

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K02976

研究課題名(和文) 技術科領域におけるグローバルPDLを用いた実証的STEM教育プログラムの開発

研究課題名(英文) Development of empirical STEM education program using global PDL in the technology education

研究代表者

飯塚 正明 (Iizuka, Masaaki)

千葉大学・教育学部・教授

研究者番号：40396669

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、教材開発を中心に研究を実施した。開発した教材は、ワイヤレス電力伝送の理解を目的とした電磁誘導教材、有機LED作製教材、FMラジオ作製教材、2進数と16進数表示教材、並列コンピュータ教材、リニアモーターカー教材である。

社会的状況から、十分な授業や講座等の実施が困難であったが、作製した教材に対する受講生の関心や教育的な効果は十分にあったと考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

科学・技術の進化は指数関数的な発展を続けている。この状況の中で、人間が人間としての意義のある生活を維持するには、科学・技術を正しく理解・把握し、これを適切に使いこなし、さらに意義のある技術を想像していくことが求められる。そのためには、社会の持続的発展に資する想像力のある若者を育成するための教育プログラム開発をおこなわなければならない。本研究で開発した教材は、受講生の興味や関心を引き出すことが可能であることが明らかとなり、教育的な効果は十分にあったと考えられる。

研究成果の概要(英文)： In this study, we have focused on the development of teaching materials.

The developed teaching materials were electromagnetic induction teaching materials, organic LED manufacturing teaching materials, FM radio manufacturing teaching materials, binary and hexadecimal display teaching materials, parallel computer teaching materials, and linear motor car teaching materials for the purpose of understanding wireless power transmission.

It was probable that the students interest in the prepared teaching materials and their educational effects were sufficient.

研究分野：電気電子工学、情報教育

キーワード：ワイヤレス電力伝送教材 有機LED作製教材 FMラジオ作製教材 2進数表示教材 16進数表示教材 並列コンピュータ教材 リニアモーターカー教材

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

技術教育には、急速に進化・革新を遂げ続けている社会インフラや工業の基盤となる科学・技術と学校における教科のつなぎ目となることが学校教育の中で求められている。しかし現時点の学校における技術科教育では、学際的教育やクロス・コネクテッド学習という視点が欠けている。この根底には教科の縦割りの意識および考えが強いこと、受験に関係ない科目への生徒、教員、保護者、受験産業からの軽視がある。これは単に技術科教員の問題ではなく、学校教育全体の問題である。実際に学校教育においては技術科の教科としての凋落は激しく、このことが技術科教員志望者の減少に繋がり、優秀で熱意のある教員獲得を困難にしていると考えている。したがって技術科の教育改革は喫緊の課題であり、これからの社会の持続的発展に資する想像力のある若者を育成するための教育プログラム開発をおこなわなければならない。

2. 研究の目的

技術教育は大学入試の科目ではない。そのため、児童・生徒の興味関心から外れるという現実がある。本研究はSTEM教育の理念を取り入れ、社会とのつながりを持つ実践的教科として技術教育を必要不可欠な教科として発展させるための方法を構築することを目的とする。

本研究の目的は、これまで培った中高校生向けの実験を主体とする科学教育プログラムの知見と、文理融合でのアクティブ・ラーニングによる科学授業開発による学生の学びの知見を統合し、初等中等学校における技術科教育を現代的課題を解決する学際的教育活動へと革新することである。

