

下水管映像分割のためのマンホール検出方法の提案

清水 竣太[†]

前田 拓磨[†]

澤野 弘明[†]

石原 進^{††}

[†] 愛知工業大学

^{††} 静岡大学

1 はじめに

日本国内の下水管の総延長は約 47 万 km に達しており、そのうち約 1.3 万 km は敷設から 50 年以上経過している [1]。下水管が敷設 30 年を超えると管材の腐食の進行により、クラックの発生や陥没事故が起きやすくなる。そのため定期的な検査と早期の改修が必要である。一般的な下水管の検査方法には専門家による目視や管口カメラによる映像検査などが挙げられる。目視検査では有毒ガスによる中毒事故のリスクがあり、管口カメラを用いた検査では管内清掃が必要なうえ、撮影可能距離が 15 m 程度に制限される。そのため安全かつ長距離に検査可能な方法が求められる。

筆者らは、浮流するカメラで下水管路内を撮影し、マンホールに一時的に設置したアクセスポイントとの無線通信により、地上で準リアルタイムの映像確認を可能とする手法 (以下、浮流型無線ネットワークカメラシステム) [2, 3] を提案している。想定する撮影機体は、図 1 に示すように下水管路内を浮流しながら撮影を行い、管内の映像を転送することが求められる。文献 [3] の試作品では、白色 LED により発生する反射光や白熱灯による光源が不十分のため損傷箇所が撮影できない課題がある。また、通信に専用のアプリをインストールした特定の端末を必要とした。さらに、撮影位置が不明瞭であり、撮影された映像のフレームと撮影位置を対応させる必要があった。そこで本論文では、文献 [3] の試作品から光源、通信制御を変更した改良型を報告し、撮影位置のヒントとなるマンホールを映像から検

出する方法を提案する。改良型の試作品で撮影した映像に対してマンホールの検出実験を行った。

2 浮流型撮影機体とマンホール検出方法

2.1 撮影機体の設計

本研究で想定している撮影機体は、下水管の傾斜と下水の流れのみの力で自走し、損傷箇所が存在する下水管上部を撮影し続けることが要求される。この要件を満たすために、文献 [3] では、図 2 に示すように、浮流時における回転がカメラに影響しにくい二重構造を採用した。構造の内部には下水管路内を撮影するための全方位カメラ、照明、照明に電力を提供するバッテリーを搭載していた。ここで、全方位カメラの垂直画角は 214°、水平画角は 360° である。この撮影機体で撮影した結果を図 3 に示す。図 3 (a) の例は 17lm の光源^{*}を 4 台利用した場合に得られた撮影結果であるが、多数の反射光が発生している。図 3 (b) の例は 10 lm 以下の光源[†]を 4 台利用した場合の撮影結果であるが、光源が不十分であり、損傷箇所を模擬するように管内に貼り付けた付箋を視認することが困難である。

本稿で提案する撮影機体では、130 lm の光源[‡]を 2 台

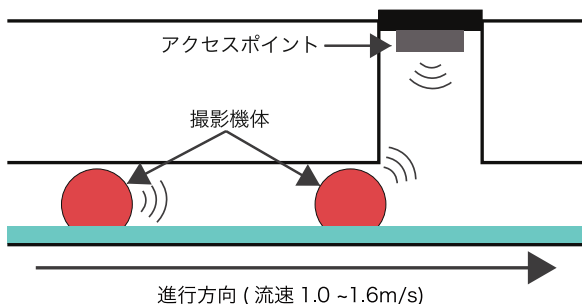


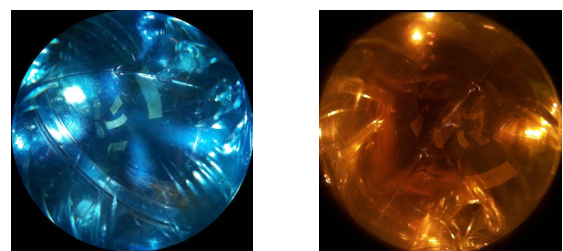
図 1: 想定する撮影機体の使用例



(a) 内部構造

(b) 試作品の外観

図 2: 従来の撮影機体 [3]



(a) 光束 17lm の光源

(b) 光束 10lm 以下の光源

図 3: 異なる照明を用いた従来機体による撮影結果

Proposal of Manhole Detection for Sewer Pipes Video Segmentation
[†]Shunta Shimizu ^{††}Takuma Maeda [†]Hiroaki Sawano
 Aichi Institute of Technology
[‡]Susumu Ishihara
 Shizuoka University

