

## 工業・技術教育における教育原理を活用した実践

—工業科・技術科教育の情報教育を通して—

工藤 雄司\* 本村 猛能\*\*

(2021年9月21日受理)

The Practice using Principal of Education in Industrial and Education  
—Through Informatic Education of Industrial and Technical Education—

Yuji Kudo, Takenori Motomura

(Received September 21, 2021)

The purpose of this research is to consider the practice method and direction based on the content of the Principal of Education of the future in Industrial and Technical Education. And refer to the Course of study for phase I from VII. The examination of the evaluation items of this research was based upon the following theories, that is, Bloom's education evaluation theory (taxonomy of educational objectives) that examined 'cognitive, psychomotor, and affective' fields closely, and Pellegrino's evaluation theory's three goals, 'evaluation of learners, improvement of teaching processes, and evaluation of learning programs,' and three theoretical outlines of 'cognition, observation, and interpretation,' and thus the investigation was carried out paying attention to its objectivity.

As a result, at first we were found that the In Information education there are three elements necessary to achieve "Information literacy," that is, "Practical use of Information" attitudes when participating in an "Information society" and "Scientific understanding of Information." Especially to improve "scientific understanding of Information," we consider "Symbolic logic" to be essential, which includes Boolean algebra and circuit theory fundamental for understanding the mechanism of computers. Second we developed "logic circuit teaching materials" in 2015 and have examined their evaluation and practicability. The result showed that the education centered on logic circuits was valid to promote students' comprehension of Information in systematic Information education, especially to promote the comprehension of the concept of computers, and its scientific understanding, and it could lead to active attitudes such as "awareness" and "inspiration" concerning wiring methods.

Key word: Principal of Education, Information Education, Information Literacy, Awareness, Scientific Understanding of Information, Interpretation

### 1. はじめに

我が国は、戦後13年の1958年(昭和33年)、当時の文部省(現、文部科学省)により学習指導要領が改定施行された。この学習指導要領は、1947年(昭和22年)が試案であるので第I期にあたる。この学習指導要領では、中学・高校の技術教育・工業教育を我が国を技術立国とするための重要な教科とした。

一方、現在大学教育では、教職科目に教育を理論的に解明し、小・中・高校教育の実践の基準となる原理や原則を学ぶための教育原理が、必修科目として位置付けられた。

この科目は現在の大学教育でシラバスを作成する際に、教育の目的・意義・方法・内容(各授業のコマ数に応じて半期の指導計画を設定)などを整理することにも対応し、各教科目の基本的原則や理論的基礎、及び新学習指導要領で全教科に導入された教科の「見方・考え方」を明確にし、実践していくことにも役立つ科目として位置付けられる。

こうして教員養成課程では、教職科目として教育原理が設けられた。教職科目は「教科及び教職に関する科目」「教科及び教職の指導法に関する科目」「教育の基礎的理解に関する科目等」などから構成される。これら教職科目の構成要素群の中であって、教育の基礎理論に関する科目、すなわち「教育の理念並びに教育の歴史及び思想」について扱う科目が教育原理である。教師としての専門性は、各教科の基礎である親学問(技術科であれば技術学・材料力

\* 茨城大学教育学部 技術教育教室 教授

\*\* 日本工業大学共通教育学群 教授

学・木材や金属加工学など)と教科教育等を履修し、有機的に関連させることで育成される。今後の小・中・高校の教職課程を考えると、各教科目を実行する上で重要となる教科が教育原理である。昨年(2021年)、ウイルス感染によるパンデミックが起り現在に至っている。同時に、34カ国の先進諸国で構成されているOECDの中で、「学校の授業におけるデジタル機器の使用時間が最下位」という結果に見られるように、Society5.0(仮想と現実の空間が高度に融合した人間中心の社会)に向けた我が国の学校教育におけるICT活用は非常に遅れている。こうした状況を打破するためにも、2021年GIGA(Global and Innovation Gateway for All)スクール構想を推進すると共に、情報化社会に対応した新しい教育を実践できる教員養成を実行するため、教職科目の教育原理も検討を深めなければならない。

ところで、第I期学習指導要領改訂の教育は、戦後民主主義導入と共に産業の復興が求められた。その社会背景の中であって、当時の教育は工業・技術を重視した産業技術復興のための学力向上が求められた。当時はこの産業技術を主とする内容であったが、ほぼ10年おきに改訂される学習指導要領は、工業社会から第IV期(1989年)学習指導要領改訂以降の情報社会の内容に推移しているため、学力の再定義が検討された。この学力は佐藤学<sup>1)</sup>によると、学力の再定義として産業主義社会とは「情報と知識の高度化と複合化によって特徴づけられる社会であり、知識と情報が流動化し絶えず更新され変化する社会」と考え、学習を丸暗記的な知識重視ではなく、現実の問題に対応できる能力の育成を目指すものとした。この第I期学習指導要領から第VII期学習指導要領に至る改訂の中で推移する情報教育を教育原理の意義や目標を踏まえながら検討することとした。

本研究は、筆者等が2005年以降科研費等を活用して体系的な情報教育に関することについて研究している基本的、かつ、重要と考えられるジョナサン(Jonassen, D.H.)の知識習得モデルを活用した実践について、ブルーム(Bloom, B.S.)とペレグリーノ(Pellegrino, J.W.)の評価理論に基づき実践した分析を検討することを目的とする。

## 2. 教育の目的と意義

### 2.1 我が国の学力の意味—情報教育の教育原理—

OECD(経済協力開発機構(1948設置): Organisation for Economic Co-operation and Development)による生徒の学習到達度調査(PISA: Programme for International Student Assessment)において<sup>2), 3)</sup>、①読解リテラシー、②数学的リテラシー、③科学的リテラシー、④問題解決能力など時代にに応じて国際的な調査が実施された。ただし、年代により①から④は若干変化する。

その変化も踏まえながら2000年以降の結果を見ると、

①の読解リテラシーは2000年では32ヶ国中8位、2003年では40ヶ国中10位以下、2006年でも56ヶ国中10位以下、②の数学的リテラシーは、2000年では1位、2003年では6位、2006年では10位、③の科学的リテラシーは、2000年では2位、2003年でも2位、2006年では5位、④の問題解決力は、2003年実施されたもので、これは4位、2006年では、読解力は14位であった。そして2018年実施の最新結果では、79ヶ国中で①の読解リテラシーは15位、②の数学リテラシーは6位、③の科学的リテラシーは5位であった。このような結果からメディア(テレビや新聞等)は、我が国の学力水準は世界のトップではないというPISAの結果が報じられた。

しかしながらPISAは、義務教育終了段階の生徒の知識・技能を生活場面での課題にどの程度活用できるかを独自で評価するものと考えられる。つまり、PISAは、学校教育課程の知識習得を測定しているものではなく、我が国の教育課程について把握するものとは捉えにくく、あくまでもPISAの考える教育内容と捉えるのが適切であろう<sup>4)</sup>。このような意味で情報教育を考えると、小・中・高校の情報教育は、2003年以降高校で教科「情報」が設置されて以降、2013年の高校教科「情報」が「共通教科情報科」に改訂、2019年小学校低・中・高学年全教科に「プログラミング教育」、2021年中学校技術・家庭科技術分野に内容を拡充した「情報の技術」、2022年に高校「共通教科情報科」が情報I(必修)、2023年に情報II(選択必修)の設置となるが、「情報活用能力」は体系的な確固とした柱として不変の目標となっている<sup>5)</sup>。そしてこの目標には3つの観点がある。それは、「情報活用の実践力」「情報の科学的理解」「情報社会に参画する態度」である。「情報活用の実践力」と「情報の科学的理解」の意義や目標については後半の実践の節で議論することとして、この節では情報活用能力が、1990年7月に当時文部省が刊行した「情報教育に関する手引き」の中で「情報リテラシー」とも呼ばれたことと関係の深いキー・コンピテンシーについて述べる。

### 2.2 情報リテラシーの意義や目標とキー・コンピテンシー

1990年以降情報活用能力は、情報リテラシーとも呼ばれている。このリテラシーは元来、読み・書き・算の基本必須能力の意味である。このリテラシーの意味合いから、大目標を情報リテラシーとし、その中にコンピュータリテラシー・ITリテラシーがあり、そして3つ目にメディアリテラシーがあるが、まさに情報活用の実践力・情報の科学的理解・情報社会に参画する態度の3観点の意義や目標を踏まえ、小・中・高校で行うべきであると考えられる。

