

# Choreonoid を用いた仮想災害現場における 探査ロボットの動作シミュレーション -油圧アクチュエータを用いたレスキューロボットの 操作シミュレーション機能の開発と評価-

○学 田 淵 裕也 (近畿大学), 学 木村優佑 (近畿大学), 正 大坪義一 (近畿大学)

## Motion simulation of search robot in virtual disaster field using Choreonoid -Development and evaluation of operation simulation function of rescue robot with hydraulic actuator-

○ Yuya TABUCHI (Kindai University), Yusuke KIMURA (Kindai University),  
正 Yoshikazu OHTSUBO (近畿大学)

Abstract : In this paper, we describe the development and evaluation method of the operation simulation function of the rescue robot with a hydraulic actuator using choreonoid. In this research, we will improve the hydraulic robot model currently being developed in the laboratory, and the WRS (World Robot Summit) Pre-tournament held in October 2018. The problem given in the disaster response and the recovery challenge of the tunnel accident was made to be able to be achieved. Also, since the rescue robot is required for quick work, the development of the operation function so that it can be carried out quickly each problem. As a result, the function of each mechanism was able to be confirmed and work efficiency was improved on choreonoid.

### 1. 緒言

災害直後の被災地では建造物の倒壊や火災などの危険が多く、二次災害を引き起こす危険性が高い。そのため、人が救助活動を行うとその人自身が要救助者に陥るケースも考えられる。そこで、人に代わり探査を行うレスキューロボットの開発が行われてきた [1, 2]。しかし、オペレータがレスキューロボットの操作機能を十分活用するためには多くの訓練時間が必要である。しかし、実際に実機を用いて訓練を行うとなると、実機の台数分の人数しか訓練ができず、時間効率が悪く訓練時間が多くなると考えられる。また操作訓練中による実機の破損などがおこると、その間訓練はできなくなる。このような要因から操作訓練不足が想定される。またレスキューロボットの作業環境は災害の影響により複雑であり、また災害現場によってその環境は異なるため、災害現場の環境を実際に用意して訓練を行うことは困難である。そこで、仮想災害現場での探査行動のシミュレーションを行う研究が盛んに行われている [3]。更に、2018 年 10 月に経済産業省と国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) が主催する WRS2018 (World Robot Summit) プレ大会 [4] では、「トンネル事故災害対応・復旧チャレンジ」において動力学シミュレータ Choreonoid [5] を用いたシミュレーション競技が開催予定である。

本研究では Choreonoid を用いて現在研究室で開発中の油圧アクチュエータを用いたレスキューロボットモデルの

操作機能の開発を行った。災害現場では、迅速な救助活動が求められるため、それを可能とする操作機能の開発を行い、WRS2018 (World Robot Summit) プレ大会で与えられた課題を達成可能であるか検証を行ったうえで、オペレータの操作能力向上や複数人での操縦訓練の有効性について検証することを目的とする。

### 2. 油圧アクチュエータを用いたロボット

本研究室では油圧アクチュエータを用いた車輪走行型レスキューロボットの開発を行っている。Fig.1 に油圧アクチュエータを用いたレスキューロボットの外観を示す。主な機構は、油圧駆動機構、空気圧可変機構、伸縮機構、重心移動機構の 4 つで構成されている。油圧駆動機構は、片側の走行ユニットを持ち上げることで、階段や障害物を乗り越える事ができる。また伸縮機構によりロボットを最大全長まで伸ばし、重心移動機構により電装ボックスを移動させることにより機体の安定化を図る事ができる。しかし、車輪走行型では不整地を走行する際、タイヤが沈み込みスタックしてしまうなどの欠点がある。これらは、空気圧可変機構を用いてタイヤの空気圧を下げることで、タイヤの接地面を増大させ走行抵抗を大きくしスタックを回避することができる。

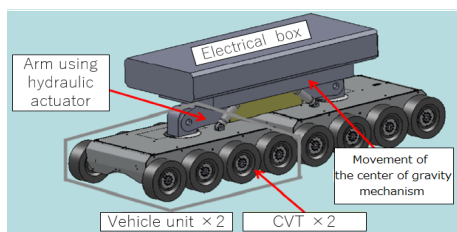


Fig. 1: Overview of robot

### 3. 油圧ロボットモデルの動作実験

#### 3.1 油圧ロボットモデル

Choreonoid 上で再現した油圧ロボットモデルの外観を Fig.2 に示す. 油圧駆動機構, 伸縮機構, 重心移動機構の 3 つの機構を再現することが出来た.

