

## 計測学習を取り入れた制御教材の改良

増田 麻人 †, 紅林 秀治 †

## 概要

計測学習を取り入れたロボット制御教材の改良について述べる。改良の対象とした制御教材では、計測値のノイズ除去機能や補間機能がないため、計測結果から正確な計測値を予測できないことがわかった。そこで教材の計測プログラムに平滑法とラグランジュ補間法を取り入れた。その結果、ノイズを除去したグラフ表示や計測点以外の計測値の予測が可能になった。

## Improvement of a Robot Control System with a Computer-Aided Measurement as Teaching Material

Asato Masuda †, Shuji Kurebayashi †

## Abstract

We improved a Robot Control System with a Computer-Aided Measurement as Teaching Material. A teaching material that we attempted to improve had no function of denoising and data interpolation, so we found that students could not estimate measurement data correctly. Then we add the smoothing algorithm and Lagrange interpolation method in the program of the teaching material. As a result our improved teaching material could show a graph of denoising data and compute data other than measure point.

## 1 はじめに

平成 24 年度から完全実施となった中学校学指導要領では中学校技術・家庭の学習内容「D 情報に関する技術」が必修化された [1]。計測・制御の学習ではセンサやコンピュータ、アクチュエータ等の要素で処理されていることや、一連の情報がプログラムによって処理されていることを指導するように明記されている [2]。つまり、センサを利用して計測し、それをコンピュータによってどのように処理されているのかを学ぶことになった。そのため紅林らは計測学習が可能な制御ロボット教材を作成し、授業による実践も行ってきた。ところが、開発した制御教材では計測したデータのノイズを除去したり計測点を補間したりする機能がなかった。そのため計測値にノイズが含まれている時の正確な計測値の予測ができないことがわかった。

そこで制御教材の計測データ処理方法を改良することを試みた。本論文では改良の対象とした制御教材および改良点について述べる。

## 2 改良の対象とした制御教材 [3]

改良の対象とした制御教材は一つのソフトウェア上で計測と制御ができるしくみになっている。計測したデータはインターフェースを通じて PC へ転送され、PC 上で数値やグラフとして表示される。データの送受信は赤外線を利用している。それにより学習者は計測したデータの特性を PC 上で確認することができる。教材システムの概要を図 1 に示す。

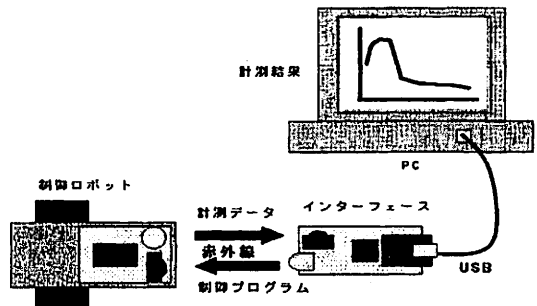


図1 教材システムの概要

† 静岡大学

Shizuoka University

† 静岡大学教育学部 (学生)

Shizuoka University Faculty Of Education(student)

## 2.1 制御基板

教材で使用している制御基板を図 2 に示す。

制御基板は 4 モータまで制御可能である。さらに、アナログ入力端子 1 個とデジタル入力端子 4 個を備えている。

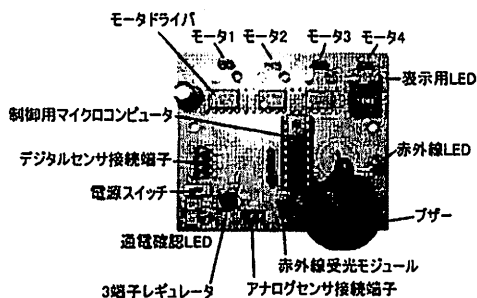


図2 制御基板

基板の動作は以下に示す4つのモードがある。それぞれのモードはデジタル入力端子に接続されたスイッチや赤外線信号を用いてモード選択を行う。

- リモコンモード
- プログラム実行モード
- プログラム編集モード
- 計測モード

リモコンモードでは、テレビリモコンを利用した制御を行うことができる。プログラム実行モードは、転送されたプログラムを実行する。プログラム編集モードでは、転送されたプログラムをPICに内蔵されたEEPROMへ保存する。計測モードではデジタルセンサ入力スイッチを押すことにより、アナログセンサ入力端子からマイクロコンピュータ内のRAMに保存される。計測値はAD変換された数値として保存される。同時に、計測値は表示用LED(図2)により2進表示される。データは50個まで保存可能である。保存したデータは、インターフェースを介してPCへ送られる。

## 2.2 インターフェース

図1に示すインターフェースは制御基板を搭載した制御教材から計測データを受信しPCへ送信する。またPCからロボットへ制御プログラムを送信もする。インターフェースを図3に示す。

