

地中レーダ探査・AI解析による 地下埋設物情報提供の取り組みのご紹介

地下埋設インフラの維持管理業務の効率化・高度化支援

増田 真也

現在、地下埋設インフラの維持管理業務の効率化・高度化の支援を目的に、正確な地下埋設物情報の収集・分析・提供をめざしている(21年4月以降提供開始予定)。これまで応用地質(株)三次元探査検定センター(試験サイト)での地中レーダ探査結果の検証から深度1.5mまでの縦断管、横断管の検知を確認しており、現在、全国各地の実証サイト(公道)で検証を行っている。本稿では、現状の地下埋設インフラの維持管理業務における課題とともに、地下埋設物情報の作成に関わる地中レーダ探査技術、AI技術の特徴の紹介や今後の情報提供による業務の支援内容、情報の利活用による更なる業務高度化支援の可能性を紹介する。

キーワード：地下埋設インフラ情報の一元管理、地中レーダ探査、AI解析、建設機械との情報連携、設計自動化

1. はじめに

我が国では、高度成長期以降に整備したインフラの老朽化が進み効率的な維持管理・更新が求められている。一方で、維持管理を担う保守員の高齢化・熟練保守員の不足が問題となっている。地下埋設インフラにおいては、直接見えない設備を維持管理・更新する難しさに対応する必要があるのに加え、防災・美観の観点から進む電柱の地中化に伴う、新設工事・管理対象

の増大にも対応していく必要がある。

このような背景を踏まえ、現在、社会インフラ保守プラットフォーム構想を打ち出し、インフラ維持管理に関わるデータの収集・分析により、平時の維持管理業務の高度化・効率化の支援をめざしている。また、平時だけではなく、災害時の被害最小化に寄与することで社会課題の解決をめざしている。最初のターゲットを地下埋設インフラとし、社会インフラ保守プラットフォームの先行モデル構築を進めている(図1)。

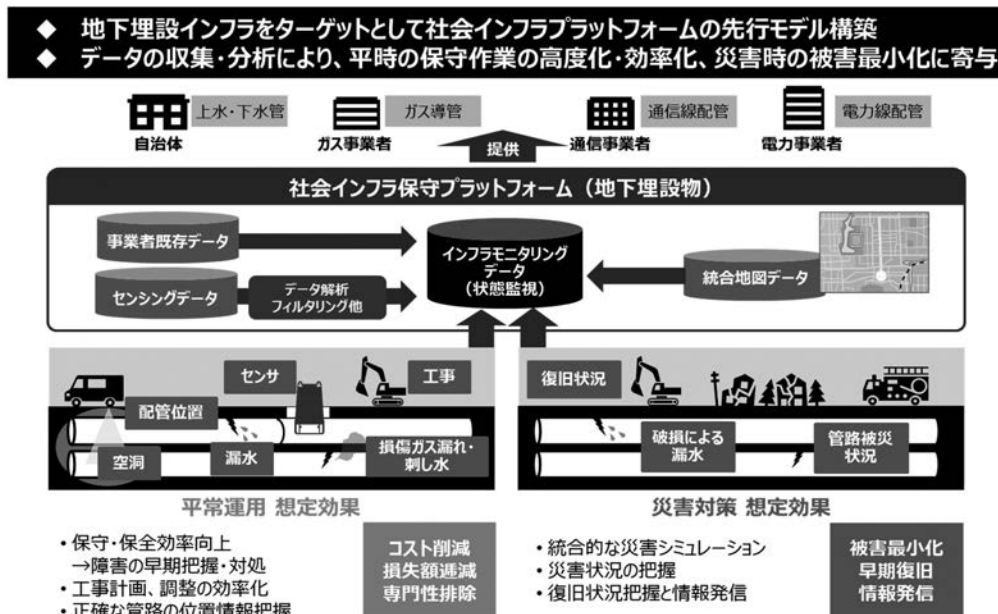


図1 社会インフラ保守プラットフォームのコンセプト

地下埋設インフラの維持管理・更新を支援するにあたり、実際の業務に関わっているインフラ事業者の担当者の方々にヒアリングをした結果、大きく以下の4つの点が現状の問題点や今後の課題（期待）として挙げられた（図-2）。

- | | |
|------------------|----------------------|
| 〈今後の課題〉 | 〈期待する内容〉 |
| 1) 情報収集工数の削減 | …情報の一元管理・提供 |
| 2) 試掘工数の削減 | …正確な埋設管の位置情報の提供 |
| 3) 埋設管損傷事故リスクの回避 | …正確な埋設管の位置情報の提供 |
| 4) 工期遅延リスクの回避 | …埋設管敷設の障害となる埋設物情報の提供 |

