

光電界センサアレー型レーダによる地下水位モニタリング

鹿島建設技術研究所	正会員	○名児耶 薫
東北大学	非会員	海老原 聡
鹿島建設技術研究所	正会員	阿部 泰典
鹿島建設技術研究所	正会員	戸井田 克

1. はじめに

光電界センサは、通信ネットワークでノイズ対策部品として活用されていた光電変換を応用したセンサであり、アンテナ受信電圧によって電界を発生させ光導波路を通過する光を変調するため、全く電気を使わずに電波を光信号に変換させることが可能である。これまで海老原¹⁾らは、光電界センサを指向性ボアホールレーダの開発に使用し、物体の3次元位置計測手法として、その有効性を確認してきた。今回筆者らは、光電界センサをレーダの受信アンテナとして地中に多数埋設固定し、地盤中の含水率分布を高精度に3次元モニタリング出来るシステムを開発した。その適用性確認の第一段階として、砂層中で変化させた地下水位を孔内に配列した光電界センサアレーによってモニタリングすることを室内実験によって検証した。

2. 実験の概要

実験に使用した土槽は2槽に分かれており、大きな槽には砂を入れ砂地盤を模擬した。また、小さな槽は水タンクで、砂地盤中の地下水位を強制的に調整出来るようにした（図-1参照）。土槽には2本の水平孔と1本の鉛直孔を設置した。1つの水平孔には、送信用アンテナとして全長2mのダイポールアンテナを設置し、もう一方は、4個の光電界センサを受信アレーアンテナとして配列した。また、鉛直孔は地下水位の計測用に使用した。計測は、受信ダイポールアンテナの給電点電圧を光変調器によって光信号に変換し、この光信号を光ファイバケーブルで伝送し、ネットワークアナライザを用いて周波数領域での送受信アンテナ間の伝達特性として計測した。

3. 実験結果

各受信アンテナ素子で測定された生データには、直接波と反射波の成分が含まれているため、水タンクから注水を開始する前に受信

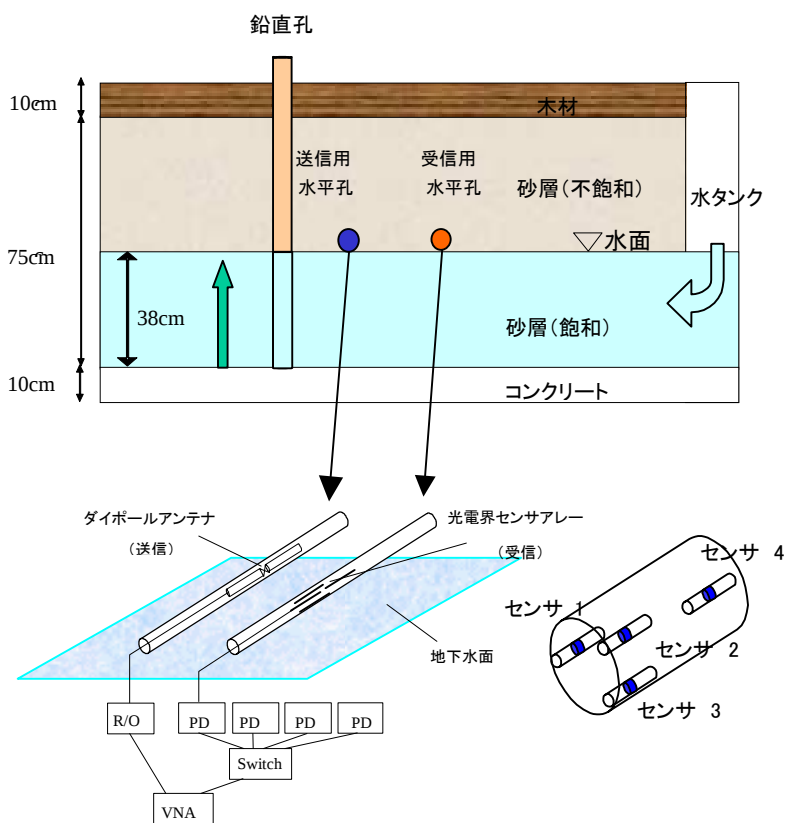


図-1 実験装置

した波形すなわち直接波成分を差し引き、地下水面からの反射波成分のみを強調した。図-2に波形処理結果を示す。青線は逆フーリエ変換後の実信号、赤線は瞬時包絡線（振幅の大きさ）である。水平孔井内には図-1に示すように4つの光電界センサが配列しており、図-3は、そのうち2つの受信波形を重ね合わせたものである。赤色は、最も送信アンテナに近い光電界センサ1での受信波形を示し、青色は、最も土槽底面に近い光電界センサ3での受信波形を示す。また、図-4には地下水位の経時変化を示す。図-3の拡大図では、2つの受信アンテナ間で波の到達時間差が認められる。この到達時間差は、波の到来方向を反映していると

キーワード：モニタリング, 物理探査技術

連絡先 : 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL0424-89-7081 FAX0424-89-7083

考えられたため、これを利用して水面位置の動きを推定した。反射点位置の推定に際しては、モーメント法（Method of Moment）による理論モデリングと超解像（Super-resolution）法の1つである MUSIC 法を適用した。これらの処理から得られた反射点位置の推定結果を図-5に示す。MUSIC 法の評価関数が最も大きくなるのが図中の濃い赤色の部分で、この部分が推定された反射点位置（地下水面位置）と考えることが出来る。この推定位置は、鉛直孔内の水位測定結果と調和的であり、この方法を用いれば砂層中水面の挙動をモニタリング出来ることがわかった。

