207 多脚全方位車輪型レスキューロボットの移動方式の検討

Locomotion method of a rescue robot with multi-legs and omni-directional wheels

○学 藤谷 剛 (未来大院) 正 三上 貞芳 (未来大)

正 中村 尚彦 (函館高専) 正 浜 克己 (函館高専)

Tsuyoshi FUJIYA, Future University Hakodate, 116-2 Kamedanakano-cho, Hakodate, Hokkaido

Sadayoshi MIKAMI, Future University Hakodate

Takahiko NAKAMURA, Hakodate National College of Technology

Katsumi HAMA, Hakodate National College of Technology

Key Words: Rescue Robot, Multi Legs, Omni-directional Wheels

1. 緒言

日本は、4枚のプレート上に位置する世界的にも地震の多い国である。近年災害の増加に伴い、災害地で活動できるロボットのニーズが増加しており、実際に様々なレスキューロボットが研究・開発されている^[1]。

これらのレスキューロボットは不整地移動に特化したものである。しかし、実際の現場での作業を想定すると、不整地以外にも現場に到着するまでの道のりや倒壊家屋内部での整地移動も想定される。その場合、不整地移動機構のみを搭載した移動機構では移動効率が悪いと考えられる。

これらの背景から本研究の目的は不整地移動機構と整地を走行する整地移動機構を兼ね備えたレスキューロボットシステムの開発を行うことである。これにより災害現場での探索・捜索活動を効率化することが可能となる。

この目的のもと、これまでは1号機としてオムニホイール車輪を用いた全方位移動が可能な整地移動機構と、接地点が多く安定的に歩行が可能な6脚を使用した不整地移動機構の2つの機構を持ったレスキューロボットの製作を行った^[2]。

設計指針として、本体重量4(kg)以下・乗り越え可能な段差100(mm)を目標とし製作を行った。このロボットを用いて、整地でのオムニホイールを用いた全方位移動と不整地での6脚を用いたトライポッド歩容での移動実験を行った。その結果オムニホイールでの全方位移動は行うことができ、トライポッド歩容が有効であることも判明したが、脚での移動は50(mm)程度の段差しか超えることができなかった。これはバッテリーなどの交換に伴い重量が6.3(kg)にまで増加してしまったことがあげられる。本稿ではこれらの課題を解決するべく新たに設計を行った2号機と、その2号機を使用して行った移動実験から得られた新たな課題について分析するとともに新しく提案する移動方法について述べることとする。

2. レスキューロボットシステム

Fig.1 に今回提案したレスキューロボットのシステムを、Fig.2 に実際に設計製作したレスキューロボットの2号機を示す。システムはロボット側と操作者側に大分される。操作者は無線通信を通して、ロボットに搭載されたカメラから送られてくる映像を確認しながらロボットを直感的に操作することができる。また、操作用のインターフェイスとしても方向操作用のジョイスティックと各種ボタンによって構成される一般的なゲームコントローラを採用しているため操作をより容易なものとしている。

本システムの最大の特徴は、操作者が現場の状況を確認しながら整地移動モードと不整地移動モードを任意に切り替え

て操作することができる点である。これにより整地ではオムニホイール車輪を用いた全方位移動、不整地では脚を用いたトライポッド歩容による移動、というように整地と不整地で役割を分担することができ移動の効率化が期待できる。結果として災害現場における迅速な捜索活動が可能となる。

また、ガスセンサや温度センサ、放射線センサなどのセンサを搭載することで災害現場の環境情報を取得することが可能になる。これらの情報をもた無線通信によって操作者のPCへと転送され画面上で確認することができる。この機能により現場で実際に人が救出活動する際の事前の準備や対策もより迅速に行うことができるようになる。

Fig.1 Rescue Robot System

Fig.2 Rescue Robot ver2

3. 移動方法

3. 1. 整地移動

整地では移動効率を上昇させるために自由な方向へ移動することができるというコンセプトを掲げ設計製作を行った。そこでオムニホイールを利用し、任意の回転半径で全方位移動を可能とした。Fig. 3 に全方位移動部を下から見た図を、Fig. 4 にオムニホイール車輪移動時のレスキューロボット全体図を示す。全方位移動部は 1 号機での検証の結果、2 輪のオムニホイールを 120 度毎に 3 方位に配置する機構で十分に全方位移動が実現可能であることが分かった。そのため、オムニホイールやモータ、ギアボックスなどの部品構成は 1 号機と同じとした。また、モータの再選定・肉抜き加工などを行うことにより約 0.6(kg)の軽量化も行うことができた。

