狭隘瓦礫空間内をスムーズに移動する内部繰り出し式人命探査ホース

Drawn-out Type Hose Robot Moving into the Narrow Rubble Space for Search & Rescue

正 塚越秀行(東工大) ○学 吉柳一郎(東工大)
大沼宏陽(東工大) 正 北川能 (東工大)

Hideyuki Tsukagoshi, Ichiro Kiryu, Hiroharu Onuma, Ato Kitagawa
Tokyo Institute of Technology Mechanical and Control System

As approaching for the victims in the disaster, there has been normally used the fiber scopes. But when searching deeply inside the rubble there increases the grinding friction between the rubble and the scope, therefore there has been demanded on the way of searching into 5m depth of the rubble.

In this paper, the author designs the mechanism which can run into the rubble without the grinding friction and also can control the direction along the complex rubble environment. At the first step, the author suggests "Drawn-out type Hose Robot" and reports the drawn-out motion of going straight and curving.

Key Words: Rescue, Rubble, Search

1. 緒言

災害で倒壊家屋の下敷きになった要救助者、および列車事故などの交通網の突発的事故で大破した重量車体の下敷きになった要救助者には、長時間重量物に挟まれた人の救出直後に生じるクラッシュ症候群の危険性をともなう。その対応策として、救出前の水の供給・血液イオン濃度の調整・点滴・輸血など必要性が指摘されている。しかし、狭隘空間に挟まれた要救出者へのアプローチそのものが困難なため、医師が活動できる範囲内しか上記対応ができなかった^[1]。

そこで、さらに深淵部に挟まれた要救助者への対応策として、筆者らは水の供給や投薬などをがれきの外部から行える移動機能を備えたホースの開発を目指してきた^[2]。その開発研究により、凹凸瓦礫面との摺動摩擦を極力低減しながらホースを移動する技術が、上記目的に不可欠な課題であることがみえてきた。一方、外周部との摩擦をせずに直進伸展のみ可能なホースは提案されているものの^[3]、Fig.1.1のような狭隘環境では能動的に方向操舵を行いながら、隙間をかいぐって伸展できるホースの開発が不可避である。

本研究では、その第一段階として摺動摩擦を低減する"繰り出しホースロボット"を提案する。さらにこのロボットの挙動について考察を行う。

Fig.1.1 Feature of Hose Robot

2. 繰り出しホース機構

2.1 基本原理

下図のようにボディ内側より新しいボディを外側に繰り出すことにより、周辺瓦礫とボディとの摺れを起こさずボディ

を成長させることで前進できると考えられる。このため摺動摩擦を 0 近くに抑えることができ、複雑な瓦礫環境の奥深くまでロボットを進入することができると考えられる。

Fig.2.1 Figure of Drawn-out

2.2 直進方法

2.1 節で述べた原理を熱処理にて扁平したウレタン製チューブ(以下扁平チューブ)で応用することを考えた。扁平チューブ

Fig.2.2 Flat Tube

Fig.2.3 Feature of Bent Flat Tube

Fig.2.4 Figure of Drawn-out Robot with Air Pressure

は180°に折り曲げて片側より圧をかけると、チューブは膨らみ座屈点において力が発生する性質がある(Fig.2.3). そこで180°に曲げた扁平チューブ2本を張り合わせて繰り出しホースを構成し、チューブ端より空気圧を印加することで、推進及び繰り出し動作を行えると考えられる(Fig.2.4).

