

# 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モデル化 と操作シミュレーション環境の構築—

○学 尾崎 智一 (近畿大), 正 大坪 義一 (近畿大)

### Motion simulation of search robot in virtual disaster field using Choreonoid — Modeling of rescue robot with hydraulic actuator and construction of motion simulation environment —

○ Tomokazu OZAKI (Kindai University), and Yoshikazu OHTSUBO (Kindai University)

Abstract : This paper describes a construction of model of developed rescue robot with hydraulic actuator on the Choreonoid. The Choreonoid is a dynamics simulation software that is developed by National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST). We have constructed the main mechanisms of rescue robot, vehicle unit, arm with hydraulic actuator, balance keeping mechanism, ITPC (Inner Tube Pressure Control). As a result, the function of those mechanism is verified on the 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、人員を派遣しても救助者自身も二次災害を引き起こす可能性がある。そこで、人間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, 3, 4]。しかし、レスキューロボットの操作に慣れるには多くの時間が必要である。またレスキューロボットが活躍する環境は災害現場により異なるため、想定される全ての環境を実際に用意するのは困難である。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 [5, 6, 7]。更に、2020年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) [8] が主催する WRS (World Robot Summit) [9] では、インフラ・災害対応カテゴリー、プラント災害予防チャレンジにおいて動力学シミュレータ Choreonoid [10] を用いたシミュレーション競技が開催が予定されているため、これからもシミュレーションの重要性が増すものと思われる。

本研究では Choreonoid を用いて本研究室で開発している、油圧アクチュエータを用いたレスキューロボットを実機に近いモデルに構築し、災害対応標準性能評価チャレンジ (STM) の課題をこなすことができるかを検証した上で、オペレータの操作能力向上や複数人での操縦訓練を可能に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のモデル構築

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。車輪走行型は砂地などの不整地を走行する際にタイヤが沈み込みスタックしてしまうなど欠点がある。しかし、これを解決するために油圧駆動アームとタイヤ空気圧可変機構の2つの機構を取り入れた。油圧駆動アームはロボットの片側の走行ユニットを持ち上げることで障害物や階段を乗り越えることが可能である。アーム機構には、アクチュエータに油圧シリンダを採用した。油圧アクチュエータは、軽量かつ高出力が得られる。また、階段昇降の際に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カウンタウェイトを移動させることにより機体の安定化を図る。空気圧可変タイヤとはタイヤの空気圧を変えることができ、障害物が少ない平坦な道ではタイヤの空気圧を高くし、車輪の小さい走行抵抗で効率よく走行を行う。不整地では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機構である。

今回、Choreonoid で油圧を用いたレスキューロボットのモデル構築を行った。

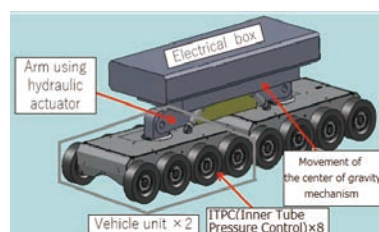


Fig. 1: Overview of robot

## 2.1 走行ユニットのモデル構築

走行ユニットの中心には旋回機構が備わっており、Fig.2のようにロボットの姿勢を変化させ、ステアリングを切ることが可能である。

Fig.3に choreonoid 上に構築した走行ユニットのモデルを示す。走行ユニットモデルの旋回機構には、アームと走行ユニットの間のリンク関節タイプとして revolute を定義している。これにより、この関節は 360° 回転できる回転関節となる。また関節の回転軸を"0 0 1"と指定することで、走行ユニットはヨー軸回転を行うことができる。Fig.4に走行ユニットのステアリング動作を示す。



Fig. 2: Overview of steering

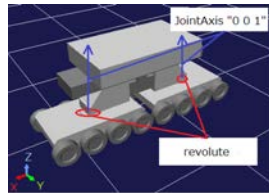


Fig. 3: Definition of steering joint

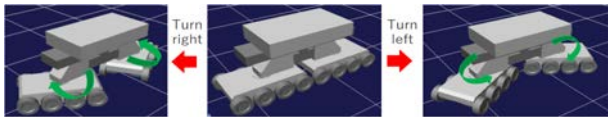


Fig. 4: Transition view of steering operation

## 2.2 重心移動機構・油圧駆動アーム機構のモデル構築

ロボットは、走行ユニット 2 台が油圧駆動アームで連結された構造となっており、片側の車輪を持ち上げることで障害物を乗り越えることができる。重心移動機構はその際、電装 BOX を直動機構により機体の後部へと下がり、重心位置の変更を行う機構である。これによりカウンタウェイトの役割を果たす。Fig.5に障害物踏破時の姿勢を示す。

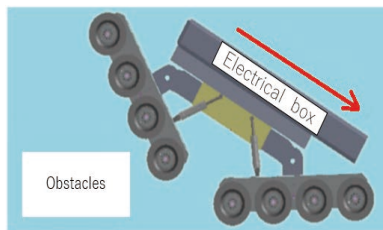


Fig. 5: Schematic view of when robot is climbing on obstacle

Fig.6に構築した重心移動機構モデルを示す。重心移動機構には、電装 BOX との間のリンク関節タイプとして prismatic を定義している。これにより、この関節は直動

