

## 水中音波の位相共役を用いた海底定点の変位測定

### Measurement of a fix point displacement on seafloor by using phase conjugation of underwater acoustic wave

# 岩瀬 良一[1]; 菊池 年晃[1]; 土屋 利雄[1]; 水谷 孝一[2]

# Ryoichi Iwase[1]; Toshiaki Kikuchi[1]; Toshio Tsuchiya[1]; Koichi Mizutani[2]

[1] JAMSTEC; [2] 筑波大院・シス情工・知能機能システム

[1] JAMSTEC; [2] Intelligent Interaction Tech., Univ. Tsukuba

<http://www.jamstec.go.jp>

海底固定点の変位量を海中音波の位相共役性を利用して観測する方法のシミュレーションを行った。位相共役とは、光学の分野ではよく知られた現象であり、レーザ共振器やホログラフィー等様々に応用されている。位相共役の第一の特徴は位相補正機能である。位相共役波(光)を発生する位相共役鏡を考え、波が伝搬する場の特性の時間的変化が伝搬時間に比べて十分小さいと仮定すると、位相共役鏡で反射された波は時間反転された特徴を持ちながら入射波と逆方向に伝搬する。更に点源から発した球面波が位相共役鏡で反射された場合、位相共役波は、通常の鏡とは異なり、元の点源に収束する球面波となる。この特徴から位相共役鏡を時間反転鏡と呼ぶこともある。近年この位相共役の現象が水中音波でも実験的に示されている(Kuperman et al., 1998等)。水中音波の場合、点源が送受波器からなる音源となり、位相共役鏡が複数の変換器からなる垂直アレイとなる。この配置で、音源から1個のパルスを放射する。放射された音波は海面や海底で反射され、また温度変化による屈折をうける。したがって、アレイで受波される音波は元の波形とは大きく異なっている。これらの変形したパルス列をアレイの素子毎に受波する。受波したパルス列を時間的に反転する。この時間反転されたパルス列を、受波した素子から放射する。すべての素子から放射された音波は互いに干渉しつつ元の音源に向かって伝搬する。それらが元の音源に達したときには、互いに干渉して、始めに放射されたパルスと同じ形に戻る。この現象は、音波の伝搬環境、すなわち水深、海底地形、温度分布および音波の周波数などの影響を受けないなど、多くの興味ある特性を有している。しかしながら、放射した音波がそのまま元に戻るだけでは利用価値が生まれてこない。

そこで、今回のシミュレーションではアレイ側から音源側へ位相情報を伝送する方法を提案する。すなわち、アレイで受波したパルス列を時間反転した後に、その共役性を乱さない方法で、任意の位相をシフトする変調を行う。この位相シフトされた信号を各アレイから放射する。これらの音波が音源位置で形成するパルスは元の波形と同じになる。しかしながら、その波形のキャリア信号の位相は、アレイ側で加えた変調量だけシフトしている。この方式による位相変調は、 $-2\pi$  から  $+2\pi$  ( $\pi$ : 円周率) まで広範囲に連続的かつ線形である。この方式により、音源位置の信号の位相情報を、離れたアレイ側で制御することが出来る。

次に、海底の固定点の変位量を測定する方法について述べる。

位相共役波が元の音源位置に戻ったときの位相は、その共役性からゼロであることが知られている。海洋の変動は緩やかであるため、音波が音源からアレイに行き、そしてアレイから音源に戻るまでの間には、海洋環境は変化しないものと考えられる。したがって、通常は共役性が崩れることは無視することが出来る。しかしながら、長期間には伝搬環境が変化して共役性が崩れると考えられる。この共役性の崩れは音源付近の音場、すなわち焦点音場を調べることにより明らかになる。そして焦点の音圧振幅構造は伝搬環境によって大きく変化しないことが知られている。一方、焦点の音圧位相構造は線形に変化することが知られている。

音波の伝搬に影響を及ぼす要因、すなわち伝搬環境には、水深、海底地形、温度分布等および音源の位置変動などがある。今回は音源位置に変化があった場合についてシミュレーションを行った。水深100mの浅海に、音源とアレイを5km離して配置する。音源から放射する音波はキャリア周波数500Hzの10サイクルからなるトーンパースト波である。

音源が固定点に位置する場合、アレイから戻された信号は元と同じ形である。しかしながら、音源から音波が放射された後に、音源の位置が移動すると、そこで受波される音波の位相がずれてくる。しかしながらその量は微小である。そこでその微小変位を読み取るために位相干渉法を用いる。すなわち、アレイから戻す信号の位相を変化させながら、音源位置で最初の信号とその後の信号とを干渉させると、定在波干渉に類似したパターンになる。この最小点に対応する位相から微小変位を読み取る事が出来る。