

自律型 3 モータ制御ロボット教材を用いた計測の授業

Lessons of learning measurement and control with an autonomous 3 motor control robot

西ヶ谷浩史* 青木浩幸† 井上修次‡ 江口 啓§
Hirofumi NISHIGAYA Hiroyuki AOKI Shuji INOUE Kei EGUCHI

紅林秀治¶
Shuji KUREBAYASHI

概要

計測学習を取り入れたロボット制御学習を提案する。筆者らはセンサーによる計測値の特性を調べた後、制御プログラムにその計測結果を反映させる中学校技術・家庭(技術分野)の授業を考案し実践した。その実践では、距離センサーの特性を認識させるために、距離センサーを用いて計測した値と距離との関係をグラフ化する作業を取り入れた。その結果、計測したデータを制御プログラムに生かすことができるだけでなく、計測が制御に重要な役割をはたしていることも理解できるようになった。

1 はじめに

平成 20 年 7 月に新学習指導要領解説¹⁾が文部科学省から公表された。この新学習指導要領から、技術・家庭科の技術分野(以後、技術科とよぶ)の学習内容が現行の学習指導要領の学習内容「A 技術とものづくり」「B 情報とコンピュータ」の 2 種類から「A 材料と加工に関する技術」「B エネルギー変換に関する技術」「C 生物育成に関する技術」「D 情報に関する技術」の 4 種類に変更された。特に、「D 情報に関する技術」では、現行の指導要領では選択履修扱いであった「コンピュータによる制御」が、「プログラムによる計測・制御」に変更され必修内容となった。これにより、全ての中学生に「プログラムによる計測・制御」の学習を履修させる必要が生まれた。

制御の学習は、コンピュータ、電気、ものづくりなどを、総合的に学習できるため、筆者らはロボット教材を利用した制御の授業を実践してきた²⁾³⁾。しかし、今までの制御の学習では、計測に着目した授業を行ってこなかった。そこで、計測を取り入れたロボット制御の授業を考案し、実践を試みた。本論文では、計測学習のモデル、授業で使った教材、授業方法、授業結果の順に述べる。

2 計測・制御の学習モデル

現行の開隆堂の教科書⁴⁾では、機器に目的の仕事をさせるために「状況を知る」「判断をする」「仕事をする」の 3 つの機能が必要であるとしており、まわりの状況や機器の状態を計測する働きをする部分としてセンサを取り上げている。光センサの一つである CdS セルの抵抗値が変化の様子をテストで測る活動が紹介されているが、実際に値がどうロボットやコンピュータに取り入れられるかは取り上げられていない。

後の実習例のライントレースカーの制御では、センサの入力は明るいときと暗いときの 2 値化されている。こ

* 静岡大学教育学部附属島田中学校
† 高麗大学
‡ スタジオ・ミュウ
§ 静岡大学
¶ 静岡大学

れでは、何をもって明るい・暗いとするかの判断の過程が省かれており、アナログ値をテストで測った学習との間に飛躍がある。

プログラムによる計測・制御である以上は、プログラムによって何を明るい・暗いとするかを判断させることに意味がある。実際、明るい・暗いは相対的なものであって、同じ値でも晴れの日と暗い、曇りの日に明るいとなる場合もあり得る。プログラムによる判断であれば、容易にしきい値を変えることができ、ソフトウェアの特性を学ぶことにも役立つ。

また、人間には一定の明るさに見える状態でも、計測による値は蛍光灯のちらつきやノイズによって変動している。人間は自動的に順応し適当に処理するが、機械は正直で融通が利かない。人間と機械の違いを学ぶことは技術科として意味がある。これらを実感させるためには、センサの特性を記録する活動の中でコンピュータの計測の様子を観察させることが有効であろう。

今までにも多くの中学校では、ロボット教材を利用したフィードバック制御の学習が、実践されてきた⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁹⁾。しかし、これらの実践では、センサスイッチのオンかオフをフィードバックさせる単純な方法か、アナログ量を計測しても、ライントレースのライン色の判別を光センサーを利用して行うという限定されたアナログ量のみを使用する程度であった。したがって、センサーから得られる計測値の特性から計測した値を判断し、制御プログラムを修正するものではなかった。

