

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(GPR ; Ground Penetrating Rader)は、都市部でのガス管等の比較的大きな人工埋設物の検出等において実用化されている技術である。

対人地雷は形状が小さく、材質のプラスチックやトリニトロトルエン (TNT; Tri-Nitro Toluene)火薬は土壌と類似した電気特性を持つためにガス管等に比べてレーダ反射が弱く、その検出は非常に難しいと言われている。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。さらに、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 GPR 技術では対人地雷の探知は困難であった。

こうした問題を解決するため、本研究ではハードウェアとして広帯域、高速にデータ取得可能な装置開発、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 (SAR ; Synthetic Aperture Radar) と同一技術であるため、開発装置を SAR-GPR と名付けた。本装置について、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の開発、送受信用小型ベクトルネットワークアナライザの開発等を行った。

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。本事業において 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探知できた。さらに SAR-GPR で取得した地中データは 3次元表示することが可能である。

第二のセンサは、地雷探知・除去作業員が手で走査できるハンドヘルド型探知機 (ALIS ; Advanced Landmine Imaging System) である。ALIS は GPR と金属探知機のセンサを一体化しており、その形態および走査方法は従来の金属探知機とほとんど

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。ALIS の探知機本体と一体となったモニタにより地雷探知・除去作業員は、画像処理された GPR 探知結果の水平断面図を手元で確認することができる。そのため、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、データ処理後、3 次元イメージ化が可能であり、金属探知機によるデータも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 ALIS が世界で唯一であり、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、金属探知機は、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、本研究で開発した金属探知機と GPR 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探知に成功しており、その有効性が実証できている。さらに、SAR-GPR および ALIS は、2006 年 2 月に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。

これらの結果を受けて、これまでに開発した ALIS (ステップ周波数型) の改良を継続し、より簡単な構造で高速なパルス型 ALIS (ALIS-PG) を開発することができた。特に最後の 1 年間は、本研究の集大成として、海外の地雷対策の専門機関に試作機を評価してもらい、その結果をフィードバックしてより完成度の高い技術実証機を試作することに注力した。まず、2006 年 11 月から 2007 年 1 月にはカンボジア地雷対策センター (CMAC ; Cambodian Mine Action Centre) が計画した試験に、次いで 2007 年 10 月にはクロアチア地雷対策センター (CROMAC; Croatia Mine Action Centre) の管理下にある評価・テストを専門とする CROMAC-CTDT (Croatian Mine Action Center - Center for Testing, Development, and Training) が計画した試験に参加した。評価機関からは、さまざまなコメントがフィードバックされ、今後、さらなる改善と実用化に向けての重要な指針を得ることができた。

人道的な地雷探知・除去、特に地雷を探知する技術について、日本は、本事業発足当時の 2002 年では欧米と比べて約 10 年の遅れがあると言われていた。そこから、もともとポテンシャルの高かった技術シーズを発展させ、この 5 年間で、GPR を金属探知機と複合化させたセンサの分野では、欧米と比肩、あるいは一歩先を行くところまでに到達したと思われる。現在、ALIS-PG は、クロアチア共和国の実地雷原で行われているクオリティ・コントロール作業の現場で、より実践的な試験にチャレンジしている。

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等を行い、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、走査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出来た。2006 年 2 月のクロアチア共和国での技術実証試験において課題となった探知時間の長さについても、パルス型への改良と探知作業手順の改善により短縮することが出来た。

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等、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。今後、地雷探知の分野のみならず、広く地中探知の分野の科学技術の発展に貢献していくものとする。探知に要する時間の短縮にも目途が立ち、今後は実用化へ向けて低価格化等コスト面の問題を解決していくことが課題となる。また、本研究で開発し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。

ALIS-PG については地雷処理機関の専門家からは、まだ走査者は十分に時間を掛けて訓練をつむ必要があるが、より実践的な試験を通して改善を継続し実用化にこぎつけることが望ましい旨のコメントを得ており、現在進行中のクオリティ・コントロール（QC）に関する試験等を経て実用化されていくことが期待される。

4 - 3 . 総合コメント

20cm 程度の深さにある地雷を鮮明に画像化する等、高性能な車載型の SAR-GPR により基本原理および 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置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 を作成出来たことは高く評価出来る。その成果はアフガニスタン、クロアチア、カンボジア、欧州等、世界に周知となっており、現在、実用化に向けてクロアチアでさらなる評価試験を実行中である。

本研究は、当初の目標を十分に達成出来たものとするが、さらに、さらなるチューニング作業の簡素化、探知画像理解の簡単化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出来る技術に育成していくべきものとする。