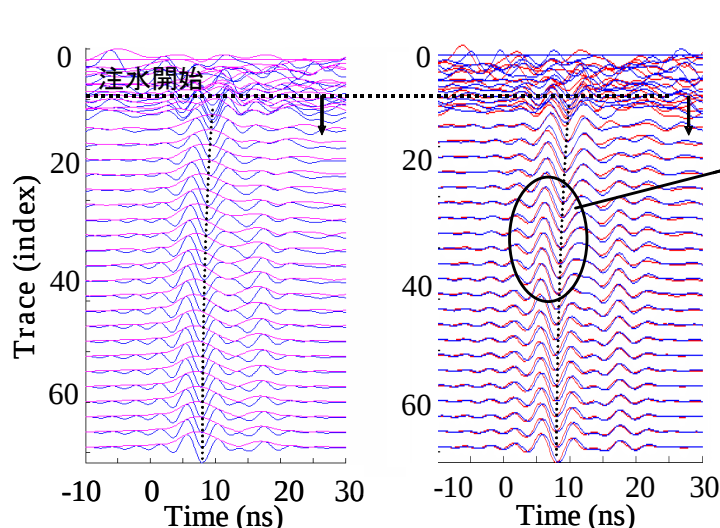


図-2 反射波の抽出

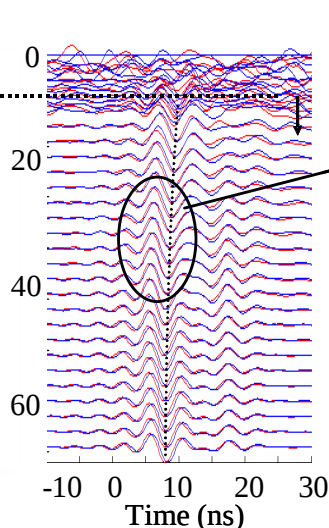


図-3 受信波形

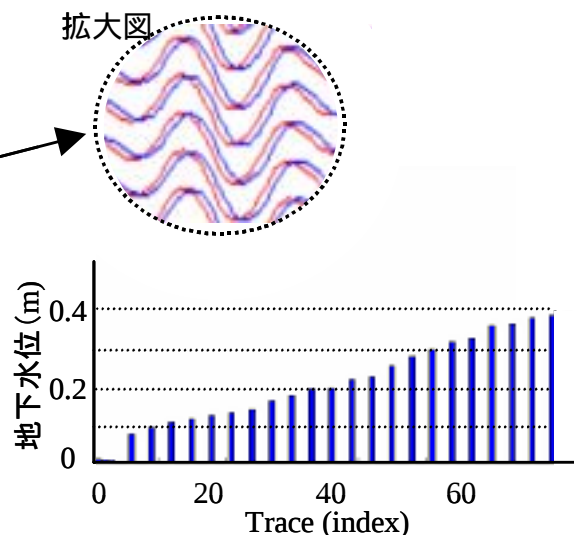


図-4 地下水位経時変化

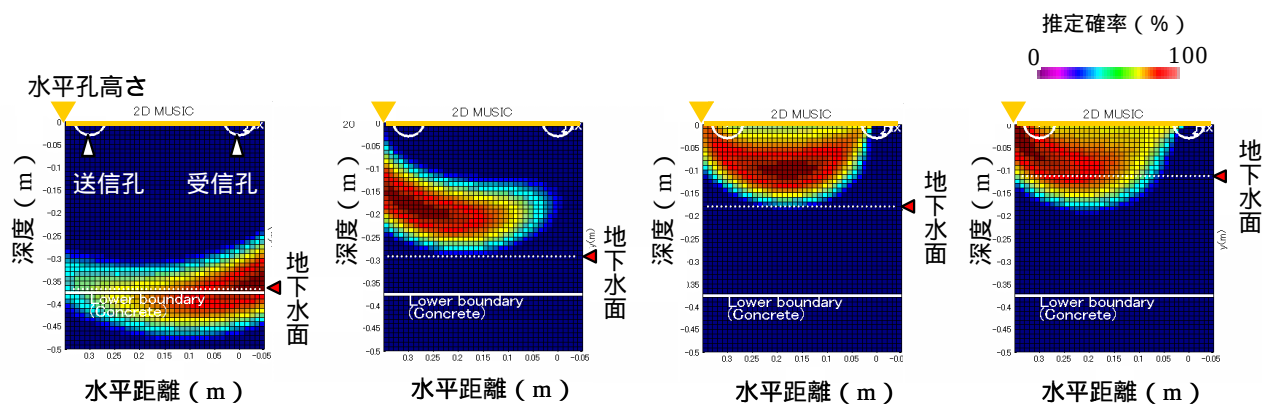


図-5 水面位置推定結果

4. まとめ

本研究では、複数の光電界センサを地中に埋設固定し、レーダの受信アンテナとして用いることで、砂層中地下水面の2次元位置モニタリングが可能であることを確認した。今後は、原位置計測にこのシステムを適用し、地盤中の含水状況探査や地下水位モニタリングシステムとしての適用性について検討していく所存である。

参考文献

1) S.Ebihara, "3-D estimation of scattering positions in granite by E-field sensor array borehole radar" The 6th SEGJ International Symposium, Tokyo, Japan, pp. 460-465., January 22-24, 2003.