

# レスキューロボット ReBo 4 号機の開発

## Development of a Rescue Robot ReBo fourth Type

吉見 圭司<sup>+</sup>, 平野 慎也<sup>++</sup>, 加藤 厚生<sup>+++</sup>

Keiji YOSHIMI, sinya HIRANO, atsuo KATO

**Abstract:** Recent years, many disasters that depend on the great earthquakes were reported in our country. Thus we have been developing rescue robots using to search victim in collapsed building. Even the third type rescue robot we have developed and achieved some basic motions. As the next step we are developing fourth type rescue robot, it aims to more miniaturization and multifunction. We achieved about forty percent size down, and it can easily install many types of sensors for searching victim by using dsPIC for the controller.

### 1. はじめに

#### 1.1 研究背景

世界の地震の 1 割は日本周辺で発生する。日本は世界有数の地震災害大国である。記憶に新しい地震災害では、1995 年の阪神淡路大震災、2004 年の新潟中越地震がある。また、近年発生が高い確立で予想されている東南海・南海地震がある。阪神淡路大震災では 6435 人の死者を出し、これまでの災害への対策が不十分であり、さらに高度な災害対策の必要性を示した。このことから、文部科学省は 2002 年より大都市大災害軽減化特別プロジェクトを開始した。このプロジェクトでは、過去の大地震にて人命探索における情報収集の重要性が示された結果、「レスキューロボット等次世代防災基盤技術の開発」という課題が示され、レスキュー活動の役割別に 4 項目に分けられた。(1)上空からの情報収集,(2)瓦礫内からの情報収集,(3)瓦礫上からの情報収集,(4)広域情報収集のためのインフラ確保の 4 項目であり、それぞれ災害地での情報収集を目的としている。我々の研究室では(2)瓦礫内からの情報収集に注目し、探索型レスキューロボットの開発を目指した。<sup>1)2)</sup>

探索型レスキューロボットは、連結型と非連結型に大別される。その中でも駆動方法によって車輪型、クローラ型、その他に連結型では関節駆動型がある。本研究室では小型・軽量、故障時の修理の簡素化を考慮し、連結型の関節駆動型ロボットについて研究を始めた。

#### 1.2 研究目的

本研究の目的は、これまで研究を進めてきたレスキューロボット ReBo の 4 号機の開発である。4 号機では、災害現場における様々な可能性に対応しうる多機能性と、さらなる小型化を目指した。

### 2. レスキューロボット

#### 2.1 レスキューロボット ReBo 1 号機

開発を始めたレスキューロボットのコンセプトとして、複数連結することで一つのロボットになるユニット構造であること。ユニット単体でも動作可能なように、1 ユニット内に駆動関節、制御用コントローラ、バッテリーを内蔵すること。前進後退、方向転換動作が可能なることを挙げた。

これらを元に設計・開発した、レスキューロボット ReBo 1 号機を図 1 に示す。1 ユニット当たり体長 130mm、直径 100mm の円柱形状をなし、重量 400g である。サーボモータは、ピッチ軸方向の屈曲関節と長軸回り関節とした。ReBo 1 号機では前進後退移動は可能であったが、

---

<sup>+</sup> 愛知工業大学 大学院 工学研究科(豊田市)  
<sup>++</sup> (独)理化学研究所 パイオ・ミメティック  
コントロール研究センター(名古屋市)  
<sup>+++</sup> 愛知工業大学 工学科 機械学科(豊田市)

方向転換で問題が生じた。



図 1 レスキューロボット ReBo 1 号機

## 2.2 レスキューロボット ReBo 2 号機

方向転換の問題を踏まえ、さらなる小型・軽量化を目指し ReBo 2 号機的设计・開発を行った。1 ユニット当たり体長 160mm, 直径 88mm, 重量 300g と小型・軽量化に成功した。(図 2) またサーボモータの配置をピッチ軸・ヨー軸方向の屈曲関節とすることで巡回移動が可能となり、方向転換に成功した。

しかし ReBo 2 号機での動作実験の結果、地面との接地面積が小さく摩擦による推進力が得にくい、移動時の姿勢の安定性が悪い、有線で操作しているため移動範囲が限定される等の問題点を明らかになった。

