

制御体験学習システムとシミュレータの開発

Development of Hands-on Educational System for Control and Simulator Software

小松原 実

Minoru KOMATSUBARA

岡山商科大学

Okayama Shoka University

Email: komatsubara@po.osu.ac.jp

あらまし：制御の仕組みになじみのない小中高生などの層を対象とした体験学習システムを開発し、試験運用をおこなった。このシステムでは遠隔地からでも制御対象のラジコンカーを動かせるよう、インターネットを介して走行命令の入力ができるため、複数の学校が参加してゴールを競うといった学習形態をとることもできる。さらにフィードバック制御を感覚的に学習できるよう、画面上をセンサーを備えた車がプログラムによりライントレース走行するシミュレータを開発した。本稿では制御体験システムの特徴と、その試験運用結果、ならびにライントレーサシミュレータの概要について紹介する。

キーワード：制御、ライントレース、シミュレータ、遠隔学習

1. はじめに

中学校の技術・家庭科技術分野の計測制御向け教材には、価格面での負担を軽くすることが望まれる。そこで本研究では価格面を考慮するとともに、さらに教材自体を手元に用意せずともネットワークを通じて教材を動かすことができ制御の体験ができるシステムを提供することを目標に、教材システムを開発し試験運用を行った。

ある程度高度なレベルの制御システム教育用教材としては例えば LEGO Mindstorms NXT を用いて、比較的手軽に制御理論の教育を行った例⁽¹⁾などがある。また、LEGO Mindstorms RCX や同 NXT は中学校における技術・家庭科技術分野の教材としても一部で使用されているが、実際に LEGO Mindstorms RCX をライントレース教材として用いている中学校の担当教諭から聞き取り調査を行ったところ、システムの価格と予算の問題や、高度な機能を持っているが故に担当教員の知識も要求される点、ソフトウェア開発用 PC が古い場合には処理能力上トラブルが生じるなどの課題があるという。

中学校や高等学校において、制御分野に興味を持たせるためには実際に何かを動かしてみようという体験学習は大きな意味を持つと考えられる。ライントレース走行は物が動くということが強く実感できるという点で優れたテーマであるが、走行をプログラムするためのシステムを内蔵したものは構造が複雑になりやすく価格も高価となる。ある場所に設置された走行体や制御システムをネットワークを経由して動かし、その様子をインターネットテレビ電話により観察しながら、走行プログラムの修正等を行っていくことで、遠隔地からも容易に利用することが可能となる。

この体験学習システムではシンプルなオープンループ制御をおこなう。体験のための学習としては意味のあるものだが、制御学習の次の段階はフィード

バック制御である。ライントレースカーが中学校の技術家庭科教材向けに販売もされているが、照明の具合や走行路のラインの色の濃さなどにより思ったようには走行しない場合もある。本研究ではまずは画面上を仮想的に走行するライントレースカーのシミュレータにより、センサーの読み取りとそれによる走行制御を経験できるよう、シミュレータソフトウェアを開発した。

2. 制御体験学習システムの概要

実際に走行命令を入力して走行体を制御する体験学習用システムでは、走行体には市販玩具のラジコンカーを用いることができる。本システムでは、ラジコンカー添付の無線コントローラを改造し、USB インターフェイスを介して PC に接続した。この USB インターフェイスを通して、ラジコンカーの前進後退およびハンドルの左右を簡単な走行命令データにより制御することによりラジコンカーをコンピュータで走行させることができる⁽²⁾。

走行を行う際には、参加者はスタートからゴールまでの一連の走行命令をインターネットブラウザから Web サーバーに送信、保存する。これにより複数の参加者が作成する走行データを効率よくコース走行に使用することができ、またネットワークに接続できれば複数の遠隔地の会場から同時に本システムを用いた授業を行うことができる。

制御命令は小学生でも容易に作成できるように簡易なものとした。前進後進とハンドルの左右を組み合わせた命令語に、その状態の継続時間を付加したものとなっている。たとえば、前進での右旋回を 0.5 秒ならば、「FR,50」のようになる。

上記システムを用いた授業を中学校技術科の授業の一部として実施した。この授業の補助者の一人として岡山商科大学の学生が大学内からネットワークで参加する形で行われた。大学側にもコースとラジ

