

IoTデバイスとAI画像解析を活用した 下水道管路管理・運営業務のDX化への取り組み

Initiatives for DX in Sewage Pipe Management and Operation Utilizing IoT Devices and AI Image Analysis

デジタル・インフォメーション・テクノロジー(株) 庄司 健人 / (株)ディアンド 徳田 篤明
DAIKO XTECH 滝浪 一彦 / (株)AIハヤブサ 三谷 祐輔

1. はじめに

1-1 下水道インフラは老朽化が進み、 「維持管理」重視のフェーズへ

日本の下水道インフラは、大きな転換点を迎えている。高度経済成長期に整備された下水道管施設は、整備から40～60年を超え老朽化が急速に進行している。一方で、改修に必要な財源は限られており、下水道インフラ管理の考え方は「できるだけ長く、安全に使い続ける」ための維持管理重視へとシフトしており、予防保全や下水道インフラ管理・改修などを計画的に維持・更新していくための事前調査の重要性が高まり、状態を把握し、優先順位を付けて対応することが不可欠となっている。

1-2 人手不足・技術継承問題が

加速させるDX・省人化の必要性

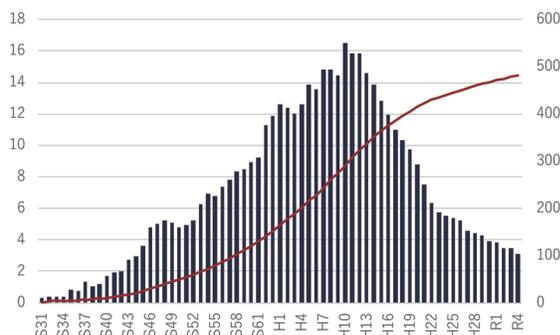
このような状況に拍車をかけているのが、人手不足と技術継承の問題である。自治体や受託業者においては熟練技術者の高齢化や点検・調査・診断を担う人材確保が厳しくなっている。

そのため、点検作業の省人化や、調査結果のデータ化・可視化、異常兆候の早期検知といったDXの活用が強く求められている。ただし、下水道インフラの管理は自治体ごとで異なるため、現場に即したDX・省人化が必要になってくる。

1-3 更新から段階的改善へ

持続可能な下水道運営モデル

これら背景から、下水道分野では「段階的に改善する」モデルが主流になりつつある。大規模な包括契約や全面更新が可能な自治体は限ら



第1図 布設年度別管路管理延長と累計延長

某グラフ：年度毎の管路管理延長

折れ線グラフ：各年度末時点の管路管理延長

(出典：国土交通省 下水道管路管理延長（令和4年度末時点）、および下水道管路に起因する道路陥没の発生状況（令和4年度）より筆者作成）

れており、多くの自治体では実証実験（PoC）や試験的な導入を通じて効果を確認しながら、DX・省人化を部分的に展開していくアプローチが現実的であり、「調査」「データ」「判断」を組み合わせた効率的で持続可能な維持管理の仕組みづくりが一層重要になってくる。

2. スクリーニング調査業務効率化に向けた実証実験について

2-1 スクリーニング調査業務について

下水道管の劣化具合の調査として、スクリーニング調査が実施されている。この作業は、主に第1表のようなプロセスで行われている。

2-2 今回の実証実験の検証範囲

今回の実証実験では、北海道北斗市と「IoT

第1表 スクリーニング調査業務について

	プロセス	概要
①	調査計画の策定	<ul style="list-style-type: none"> 対象区域の選定 目的の明確化
②	資料収集・事前調査	<ul style="list-style-type: none"> 既存図面の収集(下水道台帳等) 過去の修繕／補修記録の確認
③	現地調査	<ul style="list-style-type: none"> マンホール位置確認 交通状況や作業環境の調査
④	管内調査準備	<ul style="list-style-type: none"> 作業許可申請(警察、道路管理者等) 機材／人員手配 交通誘導計画
⑤	管内洗浄	<ul style="list-style-type: none"> 高圧洗浄による管内清掃 蓄積物や異物の除去
⑥	管内調査(撮影)	<ul style="list-style-type: none"> 管内にカメラを挿入して撮影 異常個所の記録(破損、閉塞、漏水等)
⑦	データ整理・評価	<ul style="list-style-type: none"> 劣化ランク付け GIS*への反映等
⑧	優先度評価・スクリーニング	<ul style="list-style-type: none"> 異常個所の優先順位付け 修繕・詳細調査の必要性判断
⑨	結果の取りまとめ	<ul style="list-style-type: none"> 調査結果の報告書作成 図面、写真、評価結果の添付
⑩	今後の対応策提案	<ul style="list-style-type: none"> 修繕／更新計画の立案支援 詳細調査の必要箇所の提案

