

研究開発課題別事後評価結果

- 1 . 研究開発課題名：反射波と透過波の複合受信による地雷探査レーダの開発
- 2 . 研究代表者名：荒井 郁男（電気通信大学 電気通信学部 教授）
- 3 . 研究内容及び成果

地雷の地中レーダによる探査は、石などのクラッタ（不要反射波）があるため地表面下数 cm の浅いところに埋設されている地雷の判別は難しい。さらに、埋設場所の地表面が平坦でないことを考慮すると、従来の地中レーダをそのまま適用しても地中の地雷の映像化は困難である。

そこで本研究では、まず基礎検討として、地雷探知に適したパルス波の幅の最適化を試み、150ps のインパルスが最適であるとの結果を得て、そのパルス波を用いた地中レーダユニットを製作した。製作したユニットを用いて試験土槽での実験を行い、土槽内の物標を 3 次元映像化できることを確認した。

さらに、2004 年度に香川県坂出市で実施された国内評価試験に向けて、屋外環境でのパルス波を用いた高速かつ高精細な映像が得られる地雷探査レーダの開発を行った。開発したセンサは、スパイラルアンテナを用いたアレイ型の構造であり、車両開発担当チーム（千葉大学 野波教授）が開発した Mine Hunter Vehicle (MHV) に搭載した。電磁波の減衰の大きな土質中の地雷を探知するためには 2GHz 以下の周波数帯も利用する必要があるため、直径 12cm と 24cm のスパイラルアンテナを用いて実験を行い、いずれも S11（入射波に対する反射波の比であり、低いほどよい）は 800MHz 以上で -15dB（約 1/30）以下であり、良好な特性が得られた。さらに、地中の映像化において、水平面のスライス像に x-y 座標を入れ、そのスライス面内のエコーレベルの最大値で規格化して表示できるようにした。その結果、国内評価試験では土中の電磁波の減衰の影響を受けずに地雷を表示することができた。

2005 年度は、国内評価試験の結果を受けて、試作機の改良を行いクロアチア共和国で実施された技術実証試験に参加した。探査時間の高速化および耐候性を改善するため送信アンテナ 5 個、受信アンテナ 6 個を交互に配列したアレイアンテナシステムを試作した。さらに、これまでアレイアンテナの自動切換をメカニカルスイッチで行っていたが、PIN ダイオードを用いた電子式スイッチに交換することによりスイッチング時間がほぼ 0 となったことで探査時間を従来の 1/10 に短縮でき、さらに耐久性も改善された。このことにより幅 50cm、長さ 1m の探査エリアを 3 分以内で探査できるようになった。また、アレイアンテナとレーダ本体を一体化して収納することにより耐候性も改善できた。この結果、2006 年度 2 月にクロアチアにおいて実施した技術実証試験では、様々な深さに埋設された地雷を判別することができた。

4 . 事後評価結果

4 - 1 . 技術開発目標の達成度

当初の計画にあった地中で電波を発信するという方式は、地雷原では地中にアンテナを挿入することができないため実現されなかったが、高速なインパルスレーダの特徴を生かし、アレイ型の堅牢かつシンプルな完成度の高い試作機を仕上げることができた。

アレイ型の構造は、地雷原の凹凸に対応が難しいという問題もあるが、地雷原の凹凸具合や、作業の段階（重機による地雷除去後の検査など）を選べば、その高速性ゆえに現場からの期待は大きい。3次元表示や GPR の信号処理、さらに、それを具体的に実現するソフトウェアの完成度の高さも、現地のニーズに合っており高く評価されるものである。画像は不明瞭な部分もあり、地雷除去作業員が探知できるようになるためには十分なトレーニングが必要と考えられるが、参画企業がもの作りの部分をしっかりと行っており、今後の技術提供も期待できる。

4 - 2 . 得られた研究開発成果の科学技術への貢献度

地雷の探知深度や探知スピードなど、地雷探知除去の現場での活用までには解決すべき課題は多いが、参画企業は実用化に向けた自主開発を継続しており、今後のこの分野での技術貢献に期待したい。特に、技術を具現化するソフトウェアの完成度は高く、地中探査の一般的な分野への展開も可能であると考えられる。

4 - 3 . 総合コメント

敢えて最新の技術にこだわらず、現地での作業において必須条件であるロバスト性を重視して開発したハードウェアをベースに、合成開口、MUSIC(超解像信号処理)、3Dマイグレーション等の信号処理技術を駆使したことで、トータルとして信頼性の高い地雷探知用の地中レーダシステムを開発できたことは評価が高い。

アレイ構造による高速探知は現地のニーズに合致しているが、その一方で、信号処理の部分ではアレイ化に伴う画像の質の低下が発生し、高速化と画像品質のトレードオフがある。10cm以上の深度にある地雷の探知率の改善などが2006年11、12月に行われるカンボジアでの評価試験で実証されれば、技術提供・実用化にむけて大きく前進するものと期待する。

以上