また、ロボット以外の教材を用いて、森ら⁸⁾はインテリジェントハウスという形で制御を家の模型で学習するモデルを示し温度センサーを使った制御を実践しているが、温度センサーによる計測値の特性を調べてプログラムに反映させるという実践はしていない。

そこで、筆者らはアナログ量のデータをセンサーを用いて計測し、その特性を調べて制御へ反映する学習モデルの作成を試みた。その学習モデルでは、下記に示すような流れで授業を行う。

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）
3. 入力スイッチを利用したセンサーとプログラムの学習
4. アナログ入力を利用したセンサーによる計測の学習
5. フィードバック制御を利用したプログラムの作成

この学習モデルの特徴は、第4番目に示したアナログ入力を利用したセンサーによる計測値の特性を調べることである。このアナログ入力は、制御基板のコントローラーに AD 変換可能な入力端子が設置されていないと実現できない。そこで、今回の実践では、アナログ入力とスイッチ入力の両方のセンサー入力が可能な、制御基板で実践を試みた。

3 使用した教材

3.1 ロボットの車体

教材用ロボットの車体は、キクイチのベースユニット、ダイレクトギヤボックス、タミヤのシングルギヤボックスなどを利用した。生徒は、各自のアイデアで組み合わせた自律型3モータロボットを製作した。生徒が製作したロボットを図1に示す。

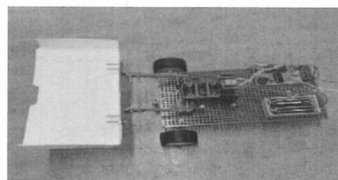


図1 生徒が製作した自律型3モータロボット

3.2 制御基板について

本題材では「ミュウロボ制御基板 688 タイプ (3モーター用)」を教材に使用した。図2この基板の特徴は、4チャンネルの入力を持ち、ADコンバータによりアナログ入力ができること、モータ3個を制御できること、通常ミュウロボの倍のユーザプログラム領域を備え (255 バイト)、より複雑なプロ

グラムを実行できるようになったことである。

コンピュータとの通信にはシリアルポートを使う。コンピュータ上で作られたユーザプログラムは、ミュウロボに転送され EEPROM に保存される。コンピュータ側からの送信のみが通常使われるが、「IC クリップ付き転送ケーブル」を用いることで逆にミュウロボ側からコンピュータにデータを送信することもできるようになる。今回 AD 変換された計測値をコンピュータ上で観察するためにこのケーブルを使っている。

ものづくりを授業の中心に考えている技術科にとって、生徒が自らの手を使って製作する余地がないキット教材では、教材として扱いにくいことが多くなるが、この制御基板は、生徒が自分で部品をはんだ付けしたり、配線したりする必要があるために、ものづくりを含めた授業が組みやすくなるのが特徴である。

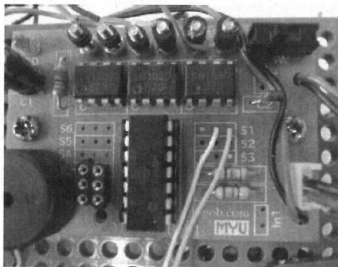


図 2 MYU ロボ制御基板

3.3 計測と制御のプログラム

制御プログラムには、ドリトル¹¹⁾を使用した。ドリトルでは、RS232C を介して、制御基板に制御プログラムを転送することができる。アナログ入力による計測を行うためには、図 3 に示すプログラムを実行する。このプログラムを実行するとドリトルは計測プログラムを制御基板に送信する。プログラムの流れは以下のものである。

1. COM1 に接続された制御基板を扱うことを宣言。(→MYU オブジェクト) (1)
2. 対応する括弧まで (～(13)) を制御基板側プログラム (計測プログラム) とする。(2)-(13)

3. 制御基板側プログラムを基板へ転送する。(14)

図 3 のプログラムを実行した画面を図 4 に示す。計測プログラムは、コンピュータ上に計測データを送信し、ターミナルソフトウェアが計測したデータを表示する。計測プログラムの流れは以下のものである。

