

順序回路の学習支援システムにおける回路図問題に関する検討

植木 大介[†] 高木 章宏[†] 出口 幸子[‡]近畿大学大学院システム工学研究科[†] 近畿大学工学部[‡]

1. はじめに

順序回路の学習支援として、e-learning システムがあり [1]，またシミュレータを用いた教育も行われている．本研究では，初学者を対象として，特に状態の概念を理解させるためのシステムを開発している [2][3]．本システムは，複数教材を状態ごとに同期して変化させ，状態の概念を説明する．音声による説明機能，およびタッチパネルを用いたペンや指での入力機能を実現している．本システムでは一つの回路の学習が終了すると，確認テストで理解度を確認する．確認テストはテキスト問題と，回路図問題があり，本稿では，回路図問題について説明する．また，学生に本システムを使用してもらい，学生の入力の履歴とアンケート結果を分析し，本システムの入力方式を評価する．

2. 学習支援システム

2. 1. 開発環境

本システムの学習・実験では，入力に Logitech 社のタッチパネル LTP-17U を使用している．開発環境は WindowsXP および Windows7 上で，Microsoft VisualC++2008 を使用している．

2. 2. 学習コンテンツ

本システムは学習画面と確認テストの 2 つから構成されており，タブで切り替えができる．学習画面は，回路図，タイミングチャート，状態遷移図，状態遷移表および説明文で構成されており，確認テストはテキスト問題と回路図問題で構成されている．説明文の内容を音声録音して再生しており，またタッチパネルを用いてペンや指での入力を可能としている．

本システムで学習できる回路は①インバータペア，②RS フリップフロップ（以下 RS-FF と記す），③同期式 RS-FF，④D-FF，⑤JK-FF，および⑥マスタスレーブ JK-FF の 6 種類である．

3. 学習画面

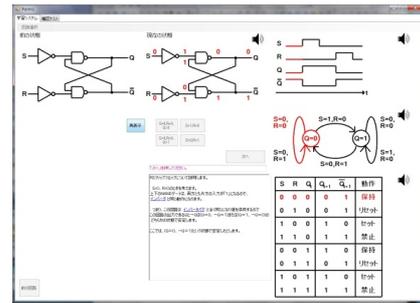


図 1. 学習画面

RS-FF の学習画面を図 1 に示す．同一画面に，回路図，タイミングチャート，状態遷移図，状態遷移表および説明文を表示し，状態が変化すると各教材を同期させて変化させる．例えば， $Q=0$ の状態で $S=1, R=0$ となり次の状態 $Q=1$ に変化する場合，回路図では各ゲートの出力で値が変化した箇所が赤くなり，タイミングチャートでは $S=1, R=0, Q=1, \bar{Q}=0$ の箇所が赤くなる．状態遷移図や状態遷移表でも同様に対応する箇所が赤くなる．説明文は対応する説明が表示される．状態の変化は，システムの「次へボタン」を押すことにより順次実行できる．また，「状態遷移ボタン」あるいは回路図の入力の値を直接変更することにより，指定した状態に変化させることもできる．

4. 確認テスト

確認テストには，テキスト問題と回路図問題がある．回路図問題には数値を入力する問題と，ゲートや配線を入力する問題の 2 種類がある．

4. 1. 回路図問題（数値入力）

回路図問題（数値入力）は，回路図全体の出力と回路を構成している各ゲートの出力の値を求める問題である．入力 (S, R) と現在の出力 (Q, \bar{Q}) はすでに表示されており，その入出力を受けて変化した各ゲートの出力と，全体の出力を求める．値の入力は回路図内にある四角で囲まれた空欄に行く．四角で囲まれた箇所をマウス，ペンあるいは指で押すと「0」，長押しすると「1」が表示される．RS-FF における回路図

問題の画面を図2に示す。

学習者は解答が終了したら、解答ボタンを押し、入力した内容の正誤を確認する。入力した内容が全て正解の場合、次の問題に進むことができる。一つでも不正解があれば解答をやり直す。再度不正解になった場合、間違っている箇所を示すヒントが表示される。なお、回路図問題では学習者の入力箇所、入力値、および入力時刻を記録している。

