

# 状態遷移図を用いた計測・制御学習の提案

紅林 秀治<sup>1,a)</sup>

**概要:** 中学校技術・家庭（技術分野）における計測・制御学習に状態遷移図を用いることを提案する。中学校技術・家庭（技術分野）ではコンピュータプログラムの説明にフローチャートを用いて説明している。フローチャートは、プログラムの処理過程を説明するには適切であるが、初学者が作成したいプログラムを構想したり、制御内容を設計したりするには作図が難しすぎて適切ではない。プログラムを十分に書くことができない初学者が、制御したい内容を記述するには、状態遷移図を用いた方が記述しやすいと考え、状態遷移図を用いた中学校技術・家庭（技術分野）の計測・制御学習を検討し考案した。

**キーワード:** 技術・家庭（技術分野）、計測・制御、状態遷移図、フローチャート、設計

## A Proposal for Instruction of Computer-Aided Measurement and Control Using a State Transition Diagram

**Abstract:** Technology education lessons are proposed to help junior high school students learn computer-aided measurement and control using a state transition diagram. In junior high school technology education classes, Computer programs are usually illustrated flow-charts. Flow-charts are useful for explaining the process of a computer program but not for explaining the design of a program or control regulation to beginners. Thinking that it would be easier to illustrate control regulation for beginners by using a state transition diagram instead of a flow-chart, the author devised new lessons in computer-aided measurement and control beginning with a state transition diagram for junior high school students in technology education classes.

**Keywords:** Technology and Home Economics, Measurement and Control, State Transition Diagram, Flow Chart, Design

### 1. はじめに

平成 25 年 6 月 14 日「世界最先端 IT 国家創造宣言」が閣議決定された [1]。その中で、「初等・中等教育段階からプログラミング等の IT 教育を、高等教育段階では産業界と教育現場との連携の強化を推進し、継続性を持って IT 人材を育成していく環境の整備と提供に取り組むとともに、」 [2] と述べられているように、初等・中等教育段階からのプログラミング教育の必要性が述べられている。また、世界最先端 IT 国家創造宣言工程表 [3] の中でも「【長期 (2019 年度～2021 年度)】○人材育成を支える環境の整備 ・小・中学校でのプログラミング等の IT 教育について、全国への展開を行う。【総務省, 文部科学省】」 [4] と書かれている

ことから初等・中等教育段階でのプログラミング教育が推し進められようとしていることがわかる。

現在、前期中等教育段階でプログラミングを学習内容として扱っているのは、中学校技術・家庭（技術分野）の中の計測・制御の学習である。プログラミングの学習では、扱うプログラミング言語の如何に関わらず、作りたいプログラムを構想したり、構想したものを図示したりすることが重要とされている。中学校技術・家庭（技術分野）の中の計測・制御の学習では、処理の流れをフローチャートを用いて表記することが推奨されている [5]。フローチャートは、「順次」「分岐」「反復」に代表される情報の処理手順の方法を図記号と矢印で表記しているため、処理の流れが明確になる。またそれにより、プログラミング言語を詳しく知らなくてもプログラムによるデータの処理方法や機器の制御方法等を理解できるようになる。このように、フローチャートは完成されたプログラムにおける処理の流れ、あ

<sup>1</sup> 静岡大学  
836 Oya, Shizuoka, Shizuoka 422-8529, Japan  
<sup>a)</sup> eskureb@ipc.shizuoka.ac.jp

るいは完成された処理方法を表記するには有効な手段である。しかし、プログラミングに慣れていない学習者や、初めてプログラムによる計測・制御を学ぶ学習者にとって、学習の初期段階に処理方法を考えたり、フローチャートで表記したりするのは困難である [6]。なぜならば、フローチャートでは、学習者が「分岐」や「反復」に関わるところで、どこからどこまでを繰り返す、どこから次の段階の処理に進めるのか、どのように矢印をつなげればよいかで悩むこと [7] が多くなるからである。

プログラミング学習の中で、自ら構想を立てたり、その構想を図示したりする作業は設計の学習でもある。プログラムの構想を表記する手段としてフローチャートのみを用いる計測・制御の学習は、設計を重視する技術教育の観点から考えると正しくはない問題である。

そこで本研究では、この問題を解決するために「プログラムによる計測・制御」の学習の導入段階で、状態遷移図を用いて制御内容を構想し、状態遷移図で描かれた構想からフローチャートの作成へと展開する学習方法を提案する。

