

令和7年度 地域社会DX推進パッケージ事業
(実証事業 先進無線システム活用タイプ)

地域社会での持続的な下水道予防保全に 資する管路点検ロボットと通信技術の実証 成果報告書

2026年3月31日
アジア航測株式会社

成果報告書 目次

- I. 地域の課題と目指す姿
 1. 地域の課題と目指す姿
 2. これまでの取り組み状況と今後の実現ステップ
 3. 実証の必要性
 4. 成果 (アウトカム) 指標
ロジックツリー
成果 (アウトカム) 指標の設定: 本実証
成果 (アウトカム) 指標の設定: 実装・横展開
- II. ソリューション
 1. 活用ソリューション
ソリューションの概要
活用している先進技術
 2. ネットワーク・システム構成
 - a. ネットワーク・システム構成図
 - b. 設置場所・基地局等
 - c. 設備・機器等の概要
 3. ソリューション等の採用理由
 - a. 他ソリューションに対する優位性・新規性
 - b. 無線通信技術の優位性

- III. 実証
 1. 実証計画
 2. 検証ポイント・検証方法
 - a. 効果面
 - b. 技術面
 - c. 運営面
 - d. 展開先
 3. 実証スケジュール
 4. リスクと対応策
 5. PDCAの実施方法
 6. 実証の実施体制
- } 実証
- } 実証・実装・横展開

- IV. 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)
 1. スケジュール (実積)
 2. 検証項目ごとの結果
 3. 実装・横展開に向けた準備状況
 4. 実装・横展開に向けた課題および対応策
 5. (参考) 実証視察会
 - a. 概要
 - b. 質問事項と対応方針

- V. 実装・横展開の計画
 1. 実装の計画
 - a. 実装において今後目指す状態
 - b. 今後3年間で実施するアクション
 - c. 実装の体制
 - d. ソリューション (変更点)
 2. 横展開の計画
 - a. 横展開の体制
 - b. ビジネスモデル
 3. 期待効果/資金計画
 - a. 販売主体
 - b. 導入先
 4. 資金計画
- VI. 指摘事項に対する反映状況
 1. 実証過程での指摘事項に対する反映状況
 2. 成果報告会での指摘事項に対する反映状況

1 地域の課題と目指す姿

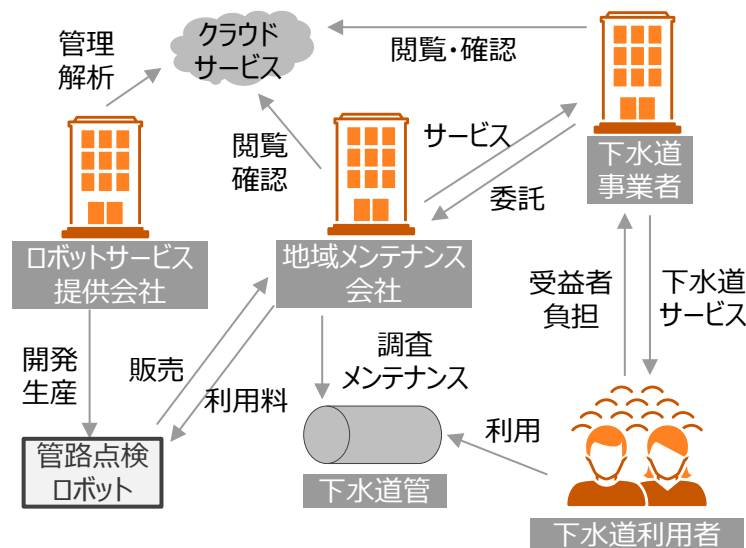
本事業の対象とする地域課題

対象者	内容
<p>a 下水道事業者 (ユーザ、地方公共団体等)</p>	<p>課題：下水道管路の予防保全にかかる負担の深刻化</p> <ul style="list-style-type: none"> 下水道管路に起因する道路陥没事故は、年間約2,600件発生している。耐用年数を超過した管路は、20年後には約20万Km（全国下水道管路総延長の約40%）になる（「令和5年度下水道管路メンテナンス年報」）。 点検及び予防保全により事故を未然に防ぐことが重要であるが、下水道管路の点検数量は増大する一方であり、下水道事業管理における負担は非常に大きい。 多くの下水道は地方公共団体によって運営されており、税金が原資であるが、人口減、過疎化の中で安定した経営が困難になるユーザが今後さらに増加すると予想される。
<p>b 下水道管路メンテナンス事業者</p>	<p>課題：下水道管路内点検のリスクとメンテナンス人材不足</p> <ul style="list-style-type: none"> 作業員が管路内に入る点検では、有毒ガスの発生や酸欠事故のリスクがあり、特に管路延長の大きい流域下水では中間地点でマンホールが少なく、リスクが高い。 特に中山間地域で顕著だが、下水道メンテナンスの担い手は人口減少に伴って減少、不足。 そもそも、主流の点検手法（カメラ撮影）では検知できない重要点検事項もあり、点検のあり方を見直す必要
<p>c 下水道利用者 (一般市民、民間事業者等)</p>	<p>課題：地域社会における下水道災害リスクと受益者負担増</p> <ul style="list-style-type: none"> 下水道管路の道路陥没によって人命に影響する災害が発生しており、今後もこれらの災害発生が想定される。 大口径管路や流域下水道での下水道管損傷、道路陥没等の災害復旧には時間がかかり、広域にわたって下水道利用者の生活に負担が生じる。 予防保全のための点検コスト増は市民や事業者へ転嫁。

目指す姿

下水道管路点検ロボットソリューションにより、点検リスク・予防保全コストを低下させ、地域社会における安定した下水道経営と安全な市民生活を実現

- ① 下水道管路メンテナンス作業の効率化や遠隔化によって予防保全コストを低減し、下水道事業者が安定して維持管理できる体制を支援。維持管理の効率化により、将来的には近接地域での包括管理も視野に。
- ② 点検の自動化やリスク低下により、人手不足に悩む地域でも安定した予防保全体制を実現。
- ③ 地域社会での災害リスクを低下させ、持続的で安定した下水道利用を実現。地域社会の中で下水道管路の安全性を維持し続けられる体制を作る。



② これまでの取り組み状況と今後の実現ステップ

これまでの取り組み

2022~2023

管路点検ロボットの検討・開発



管路点検ロボット試作1号機

- 管路内ロボット検討・開発
- 管路点検ニーズの把握
 - 管路での水がある場合と水が無い場合の両方に対応するロボットの検討・設計
 - 管路内ロボットの試作
- ロボット遠隔操作試行
- StarLinkを用いた水上ドローンの遠隔操作機能の開発
 - 海上での遠隔操作

2024

ロボット管路内試行



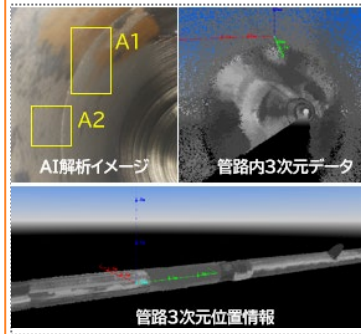
管路点検ロボット雨水管試験

- 千葉市で管路内ロボット試行
- 管路点検ニーズの把握
 - 管路での水がある場合と水が無い場合の両方に対応するロボットの検討・設計
 - 管路内ロボットの試作
 - 管路内での走行確認
 - 管炉内のロボットを地上からWiFi2.4GHz経由で操縦しながら、搭載したカメラ映像をリアルタイムで確認

目指す姿に向けた実現ステップ

2025~2026

実証



- ロボットによる下水管での長距離通信による遠隔操作
- WiFi HaLowを用いたロボット遠隔操作、リアルタイム画像転送検証
 - データ転送によるクラウドによるデータ解析サービスの試行
 - クラウドサービスによる結果の確認
 - 各種センサ・AI等による作業効率の評価
 - 管路背面空洞調査の実証と評価とロボットへの搭載検討

2026~2027

実証・実装

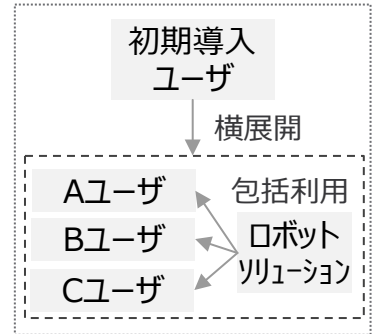


イメージ

- 下水道事業者において、本ロボットソリューションを段階的に実装
- サービス実施主体企業の連携運用
 - 遠隔操作ロボットと三次元解析・画像AI等の実装による点検
 - 一部の管路で点検
 - 次段階として管路背面空洞調査機能を実証・実装
- ロボットの提供を各ユーザにまたがり広域での共通利用等を含めた地域展開を検討

2027~2028

横展開
(最終的なゴール)



- 本ロボットソリューションを各ユーザにおいて広域展開
更に、遠隔操作とクラウド解析の汎用化
- メンテナンス企業へのソリューション提供
 - 下水道管路だけではなく、下水道処理場の埋設管路等への点検へ応用を検討
 - 管路背面調査機能を搭載したロボットソリューションの提供
 - 管路点検運用結果のモニタリング評価

3 実証の必要性

実装する上での課題(今のままでは実装できない理由)

1) 汚水管路内での水陸両用ロボットの機動性能が不明

昨年度、試作機にて雨水管内では航行できることを確認したが、汚水等が流れていたり、流速のある中大口径管での機動性能は確認できていない。一定以上の機動性能がないとロストの危険性もあり実証が必要である。

2) WiFi HaLowによる管路内通信可否、性能が不明

下水道管路と類似の環境として歩行者用トンネル内でWiFi HaLowによる通信試験を実施し、一定の通信が可能であることを確認しているが、下水道管路内でも可能なのか不明である。また、可能であったとしても、点検要件を満たすレベルの通信品質を保つことができるのか不明である。そこで、以下の点で検証の必要がある。

- ① 実際の下水道管路内で通信が確保できるのか、またどこまでの距離でロボットが操作でき、画像転送等が可能なのか
- ② 現地（地域）で取得した管路内データ（3次元点群・ビデオ画像・地中レーダ調査結果）を本ソリューションが提供するクラウドサービスへ転送可能な速度や量の検証
- ③ WiFi HaLowからキャリア通信・StarLinkを経由したリアルタイム画像送信・操作処理等が遠隔操作側に適切な速度で通信可能であるか

3) 管路内での各種センサによる計測の有効性が不明

3次元計測や自己位置特定技術では、管路内の特徴を3次的に把握しながら計測していく必要があるが、延長のある狭小空間、かつ汚水が流れているような状況で正確な計測が可能であるのかは不明である。また地中レーダを用いた管路背面調査は、トンネル等での点検実績はあるものの下水道での事例はほとんど行われていない。竣工図等で構造を確認し、本調査方法で結果が得られるか検証する。

4) 運営・営業にかかわる調査の不足

埼玉県八潮市で発生した下水道管路を主因とする道路陥没事故以降、国交省より全国特別重点調査の実施が提言されるなど、下水道管路点検ニーズは拡大している。そうしたニーズが存在する中で、ニーズに合ったソリューションを構築し、導入を促進するための調査や運営手法、費用面の調査等が必要である。

左記課題をクリアするために、実証事業を通じて検証すること

下水道管路点検ソリューションの構築、提供に向け、下記の各項目について検証を行う。

技術面

【水陸両用ロボットの機動性能】

- 汚水管内での機動性能：汚物の混じる汚水管内での機動性能を確認する必要がある。
- 流速のある管路内での機動性能：流速があっても流されず逆行できる機動性能を確認する。

【WiFi HaLowの通信性能】

- ロボット遠隔操作の即時性、的確性：コントローラ入力から遅延なく操作可能であるかどうかを確認する。
- 下水道管路内での通信速度・通信量：画像転送を操作可能なレベルで遂行できるかを確認

【各種センサによる計測性能確認】

- 三次元計測精度
- 自己位置特定精度
- 地中レーダ計測精度

効果面

- 管路内立入回数減少
- 点検必要人員の削減
- 管路内点検精度の向上：画像解析によって、従来の目視点検よりも高い点検精度によるメリットを創出

運営面

- コスト計算：筐体やソフトウェア部分等の提供コストを確認し、サービス提供時のコストを試算
- 提供形態の検討：現状、筐体販売・リースとソフトウェア部分のサブスクリプションで検討しているが、そのような販売手法がユーザー（官民）にフィットするか

展開先

- ニーズ検証
下水道事業者（市町村及び流域下水道管理事業者）・管路メンテナンス会社にヒアリング等を実施し、汎用的な需要が期待できるソリューションかどうかを検証する（目標：10団体以上）



4 成果 (アウトカム) 指標 ロジックツリー

□: 実装・横展開の成果指標
□: 実証の成果指標

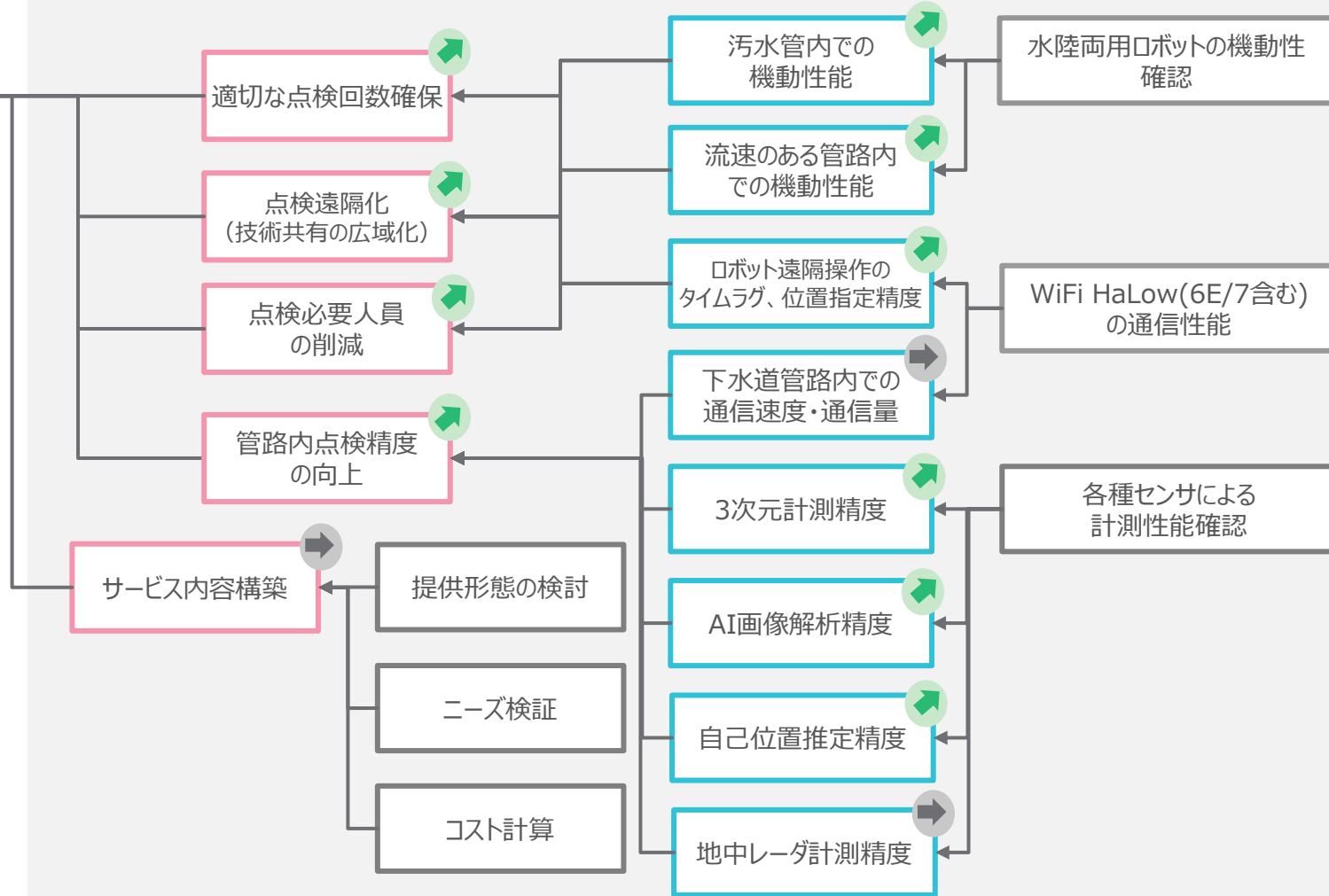
目標の方向性 (増減) は矢印で記載



最終アウトカム

- ① 下水道管路損傷を起因とする
域内災害数の減少
- ② 域内での予防保全コストの低下

中間アウトカム



4 成果 (アウトカム) 指標

成果 (アウトカム) 指標の設定: 本実証

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
流速のある管路内での機動性能	実施例なし	管路流速(0.6～3.0m/s)で航行が可能	一般に下水道管路の流速は0.6～3.0m/sの間を許容とする。環境（特に大口径）によってはそれ以上の流速を持つこともありうる。これらの下水が流れた状態でも機動するロボットは他になく、大口径管路でも適用できる点検手法を目指す。	模擬管路を用いて目標流速(0.6～3.0m/s)での航行を実験する
汚水管内での機動性能（管路内での滞留等）	実施例なし	汚水管内で上記性能を発揮する	下水道管路点検に置いて、下水が流れている状態での遠隔操作及び支援等のサービス事例はなく、上記の機動性を発揮することにより、これらのサービスの実現度が高まる。※従来の手法ではフロート型（点検機材を流す）または洗浄してから機材を投入する。	実際の汚水管路を用いて汚水が流れている状態での航行を実験する。実管路を使用することから、事故やロスト対策には万全を期す
ロボット遠隔操作のタイムラグ、位置指定精度として誤差1m～2mを程度を目指す	実施例なし	タイムラグ： 50ms-100ms 位置指定精度： 誤差1m-2m	タイムラグ：ゲームや自動車運転等で操作遅延を感じないレベルを設定した 位置指定精度：管路リスク箇所の位置を認識し、場合によっては掘削等を生じる場合に位置の特定によってやり直し等が生じず、余計なコストが発生しないものとして精度設定した。	タイムラグ：管路内にロボットを入れた状態で操作遅延を測定 位置指定精度：模擬管路、実管路で測定
下水道管路内での通信速度・通信量（duty10の制限下でロボットを逐次操作できる）	地中内管路では実施例なし	撮影した静止画像をリアルタイム（断続的ではあるが連続した通信）で送信可能な程度	点検において、管路内を逐次確認しながら操作したい。静止画像を連続的に送信することで管路内状況をリアルタイム確認することを目標とする。（フレームレートの調整及び画像の色数や動画圧縮等の検証）	管路内にロボットを入れ、静止画像の送信速度を測定する

