

令和 4 年 5 月 16 日現在

機関番号：53302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K03103

研究課題名(和文)次世代の高度なIoT技術者育成のための教育プログラムの開発

研究課題名(英文)Development of educational program for advanced IoT engineers

研究代表者

南出 章幸 (Minamide, Akiyuki)

国際高等専門学校・電気電子工学科・教授

研究者番号：20259849

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は次世代の高度なIoT技術者育成のための教育プログラムの開発を目的として研究を始めたが、生徒のスキル不足が顕著であったため、計画した教育はそのままでは導入できなかった。そこで小学校のプログラミング教育を含めた教育プログラムを検討する必要性を感じ、小学校の低学年でのプログラミング教育に利用できるシールとスキャナを使用する新しいプログラミング教材を開発した。小学校24校(児童約1600人)での実証実験を行い、教材システムの有効性を確認できた。ただし、最終的に行う予定であった物理実験がCOVID19感染症蔓延のためできなくなり、代わりにホログラフィーを使ったシステムを試作した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

次世代の高度なIoT技術者を育成するためには、小学校から高等教育機関までの情報教育の流れを踏まえて全体的に教育手法を検討していく必要がある。本研究において全体を調査した結果、特に小学校低学年の情報教育(計算機的思考教育)の遅れが顕著であることが分かった。これは小学校の教諭がプログラミングを未経験であること、授業で使用する適切な教材がないことに起因する。本研究では、小学校低学年児童が授業内に計算機的思考を学べる教材システムを開発したことで、低学年児童の授業を小学校教諭が簡単にできるようにした。今後、本教材が広まれば小学校低学年の情報教育に大いに貢献できると思われる。

研究成果の概要(英文)：This study began with the aim of developing an educational program to foster the next generation of advanced IoT engineers, but the planned education could not be implemented as it was due to a significant lack of skills among the students. Therefore, we felt the need to consider an educational program including programming education in elementary schools, and developed new programming materials using stickers and scanners that could be used for programming education in the lower grades of elementary schools. Demonstration tests were conducted at 24 elementary schools (about 1,600 students), and the effectiveness of the educational material system was confirmed. However, the physics experiment that was to be conducted in the final stage of the project was not possible due to the spread of COVID19 infection, and a prototype system using holography was developed instead.

研究分野：教育工学

キーワード：プログラミング教育 小学校低学年 計算機的思考

1. 研究開始当初の背景

独立行政法人情報処理推進機構の「IT人材白書2018」によると、産業界においてITおよびIoT技術者の不足が年々高くなる傾向にあり、小・中・高校の児童生徒の理工系離れの問題も改善しておらず、より一層技術者不足になることも指摘されている。

社会の変化が早くなる中、IoT技術者の育成を急ぐあまり、現象だけを取り上げる教育、すなわち物理現象の原理を理解するのではなく、公式や定理を場当たりの理解させていくような教育が増えている。このままではビッグデータ構築の基礎となるIoT技術を扱う技術者がIoT機器任せで正しいデータを計測しているのかを判断できなくなる。特に次世代では、新たな価値が創出され、これまでにはなかった未知なる情報を扱うことが予想され、これまで以上に測定対象の原理を理解した上での計測が必要不可欠となるであろう。

我が国の理工系教育には米国と異なり『工業高等専門学校』(以下、高専)という特色ある教育システムが存在する。高専は科学技術系教育においては初等中等教育と高等教育を連結する立ち位置にあり、この教育システムは産業界のニーズをくみ取りながら50年以上も試行錯誤の中で成長してきており、日本発のSTEMを基盤にした教育システムということもできる。

申請者は、この高専教育によって育成された高専学生の能力をうまく利用して小中学校の児童生徒への科学技術啓蒙活動ができると考え、2012年から課外プロジェクト活動を実施してきた。このプロジェクトは学生主体の先進的なアクティブラーニングとして2015年に日本工学教育協会から工学教育賞を受賞した。

