

路面下空洞探査
技術マニュアル
(案)

平成 29 年 9 月

路面下空洞探査車の探査技術・解析の品質確保コンソーシアム
協力：一般社団法人 全国地質調査業協会連合会

はじめに

昨今、集中豪雨や局地的大雨などの異常気象による道路の冠水や、都市部を中心とした地下インフラ設備の老朽等を原因とする空洞化による道路の陥没が多発しており、社会問題となっています。突然発生する路面の陥没は人命に関わる重大事故につながる危険性があるため、自動車、自転車や歩行者が道路を安全・安心に通行できるように、いかに路面陥没の発生を防ぐかが重要な課題となっています。

このような課題に対して、道路パトロール等の目視による点検では陥没の発生原因である路面下の空洞発生状況を把握することが困難であることから、地中レーダ技術を用いた路面下空洞探査車による調査が、直轄事業および地方自治体にて進められています。

一方、調査に必須となる路面下空洞探査車を保有している会社は現在 10 社程度であり、現状は路面下空洞探査を実施できる企業が限定的であると言えます。このような需要（業務量）と供給（路面下空洞探査を実施できる企業）のバランスが崩れている状況は、今後、品質の低下を招く恐れがあり、路面下空洞探査技術の普及は喫緊の課題となっています。また、品質の向上を図る上で『空洞の検出』だけではなく『空洞の発生原因の究明』、『陥没発生による危険性の評価』までを視野に入れ、物理探査、地質調査の各技術者が意見交換できる環境整備も必要であると考えます。

路面下空洞探査車の探査技術・解析技術の品質確保コンソーシアムは、路面下空洞車の仕様を統一するとともに、探査技術・解析技術における品質の確保と向上を図ることを目的として、一般社団法人 全国地質調査業協会連合会の『新マーケット創出・提案型事業』において平成 28 年に設立しました。

道路や地下埋設物を管理する方々や、地中レーダ探査を実施する企業の方々に路面下空洞探査技術をご理解いただくことが、技術の普及、品質の確保と向上につながると考え、このたび初めて路面下空洞探査技術のマニュアルを発行させていただく運びとなりました。本マニュアルをご利用、ご活用いただき、皆様方の貴重なご意見を頂戴し、さらに研究を重ね、充実したものとしてまいる所存でございますので、皆様には忌憚のないご意見を賜れば幸いと存じております。

最後ではございますが、本マニュアル作成に当たり、ご支援、ご協力をいただいた一般社団法人 全国地質調査業協会連合会 技術委員会、関係機関、関係各位に深く感謝申し上げます。

平成 29 年 9 月

路面下空洞探査車の探査技術・解析技術の品質確保コンソーシアム
会長 宇野 嘉伯

路面下空洞探査車の探査技術・解析の品質確保コンソーシアム

<技術委員会>

委員長：	岡田 聡	(応用地質株式会社)
副委員長：	沼宮内 信	(川崎地質株式会社)
委員：	秋葉 正一	(日本大学)
〃	：宇野 亨	(東京農工大学)
〃	：伊東 広敏	(国際航業株式会社)
〃	：鴨下 智裕	(応用地質株式会社)
〃	：積田 清之	(基礎地盤コンサルタンツ株式会社)
〃	：内藤 好裕	(大和探査技術株式会社)
〃	：藤田 淳	(株式会社ダイヤコンサルタント)
〃	：牧野 由美子	(越前屋試錐工業株式会社)

<加盟企業> (五十音順)

株式会社アサノ大成基礎エンジニアリング
株式会社ウエスコ
越前屋試錐工業株式会社
応用地質株式会社 (幹事会社)
川崎地質株式会社
基礎地盤コンサルタンツ株式会社
株式会社キタック
国際航業株式会社
サンコーコンサルタント株式会社
株式会社ジオテック
株式会社ダイヤコンサルタント
大和探査技術株式会社
中央開発株式会社
株式会社東建ジオテック
東邦地水株式会社
長崎テクノ株式会社
日本物理探査株式会社
株式会社三井E & S テクニカルリサーチ

目次

1. 目的	1
2. 地中レーダ探査の概要	2
2. 1 地中レーダ探査の原理	2
2. 2 地中レーダ探査により得られる情報	5
2. 3 異常信号の抽出および空洞の判定	7
3. 調査の流れ	9
4. 調査方法	11
4. 1 計画・準備	11
4. 2 現地踏査	14
4. 3 一次調査（車道部および歩道部の探査）	16
4. 4 一次調査（データ解析）	20
4. 5 二次調査（ハンディ型地中レーダ探査）	30
4. 6 二次調査（スコープ調査）	32
4. 7 評価・とりまとめ	36

1. 目的

路面下空洞探査は、突然発生する道路路面の陥没事故を防止するため、路面下空洞探査車等を用いて路面下の空洞状況を把握することにより、安全安心かつ円滑な通行の確保に資することを目的とする。

<解説>

路面下空洞探査は、長大な道路区間において地中レーダ探査装置を搭載した路面下空洞探査車等を用いて空洞の可能性がある異常信号箇所を効率的に抽出し、空洞の有無の確認や陥没の危険性を評価することにより陥没事故の未然防止に寄与するものである。

路面下空洞探査においては、正確かつ漏れなく空洞の位置を把握するため、要求される探査精度を有する測定装置を使用し、適切な手順で実施することが重要である。

また、発見した空洞については陥没の危険性等を評価し、対策につなげる必要がある。

2. 地中レーダ探査の概要

2. 1 地中レーダ探査の原理

地中レーダ探査は、地中に電磁波を放射し、電気特性の異なる境界で反射した電磁波を捉えることにより、地中を探査する方法である。路面下空洞探査においては、一次調査および二次調査（ハンディ型地中レーダ探査）の探査手法として適用している。

（1）概要

地中レーダ探査（Ground Penetrating Radar: GPR）は電磁波の地下物体からの反射を利用した地下探査手法であり、地下の状況を高速かつ高精度に可視化できることが特長である。また、深度 2m 程度までの地下浅部を対象とした物理探査手法の中では最も分解能が高く、空洞、地盤構造、埋設物、埋設管、遺跡等の調査に広く利用されている。

地中レーダ探査の測定方法は、一般的には図 2.1.1 左の模式図に示したように、送受信アンテナを用いて地表面を移動しながら連続的に測定する。測定記録はリアルタイムで測定器ハードディスクに収録される。その際に、図 2.1.1 右に図示したような地中の反射波の振幅に応じて着色された探査記録が得られる。この探査記録について解釈を行うことにより、地中の状況を推定するものである。

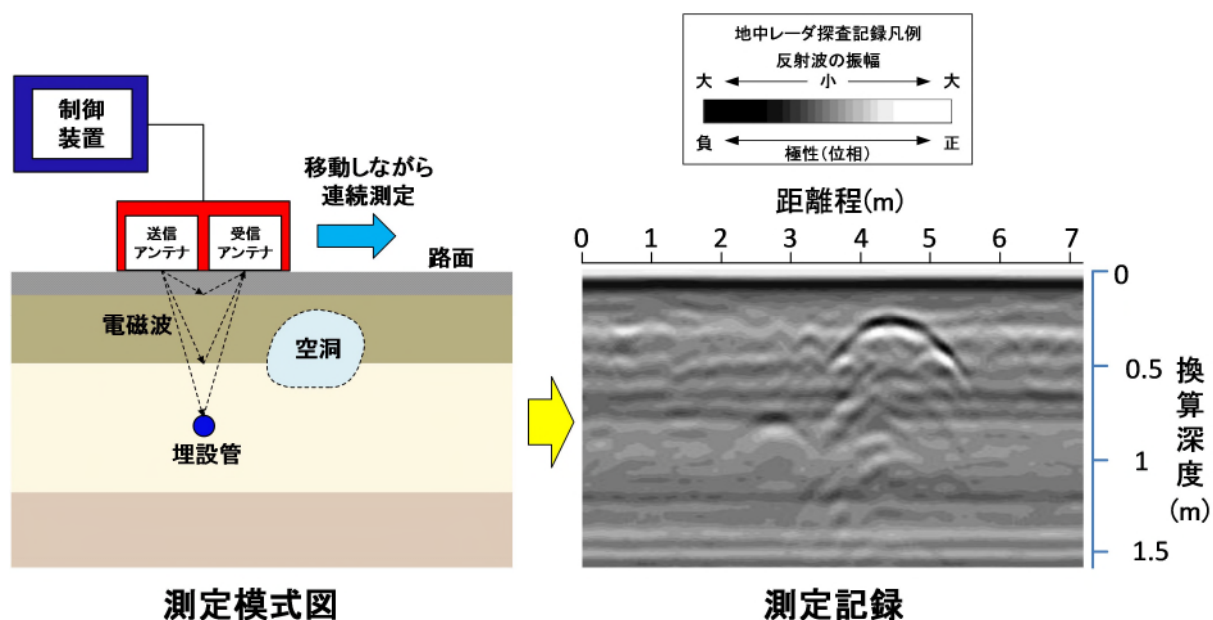


図 2.1.1 地中レーダ探査の測定模式図および測定記録

(2) 原理

地中では、送信アンテナから路面に向けて入射された電磁波は拡散・減衰しながら伝播し、道路内のアスコン層底面や路盤層底面、空洞上面および下面、地層境界等で次々に反射して、それが受信アンテナに捉えられる。入射波の大きさに対する反射波の大きさを反射率(R)と称し、図 2.1.2 のように境界を構成する材質の比誘電率 ϵ_1 、 ϵ_2 によって表される。

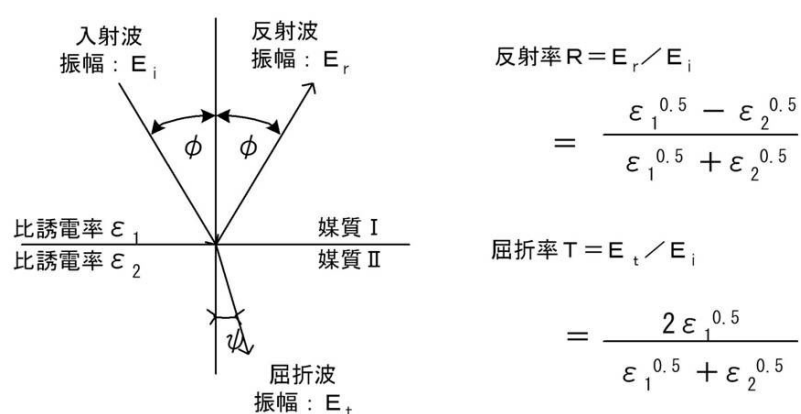


図 2.1.2 境界における電磁波の反射と屈折

反射率(R)が大きいほど反射波の振幅は大きくなり、探査記録上ではより明瞭な（強い）反応として現れる。したがって、反射面となる境界を成す材質の比誘電率の差異が大きいほど反射波は明瞭となる。

また反射率(R)が負（マイナス）となる場合には、反射波が逆位相となる特徴がある。すなわち、送信した波形と逆方向に振れる波形として受信される。

表 2.1.1 に舗装道路に関係する主な材質の比誘電率について示す。

表 2.1.1 主な材料の比誘電率、比抵抗

材料名	比誘電率	比抵抗(Ωm)	備考
アスファルト	4.5~9	数 1000~数 10000	材質、含水条件によって変化
コンクリート	5~7	50~200	同上
砕石	7.5~18	10~数 1000	種別、含水条件によって変化
土砂	10~36	20~数 1000	同上
空気	1	∞	

※誘電率：電気誘導容量ともいい、物質を電界内（電圧差のある状態）においた場合に単位電界中にあって単位体積中に蓄えられるエネルギーの大きさ。

比誘電率：真空の誘電率に対する物質の誘電率の比

比抵抗：単位断面積を通る電流に対する単位長あたりの電気抵抗

表 2.1.1 に示した比誘電率より路面下で想定される境界面の反射率を計算すると、以下のよう求められる。

空中のアンテナ／アスファルト表面	: 反射率 (R) = -0.50 ～ -0.36 程度
アスファルト底面／路盤上面 (碎石)	: 反射率 (R) = -0.33 ～ +0.05 程度
路盤底面 (碎石)／地盤上面 (土砂)	: 反射率 (R) = -0.37 ～ +0.15 程度
路盤 (碎石)／空洞 (空気)	: 反射率 (R) = +0.47 ～ +0.62 程度

上記より、反射率の絶対値は空洞の場合が最も大きいため、空洞では特に反射波の振幅（反射強度）が大きくなる。また、空洞の場合のみ反射率がすべて正（プラス）になるため、空洞上面の反射波は発信した電磁波と同位相の反射波（正極性）が発生する。一方、空洞以外の物質では、ほとんどの場合逆位相（負極性）の反射波が発生することから、反射波の極性は空洞の可能性を判断する重要なデータとなる。

2. 2 地中レーダ探査により得られる情報

路面下空洞探査では、一次調査および二次調査（ハンディ型地中レーダ探査）の手法として地中レーダ探査法を適用している。一次調査と二次調査の各段階において、地中レーダ探査により得られる情報等について解説する。

（１）一次調査における地中レーダ探査

路面下空洞探査の調査項目のうち一次調査では、調査対象となる道路において、効率的かつ漏れなく空洞の可能性のある「異常信号箇所」を抽出することが求められる。特に車道部においては路面下空洞探査車を使用して探査を行うため、その際に得られる情報は図 2.2.1 に示すように、基本的には道路縦断方向に平行に設定した複数の地中レーダ探査記録となる。

