

災害復旧支援を目的とした埋没危険物探索システムの開発

応用地質（株）中国支社	正会員	○佐藤 好史
応用地質（株）つくば技術開発センター		山下 善弘
応用地質（株）つくば技術開発センター		荘司 泰敬
国土交通省中国技術事務所		紺谷 正紀
国土交通省中国技術事務所		柳瀬 健一郎
国土交通省中国技術事務所		松岡 弘道

1. はじめに

土砂災害等に伴う復旧工事においては、埋没しているガスボンベや車両等危険物が円滑な土砂除去作業の障害となり、復旧工事の遅滞や道路機能停止期間の長期化を招き、当該地域の活動に悪影響を及ぼしている。

しかしながら、土中障害物を検知する既往の物理探査技術では、土砂災害等に求められる探査性能を十分に満たしていないのが実状であり、復旧作業を迅速かつ安全に施工するための埋没物探索手法の確立が求められている。そこで筆者らは、災害復旧現場での適用を想定した埋没危険物探索システムを開発し、現場適用性について検討したので報告する。なお本システムの開発は、国土交通省中国技術事務所と応用地質（株）との間の共同開発として実施した。

2. システムの概要

土砂災害等の復旧現場での探索では、多くの場合、含水比の高い地盤中の埋没物を対象とする。埋没物調査では、地中レーダー探査や電磁法探査、磁気探査等の物理探査手法が用いられるが、含水比の高い地盤では地中レーダー等の電磁波を用いる手法では減衰が大きく十分な探査深度が得られない可能性がある。そこで筆者らは、磁気探査手法を用いてシステムを構築した。今回開発したシステムでは、土砂災害等によって地下に埋没した鉄類等の磁性体により、その周辺で地磁気が乱されて磁気異常が生じる現象を利用する。地表において地磁気を高密度で測定し、地磁気が乱れる箇所を特定し、埋没危険物の位置、深度を推定する。

本システムは、測定システムと解析システムからなる。測定システムの外観を図-1に示す。測定システムは、地磁気を測定するための磁力計とリアルタイムに位置情報を取得する DGPS からなる。磁力計は鉛直方向に2個設置して磁気傾度を測定し、地磁気の時間変化を除去する。DGPS では既定の地点に基準局を設置し、移動局（探索者）の位置精度は基準局からの相対位置精度で 1m 以内である。測定では、探索者自身がシステムを装着し探索範囲をくまなく歩くことによりデータを取得する。

解析システムは、PCに専用の解析ソフトウェアを搭載したシステムである。解析作業では、DGPSによる位置情報と磁力計のデータから磁気異常の平面分布図を作成して埋没場所を推定し、磁気異常の大きさと広がりから埋没深度を推定する。データの解析、解釈には通常専門的な知識や経験を必要とする部分が多く、簡便性を妨げる原因になる。そこで、埋没物として考えられる数種類の対象物を用いて磁気異常の大きさを実験により実際に計測し、深度推定の基礎データを取得した。実験から求めた磁気異常の値と埋設深度との関係を図-2に示す。図-2の結果から対象物を「大・中・小」の3段階に分類した。解析ソフトウェアでは実測されたデータを埋没物深度推定に利用することにより、データ処理から磁気異常の解釈までの手順をほぼ自動化することができた。

