

# 防災・維持管理分野における 物理探査の適用

ワーキング・グループの活動報告  
(物理探査に何ができるか)

2006. 9. 21

# [報告内容]

1. 全地連でのこれまでの取り組み
2. 防災・維持管理調査分野の現状と今後の展望
3. 活動目標
4. 活動状況
5. 今年度の計画

# [ 1.全地連でのこれまでの取組み]

## 地質調査業に対する分析

- 地質調査に対する投資は建設投資額の0.3%ほどに過ぎず、その事業量も平成7年度をピークに下降し、平成15年にはピーク時の半分。
- 全地連会員と非会員ほぼ同数を含む地質調査業登録業者数も頭打ち



- 地質調査業の発展すべき分野として、**環境分野、防災分野、維持管理分野**に期待する。
- **環境分野**は、**土壌・地下水汚染調査を実用化**
- **防災分野**は、**実務研修を継続実施し、定着**
- **維持管理分野**は、**適用が少なく、事業拡大の分野**

# 地質調査技術による維持管理分野への展開 に関する調査・研究事業

- 期間：平成16年7月から平成17年1月まで
- テーマ：地質調査技術による維持管理分野への展開
- 内容：実態調査（アンケート、資料収集）  
報告書作成、講演会等の広報活動

# アンケート調査結果

会員620社へのアンケート

期待される調査手法	期待される周辺業務
物理探査とその応用技術 ボーリング・孔内計測等 リモートセンシング で全体の88%	土壌・地下水汚染の調査・工事 自然災害予測調査 構造物の維持管理調査 の3種類に期待大