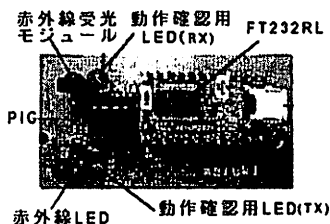


図3 インターフェース

インターフェースの回路では、FT232RL\*を用いることでUSB接続を可能にしている。また、制御プログラムの送信は赤外線発光ダイオードを介して制御基板に転送し、データの受信には、赤外線受光モジュールを使用している。データの送受信の際のバイトコードは、PIC12F675を利用して変換している。また、PCへデータを送る際のデータの紛失を防ぐため、計測したデータはPIC12F675に内蔵されたEEPROMへ保存する。また、図4に制御教材の例を示す。

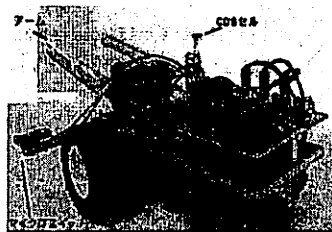


図4 制御教材

## 2.3 授業実践の様子

この制御教材は以下に示す学習の流れで実践されてきた。

1. ロボットの製作
2. ロボットの制御プログラムの学習 (シーケンス制御の学習)
3. 入力スイッチを利用したセンサとプログラムの学習
4. アナログ入力を利用したセンサによる計測の学習
5. フィードバック制御を利用したプログラムの作成

本教材の特徴は上記の学習の流れの4にある。学習者はアナログセンサにより計測したデータをPC上でグラフ化する。グラフよりセンサの特性を把握し、制御プログラムに反映させる。図5に授業の様子を示す。



図5 授業の様子

\* 秋月電子通商 FT232RL USB シリアル変換モジュール

### 3 計測における問題点

#### 3.1 ノイズと表示の問題

この教材を用いてノイズを含んだ計測データを表示したグラフを図6に示す。尚、センサには距離センサ (SHARP GP2D1) を利用した。この距離センサによって目安となる波形が得られる。

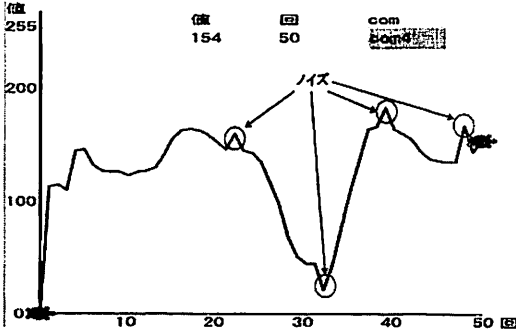


図6 従来のグラフ

ところが、ノイズを含んでいるため、以下に示す問題が生じる。

1. ノイズによってセンサの特性がわかりにくくなる
2. ノイズを計測値の値として学習者が誤認する

以上の問題が生じることで学習者はグラフを誤った読み取りをする恐れがある。そのためノイズを低減したグラフを実現する必要がある。

#### 3.2 平滑法と補間の導入

ノイズによるグラフの凹凸を除去する方法として平滑法を導入した。またこの教材ではデータ補間機能がないため、計測点間の値が読みとることができない。さらにノイズの影響を受けている計測区間は計測値の予測が困難になる。そこで、計測データを平滑処理した後に補間法の導入も試みることにした。

### 4 平滑法の利用

#### 4.1 導入した平滑法

平滑法は任意の点から平均をとり、誤差を小さくする方法である [4]。尚、平滑法の定義上、端点は無視している。関数  $f(x)$  の平均化点数を  $n$  とすると式 (1) で求められる。

$$g(i) = \frac{\sum_{k=0}^{n-1} f(i+k-1)}{n-1} \quad (i = 1, 2, \dots, 50) \quad (1)$$

式 (1) から平均化点数を大きくすれば誤差は小さくなり、グラフは滑らかになる。しかし、平均化点数を大きくすると遅延が起こり、グラフの増減のタイミング

がずれる。そのため平均化点数  $n$  に 3 を採用した。尚、平滑法プログラムはドリトルで作成し実行した。さらに、端点は問題にしないため平滑処理を施したグラフの端点である 1 回目と 50 回目は計測値をそのまま利用した。

