



強い技術シーズの創出と展開

多様な対象へ挑む物理探査技術 — 最近の技術動向と課題 —

地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門
物理探査研究グループ
光畑 裕司

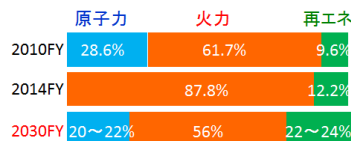


関連する最近の社会情勢



エネルギー

- 福島第一原発事故以来の全国の原子力発電の停止。順次再開に向けた安全審査を実施中。
- 国がまとめた「長期エネルギー需給見通し(エネルギーミックス)」では、2030年に原子力を22~20%、再エネを22~24%程度に。

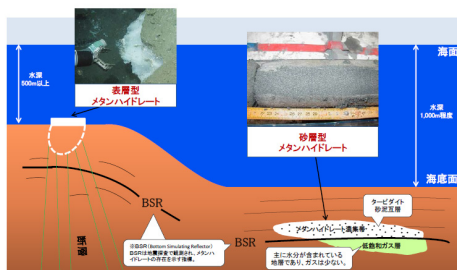


エネルギーミックス(電源構成比)
(資源エネルギー庁「電源開発の概要」)

- 高レベル放射性廃棄物の処分問題
- 「エネルギー基本計画」の中で、地熱エネルギーはベースロード電源としての位置付け。

資源

- 「エネルギー基本計画」の中で、非在来型資源として、表層型メタンハイドレートが従来の砂層型に加えて位置付けられる。
- 海底熱水鉱床については、2018年度までに経済性の評価。その後2023年以降に民間が参画する商業化を目指したプロジェクトが開始されるよう技術開発。



メタハの様々な賦存形態(経産省: 海洋エネルギー・鉱物資源開発計画)
http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/shigen_nenryo/report_01.html



物理探査技術



物理探査とは、物理現象を利用して、光の届かない地下構造、地球内部を可視化する技術

産総研 物理探査研究グループは、

- 安全・安心な生活の維持や持続可能な産業の発展のためには、エネルギー・資源の確保と有効利用、地球温暖化対策、土壌・地下水汚染対策、放射性廃棄物の地層処分、自然災害に対する防災、道路・トンネル等の構造物・インフラの管理など、解決しなければならない多くの難しい課題がある。
- これらの課題への取組には、私達が暮らす地面の下の状況を正確に把握しておくことがまず重要。
- そのための技術開発や適用研究を実施。
- グループ独自の研究テーマにおいて、測定システム・解析ソフトウェア開発や岩石物性試験・物性解釈などの基盤的かつ先端的な研究を主に実施。
- グループ間あるいは部門間共同のプロジェクト研究においては、対象に特化した測定システム開発および適用研究を実施。

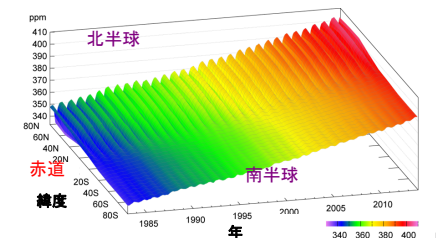


関連する最近の社会情勢



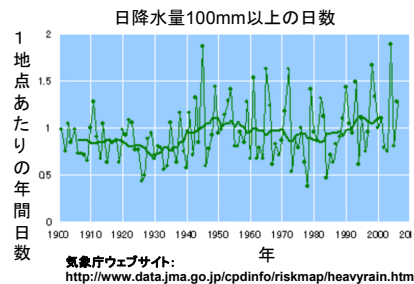
環境

- 温室効果ガス排出増加による地球温暖化。
- 東日本大震災及び景気回復を契機とした、火力発電の増加に伴うガス排出量の連続増加。
- 日本は2030年度に2013年比で温室効果ガスを26%削減する約束草案を国連に提出。
- 二酸化炭素回収・貯留技術への期待。
- 2016年以降、苫小牧実証サイトで、圧入試験を実施。