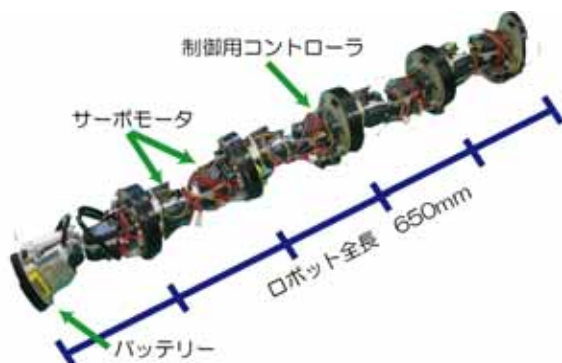


図 2 レスキューロボット ReBo 2 号機

## 2.3 レスキューロボット ReBo 3 号機

これまで通りユニット構造を基本とし、ReBo 2 号機の問題点を改善すべく ReBo 3 号機的设计・開発を行った。

地面との接地面積を大きくし安定性を向上するために、ユニット形状を円筒形状から直方体にした。1 ユニット当たり縦横 65mm, 長さ 100mm, 重量 500g である。形状を直方体にしたことで安定した動作も可能となり、前進後退移動、巡回移動、横移動に成功した。また有線通信から無線通信にするために、無線通信ユニットを開

発した。これによりロボット単体での自律活動が可能となった。(図 3) しかし動作実験の結果、サーボモータの過負荷による破損が問題点として浮かび上がった。

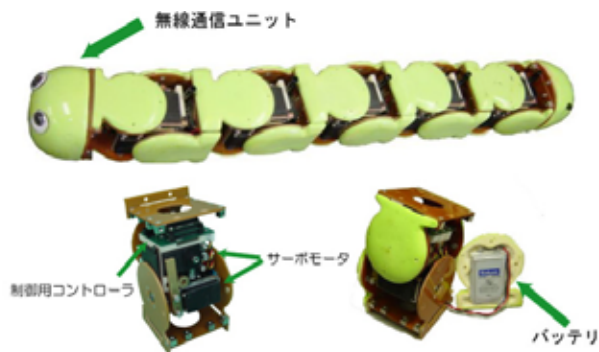


図 3 レスキューロボット ReBo 3 号機

## 3. レスキューロボット ReBo 4 号機

### 3.1 構造

ReBo 4 号機では、ReBo 3 号機での経験を生かした設計を行った。これまでと同様にモータはピッチ軸・ヨー軸方向に配置した。またユニット幅に対しユニット長を 2 倍とし、2 個の屈曲関節のオフセットをユニット長の 1/2 とした。1 ユニット当たり縦横 48mm, 長さ 98mm となった。モータをサーボモータからステッピングモータにし、過負荷による破損を回避した。制御用コントローラには Microchip 社の dsPIC を選定した。dsPIC はマイコン機能と DSP 機能を併せ持っており、人命探索で使用するセンサ類を容易に搭載できるようになると考えたからである。ReBo 4 号機の結合時の CAD イメージを図 4 に示す。



図 4 ReBo 4 号機 CAD イメージ図

### 3.2 制御システム

本稿では dsPIC 評価ボード(図 5)を使い、ステッピングモータのモータドライバ(図 6)を試作し、ReBo 4 号機の移動動作制御を行った。



図 5 dsPIC 評価ボード

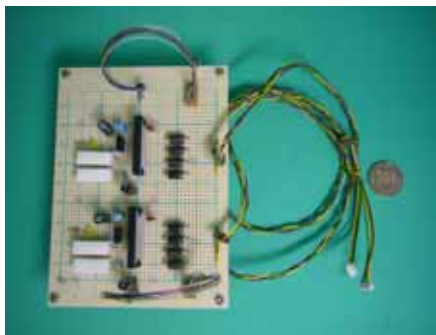


図 6 モータドライバ回路

モータの制御には、励磁方法の中で最も高い出力トルクを得ることが出来る 2 相励磁を用いた。dsPIC によりパルス信号をドライバ回路に出力し、ドライバ回路によって整形・分配し、増幅した信号をステッピングモータに与え動作させた。

### 3.3 移動原理

ReBo 4 号機は、車輪やクローラなどの移動機構を持たずに、体節をくねらせ体節中に進行波を作り出すことによって発生する地面との摩擦を利用して移動する。車輪やクローラを移動機構として持たないことから、スペースが省略でき小型化できること及び、ロボットがいかなる姿勢にあり、環境と接する面があれば移動が可能であるという利点からである。