4 成果 (アウトカム) 指標

成果 (アウトカム) 指標の設定: 本実証

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
3次元計測精度 (管径が誤差 1 cm以下【有効性評価を行いそれらを満たす精度】で3次元計測を行うことができる)	管路状況により異なるため定量的既存数値はなし	有効性評価 (目視点検と同等の評価としての管径が誤差 1 cm以下で計測できる)	現状の点検手法 (目視) の置き換えとなるソリューション構築を目標としており、3次元計測を行うことで管の変状等を読み取ることを目標とする。	既存の目視点検内容と本ソリューションの点検内容を一覧にして、比較表を作成し、これらの点検内容が網羅されているか評価する。
AI解析精度 (機械的画像判読により目視点検と同等または補足する精度)	管路状況により異なるため定量的既存数値はなし	有効性評価 (目視点検と同等以上の評価ができること)	既存の目視調査に要する時間よりもクラウドサービスによる解析処理を用いることで時間短縮を図る。 またクラウドサービスによる解析結果の確認についても現状の調査報告方法と比較し時間短縮や効率化を図る。	既存の調査方法による現地作業時間と解析時間、レポート提出までに時間 (日数) 等を整理し比較を行う。
自己位置推定精度 (管路内でのロボットの自己位置特定精度誤差を1m~2m以内とする)	管路状況により異なるため定量的既存数値はなし	自己位置推定の誤差範囲は1-2m以内	自己位置推定による具体的にリスク箇所を特定するためにロボットの位置を具体的に特定する。これらの特定範囲は1m以内であれば、そのあとの管路メンテナンス対象として対象箇所の特定を容易に可能となる。	模擬試験管路による精度検証を行うとともに実証管路では、ケーブル等を利用しながら検証を行う。
地中レーダ計測精度 (管路天井厚40cm程度の管路背面の空洞の有無の判定)	汚水管内での数値なし	管路天井厚40cm程度の管路背面の空洞有無の判定	現状の大口径管路の打音及びコア抜き点検手法の置き換えとなるソリューション構築を目標とする	現地作業の必要人数を確認するとともに管路規模等による現状の調査人数との比較等を行いながら効果を測定する。

4 成果 (アウトカム) 指標

成果 (アウトカム) 指標の設定: 実装・横展開

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
適切な点検回数の確保	大口径管路の点検数量は十分ではない	下水道点検サイクル (5年) を確保した点検数量を確保	下水道点検基準にある周期内で適切に点検が実施できる数量を目標値とする	下水道事業者へのヒアリングにより測定
点検遠隔化 (技術共有の広域化)	点検技術は各ユーザ及びメンテナンス会社が個別に利用	技術共有を下水道事業者間で広域化	広域化することでコストやリソースの効率化を図り、点検数量の確保及びコストの効率化と今後の点検リソースを確保する	下水道事業者へのヒアリングにより測定
点検必要人員の削減	現在の点検はカメラ・打音・コア抜き調査を行う人員が対応	左記の点検に必要な人員の50%またはコスト20%低減	現在の点検の作業工程自体の短縮及びロボットでの無人化による点検必要人員の削減	下水道事業者・メンテナンス会社へのヒアリングにより測定
管路内点検精度の向上	カメラ調査結果による目視確認	画像・3次元・レーダ等の解析を用いた定量的点検	作業員による点検精度のばらつきがあるため、点検結果の精度向上のため点検結果の定量化を目指す	下水道事業者・メンテナンス会社へのヒアリングにより測定
サービス内容構築	無人化と遠隔、定量評価による点検サービスは見当たらない	左記の点検サービスを構築	通信技術と情報処理技術を活かし、地域横断的に利用できる効率的サービスの構築を目指す	ソリューション構築結果と展開数から評価

II ソリューション

1 活用ソリューション

ソリューションの概要

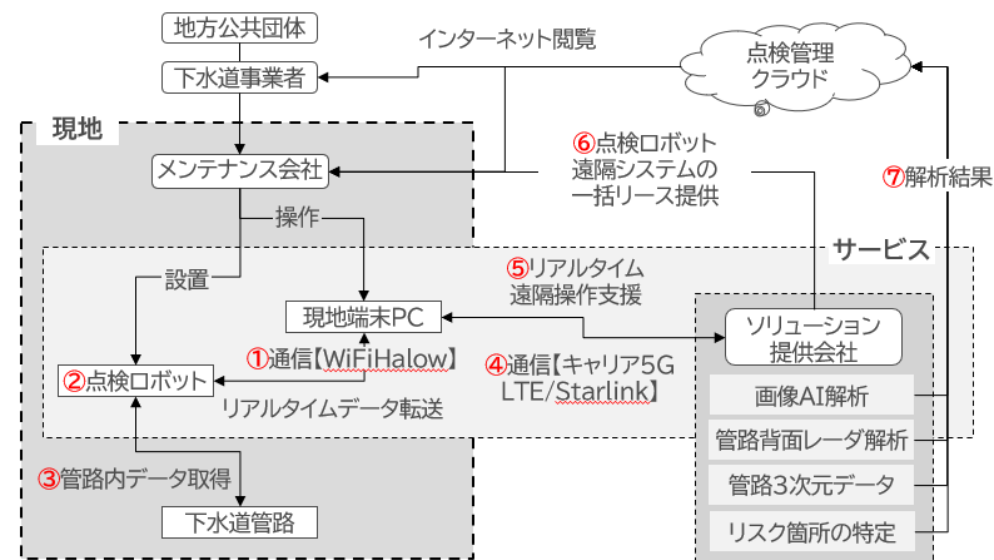
ソリューションの概要

【WiFiを用いたロボット遠隔操作による下水道管路点検】

現行のロボットを用いた下水道管路点検では、カメラで管内を撮影し、撮影後にデータを目視確認することが多い。本ソリューションでは、WiFi HaLowを用いたロボット遠隔操作により効率的な点検を可能にする。

(WiFi 6E/7も実証を行い比較・適用を検証する)

また、本ソリューションではカメラによる目視調査だけではなく、AIによる画像解析やLiDARによる3次元解析、地中レーダによる管路背面空洞調査等、ロボット操作及び専門的な解析の支援を通信より実施する。



①長距離通信によるリアルタイムデータ転送と遠隔操作②・③水陸ロボット点検による長大管路の点検無人化地場企業で行う④・⑤ロボット点検による作業コスト低減、下水道事業者間で広域利用する⑥システムの提供方式によるコストの効率化

中間アウトカム (実証)

定量アウトカム

- WiFiHalowによる管路内のロボット逐次操作（タイムラグ50ms-100ms 位置推定1m-2m）
- 流速のある管路内をロボットが移動できる機能を有する
- ロボットによる管路内計測で管径が誤差1cm以下で計測
- 管路天井厚40cm程度の管路背面の空洞有無の判定
- 点検に必要な人員の50%またはコスト20%低減

定性アウトカム

- ロボットが撮影した静止画像をリアルタイム（断続的ではあるが連続した通信）で送信可能な程度
- 目視点検と同等以上の評価ができる
- 技術共有を下水道事業者間で広域化
- 画像・3次元・レーダ等の解析を用いた定量的点検
- 無人化と遠隔、定量評価による点検サービスの構築

中間アウトカムの実現に繋がるソリューションの価値

- ロボットに新たにLiDARやガス検知センサを搭載し、別途搭載したカメラから撮影した画像から管路内のリスク箇所を自動抽出手法を確立する。
- WiFi等の通信を用いた管路のロボットによる無人化管路内点検調査は、従来の通信手段とは異なり、管路内の通信手段として新たな利用方法を見出す可能性がある。
- 従来より管路内で自己位置推定する技術は確立されておらず、本実証で管路内の自己位置推定することができれば、管路等の狭小空間で利用するロボットの適用範囲が広がる。
- 管路内からのロボットによる地中レーダ計測技術は、今までの計測事例等は見当たらずあらたな計測方法として検討する。
- ロボット等の機材を用いる調査方法において一括して各種センサを利用でき、現地で得られた調査データをアップロードして、クラウド上で解析すること地域の業務効率化やコスト低減に貢献できる。

II ソリューション

① 活用ソリューション

活用している先進技術

概要

AI	【カメラ画像、3次元計測データをAIでリスク箇所分析】 ロボットに搭載した4Kカメラ等により管路内の動画、静止画像をズーム撮影、リスク箇所のAI自動抽出。また、LiDARで3次元計測を行って判明した管路内の凹凸等をAI解析し、リスク箇所を判定する。
IoT	【ロボット&センサから得たデータを逐次確認】 ロボットとセンサで取得したデータを、LTE・5G、StarLink等の通信からインターネット経由で管路点検解析サービス（クラウド）へ転送。クラウド上で解析処理した結果を逐次確認する。
ドローン	活用無し
ロボティクス	【水陸両用ロボットを活用したソリューション】 アルキメディアンスクローの移動機構を用いた水陸両用ロボットを開発。流水のある状況では航行し、ない状況では地面を走行するという二通りの移動機構を持つロボットとして先進性がある。
自動運転	【自動運転に不可欠な自己位置特定技術を管路で実証】 本実証内では自動運転は行わない。ただし、管路内のどの部分にロボットがいるかを特定するため、LiDARを用いた自己位置特定技術は実証する。自己位置特定技術は自動運転技術を成す重要要素の一つであり、GPSが届かない管路内での成功例はほとんどない。確立できれば管路内でのロボットの自動運転技術にも応用が見込まれる。

AI技術に関する詳細情報

1) 活用の目的

管路内の画像・動画や3次元データをもとにAIによるリスク箇所の自動抽出・解析を行い、点検内容の省人化と無人化を図る。また、人による判定のばらつきをなくし、点検品質の向上を図る。

2) インプット・アウトプットデータ

ロボットが撮影取得した画像及び3次元データと画像及び3次元データにより可視化された映像上にリスク箇所をマーキングとリスト化を行い、点検結果提供サービスのインターフェイス上で迅速に確認できる。

3) 使用するAIモデル

① 物体検出モデル

- ・YOLO (You Only Look Once) : リアルタイム性が高く、損傷箇所や遺物、腐食、漏れ箇所等の検出に利用
- ・FasterR-CNN : 精度が高く、複雑な構造のパイプライン等での適用を検討

② セグメンテーションモデル

- ・U-Net/DeepLabV3+ : 画像内のパイプ部分や損傷部分をピクセル単位で抽出、ひび割れ、腐食・汚れ等の領域を識別

③ 異常検知モデル

- ・Autoencodar/GAN (生成モデル) : 正常な画像を学習し、異常な部分を検出
- ・One-Class SVM, Isolation Forest : 正常データのみから学習し、異常を特定

④ 3Dデータ処理用モデル

点群データを使った3Dセグメンテーションによる構造検出

4) クラウド上での解析

現地で取得したデータをクラウドに転送する。クラウド上で解析を行いレポートを返す。

II ソリューション

② ネットワーク・システム構成

a. ネットワーク・システム構成図

イメージ

【クラウド】Webアプリケーションサーバ

OS	Linux (Ubuntu 22.04)	アプリケーション	Javaアプリ (Java 21)
Webサーバ	Tomcat 9		Pythonアプリ (Python 3.12)
	Apache HTTP Server 2.4		Azure ML (AI推論基盤)

【クラウド】アプリケーション詳細

AI層	モデル構築: 画像認識のためのディープラーニングモデル (CNN, YOLO, Faster R-CNN)
	リアルタイム推論: 損傷箇所の特定をリアルタイムで実行
	継続的学習: ユーザーからのフィードバックを受けてモデルを改善
アプリケーション層	Webアプリケーション: 損傷箇所を視覚化し、ユーザーが簡単に診断結果を確認できるインターフェース
	モバイルアプリ: 現場作業員が簡易的に確認できるアプリ
	他のシステムと連携するためのREST APIやGraphQL
セキュリティ層	認証: OAuth2.0やIAMを利用したセキュアな認証
	暗号化: データ保存時はAES、通信時はTLSを利用。
	監査ログ: システムアクセスやデータ変更の履歴を記録

【クラウド】データサーバ

データベース	Azure Database for PostgreSQL
ファイルサーバ	Azure Blob Storage

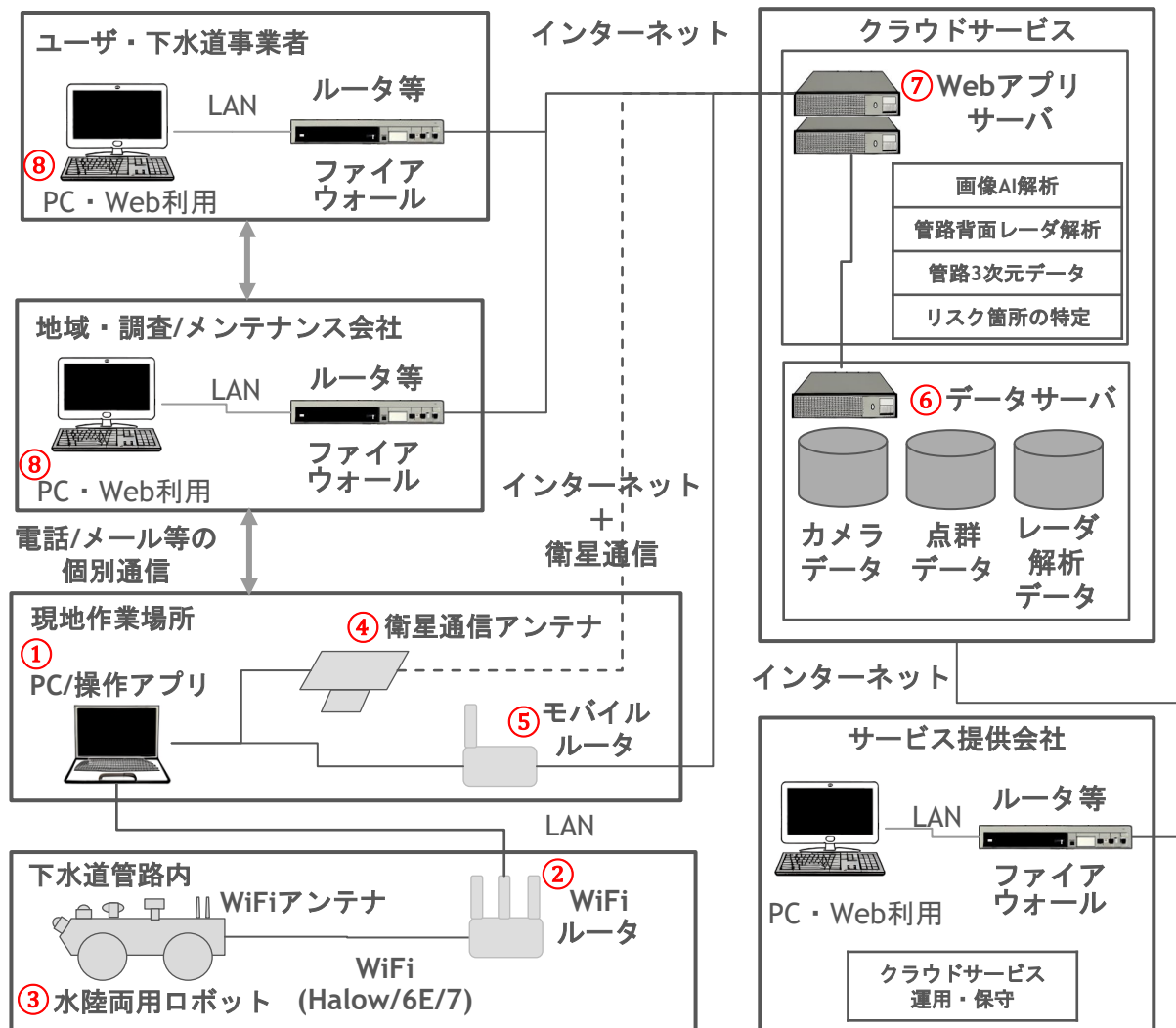
説明

- クラウドサービスはAzureを想定。
 - WebアプリケーションサーバはAzureのVirtual Machine上に構築。
 - バックグラウンドアプリケーションでは画像AI解析による損傷箇所自動抽出、損傷箇所の具体的特定、空洞調査、リスクの可視化などの重い処理を実行。
 - バックグラウンドアプリケーションではモデル学習をPythonアプリケーションで実行し、解析 (モデルを用いた推論) をJavaアプリケーションで実行する想定。
 - 物体検出: YOLO (You Only Look Once) 、Faster R-CNN、Detectron2などを使用して、画像内の損傷箇所を矩形 (Bounding Box) で検出。
 - セグメンテーション: U-NetやMask R-CNNを使用して、損傷箇所をピクセル単位で特定。
 - 分類: ResNetやEfficientNetを用い、損傷の種類 (亀裂、腐食、詰まりなど) を分類。
 - データサーバはAzureサービスを利用して構築。
 - データベースではユーザ情報などのマスタデータと解析結果などの運用データを管理。
 - ファイルサーバではカメラデータ、点群データ、レーダ解析データを保存。
 - 可用性、機密性、完全性等の非機能要件はサービスに依存。
- 特徴と拡張性
- リアルタイム性: クラウド上でデータを高速処理し、即座に損傷箇所を報告。
 - スケーラビリティ: クラウドインフラを利用して、複数の管路や大規模プロジェクトにも対応
 - モジュール化: 各層を独立して設計し、必要な部分を容易にアップグレード可能
 - 継続的学習: フィードバックデータからAIモデルを更新し、精度を向上。

② ネットワーク・システム構成

b. 設置場所・基地局等

イメージ



説明

- ① 管路内の水陸両用ロボットを地上の操作者がPC端末等とコントローラからWiFi通信を介して操作を行う。
- ② 長管路内を距離通信による下水道管路内の逐次データ転送（ただしWiFiHalowはduty10の制限を加味して連続的な操作が可能かどうか調整して対応する）
- ③ 複数のセンサを搭載した水陸両用ロボットを用いて長大な下水道管路内の点検を無人化、水陸両用により下水が流れている状態での点検が可能かどうか検証する。
- ④ ⑤ データ転送による下水道管路内のカメラデータ、点群データ、レーダ解析データをクラウドへアップロード、また遠隔からサービス提供会社が現地操作をバックアップ。
- ⑥ カメラ、3次元点群、レーダ解析データの蓄積。
- ⑦ カメラデータによる画像AI解析による損傷箇所自動抽出、点群データによる管路形状の取得等も踏まえた損傷箇所（変状箇所）の具体的特定、レーダ解析データによる空洞調査の実施とリスクの可視化を行う。
- ⑧ Webアプリサーバによる事業者とメンテナンス会社での解析結果の閲覧、3次元ビューア等も用いた結果の把握・可視化を迅速に提供する。

II ソリューション

② ネットワーク・システム構成

c. 設備・機器等の概要

a 名称	b 区分	c 型番	d 数量	e 開発供給計画認定実績の有無 ¹	f eが〇でない場合サプライチェーンリスク対応を含む十分なサイバーセキュリティ対策の内容	g 機能	h 設置形態(固定・可搬)	i 製造企業名称	j 本店(又は主たる事務所の所在地)
STARLINKアンテナ	端末	Starlink Standard kit 02534013 (本機器はキットに含まれる)	1×現地作業場所数	—	—	衛星からの電波を受信	可搬	SPACEX	東京 (正規販売代理店であるKDDI、ソフトバンク、スカパーJSAT、JSAT MOBILE Communications、NTTドコモ (NTTコミュニケーションズ) の本社所在地を記載)
STARLINK電源装置	端末	同上	同上	—	—	STARLINKアンテナとWi-Fiフィルターに電力を供給	可搬	同上	同上
STARLINK Wi-Fiフィルター	端末	同上	同上	—	—	STARLINKアンテナで受信した電波をWi-Fiに変換	可搬	同上	同上
Wi-Fi HaLow対応IoTゲートウェイ	端末	EAP112	2×現地作業場所数	—	—	長距離通信が可能なWi-Fi HaLow、エンタープライズグレードのWi-Fi6、LTEなどの通信を提供	可搬	ビーマップ	東京