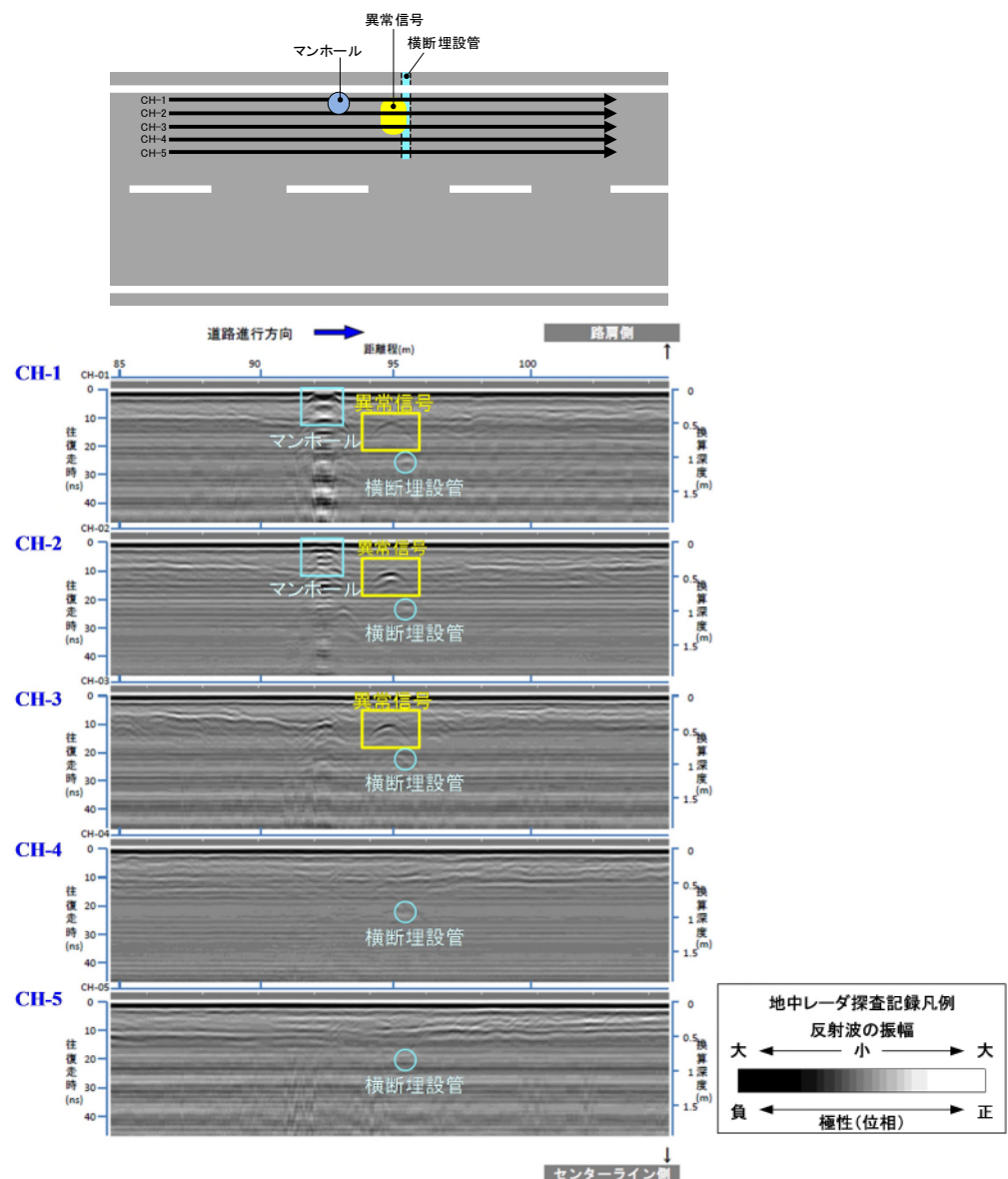


図 2.2.1 一次調査における地中レーダ探査測定模式図（上段）
および地中レーダ探査記録（下段）

（２）二次調査における地中レーダ探査

二次調査では、一次調査の結果抽出した異常信号箇所について、異常範囲の詳細な把握や空洞の可能性を再判定するために行う。図 2.2.2 に標準的な測線設定例、図 2.2.3 に取得した探査記録例を示す。異常信号箇所周辺を通行規制してハンディ型地中レーダ探査装置を用いて実施するため、道路横断方向など任意の方向に測線を設定することが可能である。また、異常信号箇所周辺の詳細な状況を目視確認することができるため、埋設管等の構造物との位置関係や路面の変状状況を観察し、空洞化原因の推定に役立つ情報を得られるという利点がある。

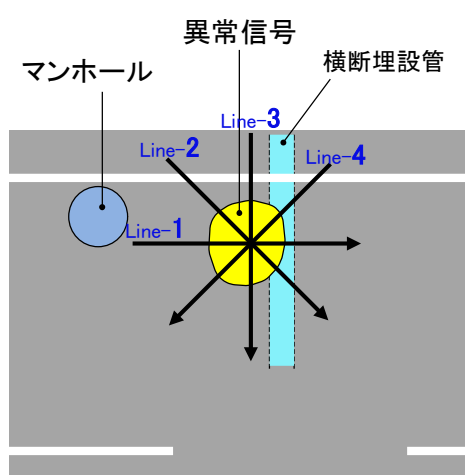


図 2.2.2 二次調査における
地中レーダ探査測定模式図
(クロス調査)

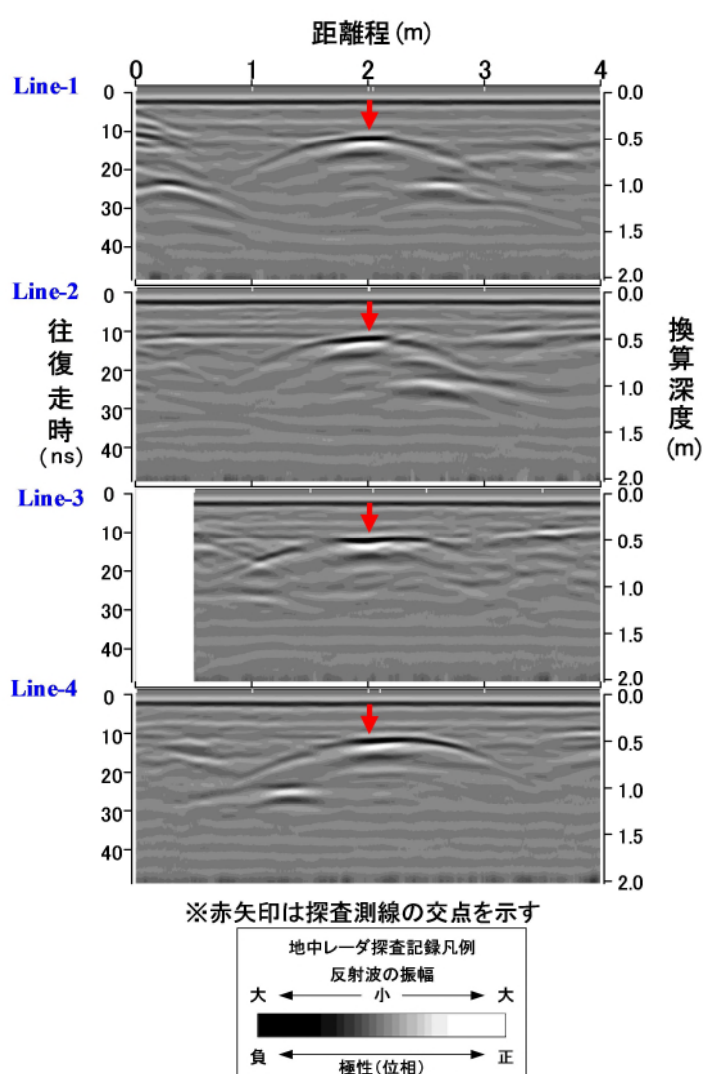


図 2.2.3 二次調査における
地中レーダ探査記録

2. 3 異常信号の抽出および空洞の判定

地中レーダ探査記録に現れる様々な反射像のうち、空洞の可能性を有するものを異常信号と呼ぶ。異常信号の抽出においては、地下を伝播する電磁波の性質や、過去の検証事例から得られた知見等に基づき、探査記録に現れる特徴を判別して空洞の判定を行う。

(1) 異常信号とは

地中レーダ探査の記録には、埋設管や人孔等の構造物や地層境界、地盤に混入した異物、空洞等からの様々な反射波が現れる。異常信号とは元来、地中レーダ探査記録に現れる反射波のうち、「道路構造や地下埋設物等を表すものとして説明ができないもの」の総称であったが、現状の路面下空洞探査においては「空洞の可能性を有する反射像」を指すことが多い。そのため、本マニュアルでは「地中レーダ探査記録に現れた空洞の可能性を有する反射像」を異常信号と称することとする。

参考として、図 2.3.1 に地中レーダ探査で得られた典型的な記録例を示す。

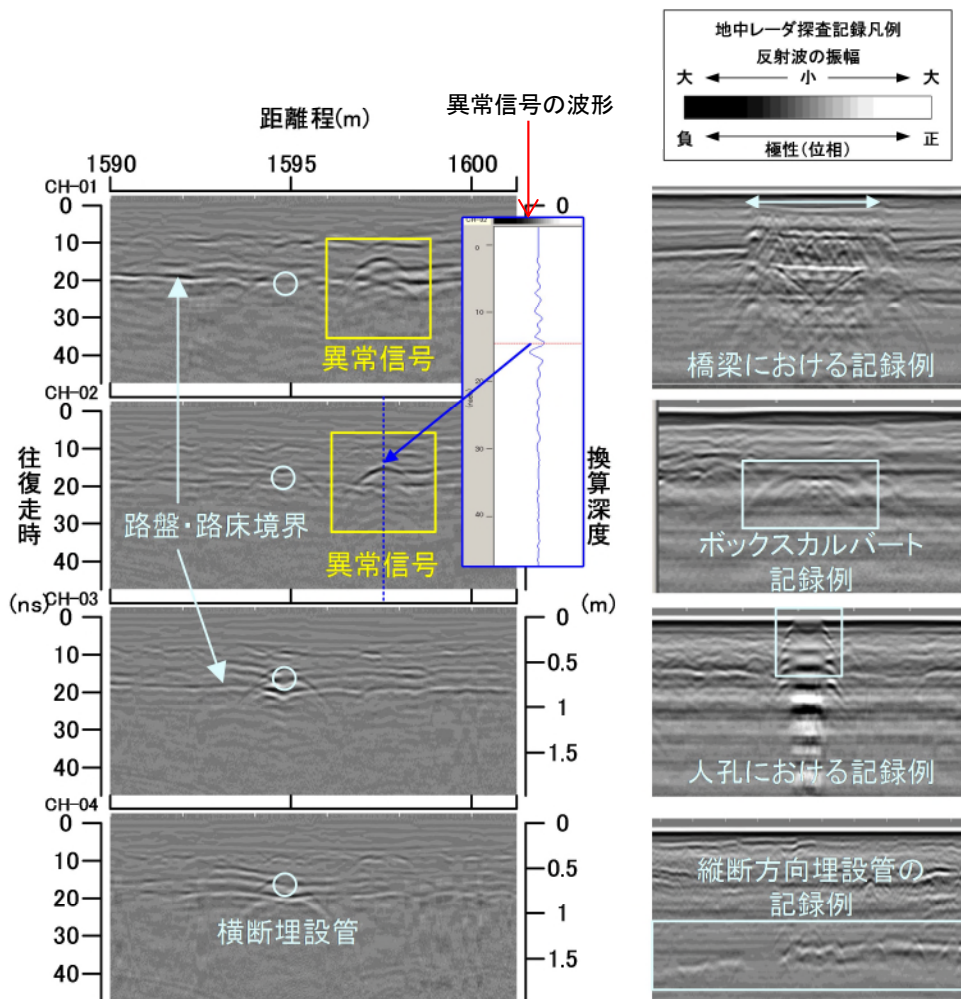


図 2.3.1 地中レーダ探査で得られた典型的な記録例

（２）空洞の判定

地中レーダ探査記録から空洞の可能性のある異常信号を抽出する際、探査の原理や検証結果に基づく知見等から、以下の４項目に着目して判定している。

- ① **極性**：異常信号の上面の反射波（初動）は正極性を有する
- ② **反射強度**：周囲よりも相対的に反射強度が大きくなる（反射波が明瞭）
- ③ **独立性**：埋設管等のように道路縦断または横断方向に連続性が見られない
- ④ **形状**：反射波が上に凸状の双曲線型の反射形状を示す

しかしながら、地中レーダ探査は電磁波の性質を利用して、非破壊的に地中の状況を推定する方法であるため、空洞以外の物質でも上記の判定項目に合致することがある。したがって、抽出した異常信号すべてが空洞を示すものではないことを理解する必要がある。

経験的には一次調査結果に基づいた開削等による検証では２～３割程度、ハンディ型地中レーダ探査による二次調査結果に基づいた検証では１割程度の非空洞が含まれることが多い。

なお、地中レーダ探査の記録では空洞を示す特徴が見られたものの、検証を行った結果非空洞であることが判明した事例について、以下に示す。

- **下水埋設管の枝管**：陶管や塩ビ管等の非金属管は、管の内部が中空の場合、物質の電氣的性質（比誘電率）が空洞と類似する。また、傾斜・屈曲して下水本管に接続するなど形状が複雑であることから、一次調査による探査記録のみでは空洞と判別しにくい場合がある。
- **地中の異物**：岩塊、コンクリート塊、木片等の異物が地中に存在する場合、異物とその周囲の地盤との比誘電率の差異により、空洞の反射波と類似することがある。
- **地層・地盤の境界**：局所的な礫層や砂層等が分布する場合、上記と同様に空洞と類似した記録が得られる場合がある。
- **アスコン層内部の劣化、アスコン背面の不陸**：アスコン層内部に多孔質な部分が存在する場合やアスコン層下面に不陸が生じている場合には、空洞と類似した反射波が見られることがある。