*Geographic Information System

デバイスを活用した下水道管路内AI画像診断の実証実験」に関する協定を締結し、実際の下水道管での撮影や劣化判定自動化の実験に賛同頂いた。今回はIoTデバイス、およびAIによる劣化診断を中心に実証実験を実施するが、技術面だけでなく下水道管の修繕計画を立案するための下水道管調査(スクリーニング調査)業務を対象とし、主に⑤～⑦のプロセスの効率化・省人化の実現化についても以下のような仮説をたてて実証実験を実施した。

(1) 管内洗浄プロセスの排除

通常、下水を止水し管内を洗浄後に管内の撮影を実施するが、今回の実証実験では下水を流したままで管内の洗浄を実施しない状況で、劣化や損傷個所の調査の可能性を検証する。

(2) 管内調査(撮影)の効率化

従来、管内撮影には自走式をはじめとする高額な撮影機材が使われてきたが、今回のIoTデバイス(浮流式)は、安価な撮影機材による調

査(撮影)の可能性を検証する。

(3) データ整理・評価の自動化

撮影された画像を元に劣化を判定するには、下水道管路管理技士の資格を有する人員により判定するが、昨今の人手不足などからこれら人員に頼らずとも判定ができるよう、AIによる判定作業の自動化を検証する。



写真1 北斗市様との協定締結式の様子

2-3 実証実験実施に伴うIoTデバイス

(撮影機器)・劣化判定自動AIの開発

今回の実証実験を実施するにあたり、将来のDX化実現を念頭に新規に下記開発を実施した。

(1) 管路内撮影用IoTデバイス(浮流式)の開発

下水を流したままでも管内の全周を1度の撮影で行えるよう魚眼レンズを搭載したIoTデバイス(浮流式)を新規に開発した。また、魚眼レンズで撮影された動画は、レンズの外側の画像が歪んでいることから、歪みを補正しAIによる劣化判定を進められる画像変換ツールを開発した。

(2) 劣化自動判定AIの開発

下水道管内の亀裂や腐食などの劣化を自動で判定するAIモデルを開発する。

(3) 管路管理効率化ツールの開発

劣化した場所を特定させるべく、撮影機器に搭載の加速度・ジャイロセンサ(角速度)のデータから撮影ルートをマッピングするツールを

開発する。このツールにより、劣化の位置（投入口からの距離）や管路を通過した場所をマップソフトなどの地図と連携し、将来の下水道管理のDX化実現を目指す（第2図参照）。



第2図 ルートマッピングツール

3. 実証実験の概要と劣化自動判定AIについて

3-1 実証実験の概要

今回の実証実験は、以下の段取りで実施した。

- ① 下水を止水せず、撮影機器を管路内に投入し管路内の撮影を実施。
- ② 回収した撮影機器の録画状況を確認。（状況に応じ、再度撮影を実施）
- ③ 機器から録画データ、加速度・ジャイロデータを取得し、下記ツールにてデータ整理を実施。
 - ・画像変換ツールによる動画の画像補正
 - ・加速度・ジャイロデータによる経路のマッピング
- ④ 補正した動画を使いAIによる劣化判定を実施。