## 2. 状態遷移図について

### 2.1 なぜ状態遷移図なのか

状態遷移図とは、状態と状態の変化(遷移)を表記した図である [8]。また、「プログラムの状況が有限個の状態に分かれていて、条件に応じてその間を移り変わって行くという捉え方であり、その様子を図示したものが状態遷移図である [7].」と井戸坂らは説明している。このように状態遷移図は、状態の変化を表記していくものであり、フローチャートのように処理の流れを表記するものではない。さらに状態遷移図は、状態の移り変わりを矢印で表記し、状態を丸や四角で囲んだ図で表記する。そのため、状態とその遷移を図示したものは、双六遊びの図 [10] に類似してくる。双六遊びは、幼初期に見たり遊んだりする機会がある古典的なゲームであるため、初学者にとって感覚的に理解しやすい図になると考えた。また、状態遷移図は条件によって遷移する状態の数が変わり、矢印の数が増えていく [9] ことにより、複雑で難解な図になることも考えられるが、フローチャートの「条件」や「反復」のように矢印を戻す位置や繰り返しの範囲を考えなくて良いためフローチャートよりも構造的に理解しやすいと考えた。

### 2.2 フローチャートとの違い

フローチャートと状態遷移図との表記の違いを、ライントレースカー教材を例に述べる。図 1 に技術・家庭(技術分野)の教科書に掲載されているライントレースカーを示す [11]。ライントレースカーの動きを示すフローチャートとそれを状態遷移図に表したものを図 2 と図 3 に示す。図 2 と図 3 を比較して明らかなように状態遷移図は、フローチャートに比べて同じ制御動作をシンプルに表記できるこ

とがわかる。

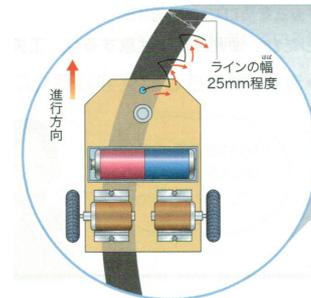


図 1 ライントレースカー

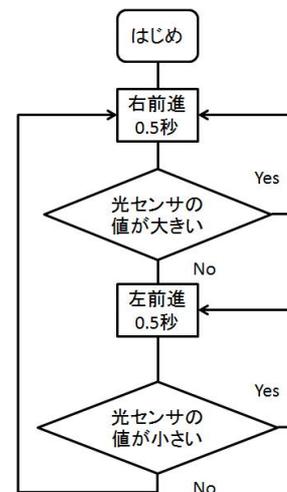


図 2 ライントレースカーのフローチャート

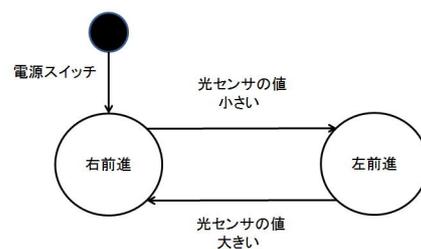


図 3 ライントレースカーの状態遷移図

## 3. 状態遷移図からフローチャートへ

状態遷移図は複雑な動作も状態ごと丸で囲んだ図とその移り代わりを矢印でつなぐという簡単な方法で表記できるため、プログラミングの知識がなくても、制御機器の状態把握ができればその全体像を表現できる。したがって、学習者自らが作りたいたいと構想する制御機器でも、状態遷移図ならば表記することが可能となる。しかし、状態遷移図は、

フローチャートのように処理の流れを詳しく表記していないため、プログラミング経験がない学習者にとっては、プログラムへの変換は難しくなる。

そこで状態遷移図の丸で囲まれた状態を、フローチャートの繰り返しループの中に分岐がある処理とし、その分岐により別な状態へ遷移すると考えるならば、一つの状態をフローチャートで表記できる。

初学者がセンサーを利用して計測・制御のプログラムを作成する学習では、基本的な処理方法は繰り返しループの中に分岐を設定するイベント処理のプログラムが多い。そのため、計測・制御学習のプログラムでは、イベント処理を状態遷移と対応させて考えることが状態遷移図からフローチャートへの接続しやすくなると考えられる。イベント処理と状態の関係を図2の条件分岐を例に示したものを図4に示す。

