

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機能の開発と評価—

Motion simulation of search robot in virtual disaster eld using Choreonoid
-Development and evaluation of operational function of rescue robot with hydraulic actuator-

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

Yuya TABUCHI, KINDAI University, Yusuke KIMURA, KINDAI University
Yoshikazu OUTUBO, KINDAI University

This paper shows the development of the operation function of the search and rescue robot using a hydraulic actuator with Choreonoid. In this study, an improved simulation model which is based on the actual developing robot in our laboratory was constructed, and the relationship between the number of meshes in the simulation model and the simulation time was investigated. As the evaluation environment of mobility performance, the field of “Tunnel Accident Disaster Response / Recovery Challenge” of the WRS pre-convention held in October 2018 is used.

Key Words: 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、救助者自身が救助者に陥る危険性がある。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]。しかし、レスキューロボットは上述のような環境下での迅速な作業が求められる。そのため、ロボット操縦者には操作機能を十分活用するために、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、以下の問題点が想定される。

- ・実機の台数分の人数しか訓練できず、時間効率が悪い。
 - ・実機の破損などがおこると、その間訓練ができない。
 - ・災害状況により環境は違うため、実環境を模擬した訓練は困難。
- 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]。また昨年 10 月には、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 [8] の「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[9] を用いたシミュレーション競技が開催された。しかし、シミュレータを用いて模擬訓練を行うには、実環境下における物理的要素の再現性と、計算速度の両立が必要である。

本論文では 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のモデルの作成を行い、モデルのメッシュの分割数の変化によるシミュレータの物理現象に及ぼす影響および操作性の変化について検証を行った。

2 レスキューロボットの概要

2.1 油圧アクチュエータを用いたレスキューロボット

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。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 Fig1, ロボット諸元を Table1 に示す。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 つである。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き、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で機体の安定化を図ることができる。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。そこで、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、タイヤと路面との接地面積を増大させ走行抵抗を大きくしスタックを回避する。

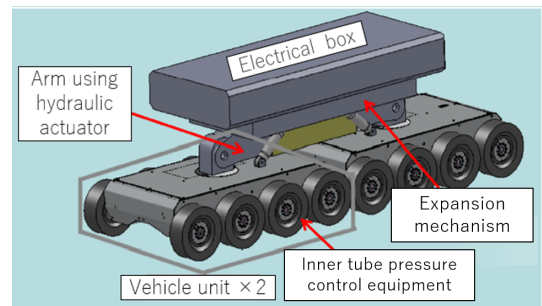


Fig.1 Overview of robot

Table 1 Specification of developing robot

robot size	[mm]	mass	[kg]
width	100	Electrical box	10
height	500	Exoansion mechanism	10
length	470	Vehicle unit × 2	20

2.2 シミュレーション用ロボットモデル

Choreonoid 上で再現した油圧ロボットモデルの外観を Fig2 に示す。油圧駆動機構、伸縮機構、重心移動機構、旋回機構の 3 つの機構を再現した。また、SolidWorks2015 を用いて同モデルのメッシュの分割数が異なるロボットモデルを作成した。これらを Table2 に示す。モデル名は、「model_メッシュの分割数」とした。主にメッシュの分割数の削減は接触判定の影響が特に大きい、タイヤ部分を中心に行った。