2.3 湾曲方法

湾曲は2本の扁平チューブの空気圧を調整することで行う. また、任意点において湾曲動作を行うために、繰り出しボデ

Fig.2.5 Cross Section of Drawn-out Robot

Fig.2.6 Figure of Drawn-out Robot Curving

ィ内側ではボディが柔軟性を保ち、ボディ外側では剛性を保つような状態にすることを考えた. その結果湾曲動作において、湾曲外側ボディを繰り出すとその部分のボディが剛性を持つため湾曲形状が保存される. その後直進動作を行うと、それまでの湾曲した形状を保持したまま直進繰り出しを行うことができると考えられる(Fig2.6). 上記のボディ特性を実現する手段として、ボディとチューブを下図のように構成した(Fig.2.5). さらに金具(クリップ)をチューブ長手方向に対して一定間隔ごとに取り付ける(Fig.2.6). これにより空気圧のかかったボディ外側では膨張した扁平チューブに金具が食い込むため扁平チューブとボディが固定され剛性が保たれる. 一方でボディ内側ではボディ先端部のチューブ座屈点で空気圧がシャットアウトされるためチューブは膨張しない. そのため布ボディとチューブは固定されず柔軟性が保たれると考えられる.

3. 試作した繰り出しホース

製作した繰り出しホース機構の以下に示す.

(a) whole view

(b) front view

(c) side view

Fig.3.1 Outline of Drawn-out Robot

Table.3.1 Specification of Drawn-out Robot

ロボットの全長	1.0m
チューブ	ウレタン製扁平チューブ (幅 20mm) ×2 本 (内φ 10 外φ 12 ウレタンチューブを扁平)
最大印加空気圧	0.5MPa
金具間隔	25mm-35mm
使用ボディ	サテン地の布

4. 挙動試験

4.1 繰り出し推進力測定試験

一本の扁平チューブの折り曲げ推進力をフォースゲージで測定した(Fig.4.1). そのときの実測値と理論値を下記グラフに示す.

理論推進力は印加空気圧[MPa]とチューブ有効断面積[mm²]の積で求めることができ, 有効断面積はチューブ断面が真円状のときの値とした($5 \times 5 \times \pi$ [mm²]) .

Fig.4.1 Feature of Thrust Force Experiment

Fig.4.2 Bent Tube Thrust Force

上図のとおり実測値は理論値のおよそ 40-50%に収まっており, 印加空気圧と折り曲げ推進力は線形関係である. 実測値と理論値が異なる理由は, 加圧時の扁平チューブ断面は真円状ではなく楕円状になっており有効断面積が小さくなるためと考えられる.

4.2 直線動作及び湾曲動作試験

繰り出しロボットの2つの扁平チューブの空気圧を調整し, ロボットを直進形状及びクランク形状の挙動をさせた様子を以下に示す.

Fig.4.3 Straight Motion of Drawn-out Robot

Fig.4.4 Curve Motion of Drawn-out Robot

4.3 まとめ

繰り出し動作における直進や湾曲といった基本的な動作は行うことができた. また 1.0m長さ繰り出すのに直進動作は 4 秒かかったのに対して湾曲動作は最低 40 秒かかった. この直進と湾曲の速度の違いについて以下のように考察できる.

- ・湾曲時は 2 つのチューブのうち片方の空気圧を低下させなければならないため, 推進力が低下する.
- ・ボディの湾曲によるチューブの摩擦が増大する.

5. 結言

本研究では複雑な瓦礫環境内を低い摺動摩擦で進むことができる繰り出しホース機構を提案した. 提案した方式はボディ内側より新しいボディを外側に繰り出すことにより, ボディ成長型の前進を行うものである. 提案機構により, 直線動作及び湾曲動作(2 次元上のみ)を行いながら, 目標方向を制御して伸展できることを確認した. 今後は 3 次元湾曲を考慮した摺動摩擦低減機構を考案し実践する予定である.

参考文献

- [1] 朝日新聞朝刊 2005 年 5 月 26 日 36 面“ 現場医療 命の綱”
- [2] A.Kitagawa, H.Tsukagoshi, M.Igarashi, “Development of Active Hose with a Small Diameter for Search and Life-prolongation of Victims,” Journal of Robotics and Mechatronics, 15-5, 474/481(2003)
- [3] 三島, 青木, 広瀬: “ 狭隘環境内探索用空圧伸展アームの開発” SI2002, 49~50(2002)