現状は、複数のインフラ事業者が各々インフラ情報（図面など）を管理しており、埋設管敷設の設計、施工の際に、他事業者の情報収集に時間と手間がかかっていることから、情報の一元管理・提供が期待されている（1）情報収集工数の削減。また、図面と現場（実際の位置）に相違があることが多く、埋設管の位置確認のために行われる試掘の際に、図面に記載の位置に埋設管がなく無駄な試掘が発生している。また、図面に記載のない位置にある埋設管の損傷事故も発生していることから、正確な埋設管の位置情報の提供が期待されている（2）試掘工数の削減、3）埋設管損傷事故リスクの回避。最後に、工事中に予期せぬ埋設物が発見されることにより、工期遅延、追加費用が発生し

ていることから、埋設管敷設の障害となる埋設物情報の提供が期待されている（4）工期遅延リスクの回避）。

上記4つの課題解決に向け、正確な埋設物情報を広域に把握・一元管理し、その情報を、地下インフラの維持管理・更新業務に関わる方々に提供することをめざしている。具体的には、地中レーダ探査技術を用い地下埋設物情報を収集し、AI解析技術を用い広域に正確な埋設物情報を可視化し、プラットフォームで情報を一元管理・提供することを予定している（図-3）。

2. 埋設物情報を可視化する技術

地下埋設物情報は、地中レーダを用い地下を探索することでレーダ画像などの探査データを取得し、探査データに対しAI解析を行うことで判別する。判別する対象は、埋設管、空洞、その他の埋設物の位置情報である。地中レーダは、車道を対象にした車両搭載型、歩道などの比較的狭い範囲での探査を対象にした手持し型を用意している。判別したこれらの埋設物の位置情報は、2次元・3次元で可視化され、プラットフォームで情報を一元管理・提供することを予定している（図-4）。埋設物情報の可視化・提供プロセスを支える、地中レーダ探査技術、AI解析・可視化技術の特徴を以下に紹介する。