何に期待するのか？

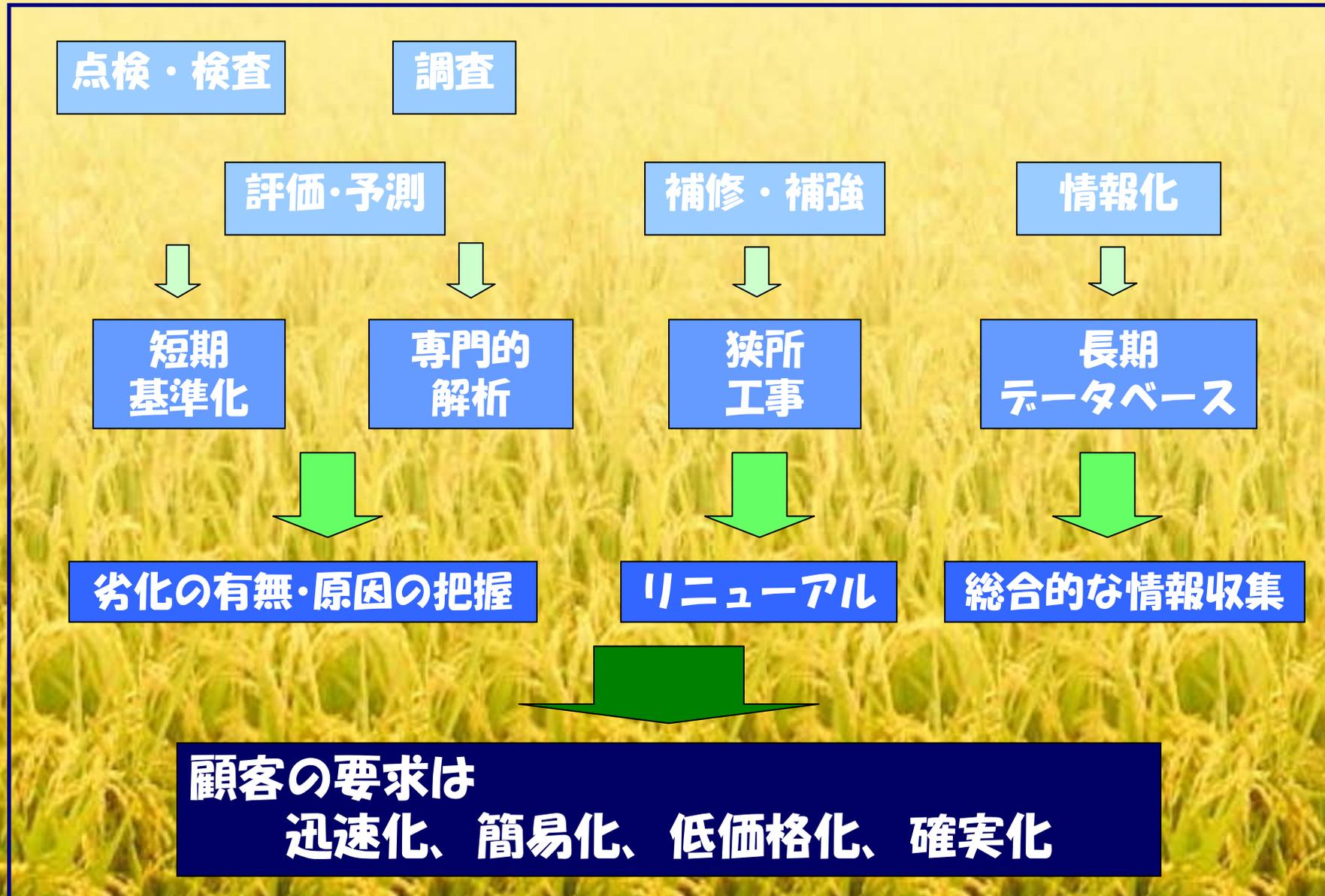
地質調査の応用は？

コスト削減、新市場開発、技術者の充実、得意分野の創出等を目標に挙げる。

# 委員会報告書概要

- 地質調査業の現況と新分野への取組み状況
- 社会資本整備の変化と維持管理に係る事業の動向
- 地質調査技術から見る維持管理に係る事業分野とその役割
- 展開可能な調査手法と問題解決に向けた取組み
- 維持管理に係る事業分野への参入

# 維持管理業務



## [ 2. 防災・維持管理調査分野の 現状と今後の展望 ]

### ・ 現状（地質調査業者として）

**担当分野** 現場での点検・調査  
コンサルとしての診断

**立場** 防災調査での経験を優位な立場として、  
維持管理調査へも参入

**保有人員** 担当技術者は5名以下がほとんど

**売上実績** 協会員の多くの企業は何らかの受注実績を有し、総売上に対し、

**防災に係る点検・調査** 4%

**建造物の維持管理調査**  
**土壌・地下水汚染調査** 各々2%  
**環境アセスメント関連業務**

**環境**

**建造物や施設の維持管理専門業者があり、他の競合業界も動き始めた。**

**他の業界は、建造物、施設に精通しており、作業体制を保有する場合が多い。**

## ・ 今後の展望

- ・ 老朽化構造物の増加に伴い維持管理市場は拡大。
- ・ マニュアル化とデータベース化が多くなり、業務も多様化。
- ・ 新規技術の研究や開発への要求。
- ・ 技術レベルを維持するためのトレーニング、資格認定。
- ・ 企業連携での対応(人的、機材とも)。

## [ 3 . 活動目標 ]

- **比較的浅い領域を対象とする物理探査手法のレビューと課題の抽出**
- **防災・維持管理分野への物理探査手法の適用性の検討**
- **市場化にあたっての課題と必要とする技術開発の方向**
- **機器類の共同保有やレンタル市場に関する検討**

## [ 4 . 活動状況 ]

- **会議体** : 全員で12名の委員から構成  
1~2ヶ月に1回の会合で、作業結果確認、方針決定、意見交換
- **資料収集** : 防災・維持管理9分野で適用されている物理探査事例を収集  
上記事例における、現場作業コストデータの収集
- **報告書作成** : 中間報告書の作成  
物理探査に関して、利用できる調査項目、適用と課題、適用方法について検討した結果の集約

