

精密音響測距の基礎実験

Basic experiment on precise acoustic ranging

藤本 博巳[1], 長田 幸仁[2], 金沢 敏彦[3]

Hiromi Fujimoto[1], Yukihito Osada[2], Toshihiko Kanazawa[3]

[1] 東北大・院理, [2] 東大・海洋研, [3] 地震研

[1] School of Sci., Tohoku Univ., [2] ORI, Univ. Tokyo, [3] ERI, Tokyo Univ

水平方向の海底地殻変動を観測するための基礎的な技術の一つである精密音響測距に関する基礎的な岸壁実験を行った。いろいろな音波の信号を用いて、いろいろな距離で、音響測距を行った結果、水中雑音が少なく、直達波が捉えられるときは、音波の伝搬がかなり安定しており、音響測距の信頼性を確認することができた。船上観測で問題になるプロペラの音響雑音などの影響はまだ確認していないが、数値計算で評価してみると、m系列信号の相関処理はやはり有効である。精密音響測距の原理的な問題の解決のメドが立ってきたので、実際の観測作業には難しい具体的な問題はあるが、精密音響測距の実用化が今後急速に進展すると考えられる。

特殊な場所を除けば、地球上で最も大きな変動が起こっている海洋プレートの境界は電波の届かない深海底にあるので、海底における地殻変動観測が重要である。海底の地殻変動観測のうち、水平方向の変動を観測する基礎的な技術の一つが精密音響測距である。音響的に測距を測定するためには、音波の往復時間を精密に計測することが必要である。音波の往復時間を計測することにより、海流の影響と、時計のドリフトの影響を打ち消すことができる。このほかに、平均的な音速を精密に測定して音速変化の補正をすることも必要であるが、今回は、音波の往復時間の精密計測に関する基礎的な実験の結果を報告する。

音波の往復時間を精密に計測するために、一般的には、レーダー用に開発されたパルス圧縮技術が用いられている。我々はそのパルス圧縮手法のうちで、m系列信号を用いた相関処理により信号の到達時間を精密に計測する手法を用いてきた。この手法はGPSシステムによる精密測位の基礎になっている精密距離測定などにも用いられている代表的な手法である。音波に関しては、10kHz以下の比較的低い周波数を用いることも可能であるので、10km程度という比較的長距離の測距にも利用できるという利点がある。この手法では、その相関処理に必要な高速の数値処理が、処理速度と記憶容量と電力消費の点で問題であり、かなり間引いた処理を行ってきた。そのために、1cm程度の分解能は得られても、音波の基準周期の整数倍(10kHzで往復測定の場合は約7.5cm)の曖昧さが残っていた。しかし最近の高速のデジタル処理技術と大容量記録媒体の進歩により、より直接的に音波の到達時間を検出することが可能になってきた。

そこでいろいろな音波の信号を用いて、いろいろな距離で、音響測距に関する基礎的な岸壁実験を進めている。距離によって海面や海底からの反射波が影響するが、水中雑音が少なく、直達波が捉えられるときは、音波の伝搬がかなり安定しており、音響測距の信頼性を確認することができた。直達波については、先頭の数波によって十分な測距ができることが分かった。このことは一般的な音響トランスポンダーの高精度化に役立つと考えられる。浅い岸壁での実験であったのでマルチパスの影響については検証することができたが、船上観測で問題になるプロペラの音響雑音などの影響はまだ確認していない。しかし直達波は安定していると考えられるので、雑音の影響は数値計算で評価することができる。当然のことながら、相関処理はやはり有効である。相関処理によるS/N比の改善は信号の長さに比例するが、データ処理量は信号の長さの2倍をさらに二乗した量に比例するので、雑音レベルを測定し、最適な信号の長さを選ぶ必要がある。

実際の音響測距では、音波の往復時間の計測のほかに、先に述べた音速の補正という問題がある。しかしこの問題はなんとかかなりそうである。海底の水平方向の測距の場合には、比較的安定している深海底付近の水温を千分の1度より細かい分解能で測定して補正することが可能と考えられている(Fujimoto et al., 1997)し、海上キネマティックGPSと合わせた精密海底測位の場合には、音速分布が水平成層構造であれば、その分布が変わっても海底測位には影響したいような観測が提案されている(Spiess et al., 1998)。海上キネマティックGPSには、まだ長基線における精密測位という課題は残っているが、早晚解決されよう。このほかに、実際の観測作業には難しい具体的な問題はあるが、全体的には、精密音響測距の原理的な問題を解決できるメドが立ってきたので、今後実用化が急速に進展すると考えられる。