1. e 開発供給計画認定実績の有無については、特定高度情報通信技術活用システムの開発供給及び導入の促進に関する法律（令和2年法律第37号）に基づく開発供給計画認定を受けた実績を有する事業者が開発供給した機器であるか否かにより判断すること。

3 ソリューション等の採用理由

a. 他ソリューションに対する優位性・新規性

名称

管路内ビデオカメラ点検

- 車輪走行による自走式（前後移動）ロボット
- 管内撮影用のカメラを搭載

他ソリューションに対する優位性の比較

1) 水陸両用ロボットによる機動力のある管路点検

従来の管路内自走式のビデオカメラ付きロボットでは、車輪走行であったが、本ソリューションは下水が流れている環境でも、流れていない環境でも走行（移動）が可能であり、調査・点検を行うことが可能。

2) リアルタイム通信による遠隔操作と点検

従来は有線を通じた通信であったが、本ソリューションは無線通信によって遠隔操作となり、有線の制約を受けずに操作することが可能である。

3) 各種センサによるリスク抽出

従来はカメラ撮影データの目視確認によって点検を実施していたが、本ソリューションでは光学カメラの他に、3次元計測等他センサも搭載して、多角的分析を実施する。
また、計測したデータはAI解析等でリスク箇所を自動抽出し、従来の目視確認より高度な点検品質を実現する。

4) クラウドによる解析結果

データはクラウドで処理し、関係者へ迅速にレポートする。インターネット経由でWebによる結果の確認、三次元データ等をWeb経由で確認ができ、地図情報等と連携したリスク箇所の確認を行うことが可能。

他ソリューションに対する新規性の比較

1) 水陸両用であるという点

走行と航行の両方が可能な水陸両用の下水道管路点検ロボットは、確認できる限り存在せず、新規な取り組みである。特殊スクレーにより、泥や浮遊物があっても走行可能であるという部分も先進性がある。

2) 管路内での長距離通信を用いたソリューション

管路内などの延長のある狭小空間で、WiFi長距離通信によるロボット操作等の事例を行うという点に先進性がある。

3) 管路内での自己位置特定技術

移動体が始点と比較してどの地点にいるのかを認識する自己位置特定技術は通常、GPS情報を利用することが多いため、GPSの利用できない管路内では難しい。本ソリューションではGPSを利用しない自己位置特定技術を管路内で実現する点で先進的である。本技術が確立すれば、地中内の管路損傷位置が地上から見るとどの地点にあるのかを明らかにでき、管路点検に大きな進歩をもたらす。

4) ロボットを用いた管路背面空洞調査

地中レーダを管の天井に向けて行う背面空洞調査は人の手や、手押しの台車等で行われる事例が存在する。本ソリューションはそれをロボットに搭載しようという点で新規性がある。

3 ソリューション等の採用理由

b. 無線通信技術の優位性

通信技術	ソリューション実現の要件を満たす通信技術の特徴	許認可の状況	他無線通信技術との比較					
WiFi HaLow	<p>下水道管路は狭小でありながら延長の大きい構造物である。特に流域下水等は延長も長く、マンホールなどの管路内への立ち入り孔が少ないケースも多い。</p> <p>従来の無線通信ではこうした閉鎖的な狭小空間、かつ長距離の通信は難しい。</p> <p>WiFi HaLowは従来のWiFi通信と比較して約 1 Km以上の長距離通信が可能である。</p> <p>本実証では、こうした低周波数帯を使用することで壁や建物などの障害物を通過しやすく管路内でも安定した通信が行えるかどうかを検証する（実証の中でWiFi 6E/7の有効性が示唆された場合、WiFi 6E/7の活用も検討）。</p>	<p>WiFi HaLowはローカル通信環境での使用のみのため許認可不要</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1058 354 1342 415">名称</th> <th data-bbox="1357 354 2026 415">比較結果</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1058 421 1342 796">従来WiFi (802.11n/acax)</td> <td data-bbox="1357 421 2026 796">本ソリューションでは、ロボットの遠隔操作のために狭小空間かつ長距離における通信が求められる。従来のWiFi通信は通信距離が数十メートル（最大100m程度）だったが、WiFi HaLowでは1km程度まで通信ができ、障害物があっても回折性が高さにより通信可能。ローカルで通信環境を構築できるため、キャリアへの通信料金がかからずコスト的にも有意である。また消費電力も低い（WiFiとしては低消費）。</td> </tr> </tbody> </table>	名称	比較結果	従来WiFi (802.11n/acax)	本ソリューションでは、ロボットの遠隔操作のために狭小空間かつ長距離における通信が求められる。従来のWiFi通信は通信距離が数十メートル（最大100m程度）だったが、WiFi HaLowでは1km程度まで通信ができ、障害物があっても回折性が高さにより通信可能。ローカルで通信環境を構築できるため、キャリアへの通信料金がかからずコスト的にも有意である。また消費電力も低い（WiFiとしては低消費）。	
名称	比較結果							
従来WiFi (802.11n/acax)	本ソリューションでは、ロボットの遠隔操作のために狭小空間かつ長距離における通信が求められる。従来のWiFi通信は通信距離が数十メートル（最大100m程度）だったが、WiFi HaLowでは1km程度まで通信ができ、障害物があっても回折性が高さにより通信可能。ローカルで通信環境を構築できるため、キャリアへの通信料金がかからずコスト的にも有意である。また消費電力も低い（WiFiとしては低消費）。							
キャリア通信（LTE/ 5G/StarLink等）	<p>現地調査結果から得られた画像・動画データ・管路3次元データ、及び地中レーダ調査から得られたデータをクラウドへ転送する。</p> <p>通信にあたっては、大容量データの転送及び遠隔操作が可能な通信量を確保する。</p>	<p>通信事業者との通信利用に関する各種契約</p>	<p>データ圧縮技術の適用検討</p>	<p>キャリア通信の利用については、他の通信技術と特段の比較はないが、本ソリューションでは大容量データを通信することから、データの圧縮技術について検討する。</p> <p>これらの圧縮技術については次年度以降に検討を行うものであり、本年度での実証は想定していない。</p>				

II ソリューション

④ 期待効果/資金計画_導入先

		2026年度	2027年度	2028年度
収益	①	11,040万円	② 13,462万円	13,462万円
	③	450万円	—	—
費用	③	7,350万円	10,350万円	10,350万円
	ランニング	7,350万円	10,350万円	10,350万円
合計		7,800万円	10,350万円	10,350万円

資金調達方法	2026年度	2027年度	2028年度
総務省地域社会DX推進パッケージ事業 地域デジタル基盤の整備支援 補助金	3,900万円	5,175万円	5,175万円
下水道事業における 維持管理費	3,900万円	5,175万円	5,175万円
XXX	XXX	XXX	XXX

投資の妥当性
(現時点見立て)

導入先
(支払元)

本ソリューションの導入によって定量的な収益が得られるわけではないが、地域の安定的なインフラ維持や下水道管路の予防保全コストの削減にはつながる。下水道管路の点検の必要性は年々高まり、人手不足も進む中で省人化につながる新しい点検手法の整備は喫緊の課題である。

妥当性を高めるための目標

目標

下水道事業者・管理者の声を踏まえ、大口径管路（800mm以上、※横浜市の場合、大口径管路延長は約1,851km）について、下水道が流れている状態で点検ができ、現在のと比較して点検コストの低減、点検時間の圧縮になると有効的である。※目標値20%以上を想定。下水道管路点検を行うには非常に多くの時間を要する。①カメラ点検等から、②人が行う管路内打音点検、③コア抜き等の空洞調査等を行っている。これらの点検をロボットが1度で行うことで大幅な時間短縮とコスト削減になる。※3回点検を1回にする。

アクション

コストの低減については、ロボット提供及び解析サービスの低減となり、これらのコスト削減については、ロボット部材の選定及び軽量化箇所の検討を行いコスト低減を図り、解析サービスコストの低減はクラウド上でリソースを集中させて処理、サービス提供側で共有することで対応する。

II ソリューション

4 期待効果の根拠_導入先

導入先 想定ユーザ（政令指定都市：人口規模【350万人】）

		項目	金額	算出の根拠	数量	計(金額)
効果	定量	カメラ調査の効率化 ※コスト低減効果20%	920万円/月	管路カメラ大口径TVカメラ調査（φ800～1500未満） 歩掛3,680円/m 月調査延長12,500m	12か月	A:11,040万円 ¹
		空洞調査の削減	201万円/月	空洞調査（手押し型）【昼間、測線計画費、観測費、解析費、 諸経費】歩掛3,230円/m 月間調査延長625m	12か月	A:2,423万円
	定性	作業安全性の向上 管路老朽化に伴う 事故の減少	— —	管路点検内の立ち入りを無くし、下水が流れている状態での管路点 検を実現し、点検効率を向上する 予防保全により管路老朽化に伴う災害を防ぐ	— —	— —
					A+B 合計	B:13,462万円 ²
費用	イニシャル	管路内ロボットシステム初期設定	150万円/台	システム設定及び操作研修 工数12人日（技師A） 基準日額 59,600円 交通費・送料・機械損料・諸経費：1式 784,000円	3台	450万円 ³
	ランニング	クラウド解析サービス①	500万円/月	画像AI・三次元解析 単価400円/m 月調査延長を12,500m	12か月	C:6,000万円
		クラウド解析サービス②	250万円/月	管路背面空洞地中レーダ解析 単価200円/m 月調査延長を12,500m	12か月	D:3,000万円
		ロボットリース料	300万円/台	ロボット製品代金（1台あたり1,500万円）5年リースとした場合の年 間リース料※リース利率を含める	3台	E:900万円
		ロボット保守料金	150万円/台	ロボット製品代金（1台あたり1,500万円）の10%を年間保守料金 として設定	3台	F:450万円
					C+E+F合計	7,350万円 ⁴
					C+D+E+F合計	10,350万円 ⁵

II ソリューション

④ 期待効果/資金計画_販売主体

		2026年度	2027年度	2028年度
収益	収益/件	① 7,800万円	② 10,350万円	② 継続10,350万円 ③ 新規10,800万円
	件数(導入延長)	1(延長150km)	1(延長150km)	2(延長300km)
	合計	7,800万円	10,350万円	21,150万円
費用	イニシャル	④ 8,000万円	—	—
	ランニング/件	⑤ 5,460万円	⑥ 7,245万円	⑥ 継続7,245万円 ⑦ 新規7,560万円
	件数(導入先数)	1(延長150km)	1(延長150km)	2(延長300km)
	合計	13,460万円	7,245万円	14,805万円
資金調達方法	総務省地域社会DX推進パッケージ事業補助金	9,000万円	—	—
	サービス提供各社による開発予算	4,460万円	—	—
	—	—	—	—

(現時点見立て)
投資の妥当性

販売主体

①2025年度では、長距離通信（WiFiHalow【WiFi6E/7を含む】）を用いた遠隔操作ロボット点検ソリューションを構築、②2026年度にロボットによる管路カメラ、3次元計測による点検ソリューションをリリース、並行して管路背面空洞調査機能を開発③2027年度には管路背面空洞調査機能を追加リリースして展開する。
④2028年度に他のユーザへ横展開し、黒字化する。

妥当性を高めるための目標

目標

①2025年度中に下水が流れている状態でのロボット点検を実証、②2026年度には背面空洞調査機能を実証、③2027年度より②の機能を実装し、横展開営業を開始する。ソリューションの汎用性を高め、他のユーザへの展開を図るとともに包括的利用を含めたサービス提供及び価格設定が必要。
ロボットの製品化については、ある程度のロット数を確保しながらコスト低減を図るとともに解析サービスについても作業効率から自動化によるシステム開発が必要。

アクション

段階的サービスリリースを行い、早期にサービスとしての収益を見込めるよう営業展開を行うとともに包括的利用を見込んだサービス体系の構築を行い、これについても同時並行で営業を行うことで計画に即した販売展開を行う。
コスト低減についてはランニングにかかる解析処理の自動化機能を開発する。

II ソリューション

4 期待効果の根拠_販売主体

販売主体 (株)カンツール、アジア航測(株)

		項目	金額	算出の根拠	数量	計(金額)
効果	定量	管路内ロボットシステム初期設定	150万円/台	システム設定及び操作研修 工数12人日(技師A) 基準日額59,600円 交通費・送料・機械損料・諸経費:1式 784,000円	3台	A:450万円
		クラウド解析サービス①	500万円/月	画像AI・三次元解析 単価400円/m 月調査延長を12,500m	12か月	B:6,000万円
		クラウド解析サービス②	250万円/月	管路背面空洞探査地中レーダ解析 単価200円/m 月調査延長を12,500m	12か月	C:3,000万円
		ロボットリース料	300万円/台	ロボット製品代金(1台あたり1,500万円) 5年リースとした場合の年間リース料※リース利率を含める	3台	D:900万円
		ロボット保守料金	150万円/台	ロボット製品代金(1台あたり1,500万円)の10%=年間保守料金	3台	E:450万円
	定性	ロボット技術の実績	—	通信・遠隔操作技術の経験・知見習得、ロボットサービス実績	—	—
費用	イニシャル	背面空洞調査機能追加	8000万円/台	管路背面空洞調査機能の追加(地中レーダ開発・地中レーダ昇降機能追加)及びサービスの現地実証1式	1台	8,000万円
	ランニング	管路内ロボットシステム初期設定	105万円/台	システム設定及び操作研修 工数12人日(技師A) 基準日額59,600円 交通費・送料・機械損料・諸経費:1式 334,800円	3台	A':315万円
		クラウド解析サービス①	350万円/月	画像AI・三次元解析 単価280円/m 月調査延長を12,500m	12か月	B':4,200万円
		クラウド解析サービス②	175万円/月	管路背面空洞地中レーダ解析 単価140円/m 月調査延長を12,500m	12か月	C':2,100万円
		ロボット製品生産	210万円/台	ロボット生産価格(1台あたり1,050万円) 5年リース提供とした場合の年間製品生産経費※リース利率を含める	3台	D':630万円
		ロボット保守料金	105万円/台	ロボット製品代金(1台あたり1,500万円)の7%=保守対応料	3台	E':315万円
						A'+B'+D'+E'合計 5,460万円
						B'+C'+D'+E'合計 7,245万円
						A'~E'合計 7,560万円

II ソリューション

4 費用対効果

b. 導入・運用コスト引き下げの工夫

	項目	引下げの工夫内容	コスト削減効果 (見込み額)	実行タイミング	実行主体/担当者	
費用	イニシャル	ロボット等の現地 機材の導入	ロボット等の現地利用デバイスは、リースまたはレンタルによる提供を設定する。また、ユーザが主体で導入する場合は、他のユーザとシェアする形での利用することを検討する。	イニシャルとして、60%程度の一括支出の低減 ※3年分割を想定	26年4月以降	アジア航測(株)、佐々木龍 ※当該取組企業との各担当と対応
		取得データ解析 に関する費用	クラウドによる解析リソース（ハード・ソフト）の構築及びサービスの提供により、ユーザは解析リソースのイニシャルは、ほぼ発生しない。	イニシャルとして、一括支出は発生しない	26年4月以降	アジア航測(株)、佐々木龍 ※当該取組企業との各担当と対応
ランニング		ロボット等の現地 機材の運用	ロボット等の現地利用デバイスは、リースまたはレンタルによる提供を設定する。また、ユーザが主体で導入する場合は、他のユーザとシェアする形での利用することを検討する。	2ユーザで利用を想定した場合はソリューションの30%～40%の削減	26年4月以降	アジア航測(株)、佐々木龍 ※当該取組企業との各担当と対応
		取得データ解析 に関する費用	クラウドによる解析リソース（ハード・ソフト）の構築及びサービスの提供により、ユーザは解析リソースを整理する必要はない、ソリューション利用の下水道事業者間でリソースをシェアするため、利用についてもユーザが自身でサーバ等を構築するよりもランニング自体の費用を大幅に低減できる。	従前の点検調査費用と比較して20%前後の低減	26年4月以降	アジア航測(株)、佐々木龍 ※当該取組企業との各担当と対応

1 実証計画

実証実施計画の概要

対象とする課題

1) 汚水管路内での水陸両用ロボットの機動性能が不明

昨年度、試作機にて雨水管内では航行できることを確認したが、汚水等が流れているため、流速の大きい中大口径管での機動性能は確認できていない。一定以上の機動性能がないとコストの危険性もあり実証が必要である。

2) WiFi HaLowによる管路内通信可否、性能が不明

下水道管路と類似の環境として歩行者用トンネル内でWiFi HaLowによる通信試験を実施し、一定の通信が可能であることを確認しているが、下水道管路内でも可能なか不明である。また、可能であったとしても、点検要件を満たすレベルの通信品質を保てるのか不明である。

3) 管路内での各種センサによる計測の有効性が不明

3次元計測や自己位置特定技術では、管路内の特徴を3次元的に把握しながら計測していく必要があるが、延長のある狭小空間、かつ汚水が流れているような状況で正確な計測が可能であるのかは不明である。また地中レーダを用いた管路背面調査は、トンネル等での点検実績はあるものの下水道での事例はほとんど行われていない。竣工図等で構造を確認し、本調査方法で結果が得られるか検証する。

4) 運営・営業にかかわる調査の不足

埼玉県八潮市で発生した下水道管路を主因とする道路陥没事故以降、国交省より全国特別重点調査の実施が提言されるなど、下水道管路点検ニーズは拡大している。そうしたニーズが存在する中で、ニーズに合ったソリューションを構築し、導入を促進するための調査や運営手法、費用面の調査等が必要である。

実証の概要

上記の課題を解決する手法として当該ソリューションについて以下のとおり実証を行う。

- ①水陸両用ロボットを模擬管路及び実際の管路内に投入し、どの程度の流量・流速で機動性を確保できるか検証する。これらの検証にあたっては管路の大きさや形状等を事前に下水道事業者（ユーザ）及びメンテナンス会社にヒアリングを実施し、検証対象を設定し行う。
- ②上記で設定した対象管路については、ロボットとの通信を確保できる管路形状・距離を確認できるよう管路の条件等も整理したうえで実施する。
- ③AIによる画像解析については、ユーザ及びメンテナンス会社から以前に撮影しているカメラ画像を収集し、事前にAIで処理した内容等を踏まえて試行を行う。
- ④3次元計測では過去に実施したLiDARSLAMによる自己位置推定の手法及びそこで認識した課題等を踏まえてロボットにLiDARシステムを搭載して実施する。
- ⑤実証結果からコスト面やソリューションの販売に関する価格設定等を整理する。

検証ポイント

下水道管路点検ソリューションの構築、提供に向け、下記の各項目について検証を行う。

【水陸両用ロボットの機動性能】

技術面

- 汚水管内での機動性能：汚物の混じる汚水管内での機動性能を確認する必要がある。
- 流速のある大きい管路内での機動性能：流速があっても流されず逆行できる機動性能を確認する。

【WiFi HaLowの通信性能】

- ロボット遠隔操作の即時性、的確性：コントローラ入力から遅延なく操作可能であるかどうかを確認する。
- 下水道管路内での通信速度・通信量：画像転送を操作可能なレベルで遂行できるかを確認

【各種センサによる計測性能確認】

効果面

- 3次元計測精度、自己位置特定精度
- 地中レーダ計測精度
- 管路内立入回数減少
- 点検必要人員の削減
- 画像解析によって、従来の目視点検よりも高い点検精度による管路内点検精度の向上

