

中大口径管きょの点検調査は、ゲリラ豪雨による急激な増水や底泥の巻き上げによる硫化水素の発生等により、労働災害が発生する危険性を伴っています。

日水コンを含む共同研究体では、安全かつ低コストである調査手法として、「ドローン」を活用した点検調査技術の実用化に向けた研究を行っています。

下水道管きょ調査ドローンの開発 ～ドローンが横浜市の地下を走る！？～

【背景】

横浜市における下水管きょの総延長は約12,000kmに達し、そのうちΦ800mm以上の中大口径管きょ約1,800kmを如何に効率よく調査するかが課題となっています。

【技術の概要及びこれまでの成果】

本技術のイメージ(将来)を図-1に示します。

これまで(株)ブルーイノベーションらと進めてきた共同研究においては、表-1に示す知見が得られた一方で、以下の課題が残されていました。

【残された課題(2017年度末時点)】

市販機を用いた手動飛行は汎用性があり、低コスト化が実現できる一方で、下水管きょ内でドローンの操縦を行う場合には相応の訓練による技量習得が必要です。また、水面上での飛行となるため、防水性も必要です。このため、誰でも容易に操縦でき、水面上においても安定して飛行可能な機体の開発が望まれていました。

【雲田ドローンの開発コンセプト及び機体の構造】

(株)雲田商会は“誰でも操縦できるように”をコンセプトに、独自に機体開発を進めており、機体は安定飛行と操縦の容易性を確保するため、管頂部でのスライド走行を基本としています。

機体上部には管頂部接触用の車輪、下部には水面で浮上するためのフロートを有しており、管きょ内の状況に応じて管頂部、管中心部あるいは水面を移動することを想定しています。また、低コストの小型カメラやLEDライト等を搭載するため、機体は大型となりますが、人孔搬入時は簡易に折り畳みできる構造としています。

【現状の課題(管頂部走行性能)と今後の展開】

機体上部の車輪を管頂部に接触させスライド走行する場合、車輪の構造等による制約により進行方向が固定される(進行方向がずれた場合に修正できない)事象が発生しました。このため、途中で進路の変更ができるような機体への改良や、管頂部接触時及びスライド走行時の姿勢を制御できるよう、フライトコントローラの調整等を行っているところであり、2020年度中の実用化を目指しています。

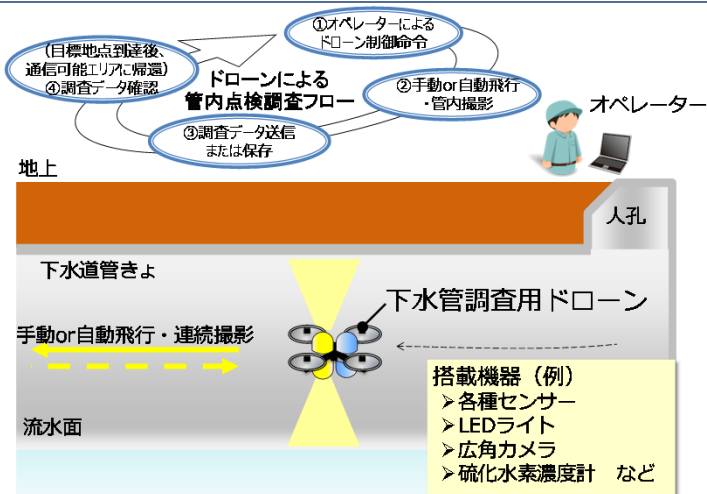



図-1 ドローンを活用した点検調査技術のイメージ(将来)

表-1 これまでの主な研究成果(～2017年度)

| 名称 | Phantom 4 Pro | Splash Drone 3 | Elios |
|--------------------------|--|---|---|
| 外観 |  |  |  |
| 防水性 | なし | あり | なし |
| 適用可能範囲 Φ2000 ～3000 | 流水あり | 目視飛行にて最大45m | 同左 |
| | 流水なし | 目視外飛行にて最大500m | 目視飛行にて最大30m |
| 管きょ内異常判定精度 | ドローンに搭載したカメラにより管きょ内の異常(ランクA,B程度)は概ね判定が可能 | | |



