

# ImPACT-TRC シミュレータ研究会

## -シミュレーションによるロボット開発の低コスト化と高効率化-

○金広文男 (産総研) 杉原知道 (大阪大学)  
 中岡慎一郎 (産総研) 脇坂尚樹 (大阪大学) 菊植亮 (九州大学)

### 1. 緒言

シミュレータは災害対応ロボットの設計、ソフトウェア開発、オペレータ訓練、運用の全てのフェーズにおいて有用である。シミュレータを利用することで、試作回数を減らしてコストや開発期間を削減したり、ロボットの破損を気にすることなく制御ソフトウェアの開発や操縦訓練を行ったり、実際のロボットが1台しか無くても一度に複数の人がソフトウェアの開発や操縦訓練を行ったり、シミュレータ上で検証することにより作業計画の見落としを発見したりすることが可能となる。

ImPACT タフ・ロボティクス・チャレンジ (TRC) では、このような利用が可能なオープンなシミュレータの開発を行っている。このシミュレータは産業技術総合研究所が開発を行っている Choreonoid (コレオノイド) [1, 2] と呼ばれるソフトウェアを基盤とし、近年ロボット研究者の間で広く利用されているロボット用ミドルウェアである ROS (Robot Operating System) [3] との連携機能 [4]、よりリアルなロボットの視野画像シミュレーション機能 [5]、より正確な接触力計算機能 [6] 等を新たに開発・搭載したものである。

### 2. Choreonoid とは

Choreonoid とは機能拡張が可能なグラフィカルロボティクス環境であり、ロボットに関連する様々な GUI アプリケーションを開発するためのプラットフォームである。以下のような特徴を有する。

- MIT ライセンスのオープンソースソフトウェア
- Linux 及び Windows で動作
- ロボットモデルを扱う基本機能、動力学シミュレーション機能を内蔵
- ユーザがプラグインを開発することにより、様々な機能拡張が可能
- シングルプロセス型の実装で軽快に動作

これらの特徴を活かし、これまで Choreonoid は以下のような場面で活用されている。

- ジャパン・バーチャル・ロボティクス・チャレンジ (JVRC) で公式シミュレータとして利用
- 産総研遠隔技術開発センターにロボット開発・操縦訓練用のシミュレータとして導入
- サイバネティックヒューマン HRP-4C の振り付けソフトとして利用
- DARPA Robotics Challenge (DRC) に参加したチーム AIST-NEDO が遠隔操作のインタフェースとして利用

ImPACT-TRC では Choreonoid を脚ロボット及び建

設ロボットのシミュレーションプラットフォームとして活用している。

### 3. ImPACT-TRC における開発項目

#### 3.1 ROS との連携機能

近年海外を中心にロボットのソフトウェア開発用のミドルウェアである ROS が広く用いられている。ROS に対応した多くのソフトウェア資産を Choreonoid と組み合わせることで利用することができれば、ロボットのソフトウェア開発を効率化することが可能となる。ROS のコミュニティではシミュレータとして Gazebo [7] が使われているが、Gazebo そのものは ROS とは独立したソフトウェアであり、gazebo\_ros\_pkgs [8] と呼ばれるソフトウェアが Gazebo に ROS のインタフェースを付加している。Gazebo ユーザの Choreonoid への移行を容易にするため、gazebo\_ros\_pkgs の Choreonoid 版、choreonoid\_ros\_pkg [9] を開発している。choreonoid\_ros\_pkg が提供している主な機能は次の通りである。

1. ロボットのセンサ情報、アクチュエータへの指令の ROS トピックによる入出力機能
2. シミュレーション世界での時刻や各モデルのリンクの状態の出力機能
3. シミュレーション世界へのモデルの追加/削除、シミュレーションの一時停止、一時停止解除などのシミュレーション設定機能

これらに加えて Gazebo からの移植を容易にするには、Gazebo 用のロボットや環境の記述形式である SDF や URDF が Choreonoid で利用できる必要がある。これを実現するための Choreonoid の拡張機能、SDF ローダプラグイン [10] の開発も行っている。

図 1 に ROS と Choreonoid の連携の例を示す。

#### 3.2 視野画像シミュレーション機能

災害現場においては、霧や雨等、様々な自然現象がロボットの視界に影響を与える。これらの影響をシミュレーションにおいても反映させることが、より有用な画像処理技術開発やオペレータ訓練のために必要である。

Choreonoid では OpenGL によってシミュレーション世界の状況を描画し、これをカメラから得られる画像として出力しているが、描画に用いている API が固定シェーダを用いたものであるために、光が当たっている場所と当たっていない場所の境界の表現がポリゴン分割の状況に依存する等、光源の影響の表現が不正確であったり、描画の自由度が十分ではない等の問題があった。そこで Choreonoid の描画エンジンをシェーダ

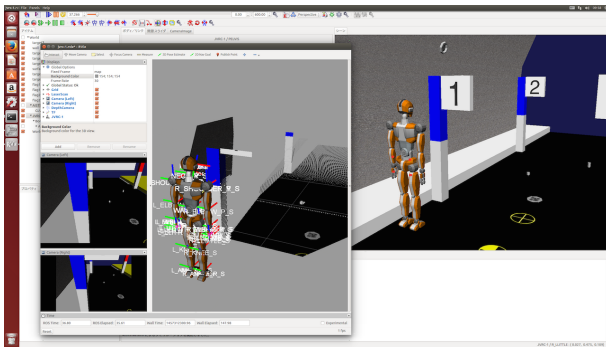


図1 Choreonoid (背面) と Rviz(前面、ROS 対応のビューア) の連携の例。Choreonoid によってシミュレートされたセンサ情報 (カメラ画像、RGBD 及びロボットの状態) が Rviz に表示されている。