災害・インフラ維持整備

- スーパー台風・メガ台風、ゲリラ豪雨の発生。
- 土砂災害・深層崩壊、堤防決壊
- 東日本大震災における地盤液状化
- インフラ老朽化(水道管、トンネル等)





物理探査RGの研究対象



地下資源探査分野

- 地熱貯留層評価・管理技術
- 表層型メタンハイドレート資源量評価

地下環境利用分野

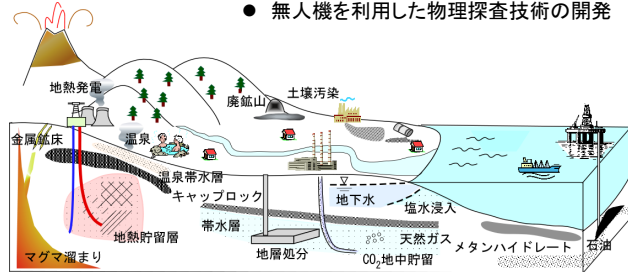
- 地層処分に関連した海域地質環境調査における技術開発
- 二酸化炭素回収・貯蔵安全性評価技術開発

地下環境保全分野

- 土壌汚染調査における物理探査の適用研究

インフラ整備・維持および防災分野

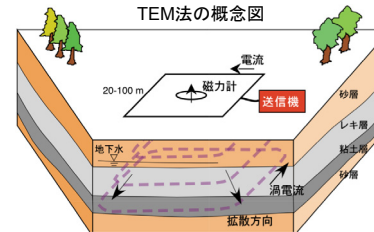
- 巨大地震による複合的地質災害に関する調査・研究
- 各種センサー・原位置計測ツールの開発
- 無人機を利用した物理探査技術の開発



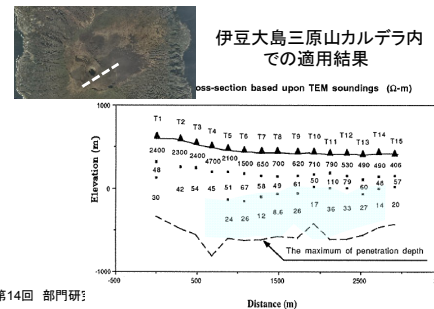
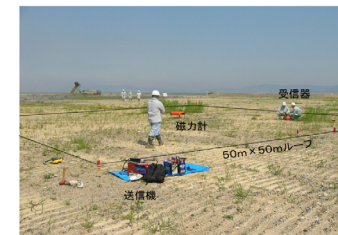
地下資源探査分野



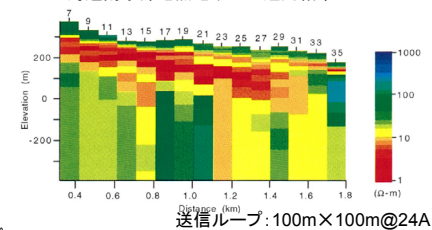
時間領域(過渡応答, TEM)電磁探査法



TEM法の計測風景



北海道南茅部地熱地域での適用結果



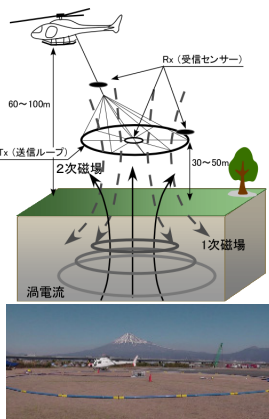
地下資源探査分野



時間領域空中電磁探査法

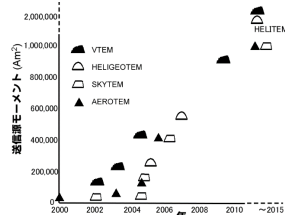


高空間分解能・深部探査



(JOGMEC NEWS RELEASEより)

