

プログラム名：タフ・ロボティクス・チャレンジ

PM名：田所諭

プロジェクト名：フィールド評価試験・安全・シミュレーション

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成27年度

研究開発課題名：

極限環境シミュレーションプラットフォーム Choreonoid の開発

研究開発機関名：

国立研究開発法人産業技術総合研究所

研究開発責任者

金広 文男

## I 当該年度における計画と成果

### 1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

(a) 外部インタフェースの機能拡張：ROS との接続機能及び Gazebo からの移植支援

(i) ROS との接続機能

Gazebo に ROS との接続機能を付加している ROS のパッケージ gazebo\_ros\_pkgs が提供する機能の内、ロボットのセンサ情報、アクチュエータの指令の ROS トピックによる入出力機能を優先的に開発し、平成 27 年度前半のうちにシミュレータのユーザへの提供を開始する。

(ii) Gazebo からの移植支援機能

gazebo\_ros\_pkgs が提供するその他の機能について、平成 27 年度後半に開発を行う。また、Gazebo 用のモデルファイルを Choreonoid が直接読み込めるようにするための機能拡張も行う。

(b) 描画エンジンの機能拡張：極限環境視野画像シミュレーション

(i) 描画エンジンでのシェーダの活用

OpenGL 1.x 系の API を用いて実装されている現在の描画エンジン部分を OpenGL 2.0 以降で導入されたシェーディング言語（シェーダ）GLSL を用いて再実装を行い、これを完了する。

(ii) 光源の影響のシミュレーション

この描画エンジンを用いて、光源に対して発生する影をシミュレートする機能の開発に着手する。

### 2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

#### 2-1 進捗状況

(a) 外部インタフェースの機能拡張：ROS との接続機能及び Gazebo からの移植支援

(i) ROS との接続機能

gazebo\_ros\_pkgs に対応する ROS のパッケージとして choreonoid\_ros\_pkg を作成し、ROS トピックによる入出力機能を開発してこのパッケージを公開し、目標を達成した。

(ii) Gazebo からの移植支援機能

上記パッケージにシミュレーションの一時停止／一時停止解除等の gazebo\_ros\_pkgs が提供する機能を追加で開発し、公開した。また、Gazebo 用のモデルファイル形式、URDF/SDF 形式を読み込むための Choreonoid 用の拡張機能、choreonoid-sdfloader-plugin を開発し、公開した。また、既存のモデルファイル作成支援のための拡張機能に対して、URDF/SDF 形式での出力機能を追加した。以上により目標を達成している。

(b) 描画エンジンの機能拡張：極限環境視野画像シミュレーション

(i) 描画エンジンでのシェーダの活用

OpenGL 1.x 系の API を用いて実装されていた描画エンジンについて、OpenGL 3.3 以降の API と GLSL 言語を用いた再実装を行い、基本的な描画をシェーダによって行えるようにし、目標を達成した。

(ii) 光源の影響のシミュレーション

シェーダの内容に関して、複数光源からの反射成分の計算をフォンシェーディングに基づいてピクセル単位で行い、光源一点の影響による影をシャドウマップを用いて描画可能などところまで実装を進めており、目標を達成している。

## 2-2 成果

(a) 外部インタフェースの機能拡張：ROS との接続機能及びGazebo からの移植支援

(i) ROS との接続機能

ROS のパッケージ choreonoid\_ros\_pkg の ROS との接続機能により、ROS ノードがセンサ情報を取得し、アクチュエータへの指令を送ることが可能となった。

(ii) Gazebo からの移植支援機能

ROS のパッケージ choreonoid\_ros\_pkg を利用することで、ROS の可視化ツールを利用したり、外部からシミュレーションの実行を制御したりすることが可能となった。また、Gazebo 用モデルファイル読み込み用拡張機能、モデルファイル作成支援のための拡張機能により、Gazebo 用モデルファイルを Choreonoid で利用することが可能となった。(i)の成果と合わせて、ユーザがロボットのソフトウェア開発を ROS と Choreonoid を用いて行う環境を整備できた。

