

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—

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****

Research and development about a piping inspection robot

—Report 1: Prototype design for a miniaturization—

Hirofumi Maeda* , Takuya Kawamura* , Kazutomo Fujita** ,
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 wheel which consists of five-sheet structure. Furthermore, maintainability etc. are improving by modularizing on an electric 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。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]~[4]}、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いる。

本発表では、試作初号機ということで、直径150[mm]以上の管内探査が可能なモビリティロボットの設計と基本システムの構築を行った。以下にその詳細を示す。

2. システム構成

モビリティ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 **Figure 2-1** に示す機能を実現する予定である。

次に **Figure 2-2** にハードウェア構成図を示す。なお、色が薄い部分については、ハードウェア未実装のもので、回路上は動作可能な状態となっている。

*情報工学科

**生産システム工学専攻

***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) |

Fig. 2-1 搭載機能

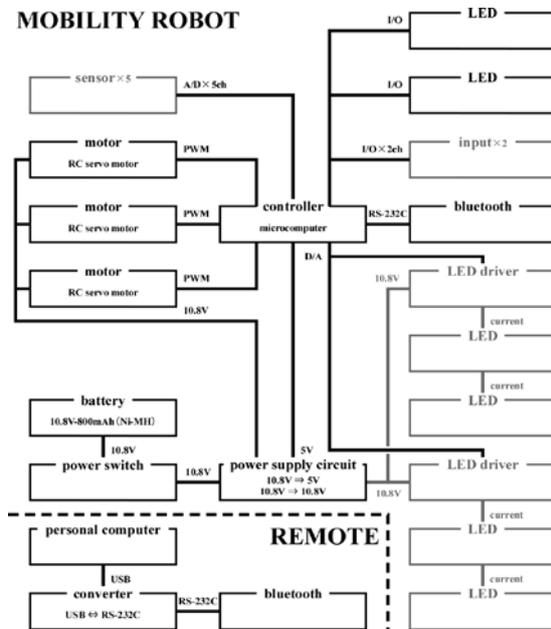


Fig. 2-2 ハードウェア構成

モビリティロボットはマイコンを用いて制御を行う。モータにはRCサーボモータを使用し、PWMによって制御する。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LED制御、D/A変換によるLED調整が可能である。

また通信には、シリアル通信(RS-232C)を用い、Bluetooth変換器を使用することで無線化している。なお遠隔装置については、試作機ということでPCを直接使用している。

3. モビリティロボットの外装

Figure 3-1に3DCADソフト(SolidWorks)で設計

したモビリティロボットを示す。次に、分解組立図をFigure 3-2に示す。

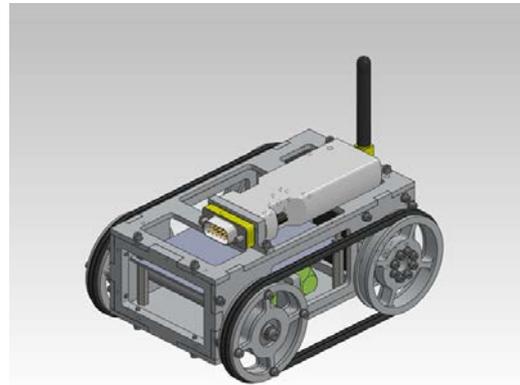


Fig. 3-1 モビリティロボットの斜視投影図

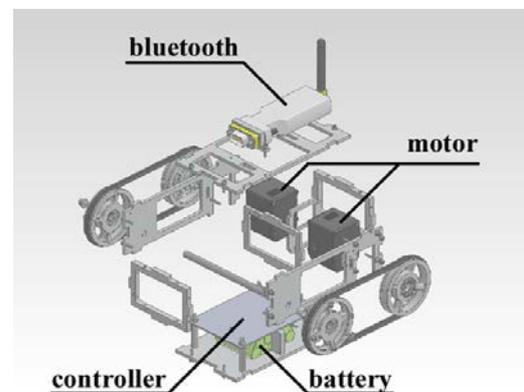


Fig. 3-2 モビリティロボットの分解組立図

本体部の外装は全てはめあいによる位置の精度出しを行っており、今回は防水を考慮していないことから軽量化を図っている。なおサイズは、111.4 [mm] (W)×151.2 [mm] (D)×122.6 [mm] (H) (アンテナ収納時 78.1 [mm] (H))となっており、直径150 [mm]の管内も探査が可能となっている(Figure 3-3)。