送信源モーメントの増強による探査深度の深部化。(シンボルの形は電流波形を表現)



- 地熱資源探査
- 鉱物資源探査
- 広域地下水・環境調査

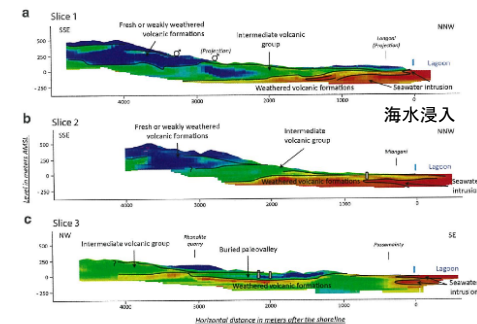
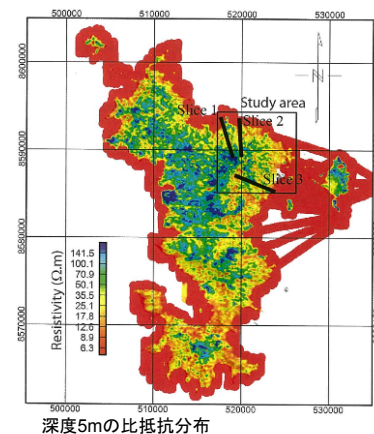


地下資源探査分野



時間領域空中電磁探査法の適用事例

● マヨット島(火山島)での地下水調査



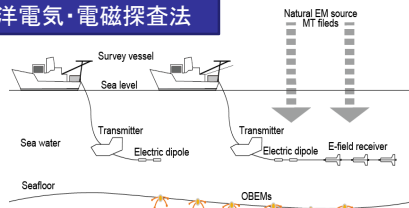
Schamper, C. et al (2013): Airborne transient EM methods and their applications for coastal groundwater investigations, in Wetzelhuetter, C. ed., Groundwater in the coastal zones of Asia-Pacific, Springer, 121-153.



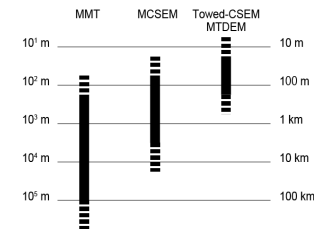
地下資源探査分野



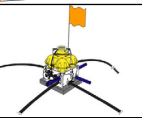
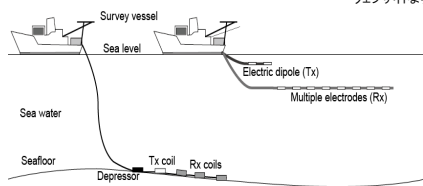
海洋電気・電磁探査法



各種海洋電磁探査法の探査深度



コイル曳航式及びストリーマー型CSEM法



Scripps海洋研究所ウェブサイトより

- 海洋地殻構造調査
- 海洋石油探査
- 海底熱水鉱床探査
- 海底メタンハイドレート探査

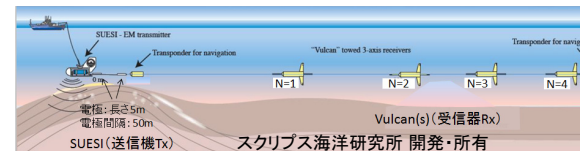


地下資源探査分野

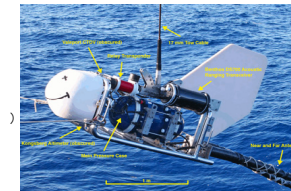


曳航型海洋CSEM(人工信号源電磁)探査法

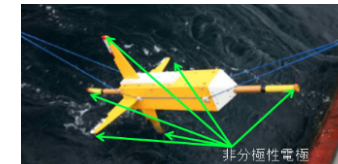
● 表層型メタンハイドレート分布調査



送信機SUESI



受信器Vulcan



| 項目 | 仕様・条件 |
|---------|--------------------------|
| 送信号出力 | 200A ~ 500A |
| ストリーマー長 | 500 + 1000 m |
| 送信電流 | ≒ 200A |
| 送信周波数 | 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 Hz |
| 送受信器高度 | ≒ 50m (30 ~ 100m) |
| 受信器 | 4台(電場3成分) |