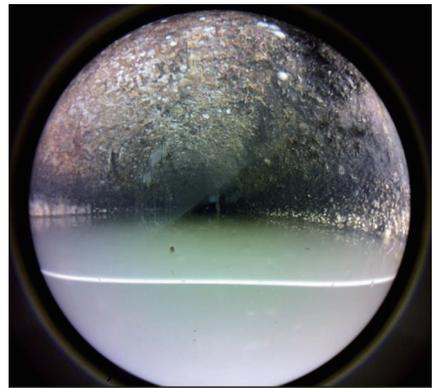
上記実験（撮影）を2ヶ所（φ250mm、φ600mm）で実施した。

3-2 劣化判定AI開発

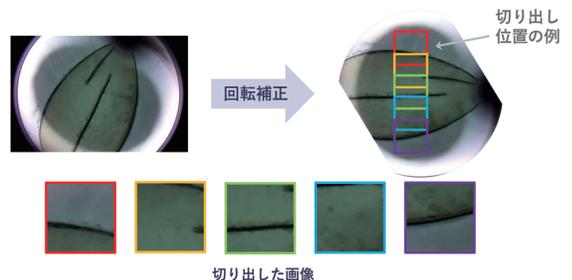
(1) AI開発の概要

本実証では、下水道管内の亀裂や腐食などの劣化を自動で判定するAIモデルを開発した。

第4図に示すように、360度カメラで取得した映像を平面展開し、一定間隔で切り出した「平面化画像」をAIの入力データとすることで、管路位置と劣化箇所の対応付けを可能にした。こ



第3図 管路内撮影の様子
管径：φ250mm



第4図 切り出し画像のイメージ

の仕組みにより、将来的には「どの地点にどの種類の劣化があるか」を可視化するシステムを実現する。

(2) AIモデルの作成

本実証では、過去の下水道管検査時の映像、および新規で撮影した映像を使用し、AIに劣化箇所を学習させた。約18種類の検査項目の内、過去の下水道管映像、および新規撮影映像内で



第5図 劣化の例：腐食（鉄筋の露出）

確認された劣化を対象に検証を行った。

AIの学習では、データ作成の際に専門技術者が目視で映像内の劣化を確認し、「劣化あり」「劣化なし」のラベル付けを行った。



第6図 ラベル付けのイメージ

作成したデータセットを学習用と評価用に分割し、畳み込みニューラルネットワーク（CNN）をベースとした画像分類モデルや正常画像のみを学習させる異常検知モデルなど、複数のAIモデルの学習を行った。

学習後は、各AIモデルの評価用データに対する判定結果を比較し、精度の評価を行った。また、劣化部分を見逃した画像や、正常部分を誤って「劣化あり」と判定した画像を抽出し、誤判定の要因を分析した。実際の運用環境においては、レンズの汚れやカメラ本体の揺れによる画像のブレなどの課題が存在するため、本実証の分析結果を踏まえ、撮影条件や前処理、ラベル基準の見直しなど、実用性や精度向上の方法を検討した。今後は、新たな検査データを継続的に取り込みながら学習を行うことで、AIモデルを徐々に汎用化していく計画である。

(3) 期待される効果

従来の検査では、人が目視で映像を確認することで劣化を判定しており、多大な作業時間を要している。また、人によって劣化度合いの判定にばらつきが生じる課題がある。AIによる検査を導入することで、作業時間の短縮や判定基準の均一化を図り、より多くの下水道管を定期的に検査することが可能となる。また、蓄積された判定結果を活用することで、エリアごとの劣化傾向の把握や、補修の優先順位づけの検討など、実運用に向けたデータ活用も見込まれる。

3-3 管路内撮影結果

今回の実証実験では、流れが緩やかな管があり、また管底に土砂などが溜まり、撮影機器が管の途中で止まるなどのアクシデントが発生した。その中でも管上部の劣化を発見できた。

また、今回の目的では、管の劣化を判定することであったが、（管の劣化判定の前の）管の汚れ具合の確認などの観点での活用も期待される結果となった。

3-4 現場の声

今回撮影の作業や劣化判定についてご指導頂いた(株)亀田清掃下水道事業部三浦政輝氏へ、DITの庄司とD&の徳田が、現場視点での手応えと課題をインタビューした。

(1) 時間と人員の劇的な削減と 清掃工程の効率化

庄司：今回、我々が開発したデバイスを調査で活用いただきましたが、従来の自走式カメラによる調査と比較して、どのような変化を感じられましたか？

三浦（亀田清掃）：最も大きな違いは、作業時間の短縮です。従来の自走式カメラでは、1箇所調査に早くても30分、長いと1～2時間かかるが、今回のデバイスは1回流だけで完了することもあり、圧倒的なスピード感がありました。

徳田：作業の人数は、いかがですか？

三浦：従来は清掃からカメラ調査で8～10名近い人員が必要ですが、この手法なら警備員を除けば実質4名程度で対応可能で、人数を半減できる可能性は非常に大きな利点です。

庄司：調査の前段階である「清掃」にかかる時間についても、メリットがあったそうですね。

三浦：自走式カメラの場合、事前に2～3時間かけて清掃する必要があります。一方、浮流式デバイスは水流に乗って調査を行うため、原則として事前の内部清掃が不要で、現場の負担軽減に直結します。