（1）地中レーダ探査技術の特徴

地表からの地下の状況や地下埋設物の調査は、さまざまな物理探査手法があり、土木・建築構造物周辺の

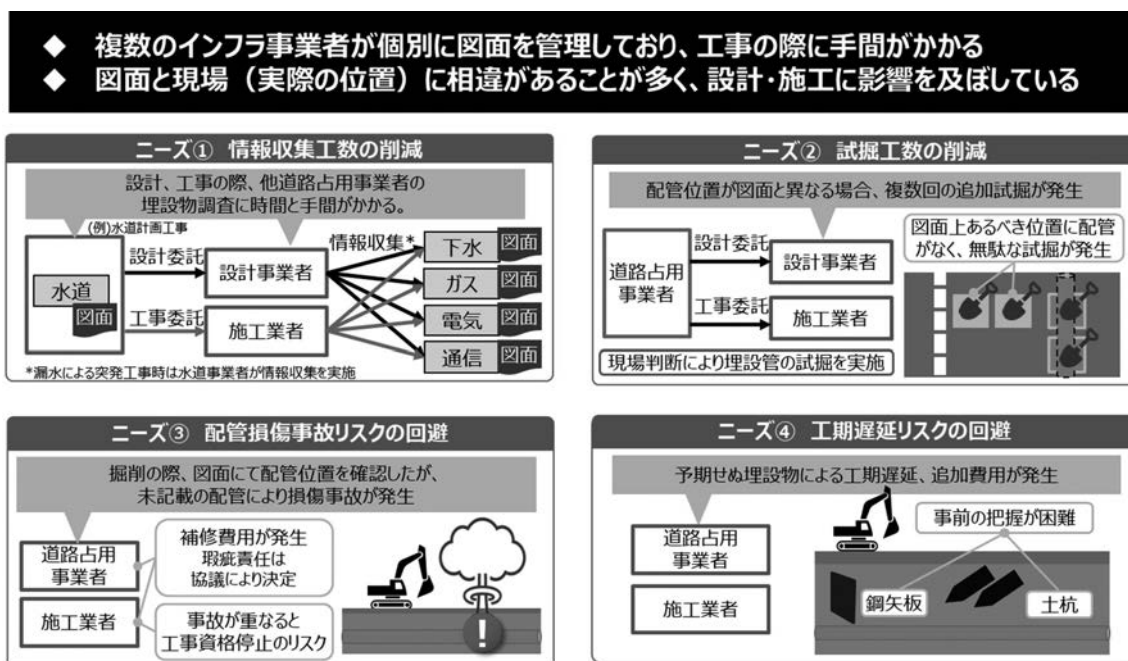


図-2 埋設管敷設工事における課題・ニーズ

レーダ探査+AI解析により地下埋設物情報を可視化、プラットフォーム上で統合管理し提供

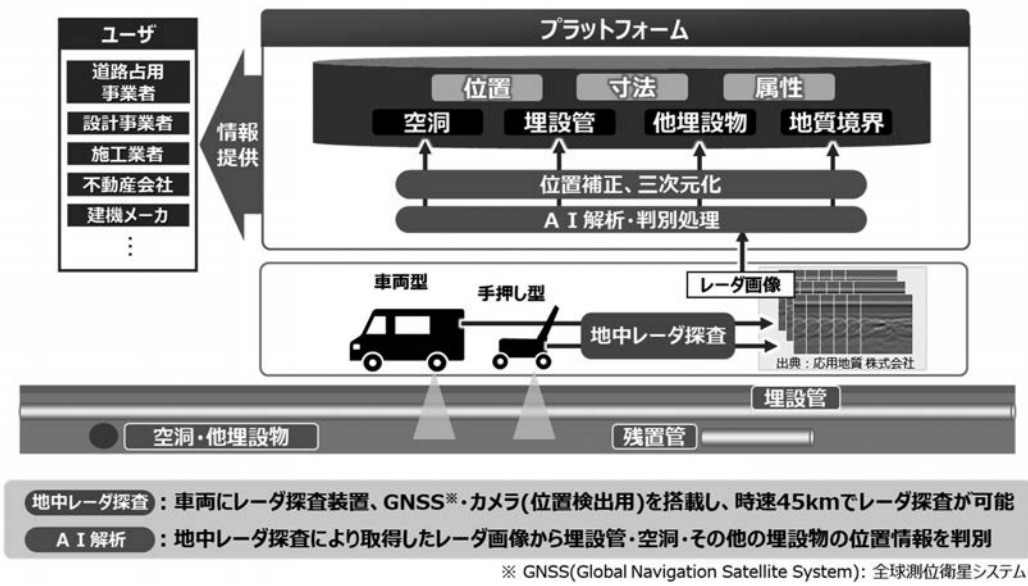


図-3 地下埋設物情報の一元把握・提供のイメージ

**◆ レーダスキャンしたデータを元に、AI解析を行い埋設物の判別を実施
◆ 簡易3D-Viewerの処理を行い、情報を追加して詳細3D-Viewerを作成**

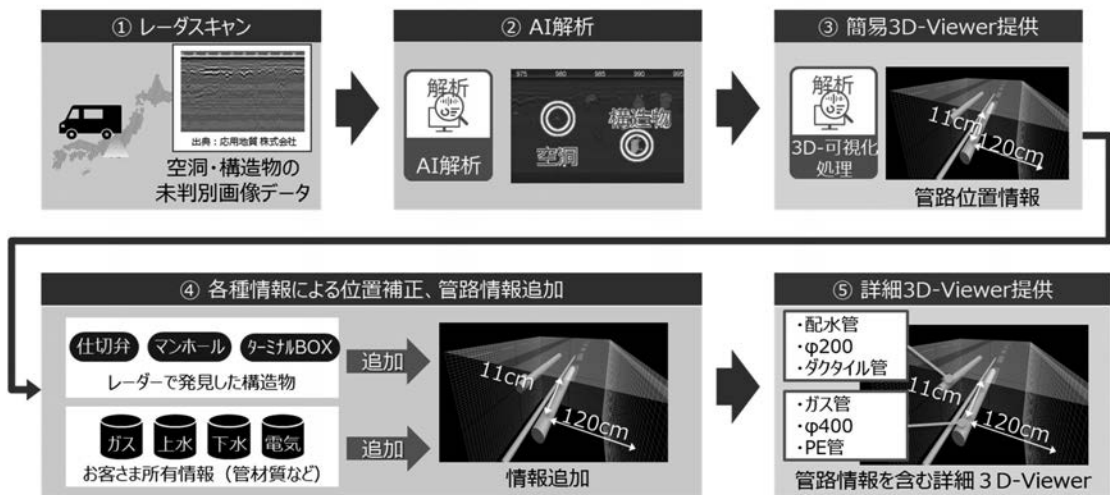
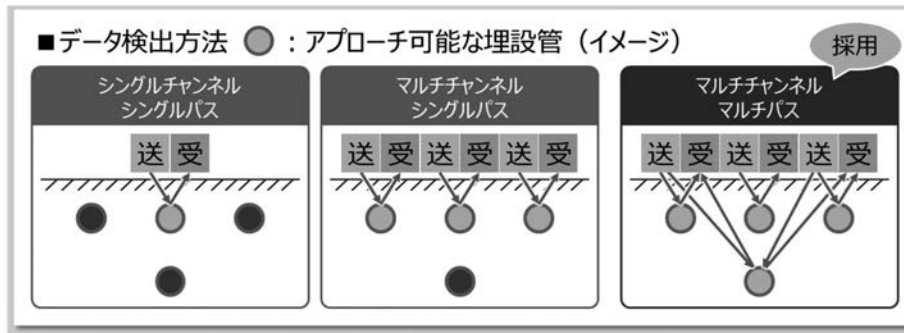


