

Keywords | アセットマネジメント、汚水マンホールポンプ、AI技術、ストックマネジメント

# アセットマネジメント導入を目指すAI技術を活用した 汚水マンホールポンプ 維持管理の実規模実証研究

**中村 元紀**  
インフラマネジメント事業本部 水環境部  
上下水道グループ 主任  
技術士補 (下水道部門)  
nakamura@shinnihon-cst.co.jp

**阿曾 克司**  
インフラマネジメント事業本部  
技術管理部 部長  
技術士 (建設部門、総合技術管理部門)  
aso@shinnihon-cst.co.jp

**堀 孝成**  
インフラマネジメント事業本部 水環境部  
次長  
技術士 (下水道部門、建設部門、総合技術管理部門)  
t.hori@shinnihon-cst.co.jp

**上井 裕徳**  
デジタルイノベーション本部  
DX推進部 DX推進グループ 課長  
高度情報処理技術者 (プロジェクトマネージャ)  
h.uwai@shinnihon-cst.co.jp

## 1 はじめに

### (1) 下水道マンホールポンプ管理の現状と課題

下水道の管路ネットワークのなかで中継の役割を担う汚水マンホールポンプ (以下「MP」と記す、図-1) は、下水道事業における重要なアセット要素の一つであり、行政 (特に中小自治体) の下水道部局は、数多くのアセット (資産) を保有・管理し、住民サービスに直結する多くの便益を生み出している。

MPの主たる構成機構は電気機械部位で、腐食環境などシビアな環境下にあるため、適切に管理されなければ期待する便益をもたらさず、損失を与える可能性がある。

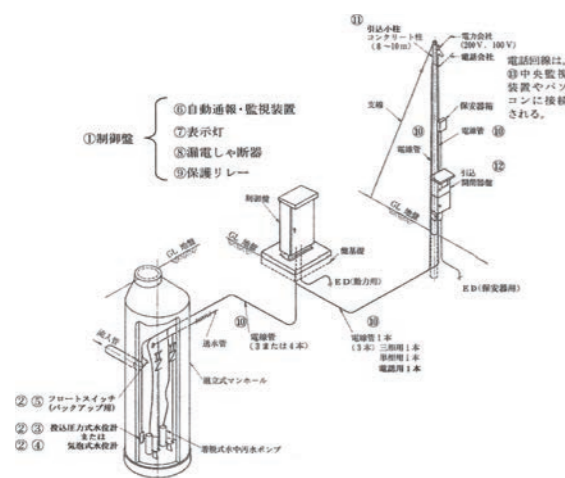


図-1 マンホールポンプ概要

MPは全国で約1,400の自治体・事業体で導入されており、その箇所数は約44,000箇所である。高度経済成長期以降に築造された多数のMPを有する自治体において、設置してから相当な年数を経過し

自治体において、設置してから相当な年数を経過したMPを、将来的な人口減少下において適切に維持管理していくためには、管理職員数の減少や効率的とは言えない管理状況が課題となっている。また、人材不足・財政難に直面している地方自治体においては、図-2に示す「ヒト」「モノ」「カネ」の3要素における課題が顕在化している。課題への対応策については図-2に示すニーズが挙がっている。

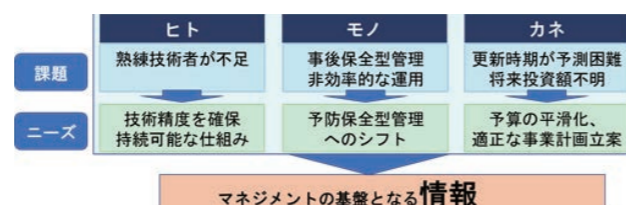


図-2 課題とニーズ

### (2) アセットマネジメント導入の意義

現状では、施設情報や維持管理情報の電子化・データベース化は不十分で、点検調査履歴等の情報収集・分析が十分に実施されていない。このため、関係部署間の情報共有が不十分で、紙媒体の保管・運用の限界等の運用面の課題への解決や情報のネットワーク化・情報電子化の促進、管理の確実性・安定性向上、分析手段の確立、情報活用による劣化診断・予測などのニーズを満足するためには、適正なマネジメントを支援するための情報システムの開発・導入が求められている。

MPの管理方法としては、分散配置型である特性から時間計画対応・事後対応が基本となっている。これらを改善していくには、アセットマネジメント

(以下「AM」と記す)の考えをベースに、計画的・戦略的にアセットであるMPの価値を維持し、高めるという取り組みが必要となる。また、MPは、マンホール等の土木設備の他、機械・電気設備と多種多様な資産から構成されており、適切な維持管理の実施のために管理者が必要とする情報の種類も、施設の種別に応じて異なる。したがって、AMの導入にあたっては、管理・保全方式の種別に整合した適切な管理情報を提供できるシステムの構築が重要である。