3. 研究の方法

次に示すような点を中心に研究をすすめる。

- A. 技術教育の学際的学修としての実態とニーズ調査
基礎データの収集と解析を 1)現状、2)ニーズ、3)展望 の三つの観点からおこない、プログラム開発の基礎データとする。
- B. 実験教育を核とする技術教育のプラットフォーム開発(シーズ研究)
開発済み教材をも活用し、先端的社会インフラや工業技術をもとに、その基礎となる科学・技術文化を含め学ぶことのできる授業を開発する。特にどのようにして効果的なアクティブ・ラーニングが可能かについて連携高校の生徒で教育実践を行いながら、調査研究を行う。
- C. 共有可能教材開発およびテキスト作成
各教科における授業の中での共有領域および非共有領域を明らかにし、教科横断的に協働で授業を実施する方策を検討する。これにより実践をもとに授業実践のためのテキストを作成する。
- D. 開発した教育プログラムの実践と検証
開発プログラムを連携学校と協働し、生徒の授業などに活用し、授業を通しての伸長をアクションリサーチの手法を用いて調査する。

4. 研究成果

研究期間中に複数の教材の開発を行ったため、それぞれについて述べる。

4.1 ワイヤレス電力伝送の理解を目的とした電磁誘導教材の開発

交通機関などを中心に非接触型のICカードの普及は著しい。この非接触型のICカードでは、電力の供給にワイヤレス電力伝送システムが利用されている。ワイヤレス電力伝送システムでは、電極の接続を必要としないため、装置に電極を露出する必要がない。近年では、多くの機器に利用されているにもかかわらず、ワイヤレス電力伝送システムについて理解している者は少ない。本研究では、今後ますます活用の幅が広がるであろうワイヤレス電力伝送の技術を理解できる教材の開発を行った。この教材では、実用例としてよく利用されている、非放射型で電磁誘導方式の教材化を検討することとした。

ワイヤレス電力伝送を簡単に理解できるための教材として、ワイヤレス電力伝送で光る LED 教材を開発した。この教材では、電力の受信側のコイルと LED の部分を受講生に製作させる。受講生が自信で製作することで、受信側のコイルによって電力が伝送されて、LED が発光することを理解させる教材である。1 次側と 2 次側の 2 つのコイルが導線でつながれていないことを確認し、それらのコイルを一定の距離まで近づけると LED が光ること、コイルを遠ざけると LED が消えることを理解する。この教材の回路

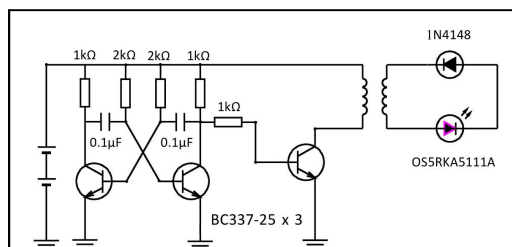


図 1 ワイヤレス電送で LED を光らせる教材

を図 1 に示す。携帯電話や電気自動車などの充電にもワイヤレス伝送が利用されてきた。そのため、モータを回す実験を行うことで、電力が伝わっていることが目に見えてわかるのではないかと考えられる。コイル同士を一定の距離まで近づけるとモータが回ること、コイルを遠ざけるとモータが止まることを理解する。図 2 に回路図を示す。

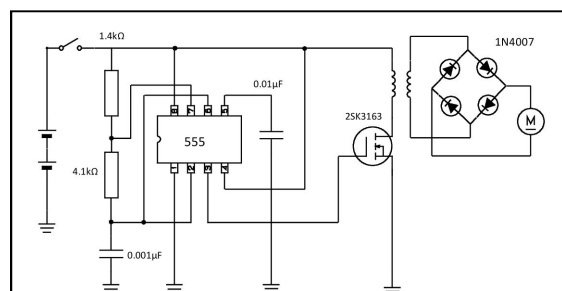


図 2 ワイヤレス伝送でモータを動作させる教材

県内の中学生を対象に授業を行い、授業アンケートを実施した。

「非接触型 IC カードに電磁誘導が使われていることの認知」についての事前アンケートの回答率は、18%であった。事後アンケートでは 95%となった。生徒の感想の中に、「非接触型 IC カードはいつも何気なく使っていて仕組みがどうなっているか考えたことがなかったけれど、実際に仕組みを知ったら面白くて興味が湧いた」「授業を通して他の製品にも興味が湧きました」といったものが多くあった。非接触型 IC カードなどの普段使っていたり見たりしているものを題材としたことで、生徒自身の体験を思い出させることができ、授業に対する興味を高めたり、授業で取り扱ったもの以外の製品にも関心を誘導させることにつながったと考えられる。この点に関しては、非接触型 IC カードを題材にしたことは有効であったと考えられる。