3. 調査の流れ

路面下空洞探査は、標準的には計画準備、現地踏査、一次調査、二次調査（ハンディ型地中レーダ探査・スコープ調査）、評価・とりまとめの順で行う。各調査項目においては、後述する内容に沿って適切な手順で行うことが重要である。

<解説>

路面下空洞探査の標準的な調査の流れを図 3.1 に示す。同図には、調査の各段階の調査項目の概要と、本マニュアルで詳述する章番号を記載した。

また、図 3.2 に標準的な調査フローの例を示す。

調査項目	章番号	後述の内容
計画準備	4. 1	・業務計画書作成 ・既往データの収集・整理
現地踏査	4. 2	・走行ルートの確認と確保 ・道路周辺の埋設管布設状況、路面の変状状況を確認し、空洞化原因推定等の参考とする情報を収集する
一次調査 (車道部および歩道部の探査)	4. 3	・路面下探査車等を用いて道路路面下の異常の有無(空洞等の可能性箇所)を効率的に把握する
一次調査 (データ解析)	4. 4	・路面下探査車等により取得したレーダ探査記録を分析し、空洞等の可能性がある「異常信号」を抽出する
二次調査 (ハンディ型地中レーダ探査)	4. 5	・一次調査により抽出した異常信号箇所においてハンディ型地中レーダ探査による精査を行い、空洞の判定および空洞範囲の詳細を把握する
二次調査 (スコープ調査)	4. 6	・異常信号箇所においてスコープ調査を行い、空洞の有無、土被り、空洞厚等を確認する
評価・とりまとめ	4. 7	・空洞が確認された地点の状況を調書としてまとめる ・空洞箇所について陥没の可能性や危険性について考察し、対策に役立てる

凡例

現地調査

分析・評価

図 3.1 路面下空洞探査の標準的な調査の流れ

注) 一次調査と二次調査が、それぞれ単独で発注される場合がある。

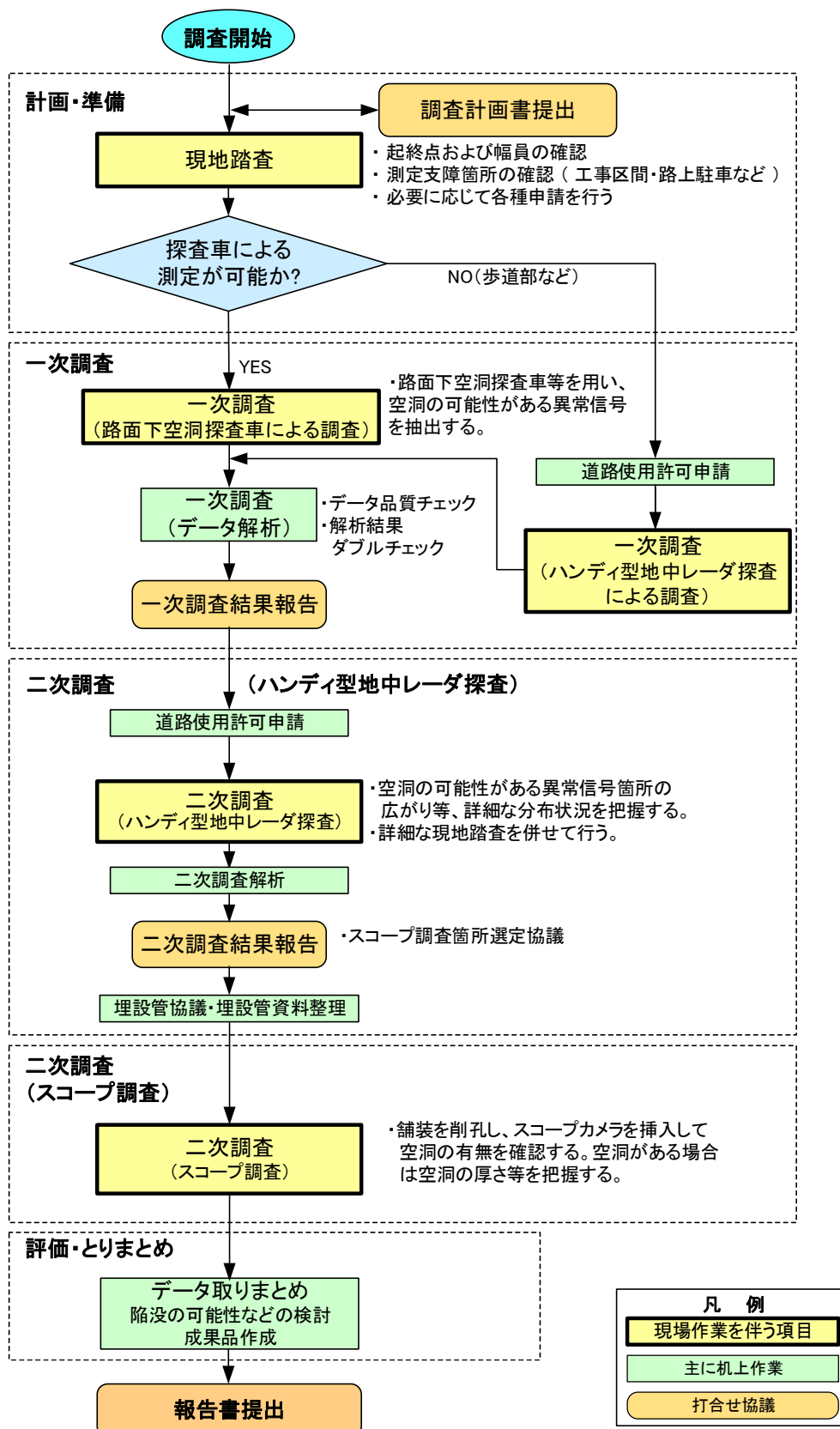


図 3.2 標準的な調査フローの例

4. 調査方法

4. 1 計画・準備

業務の目的・主旨を把握した上で設計図書に示す業務の内容を確認し、業務を円滑に遂行する上で基礎資料となる資料収集・整理や路面下空洞探査に必要な準備を行い、業務計画書を作成する。

(1) 参考とする資料

業務着手にあたり、現地踏査・解析及び路面陥没の危険性を判定する際の基礎資料として、以下の資料を可能な限り収集することが望ましい。

- ①発注機関における共通仕様書(測量・調査)及び特記仕様書
- ②道路台帳附図(車線数・幅員・暗渠、函渠、水路等の把握)
- ③埋設管布設状況(発注機関、関係機関より入手)
- ④空洞補修履歴(過年度陥没発生箇所)
- ⑤工事履歴(切削オーバーレイ状況等)
- ⑥道路交通センサス(設計速度、幅員、交通量把握路線の特性の把握)
- ⑦水害発生履歴
- ⑧治水地形分類図(国土地理院)
- ⑨地質図・土地条件図(国土地理院)
- ⑩地震による被災履歴、液状化マップなど

(2) 作成要領

業務計画書には、以下の事項を記載することとする。

- | | |
|--------------------|----------------|
| 1)業務概要 | 7)成果品の内容、部数 |
| 2)実施方針 | 8)使用する主な図書・基準 |
| 3)業務工程 | 9)連絡体制(緊急時も含む) |
| 4)業務組織計画 | 10)安全管理・対策 |
| 5)打合せ計画 | 11)その他 |
| 6)成果品の品質を確保するための計画 | |

(3) 業務計画書作成上の留意点

1)業務概要

調査件名、調査目的、履行期間、調査数量、発注者、受注者を記載する。

業務概要の前に、業務対象範囲を記載するが、可能な限り調査開始位置・終了位置(交差点等)を記載し、発注者と初回打合せ時に確認を行う。また、調査数量に関しては、トンネル・橋梁等の除外区間があるため当初数量を必ず記載する。

2) 実施方針

特記仕様書に従い、業務の実施方針を記載する。

また、発注者との認識の違いが発生しないように、以下の事項についても記載し、初回打合せ時に確認する必要がある。なお、初回打合せにおける確認事項については、表 4.1 に例示したチェックリストをあらかじめ作成しておくが良い。

① 計測対象車線の確認

片側複数車線の路線が対象の場合は、全車線で計測するか、一部車線（第一走行車線、その他の車線等）で計測するかを確認する。

また、側道や流入出路、付加車線（右折レーン等）、交差点内部、ゼブラゾーン、バス停車帯等についても計測するか確認する。

② 走行位置の確認

1 車線に対して 1 回計測（1 測線）の場合、中央車線寄り、車線中央、路肩寄りのどの走行位置で計測するかを確認する。また、幅員が広い区間の場合は、1 回計測か 2 回計測かを確認する。

③ 回避走行について

短期間の工事实施区間や駐車車両、狹隘路区間について回避走向（計測）の可否を確認する。また、路面下空洞探査車が侵入できない狹隘路がある場合、ハンディ型地中レーダ探査による計測を実施するか否かについての確認も行う。

④ 機器の性能について

使用機器について、下記の項目を記載するとともに、使用する機器の性能を証明出来る資料を別途添付する。

- ・ 探査速度（計測可能最大速度）
- ・ 探査方式
- ・ 探査 CH（測線数）
- ・ 探査深度（最大探査深度）
- ・ 探査幅
- ・ 探査能力（縦断方向 50cm×横断方向 50cm×厚さ 10cm 以上の空洞）

⑤ 一次調査の解析手法

一次調査の解析手法について解析の流れ、異常信号の抽出方法、異常信号の判定方法（判定会議の実施等）について記載する。

また、二次調査の優先順位等を設定する場合は、その設定方法に関する判断基準、考え方等を記載し、初回打合せで十分に協議を行うことが望ましい。

⑥ 業務工程

業務工程は、道路使用許可申請の期間・埋設管協議の時間等を十分に考慮して計画を立案する。

⑦ 打合せ計画

打合せ計画は、以下の4回を標準とする。

- ・着手時
- ・一次調査結果報告（二次調査の必要性の検討・二次調査箇所の設定）
- ・二次調査結果報告と空洞発生箇所への対応方針協議
- ・納品時

表 4.1 初回打合せチェックリスト（例）

区分	内容	留意事項	適用条件	チェック
全般	貸与資料	①道路台帳附図（車線数・幅員・暗渠、函渠、水路等の把握）		
		②埋設管布設状況（発注機関、関係機関より入手）		
		③空洞補修履歴（過年度陥没発生箇所）		
		④工事履歴（切削オーバーレイ状況等）		
		⑤道路交通センサス（設計速度、幅員、交通量把握路線の特性の把握）		
		⑥水害発生履歴		
		⑦治水地形分類図（国土地理院）		
		⑧地質図・土地条件図（国土地理院）		
	身分証明書	身分証明書の携行は必要か？		
	再委託申請	探査の補助を外部委託する場合、再委託申請は必要か？		
	業務対象範囲	調査数量は間違っていないか？		
		調査開始位置・終了位置を確認したか？		
		トンネル・橋梁等の除外区間の扱いは数量に含むか？		
一部車線（第一走行車線、その他車線等）のみを対象にするか？		片側複数車線の路線		
業務計画	工程計画	工程上の制約事項等はあるか？（優先区間など）		
		道路使用許可申請の期間、埋設管協議の時間を考慮したか？		
一次調査	探査測線	側道、流入出路、付加車線（右折レーン等）、交差点内部、ゼブラゾーン、バス停車帯の計測は実施するか？		
		走行位置（中央車線、車線中央、路肩寄り）はどこにするか？	1車線1測線計測	
		2測線以上の計測を実施する必要があるか？		
		短期間の工事区間、駐車車両により計測が出来ない場合の取り扱いを確認したか？		
	探査結果の評価方法	車両が進入できない狭隘路区間をハンディ型地中レーダ探査で補足する必要があるか？		
		優先順位設定に関する判断基準、考え方を確認したか？	二次調査の優先順位等を設定する場合	
二次調査 （ハンディ型地中レーダ探査）	工程計画	ハンディ型地中レーダ探査とスコープ調査は同時に実施するか？		
	探査測線	測線はメッシュ調査か、クロス調査か？		
	現地マーキング	油性ペイント（白色）で実施して良いか？		
二次調査 （スコープ調査）	調査実施条件	ハンディ型地中レーダ探査にて空洞信号が確認されない場合、スコープ調査を実施するか？		
	調査箇所	実施する箇所は、最浅部か？空洞の中心部か？		
	管渠等占用物近接施工	必要に応じて占用企業者に立ち会いを求める		
	復旧方法	復旧方法は確認したか？（ゴム栓、布きれ、表層部は常温As）		
	調査位置	調査位置の記録方法（周辺構造物からの離隔等）を確認したか？		

4. 2 現地踏査

現地踏査は、路面下空洞探査車による確実な計測実施のための走行ルートの確認と確保及び異常信号箇所抽出後の対策優先順位付けの際の参考とする情報を収集するために実施する。このため、路面下空洞探査に先立ち現地踏査を行い、指定された調査区間の道路・交通状況、調査における障害物等沿道周辺の状況を把握することが重要である。

(1) 現地踏査の着目事項

現地踏査は以下の事項に着目して実施することとする。

- ①地形・地質等の自然状況
- ②マンホール（管渠布設状況）、水路の状況、河川等の状況
- ③道路・交差道路、取付道路の状況（右折レーンや路面表示等を含む）
- ④民家、民地等の周辺状況
- ⑤地上、地下障害物件
- ⑥地震に関するもの
- ⑦その他必要と思われるもの
 - ・一次調査時に障害となるような障害物の確認、駐車車両の有無等
 - ・路面状況（亀裂、たわみ、凹みなど）
 - ・車両転回場所・待避場所の確認