### (1) メディアリテラシーとキー・コンピテンシー

メディアリテラシーとは、ネットワーク化による客観性、信頼性ある情報の判断メディアの情報を主体的・批判的に見る力の育成とコミュニケーション創造能力のことである。メディアリテラシーは2003年OECDのキー・コンピテンシーの考え方とかなりの点で類似している<sup>6)</sup>。キー・コンピテンシーとは、主要能力のことで、日常生活の様々な場面で必要なキーであり、3つのカテゴリーがある。それは、

- ①社会・文化的、技術的ツールを相互作用的に活用する能力（個人と社会との相互作用）、
  - ②多様な社会グループにおける人間関係形成能力（自己と他者の相互関係）、
  - ③自律的に行動する能力（個人の自律性と主体性）、
- である。

これら3つの枠組は、個人が深く考え変化する力・経験から学ぶ力・批判的立場で考え行動するものである。このキー・コンピテンシーの①、②、③、をメディアリテラシーの要素に対応して考えると以下ようになる。

#### (メディアリテラシーの要素1)

これは、キー・コンピテンシーの③と②に対応する。情報メディアを主体的・批判的（クリティカル）に読み解く能力で、主体的判断として最も大切な領域である。

- ・例1：情報モラルの扱い方 → 小学校では「情報モラル等に係わる指導」、中学校では「情報モラルに関する指導」、高校では「情報モラルについての指導」
- ・例2：ニュースの伝えられ方 → 内容の要約でかなり違いが生ずるもので、例えば、東京オリンピックでの情報は、インターネットや各新聞により種々異なる。

#### (メディアリテラシーの要素2)

これは、キー・コンピテンシーの①に対応する。

- ・例：メディアにアクセスし活用する能力 → リテラシー（メディア活用技能）を適切に使いこなす。

#### (メディアリテラシーの要素3)

これは、キー・コンピテンシーの②と③に対応する。

- ・例：メディアを通じてコミュニケーションを創造する能力 → メディアを道具として情報を発信、かつオリジナルに発信する。

これらの意味で、メディアリテラシーはキー・コンピテンシーの方向付けと完全に一致していると考えて良い。

### (2) 情報教育展開の教育の原理としての客観主義的学習と構成主義的学習

情報教育は、情報活用能力、特にメディアリテラシーの育成と批判的能力の育成と同時に、知識の習得を元に、問題解決能力や応用力を養うことに意義がある。この問題解決能力は全ての教科の意義でもあるが、重要なのは、情報

教育を展開する際の教育の原理である。歴史的にみると、2つの立場がある。それはいずれの教科目にも通じるところであるが、知識を系統的に伝達する客観主義的学習観に立つ教育と、学習者による積極的な経験によって知識を構成させようとする構成主義的学習観に立つ教育である。この両者は、相互に補完して機能するべきものである。

#### －客観主義的学習－

知識重視や教科の系統性を重視するもので、知識は客観的・中立的に存在するという立場である。この主義を提唱する者として一斉授業様式を提案したコメニウス（Comenius, J.A.）らが挙げられる。彼らは、例えば印刷機が知識というものを書物や紙類などに記すように、学校を知識を学習者に理解させるために印刷する場として捉えている<sup>7)</sup>。そもそも客観主義の元になっている心理学はスキナー（Skinner, B.F.）に代表される。スキナーは、オペラント条件付けを提唱、自然科学（例えば物理や化学）と同様にある一定の条件の下に観測しデータ化することで心理学が同等の地位になることができると考えた<sup>7)</sup>。

これらの具体的な実例として、筆者等も1980年代中学や高校教員時代に利用したプログラム学習やその教育メディアとしてのティーチング・マシンであり、これらの教育機器による指導方法は、オンライン授業に活用できると考えられる。この実践は、教授内容を学習者個々の進捗を踏まえたスモール・ステップへと継続、例えば技術科や工業科の技能修得などの場面でも応用し活用されている。この技術科や工業科の技能習得行動の場面では、随時学習者の進捗の確認や、学習者に向上が見られない場合は、学習プログラムやメディアに問題があるとして改善しているが、この教育方法などは現在の教育でも広く導入されている。

#### －構成主義的学習－

行動主義心理学に基づく学習方法は、ブルーム（Bloom, B.）等による完全習得学習（Mastery Learning）から評価理論（Taxonomy of educational objectives）へと発展する。このように、知識は客観的に存在し、受動的に伝達されるのではなく、知識や経験によって主体的に構成されるという立場が構成主義である<sup>7)</sup>。このブルームの評価理論に基づき筆者等は、1985年以降中学校技術科と高校情報科において、各時期の学習指導要領改訂を踏まえて評価票を作成し実践している。これについては、次節で述べる。

構成主義の学習理論は、ジョナサン（Jonassen, D.H., 1947-2012）の知識習得の3段階モデルがある<sup>8),9)</sup>。ジョナサンの知識習得モデルは、①初期レベル、②アドバンス・レベル、③エキスパート・レベルの3段階である。最初の段階の初期レベルは、予備的な知識や技能の獲得が構造化してなされる。ここでの知識は、例えば反復練習やフィードバックなどである。次の段階のアドバンス・レベ



ルは、外部からの知識をそのまま習得するのではなく、学習者自身が知識を自らの持つ知識と関連づけ、獲得することが求められる。この段階の知識は徒弟制やコーチングによって獲得される。そして最後の段階のエキスパート・レベルは、グループ学習を中心とする協力・協同活動であり、教師は見守る立場である。

### (3) 情報教育の意義と構成主義展開

情報教育は、1986年4月の臨時教育審議会第二次答申において初めて提言された教育である。情報教育の目標である情報活用能力(情報リテラシー)の具体的な内容は、その後の教育改革によって修正・変更が加えられているものの、「情報活用能力を育成する教育(目標:情報活用の実践力・情報の科学的理解・情報社会に参画する態度の3観点をもって情報リテラシーと定義)」としての情報教育の概念は、広く理解されている。この「情報活用能力を育成する教育」という考え方を中心に、専門高校における情報処理技術に関する教育を包含するものと捉えられている。また、海外の教育課程に見られるComputer LiteracyやInformatics Educationなど、児童・生徒にその発達段階に応じて、情報の適切な活用能力を習得させるための教育についても関連づけて捉えられる。このようなことを踏まえ、本論における情報教育は、次のように定めることとする<sup>10)</sup>。

すなわち、児童・生徒が高度に情報化した社会に主体的に適応し、その創造に参加できるための資質や能力の育成を目標とする教育、と広義に定めることとする。ただし情報教育は、小・中・高校における各教科の目標達成のツールとしてそれぞれの授業の中にICTを活用することは、コンピュータ・リテラシーの中のジェツネリックスキルに位置するので目標と異なるのでここでは含めないこととする<sup>10)</sup>。このコンピュータ・リテラシーとは、構成主義による展開を活用すれば「①初期レベル:コンピュータのアプリケーションソフトウェアを使用できること」「②アドバンス・レベル:コンピュータ・アプリケーションソフトウェアを各種手段に活用できること」「③エキスパート・レベル:コンピュータ・アプリケーションソフトウェアを協同活動することができ、教師は見守り俯瞰すること」であり、このような第3段階の教授を構成主義的学習と考えられる。

この構成主義的学習観に基づく学習指導は、先述のように2020年からの新型コロナウイルス感染症によりオンライン授業の必要性和児童・生徒の自宅学習での自学学習を考えても、また近年急速にデジタル化している社会を考えても、小・中学校の情報教育や高等学校共通教科「情報科」を主とする情報教育、小・中学校の「総合的な学習の時間」、高校の「総合的な探求の時間」において総合的に取り組まれる必要がある。

こうした現代の社会動向に対応しつつ、学習指導要領を

踏まえた中学校や高等学校での教材提案や実践は、実際にはどのように行われているのであろうか。先行研究を調べる限り、教育原理と構成主義、教育原理科目の設置後の教師教育の現状、オンライン授業による大学院生への実践や保育者養成における教育原理の実践などについては報告があるものの、実際に小・中・高校の情報教育の視点で教育原理を有機的に具体的な中学・高校での実践と関連づけた報告は見られない<sup>11)~13)</sup>。

筆者等は2003年から現在にかけて中学校・高等学校の体系的な情報教育を「情報の科学的理解」を主とした教材を活用した実践を行い検討してきた。2003年教科「情報」が設置され、2013年には共通教科情報と改訂された。2013年以降、高度情報通信ネットワーク社会の中の情報教育に関する内容について、次章では教育原理の内容との関係を念頭に検討する。本論では、教育原理の内容、特に重要と考えられるジョナサン(Jonassen, D.H.)の知識習得モデルを活用した実践について、ブルーム(Bloom, B.S.)の教育評価・目標分類とペレグリーノ(Pellegrino, J.W.)の評価理論に基づき実践した内容と結果をある程度詳しく議論しながら、その結果の分析を検討する。

