

AR 技術を用いた配管検査ロボットの自己位置計測

Self-localization measurement of the piping inspection robot by a ARtoolkit

○学 矢野 祐貴 (弓削商船), 伊藤 嘉基 (弓削商船), ◎生 前田 弘文 (弓削商船)

Yuki YANO, National Institute of Technology, Yuge College,

1000 Yuge Shimoyuge, Kamijima-cho Ochi-gun, Ehime, 794-2506, Japan

Yoshiki ITO, National Institute of Technology, Yuge College,

1000 Yuge Shimoyuge, Kamijima-cho Ochi-gun, Ehime, 794-2506, Japan

Hirofumi MAEDA, National Institute of Technology, Yuge College,

1000 Yuge Shimoyuge, Kamijima-cho Ochi-gun, Ehime, 794-2506, Japan

Key Words: Exploration robot, Mobile robot, Robot control, Water pipe, Distributed processing system

1. 緒言

我国では昭和 40 年代以降, 下水道事業の実施都市が急増し, 各地で下水道整備の普及が促進されてきた. これまでに全国の下水道施設は, 管路総延長約 460,000 [km], 下水処理場数約 2,200 ヶ所となっている. そのため, 管理施設の増加とともに, 長期使用施設の老朽化が顕在化している. 下水管渠の標準的耐用年数は 50 年とされており, すでにこの年数を超える下水管渠の延長は約 10,000 [km]以上となっている. また, 管渠布設後 30 年が経過すると道路が陥没する箇所が急増する傾向もある. このような背景から, 排水管・下水管の維持管理は重要であり, 継続的に行っていかなければならない. しかし, 実際に管内を検査する作業は, 人が行うには過酷であり, 検査範囲も広大である. そこで, 近年ではロボットを用いた検査が活発に行われている. ところが, これらのロボット検査にも問題があり, 有線による外部制御・外部電源が主流であることから, ロボットシステム全体が大掛かりなものとなっている. そのため, メンテナンス性が悪く, 高価なシステムとなっている.

そこで, 本研究ではこれまで研究してきたレスキューロボットのノウハウを活かし⁽¹⁾⁽²⁾, 自律で持ち運びが容易な小型配管検査ロボットの開発を行ってきた^{(3)~(7)}. 自律型小型配管検査ロボットは, 安価で軽く, 持ち運びが容易である. また, 自律制御で検査を行うために, 複数の配管を同時に検査できるという大きな特徴を有している. 現在は, 自律型小型配管検査ロボットの自律制御のひとつである直進制御について検証する段階にあり, そのためにロボットの位置を計測するための機器が必要となっている. しかし, 管内での移動軌跡を計測するためには, 3次元位置計測器が必要であり, 高価で大掛かりなものになってしまう. そこで我々は, 安価で3次元位置計測が行える ARToolKit に着目した. ARToolKit とは 1 台の Web カメラとマーカのみで 3次元位置計測が行える便利なソフトウェア (ライブラリ) のことである. 本論文では, この ARToolKit が自律型小型配管検査ロボットの 3次元位置計測に適用可能か検証するために開発した計測実装装置について述べる.

2. 自律型小型配管検査ロボット

自律型小型配管検査ロボットを実際に現場で使用するためには, 表 1 に示す機能を実現しなければならない. 自律型小型配管検査ロボットのカメラ制御には組み込み PC, 走行

制御にはマイクロコンピュータ (以下, 駆動系制御用基板) を使用している. また, モータ制御には近藤科学株式会社が開発した通信規格 ICS3.5 (半二重) を使用している. その他にも A/D 変換によるセンサ値の読み取り, I/O によるスイッチ制御, LED 制御, LCD 制御, PWM と LED ドライバによるライト調整などの機能も実装している.

Table 1 Functions that must be implemented.

	Traveling function	Video function
Main function	Traveling function - Advance - Reverse - Autonomous straight advance Detection function - Obstacle detection - Starting and ending points detection	Camera control function - Video filming - Video save (MJPEG output) Camera adjustment function - Light adjustment
Subfunction	Power function - On - Off Communication function - Start - End Display function - Remaining battery - Power supply - Communication Recovery function Waterproof function	External storage function (USB output)

次に最新版の自律型小型配管検査ロボットを図 1 に示す.



Fig. 1 Autonomous pipe inspection robot.

ロボット内部には, 駆動系制御用基板を搭載しており, USB によって接続された組み込み PC からのコマンドによ

て制御される。これにより、図 2 に示す 1~5 の動作手順を行うことで、自律検査を可能としている。

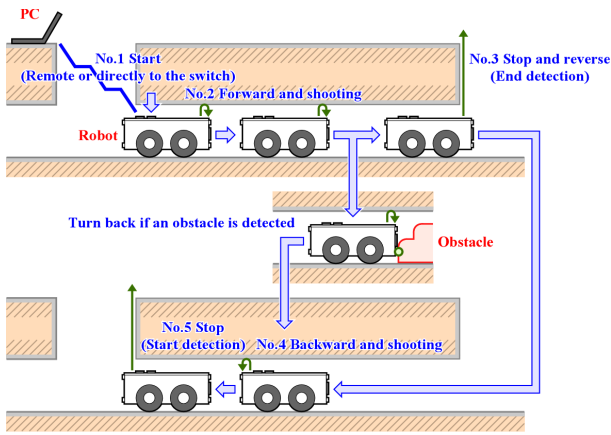


Fig. 2 Sequence of actions.

