

組込みシステム学習環境「港」における 3次元ロボットシミュレータの開発

幸坂晋ⁱ 川口貴弘ⁱⁱ 田中裕樹ⁱⁱ 西野洋介ⁱⁱ 早川栄一ⁱⁱⁱ

拓殖大学 工学部 情報工学科^{i,iii} 拓殖大学 大学院 工学研究科ⁱⁱ

r38441@st.takushoku-u.ac.jpⁱ hayakawa@cs.takushoku-u.ac.jpⁱⁱⁱ

1 はじめに

近年、組込みシステムの高機能化、複雑化に伴い技術者育成の需要が高まっており、教育の現場でも様々な学習環境が開発されている。

アセンブリ言語や C 言語などを用いて組込みプログラミングを学習する場合、ハードウェアだけでなく、シミュレータを併用することが多い。しかし、現在使用されているシミュレータの多くは、内部動作や装置の動作結果が文字ベースの表示だけであり、実際にハードウェアが動作するイメージを持つことが難しい。さらに、シミュレータ単体で実行できるプログラムに限られる、ハードウェア上でのデバッグが困難である、という問題もある。早川研究室で開発しているロボットを用いた組込みシステム学習環境「港 Ver.R」ⁱⁱにおいて用いられている、SH3 シミュレータⁱⁱⁱにも、上記のような問題点があった。

本研究の目的は、組込みシステム学習環境「港 Ver.R」における 3 次元（以下 3D）ロボットシミュレータと、そのテスト環境を開発することで、これらの問題点を解決し、組込み学習の理解を促進するものである。

2 システムの特徴

本システムの特徴を次に示す。

(1)3D による動作の可視化

プログラムの実行結果を可視化することで、ロボットの動作確認を容易にする。さらに、実機での動作をイメージしやすくすることで、ユーザの理解を促進することが可能である。また、開発に Java3D API^[3]を利用することで、他のシステムへの移植性を高める。

(2)センサフィードバック

仮想空間内における床の色や接触判定などを、外部センサの入力値として SH3 シミュレータに与えることで、ライントレースなど SH3 シミュレータ単体では実行できないプログラムを実行可能にする。

(3)ログファイルの再生

実機がプログラム実行時に生成するデバイスログの再生、早送り、巻戻しをサポートすることで、ハードウェア上で動作させた時のデバッグを容易にする。

(4)「港」プロジェクトとの連携

本研究はロボットを用いた組込みシステム学習環境「港 Ver.R」の一環として行っている。本システムは、単体で動作するだけでなく、この環境における他のツールと連動することが可能である。これにより、「港 Ver.R」における、シミュレータを用いた学習の問題点を補い、学習効果をさらに高めることができる。

3 設計

3.1 全体構成

本システムの全体構成図を図 1 に、Java3D による仮想空間の階層構造図を図 2 に示す。本システムは「3D 表示部」、「通信サーバ」、「ログ解析モジュール」、「GUI」の四つのモジュールからできている。本システムは、「SH3 シミュレータ上でのプログラム実行結果」、「ハードウェア上でプログラムを実行した際に生成されるログファイル」の 2 種類のデータを可視化する。前者のデータは「通信サーバ」から、後者のデータは「ログ解析モジュール」から受け取る。ユーザは GUI を操作し、3D 画面を確認することでプログラムの実行結果の確認やデバッグを行う。

また、本システムはすべての機能を GUI で実装する。これにより、ユーザの組込み学習に対する負担を軽減し、理解を促進する。

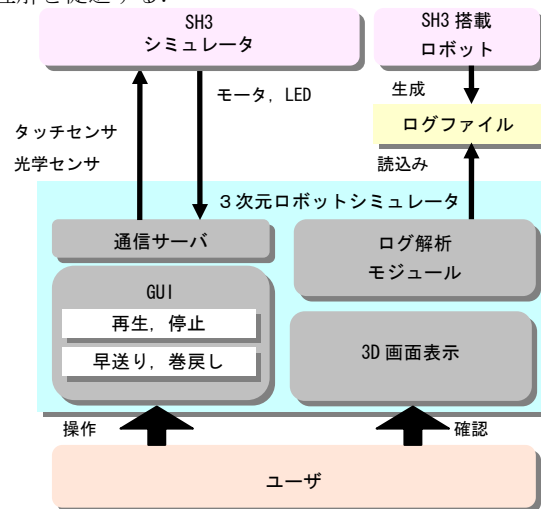


図 1 システムの全体構成

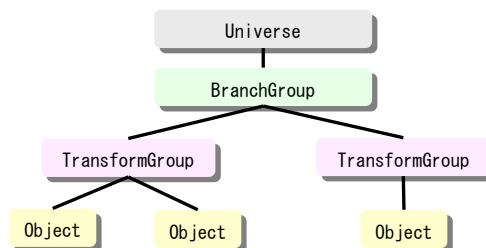


図 2 Java3D の階層構造

3.2 3D表示部

ロボットの動作を Java3D^[3]で構築した 3D 空間に表示する。これにより、実機での動作がイメージしやすくなり、ユーザの学習理解を促す。

(1)3D による画面表示

3D アニメーションの表示に必要な、ロボットのデバイス(モータ, LED)の値は、通信サーバ又はログ解析モジュールから受け取る。タイマータスクによって周期的にロボットの位置情報を更新し、同時に描画によるアニメーションを行う。また、ロボットが走行するコース、障害物の表示も行う。