## 3. 情報教育における構成主義による実践

### 3.1 評価理論の意義

情報教育について、1997年に当時の文部省(現、文部科学省)は『情報活用能力』の目標において「情報活用の実践力」、「情報の科学的理解」、「情報社会に参画する態度」の3観点を示している。また情報教育について、岡本敏雄(情報教育開発協議会)<sup>14)</sup>、清水康敬(メディア教育開発センター)、赤堀侃二(東京工業大学)等の提言は何れも<sup>15)</sup>、教師と生徒の学びのコミュニケーションと体験学習を重視した内容を示している。

このような中筆者等は、2000年度以降、体系的情報教育のカリキュラムの在り方について、坂元昂・東洋・西之園晴夫らの情報教育の視点をベースに、ブルーム等の教育目標分類をもとに評価項目を作成し継続調査した。さらに、ジョナサンによる「知識習得の3段階モデル」で示される社会的構成主義の教授・学習理論を踏まえ<sup>16)</sup>、ペレグリーノの評価理論により精査した<sup>4),17)</sup>。その評価理論の中で、カリキュラムと教授方法について、評価の観点から再確認の必要性があると判断した。加えて、筆者等は専門高校工業科や中学校技術・家庭科技術分野で計画的に行われる体験・経験による「ものづくり」、すなわち技術(Technology)と工芸(Craft)的要素に対し、こうした工業教育や情報教育では試行錯誤による思考概念形成と問題解決能力の過程および制御(Control)と情報技術(Information Technology)の要素を「ものづくり」として広義に考えることができる。例えば、「Lego Mindstorms」や「Scratch for Arduino」などのプログラミングを通した

制御ロボット教材により、それぞれ動作させようとする動きを試行錯誤させながら論理的思考により製作させることが考えられる。

筆者等はこの考えに立ち、我が国の情報教育について、工業教育・技術教育で言う“ものづくりカリキュラム”と同じ方向性であるとして継続して検討している。そこで、当時の文部省が示した4つの評価の観点について、学習者が抱く情報教育の知識・理解やイメージを調べる上では、これを比較・検討する上で理論的枠組みが必要である。

この理論的枠組みの考え方をもって本稿では、ブルームの評価理論を援用する。ブルームの評価理論は、教育目標の分類を図1に示すように「精神運動的領域 (Psychomotor Domain)」「認知的領域 (Cognitive Domain)」「情意的領域 (Affective Domain)」となっている<sup>18)</sup>。まず「精神運動的領域」は、学習者のある作業を達成する際の段階で、模倣から始まり、操作、正確化、文節化、そして熟練に達する。これは評価の4観点の技能と思考・表現の2つの観点にあたり、「技能」は精神運動的領域のスタート段階にあたる。次に「認知的領域」は、知識の再生や理解及び、知的な諸能力の発達に関する諸目標の段階にあたる。知識から理解、応用、分析、統合、評価の段階をとり、評価の4観点の中の知識・理解と判断の2つの観点にあたり、この「知識・理解」は認知的領域のスタート段階にあたる。そして「情意的領域」は、学習者の学習に対する受け入れから始まり、反応、価値付け、組織化、個性化の段階をとり、これは4観点の中の興味・関心・意欲・態度にあたり情意的領域では関心、意欲、態度の順となっている<sup>18)</sup>。図1にブルーム評価理論と評価の観点の関係を示す。

精神運動的領域	認知的領域	情意的領域
模倣	理解	受け入れ (興味)
操作	応用	反応
正確化	分析	価値付け
分節化	統合	組織化
熟練化	評価	個性化

図1. ブルーム評価理論と評価の観点の関係

このブルームの評価理論は、学習者が持つ情報教育に関する教育目標に対してどの領域からどの程度まで到達したかを把握することができる。本研究では、ブルームの評価理論に基づいた学習者の情報教育の到達度を検討する。学習内容は、従来の各領域である技能面、知識面、情意面をそれぞれ精神運動的領域、認知的領域、情意的領域と称することとする。ここで、情報教育のあり方は、実学（操作、演習）と知識の両者が必要であることは情報関係学会

等でも関係者の知るところであるが、この中で、システム系などの情報の軸は、学問体系としての記号論理学（ブール代数や進数）、実学としての電子回路実習、知識としての半導体・コンピュータ産業等の社会面が必要であると考える。

### 3.2 実践対象者と調査・分析方法

実践対象者は、2016年に茨城県内の複数の公立中学3年生75名と、2016年度の前報の普通高校3年生76名で、実践前後の調査を通して、体系的情報教育に適切かを検討した。このとき、配線方法に関する「気づき」などの学習行動の変容過程を、ペレグリーノ学習評価理論である学習者の診断・教授法改善・カリキュラムと認知・観察・解釈に照らし合わせながら検討を行った<sup>14),17)</sup>。分析方法は、ブルームの教育評価目標<sup>18)</sup>を元に、情報教育の学習内容理解度を調べるため中学・高校学習について、各カテゴリーの評価項目に関する実践前後の有意差をみるためにt検定、到達度をみるために因子分析を行った。この論理回路学習は中学のデジタル・BitとByte等と高校の情報Iの情報デザインとネットワーク内容を取り入れたもので学習指導要領に基づいている。

各カテゴリーは、「①進数に関する知識」「②論理回路の理解と表現」「③回路学習に関する技能」「④論理回路の意識と興味」「⑤実習の心構えと達成感」の5つに分類した。このカテゴリーは、ブルーム評価理論では、①と②は認知領域の知識・理論に、③は精神・運動領域の実習に、④と⑤は情意領域の興味・関心・意欲に対応している。

以下、各項目を示すと、

#### ①進数に関する知識

1. コンピュータ動作と2・10・16進数に関する知識
2. 2進数から10進数の変換
3. 16進数の変換
4. 2進数の概念
5. ビットとバイトの意味
6. コード化の意味
7. 文字をコードで表現

#### ②論理回路の理解と表現

8. 論理和と論理積
9. AND,OR,NOT回路と真理値表
10. 論理関数による真理値表
11. AND, OR, NOTの記号
12. 回路図の論理ゲート描写
13. NAND, NOR, XORで作成
14. ド・モルガンの定理の意味

#### ③回路実習に対する技能

15. 電子素子の組み込み
16. 抵抗素子の値を読む
17. 発光ダイオードの極性
18. ICのゲート
19. 全体的な回路図
20. 電子の動き
21. 電源を入れる前に確認
22. 論理ゲートと電子素子
23. NAND回路の組み合わせ

#### ④回路実習への意識と興味

24. 進数変換操作に興味
25. 真理値表作成に興味
26. 論理ゲート作成に興味がある
27. NAND,NOR,XORゲートにより回路作成

- 28. 電気回路工作実習に興味を持つ
- 29. 電気回路実習は難しい
- 30. やり終えた充実感
- 31. 専門的知識が身に付く
- 32. 論理的に考える
- 33. ものづくりが好き
- 34. 情報実技に興味・関心

⑤実習への心構えと達成感

- 35. 未知のものに挑戦
- 36. 協力すれば目的を達成できる
- 37. 積極的取り組み
- 38. グループコミュニケーション
- 39. 専門的な知識・技能は将来に役立つ
- 40. 授業内容の理解と満足
- 41. この授業内容を他の人に教えること
- 42. 専門的な知識や技能は将来役に立つ

評価項目の設定は、情報教育の目標「情報活用能力」及

び評価の3観点「情報活用の実践力」「情報の科学的理解」「情報社会に参画する態度」と論理回路学習に関する目標を検討して作成した。実践後の評価項目について、中学生では図2（高校で学習する内容を除き30項目）に、高校生では図3（42項目）の評価項目を選定した。

現行の高校学習指導要領情報では、先行研究により、情報科教育では「情報の科学的な理解」を中心とした内容構成が求められると認識した。2005年度から実践し、情報教育の体系化を考える時、中学校技術科技術分野で論理回路学習の内容を検討する必要があると考えて、2015年度以降、高校と併せて、中学生に対する実践を行った。

