

車両型地中レーダ探査装置と空洞判定AI を用いたスクリーニング技術の 実用化に向けた調査事業

川崎地質・日本下水道事業団共同研究体

1. 革新的技術の概要と目的
2. 革新的技術の概要
3. 革新的技術の導入効果
4. 革新的技術の計画・設計、維持管理
5. 実証期間中に行った技術上の工夫・改善点
6. 問い合わせ先

1. 革新的技術の概要と目的

1-1. 下水道事業が抱える課題

- 膨大なストック：全国の下水道管路管理延長＝約49万km（令和2年度末）
- 老朽化の進行：標準耐用年数50年経過した下水道管渠の急増
- 道路陥没：下水道管路の老朽化等を原因として、道路が陥没
- 適正な管理：限られた人員と予算での持続的な維持管理

1-2. 下水道ビジョンとの関連

- 「循環のみち」実現のための3つの方針

水のみち

資源のみち

施設再生

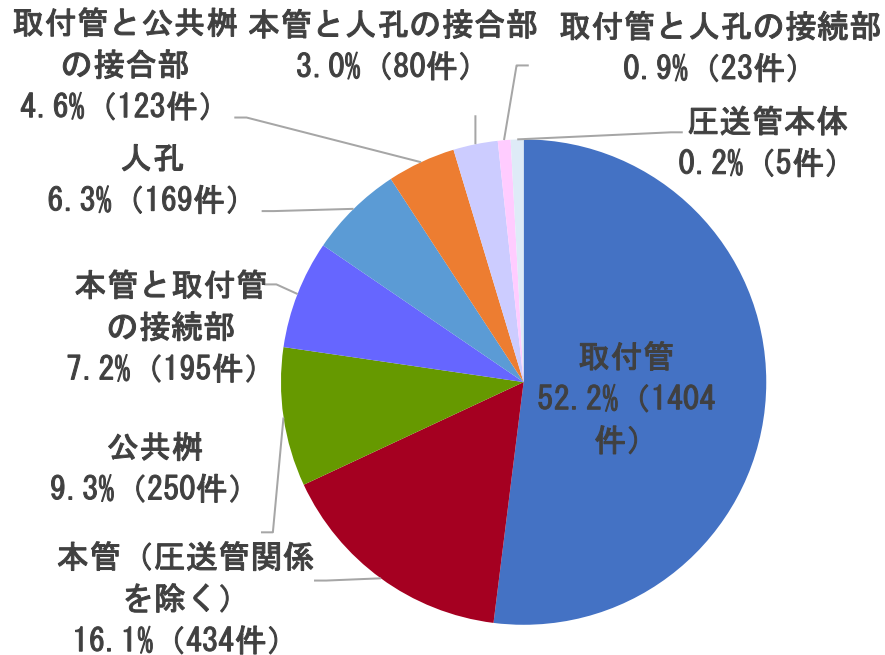
新たな社会ニーズに応えるサステナブル下水道の実現

「発生対応型から予防保全型への転換」

1. 革新的技術の概要と目的

1-3. 革新的技術の特徴と課題解決のアプローチ

下水道施設が原因の道路陥没: 約2,500件(令和2年度)



引用: 国土技術政策総合研究所下水道研究部: 国総研における下水道管路ストックマネジメントに関する調査研究, 下水道協会誌, 2022/Vol.59/No.712(https://www.jswa.jp/wp2/wp-content/uploads/pdf/journal/2022-02_No712.pdf)

