

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—

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 2: Prototype design for maintenance improvement—

Hirofumi Maeda* , Yoshiki Ito** , Toshikazu Sasaki***
and 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. 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42万[km]、下水処理場数約2,100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9,000[km]以上になっている。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り、メンテナンス性が悪い上、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]~[6]}、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^{[4]~[7]}。本論文では、配管検査ロボットを小型化するためにあたって、メンテナンス性を損なわないための駆

動部のモジュール化とタイヤの試作について述べる。

2. システム構成

配管検査ロボットのシステム構成を行う上で、以下の機能が最低限必要となる。

- ・走行のモータ制御
- ・カメラ位置調整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

なお最終的には、カメラ機能等を含め図2-1に示す機能を実現する予定である。

*情報工学科

**技術支援センター

***株式会社カンツール

	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(MPEG出力) カメラ調整機能 <ul style="list-style-type: none"> ライト調整 カメラ位置
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"> バッテリー残量 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)

図 2-1 搭載機能

次に図 2-2 にハードウェア構成図を示す。

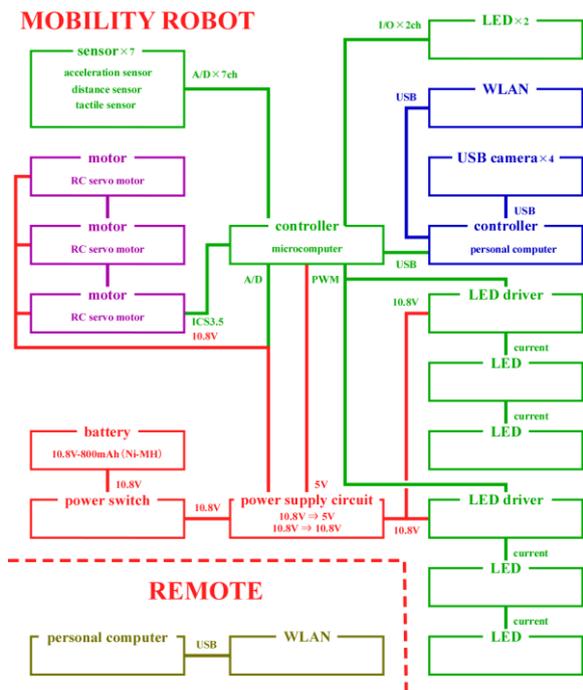


図 2-2 ハードウェア構成

配管検査ロボットの走行制御にはマイコンを使用し、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)を使用する。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 LCD・LED 制御, PWM と LED ドライバによる照明用 LED 調整などが可能である。また, 図 2-2 の配管検査ロボットのハードウェアは, 図 2-3 に示すように 3 つのモジュールに分けることで制御を分散する。以下にハードウェア部とソフトウェア部, および試作タイ

ヤについて述べる。

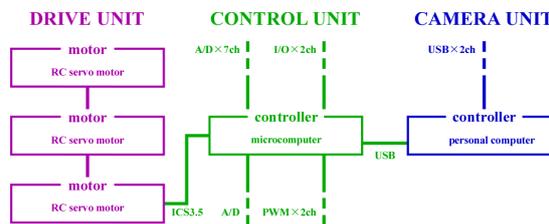


図 2-3 ハードウェアのモジュール化

3. ハードウェア部

ハードウェアにおいて, メンテナンス性を高めるためには, 故障の際に交換する必要がある最小ユニット単位でモジュール化することが望ましい。そこで, 駆動部において以下の 4 種類でモジュール化を行った(図 3-1)。

- ・ RC サーボモータ
- ・ 加速度センサユニット
- ・ ギアボックスユニット
- ・ 本体ケース



図 3-1 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 3-2 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により通信時に発生するノイズをカットするだけでなく, 様々な動作や設定を行うことができる。また速度フィードバックと位置フィードバックが可能で, 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も使用できる。RC サーボモータは, 元々ラジコン用として使用されているモータで, モータ内に制御基板やモータド

配管検査ロボットに関する研究
 ー第2報：メンテナンス向上のための試作機設計ー

ライバも内蔵したコンパクトな作りとなっている。そのため、このモータそのものがモジュールとして機能し、電源・グラウンド・信号線を繋ぐだけで即座に使用できる。



図 3-2 RC サーボモータ (KRS-4034HV ICS)

さらに ICS-USB アダプター-HS を使用して、PC から KRS-4034HV ICS へ直接速度フィードバック指令を送信したときのモータ特性を図 3-3 に示す。図 3-3 から分るように特性は 1 次式でリミットがあり、非常に使いやすいものとなっている。

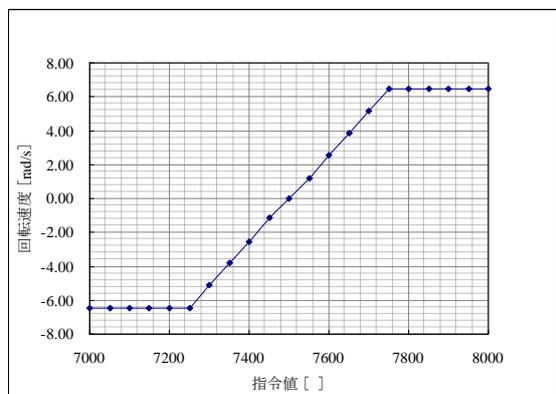


図 3-3 モータ特性 (KRS-4034HV ICS)