学校名 ( ) 学年 ( ) 性別 ( )	
<b>【情報教育関係アンケート項目】</b>	
本アンケートは、これから『論理回路学習』を行うにあたり、現在どの程度の理解やイメージがあるかについて調べ、今後の情報教育の中学・高校・大学のカリキュラムを検討し作成する上での参考資料とするものです。成績には全く関係がありません。皆さんが現在までの授業等の経験を通して、どの程度理解しているのか、あなた方自身の率直な考えで回答してください。	
※回答は、数直線上の任意の数値上に○を付けて下さい。	
『回答例』	あまりあてはまらない      少しあてはまる
	全くあてはまらない      どちらでもない      とてもあてはまる
	1      2      ③      4      5
<回答項目>	
1. コンピュータの基本動作と2・10・16進数の関係がわかった	1      2      3      4      5
2. 2進数から10・16進数への変換がわかった	
3. ビットとバイトの意味がわかった	
4. 文字をコードで表現することかわかった	
5. 論理積 (AND), 論理和 (OR), 論理否定 (NOT) の回路の意味がわかった	
6. 論理回路の真理値表の意味がわかった	
7. 論理回路図を描くことができる	
8. 『ド・モルガンの定理』の意味がわかった	
9. 抵抗、発光ダイオード等の電子部品の組み込みができる	
10. 抵抗素子の値を読むことができる	
11. 発光ダイオードの極性を判別できる	
12. ICの種類を調べることができる	
13. 全体的な回路図の意味がわかった	
14. 目には見えないがコンピュータの中の電子の動きは想像できる	
15. 電源を入れる前に回路の誤りがないか確認するのは当然だ	
16. 論理回路に使用される電子部品を説明できる	
17. 10進数や2進数等の変換操作に興味があった	
18. 真理値表の作成に興味があった	
19. AND, OR, NOT回路を使っていろいろな回路を作成してみた	
20. 電気回路工作などの実習に興味を持った	
21. このような電気回路実習は難しいと思う	
22. やり終えたときは充実感がある	
23. 実習をする際は順序立て論理的に考えねばならないと思う	
24. ものづくりが好きである	
25. コンピュータなどの情報実技に興味・関心がある	
26. 未知のものに挑戦できるようにしたい	
27. 困難なことでも協力すれば目的を達成できる	
28. このような授業は積極的に取り組みたい	
29. グループ活動では、互いにコミュニケーションをとったほうが良い	
30. このような専門的な知識・技能は将来の進路に役立つと思う	

図2. 中学校実践後の評価票



学校名 ( ) 学年 ( ) 氏名 ( )

**【情報教育関係アンケート項目】**  
 本アンケートは、皆さんの情報全般の理解やイメージについて調べ、今後の小学・中学・高校・大学のカリキュラムを検討し作成する上での参考資料とするものです。成績には全く関係ありません。  
 皆さんが現在までの授業等の経験を通して、どの程度理解しているのか、あるいは理解したのか、あなた方自身の率直な考えで回答してください。

※回答は、数直線上の任意の数値上に○を付けて下さい。

【回答例】

	あまりあてはまらない	少しあてはまる
全くあてはまらない	どちらでもない	とてもあてはまる
1	2	3
1	2	3

○

<回答項目>

	1	2	3	4	5
1. コンピュータの基本動作と2・10・16進数の関係を理解できた					
2. 2進数から10進数への変換が理解できた					
3. 2進数から16進数への変換が理解できた					
4. 2進数の概念、例えば(1,0)(有,無)等の具体例で説明できる					
5. ビットとバイトの意味が理解できた					
6. コード化という意味が理解できた					
7. 文字をコードで表現する文字符号の意味が理解できた					
8. 論理関数で論理和(+)と論理積(-)の意味が理解できた					
9. 論理和(OR), 論理積(AND), 論理否定(NOT)の回路と真理値表の意味が理解できた					
10. 論理関数による真理値表の意味が理解できた					
11. AND, OR, NOTゲートの記号の意味が理解できた					
12. 論理回路図を論理ゲートで描くことができる					
13. 実際の論理回路は, NAND, NOR, XORの論理ゲートにより作成される意味が理解できた					
14. 『ド・モルガンの定理』の意味が理解できた					
15. 抵抗, 発光ダイオード等の電子素子の組み込みがうまくできた					
16. 抵抗素子の値を読むことができた					
17. 発光ダイオードの極性を判別できた					
18. ICのゲートの意味が理解できた					
19. 全体的な回路図の意味がわかる					
20. 目に見えない電子の動きがコンピュータに起きていることが想像できる					
21. 電源を入れる前に回路の誤りがないかどうか確認した					
22. 論理ゲートと実際の電子素子の関係が理解できた					
23. この論理回路製作は, NAND回路の組み合わせによる動作を確認するものであることが理解できた					
24. 10進数や2進数等の変換操作に興味がある					
25. 真理値表の作成に興味がある					
26. 論理ゲート作成に興味がある					
27. NAND, NOR, XORの論理ゲートにより実際に回路を作成してみたいと思う					
28. 電気回路工作などの実習に興味を持った					
29. この実習は楽しかったと思う					
30. やり終えたときは充実感があつた					
31. 情報に関する専門的知識の一端が身に付いたと思う					
32. 実習をする上で順序立て論理的に考えられるようになった					
33. ものづくりが好きになったと思う					
34. コンピュータなどの情報実技に興味・関心がある					
35. 未知のものに挑戦できるようにしたいと思う					
36. 困難なことでも協力すれば目的を達成できると思う					
37. 授業に積極的に取り組みたいと思うようになった					
38. グループ活動をするとき, 互いにコミュニケーションがとれた					
39. このような専門的な知識・技能は将来の進路に役立つと思う					
40. この授業内容は理解できた					
41. この授業内容を他の人に教えることができると思う					
42. ここで学んだ専門的な知識や技能は, 将来役に立つと思う					

図3. 普通高校の実践後の評価票

実践前の評価項目は「～出来ると思う」、実践後の評価項目は「～出来る」というように経験の前後で表現を変えた。質問の設定方法は、情報教育の目標である情報活用能力と3観点を柱として、ブルーム等の教育目標分類による評価項目を元に検討した。その際、ペレグリーノ評価理論、すなわち、学習者の診断・教授法改善・カリキュラムの3評価理論という観点も踏まえたが、この3つの評価理論に照らし合わせ検討した研究は管見する限り見られない。

### 3.3 論理回路学習の実践内容

本実践での論理回路学習は実習を主とし、教材は生徒・学生の各々のレディネスに基づき指導範囲を決定した。実践では、基本論理回路（NOT回路、AND回路、OR回路）とNAND回路を組み合わせた基本論理回路、EX-OR（EXCLUSIVE-OR：排他的論理和）回路を作成していく。この学習過程で進数やブール代数の定理、回路設計の基礎の理解を図る<sup>19),20)</sup>。

本実践では、図4、図5の実践での配線に示すように写真による実態配線図をテキストに組み込み、実験・実習を容易にする工夫を取り入れた。また、NAND回路を組み合わせてOR回路を作る過程で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」を図6に示すような実践により実感する。