(2)障害物の配置

仮想空間内の障害物はユーザが自由に配置することができる。ユーザが使用できる機能には障害物の生成、障害物の消去、障害物およびロボットの回転、水平移動がある。

(3)3D 空間構造

3D 空間はツリー構造になっており、空間を定義する上位の Universe クラス、カメラの視点やフィールドを定義する中間層の BranchGroup クラス、個々の物体、または物体の集まりを定義する下位の TransformGroup クラスから成っている。

3.3 通信サーバ

SH3 シミュレータとの通信で行う処理は、「SH3 からモータ, LED の状態を受け取る」「光学センサ, タッチセンサの値を SH3 へ送る」という 2 種類の処理である。可視化するデータを受け取るだけでなく、センサフィードバックを実装することにより、SH3 シミュレータ単体では実行できないプログラムを実行可能にする。

(1)SH3 シミュレータからの入力

モータ, LED の値の受取りは、SH3 との接続と同時に入力待機用のスレッドを生成し、その内部でポーリングを行う。通信サーバが受け取ったデータは 3D 表示部に受け渡す。

(2)SH3 シミュレータへの出力

光学センサ値, タッチセンサ値は、仮想空間内のロボットの座標データが更新されるたびに SH3 シミュレータ側へ送信する。光学センサは、ロボットの光学センサ部分の座標と MAP データの照合を行い、床の色を送信する。タッチセンサは、ロボットと障害物、外壁の接触があった場合に、センサ値を送信する。

3.4 ログ解析モジュール

ハードウェアが生成するログファイルから、ロボットの動作の再生、早送り、巻戻しを行う。これによりハードウェア上でプログラムを実行した際に起きる、再現性の低いバグの発見を容易にする。また、ログファイルの任意の時点でのロボットの動きを繰り返し確認することができ、デバッグの効率を高める。

(1)再生機能

ロボットが生成するログファイルには、時間(ms)ごとのデバイスの状態が記録されている。ログ解析モジュールはログファイルに記録されている時間とモータの状態を 3D 表示部に受け渡す。

(2)早送り, 巻戻し機能

ログ解析モジュールはログファイルに記録されているデータから移動距離を計算し、1 秒ごとのロボットの座標を格納しておく。これを利用することで任意の位置からの早送り、巻戻しを行うことができる。

4 実現

本システムの実行画面と、「港 VerR」におけるシステムモニタリングツールと連動する際の実行画面を図 3 に示す。

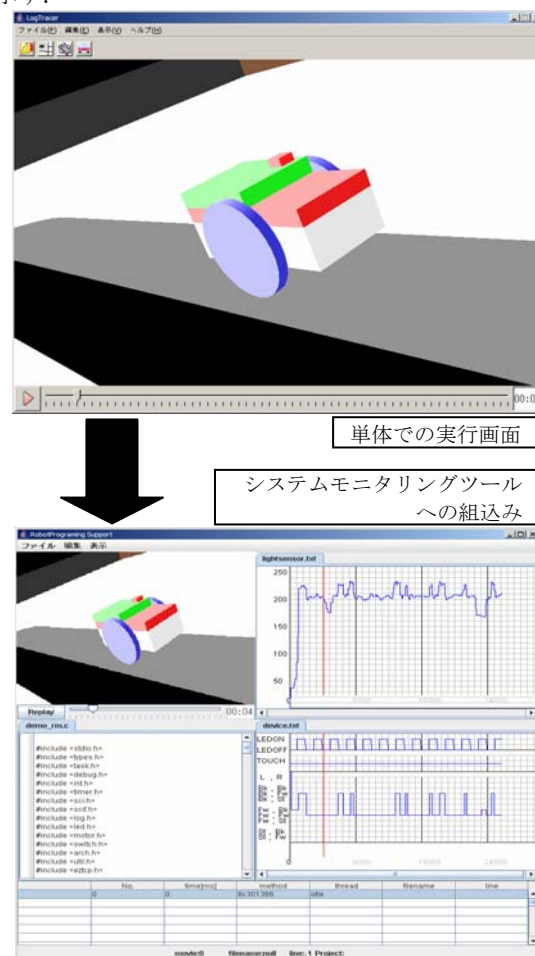


図 3 3D ロボットシミュレータの利用

システムモニタリングツールと連動することで、モータやセンサ値のグラフと実際のロボットの動きを同時に確認することが可能である。これによりプログラムのデバッグ効率を高めることが可能である。

5 おわりに

本システムは、「港 Ver.R」において、プログラムの動作の直感的な理解を促す 3D 空間表示と、それを利用したプログラムテスト環境を構築することで、この環境における、シミュレータとハードウェアを用いた学習の効果を高めることを可能にした。

今後のシステムの課題を、複数の SH3 シミュレータとの通信と、3D 表示の高速化である。

参考文献

- [1] 港プロジェクト
<http://edo.cs.takushoku-u.ac.jp/~minato/>
- [2] 川口貴弘: “システムソフトウェア教育支援環境「港」におけるシミュレータを用いた学習支援環境の開発”, ESS2006, 2006 年
- [3] Sun's Java3D Homepage
<http://java.sun.com/products/java-media/3D/>