運営面

- コスト計算：筐体やソフトウェア部分等の提供コストを確認し、サービス提供時のコストを試算
- 提供形態の検討：現状、筐体販売・リースとソフトウェア部分のサブスクリプションで検討しているが、そのような販売手法がユーザー（官民）にフィットするか

展開先

- ニーズ検証
下水道事業者（市町村及び流域下水道管理事業者）・管路メンテナンス会社にヒアリング等を実施し、汎用的な需要が期待できるソリューションかどうかを検証する（目標：10団体以上）
そのほかプラント等の管路を有する事業者を展開先として見込む

Ⅲ実証

② 検証ポイント・検証方法

a. 効果面

ソリューション	検証ポイント		検証方法	実装化の要件	
	項目	目標		要件	要件の妥当性の根拠
【AI】 カメラ画像、3次元計測データをAIでリスク箇所分析	I 点検必要人数削減	人数30%削減、負荷20%軽減、作業時間20%短縮	作業人数・時間比較、負荷調査	目標を満たすこと	要件を達成できれば点検業務の大幅なコスト削減となるため、実装化を判断可能
	II 管路内点検精度の向上	Recall (※1) 90%以上、Precision (※2) 85%以上、種別識別80%以上 ※1：実際に正であるもののうち、正であると予測されたものの割合、※2：正と予測したデータのうち、実際に正であるものの割合	アノテーション比較、性能指標算出	目標を満たすこと	要件を達成ことができれば人による目視調査と同等以上の評価が可能と想定されるため、実装化を判断可能
【IoT】 ロボット&センサから得たデータの逐次転送	I 管路内立入回数減少	立入回数60%以上削減、遠隔代替70%以上	従来との回数比較、遠隔代替可能率分析	目標を満たすこと	要件を達成できれば点検業務の大幅な時間短縮となるため、実装化を判断可能
	II 点検必要人数削減	人数30%削減、負荷20%軽減、作業時間20%短縮	作業人数・時間比較、負荷調査	目標を満たすこと	要件を達成できれば点検業務の大幅なコスト削減となるため、実装化を判断可能
【ロボティクス】 水陸両用ロボットの活用	I 管路内立入回数減少	立入回数60%以上削減、遠隔代替70%以上	従来との回数比較、遠隔代替可能率分析	目標を満たすこと	要件を達成できれば点検業務の大幅な時間短縮となるため、実装化を判断可能
	II 点検必要人数削減	人数30%削減、負荷20%軽減、作業時間20%短縮	作業人数・時間比較、負荷調査	目標を満たすこと	要件を達成できれば点検業務の大幅なコスト削減となるため、実装化を判断可能
【自動運転】 管路内の自己位置特定	I 管路内立入回数減少	立入回数60%削減、追加立入10%以下	従来との回数比較、立入事例調査	目標を満たすこと	要件を達成できれば点検業務の大幅な時間短縮となるため、実装化を判断可能
	II 点検必要人数削減	人数30%削減、人的介入30%以下	作業人数比較、操作エラー率測定	目標を満たすこと	要件を達成できれば点検業務の大幅なコスト削減となるため、実装化を判断可能

Ⅲ実証

② 検証ポイント・検証方法

b. 技術面 (1/2)

ソリューション	検証ポイント		検証方法	実装化の要件	
	項目	目標		要件	要件の妥当性の根拠
【AI】 カメラ画像、3次元計測データをAIでリスク箇所分析	I データ取得品質	4K画像鮮明度・LiDAR誤差±数mm以内、環境耐性確保	多環境撮影・実測比較、ノイズ評価	目標を満たすこと	要件を達成できれば人によるデータ取得と同等以上の品質を得られる想定のため、実装化を判断可能
	II AI検出性能	Recall (※1) 90%以上、Precision (※2) 85%以上、種別識別 80%以上 ※1：実際に正であるもののうち、正であると予測されたものの割合、※2：正と予測したデータのうち、実際に正であるものの割合	アノテーション比較、性能指標算出	目標を満たすこと	要件を達成ことができれば人による目視調査と同等以上の評価が可能と想定されるため、実装化を判断可能
	III 3D計測データ解析	凹凸検出誤差±数mm以内、判定一致率 85%以上	実測比較・専門家評価、誤検出分析	目標を満たすこと	要件を達成できれば人による目視調査と同等以上の評価が可能と想定されるため、実装化を判断可能
	IV システム運用面	8時間安定稼働・環境変化下性能80%以上	現場連続試験・環境変化テスト	目標を満たすこと	要件を達成できれば種々の環境での運用が可能と想定されるため、実装化を判断可能
【IoT】 ロボット&センサから得たデータの逐次転送	I 通信品質	通信距離 ≥200m、速度 ≥1Mbps、遅延 ≤500ms、途切れ ≤1回/h、復旧 ≤60秒	通信距離・速度・遅延測定、連続通信試験	目標を満たすこと	要件を達成できればロボットとセンサによる取得データをリアルタイムで確認可能な想定のため、実装化を判断可能
	II データ転送・処理性能	転送成功率 ≥99.0%、解析処理 ≤120秒、結果更新 ≤60秒	転送成功率測定、クラウド処理性能評価、エンドツーエンド遅延測定	目標を満たすこと	要件を達成できればロボットとセンサによる取得データをリアルタイムで確認可能な想定のため、実装化を判断可能
	III 信頼性・耐障害性	通信障害時のデータ保護、クラウド高可用性	通信断試験、クラウド冗長化テスト	目標を満たすこと	要件を達成できればロボットとセンサによる取得データの欠損を抑制可能な想定のため、実装化を判断可能
	IV 運用・セキュリティ管理	不正アクセス防止、データ保護、障害監視体制確立	ペネトレーションテスト、暗号化検証、監視アラートテスト	目標を満たすこと	要件を達成できればロボットとセンサによる取得データを安全に利用可能な想定のため、実装化を判断可能

Ⅲ実証

② 検証ポイント・検証方法

b. 技術面 (2/2)

ソリューション	検証ポイント		検証方法	実装化の要件	
	項目	目標		要件	要件の妥当性の根拠
【ロボティクス】 水陸両用ロボットの活用	I 移動性能	水上1m/s以上、陸上0.5m/s以上、移行30秒以内、安定航走行	水路・地形試験、流速変化試験、移行動作計測	目標を満たすこと	要件を達成できれば水上および陸上にて安定した移動が可能と想定されるため、実装化を判断可能
	II 環境適応性	流速(0.6~3.0m/s)対応、走破率90%以上、防水防塵IP67以上、-10~40°C動作	流速連続航行試験、多地形走行、防水防塵試験、温度試験	目標を満たすこと	要件を達成できれば下水道管内の環境下での動作が可能と想定されるため、実装化を判断可能
	III 制御・操縦性能	レスポンス100ms以下、誤差30cm以下、移行安定率99%以上、即時停止	操縦応答計測、自律航行軌跡評価、移行時ログ分析、緊急停止試験	目標を満たすこと	要件を達成できればロボットの遠隔操作を安定して行うことが可能と想定されるため、実装化を判断可能
	IV 運用・メンテ性	連続3時間稼働、充電2時間以内、月故障率1%以下、簡易現場保守、20kg以下搬送可能	バッテリーテスト、故障解析・修理試験、ユーザビリティ評価、輸送試験	目標を満たすこと	要件を達成できれば現地作業場所での運用を安定して行うことが可能と想定されるため、実装化を判断可能
【自動運転】 管路内の自己位置特定	I 位置特定精度	位置誤差±1m以内、姿勢誤差±5°以内、更新頻度1Hz以上	既知位置との比較、実管路試験、シミュレーション	目標を満たすこと	要件を達成できれば管路内での自動運転に活用できる想定のため、実装化を判断可能
	II 環境適応性	形状・材質多様環境で安定推定、照明非依存、振動耐性	多条件実管路・模擬管路試験、振動・速度変化試験	目標を満たすこと	要件を達成できれば種々の管路にて自動運転が可能と想定されるため、実装化を判断可能
	III 処理速度・リアルタイム性	遅延100ms以下、更新頻度1Hz以上	処理時間計測・連続試験	目標を満たすこと	要件を達成できれば管路内での自動運転に活用できる想定のため、実装化を判断可能
	IV 信頼性・冗長性	センサー故障継続動作、異常検知率90%以上	故障模擬試験、異常検知テスト	目標を満たすこと	要件を達成できれば安定した自動運転が可能と想定されるため、実装化を判断可能

Ⅲ実証

② 検証ポイント・検証方法

C. 運営面

ソリューション C. 運営面	検証ポイント		検証方法	実装化の要件	
	項目	目標		要件	要件の妥当性の根拠
【AI】 カメラ画像、3次元計測データをAIでリスク箇所分析	I コスト	現状のコストを全体して下回る	提供コスト試算（イニシャル、ランニング）	目標を満たすこと	要件を達成できればソリューション導入により期待される効果が得られる想定のため、実装化を判断可能
	II 提供形態	ユーザーに適した提供形態（ソフトウェアサービス：サブスクリプションを想定）	ユーザーヒアリング	目標を満たすこと	要件を達成できればユーザーにフィットした形態でのソリューション提供が可能のため、実装化を判断可能
【IoT】 ロボット&センサから得たデータの逐次転送	I コスト	現状のコストを全体して下回る	提供コスト試算（イニシャル、ランニング）	目標を満たすこと	要件を達成できればソリューション導入により期待される効果が得られる想定のため、実装化を判断可能
	II 提供形態	ユーザーに適した提供形態（筐体：販売・リース、ソフトウェアサービス：サブスクリプションを想定）	ユーザーヒアリング	目標を満たすこと	要件を達成できればユーザーにフィットした形態でのソリューション提供が可能のため、実装化を判断可能
【ロボティクス】 水陸両用ロボットの活用	I コスト	現状のコストを全体して下回る	提供コスト試算（イニシャル、ランニング）	目標を満たすこと	要件を達成できればソリューション導入により期待される効果が得られる想定のため、実装化を判断可能
	II 提供形態	ユーザーに適した提供形態（筐体：販売・リースを想定）	ユーザーヒアリング	目標を満たすこと	要件を達成できればユーザーにフィットした形態でのソリューション提供が可能のため、実装化を判断可能
【自動運転】 管路内の自己位置特定	I コスト	現状のコストを全体して下回る x	提供コスト試算（イニシャル、ランニング）	目標を満たすこと	要件を達成できればソリューション導入により期待される効果が得られる想定のため、実装化を判断可能
	II 提供形態	ユーザーに適した提供形態（筐体：販売・リースを想定）	ユーザーヒアリング	目標を満たすこと	要件を達成できればユーザーにフィットした形態でのソリューション提供が可能のため、実装化を判断可能

Ⅲ実証

② 検証ポイント・検証方法

d. 展開先 (1/2)

ソリューション	検証ポイント		検証方法	実装化の要件	
	項目	目標		要件	要件の妥当性の根拠
【AI】 カメラ画像、3次元計測データをAIでリスク箇所分析	I 課題認識・ニーズ把握	共通課題抽出、AI・LiDAR技術受容度確認、導入優先度把握	半構造化インタビュー、アンケート、技術説明 フィードバック収集	目標を満たすこと	要件を達成できればユーザーの課題・ニーズに適したソリューションを提供可能となるため、実装化を判断可能
	II 運用環境・技術適合性確認	代表的環境条件把握、通信・インフラ制約理解、運用体制実態把握	環境・設備・運用フローヒアリング	目標を満たすこと	要件を達成できればユーザーの運用環境に適したソリューションを提供可能となるため、実装化を判断可能
	III 導入効果期待・課題把握	効果指標把握、障壁抽出、予算・ROI理解	定量評価・事例ヒアリング、障壁自由回答、 予算意見聴取	目標を満たすこと	要件を達成できればソリューションの導入効果を適正に評価可能となるため、実装化を判断可能
	IV サポート・教育ニーズ把握	教育・支援ニーズ把握、長期支援期待把握	教育・支援アンケート、要望収集	目標を満たすこと	要件を達成できればユーザーの期待する支援サービスを提供可能となるため、実装化を判断可能
【IoT】 ロボット&センサから得たデータの逐次転送	I 課題・ニーズ把握	共通課題抽出、技術受容度、解析結果ニーズ把握	半構造化インタビュー、アンケート、技術説明 フィードバック	目標を満たすこと	要件を達成できればユーザーの課題・ニーズに適したソリューションを提供可能となるため、実装化を判断可能
	II 通信環境適合性	現場通信環境実態把握、速度・遅延目標確認、障害対応ニーズ把握	通信環境ヒアリング、実測データ収集、障害事例聴取	目標を満たすこと	要件を達成できればユーザーの運用環境に適したソリューションを提供可能となるため、実装化を判断可能
	III 解析機能・結果確認	解析項目・精度期待把握、逐次確認ニーズ、通知UIニーズ把握	解析ニーズインタビュー、満足度調査、UIプロトタイプ評価	目標を満たすこと	要件を達成できればユーザーの期待・ニーズに適したソリューションを提供可能となるため、実装化を判断可能
	IV 導入・運用課題・支援	導入コスト・ROI把握、教育・サポートニーズ、セキュリティ懸念整理	コスト・ROI調査、教育支援ヒアリング、セキュリティ法令調査、懸念聴取	目標を満たすこと	要件を達成できればソリューションの導入効果を適正に評価可能となるため、実装化を判断可能

Ⅲ実証

② 検証ポイント・検証方法

d. 展開先 (2/2)

ソリューション	検証ポイント		検証方法	実装化の要件	
	項目	目標		要件	要件の妥当性の根拠
【ロボティクス】 水陸両用ロボットの活用	Ⅰ 現状課題・ニーズ把握	流水・陸上の移動課題 明確化、水陸両用ニ ーズ把握、導入障壁抽 出	半構造化インタビュー、満足度調査、導入 意欲アンケート	目標を満たすこと	要件を達成できればユーザーの課題・ ニーズに適したソリューションを提供可能 となるため、実装化を判断可能
	Ⅱ 運用環境・技術適合 性	代表的管路環境把握、 通信・電源状況理解、 運用者スキル期待値 把握	環境・運用体制ヒアリング	目標を満たすこと	要件を達成できればユーザーの運用環 境に適したソリューションを提供可能とな るため、実装化を判断可能
	Ⅲ 導入効果・課題把握	効果指標明確化、障 壁抽出、予算レンジ把 握	効果評価調査、課題自由回答、予算ヒア リング	目標を満たすこと	要件を達成できればソリューションの導入 効果を適正に評価可能となるため、実装 化を判断可能
	Ⅳ 教育・サポートニーズ	教育負荷・費用把握、 サポート期待明確化	教育支援アンケート、サポート要望聴取	目標を満たすこと	要件を達成できればユーザーの期待する 支援サービスを提供可能となるため、実 装化を判断可能
【自動運転】 管路内の自己位置特 定	Ⅰ 課題・ニーズ把握	現状課題明確化、精 度期待把握、技術受 容度確認	半構造化インタビュー、精度アンケート、技術 説明後評価	目標を満たすこと	要件を達成できればユーザーの課題・ ニーズに適したソリューションを提供可能 となるため、実装化を判断可能
	Ⅱ 運用環境・技術適合 性確認	管路環境要件把握、 通信・電源制約理解、 運用体制適合性把握	環境・運用ヒアリング、技術レベル把握	目標を満たすこと	要件を達成できればユーザーの運用環 境に適したソリューションを提供可能とな るため、実装化を判断可能
	Ⅲ 導入効果・課題認識	効率・安全向上期待、 導入障壁抽出、予算・ ROI把握	効果期待調査、課題自由回答、予算ヒア リング	目標を満たすこと	要件を達成できればソリューションの導入 効果を適正に評価可能となるため、実装 化を判断可能
	Ⅳ 教育・サポートニーズ	教育・支援リソース把 握、長期支援期待	教育・支援アンケート、サポート期待聴取	目標を満たすこと	要件を達成できればユーザーの期待する 支援サービスを提供可能となるため、実 装化を判断可能

③ 実証スケジュール

		2025年				2026年		
		10月	11月	12月	1月	2月	3月	
項目	工程			★ 中間報告	★ 実証視察会	★ 成果報告会		
事前準備	実施計画作成	実施計画作成 →						
	対象管路の設定		関係者調整 →	1現地事前確認 →				
	試行ロボット準備		既存ロボット調達・チューニング → 水陸両用ロボットの開発					
	AI・3次元の事前設定		サンプルデータによる技術検証と修正 →					
	管路背面空洞調査の事前設定		管路構造によるレーガ適用の検討と調整 →					
	メンテナンス会社調整		管路構造によるレーガ適用の検討と調整 →					
実証	模擬管路実証			1期目テスト(既存ロボット) →	2期目テスト(開発ロボット) →			
	現地管路実証			1期目テスト(既存ロボット) →	2期目テスト(開発ロボット) →			
	クラウド通信・処理			1期目テスト →	2期目テスト → (通信・処理・機動性・AI・3次元計測等全般)			
	課題修正			1期目テスト →	2期目テスト → (通信・処理・機動性・AI・3次元計測等全般)			
実装計画の具体化	サービス体系及びフローの作成		サービス体系・フロー作成 →	価格設計・運用サポート体制検討 →				
他地域への展開に向けた準備	販売方針・戦略作成		対象顧客・販売フロー検討 →	営業対応・各社対応計画 →				
	費用対効果整理		ユーザ・メンテナンス会社ヒアリング →	費用対効果整理 →				
成果のとりまとめ	成果とりまとめ報告書作成				成果とりまとめ・報告書作成 →			

④ リスクと対応策

フェーズ	リスク		対応策
	項目	概要	
事前準備	<ul style="list-style-type: none"> ①水陸両用ロボット納期 ②通信機能及び環境の確認 ③レーダの測定可否 ④ロボットの機動性 	<ul style="list-style-type: none"> ①水陸両用ロボットの納期が5か月であり、これらの納期遅延 ②管路に通信機材・ロボットを投入したが通信が確保できないまたは量が確保できない ③管路に入ってレーダ測定を行ったが適切なデータを取得できない ④実証管路内で想定した機動性が保てない 	<ul style="list-style-type: none"> ①納期遅延が発生しないように毎週進捗確認と対策を行い遅延を防止するとともに並行作業を可能な限り計画し納期短縮を図るとともに事前実証では既存ロボット等を用いた検証を行う ②事前に管路内と同様の地上部の環境でWiFiの通信距離や量について確認し実証を想定する ③あらかじめ管路の設計資料や図面を確認し、適切なレーダの周波数等を設定したうえで実証を行う ④模擬管路等で十分に機動性を確保したうえで現地実証を行う
実証	<ul style="list-style-type: none"> ①安全面 ②時間超過 ③ロボットのロスト 	<ul style="list-style-type: none"> ①事故等の発生 ②時間超過により実証が十分にできず、再度実施しなければならない ③管路内でロボットをロストする 	<ul style="list-style-type: none"> ①事前の安全対策に関する計画書の策定及び監視員や管路メンテナンス会社と十分に安全面の確認を行って対応する。 ②予備時間を想定した現地実証とし、現地実証前に個別の作業を事前に行い、時間計画の精度を確保する ③無線技術の検討ではあるが、ロスト防止のためロボットへのロープ等の取り付け等を行い実証を行う
実装計画の具体化	<ul style="list-style-type: none"> ①サプライチェーン 	<ul style="list-style-type: none"> ①生産及び運用リソースが確保できない 	<ul style="list-style-type: none"> ①ロボット生産については、製造会社を別途検討し適切な生産体制を構築するとともに運用リソースについては、アジア航測(株)内の保守サポート体制及び協力企業と連携して運用リソースを確保する
他地域への展開に向けた準備	<ul style="list-style-type: none"> ①販売リソース 	<ul style="list-style-type: none"> ①他地域へ展開するための販売リソースが確保できない 	<ul style="list-style-type: none"> ①販売対応は本プロジェクト参画企業（株カンツール）が下水道関連機器の販売を主要事業としているため、これらの事業からソリューションの販売を展開するとともに、アジア航測(株)はユーザでの下水道事業において業務支援等を行っていることからこれらの関係者や販路を持って横展開する。
成果のとりまとめ	<ul style="list-style-type: none"> ①業務全体の遅延 ②実証の精度確保 	<ul style="list-style-type: none"> ①業務全体の遅延により十分な実証ができない ②実装するための機能や精度が得られない 	<ul style="list-style-type: none"> ①適切な進捗管理と業務計画の予備日設定を行い業務全体に遅延が発生しないようにする。 ②複合的技術要素をもつソリューションであるため、実装についてはあらかじめ段階的に行い、十分な精度を確保する時間を設けて対応する