4.2 有機 LED 作製教材の検討

大型有機 LED テレビが、2018 年から発売された。これまでは、有機 LED ディスプレイは携帯機器などの小型ディスプレイとして利用されてきた。有機 LED は、軽量、柔軟などの特徴も期待され、盛んに研究されており、今後の発展が期待される。児童・生徒に、有機 LED を理解してもらえる教材を開発することは、重要な意義があると考えられる。この研究では、塗布可能な有機 LED 材料を用いて、有機 LED の作製教材を検討した。

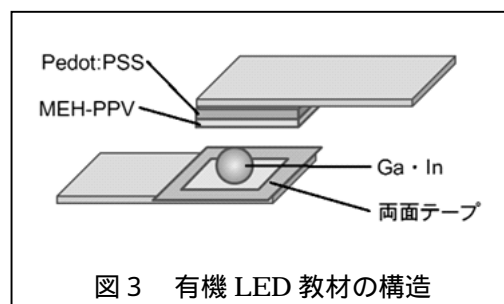


図 3 有機 LED 教材の構造

有機 LED の素子は、陰極と陽極で発光材料を挟み込んだ構造となっている。教材を検討する上で解決しなければならないことが電子注入電極である。陰極（電子注入電極）として Ga·In 共晶を利用することとした。正孔注入層としては PEDOT:PSS(poly(3, 4-ethylenedioxythiophene):poly(4-strenesulfonate))の有機 LED 正孔注入用を用いることとした。この材料も溶媒に溶解させて、塗布が可能な材料である。発光材料としては、poly[2-methoxy-5-(2-ethylhexyloxy)-1, 4-phenylenevinylene](MEH-PPV)を用いることとした。

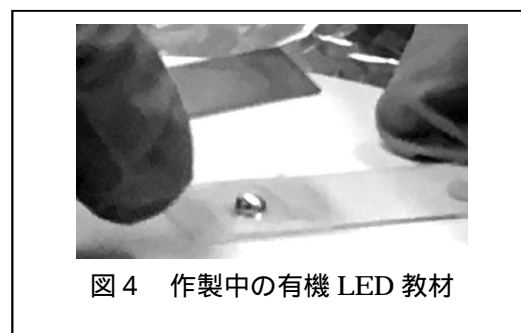


図 4 作製中の有機 LED 教材

今回使用する材料は溶媒に溶解でき塗布可能な高分子材料であり、ウェットプロセスで成膜が可能であるので、ディップコート法での教材化を検討した。

教材では、2 枚の IT0 ガラスを用意し、

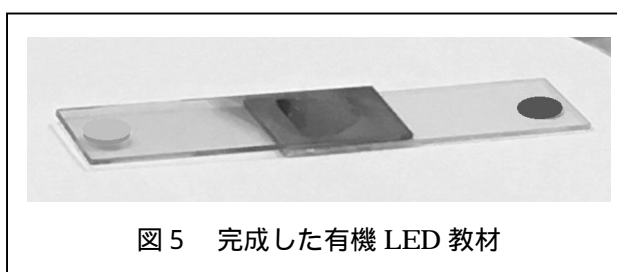


図 5 完成した有機 LED 教材

一方には正孔注入層と発光層をあらかじめ製膜しておき、もう一方には Ga・In 共晶をのせる。そして、それぞれの基板を接合させることで有機 LED を作製する方法をとる。Ga・In 共晶を挟み込む際の膜の厚みは、2 枚の基板を接合させる際に用いる両面テープの厚みを利用する。図 3 に素子の構造図、図 4 に作製中の様子、図 5 に完成した素子を示す。