<道路陥没プロセス>

- ①土砂を流出させるような埋設管の不具合
- ②空洞の発生・移動・道路陥没



H28年度B-DASH研究報告書(川崎地質・日本下水道事業団・船橋市共同研究体)の一部を引用・加筆

1. 革新的技術の概要と目的

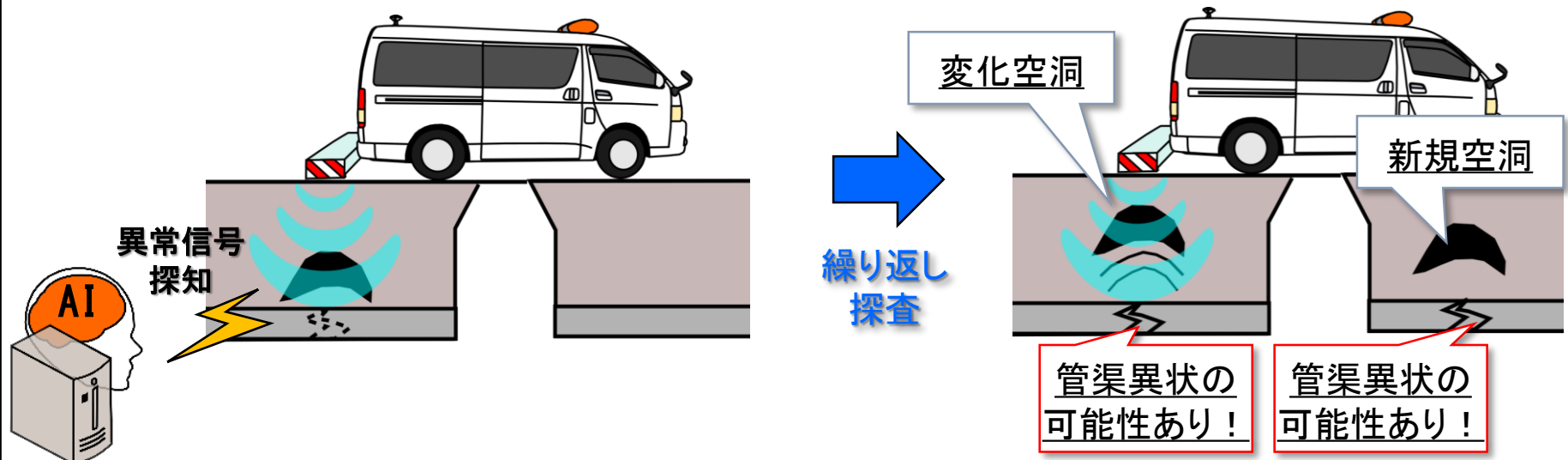
1-3. 革新的技術の特徴と課題解決のアプローチ

◆ 車両型地中レーダ探査装置

車両に搭載した地中レーダにより、道路下の空洞の変化を検知

◆ 空洞判定AI

車両型地中レーダ探査装置で取得したデータから、空洞の可能性のある場所をAIが自動判定



①道路陥没を生じさせるような空洞の発見、②その原因となる重篤な異状がある下水道管路をスクリーニングするための技術

1. 革新的技術の概要と目的

1-4. 革新的技術の普及対象範囲（ターゲット）

対象：探査車両が進入できる全ての下水道管路（本管、取付管、マンホール）
 ※ただし、変化した空洞を生じさせた管路のみ把握することが出来る

表. 革新的技術の適用範囲

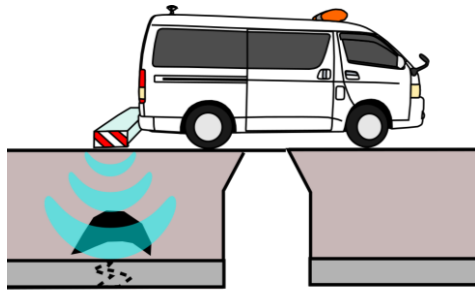
項目		内容
管路	管種、管径、土被り、 スパン長さ	道路上からの調査のため問わない。
	管路区別	本管、取付管の区別なく調査可能
	管路の状態	空洞発生に関わっている重篤な異状箇所（異状ランク、種別判定不可）
空洞	検出できる大きさ	長さ0.5m以上、幅0.5m以上、厚さ0.1m以上の大きさがあること
	検出できる深度	土被り2m程度まで