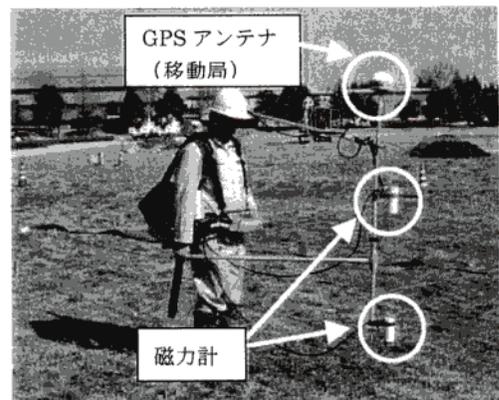


図-1 測定システム外観

キーワード 災害復旧支援、土砂災害、埋没物調査、磁気探査、DGPS

連絡先 〒731-5124 広島県広島市佐伯区皆賀 3-1-30 TEL:082-921-1161 FAX:082-923-0484

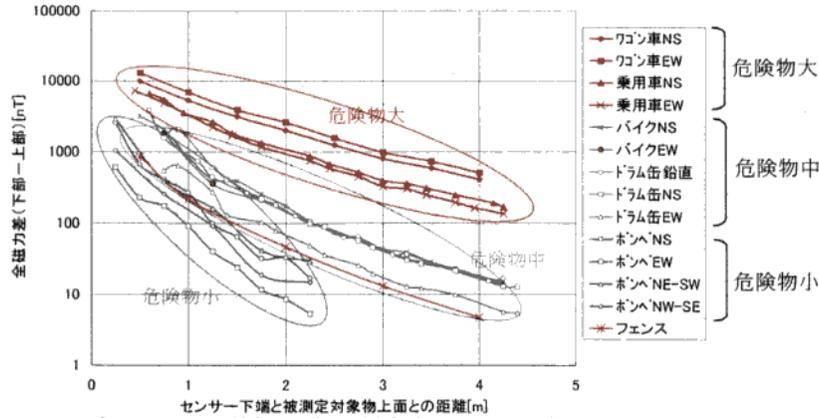


図-2 実測された磁気異常と対象物までの距離の関係

3. システムの適用試験

本システムの実用性を試験するため、実際に地中に磁性体を埋設して本システムの適用試験を行った。適用試験では、図-3に示すように10m×10mの探索範囲の中心部に深さ2.0mのピットを掘削しドラム缶(φ=0.6m)を横向きに埋設した。ドラム缶の上面深度はGL-1.4mである。

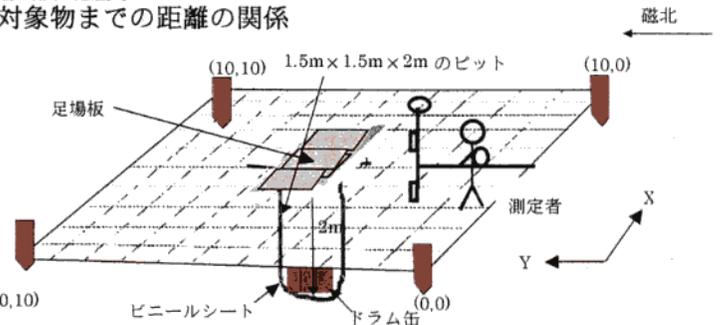


図-3 システム適用試験の概要図

試験結果を図-4に示す。図-4は測定された磁気異常の大きさの平面分布図を示し、図中の点はDGPSによって取得された探索者の軌跡を表す。図-4より、試験範囲中心部に埋設したドラム缶による反応が明瞭に読み取れる。また、解析システムによって推定された結果と、実際の埋設状況とを比較した結果を表-1に示す。推定位置の誤差は、平面位置で0.2m、深度の誤差は0.1mであった。(但し埋設物深度の推定では作業の安全性を最優先にするために、推定深度は0.5m刻みで表示し、推定された埋設深度の値を超えない最大値を出力するように設計されている。例えば1.3mは1.0mと安全側に表示される) 測定、解析に要した時間は、今回行った10m×10mの試験範囲ではデータ転送も含め5分以内であった。

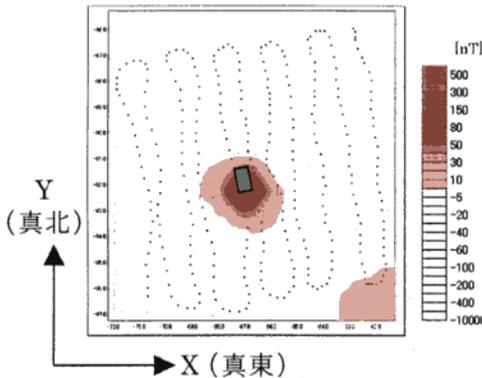


図-4 システム適用試験での出力結果
(中央四角印は実際の埋設位置)

表-1 解析システムで求まる埋設物推定位置と実際の位置との比較

	埋設物の規模	X座標	誤差(X)	Y座標	誤差(Y)	Z座標(深度)	誤差(Z)
解析システムで求まる推定位置	中	-0.2m	0.2m	0.0m	0m	1.3m	0.1m
実際の埋設位置	中(ドラム缶)	0m		0m		1.4m	

ドラム缶はφ0.6m×H0.9mの円筒形

座標軸は真東をX軸、真北をY軸とし、比較のため便宜上ドラム缶埋設中心位置を(0,0)とした

4. まとめ

本稿では、土砂災害現場での土中障害物を探索する目的で開発を行った埋設危険物探索システムについて報告した。迅速な作業性を実現するために、探索者の位置情報をリアルタイムに取得できるDGPSを用い、測定には効率的な調査が行える磁気探査手法を用いて測定システムを構築した。あわせて、汎用PCを用い、磁気異常の実測データベースを組み込んだ専用ソフトウェアでの解析システムを構築した。開発を行ったシステムを用いて実際にドラム缶を埋設して適用実験を行った結果、迅速かつ簡便に、埋設危険物の想定規模と、位置、埋設深度とを推定することができた。今後は、探索作業者の災害復旧現場での安全性を考慮して、探索の無人化施工について検討を加えたいと考えている。