5 PDCAの実施方法

通常時

課題把握を実施する体制

- ①週次進捗報告
 - 開催時期: 毎週月曜日 (15分程度)
 - 方法: オンライン会議 (必要に応じて対面での対応)
 - 体制: アジア航測(株)、炎重工(株)
 - アジェンダ: 水陸両用ロボットの実証準備、実装・横展開に向けた課題の整理
- ②週次進捗報告
 - 開催時期: 毎週月曜日 (15分程度)
 - 方法: オンライン会議 (必要に応じて対面での対応)
 - 体制: アジア航測(株)、(株)マップフォー
 - アジェンダ: 自己位置推定手法の実証準備、実装・横展開に向けた課題の整理
- ③月次進捗報告
 - 開催時期: 月1回 都度予定 (1時間程度)
 - 方法: オンライン会議 (必要に応じて対面での対応)
 - 体制: 横浜市、アジア航測(株)
 - アジェンダ: 本ソリューションの実証における準備・実装・横展開に向けた協議
- ④月次進捗報告
 - 開催時期: 月1回 都度予定 (1時間程度)
 - 方法: オンライン会議 (必要に応じて対面での対応)
 - 体制: アジア航測(株)、(株)ウオールナット、(株)カンツール
 - アジェンダ: 本ソリューションの実証における準備・実装・横展開に向けた協議

緊急時

- 課題発生時の情報共有
- 実施条件: 全体進捗に影響を及ぼす問題が発生する可能性が生じた場合
 - 頻度: 問題発生当日中
 - 方法: 電話、必要に応じてオンライン会議開催、メール
 - 体制: アジア航測(株)、(株)ウオールナット、(株)カンツール、炎重工(株)

対策を立案・実行する体制

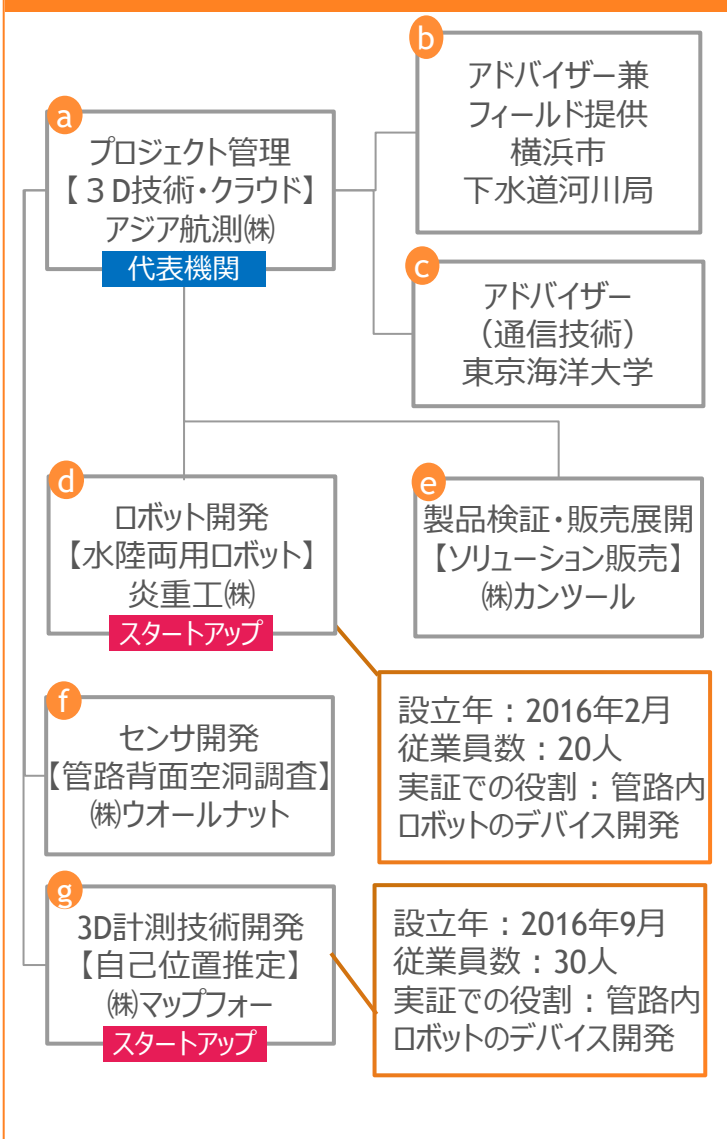
- ①対策方針の議論・決定
 - 実施条件: 水陸両用ロボットの実証進捗が予定よりも遅れた場合
 - 頻度: 週1回の進捗会議で進捗に何らかの遅延が確認できた場合
 - 方法: 対面会議・現地確認
 - メンバー: アジア航測(株)、炎重工(株)
- ②対策方針の議論・決定
 - 実施条件: 自己位置推定の実証進捗が予定よりも遅れた場合
 - 頻度: 週1回の進捗会議で進捗に何らかの遅延が確認できた場合
 - 方法: 対面会議・現地確認
 - メンバー: アジア航測(株)、(株)マップフォー
- ①対策方針の議論・決定
 - 実施条件: 実証全体における進捗が予定よりも遅れた場合
 - 頻度: 月1回の進捗会議で進捗に何らかの遅延が確認できた場合
 - 方法: 対面会議・現地確認
 - メンバー: 横浜市、アジア航測(株)
- ②対策方針の議論・決定
 - 実施条件: 実証全体における進捗が予定よりも遅れた場合
 - 頻度: 月1回の進捗会議で進捗に何らかの遅延が確認できた場合
 - 方法: 対面会議・現地確認
 - メンバー: アジア航測(株)、(株)ウオールナット、(株)カンツール

課題発生時の対策方針の議論・決定

- 実施条件: 全体進捗に影響を及ぼす問題が発生した場合
- 頻度: 問題発生当日中
- 方法: 電話、必要に応じてオンライン会議開催、メール
- メンバー: 本実証関係団体・各社

6 実証の実施体制

実施体制図

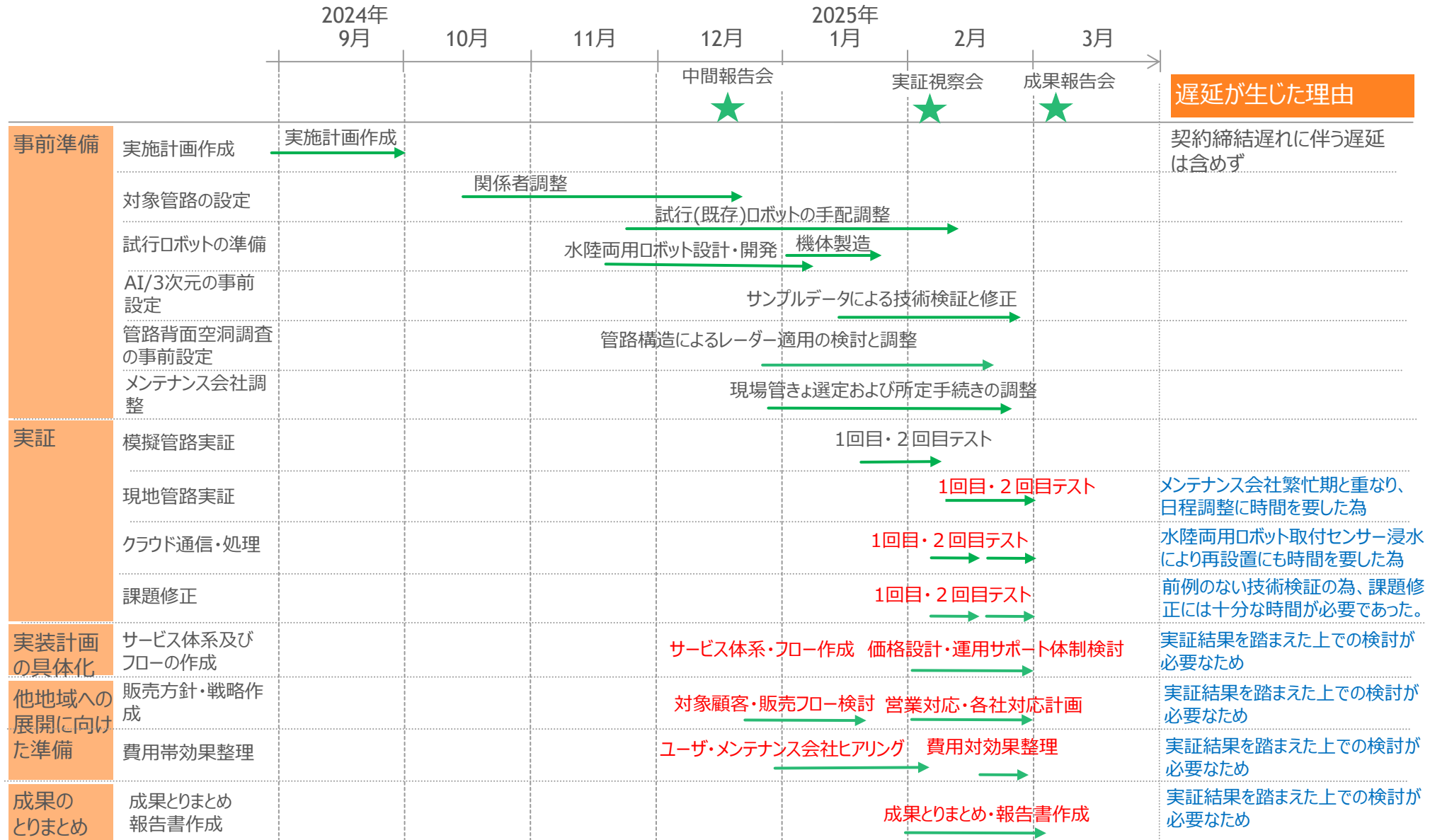


団体名	役割	リソース	担当部局/担当者
a アジア航測(株)	プロジェクト全体の管理及び本ソリューションに適用する3次元及びAI解析関連技術の適用	8名	ビジネス開発部/ 佐々木龍
b 横浜市下水道河川局	実証場所の提供 事業に対する適用検討	3名	下水道河川局
c 東京海洋大学	通信技術に関するアドバイザー	3名	東京海洋大学
d 炎重工(株)	水陸両用ロボットデバイスの開発及び当該実証におけるロボットのオペレーション	7名 + 5社	炎重工株式会社/ 古澤洋将
e (株)カンツール	下水道管路の点検に求められるロボットの要件について設定及び販売展開の検討	6名	技術部/ 重光勝利
f (株)ウォールナット	レーダ及び非破壊による空洞調査技術の検討及び実証	7名	第三調査グループ/ 高山勇樹
g (株)マップフォー	ロボットの自己位置推定・3次元データ処理技術の検討及び実証	14名	ソリューション開発部/ 田中一喜

IV 結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

赤字: 当初の計画から変更になった箇所

① スケジュール(実績)



IV 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果

a. 効果面

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
【AI】 カメラ画像、3次元計測データをAIでリスク箇所分析	I 点検必要人数削減	人数30%削減、負荷20%軽減、作業時間20%短縮	RGB判定及び教師データ（リスク箇所として見立てた画像）を用いた試験条件下では、AIによるリスク箇所の自動検出が可能であることを確認した。 ただしサンプルとなる実管路の映像および欠陥情報が限定的であり、正値比較検証が不可能であった為、削減効果の定量化および精度評価としては測定不能であった。 <u>I. 人数削減0%、負荷軽減0%、作業時間短縮0%</u> <u>II. Recall 0%、Precision 0% (測定不能)</u>	本件ではあくまで試行開発であり、自動抽出の可能性を検証した。これらの自動検出結果を作業員が改めて確認することを考慮した場合には、作業時間の負荷を10%~20%軽減できる可能性があり、精度やリスク判定手法の検討が必要。 左記のように教師データからリスク箇所の抽出はある程度可能なことはわかったが、こういった画像がリスクとして判断できるのか、汎用を持たせるためには、教師データのサンプル数をもっと量を増やして汎用性を検証する必要がある。
	II 管路内点検精度の向上	Recall（※1）90%以上、Precision（※2）85%以上、種別識別80%以上 ※1：実際に正であるもののうち、正であると予測されたものの割合 ※2：正と予測したデータのうち、実際に正であるものの割合		
【IoT】 ロボット & センサから得たデータの逐次転送	I 管路内立入回数減少	立入回数60%以上削減、遠隔代替70%以上	水陸両用ロボットを現地管路内（直径2.7m）に投入し、通信設定をする際、作業員4名以上が管路内に入っの作業となり、本実証においては、作業人数および作業負担の確認ができなかった。 <u>I. 立入回数削減0%、遠隔代替0%</u> <u>II. 人数削減0%、負荷削減0%、作業時間削減0%</u>	通信設定等を管路内に入っの作業となり、本実証では直接的に人数が減るという結果は出せなかった。通信設定および無線操作を地上部から行えるようにし、ロボットの小型化が実現すれば、マンホールにおけるケーブル取り回し作業に係る負荷と作業時間を軽減につながり、作業負荷・作業時間20%削減、立入回数50%削減の実現が想定できる。
	II 点検必要人数削減	人数30%削減、負荷20%軽減、作業時間20%短縮		
【ロボティクス】 水陸両用ロボットの活用	I 管路内立入回数減少	立入回数60%以上削減、遠隔代替70%以上	本実証ではロボットを管路内に投入するために作業員が3名以上必要であった。結果、従来作業と比較して立ち入り回数を削減できたとは言えない。また、水陸両用ロボットが転覆する事態も発生し、作業員がロボットを回収する作業負荷も費やされた。 <u>I. 立入回数削減0%、遠隔代替0%</u> <u>II. 人数削減0%、負荷削減0%、作業時間削減0%</u>	ロボットを小型化し、防水対策を講じて下水管路内で安定移動（転覆しても姿勢を戻すことが可能）が実現すれば、管路内にロボットを投入するだけで済むため、 <u>作業負荷・作業時間20%削減、立入回数50%削減の実現が想定できる。</u>
	II 点検必要人数削減	人数30%削減、負荷20%軽減、作業時間20%短縮		
【自動運転】 管路内の自己位置特定	I 管路内立入回数減少	立入回数60%削減、追加立入10%以下	管路内での自動運転を可能とするための自己位置推定については、2.7mの大口径管路では、進行方向に対して1m以上の誤差があるため、リスク箇所の位置特定という観点からは誤差が大きく、点検に係る立入回数および必要人数の削減効果に繋がる精度を実証できなかった。 <u>I. 立入回数削減0%、遠隔代替0%</u> <u>II. 人数削減0%、負荷削減0%、作業時間削減0%</u>	本実証での自己位置推定精度結果では、すぐに自律移動ロボットへの適用には至らない。自己位置推定精度の向上への再検討が必要であるが、自律移動システムとして点検の自動化が実現できれば、 <u>作業負荷・作業時間20%削減、立入回数50%削減の実現が想定できる。</u>
	II 点検必要人数削減	人数30%削減、人的介入30%以下		

② 検証項目ごとの結果

b. 技術面(1/2)

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
【AI】 カメラ画像、3次元計測データをAIでリスク箇所分析	I データ取得品質	4K画像鮮明度・LiDAR誤差±数mm以内、環境耐性確保	4K画像鮮明度・LiDAR誤差：4K画像は管路内画像を鮮明に取得できた。一方、LiDARについては誤差の検証ができる精度まで到達せず。誤差±数mm以上、目標未達。環境耐性：LiDARデータの品質にばらつきあり。照度、撮影角度等、環境耐性の確保による精度判定についてはさらなる検証が必要。	4K画像については、管路内を鮮明に取得できたが、ズーム等の機能併用を検討する必要がある。管路の断面形状の変状について、mm単位の変化を抽出することは本実証の計測方法では難しい事が判明。ラインセンサー等を利用し、追加検証が必要。
	II AI検出性能	Recall (※1) 90%以上、Precision (※2) 85%以上、種別識別80%以上	RGB判定及び教師データを用いた試験条件下では、AIによるリスク箇所の自動検出が可能であることを確認したが、サンプル数不足により精度評価は測定不能であった。従い、Recall 0%、Precision 0% (測定不能)	AIの適用に向けては、教師データを数千から数万件の用意する必要があり、これらの内容踏まえての精度検証が必要である。また、リスク箇所を画像だけで診断するのではなく、ガス濃度や管の経過年度などの複数要素で判断が必要である。
	III 3D計測データ解析	凹凸検出誤差±数mm以内、判定一致率85%以上	10cm以上の突出については確認ができたが、±数mm以内の凹凸検出は困難であることが判明。従い、凹凸検出誤差±数mm以上。mm単位凹凸検出判定一致率0%	本実証で利用したLiDARでは、mm単位の変状を検出することが難しいため、断面に対するラインレーザの活用を検討する必要がある。
	IV システム運用面	安定稼働・環境変化下性能80%以上	AI自動解析システムは、長時間安定稼働を確認。環境変化性能は、サンプル数不足により測定不能であった。	アップロードしたデータについては、RPA等を利用して自動的解析処理ができるシステムを検討する。
【IoT】 ロボット&センサから得たデータの逐次転送	I 通信品質	通信距離 ≥200m、速度 ≥1Mbps、遅延 ≤500ms、途切れ ≤1回/h、復旧 ≤60秒	通信距離：模擬管路(200mmφ) 14m-20m、実管路(2700mmφ) 100m、屋外 150m 速度：50m地点の1秒間データ量80kbps～120kbps 遅延：7ms～500ms。通信切断前は3000-4000ms 途切れ：4～12回/100m(2秒超えの途切は4-5回のみ) 復旧：平均7秒/親機との距離20mで復旧	800mm管路では14-20mに対し、2700mm管路では、100mの通信距離が確認できた。速度は、HaLowの特性であるリンクスピードの大幅な揺れに伴い大きく揺れると考察される。
	II データ転送・処理性能	転送成功率 ≥99.0%、解析処理 ≤120秒、結果更新 ≤60秒	転送成功率：水陸両用ロボット取付センサは5fpsで送信し平均2.5fpsで受信。実質成功率50%。既存ロボット取付センサは、実測フレーム数/理想フレーム)*100=(777/1060)*100=73.301..≒成功率73.3% 解析処理と結果更新は後処理にて対応。	WebRTCは固定フレームレート制御ではないため取得fpsに揺らぎが生じ、帯域不安定時の遅延・回復により一時的に20fps超や86fpsといった異常値が発生したと考えられる。特定区間の途絶部分を除けば映像受信は概ね安定していた。
	III 信頼性・耐障害性	通信障害時のデータ保護、クラウド高可用性	WiFi-Halowの通信は一部途切れても再接続確認、映像は断続的に通信された。クラウドについては、高い可用性のサービスを利用する。	WiFi-Halowをマンホールの箇所でもHUBを設けて管路内での通信延長を確保することで、長距離のロボット点検が検討可能となる。
	IV 運用・セキュリティ管理	不正アクセス防止、データ保護、障害監視体制確立	クラウドサービスについては、既存サービスを利用し、不正アクセス防止、データ保護、障害監視体制が確立されたサービスを利用する。	クラウドサービスについては、一部自社での開発を進めながら、システムとしての継続的運用及びセキュリティを確保する。