(2) 踏査結果のとりまとめ

現地踏査時に確認した事項は、解析及び空洞発生要因の特定に関連する情報を道路台帳附図もしくは1/1000～1/2000程度の地図上に整理し、結果を報告する。

図4.2に現地踏査記録の報告例を次頁に示す。

なお、一次調査において異常信号が確認された場合や二次調査を実施する場合等、業務の各段階においても必要に応じて現地踏査を実施することが望ましい。

二次調査実施前の現地踏査については、4. 5章（1）に記載してあるので、これを参照されたい。

現地踏査(〇〇県) 路線:(国)〇〇号 起終点:(国)〇〇号起点~△△
 測線番号: ROO(1/3) 道路延長: 2,005m 地先:〇〇~△△

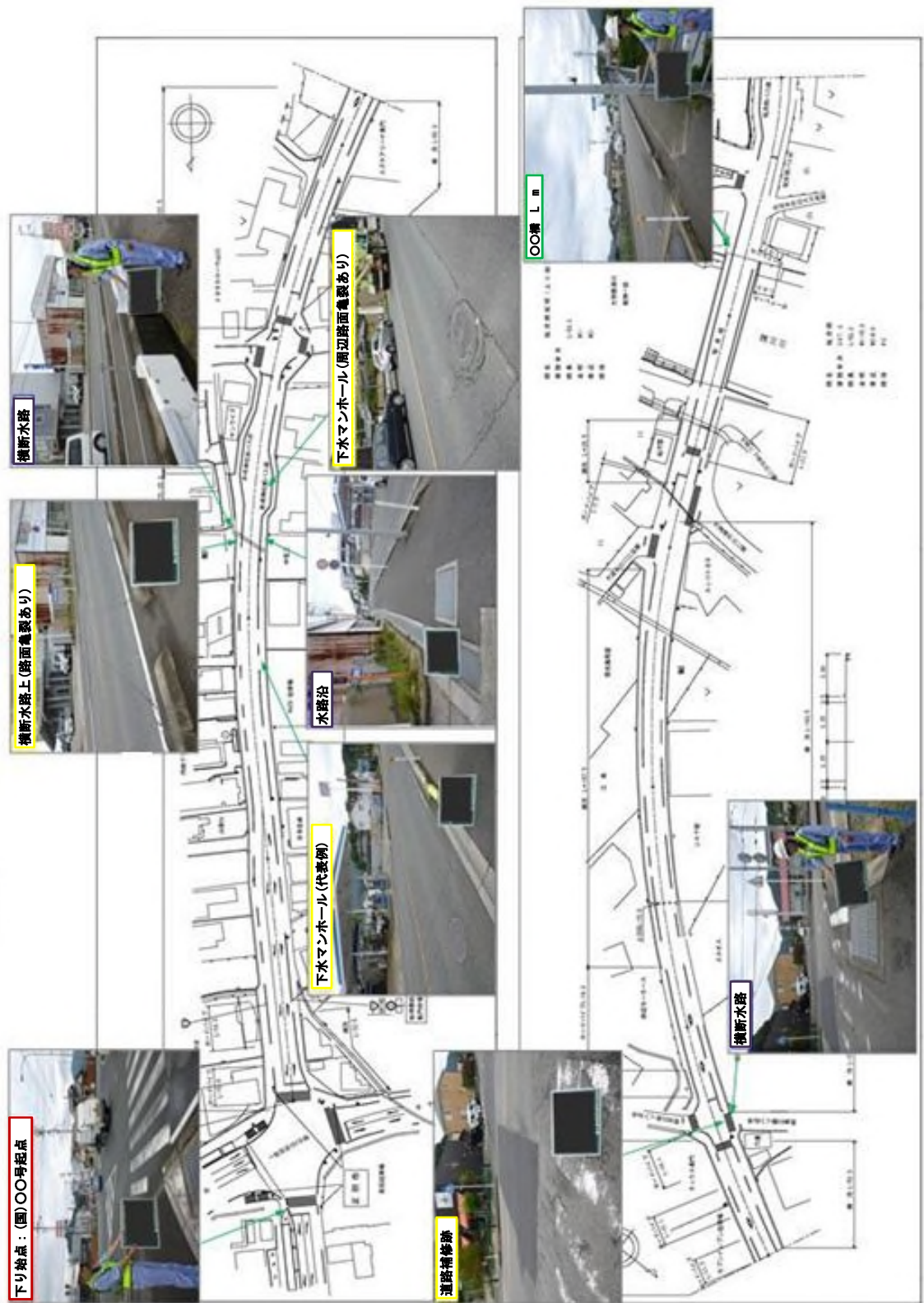


図 4.2 現地踏査記録とりまとめ例

4. 3 一次調査（車道部および歩道部の探査）

路面下空洞探査の「一次調査」は、空洞調査の第一段階として行うものである。

「一次調査」は、道路路面下の異常信号箇所の有無（空洞等の可能性箇所）を地中レーダ探査によって効率的に把握するものであり、その結果は次の二次調査（ハンディ型地中レーダ探査）の実施箇所選定に用いるものである。

「一次調査」では、この目的に適合した性能を有する地中レーダ装置の選定と測線の設定を行う。

探査結果の報告は、発注者が「特記仕様書」等で指示された様式・図面にて行う。

（１）使用する機器

＜車道部における探査＞

車道部における一次調査は、地中レーダ探査装置を搭載した路面下空洞探査車を用いて行う。使用する路面下空洞探査車には、以下に示す性能が求められる。

- ・ 探査深度：1.5m 程度
- ・ 探査幅：2m 程度（あるいは複数走行により車線幅を網羅すること）
- ・ 探査能力：縦 50cm×横 50cm×厚さ 10cm 以上の空洞が検知できるもの
- ・ 走行速度：レーダ記録を取得しながら 40km/h 程度で走行できること
- ・ 位置情報：レーダ記録と同時に位置情報を記録可能であること
- ・ カメラ映像：前方、左右の 3 方向の路面映像を取得できること

路面下空洞探査車は、搭載する地中レーダ探査装置の違いにより数種類のタイプがあり、上記の性能を有することが確認されたものを使用する。

本マニュアルでは、当コンソーシアムで実施したテストフィールドにおける探査性能確認試験走行（以下「試験走行」という）により、所定の性能を有していることを確認できた機器について以下に示す。なお、「試験走行」結果の詳細は 27 ページ＜参考資料＞に示す。

- ①パルス式レーダシステム（写真 4.3.1）
- ②チャープ式レーダシステム（写真 4.3.2）
- ③3Dレーダシステム（写真 4.3.3）



写真 4.3.1
パルス式レーダシステム
車載型路面下空洞探査車



写真 4.3.2
チャープ式レーダシステム
牽引型路面下空洞探査車



写真 4.3.3
3Dレーダシステム
車載型路面下空洞探査車

＜歩道部における探査＞

歩道部における一次調査では、ハンディ型地中レーダ探査装置を用いて行うのが一般的である。また、探査に求められる精度は、概ね以下のとおりである。

- ・ 探査深度：1.5m 程度
- ・ 探査能力：縦 50cm×横 50cm×厚さ 10cm 以上の空洞が検知できるもの

(2) 測線設定と走行計画

<車道部（路面下空洞探査車）>

4. 1 章 に記した実施方針の①～③に従い、一般車両の通行に支障がないよう、現地の状況にあわせて測線設定すること。

測線設定

①計測対象車線の確認

片側複数車線の路線が対象の場合は、全車線で計測するか、一部車線（第一走行車線、その他の車線等）で計測するかを確認する。

また、側道や流出入路、付加車線（右折レーン等）、交差点内部、ゼブラゾーン、バス停車帯等についても計測するか確認する。

②走行位置の確認

1 車線に対して 1 回計測（1 測線）の場合、中央車線寄り、車線中央、路肩寄りのどの走行位置で計測するかを確認する。また、幅員が広い区間場合は、1 回計測か 2 回計測かを確認する。

③回避走行について

短期間の工事実施区間や駐車車両、狹隘路区間について回避走向（計測）の可否を確認する。また、路面下空洞探査車が侵入できない狹隘路がある場合、ハンディ型地中レーダ探査による計測を実施するか否かについても確認も行う。

測線設定例を図 4.3.1 に示す。探査幅が 1.8m の機器で片側 1 車線道路の右行車線（車線幅 3m の場合）を探索する場合、1 車線につき 2 測線の探査が必要になる。

これらについては、現地踏査を行ったうえで発注者に確認し、現地において特殊な状況が認められた場合には、協議の対象となる。

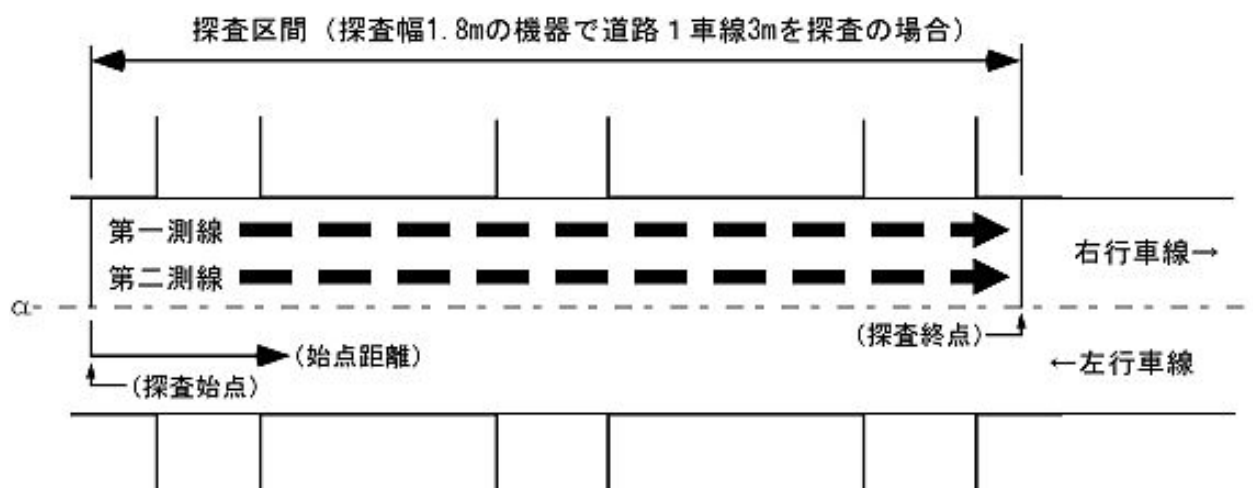


図 4.3.1 一次調査における測線設定例
(「非開削地下探査技術 適用の手引き (案)」平成 28 年 3 月、一般社団法人 日本非開削技術協会、地下探査技術委員会編を参考に作成)

＜歩道部（ハンディ型地中レーダ）＞

調査の目的や、対象とする歩道の幅、測線設定上の障害物、通行埋設管の延長方向等現地条件に合わせて測線を決定する。また、第三者災害防止を考慮した安全計画を考慮する必要がある。

測線設定例

道路縦断方向に連続して布設されている埋設管等がある歩道部では、埋設管位置と測定機器の性能に応じて適切な測線配置を設定する。

多くの発注事例では、探査範囲は幅 1m（埋設管等の直上から両側 50cm、2 測線）とされる事が多いが、使用する地中レーダのアンテナ幅によっては、1 測線 50cm の範囲をカバーできない場合があるので、その場合は埋設管の直上とその両側の 3 測線を設定する等の対応が必要となるので、注意が必要である。

また、抽出した異常位置を再現できるように、必要に応じて記録および現地にマーキングする。

（３）測定パラメータの設定

路面下の空洞を確実に検出するためには、測定時に設定する記録取得のパラメータが重要である。機種によって差異はあるが、以下に主な測定パラメータの目安を示す。

- ・記録レンジ（深度 2m 程度をカバー）：50～60 ns
- ・距離サンプル間隔（広がり 50cm の空洞に対応）：5～10 cm
- ・深度サンプル数：256～512 点

4. 4 一次調査（データ解析）

道路保全を目的として、空洞の“見逃し”による瑕疵リスクを回避するため、すべての異常信号を抽出する。

抽出した異常信号について、縦断・横断方向の概略の大きさ、路面からの推定深度、位置情報（緯度・経度、異常箇所番号、路線名称、マンホール等の構造物からの位置、上下線別、走行車線区分、路肩からの距離）等について整理し、一次調査結果として調書にまとめる。

