

研究開発課題別事後評価結果

- 1 . 研究開発課題名：地雷検知用ウェアラブル・SAR-GPR の開発
- 2 . 研究代表者名：佐藤 源之（東北大学 東北アジア研究センター 教授）
- 3 . 研究内容及び成果

地中レーダ(Ground Penetrating Rader : GPR)は、都市部でのガス管などの比較的大きく人工的な埋設物の検出の分野で実用化されている技術である。一方、対人地雷は形状が小さく、材質のプラスチックや TNT(トリニトロトルエン) 火薬は土壌と類似した電気特性をもつためにガス管などに比べてレーダ反射が弱く、その検出は非常に難しいといわれている。また、地雷が浅い位置に埋められているため地表面の反射波と紛れてしまう上、不均質な土壌から起こるランダムな散乱(クラッタ)が地雷の反射を覆ってしまう。更に、土質や水分量が場所によって違うため土壌条件は一定ではない。これらのことから、従来の地中レーダ技術では対人地雷の探知は難しい。

こうした問題を解決するため、本プロジェクトではハードウェアとして広帯域、高速なデータ取得可能な装置開発やソフトウェアとしてランダムな散乱による影響を低減する手法の技術開発に取り組み、2つのセンサを試作した。

第一のセンサは「SAR-GPR」である。多数のアンテナを並べたアンテナアレイを移動させながらデータを取得し、コンピュータ上で信号処理して画像化する手法は衛星リモートセンシングで利用されている合成開口レーダ(Synthetic Aperture Radar : SAR)と同一技術であるため、開発装置を SAR-GPR と名付けた。広帯域 GPR 用アレイ・アンテナの開発、粗い土壌に適用する可視化アルゴリズム開発、送受信用小型ベクトルネットワークアナライザの開発などを行った。

レーダ装置本体にはベクトルネットワークアナライザを利用するが、市販の汎用品は重量が 30kg 以上あり屋外では使用できない精密電子機器であるため、今回、重量 1.5kg の小型・携帯型のベクトルネットワークアナライザを新たに開発した。本プロジェクトにおいて SAR-GPR は野波研究チーム(研究代表者：野波健蔵 千葉大学 教授)が開発した MHV(Mine Hunter Vehicle)と呼ばれる小型車両のアームに装着されるが、基本的なセンサユニットとして、その他のポジショナと組み合わせての多様な利用が可能である。SAR-GPR で取得した地中レーダ波形はそのまま(生波形)では地雷の有無の判断が難しいが、SAR-GPR で信号処理を行うことによって、地表面からのクラッタと埋設されたプラスチック地雷を明確に分離して検知できた。さらにこのデータは 3次元表示することが可能である。

第二のセンサは、地雷除去作業員が手動で走査できるハンドヘルド型探知機(Advanced Landmine Imaging System : ALIS)である。ALIS は地中レーダと金属探知機のセンサを一体化しており、その形態および操作方法は従来の金属探知器とほとんど

変わりがなく、現場への導入が容易となるように設計されている。探知機の情報は、無線で別の場所にあるパソコンに送られて画像処理され、水平断面図や立体図に再現される。そのため、従来のハンドヘルド型検知器の欠点であった探知機の音から地雷の位置を経験的に捜すのではなく、画像を見ながら判断することができるようになり、探知・除去作業の信頼性が格段に向上した。

ALIS は取得した GPR データに位置情報があるため、合成開口処理であるキルヒホッフマイグレーションで処理後、3次元イメージ化でき、また金属探知機によるデータは内挿によって画像化することができる。こうした信号処理機能を有するハンドヘルド型デュアルセンサは世界で ALIS が唯一であり、世界的に注目を集めている。

開発した SAR-GPR は地雷被埋設国における技術実証試験に先立ち、香川県坂出市において 2005 年 2-3 月に実施した JST 主催の国内評価実験において性能試験を行った。本実験では埋設された模擬地雷の形状と位置が知らされているキャリブレーションレーンで装置のテストを行った後、埋設位置が知らされていないブラインドレーンで評価を行った。この結果より、金属探知器は、浅く埋設された地雷を検知できるが 20cm 程度の深さに埋設された地雷の検知は困難であることが明らかになった。一方、本プロジェクトで開発した金属探知器と地中レーダを組み合わせた複合センサは、20cm 程度の深さに埋設された地雷の検知に成功しており、その有効性が実証できている。さらに、SAR-GPR および ALIS は、クロアチア共和国で行われた実証試験にも参加し、その有効性について海外の地雷対策機関の専門家から高い評価を受けた。

4 . 事後評価結果

4 - 1 . 技術開発目標の達成度

車載型の SAR-GPR および携帯型の ALIS とともに完成度は高く、地中の地雷を鮮明に映像化することに成功している。また各種のデモや屋外実験などを行い、現場あるいは専門家からのニーズを的確に反映した研究開発が進められた。さらに、ALIS については小型軽量化を実現し、操作性が高くかつ探知精度が高い試作機を完成させることができた（クロアチア共和国での技術実証試験において最も高い探知率を達成した）。ただし、実作業に ALIS を使用することを考えた場合、探知のためのデータ取得に時間を要するため、今後、改善が必須である。

4 - 2 . 得られた研究開発成果の科学技術への貢献度

金属探知機と一体化したセンサシステムの試作のみならず、信号処理のアルゴリズムなど得られた成果は国際会議を中心として広く外部に発表されている。その認知度の高さは、今後、地雷探知の分野のみならず、広く地中探査の分野の科学技術の発展に貢献していくものと考えられる。探知に要する時間の短縮や小型化のキーとなったベクトルネットワークアナライザの低価格化などが、実用化へ向けた課題となる。また、ベクトルネットワークアナライザ単体については、既に実用化可能な状態にあり、今後産業界

での活用が期待されている。

地雷処理機関の専門家からは、操作者は十分に時間を掛けて訓練を積む必要があるが、ALIS は特に地雷除去後の最終的な安全確認のために使うセンサとしてのニーズに合致しているとのコメントを頂いており、実用化への期待が大きい。

4 - 3 . 総合コメント

本研究では、20cm 程度の深さにある地雷を鮮明に画像化するなど、高性能な車載型の SAR-GPR による基本原理および GPR の地雷探知分野での性能限界を明らかにした。また、現場での実用化に主眼をおいて従来の金属探知機と一体化した小型の携帯型探知機 ALIS を製作できたことは高く評価できる。その成果はアフガニスタン、クロアチア、欧州など世界に周知となっており、今後の技術の展開が期待される。

本研究は、当該プロジェクトの当初の目標を十分に達成できたものとするが、さらにチューニング作業の簡素化、探知作業に要する時間の短縮などの使い勝手の改善などを継続し、地雷探知の分野で実用化できる技術に育成していくべきものとする。ALIS については、2006 年 11、12 月にはカンボジアの地雷対策センターの評価試験を、また 2007 年の春から夏にかけては、地雷探知除去機の国際評価プログラム (International Test and Evaluation Program for Humanitarian Demining : ITEP) の評価試験を受けることになっており、そこで今後の改善の成果が発揮されることに期待したい。

以上