

配管検査ロボットに関する研究開発

—第3報：実用化のための試作機設計—

前田 弘文*・伊藤 嘉基**・佐々木 俊一***・後藤 幹雄***

Research and development about a piping inspection robot

—Report 3: Prototype design for practical use—

Hirofumi Maeda* , Yoshiki Ito** , Toshikazu Sasaki*** , Mikio Goto***

Abstract

This paper describes the design about the piping inspection robot of a trial production. Since we had the know-how of the developed rescue robot, we were able to make the small prototype. And carrying became easy. Moreover, this robot has many characteristic, such as a order printed circuit board and an experimental production tire. Furthermore, maintainability etc. are improving by modularizing on an hardware level.

1. 結 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2-1に示す機能を実現しなければならない。

次に、表2-1の機能を実現するためのハードウェア構成を図2-1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。

*情報工学科

**技術支援センター

***株式会社カンツール

また、図 2-1 の配管検査ロボットのハードウェアは、図 2-2 に示すように 3 つのシステムに区分することでそれぞれの制御を分散している。

表 2-1 搭載機能

	走行機能	映像機能
主機能	<ul style="list-style-type: none"> 走行機能 <ul style="list-style-type: none"> - 前進 - 後進 - 直進制御 検知機能 <ul style="list-style-type: none"> - 障害物検知 - 始点終点検知 	<ul style="list-style-type: none"> カメラ制御機能 <ul style="list-style-type: none"> - 動画撮影 - 動画保存 (MJPEG出力) カメラ調整機能 <ul style="list-style-type: none"> - ライト調整
副機能	<ul style="list-style-type: none"> 電源機能 <ul style="list-style-type: none"> - 電源ON - 電源OFF 通信機能 <ul style="list-style-type: none"> - 開始 - 終了 表示機能 <ul style="list-style-type: none"> - バッテリ残量 - 電源 - 通信 回収機能 防水機能 	<ul style="list-style-type: none"> 外部保存機能 (USB出力)

