

状態遷移図で表現したシステムの分割を題材にした 情報Ⅱ「情報システムとプログラミング」の教材の提案

喜家村 奨^{*1} 稲川 孝司^{*1} 西野 和典^{*2} 高橋 参吉^{*3}

^{*1} 帝塚山学院大学 ^{*2} 太成学院大学 ^{*3} NPO 法人学習開発研究所

^{*1}susumu@tezuka-gu.ac.jp, ^{*1}t-inagawa@tezuka-gu.ac.jp, ^{*2}k-nishino@tgu.ac.jp

^{*3}takahasi-san@u-manabi.org

高等学校の情報科「情報Ⅱ」の教員研修用教材では、「情報システムとプログラミング」の単元において、モジュールの分割法が説明されている。本稿では、この単元の教材として状態遷移図で表現したシステムの分割を題材とした教材を提案する。

1. はじめに

筆者らは文献(1)において、micro:bit を用いた状態遷移システムの教材開発とその実装について示した。その中で、状態遷移システムの教材が高等学校の情報Ⅱの「(4)情報システムとプログラミング」の教材としても有効であることを述べた。文献(2)では、この単元の教材として、図書館の蔵書貸出システムの作成を題材にしているが、教材として蔵書貸出システムを実装するには、課題が大きすぎて教材としては扱いにくい。そこで本稿では、状態遷移システムの詳細化を教材として、その概要を説明し、加えてその有効性についても検討する。図1は本稿で用いるシステムの詳細化手法の概念図である。まず、設計者(学習者)は仕様をもとに、システム全体の振る舞いを状態遷移図として表現する。次に、システムの機能や物理的な制約をもとにシステムを複数のコンポーネントに分割する。各コンポーネントの振る舞いについては、システム全体の振る舞いを表す状態遷移図から機械的に導出する。以下、簡単な自動販売機を例に、この詳細化手法について説明する。

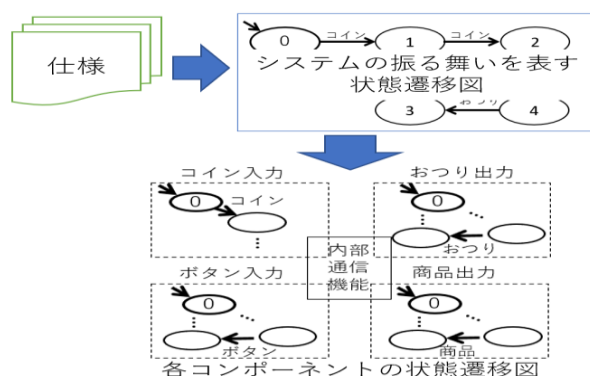


図1 システムの詳細化の概念図

2. システムの詳細化の概要

まず、以下の章で説明のために用いる簡単な自動販売機の仕様とその仕様から作成した状態

遷移図を示す。図2は仕様をもとに作成した状態遷移図である。この自動販売機の入力イベントはコインを投入するイベント(コイン)と購入ボタンを押すイベント(ボタン)である。出力イベントは商品を入力するイベント(商品)とお釣りを出力するイベント(おつり)である。

＜仕様＞自動販売機にコインを投入し、購入ボタンを押すと商品が出力される。商品はコイン1枚で購入可能であり、投入したコインは自動販売機に回収され、コイン1枚投入時、おつりは出ない。自動販売機には2枚までコインが投入でき(3枚目は投入されることはない)、2枚投入し、購入ボタンを押すと、商品とおつりが出力される。購入処理が終わると最初に戻る。

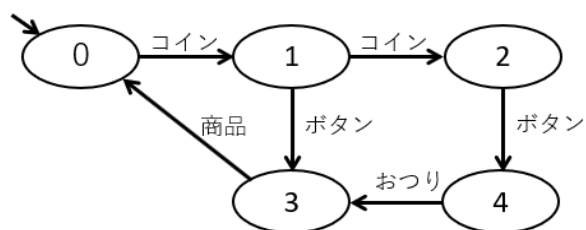


図2 自動販売機の状態遷移図

3. 詳細化のための要件の定義

システムの詳細化において、システムを複数のコンポーネントに分割する場合、それぞれのコンポーネントの機能や物理的な制約によって、どのようにコンポーネントを分割するかが決定される。表1は、本稿で示した自動販売機を複数のコンポーネントに分割する例を示している。この例では、ユーザインターフェイスのコンポーネント(UI)、コインの入出力に関するコンポーネント(CBOXIn, CBOXOut) および商品の出力をおこなうコンポーネント(ITEMOut)の4つに分割するとする。

表 1 分割するコンポーネントの概要

コンポーネント名 (従事するイベント名)	機能・物理的制約の例
UI (ボタン)	商品購入ボタンなどのユーザインターフェイス部、ルーレットなどの機能が実装される可能性がある。
CBOXIn (コイン)	入力されたコインをチェックする。偽造コインなどを見分けるため他のメーカーから供給される。
CBOXOut (おつり)	おつりを出力するコンポーネント。
ITEMOut (商品)	商品を出力するコンポーネント。商品を出力するための制御装置などで構成される。

