

表面実装部品を用いたライトレーサー教材

— 情報科指導法における教材研究への活用 —

鳥居隆司*1・亀井美穂子*1・宮下十有*1・加藤良将*2

Email: torii@sugiyama-u.ac.jp

*1: 梶山女学園大学 情報社会学部 情報デザイン学科

*2: 名古屋芸術大学 芸術学部 芸術学科 デザイン領域 先端メディア表現コース

◎Key Words 表面実装, ライトレーサー, 情報科指導法

1. はじめに

近年の情報分野の加速的な進展を受け、初等中等教育においても情報の科学的理解が重視されている。2025年からの大学入試共通テストでは、その配点比は10%未満が6割以上と低い⁽¹⁾ものの、情報科が追加され多くの国立大学で入試科目として利用⁽²⁾される。このような背景から、情報科の高等学校教員確保にも変化がみられるようである。また、2017年の学習指導要領の改訂⁽³⁾で、共通教科「情報」では、「・・・科学的な見方・考え方を働かせ、情報技術を活用して・・・」を教科の目標としており、少なくとも情報技術の活用と情報に関して科学的な見方ができる必要がある。しかしながら、教科「情報」の教員免許は、その多くが情報分野の内容を含む文科系と言われる学部・学科等の教職課程にある。もちろん、社会科学系の学部を設置された課程では、社会と情報に関連する分野、経済系に設置された課程では、問題の解決、法学系では、知的所有権等から関連される分野に関する強みがあるかもしれない。しかし、いずれにしても、電気・電子・情報・通信工学や情報科学等の内容が不足しており、特に情報学や工学実験及びその実習等の時間数が圧倒的に不足していることが問題である。教科「情報」の扱う範囲は非常に幅広く、また、情報科の指導法では、教育職員免許法及び同施行規則に基づき全国すべての大学の教職課程で共通的に修得すべき資質能力を示すコアカリキュラム⁽⁴⁾が示され、当該教科の目標、内容、当該教科の指導方法と授業設計、当該教科の目標や内容を理解しながら具体的な授業場面を想定した授業設計を行う方法を身につける必要がある。共通的に修得すべき資質能力を示すコアカリキュラムに沿った方針で、不足すると想定される内容を学習指導要領の単元に沿った形で模擬授業を含めて実施することは、学部学科として設置されている教科に関する授業科目や受講者数にもよるが、かなり厳しい側面がある。本研究では、前述のような分野を総合的に補うための教材を開発し、模擬授業やワークショップの形態で実践的に活用したので報告する。

2. ライトレーサー教材

我々は、アナログとデジタルの違いを考えるきっかけにすることをひとつの目的として、アナログ回路とデジタル回路で、ほぼ同型のライトレーサーを試作⁽⁵⁾し、その後、机の小さな講義等の授業にも対応するためにA4サイズのコースでも走行できる小型化⁽⁶⁾したライトレーサーの制作を試みた。その大きさがわかるように手の上

にのせた (Fig. 1)。



Fig. 1 開発したライトレーサーの大きさ

2.1 回路図での機能追加

本研究では、従来のライトレーサー教材に情報科指導法の模擬授業だけでなく、情報に関して科学的な見方や考え方に幅広く対応できるように、さらに、走行性能や視認性、保守性の向上の他、機能追加を行った。

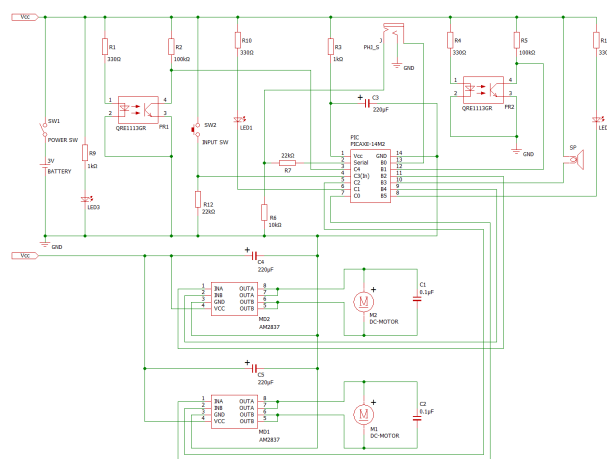


Fig. 2 マイコンを用いたデジタル回路のライトレーサーの回路図

電気回路やコンピュータのハードウェアを学んだ経験がなくても理解しやすく、部品点数も少なくなるように、マイコンの直接出力でモータードライバを経由してDCモーターを駆動させているが、Fig. 2に示すように、スピーカーとして圧電サウンダーを追加し、モーターの駆動

