

3-2-4 供用中の大口径管きよを対象とする

下水道管きよ調査用 UAV の運用に向けた検証

計画調整部技術開発課 萩原 徹
(現 施設管理部管路管理課)

東京都下水道サービス株式会社技術部技術開発課 杉山 拓也
元吉 浩之

(現 中部下水道事務所再構築推進課)
株式会社日立製作所 陰山 晃治

1. はじめに

大口径管きよの管路内調査は、高水位、高流速、硫化水素発生などにより、人の入孔が困難な場所が多く存在することから、作業効率が低い傾向にある。当社では、このような場所の調査方法の一つとして、人が入孔することなく地上から遠隔調査を行うための UAV (ドローン) について平成 29 年度から開発、検証してきた。

下水道管きよ内は暗く狭隘な空間であり、GPS を使用できない環境であることから、昼間に広い屋外で飛行することを前提とした市販の汎用 UAV での対応は困難である。このため、新たに下水道管きよ調査用 UAV の機体を開発することとした。これまで、水の影響が少ない晴天時の雨水管を主な対象として、安定飛行等の検証を進めてきた。

本稿では UAV の運用に向け、新たに供用中の合流管で飛行試験を行うとともに、開発した導入装置を用いることで、地上部のみで調査が可能であるかを検証した。

2. 開発目標

下水道管きよ調査用 UAV は、人による調査が困難な場所での調査を目的としている。

このため、地上のモニターに映る UAV 搭載の前方カメラの映像を見ながら、UAV を操作する形態を目指している (図 1)。

開発目標は、以下のとおりである。

- (1) モニターを活用した地上からの遠隔操作 (一部の特殊人孔を除く。)
- (2) 設計指針¹⁾が示す人孔間の最長距離 200m の安定飛行
- (3) 5mm 幅のクラック (東京都損傷判定 A ランク) を確認できる画像の取得

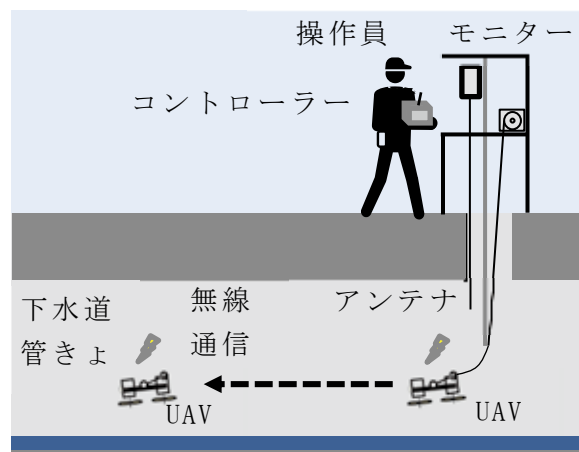


図 1 飛行調査概念図

3. これまでの経緯

令和元年度は、矩形きょ(□4000mm×3200mm)を対象とし、水の影響が少ない晴天時の雨水管において飛行毎に制御系のパラメータを調整しつつ、安定飛行に向けた検証を進めてきた²⁾。飛行試験では、目視外操作によって断面のほぼ中心を約150m先まで往復飛行し、撮影した画像にてAランク相当(幅5mm)の模擬クラックを十分に確認することができた。

令和2年度は、円形管(●4750mm)を対象とし、目視外操作により約200mを往復飛行し、Bランク相当(幅2mm)の模擬クラックを撮影画像で確認することができた。

4. 検証試験の概要

UAVの運用に向け、供用中の矩形きょ(合流管)において検証試験を行った。

(1) 対象管きょ

管 径：□5000mm×4500mm

水 深：約25-30cm

(2) UAVの仕様(図2)

- 1) 飛行機能：直径500mm、全体重量約2.5kgの機体に回転翼6基を搭載
- 2) 制御機能：壁面方向と天井面方向の離隔を計測する距離センサーとその離隔を一定に維持する2点測位制御を装備
- 3) 撮影機能：2100万画素の汎用カメラを装備(調査用カメラ)



図2 UAVの外観

(3) 導入装置の概要 (図 3)

