

# 実機・シミュレーション間及び教室内外でシームレスなロボットプログラミング実験環境の構築

Development of an environment for robot programming seamless between a real robot and simulation inside/outside a classroom

○正 松尾 直志 (立命館大) 正 島田伸敬 (立命館大)

Tadashi MATSUO, Ritsumeikan University, matsuo@i.ci.ritsumeai.ac.jp

Nobutaka SHIMADA, Ritsumeikan University

On exercises of robot programming, it is important to test a program, analyze its behavior and improve the program. However, it is difficult to prepare a robot for each student and allow students to use robots except in class. We have developed an environment for exercises of robot programming, where students can seamlessly test their program both on a real robot and on simulation without adapting the program. The environment is implemented as a live DVD, which students can use on any PC without installation processes. Since it brings the same environment as that in classrooms, students can do exercises outside classrooms according to their progress. Some students can catch up on their exercise and motivated students can perform additional trial and error. We show effectiveness of the environment by a questionnaire survey.

**Key Words:** Robot programming, simulation, out-of-class study

## 1 はじめに

ロボットプログラミング授業においては受講者各自がロボットを実際に動作させ、その様子を分析してプログラムを改善していくことが重要である。しかし各受講者一人にロボットの实機を1台ずつ確保するのは費用や作業領域、維持管理の面でも難しい。また実験授業であるので学習の進捗は受講者ごとに異なっており、授業中に動作確認などを十分に行えず、進捗が遅れている受講者や意欲的でもっと色々試行錯誤したい受講者など、教室外でも実験を行える環境の需要が存在する。

そこで、実際のロボットと周辺環境を模した仮想空間でプログラムの動作確認や試行錯誤が行えるシミュレーション機能を含む実験環境を構築した(図1)。この実験環境ではシミュレーションで動作確認したプログラムを一切変更することなく実際のロボットに転送して動作させることができる。試行錯誤の段階ではロボット実機を使う必要がないので実機の数を節約できるうえ、テスト前のプログラムでの実機に意図しない動作をさせてしまう恐れを抑えることができる。また、この実験環境は Debian GNU/Linux の Live DVD として構築されており、DVD-ROM で起動できる PC あるいは VMware などの仮想マシンがあればインストールやセットアップ等の設定を行うことなく利用できる。使用した PC に変更を加えることもないので既存の PC 環境を壊す危険性もない上、仮に動作中のシステムを誤って消すなどしても再起動すれば最初の状態に戻るためメンテナンスの必要もない。受講者が自宅の個人 PC を用いても授業中と全く同じ開発作業とテストを行えるので自分のペースで試行錯誤を行える。

本発表では、平成 27 年度立命館大学情報理工学部知能情報学科において 2 回生を対象として実施した「知能情報システム創成」の授業の中の「ヒューマノイドロボットの行動プログラミング」テーマについての実験環境の構築について報告する。

## 2 実験の内容

授業としては「ボールを目で追う」「ボールの位置に合わせて手を動かしボールに触れる」など、与えられた課題を行うヒューマノイドロボットの行動プログラムを開発する実験を行う。ヒューマノイドロボットの行動プログラミングを題材とした授業は平成

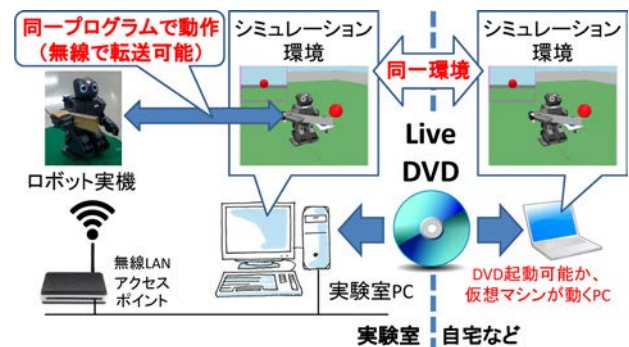


Fig.1 Live DVD を用いた実験環境の概要

25 年度から実施され、毎年新しい最終課題を設定している。平成 27 年度の授業では「自分のロボットと敵のロボットが向かい合った状況で敵のロボットが持つボールを落とす」という対戦動作を最終課題とした。

主な受講者は学部 2 回生であり、既に C 言語の基本的な作法や基礎的なデータ構造、アルゴリズムについては授業を受けているが、外界からの情報をセンサによって取得しそれに応じた行動をとる、というプログラムの作成についてはこの実験が最初の授業となる。実世界で周囲の状況に応じて適応的に動作するロボットを実際に動かしながらロボットを制御するプログラムを製作することを通して、ロボット制御の基礎を学ぶことを期待している。