このオムニホイールを用いた全方位移動機構を使用して、1 号機と同様に全方位へ移動できるかどうか検証実験を行った。その結果、その場回転を含む任意の方向、回転角での移動が円滑に行われることが確認できた。

Fig. 3 Omni-directional wheels part

Fig. 4 Omni-directional wheel mode

3. 2. 不整地移動

移動機構としては Fig. 2 に示したように接地点が多く安定して歩行可能である 6 脚を採用し、移動方法としては効率的に歩行できるトライポッド歩容を採用することとした。これは 1 号機でも採用しており、検証実験において 6 脚でのトライポッド歩容における不整地歩行も確認済みである。

2 号機では 1 号機の 2 倍の約 200 (mm) まで立ち上がって歩行できるように設計を行った。こちらの機構に対しても 1 号機と同様にトライポッド歩容で移動を行う実験を行った。

その結果、新しい機構を用いて約 200 (mm) 立ち上がった後に、トライポッド歩容で脚と脚の間の方向である 6 方位に直線的に移動することができた。

4. 移動方法における課題

整地移動時に使用するオムニホイール車輪を用いた全方位移動部については重量的な課題は残ったものの、移動方法については十分に有効であることが判明した。脚移動についても新しい機構でのトライポッド歩容が有効であることが分かった。しかし現在の移動アルゴリズムでは直線移動のみしか行うことができない。これでは目標地点までの移動経路が 6 方位の直線の組み合わせでしか表現することができないため、滑らかな旋回や小回りができない問題点がある。

5. 任意の瞬間回転中心を実現する 6 脚歩容

本研究で製作しているレスキューロボットではひとつの脚に、脚を横に振るための揺動関節が一つと脚を上下に移動させるために膝関節が 2 つの計 3 個の関節が備わっている。この関節のうち、膝を上下に移動させるための 2 つの関節は、不整地を移動する際に一つ一つの脚の高さを調整するために使用する。つまりこの関節は地形に依存してしまうため新しい歩容を行う際に使用するのには難しい。しかし、揺動関節については脚を前後に振るだけの動作しか行なわないため地形に影響されないという特徴を持っている。

そこで、本研究では新たな旋回歩容としてこの揺動関節のみを用いた旋回歩容を提案した。旋回歩容とはその名前の通りにある瞬間に瞬間回転中心と瞬間回転半径を持って旋回しながら移動する方法である。一步あたりの歩容の様子を以下の Fig. 5 に示す。基本的にはトライポッド歩容に差動車輪の考え方を適用して、進行方向に対して左右の脚で歩幅に差を作ることによって旋回を行う。具体的には、ある瞬間の回転中心に対して各脚が作り出すことのできる旋回角 θ を算出し、それらの中で一番小さいものを各脚の揺動角として適用する。これにより、その場回転と直進を含めた任意の瞬間回転中心に対する脚移動が可能となり、脚を利用した小回りや、なめらかな移動により、災害現場での移動およびモニタリングが円滑に行える。

Fig. 5 Circular Gait

6. 結言

脚と車輪を有する小型のレスキュー向け移動ロボットを提案し、試作により脚・車輪ともに十分な移動能力を持つことを確認した。オムニホイールと同様な任意方向の回転を 6 脚トライポッド歩容で実現する方法として、脚の揺動運動のみを用いた旋回歩容という制御方式を提案した。

今後は旋回歩容の実機実装と検証をすすめ、脚・車輪をシームレスに移動継続できる実用的なロボットを目指したい。

参考文献

- [1] 嶋田晋, 大野和則, レスキューロボット-災害救助支援システムの現状と今後-, 日本ロボット学会誌 28 巻 2 号, p1, 2010
- [2] 藤谷剛, 中村尚彦, 浜克己, 多脚全方位車輪型レスキューロボットの提案, 第 41 回学生員卒業研究発表講演会, p143-p144, 2012