3. ハードウェア部

これまで表 2-1 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 (図 3-1~図 3-3)。

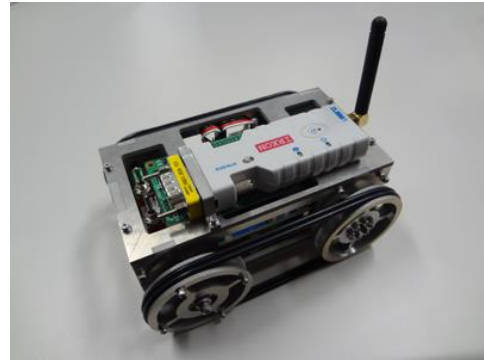


図 3-1 配管検査ロボット Ver.1.00

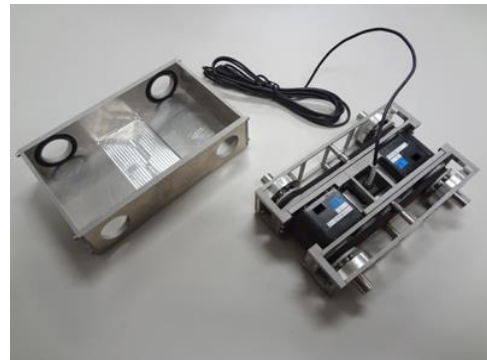


図 3-2 配管検査ロボット Ver.3.00



図 3-3 配管検査ロボット Ver.3.10

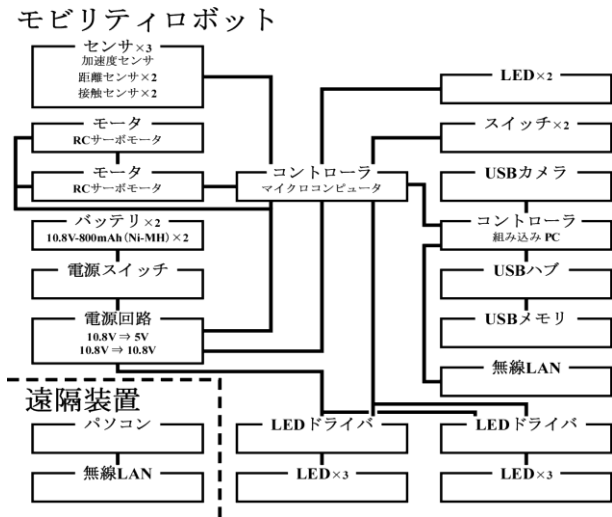


図 2-1 ハードウェア構成

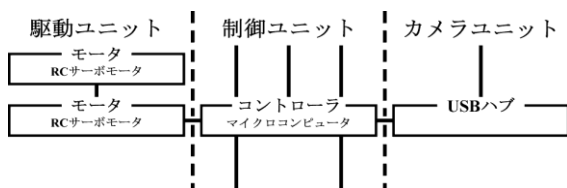


図 2-2 ハードウェアのモジュール化

その結果、表 2-1 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 3-4)。

配管検査ロボットに関する研究
 ー第3報：実用化のための試作機設計ー



図 3-4 配管検査ロボット Ver.4.00

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 3-5)。

- ・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

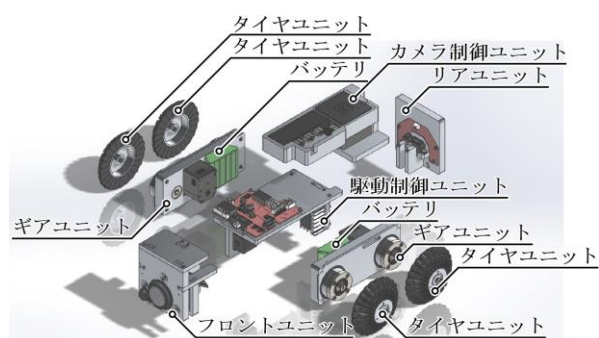


図 3-5 ハードウェアのモジュール化

次に、配管検査ロボットに使用する近藤科学株式会社製 KRS-4034HV ICS を図 3-6 に示す。KRS-4034HV ICS はロボット専用の RC サーボモータで、通信規格 ICS3.5 を使用することで、デジタル通信によるコマンド指令が可能となる。その結果、通信時に発生するノイズをカットすることができるだけでなく、モータパラメータなどの細かい設定を行うこともできる。また、モータの速度フィードバックや位置フィードバックを行うことが可能で、今

回は速度フィードバックに設定することで、車輪の駆動部として使用している。

RC サーボモータは、元々ラジオコントローラに使用される目的で開発されたものである。そのため、モータ内に制御基板やモータドライバが内蔵されたコンパクトな作りとなっており、モータそのものがモジュールとして機能する。また、PC から KRS-4034 HV ICS への速度指令と速度の関係は図 3-7 で示すリミットを含んだ一次式のグラフ (実測値) となっており、非常に扱いやすい。



図 3-6 KRS-4034HV ICS

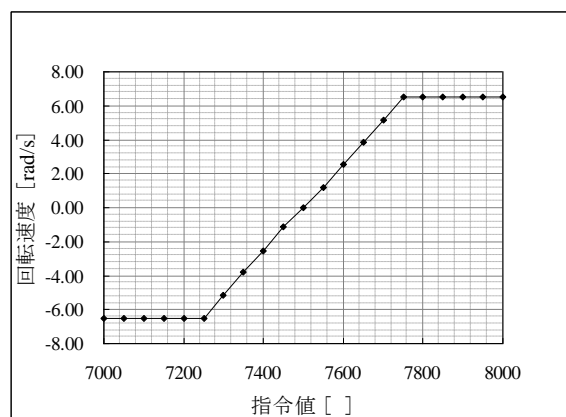


図 3-7 KRS-4034HV ICS のモータ特性

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 (図 4-1~図 4-3)。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。



図 4-1 Ver.1.00 用駆動系制御基板



図 4-2 Ver.3.10 用駆動系制御基板

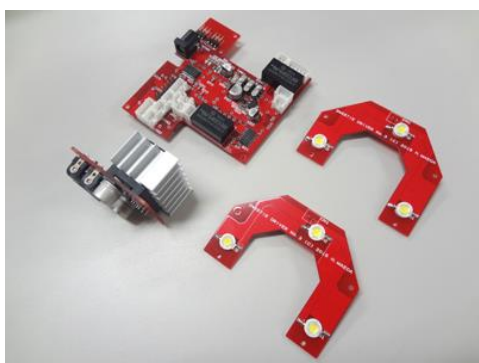


図 4-3 Ver.4.00 用駆動系制御基板

組み込まれた SH7125F は、コマンド命令に応答するために 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。

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について述べた。今後は、直進制御の評価を正確に行うとともに、その制御方式の改良を行っていく予定である。

参考文献

- [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, p.123~124, (2011)
- [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, pp.48~53, (2012)
- [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), pp.1297~1300, (2013)
- [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, pp.79~82, (2014)
- [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, pp.75~79, (2015)