IV 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果

b. 技術面(2/2)

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
【ロボティクス】 水陸両用ロボットの活用	I 移動性能	水上1m/s以上、陸上0.5m/s以上、移行30秒以内、安定航走行	流速0mの状態です水上0.5m/s、管路外の陸上0.4m/s移行0秒(切替設定不要) 泥地では安定走行を確認。石・コンクリートの整地では、走行の直進性が不安定。管路内は水深20~30cm環境で航行を確認。	不整地では刃がうまく地面をとらえ想定通りの動きを確認できたが、整地面及び水深の浅い管路内ではスクレーの刃がすべり想定外の動きが発生し、直進性が低いことが判明。
	II 環境適応性	流速(0.6~3.0m/s)対応、走破率90%以上、防水防塵IP67以上、-10~40°C動作	河川上：流速0.6m/sでの航行確認 実管路内：流速0.4m/sの航行確認。但し、筐体横・逆方向から流れでは操作不能。 防水防塵IP67以下。動作温度0~30°C	流速に対する抵抗を回避する筐体設計を再度見直す必要あり。将来的に管路内で自律移動するための筐体としては、検討が必要。防水防塵性能についても実証内で改良しているが、更なる改良が必要。
	III 制御・操縦性能	レスポンス100ms以下、誤差30cm以下、移行安定率99%以上、即時停止	レスポンス平均300ms程度、移動性能が低く操縦性の評価が困難であった為、誤差30cm以上、移行安定率99%未満、即時停止性能は確認。	速度は不安定で5ms~3000msを不規則に示した。通信を介したロボット操作は確認できたが、移動性能が低い為、操縦性の評価が困難であった。
	IV 運用・メンテ性	連続3時間稼働、充電2時間以内、月故障率1%以下、簡易現場保守、20kg以下搬送可能	連続走行時間：33分、稼働率17%下で合計稼働時間3時間17分、充電時間2時間。発熱によるモータ故障や転倒による浸水で故障が発生し、現場保守により復旧せず。月故障率1%以上、重量23kg(バッテリー除く)	負荷が大きい環境下では、発熱によりモータが故障することがあった。高性能モータの選定と、放熱対策やケーブル接続等の強化も必要と考察される。
【自動運転】 管路内の自己位置特定	I 位置特定精度	位置誤差±1m以内、姿勢誤差±5°以内、更新頻度1Hz以上	位置誤差：-16~115m(照明角度も精度に影響) 姿勢誤差：-62~156° 更新頻度：1Hz以上(但し、通信状況に応じて可変的に対応)	水面反射による「虚像」誤認識、水面の揺らぎによる特徴点不安定化、水滴付着による画像劣化等により誤差が発生したと考察される。精度検証と改良検討が必要。
	II 環境適応性	形状・材質多様環境で安定推定、照明非依存、振動耐性	下水道管路という特殊環境下での推定で以下を確認。 ・ 水面反射による「虚像」の誤認識 ・ 水面の揺らぎ・流れによる特徴点の不安定化 ・ 特徴点不足とハレーション（白飛び）による誤認識 ・ 水滴のレンズ付着による画像劣化	管路壁面はテクスチャが少なく特徴点が乏しいため、水面反射や照明の白飛びなど誤った特徴点の影響を受けやすい事が判明。照明角度も精度に大きく影響した為、照明や水面反射等の対策検証が必要。
	III 処理速度・リアルタイム性	遅延100ms以下、更新頻度1Hz以上	遅延：7ms~500ms 通信距離に応じてレイテンシの増加が確認された。更新頻度：1Hz以上(但し、通信状況に応じて可変的に対応)	通信距離に応じてレイテンシの増加傾向が確認された。距離伸長による受信品質低下と、それに伴うレート低下が影響した可能性が考えられる。
	IV 信頼性・冗長性	センサー故障継続動作、異常検知率90%以上	実証中、水陸両用ロボットが転覆浸水したトラブルに対してセンサ基盤が浸水して故障し、継続動作不能となった。異常検知は、転送データにて確認可能な為、異常検知率90%以上と判定。	転覆等にも耐えられるセンサ及びPC基盤などの防水・防塵筐体の検討が必要である。

IV 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果

c. 運営面

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
【AI】 カメラ画像、3次元計測データをAIでリスク箇所分析	I コスト	現状のコストを全体して下回る	大口径（2.7m）画像データからAIでの異常判断においては、既知のリスク箇所をある程度特定することが可能であるが、新たなリスク箇所を特定するには、リスク箇所の画像判定の抽出は難しい。よって、現時点での自動抽出機能では現状のコストを下回る事は困難。	本実証では、1径間（100m程度）の管路のデータでの自動抽出の試行であり、サンプルデータを増やして学習量を増やすことで汎用的なリスク箇所の自動抽出及び精度向上を図れ、現状作業の置き換えができる可能性が考えられる。
	II 提供形態	ユーザーに適した提供形態（ソフトウェアサービス：サブスクリプションを想定）	クラウド上のリソースで解析サービス提供することを想定。これにより、1ユーザーに対する提供価格は、個別アプリケーションで提供する価格よりも20%～50%以上のコストを抑えた形で提供できる可能性がある。	クラウド上に地図及び管路網図や下水道台帳データ等を紐づけて、現地からアップロードされたデータを自動解析するサービスは現状のコストを低減できる可能性がある。
【IoT】 ロボット&センサから得たデータの逐次転送	I コスト	現状のコストを全体して下回る	開発した水陸両用ロボットおよびセンサによる自己位置特定精度では、作業の代替が難しい。よって、現時点でのデータ転送機能では現状のコストを下回る事は困難。	Wi-Fi Halow等を用いて、ロボット操作に関して無線化できれば、ケーブルの取り回し等の作業負担が軽減できる可能性がある。
	II 提供形態	ユーザーに適した提供形態（筐体：販売・リース、ソフトウェアサービス：サブスクリプションを想定）	リースによる提供形態をとり、初期コストを抑えた形でユーザーに導入してもらう事を想定。またソフトウェアサービスについてもサブスクリプション形態を導入することで同様に初期コスト負担の軽減を想定。	初期コストを低減した形でのリースやサブスクリプション提供が可能である。特にソフトウェア（解析サービス）サービスについては、クラウドによる提供を採用することでコスト低減の可能性はある。
【ロボティクス】 水陸両用ロボットの活用	I コスト	現状のコストを全体して下回る	本実証では、ロボットが機能要件を満たしていないため、現時点では現状のコストを下回る事は困難。	ロボットの追加改良を行い、ロボット本体販売価格を決定し評価する必要がある
	II 提供形態	ユーザーに適した提供形態（筐体：販売・リースを想定）	ロボット本体はリースによる提供を想定。初期コストを抑えた形でユーザーは本ソリューションを導入できる。	ロボットのリース提供により、ユーザーは初期導入コストを抑えてサービスを導入することができる。
【自動運転】 管路内の自己位置特定	I コスト	現状のコストを全体して下回る	管路内でのロボット操作や画像取得作業が自動化できれば、現状の作業コストを低減できるが、自己位置推定精度が1m以上あり、自動運転機能の搭載が現状では難しい。よって、現状のコストを下回る事は困難。	ロボットの安定移動、安定した通信の範囲や自己位置推定の精度向上を図らなければ、ロボットの自動運転に向けた検討は難しい。上記機能の改良、引き続きの検証が必要である。
	II 提供形態	ユーザーに適した提供形態（筐体：販売・リースを想定）	ロボット本体はリースによる提供を想定。初期コストを抑えた形でユーザーは本ソリューションを導入できる。	ロボットのリース提供により、ユーザーは初期導入コストを抑えてサービスを導入することができる。

IV 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

③ 実装・横展開に向けた準備状況

	アクション	結果	得られた示唆・考察
実装に 向けて	実装先となる調査メンテナンス会社を対象に営業・提案先の決定	「公益社団法人日本下水道管路管理業協会」の登録企業約500社を対象とする事で決定	本ソリューションの購入先はメンテナンス会社であり、ユーザとの委託状況を踏まえた提案が必要である。
	ロボット販売に関して当該枠組み企業と販売計画を検討（予算措置）	本実証結果を受けて通信、ロボット、センサーの課題を整理した上での販売提案方針を検討した	水陸両用ロボット及び無線化によるサービス提供、AIによる解析は、今後一定のニーズがある。
	下水道事業における事業形態を踏まえた予算措置検討と整理	本実証ではサービス提供に十分な機能要件をえることができなかったため、再検討が必要である。	ロボットや通信機能が求められる要件を達成できれば、ユーザの本ソリューション導入可能性がある。
	下水道事業の官民連携やコンセッション等への関連提案（予算措置）	コンセッション動向を踏まえ、メンテナンス会社の受託業務に組み込む提案をする方針とした	メンテナンス会社がユーザコンセッション案件を受託する際に活用できる材料として整理する
	調査・メンテナンス会社に対しての当該サービス利用・導入提案（予算措置）	導入提案に向け、通信、ロボット、センサー性能の課題を整理し、必要要件を整理した	導入提案に向けては、ロボットおよびセンサー性能の改善が必要と判断した
	ロボットによる下水が流れている状態での点検・実装：環境対応90%以上	下水が流れている状態での安定走行には改良が必要。環境対応90%以上を満たさず	センサーの重さに耐える浮遊強度、管路を傷つけないスクレーの仕様改善、強度な防水対策が必要
	3次元計測デバイスの点検実装・自己位置推定精度：1m以内90%以上	0.8m管路では精度が得られない。 2.7m管路では1m以上の誤差が生じている	管路の直径が2m以上のものであれば、自己位置推定精度が向上するものと思われる。
	AI画像解析による目視点検の代替または効率化支援：判定90%以上	RGB及び既知のリスク箇所の抽出が確認できた。未知のリスク箇所の判定は難しく、サンプル数が必要	AI自体である一定の自動抽出処理は可能となるが、作業員の代替となるには精度向上が必要
AI画像解析による目視点検の代替手法の技術実証：判定90%以上	実証でのサンプルデータ数では、新たなリスク箇所を特定することは難しい	サンプル数を増やし、汎用的なリスク抽出が可能となれば、サービスとしての有用性は検討できる	
レーダによる背面空洞調査手法の技術実証：判定精度は検討中	模擬管路の直上の空洞を特定できた。管路背面と空洞の間に離れている場合は特定が難しい。	背面空洞をレーダにより、特定できることがわかった、周波数等を調整し特定範囲の改善を見込む	
横展開に 向けて	AI判定及びレーダによる管路背面空洞調査手法の確立	実証においては、作業員の判定により、空洞箇所の特定、今後自動化の検討が可能	レーダから得られたデータから空洞部分では、画像的に変化箇所が特定でき、自動化が検討できる。
	規格適合性の確認及び法的認証の取得（一部機能から段階的に実施）	2026年6月以降実施予定項目	—
	メンテナンス会社への販売に向けた当該枠組み企業での販売計画を検討	2026年6月以降実施予定項目	—
	既存顧客（ユーザ）に向けた当該ソリューションの提案	2026年6月以降実施予定項目	—
	下水道事業の官民連携やコンセッション等への関連提案	2026年6月以降実施予定項目	—
	当該サービス及び製品について一部機能から順次リリース	2026年6月以降実施予定項目	—
	2028年度での導入に向けた展示対応や営業展開（予算措置）	2026年6月以降実施予定項目	—

IV 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

④ 実装・横展開に向けた課題および対応策

	課題	対応策	対応する団体名	対応時期
実装に向けて	【Wi-fi HaLow通信性能】 2700mmの管路では通信距離100mを確認できたが、これ以上の距離は引き続き確認が必要	100m以上の管路で通信テストの実施し、適用可能な管路条件や通信環境の整理する。撮影した映像のフレームレートや通信状態（通信距離）によってのデータ転送量の自動調整プログラムの開発によって通信距離を確保。	アジア航測株式会社 炎重工株式会社 株式会社マップフォー	2026年5月～2026年12月
	【水陸両用ロボットの機動性】 流速0.4m/s程度の環境下において、旋回などの移動性能を確認することができなかった	移動旋回の範囲を改めて定義し、移動性能の再検証が必要。ロボットの周囲画像の取得については、カメラセンサの広角化や高い解像度の機材を採用する等の検討が必要。	炎重工株式会社	2026年5月～2026年12月
	【各種センサ計測性能】 ・3次元計測精度についてmm単位の精度は確保できなかった ・AI解析については、汎用的な精度を確保する必要がある。 ・自己位置推定精度については、精度向上が必要 ・地中レーダ計測精度については、直上以外の空洞抽出手法の検討	<ul style="list-style-type: none"> 自己位置推定に利用するLiDARと断面形状を取得するセンサを区別し、断面形状取得センサは精度が得られるラインセンサ等を検討する。 AI解析については、ソリューションとして汎用的に利用できるようにサンプルデータを増やして、精度向上を含めて対応する。 自己位置推定精度は、SLAMのアルゴリズムに改良を加える等して精度向上を検討する。 地中レーダによる背面空洞調査は、空洞検出範囲を拡張するためにレーダの周波数の検討等を行う。 	アジア航測株式会社 炎重工株式会社 株式会社マップフォー 株式会社ウォールナット	2026年5月～2026年12月
横展開に向けて	ユーザがWi-Fi Halowの親機をマンホールからどの位置に設定するかなど、作業手順や留意事項がわからない	WiFi Halowの子機をマンホールからどの位置に設定するか、対応内容をマニュアル化、HUBを設けて対応し、通信距離を延長する等の手法を整理し、活用方法を明示する	アジア航測株式会社 炎重工株式会社 株式会社マップフォー	2026年5月～2026年12月
	Wi-Fi Halowだけではなく、Wi-Fi 6Eや7等でどこまで対応できるか、それぞれの特徴や優位性が不明	WiFi 6Eや7とHalowの比較検証を行い、管路に適した通信方法およびそれぞれ管路の規格に応じた通信手法を整理した上で、サービスを提供する。	アジア航測株式会社 炎重工株式会社 株式会社マップフォー	2026年5月～2026年12月
	横展開を想定したクラウドサービスの利用価格の検討が必要	横展開を想定し、他のユーザや事業者にも適用できる利用条件を設定し、販売内容を検討	アジア航測株式会社 株式会社カンツール	2026年5月～2026年10月

5 (参考) 実証視察会

a. 概要

開催場所:国土交通省国土技術政策総合研究所 上下水道研究部下水道研究室 模擬管路施設

開催日時: 2月2日 (月) 13:00~15:00

デモ項目	内容	備考
デモ実施ロボットの説明【水陸両用/既存ロボット(車輪牽引)】、Wi-Fi HaLow及びLiDAR等の通信・センサ機器の説明	実物を見ていただきながら、各種ロボットの機構や取り付けたセンサなどの位置や役割等を説明。以前に実証テストした結果における3次元計測結果等を説明	
既存ロボット(車輪牽引型)によるWifi HaLow通信精度検証、センサー計測 ※管路にロボット投入する作業からデモ・説明	下水道模擬管路(直径800mm)に事前に水をためた状態で、管路に対して作業員3名程度でロボットを投入、次に通信機器を管路内に投入(作業員持ち込み投入)。模擬管路内を既存ロボット(車輪型)が本実証用のセンサユニットを牽引しながら、リアルタイム画像転送及びLiDARによる計測、Visual-SLAMにて自己位置推定実施、事前に実証した点群取得状況等を地上部に設置したモニターで表示しながら説明を実施	
水陸両用ロボットの機動性実証及びWifi HaLowの通信精度検証	下水道模擬管路(直径800mm)に事前に水をためた状態で、管路に対して作業員3名程度でロボットを投入、次に通信機器を管路内に投入(作業員持ち込み投入)。下水道模擬管路内にロボットを航行させた状態で、管路内でのWiFi HaLow通信性能と通信可能距離を検証。地上部でのデータ転送についてもデモを実施、120m程度までリアルタイム(逐次)映像転送ができていることを確認。通信が途切れた箇所まで機器を移動する形でデモを行った。 ロボットの機動性については、当該模擬管路では流速がでないため、別途流速が得られる実際の下水道管路または河川等の許可が得られた場所でのテストを実行することを説明した。	
3次元計測・自己位置推定精度 検証結果デモ	事前に取得した3次元計測結果(管路形状データ)と自己位置推定精度結果を説明、3次元計測時のリアルタイムの計測状態をモニターしたものを動画で表示、自己位置推定については軌跡を表示しながら、当該検証のマルチセンサで実行している状態等を説明した。 また模擬管路には、一部10cm程度の人工の突起物を取り付けて3次元計測を行い、これらの場所が特定できたことを説明した。	

IV 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

5 (参考) 実証視察会

b. 質問事項と対応方針

質問事項	回答内容	アクション	
		内容	期限
どのように点群を作成しているのか、SLAMなのか	VisualSLAMにて走行軌跡を作成し、それに対して計測した点群を張り付けている	特になし	—
なぜそのような手法を採用しているのか	特徴点の乏しい管路内ではLiDAR SLAMでの点群作成が難しいため	特になし	—
(LiDARスキャン・ステレオカメラの画像に対して)LiDARスキャンの色は何を示しているのか	反射強度での表示となっている	特になし	—
(WIFI単体テスト時)WIFI通信で画像転送はどのくらいの頻度で行っているのか	画質はVGA、フレームレートは5fps 映像が途切れてもコンソールで切断していなければ復旧を確認	特になし	—
無線通信についてはWi-Fi Halow以外の通信もテストを行うのか	Wi-Fi6E、7について本実証では実施しないが、今後検討し優位性等について検証を行いたい。	特になし	—

