

論理回路教材による実践とブルーム・ペレグリーノ理論による評価

川村学園女子大学・教育学部 本村 猛能

筑波大学・附属坂戸高等学校 工藤 雄司

1. はじめに

我々は、高校普通科、工業科の「情報」と大学の情報教育を、平成12年以来の調査・分析を通して、体系的情報教育のあり方とカリキュラムを検討してきた¹⁾。分析方法は、ブルーム(Bloom, B.S)等の教育目標を基本に、カリキュラムや学習内容の理解度を調べるため、因子分析(情報教育の現状認識)、クラスター分析(生徒・学生の知識の構造化把握)を使用し、生徒・学生の知識の構造化を精査することで方向性を見出すものである。この時、「ものづくり」の視点を考慮に入れ、その教材として現在導入し実践しているものが、『論理回路学習教材』である。

ここで、現在まで実践で用いた教材を検討するにあたり、広岡亮蔵(1969)の教材構造化理論を踏まえた。すなわち、「共通する課題」「素材の本質」「学問的成果に基づく」「成果を単純化」「精緻な認識の再構成」「良心への問いかけ」の6つのポイントと、教科教育の目標から科学的理解、制御、進数と回路という分野から題材という『学問的な発想』から再検討し継続実践を試みた。一方では、教材から回路、進数・制御、そして教育の目標という『現場的な発想』も考えられるが、本実践は高校と大学両学校段階で行っており、到達目標を情報教育目標の要素である「科学的理解」の在り方に焦点を当てているため前者の学問的な発想で行った。

論理回路学習の内容・過程を継続し実践・検討した結果、コンピュータの本質を理解し科学的理解を教授するのに妥当であることが示唆され、配線方法に関する学習行動に「気づき」や「ひらめき」を含めた成長過程がみられた。

2. 研究目的

我々は、体系的情報教育の考え方として、1999年以來「情報に関する理解力と技能」が必要であるとし、特に「知識」の面では、コンピュータの本質としてブール代数や回路論などの学問体系である、「記号論理学」の内容が大切であるとした。この我々の提案は、日本情報教育開発協議会などにおける『教科「情報」は教育コンテンツの充実として情報の科学的理解および論理的思考力の必要性』を情報教育の重要な柱として謳っているものと同様と考えた。

本研究は、体系的情報教育として、「情報の科学的な理解」を中心とした内容構成が求められ、「論理回路学習教材」を生徒・学生のレディネスや知識・理解段階を考慮しながら学問的な発想による教材論の立場から開発し、その学習過程での知識の構造化について自己評価項目により調査・分析することを目的とした。このとき「気づき」や「ひらめき」についてブルーム(Bloom, B.S.)からペレグリーノ(Pellegrino, J.W.)にいたる評価理論を導入し²⁾、評価理論の『学習者の診断・教授方法の改善・学習プログラム自体の評価』の3目標と、高校・大学の『認知(Cognition)・観察(Observation)・解釈(Interpretation)』の3つの理論的枠組みを取り入れた教材論に基づく比較研究を進めたので報告する。

3. 論理回路学習の実践内容について

論理回路学習は、筑波大学附属坂戸高等学校・総合科学科工業系における実習科目「工学情報基礎」の中で実験形式により進めている。論理回路学習においては、2進数理解を「情報の科学的な理解」を学習するための基礎・基本ととらえ、その学習を支援する有効な教材・教具として「2進数-10・16進数変換器」を活用している。以下に実験項目を示す。

- ①実験1「電源ランプ回路」：通電状態の確認のため、LEDと抵抗により配線する。
- ②実験2「IC実験回路」：入力スイッチ回路と出力確認用LED回路を配線する。
- ③実験3「NOT回路」：IC実験回路にNOT回路を配線し動作を確認して真理値表を作成する。
- ④実験4「AND回路・OR回路」：AND回路とOR回路について実験3と同様に実験を行う。
- ⑤実験5「NAND回路」：NAND回路について実験3と同様に実験を行う。
- ⑥実験6「各種の論理回路」：NAND回路を組み合わせた基本論理回路(NOT回路、AND回路、OR回路)、NOR回路を作成し、実験3と同様に実験を行う。この過程において