本実証研究は、国土技術政策総合研究所の委託研究事業 (B-DASH) として、MPを対象としてIoTデバイスを用いたリアルタイムの情報収集、施設諸元・点検履歴などのクラウド上での一元管理の構築を目指したものである。計測データおよび維持管理実務者の暗黙知などをデータベース化してのAIによる短期・長期の異常検知・劣化予測およびこれらの情報を活用したストックマネジメントの高度化を念頭に、維持修繕レベルでの将来のAMの具体化への礎を構築する取り組みを行っているものである。

## 2 アセットマネジメントシステムの構築

### (1) 実証フィールドにおける現状と課題

今回、実証フィールドとしている富山市では、高度経済成長期以降に築造された多数のMPを有している。維持管理において顕在化している課題を以下に示す。

#### a) 将来的な人口減少による管理職員数の減少

中小規模の自治体においては職員数が少なく、管理職員数の減少はMPが管理不能となる事態にまで及ぶことから、管理職員数減少への対策が急務となる。なお、富山市は366施設存在するMPを3管理区分に分割して管理している。

#### b) 効率的とは言えない管理状況

これまで整備されたMP施設は、施設情報・維持管理の情報が整理されていないことにより、点検対象施設の抽出、点検時期の見極め、更新時期の予測および事業の平準化が困難なため、計画的更新・事業費確保に支障を来している。事業費確保が困難な場合には、下水道の使用制限措置などを取る必要性が高まるため、このような事態を避けるために、予算の平滑化、計画的執行が必要となる。

また、日常及び定期点検情報は、各MPにおいて取得する必要があるとともに、紙媒体にて民間委託業者より管理者 (維持管理部署) へ報告され、維持管理部署においてのみ共有・保管されており、計画的な点検・更新計画を策定するための基礎情報として有益に活用されず、管理労力の増加を招いている。

なお、富山市では、MP保守管理は仕様発注による民間業務委託により実施しており、事後保全による故障対応、設備の更新は時間計画保全により実施されている。

### (2) システム構築の基本方針

リスクに基づいたアプローチを用いた意思決定・計画・活動をMP施設管理者が行うための、本実証研究による課題解決として以下の取り組みを行うことを目的としている。

- ① 事後対応型であったMPの状態監視保全型 (予防保全) への管理区分及び体制へのシフトとして、汚水流送機能について必要最小限の投資で最大限の効果を得るために必要となるように、AHP法 (階層化意思決定法) を用いて重要度、リスクを評価して管理対象とするMPを選定
- ② IoTデバイス・異常の早期検知技術導入による維持管理の省力化、AI活用による熟練技術者不足への対応、夜間待機体制の緩和
- ③ 予算平準化・更新計画立案の省力化を図る仕組み構築によるリアルタイムな状況変化の組み込み
- ④ 効率的に下水道事業を運営するためのクラウドシステムの導入による情報の一元管理

### (3) 導入システムの全体像と各要素の役割

(2)に示す基本方針に基づき、本実証研究では、状態監視を行うためにリアルタイム電流計等のIoTデバイスを新規に設置し、実証フィールド内のMP施設で蓄積されている運転データ・点検データならびにリアルタイム電流値等を教師データとしたAI技術でMPの異常の早期検知や劣化予測を行うAIモデルを構築する。また、分散化している地区の日報情報等をクラウドシステムにて一元管理するとともに、異常・劣化予測AIモデルを導入することで、MPの余寿命を算定し劣化予測結果を踏まえたMPの効率的かつ最適なAM計画立案を実現する。図-3に下水道事業へのICT (クラウドAIシステム) の導入効果イメージを示す。