## 4.1 資料収集

### 1. 適用されている物理探査法の収集

- **対象分野**：河川堤防、ダム・貯水池・ため池、海岸・港湾・埋立地、  
道路・鉄道・トンネル、土地造成、ライフライン、建築、  
地すべり・斜面、防災（液状化、活断層）
- **調査項目**：目的、原理、測定法及び判定法、適用範囲、精度  
測定概念図、測定出力及び調査実施例  
基準・要領化の有無、基準・要領

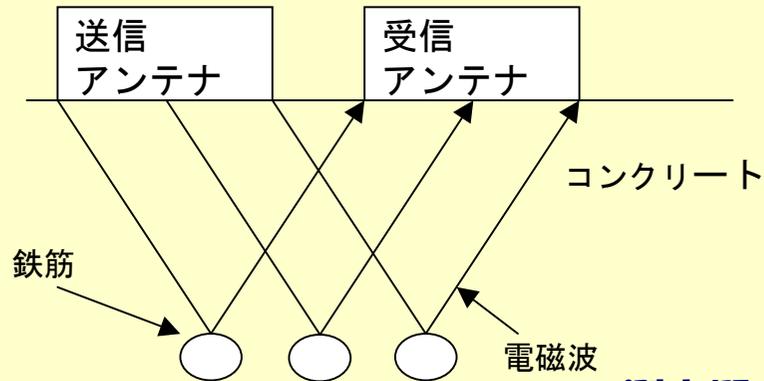
## ・ 収集された物理探査法

河川堤防	4 例	2次元比抵抗、地中レーダ、2次元表面波
ダム・貯水池・ため池	5	2次元比抵抗、地中レーダ、2次元表面波、光ファイバー他
海岸・港湾・埋立地	8	地中レーダ、赤外線、自然電位他
道路・鉄道・トンネル	9	屈折法地震、地中レーダ、2次元表面波、光ファイバー、2次元比抵抗、赤外線他
土地造成	1 4	屈折法地震、地中レーダ、2次元表面波、微動、2次元比抵抗、赤外線、1m深地温、電磁、磁気他
ライフライン	6	音響測定、地中レーダ、管内レーダ他
建築	1 3	微動、地中レーダ、自然電位、検層、赤外線、電磁誘導、衝撃弾性波、超音波、AE他
斜面・地すべり	2	地中レーダ、赤外線
防災（液状化・活断層）	1 0	反射法地震、トモグラフィー、2次元表面波、電磁、PS検層、2次元比抵抗、微動他

# ・ 収集整理例

<b>名称</b>	<b>建築対象の地中レーダ探査</b>
<b>目的</b>	<b>コンクリート中の鉄筋、空洞、ひび割れ・はく離・漏水箇所</b>
<b>原理・測定法及び判定法</b>	<p>&lt;原理&gt;            電磁波をコンクリート内部へ送信アンテナから送信すると、その電磁波がコンクリートと誘電率の異なる物体（鉄筋、空洞）との境界面で反射する。この反射波を受信アンテナで受信し、その伝播速度から反射物体までの距離を求める。</p> <p>&lt;測定法&gt;            コンクリート表面にアンテナを設置し、コンクリート内部に電磁波を送信しながら直線状を移動する。所定の移動距離ごとに反射波を受信し、内部断面の観測パターンを作成する。</p> <p>&lt;判定法&gt;            反射波の観測パターン認識からコンクリート中の空洞や鉄筋等を推定し、次式により、空洞や鉄筋の位置を把握する。</p> $V = C / \sqrt{\epsilon_s}$ $L = V \cdot T / 2$ <p>V：電磁波の伝播速度、L：対象物の深度            C：真空中の電磁波速度、<math>\epsilon_s</math>：コンクリートの比誘電率、T：電磁波送信から受信までの時間</p>
<b>適用範囲・精度</b>	<p>&lt;適用範囲&gt;            電磁波の周波数が、高周波数であるほど分解能が良く、低周波数であるほど検知できる距離が長い。このため、一般には探査対象物（鉄筋、塩ビ管、空洞等）の規模や探査深度を踏まえて適切な送信電磁波の周波数を検討して探査に使用する必要がある。鉄筋探査においては数百MHz～1GHz程度の送信電磁波を使用した専用機が用いられる。この場合の適用範囲は検知できる鉄筋の最小径がφ6mm以上、かぶり厚が5～200mm、分離できる最小の鉄筋間隔が80mm程度である。ダブル筋においては上部筋の検知は可能であるが、下部筋の検知は難しい。</p> <p>&lt;精度&gt;            メーカーにより差が有るが、平面位置精度の誤差：±10mm又は±1%以内            かぶり厚さの誤差：±（5mm+実かぶり厚さの0.1%）または±5%            アンテナの大きさによるが、1GHzで深さ100mm以内の場合水平分解能50～100mm程度</p>