4. コンポーネントの分割アルゴリズムの概要

システムの全体の振る舞いを表す状態遷移図とどのようにコンポーネントに分割し、それぞれのコンポーネントがどのイベントに従事するかが決まれば、一からそれぞれのコンポーネントの動作を定義するのではなく、システム全体の振る舞いを表す状態遷移図から、各コンポーネントの動作を表す状態遷移図を機械的に導出できることが望ましい。その為には、システムの振る舞いを表す1つの状態遷移図から4つのコンポーネントの振る舞いを表す状態遷移図を自動分割できる必要がある。この問題はプロセス代数におけるプロセス分割問題と考えることができ、1つのプロセスを等価な複数のプロセスの合成として分解、導出可能であることが既に証明されている⁽³⁾。以下、本稿の自動販売機を例に自動分割法について説明する。

- (1) システム全体の振る舞いを表す状態遷移図をコンポーネント分、コピーし、それぞれのコンポーネントの状態遷移図とする。
- (2) ある状態から複数のコンポーネントが従事するイベントの遷移がある場合は(図2の状態1)、必ず、いずれかのイベントによる遷移しか起こらないように内部イベント(図3のix, iy)による遷移を追加し、ラウンドロビン方式で、いずれかのイベントしか実行されないようにする。
- (3) それぞれの状態遷移図の遷移のうち、そのコンポーネントが従事しないイベントの遷移を内部イベントによる遷移に置き換える。
- (4) そのコンポーネントが従事するイベントについては、その遷移の後に内部イベントによる遷移を追加する。図3のiで始まるイベントが追加した内部イベントを表す。
- (5) 不要な内部イベントによる遷移を削除する。

図3に分解した各コンポーネントの状態遷移図を示す。これらのコンポーネントは共通の内部イベントによる遷移により同期し、全体としてシス

テムの4つのイベント(コイン, ボタン, おつり, 商品)に関する遷移については、もとのシステム全体の振る舞いを表す状態遷移図と同じ振る舞いをする。

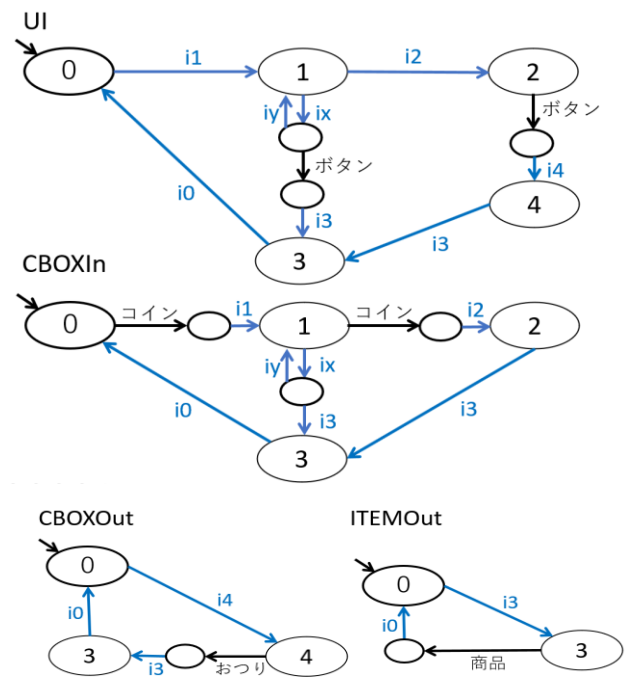


図 3 分割した各コンポーネントの状態遷移図

5. おわりに

本稿で示した教材を用いることで、非常にコンパクトな例でシステムの機能分割について学習することが可能であり、加えて、それぞれのコンポーネントを micro:bit などのワンボードコンピュータで実装することによって、並列システムの同期や排他制御に関する学習も可能となる。

謝辞

本研究は2020年度より JSPS 科研費 JP20K02528 の助成を受けている。また、常日頃から、本研究に対して、的確で、心温まる助言をくださる、NPO 法人学習開発研究所の三輪吉和氏に感謝します。

参考文献

- (1) 喜家村奨, 稲川孝司, 西野和典, 高橋参吉: micro:bit を用いた状態遷移システムの教材開発およびプログラムの実装, 日本情報科教育学会, 日本情報科教育学会学会誌 第15号, pp. 37-46 (2022).
- (2) 文部科学省 「高等学校情報科「情報Ⅱ」教員研修用教材 4章」 https://www.mext.go.jp/content/20200609-mxt_jogai01-000007843_005.pdf
- (3) 喜家村奨: 同期イベントを用いたプロセス分解法に関する研究, 奈良先端科学技術大学院大学 博士論文, NAIST-IS-DT0061203 (2003) <https://library.naist.jp/opac/book/34297>