(<http://marineemlab.ucsd.edu/>)

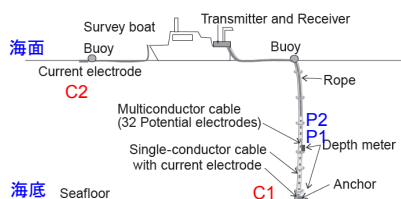


地下資源探査分野

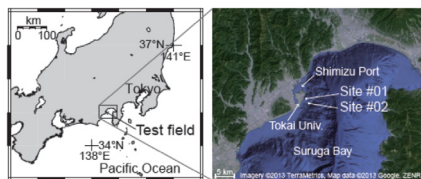


● 鉛直電極配置電気探査法の開発

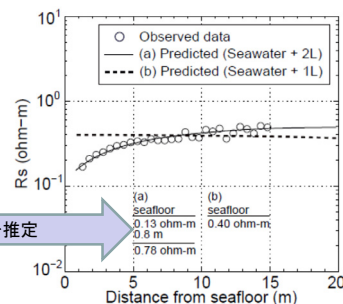
概念図



基礎実験地点(海域)



計測データ解析



海底下の2層モデルを推定

(a) seafloor
0.13 ohm-m
0.8 m

(b) seafloor
0.40 ohm-m
0.78 ohm-m

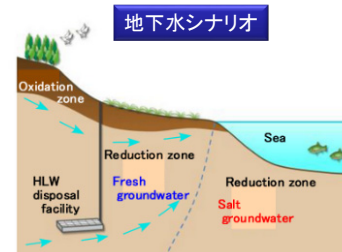


地下環境利用分野

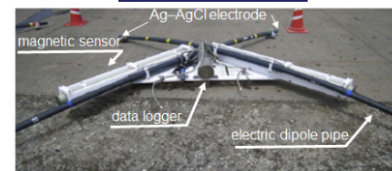


● 沿岸域地下水環境調査技術の研究 浅海域海洋電磁探査システムの開発

探査システム仕様



探査システム外観



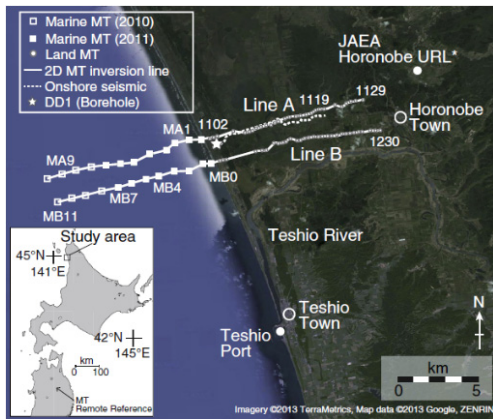
| Size | |
|--------------------------|---|
| Height | 250mm(max) |
| Weight | 143.5kg(in the air), 44.0kg(in water) |
| Water resistance | Up to 250m |
| Dipole length | 5m |
| Data logger /electronics | |
| Channel | 4(Hx,Hy,Ex,Ey) |
| A/D | 24bit/1ch |
| Frequency band | DC~5000Hz |
| Data storage | 8GB Compact flash card |
| Synchronization | GPS(under±1µsec) |
| Power supply | D-cell:12 pieces for digital AA-cell:4 pieces for analog |