コンカーを用意した。大学および中学校のそれぞれの会場で、現地のコースでラジコンカーの実物を目の前で動かすことができるとともに、相手の会場のラジコンカーをリモートで制御できることを確認できた。参加した生徒はインターネットテレビ電話映像によって、その動きを確認しながら走行データを修正して学習を行うことができた。

3. ライトレーサ・シミュレータ

前述の遠隔体験学習システムでは、開ループ制御の学習を行うことができるが、閉ループ制御に関しては具体的な学習は行えない。計測・制御分野の学習には、開ループ制御から閉ループ制御へと段階を踏んで発展させていくことが望ましい。そこで、コンピュータ画面上でライトレースを行うシミュレータ(Gsimulator)を開発し、容易に閉ループ制御の学習まで行えるようにした。

Gsimulator は、コースとして設定された図の上を走行するライトレーサを簡単なプログラムにより制御し、ゴールを目指すというものである。走行体は黄色の長方形で、現在の走行体の向きが矢印で表示される。その 4 隅に走行体の背景の色を識別するセンサーが 4 個設置されている。センサーは背景の白、赤、青、緑、黒の 5 色を識別し、これに応じて走行体の進行方向を変化させるようにプログラムを作成することができる。走行方向は前後 2 方向で操舵は左右の 2 値であるので、4 つのセンサーの使い方によってかなり自由度の高い走行をプログラムにより行わせることもできる。Gsimulator の表示画面例を図 1 に示す。

シミュレータ画面内には「命令」欄があり、ここにセンサー読取り値によって走行方向を変えるなどのプログラムを入力する。

使用できる命令には、単純走行命令と条件判断走行命令があり、F, FR, FL, B, BR, BL, STOP の各命令が単純走行命令である。FR, 50 のように指定する。前進後退を F か B で表し、その命令の継続時間を 100 分の 1 秒単位で数値指定する。この命令群ではセンサーとは無関係に走行を行う。単純走行命令を繰り返し実行する場合は loop 命令を使用する。

次に条件判断走行命令は、if が先頭にあり、その後にはセンサー名(a, b, c, d, e, ab, cd) と色、単純走行命令(f, fr など)を走行時間指定なし(1 ステップのみ実行)か、あるいは走行時間を付加して指定する。

例: if a blue fr

この例の場合、左前のセンサーの感知色が青であれば fr を 1 ステップ実行する。センサー名とセンサー位置の関係は、a 左前、b 右前、c 左後、d 右後、ab 左右前両方、cd 左右後両方を意味する。

条件判断走行命令実行時には、if 命令のセンサー感知色条件が成立した場合には、第 4 パラメータ以降の単純走行命令を実行し、それ以下の行は評価せず、条件判断走行命令ブロック先頭行に戻る。条件

が成立しない場合は、次の行の命令の評価に移行する。最終行まで評価して条件が成立しなかった場合は、現在の走行状態を継続して 1 ステップ実行した後、条件判断走行命令ブロックの先頭行に戻って命令評価を継続するというループ動作を行う。

道幅が大きい場合、コースの曲がり具合によってはどうしてもコースから出てしまう場合がある。こうしたコースをセンサーにより走行するには切返しが必要となる。これを実現するための命令が、

if ab-b blue br 10

のような命令である。これは、a と b が両方とも青になった場合、その直前の b の状態をチェックし、b が a より先に青になっていた場合に条件成立とする。このとき、右後退命令 br を一定時間実行することで切返しの動作が実現できる。

走行コースは一般的なペイントソフトウェアなどを使用してコースファイルを作成することもできる。また Gsimulator にはあらかじめ 7 つのコースが用意されている。ユーザが作成したコース図として横 400 ドット、縦 600 ドットの画像を使用することができる。



図 1 ライトレーサ・シミュレータ画面例

4. おわりに

小中高校生を対象とした制御体験学習システムを開発し、遠隔地の中学校と連携して実際にライトレースカーを動かす授業を行うことができた。さらにフィードバック制御の学習を PC 上で行うことができるシミュレータを開発した。今後、シミュレータを用いた試験運用を行い、その効果を検証したい。

参考文献

- (1) KIM, Yoonsoo, "Control Systems Lab Using a LEGO Mindstorms NXT Motor System." IEEE Trans. Educ., 54:452-461 (2010)
- (2) 小松原実: "中学校技術科における複数学校間同時遠隔連携授業", 電気・情報関連学会中国支部第 63 回連合大会講演論文集, pp.377-378 (2012)