関節となり、関節の回転軸を"1 0 0"と指定することで、重心移動機構は X 軸方向に直動する。

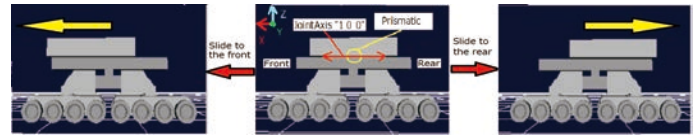


Fig. 6: Transition view of balance keeping mechanism

Fig.7に構築した油圧駆動アーム機構モデルを示す。油圧駆動アーム機構には、走行ユニットと油圧駆動アームの間のリンク関節タイプとして revolute を定義している。これにより、この関節は回転関節となり、関節の回転軸を"0 1 0"と指定することで、油圧駆動アームはピッチ軸方向に回転する。

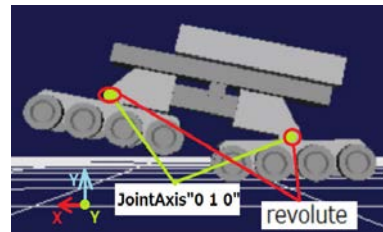


Fig. 7: Definition of hydraulic actuator arm joint

## 2.3 伸縮機構のモデル構築

伸縮機構は、走行ユニット間の距離の伸縮を行う。階段昇降時には全長を長くすることにより安定化を図る。最大伸長時の姿勢を Fig.8 に示す。

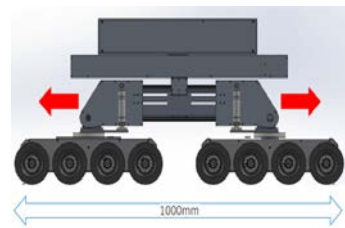


Fig. 8: Schematic view of when robot is extended

## 2.4 空気圧可変タイヤのモデル構築

走行部のタイヤが空気圧可変タイヤとなっており、路面状況によって能動的に空気圧を変えることが可能である。平地においては空気圧の高い状態で効率よく走行し、悪路においては空気圧を下げ設置面積の増大を行い、不整地踏破能力を高める。機構の特徴として、タイヤホイールの変形により、内部のチューブを圧迫することで空気圧の可変を行っている。空気圧可変タイヤ内部機構を Fig.9 に示す。

Fig.10に構築した空気圧可変タイヤのモデルを示す。タイヤ 1 が走行ユニットの子の部品となっており、タイヤ 2

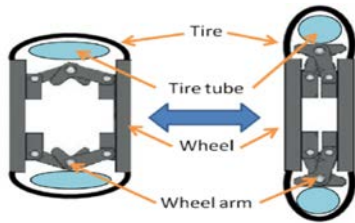


Fig. 9: Transformation of inner tube

はタイヤ 1 の子の部品となっている。タイヤ 1 はタイヤ 2 よりも小さくタイヤ 2 の中に埋もれる形になる。タイヤ 1 とタイヤ 2 の間のリンク関節タイプとして prismatic を定義している。これにより、この関節は直動関節となる。また関節の回転軸を"0 1 0"と指定することで、タイヤ 2 は Y 軸方向に伸縮する。この結果 Fig.11 に示すようにタイヤの接地面積が増え、簡易的な空気圧可変タイヤのモデルとして効果があるか検討する。

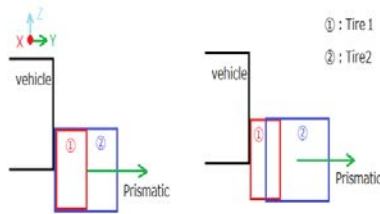


Fig. 10: Transition view of transformation of inner tube model

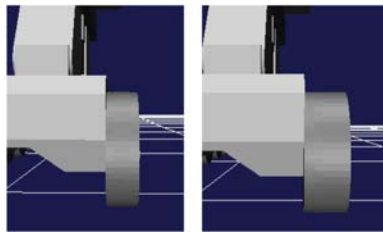


Fig. 11: Transformation of inner tube

### 3. 結言

今回は choreonoid 上で、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の走行ユニット、重心移動機構、油圧駆動アーム機構、重心移動機構、伸縮機構の構築を行った。これら 5 つの機構については目的通りの動作を行えることを確認した。しかし、空気圧可変タイヤでは、実機のように接地面を増大させることができたが、走行抵抗を変化させることができなかった。今後、空気圧可変タイヤを実機同様に走行抵抗を増減させる表現方法を検討していく。また、災害対応標準性能評価チャレンジ (STM) の課題をこなすことができるかの検証を行い、モ

デルとシミュレーション環境の構築の精度を上げることを目指す。

### 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] 極樂地恭平, 八島裕紀, 小林滋, 藤長大祐, 高森年, “レスキューロボット UMRS2010 走行系の設計と性能評価”, 神戸高専研究紀要第 50 号, pp.17 - 22
- [3] 亀川 哲志, 松野 文俊, “遠隔操作性を考慮した双頭ヘビ型レスキューロボット KOHGA の開発”, 日本ロボット学会誌, 2007, 25(7) (通号 179)
- [4] 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
- [5] ジャパンロボティクスチャレンジ, <http://www.jvrc.org/>, 2017, 9 月 30 日確認
- [6] Open Dynamics Engine, <http://www.ode.org/>, 2017, 9 月 30 日確認
- [7] Gazebo, <http://gazebo.org/>, 9 月 30 日確認
- [8] 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), <http://www.nedo.go.jp/>, 2017, 9 月 30 日確認
- [9] World Robot Summit, <http://worldrobotsummit.org>, 2017, 9 月 30 日確認
- [10] Choreonoid, <http://choreonoid.org/ja/about.html>, 2017, 9 月 30 日確認