

# 組込みシステム学習支援環境「港」における LEGO Mindstorms NXT 教材の開発

田邊伸一郎<sup>i</sup> 外川大輔<sup>i</sup> 青山誠一<sup>ii</sup> 西野洋介<sup>iii</sup> 早川栄一<sup>i</sup>

拓殖大学工学部<sup>i</sup>

情報工学科<sup>i</sup> 拓殖大学大学院工学研究科<sup>ii</sup>

東京都立府中工業高校<sup>iii</sup>

## 1. はじめに

現在、デバイスの制御学習において、ロボットを用いた学習<sup>[1]</sup>が注目されている。これは、実際に動作が目に見え、触れることができる教材を用いて学習を行うことで、学習意欲の向上を図ると共に外部状態から起こる物理的な現象を瞬時に把握できるからである。しかしこういった学習環境の多くは、学習者によるロボットの形状変更が容易に行えるものが少なく、それにより学習できる制御概念が限られている。また、デバイスの動作状況を外部動作により学習させるものが多く、学習者にとって想定外の動作が発生した際に、原因を瞬時に把握できるものが少ない。

そこで、学習者によって構造を用意に変更できる LEGO Mindstorms NXT ロボットを使用し、内部動作を確認しながら走行テストを行えるデバイス制御学習環境を構築する。

## 2. 特徴

本環境は、早川研究室で開発された組込みシステム学習環境「港」<sup>[2]</sup>のモニタリングツールを改良し、LEGO Mindstorms NXT(以下 NXT)を教材用ロボットとした学習環境を構築した。また、本システムの特徴は次の四つである。

### (1) デバイスの追加、交換に対応

NXT は、学習者によるデバイスの交換、追加が容易に行える。学習者によって作成されたロボットに対応したログの生成、ログの取得、可視化環境の構築を行える。

### (2) 単一の環境で操作ができる

ロボットに直接触れるような入力操作を減らし、プログラミング、通信構築からロボットの走行開始、モニタリングまでの操作をホスト PC 上で行える。これにより走行テスト時の誤操作によるバグを削減できる。

### (3) ログの保存

NXT に接続されているデバイスの状態情報を数値化し、ログとして保存することで明るさ、音の大きさといった、目には見えにくいセンサ値情報を走行後に何度でも確認できる。

### (4) Bluetooth 通信機能の提供

無線でデータ通信を行わせることでロボットの移動範囲、コースの規模を広げることができる。

## 3. 全体構成

システムの全体構成を図 1 に示す。本環境は、ロボットと学習者のホスト PC から構成されている。学習者は、制御プログラムをロボットにアップロードし、走行させる。その際、走行中のロボットから各デバイスの状態情報を送信させ、PC で受信する。PC は、受信した情報を基にグラフを用いて可視化を行う。

学習者は、ロボットの走行テストをモニタリングする前に制御プログラムを作成する。その後、プログラムのアップロード、通信接続、走行開始、走行停止、モニタリングツール起動の順に作業を行う。ログの取得、ログの解析、ログデータの保存は、走行中に自動で行う。ログを基にグラフを用いての可視化は、モニタリングツールの起動時に自動的に行う。ログデータの通信、命令の送信は Bluetooth を使用して行う。

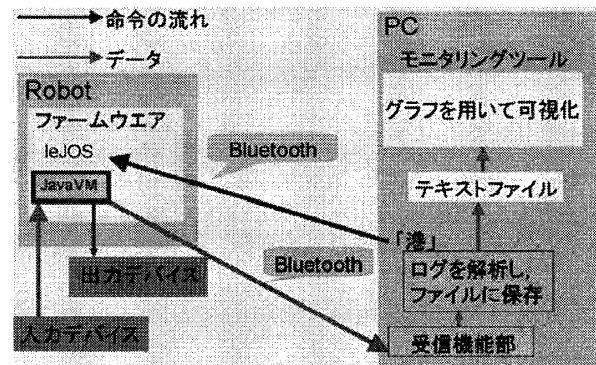


図 1 全体構成

## 4. 設計

### 4.1 ログ取得機構

「港」システムでの学習ツールはすべてシステムの動作ログをもとに動作する構造になっている。こうすることで、複数の学習支援を同一の環境で行うことができるからである。それに伴い、本環境でもログを取得する機能を構築する必要があった。

#### (1) NXT ログ生成ライブラリ

ログを取得するライブラリは、ロボットに接続されたデバイスの操作用ライブラリから呼び出されるように設計した。これは、操作用ライブラリのコンストラクタ内でログ生成ライブラリを呼び出す方法をとっている。それにより、学習者が制御用ライブラリを使用し制御プログラミングを行うだけで、ログは自動的に生成される。

#### (2) ログの構成

同じデバイスを複数接続することを想定した場合、各デバイスがどの場所に接続されているかを明らかにする必要があった。そのため、ログとしてデバイス名、ポート

Development of LEGO Mindstorms NXT teaching material in embedded system study support environment "Minato"  
Shintiro Tanabe, Daisuke Togawa, Eiichi Hayakawa  
Faculty of Engineering, Takushoku University  
Seiiti Aoyama,  
Takushoku University graduate school engineering research course  
Yousuke Nisino,  
Tokyo metropolitan Fuchu industrial high school