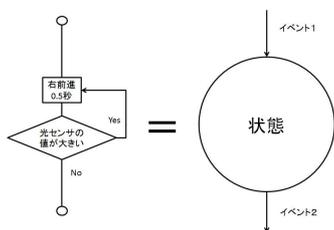


図4 イベント処理と状態の関係

さらに状態遷移図で描く上での約束として一つの状態から次の状態へ遷移する矢印(出る矢印)と元の状態へ戻る矢印(戻る矢印)をそれぞれ1本ずつであると規定することで、状態を示すフローチャートの条件分岐が一つとなり、初学者にわかりやすくなると考えた。図5に遷移の規定を図に表したものを示す。

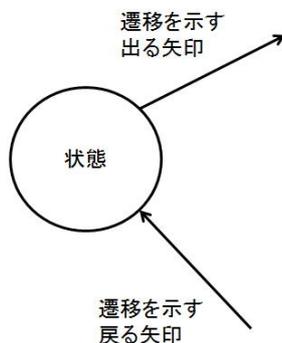


図5 状態遷移図の遷移の約束

このように状態遷移図の状態と遷移を規定することで、複雑な動作も最後にはフローチャートで表記することが可能となる。図2のフローチャートと図3の状態遷移図を合成して表記したものを図6に示す。

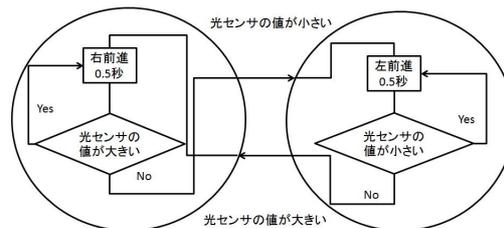


図6 状態遷移図とフローチャートの合成

#### 4. 設計から始める計測・制御学習へ

状態遷移図は、計測・制御機器の動作の概要を表記する方法としては、有効であり、フローチャートは処理の流れを表記する方法としては有効である。両者の利点を生かした学習方法(状態遷移図からフローチャートの流れの学習)を今後展開していけば、以下の順で行う学習が可能となる。

- (1) 学習者が構想する制御状態を状態遷移図で表記する。
- (2) 状態遷移図の状態ごとフローチャートで表記する。
- (3) 状態ごとのフローチャートを接続しフローチャートを完成させる。

上記の学習の特徴は、学習者が実現したいと考える制御状態を構想するところから始めることにある。これは、入出力の回路を含めた制御機器の設計に繋がる学習である。プログラミング経験がない学習者にとって、計測・制御機器はおそらくブラックボックスでしかないが、機器の状態およびその移り変わりは日常接している機器からイメージできると考えられる。したがって、状態遷移図を取り入れることにより、計測・制御機器の構想や設計から始める学習が可能となる。また、状態遷移図は自らの構想を相手に伝える図面(設計図)としても有効である。これは、技術を通じた言語活動を展開する学習手段にもなると期待できる。

#### 5. 想定される教材事例

##### 5.1 距離センサ付き車輪型移動ロボット

距離センサを取り付けた車輪型移動ロボットの活用を想定した事例を述べる。

距離センサ付き移動ロボットの場合、距離を計測できるため、障害物との距離を計測しその計測結果を動作に反映させることができる。そのため、ロボットの進む歩行を手で遮ったり、障害物を設置したりすることで、ロボットが動作を変えるプログラムを状態遷移図を用いて簡単に描くことができる。使用する教材用ロボット[12]を図7に、障害物との距離により動作を変える状態遷移図を図8に示す。

##### 5.2 LCD付き制御基板

LCD付制御基板を使用することを想定した事例を述べる。使用する基板は、LCDに計測結果の値や実行中のプ

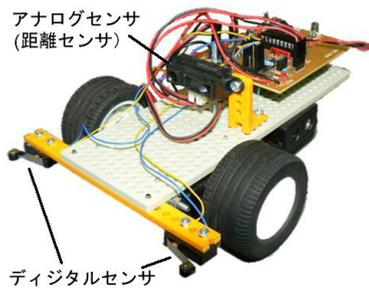


図 7 距離センサ付き移動ロボット

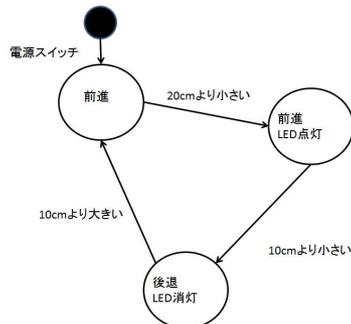


図 8 移動ロボットの状態遷移図

プログラムに関する情報(実行中のプログラムの名前)を表示することができる。また、入出力の回路はブレッドボード上で作成できるため学習者が自由に設計できる。LCD 付き制御基板の概観 [13] を図 9 に示す。