本研究では、まず、このプロジェクト活動の運営で培ったノウハウを使って、高専学生を小中学校・高等学校のITおよびIoT教育を支援する新たなプロジェクト活動のメンターとして育成する。メンター不足に悩む小中学校・高等学校にとって役立ち、高専学生にとっても社会実装教育として責任感が伴うやりがいのあるプロジェクトとして学生を成長させる相乗効果が期待できる。

2. 研究の目的

本研究は次世代の高度なIoT技術者育成のための教育プログラムの開発を目的とする。多様化、高度化するIoT機器を適切に利用できる次世代のIoT技術者育成のための教育プログラムを開発する。そのためにアジア地域から高い評価を得ている日本発の高専教育に、理数系に対する教育の見直しとして国際的にも推進されているSTEM教育を統合した教育プログラムを開発し、物理・数学・工学を融合できる次世代の高度なIoT技術者育成を目指す。

3. 研究の方法

3 - 1 小学校、中学校、高等学校の情報教育の調査

新しい教育の導入に当たり、まずは現状の児童・生徒が持っている情報スキルや教育内容を検証する必要があるため、調査した。調査結果の要点を以下に列挙する。

- (1) 教育内容に連続性がなく、それぞれの学年で単発の授業内容である。
- (2) 教諭の多くがコンピュータやプログラミングに不慣れで、授業を運営できていない。
- (3) 予算の関係もあり、情報教育設備の導入が遅れている。
- (4) 教材として、特に小学校低学年児童に対するものがなく、低学年児童に対する情報教育はほとんど行われていない。

3 - 2 小学校低学年児童に対する教材開発

3 - 1の調査結果から、特に(4)が問題視され、小学校低学年児童に対する計算機的思考を授業で教育できる教材を開発することにした。これは全体の教育の中で、一番基礎となる部分から構築するのが一見遠回りであるように思われるが王道であるとの考えによる。

4. 研究成果

4 - 1 小学校低学年児童に対するプログラミング教育

小学校におけるプログラミング教育は現在高等教育機関で行われているようなプログラミング言語の「コーディング」を学ばせるのではなく、「プログラミング的思考」を学ばせ、さらに児童に楽しさや面白さ、達成感を味わわせることによってコンピュータなどを「もっと活用したい」、「上手に活用したい」といった意欲を喚起することを狙っている。そのため、特定の学年にプログラミングの授業が導入されるわけではなく、小学校全学年でいろいろな科目での導入が検討されている。しかし、小学校でのプログラミング教育を導入するためには次のような問題点がある。

1. 適切なレベルの教材がない(特に小学校低学年向けの教材がない)
2. 小学校の普通教室での授業を想定した教材がない

- 3. 小学校にパソコンを含めた ICT 機器およびロボットなどの設備予算が乏しい
- 4. 小学校教員に児童に教えるためのプログラミングスキルやノウハウがない

プログラミング教育を一個人ではなく、学校全体、社会全体で行っていくためには上記の問題点を解決する必要があり、低設備投資かつ教員のプログラミングスキルを問わない新しい教材の出現が望まれていた。

4 - 2 新しい教材の開発

新しい教育手法の概略を図 1 に示す。この方式では、まず教員が児童に課題を与え、児童一人ひとりが自分の机で問題解決の手順を考え、その手順に従ってロボットの操作に関してシールを貼っていく。例えば、図 2 に示すようにロボットにスーパーで料理に必要な材料を買ってきてもらうことを想定させる。児童が必要な食材を考え、さらに買い物効率の順序を考えながらシールをシートに貼っていく。本来のアンブラグドプログラミングでは、ここで終わりであるので児童の飽きがかかるのが早い。新しい教育手法では、児童が貼ったシールを画像撮影装置（図では PFU のスキャナ・SV600）で撮影すると自動的にコード化され、ロボットに転送後、物理空間でロボットの動作を確認することができる。そのため、児童が自分で作ったプログラムによってロボットを制御できるため、モチベーションが高くなり、教育効果が高まることが期待できる。