状態を示す LED は、車体の左右に取り付けるように変更し、マイコンからの制御が可能な接続とした。マイコンによるパルス制御でモーターの出力を容易にコントロールできるように、モータードライバは、スイッチとして動作するトランジスタが H 型に構成されている AMtek セミコンダクター社製 Hブリッジモータードライバ IC (AM2837) を用いた。

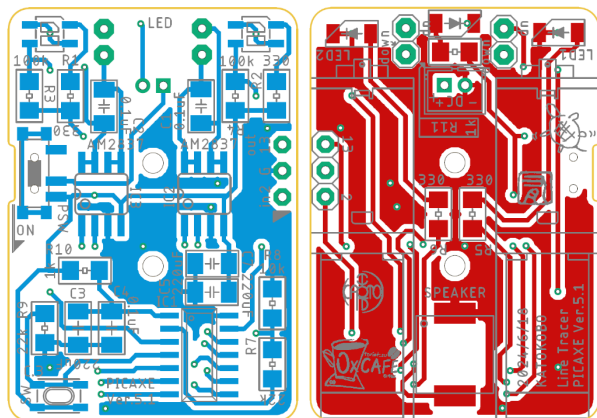


Fig. 3 マイコンを用いたデジタル回路のライントレーサーの基板デザイン (左図：車体下側，右図：車体上側)

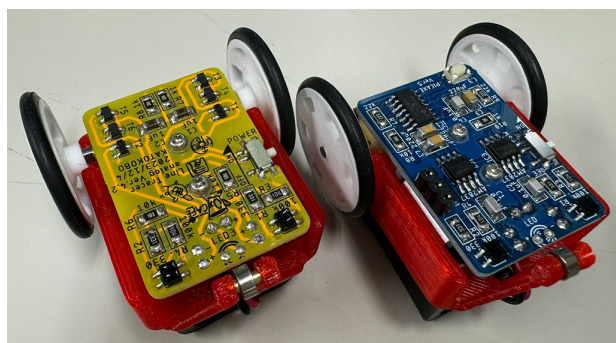


Fig. 4 表面実装部品を取り付け、車体の前部にベアリングを取り付けたアナログ回路のライントレーサー (左) とマイコンを用いたデジタル回路のライントレーサー (右)

2.2 基板の設計変更と車体の改良

電源としての電池ケースの取り外しを容易にするために、電池ケース側の加工として、コンタクトの圧着と PH コネクタハウジングの取り付けが必要にはなるが、基板に PH コネクタベースを取り付けた。また、前述した LED を左右に配置 (Fig. 3 右図の上部左右) し、圧電サウンダーを追加 (Fig. 3 右図の下中央) した。さらに、従来、 $\phi 3\text{mm}$ の LED をラインレース走行時の前輪の代わりに用いていたが、走行中の摩擦抵抗が大きく、単 5 電池の直列 3V では、走行時間が短くなってしまふ点を考慮し、摩擦抵抗の少ないベアリングを用いる方式 (Fig. 4) としたため、車体下側に位置する $\phi 3\text{mm}$ の LED は取り付けず、車体上側に電源 ON の状態を示すために表面実装で LED を取り付け (Fig. 3 右図の上中央) た。

3. 情報科指導法のコアカリキュラム

情報科指導法は、基本的に 2 年次以降に、いずれも 2 単

位の「情報科指導法 I」と「情報科指導法 II」が設置される。教職課程コアカリキュラムは、教育職員免許法及び同施行規則に基づき全国すべての大学の教職課程で共通的に修得すべき資質能力を示すものであるが、平成 13 年 7 月 19 日課程認定委員会決定の「教職課程認定審査の確認事項」の「2 教職課程関係」に「(6) 授業科目の審査にあたっては、以下の内容が含まれているか確認を行うこととする。」と定められている。そのため、「各教科の指導法 (情報通信技術の活用を含む。))」は、教員免許の開放制や大学の自主性との関係において懸念もあるが、一定の経過措置の後、現状では、教職課程認定申請時に、コアカリキュラムに示されている各目標と、該当科目のシラバス、教員の経歴や業績内容等の対応が、課程認定委員会によって審査される。その後、教職課程認定における審査の透明性の確保等を目的に、認定手続が全て終了した後、「申請時の教職課程認定申請書」、「課程認定委員会の指摘事項及び大学の回答」、「認定時の教職課程認定申請書」が文部科学省の Web ページに公開されている。