地下環境利用分野



● 北海道幌延沿岸海域での適用実験

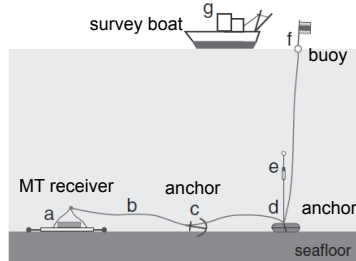


- Line A: 海域 12 測点, 陸域 29 測点
- Line B: 海域 12 測点, 陸域 30 測点

探査システムの投下



探査システムの海底設置

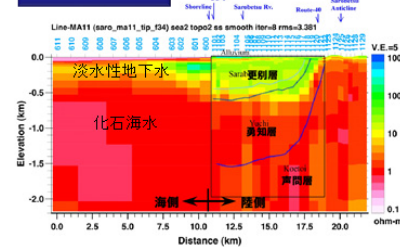


地下環境利用分野



● 北海道幌延沿岸海域での適用実験

比抵抗断面図



- 適用実験の結果、淡水性帯水層が10km 沖合まで延びていることを把握。
- 地下水流動シミュレーションの結果、淡水性地下水の年代は12万年より若い
 ⇒ 塩分は12万年周期で洗い流される。
- その下の化石海水が残留しているゾーンは地下水流動の点で安定している。



地下環境保全分野

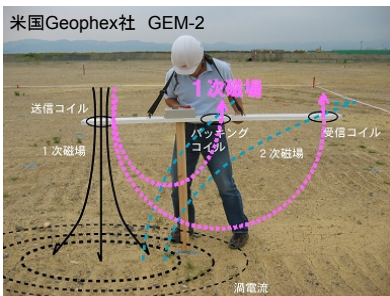


浅層物理探査分野

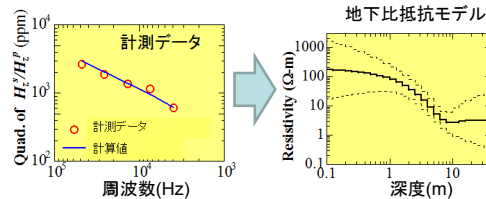
- Near-Surface Geophysics
- Hydrogeophysics

➡ 土壌・地下水汚染や土木・建築, 農業分野への適用

マルチ周波数固定式小型ループ電磁探査法



| 項目 | 仕様 |
|-------------|---------------------------|
| 周波数帯域 | 330 Hz ~ 47970 Hz |
| 複合周波数送信 | 最大15 周波数(典型的には3~5) |
| 送電線周波数モニター | ユーザーに指定周波数(50 または60Hz) |
| ループ配置 | 水平または垂直(普通は水平) |
| 送・受信ループ間隔 | 1.67m |
| 電池 | 12 ボルト標準ノートPCの電池パック |
| 電池放電時間 | 正常な使用で8 時間 |
| アナログ→デジタル変換 | 24 bit A/D (以前は18bit A/D) |
| 重量 | 3ボンド(4kg) |
| 基本出力 | 同相と異相レスポンス (単位: ppm) |
| ポジショニング | マーキングまたは外部GPSデータ入力可 |