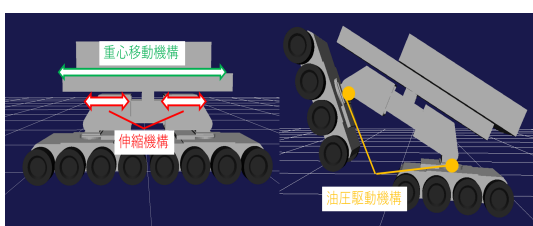


Fig. 2: Overview of robot model

#### 3.2 油圧ロボットの制御方法

本研究室で開発中のレスキューロボットモデルのコントローラは, 各関節に対して PD 制御を用いて制御を行っている. 油圧駆動機構, 伸縮機構, 旋回機構, 重心移動機構の 4 つの機構は, 関節角度を目標値として力を与えるような制御を行っている. 走行機構は速度に対して P 制御を用いて目標の速度を出力するような制御方法としている. コントローラ形式は Choreonoid のサンプル用に設計されたシンプルコントローラ形式を用いておこなっている. 今回は, 昨年コントローラの, 油圧駆動機構, 旋回機構, 走行機構の箇所を修正を行った. 前回の油圧, 旋回の機構部分は, 角速度が大きくなってしまったため動作が速くなり走行しながら旋回動作を行うと急旋回してしまう現象が起きていた. なので, 目標値の値を小さくするために, P ゲイン値を小さくし, また目標値を小さくするようにした. これにより, 旋回などの速度を抑えることができた. また走行機構は速度が最大速度か 0m/s の値しか出力できていなかったため, 任意の位置への移動が困難であった. また, 車体を進行方向を前後切り替える際に最大出力で進行方向を切り替えるため車体が持ち上がり横転の危険性があった. そのため, 目標最大速度を小さくし, また, 操作デバ

イスの操作による速度の大きさを調整できるように変更を行った.

今回実験で使用する操作デバイスの操作配置と動作箇所を Fig.3 に示す.



Fig. 3: Operation Configuration

#### 3.3 シミュレーション環境

今回の実験では Choreonoid に用意されているテストフィールドの WRS2018 のミッション T1 の障害走破の以下の 2 の項目課題を用いて走行テストを行った.

T1-A : 斜度 15 の斜面を交互に組み合わせた障害

T1-B : 斜度 15 の斜面を高さを変えて組み合わせた障害

T1-D : 不整地 (チョコレートワッフル)

これらの外観を Fig.4 に示す.

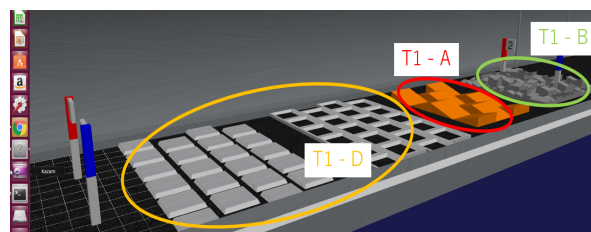


Fig. 4: WRS2018 Test Field

#### 3.4 実験結果

ミッションに用意されている課題ごとに, 5 回挑戦してもらい, 課題遂行時間, 転倒回数, 方向転換のための切り返し回数を測定した. それぞれの課題の 5 回分の課題遂行時間を Table.1, Table.2 に示す. 時間は秒で表記している. また, 横転回数, 切り返し数, それぞれの合計値を Fig.5 から Fig.8 に示す. T1-B の課題は競技時間の 10 分を超えてもできなかったため測定不能とした.

Table. 1: Time of mission complete

T1-A total time(new control)[s]	T1-A total time(old control)[s]
66.72	120.36
81.35	104.85
51.96	110.54
56.52	77.74
44.26	86.1

Table. 2: Time of mission complete

T1-D total time(new control)[s]	T1-D total time(old control)[s]
104.93	152.47
116.43	137.71
126.21	114.7
72.22	95.72
85.32	115.62