3.1 コアカリキュラムとの対応

コアカリキュラムでは、「情報科指導法 II」において、「学習指導案の構成を理解し、具体的な授業を想定した授業設計と学習指導案を作成することができる。」「模擬授業の実施とその振り返りを通して、授業改善の視点を身に付けている。」と示されている。学年進行で履修が進む教科に関する科目の内容と関連されることが困難な部分もあるが、本研究では、特に、当該教科の背景となる学問領域との関係を理解し、様々な学習指導理論を踏まえ、教材研究に活用すること、発展的な学習内容についての探究と学習指導への位置付けに関する考察、教科の特性に応じた情報機器及び教材の効果的な活用法の理解に注目して、指導案の作成、模擬授業の実施とその振り返りを通して、実践的な展開を行った。

4. 教材研究への活用

本教材は、電子部品に関する知識とその理解やプログラミング学習に活用できるだけでなく、加算器等に使われているトランジスタによるスイッチング、センサー入力の AD 変換によるデータ取得、アナログとデジタルの違い、デジタル出力によるサウンドや DC モーターの動作の他、デジタル通信の仕組みや電気回路、3DCAD によるデザイン、3D プリンタの活用から Society 5.0 やデジタルツイン等々までカバーできる。ここでは、ワークショップでの活用とデジタル通信の基礎的な仕組みへの適用の他、模擬授業として活用できるテーマについて述べる。

4.1 教材のワークショップでの活用事例

本研究で開発した教材は、現状の情報通信機器の中身を実感を伴って理解できるように、表面実装電子部品を用いている。また、小型化したことで、A4 サイズのコースのラインレースが可能となり、講義室の A3 サイズ程度の机の上であっても、走行実験が可能である。本教材は、時間的な余裕があれば、小学 3 年生以上で、はんだごて、ピンセット、圧着工具等を準備することで、組み立てを各自で行うことも可能な設計としている。このような教材を工学系でない学校で扱う場合、参加者の年齢、モノづく

りの経験、身近な環境の違い、興味・関心の度合い、獲得している知識・技能等の違いによっては、困難ではないかとの懸念を示されることが多い。しかしながら、実際に本教材のアナログ回路のライントレーサー (Fig.4 左) を用い、トヨタ産業技術記念館の会場で、午前及び午後10名ずつ、小学校3年生以上を対象としたワークショップ®を行った。内容は、表面実装部品のはんだ付けを伴った組み立てからコースでの走行までとした。トヨタ産業技術記念館は、いわゆる科学館のような役割も担っており、モノづくりに興味がある参加者が多いという偏りはあると思われるが、問題なく実施 (Fig.5) できている。



Fig.5 ワークショップ®の様子、参加者側 (上のぼかし処理の写真)、講師側 (下)

4.2 通信ネットワークの基礎的な仕組みへの適用

教科「情報」では、学習指導要領のいたるところに「・・・情報通信ネットワークの活用・・・」との記述があり、「情報I」では、特に(3)コンピュータとプログラミングや(4)情報通信ネットワークとデータの活用の単元において、知識・技能として、「(ア) 情報通信ネットワークの仕組みや構成要素・・・」や「(イ)・・・情報通信ネットワークを介して・・・」の記述があり、思考力・判断力・表現力等として「(ア) 目的や状況に応じて、情報通信ネットワークにおける必要な構成要素を・・・」とされている。

中学校学習指導要領の技術・家庭 (技術分野) の「D 情報の技術」においては、「A 情報の表現、記録、計算、通信の特性等の原理・法則と、情報のデジタル化や処理の自動化、システム化、情報セキュリティ等に関わる基礎的な技術の仕組み・・・」と記述され、「・・・通信の特性等の原理・法則と・・・」及び「・・・計測・制御システムの各要素において異なる電気信号 (アナログ信号とデジタル信号) を変換し、各要素間で情報の伝達が・・・」で、Ethernet 規格での通信特性や計測時の情報伝達については、取り扱うようである。しかしながら、シリアル通信についての言及はなく、「D 情報の技術」の領域の扱う範囲も広く時間も限られていることを考慮すると、データ通信が具体的にどのように行われているかまで扱うことは困難かもしれない。これは、円周率「 π 」はその数値を記憶すべきものと思い込んでおり、円の直径に対する円周の長さの比率であると定められていることを知らないという事例や、光ファイバーは、金属の回線と比較して、圧倒的に高速であると説明するものの、その理由がわからない事例と同様で、シリアル通信が、複数の伝送路によって同時に複数のデータ送信ができるパラレル通信と比

較して非常に優れており、USB や Ethernet をはじめとする多くの通信に利用されているにもかかわらず、その仕組みはほとんど理解されていないことを表しているように思える。