4. ソフトウェア部

図 4-1 に製作した制御部を示す。制御には近藤科学株式会社が提供する専用制御基板 KCB-1 を使用しており、図 2-1 に示した LCD やセンサ、モータなどの制御が可能である。

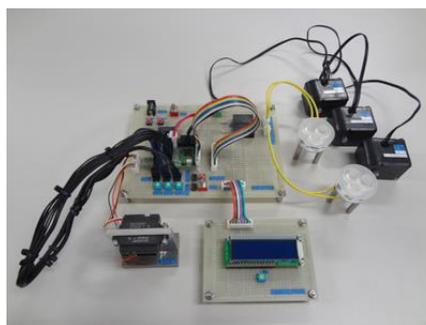


図 4-1 制御部 (KCB-1)

ただし、KCB-1 はすでに販売停止となっている。また、今後より複雑な制御を行っていくためには CPU の性能を上げる必要がある。そこで、CPU を SH7125F に変更して回路の再設計が可能かテストを行った。図 4-2 に SH7125F を使用したテスト基板を示し、プログラムのフローチャートを図 4-3、図 4-4 に、通信プロトコルのパターンを図 4-5 に示す。なお、SH7125F は外部からのコマンド命令によって制御される。

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後、コマンド命令に対応した制御を行い、LCD にコマンドデータを表示した後、確認データを PC 側へ送信している。テストの動作の結果、図 4-1 の KCB-1 と同様の機能が実現できることが確認できた。

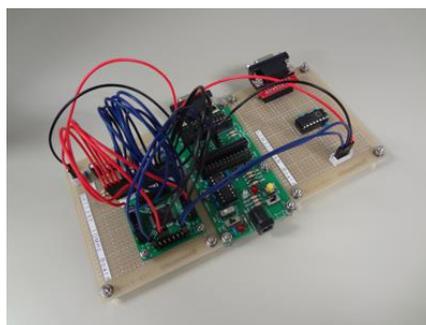


図 4-2 テスト基板 (SH7125F)



図 4-3 フローチャート(メイン)



図 4-6 搭載用制御基板(SH7125F)

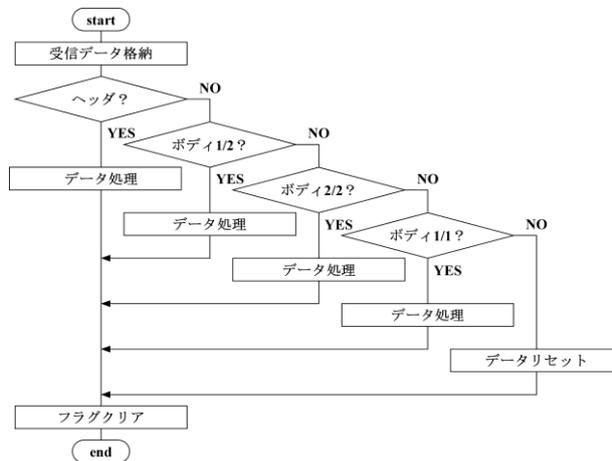


図 4-4 フローチャート(受信割り込み)

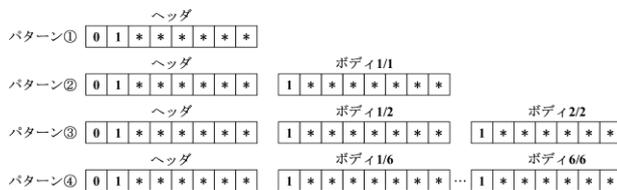


図 4-5 通信プロトコルパターン

最後に、テストを経て作成した搭載用制御基板を 図 4-6 に示す。

5. 試作タイヤ

共同研究先では現在製品の配管検査ロボット用として直径 150 [mm] と直径 200 [mm] のタイヤしか用意されていない。そこで、直径 100 [mm] に対応するタイヤの試作を行った。

タイヤを試作するにあたっては材料としてウレタンゴムを使用することから、タイヤの型が必要となる。また、今回作成するタイヤは、図 5-1 に示すように、形状が複雑なため機械加工だけで製作することが困難である。そこで、以下の工程を経て型の製作を行った。

- ①基本となる部品の製作
- ②基本となる部品の複製
- ③基本となる部品を張り合わせて、型のベースを作成
- ④型のベースへの追加工



図 5-1 試作タイヤの 3D モデル

6. 結 言

本研究では、配管検査ロボットを小型するための

モジュール化について、システム構成とハードウェアのモジュール化について述べた。また、独自開発した制御基板や試作タイヤについても述べた。今後は、その有効性を検証する必要があるとともに、さらなるシステムのコンパクト化とメンテナンス性の向上を行っていく予定である。

参考文献

- [1] 石井 良典, 大坪 義一, 小林 滋, 小林 泰弘, 山本 祥弘, 梅田 栄, 海藻 敬之, 前田 弘文, 高森 年, 田所 諭: 閉鎖空間内探索ロボットのための遠隔操縦システムの開発, 第 11 回システムインテグレーション部門講演会 (SI2010), pp.1238~1241, (2010)
- [2] 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)
- [3] 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)
- [4] 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)
- [5] 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)
- [6] 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)
- [7] 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)