## 3 実験環境の構築にあたり意識した点

ロボットプログラミングにおいてはロボット(図2)を実際に動作させ、その様子を見て問題を分析し、改善していくのが重要である。しかし各受講者一人につきロボットの実機を1台ずつ確保するのは難しい。そこで実機と周囲の環境を模したシミュレーション環境を構築する。これにより実機の必要台数が抑えられる上、初期の試行錯誤で意図しない動きをさせて実機を故障させる恐れも軽減できる。

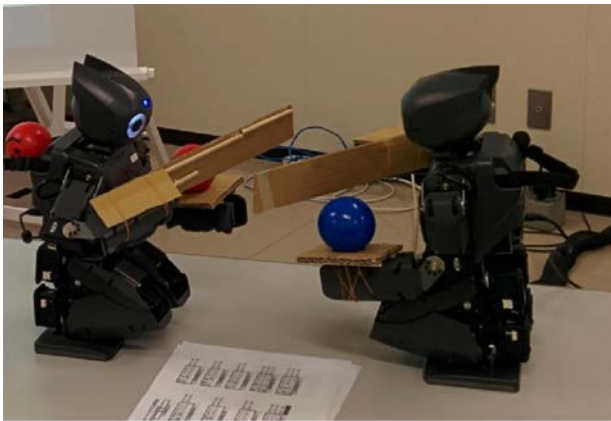


Fig.2 使用するロボット

一般にはシミュレーション用のプログラムと実機用のプログラムは異なるため、試行錯誤の後に実機用にプログラムを修正する必要があるが、今回は実機用のプログラムをそのまま用いてシミュレーションを行える環境を構築する(図3)。

また多数の試行錯誤を伴う実験であるので、受講者それぞれで進度は大きく異なる。授業中に動作確認などの時間が足りない受講者や意欲的でもっと色々試行錯誤したい受講者など、教室外でも実験できる環境の需要が存在する。そこで前述のシミュレーション環境を授業時と全く同一の状況で起動できる Live DVD を作成し、全受講者に一枚ずつ配布し授業でもこれを利用する。

この環境は PC の機種に依存せず実行できるよう整備されており、受講生が自宅の個人 PC を用いて実験する場合でもインストールやセットアップ、特別の変換などを必要としない。授業中と全く同じ開発作業とテストを行えるので各受講者学生が自分のペースで学習できる。また、PC 側で設定を行う必要がないため他の実験用に設定されている PC も利用でき、その設定を壊す恐れもない。

#### 4 構築の方法

本実験では ROBOTIS 社製の小型ヒューマノイド・ロボット DARwIn-OP(Dynamic Anthropomorphic Robot with Intelligence - Open Platform)[1] を用いた。後述する Cyberbotics 社の Webots[2] はこのロボットについてのシミュレーションや、シミュレーションで使用したプログラムをそのまま実機に転送して動作させるなどのシームレスな連携をサポートしており、実験に適している。

シミュレーション環境には Cyberbotics 社のロボット開発用ソフトウェア Webots[2] を用いた。Webots はロボット動作のシミュレーションができるだけでなく、シミュレーションで動作確認したプログラムをそのまま実機に転送して動作させるなど、シミュレーションと実機のシームレスな連携もサポートしている。Webots を利用するにはインターネットを通じたライセンス認証が必要であるが、同時使用件数が契約した件数以内であれば同一のアカウントを使い回すことができるフローティングライセンスとなっている。このため、各 PC で個別にアカウントを用意する必要がなく、Live DVD への組み込みに適している。また、発行したアカウントは Cyberbotics 社のアカウント管理ページを通じていつでも無効化することができる。授業期間終了時に無効化すれば、Live DVD を受講者に配布しても同時使用件数が浪費されることはない。

Live DVD は Debian GNU/Linux 7.8[3] をベースに Live DVD 作成用ソフトウェア live-build[4] を用いてを作成した。その際、実験環境として使いやすいう種々の変更を行った。主な変更点は以下の通りである。

#### Webots 7.1.2 の導入

Webots は商用ソフトウェアであり、Debian GNU/Linux には収録されていないので事前に組み込んでおく必要がある。Live DVD 作成当時の Webots の最新版は Webots 8.0.5 であったが、これは起動に NVIDIA 社の GPU を必要であっ