作製した「有機 LED」教材を、対象は高校 1 年生～高校 2 年生計 11 名で実施した。

テキストを配布しているが、アンケート結果をみると LED の発光についての質問もあり、講義内容の説明を増やした方が良くと考えられた。

参加した生徒全員が LED について「より興味をもった」と回答をしてくれた。また、LED についてだけではなく、それを通して身の回りの製品と技術との関わりや科学についても興味を持ってくれた結果となった。

4.3 FM ラジオ作製教材の検討

電気技術者の多くは、子供時代にラジオ製作から電気・電子技術に興味をもち、技術者の道に進んでいる者が少なくない。初めて作るラジオ教材は、AM ラジオである。これは、回路が簡単であることだけではなく、簡単な回路であることから、部品一つ一つが特性に影響をおよぼす回路であり、部品の改良と共に特性の改善が得られ、技術の核心に触れることが出来る。しかし、近年、この AM ラジオで受信可能な AM 放送の放送停止が進められている。

FM ラジオは周波数が高く、遠距離の通信を行う目的ではない。そのため、AM ラジオ放送局に比較し送信電力が少なく、周波数が高く直接波で伝搬し、建物や地形の影響が大きいため、電波の強度が小さくなっている地域が多い。放送局の近傍であれば、ゲルマニウムラジオのような無電源ラジオの教材化が可能であると考えられるが、多くの環境では、教材化が困難であると考えられる。動作可能な FM ラジオ教材には、増幅回路が必要であると考えられる。回路を検討した結果から、FM ラジオ作製の教材化として、信号の増幅が可能で、選択度 Q も高く出来る回路として、再生検波回路を検討する。

再生検波回路とは、帰還率が高く、増幅度、選択度が高くできる検波方式だが、教材では、より増幅度、選択度が高い超再生検波回路を検討した。超再生検波回路で作製した回路図を図 6 に示す。増幅に利用したトランジスタは、周波数帯域幅積 (FT) が 550MHz の 2SC1923 を用いることとした。このトランジスタでは目的とする周波数帯域で発振が確認され、超再生検波の動作も確認できた。1 m 程度のアンテナを接続し、出力にはセラミックイヤホンを用いることで、千葉市で受信を試みたところ、微弱ではあるが、FM ラジオ放送の再生が確認できた。

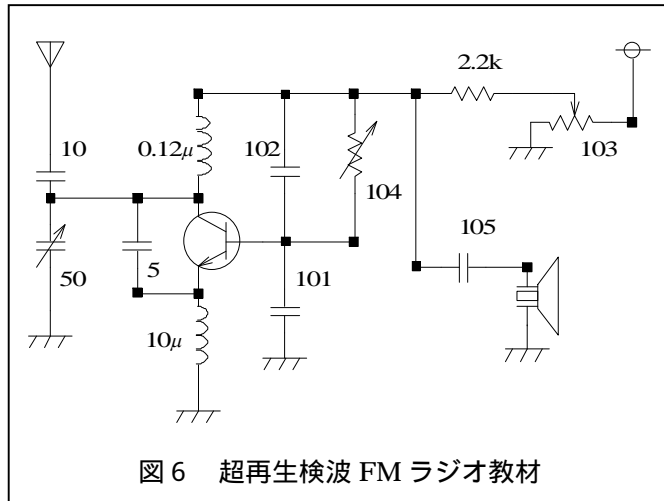


図 6 超再生検波 FM ラジオ教材

4.4 2 進数と 1 6 進数表示教材の開発

コンピュータ製作教材について検討していると、初期のワンボードコンピュータでは 2 進数や 1 6 進数でのプログラムの入力や結果の出力が一般的であった。しかし、多くの生徒は、そのような数値表現の存在は知っているが、具体的に利用した経験がない。そのため、コンピュータで 2 進数や 1 6 進数を扱う前に、2 進数や 1 6 進数表記を理解する教材が必要であると考えた。本教材では、2 進数や 1 6 進数についての理解を進めるための教材が必要と考え、2 進数と 1 6 進数表示教材の開発を検討した。