図 7 にユニット間のデータフローを示す。あるユニット  $i$  では、隣り合うユニット  $i+1, i-1$  の内部発振機の位相  $\phi_{i+1}, \phi_{i-1}$  を取得する。ユニット  $i$  の場合、この共有メモリから得られた位相  $\phi_{i-1}$  と、あらかじめ与えておいたユニット間の位相差  $D_i$  から位相  $\phi_i$  を計算することができる。ユニットを連結した時、各ユニットのモータは、地面と水平方向と垂直方向に配置されている。モータの水平方向の目標角度  $\theta_{yi}$  と、垂直方向の目標角度  $\theta_{pi}$  は、

式(1), (2), (3)を用いて計算する。

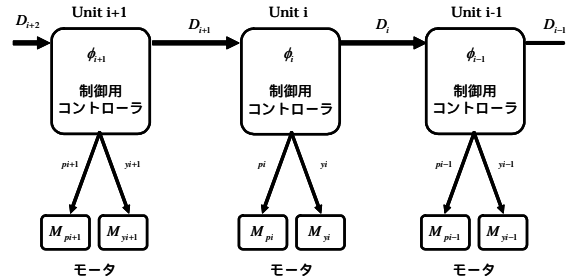


図 7 ユニット間データフロー

$$\phi_i = \phi_{i-1} + D_i \quad (1)$$

$$\theta_{pi} = A_{mp} \sin(\omega t + \phi_i) \quad (2)$$

$$\theta_{yi} = A_{my} \sin(\omega t + \phi_i + \phi_{yi}) \quad (3)$$

$i (i=1, 2, 3 \dots n)$  はユニット番号,  $A_{mp} \cdot A_{my}$  はピッチ・ヨー各軸の最大関節角度,  $\phi_{yi}$  はユニット内関節間の位相差,  $\theta_{yi} \cdot \theta_{pi}$  の 1 周期の時間である。

隣り合うユニット間の位相差が  $180^\circ$  の時、隣接するユニットは完全に正反対の動きをし、ロボット全体に定在波を発生してその場で屈曲運動をするので、推進に寄与する摩擦力を発生することなく推進力を生じない。しかし、位相差  $D_i$  を減らしていくと次第に進行波へ移行し推進力が生まれ、前進移動ができる。前進移動時はヨー方向の関節は必要ないので  $V_{mp} = 0$  にした。

### 4. 動作実験

動作実験には駆動ユニット(図 8)を 3 つ連結したものをを用いた。外部の dsPIC 評価ボードとモータドライバを使用し直進移動動作を行った。動作の信号は式(2)を使い、垂直方向の関節角度  $\theta_{pi}$  を求め運動指令とした。横方向の動きはないので水平方向の関節角度は 0 とした。

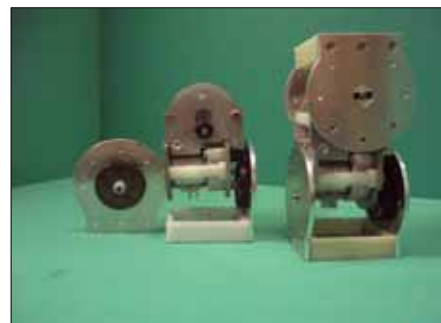


図 8 4 号機駆動ユニット

直進移動動作を図 9 に示す。



図 9 直進移動動作

## 7. 結論

本研究では、被災地での瓦礫内人命探索ロボットの開発を進め、より実用性と小型化を目指したレスキューロボット ReBo 4 号機的设计・開発に努めた。その結果、ロボット本体が完成し、1 ユニットが長さ 9.8cm、縦・横 6.2cm の直方体となり 3 号機と比べ約 38% の小型化に成

功した。また外付け回路を用いてはいるが直進移動動作に成功した。

## 参考文献

- 1) 田所 諭, 大須賀 公一, 天野 久徳: “レスキューロボット” 日本ロボット学会誌 Vol19 No.6, pp.9-12, 2001.
- 2) 田所 諭: “レスキューシステムにおけるシステムインテグレーション” 計測自動制御学会誌 Vol44 No.11, p765-770, 2005.

(受理 平成 19 年 3 月 19 日)