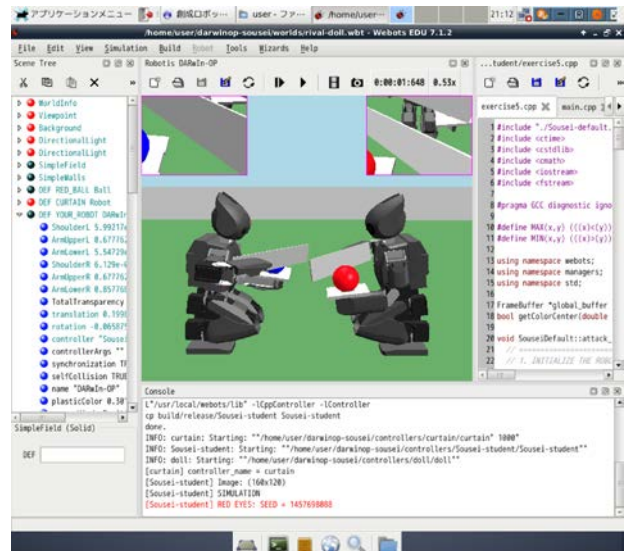


Fig.3 シミュレーション環境

た。PC のハードウェアに依存せず実行できるようにするため、7.1.2 を使用している。ロボット DARwIn-OP の実機にプログラムを転送して動作させる際、ロボット内コンピュータの管理者アカウント情報の入力が必要となるが、それを省略できるようライブラリの一部を修正している。また、Webots パッケージの依存関係情報を Debian 7.8 環境向けに修正して組み込んでいる。

#### Webots 7.1.2 のライセンス情報の導入

Cyberbotics 社のアカウント管理ページで当該年度の受講者用のアカウントを発行し、その情報を Live DVD のユーザ環境に組み込んでいる。

#### 実験室用の無線 LAN 環境設定の導入

無線 LAN 環境を自動で探査し、授業で使用する実験室の無線 LAN である場合には自動的に接続する。

#### ロボットとの通信に用いる SSH 公開鍵の導入

ロボットへのプログラムの転送には SSH による暗号化通信を用いているので、あらかじめ使用する公開鍵を Live DVD に組み込んでいる。

#### ブラウザ初期画面を実験サポートサイトに変更

授業で使用するテキストやプログラムの雛形は、実験サポートサイト上で配布している。サポートサイトにスムーズにアクセスできるように、Live DVD 環境内のブラウザの初期画面をサポートサイトに変更している。

### 5 アンケート結果

7 回の授業終了後に実験についてのアンケートを行った。対象者は 51 名(回答は任意)で、41 名から回答を得た。

表 1 に授業の進行速度と DVD の授業外利用状況について、表 2 に進行速度と DVD の有用性についてのアンケート結果を示す。表 1 から、特に進行速度が「少し速い」と回答したグループが授業外利用している例が多く、また表 2 では、そのようなグループについて「ある程度役立った」という回答が多い。授業の進行を少し速く感じている層が実験時間を補うため授業外で DVD を利用し、有効活用できたものと思われる。

### 6 おわりに

Live DVD を用いて授業外でも使える実験環境を構築した。アンケート調査から、実験を補う目的で授業外でも有効活用されていると思われる。これからも継続して効果の検証を行っていき

**Table 1** 進行速度と DVD 利用状況についてのアンケート結果

		授業の進行速度					合計
		速過ぎる	少し速い	ちょうど良い	少し遅い	遅過ぎる	
D V D 利 用	使用不可	1	1	4	0	0	6
	全く利用せず	0	1	5	1	0	7
	ほとんど利用せず	0	2	7	1	0	10
	ある程度利用	2	9	5	1	0	17
	かなり利用	0	0	1	0	0	1
合計		3	13	22	3	0	41

**Table 2** 進行速度と DVD の有用性についてのアンケート結果

		授業の進行速度					合計
		速過ぎる	少し速い	ちょうど良い	少し遅い	遅過ぎる	
D V D 有 用 性	全く役に立たず	1	0	4	1	0	6
	あまり役に立たず	1	1	5	0	0	7
	どちらともいえない	1	4	8	1	0	14
	ある程度役立った	0	8	2	1	0	11
	大変役立った	0	0	3	0	0	3
合計		3	13	22	3	0	41

#### 参考文献

- [1] [http://jp.robotis.com/index/product.php?cate\\_code=111010](http://jp.robotis.com/index/product.php?cate_code=111010)
- [2] <https://www.cyberbotics.com/>
- [3] <https://www.debian.org/>
- [4] <https://www.debian.org/devel/debian-live/>