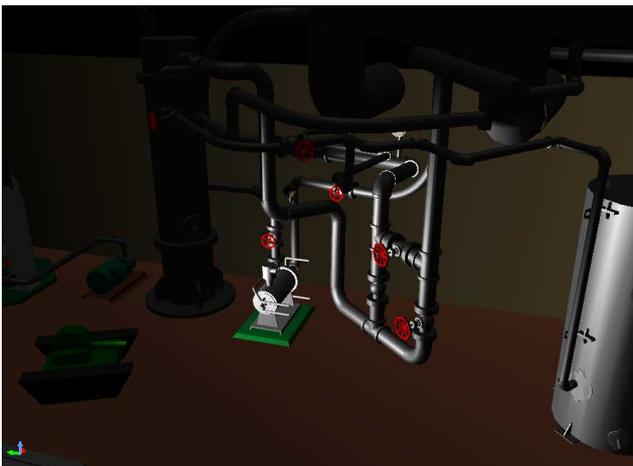
(b) 描画エンジンの機能拡張：極限環境視野画像シミュレーション

(i) 描画エンジンでのシェーダの活用

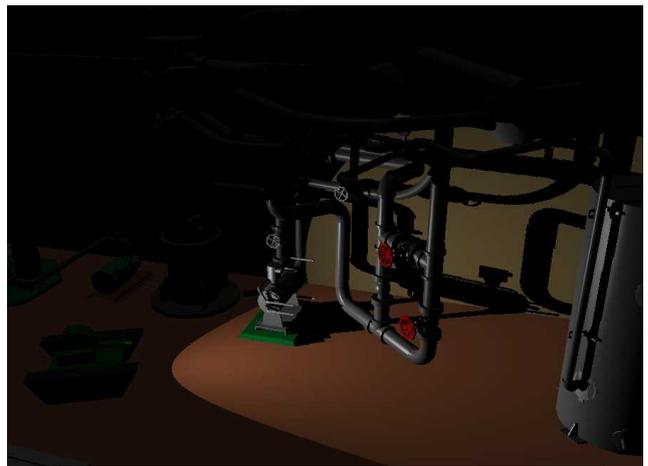
OpenGL 3.3 以降の API に基づく描画エンジンの開発により、シェーダをベースとした描画を行えるようになり、影や各種自然現象等の高度な描画表現をシェーダによって実現する基盤を整えることができた。

(ii) 光源の影響のシミュレーション

これまで Choreonoid では光源からの反射成分の計算を頂点単位で簡易的に行うもの（グーローシェーディング）であったが、これがフォンシェーディングによりピクセル単位でより正確に計算できるようになった。また、主要な光源一点について影も生成できるようになった。これらにより、従来のものより現実に近いリアルな描画を実現した。この比較を以下の図に示す。



改良前：グーローシェーディング、影無し



改良後：フォンシェーディング+影

## 2-3 新たな課題など

特になし。

### 3. アウトリーチ活動報告

開発した以下のソフトウェアを公開し、広く一般に利用可能とした。

- 新規開発の描画エンジンを含むロボットシミュレータ Choreonoid 本体:  
<https://github.com/s-nakaoka/choreonoid>
- Choreonoid の SDF,URDF 読み込みのための拡張機能:  
<https://github.com/fkanehiro/choreonoid-sdfloader-plugin>
- Choreonoid の ROS との連携のための ROS パッケージ:  
[https://github.com/fkanehiro/choreonoid\\_ros\\_pkg](https://github.com/fkanehiro/choreonoid_ros_pkg)
- Choreonoid のモデルファイル作成支援のための拡張機能:  
<https://github.com/fkanehiro/choreonoid-editor>

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が整備を進めている檜葉遠隔技術開発センターに、ロボットの開発や操縦訓練を支援するためのシミュレータとして採用され、導入に際して技術的支援を行った。