1. 革新的技術の概要と目的

1-5. 革新的技術の導入により期待される効果

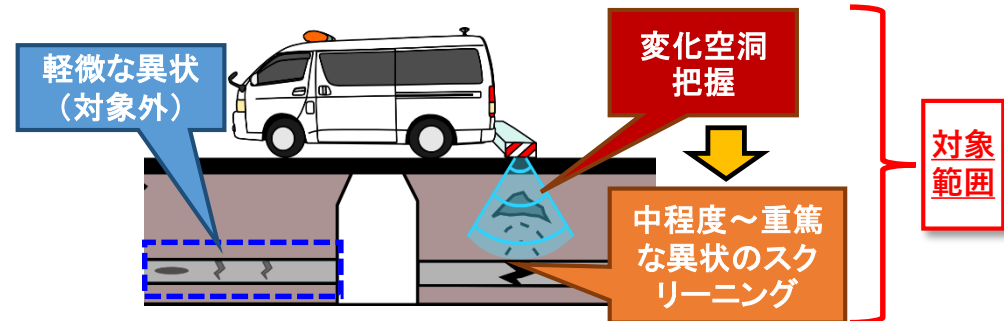
①道路陥没抑制効果

陥没前に空洞を発見できるため、陥没抑制効果が期待できる。



②重篤な異状がある管路スクリーニング

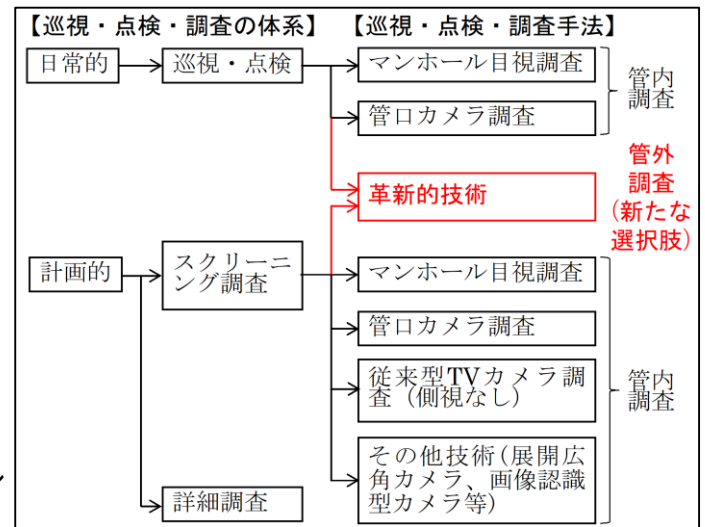
空洞を生じさせるような管路異状を対象にしたスクリーニング効果が期待できる。



③管路スクリーニングの新たな選択肢

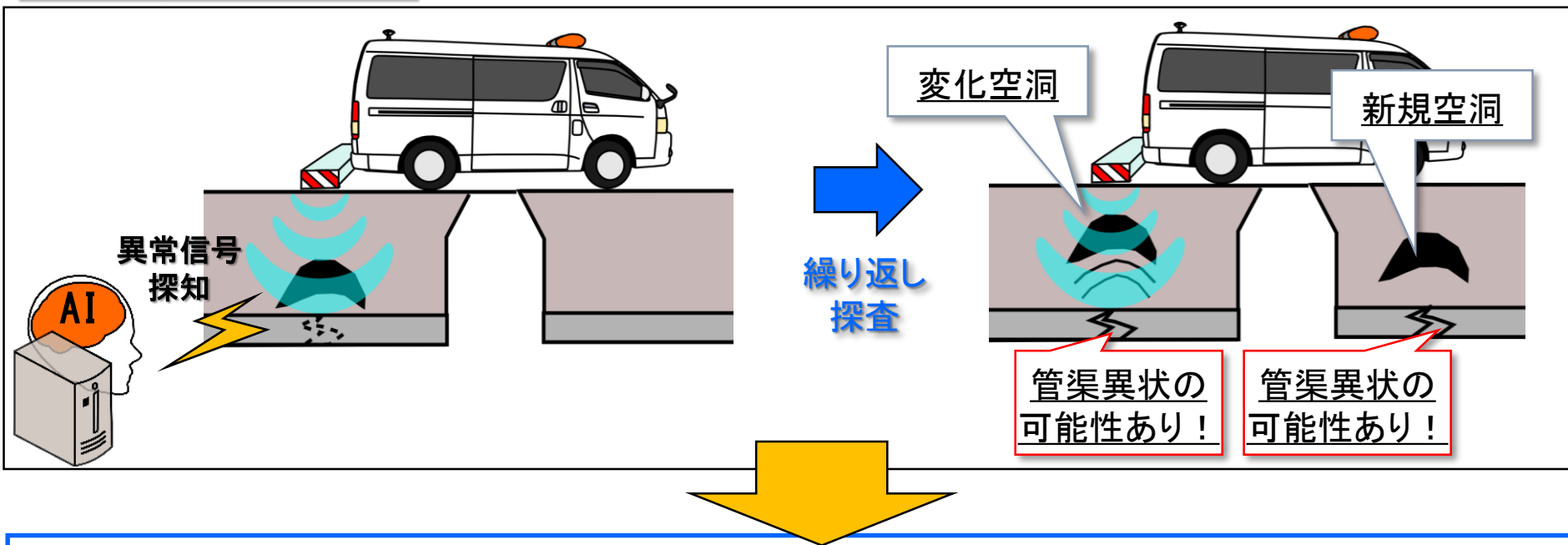
事業体の施設・財政状況等に応じた管路調査方針の新たな選択肢として期待できる。

技術体系図(下水道管路施設の点検・調査マニュアル
(案)(平成25年6月(公社)日本下水道協会を引用・編集)

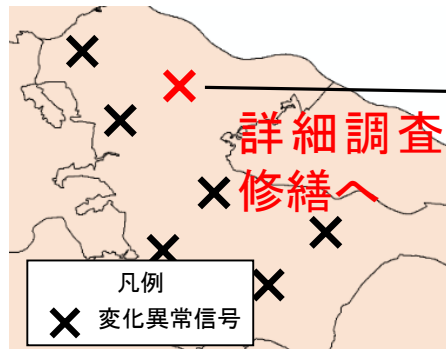


2. 革新的技術の概要

2-1. 技術の概要



詳細調査等のスクリーニング技術として活用



2. 革新的技術の概要

2-1. 技術の概要（車両型地中レーダ探査装置）

- ・車両で走行しながら、空洞が生じている可能性箇所（異常信号）のデータを取得



外観概要	・レーダアンテナ数：5 ・探査幅：1.9m ・寸法：長さ5.3m×幅2.1m×高さ2.3m
性能	・検出可能空洞：縦50cm×横50cm×厚さ10cm以上 ・探査可能最大深度：2m程度 ・最大走行速度：55km/h程度
その他	・道路維持作業車登録 ・普通運転免許で運転可能

2. 革新的技術の概要

9

2-1. 技術の概要（車両型地中レーダ探査装置）



2. 革新的技術の概要

10

2-1. 技術の概要（車両型地中レーダ探査装置）



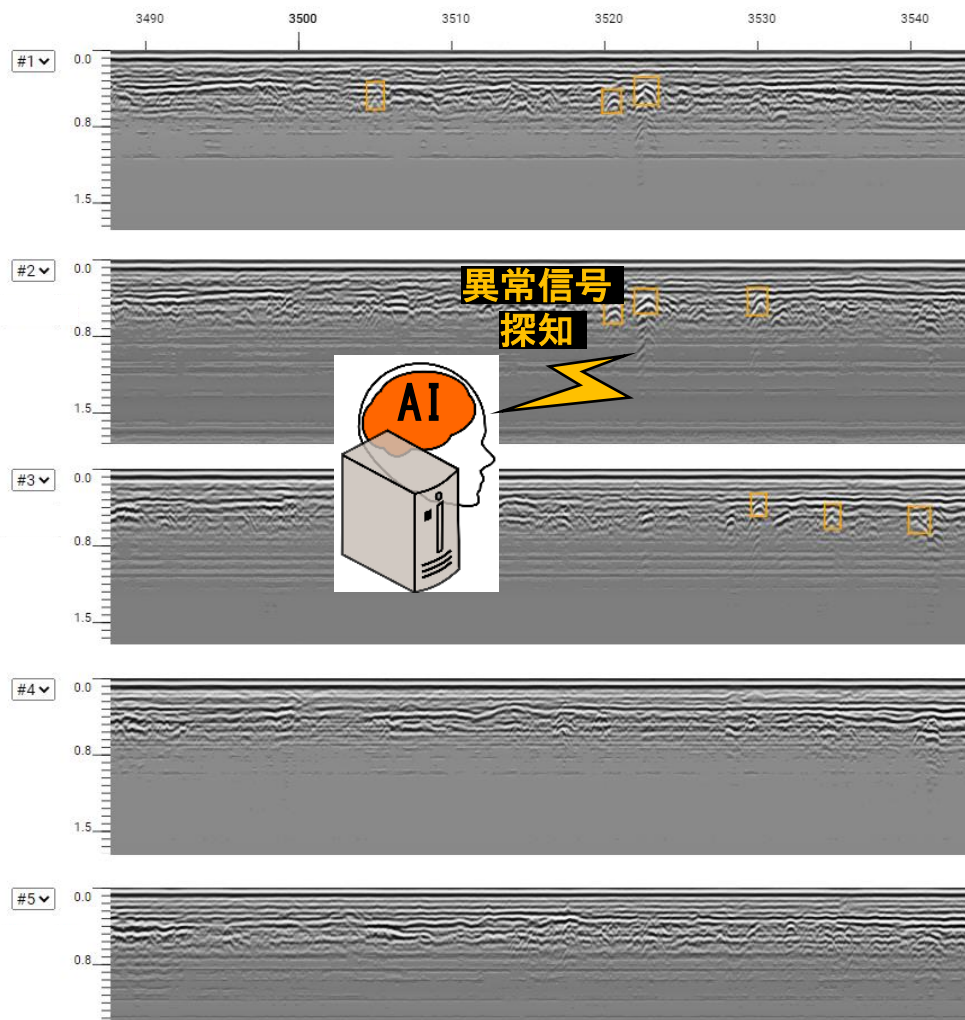
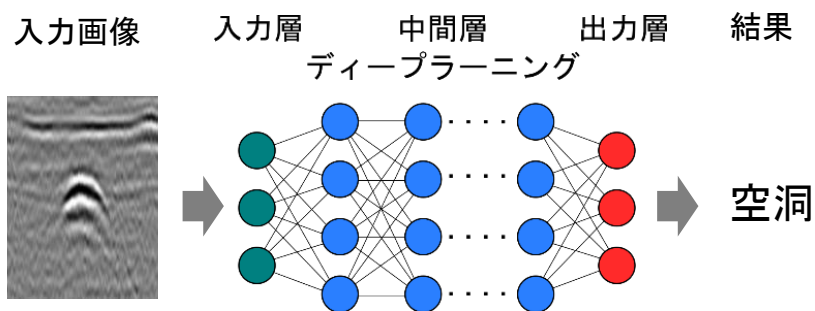
2. 革新的技術の概要

