

制御教材を共有するプログラミング学習環境

和田 佑介[†], 大西 修平[†], 紅林 秀治[‡], 井戸坂 幸男[§], 中野 由章[†], 兼宗 進[†]

概要

サーバーとクライアントの通信を用いて計測・制御教材を用いたプログラミング学習環境において、少数の計測・制御教材を複数台の端末から共有して利用できるプログラミング学習環境を提案する。開発したシステムはプログラミング言語ドリトルとミュウロボの組み合わせで実装を行った。学習者は作成したプログラムの動作を画面上のシミュレーション機能で確認した後にサーバーに転送し、実機に転送して実行する。開発したシステムを大学の授業で使用し、実用的に利用できることを確認した。

A Programming Study Support System Sharing Control Devices

Yusuke Wada[†], Shuhei Onishi[†], Shuji Kurebayashi[‡], Yukio Idosaka[§], Yoshiaki Nakano[†], Susumu Kanemune[†]

Abstract

We propose a programming study support system sharing control devices, which consists of client-server communication system using a limited control units from many users. The system is implemented by programming environment Dolittle and Myu-robot. The learners transfer the robot control program to the server after they confirm the program on screen simulator, and they make perform the program on a real machine. We tried to use the system in teaching at a university, then we made sure the system is effect as a platform of learning device control.

1 はじめに

教室内で、少数の計測機器や制御機器を複数台の端末から共有して利用できるプログラミング学習環境を提案する。

中学校技術・家庭（技術分野）では、学習指導要領 [1] の改定により、2012 年度から計測・制御の学習が必修になった。現在市販されている教材は学習者が 1 台ずつの計測機器や制御機器を使う環境である。このような形態は、人数分の機器を用意する経済的な負担が大きいとともに、授業ごとに台数の多い機器を管理する授業者の負担も大きい。

そこで、教台の機器を学習者全員で共有して利用する学習環境の仕組みを設計し、ネットワークで接続された教室環境での実用性を大学における実験授業で確認した。その結果、この学習環境は一般の中学校の授業だけでなく、高校や大学における利用も可能であることを確認した。

2 従来の学習環境の課題点

計測・制御学習の実践事例として、車型の移動ロボット教材を用いた授業が報告されている [2][3]。これらの実践事例では、学習者全員に移動ロボット教材を与え、制御プログラムを制作する学習を行なっている。図 1 に従来の学習環境のモデルを示す。

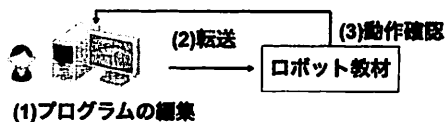


図 1: 従来の学習環境

このような学習者が 1 台ずつの計測機器や制御機器を使う環境では、学校や授業者にとって以下の課題点が明らかになった [4]。

課題 1 機器を準備する学校の経済的負担が大きい。

課題 2 機器の管理をする授業者の負担が大きい。

また、学習者にはプログラムの編集、実機への転送、実機での動作確認という学習の流れの中で、以下の課題が存在することが明らかになった。

[†] 大阪電気通信大学
Osaka Electro-Communication University

[‡] 静岡大学
Shizuoka University

[§] 松阪市立飯高東中学校
Itakahigashi Junior High School

課題3 授業時間内で十分な試行錯誤を行えない。

さらに、ロボット教材の多くが、DC モータを採用しているために、回転時間を制御のパラメータにしている。そのため、以下の問題が生じる。

課題4 学習者がロボットの移動距離や回転角度を正確に制御できない。

上記の4つの課題を解決するために、以下の解決方針を検討した。

- 数台のロボットを共有しながら学習を展開できるシステムにする。
- 1人1台ロボットを所持している時と同様に個人で制御プログラムを作成できるようにする。
- 作成した制御プログラムを共有ロボットに待ち時間少なく転送できるようにする。
- 実機転送前に、PC 画面上で動作を確認できる。

これらの方針をもとに新たな学習環境を考案した。

3 提案する学習環境

図2に、提案する学習環境のモデルを示す。

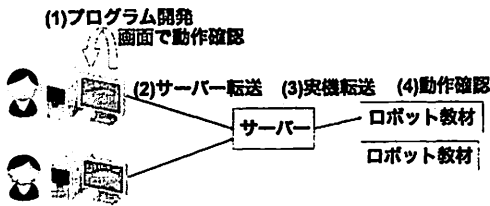


図2: ロボットを共有する学習環境

プログラミングは、次のステップで行われる。

- (1) 学習者は自分の端末でプログラムを開発し、画面上のシミュレーション機能で動作を確認する。
- (2) 画面上で動作を確認したプログラムをサーバーに転送する。
- (3) サーバーで自分のプログラムを選び、実機に転送する。
- (4) 実機で動作を確認する。

実機への接続の手間がないため、プログラムを修正するサイクルは効率的に行える。また、実機のばらつきに影響されないことから、論理的な流れに集中してプログラムを考えることが可能になる。