- 1) 目視外操縦支援機能：操縦用カメラの映像を表示するモニターを設置
- 2) 通信機能：UAV と導入装置に操縦用・操縦用カメラ用電波の送受信機を装備
- 3) 計測機能：機体の回収紐により管きょ内の飛行距離や速度を地上で計測
(万が一の落下時には、フロートと共に機体回収が可能)

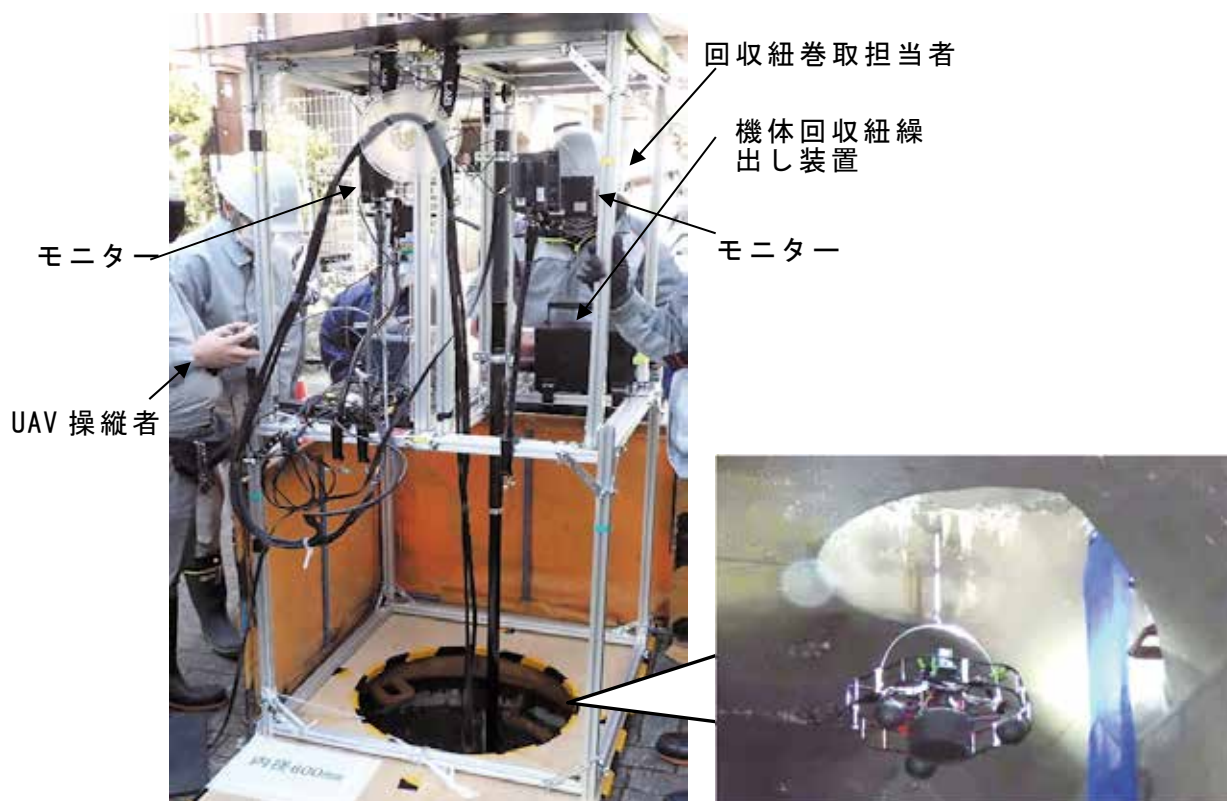


図 3 導入装置の外観と導入状況

(4) 検証方法

- 1) モニターを活用した地上からの遠隔操作

導入装置からの安定した離発着を行うため、マンホール直下の管内状況を撮影するカメラを導入装置のアンテナ付近に配置し、地上の UAV 操縦者と回収紐巻取担当者がモニターで確認できるようにした。