^{*}PWT 社製 FRL17

[†]パナソニック社製 EA758ZA-2.5B

[‡]WUBEN 社製 G340

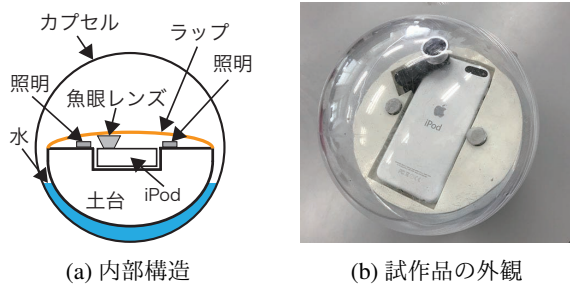


図 4: iPod touch を利用した撮影機体

と反射光を低減させる拡散フィルム*を採用した。また、従来機体で採用した全方位カメラは、通信に特定の端末が必要であるため、通信制御の拡張性を考慮し Apple 社製 iPod touch を使用することとした。iPod touch は、撮影機体に必要なカメラ、バッテリーを内蔵しており、加えて IEEE801.11 無線 LAN による通信も使用可能である。内蔵カメラでの撮像範囲を広げるために魚眼レンズ†を設置した。魚眼レンズ搭載後の垂直画角は 135°、水平画角は 100° である。従来の撮影機体より撮影画角は狭まったが、撮影された映像をパノラマ展開することにより補うことを想定している。土台を 3D プリンタを用いて製作し、各デバイスを固定した。提案する撮影機体の内部構造と試作品の外観を図 4 に示す。

2.2 マンホール検出手法

本節では、撮影機体で撮影した映像からマンホールを検出する方法について述べる。撮影機体の構造上、内部機体に回転や振動が発生するが、下水管の上部が撮影されるため、マンホールが映り込む可能性が高い。そこでマンホールの形状が円であることに着目して、画像処理を用いて検出する。まず、映像の各フレームをグレースケール化し、大津の判別分析法により二値化する。Hough 変換により、直径が与えられた範囲内の円を検出する。連続したフレームに渡ってほぼ同じサイズの円が検出された場合は、最初に検出されたフレームをマンホールの位置として記録する。

3 実験と考察

iPod touch を利用した撮影機体、図 5 に示すように、ひとつのハンドホールがつけられた直径 200 mm の塩化ビニル管を使用して実験を行った。ハンドホールは直径 200 mm、上部から光が侵入しないように蓋をした。画像処理ライブラリ OpenCV を利用した。円の検出範囲を直径 380 から 450 pixel とした。ただし、画像サイズは、1080 x 1920 pixel である。塩化ビニル管に水を含まない状態で、撮影機体の外側を転がしながら撮影機体を移動させて管内を撮影させ、八つの映像データを

*LSD80PC10-5

†TS-1258

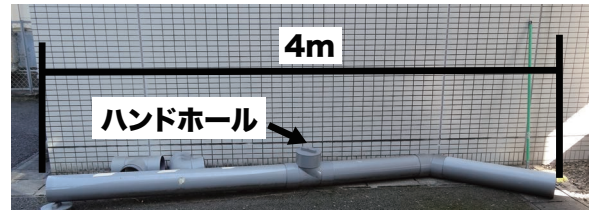


図 5: 実験環境

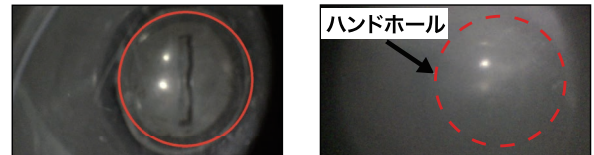


図 6: 検出結果の例

図 7: 未検出時の入力画像

作成した。このとき、撮影機体は平均 21[cm/s] で管内を移動した。また、内部機体は垂直方向にはほとんど回転せず、水平方向に約半回転した。八つの映像を利用して提案手法によりハンドホールの検出を行った結果、七つのハンドホールが検出された。ハンドホールの検出結果の一例と未検出時の入力画像を図 6, 7 に示す。光量の強い照明と拡散フィルムを利用することで、反射光を抑えたまま管路内を撮影できた。未検出の原因は、魚眼レンズの焦点が小さな衝撃によりずれたことと、カプセルの曇りによるコントラストの低下が考えられる。よって、今後の課題に魚眼レンズのずれとカプセルの曇りへの対策、映像のパノラマ展開が挙げられる。また今回は実験用の管とハンドホールを利用したが、今後は実環境にて実験を行う予定である。

4 おわりに

本稿では、浮流型ネットワークカメラシステムにおける撮影機体の改良およびマンホール検出方法について提案した。今後の課題として、魚眼レンズの固定、曇り止め、映像のパノラマ展開が挙げられる。また、実環境におけるマンホール検出を行う予定である。

謝辞 本研究は総務省戦略的情報通信開発推進事業 (SCOPE) の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 国土交通省, “下水道:計画的な改築・維持管理”, http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewage/crd_sewage_tk_000135.html (confirmed in Jan. 2018)
- [2] 石原進, 武居悠樹, 劉志, 前田拓磨, 澤野弘明: “下水管路検査用浮流型無線ネットワークカメラシステムの実現技術”, 情処研報, DPS 研究会, Vol. 172, No. 4, pp. 1-8 (2017-11)
- [3] 前田拓磨, 林友貴, 澤野弘明, 石原進: “下水管路内調査のための浮流式全方位カメラの検討”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2016), pp. 212-219 (2016)