4 システムの設計と実装

4.1 システムの設計

以下では、これらのシステムを具体的に解説する。プログラム言語にはドリトルを、制御教材にはミュウロボを使用した [5]。

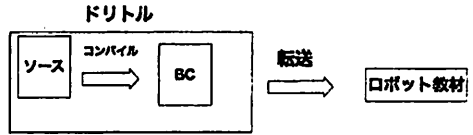


図3: 標準のドリトルでのコンパイル実行

図3に端末側の構成を示す。ドリトルは標準でミュウロボに対応しており、記述されたプログラムを教材に合わせた命令コードにコンパイルし、実機に転送できる。ミュウロボの命令コードは、命令1バイト+パラメータ(0から2バイト)からなるバイトコード(BC)である。制御はアンカーによるジャンプと、ブロック呼び出しと呼ばれるサブルーチン呼び出しを利用する。生成したバイトコードは実機に転送し、自律的な動作を行うことができる。

4.1.1 端末でのシミュレーション機能

今回は図4に示すような、コンパイルされたバイトコードを解釈するインタプリタを開発し、画面上でロボットに見立てたキャラクタを移動して実行できるようにした。

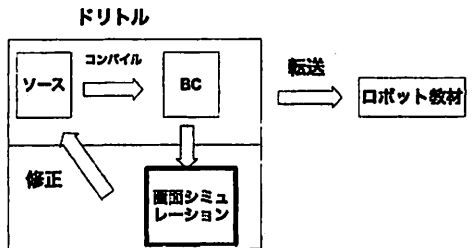


図4: 端末での画面シミュレーション機能の実装

インタプリタはドリトル言語で実装した。配列に格納したバイトコードを1バイトずつ解釈し、1パス目でジャンプテーブルを作成し、2パス目で命令を実行する2パス方式とした。

画面上のシミュレーションでは、実機の個体差を考慮せず、標準的な動作を行うように、移動距離や回転角度の調整を行った。

シミュレーターは、図5のように学習者がプログラムを作成した後、実機を動作させる前に画面上で動作確認を行うために使用する。

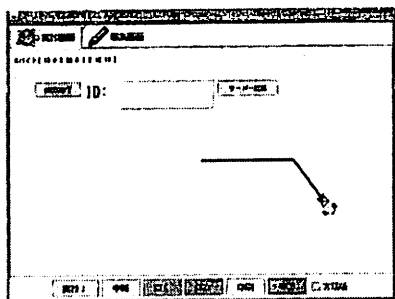


図 5: 端末での画面シミュレーション

シーケンス制御の課題を考えた場合、実際のロボットの移動距離が、シミュレーター上でわかる必要がある。今回の仕様では、ロボットの移動距離はモーターを動作させる時間で指定するため、基準となる直進時間と距離との関係、回転時間と角度との関係を標準的な制御ロボットより測定し、シミュレーターに反映させた。

4.1.2 サーバーへのプログラム転送機能

ドリトルは標準でクライアント・サーバーの通信をサポートしており、サーバー上の変数領域をクライアントから読み書きすることが可能である。

今回はこの機能を活用し、クライアントでプログラムからコンパイルされたバイトコードの入った配列を、サーバー上の変数領域に格納するようにした。格納した変数名をユーザーごとの ID (ログイン名) とすることで、ユーザーを識別できるようにした。

表 1 にミュウロボのバイトコードの例を示す。

表 1: バイトコードの例

| 命令 | 使用例 | 説明 |
|----|------|------------------|
| 2 | 2 A | 「前進 10」を実行する |
| 8 | 8 1E | 「後退 30」を実行する |
| A | A 5 | 「右回り 5」を実行する |
| B | B 14 | 「左回り 20」を実行する |
| 53 | 53 A | 飛び先 (10) を指定する |
| 54 | 54 A | 指定した飛び先 (10) に飛ぶ |

4.1.3 実機へのプログラム転送機能

サーバーの画面には、図 6 のようにクライアントから転送されたプログラムのリストが表示される。学習者は ID カードをリーダーにかざし、ミュウロボのバーコードをリーダーで読み取ることで、プログラムを実機に転送する。サーバーには表 2 に示すバイトコードが格納される。

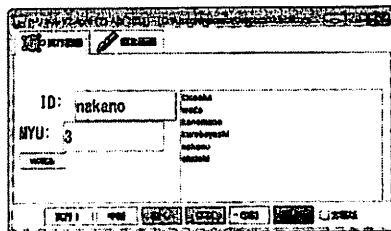


図 6: サーバー画面

表 2: バイトコードの格納例

| ユーザー ID | バイトコード |
|---------|---------------------|
| wada | 10 0 2 A A 5 8 A 13 |
| nakano | 10 0 2 F B 5 2 A 13 |

5 授業での評価

5.1 実施した授業

大学生の授業において、この学習環境システムを使用した。対象は 2 年生 13 名である。3 台のミュウロボを用意し、4,5 名ごとに 1 台を割り当てて実習した。

学生は画面上のシミュレーターで動作を確認しながらプログラムを作成する。画面で動くようになると、プログラムをサーバーへ送り、実機に転送して動作確認を行った。サーバーでは、IC カードリーダーで学生証を読み取ることで、学生番号に対応したプログラムを自動的に実機に転送するようにした。