図-4 地下埋設物情報の作成イメージ

地盤や岩盤，地下水の状況などを把握する地質調査，石油・天然ガス，金属資源，地熱，地下水，温泉，骨材などの地下資源探査に使用されている。その中で，地下埋設物や空洞などの浅部地盤調査は，レーダ（電磁波）を利用した探査が行われている。原理としては，地中に電磁波（電波）を放射して，地中の埋設物や空洞などからの反射（はね返し）を捉えその位置を把握する方法である。これまでのレーダ方式は，送信アンテナと受信アンテナを1:1とし，比較的小型なタイプのシングルチャネル・シングルパス方式，送信アンテナと受信アンテナの1:1のユニットを複数配置し

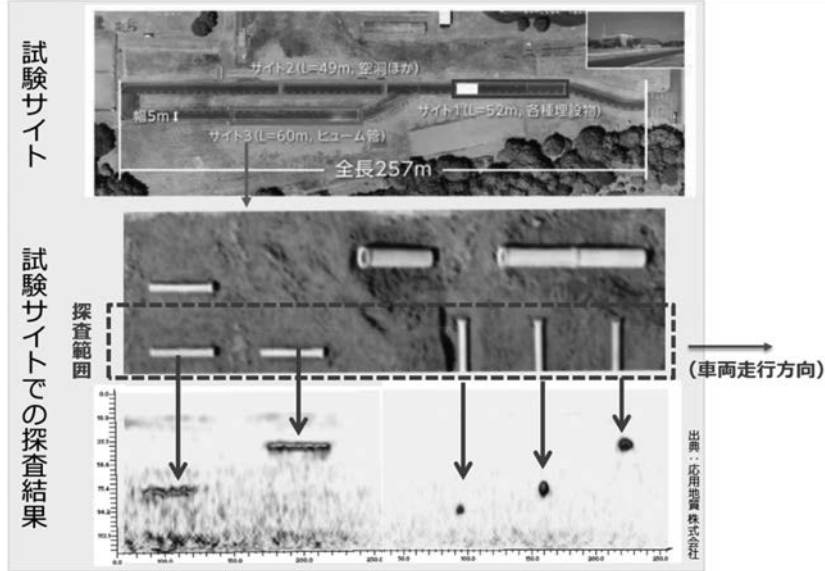
たマルチチャネル・シングルパス方式が採用されていた。今回，送信アンテナと受信アンテナを複数配置し，更にアンテナの送受信の組み合わせを複数化するマルチチャネル・マルチパス方式を採用することで，探査が難しい上下，左右輻輳管の検出能力向上を図ったことが技術的な特徴である（図-5）。これまで，地中探査技術開発のために構築された試験サイトで検証・技術改良を重ねた結果，試験サイトで深度1.5mまでの縦断管・横断管を検知できることを確認した。この結果を踏まえ，現在，全国各地の実証サイト（公道）にて検証を実施している（図-6）。

マルチチャンネル・マルチバス方式の採用により輻輳管の検出を実現



図一五 地中レーダ技術の特徴（マルチチャンネル・マルチバス方式）

- ◆ 試験サイトにおいて、深度1.5mまでの縦断管、横断管を検知できることを確認
- ◆ 現在、全国各地の実証サイト（公道）にて検証実施中



図一六 試験サイトでの検証結果

- ◆ レーダ探査装置を搭載した車両を走行し、地中を探査
- ◆ 歩道部等の車両走行が難しい場所の探査は、手押し型レーダで対応



図一七 埋設管探査装置（車両搭載型・手押し型）

本レーダを用いた探査は、車両搭載型、手押し型で行われ（図一七）、GNSS（Global Navigation Satellite System: 全球測位衛星システム）・カメラ（位置検出用）を搭載することで、高精度な埋設物の位置情報取得が可能といった特徴がある。また、車両搭載型は、最高速度 45 km/h で効率的に探査が可能である（図一三）。