11

2-1. 技術の概要（空洞判定AI）

- 空洞データを深層学習したモデル
- 探査データをアップロードすることで、自動的に空洞の可能性のある異常信号を自動判定

学習モデル：空洞画像の深層学習



□ AIによる自動判定箇所

2. 革新的技術の概要

2-1. 技術の概要（技術の特徴）

(1) 管内を走行しない

- 道路上を走行し調査するため、土砂等の堆積有無等、管内の状況に調査可否が左右されない。
- 管内を走行しないため、交通規制が不要で安全面で大きな利点。
- 交通の流れに沿って調査できるため、1日で広範囲の調査が可能。
- 警察協議等の特別な協議は必要なく、車両による走行のみの調査のため、巡視時などで活用可能。

(2) 空洞解析の労力軽減

- AIにより空洞解析の労力を軽減。

(3) 道路陥没の抑制

- 道路陥没を発生させる空洞を陥没前に把握できるため、陥没件数の抑制に貢献可能。

2-2. 実証研究フィールド



◆研究場所：千葉県柏市

- ・処理方式：合流式、分流式
- ・管種：ヒューム、塩ビ
- ・経過年数：概ね20～40年

◆調査した道路延長：約70km (管路延長：約75km)

凡例

- 探査路線
- 下水道管

柏市様には、フィールド提供
ならびに貴重なご意見を頂き
ました。誠にありがとうございました。

2. 革新的技術の概要

2-3. 実証研究成果①

◆ 変化した空洞についての成果

- ・ 変化した可能性がある: 0.03m/年以上で浅くなる (変化した空洞、注視)
- ・ 変化した可能性が高い: 0.06m/年以上で浅くなる (管内詳細調査対象)

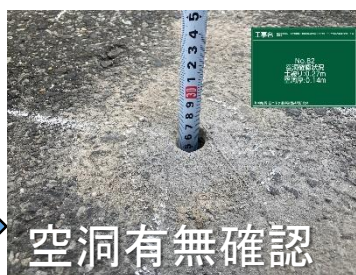
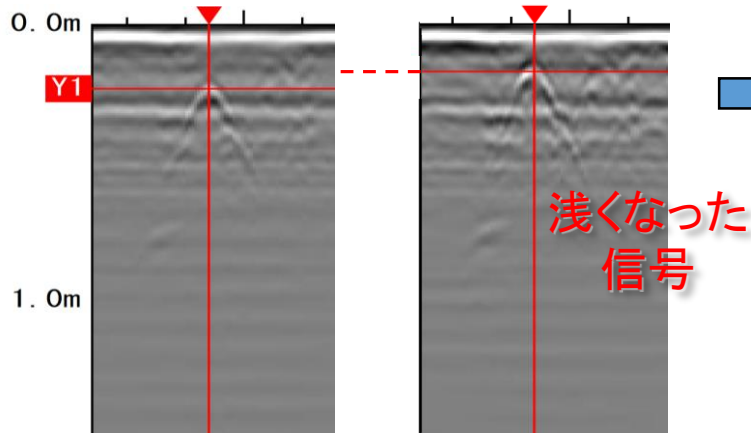
◆ 対象施設: 本管、取付管、マンホール