ここでは、図7に示すようにド・モルガンの定理を、図を利用して説明し、回路の組み立ての中での気づき・ひらめきとしては次の関係があげられた。



図6. 論理回路の実験順序と内容

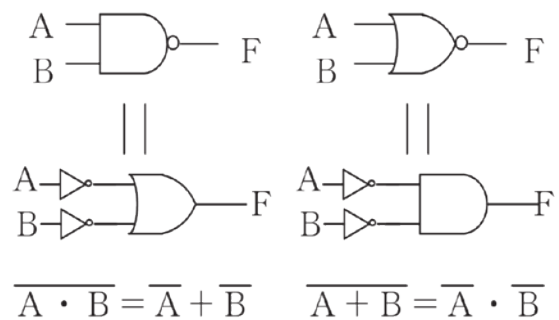


図7. ド・モルガンの定理を示す回路図

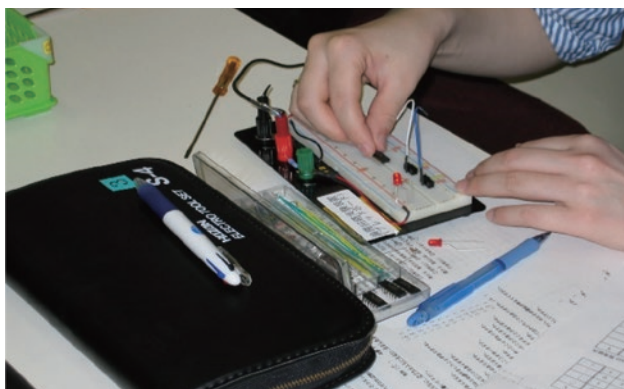


図4. 教材による学習者の組み立ての様子

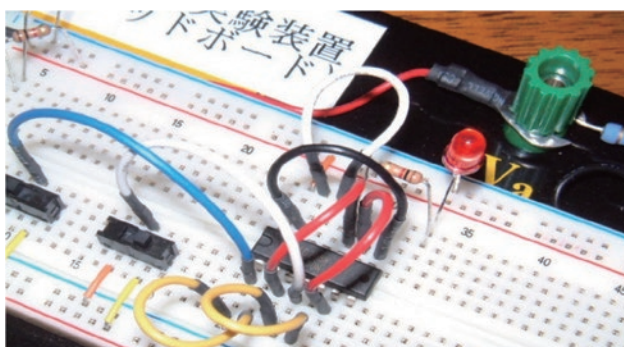


図5. 論理回路完成の例

#### 論理回路教材の実践内容

- 実験1：電源ランプ回路
- 実験2：IC実験回路（入力回路と出力回路）
- 実験3：NOT回路（配線，真理値表作成）
- 実験4：AND回路・OR回路
- 実験5：NAND回路
- 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・NOR回路の作成，ブール代数の定理，ド・モルガンの定理）
- 実験7：EX-OR回路（基本論理回路と，NAND回路構成を比較，回路設計の基礎，TTL 7400，加算回路，半加算回路）
- 実験8：2進数-10進数・16進数変換回路

図8. 実践内容（実験1～8）

すなわち、配線図と定理の活用により、回路の組み立ての中での気づきとしては次の関係が考えられる。「5色の配線コード」→「配線の色分け」、次に「実態配線図通り」→「回路図に沿って」配線を行い、その後「実態配線図」≠「回路図」であることを体験によって理解させる。

この一連の実践内容と確認の経過は先に示した図8である。授業は、基本的には配布したマニュアルを参考に行っているが、適宜難しい点はグループ活動により協力させた。論理回路の実験3～7は図5のように視覚的に把握させ、図6は進数実験の様子である。



### 3.4 分析結果

#### 一 カテゴリー別評価項目の実践前後の結果一

5つのカテゴリーについて、実践前後に対応のある *t* 検定 (両側検定) を実施した。表1に中学生を、表2に高校生の分析結果を示す。中学生における分析の結果は、①進数に関する知識、②論理回路の理解と表現、は実践後全てに高い有意差が認められた。③回路学習に関する技能、④論理回路の意識と興味、⑤実習の心構えと達成感、については実践前の意識がすでに高いため、全体の1/2以上について有意差は認められなかった。

一方、高校生における分析の結果は、①進数に関する知識、②論理回路の理解と表現、③回路学習に関する技能、は実践後全てに高い有意差が認められた。④論理回路の意識と興味、⑤実習の心構えと達成感、については実践前の意識がすでに高いため、全体の1/3について有意差は認められなかった。中学生、高校生共に④論理回路の意識と興味、⑤実習の心構えと達成感、など論理回路学習に対する情意面に有意差がなく、今後、新学習指導要領を踏まえた体系的な論理回路教材の開発と、より深い満足度に繋がるような実習の必要性があると考えられる。

表1. 中学生の実践前後のカテゴリー別比較

事項	学習者への質問項目	N	事前		事後		<i>p</i>	<i>t</i>
			<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>		
① 進数に関する知識	1. コンピュータの基本操作と進数の理解	75	1.84	1.14	2.78	1.37	**	4.58
	2. 2進数から10進数・16進数への変換の理解	75	1.67	1.05	2.54	1.32	**	4.57
	3. ビットとバイトの意味の理解	75	1.81	0.98	2.26	1.05	**	2.77
	4. 文字をコードで表現する文字符号の意味の理解	75	1.74	1.02	2.26	1.09	**	2.98
② 論理回路の理解と表現	5. 論理関数(論理和と論理積)の意味の理解	75	1.96	1.24	3.21	1.51	**	6.19
	6. 真理値表の意味の理解	75	2.19	1.34	3.03	1.41	**	4.42
	7. 論理回路図を論理ゲートで描くことができる	75	1.78	1.09	2.35	1.25	**	3.13
	8. ド・モルガンの定理の意味の理解	75	1.76	1.17	2.71	1.44	**	5.31
③ 回路実習に対する技能	9. 抵抗、ダイオード等の電子素子の組み込みが上手ができる	75	2.51	1.46	3.18	1.46	**	2.94
	10. 抵抗素子の値を読むことができる	75	1.92	1.04	2.38	1.14	**	2.83
	11. 発光(LED)ダイオードの極性の判別	75	2.45	1.55	3.21	1.64	**	3.19
	12. ICのゲートの意味の理解	75	2.37	1.41	2.79	1.34	*	2.26
	13. 全体的な回路図の意味の理解	75	2.39	1.21	2.99	1.21	**	3.19
	14. 目には見えないコンピュータの中の電子の動きは想像できる	75	2.42	1.19	2.56	1.18	<i>ns</i>	1.88
	15. 電源を入れる前の回路の確認	75	3.00	1.40	3.35	1.39	*	1.54
	16. 論理回路に使用される電子部品を説明できる	75	2.35	1.29	2.82	1.24	*	2.44
④ 回路実習への意識と興味	17. 10進数や2進数等の変換操作への興味	75	3.00	1.47	3.28	1.40	<i>ns</i>	1.29
	18. 真理値表の作成の興味	75	2.93	1.34	3.29	1.30	*	1.73
	19. AND, OR, NOT回路を使って色々な回路を作成してみたい	75	3.50	1.27	3.71	1.22	<i>ns</i>	1.09
	20. 電気回路工作などの実習への興味	75	3.18	1.09	3.95	1.16	<i>ns</i>	4.02
	21. この実習は難しい	75	3.76	1.23	3.66	1.21	**	0.49
	22. やり終えたときの充実感	75	2.31	0.74	4.26	1.03	**	12.53
	23. 実習をする際は順序立てて論理的に考えねばならないと思う	75	3.77	0.92	3.92	0.89	*	0.96
	24. ものづくりが好きになる	75	4.23	0.92	4.34	0.86	<i>ns</i>	0.86
	25. コンピュータなどの情報実技に対する興味・関心	75	4.29	0.86	4.32	0.91	<i>ns</i>	0.18
⑤ 実習と達成の心構え	26. 未知へのものへの挑戦できるようにしたい	75	2.99	1.23	4.16	0.94	<i>ns</i>	6.42
	27. 困難なことでも協力すれば目的を達成できるという意識	75	2.74	1.31	4.09	0.78	**	8.25
	28. このような授業は積極的に取り組みたい	75	2.13	0.96	4.12	0.92	**	12.96
	29. グループ活動では互いにコミュニケーションをとったほうが良い	75	2.65	1.09	4.20	0.89	**	9.64
	30. このような専門的な知識・技能は将来の進路に役立つと思う	75	2.54	1.11	4.50	0.76	**	12.89