（１）解析方法

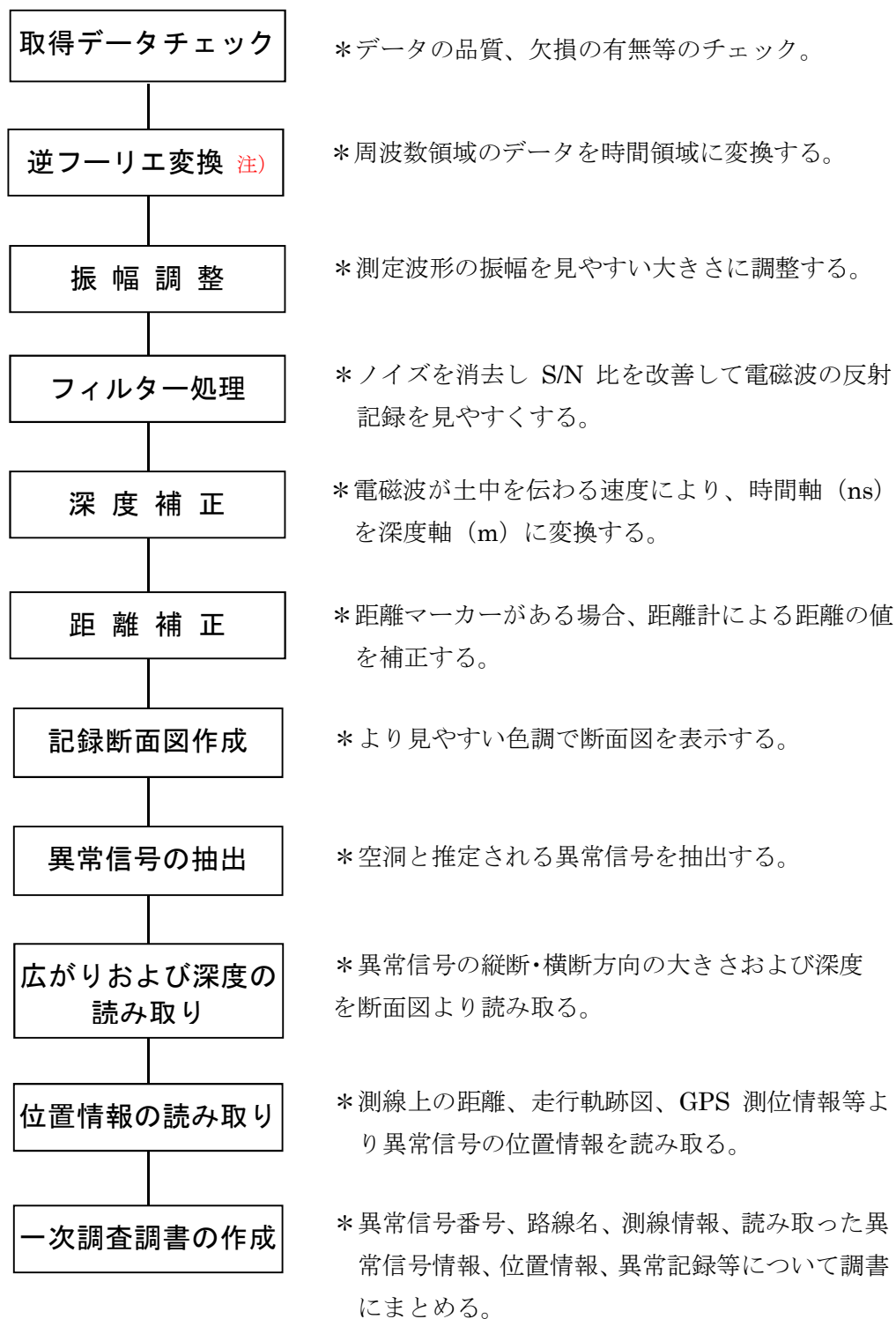
解析手順を図 4. 4. 1 に示す。取得したレーダ記録に関して、振幅調整、背景ノイズ除去、フィルター処理、深度補正等のデータ処理を行い、記録断面図を作成する。断面図の表示方法やカラーチャートには様々な種類があるが、波形振幅を白（＋：正極性）から黒（－：負極性）まで 16 階調で色分けしたグレースケールで表示するのが一般的である。

それぞれのデータ処理においては、必ず何種類かのパラメータでテスト処理を行って断面図を作成し、その中から最適なパラメータを選び、記録の判読を行う断面を決定する。例えばフィルターには IIR（無限インパルス応答）、FIR（有限インパルス応答）、移動平均等があり、解析ソフトによっては選択できるようになっており、それぞれ処理後の波形には特徴があるため、それらを考慮して適用する必要がある。参考として、GSSI 社の地中レーダ探査装置を使用する場合に推奨する設定値を示す。

ハイパスフィルター（HPF）：中心周波数の $1/8 \sim 1/4$

ローパスフィルター（LPF）：中心周波数の 2～3 倍

作成した記録断面図より、空洞と推定される異常信号を抽出し、縦断・横断方向の概略の大きさ、路面からの推定深度を読み取って、位置情報と共に一次調査結果として調書にまとめる。



注) 3Dレーダシステムでは周波数領域でデータ取得を行うため、最初に逆フーリエ変換等の処理が必要

図 4.4.1 一次調査におけるデータ解析手順

(2) 異常信号の抽出

記録断面図に現れた反射記録から、地盤境界、埋設物、空洞等の判別を行い、空洞と推定される異常信号を抽出する。

<記録の判読>

一般に、測定記録中に見られる典型的な反射波の形状について、図 4.4.2、図 4.4.3 に示す。これらの図において、最初の連続した反射波群は地表面からの反射波、2 番目の連続した反射波群は地盤（舗装）境界面からの反射波である。空洞や埋設物等が地中に存在すると、この連続した反射波が途切れてくさび形（または双曲線型）等の強い反射記録となって記録上に現れることが多い。実際の記録においては、これらの典型的な反射記録を念頭に置き、記録の異常部（アノマリー）を抽出し、その反射記録に着目して解析を行う。

地中レーダ探査装置のアンテナには指向性に広がりがあるため、アンテナが空洞や埋設管の直上からやや離れた位置にあっても、空洞や埋設管による反射が生じる。したがって、埋設管、転石(玉石)、空洞等（図 4.4.3 (a)）による反射記録は図 4.4.3 (b) に示したような上に凸の双曲線型となる。

一方、構造物(断面が四角形の場合)に対しては、構造物上面が平らであれば上面からの反射は水平方向に連続するが、角の部分で空洞や埋設管と同様の反射が生じるので図 4.4.3 (b) の右の反射記録になる。

また、道路のアスファルト舗装の下に空洞がある場合（図 4.4.4 (a)）には、測定記録は図 4.4.4 (b) に示すような反射記録になる。

ただし、空洞の規模が非常に大きい場合は、空洞の上下端が強振幅の反射波として捉えられることがある。

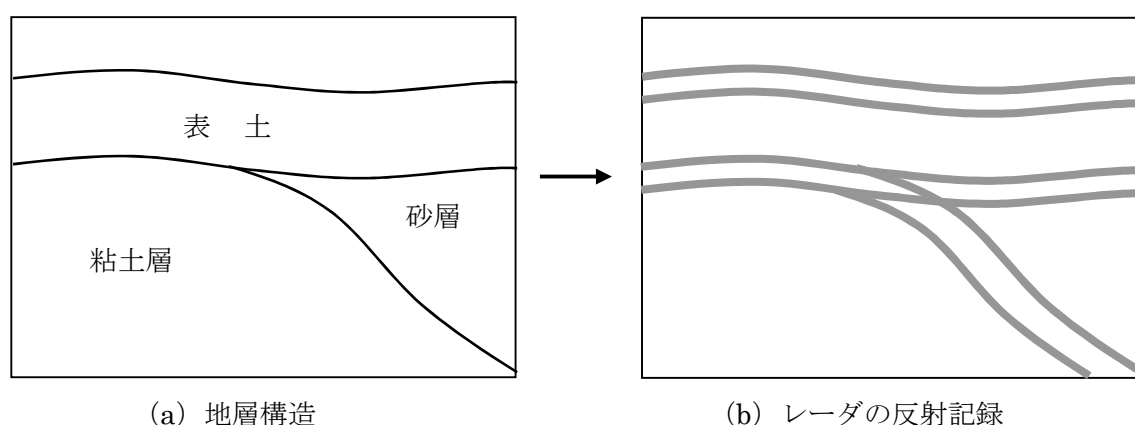


図 4.4.2 層構造の場合の反射記録

(「物理探査ハンドブック 増補改訂版」2016, 物理探査学会 図 9.32 より抜粋)

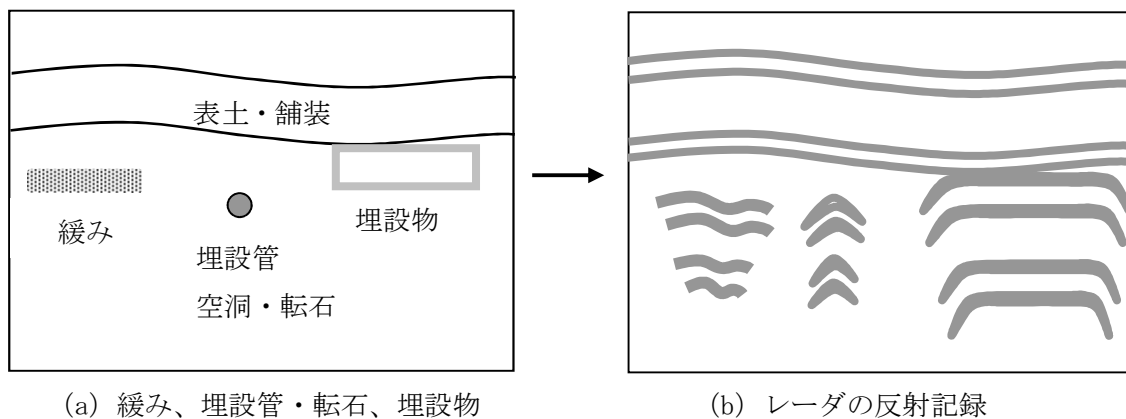


図 4.4.3 緩み、埋設管、埋設物による反射記録
 (「物理探査ハンドブック 増補改訂版」2016, 物理探査学会 図 9.33 を加筆・修正)

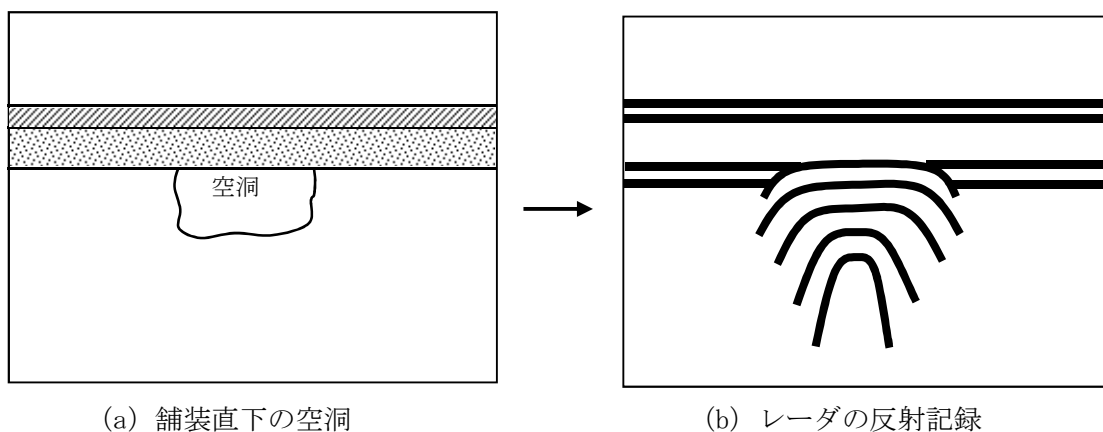


図 4.4.4 舗装直下の空洞による反射記録
 (「物理探査ハンドブック 増補改訂版」2016, 物理探査学会 図 9.35 を加筆・修正)

<異常信号の抽出>

以上のように、地中レーダ探査の記録断面図に表れた反射記録を判別することにより空洞の可能性のある異常信号を抽出するが、その際の着眼点について表 4.4.1 に示す。

また、典型的な異常信号の例を図 4.4.5 に示す。

表 4.4.1 異常信号抽出の着眼点

着目点	異常信号の特徴
極性	異常信号の上面の反射波(初動)は正極性を有する。
反射強度	周辺に比して強い反射強度が見られる。
独立性	埋設管や層境界からの反射波とは異なり、独立した信号が一般的である。しかしながら、地下構造物に沿って非常に長く連続した信号がある場合もあるので注意を要する。
形状	上に凸の双曲線型が一般的であるが、空洞の発生深度、舗装種別により、他の形状もあり得るので注意が必要である。

