

自律型小型配管検査ロボットの開発

Development of autonomous small piping inspection robot

○学 山上 敏諒 (弓削商船), 伊藤 嘉基 (弓削商船), ◎生 前田 弘文 (弓削商船)

Toshiaki YAMAGAMI, 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 46 万 [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] 以上になっている. 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, 実際に管内を調査する作業は人が行うには過酷であり, 調査範囲も広大である. そこで, 近年ではロボットを用いた調査が活発に行われている. ところが, これらのロボット調査にも問題があり, 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⁾, 小型で持ち運びが容易な配管検査ロボットの開発を行ってきた^{(3)~(7)}. 本論文では, 配管検査ロボットを実現する上で必要となる機能について述べる. また, 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る.

2. システム構成

配管検査ロボットを実現する上で, 最低限以下の機能を必要とする.

- ・ 走行のためのモータ制御
- ・ 配管内を照らすライト調整
- ・ 状態を示すための LED 表示
- ・ 遠隔操作のための通信機能

しかし, 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.

次に, 表 1 の機能を実現するためのハードウェア構成を図 1 に示す. 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)

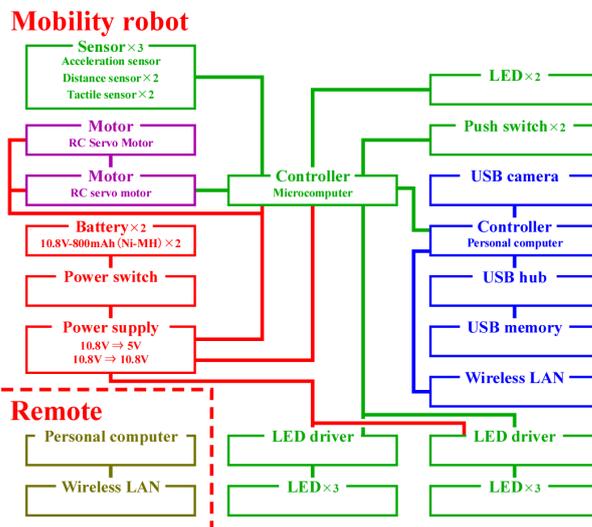


Fig. 1 Hardware configuration.

3. ハードウェア部

これまで表1の機能を実現するために、配管検査ロボットの改良を重ねてきた。その結果、表1の機能を実現した配管検査ロボットの開発に成功した(図2)。



Fig. 2 Autonomous pipe inspection robot.

また、最新の配管検査ロボットでは、メンテナンス性を高めるために、ハードウェアを以下の8つに分類し、モジュール化を行った(図3)。

- ・本体ユニット
- ・フロントユニット
- ・リアユニット
- ・カメラ制御ユニット
- ・駆動制御ユニット
- ・ギアユニット
- ・タイヤユニット
- ・バッテリー

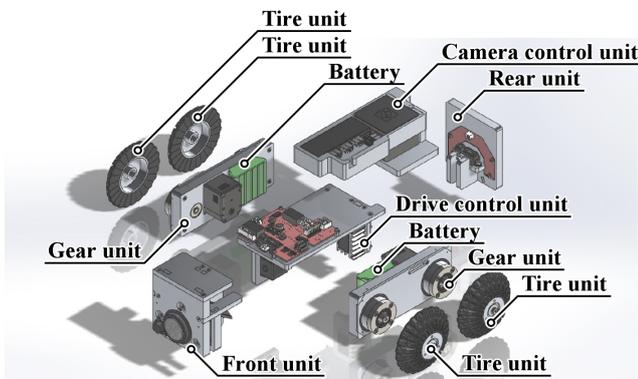


Fig. 3 Hardware modularity (except for the body unit).

4. ソフトウェア部

駆動系制御用基板についても、これまで多くの改良を重ねてきた。CPUは、モータのアナログ通信制御(PWM)からデジタル通信制御(ICS3.5)への移行にともない、H8/3052FからSH7125Fへ変更した。なお、駆動系制御用基板は外部に設けられた組み込みPCからのコマンドによって制御されている。

組み込まれたSH7125Fは、コマンド命令にตอบสนองするためにSCIの受信割り込みによって随時監視を行っている。また、コマンド命令を受信した際、コマンド命令に対応した制御を行うとともに、LCDにコマンドデータを表示し(非表示可)、確認データをPC側へ返信している。

駆動系制御用基板は外部に設けられた組み込みPCからのコマンドによって制御されており、図4に示すように、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。

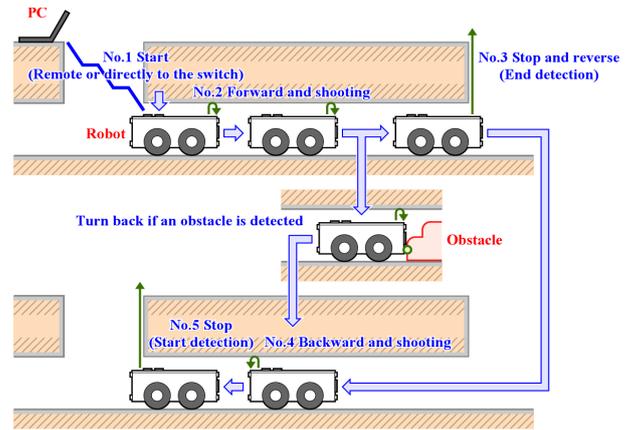


Fig. 4 Sequence of actions.

5. 結言

本論文では、配管検査ロボットを実現する上で必要となる機能を示すとともに、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。

今後の課題としては、まず最初に直進制御の評価をより正確に行い、更なる改良を行っていく予定である。そこで以下の3つを目前の課題とする。

- ・直進制御の軌跡を正確に計測するための装置を開発する。
- ・開発した装置を用いて、転倒時などの管内軌跡を計測し、解析する。
- ・直進制御の評価を踏まえて、より良い制御方式を提案し、検証実験を経て最適な制御を導き出す。

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.