完全気密なクローラベルトを持つ柔軟変形移動体の開発 —折紙理論を用いたクローラベルトの設計—

Development of flexible mobile robot with closed type crawler belt

-Design of crawler belt by theory of "Origami"-

佐藤 滉太 ○正 青木 岳史 (千葉工大)

Kouta SATO, Chiba Institute of Technology

Takeshi AOKI, Chiba Institute of Technology

Many crawler vehicles for rescue use have been researched so far. In the near future, if this type of research is to advance to the next stage, experiments in realistic environments are necessary. Particularly, dustproof and waterproof capabilities are necessary to operate in a real environment. This paper describes proposal of the high strength retractable skin and development of the closed type crawler vehicle covered by it.

Key Words: High Strength Retractable Skin, Crawler Vehicle, Mono Track

1. 緒言

レスキューロボットなどの実環境でロボットを活用する場合、防塵防水機能は必要不可欠な機能である。特に災害救助支援などを行う場合、崩壊した建物の中に侵入し被災者を探索・救出するためには、多様な瓦礫の中を移動しなければならない。保護皮膜により全体を包む方式はそれらの瓦礫が可動部に侵入し動作できなくなることを防ぐのに有効な手段であると考えられる。また機体の内部に液体などの流体が侵入することを防止し、内部の損傷を防ぐことが出来る。しかし、従来のクローラベルトには柔軟性がないため複雑な形状の機構を保護することは難しい。そこで本研究は、柔軟なクローラベルトを使用し機体全体を包むことで気密性を確保し移動することが出来る「Slug Crawler vehicle : SCV」の開発を目的とする。

2. 先行研究のコンセプトと試作

Fig.1 に示す SCV は、円柱状の中央プーリに柔軟なベルトを巻き、それを内側から 2 つの先端プーリによって押し広げ、ひし形となるところまで変形させた形状である。この機構の特徴は、機械的な摺動箇所がない状態でクローラベルトが回転する事ができるので外部からの異物の侵入を防ぐことが出来る。ベルトの中央(最長部)には周長が一定になるように伸縮しないトラクションベルトを設け、これを前後のプーリで回すことによって駆動する。また、前後のプーリを左右同じ方向に動作させることによりトラクションベルトで円弧軌道を形成し、旋回が可能となる。このコンセプトを基に試作機を作成し有用性の検証を行った。検証を行った結果走破性能は十分に発揮することが出来た[1]。しかし、ステアリング動作を繰り返すと、本体と外皮を接続しているトラクションベルトがガイドローラから滑落してしまい動作不能となった。また、外皮は取り付け方法と中央の駆動プーリから左右の受動

Fig.1 SCV I [1]

輪へ駆動力を伝達する際の効率に問題があったため、外皮の構造と取り付け方法の改善が必要であった。以上の問題点とカメラを搭載するための内容量の確保や段差などの障害物の踏破がよりしやすくなるように試作機の改良を行った。

3. 内部機構の改良

3.1 ガイドローラの改良

Fig.2 左図に示すように試作機ではガイドローラの溝が浅く数が少なかったため、連続した旋回動作を行うとトラクションベルトがガイドローラから滑落してしまう問題があった。そこでトラクションベルトの滑落を防ぐため、Fig.2 右図に示すように溝を深くし両側からガイドローラで円筒状のトラクションベルトをはさむ構造にし、把持能力を向上させた。

Fig.2 Guide Roller

3.2 先端屈曲機構の追加

試作機では駆動プーリの半径程度の段差までしか踏破することができなかった。そこで前方の先端プーリの中心を地面から高さ 200[mm]まで持ち上げる機構を取り付ける事により踏破性を向上させた。しかし、駆動プーリを持ち上げる事により機体の周長がトラクションベルトの周長よりも小さくなってしまったため、周長が変化しないようテンションを取り付けた (Fig.3)。

Fig.3 Circumference

4. 外皮の改良

4.1 外皮の取り付け

試作機の外皮は筒状の伸縮性のない薄いゴムにゴム紐を取り付け収縮させているため、一体で製作されていた。Fig.4はSCV1の収縮率を示しており、中心のトラクションベルトから受動輪にかけて徐々に収縮させている。しかし受動輪部分は40[%]収縮させているため外皮の約6割が余ってしまう。そのため収縮させるのではなく基本形状が円錐のものを使用し、内部機構の左右から被せ、Fig.5に示すように中央のトラクションベルトで結合する。

Fig.4 Flexible Crawler Belt

Fig.5 Traction belt

4.2 折紙理論の導入

これまでの外皮は伸縮性のない薄いゴムの内側からゴムひもで引っ張ることで収縮させていた。しかし、この方法では中央の駆動プーリのトルクを左右の受動輪まで効率よく伝達することができない。また、旋回動作を行うとき駆動プーリを左右に屈曲させトラクションベルトで円弧を形成しているが、この状態を維持するためにはゴムひもの収縮する力を抑えて置かなければならず、負荷が大きい。そこで駆動力の伝達と旋回時の負荷を考慮した外皮として Fig.6 に示す円錐殻という折り紙の折り方[2]を採用した。この折り方を採用した理由としては基本形状が円錐殻なので両側から取り付ける際に形状変形させることなく取り付けることができる。また、円錐殻の折れ線が中央の駆動プーリから左右の受動輪まで一直線につながっているので効率よく受動輪を回すことができる。また、円錐角は収縮しないため旋回時の負荷になることがなく、効率よく稼働させることができる。今回は試作として Fig.7 に示す外径：480[mm]、内径：195[mm]、角数：12角形、段数：4段のものを製作した。

Fig.6 design of Crawler belt

Fig.7 Conical Crawler Belt

5. 動作実験

Fig.8にSCV IIの全体図とTable1に仕様を示す。新たに設計製作した外皮の有用性を確認するため動作実験を行った。

動作実験の様子を Fig.9 に示す。動作実験では駆動プーリにより外皮を回転させ直進動作を行うことができた。また、旋回動作を行うための左右への屈曲機構と先端を持ち上げる屈曲機構の可動を確認することができた。しかし旋回動作を行うためにトラクションベルトで円弧を形成した際にマジックテープが剥がれてしまった。円錐殻の円錐形を楕円形に変形させているため外皮を回転させた時に円錐角の折れ目が歪み、駆動時の負荷となってしまう。段差乗り越えは先端が段差に乗り上げた時に受動輪が浮いてしまい機体が傾き転倒してしまった。

Fig.8 SCV II

Fig.9 SCV II Experiment

Table 1 Specification of SCV II

Length	650[mm]
Width	450[mm]
Height	200[mm]
Mass	8700[g]
Capacity	4864[mm ³]

6. 結言

先行研究である SCV I の内部機構と外皮の問題点を解決するため、解決方法の提案と SCV II の試作を行った。また試作した機体の動作検証を行い基本的な動作の確認ができた。しかし、旋回動作と段差乗り越え動作は行うことができなかった。この原因として内部機構の形状と外皮の形状と接続方法に問題があることが確認できた。

今後は外皮の形状と接続部の検討、内部機構の形状の変更を行う予定である。

文 献

- [1] 青木, 狩野: "柔軟変形クローラ移動体の開発", Robomec2011, 1P1-J15, 2011
- [2] 野島 武敏, 折りたたみ可能な円錐殻の創製, 日本機械学会論文集. C 編 66(647), pp. 2463-2469, 2000