1. 繰り返し部分 (～(12)) の始まり。(3)
2. ターミナルの画面を消去するコードを送信。(4)
3. 入力端子 In2 の電位を AD 変換する。(5)
4. ターミナルに” AN = < AD 変換値 >” の文字列を送信。(6)-(10)
5. 送信のための時間待ち。(11)
6. 対応する括弧 ((3)～) から繰り返す。(12)

```

ロボ = MYU !”com1”作る。 (1)
ロボ : 転送命令 = 「!はじめロボット (2)
「! (3)
12 RS //画面のクリア (4)
2 AN //In2 のアナログ値を 8BIT(0-255) (5)
で取得
65 RS //”A”をシリアル出力 (6)
78 RS //”N”をシリアル出力 (7)
50 RS //”2”をシリアル出力 (8)
61 RS //”=”をシリアル出力 (9)
DECRS //値を 10 進右詰めで送信 (10)
5 時間 //0.5 秒の Wait (11)
」繰り返し (12)
おわりロボット。 (13)
ロボ ! 転送命令。 (14)

```

図 3 計測のプログラム

通信ソフトとして、windows のハイパーターミナルを利用した。図 5 は、制御基板とパソコンとの接続の様子を示したものである。

4 生徒の計測に対するイメージの調査

計測という言葉は、生徒たちも普段の生活で使用している。また、計測に関わる体験もしている。そのため、生徒たちがイメージしている計測は、どの

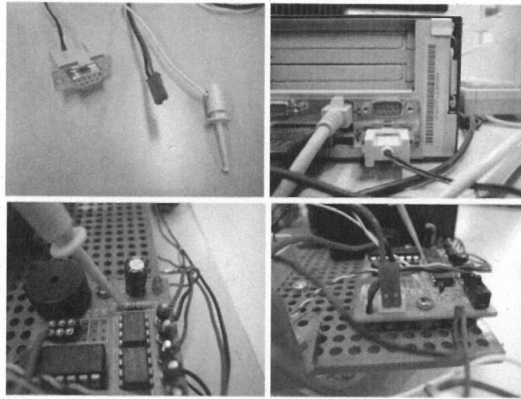


図5 通信ケーブルの接続

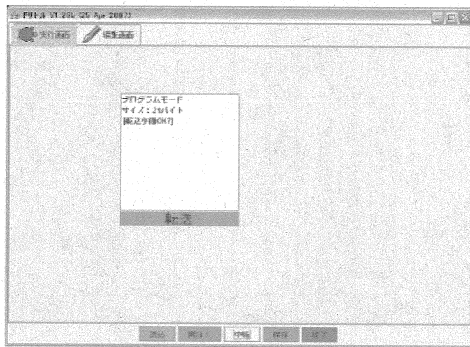


図4 制御プログラム実行画面

ようなものかを知るために、授業を行う前に事前調査を行った。調査対象は、静岡大学教育学部附属島田中学校3年生117名である。6月に基礎的な自律型ロボットの製作と制御(シーケンス制御と入カスイッチによる制御)を行った段階で以下のアンケートを実施した。回答はすべて記述式で答えるよう指示した。

- 質問1
計測という言葉を知っているか?
- 質問2
「計測」という言葉でイメージすることは?
- 質問3
コンピュータを使って計測している機器にはど

んなものがあるか?

質問1に関しては、90%(105名)の生徒が「知っている」と答え、全体の57%(67名)の生徒がその意味を説明できると答えていた。しかし、質問2に対しては、図6に示す言葉で説明していた。

| | | |
|--------|-------|----------|
| 体重 | 身長 | ストップウォッチ |
| 陸上のタイム | 計量カップ | 身体測定 |
| 温度計 | ものさし | レーザー |
| アメダス | 定規 | メジャー |

図6 計測のイメージ

また、質問3に関しては、図7で示す回答を得た。

| | |
|-----------|---------------|
| 天気予報 (6人) | デジタル体重計 (4人) |
| エアコン (4人) | 速度違反 (5人) |
| 炊飯器 (3人) | 冷蔵庫 (3人) |
| 電卓 (3人) | ストップウォッチ (3人) |
| 洗濯機 (2人) | 感応式信号機 (2人) |
| 自動ドア (2人) | |

図7 コンピュータを使って計測している機器

これらの結果から、ただ単にデジタル表示されることからコンピュータで計測しているという認識で捉えている生徒が多いことがわかる。計測という言葉に関しては、多くの生徒にとってはなじみが深くても、コンピュータの技術では、計測が制御につな