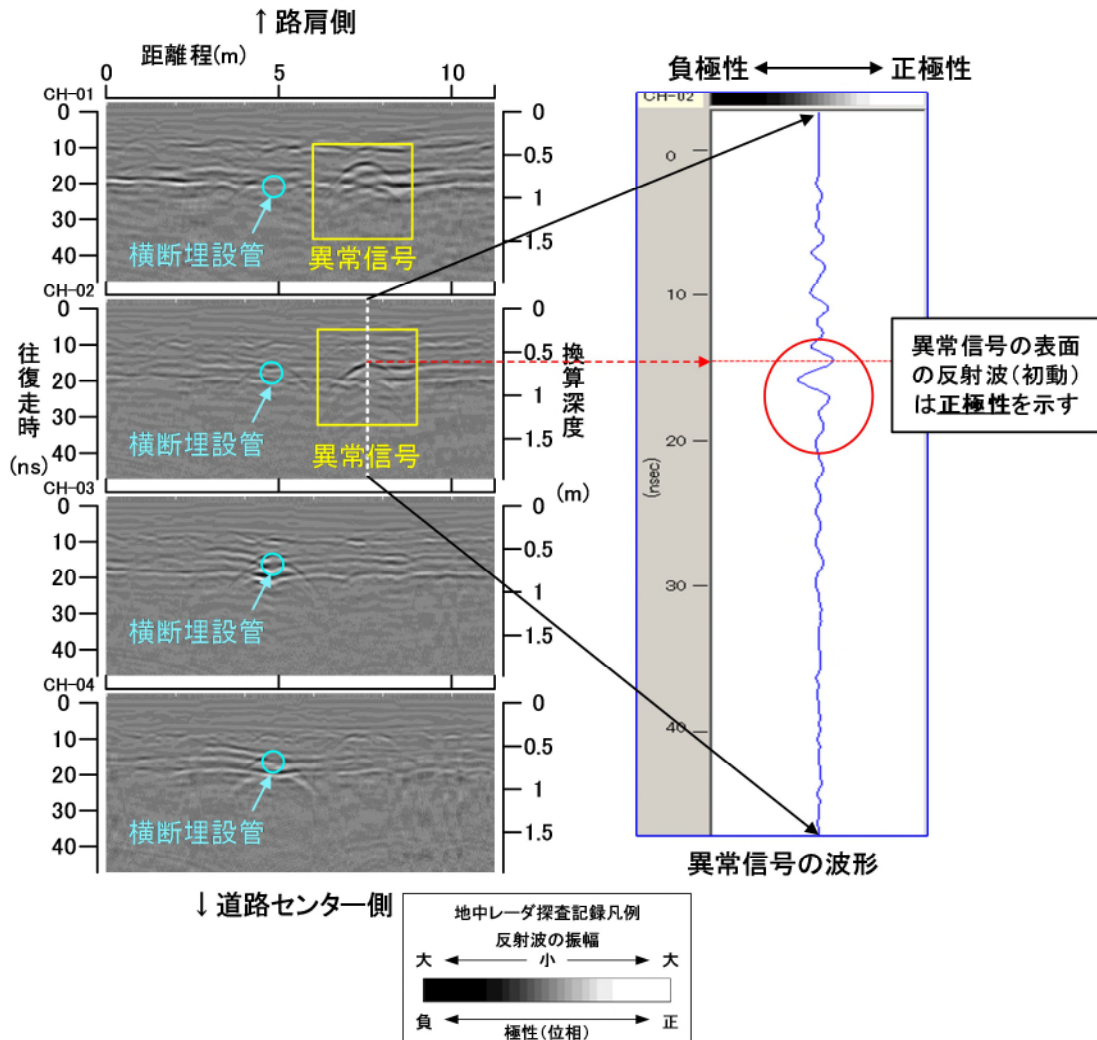


図 4.4.5 典型的な異常信号の例
空洞を示す異常信号の特徴(表 4.4.1)に該当

また、空洞箇所では「空洞の上面」と「空洞の底面」からの反射が発生し、例えば 400MHz のアンテナを用いた場合、厚さ 30cm 未満の空洞ではこれらの反射が重なり（理論上は厚さ 40cm 以上の空洞では分離する）、図 4.4.6 左側に示すような「負極性の振幅が大きくなる」記録となる。

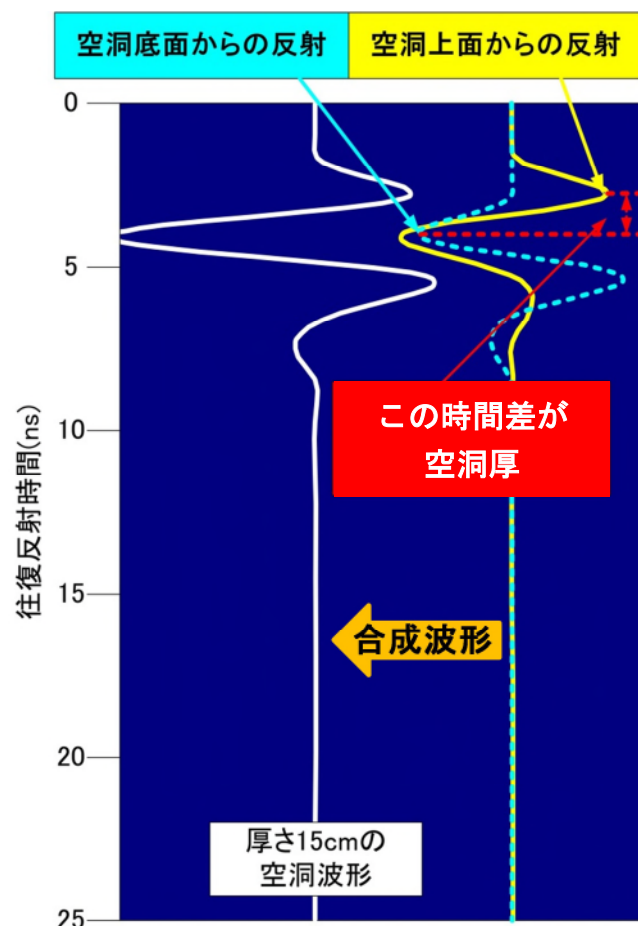


図 4.4.6 厚さ 15cm の空洞測定波形例

路面下空洞探査車にて取得したデータの解析事例を図 4.4.7 に示す。

埋設管等の反射記録は「黒-白-黒（極性は負-正-負）」の組み合わせで表示され（図 4.4.7 左）、空洞化した箇所は、極性が逆になるため、「白-黒-白（極性は正-負-正）」の組み合わせで表示される（図 4.4.7 右）。

また、空洞化の原因等により、空洞箇所の形状は、管状（埋設管の漏水等による砂の流出）、板状（圧密沈下等による並行沈下）、ドーム状（深部からの吸出し等による凸状構造）などの構造を示すため、双曲線パターン以外にも注意が必要である。一例を図 4.4.8 に示す。

なお、「4. 3 一次調査 （1）使用する機器」で示した異なる方式のレーダ装置で得られた測定記録例については、図 4.4.9 に参考資料として示した。

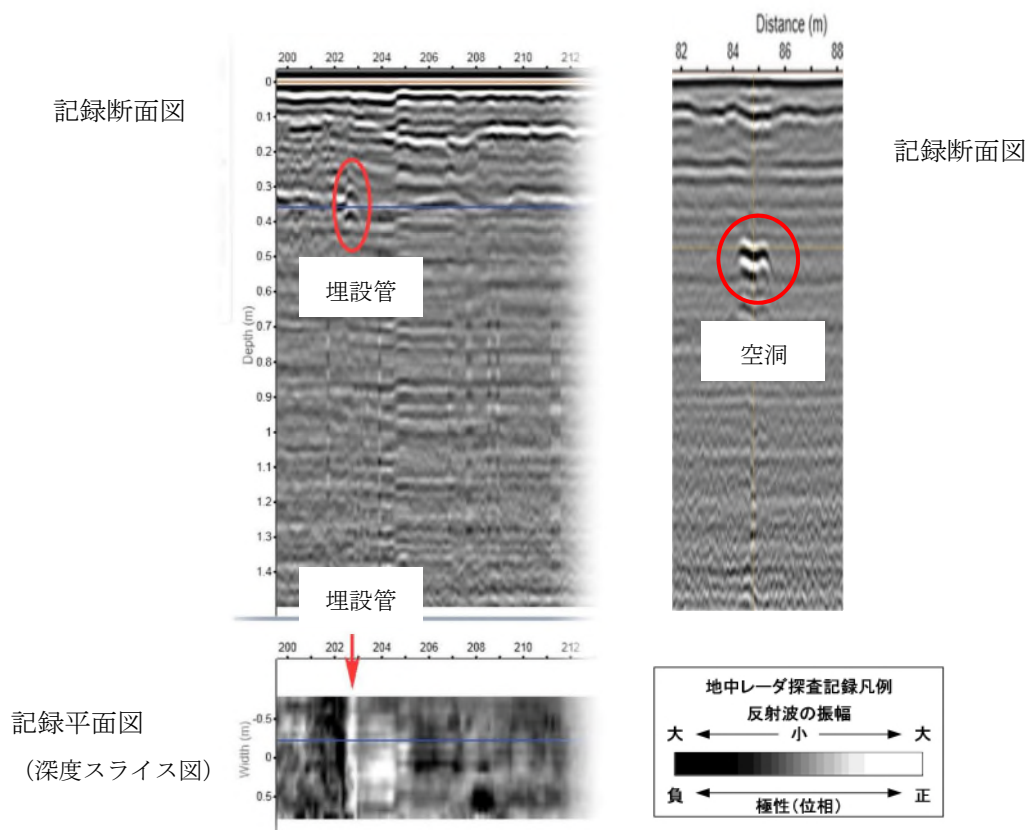
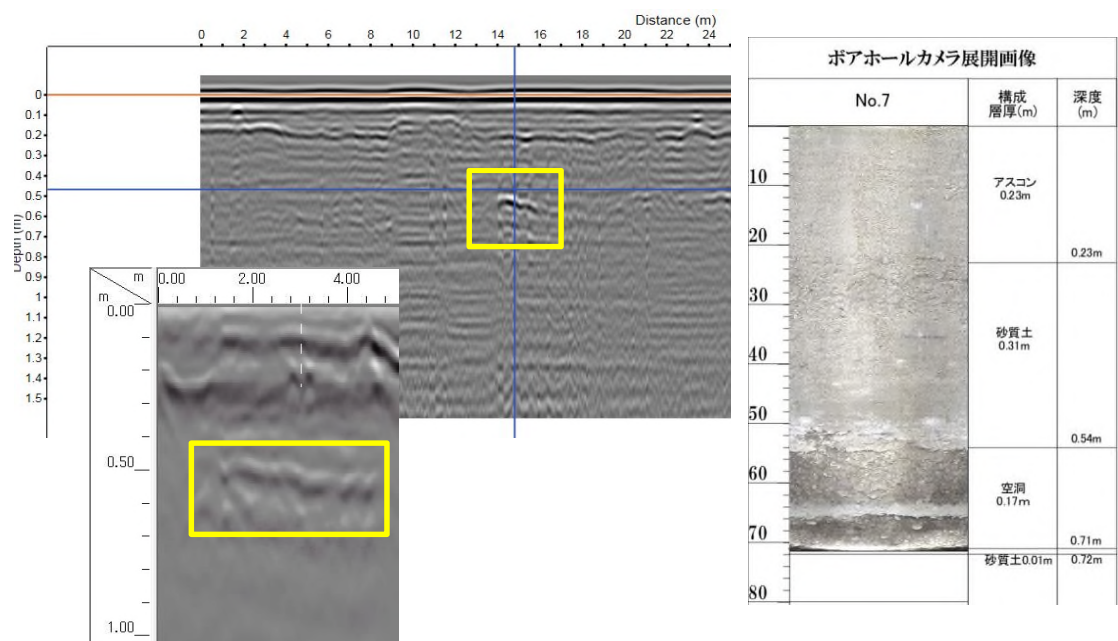


図 4.4.7 路面下空洞探査車で取得したデータの解析事例



(上) 一次調査測定記録、(左下) ハンディレーダ記録、(右下) スコープ画像

図 4.4.8 双曲線パターンではない空洞パターン例

＜参考資料＞

「4. 3 一次調査 (1) 使用する機器」で示した異なる方式のレーダ装置で得られた測定記録例について、同一箇所の試験サイトにおいて実施した「試験走行」で得られた探查記録を図 4. 4. 9 に示す。

試験走行の結果、それぞれの地中レーダ方式を搭載した路面下空洞探查車において空洞箇所を的確に把握できることが確認できた。

また、探查記録については、地中レーダ方式により波形記録が若干異なるが、空洞規模および発生深度の評価において大きな差異は見られない。従って、異なる地中レーダ方式の探查車を用いても空洞の経年変化の追跡は可能である。

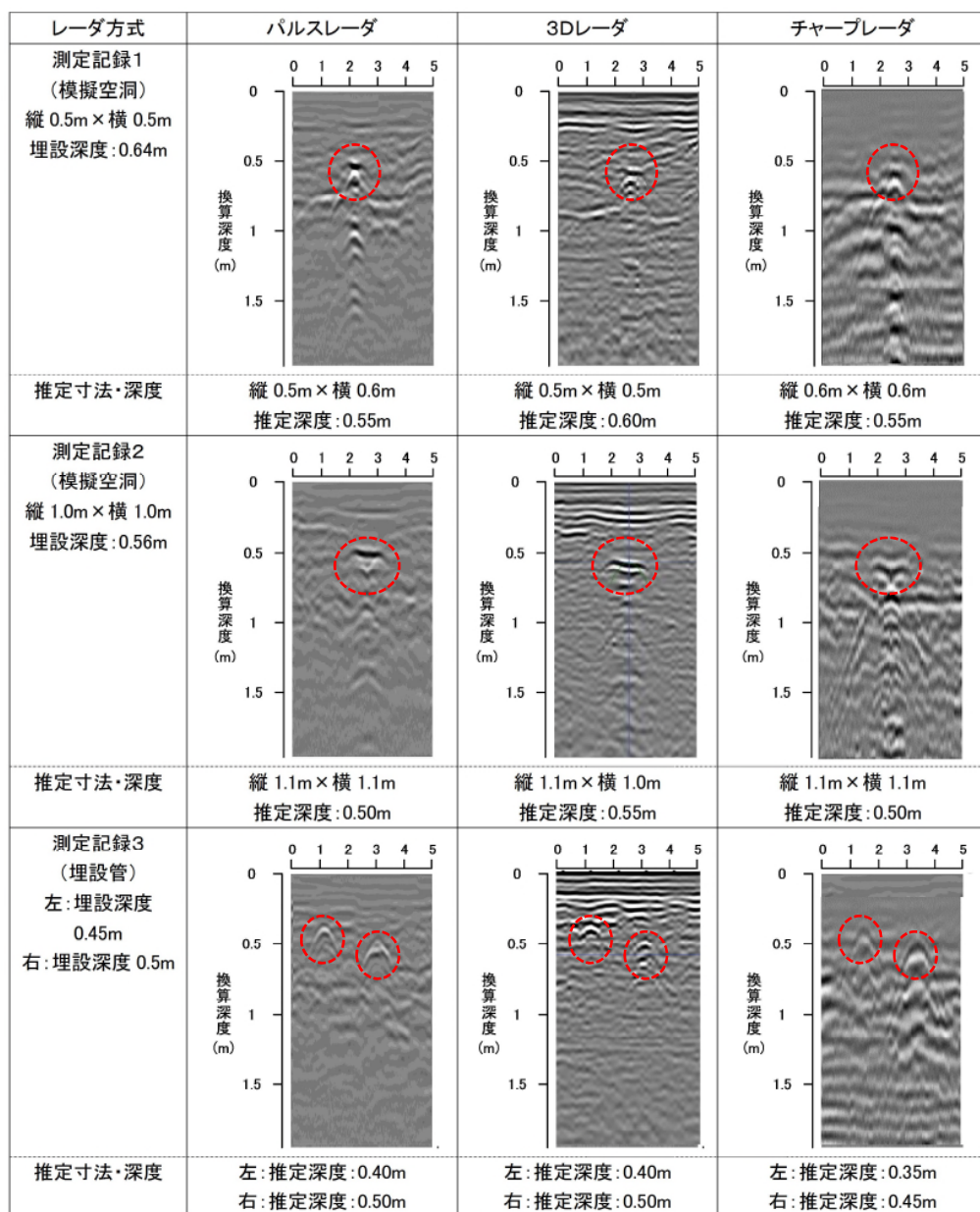


図 4. 4. 9 試験走行により得られた地中レーダ探查記録

（３）空洞捕捉率の向上

解析を実施する技術者の熟練度や主観によって、抽出する異常信号が異なる恐れがあるため、必ず複数の技術者により抽出結果のダブルチェックを行う必要がある。異常信号抽出結果の妥当性については、解析に携わっていない技術者を含む技術者で構成する照査会（社内空洞判定会議）の開催や、会社ごとに空洞判定事例集を作成するなど、空洞判定技術の向上を図る必要がある。