◆ 調査頻度: 年3回程度(秋、春～梅雨、夏)。さらに複数年のモニタリングが望ましい。

◆ 日進量: 調査延長約20km、解析延長約160km

変化した空洞事例

2020年10月取得 → 2021年11月取得



【本管の異状例】



【取付管の異状例】



2. 革新的技術の概要

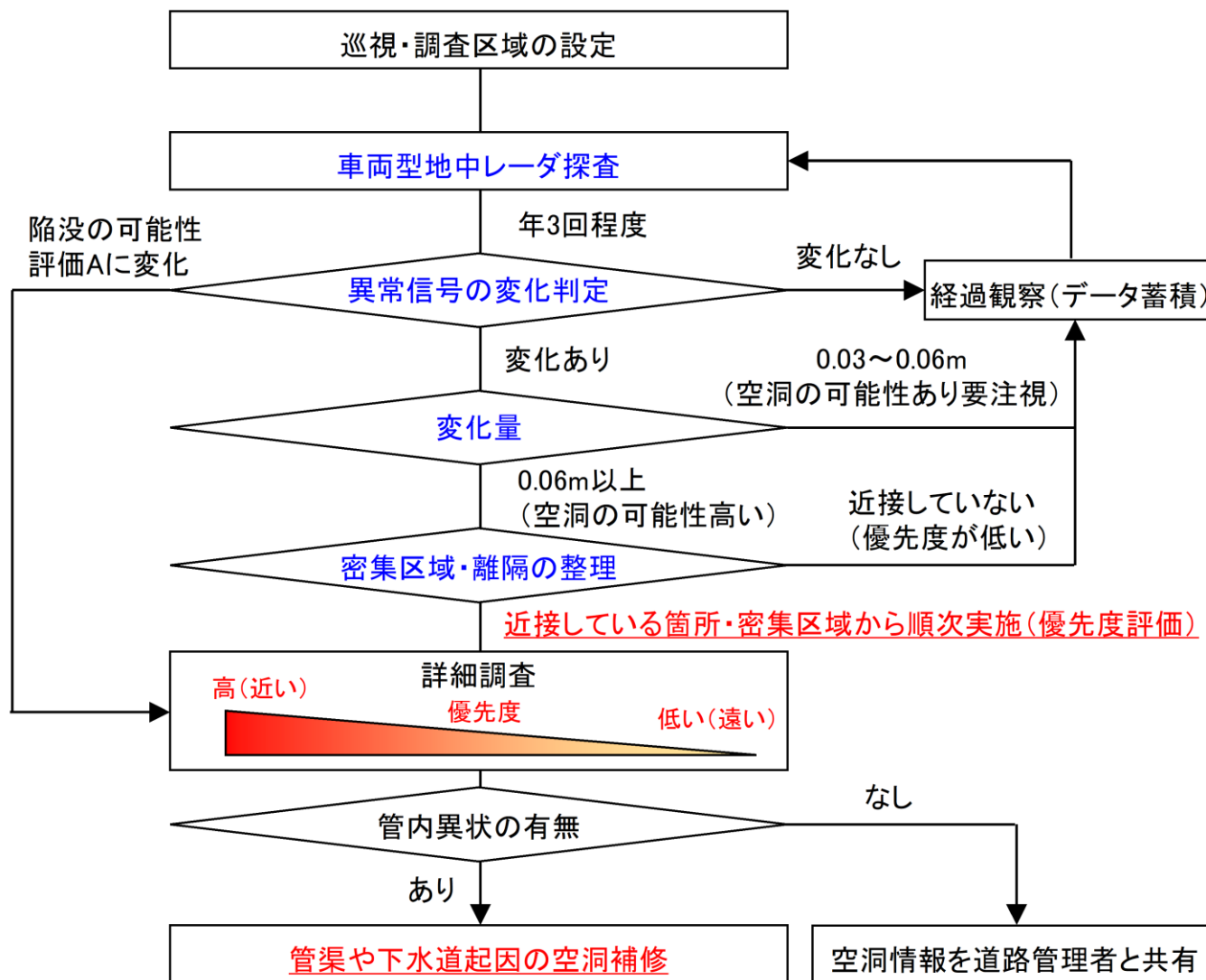
2-3. 実証研究成果②

評価項目	内容・目標値	結果
変化した異常信号と空洞の関係	変化した異常信号の80%以上が空洞であること	確認した変化異常信号20箇所は、全て空洞あり 比率100%(達成)
下水道管に起因する空洞に対して得られた成果 (下水道管と変化した空洞との関連性) ※目標値なし	変化した空洞周辺の管路に異状がある精度	・変化した空洞周辺で管内調査が実施できた箇所:19 ・上記のうち、実際に管内異状があった箇所:17 (中程度～重篤もしくは取付管関連:14) - 管内異状正解精度:89%(中程度～重篤74%)
	全ての管内異状と変化した空洞の観点から発見できた管内異状の比率	・全ての管内異状:31 ・空洞変化により発見できた数:17……比率55% ※空洞が変化すれば残り45%を発見できる可能性あり
	・管内異状の程度 ・詳細調査実施の判断材料	・土砂流入系の異状が多い ・異状ランクa、b付近の空洞の変化が大きい。 ・異状がある管路の方が、無い場合と比べて空洞と近接。 ・変化量と離隔は詳細調査優先度(下水道起因で空洞が発生している箇所)の判断材料となる可能性あり。
AIの発見精度	技術者が抽出した空洞をAIも80%以上抽出できる	技術者が抽出した数44、左記のうちAIも抽出した数:44 比率100%(達成)

2. 革新的技術の概要

2-3. 実証研究成果③

【本技術の活用フロー(案)】



2-4. 技術の適用条件・推奨条件

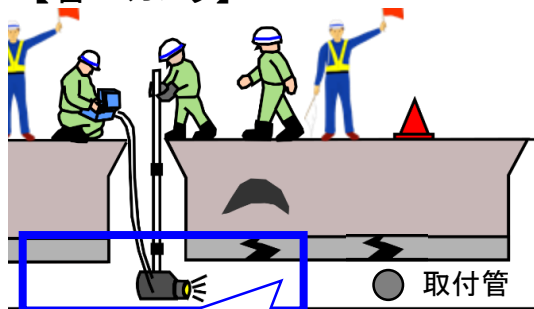
評価項目	現場諸元
適用・推奨条件	● 探査位置: 管渠直上あるいは周辺を探査できること。車道かつ有効幅員3.5m以上。 ● 舗装・路面: 鉄筋コンクリート舗装・敷き鉄板・水溜まりがないこと、車両が通行できること。アスファルト厚さ0.15m以下、路盤厚さ0.50m以下が望ましい。 ● 交通量: 問わない(ただし、路上駐車下の探査不可) ● 天候: 雨天時、積雪時不可 ● 調査頻度: 雨季～冬季にかけて、年間3回程度の調査が望ましい(複数年のモニタリングが良い)。 ● 土質条件: 砂質土系の地盤、地下水位以浅。 ● AI: 当探査装置のデータのみ適用可能。精度向上のため、取得データを用いて学習させていくことが望ましい。
専門技術性	● 免許: 普通運転免許 ● データ解析: AI解析後の異常信号比較には、専門技術者の判定が必要。

3. 革新的技術の導入効果

3-1. 導入コスト

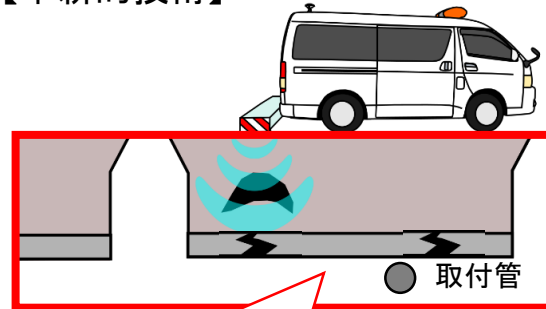
項目	従来技術(管口カメラ)	革新的技術
調査対象	管内調査：本管（人孔周辺）	管外調査：本管＋取付管（車道全スパン）
調査項目	点検・調査マニュアル（案）の10項目	土砂流入系の異状（破損、クラック、継手ズレ、浸入水、たるみ）＋ <u>陥没の可能性のある空洞</u> 。ただし、変状状況は要詳細調査。

【管口カメラ】



調査範囲、対象異状10項目

【革新的技術】



革新的技術調査範囲、
対象異状5項目

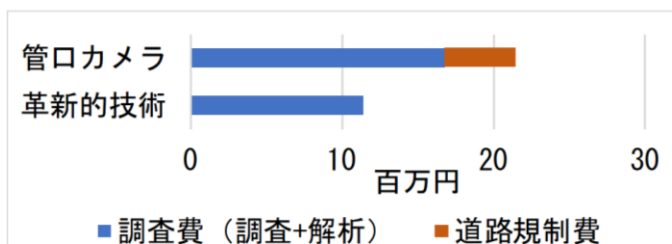
- 本技術と従来技術とは、調査対象や調査項目等が大きく異なる。
- 各々の導入効果やコスト、作業日数等の得失に関して単純な比較は困難（削減率については評価していない）