## 測定概念図

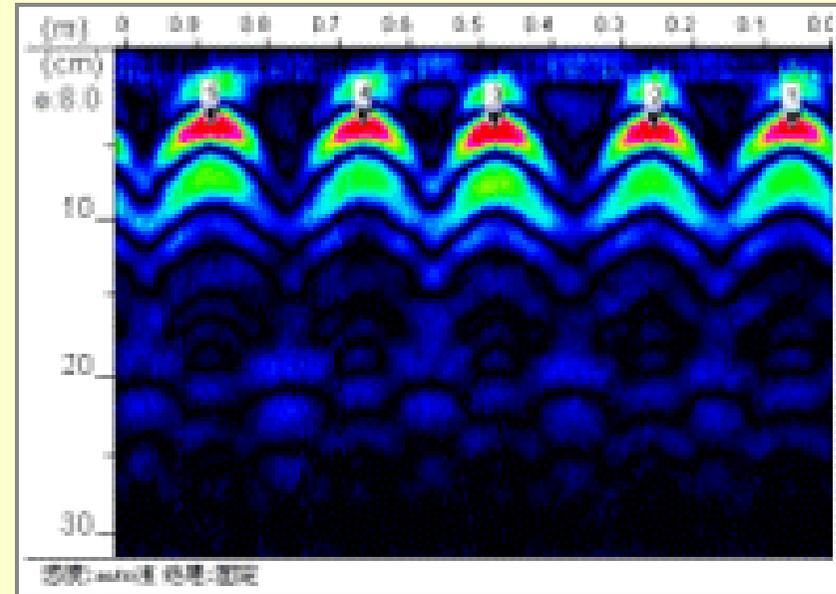


測定概念図



測定状況

## 測定出力及び調査実施例



測定出力

## 基準・要領化の有無

有  
要領：非破壊試験によるコンクリート構造中の配筋状態及びかぶり測定要領案  
(国土交通省)

参考資料：コンクリート診断技術 03 基礎編 (社団法人日本コンクリート工  
学協会)

物理探査学会、物理探査ハンドブック、物理探査学会、1998  
(株)コンステック、<http://www.constec.co.jp>

## ・適用範囲や精度

### 適用範囲

- ・適用対象
- ・適用条件
- ・探査深度、分解能等
- ・適用手法の特長

### 精度

- ・測定精度、解釈精度、さらに、総合的な確度の精度を考慮
- ・関係因子が多い
- ・絶対的精度より相対的精度が多い



- ・要求精度との関係分析

## 2. 物理探査法における現場でのコスト

- **調査対象**: 資料収集1で収集した事例に対して
- **調査項目**: 使用機器の構成、使用機器の価格  
作業員の構成、作業能率
- **その他**: 機器レンタル市場の現状価格



