

電磁波を利用した小口径推進機用探査レーダの開発

アイレック技建(株) 正会員 ○栗田 輝久

日本電信電話(株)アクセスサービスシステム研究所 堤 志信

日本電信電話(株)アクセスサービスシステム研究所 正会員 日野 英則

九州大学 正会員 島田 英樹

1. 目的

小口径推進工法による施工を安全かつ効率的に行うためには地下埋設物や地盤情報を十分に把握することが必要不可欠である。我々は探査方式に電磁波方式を採用し、φ350mm程度の小口径推進機への搭載を可能にするアンテナを考案するとともに、独自の解析アルゴリズムを組み込むことで前方探査埋設物の自動判定が可能な前方探査システムを開発した。これを推進機に搭載することにより、推進機の前方および測方にある埋設物の有無ならびに埋設物までの距離を高精度に検知し、推進時の安全性向上および効率化を図ることを可能にした。

2. 前方探査レーダシステム

2-1. ハードウェア構成

受信および送信アンテナの外観を図-1に示す。アンテナはティアドロップ型とし、図-2のように上下に受信アンテナ、中央に送信アンテナの計3個のアンテナでシステムを構成している。送信アンテナからの電波を上下の受信アンテナで測定することで埋設物までの距離、方向、位置の判定が可能になった。図-2のように、指向角をずらした2つの送信アンテナを配備することで、上部アンテナでは前方および上部の反射波を、下部アンテナでは前方および下部の反射波を受信できる。このようにすれば上部アンテナのみで強い反射波をとらえた場合、前方上方位置に埋設物が存在し、下部アンテナのみで

強い反射波をとらえた場合、前方下方位置に埋設物が存在することがわかる。また上部アンテナおよび下部アンテナ同時に反射波をとらえた場合は推進方向前方に埋設物が存在することがわかる。また埋設物までの距離は次節に示す位置判定アルゴリズムにより判定する。

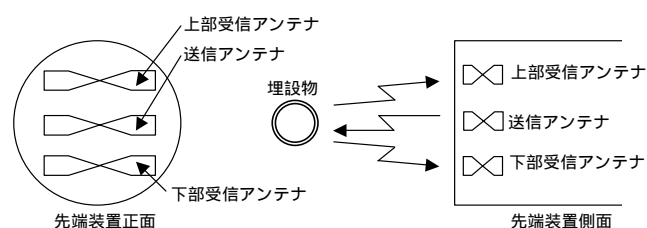


図-2 アンテナ構成

2-2. 位置判定アルゴリズム

推進中の位置判定アルゴリズムを図-3に示す。まず、推進中に先端装置に内蔵されたアンテナ部からの画像データをオンラインで取得する（図-4）。次に、水平方向に連続する洗浄の反射を除去する平均差処理を行う。さらに平均差処理後、残った画像に対してしきい値以上の反射強度を抽出する。この際、(1)式を満足する直線のみを抽出する。

$$AX + B \quad (A \neq 0) \quad (1)$$

抽出した線分の両端点について、両端点間の距離および各端点の往復伝搬時間の算定を行う。式(2)に距離ならびに先ほど求めた往復伝搬時間を代入し、障害物までの位置 L を計算する。

$$L = \frac{cT}{2\sqrt{\epsilon_s}} \quad (2)$$

なお、 T は往復伝搬時間、 c は光の速度であり ϵ_s は土質により異なる固有の比誘電率である。これらの検知された埋設物の方向、距離等の情報を画面に表示する。

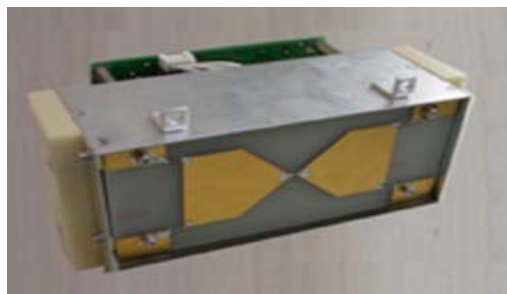
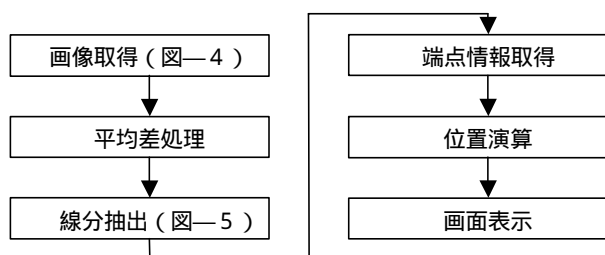