\* *p* < .05 \*\* *p* < .01

表2. 高校生の実践前後のカテゴリー別比較

事項	学習者への質問項目	N	事前		事後		p	t
			M	SD	M	SD		
① 進数に 関する 知識	1. コンピュータの基本操作と進数の理解	74	1.81	1.24	3.56	1.33	**	6.31
	2. 2進数から10進数への変換の理解	74	2.31	1.43	3.54	1.03	**	8.11
	3. 2進数から16進数への変換の理解	74	1.79	1.23	3.32	1.36	**	6.75
	4. 2進数の概念の説明	74	1.82	1.01	3.05	1.22	**	6.61
	5. ビットとバイトの意味の理解	74	2.12	1.03	2.69	1.25	**	2.79
	6. コード化という意味の理解	74	1.58	0.87	2.69	1.23	**	6.66
	7. 文字をコードで表現する文字符号の意味の理解	74	1.51	0.82	2.59	1.21	**	7.16
② 論理 回路の 理解と 表現	8. 論理関数(論理和と論理積)の意味の理解	74	1.38	0.71	3.41	1.32	**	13.11
	9. 論理和・積・否定の回路と真理値表の意味の理解	74	1.59	1.01	3.81	0.98	**	12.12
	10. 真理値表の意味の理解	74	1.52	0.87	3.62	0.01	**	13.19
	11. AND,OR,NOTゲートの記号の意味の理解	74	1.53	0.92	3.53	0.14	**	12.06
	12. 論理回路図を論理ゲートで描くことができる	74	1.41	0.68	2.91	1.19	**	9.87
	13. 実際の論理回路は論理ゲートで作成される意味の理解	74	1.38	0.69	3.21	1.16	**	12.23
	14. ド・モルガンの定理の意味の理解	74	2.19	1.44	3.73	0.98	**	8.12
③ 回路 実習に 対する 技能	15. 抵抗、ダイオード等の電子素子の組み込みが上手くできる	74	1.75	1.05	3.57	1.21	**	10.35
	16. 抵抗素子の値を読むことができる	74	1.44	0.83	2.56	1.16	**	7.82
	17. 発光(LED)ダイオードの極性の判別	74	1.79	1.21	3.61	1.32	**	9.43
	18. ICのゲートの意味の理解	74	1.54	0.95	3.36	1.23	**	10.58
	19. 全体的な回路図の意味の理解	74	1.84	0.96	3.49	1.12	**	10.30
	20. コンピュータでおきている電子の動きの理解	74	1.86	0.97	3.03	1.13	**	7.12
	21. 電源を入れる前の回路の確認	74	2.43	1.51	3.57	1.06	**	5.23
22. 論理ゲートと実際の電子素子の関係の理解	74	1.43	0.68	3.07	1.07	**	11.20	
23. 本論理回路制作がNAND回路の組み合わせ動作の確認の理解	74	1.43	0.74	3.49	1.08	**	13.68	
④ 回路 実習へ の意 識と 興味	24. 10進数や2進数等の変換操作への興味	74	2.91	1.45	3.61	1.11	**	3.39
	25. 真理値表の作成の興味	74	2.56	1.29	3.51	1.01	**	4.86
	26. 論理ゲートの作成の興味	74	2.59	1.36	3.34	1.19	**	3.56
	27. NAND,NOR,XORの論理ゲートにより実際に回路を作成してみたい	74	2.67	1.39	3.39	1.19	**	3.55
	28. 電気回路工作などの実習への興味	74	3.36	1.41	3.69	1.26	*	1.75
	29. この実習は難しい	74	3.91	0.99	3.98	1.09	ns	0.51
	30. やり終えたときの充実感	74	3.88	1.11	4.09	0.78	ns	1.45
31. 情報に関する専門的知識の一端が身についた	74	3.66	1.09	3.78	0.88	*	0.71	
32. 実習をする上で順序立てて論理的に考えることができる	74	3.61	1.08	3.61	1.06	ns	0.01	
33. ものづくりが好きになる	74	3.88	1.14	3.93	0.93	*	0.32	
34. コンピュータなどの情報実技に対する興味・関心	74	3.78	1.27	3.81	1.11	ns	0.15	
⑤ 実習 への 心 構え と 達成 感	35. 未知のものへの挑戦する意識	74	3.71	1.29	3.73	1.11	ns	0.15
	36. 困難なことでも協力すれば目的を達成できるという意識	74	3.59	1.13	3.82	1.19	*	11.20
	37. 授業に積極的に取り組んでもらいたいという意識	74	3.54	1.03	3.93	1.06	*	2.01
	38. グループ活動する意味と互いのコミュニケーションをとることの意味	74	3.66	1.24	3.79	1.04	*	0.68
	39. 専門的な知識・技能は将来の進路に役立つという意識	74	3.58	1.34	3.82	1.09	*	1.30
	40. 授業内容の理解	74	2.13	1.11	3.58	1.04	**	7.83
	41. 授業内容は他の人に教えることができるという自信	74	2.07	1.07	3.04	1.17	**	5.42
	42. 本論理回路制作の実習や知識・技能は将来役に立つ	74	2.55	1.26	3.62	1.11	**	5.94

\* p<.05 \*\* p<.01

—因子分析結果—

調査項目の妥当性については、Cronbachの $\alpha$ 係数を求め確認した。その結果、0.9以上で内的整合性が確認され、評価項目は信頼できる。

そこで、この妥当性を踏まえて中学生、高校生の自己評価を回答させた。回答は初期解において第3因子と第4因子の間で固有値の顕著な減衰が認められた。これはスクリープロット法に適合していると考えられるため、上位3因子についてプロマックス回転を施し、最終解が求められた。

ここで、中学生の実践前の因子分析結果を表3に、実践後の因子分析結果を表4に示す。また、高校生の実践前の因子分析結果を表5に、実践後の結果を表6に示す。

以下、全ての因子分析においても同様に、スクリープロット法を用いて因子軸の回転を行い、最終解を得た。その結果、中学生、普通高校生いずれも最終解として共に3つの因子が抽出された。

そこで同様にプロマックス回転後、因子負荷量0.45以上を高い因子負荷量と判断して因子の解釈を行った。ここで

まず中学生の情報教育の論理回路学習における実践前後の結果を示した。なお、中学校の因子分析結果の表の中で()は対応する高校生に対する質問項目をさす。

因子分析の結果は、実践前は表3に示すように第1因子「電子回路への興味」、第2因子「論理回路への興味」、第3因子「ものづくりの興味・関心」であるが、実践後は第1因子「回路全体の知識に対する興味」、第2因子「電子回路制作の充実」、第3因子「達成感等情意面の充実」であった。

表3. 中学生の実践前の因子分析結果

因子負荷量 回転後/プロマックス法

	因子1	因子2	因子3
1(1).基本動作と進数	0.4665	0.4510	-0.1032
2(2).2-10進数	0.5542	0.3056	-0.0455
7(12).論理ゲート	0.6712	-0.2077	-0.1916
9(15).電子素子の働き	0.6202	-0.0731	-0.4281
10(16).抵抗素子の記号	0.8119	-0.0064	0.0475
11(17).ダイオードの極性	0.6766	-0.0293	0.0705
12(18).ICゲート	0.7369	0.3681	-0.1699
13(19).回路図の意味	0.7887	-0.0418	-0.1686
14(20).電子の動き	0.7677	0.0796	-0.1263
15(21).回路チェック	0.7190	0.2502	-0.0693
16(22).論理ゲートと電子素子	0.6621	-0.5877	0.2096
17(24).進数変換の興味	0.6235	-0.1927	0.0536
18(25).真理値表の興味	0.5294	0.4076	0.3412
3(5).ビットとバイト	-0.1355	0.4616	-0.2600
4(7).文字符号の意味	0.0542	0.5704	-0.2219
5(9).回路と真理値表	0.1709	0.8234	0.0664
6(10).関数と真理値表	0.2900	0.6919	0.2923
21(29).回路は難しい	-0.4324	0.6853	0.2621
25(34).情報実習の興味	-0.0001	0.4619	0.2847
26(35).未知への挑戦	-0.3913	0.7823	0.0515
27(36).共同達成	0.0369	0.6351	0.5298
8(14).ド・モルガン	0.4866	0.3707	-0.5003
22(30).充実感	-0.1652	-0.1744	0.7377
23(32).論理的思考	-0.0153	0.2747	0.8061
28(37).実習への積極性	-0.4964	0.0103	0.6570
29(38).グループ活動とコミュニケーション	-0.4367	0.3564	0.5370
30(39).専門知識と進路	-0.1005	0.0718	0.5509
19(27).回路作成の興味	0.4057	0.3656	0.4252
20(28).電気回路実習の興味	0.0382	0.1125	0.0046
24(33).ものづくりの興味	0.0958	-0.0673	0.4256

次に、高校生の情報教育の論理回路学習における実践前後の結果を分析した。高校生の因子分析結果として実践前の結果と実践後の因子分析結果を示す。

表3や表4に示すように、実践前は電気自体への興味であったが、実践後は電子回路と包含される論理回路の知識・理解や達成感・満足感であった。実践後は、因子寄与率の高さから、電子回路全体の知識・理解の上に論理回路学習の達成感と満足感があるという意志と考えられる。