庄司：一方で、実証実験を通じて見えてきた課題は、いかがですか？

三浦：管径が250mm以下の小口径管では、土砂や油かすなどの堆留物により、事前の清掃なしではデバイスの走行が難しい場合があります。また、管底面は濁りで視認が難しく、現在は中・大口径管の上部を中心とした調査での活用が現実的です。



写真2 インタビューの様子
左上から庄司、三浦氏 下は徳田。

(2) 狭い路地での活用と周辺住民への配慮

徳田：デバイスが小型で準備が簡単な点は、場所を選ばない調査に役立ちますか？

三浦：非常に役立つと思います。自走式カメラでは専用車両が入れないような狭い路地裏などでは、長いケーブルを引く手間がかかります。今回の実験ではそういったことが必要なく、道路占用の時間も短縮できるため、近隣住民への不便を最小限に抑えられるのも行政への大きなアピールポイントになるかと思っています。

(3) AIによる「一次判定」と プロの目による最終判断

庄司：AIが損傷の疑いがある箇所を自動でピックアップする機能の開発を進めています。この「一次判定」をAIに任せる仕組みについて、どう思われますか？

三浦：非常に合理的だと思います。自治体への報告で重要なのは、鉄筋が露出しているような致命的な「Aランク」や「Bランク」の特定です。AIが「異常の疑いあり」と判定した箇所だけを、

専門資格を持つ人間が最終確認してランク付けを行うというAIと人の共存ができれば、すべての映像を人間がチェックする手間が省け、大幅な効率化が期待できます。

(4) マッピング技術と360度カメラの活用

徳田：GPSの届かない管内でも加速度・ジャイロデータから走行ルートを可視化するマッピングツールや360度カメラを活用し、専用ソフトでの画像変換ツールも検討中です。

三浦：それができれば、撮影時には気づきにくい損傷や劣化の兆候についても、後から確認でき位置情報や映像を参照しながら調査内容を整理でき、写真の切り出しや整理にかかる手間が減り、調査票の作成自体も大幅に効率化されると思います。

(5) 「簡易検査」基準の新設：行政への働きかけと今後の課題

庄司：一方で、こうした新技術を本格的に普及させるには、行政側の「検査基準」についても議論が必要だと感じています。現状、浮流式デバイスなどを用いた「簡易検査」という項目は存在するのでしょうか？

三浦：現時点では役所から示される仕様に「簡易検査」という明確な項目や基準はまだ存在しません。基本的には、示された従来の調査票に準じて作業を行うのが今のルールです。

徳田：効率的なデバイスがあっても、評価基準が従来のままだと、その真価を発揮しにくいということですね。

三浦：その通りです。今後、浮流式デバイスやドローンをどのように活用していくのか、たとえば「本調査の前段階としての事前調査」といった位置づけで、行政側で新しい規定や基準を策定することが不可欠だと感じています。

徳田：我々開発側としても、自治体に対して「簡易検査でコストを抑え、浮いた予算を修繕に回す」という効率的な運用を提案していく必要があります。



写真3 質問に答える(株)亀田清掃の三浦氏

<インタビューを終えて>

今回の取材を通じて浮かび上がったのは、浮流式IoTデバイスとAIによる下水道検査が、従来手法の単純な置き換えだけでなく、現場負担を大きく軽減する新たな選択肢として現実的な可能性を持っているという点である。

清掃工程や人員配置、調査後の確認・帳票作成に至るまで、現場業務の流れ全体を見直す契機となり得る一方、管径や堆積物、水中での視認性といった物理的な制約もまた、実証実験を通じて明確になった。

今後の実証実験全体の検証結果とあわせて、自治体へ調査業務効率化を踏まえた制度改善の働きかけの重要性も認識した。

4. 実証実験を踏まえた今後の展望

4-1 DX化実現に向けた課題

今回の実証実験で得られた課題は、以下の通りである。

(1) 管内洗浄プロセスの排除において

- 下水を止水せず撮影を実施するも、下水の水温が高く、管路内の気温が低いため、レンズをカバーしているドームに曇りが発生。曇り止め対策の更なる強化が必要であった。
- 管路の底面の撮影も試みたが、水の濁りが強く、管底の撮影までに至らなかった。