**今後整理・分析予定**

## 4.2 報告書作成

・中間報告書を次のような項目でまとめました。

◆はじめに

◆委員会活動の概要

◆中間報告書本文

防災・維持管理分野で物理探査が利用できる調査項目

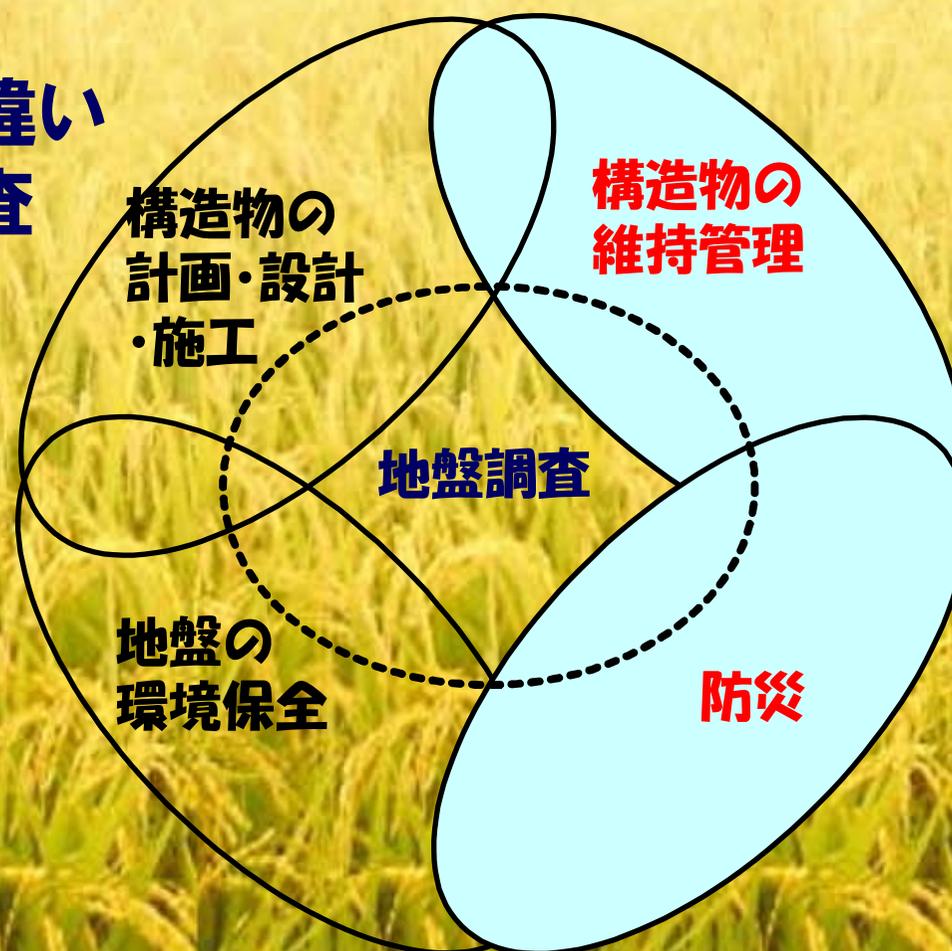
防災・維持管理分野への物理探査の適用と課題

防災・維持管理分野で要求される物理探査

◆物理探査手法整理表(資料収集データ)

# ・ 物理探査が利用できる調査項目

- ・ 防災・維持管理分野の範囲
- ・ 近接分野との違い
- ・ 従来型による調査との違い
- ・ 現状で適用している調査



# 近接分野との違い（非破壊検査技術）



# 従来型による調査との違い

	従来型物理探査	防災・維持管理分野での物理探査
<b>探査計画</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>探査対象の物性値、探査深度や分解能を決め探査方法等を計画</li> </ul>	
<b>探査目的</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計や施工で必要なあるいは問題となる地盤情報の入手</li> <li>概略調査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全性や機能維持を求めて変状や劣化等の把握及び診断</li> <li>精度等がより高い詳細調査</li> </ul>
<b>探査場所</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自然状態のフィールド</li> <li>探査深度は数100mまで種々</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自然状態のフィールドも対象だが、人為的な構造物が多い</li> <li>探査深度は比較的浅く、数cm～数10m</li> <li>トレーサーや対象物に探査を容易にする準備も可能</li> </ul>
<b>探査方法</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>単発型調査</li> <li>単純化</li> <li>基準化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>継続型調査も含む</li> <li>多様化</li> <li>センサーの小型化、結果の画像化やリアルタイム性、システムの自動化必要</li> </ul>
<b>探査結果</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>探査精度 数m～数10m</li> <li>設計や施工用の数値及び構造図</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>探査精度 数cm～数m</li> <li>劣化・異常部の分布図</li> <li>健全度判定結果</li> </ul>

