

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

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平 成 2 9 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

### (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

GPU を用いたレンダリングエンジンによって仮想世界を 3 次元コンピュータグラフィックスとして描画し、これを仮想ロボットの視覚情報として与える機能を開発する。具体的には単純なレンダリングではシミュレートできない広視野角を有するセンサのシミュレーション機能を開発する。

昨年度までに (i) 描画エンジンでのシェーダの活用を可能とするため、シェーディング言語 GLSL を用いた描画エンジンを実装し、これを用いて (ii) 光源の影響のシミュレーションや (iii) 霧、雨、雪等の自然現象の影響のシミュレーションを実現している。本年度は、(i)の描画エンジンを用いて、近年広く利用されている全方位カメラやレーザーレンジファインダ等の (iv) 広視野角センサのシミュレーション機能を開発する。

### (iv) 広視野角視覚センサシミュレーション (H29/4～H30/3)

シミュレータ内部でセンサの周辺に複数の画像平面を配置し、それぞれへ描画した結果を統合することで、180 度以上の視野角を有する視覚センサのシミュレーション機能を実現する。これを用いて実現した広視野角レーザーレンジファインダのシミュレーションを 11 月のフィールド評価会で展示する。また、同機能を用いて全方位カメラのシミュレーションを実現し、年度内に完成させることを目標とする。

## 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

### (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

### (iv) 広視野角視覚センサシミュレーション (H29/4～H30/3)

これまで Choreonoid では、OpenGL によるレンダリング機能を用いて、カメラや RGD センサ、レーザーレンジファインダ (以下 LRF) などのセンサのシミュレーションを行ってきた。しかし、従来の実装ではセンサに対して 1 枚の透視投影描画面を割り付けることによってセンサのシミュレーションを行っていたため、視野角が 180 度未満に制限されるという問題があり、近年安価に利用が可能となってきた周囲 360 度を一度に撮影できる全天球カメラや 180 度以上の計測範囲を持つセンサのシミュレーションを正しく行うことができなかった。そこでセンサ 1 つに対して複数の仮想的なカメラを割り付けてそれらから得られるレンダリング結果を統合して出力することでこれらの広視野角を持つセンサのシミュレーションを可能とする拡張を行った。

全天球カメラの一例として Rich Theta のシミュレーションを行った。このセンサは内部に視野角 180 度の魚眼レンズを搭載したカメラが 2 つ背中合わせに内蔵されており、視野角 180 度の画像が 2 枚出力される内部構造となっている。視野角 180 度のセンサは、物理カメラの位置に前方、上下左右を向いた仮想カメラを配置し、それらから出力される合計 5 枚の画像を統合することでシミュレートすることが可能である。Theta の場合はこの物理カメラが 2 つ内蔵されているが、上下左右の仮想カメラは 2 つの物理カメラで共有が可能であるので、合計で 6 つの仮想カメラを用いることでシミュレートが可能となる。これを用いて生成した出力画像を図 1 に示す。1 つの Theta をシミュレートする

のに6回レンダリングを行うことが必要となるが、近年高性能化が著しいGPUの能力を活用することで30FPS以上のスピードでレンダリングが可能である。

広視野角を有するLRFについても同様の考え方が適用可能である。LRFから得られる距離情報はレンダリングによって得られるZバッファを用いて生成する。Velodyne VLP-16のシミュレーション例を図2に示す。(a)がシミュレーション世界の俯瞰画像、(b)がセンサから得られた情報を可視化したものである。VLP-16は水平方向の計測範囲が360度、上下方向が30度であるため、物理センサの位置に前後左右を向いた4つの仮想カメラを配置し、それらの出力を統合することでシミュレーションを行っている。

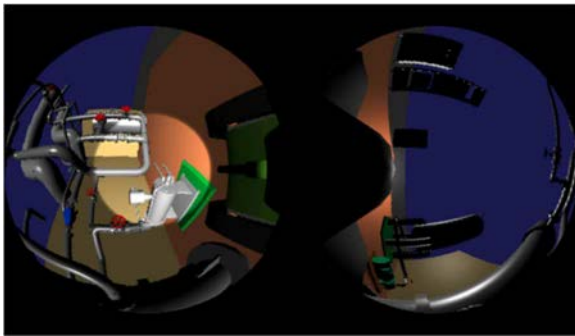


図1：Ricoh Thetaのシミュレーション例

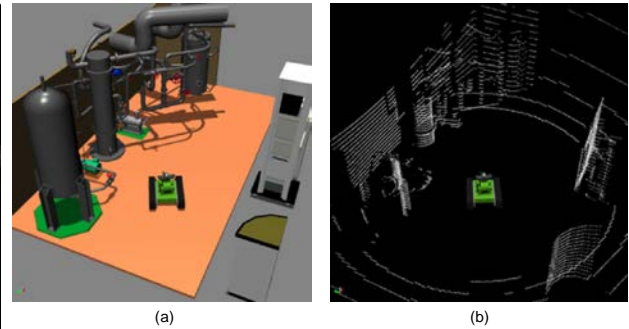


図2：Velodyne VLP-16のシミュレーション例

## 2-2 成果

(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

(iv) 広視野角視覚センサシミュレーション (H29/4～H30/3)

上記広視野角センサのシミュレーション機能をChoreonoidに組み込み、ユーザがロボットモデルにセンサを配置することで広視野角センサシミュレーション機能を利用することを可能とした。レーザレンジファインダのシミュレーション機能を11月のフィールド評価会の機器展示にて展示し、全方位カメラのシミュレーションも年度内に完了しており、目標を達成している。

## 2-3 新たな課題など

福島ロボットテストフィールドに建設される模擬プラントに導入されることとなり、同プラントで活動する様々なロボットのシミュレーションを行うため、福島県「模擬プラント用ロボットシミュレータ開発業務」において、株式会社FSK、株式会社ブイエムシー、国際レスキューシステム研究機構

(IRS)、会津大学と連携し、さらなる機能拡張を行った。また、World Robot Summit 2018のインフラ・災害対応カテゴリ・トンネル事故災害対応・復旧チャレンジのシミュレーション競技用シミュレータとして活用されることとなり、同競技の公式プラットフォームとして採用された脚ロボット、建設ロボットへの対応、ソースコードパッケージへの同梱等を行った。

## 3. アウトリーチ活動報告

開発した以下のソフトウェアの公開を継続し、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：  
<http://choreonoid.org/>
- <https://github.com/s-nakaoka/choreonoid>

日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会、日本ロボット学会学術講演会、国際ロボット展において講習会を実施し、新規ユーザの獲得、ユーザからのフィードバックの収集に努めた。