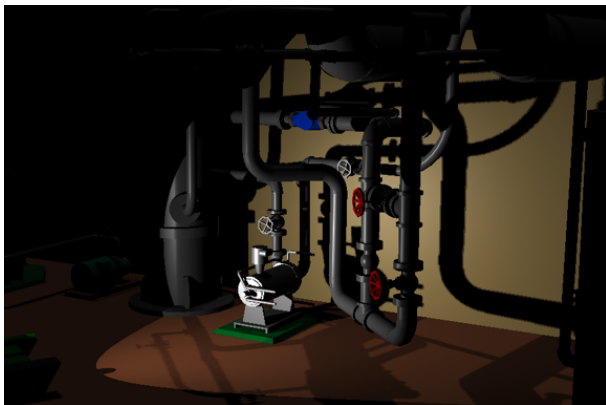


図2 生成された視野画像の例。天井のライト、ロボット (図左下) のライトによる影が視野画像に反映されている他、ライトの当たっている部分と当たっていない部分の境界が正確にシミュレートされている。

言語 GLSL を用いた実装に刷新した。これにより、複数の光源によって発生する影の描画や光が当たっている場所と当たっていない場所の境界のより正確な表現が可能となっている (図2)。今後はシェーダを用いて上記の自然現象の表現にも対応する予定である。

### 3.3 接触力計算機能

災害によって損壊した環境や未整備の自然環境で活動する災害対応ロボットのシミュレーションを行うには、物体間の複雑な相互作用を正確かつ安定にシミュレートする必要がある。従来物体間の接触は、物体の表面形状を構成する三角形同士の干渉に基づいて計算する手法が広く用いられてきたが、立体同士の接触現象をシミュレートするには不十分であった。そこで、接触する立体間に生じる立体積 (図3) を用いることで接触力を高精度かつ安定に計算する手法を開発している。

また災害現場においては、作業の障害となる物体を破壊、切断したり、ホースのような大変形する物体を扱う場面が予想される。これらの物理現象のシミュレーションにも今後取り組む予定である。

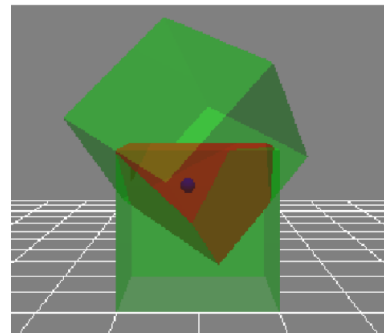


図3 計算された立体積 (赤い部分) の例。ここでは見やすさのため大きくめり込ませている。

## 4. 結言

本稿では ImPACT-TRC で行っているシミュレータ開発について述べた。シミュレータは低コストかつ効率的なロボットの開発において欠かせないものであり、筆者らも日常的にシミュレータを利用している。現在開発を行っているシミュレータは、全てオープンソースで公開されており、誰でも使用し、コミュニティを通じて開発に参加することが可能である。基本的な使い方をまとめたチュートリアル [11] も用意しているので、是非一度ご利用頂き、ご意見を伺えれば幸いである。

## 謝辞

本研究の一部は ImPACT 「タフ・ロボティクス・チャレンジ/極限環境シミュレーションプラットフォーム Choreonoid の開発」の一環として実施された。ご助力いただいた関係者の皆様に謝意を表する。

## 参考文献

- [1] Nakaoka, S., "Choreonoid: Extensible Virtual Robot Environment Built on an Integrated GUI Framework," IEEE/SICE International Symposium on System Integration, 2012.
- [2] "Choreonoid オフィシャルウェブサイト", <http://www.choreonoid.org/>
- [3] ROS(Robot Operating System), [www.ros.org](http://www.ros.org).
- [4] 金広文男, 中岡慎一郎, "災害対応ロボットシミュレータ Choreonoid の ROS 連携機能", 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会 2016, 2016
- [5] 中岡慎一郎, "災害対応ロボットシミュレータ Choreonoid の視野画像シミュレーション機能", 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会 2016, 2016
- [6] 脇坂 尚樹, 杉原知道, "多角錐近似による接触制約条件を用いた干渉立体形状に基づく剛体接触力計算", 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会 2016, 2016
- [7] gazebo, <http://www.gazebosim.org/>
- [8] gazebo.ros.pkgs, [http://wiki.ros.org/gazebo\\_ros\\_pkgs](http://wiki.ros.org/gazebo_ros_pkgs).
- [9] "Choreonoid ROS 連携プラグイン", [http://fkanehiro.github.io/choreonoid\\_ros\\_pkg\\_doc/](http://fkanehiro.github.io/choreonoid_ros_pkg_doc/)
- [10] "Choreonoid SDF ローダプラグイン", <https://github.com/fkanehiro/choreonoid-sdfloader-plugin>
- [11] "Choreonoid チュートリアル", <http://trc-simulator.github.io/tutorials/>