

駿河湾における地震波に対するタイムリバーサル解析 Time reversal analysis of seismic waves in Suruga Bay

菊池 年晃^{1*}, 水谷孝一²

KIKUCHI, Toshiaki^{1*}, Koichi Mizutani²

¹ 防衛大学, ² 筑波大学大学院 システム情報工学研究科

¹National Defense Academy, ²Acoust. Lab., Univ. Tsukuba

我々は海洋音響の分野において位相共役波やタイムリバーサルの応用に関する研究を行っている。海中に設置した音源から音波パルスを放射して、その音波パルスを、離れた位置に設置した変換器アレイで受波する。その受波した信号に時間反転処理を施した後に、アレイから再放射すると元の音源位置に収束する音波パルスが形成される。そして音源位置に収束した音波パルスの波形は始めに放射された音波パルスの波形と同一になる。今回は、このタイムリバーサル処理を2009年12月18日に伊豆半島中部で発生した地震波に適用し、震源における振動を求めた。その結果は海中における結果とは一致しなかった。その原因として、震源と観測点の偏在性が上げられる。そこで、今回はより広範囲に調べるために、2009年8月11日に駿河湾中部で発生したマグニチュード6.5の地震に着目する。この震央を取り囲むように多くの観測点が設置されているので広い範囲の距離や方位角に対する効果を調べることが出来る。

地震波にタイムリバーサル処理を適用するためには解決しなければならない多くの問題がある。海洋では伝播環境、即ち音速分布は深海域においてさえ正確に把握することができる。また海面から海底に至るまでの長いアレイも構築できる。更に、多くの伝播モデルも提案されている。一方、地中では詳細な伝播環境の取得が困難で、アレイの素子数が限定され、更に受信信号とモデルの適合性や伝播モデルなどの問題がある。

我々は、タイムリバーサルの適用に最も重要な要因である伝播環境を求めめるために、タイムリバーサルの堅牢性を利用した逆問題法を提案した。そしてその方法で求められた伝播環境において、地震計で観測した信号に時間反転処理を施した信号を再放射して震源近傍における振動を求めめる。海洋におけるタイムリバーサルの堅牢性とは、音源からアレイまでの往路の伝播環境とアレイから音源までの復路の伝播環境が変化しても音源への収束性は大きく変化しないことである。そして、往路と復路の伝播環境が近づくにつれ音源に形成されるパルスの振幅が増大する。この特性を逆問題的に応用して、伝播環境を求めめる。

次に、地震計による受信信号からP波成分のみを切り出し、それに時間反転処理を施す。そして伝播シミュレーション上で、反転信号を伝播環境中に送波する。そして震源付近に形成されるパルス、即ちタイムリバーサルパルスを求めめる。地震計で計測される上下、水平(東西、南北)速度の3種の信号に対して同じ処理を施す。このシミュレーション上で使用する伝播モデルは放物型方程式法である。

伊豆半島から浜松に至る31観測点で受信した信号に対して、タイムリバーサル処理を施し震源に形成されるタイムリバーサルパルスを求めた。その結果、観測点によって大きく異なるパルスが得られた。その原因として、各観測点の特性が異なることが考えられる。

それらの特性には、震源から観測点までの距離、地震計の設定深度、地震計の型、及び観測点の方位などがある。しかし、距離や深度はグリーン関数に含まれているため、自動的に補正される。また地震計の型や感度は相対的レベルの問題であるから影響を及ぼさない。

キーワード: タイムリバーサル, 位相共役, 震源振動, 地震波伝播, 水中音響

Keywords: Time reversal, Phase conjugation, hypocenter vibration, Seismic wave propagation, underwater acoustics