中学生は、電気回路全体の興味から達成感や満足感の情意面に着目すべきと考えられる。

表4. 中学生の実践後の因子分析結果

因子負荷量 回転後/プロマックス法

	因子1	因子2	因子3
1(1).基本動作と進数	0.5378	0.0916	0.4691
2(2).2-10進数	0.7562	0.0832	0.2301
4(7).文字符号の意味	0.4593	0.2740	-0.2319
5(9).回路と真理値表	0.8756	0.3307	0.0083
6(10).関数と真理値表	0.7236	0.3359	-0.0098
7(12).論理ゲート	0.6304	-0.2353	0.2345
8(14).ド・モルガン	0.8688	0.1520	0.2214
9(15).電子素子の働き	0.7713	-0.0464	-0.0230
10(16).抵抗素子の記号	0.8204	-0.2064	0.2862
11(17).ダイオードの極性	0.6956	-0.4275	0.1408
12(18).ICゲート	0.7927	0.2271	-0.2757
13(19).回路図の意味	0.8026	0.3144	0.0125
14(20).電子の動き	0.7884	0.1005	-0.1627
15(21).回路チェック	0.7367	-0.4174	0.3623
16(22).論理ゲートと電子素子	0.7943	-0.1568	0.0185
17(24).進数変換の興味	0.7640	0.2396	-0.0246
18(25).真理値表の興味	0.6689	0.3750	0.2412
19(27).回路作成の興味	0.6286	0.2937	-0.1946
20(28).電気回路実習の興味	0.4930	0.5940	-0.0270
21(29).回路は難しい	-0.0358	0.8839	0.0267
22(30).充実感	0.2288	0.8452	-0.1164
28(37).実習への積極性	0.0299	0.7380	0.2696
3(5).ビットとバイト	0.0861	0.0406	0.6951
23(32).論理的思考	-0.1676	0.0250	0.4958
25(34).情報実習の興味	0.3148	-0.0530	0.6098
26(35).未知への挑戦	0.0769	0.5328	0.4741
27(36).共同達成	0.0231	0.4186	0.7138
29(38).グループ活動とコミュニケーション	-0.0857	-0.0271	0.7926
30(39).専門知識と進路	0.2300	0.3420	0.5551
24(33).ものづくりの興味	-0.0309	-0.2379	0.4291

表5に示すように、実践前では、高校生の因子分析結果は、第1因子「進数や電子素子の知識・理解」、第2因子「論理回路への興味・関心」、第3因子「論理回路への興味」



であるが、表6に示すように実践後では第1因子「論理回路全体の知識と興味」、第2因子「コード化の理解と興味」、第3因子「進数への理解」であった。実践前は論理回路への実習への期待感であったのが、実践後は電子回路や包含される論理回路の知識・理解という意識、その上に知識を深め理解したという達成感と満足感があった。

高校生は、電気回路全体の知識と実習に対する興味から、より専門的に論理回路について深く理解したいという意識と興味へと移行し、論理回路を情報への活用として、専門的な知識として、さらにはより教科を超えて活用していきたいという意識や意欲と考えられる。

表5. 高校生の実践前の因子分析結果

因子負荷量 回転後/プロマックス法

	因子1	因子2	因子3
1.基本動作と進数	-0.7672	0.1554	0.2770
2.2-10進数	-0.7033	0.1778	0.2737
3.2-16進数	-0.7449	0.1764	-0.0004
4.2進数の概念	-0.5115	0.1597	0.2132
5.ビットとバイト	-0.6513	0.2746	0.2997
8.論理関数記号	-0.6454	-0.0095	0.1676
11.記号の意味	-0.5429	0.0312	0.3769
15.電子素子の働き	-0.7062	0.1041	0.3927
16.抵抗素子の記号	-0.6976	0.2536	0.3413
17.ダイオードの極性	-0.6185	0.0617	0.3035
19.回路図の意味	-0.5745	0.0886	0.1752
38.グループ活動とコミュニケーション	-0.5020	0.3854	-0.1942
39.専門知識と進路	-0.5712	0.6118	0.0326
40.実習の理解度	-0.7077	0.2980	0.1465
41.教授出来る	-0.7021	0.1510	0.0435
24.進数変換の興味	-0.0366	0.7183	0.2278
27.回路作成の興味	0.0925	0.6744	0.3273
28.電気回路実習の興味	-0.1576	0.4898	0.0574
29.回路は難しい	-0.0937	0.5602	-0.4198
30.充実感	-0.0766	0.7669	0.0286
31.専門知識が身に付く	-0.0824	0.8192	0.0671
32.論理的思考	-0.1631	0.8741	0.1536
33.ものづくりの興味	-0.3816	0.5806	-0.0982
34.情報実習の興味	-0.2510	0.7831	0.0231
35.未知への挑戦	-0.3715	0.8449	0.0588
36.共同達成	-0.4438	0.6072	0.0656
37.実習への積極性	-0.5200	0.5693	-0.0327
42.大学専門知識と将来	-0.4575	0.7301	0.0913
6.コード化	-0.3448	0.1129	0.7658
7.文字符号の意味	-0.3385	0.1222	0.6414
9.回路と真理値表	-0.4266	0.1286	0.7273
10.関数と真理値表	-0.3723	0.0745	0.8491
12.論理ゲート	-0.1989	-0.0690	0.7510
13.論理回路とゲートの意味	-0.2232	0.0527	0.9230
14.ド・モルガン	-0.1249	-0.0642	0.7088
18.ICゲート	-0.4599	0.1009	0.6884
22.論理ゲートと電子素子	-0.1965	0.1443	0.8617
23.論理回路とNAND回路	-0.4794	0.2338	0.5382
25.真理値表の興味	0.3133	0.5477	0.6042
26.論理ゲートの興味	0.3637	0.5573	0.5707
20.電子の動き	-0.3755	0.2411	0.2011
21.回路チェック	-0.3628	0.0429	0.1167

表6. 高校生の実践後の因子分析結果

因子負荷量 回転後/プロマックス法

	因子1	因子2	因子3
9.回路と真理値表	0.5922	-0.0006	0.4452
10.関数と真理値表	0.6619	0.1706	0.3558
11.記号の意味	0.8270	0.2348	0.2055
12.論理ゲート	0.7042	0.2930	0.2711
13.論理回路とゲートの意味	0.7450	0.4089	0.2371
15.電子素子の働き	0.7315	-0.0133	0.1589
16.抵抗素子の記号	0.5126	-0.1138	0.0245
17.ダイオードの極性	0.5625	-0.2370	0.0357
18.ICゲート	0.6658	0.4682	0.2285
19.回路図の意味	0.6928	0.3011	0.3528
23.論理回路とNAND回路	0.8262	0.1132	0.2107
24.進数変換の興味	0.7120	0.2496	0.2040
25.真理値表の興味	0.7574	0.4701	0.2533
26.論理ゲートの興味	0.8000	0.4205	0.1103
27.回路作成の興味	0.7710	0.2728	0.2289
28.電気回路実習の興味	0.6633	0.3283	0.2609
30.充実感	0.6903	-0.2222	0.1171
33.ものづくりの興味	0.6215	0.3488	0.2854
34.情報実習の興味	0.5964	0.4307	0.1692
35.未知への挑戦	0.6374	0.1476	0.3464
36.共同達成	0.5531	0.0225	0.4233
37.実習への積極性	0.7317	0.2486	0.4534
38.グループ活動とコミュニケーション	0.6106	-0.1121	0.0229
39.専門知識と進路	0.7106	0.3059	0.1257
40.実習の理解度	0.6955	0.2001	0.3349
41.教授出来る	0.6345	0.1431	0.2408
42.大学専門知識と将来	0.6760	0.4662	0.2261
5.ビットとバイト	-0.0526	0.8161	0.1455
6.コード化	-0.0422	0.7828	0.1980
7.文字符号の意味	0.1514	0.8393	-0.0449
8.論理関数記号	0.2125	0.8111	0.0509
29.回路は難しい	-0.0191	-0.6244	-0.0506
1.基本動作と進数	0.2369	0.1667	0.7711
2.2-10進数	0.1490	0.0776	0.8168
3.2-16進数	0.0462	-0.0353	0.8229
4.2進数の概念	0.1827	0.3144	0.7808
14.ド・モルガン	0.3324	0.1643	0.6591
31.専門知識が身に付く	0.5880	0.0806	0.5990
32.論理的思考	0.2665	0.1375	0.6568
20.電子の動き	0.1367	0.3349	0.1491
21.回路チェック	0.4360	0.2835	0.0025
22.論理ゲートと電子素子	0.3382	0.4494	0.1206

### 3.5 結果の検討

以上のように教育原理の内容に関するジョナサンの知識習得モデルを活用した論理回路の実践を行った。ここで、実践前後の各カテゴリーでの結果、高校生は進数に関する知識、論理回路の理解と表現、回路学習に関する技能、は実践後高い有意差が認められ、中学生では全てのカテゴリーに高い有意性が認められ、論理回路学習に対する論理的思考や理解の効果が、体系的な論理回路教材の開発と、深い満足度に繋がる実習の必要性があると考えられる。また、中学・高校生への因子分析結果では、高校生は知識や技能を優先しており、中学校とは逆の傾向を示していた。

つまり、中学生ほど専門用語の壁があり、実践後にあまり理解が深くない傾向があると考えられる。これは、実践前は論理回路の知識や実習への興味が強いが、実践後は論理回路論の知識・理解の上に実習への興味が深まるという構造が確認でき、基礎・基本学習の上に指導すべき内容を踏まえた実習と発想を生かした次の段階の実習の必要性が大切であるということが考えられる。