項目	管口カメラ	革新的技術
対象管路延長	80km（1スパン30m）	
道路種別	車道	
日進量	調査	1,200m
	解析	20,000m
同一管路の調査回数	調査	900m
	解析	160,000m （+変化比較250箇所）
交通誘導員	要2人	不要

- ・平成25年度B-DASH管口カメラ単価210円/mを参考
- ・両技術：平成25年度労務単価を採用

導入コスト

管口カメラ 21.5百万円
革新的技術 11.4百万円



3. 革新的技術の導入効果

3-2. 陥没抑制効果

変化した空洞の発見



優先的な詳細調査の実施



空洞・管路補修



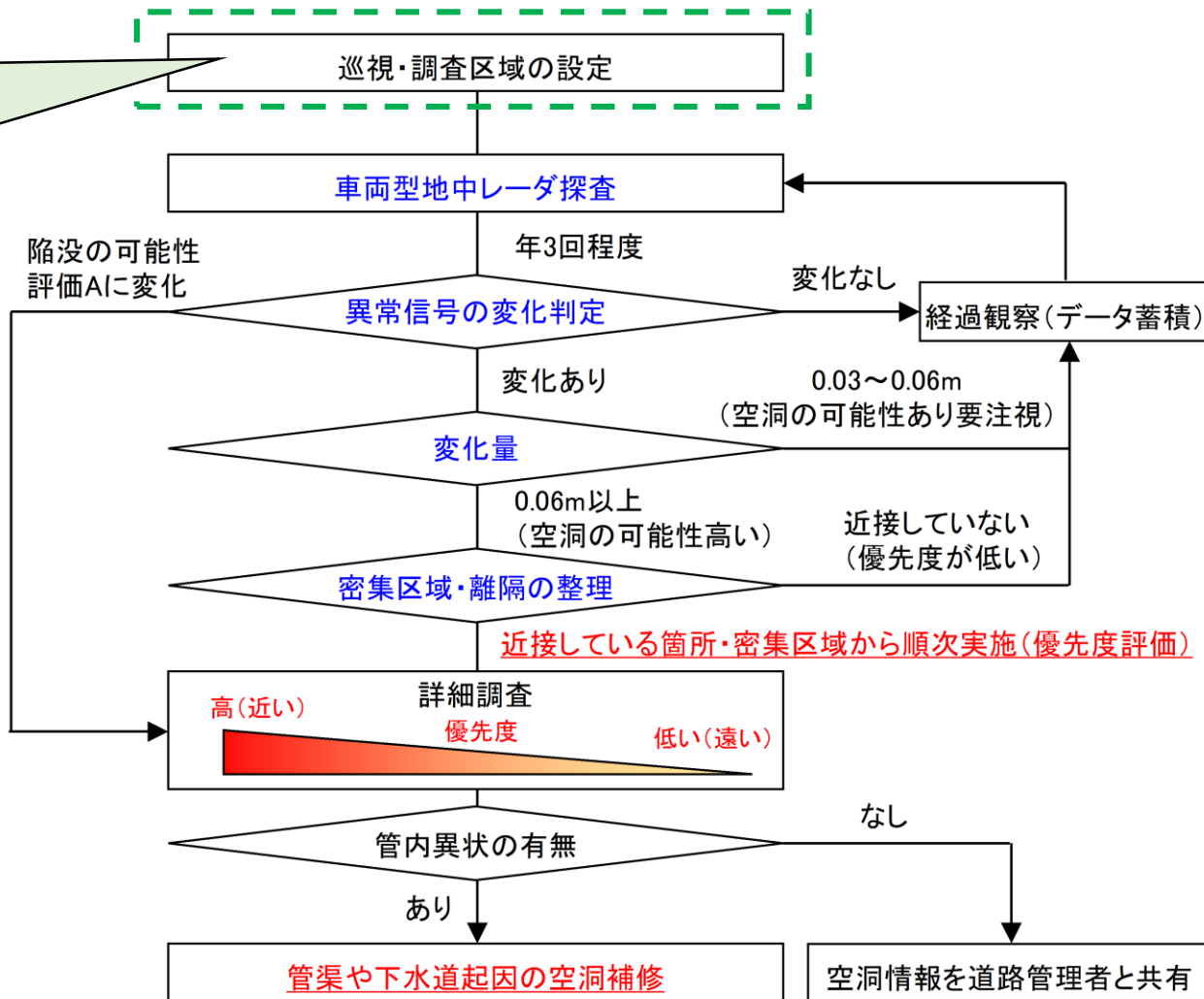
- 本研究で発見した陥没の可能性のある箇所は、**迅速に空洞補修され、10箇所以上の陥没を未然防止。**
- **下水道管路の修繕計画に貢献**
- **下水道起因で発生する陥没の予防効果**があることを確認
- 下水道起因でなくても、陥没により第三者への影響が生じる前に予防保全的な対応が可能（道路保全事業、住民の安心安全に寄与）