#### 4.2 グラフの比較による実証

図6のグラフに平滑化した値を重ねて表示したグラフを図7に示す。

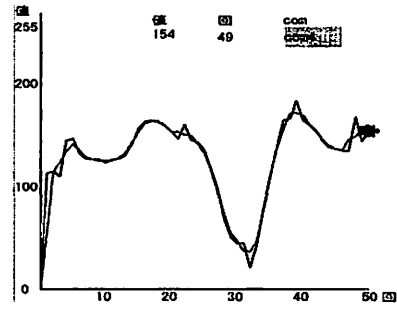


図7 グラフの比較

図7よりノイズを除去された計測グラフ描くことが可能となったことがわかる。

### 5 補間法の利用

#### 5.1 ラグランジュ補間法

いくつかある補間法の中からラグランジュ補間法を採用した [5]。ラグランジュ補間法は平面座標上に  $N+1$  個の与えられた点をすべて通る  $n$  次の関数を推測する方法である。この補間法は点の間隔が等しい時はもちろん、等しくない場合でも使用することができる [6]。

いま、 $f(x_k) = f_k (k = 0, 1, 2, \dots, n)$  とし、次の表のように各点の値が与えられているとする。

$x$	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$\dots$	$x_n$
$f(x)$	$f_0$	$f_1$	$f_2$	$\dots$	$f_n$

このとき、ラグランジュの補間多項式は式 (2) となる。

$$P(x) = \sum_{k=0}^n f_k L_k(x) \quad (2)$$

式 (2) の  $L_k(x)$  はラグランジュの補間係数といい、式 (3) で表される。

$$L_k(x) = \frac{(x-x_0)(x-x_1)\dots(x-x_{k-1})(x-x_{k+1})\dots(x-x_n)}{(x_k-x_0)(x_k-x_1)\dots(x_k-x_{k-1})(x_k-x_{k+1})\dots(x_k-x_n)} \quad (3)$$

しかし、ラグランジュ補間法はデータ点数が増えると不正振動を起こす。そこで計測した 50 個のデータ

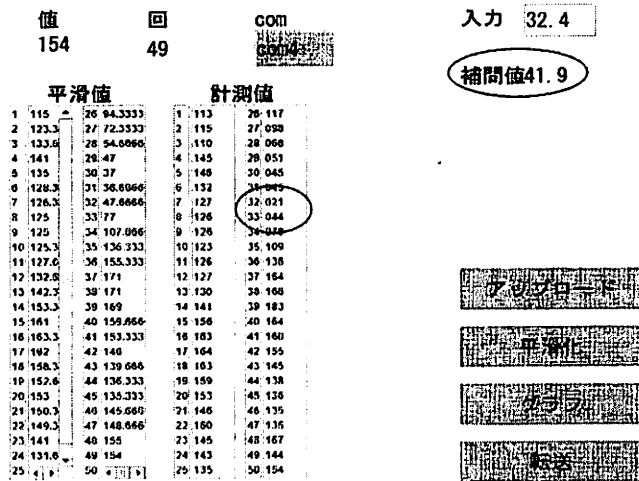


図 8 補間を実行した画面

の1番目,10番目,20番目,30番目,40番目,50番目を利用して補間することにした。それにより不正振動を小さくできると考えた。よって補間の定義域は  $1 < j < 50$  とした。補間法のプログラムはドリトルで作成した。

## 5.2 補間法の適用結果

補間を適用した実行画面を図8に示す。図8の右上の入力欄に値を入力することでグラフから読み取りにくい値でも計測値として示すことが可能となった。

図8の入力欄に32.4を入力すると補間により求めた値41.9を示すことができた。この値は計測値の32の時の値が21.33の時の値が44であるから本システムの補間機能は妥当であると判断した。

## 6 まとめ

平滑法を利用することでノイズを除去し、グラフを滑らかにすることができた。また、ラグランジュ補間法によって実数値での推測が可能になった。これにより計測点にノイズを含んでもセンサの特性グラフを描けたり、計測点以外の値も予測したりすることが可能となった。

## 7 今後の課題

改良した制御教材システムでは学習者が50回連続で計測してPC上で確認するという動作を繰り返す。そのため作業効率が悪いと実践者の指摘を受けた。また、不正振動を起こし、部分的に正しく補間されていない箇所がある。今後は計測点数の削減によって学習効率を高めることを期待し、授業実践により確認していきたい。

## 参考文献

- [1] 文部科学省：平成20年度中学校学習指導要領解説、技術・家庭篇,P9,教育図書,(2008)
- [2] 文部科学省：平成20年度中学校学習指導要領解説、技術・家庭篇,P36,教育図書,(2008)
- [3] 紅林秀治,室伏春樹,樋口大輔,江口啓：計測学習を取り入れたロボット制御教材の開発,日本産業技術教育学会誌 PP159-168 第52巻第3号,(2010)
- [4] 対馬勝英,松田稔：応用・BASIC数値解析とその手段,P54,パワー,(1980)
- [5] 神足史人：ここまでできる科学技術計算,P32,丸善,(2009)
- [6] 長嶋秀世,長嶋祐二：マイコンによる数値計算法,P1,昭晃堂,(1987)