

ブレッドボードと IC チップを使用した簡易教材で学ぶ論理回路のしくみ

○能城茂雄(都立三鷹中等教育高等学校), 金田千恵子(早稲田大学高等学院)

要旨 「情報の科学」のカリキュラムの中には、コンピュータの構造と動作について理解させる単元がある。その多くは2進法など、コンピュータ内部で取り扱うデジタルデータを理解させるための基本理論のほかに、演算のしくみを学習する目的で「論理回路」を単元として取り上げている。「論理回路」の単元では、基本的な3つの回路「AND回路」「OR回路」「NOT回路」の演算の特徴を学習し、真理値表を用いて、入力された値から結果としてどのような値が導かれるのか確認を行う。しかし、机上の理論だけでは、コンピュータの内部では実際にどのように働いているのかイメージがつかみにくい。そこで、我々は実際に体験を通して、回路の仕組みを学習できるような教材を考えてきた。本稿では、なるべく授業時間をかけずに、簡単な仕組みで論理回路の構造について学習する教材を開発し、実際に授業で実践した内容についての報告である。

1.はじめに

旧学習指導要領では、「情報 A・B・C」3つの分野から成り立っていた情報科のカリキュラムであるが、平成25年度より施行された新学習指導要領では、「社会と情報」「情報の科学」の2つに改訂された。特に、「情報の科学」についての習得目標の中では、「情報機器類等を活用して情報に関する科学的思考力、判断力などを養う」という内容が盛り込まれており、コンピュータや周辺機器などが、どのように連携し動作するのか理解しておくことが要求されている。カリキュラムの中でも「論理回路による演算のしくみ」はコンピュータ、特にCPU(中央演算装置)における演算処理を理解する上で、重要な単元となっているが、教授する内容は基本回路となるAND回路、OR回路、NOT回路のしくみと、その回路を通して入出力される2進数(0,1)の変化を読み取ることに終始してしまう。しかし、実際のコンピュータ内部では、電圧のON/OFFによって値を入力し、回路を通して結果を調整、出力している。我々は、この単元について、コンピュータ内部の実動作と授業内容について若干イメージが異なるように感じられ改善できないか検討してきた。

本稿では、「論理回路による演算のしくみ」を、ブレッドボード上に設置したIC回路を通して電圧のON/OFFによって実験し、机上の計算だけではない、体験を通してコンピュータの基本動作を理解する授業を試みた結果の報告である。

2.都立三鷹中等教育高等学校の授業内容

三鷹では、中等4年(高校1年相当)で表1のようなカリキュラムとなっている(表1参照)。本校では、コンピュータ教室の使い方や基本的なソフトウェアの使い方は前期課程(中学校)で既習であるため、到達度を測定するための実技テストを行った後は、学習指導要領に則った情報のデジタル化を軸に授業を展開している。

表1:三鷹中等教育高等学校1年生年間計画

回	授業内容
1	ガイダンス,オリエンテーション
2	実技テスト (ICTリテラシー)
3	コンピュータと情報処理
4	コンピュータの動作のしくみ
5	コンピュータにおける数値表現 (2・10・16進法)
6	コンピュータにおける計算のしくみ (2進法の加減算,補数)
7	コンピュータのしくみ (論理回路)
8	コンピュータのしくみ (論理回路演習)
1学期中間考査	
9~	以降、情報のデジタル化へと続く

3.早稲田大学高等学院の授業内容

早稲田大学高等学院の1年次のカリキュラムは次の表2のようになっている。本校では「社会と情報」を主軸とし1年次,2年次に分割し1単位ずつ履修させている。1年次は座学による理論中心の授業である。論理回路の単元は、1学期に学習する。

表2:早稲田大学高等学院1年生年間計画

回	授業内容
1	ガイダンス,情報倫理チェックテスト
2	waseda-netメールの設定,使用方法
3,4	情報伝達のモラル
5	情報の表現 (2・10・16進数)
6	計算のしくみ (2進数の加減算,補数)
7	コンピュータのしくみ 情報のデジタル化, 論理回路
8	コンピュータの歴史
文章作成ソフトによる文書作成の実技試験	
1学期期末試験 (筆記)	

本校では授業時間を効率よく使うために、基本的な理論は、Webサイト上の動画教材を使用して自学自習で学習を行い、その上で授業では実験教材を使用し基本的な論理回路の動作を実験し確認することにした。