V 実装・横展開の計画

1 実装の計画

a. 実装において今後目指す状態

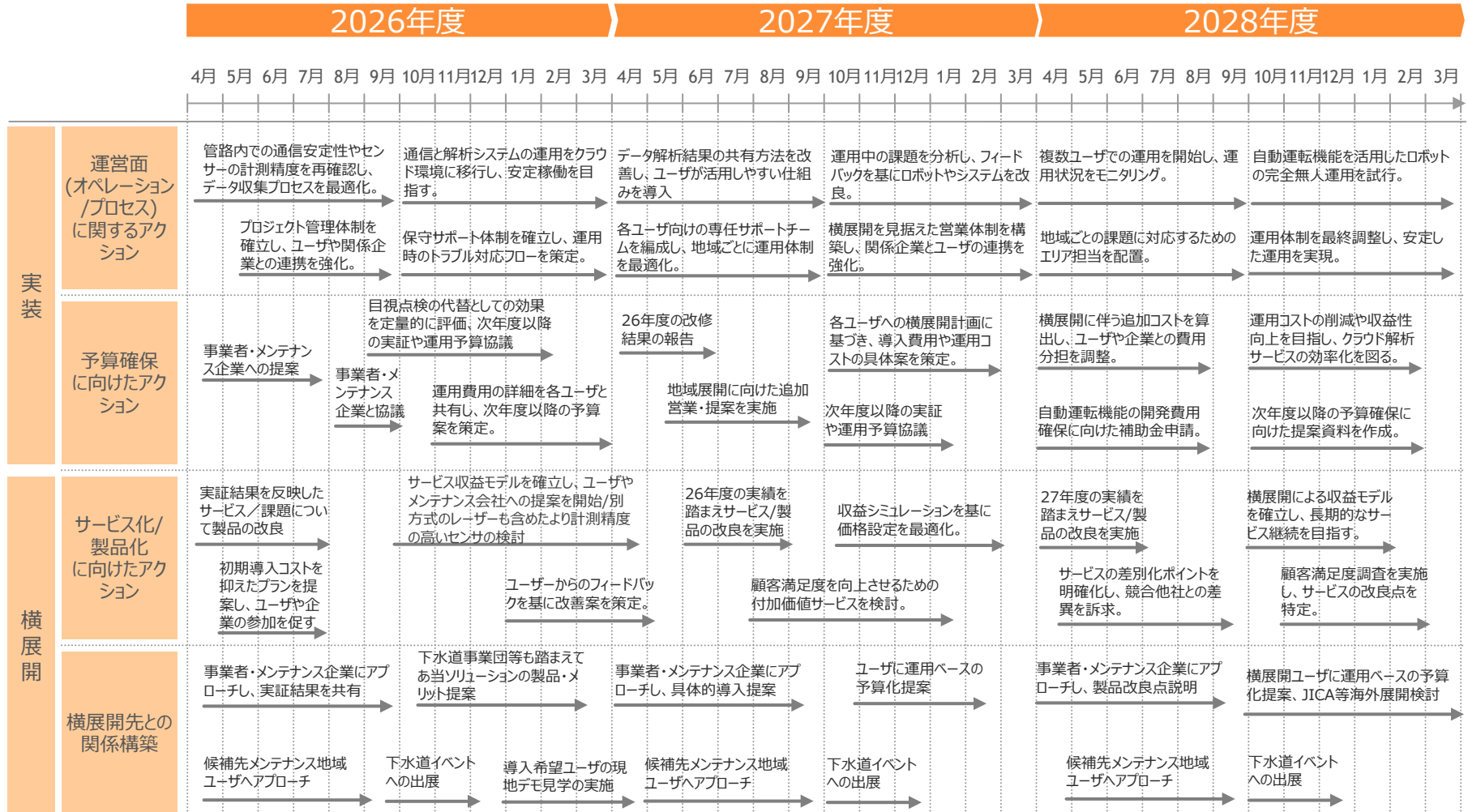
実装先	メンテナンス企業
-----	----------

	2026年度		2027年度		2028年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
運用	管路内での通信安定性やセンサーデータ収集プロセスを最適化。計測精度を再確認し、操作手順書ドラフト版を作成、関係者と共有。	運用手順書を改訂し、正式版を完成させる。通信と解析システムの運用をクラウド環境に移行し、安定稼働を目指す。	運用マニュアルを拡充し、現場での適用手順を確立。データ解析結果の共有方法を改善し、ユーザが活用しやすい仕組みを導入。	運用中の課題を分析し、フィードバックを基にロボットやシステムを改良。ロボットの無人化運用試験を一部地域で開始。	複数ユーザでの運用を開始し、運用状況をモニタリング。他地域での展開を見据えた運用プロセスの標準化を推進。	自動運転機能を活用したロボットの完全無人運用を試行。データ解析と運用の統合管理ダッシュボードを構築。
予算	総務省地域社会DX推進パッケージ事業の補助金を活用し、運用に必要な機材やリース費用を確保。初期導入費用支援のため、ユーザとの交渉を進める。	運用費用の詳細を各ユーザと共有し、次年度以降の予算案を策定。クラウド解析サービスのサブスクリプション料金体系を決定。	背面空洞調査機能の開発費用を確保し、運用に必要な資金調達先を確定。地域展開に向けた追加予算を申請。	各ユーザへの横展開計画に基づき、導入費用や運用コストの具体案を策定。営業活動に必要な予算を確保。	横展開に伴う追加コストを算出し、ユーザや企業との費用分担を調整。自動運転機能の開発費用確保に向けた補助金申請。	運用コストの削減や収益性向上を目指し、クラウド解析サービスの効率化を図る。次年度以降の予算確保に向けた提案資料を作成。
体制	プロジェクト管理体制を確立し、ユーザや関係企業との連携を強化。操作訓練の担当者を配置し、サポート体制を構築。	保守サポート体制を確立し、運用時のトラブル対応フローを策定。ロボットの操作・保守担当者を増員し、ユーザごとの運用体制を整備。	各ユーザ向けの専任サポートチームを編成し、地域ごとに運用体制を最適化。背面空洞調査機能に対応した技術者の教育を実施。	横展開を見据えた営業体制を構築し、関係企業とユーザの連携を強化。サービス導入後の体制を強化するため、運用担当者を増員。	横展開のための統括管理チームを発足。地域ごとの課題に対応するためのエリア担当を配置。	運用体制を最終調整し、安定した運用を実現。地域間での情報共有や課題解決の仕組みを整備。
ビジネスモデル	ロボット製品のリース提供や解析サービスのサブスクリプション料金を設定し、販売計画を試行。初期導入コストを抑えたプランを提案し、ユーザや企業の参加を促す	サービス収益モデルを確立し、ユーザやメンテナンス会社への提案を開始。ユーザーからのフィードバックを基に改善案を策定。	背面空洞調査機能を含む新たなサービスプランを発表し、ユーザや企業に提案。サービス利用契約のモデルケースを作成し、導入企業への説明実施。	収益シミュレーションを基に価格設定を最適化。顧客満足度を向上させるための付加価値サービスを検討。	横展開に向けたマーケティング活動を強化し、事業者や企業との契約を拡大。サービスの差別化ポイントを明確化し、競合他社との差異を訴求。	横展開による収益モデルを確立し、長期的なサービス継続を目指す。顧客満足度調査を実施し、サービスの改良点を特定。

V 実装・横展開の計画

① 実装・横展開の計画

b. 今後3年間で実施するアクション



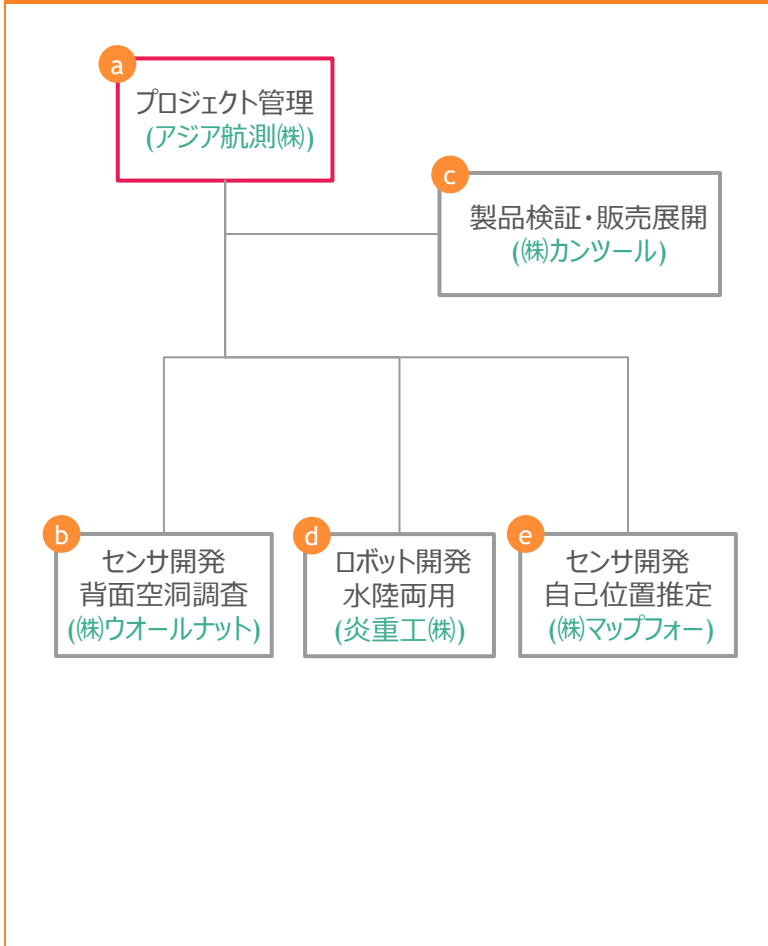
V 実装・横展開の計画

1 実装の計画

c. 実装の体制

□:実装の取組全体の責任団体

実施体制図



団体名	役割
a アジア航測(株)	プロジェクト全体の管理（AI解析・クラウドサービス） 技術課題の対策に向けた各種取り組みの進捗状況の確認、横展開に向けた対応、ソリューション全体のサービス体系の作成・管理。 AI解析及びクラウドサービスの構築等の技術開発の対応及び販売展開の検討、販売展開にあたっての顧客提案を実施。 予算確保に向けた対応、ユーザの導入に向けた具体的フローの検討
b (株)ウオールナット	背面空洞調査技術の開発及び検証 レーダ出力調整や機材の形状や管路内でのロボット作業用治具等を検討し、試作も含めた開発検討を行い、計測結果の解析手法の検討する。 ロボットへ搭載した場合の下水道模擬管路・実際の下水道管路上での実証テストを行い、製品化に向けた対応を実施。 また解析手法及びユーザ拡張版システム開発、サービス化へ対応する。
c (株)カンツール	製品検証と販売展開検討 開発した水陸両用ロボット及びマルチセンサの計測内容等、製品としてニーズを満たしているかどうかの評価や製品の販売方針や展開方法を検討する。 また各種実証業務について現地対応等の支援を実施するとともに製品の現地実用性を評価する。また、横展開における販売先候補の検討、拡販に向けた営業展開方針を検討する。
d 炎重工(株)	ロボット開発及びロボット生産・保守 水陸両用ロボットの改良・製品化に向けた対応、販売開始に向けた製品生産体制の構築、ロボットの保守・メンテナンスを実施
e (株)マップフォー	3次元計測及び自己位置推定技術の開発 自己位置推定技術の改良と精度向上、3次元計測手法の改良及び精度向上に向けた機材選定を実施する。また、Wi-Fi Halowの通信におけるフレームレートの設定や映像転送に関するプログラムなどの開発についても検討を行う。

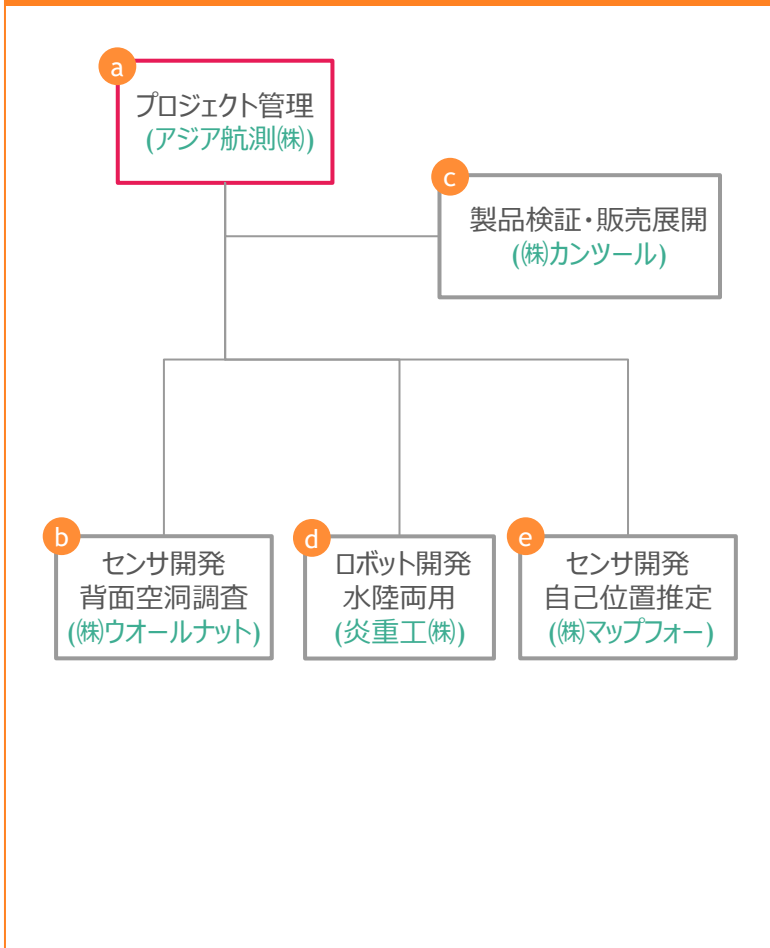
V 実装・横展開の計画

2 横展開の計画

a. 横展開の体制

 :横展開の取組全体の責任団体

実施体制図



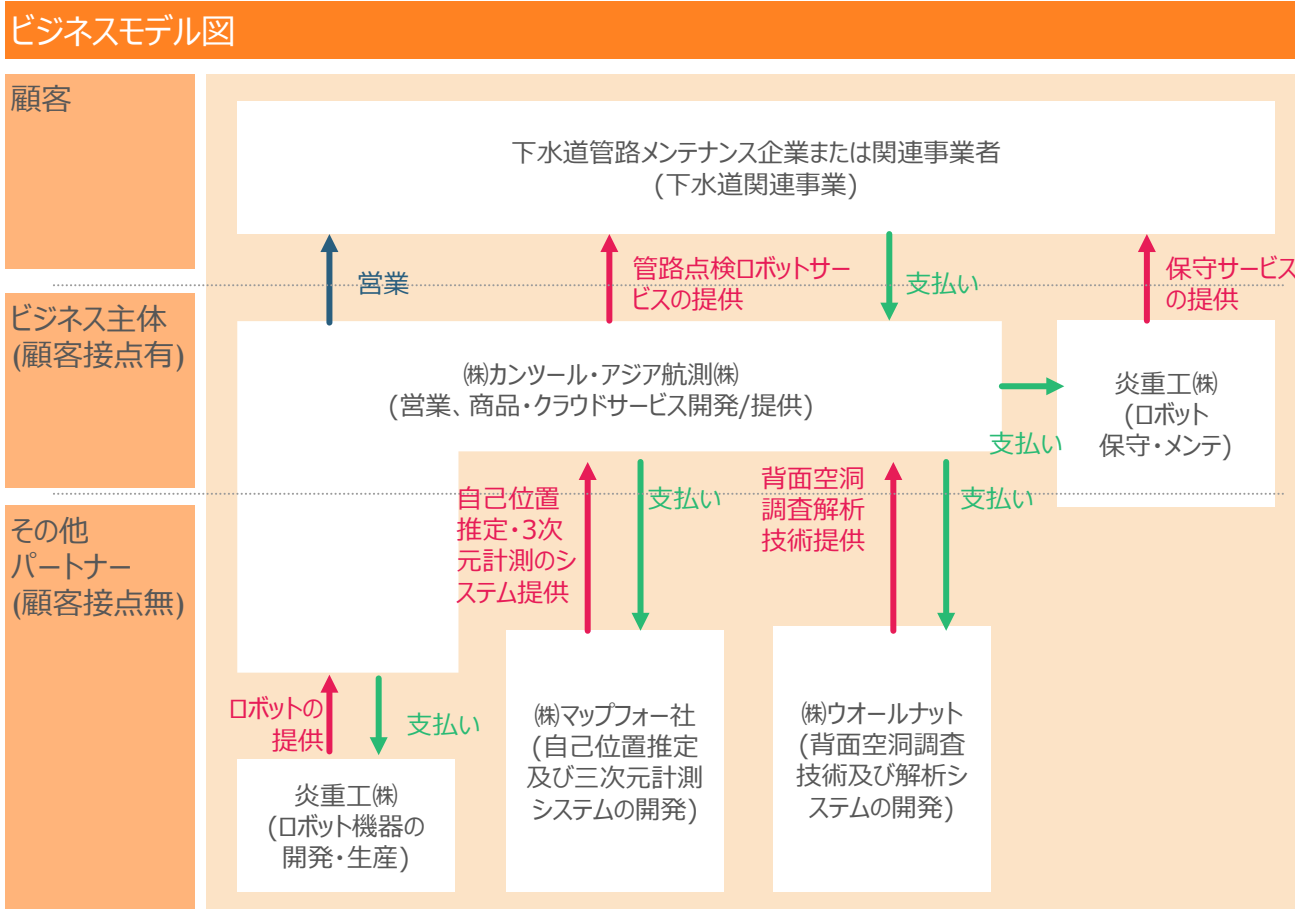
団体名	役割
a アジア航測(株)	プロジェクト全体の管理（AI解析・クラウドサービス） 技術課題の対策に向けた各種取り組みの進捗状況の確認、横展開に向けた対応、ソリューション全体のサービス体系の作成・管理。 AI解析及びクラウドサービスの構築等の技術開発の対応及び販売展開の検討、販売展開にあたっての顧客提案を実施。 予算確保に向けた対応、ユーザの導入に向けた具体的フローの検討
b (株)ウオールナット	背面空洞調査技術の開発及び検証 レーダ出力調整や機材の形状や管路内でのロボット作業用治具等を検討し、試作も含めた開発検討を行い、計測結果の解析手法の検討する。 ロボットへ搭載した場合の下水道模擬管路・実際の下水道管路上での実証テストを行い、製品化に向けた対応を実施。 また解析手法及びユーザ拡張版システム開発、サービス化へ対応する。
c (株)カンツール	製品検証と販売展開検討 開発した水陸両用ロボット及びマルチセンサの計測内容等、製品としてニーズを満たしているかどうかの評価や製品の販売方針や展開方法を検討する。 また各種実証業務について現地対応等の支援を実施するとともに製品の現地実用性を評価する。また、横展開における販売先候補の検討、拡販に向けた営業展開方針を検討する。
d 炎重工(株)	ロボット開発及びロボット生産・保守 水陸両用ロボットの改良・製品化に向けた対応、販売開始に向けた製品生産体制の構築、ロボットの保守・メンテナンスを実施
e (株)マップフォー	3次元計測及び自己位置推定技術の開発 自己位置推定技術の改良と精度向上、3次元計測手法の改良及び精度向上に向けた機材選定を実施する。また、Wi-Fi Halowの通信におけるフレームレートの設定や映像転送に関するプログラムなどの開発についても検討を行う。

V 実装・横展開の計画

② 横展開の計画

b. ビジネスモデル

- ← 商品・サービス
- ← 営業(顧客向け)
- ← お金
- ← その他(適宜記載)