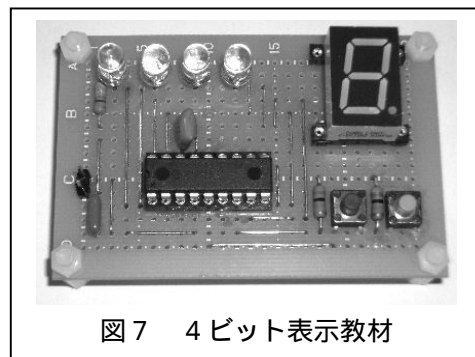


図 7 4 ビット表示教材

4 ビット表示教材

1 6 進数の 1 桁は 4 ビットで表現されるため、4 ビットの 2 進数と 1 6 進数を比較対象が出来るように、4 個の LED と 1 個の 7 セグメント LED で、それぞれに 0 から 1 5 までの数値を表示できる教材を作製した。表示は 0 から F まで 1 秒間隔で繰り返すように変化し、それを繰り返す。また、ボタンスイッチで手動モードも選択でき、ボタンスイッチで数値が 0 から手動で繰り返すことができ、2 進数と 1 6 進数の各数値の表示を同時に確認することが出来る。製作した教材を図 7 に示す。

8ビット表示教材

TK-80 などのワンボードコンピュータは8ビットマイコンであった。また、2進数を扱う場合は8ビットを1バイトと呼び、8ビット表記をする規格も多い。よく使われる2進数は8ビットであることから、8ビット表示教材を作製した。4ビット教材と同じサイズのユニバーサル基板上に作製するためには、ボタンスイッチを取り付ける場所が難しく、0からFFまでの自動繰り上げ表示回路を作製した。作製した教材を図8に示す。

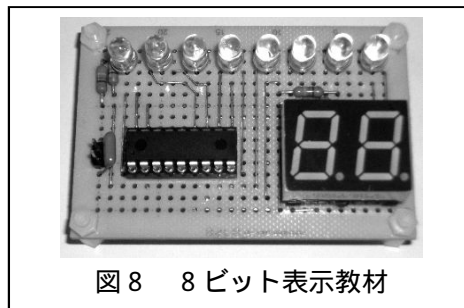


図8 8ビット表示教材

4.5 並列コンピュータ教材の開発

我が国の代表するスーパーコンピュータの富岳やその先代の京が、計算能力を評価する HPC Top500 の1位になったことはよく知られているが、それらのコンピュータは並列コンピューティングによって計算能力を高めていることは理解できていない生徒が多くいる。また、近年のパソコンのCPUもマルチコアになり、並列コンピュータとなっている。そのため、並列コンピューティングを理解する教材が必要と考え検討を行った。

複数のコンピュータがネットワークでつながって計算ができることを演示できる教材として、raspberryPi 4台で構成した並列コンピュータを構築し、コアを使った数と計算能力を示すことで、並列性について説明を行った。作製した、並列コンピュータを図9に示す。

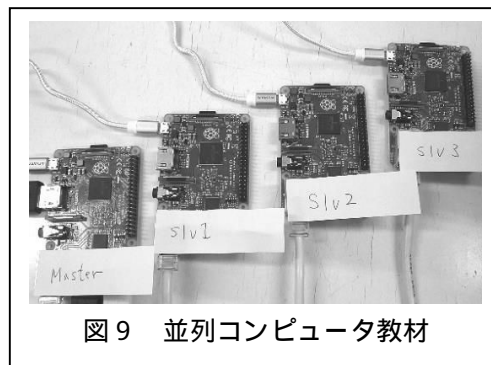


図9 並列コンピュータ教材

教材を使った授業を、高校1年生に実施した。授業は、並列コンピュータの話を中心に進めたが、コンピュータの処理についての具体的な理解があまり進んでいなかったと考えられる印象であり、コンピュータの処理についての教材化も必要であることがわかった。

