

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	長距離伝搬音波の伝搬時間差の連続測定評価
Title(English)	
著者(和文)	王勇, 蜂屋弘之
Authors(English)	Yong Wang, Hiroyuki Hachiya
出典(和文)	日本音響学会 春季講演論文集, , , pp. 1077-1078
Citation(English)	, , , pp. 1077-1078
発行日 / Pub. date	2004, 3

長距離伝搬音波の伝搬時間差の連続測定評価*

◎王 勇(千葉大・自然科学)¹ 蜂屋 弘之(千葉大・工)²

1. はじめに

海洋の大規模な変動を観測する海洋音響トモグラフィにおいて、流速分布を求めるためには、双方向伝搬の精密な伝搬時間差計測を行う必要がある。数百 km 伝搬した長距離伝搬音波から伝搬海域の流速場の測定では、異なる伝搬状況のしたでの伝搬時間差の評価方法について十分検討する必要がある。本報告では、1999 年海洋科学技術センター実施した中部熱帯太平洋赤道付近音響トモグラフィ観測実験から得られた音波伝搬データを用いて、信号の振幅、位相情報全体を用いた複素ベクトル位相差法 (CV) による異なる伝搬海域の伝搬時間差の検討結果について示す。

2. 伝搬時間差の連続測定評価

1999 年に海洋科学技術センターは中部太平洋赤道付近に双方向音響トモグラフィ観測実験を実施した。設置海域に 5 基の 200 Hz トモグラフィトランシーバが設置された。T3-T4 間は、北緯約 9°~13°、西経 172°で、水平距離約 500 km である。T4-T5 間は、北緯約 13°、西経 172°~東経 177°で水平距離約 1110 km である。

この実験で得られた双方向伝搬信号を用いて、伝搬時間差の連続測定評価を行う。Fig. 1 に T3 と T4 の間に双方向伝搬する信号を示す。双方向受波信号において各経路のおよその時間位置は一致しているが、細かな構造を見ると違いもある。この受信信号なかで時間的に接近した音線がなく安定に分離できる音線を Fig. 1 に示した -15, +17 と -17 を用いて検討する。ここで、-15 は送波器から下向きに放射され 15 回転回した音線を示す。各ピークの信号 SN 比は良好で、複素ベクトル位相差法 (CV) と複素振幅法 (CA) を適用できると考えられる。

複素ベクトル位相差法 (CV) は、以下の手順で伝搬時間を計算する。[1]

- (1) 受波信号を復調した振幅信号とリファレンス信号の相互相関 $R(t)$ を求める。
- (2) 受波信号を複素復調した複素信号とリファレンス信号の複素平面上の距離 $D(t)$ を計算する。

(3) 計算した相互相関と複素平面上の距離の商 $S(t) = R(t)/D(t)$ を計算して、 $S(t)$ の最大点の位置を信号の基準位置とする。

(4) 式 (1) に示すように、信号基準位置の時間と位相から換算した時間を加算して、信号の伝搬時間を求める。

$$T = T_{max}(S(t)) + \theta/2\pi f \quad (1)$$

ここで、 θ は受信信号の位相値である。

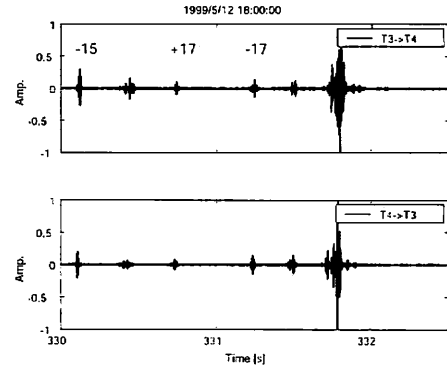


Fig. 1: Reciprocal arrival patterns at 500 km between T3 and T4, 18:00 12 May 1999.

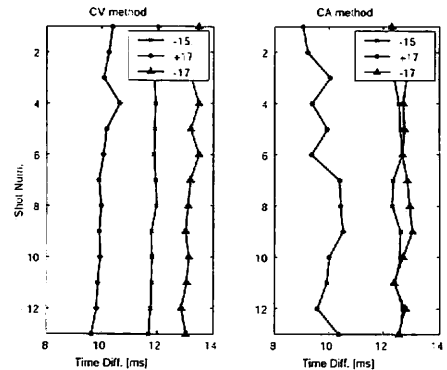


Fig. 2: Comparison of differential travel time in different path using CV method and CA method.