ストック  
マネジメント

ストック  
マネジメント



【IoTデバイスの設置】  
既存の警報装置とは共存

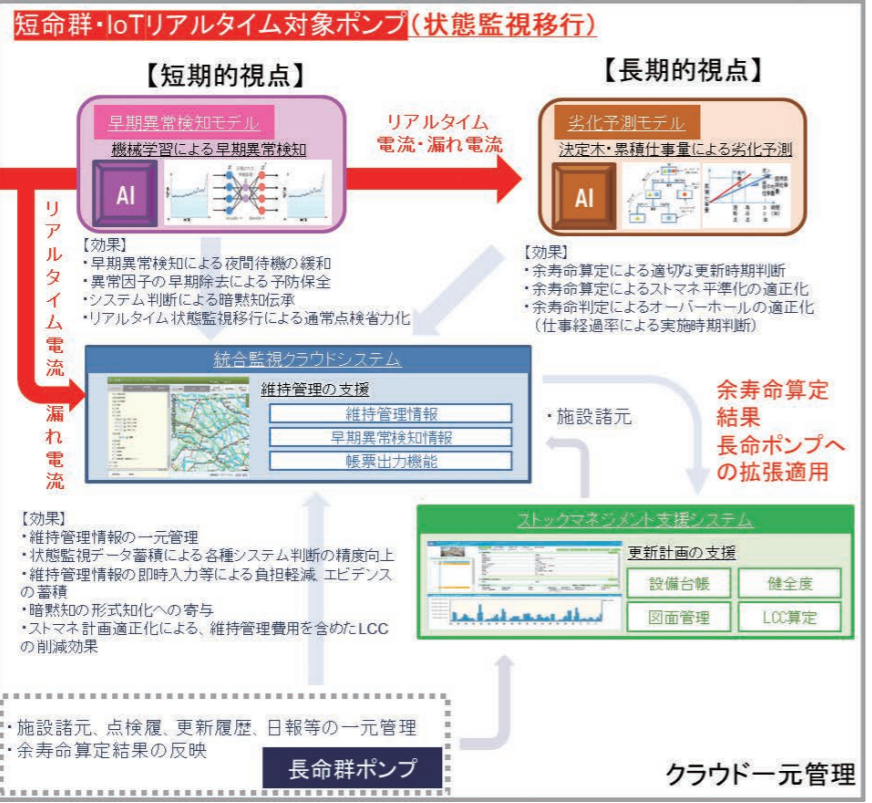
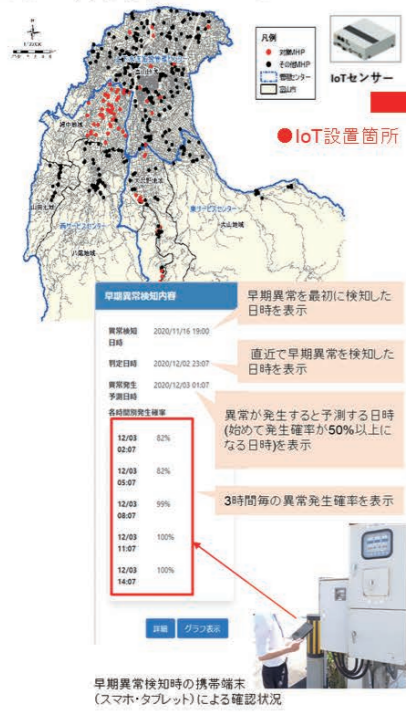


図-3 開発システムの運用イメージ

その「異常検知識別器」を用いて「日報データ」ならびに「IoTデバイス」から得られる時系列データから「通常」「異常」の区別を行った。

さらに、IoTデバイスによるリアルタイム計測を開始し、早期異常検知のための学習データを蓄積する。学習データについては、「IoTリアルタイム計測データ」および「異常検知識別器」を用いることで異常を識別し、IoTデバイスの時系列計測値を自動的に切り出すことで、「早期異常検知」モデルの学習データとなる以下のデータ①②の作成を自動化する。

- データ①：IoTリアルタイム計測値から判断できるポンプに関する異常を直接検知
- データ②：IoTリアルタイム計測を日報形式の運転回数・運転時間に変換し「異常検知識別器」により異常検知

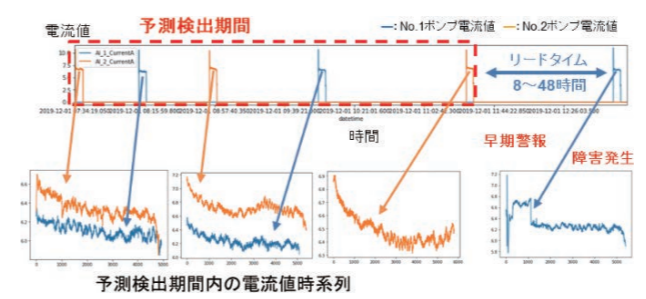


図-5 IoTデバイス計測値の整理概念図

なお、データ②が何に起因しているかを分析することで、予知不可能な現象なのかどうかを仕分けて学習データに追加する。これにより学習データは現在考えられる異常要因がカバーされることが想定されるため、深層学習により異常度(異常の発生しやすさ)を出力するネットワークが構築可能になる。

(2)長期の劣化を予測する技術(余寿命算定)の提案

予算の平滑化、計画的執行のためには、ストックマネジメント計画の立案が不可欠である。MPの劣化予測を行う際に、現状においては、農業水利施設の劣化曲線の考え方があるが、この方法は、以下の課題を有している。

- ①劣化曲線の作成にあたり個別の詳細点検が定期的に必要となり、管理台数が多い場合は、コスト面で現実的に困難である。
- ②環境や運転状況に応じて、劣化の進行が大きく相違し、劣化曲線の想定が困難である。
- ③ポンプ全体の健全度を表現できる指標が無い。