# ・物理探査の適用と課題

- ・適用対象により物理探査手法の分類が可能。

**構造物対象：超音波、音響、打音、衝撃弾性波、AE、X線  
自然電位、分極抵抗、電磁誘導**

**中間型：地中レーダ、赤外線熱映像、光ファイバー、磁気**

**地盤対象：電気（2次元、垂直、IP、トモグラフィ）、電磁、  
地震（屈折、反射、トモグラフィ）、表面波（定常  
振動、2次元）、微動、重力、地温、検層**

## ・適用状況（1）

<p><b>河川堤防</b></p>	<p><b>変状あるいは破堤 部分的な変状 漏水</b></p>	<p><b>2次元比抵抗、地中レーダ、 2次元表面波</b></p>
<p><b>ダム・貯水池・ ため池</b></p>	<p><b>堰堤の変状・破堤 部分的な変状 漏水 周辺斜面の不安定化</b></p>	<p><b>2次元比抵抗、地中レーダ、 2次元表面波、光ファイバー 超音波</b></p>
<p><b>海岸・港湾・ 埋立地</b></p>	<p><b>路面の変状・破損 埋立地盤の変状 施設、埋設管等の変状</b></p>	<p><b>地中レーダ、赤外線熱映像、 表面波(定常振動)、自然電位、 超音波</b></p>
<p><b>道路・鉄道・ トンネル</b></p>	<p><b>盛土地盤、橋梁の変状 路面、軌道面、覆工の変状 切土斜面、吹付法面の変状 出水</b></p>	<p><b>屈折法地震、地中レーダ、 2次元表面波、光ファイバー、 2次元比抵抗、赤外線熱映像、 超音波</b></p>