4.ブレッドボードを使用した論理回路の実験

授業では、見てわかるような簡易教材を使用して、論理回路の動作を実験できるように開発を試みた。教材の構成内容について、解説を聞いて理解するには、なるべく構造を複雑なものにしないほうがよい。結果として、以下(図2参照)のようなものを作成した。ブレッドボード上に、AND・OR・NOT回路のICチップを装着し、ICチップのピン先にリード線から電圧を入力することで、出力側に装着されている赤色LEDを点灯させるという単純な構造で、生徒が組み立てる部分は極力最小限にした。



図1. 生徒に配布した教材

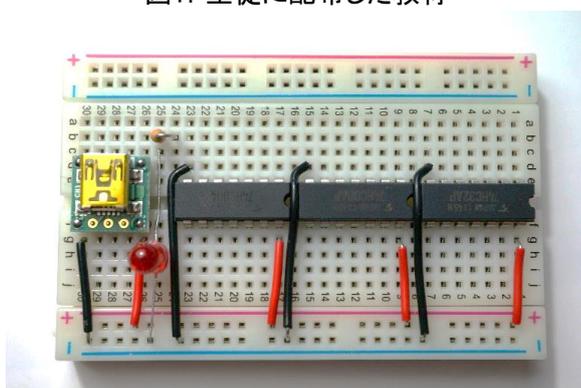


図2. ブレッドボードに装着したICチップ,USB電源コネクタ等

論理回路の実験教材(1人あたりに配布する内容)

- ブレッドボード(基板)
 - ブレッドボード用ミニ B メス USB コネクタ DIP 化: 1個
 - ブレッドボード用リード線(赤)4本,(黒)4本
 - ICチップ(74HC04/NOT回路),(74HC32/OR回路),(74HC08/AND回路):各1個=計3個
 - 5mm赤色LED:1個
 - カーボン抵抗(炭素皮膜抵抗)1/4W 1kΩ:1個
- USBケーブル A オスーミニ B オス 1.5m A-miniB:1本
- ブレッドボードジャンパーワイヤー15cm: (緑)1本,(青)1本,(白)1本

生徒は2人組になり、教員の説明と配布したワークシートにある回路図を見ながら、協力して回路が埋め込まれているICチップに電圧がかかるようにリード線を配線する。1回(50分)の授業で、実施した内容は、表3の通りである。

5.生徒の反応

短い時間の中で実施した内容で、最初は戸惑う様子もあったが、書画カメラによる実演と解説で少しずつ慣れ、AND,OR回路の実験まで順調にこなす生徒が多く見られた。また、この実験についての感想を書かせたところ、以下のような意見が見られた。

(以下、早稲田で取得したアンケート結果より)

- ・道具を使って実際に実験するととてもわかりやすかった
- ・とても楽しい授業で、パソコンのしくみがわかったような気がした。OR回路やAND回路などを使って自分でおもちゃのようなものを作りたいと思いました。
- (以下、三鷹で取得したアンケート結果より)
- ・今回の実験をしたことで先の授業内容をより理解することができた。教科書の図を見るだけではなく実際に自分でやってみると後で復習するときにスムーズに理解できると思う。
- ・電子機器内の回路を身近に感じることができて楽しかった。
- ・自分で作業して、LEDが点灯したのが嬉しかった。言葉ではイメージしにくかったけど、実際に作業することでイメージできるようになった。

6.今後の取り組み

今後は、発展演習として、基本回路を組み合わせた「半加算器」の教材を準備し、2進数1桁の加算について、どのように配線すると1桁目と桁上げの出力を確認できるようになるか生徒に取り組ませたいと考えている。

実際のCPUは基板上にICチップ、コンデンサ等を集積し圧着させた目に見えない構造になっている。生徒のリクエストにもあったが、基本回路の動作確認だけでは、CPUの構造をイメージするに至らない生徒も多く存在した。これらを改善すべき今後の課題とし、この場を借りて、よいアドバイス等いただければ幸いである。

表3. 学習の流れ

	学習活動
導入(10分)	・本時の学習内容の説明
準備(5分)	・実験の準備(教材の配布)
展開(30分)	・書画カメラで解説をしながら、AND回路のICチップを使用して実験を行う ・各自でOR回路やNOT回路を組み立てて動作を確認する
まとめ(5分)	・本時のまとめ、教材の回収

参考文献

- (1) 金田千恵子,荒巻恵子,石塚忠男,斎藤翔一郎,武沢護,橋孝博,鶴田利郎,八百幸大「動画教材による学習を支援するしくみ作りの紹介～「論理回路を学ぶ授業」～」第62回ICTE情報教育セミナー予稿集 pp.14-17(2014)
- (2) 渡波郁,「IC10個のお手軽CPU設計超入門 CPUの創りかた 初歩のデジタル回路動作の基本原理と製作」(2003年9月15日発行 毎日コミュニケーションズ)