ラインレースを教材として扱った実践事例はいくつか存在するが、シリアル通信の仕組みについて言及されている事例はほとんどないと思われる。本研究で開発したライントレーサーは、車体前部に取り付けられた光センサーの情報をシリアル通信を利用して、PC 等で確認することが可能であり、ロジックアナライザを用いて計測することで、実際のデジタル信号も直接観察できる。

4.3 模擬授業での活用

本教材を用いる場合のテーマとして、各種電子部品の性質と電気回路の理解 / アナログとデジタルについての理解/3DCAD による車体及び車輪等の設計、3D プリンタによる造形と Society 5.0 / ライントレーサー基板への表面実装部品の取り付けとライントレーサーの組み立て / マイコンへの簡単なプログラミング (L チカ、サウンド出力、モーター駆動等、順次及び繰り返し構造の理解、ビジュアルプログラミングまたは、コードによるプログラミングとマイコンへの書き込み、選択構造の理解と応用 / シリアル通信による情報通信の理解 / 光センサーと AD コンバーターによるデータの取得 / 圧電サウンダーを用いたパルス制御 / パルス制御の DC モーターへの適用、様々なラインに対する挙動の確認とフィードバックや複雑なコースを用いた競技、評価・振り返り等があり、これらを組み合わせることも可能であることを示した。

たとえば、各種電子部品の性質と電気回路の理解では、情報機器に多種多様な電子部品が使用されているが、すべて理由があって使われているので、それらの部品の特性と電気回路を理解することで、アナログのライントレーサーの動作原理が見えてくる。この動作をマイコンを用いたデジタル回路のライントレーサーを用い、同様の挙動をするようにプログラミングし、その後、レース等を行うことで、各自の行ったアルゴリズムの振り返りに活用することもできる。

しかし、今回の情報科指導法の受講者は、各種電子部品の性質と電気回路の理解の部分について、これらに関する知識は、全く新しい内容であると考えているようであったが、実際のところ、これらの部品や電気回路については、小学校学習指導要領 理科では、(第3学年)のA物質・エネルギー (5) 電気の通り道では、「電気の回路について・・・」にはじまり、中学校学習指導要領 理科 [第1分野]の内容の(3)電流とその利用の(ア)電流では、回路と電流・電圧、電流・電圧と抵抗等の単元を経て、高等学校学習指導要領 理科 物理基礎の内容の(ウ)電気 (ア)物質と電気抵抗において、「・・・物質によって抵抗率が異なる・・・」や、物理の内容の(3)電気と磁気 (ア)電気と電流の⑦電気容量では、コンデンサーを④電気回路では、電気回路における基本的な法則を理解することになっている。トランジスタについても、高校物理の原子や電子の性質を扱う単元において扱うことも可能で、大学入試では、ダイオードやトランジスタの特性を説明した後、ダイオードやトランジスタを含んだ電気回路の電圧、電流、抵抗の他、トランジスタの増幅度を示す電

圧比を求める問題も出題されている。

4.4 模擬授業の実施と振り返り

本情報科指導法の模擬授業では、前述のテーマの中から、ビジュアルプログラミングとライントレース走行での相互評価や振り返り、あるいは、様々なライントレースのコースをビジュアルプログラミングによって走行する内容が選択された。指導案作成にあたっては、本時の単元を含むまとまりをもった単元全体における位置づけを考慮するとともに、評価基準を示すだけでなく、単元の目標を達成するためにできるだけ具体的なタスクがわかるようにデザインすること。学習モデルとして、学習者のモチベーションの維持・向上のために少なくとも ARCS モデル⁹⁾は考慮するように努めるものとしている。

以下に、ある模擬授業実践者の振り返りの報告を示す。

「ライントレースのプログラムをグループで話し合いながら作り上げていくというを行いました。プログラミングでは、あらかじめ、自分でいくつかのライントレースのコースを考え、そのコースを完走できるプログラムを考え、指導案を作成しました。最初にプログラムを考える段階では、なかなかうまく動かないコースもありましたが、一回うまく走行できるようになると、そこまで難しくはないのではないかと思うようになったので、小学生でも扱っているというスクラッチに似たビジュアルプログラミングでしたので、一旦わかってしまえば、簡単にできると思っていたが、センサーからのデータによってモーターの回転を変化させる方法を、ひとつひとつ細かく順をおって考えてもらうことを伝えるのに苦労しました。今回の模擬授業をとおして、いろいろな問題を解決するには、知識として知っているだけでなく、どう使っていくかを考える方法や、逆に他の人の意見から、知らないことが何か気づいて調べながら解決する方法が、大切だと気づくことができましたが、みんなが話し合いながら考えていく授業で自分が考えている方向に向けていく授業の方法は、難しいことがわかりました。」