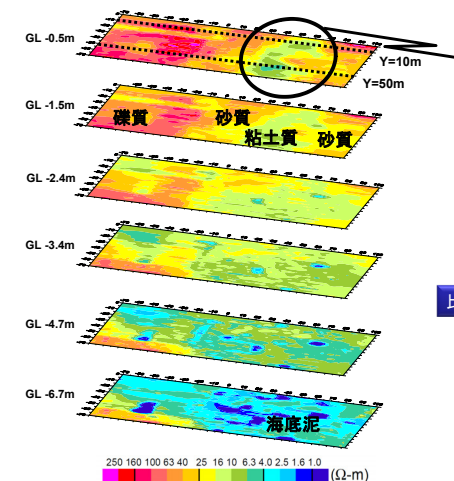


地下環境保全分野

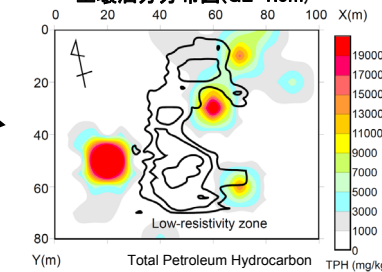


マルチ周波数固定式小型ループ電磁探査法

- 土壌汚染調査への適用事例

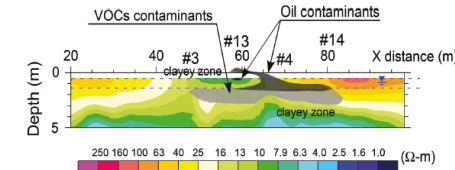


土壌油分分布図(GL-1.0m)



- 油汚染域は低比抵抗異常域の縁辺部に存在
- 粘土質ゾーンの周辺から地下に浸透

比抵抗断面図





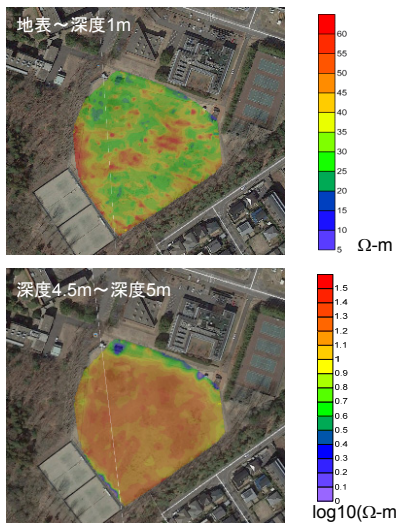
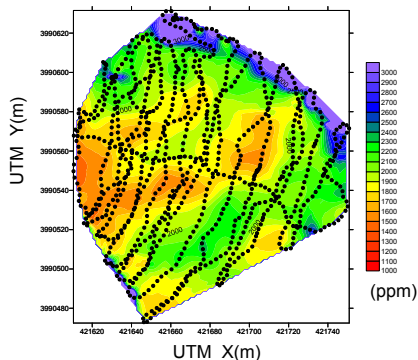
地下環境保全分野



マルチ周波数固定式小型ループ電磁探査法

● GPSを利用した移動連続計測

離相成分データ(15825Hz)



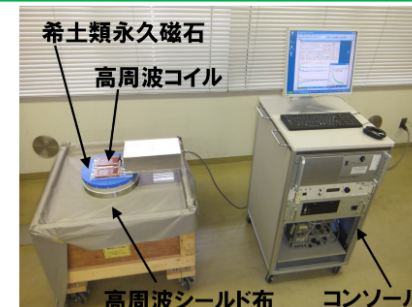
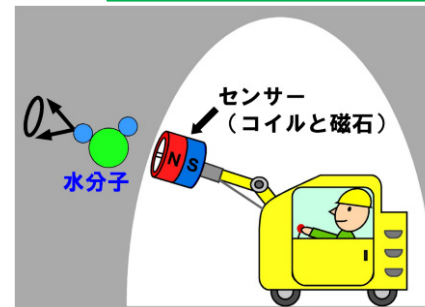
インフラ整備・維持 防災



小型NMRスキャナーの開発

大きな物体を、切り取らず、ラボに持ち帰ることもなく、現場で計測

- 大きな物体の表面をなぞって計測できる磁気共鳴スキャナーを開発
- 数十秒で物体中の水の含有量を計測可能
- 非破壊・原位計測が要求されるインフラ診断などに貢献



実用機のイメージ。たとえば、老朽化したトンネル内部の水たまりの検出。あるいは、打設したコンクリートの水和反応のモニタリング。

開発したプロトタイプ(探査深度3cm)