（４）一次調査の成果物

抽出した異常信号について、縦断・横断方向の概略大きさ、路面からの深度、位置情報（緯度・経度、異常箇所番号、路線名称、地物からの位置、上下線別、走行車線区分、路肩からの距離）等について整理し、一次調査結果として調書にまとめる。

調書の様式例を図 4. 4. 10 に示す。

異常信号調書

管轄	東京都	信号箇所番号 No.	1-●●●●
調査日	平成28年11月21日	路線名	1-●●●●
調査種別	一次調査	走行方向	上り
地先名	〇〇市△1丁目●-▲	車線区分	走行車線

異常箇所概略位置図

位置図

ポシヨニング写真

左側画像

右側画像

画像

前方画像

※深度 (m) 0.24

※断面方向 (m) 0.7

※横断方向 (m) 0.35

※路面より異常信号上端まで

一次調査取得データ_異常信号記録

路線名	車線区分	走行方向	異常信号抽出CH (チャンネル)
1-●●●●	走行車線	上り	CH-02

道路進行方向 ➡

レーダデータ

センターライン側

【異常信号箇所概略緯度経度】

緯度: 経度:

整理番号:

図 4. 4. 10 一次調査結果調書の様式例

4. 5 二次調査（ハンディ型地中レーダ探査）

ハンディ型地中レーダ探査による二次調査は、一次調査により抽出された異常信号箇所についてハンディ型地中レーダ探査装置を用い、異常信号箇所の位置の特定や広がり、発生深度（土被り）等を詳細に把握するために実施するものである。また、異常信号箇所は空洞以外にも埋設物や埋設管等の存在を示唆する可能性もあるため、異常信号箇所周辺の現地踏査を行った上で空洞の判定を、「空洞の可能性を有する」と判断された箇所について二次調査（スコープ調査）の対象箇所とする。

（１） 作業手順

① 現地踏査

一次調査により抽出された異常信号箇所において現地踏査を行い、異常信号箇所周辺の状況（埋設管設置状況、沈下・クラック等の路面状況等）の確認を行う。また、現地踏査により空洞の発生原因となりうる下水管や雨水マス等の布設状況を把握し、二次調査解析の基礎資料とする。

② 測線の設定およびレーダ探査

異常信号に対し測線を設定しハンディ型地中レーダ探査を実施する。測線の設定は測線を格子状に設定する「メッシュ調査」（図 4.5.1 参照）と、縦、横、斜め等多方面に測線を設定する「クロス調査」（図 4.5.2 参照）に分類される。測線設定については異常信号の規模、現地状況等により選定する必要があるが、複数車線にまたがるような広範囲の異常信号については前者、直径 1～2m 程度の異常信号については後者を選定するのが一般的である。なお、いずれの測線設定においても必ず一次調査により捉えた異常信号を再現する測線を設定し、信号の再現性を確認することが重要である。

（ア）メッシュ調査

異常信号に対し縦断・横断方向に 0.5m または 1.0m 間隔で測線を設定し探査を実施する。なお測線範囲や間隔は異常信号の発生箇所や道路幅員等を考慮し設定する。

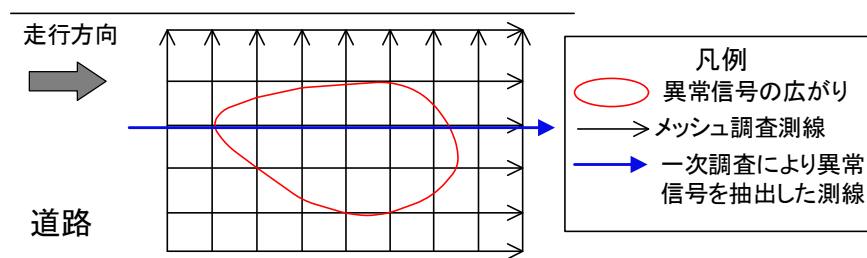


図 4.5.1 メッシュ調査 測線配置例

（イ）クロス調査

異常信号に対し、縦・横・斜め等任意の測線を設定し、異常信号の広がり の特定を行う。

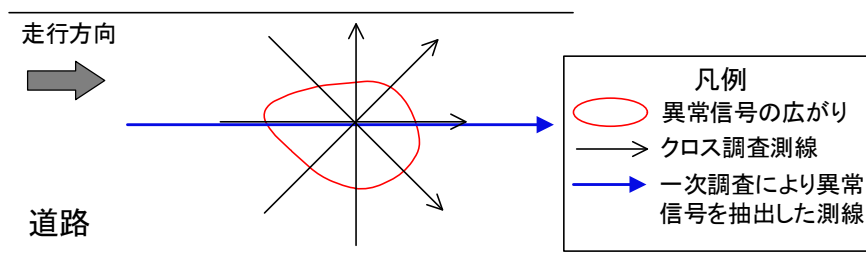


図 4.5.2 クロス調査 測線配置例

③ 調査位置の特定

二次調査の位置を特定するため、縁石や雨水マス、マンホール等の構造物からの距離を計測し記録する。

④ 異常信号箇所判定

ハンディ型地中レーダ探査により得られたデータを整理・解析し、現地踏査等の結果を考慮して異常信号箇所の判定を行う。異常信号箇所の判定例を表 4.5.1 に示す。判定の結果、「空洞の可能性を有する」と判定された異常信号箇所について二次調査（スコープ調査）の対象箇所とする。

表 4.5.1 異常信号箇所の判定（例）

判定区分	内 容
判定Ⅰ	空洞の可能性を有する（二次調査の対象）
判定Ⅱ	異物の可能性を有する
判定Ⅲ	異常なし（埋設管や構造物を含む）

⑤ 現地マーキング

補足調査により「空洞の可能性を有する」と判定された箇所において、空洞の広がりおよび掘削位置を油性ペイント等でマーキングする（写真 4.5.1）。掘削位置は異常信号箇所の最浅部を原則とするが、異常信号上面の形状が平坦な場合には広がりを中心部とする。なお、掘削位置の決定方法については発注者と協議の上、選定する。

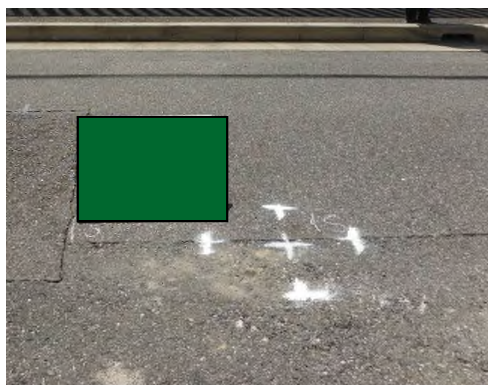


写真 4.5.1 現地マーキングの例

⑥ 調書の作成

二次調査（ハンディ型地中レーダ探査）で得られたデータを整理・解析し、地中レーダ探査記録、異常信号箇所の周辺状況、異常信号箇所の判定結果等を取りまとめた調書の作成を行う。調書の様式例を図 4.5.3 に示す。

（２） 安全管理

車道部の補足調査の実施にあたっては交通規制を伴うため、作業エリアに対し十分な安全対策を講じることが必要である。

二次調査実施時には、現地踏査を行って異常信号箇所周辺の埋設管や構造物との位置関係をできるだけ詳細に把握し、空洞原因の推定の基礎資料とするほか、スコープ調査時における地下埋設物破損事故の防止に活用する。

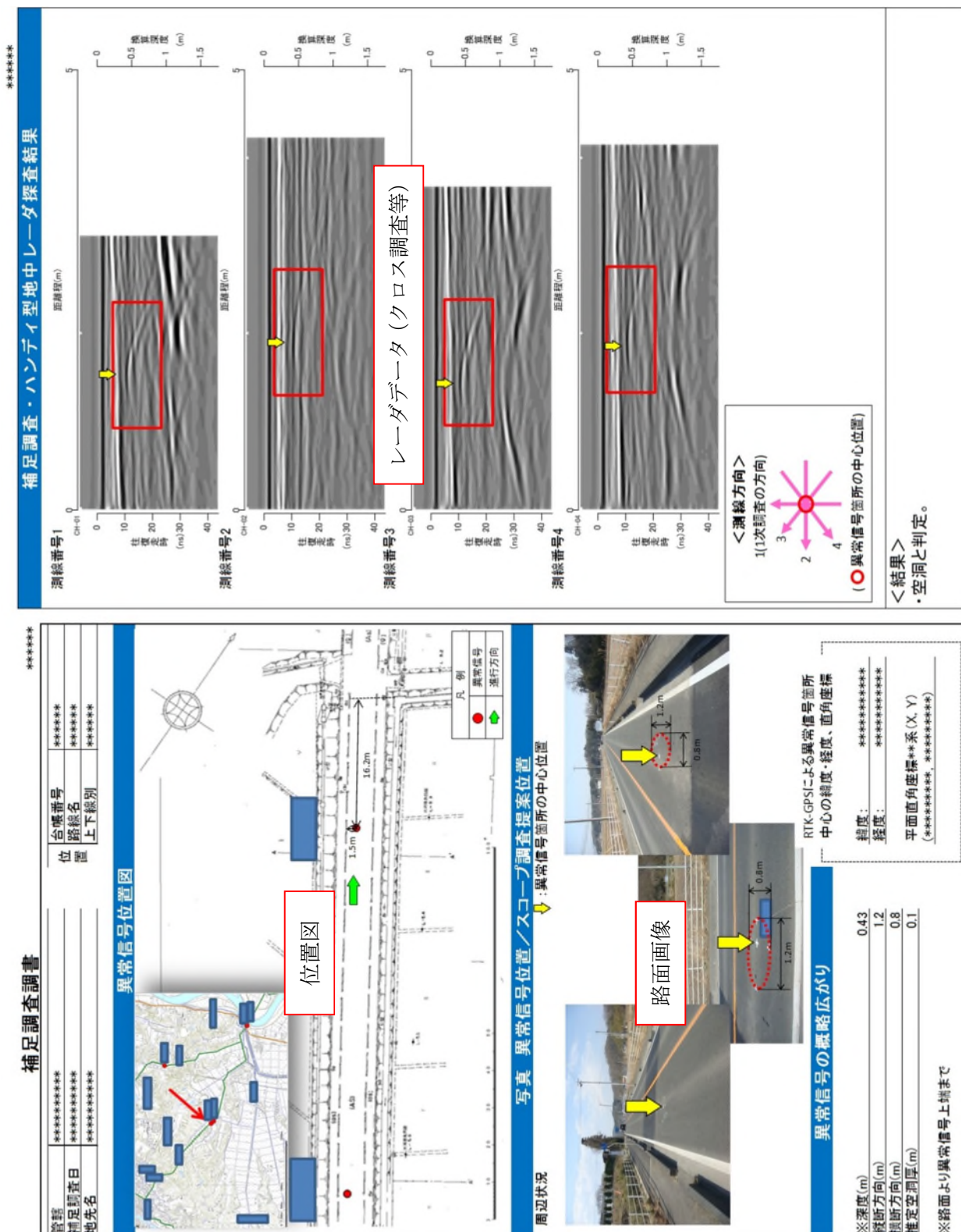


図 4.5.3 二次調査（ハンディ型地中レーダ探査）結果調書の様式例

4. 6 二次調査（スコープ調査）

補足調査により「空洞の可能性を有する」と判定された箇所において小孔径ボーリングマシンによる削孔およびスコープカメラによる孔壁断面画像の取得を行い、空洞の有無および状況（舗装厚、空洞の発生深度、空洞厚等）を確認する。

（１）作業手順

① 埋設管協議

二次調査の実施にあたり地下埋設物の損傷事故を防止するため、占用企業者との事前協議を行い埋設管の布設位置および深度の確認を行う。なお道路台帳や図面に記載のない不明管等が存在する可能性もあるため、必要に応じ占用企業者の立会いのもとに実施する。