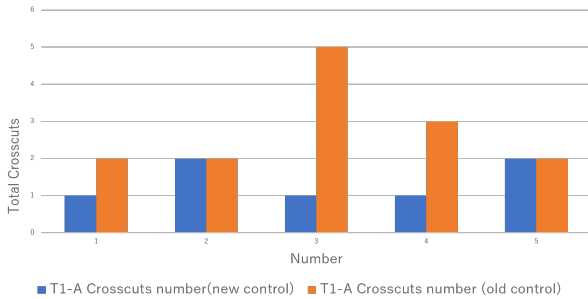


Fig. 5: Total falls of each issue

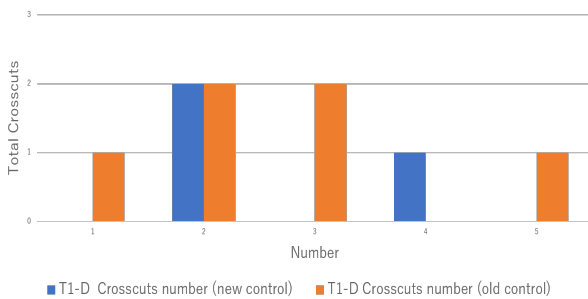


Fig. 6: total Crosscuts of each issue

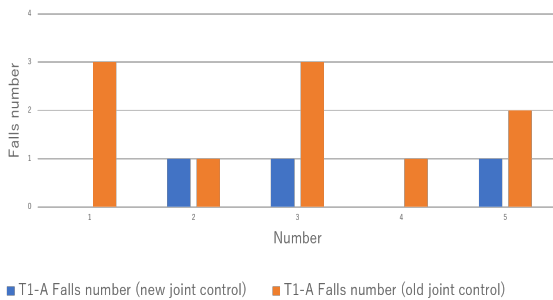


Fig. 7: total Crosscuts of each issue

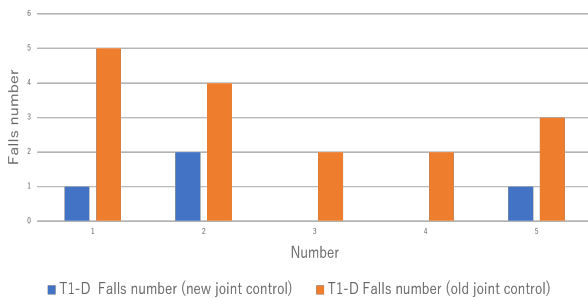


Fig. 8: total Crosscuts of each issue

T1-A, T1-D では、新型のコントローラでの操縦では、繰り返し回数、横転回数を低減することができ、結果的に時間の短縮ができていていることが分かる。一方で旧型では、新型と比べて多いため転倒回数が平均的に、時間を多く費やしている。今回は転倒の際は計測を止め、転倒前からリスタートしているので時間差はさほどないが、実際はリカバリーなどの時間を含めると大きな時間のロスにつながる。これは、操作デバイス操作位置を変更したことで、旋回、車体持ち上げの操作と同時に走行ができるようになったためである。また、旧型のコントローラでは、旋回速度が速く、走行しながら、ロボットを旋回させようとすると急旋回してしまう現象が起きていたが、走行しながらの旋回操作を行えるように修正した。一度は走行時に出力するトルクが最大出力しか出せなかったが、トルクの出力調整ができる事で、ロボットの動きを繊細に動かすことが可能になったからであると考え。しかし、T1-B では課題を遂行することができず、競技時間を超えてしまった。原因は、大きさの異なる傾斜 15 度のブロックが配置されており車体と地面との接地面が少なくバランスを崩して横転してしまうためである。そのため、T1-B に関しては空気圧可変機構を再現し、地面との接地面を増大させて機体の安定を図る必要があると考える。

## 4. 結言

今回は Choreonoid 上で、油圧アクチュエータを用いたレスキューロボットを用いて WRS の各課題の課題遂行の速度、および操作性について検討した。新たに設定したコントローラは、ロボットの最大速度を下げ、また、操作デバイスにより 0 から速度の段階をトリガーボタンの押し込み量で容易に変更が可能で、また、走行ユニットの旋回機構などを同時に操作できるようになった。結果、車体の旋回時の繰り返し回数を低減し、作業時間の短縮ができた。しかし一部課題は課題を遂行することができなかった。モデルで空気圧可変機構が再現がなされておらず不整地の走行に安定性が無いためである。また、時間は短縮できたが競技時間の 1/3 の時間を要している。

## 参考文献

- [1] 小柳栄次, “災害対応ロボット Quince の開発と課題”, 工業教育資料 (340), 8-13, 2011-11
- [2] 森村 章一, 大野 和則, 田所 諭, “クローラ型レスキューロボットの半自律制御システムの開発”: 上り段差におけるフリッパーアーム制御則の検討”, ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2006, 2P2-D16

- [3] ジャパンバーチャルロボティクスチャレンジ,  
<http://www.jvrc.org/>, 2018, 9月14日確認
- [4] World Robot Summit,  
<http://worldrobotsummit.org/wrc2018/disaster/>,  
2018, 9月14日確認
- [5] Choreonoid, <http://choreonoid.org/ja/about.html>,  
2018, 9月14日確認