## 4. まとめ

本実践では、中学・高校生の情報教育の体系的な理解を図ることを目的として、体系化に有効と考えられる論理回路教材を活用し実践した。また本実践は、科学的理解への教材の妥当性、回路図と実態配線に関する「気づき」など学習行動の成長過程の上で教授内容として非常に効果的であるという前提で行った。これらについては、例えば実践後において、ド・モルガンの定理について着目すると、高校生は数学で学ぶため配線図から実態配線図への思考パターンの変化がみられた。一方、中学生は未履修ではあったが、本教材ではAND回路とOR回路の変換に必要なド・モルガンの定理について図で説明していく中学・高校生同様に実態配線図への思考パターンの変化がみられた。つまり「回路設計は難しかったが、繰り返し試行してコツをつかみ達成できた喜びは大きい」「論理回路配線の際、配線図通りよりもより簡単な回路配線に気づいた時は嬉しかった」など同様の感想が、実践後中学・高校生いずれも7割以上であった。これは理論と直感が両立していることを意味し、森政弘氏（東京工大名誉教授）の提唱する「二元性一原論」に通ずるものがあり大変意義があると考えられる。

2021年度からの中学校技術科、2022年度の高校共通教科情報科の指導要領改訂<sup>21)</sup>では現在のインターネット普及によるセキュリティ・情報モラル・著作権など「情報社会に参画する態度」のカリキュラムは充実していると考えられる。しかし、「オンラインネットワークの原理と実践」「プログラミングにおける論理的思考力」などの「情報の科学的理解」の内容については、筆者等の先行研究の結果からも充実する必要があることがわかり、中学校と高等学

校を主として検討した。今後は、小学校、中学校、高校、大学教養一連の情報教育の体系的なカリキュラムの在り方と具体的な教材提案、及び実践を行い、より科学的思考と汎用的なカリキュラム構築の検討を行う予定である。

以上論理回路を教材とした実践結果から、本教材による教育は、教材論で言う「具体的事例」から「抽象的事例」への理解に役立つ教材であり、情報教育の情報に関する「理解力」の教授に妥当であることが伺えた。

最後にこの論理回路の実践を通して以上のことがわかったが、本研究の目的はジョナサンの知識習得モデルを活用したブルームとペレグリーノの評価理論に基づき実践した結果を分析し検討することである。そこで、ジョナサンの知識習得モデルを活用した実践について、先のブルームとペレグリーノの評価理論に基づき実践し分析した内容は以下になる。

ブルームの評価理論では中学生では「電子回路全体の知識・理解の上に論理回路学習の達成感と満足感があるという意志」、高校生では「電気回路全体の興味から専門的に論理回路への理解と興味へと移行し、専門的に活用したいという意志」となった。また、配線方法に関する学習行動の変容過程は、ペレグリーノの評価理論での「学習者の診断」は論理回路学習による「科学的理解」の深まり、「教授法改善」は教科内容の知識の熟達化が各学校段階での知識と経験が関係していた。こうして考えると、ジョナサンの知識習得モデルに着目し実践を捉えると、①の初期レベルは、本実践では論理回路の知識習得にあたるが、ここで知識は、図7の実習内容という実験1～4の反復練習やフィードバックなどである。次の②のアドバンス・レベルは、実験5～6の教師からの知識をそのまま習得するのではなく、学習者自身が自らの持つ知識と関連づけ、各種の回路に対する意味を獲得している。そして③のエキスパート・レベルは実験7～8ではグループ学習を發揮した協力・協同活動であり、教師は見守りアドバイスする立場である。

この意味では、ペレグリーノとブルームの評価理論との関係とジョナサンの知識習得モデルを踏まえて検討したが、本実践は中学・高校の認知・観察・解釈を踏まえた教材論に基づく内容が、学習者にとってかなり効果があることが期待された。しかしながら、本実践では授業に対する満足感や達成感など情意面については中学・高校生共に十分ではなかった。また、2022年度からは、高校で情報Ⅰ（必修）、2023年度から情報Ⅱ（選択必修）がスタートする。

この高校情報科の内容も踏まえた2021年度以降の中学校と2022年度以降の高校の体系的な教材も、本実践で検討したような教育原理の内容を踏まえて検討する必要があるが、これら教育原理の兼ね合いを通しての体系的な実践や検討については今後の課題とする。

## 科 研 費 助 成

※本研究は、本村(代表)の平成31~令和3年度科研費基盤研究(C)[19K02687]『国際比較を踏まえた我が国の情報教育カリキュラム体系化と教材提案及び実践研究』の助成を受けている。

- 20) 文部科学省：高等学校学習指導要領解説・情報編，文部科学省，P11~25，2000
- 21) 文部科学省：高等学校学習指導要領（平成30年告示）-情報編-，文部科学省，2019

## 引 用 文 献

※1. 本村猛能・工藤雄司：我が国の中学・高校・大学における体系的情報教育の在り方ー論理回路学習の実践を通してー、工業教育研究所報、第47巻（2021.3）  
主に高校生の実践結果を取り入れた内容と方法を参考とし、その評価票や結果を引用している。

## 参 考 文 献

- 1) 佐藤学：リテラシーの概念とその再定義．教育学研究，Vol3, p.p.292-301, 2003
- 2) 国立教育政策研究所（編）：OECD 生徒の学習到達度調査（PISA）2000 国際結果報告書，ぎょうせい，2000
- 3) 国立教育政策研究所（編）：OECD 生徒の学習到達度調査（PISA）2003国際結果報告書，ぎょうせい，2003
- 4) 大島純・野崎久雄・波多野諄余夫：教授・学習過程論，放送大学教育振興，P184~199（第14章），2006
- 5) 文部省：情報教育に関する手引き，文部省，1990
- 6) Rychen, D.S. & Salganik, L.H（編著）立田慶裕（監訳）今西幸蔵・岩崎久美子・猿田祐嗣・名取一好・野村和・平沢安政（訳），キー・コンピテンシーー国際標準の学力をめざしてー，明石書店，2015
- 7) 後藤康志・生田孝至・遠山隆司：教職科目「教育原理」の動向，新潟医療福祉学会誌，Vol.7, No.1, pp.73-79, 2007
- 8) 菅井勝雄：21世紀への教育技術システムの展望 -- 構成主義の教授・学習理論の登場をめぐる。家庭科学，Vol.61, No.3：p.p.18-23, 1994
- 9) Jonassen, D.H：Objectivism versus Constructivism：Dowe need a New Philosophical Paradigm? Educational Technology Research and Development, Vol.39, No.3, p.p.5-14, 1991
- 10) 本村猛能・森山潤：情報教育の成立・展開期におけるカリキュラム評価，草間書房，pp.1-10, 2018
- 11) 志々田まなみ・天野かおり：教職に関する科目「教育原理」の授業構想に関する一考察ー教育改革の歴史と教育をめぐる現代的課題との関連づけという視点からー，広島経済大学研究論集，Vol.36, No.1, pp.53-62, 2013
- 12) 田淵聡：教職大学院におけるオンライン授業の効果についての一考察：遠隔授業アプリ「G-Suite」を活用した同時双方向の講義・演習を通して，福岡教育大学大学院教育学研究科教職実践専攻（教職大学院）年報，Vol.11, pp.113-120, 2021
- 13) 山鹿貴史：保育者養成校における科目「教育原理」の実践と考察，八州学園大学研究紀要，Vol.14, pp.31-41, 2018
- 14) 岡本敏雄・西野和典・高橋参吉：情報科教育法，丸善，2002
- 15) 坂元昂・東洋・西之園晴夫等：情報教育のねらいの全体像に関連する教科ー教科「情報」のための教員養成カリキュラムと教員免許履修形態ー，文部科学省科学研究費基盤研究（C）研究成果報告書，2000
- 16) 菅井勝雄・赤堀侃二・野嶋栄一郎：情報教育論，放送大学教育振興，P50~55, 2004
- 17) Pellegrino J.W.・Brown, A.（森敏昭・秋田喜代美 訳）：How People Learn（授業を変える），Committee on Learning Research and Education（米国学習研究実践委員会），P215~269, 2006
- 18) ブルーム著，梶田叡一訳：教育評価法ハンドブック，第一法規，P179~185・14章，1973
- 19) 新井芳明・工藤雄司・他3名：『電気・電子実習2』，実教出版，P.P.172~175, 2004