表 1 授業内容

| No. | 授業内容 | 時間 |
|-----|----------------------------|----|
| 1 | 自律型 3 モータロボットの紹介 | 1 |
| 2 | 自律型 3 モータロボットの製作 | 1 |
| 3 | 自分で製作したロボットの動きを調べる。 | 1 |
| 4 | 目的地まで進みUターンし、戻ってくる動き。 | 2 |
| 5 | 2×4材の上に乗っているスポンジを取ってくる動き。 | 3 |
| 6 | リミットスイッチの活用。 | 1 |
| 7 | スポンジを取り、バックしぶつかったら停止する動き。 | 1 |
| 8 | 光センサーを使い人間らしいロボットを作ろう。 | 2 |
| 9 | 距離センサーの特性を理解し自分のロボットに生かそう。 | 3 |

がっていることまではわかっていない生徒が多いことがわかった。

5 実践した授業

5.1 授業内容

3年生 117名を対象として平成20年4月から11月までの期間、技術・家庭(技術分野)の授業で行った。授業内容を表1に示す。

今回の指導計画では、表1のNo.4からNo.7までの授業でロボットの先端につけたリミットスイッチを利用してシーケンス制御を体験させ、ロボットを目的に合わせて動かす制御の基本を学ばせ、その後No.8の授業では計測の導入として光センサーを、No.9では定量的な計測の課題として距離センサーを用い、計測結果をロボットの制御に使うという流れで行った。

5.2 光センサーで計測・制御を行う授業

パソコンと制御基板を接続した後、ハイパーターミナルを用いて光の強さを計測した授業を紹介する。光センサーは、低価格で用意することができ、構造が単純で理解がしやすい題材である。明るさという計測値は、しきい値が状況によって変動することを学ぶことができる。図8にハイパーターミナル

の画面を示す。

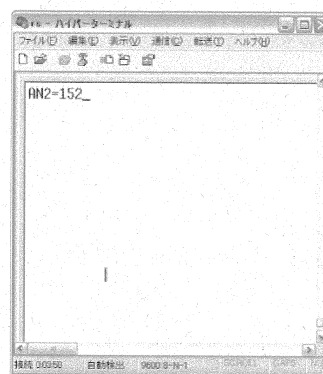


図8 ハイパーターミナル

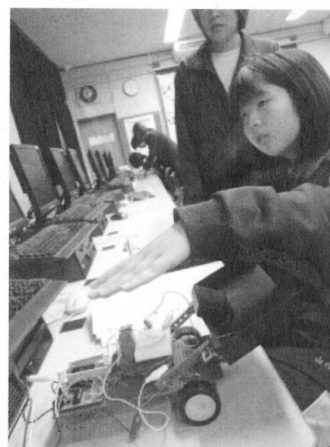


図9 生徒の様子

授業では「ロボットが暗くなったら停止し、明るくなったら後退するロボット」を作ろうという学習課題を提示し、光センサーからのアナログ入力値を計測した。照度計を生徒の全グループには準備できないため、教室での座席位置からの蛍光灯の明るさや、センサーを手で覆った時の明るさ、ノートで隠した時の明るさ等の生徒がその場で試すことができる方法でそれぞれの値を調べた。センサーにはCdSセルを利用した。

授業の様子を図9に示す。このときに、生徒が計

表 2 生徒が測定した値

| 明るさの条件 | アナログ値 |
|------------|-------|
| 何もしない（蛍光灯） | 107 |
| 手のひらで隠す | 163 |
| ノートで隠す | 202 |
| 両手でしっかりと隠す | 237 |

測した値を表 2 に示す。

この計測した値をもとに、ロボットは蛍光灯の明かりから逃げるように後退し、手で隠したら停止するロボットを作った。そのときのプログラムを図 10 に示す。

| | |
|--------------------------|------|
| ロボ = MYU ! "com6" 作る。 | (1) |
| ロボ : 転送命令 = 「! はじめロボット | (2) |
| 「! | (3) |
| 後退 | (4) |
| 「! 2 AN 140 以下の A」の間「」実行 | (5) |
| 停止 | (6) |
| 「! 2 AN 100 以上の A」の間「」実行 | (7) |
| 」繰り返す | (8) |
| おわりロボット」。 | (9) |
| ロボ! 転送命令。 | (10) |