(2) AI 解析・可視化技術の特徴

正確な埋設物情報を広域に把握し、一元管理・提供するためには、効率的に地中レーダ探査結果の解析を行う必要がある。今回、AI 解析技術を用いることで広域な解析を実現した。AI 解析技術は、地中レーダ技術の熟練者の知見や全国各地での技術検証を通じ精

度向上を図っている。レーダの反応強度は、土質の状態に応じ異なることがわかっており、さまざまな場所、条件下での検証を重ねることが重要である。今回、地中レーダ探査結果とインフラ事業者の方々のご協力の下、正解データ（試掘や施工情報など）を入手することで、複数条件下での検証・開発を行った。

AI解析結果の可視化は、探査時に取得されるカメラ（位置検出用）を用い、実際の路面画像上に埋設物の位置を表示することで、正確な位置情報を提供する。また、3次元モデル上に埋設物を表示することで、それらの位置関係を直観的に把握することができる（図-8）。

3. 地下埋設物情報の提供方法・想定利用シーン

地下埋設物情報の収集・蓄積・提供にあたっては、セキュリティ対策を万全に期した上で、インフラ維持管理に関わる限られた事業者の方々に、必要な範囲の情報を届けることを予定している。ユーザはWebブラウザで路面画像や3次元モデル上で地下埋設物情報を確認できる予定である。

想定する直近の情報利用シーンの1つ目は、インフラ事業者の方々が埋設管の新設・更新工事の計画・設計などの際に、事務所で既存の埋設物の情報を確認す

るケースである。施工予定場所（現場）での現地踏査・調査、既存の埋設物情報の収集に関わる工数の削減につながることを期待している。また、予め埋設管敷設の障害となる埋設物を把握することで、障害物を避けた敷設ルート設計により、工期遅延リスクの回避につながることを期待している。想定利用シーンの2つ目は、施工などの際に、事務所や施工場所（現場）で既存の埋設物の情報を確認するケースである。試掘工数の削減や埋設管損傷事故リスクの回避につながることを期待している。以上の地下埋設物情報の提供（Webブラウザでの提供）方法の確立や想定シーンで情報を利用いただくことで、地下埋設インフラの維持管理業務の効率化・高度化の支援実現をめざしている。