3. 3次元位置計測器

図 3 に 3 次元位置計測器を示す。この装置は上部に取り付けられたカメラによって下部のマークを検出するものとなっている。また、下部のマークを取り付けた床面は 6 自由度を有しており、自由に姿勢を変えることが可能である(図 4)。これにより、配管内で傾いたロボットと同じ状態を表現することが可能となり、ARToolKit の精度を現場と近い状態で検証することができる。



Fig. 3 Three coordinate measuring machine.

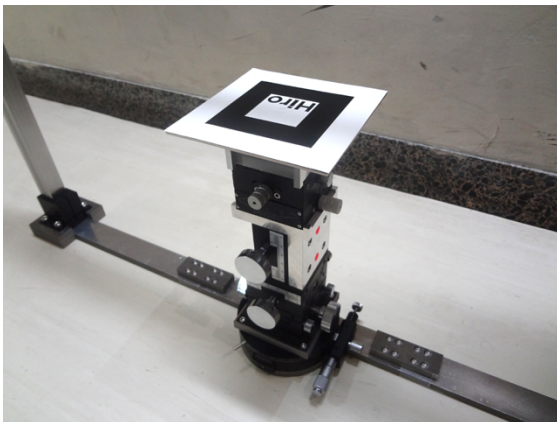


Fig. 4 The lower part of three coordinate measuring machine.

次にプログラム実行時のカメラ画像を図 5 に示す。図 5 は、マークを検出した際に、マークを黒から赤に反転するととも

に、位置情報とフレームレートを画面に表示する機能を有している。また、精度を検証するために必要となる位置情報などを csv 形式で保存する機能も備えている。さらにこの装置に対して、①カメラキャリブレーション、②ソフトウェアの再帰的補正、③ハードウェアの組み付けおよび加工誤差のキャリブレーションを行ったことで、十分な精度が出せることを確認した。

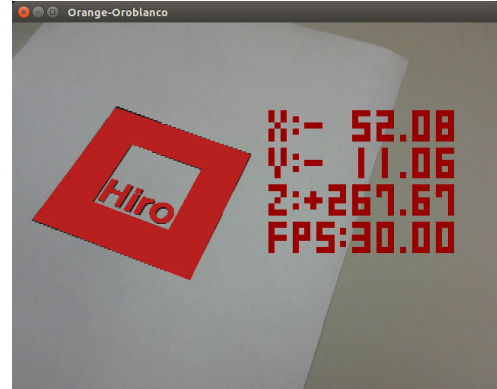


Fig. 5 Execution screen.

4. 結言

本論文では、ARToolKit による 3 次元位置計測器について述べた。また、配管検査ロボットを実現する上で必要となる機能と最新の配管検査ロボットのハードウェアおよびソフトウェアの詳細についても述べた。

今後は、この 3 次元位置計測器を用いて、直進制御の検証実験を行い、最適な制御方式を導き出す予定である。

文献

- (1) 前田 弘文, 五百井 清, 大坪 義一, 小林 滋, 高森 年, “レスキューロボットにおけるデバイス管理を容易にするためのミドルウェア開発”, 日本機械学会講演論文集 No.115-1 (2011), p.123~124.
- (2) 前田 弘文, 小林 滋, 高森 年, “レスキューロボットにおけるデバイス管理を容易にするためのシステム開発”, 弓削商船高等専門学校紀要 第 34 号 (2012), pp.48~53.
- (3) 二宮 綾香, 藤田 和友, 佐々木 俊一, 後藤 幹雄, 前田 弘文, “配管検査ロボットのための試作機設計”, 日本機械学会第 43 回学生員卒業研究発表講演会講演前刷集, 716 (2013).
- (4) 藤田 和友, 伊藤 嘉基, 前田 弘文, “配管検査ロボットのためのモジュール化”, 第 14 回システムインテグレーション部門講演会(SI2013) (2013), pp.1297~1300.
- (5) 藤田 和友, 佐々木 俊一, 後藤 幹雄, 伊藤 嘉基, 前田 弘文, “モジュール化による配管検査ロボットの小型化”, 日本機械学会第 44 回学生員卒業研究発表講演会講演前刷集, 613 (2014).
- (6) 前田 弘文, 河村 拓弥, 藤田 和友, 伊藤 嘉基, 佐々木 俊一, 後藤 幹雄, “配管検査ロボットに関する研究開発 -第 1 報: 小型化のための試作機設計-”, 弓削商船高等専門学校紀要第 36 号 (2014), pp.79~82.
- (7) 前田 弘文, 伊藤 嘉基, 佐々木 俊一, 後藤 幹雄, “配管検査ロボットに関する研究開発 -第 2 報: メンテナンス向上のための試作機設計-”, 弓削商船高等専門学校紀要第 37 号 (2015), pp.75~79.