管頂部走行状況



折り畳み状況

写真-1 (株)雲田商会が開発したドローン

AIを活用した管きょ内異常判定支援アプリ

現地におけるドローンによる画像撮影及び内業による異常判定等の標準作業フローを図-2に示します。

これまでの実験における異常判定は、内業の技師が動画を再生し、異常と思われる箇所にて一時停止を繰り返すため、詳細調査と同等の作業時間を要していました。また、異常判定の精度についても技師の力量により差が生じていました。

このため、内業作業の効率化及び異常判定精度の統一化を目的として、本研究では畳み込みニューラルネットワークと呼ばれる、画像を数値配列化し、特徴検出を行うモデルを利用した「異常判定支援アプリ」を作成し、適用について検討しています。

異常判定支援アプリは、判定モデル作成～判定～判定結果の確認までが一連の画面で行える汎用的なツールであり、AIによりどのような要因を理由に判定したのかがブラックボックス化されないよう、画像の特徴量を可視化するクラスアクティベーションマッピング(Class Activation Mapping)機能により、元画像にヒートマップを重ねて出力した画像をエビデンスとして利用しています。

管きょ内の異常(堆積物等)をアプリが認識し、異常あり(NG)と判定した事例について、元画像及び異常判定ヒートマップの例を写真-2に示します。なお、現段階のモデルでは、異常有無の判定において高い正答率が得られているが、異常部位とヒートマップの傾向が一致しないケースや、異常項目が実際と異なるケースも散見されるため、今後さらに教師データの蓄積や精査等を行い、異常判定の精度向上に向けた検証を行っています。さらに、スクリーニング調査として、異常ランクAまたはBの判定が出来るようなモデルの構築等についても検討中です。

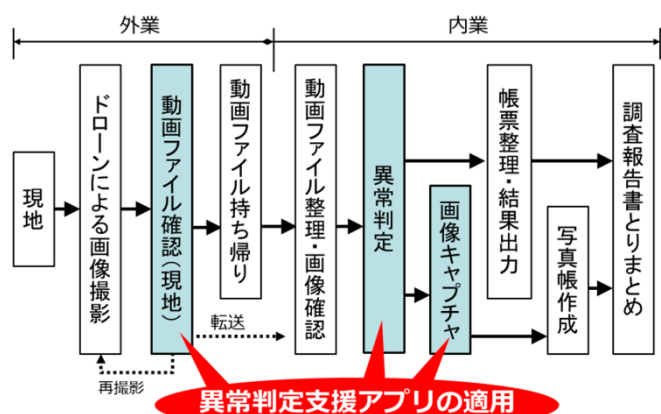
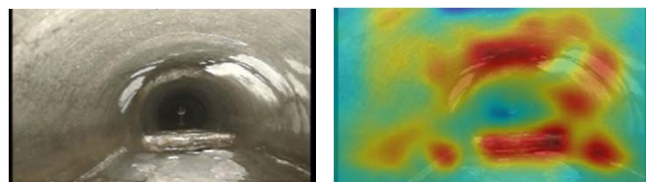


図-2 ドローン点検調査結果とりまとめ標準作業フロー



判定結果: **モルタル/生コン/ラード/堆積物**

写真-2 異常判定支援アプリによる判定結果の例
(左:元画像、右:アプリによる異常判定ヒートマップ)

今後の展望

下水道管きょの老朽化は着実に進行しているものの、作業の安全性確保や調査コストが支障となり、なかなか手を付けられていない調査困難路線が多く残されています。

本研究体では、横浜市をフィールドとして、誰でも操縦が可能、かつ低コストのドローンによる点検調査技術の、並びにAIを活用した画像解析技術等の早期実用化に向け全力で取り組んでまいります