また、模擬授業後の生徒役からは、「普段、何気なく使っているちょっとした電気製品がプログラムで動いていることを改めて考えさせられた / いつもつかっている家電製品では、もっと難しいことをたくさん行っているはずなので、開発のときに、どれだけ試行錯誤をしているのか大変だなと思った / 情報の他の授業を聞いて、いろいろなことができるようになりたい / グループで話し合いながらプログラミングをすることで、他の人が自分が気づかないことに気づくことができ、うまく動いたことがあった / それぞれが気づいたことを整理してくれる人がいたからできたように思う / こういうことは他のいろいろなことにも役立てることができる / 考えていることを実際にプログラムすることは、大変で、ヒントをもらわないとできなかった」の意見やコメントがあった。

5. 考察

この模擬授業を行った受講者は、本教材に使われている具体的な電子部品や情報に関する技術に触れたことで、教科「情報」の学習内容の背景となる学問領域と関連させて理解が深まったと考えられる。生徒役の学生にも様々な気づきがあるだけでなく、他者の意見やコメントから

授業者も振り返ることができている。また、学習モデルを踏まえながら模擬授業を実践することで、情報に関する知識・理解から、考え方、思考の言語化、学ぶための方法にも気づき、ファシリテーションの難しさも実感できたことが示唆されている。情報科指導法は、本学では、2年次の科目であり、2～3年次において様々な教科に関する科目が展開されるが、それらの科目を、単なる知識の習得ととらえるのではなく、発展的な学習内容についても、実践的に探究し、関連する内容の学びの必要性に気づく力も育成されたのではないかと考えられる。

6. おわりに

社会や技術が高度にブラックボックス化されている現代社会では、教科「情報」が、情報に関する科学的な見方・考え方と情報技術を活用した学習活動による問題の発見・解決をその目標としている以上、どうしても教員の資質・能力に依存するところが大きくならざるを得ない。ブラックボックス化も程度の問題で、中身を知ることより使いこなすことが重要であり、問題解決にウェイトをかけるべきであるという意見もあるだろう。ただ、基本的に人は、知らないことは想像すらできない。本教材開発の考え方が、社会や技術が高度にブラックボックス化されすぎていることに気づくだけでなく、それぞれが直面している問題の全体像や概念を正しく把握し、自分が知らない理論や技術に関する知識に至る道筋を照らすことができ、それらの関連性を把握することにつながっていくことを願っている。

参考文献

- (1) 2025 年度共通テスト 既卒生にとっての教科「情報」、河合塾の大学入試情報、河合塾の大学入試情報サイト Kei-Net, <https://www.keinet.ne.jp/teacher/exam/topic/24/20240422.pdf> (2024 年 6 月 28 日参照)。
- (2) 2024 年度以降の国立大学の入学者選抜制度—国立大学協会の基本方針—、一般社団法人国立大学協会、2022 年 1 月。
- (3) 「2024 年度以降の国立大学の入学者選抜制度—国立大学協会の基本方針—」の策定に当たって（会長談話）、一般社団法人国立大学協会、2022 年 1 月。
- (4) 高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）、文部科学省、<https://erid.nier.go.jp/files/COFS/h30h/chap2-10.htm> (2024 年 6 月 28 日参照)。
- (5) 教職課程コアカリキュラム（令和 3 年 8 月 4 日教員養成部会決定）、文部科学省、https://www.mext.go.jp/content/20210730-mxt_kyoikujinzai02-000016931_5.pdf (2024 年 6 月 28 日参照)。
- (6) 加藤良将、宮下十有、亀井美穂子、鳥居隆司、あいまいなアナログとデジタルの境界の理解を支援する教材の試作、2022PC カンファレンス論文集 CIEC, pp.266-269 (2022)。
- (7) 加藤良将、宮下十有、亀井美穂子、鳥居隆司、アナログとデジタルを比較する教材の開発—表面実装によるライントレーサーの小型化—、2023PC カンファレンス論文集 CIEC, pp.219-222 (2023)。
- (8) 表面実装部品でつくる簡単回路の小さなライントレーサー、週末ワークショップ、トヨタ産業記念館、2023 年 9 月。
- (9) John M. Keller 著、鈴木克明監訳、学習意欲をデザインする：ARCS モデルによるインストラクショナルデザイン、北大路書房 (2010)。