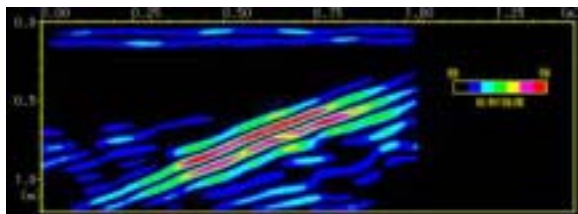
図-1 アンテナ外観

キーワード 小口径推進 埋設物探査 電磁波

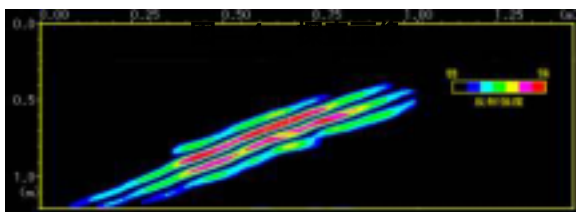
連絡先 〒300-3261 茨城県つくば市花畑 2-12 アイレック技建株式会社 TEL 029-864-3555



図－３ 位置判定アルゴリズム



図－４ 探査画像

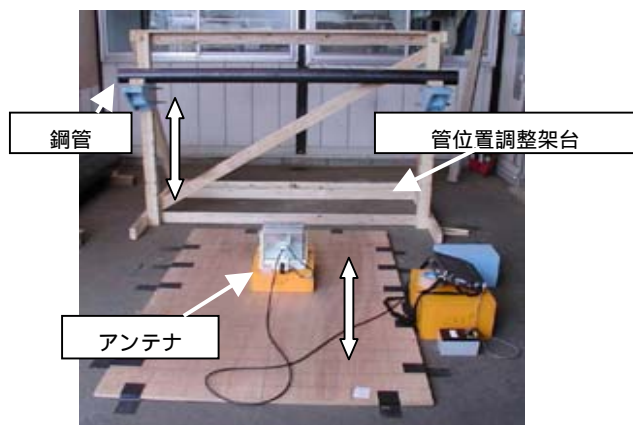


図－５ 抽出画像

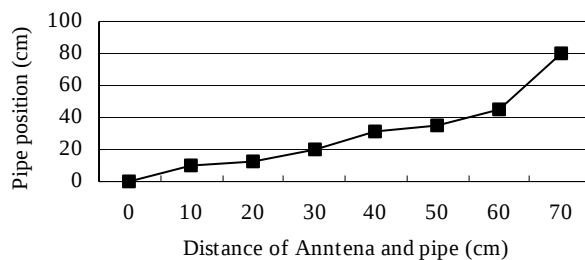
３．機能実験

３－１．アンテナ探査範囲検証実験

本実験では、アンテナの進行によるデータ変化の観測を行い、送信アンテナからのビーム角度と探査範囲の検証を目的とした。図－６に示すように、管位置を上下に 10cm 毎に調整できるようにした木製の管位置調整架台に測定用鋼管を配置し、アンテナと管との離隔距離を変化させてデータを取得し、アンテナビームの到達角度を検証した。図－７に検証結果を示す。この図は鋼管 φ 10cm を用いて検証を行ったビームの中心位置の変化を示しており、この結果、アンテナビームの到達角度は約 45 度の傾きをもって変化していることがわかった。



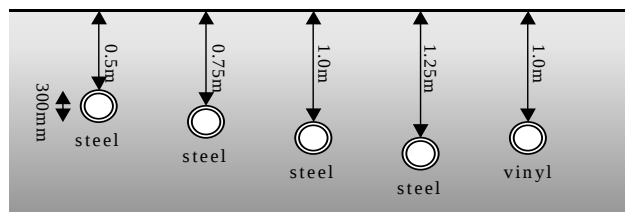
図－６ アンテナ探査範囲実験装置



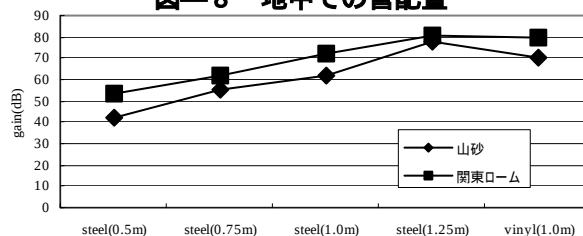
図－７ アンテナ反射角度

３－２．アンテナ反射特性実験

複数の管を埋設した実験土層(図－８)を作成し、アンテナ単体実験を実施した。埋設管深度４種および管種(鋼管、V管)を変えた６パターンについて山砂、関東とロームの場合の反射特性を検証した。埋設管の中心位置にアンテナを配置し、埋設管と直交させるように走査させてデータを取得し、電磁波の減衰特性を検証した。図－９は検証結果を示したものである。減衰特性はグラフの傾きの通り、関東ロームの方が山砂よりも減衰量が大きいといえる。これらの各土質での減衰量は、管種によって変化しないものと考えられる。この結果から深度 1.5m の V 管の探査について可能性を検討すると、山砂で 98.5dB 以上、関東ロームで 91.5dB 以上必要となる。本レーダ装置は、能力としてゲイン 100dB 以上を有しているため、これらの土質に対して適用可能であると判断される。



図－８ 地中での管配置



図－９ 電磁波の減衰特性

４．今後の予定

本論文では小口径推進用の埋設物探査技術の有効性について述べた。今後はアンテナを実機に搭載させるための推進機の先端材質検討およびアンテナを実機に搭載して現場検証を行っていく予定である。