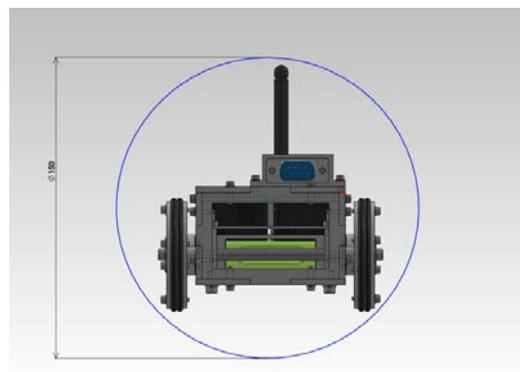


Fig. 3-3 モビリティロボットの正面図

次に前輪, 後輪の分解組立図を **Figure 3-4** と **Figure 3-5** に示す.

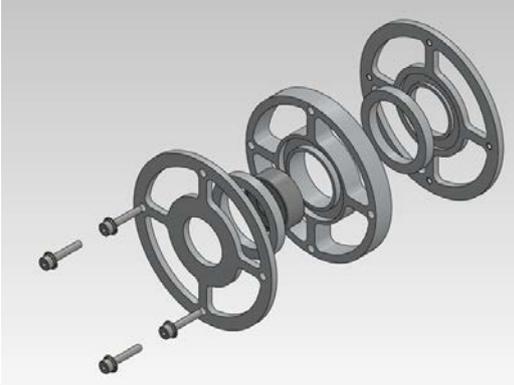


Fig. 3-4 モビリティロボット前輪の分解組立図

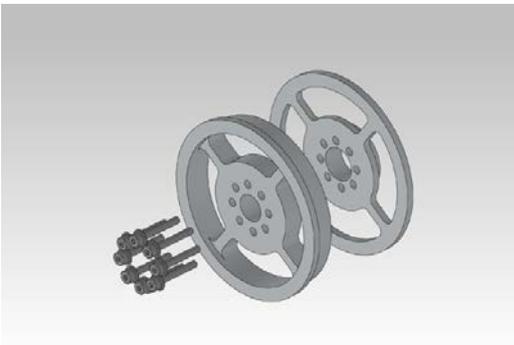


Fig. 3-5 モビリティロボット後輪の分解組立図

前輪は5層構造で2層目と4層目のリングをはめ込むことによって, 位置決め精度を保障している. また後輪については, ベアリングを使用していないため, 2つの部品のはめあいにて位置決め精度を保障している.

4. モビリティロボットの電装

Fig. 2-2 のハードウェア構成を基に作成したテスト基盤を **Figure 4-1** に示す.

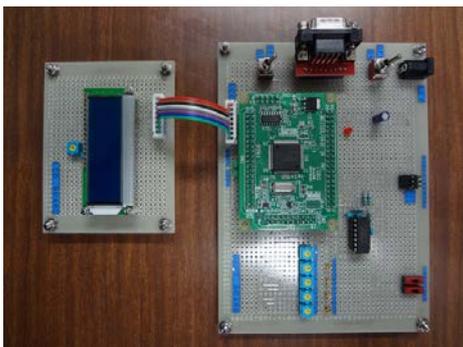


Fig. 4-1 テスト基板

次に実装基板を **Figure 4-2** に示す. 制御には株式会社秋月電子通商製の AKI-H8/3052F を使用している. また, チャタリング防止にはシュミットトリガーを用いている.