(2) 管内調査（撮影）において

- 撮影機器が管路内で横を向き、反対側の側面を撮影できない事象が発生した。常に安定して正面を向かせる撮影機器の構造が必要であった。

(3) データ整理・評価の自動化において

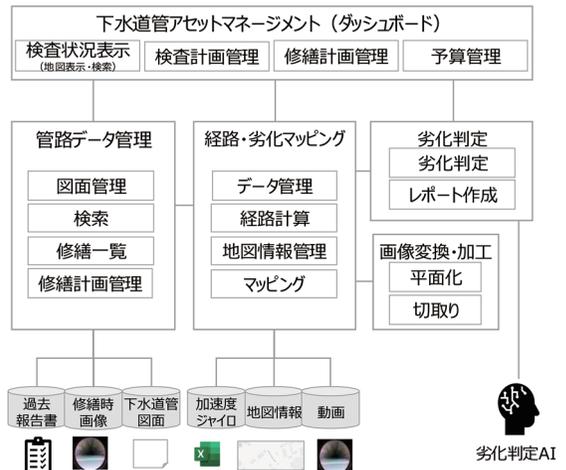
- 今回の実験では、2ヶ所の撮影を実施したが、多様な管の劣化を判定するには、更に多様な管内の画像データの収集が必要である。
- 管に汚れの付着が多数見受けられ、汚れを付着したままでの実際の損傷箇所をどのように判別するかが重要な課題になる。

その他、下水道管の管理運用面では、五年程度の期間を空けて調査を行う場合、管内の汚れや堆積が著しく、撮影画像から損傷の有無を判別すること自体が困難になる可能性がある。そのため、点検周期や対象区間を見直し、比較的状态が把握しやすい段階で活用するなど調査フロー全体の中でどの役割を担わせるかを整理する等、運用面を含めた検討が必要と考えている。

4-2 下水道管管理のDX化構想

今回の実証実験では、スクリーニング調査に係る範囲で実証実験を実施したが、下水道管の管理全体におけるDX化としては、

- ① 過去調査の管理効率化



第7図 下水道管DX化全体イメージ

- ② 調査結果のデジタルデータでの保管、
- ③ 過去の劣化判定状況検索の効率化
- ④ スムーズな修繕計画の立案、および管理など多岐に渡る機能が必要になると考える。

また、取得した映像データや解析結果を一元管理し情報をデジタル化することで、過去データとの比較や経年変化の把握が容易になる。点検結果をそのまま維持管理や修繕計画に反映できる環境を整備する。点検を「単発の作業」から「継続的なデータ取得プロセス」へと転換することが、このDX化の狙いである。

4-3 他自治体への展開について

今後は、今回の実証で得られた知見を踏まえ、北斗市様との更なる改善への取り組みの推進に加え他の自治体においても実証実験を重ね、AI解析の精度向上と運用モデルの検証を進めていく計画である。異なる環境条件や管路特性を持つ複数地域でデータを蓄積することで、より汎用性の高い点検モデルの構築を目指す。

技術開発と運用設計の両面で磨き上げることで、限られた予算や人員でも持続可能なインフラ維持管理を実現する。そのための実践的なDXモデルとして、本取り組みを発展させていきたい。

5. おわりに

本稿では、IoTデバイスとAI画像解析を活用した下水道管管理業務のDX化に向けた実証実験について、その取り組み内容と現場で得られ

た効果、および課題を紹介した。調査時間や人員の削減、清掃工程の省略など一定の有効性が確認できた一方、管径や堆積物、水中環境による制約、AI判定精度向上に向けたデータ蓄積などの課題も明らかとなった。下水道インフラの老朽化と人手不足が進む中、段階的なDXの導入は持続可能な維持管理に向けた現実的な手法であり、今後も実証と改善を重ねながら、現場に即した下水道管路管理のDXモデルとして発展させていきたい。

■取材協力

(株)亀田清掃 下水道事業部 主任
三浦政輝

【筆者紹介】

庄司 健人

デジタル・インフォメーション・テクノロジー(株)
プロダクトソリューション本部
DXビジネス事業部 DX事業推進部 函館分室
統括補佐

三谷 祐輔

(株)AIハヤブサ 開発部 リーダー

滝浪 一彦

DAIKO XTECH ビジネスクエスト本部
シニアマネージャー

徳田 篤明

(株)ディアンド IoTソリューション部 副部長