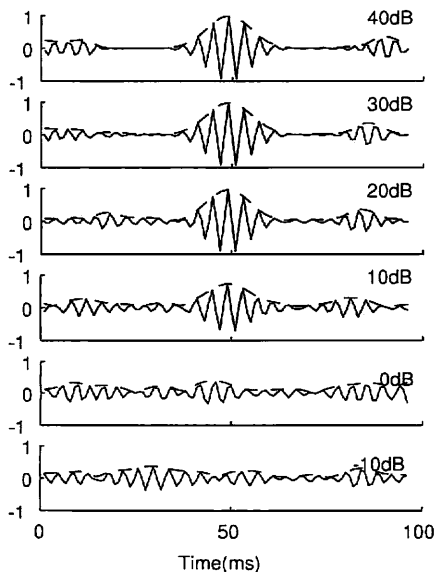


Fig. 3: Correlation results.

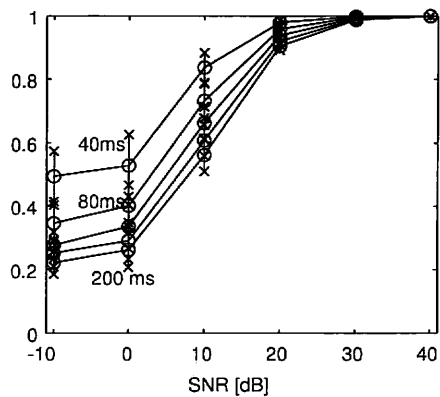


Fig. 4: Relation between SNR and correlation.

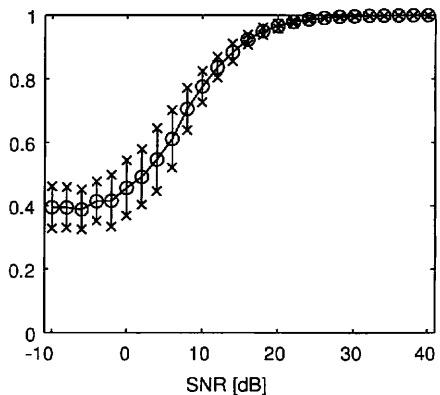


Fig. 5: Relation between SNR and correlation.

62.5ms を切り出し窓として求めた SN 比と相関値の関係を Fig.5 に示す。

#### 4. おわりに

双方向伝搬音波の安定度を相互相関に基づき評価する方法について検討した結果について示した。SN 比と相関の関係、切り出し窓の影響などについて示した。今後、求められた値を基準に実海域データを評価する。

#### 謝辞

本研究の一部は、本研究の一部は文部科学省ミレニアムプロジェクト「沿海・内海の環境変動の革新的計測と変動予測」の補助を受けた。

#### 参考文献

- [1] Wang Y., Hachiya H., Nakamura T. and Fujimori H., Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 43, 2004, p3169.