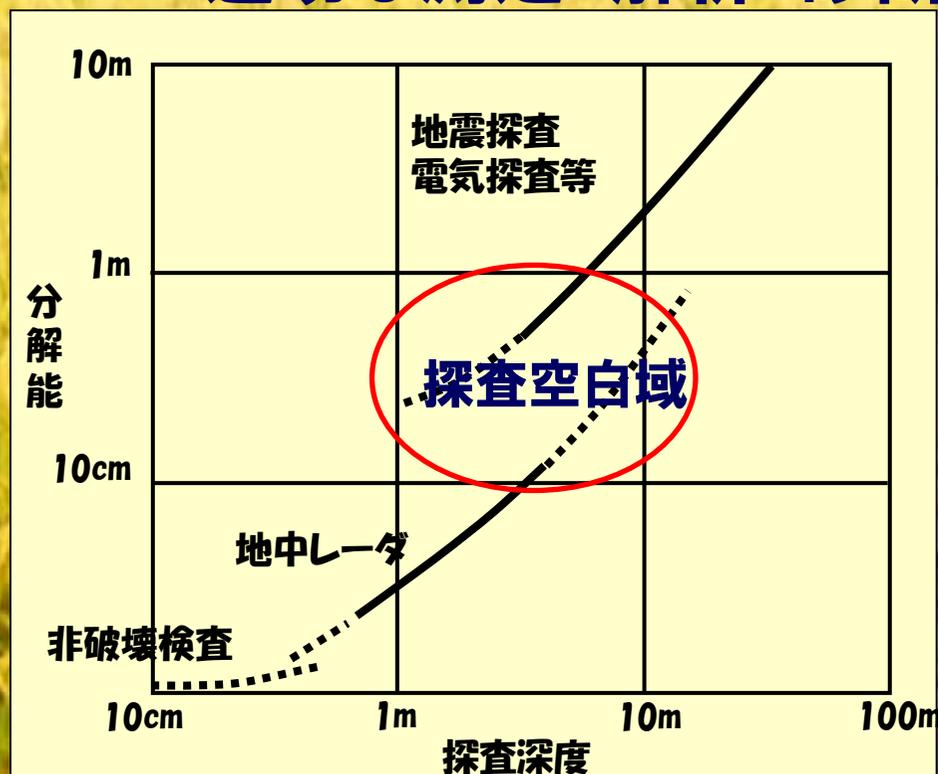
## ・適用状況（2）

土地造成	法面の変状あるいは崩壊 地盤、擁壁の変状 構造物の不同沈下 危険物	屈折法地震、反射法地震、地中レーダ、2次元表面波、表面波(定常振動)、微動、2次元比抵抗、垂直電気、赤外線熱映像、1m深地温、電磁、磁気
ライフライン	地盤陥没 埋設管の損傷	音響測定、地中レーダ、管内レーダ、反射法地震
建築	建物の劣化 構造物基礎の確認	微動、地中レーダ、自然電位、分極抵抗、検層、赤外線熱映像、電磁誘導、衝撃弾性波、超音波、AE、X線
斜面・ 地すべり	地すべり 法面、吹付法面の変状・崩壊	地中レーダ、赤外線熱映像、屈折法地震、2次元比抵抗
防災（液状化・ 活断層）	液状化 活断層、地質構造	反射法地震、トモグラフィー、2次元表面波、電磁、PS検層、2次元比抵抗、IP、微動、重力

## ・適用のための課題

現状の物理探査技術での課題：

- ・探査深度と分解能で維持管理分野の要求領域に対する手法
- ・結果が間接・定性的、さらに、劣化判定手法
- ・結果の解釈における経験や技術力の差
- ・適切な測定・解析・診断のための教育・実習



物理探査手法の探査深度と分解能の関係図

10数mまでの探査深度で、数cm～mオーダの分解能を可能にする探査手法が空白

# ・要求される物理探査

## ・会議体での討議

- ・従来型を利用して何が出来るか
- ・従来型とは全く異なる計測が必要（精度不足、概略調査用の技術を詳細点検に適用等）
- ・技術の能力限界を把握し、改良
- ・探査結果だけでなく評価を含めた総合解釈が必要
- ・物理探査に期待が少なく、要求がない場合が多い
- ・他の手法に比べ高価なので、成果の優位性や独自性がないと競争力に欠ける
- ・利益率が低く、コストの見直しが必要
- ・技術やその成果に対して理解を得るための教育、広報

## ・報告書での説明

- ・主な維持管理対象に対して取得した物性値と劣化診断指標との関係
- ・従来型とは異なる観点からの探査手法の提案

## ・複数の探査手法の組み合わせ

2次元表面波探査  
S波速度構造

地中レーダ探査  
電磁波反射構造

S波速度構造から地盤の強度低下  
区域を把握し、そこでの電磁波反射  
構造で空洞を絞り込む。

道路

2次元表面波探査  
S波速度構造

屈折法地震探査  
速度構造

2次元比抵抗探査  
比抵抗構造  
比抵抗差分構造

速度構造から風化層が求まり、さらに、S波速度構造か  
ら地盤の強度低下区域を把握する。降雨時の水位上昇箇所  
を比抵抗探査結果から求め、危険箇所を抽出する。

斜面

# [ 5.今年度の計画 ]

顧客から求められているもの

- 物理探査へのニーズ調査



- ニーズの多い分野の絞込み



どんな対応があるか

- 物理探査適用の提案



- 適用方法の標準・要領化

正しい理解の促進

A vast field of golden rice under a bright sky. The rice stalks are densely packed and reach towards the horizon, creating a sense of depth and abundance. The lighting is bright, highlighting the golden hue of the grain.

**終**

**大場 恒彦**  
**（日本物理探鑛株式会社）**