図 10 制御のプログラム

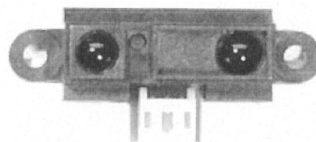


図 11 距離センサー

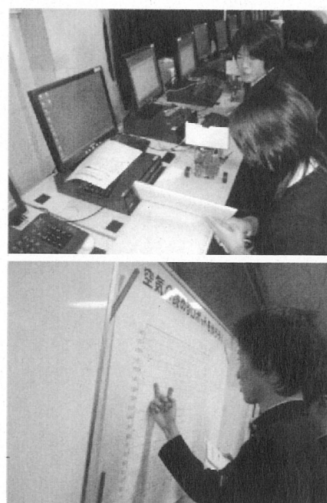


図 12 距離を計りデジタル値を記録

5.3 距離センサーを使った授業

次にシャープの PSD 距離センサー (GP2D12) を使用して授業を行った。距離による判断では、「遠い」「ちょうどいい」「近い」といった、より詳細な状況判断を設定できる。判断条件の抽出のためにセンサの特性を知るグラフ化の作業が有効であるが、明るさと違って、距離は定規によって定量化できるため、計測値と実際の値の関係をグラフ化するのに適した題材である。また、グラフ化によって、計測値についての詳細な観察ができ、値のふらつきや、機器による個体差についても生徒に発見させることができる。使用した距離センサーを図 11 に示す。

授業では、4 人の小集団を活用して代表のロボットを決め、共同で計測・制御を行った。授業の様子を図 12 に示す。

この授業では、計測した値をグラフ化しその特性

を調べた。生徒の計測したグラフを図 13 に示す。

このグラフでは、横軸は距離センサーと対象物との距離 (cm) で表し、縦軸はコンピュータで表示された値を示している。このグラフから、この距離センサーの特徴を生徒に考えさせた。生徒は、0 cm から 10 cm 付近までは急激に値が上昇していることと、35 cm 以上離れると値の変化の割合が少なくなるという距離センサーの特性に気づくことができた。

実際は、0 cm から 10 cm 付近までの計測値はばらつきが多いなどの理由から距離センサーとしては使わないように指導した。授業では「ロボットの前に手を出したら停止するロボット」を製作するという課題を与えた。プログラムに使う適切な値を各グループで考えさせた。図 14 に生徒が考えたプロ

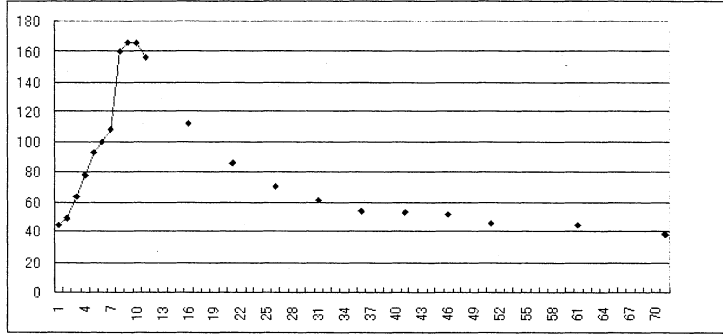


図 13 実際の距離とデジタル値の関係

グラムを示す。

| | |
|-------------------------|------|
| ロボ = MYU !"com1"作る。 | (1) |
| ロボ：転送命令 = 「! はじめロボット | (2) |
| 「! | (3) |
| 前進 | (4) |
| 「! 2 AN 80 以下の A」の間「」実行 | (5) |
| 停止 | (6) |
| 「! 2 AN 80 以上の A」の間「」実行 | (7) |
| 」繰り返す | (8) |
| おわりロボット。 | (9) |
| ロボ！転送命令。 | (10) |

図 14 計測結果を反映したプログラム

この体験により生徒は、実際に設定した距離ではロボットが急に停止しないため、すこし距離を多めにとることが必要だとわかる。そして、最終課題としてスポンジをアームでとり、戻ってくるロボットを製作した。授業の様子を、図 15 に示す。



図 15 アームでスポンジを取るロボット

6 授業の結果

今回、センサーで計測した結果をロボットの制御にいかすという授業を行った。この授業では、提示されたロボットの課題に対してどの値をしきい値として設定するかが重要となる。生徒がプログラムを考える時、その設定したしきい値を変化させた場合に、ロボットにどのような動きをさせるかを考えなくてはならない。そこで、計測した値を表だけでなくグラフにするという活動を取り入れた。このことにより、値が視覚化され、生徒はセンサーの特性を把握した上でしきい値を考えることができた。