② 沿道対応

二次調査では通行規制による交通渋滞や、発電機やボーリングマシン等により作業中に騒音や振動が発生することがある。そのため、必要に応じて周辺住民や施設に対し、作業日や作業時間、規制状況等を記載したビラを配布して周知を行う。

③ ボーリング削孔

補足調査により「空洞の可能性を有する」と判定された箇所において小孔径ボーリングマシンによる削孔を行う（写真 4.6.1）。削孔径はφ40～60mm程度とする。



写真 4.6.1 ボーリング削孔 実施状況

④ スコープ調査

スコープ調査の概要を図 4.6.1 に示す。小孔径ボーリングマシンによる削孔の後、スコープカメラを挿入し空洞の有無および状況（舗装厚、空洞の発生深度、空洞厚等）の確認を行う。

使用する機材の仕様は以下を満たすものとする。

ア) 360 度の全孔壁断面を撮影できるもの

イ) 路面から空洞終端部までを連続的にカラー撮影・記録し、柱状写真を作成できるもの

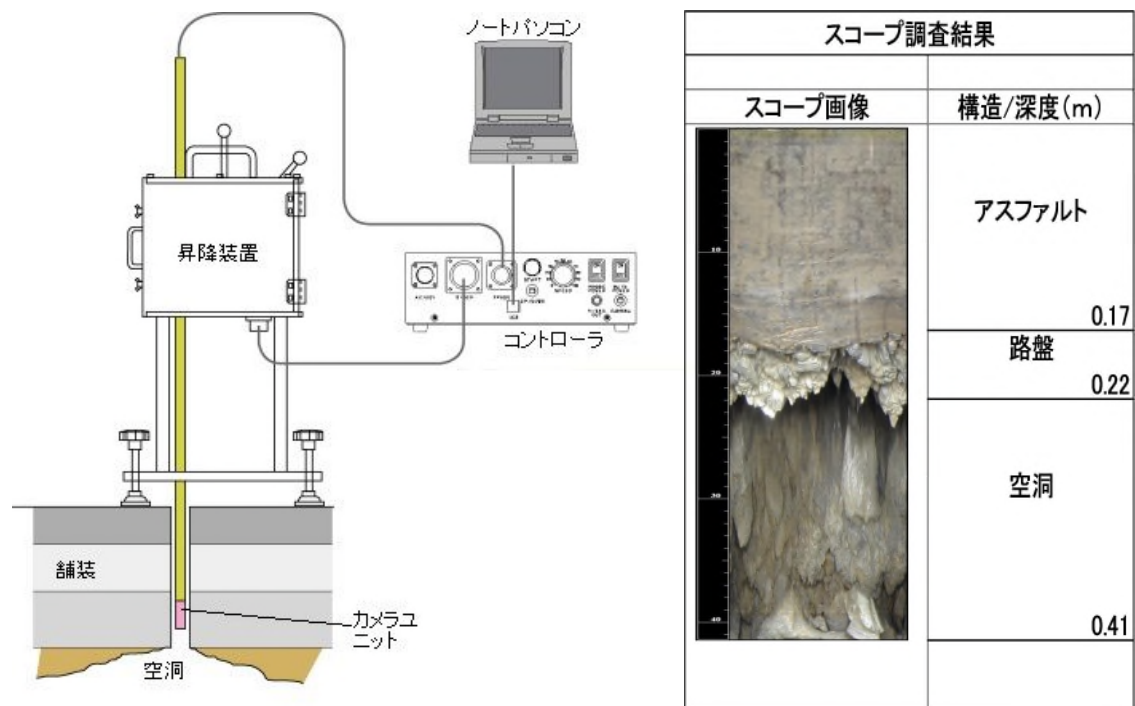


図 4.6.1 スコープ調査の概要
(左図：測定系統図、右図：調査結果例)

⑤ 削孔の復旧

復旧方法については、道路管理者と協議の上決定するが、基本的に削孔前の舗装状態を可能な限り復元することが重要である。一般的には、削孔径（φ40～60mm）よりも径の大きいゴム栓等を用いて空洞上部を閉塞し、早強性モルタル、常温アスファルト混合材等を用いて十分に転圧をしながら閉塞・復旧する方法がとられる。

⑥ 調書の作成

二次調査で得られたデータを整理・解析し、空洞の有無および状況（舗装厚、空洞の発生深度、空洞厚、空洞の発生位置等）を取りまとめた調書の作成を行う。

調書の様式例を図 4.6.2 に示す。

（２）安全管理

占用企業者との協議には時間を要する事があるため、二次調査対象箇所においては事前に発注者より埋設管路図等の資料の提供を受けることが望ましい。

また、二次調査は交通規制を伴うため、作業エリアに対し十分な安全対策を講じることが必要である。

二次調査(ハンディ型地中レーダ探査・スコープ調査)調査書									
道路区分	主要地方道	路線名称	1-●●●	ハンディ型地中レーダ探査結果			No.12		
調査種別	レーダ探査	スコープ調査	No.●●●	スコープ調査結果					
調査日	平成XX年○月○日	平成XX年△月△日	位置	レーダ探査記録			孔壁展開画像		
地先名	〇〇市△△1丁目●●▲	車線区分	走行車線	レーダデータ			スコープ撮影画像		
異常信号概略位置									
異常信号番号と中心位置									

4. 7 評価・とりまとめ

調査結果の評価・とりまとめについては、道路管理者が維持管理上必要なデータを提供することが重要である。

<解説>

路面下空洞探査により発見された空洞箇所については、早期に開削・埋戻し等の対策が取られることが望ましいが、実情としては道路管理者の予算等により制限される場合がある。道路陥没を事前に防止するためには、発見された空洞の陥没発生の可能性や危険性を評価し、危険性の高いものから優先的に対策を行うことが望ましい。

(1) 陥没の危険性についての評価

調査の結果確認された空洞箇所については、調査対象路線の相対的な陥没発生の可能性について把握し、対策優先度の検討資料とすることが望ましい。

参考として、図 4. 7. 1 に陥没発生の可能性評価の一例を示す。空洞箇所における陥没の可能性については、探査により抽出した異常信号の発生深度および広がりに基づき、陥没発生の可能性評価が提案されている。

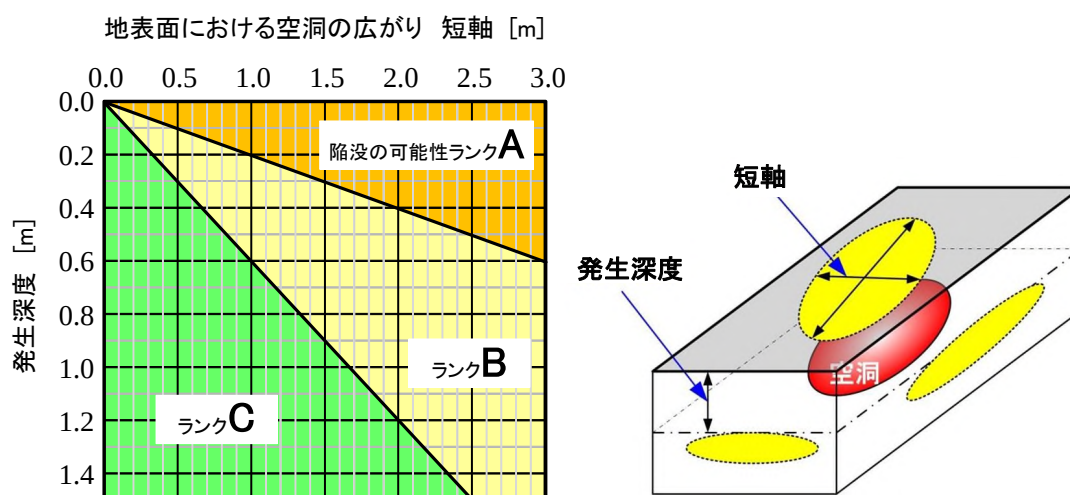


図 4. 7. 1 (参考) 路面陥没発生の可能性評価基準図 (左) と
発生深度・広がり (短軸) のイメージ図 (右)

(出典：空洞判定実施方針(案)、平成 22 年 3 月 国土交通省北陸地方整備局北陸技術事務所 に加筆)

上記の方法は、陥没発生の可能性に対する目安として利用可能であるが、対策優先度等の検討を行うためには、路面変状状況や空洞化原因を把握の上、総合的に判断する必要がある。

(2) 空洞化原因の推定

路面下の空洞は様々な原因で発生するが、発生原因により今後の空洞拡大の進行性が異なる。従って、空洞化原因の推定は対策工及び対策優先度の検討において重要なデータとなる。

空洞化原因の推定は、空洞箇所周辺の地下埋設物、水路や護岸等の構造物、地形、地質状況等を現地確認することにより行うが、補足調査として、二次調査（スコープ調査）時に空洞底面地盤の緩み状況をサウンディング等により調査し、近傍の地下埋設物との関連性について把握することも有効である。

(3) 空洞確認箇所の対策優先度

対策優先度は、先の陥没発生の可能性評価結果に基づき、さらに詳細に陥没発生の可能性を評価するとともに、陥没が発生した場合の重大事故発生の危険性について考察し、対策優先度を検討するものである。

対策優先度検討については、以下の情報を用いて総合的に判断する。

- ・路面変状の有無（沈下・クラック）
- ・舗装構成、補修履歴
- ・空洞厚、空洞下地盤の緩み等
- ・空洞化原因の推定状況（下水管等の破損の恐れなど）
- ・空洞拡大の可能性の有無
- ・地下水流動に関連する周辺状況
- ・道路交通量

(4) 調査結果のとりまとめ

調査結果は、異常信号の位置情報、空洞の有無及び規模、陥没発生の可能性評価、近傍の埋設管状況等を取りまとめ、各空洞箇所の調書や調査結果の一覧表を作成のうえ発注者に報告する。表 4.7.1 に主な調査結果の報告項目と内容を示す。

また、表 4.7.2 に陥没発生の可能性評価を含む調査結果のとりまとめ例を示す。

表 4.7.1 主な調査結果の報告項目と内容

項 目	内 容
業務の概要	件名、目的、調査場所及び路線、調査期間、調査数量 等
調査結果一覧表	異常信号箇所データ表、対策優先度評価一覧表 等
探査結果	平面図、探査記録、空洞内部画像等を整理した調書 等
その他	現場写真、打合せ記録簿 等

表 4.7.2 調査結果のとりまとめ例

異常 箇所 No.	路線名	走行 方向	地先名	スコープ調査		空洞規模(m)				陥没の 可能性 評価	備考
				実施	結果	発生 深度	厚さ	縦断	横断		
No.1	市道1号線	東行	〇市△区1丁目1番	○	空洞	0.30	0.37	2.9	1.4	B	
No.2	市道1号線	東行	〇市△区1丁目2番	○	空洞	0.26	0.45	1.8	0.9	B	下水道枝管上部付近
No.3	市道1号線	西行	〇市△区1丁目3番	○	空洞	0.35	0.55	2.0	1.8	A	下水管近傍約1m
No.4	市道1号線	東行	〇市△区1丁目4番	○	空洞	0.38	0.34	1.20	1.20	B	
No.5	市道2号線	東行	〇市△区2丁目1番	○	空洞	0.37	0.13	1.00	0.70	C	上水道近傍
No.6	市道2号線	東行	〇市△区2丁目2番	○	空洞	0.33	0.27	1.10	0.90	C	
No.7	市道2号線	東行	〇市△区2丁目3番	○	空洞	0.34	0.28	1.35	1.45	B	
No.8	市道2号線	東行	〇市△区2丁目4番	○	空洞	0.40	0.20	2.00	1.50	B	
No.9	市道3号線	西行	〇市□区1丁目1番	○	異常なし	-	-	-	-	-	異物(コンクリート片)
No.10	市道3号線	西行	〇市□区1丁目2番	○	空洞	0.49	0.13	2.5	1.2	C	
No.11	市道3号線	西行	〇市□区1丁目3番	○	空洞	0.28	0.68	1.50	1.45	A	マンホールに近接
No.12	市道3号線	西行	〇市□区1丁目4番	○	空洞	0.32	0.15	1.6	1.4	C	

※空洞規模欄、縦断または横断の空洞長さについて、太字は短軸長を示す。

<参考文献>

- 総点検実施要領（案）【舗装編】：平成 25 年 2 月 国土交通省 道路局
- 総点検実施要領（案）【舗装編】（参考資料）：平成 25 年 2 月 国土交通省 道路局
- 路面地下の適切な管理のあり方について：平成 23 年 3 月 直轄国道の舗装（路面）に関する保全検討委員会
- 空洞判定実施方針（案）：平成 22 年 3 月 国土交通省 北陸地方整備局 北陸技術事務所
- 非開削地下探査技術 適用の手引き（案）：平成 28 年 3 月 一般社団法人 日本非開削技術協会
- 物理探査ハンドブック 増補改訂版：平成 28 年 公益社団法人 物理探査学会
- 地盤調査の方法と解説：平成 25 年 公益社団法人 地盤工学会

本書の著作権に関するお願い

本書の掲載内容は、当コンソーシアムが独自に企画・編集したものであり、その著作権は当コンソーシアムが保有しております。

本書のご利用に関しましては、本書の全部または一部を無断で複製転載、あるいは磁気媒体等に入力して第三者に販売、貸与、譲渡等を行わないようお願いいたします。



路面下空洞探査 技術マニュアル (案)

平成 29 年 9 月 1 日 発行

編集・監修・発行 一般社団法人 全国地質調査業協会連合会

路面下空洞探査車の探査技術・解析の品質確保コンソーシアム

(事務局：応用地質株式会社)

〒331-8688 埼玉県さいたま市北区土呂町 2 丁目 61 番 5 号

TEL:048-652-4956 FAX:048-652-3758