ビジネスモデル図

概要	当該ソリューションの販売は(株)カンツールが行い、営業方針や商品開発の要件定義等はアジア航測(株)も加わり対応を行う。また、ソリューションの販売について一部の販路についてはアジア航測(株)から実施することも想定する。商品は各社の技術を組み合わせる。	
ポイント(工夫)	マネタイズ	<ul style="list-style-type: none"> ロボットはリース提供 クラウドサービスはサブスクリプション ※上記ロボットとクラウドサービスは合わせて、サブスクリプション設定を検討
	ターゲット顧客	<ul style="list-style-type: none"> 下水道管路点検メンテナンス企業 下水道関連事業者 その他管路関連企業
	その他	<ul style="list-style-type: none"> 既存の顧客及び販売ルートを活かした営業展開を実施 初期導入コストを抑えた販売モデルを設定

3 期待効果/資金計画

a. 販売主体

		2026年度	2027年度	2028年度
収益 (効率化・付加価値)		0万円	2,400万円	11,700万円
費用	イニシャル	8,000万円	5,400万円	4,200万円
	ランニング	1,000万円	1,000万円	3,000万円
	合計	9,000万円	6,400万円	7,200万円

資金調達方法	総務省地域社会DX推進パッケージ事業補助金	8,000万円 (開発経費)	4,000万円 (開発経費)	—
	サービス提供各社による開発予算	1,000万円	—	—
	—	—	—	—

当初計画では、2026年度からの導入を計画していたが、実証結果から更なる検証と改修が必要である事が判明した為、2027年試験導入1件。2028年より本格導入(3件)の計画に変更。

投資の妥当性
(現時点見立て)

販売主体

①2026年度にロボットによる管路内での通信安定性やセンサーデータ収集のプロセスを最適化。並行して管路背面空洞調査機能を改良。通信と解析システムの運用をクラウド環境に移行し、安定稼働を目指す。
 ②2027年度にサービス利用契約のモデルケースとして試験導入(1社想定)。課題へ対応するとともに、価格設定を最適化。
 ④2028年度から本格導入に向けた販売を開始。日本下水道管路管理業協会の会員数(約500事業者)に対して、営業対象顧客を選定。約50程度の顧客に対して営業を展開し、当該ソリューションの導入を3件を目標として対応する。1顧客あたり初期費用1,400万円、ランニングコスト1,000万円/年(ユーザーはロボット費用を5年でリース払い)販売を行い、2028年度では収益11,700万円を目指す。

妥当性を高めるための目標

目標

①2026年度中に2025年度で課題となったロボットの機能について改良を行い、再度、下水が流れている状態でのロボット点検の検証を実施、併せて自己位置推定精度の向上等の開発を行う。
 ②2027年度には、ロボット点検の試験運用として、顧客への仮導入やテスト等を提案し、ロボットソリューションの有用性を遡及する。
 ③2028年度より②の機能を実装し、横展開営業を開始する。ソリューションの汎用性を高め、他のユーザへの展開を図るとともに包括的利用を含めたサービス提供及び価格設定が必要。
 ロボットの製品化については、ある程度のロット数を確保しながらコスト低減を図るとともに解析サービスについても作業効率から自動化によるシステム開発が必要。

アクション

段階的サービスリリースを行い、早期にサービスとしての収益を見込めるよう営業展開を行うとともに包括的利用を見込んだサービス体系の構築を行い、これについても同時並行で営業を行うことで計画に即した販売展開を行う。
 コスト低減についてはランニングにかかる解析処理の自動化機能を開発する。

3 期待効果/資金計画

b. 導入先

		2026年度	2027年度	2028年度
収益		0万円	15,000万円 ¹	15,000万円 ¹
費用	イニシャル	0万円	1,400万円/件 ⁵	400万円/件 ²
	ランニング/件	0万円	1,000万円/件	1,340万円/件 ³
	合計	0万円	2,400万円	1,740万円
資金調達方法	総務省地域社会DX推進パッケージ事業地域デジタル基盤の整備支援 補助金	0万円	1,200万円	0万円
	下水道事業における維持管理費	0万円	1,200万円	1,740万円
		—	—	—

当初計画では、2026年度からの導入を計画していたが、実証結果から更なる検証と改修が必要である事が判明した為、2027年試験導入1件。2028年より本格導入(3件)の計画に変更。

投資の妥当性(現時点見立て)	導入先(支払元)	本ソリューションの導入によって定量的な収益が得られるわけではないが、地域の安定的なインフラ維持や下水道事業の全体的な予防保全コスト（管路の老朽化を要因とした事故・災害を未然に防ぐことで）の削減にはつながる。 これらの事故や災害が発生してしまった場合のコストを未然に防ぐという点で収益として計算する。 下水道管路の点検の必要性は年々高まり、人手不足も進む中で省人化につながる新しい点検手法の整備は喫緊の課題である。詳細調査において、メンテナンスの効率化と点検品質を高めることで調査・メンテナンス会社の運営効率を高めるものである。
妥当性を高めるための目標	目標	大口径管路（2,000mm以上）について、当該ソリューションを導入することで、現在と比較して点検作業の効率化、点検時間の圧縮ができれば有効的である。 特に下記の点について当該ソリューションの有用性から調査・メンテナンスの効果を提案する。 ①ロボット点検の無線化することでケーブルの取り回し負担が減る ②カメラのみならず、マルチセンサによる複合的観点からの点検による点検精度の向上 ③取得したデータをクラウドにアップロードし、AIによる点検解析の自動化と結果の迅速な共有 ④クラウドを利用することで施設情報データの効率的な運用と下水道事業者への共有 ⑤カメラ点検、打音検査、コア抜き等の詳細調査の負担軽減とリスク箇所の抽出精度の向上を図る。
	アクション	自治体とはこれらの手法の有用性について協議をしており、管路の維持管理部門と協議を行っている。調査・メンテナンス会社においては、点検作業の効率化及び調査点検精度の向上による受託業務としての付加価値を高めることができる。またAIによる自動化やクラウドによるデータ管理と迅速な情報共有による効率化だけではなく、サービスの品質を高めるものとしてメンテナンス会社に対してヒアリングを行いながら、具体的な販売・提案を行う。

4 資金計画

		2026年度	2027年度	2028年度
収益	価格/件	0万円/件	2,400万円/件×1件 (試験導入)	3,900万円/件×3件 (本格導入)
	総額	0万円	2,400万円	11,700万円
費用	イニシャル	8,000万円 (開発経費8,000万円)	5,400万円 (開発経費4,000万円)	4,200万円
	ランニング	1,000万円	6,400万円	3,000万円
	小計	9,000万円	4,000万円	7,200万円
資金 調達 方法	総務省地域社会DX 推進パッケージ事業 補助金	8,000万円	4,000万円	—
	サービス提供各社に よる開発予算	1,000万円	—	—
	—	—	—	—

4 費用対効果整理の根拠_販売主体

販売主体 (株)カンツール、アジア航測(株)

	項目	金額	算出の根拠	数量	計(金額)	
効果	定量	初期経費：管路内 ロボットシステム設定	400万円/台	システム設定及び操作研修+交通費・送料・機械損料・諸経費 一式400万円/台	3台	A: 1,200万円
		年会費： クラウド解析サービス①	30万円/月	画像AI・三次元解析 単価30円/m 月調査延長を10,000m	12か月×3台	B: 1,080万円
		クラウド解析サービス②	20万円/月	管路背面空洞解析 単価20円/m 月調査延長を10,000m	12か月×3台	C: 720万円
		ロボットリース料	2,700万円/台	ロボット製品代金（1台あたり2,700万円）リース会社を通じた販売 (ユーザーは5年リースで支払い)	3台/年	D: 8,100万円
		ロボット保守料	200万円/年・台	ロボット製品代金（1台あたり2,700万円)の5.4%=年間保守料金	3台/年	E: 600万円
	定性	ロボット技術の実績	—	通信・遠隔操作技術の経験・知見習得、ロボットサービス実績	—	① 11,700万円
費用	イニシャル	ロボット製作原価	1,400万円/台	ロボット製作原価 (材料費、製作人件費、販売経費、間接費) 一式1,400万円	3台	② 4,200万円
	ランニング	管路内ロボットシステム初期設定	200万円/台	システム設定及び操作研修+交通費・送料・機械損料 一式 200万円/台	3台	A': 600万円
		クラウド解析サービス①	15万円/月	画像AI・三次元解析 単価15円/m 月調査延長を10,000m	12か月×3台	B': 540万円
		クラウド解析サービス②	10万円/月	管路背面空洞地中レーダ解析 単価10円/m 月調査延長を10,000m	12か月×3台	C': 360万円
		ロボット保守料	100万円/年・台	ロボット製品代金（1台あたり2,700万円）の2.7%=保守対応料	3台/年	D': 300万円 E' 1,200万円
	販売及び諸経費	400万円/年・台	販売及び諸経費一式400万円/年・台	A'+B'+C'+D'+E' 合計	③ 3,000万円	
					④ 7,200万円	

※本根拠は、本格導入する2028年度の費用対効果を示したもの(顧客3件の獲得を想定)。

※2027年度は試験導入につき、顧客には1台あたりの実質費用(2,400万円)のみを負担してもらう想定。

4 費用対効果の根拠_導入主体

販売主体 (株)カンツール、アジア航測(株)

	項目	金額	算出の根拠	数量	計(金額)	
効果	定量					
	小規模トラブル	200万円	根入り、異物閉塞といった局所的な不都合の発生(補修費相場：100～300万円)	25件/年	A.5,000万円	
	中規模事項	800万円	管の破損・漏水、継手破断、部分的沈下といった掘削、補修、道路復旧が必要になる事故(補修費相場：200～1,500万円)	10件/年	B. 8,000万円	
	大規模事故	2,000万円	道路陥没、広域損傷、管きよ崩落といった緊急対応、大規模掘削が必要となる深刻な事故(補修費相場：800～2,500万円以上)	1件/年	C. 2,000万円	
定性	※国総研が発表している全国の大規模事故は令和4年度で2625件。小・中規模事故は自治体の傾向から陥没件数の倍数規模で発生している事を基に1自治体あたりの件数を想定			A～C.合計	①15,000万円	
費用	イニシャル	管路内ロボットシステム設定費	400万円/台	ロボット導入にかかるシステム設定及び操作研修受講	1台	②400万円/台
	ランニング	年会費：				
		クラウド解析サービス①	30万円/月	画像AI・三次元解析 単価75円/m 月調査延長を10,000m	12か月/台	A.360万円
		クラウド解析サービス②	20万円/月	管路背面空洞解析 単価37.5円/m 月調査延長を10,000m	12か月/台	B.240万円
		ロボットリース料	540万円/年・台	ロボット製品代金(1台あたり1,000万円)3年リースとした場合の年間リース料※リース利率を含める	1台/年	C.540万円
ロボット保守料	200万円/年・台	ロボット製品代金(1台あたり1,000万円)の10%=年間保守料金	1台/年	D.200万円		
	通信・遠隔操作技術の経験・知見習得、ロボットサービス実績			A～D.合計	1,340万円	
					③1,340万円	

※本根拠は、本格導入する2028年度の1顧客あたりの費用対効果を示したもの。

※2027年度は試験導入につき、顧客には1台あたりの実質費用(2,400万円)のみを負担してもらう想定。

VI 指摘事項に対する反映状況

① 実証過程での指摘事項に対する反映状況

指摘事項

反映状況

	内容	反映 ページ
無線通信についてはWi-Fi Halow以外の通信もテストを行う予定でしょうか。	Wi-Fi6E、7については、本実証では検証できないが、今後追加検証し、Wifi Halowとの比較検証、優位性等を明確化する。	P47
実証にあたって想定外の課題に直面したか否か。直面した場合は、それをどのように解決したのか説明をお願いいたします。	水位が高い状況で重心が不安定であり、転覆する可能性があったため、再度浮力や重心について調整し、安定した移動ができるように対応した。 Wi-Fi Halowの通信によるロボットから送られてくるカメラ画像に遅延があった。そのためにフレームレートや通信データ量に応じて、送信するデータ量を調整するプログラムを作成し、通信の安定化を図った。	P47
実装・横展開は当初のスケジュール通りでしょうか。そうでない場合は、スケジュールが異なるものとなった主な原因は何でしょうか。また、スケジュール通りである場合は、スケジュールを守るために実施した工夫があれば教えてください。	実装・横展開は当初のスケジュール通りではない。当初想定していたよりもロボットの移動性能を確保することができなかったため、移動性能の改善が必要である。また、自己位置推定精度が1m以上あり、自動運転機能の搭載が現状では難しい。これらの課題に対応するための改善期間を確保することから、製品リリース時期について再度検討する必要があった。	P50、P51
本事業では、「課題と目指す姿の明確化」、「ロジックツリーの作成による成果指標の明確化」などを求めています。実証の提案書作成にあたり、これらを明確化したことでどのような効果があったのでしょうか。	現状の下水道管路点検における手順やリスクを再調査することができ、現状のどの部分を改善することで製品価値がより生まれるのか確認することができ、これらの課題や優先度を決め効率的にソリューション開発を行うことができた。	P55

VI 指摘事項に対する反映状況

① 実証過程での指摘事項に対する反映状況

指摘事項

反映状況

内容

反映 ページ

実装・横展開につながるユースケースが限られているように感じました。実証で明らかになったのであれば、実装・横展開が可能となるユースケースを最終報告書に記載してください。

今回の実証結果から、即時に実装・横展開が可能と判断できるユースケースは限定的であったものの、Wi-Fi HaLow の通信性能について、実管路（管径2,700mm）で最大100mの通信可用性を確認できたことは、今後の実装可能性を検討するうえで有用なデータとなった。この結果を踏まえ、適用可能な管路条件や通信環境の整理を進めることで、遠隔操作の導入が最も早期に実装可能となるユースケースとして有望であると考えている。

P46

効果面・技術面の結果が未確定のため現時点で評価は難しいが、初期投資の大きいソリューションと見受けられる。今後は、どの技術課題をクリアすれば段階導入が可能になるのか、また共同利用等による導入負担軽減策をどう考えるのかを示してほしい。

Wi-fi HaLow通信性能は、2,700mmの実管路では100mの通信が可能だった一方、800mm模擬管路では14m程度にとどまった。Wi-Fi HaLow の波長特性上、狭い管路では通信が伸びないことが分かった。適用可能な条件整理を進めることで、遠隔操作導入が具体化すると考える。導入負担軽減に際しては、リースによる提供形態をとり、初期コストを抑えた形でユーザに導入してもらう事を想定。また解析サービスを一元的なクラウドリソースで提供する事により、ユーザーあたりのコスト低減を図る方針を検討している。

P44、P46

導入提案に向けては、ロボットおよびセンサー性能の改善が必要と判断したとありますが、どのような性能改善が必要なのか？ かける範囲で記載してください。

ロボットについては、不整地では刃がうまく地面をとらえ想定通りの動きを確認できたが、整地面及び水深の浅い管路内ではスクリュウの刃がすべり想定外の動きが発生し、直進性が低いことが判明。また、下水道管路という環境下、防水防塵性能についても実証内で改良しているが、更なる改良が必要である。センサーについては、管路壁面はテクスチャが少なく特徴点が乏しいため、水面反射や照明の白飛びなど 誤った特徴点の影響を受けやすい事が判明。照明角度も精度に大きく影響した為、照明や水面反射等の対策検証が必要である。

P43

② 成果報告会での指摘事項に対する反映状況

指摘事項

無線化による検査対象の拡張が最初のステップとなり、続いてセンサー活用によるデータ精度の向上が分析改善につながる。その後、背面空洞調査によって背面の陥没等を把握できる段階へ発展していくと認識している。
無線化によって機動の自由度が高まるため、従来の検査手法にとどまらず、新たに可能となる検査のアイデアがほしい。無線化するからには、機動性やセンサー解析を超えた、さらなる付加価値があると望ましい。

カメラの高さや向きの工夫により、人がハンマーで叩いて確認していたような検査にも応用できると考える。これが実現できれば下水道管路の陥没対策につながり、大きなリスク低減効果が期待できる。その点もスコープに入れて検討してほしい。

無線がどこまで可能なかが明確になっていないと理解した。実装・横展開を考えるうえでは、「どの要件を満たせば Wi-Fi HaLow による遠隔操作が成立するか」を明記する必要がある。100mで十分なのかという疑問がある。仮に100mでは展開が難しいなら、代わりに何ができるのか明確化すべき。

反映状況

内容

実証で使用した 2700mm 規模の管路では、ミリ単位のひび割れ・劣化を抽出するために、対象箇所付近に近接して撮影・検査するアプローチが必要となる。一方、現行のフロート型ロボット等では流すだけであり、壁面近接の検査が困難である。機動性の自由度が増す事で、近接撮影によるリスク箇所の推定・抽出が可能となり、従来とは異なる精度での点検やリスクの抽出が出来る付加価値が高いサービスとして提供できるよう検討していく。

いただいた内容を踏まえて、ソリューション開発におけるスコープとして検討していく。これらの点検内容を実現していくためにもロボットの移動性能の改善が必要と考えており、この点をまずは対応し十分な移動性能を確保したうえで検査内容の精度向上を図ることを検討する。

今回の実証では100mまでの通信距離を確認したが、本来は通信可能距離の上限を明確に把握しなければいけないと認識している。通信可能距離の上限が明確になる事で、お客様へ実装提案に繋がると考えている。実証では、2,700mmの実管路では100mの通信が可能だった一方、800mm模擬管路では14m程度にとどまった。Wi-Fi HaLow の波長特性上、狭い管路では通信が伸びないことが分かった。これらを踏まえ、更なる検証を実施し、どのような管路環境に適しているのかを明確化する。

反映ページ

P43、P46

P43、P46

P46

VI 指摘事項に対する反映状況

② 成果報告会での指摘事項に対する反映状況

指摘事項	反映状況	反映ページ
今回の実証技術が目視点検の代替として、既存点検範囲のどこまで対応可能か、報告書に記載できるか。	画像を近接取得できる点では、人による目視点検の代替は一定程度可能と考える。ただし、人の代替としての効果（時間短縮・コスト等）については定量的検証が行えていない。したがって現時点で数値明記は難しいが、必要な取り組みや考察を実装・横展開の計画として報告書に盛り込む。	P50
下水道現場では点群データがすでに活用されているが、画像と比較して、細かいところを見るという意味ではLiDARによる点群データに優位性があるか。 また、ラインセンサー等を使った別方式のレーザーも含めたアプローチ検討についても明記してほしい。	画像は解像度が高ければひび割れ検知等も可能であるのに対し、今回使用したLiDARでは1～2cm以上の誤差が生じた（照度、撮影角度、環境等条件によりばらつきあり）。LiDARにも種類があるが、今回のLiDARではミリレベルの検知は困難だった。一方で、LiDARによる点群データは、管路の変状把握に一定の有効性があると認識している。 今後はラインセンサー等を使った別方式のレーザーも含めた点検アプローチを検討する。	P42、P46
この技術に最も関心を持つのは下水道事業団と考えている。国内は新設がないが、海外ではジャカルタ島で日本の技術が展開されているため、JICAの海外展開案件として対象になる可能性もある。	本技術は、老朽化が進む既存管路の維持管理における点検負担や人材不足といった国内課題に対し、点検精度の向上と効率化によってメンテナンス事業者の負担軽減と事故予防に貢献し、持続可能な地域インフラの維持体制の確立を目指している。 まずは本技術を「日本下水道管路管理業協会」を始め、ご提案いただいた「下水道事業団」を通じて国内において活用実績を積み重ね、そのうえで海外の維持管理分野においても、JICA案件を含めた展開可能性を検討する。	P50