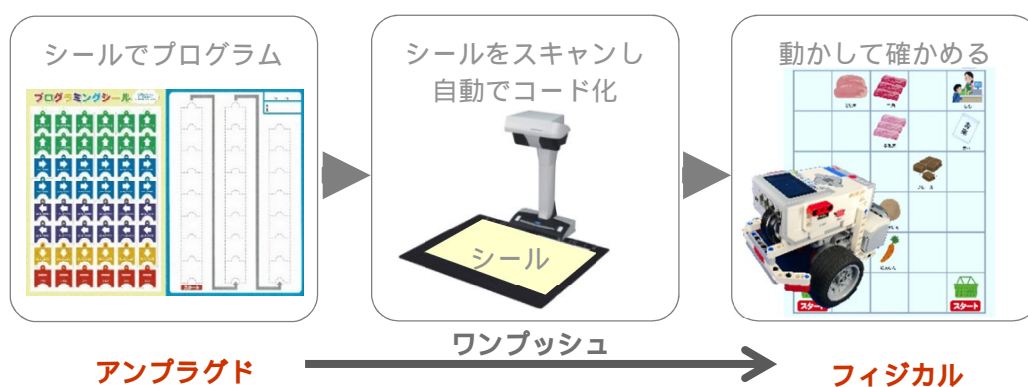


図 1 提案する教育手法

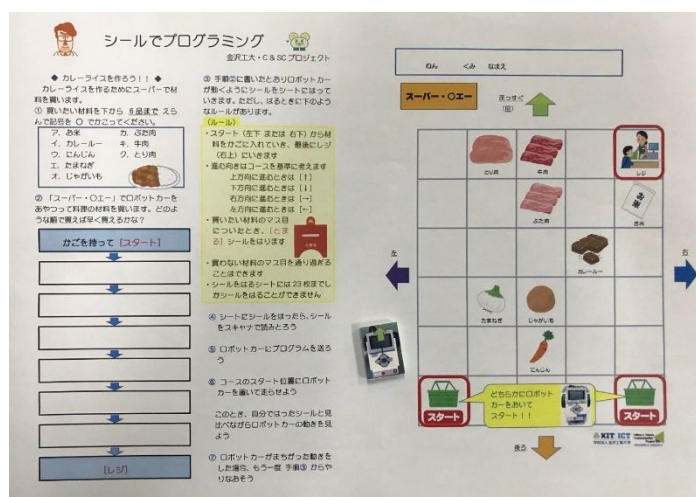


図 2 教材（ワークシート）例

4 - 3 開発した教材システム

図 3 に開発した教材システムを示す。プログラミングシールの画像をスキャンするために、非接触スキャナ（富士通 ScanSnap SV600）を使用した。このスキャナは、オーバーヘッドスキャンでシールを非接触で読み取ることができるため、プログラミングシールが貼られた凹凸のあるシートのスキャンに適している。ラップトップコンピュータは、スキャナからの画像を取り込み、シールの画像を識別して、ロボットの制御情報に変換する。ロボットカーには「LEGO Mindstorms EV3」を使用し、EV3 に LeJOS ファームウェアをインストールし、LEGO での JAVA プログラミングを実現した。ロボット制御データは、コンピュータから USB ケーブルを介して EV3 に送信した。すべての手順はボタンを押すだけであり、児童に専門的な知識はまったく必要ないという特長がある。