名も取得する。例として、光センサデバイスのログ生成図を図 2 に示す。通信速度の低下を防ぐためには、送信されるログ情報の容量を少なくするほうがよい。そこで、モータ、センサといったロボットに接続されるデバイスの各状態を整数値で表し、ロボット内のシステム時間とビット論理和をとったものを送信する。

### (3) ログの保存

PC 側で受信したログは、デバイスごとにテキスト形式のファイルに保存される。テキストファイルに保存されるログは、デバイスの状態、時間経過を保存する。デバイス名、ポート名は、ファイルの名前になる。

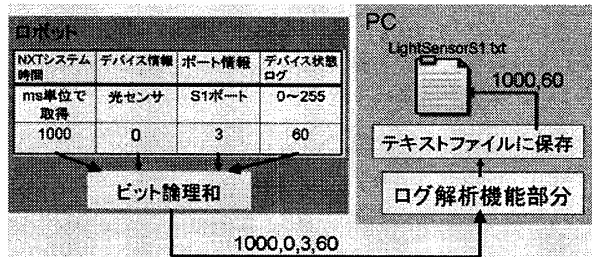


図 2 光センサ情報の生成図

## 4.2 可視化環境

本環境では、可視化手段として、グラフを用いる。NXT は学習者によってデバイスを追加、交換できるためそれに対応させてグラフの数を変更し、グラフ化を行う必要がある。

### (1) グラフフォーマット

デバイスによってグラフの最大値が異なっていることから、あらかじめデバイスごとにグラフのフォーマットを用意しておき、保存ログの解析時にそれを選択し、表示を行うように設計した。また、グラフのフォーマットは、横軸に時間の経過、縦軸にデバイスの状態を表す。モータの回転方向やタッチセンサ接触状態は文字を使用して表す。光センサ値、サウンドセンサ値、距離センサの状態は数値を用いて表す。

### (2) モニタリング環境

作成されたグラフは、すべて同時に表示される。こうすることで学習者は一画面ですべての状態を把握することができる。今回の改良により、距離センサ値、サウンドセンサ値のグラフを表示できるようになった。また、同じデバイスを複数使った場合でもポート名と共にグラフを表示するので各デバイスの状態を把握することができる。

## 4.3 ホスト PC 上での操作環境

走行テストを行う際にロボットに直接接触する操作は予期しないバグを引き起こしてしまう。そのため NXT に行う操作を PC 上で行える環境を構築した。操作環境は、限られた時間内での学習を想定し、操作に掛かる時間を短縮するため GUI を用いての操作環境を設計している。行える操作は、プログラミング、通信開始、制御プログラムのアップロード、プログラムの選択実行、走行開始、走行停止などがある。また、これらの操作は Bluetooth 通信を使用して行うため、ケーブルの抜き差しといった作業を必要とせず、PC との距離が 10m 以内の範囲ならどこでも行える。

## 5. 実現

表示されるモニタリングツール画面を図 3 に示す。図 3 の(1)のように、ロボットの外部動作をビデオとして録画したものと一緒に表示する。図 3 の(2),(3),(4)のように接続デバイスの状態は、横軸に時間の経過、縦軸にデバイスの状態を表すグラフを用いて可視化する。これらのグラフは、学習者によって使用されているデバイスに対応したグラフがその数に応じて表示される。また、再生したビデオの時間に同期させて赤色の線をグラフ上にスクロールさせることによりビデオを一時停止、巻き戻しなどを行った際にもロボットの状態を把握できる。これは、ビデオを再生する際にビデオフレームから、タイムスタンプを抜き出し、その時間経過をベースとして実装している。ビデオのコントロールバーの操作だけで、すべての情報が連動して更新されることから、学習者は操作を直感的に行うことができる。

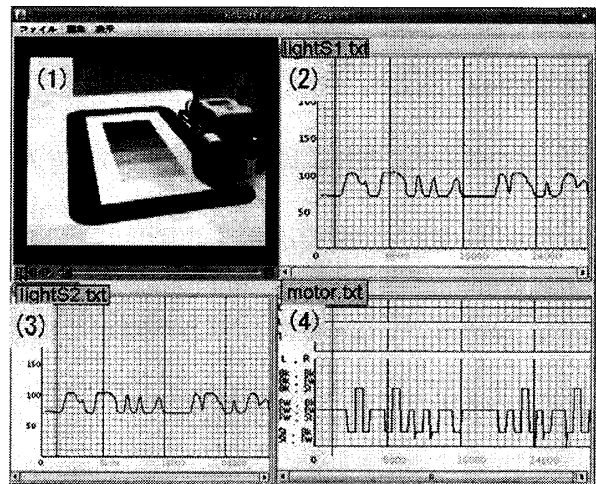


図 3 モニタリングツール画面

## 6. おわりに

本発表では、既存のモニタリングツールを拡張し、NXT に接続されるデバイスの動作、状態を可視化させる機能を実装した。それにより、「港」専用に作られたロボットよりも拡張性のあるロボットを使用できるようになった。また、ログの取得を自動化し、デバイスの追加、交換にも対応させることでユーザビリティの向上を図った。

今後の課題として次の三つがあげられる。

- (1) 複数の NXT を使用することによる学習に対応
- (2) 性能評価
- (3) NXT システム内部の可視化

## 参考文献

- [1] 水谷好成・岩本正敏：ロボット教材を用いた環境教育の検討, 宮城教育大学環境教育研究紀要 第3巻
- [2] 大角、川上、田中、西野、川口、早川：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報告, Vol.2006, No.16(2006)