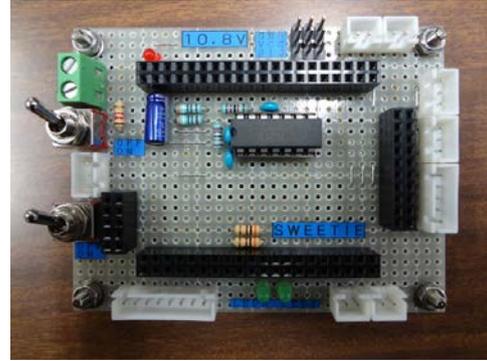


Fig. 4-2 実装基板

5. RC サーボモータのモータ特性

今回使用した近藤科学株式会社製 KRS-4034HV ICS のモータ特性を **Figure 5-1** に示す. Fig. 5-1 は, 同社の ICS-USB アダプターHS を使用して, モータの回転数を測定した結果である.

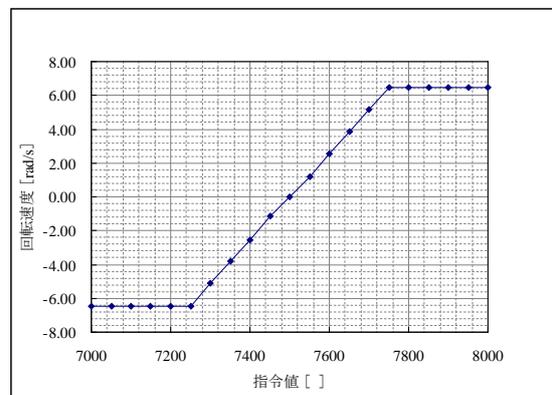


Fig. 5-1 モータ特性

6. 制御アルゴリズム

今回作成したプログラムのフローチャートを **Figure 6-1** ~ **Figure 6-2** に示す. AKI H8/3052F は外部からのコマンド命令によって制御される.

AKI H8/3052F 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う. 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, 確認データを送信する.



Fig. 6-1 フローチャート(メイン)

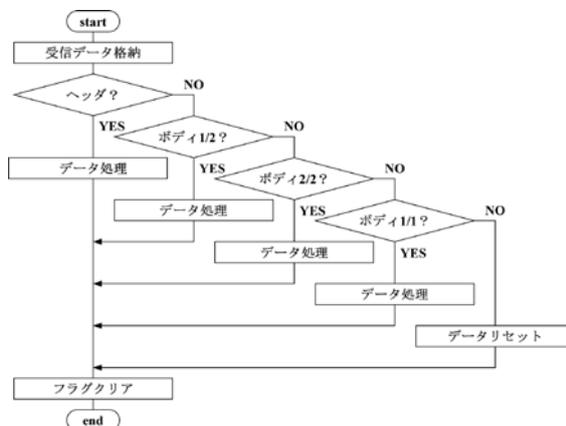


Fig. 6-2 フローチャート(受信割り込み)

7. 配管検査ロボット

Figure 7-1 に実際に製作したモビリティロボットを示す。本モビリティロボットは、Fig. 2-2 に示したように PC を使用して、直接コマンド命令を送信することで制御する。また、狭隘空間内で最高速度 173 [mm/sec] (速度重視のモータ交換時は、最高速度 368 [mm/sec]) を実現できることを確認した。



Fig. 7-1 製作実機

8. 結 言

本研究では、小型で持ち運びが容易な配管検査ロボットののための試作機のシステム構成と実機の詳細について述べた。結果、以下の 5 つのことについて行った。

- 駆動部分の基本的なシステム構築を行った。
- Bluetooth による通信を確立した。
- RC サーボモータのモータ特性の実測を行った。
- 通信フォーマットを確立し、プログラム処理のためのアルゴリズムを確立した。
- 実機による基本動作確認を行った。

今後は実用化に向けて、以下の 5 つについて研究開発を行っていく予定である。

- 回路の改善とモータ配置の変更により、コンパクト化・軽量化を行う。
- 遠隔操作のための小型操縦機を作成する。
- 検査のための動画撮影用のカメラおよび制御部分を構築する。
- 管内での転倒を防止するための直進制御を追加する。
- 汚水等からロボットを保護するための防水機能を追加する。

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)