4.6 リニアモーターカー教材の開発

本研究では、JR方式リニアモーターカーを題材とした教材の製作を行った。この教材ではJR方式リニアモーターカーに用いられている技術やその技術による他への影響について理解するほか、他の製品の技術開発にも目を向けてほしいと考えている。

JR方式リニアの最大の特徴は、超電導磁石を用いた電磁誘導による側壁浮上方式で、常電導コイルを用いた方式で検討を開始した。

推進方式については、浮上状態にある車両に対して、浮上用コイルの制御によって安定した走行が可能となった。製作した教材を図10に示す。

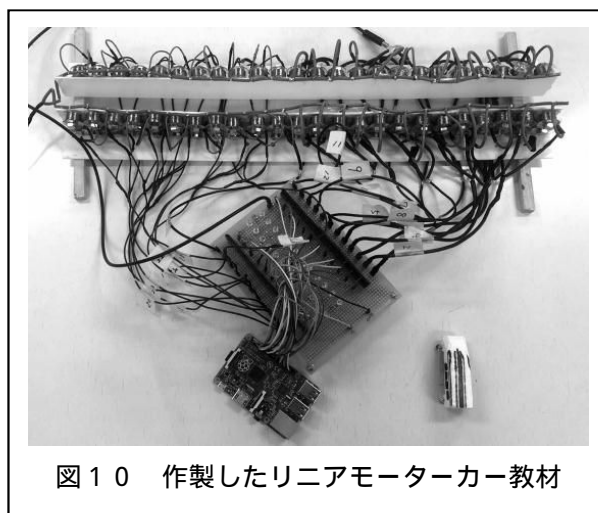


図10 作製したリニアモーターカー教材

JR方式リニアモーターカー教材の開発では、実際のコイルを用いた電磁石による側壁浮上方式を実現し、地上一次システムでの推進という実際に用いられている方式に近い形での教材を開発することができた。

リニアモーターカー教材で授業を実施した結果、教材としての引き付ける力があること、技術開発の過程を理解しやすいこと等があることがわかった。本研究で製作したJR方式リニアモーターカー教材は、生徒が興味・関心を持ち、技術開発の過程を理解できる点で教育効果があったといえる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 飯塚 正明	4. 巻 69巻
2. 論文標題 FMラジオ作製教材の検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 千葉大学教育学部研究紀要	6. 最初と最後の頁 307-310
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 飯塚正明、古怒田有里	4. 巻 68巻
2. 論文標題 有機LED作製教材の検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 千葉大学教育学部研究紀要	6. 最初と最後の頁 367-371
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 村井恵美子、野村純、工藤一浩、飯塚正明、他13名	4. 巻 67巻
2. 論文標題 千葉大学が文部科学省大学教育加速再生プログラム（AP）タイプ（高大接続）の中で進める平成29年度 高大接続プログラムの成果の解析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 千葉大学教育学部研究紀要	6. 最初と最後の頁 179-183
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 飯塚正明、山口淑恵	4. 巻 67巻
2. 論文標題 ワイヤレス電力伝送の理解を目的とした電磁誘導教材の開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 千葉大学教育学部研究紀要	6. 最初と最後の頁 365-368
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 飯塚正明	4. 巻 70巻
2. 論文標題 2進数と16進数表示教材の開発	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 千葉大学教育学部研究紀要	6. 最初と最後の頁 363-366
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	加藤 徹也 (Kato Tetuya) (00224519)	千葉大学・教育学部・教授 (12501)	
研究分担者	木下 龍 (Kinoshita Ryu) (10586217)	千葉大学・教育学部・准教授 (12501)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------