図 16 に授業後の生徒の感想を示す。図 16 より、計測が制御に生かされていることを実感している生徒が出てきたことがわかった。

- ・よくわからない数字を距離のグラフにすることによって規則性が見えてくるのがわかった。
- ・身の回りにあるものを数値化することによって人間の感覚に近い動きをプログラミングできることを知った。
- ・最初に数字化して情報を覚えておかなければならない。それは大変だが、一回やっておけば臨機応変に対応できる
- ・光センサーや距離センサーを使った計測では、数値だけでは理解が深まらずどういうふうにプログラミングしていけばよいかわからなかった。しかしそれらを表やグラフにすることでこういう時はこうなるのかと理解が深まりプログラミングのイメージが頭に浮かんできた。

図 16 計測の授業でわかったこと

7 まとめ

プログラミングによる計測・制御を授業で教える場合、計測した結果をグラフ化させることは、その後ロボットのプログラムを考える時に有効であることがわかった。今回の授業では、ものづくりにも重点を置いたため、光センサーや距離センサーの実験についてもブレッドボードやみの虫クリップなどを使い生徒が自分の手で接続するような作業を多くした。しかし、このことは体験を通して理解をさせることができた反面、手順が煩雑になり、回路製作に時間がかかりすぎてしまった。また、距離センサーを用いたプログラムでは、電圧降下やノイズを拾ったりすることからプログラム上は正しくても、思うように動作しなかったりと動きにばらつきが見られた。今後授業を行うには、この計測の部分を簡略化すること、計測した結果を制御に生かす課題を工夫し生徒が必要を感じつつ計測しグラフ化できるような授業展開を考えることが課題である。

参考文献

- [1] 文部科学省:中学校学習指導要領解説 技術・家庭科篇, 教育図書 (2008)
- [2] Shuji Kurebayashi, Toshiyuki Kamada, Susumu Kanemune: Learning Computer Program with Autonomous Robots, LNCS, Vol.4226, pp138-149 (2006)
- [3] Shuji KUREBAYASHI, Susumu KANEMUNE, Hiroyuki AOKI, Toshiyuki KAMADA, Yasushi KUNO: Proposal for Teaching Manufacturing and Control Programming Using Autonomous Mobile Robots with an Arm Lecture Notes in Computer Science, LNCS 5090, pp.75-86 (2008)
- [4] 間田泰弘ほか, 技術・家庭 [技術分野], 開隆堂, pp.210-223, 2005.
- [5] 伊藤陽介, 森 誉範, 菊地 章, 大泉 計:「プログラムと計測・制御」のためのロボット学習材の開発と実践, 日本産業技術教育学会誌, 第49巻3号, pp.213-221(2006)
- [6] 嶋田彰子, 山菅和良, 針谷安男, 鈴木道義: 自律型ロボット教材を活用したプログラムと計測・制御学習に関する授業方法の開発と評価, 日本産業技術教育学会誌, 第49巻4号, pp.297-305(2007)
- [7] 森真之助: ロボット教材を用いた制御・プログラミングの授業実践と作業分析, 日本産業技術教育学会誌, 第47巻3号, pp.201-207(2005)
- [8] 森真之助: 中学校技術・家庭科 (技術分野) における融合教材“インテリジェントハウス”の開発とその評価, 日本産業技術教育学会誌, 日本産業技術教育学会誌, 第48巻4号, pp.251-258 (2006)
- [9] 伊藤陽介, 石塚仁志, 大泉計, 菊地章: ロボカップジュニア・レスキューを題材とする情報技術学習の提案, 日本産業技術教育学会誌, 第50巻2号, pp.59-57 (2008)
- [10] SHARP Corporation, GP2D12/GP2D15 General Purpose Type Distance Measuring Sensors, http://sharp-world.com/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2d12_e.pdf (2009/1/28 閲覧)
- [11] 兼宗進, 御手洗理英, 中谷多哉子, 福井真吾, 久野靖: 学校教育用オブジェクト指向言語「ドリトル」の設計と実装, 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.SIG11(PRO12), pp.78-90(2001)