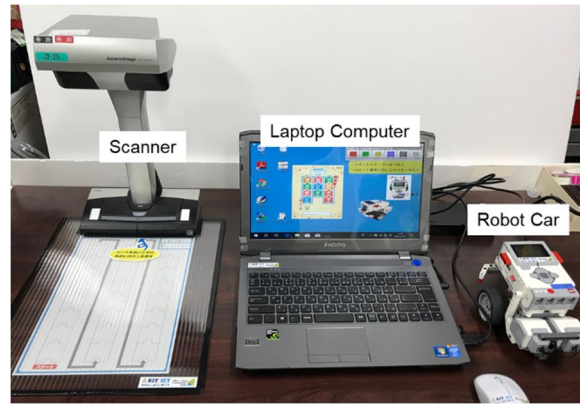


図3 教材システムの構成

4 - 4 教材の実証実験の結果

本教材システムの有効性を確認するために、2020年9月から、この教育手法を使って地元である野々市市の全小学校のプログラミング教育を実施した。

石川県野々市市内の全小学校5校および白山市内の全19校の小学3年生(合計約1,600児童)に対して授業を行った。ここでは、紙面の関係上、野々市市の教育結果について述べる。

ロボットカーの走行コースの題材としては、小学生に身近な内容が好ましい。これまではスーパーで食材を購入するといったテーマで実施していたが、児童の興味を引くためと市内のことをよく知ってもらうために小学3年生用教材のロボットの走行コースを市内の観光物産協会と協力して作成した。ロボットをプログラム制御して自分の家族のスイーツを買うために市内のスイーツ店をロボットに回らせるというテーマである。児童達は観光物産協会が作成したリーフレットを見ながらスイーツについて調べ、ステッカーを使ってロボットの走行コースをプログラミングしていった。図4に実際の授業の写真を示す。



図4 実際の授業風景

授業後、児童に対して教材システムの使いやすさと授業の内容に関して次のアンケート調査を行った。児童数はN=553である。

(1) システムの使いやすさについてのアンケート結果を図5に示す。どの装置も約70%の児童が使いやすいと回答したことから、システム使用の難易度については問題ないことが明らかとなった。

- Q1 「プログラミングシール」はつかいやすかったですか？
- Q2 「スキャナ」はつかいやすかったですか？
- Q3 「データ転送装置(ガレージ)」はつかいやすかったですか？
- Q4 「プログラミングカー」はつかいやすかったですか？