- 2) 200m 超の安定飛行

UAV の飛行位置は矩形きょの中央に設定し、目的地までの往路は高速で飛行し、復路は低速で飛行し壁面の撮影を行った。

飛行距離は、導入装置が備える機体回収用紐の繰出し装置で計測した。飛行速度は往路 3m/s、復路 1m/s(コントローラーにより速度調整)を目安とした。

- 3) A ランク相当 (幅 5mm) の模擬クラックの確認

検証試験開始前に、出発地点から約 10m、100m、200m 地点の壁面に模擬クラック (A1 サイズ) を貼付した (図 4)。模擬クラックは、A ランク相当の幅 5mm に加え、幅 3mm、2mm、1mm も表示し、認識可能な幅を確認することとした。

加えて、供用中の管きょ内は湿度が高い環境であるため、地上部の気温が低い時期は UAV のカメラレンズに結露が発生することが懸念される。このため、機材の事前加温等を実施し、結露の発生を抑制できるか確認することとした。

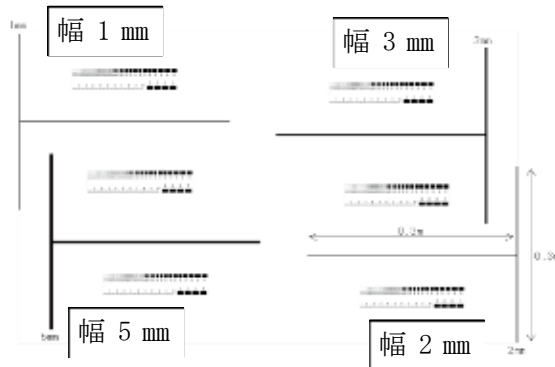


図4 壁面に貼付した模擬クラック(A1サイズ)

5. 検証結果及び考察

(1) 検証結果

1) モニターを活用した地上からの遠隔操作

UAV 操縦者と回収紐巻取担当者がモニターで離発着状況を共に確認することにより、両者が連携してスムーズに UAV を離発着させることができた。

2) 200m 超の安定飛行

最大で 224m 先まで壁面や天井水面に接触せず安定飛行を実現した (図 5, 6)。



図5 地上での操縦に用いる
操縦用カメラの映像



図6 矩形きょ内を飛行中の UAV

3) A ランク相当 (幅 5mm) の疑似クラックの確認

撮影した壁面画像により、A ランク相当 (幅 5mm) の模擬クラックは、十分確認できた。また、3 mm 幅や 2 mm 幅の模擬クラックについても撮影画像で確認できた (図 7)。

機材の事前加温等の結果、操縦用カメラ及び調査用カメラへの結露はなく、目視外飛行や壁面の劣化状況把握用画像の画質への悪影響は確認できなかった。

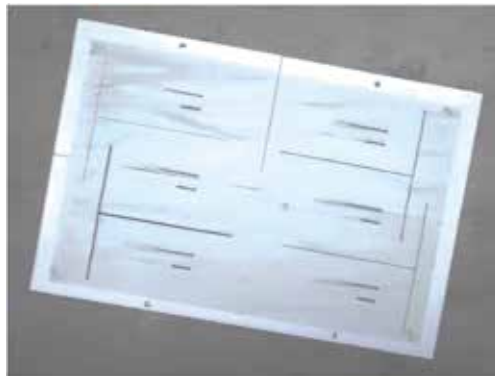


図7 飛行中に撮影した壁面画像(200m 地点)

(2) 考察

上述した3つの開発目標を達成することができた。調査用カメラは、一方向の壁面を向いており、一度の飛行で管内全面を撮影することはできない。一度の飛行で撮影可能な範囲は、調査用カメラの画角や管径、壁面からの離隔等に依存するため、管内全面の撮影に要する飛行回数は、今後評価が必要である。

6. まとめ

本稿では、入孔困難な大口径管きよを安全で効率よく調査可能な UAV の実用化に向け、3つの開発目標を定め、供用中の矩形きよで検証した結果を報告した。引き続き、早期の実用化に向け、高水位や高流速、硫化水素発生のため入孔困難な管きよで調査できる UAV の開発と検証を進めていく。

参考文献

- 1) (社)日本下水道協会：下水道施設計画・設計指針の解説 前編 -2019年版-
- 2) 元吉浩之：2021 大口径管きよ点検用 UAV の開発と実用化に向けた検証 第58回下水道研究発表会