本実証研究では、以上の課題に対応し、ストックマネジメント計画の適正化を実現するために、MP特有の劣化予測手法の検討を行っている。MPの劣化予測の考え方としては、「ポンプの経年劣化は、単なる時間経過ではなく、運転した仕事量に依存する」と仮定し、MPの現在までの「累積仕事量実績値」とMPの「限界累積仕事量」との関係に基づき、現在からMP使用限界までの期間である「余寿命」を算定することで劣化予測を行う方法を提案している。

また、MPの使用開始から使用限界までの「寿命」は、MPの運転状況・環境等により異なることから、AI技術のうちの「決定木モデル」を用いてMPを寿命が平均的な値より短い「短命」と平均的な値より長い「長命」とに峻別し、峻別結果を踏まえ「長命」「短命」毎にMPの「余寿命」を推定する方法を提案している。

今後は実証フィールド内のポンプ諸元、ポンプ稼働情報等「日報データ」およびIoTデバイスによるリアルタイム計測値等を基に、余寿命算定の実施および精度向上を図るように実証研究を進めていく。

4 今後の展望

本実証研究は2ヵ年計画にて実施しており、令和元年度より67箇所の対象施設にリアルタイム電流値を計測するIoTデバイスを設置し、約1年分の運転データを取得している。また、早期異常検知および劣化予測にあたり、過去の日報データから異常識別の分析を行っている。

今後、IoTリアルタイム計測による緊急出動の上位3警報の検知および通常の動きと異なる現象の異常検知(AE)での学習、リアルタイム電流値・漏れ電流値計測を行うIoTデバイスとの連携により、MPの状態監視・異常運転の早期検知をAIにより行う「早期異常検知」モデルを構築する。維持管理並びにストックマネジメント計画の効率化を図るために、IoTデバイスによるリアルタイム計測データを活用し、マンホールポンプの将来的な改築量を推定できるようにシステム化する予定である。

また、維持管理支援として、定量的な判断が可能となるAHP法(階層化意思決定法)を用いたIoTデバイスの最適配置の検討、ポンプ長命・短命峻別等の暗黙知の形式知化ならびに維持管理項目に対する点検項目の削減・夜間待機体制緩和など働き方改革に資する労働時間削減に繋げるよう研究を進める。

3 システムを支える要素技術の紹介

(1) 異常の予兆を捕らえる技術(早期異常検知)

a) 早期異常検知の目的

現状のMP管理におけるMPの状態を把握する方法として、定期的実施する点検調査と緊急時対応による点検・修繕がある。緊急時には停電・落雷、水位計故障や汚水の過大流入等によるポンプ異常が遠隔監視により確認された時点で現地における点検・修繕を実施する。

MP管理においては施設管理者がアラート発報後に事後対応を行う実情であるため、MP管理の効率化・省力化を図るために、AIによりMPの早期異常検知を行いMPの異常を事前に予知する仕組みが必要である。

b) 早期異常検知の内容

「早期異常検知」としての手順を以下に示す。

- ① MP運転状況の「通常」「異常」状態の峻別を行う「異常検知識別器」の構築と「異常」状態の抽出
- ② MP運転時の「IoTデバイス」の計測値に基づく「通常」「異常」状態のAI学習
- ③ ②のAI学習結果に基づく「早期異常検知」モデルの構築

MP運用における「異常」の発生頻度(以下「異常確率」と記す)はわずかであり、「IoTデバイス」からの計測値(時系列データ)からの「異常」峻別・定義は複雑かつ困難である。また、全状態に占める「異常」の割合がとて小さいため、誤認する確率は異常確率よりも大きくなる。これらの課題を解決するため、全てのMPにおいて記録されている「日報データ」(日電流値、運転時間等)を基に「通常」を定義し、「通常」から逸脱した状態を「異常」と定義する方法を採用する。

「通常」の定義方法については、表現力が高いニューラルネットワーク(ノードを束ねた層や活性化関数の組み合わせによるネットワーク)を用いた深層学習(多層パーセプトロンなど)としてAutoEncoder(自己符号化器、以下「AE」と記す、図-4)を活用した「異常検知識別器」を構築した。

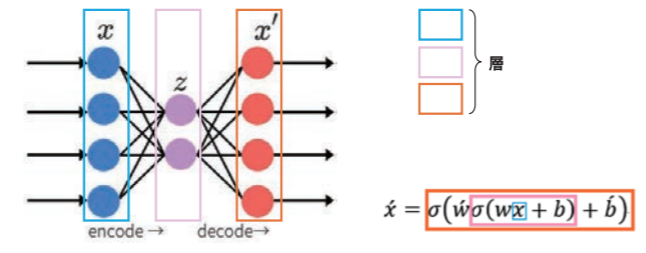


図-4 AE(3層オートエンコーダ)概要

ストック  
マネジメント

ストック  
マネジメント