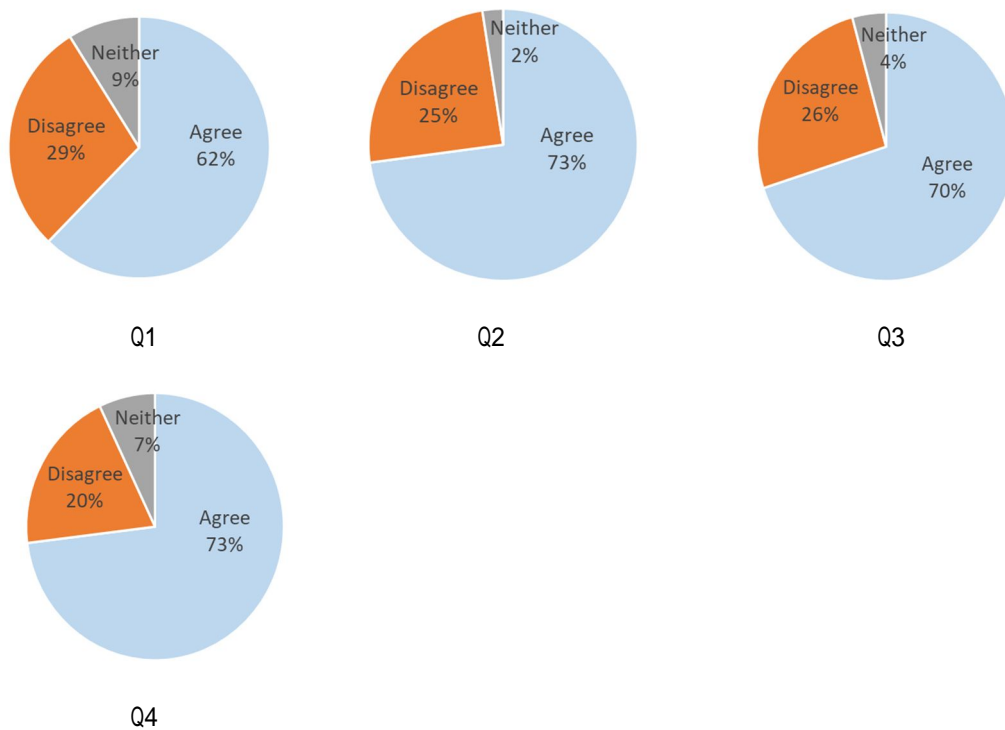


図5 システムの使いやすさについてのアンケート結果

(2) 授業の内容についてのアンケート結果を図6に示す。Q5の授業の難易度については34%の児童のみが簡単だったと回答したことから、難易度および授業の方法については更に検討する必要がある。しかし、Q6授業の楽しさ、Q7プログラミングに対する興味については肯定的な意見が多く、本教育手法の有効性が確認できた。

Q5 今日のじゅぎょうはむずかしかったですか？

Q6 今日のじゅぎょうはたのしかったですか？

Q7 今日のじゅぎょうをうけてプログラミングにきょうみができましたか？

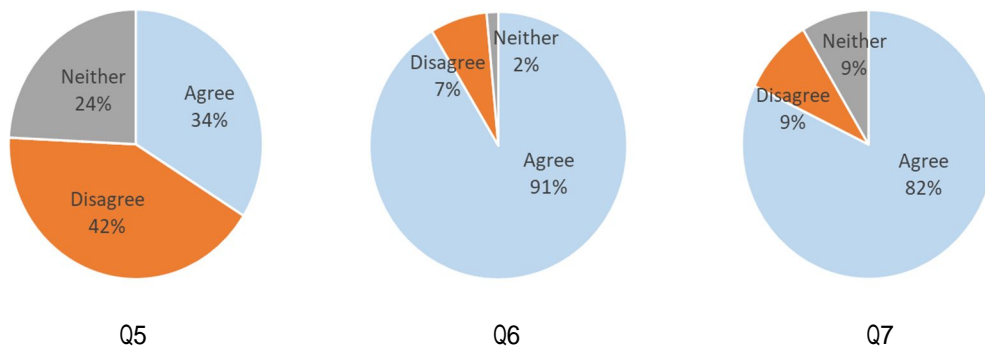


図6 授業の内容についてのアンケート結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Minamide Akiyuki, Takemata Kazuya, Yamada Hirofumi	4. 巻 1
2. 論文標題 Development of Computational Thinking Education System for Elementary School Class	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2020 IEEE 20th International Conference on Advanced Learning Technologies	6. 最初と最後の頁 22-23
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ICALT49669.2020.00013	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Minamide Akiyuki, Takemata Kazuya, Yamada Hirofumi	4. 巻 1
2. 論文標題 Computational Thinking Education Using Stickers and Scanners in Elementary School Classes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 First International Computer Programming Education Conference	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4230/OASlcs.ICPEC.2020.16	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Minamide Akiyuki, Takemata Kazuya	4. 巻 11
2. 論文標題 DEVELOPMENT OF NEW PROGRAMMING WITH STICKERS FOR ELEMENTARY SCHOOL PROGRAMMING EDUCATION	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 11th International Conference on Education and New Learning Technologies	6. 最初と最後の頁 4796-4800
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.21125/edulearn.2019.1193	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Minamide Akiyuki, Takemata Kazuya	4. 巻 4
2. 論文標題 Design of PBL Educational Program in Collaboration with Printing Company	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Impact of the 4th Industrial Revolution on Engineering Education	6. 最初と最後の頁 749 ~ 754
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-40274-7_71	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 南出章幸、竹俣一也、山田弘文
2. 発表標題 PBLを用いた工学設計教育 - 地元の印刷会社と連携した社会実装教育の報告 -
3. 学会等名 日本工学教育協会2019年度工学教育研究講演会講演論文集
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 小学校の授業で使うことを想定したプログラミング的思考教育方法とその教育システム	発明者 南出 章幸 , 竹俣 一也	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2019-129637	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------