4. 革新的技術の計画・設計、維持管理

4-1. 計画・設計で考慮すべき事項

【本技術の活用フロー(案)】

本技術を導入する
範囲や路線を選定
する必要がある。



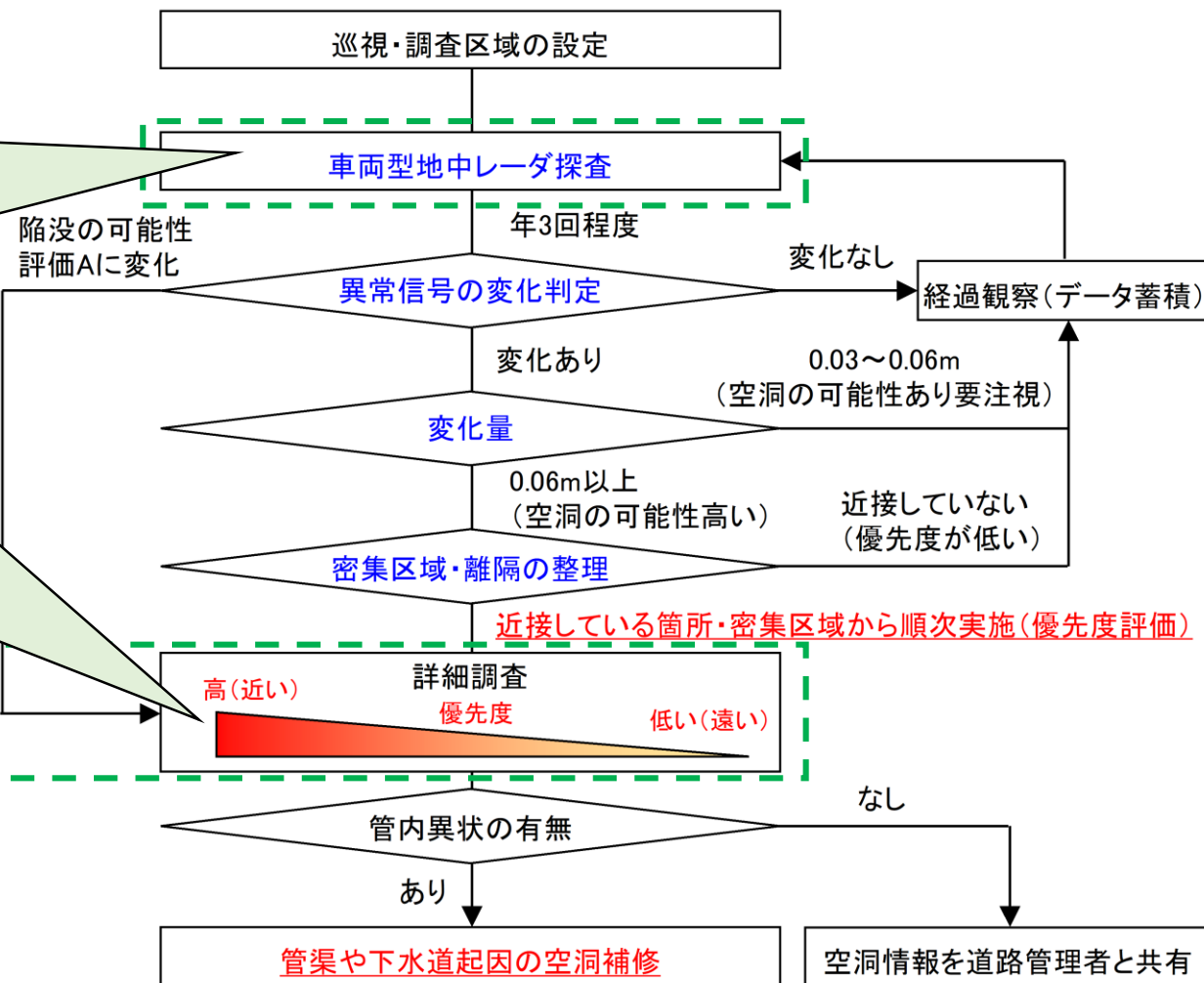
4. 革新的技術の計画・設計、維持管理

4-2. 革新的技術の導入による既存施設への影響

【本技術の活用フロー(案)】

本技術は、道路上で探査するため、使用にあたって、既存施設への影響はない。

ただし、あくまで異状箇所的位置推定を行うものであるため、スクリーニング結果をもとに既往施設の詳細調査を実施する必要がある。



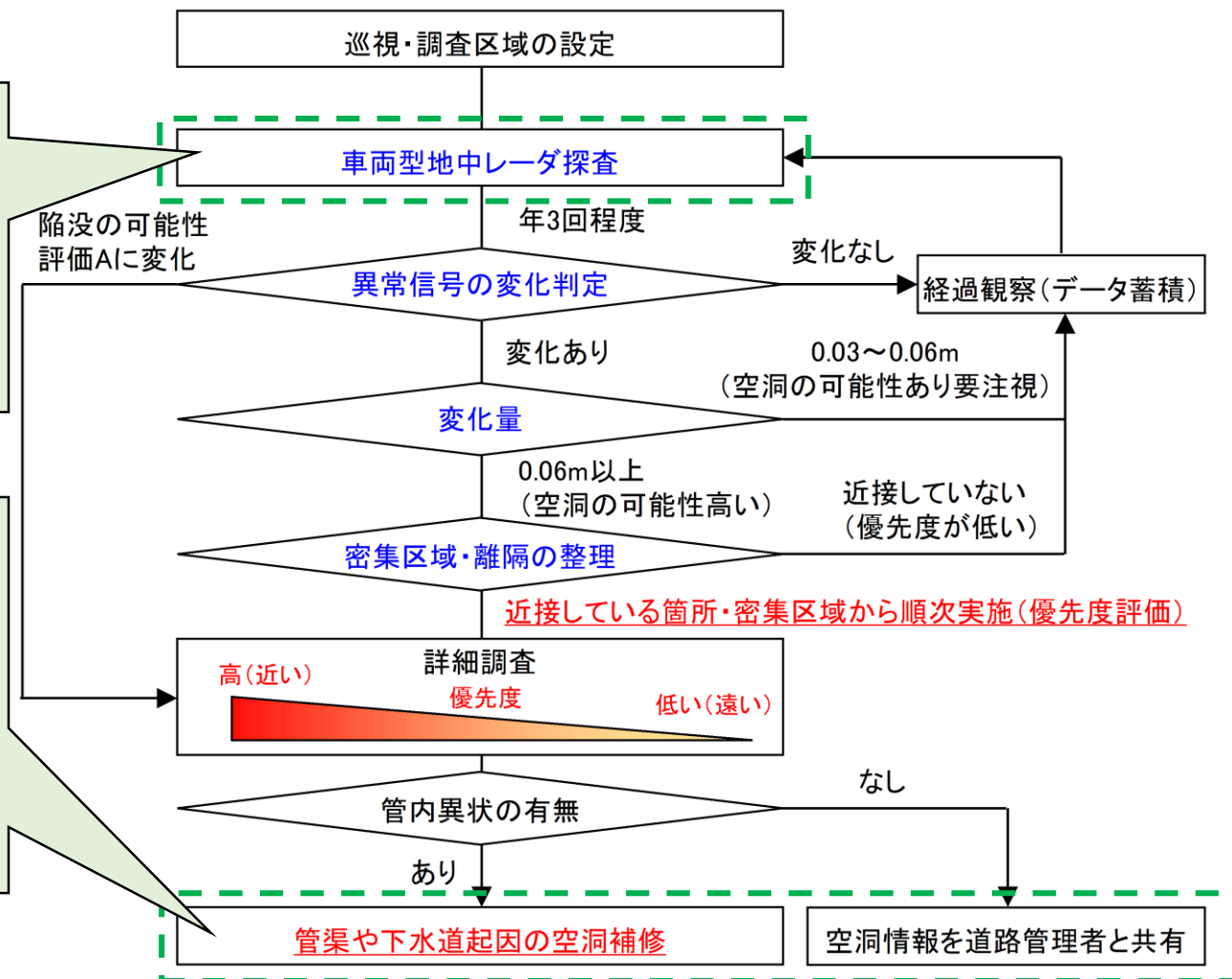
4. 革新的技術の計画・設計、維持管理

4-3. 革新的技術の導入による既存維持管理への影響・留意点

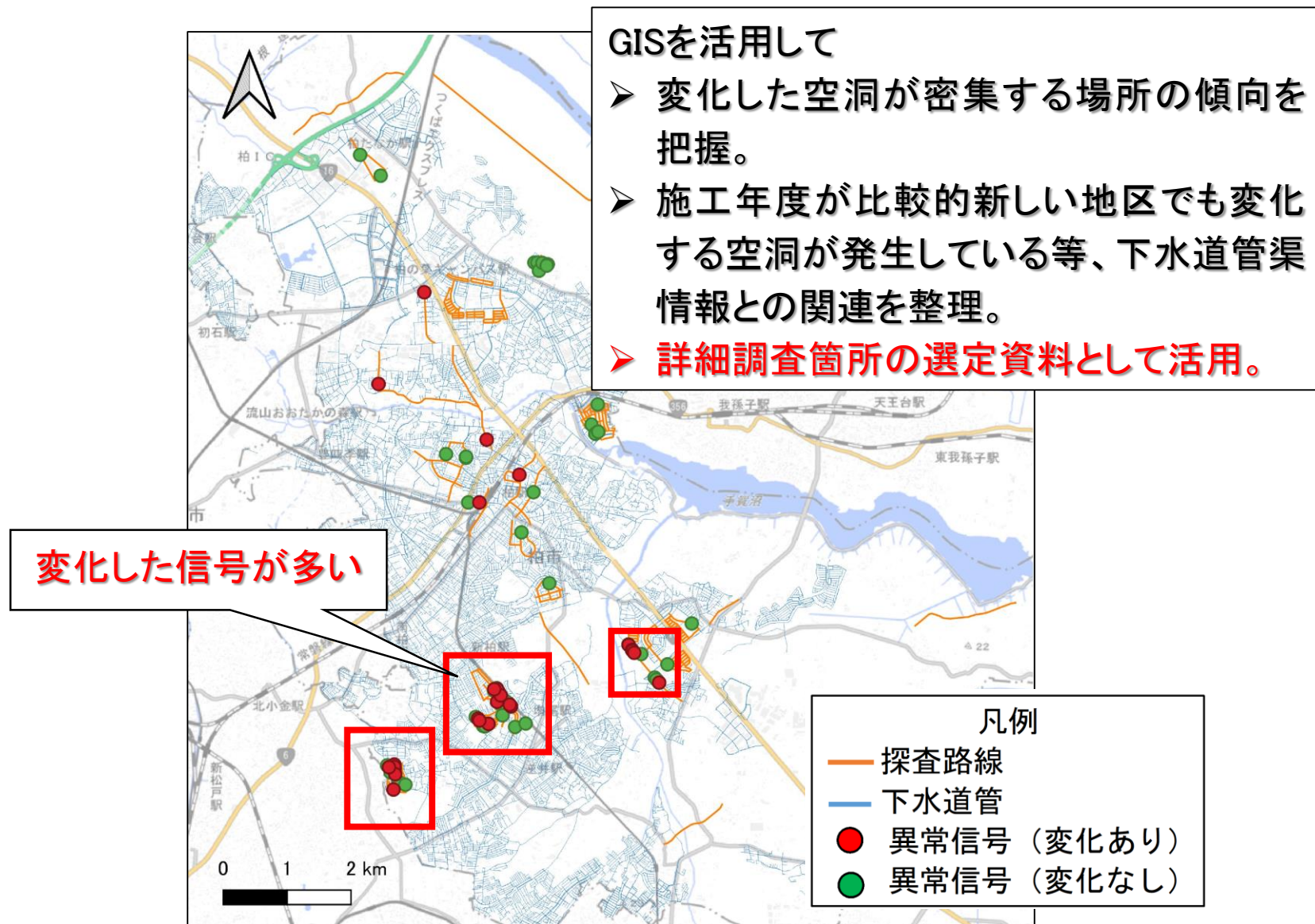
【本技術の活用フロー(案)】

本技術は、川崎地質が所有する探査装置であるため、下水道事業者によるメンテナンスは不要。

ただし、詳細調査の結果をもとに、既往施設や空洞の補修検討、道路管理者との情報共有等が必要。



GISによる空洞可能性箇所と下水道管路の重ね合わせ



機関名	連絡先
国土交通省 国土技術政策総合研究所	下水道研究部 下水道研究室 〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 TEL 029-864-3343 FAX 029-864-2817 URL http://www.nilim.go.jp
《問い合わせ窓口》 川崎地質株式会社	関東支社保全部 〒108-8337 東京都港区三田2-11-15 TEL 03-5445-2080 FAX 03-5445-2094 URL https://www.kge.co.jp/
地方共同法人 日本下水道事業団	技術開発室 〒113-0034 東京都文京区湯島2-31-27 TEL 03-6361-7849 FAX 03-5805-1806 URL https://www.jswa.go.jp/

ご清聴ありがとうございました。