Fig. 2 には、-15, +17 と -17 の音線経路において複素ベクトル位相差法 (左) と複素振幅法 (右)

*Estimation of Travel Time difference using the long-range reciprocal transmissions

¹Y.Wang, Graduate School of Science and Technology, Chiba University. Chiba. 263-8522

²H.Hachiya, Faculty of Engineering, Chiba University. Chiba. 263-8522

により算出した13周期(約130秒間)の伝搬時間差の比較である。複素ベクトル位相差法による計算した各時間差の絶対値はわずかに差があるが、各音線での時間差の変動傾向はほぼ同じであり、2分程度の時間内の流速場の短期変動を観測できる。複素振幅法による伝搬時間差評価は測定精度が低いので、短時間の流速場変化が確認できない。Fig. 3には、1999年5月8日21時にT4とT5の間に伝搬した信号の748.5 sから751 sまでの13周期間信号の同期加算した信号を示す。この波形では、双方向信号形状が大きく異なっており、SN比も双方向で違う。

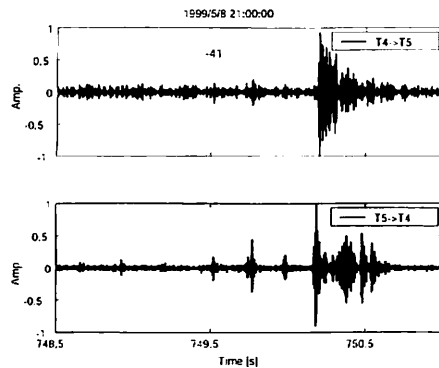


Fig. 3: Reciprocal arrival patterns at 1110 km between T4 and T5, 21:00 8 May 1999.

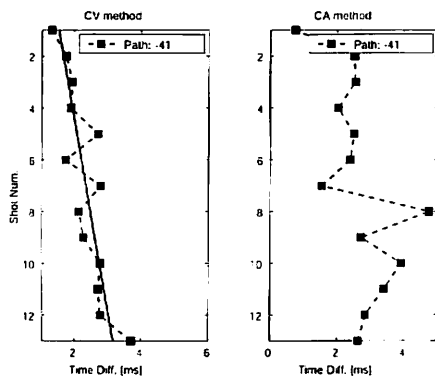


Fig. 4: Differential travel time of path -41 between T4 and T5 using CV and CA method.

Fig. 4には、複素ベクトル位相差法(左)と複素振幅法(右)により得られた伝搬時間差の比較である。振幅と位相と共に変動が大きくて、複素ベクトル位相差法と複素振幅法による伝搬時間差評価結果の変動も大きい。複素ベクトル位相差法と複素振幅法の伝搬時間差の標準偏差はそれぞれ0.3592 msと1.0041 msである。複素ベクトル位相差法の伝搬時間差の測定精度はより安定であり、

複素ベクトル位相差法を用いて0.3 ms以下の時間差精度を実現できる。

T3とT4の間に伝搬した音波の伝搬時間差の長期変動特性を検討するために、1999年4月14日から1999年5月20日までの-15音線経路で1ヶ月間に観測されたデータの位相安定度より検出した双方向伝搬信号をFig. 5左、中に示す。

複素ベクトル位相差法から求めた伝搬時間差はFig. 5右に示す。1日以内での伝搬時間差変動は約10 ms程度である。この1日以内での変動は潮汐によるものと考えられる。潮汐による効果を除去すると、伝搬海域の流速場は4月30日あたりから北向きの流れから南向きの流れに変化していた。

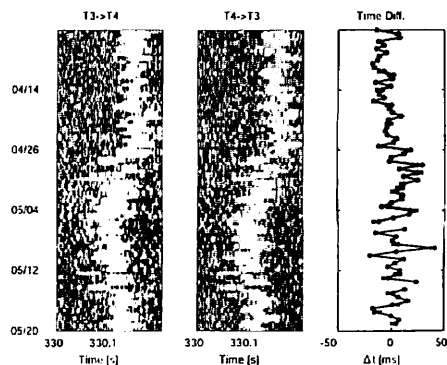


Fig. 5: Two dimensional plot of the standard deviation of the effective phase between T3 and T4 from 1999/4/10 to 1999/5/20, and travel time difference.

3. 終わりに

本報告では、位相情報を用いた複素ベクトル位相差法による伝搬時間差測定種々の海域のデータに適用した。各音線経路の伝搬時間差変動短期間特性がよく一致しており、複素ベクトル位相差法により求めた流速場の妥当性が明らかとなった。相関信号のSN比が6 dB以上であれば、0.3 ms程度の時間精度が得られる。1ヶ月の伝搬データから連続的な伝搬時間差を評価し、流速場の変化を安定に求めることができる。

謝辞

データと資料を提供いただいた海洋科学技術センター中笠岩男氏、藤森英俊氏、防衛大中村敏明氏に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] Wang Y., Hachiya H., Nakamura T. and Nakano I., Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 42, 2003, p3206.