実習する課題として、3 種類のシーケンス制御の課題を用意した。床にそれぞれのコースを用意し、学生はひとつの課題をクリアすると、次の課題へと進む形とした。

課題の判定は「障害物に接触せずに最短の距離で走行できること」とし、教員またはアシスタントの学生 (TA) が判定した。



図 7: 柱状の障害物の周囲を回転 (課題 1)

5.2 授業結果

課題については、課題 1 までクリアできた学生は 13 人 (全員)、課題 2 までクリアできた学生は 9 人、

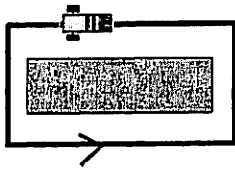


図 8: 長方形の障害物の外周を回る (課題 2)

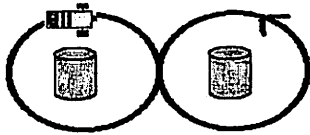


図 9: 2つの柱状の障害物を8の字に回る (課題 3)

課題 3 までクリアできた学生は 2 人であった。

プログラムの作成については、全員が画面上のシミュレーションで動作を確認しながらプログラムを作成することができた。この作業は順調に行えており、それぞれの課題を実行するための論理的な動作を全員が正しく記述できていることを確認した。

作成したプログラムをサーバーに送る転送についても、全員が問題なく転送できていることを確認した。サーバー上に送られたプログラムの中から自分のプログラムを選択する作業についても、今回は IC カードリーダーで学生証から学生番号を取得できるようにしたため、スムーズに行うことができていたことを確認した。

今回の授業では、実機の台数は少ない代わりに、教員が十分に整備した数台のロボットを共有して使用した。学習者にとっては個体差の少ない実機を使った実習が可能であり、教員にとっては自分の目の届く台数で実習させることで、トラブル時に代替機に交換することができるなど、効率の授業を行うことができることを確認できた。

6 関連研究

画面でのシミュレーションについては、ロボットを用いた高校用の学習教材の研究 [6]、マイクロソフトの複数のロボットに対応したシミュレーション環境 [7] などで実現されている。

中学校で用いられている制御教材については、文献 [4] で 9 種類の市販教材が紹介されており、いずれも、本研究で用いた教材と同様に 2 軸 (2 個の車輪とモーター) を用いた車型の教材であるが、画面でのシミュレーション機能は 1 社の教材で対応されているだけであった。また、少数の教材をネットワークで共有して多数の生徒が利用する形の制御用の学習環境は、本研究の独自の機能であり大きな特徴となっている。

実機のばらつきについては、あらかじめ左右のモーターの移動距離を登録してキャリブレーションを行う機能を持つ教材が存在した [4]。本研究ではこの点は今後の課題として、引き続き改良を行う予定である。また、今回の画面のシミュレーションには衝突等のイベントは反映していない。外部入力への対応も今後の課題である。

7 おわりに

少数の制御教材を教室で共有する学習環境を構築し、大学で実験授業を行った。その結果、従来の 1 人 1 台ずつの環境で課題となっていた「開発時のターンアラウンド時間が長くなってしまふ問題」「生徒がパラメータの調整に時間を取られ、本来の手順の学習に意識を向けられない問題」「学習者の実機ごとの個体差が生じてしまふ問題」を改善できることを確認できた。

今回の授業では 13 人で 3 台のロボットを共有して使用したが、40 人学級であれば、6 台から 9 台程度の台数で授業を行うことが可能と思われる。今後も継続して検証を行いたい。

参考文献

- [1] 文部科学省: 中学校学習指導要領, 2008.
- [2] 紅林秀治, 青木浩幸, 室伏春樹, 江口啓: 自律型 3 モーター制御ロボット教材による学習効果の検討, 日本産業技術教育学会誌, Vol. 51, No. 3, pp. 195-202, 2009.
- [3] 古平真一郎, 坂本弘志, 針谷安男: 自律型ロボット教材を用いた「プログラムによる計測・制御」学習の授業実践に基づく学習効果の検証, 日本産業技術教育学会誌, Vol. 51, No. 4, pp. 285-292, 2009.
- [4] 井戸坂幸男, 久野靖, 兼宗進: 自律型ロボット教材の評価と授業, 日本産業技術教育学会誌, Vol. 53, No.1, pp. 9-16, 2011.
- [5] 兼宗進, 久野靖: ドリトルで学ぶプログラミング, 第 2 版, イーテキスト研究所, 2011.
- [6] 大角圭吾, 川上亮太郎, 田中裕樹, 西野洋介, 川口貴弘, 早川栄一: ロボットを用いた可視化による学習支援システム, 情報処理学会, コンピュータと教育研究会 (CE83), pp.1-8, 2006.
- [7] Sara Morgan: Microsoft Robotics Studio で世界をシミュレーションする, MSDN マガジン, 2008. <http://msdn.microsoft.com/ja-jp/magazine/cc546547.aspx>