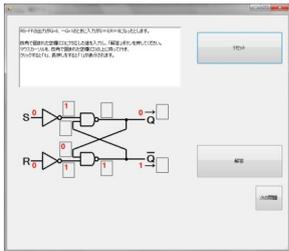


図2. 回路図問題(数値)

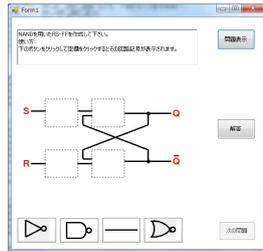


図3. 回路図問題(ゲート)

4. 2. 回路図問題(ゲート入力)

回路図問題(ゲート入力)は、回路図を構成しているゲートを求める問題である。図3に示すように画面にはゲートの部分(一部配線)が空欄になっている回路が表示されており、この空欄に対応するゲートや配線を入力し回路を完成させる。画面には問題となる回路図以外にゲートや配線が書かれたボタンがあり、このボタンを押すことで空欄にゲートの入力を行う。

空欄を埋め終わったら、右にある「解答」ボタンを押して正誤の確認を行う。正解したら次の問題に進み、間違えたらもう一度入力しなおしてもらおう。2回間違えるとヒントとして、間違えている箇所と回答に必要なゲートのボタンが赤線で囲まれて表示される。

5. 入力方式の評価実験

回路図問題では、ボタンを押すのみでなく、図中の複数箇所に数値を入力する必要があるため、入力方式としてマウスよりペンや指が有効である可能性があると考え、入力方式の評価実験を行った。

(1) 実験方法： 以下のように実験を実施した。

- ・ 被験者： 大学工学部3・4年生19名
- ・ 実験用のシステム： インバータペア(学習, 確認テスト)とRS-FF(学習, 確認テスト)
- ・ 入力方式： マウス・ペン・指入力を変えながら使用。
- ・ 入力履歴の取得： RS-FFの回路図問題において、入力内容と時刻を記録。
- ・ アンケートの実施： 実験終了後に入力方式

の使いやすさについてアンケートを実施。

(2) 入力履歴とその分析： 入力履歴より、被験者の各入力方式における誤入力の回数を調べた所、誤入力回数の平均は指、ペン、およびマウスの順番で多いことがわかった。しかし、入力方式間の差を符号検定で調べた所、マウスと指の誤入力回数のみ差があることが示された。

(3) アンケート結果： アンケートから、ユーザ評価ではマウス、ペン、および指の順番で使いやすい結果になった。

(4) アンケート結果と誤入力： 誤入力回数とアンケート評価の相関を取った所、指入力のみアンケート評価と弱い負の相関があった。

(5) アンケート結果の分析： 入力方式の評価の差を符号検定で調べた。回路図問題においては、マウスとペン、マウスと指、およびペンと指で、評価に差があることが示された。

以上より、入力履歴・アンケート共に入力方式としてマウスが最も適しているという結果になった。

6. おわりに

本研究では、初学者向けの順序回路の学習支援システムを開発した。回路図、状態遷移表、および説明文などの各教材は同期して変化させるようにした。回路図問題では、数値入力を行う問題と、ゲート・配線を入力する問題を作成した。また、学習者の入力内容を記録するようにした。

また、本システムにとって有効な入力方式を調べるために実験を行った。入力履歴とアンケート結果を分析し、マウス入力是最も使いやすいこと、およびペンや指による入力には問題があることが分かった。

今後の課題として、実験結果とアンケート結果に基づくシステムの改良、および学習内容へのフリップフロップの応用の追加(カウンタ回路等)があげられる。

謝辞： 回路図問題作成にご協力頂いた近畿大学工学部の村上広喜氏に感謝致します。

参考文献

- [1] 博多哲也, 大塚弘文, 松本勉, 柴里弘毅, 永田正伸: “補完学習のための基礎デジタル回路学習プログラムの開発”, 平成23年度全国高専教育フォーラム, 2011.
- [2] 出口, 植木, 高木: “順序回路の学習支援システムに関する研究”, 第36回教育システム情報学会全国大会講演論文集, pp.428-429, 2011.
- [3] 高木, 出口, 植木: “順序回路の学習支援システムにおけるUIの機能拡張”, 第62回電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集, pp.28-29, 2011.