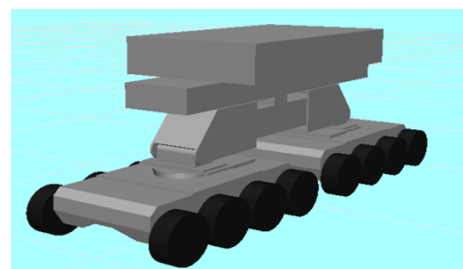


Fig.2 Simulation model

Table 2 Simulation condition

Model name	Number of mesh
model_32214	32214
model_16206	16206
model_8082	8082

3 油圧ロボットの動作実験

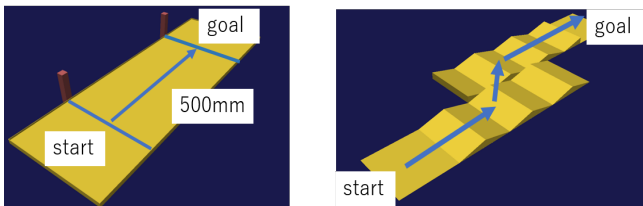
モデルのメッシュ分割数の変化によるシミュレータの物理現象に及ぼす影響とシミュレーション時間の精度を検証する。本論文で使用する物理エンジンは、Choreonoid に標準で備えられている AIST とプラグイン機能で使用可能となる AGX Dynamics (AGX) を使用する。AGX は市販の物理エンジンであるが、拡張性に優れ、高速で安定性の高い物理エンジンである。また、前述で述べた WRS2018 大会での物理エンジンに採用された。

3.1 実験環境

今回使用したシミュレータの動作環境を Table3 に示す。本論文では、平坦な路面と、不整地の試験を用意した。不整地の試験は WRS で使用されたハーフランプを用いる。ハーフランプの規格は RoboCup2016 世界大会のものを使用した。これらの試験の概要と走行経路を Fig3 に示す。

Table 3 Environment of development

PC	
CPU	Intel core i7-4790K (4.0GHz)
RAM	24GB
Visual card	Nvidia GeForce GTX 780 Ti
Simulation	
OS	ubuntu16.04 LTS
Simulator	Choreonoid
Physics engine	AGX Dynamics AIST



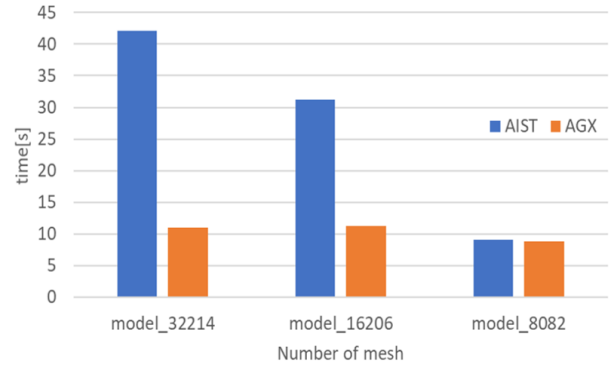
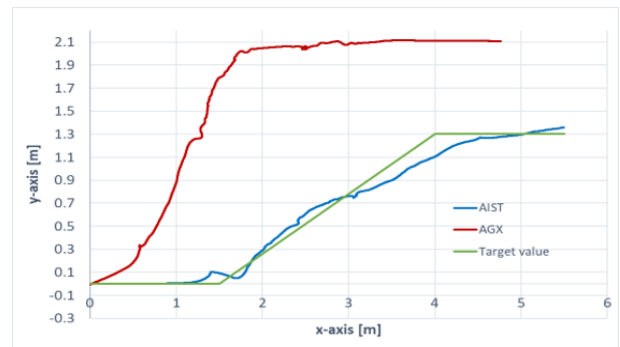
(a) Flat field model

(b) Half ramp model

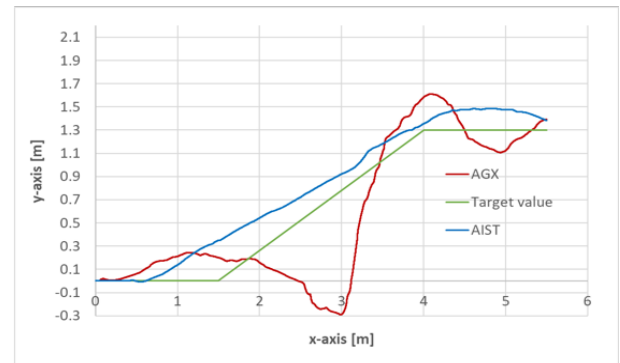
Fig.3 Example of fields used in simulator