ポスターセッションへ

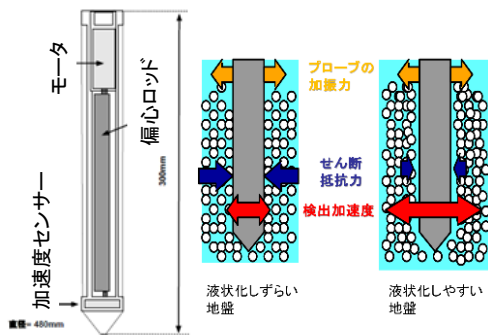


インフラ整備・維持 防災



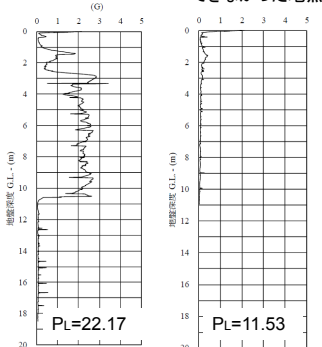
地盤液状化評価のためのパイロコーンの開発

パイロコーンのプローブの中には、偏心ロッドとコアレスモータで構成される振動機構とプローブの加速度を検出するための加速度センサが設置。



● 液状化発生地域で検証実験

@液状化発生地点 VPT加速度 (G)



液状化ポテンシャル(PL)

| | |
|---------|---------------|
| PL=0 | 液状化の危険度はかなり低い |
| 0<PL≤5 | 液状化危険度は低い |
| 5<PL≤15 | 液状化危険度は高い |
| 15<PL | 液状化危険度はかなり高い |

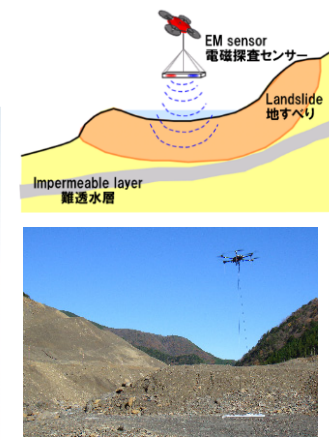
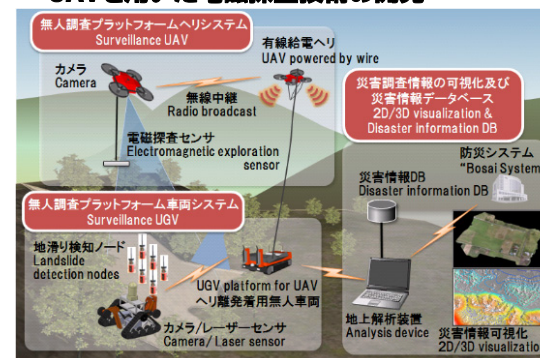


インフラ整備・維持 防災



無人機(UAV,UGV)を利用した物理探査

□ 立入り困難な土砂災害エリアで適用可能な UAVを用いた電磁探査技術の開発



- UAVを利用したマルチ周波数電磁探査法により、土砂堆積物内部の比抵抗分布の可視化。
- 二次崩落の恐れのある土砂堆積物内部の粘土質部分や含水率の高い部分を特定したり、土砂災害エリアの埋設車両等の埋設物の位置特定の実現を目指す。



おわりに



- 地下に関する全ての人為的活動において、地下の可視化技術である物理探査は、常に必要とされる技術であり、今後も多様な対象に、様々なスケールで、その適用が要望される。(新規対象・技術に継続的にチャレンジ)
- 物理探査で得られる地下の画像は、必要対象とする地下物性を間接的に映し出した画像に過ぎない場合がほとんど。その画像が示す意味を解釈するためには、周辺の関連分野の知識が要求され、その知識の集積も怠ってはならない。(単なる技術開発だけでなく、自然の認識・理解が重要)
- 現在、物理探査への期待が高まる一方で、専門として教育する大学の研究室が減少し、専門とする人材が欠乏。
- 人員不足により、取得データの品質管理、新規技術の開発あるいは導入が停滞してしまうのではと懸念。
- 関係機関との連携の強化や、人を惹きつけるための研究成果の効率的で魅力的な情報発信が今まで以上に必要。