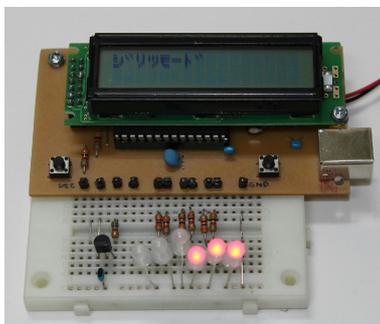


図 9 LCD 付き制御基板

この制御基板はプログラムにより、LCD 上に「モード A」「モード B」のように実行中のプログラムを表記できる。そのため、現在どんなイベント処理を実行しているのか確認できる。その機能を利用することで、移動ロボットのように動作で確認できない処理内容でも、学習者は LCD 表示から確認することができるようになることから、状態遷移図との対応関係も把握しやすくなると考えられる。図 10 は、LCD 表示と状態遷移図の関係を示した図である。

## 6. 今後の課題

以上に述べた、「設計から始める計測・制御学習」を実現するためには以下の内容を評価試験により検証する必要がある。

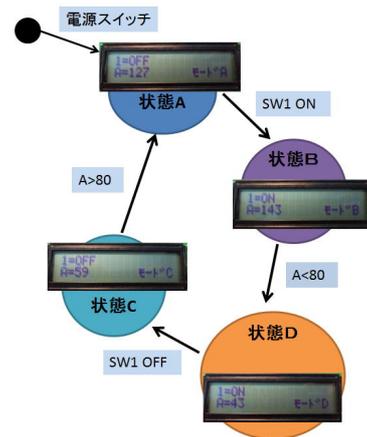


図 10 状態表示させた LCD と状態遷移図

ある。

- (1) 中学生はプログラムを学習する前に状態遷移図を理解し描けるようになるか。
  - (2) 中学生はイベント処理のフローチャートを理解し描くことができるようになるか。
  - (3) 中学生は描いた状態遷移図からフローチャートを描けるようになるか。
  - (4) 制御したい内容を状態遷移図で描けるようになるか。
- 課題は山積しているが、今後授業実践により調査していきたいと考えている。

## 参考文献

- [1] 平成 25 年 6 月 14 日閣議決定:世界最先端 IT 国家創造宣言について, <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20130614/siryou1.pdf>(2013.0902 確認)
- [2] 前掲 [1] の p.22(2013)
- [3] 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部:世界最先端 IT 国家創造宣言工程表,<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20130614/siryou4.pdf>(2013.0902 確認)
- [4] 前掲 [3] の p.76(2013)
- [5] 文部科学省:中学校学習指導要領解説 技術・家庭科篇,p.37, 教育図書 (2008).
- [6] 技術・家庭科学習指導編集委員会:技術・家庭学習指導者 [技術分野] 実践編, 開隆堂, pp.222-223(2011).
- [7] 井戸坂幸男, 青木浩幸, 李元揆, 久野靖, 兼宗進:状態遷移概念を利用した制御プログラムの学習効果, 日本産業技術教育学会誌, 第 53 卷 3, pp.179-187(2011).
- [8] 葉山清輝:作って学ぶ CPU 設計入門, 森北出版, p.63(2007)
- [9] 長谷川裕恭:VHDL によるハードウェア設計 2 入門, CQ 出版, PP.113-114(2006)
- [10] 幼児の学習素材館:よい子の生活すごろく, <http://happylic.net/sugoroku-seikatu.html>(2013.0902 確認)
- [11] 門田泰弘他:技術・家庭 技術分野, 開隆堂, pp.230-231(2011)
- [12] 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, 第 52 卷第 3 号, pp.159-167(2010)
- [13] 片田宗一郎, 紅林秀治:PC から独立して計測値の確認が行える LCD 搭載計測・制御基板の開発, 情報教育シンポジウム論文集, Vol.2012, No.4, pp.193-196(2012)