ール代数の定理の確認，ド・モルガンの定理の重要性の理解を図る。

⑦実験7「EX-OR回路」：EX-OR (EXCLUSIVE-OR：排他的論理和) 回路を基本論理回路を使用して作成する方法と，NAND回路のみで作成する方法を比較することにより，回路設計の基礎に触れ，TTL-ICの74シリーズにおいて何故NAND回路が00番なのかを実感する。

また，コンピュータを構成する回路の基礎として加算回路を学習するが，この基礎となる半加算回路がEX-OR回路により構成されることを理解する。

⑧実験8「2進数-10・16進数変換回路」：論理回路実験装置に，7セグメントLEDドライバとしてPICマイコンを使用した「2進数-10・16進数変換器」をセットして使用する。

4. まとめ

専門高校や総合学科工業系高校は，実践前は理論学習への関心が高いが，実践後は実習（ものづくり）に興味・関心が移り，理論に対する不安もあるが，実技・経験を通して理論学習が深まり，応用力へ深化する。大学では，実践前は，実習（ものづくり）への興味・関心が高く，理論学習の深化に期待しているが，実践後は，論理回路学習を通して科学的な理解を深めるための知識・理解とものづくりの大切さを重視しているという結果であった。なお，これらの結果は継続して見られた。

このことから実技・経験を重視したカリキュラムと知識・理解を重視したカリキュラムの比較では，実践前は互いに他方の重視する項目に対する興味が強いが，実践後は各々のカリキュラムで重視する項目に対する理解が深まるという構造が今回も確認でき，先行研究の結果とも一致する結果であった。これは，「ものづくり」を柱とした情報教育における論理回路学習のあり方，教材構成の体系化が大切であることを示していると考えられる。

この結果をブルームとペレグリーノの評価理論の関係でまとめると，まず3つの目標では，ブルーム理論に基づき，目的である『学習者の診断』を行い『教授方法の改善』を検討した。教師は教科内容の知識と教授学的知識の両方において熟達化する必要があり，『学習プログラム自体の評価』は，平成12年度以降の調査を踏まえ今後検討する必要性がある。

次に，3つの理論的枠組みである「認知(Cognition)」は，評価の明確な定義と理解の体系を指しており，ブルーム理論では論理回路評価項目を精神・運動，認知，情意で捉え各々の到達度で我々は検討している。「観察(Observation)」は，評価対象を適切に評価するための方法論であり，学習者の活動を要素である「情報の科学的な理解」の学習として論理回路教材を活用して，ブルーム理論の生徒・学生の協調学習による「気づき」と「創造性」の過程の中で検討している。ここでは，先述の「協働的な学びに参加することによる認知的動機付けがより高まる(Brown and Campione,1987)」ことに注目する必要がある。「解釈(Interpretation)」は，収集したデータをどのように加工し，目的にあった評価をするかであり，これには複数の適切な統計手法を必要とする。本実践での教育評価は単なる測定ではなく，生徒・学生の色々な性格へ影響を及ぼすものであり，教育そのものと併せ有効性は的確に診断されなければならない。

今回報告した回路配線方法に関する「気づき」や「ひらめき」などの興味・関心・理解を深めるイベントなども教師と生徒の言語・非言語コミュニケーションに重要な鍵があると考え，これを評価項目に加え解明していく必要がある。

また，情報教育の目標と要素について精査しカリキュラム内容の改善を推し進める上で，小学校から高校段階の適切な教育方法の在り方と情報教育の関係について実践し検討する予定である。

※本研究は，本村(代表)による平成19,20年度 科学研究費基盤研究(C) [課題番号19530837] 『ブルーム理論を導入した創造性育成を主とする体系的情報教育の方向性と知識の構造化』の助成を受けている。

【参考文献】

- 1) 工藤雄司・本村猛能：「ものづくり」を柱とした情報教育における論理回路学習の教材構成，日本工業技術教育学会誌，第13巻1号，P.P.39~45，2008
- 2) Pellegrino J.W., Chudowsky, N. & Glaser, R.: Knowing What Students Know : The Science and Design of Educational Assessment, Washington, DC : The National Academies Press, P.P.1~53, 2003