3.2 実験結果

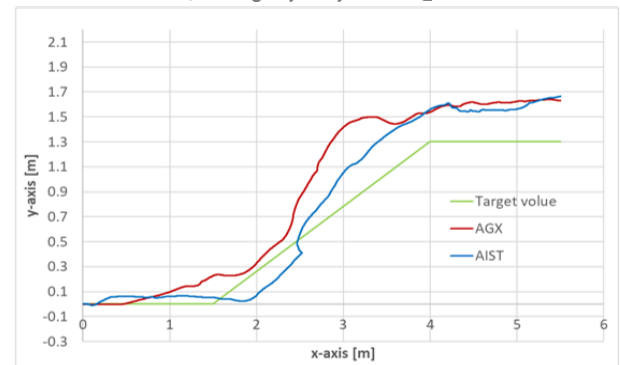
用意した平坦な路面の走行実験に対して、異なるロボットモデルを動作させた。その時の、シミュレーション時間およびモデルの動作について評価した。また、ハーフランプを用いた不整地の走行実験においては、試験開始位置から試験終了位置に到達するまでの移動軌跡を計測し、メッシュの分割数による動作シミュレーションの変化について評価した。実験で使用するシミュレータの物理エンジンは Choreonoid に標準搭載されている AIST と AGX を使用し、同様の実験を行った。シミュレーションのタイムステップ時間は 1000ms とした。平坦な路面での走行実験のシミュレーション時間とメッシュの分割数の関係を Fig4 に示す。不整地の走行実験のロボットの X-Y 平面上の移動軌跡を Fig5 に示す。

**Fig.4** Relationship between number of meshes and simulation time

a) Moving trajectory of model_32214



b) Moving trajectory of model_16206



c) Moving trajectory of model_8082

Fig.5 Moving trajectory of the robot on the X-Y plane

平坦な路面上を走行させた時のシミュレーション時間を計測した結果、AIST においてはモデルのメッシュの分割数の変化に応じてシミュレーション時間の向上が確認できた。メッシュの分割数が最大の model_32214 は、AIST と比較すると AGX のシ

シミュレーション時間は約4倍の速さで動作可能であるのに対して、メッシュの分割数が最小の model.8082 はシミュレーション時間はほとんど差異が出でない結果となった。メッシュの分割数が大きくなると AIST の場合は今回設定したタイムステップでは計算が出来ず処理が滞留しシミュレーション時間の周期が一定ではないことが確認できた。メッシュの分割数が最小の場合でも、ロボットモデルの静止状態から加速時にかけて上述と同じ現象が確認できた。また、AGX は全てのモデルに対して、高速なシミュレーション時間で実行可能であったが、不整地においての実験では、Fig5 にも示すとおり、AIST では、目標値経路に追従できているが、AGX では、メッシュの分割数が多いと坂道の登坂時に走行経路を大きく逸れてしまう現象が起きた。最後まで目標値経路に沿って走行できたのは、メッシュの分割数が最小のモデルのみであった。これは、今回の実験に際して AIST に設定可能な物理パラメータを基にモデルの作成を行ったために、AGX 固有で用いられる物理パラメータが考慮されていない。そのため、坂道の登坂時に、ロボットの姿勢が変化し、左右の車輪で路面との接触の状態が異なるため、モデルの分割数が大きければ、タイヤと路面との接触時の計算量は多く、直進できず左右に逸れる現象が生じたと考える。そのため、タイヤの特性を考慮して物理パラメータの変更を行い、動作検証を行う必要がある

4 結言

今回は、Choreonoid で2つの物理エンジンの動作シミュレーションについて確認した。結果、AGX シミュレータは、メッシュの分割数が多い場合でもシミュレーション時間は早いのに対して、AIST の場合は、設定したタイムステップ内で演算処理が出来ずシミュレーション時間の周期が不安定となった。また、不整地での走行実験では、AGX を用いた場合、モデルが坂道を登坂する際に直進できない現象が発生した。今後は、不整地での坂道登坂時に直進ができない現象を調査し、開発中のロボットの動作検証をおこなっていく。

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, 2011-1
- [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 World Robot Summit, <http://worldrobotsummit.org/wrc2018/disaster/>, 2018, 9月14日確認
- [4] Choreonoid, <http://choreonoid.org/ja/about.html>, 2018, 9月14日確認