4. 地下埋設物情報の更なる利活用・業務高度化支援の可能性

正確な地下埋設物情報の可視化だけではなく、現在構想検討を進めている、更なる情報の利活用の可能性を以下に紹介する（図-9）。

(1) インフラ事業者間の情報共有支援

現在、地下埋設物情報の提供に加え、提供するプラットフォームをインフラ事業者の方々の情報共有の場と

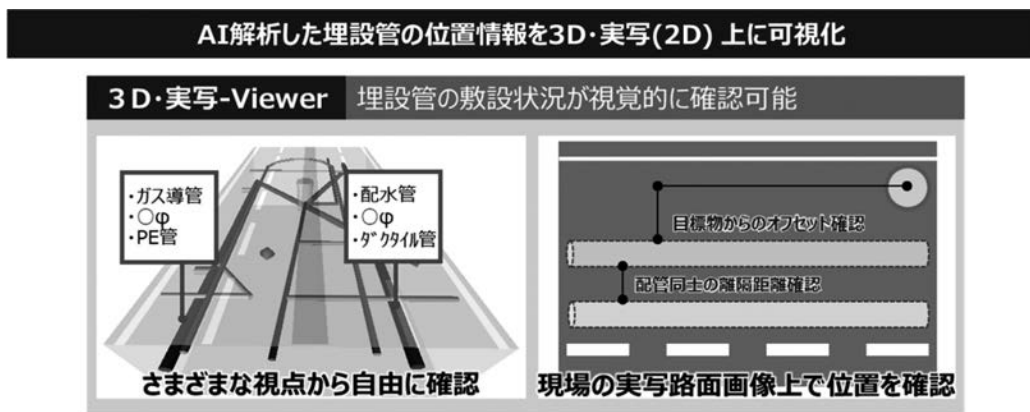


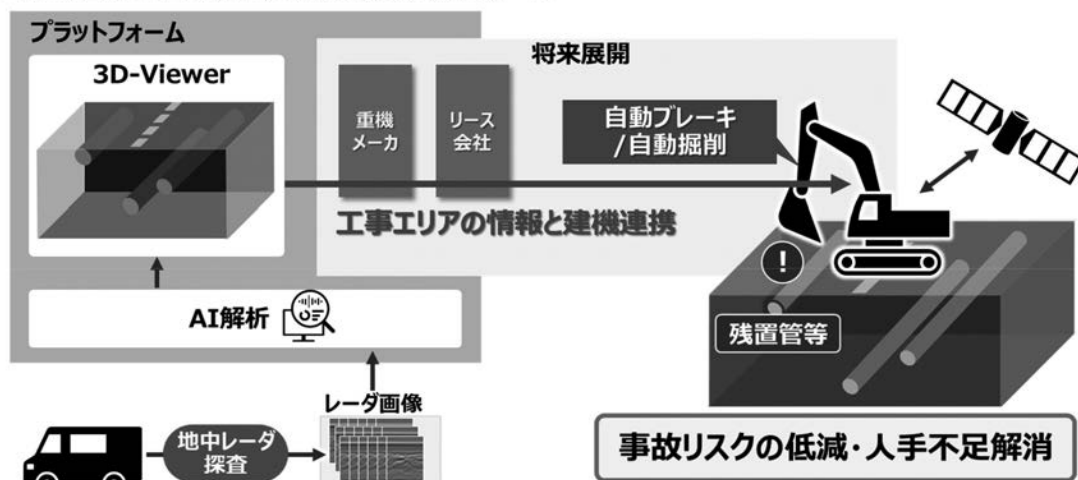
図-8 AI解析技術・可視化技術の特徴



図-9 更なる情報利活用・業務高度化支援の可能性

埋設管の位置情報を活用したソリューション展開の可能性を検討中

■ 埋設管の位置情報と建設機械の連携イメージ



図一 10 情報活用によるソリューション展開例

して活用いただくことで、コミュニケーションの円滑化、業界全体の業務効率化・高度化の支援の可能性を検討している。例えば、現在協議会などで行われる更新計画の共有などの際に、プラットフォーム上で、共通フォーマットに簡便な方法で情報入力・共有することで、コミュニケーションの円滑化が図れると考える。また、より情報更新の頻度の向上（最新情報の共有支援）や詳細な情報の共有支援ができることで、事業者間の個別の調整や工事立会などの工数削減、業務効率化につながると考える。今後、インフラ事業者の方々のニーズや実現方法に関するヒアリングを行い、実現策の具体化を図りたい。

(2) 地下埋設物情報を起点としたソリューション展開

現在、地下埋設物情報を起点とした更なるソリューション展開を構想しており、例えば、施工業務における事故リスク低減に向け、建設機械との情報連携（MC (Machine Control)/MG (Machine Guidance)）により、一定深度に機械のポイント（爪）が到達した際にアラームを出すなどで、事故の未然防止を図ることが可能だと考えている。また、将来的には一定深度までの掘削を自動化することで、事故リスク低減だけではなく、地下埋設インフラの維持管理を担う技術者の高齢化・熟練技術者の不足を補うための支援につながると考えている（図一 10）。また、設計業務の支援においても、敷設ルート候補を自動で出すなど一部設計業務を自動化するソリューションの検討も行っており、今後これらの施策の具体化を図っていく。

5. おわりに

今後、広く地下埋設物情報を提供すること、地下埋設物情報を起点としたソリューション展開を図ることで、地下埋設インフラの維持管理業務の効率化・高度化の支援をめざしたいと考えております。是非、今後ともインフラ事業者の皆様からのご意見、ご関心をいただくと幸いです。

謝辞

最後になりますが正確な地下埋設物情報を提供するために、これまで技術検証のご協力、現状の課題やニーズヒアリングにご協力いただいている全国のインフラ事業者の皆様、深く感謝申し上げます。また、地下埋設物情報の提供のため、共同で検討を行っている応用地質(株)の関係者の皆様、本プロジェクト関係者の皆様に改めて深く感謝を申し上げます。

JICMA

《参考文献》

- ・社会インフラ保守プラットフォーム 紹介ウェブページ
(https://www.hitachi.co.jp/Prod/comp/app/social_infra_mnt/)

【筆者紹介】

増田 真也 (ますだ しんや)
 (株)日立製作所 公共システム事業部
 公共基盤ソリューション本部 サステナブルインフラ
 マネジメント部
 技師

