

氏名	島袋 舞子
本籍	奈良県
学位の種類	博士（工学）
学位の番号	甲第62号
学位授与年月日	2021年12月11日
学位授与の要件	本学学位規則第14条
学位論文題目	初等中等段階におけるプログラミング教育教材の研究
論文審査委員	主査 兼宗 進 副査 鄭 聖熹 副査 新関 雅俊 副査 西田 知博（大阪学院大学）

論文内容の要旨

近年は情報技術を軸とした技術革新による第4次産業革命の過渡期にあり、近い将来あらゆる産業や日常生活に人工知能（AI）やビッグデータ、Internet of Things（IoT）、ロボティクス等の情報技術を取り入れた社会が到来すると考えられている。すでにスマートフォンからインターネットを介して操作できる家電や人工知能による音声解析や自然言語処理により話しかけることで操作することができるスマートスピーカー、人工知能による画像解析により家具の位置を認識し掃除をするロボットなど、第4次産業革命の中心となる情報技術を取り入れた機器は日常生活で利用されはじめている。これらの機器は内蔵されたコンピュータによって計測や制御、ネットワーク通信等の処理を行い、動作している。その一方で多くのユーザーは、これらの機器がどのような仕組みで動作しているのかを意識せずを使用している。インターネットやコンピュータの仕組みを知らずに使用することは、知らないうちにインターネットを介して個人の情報を漏洩してしまったり、上手く動作しないときに誤った設定や対処法を行ってしまうことで意図せずに自らを危険にさらしてしまう恐れがある。

日本では、文部科学省が告示する初等中等段階における教育指針を示した学習指導要領を元に、小中学校、高等学校等の学習内容が定められる。学習指導要領は、10年ごとに改訂が行われ、直近の2020年から2022年の改訂では初等中等段階でプログラミング教育が導入されることとなった。小学校では既存の各教科等の中でプログラミングを扱い、中学校では技術・家庭科の技術分野で「計測・制御のプログラミング」と「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミング」を扱う。高等学校では、現行の共通教科「情報」の科目が見直され、必履修科目として「情報I」を新設して全ての生徒がプログラミングやネットワーク、データベースの基礎について学ぶ。また、選択科目として「情報II」も新設された。

しかし、小学校ではこれまでプログラミング教育はほとんど行われておらず、児童にわかりやすく指導できる教材や授業実践が求められている。また、中学校でも計測制御や双方向性のあるコンテンツのプログラミングを扱うことになり、専門性がより高くなっている。高等学校においても、生徒にプログラミング等の情報の科学的な内容をわかりやすく教える教材や授業実践が必要という課題が存在する。

このような背景のもとに、本論文では、授業実践を通してプログラミングやプログラミングに関連する情報科学の内容を児童・生徒が理解するための教材と授業実践について研究することを目的としている。本論文の新規性は、児童・生徒の発達段階に応じたプログラミングの学習教材を考案した点にある。具体的に

は、小学生に適したプログラミングの考え方を学習できる教材を提案し、高校生に適したアルゴリズムと対話的なプログラミング教材を開発した。そして、小学校と高等学校での授業実践によりその教育効果を明らかにしている。

本論文は以下の6章で構成されている。

第1章は序論であり、以上のような研究の背景、研究の意義、研究内容について述べている。

第2章では、初等中等段階における情報教育とプログラミング教育の現状と課題について議論を行い、プログラミングやアルゴリズムを学ぶための教材や実践事例とともに、それらの課題を解決するための教材について検討している。

第3章では、問題を解くことでプログラミングの概念について論理的に思考する教材の開発とその効果について報告している。開発した教材の概要に続き、小学生を対象に行なった実践とその結果について報告している。そして、プログラミングの概念を使用した問題を解くことで、児童がプログラミングについて論理的に思考し、プログラミングの概念を学習することが可能なことを明らかにしている。

第4章では、仮想化した天秤とおもりを教具として使用する、ソートアルゴリズム学習教材の開発とその効果について報告している。既存教具と提案する教材について述べた後、情報科学を専門としない大学生と高校生を対象に行なった実践とその結果について報告し、提案教材を使用することでソートアルゴリズムを学習することが可能なことを明らかにしている。

第5章では、スマートスピーカーで動作する専用のアプリを開発する環境の提案とその開発環境を用いた授業実践について報告している。提案する開発環境について述べた後、開発した環境を使用して、高校生がスマートスピーカー専用のアプリの開発を行った授業実践について報告し、提案する開発環境を使用してプログラムを作成することで、高校生が外部ライブラリの利用やWeb APIの仕組みについての学習が可能なことを明らかにしている。

最後に第6章では、各章で得られた結果を総括し、本論文の成果を明確にしている。

以上のように本論文は、小学校から高等学校までの学校教育においてプログラミングとアルゴリズムの考え方を学ぶ教育を可能にする教材開発に関する研究をまとめたものである。

論文審査結果の要旨

本研究は、授業実践を通してプログラミングやプログラミングに関連する情報科学の内容を理解するための教材と授業実践について研究することを目的としており、小学生から高校生までの児童・生徒がプログラミングやアルゴリズムの考え方を理解するための教材開発を目指している。

本研究の意義について審査を行った。内閣府の第5期科学技術基本計画の柱であるSociety 5.0では、人間やモノに関わる様々な計測により得られる膨大なデータ（ビッグデータ）を人工知能（AI）等により解析し、その結果をフィードバックしてモノやロボットなどが作動する自動化技術が高度化される。この超スマート社会（Society 5.0）を担う人材を育成するためには情報教育の充実が必要不可欠であり、小学校算数・理科や中学校の技術・家庭科（技術分野）、高等学校の情報科において、プログラミングに関する内容を充実させることが文部科学省の新学習指導要領に明記されている。プログラミングを適切に理解して活用するためには、アルゴリズムなどの基礎となる考え方を身につけることが不可欠と考えられる。本研究では、小学生から高校生までがプログラミングの考え方を学ぶことができる新しい学習教材を考案しており、将来、工学系や情報系など様々な分野の課題解決と発展に貢献できる人材育成が期待できることから、本研究の意義は認められると判断した。

次に、ドリルを用いた小学生向けのプログラミング学習教材について審査を行った。先行研究であるビーバーチャレンジは、リトアニアのValentina Dagiene博士により発案された世界50カ国以上で開催されているオンラインの情報科学イベントであり、情報科学に関連したクイズ問題を考えながら解くことで、子どもたちが科学的な原理を自分たちで発見しながら学ぶことができる。本研究で提案しているドリル教材は、小学校の低学年用、中学年用、高学年用の冊子で構成され、発達段階に合わせた段階的な難易度にするにより、学校や家庭で楽しみながら学ぶことができる学習教材になっている。これらの教材は出版社から出版され、全国の多くの子どもたちに使われている実績がある。本研究で提案したドリル教材を公立小学校で使ってもらい、小学2年生が順次処理などのプログラミングの基本的な概念を理解できることを実証している。従来、小学校でのプログラミング教育は、どの学年でどのようなプログラミングの概念を理解することができるかは明らかにされていなかったため、それを明らかにした本研究は教育効果が認められると判断した。

また、本研究で提案しているAR技術を用いたアルゴリズム学習教材について審査を行った。先行研究であるコンピュータサイエンスアンプラグド教育法は、ニージーランドのTim Bell博士によって考案された教育法であり、その中には天びんの教具を用いて各種のソートアルゴリズムを学習する教材が含まれている。本研究では、仮想現実（AR）技術で実現した仮想天びんを用い、CPUの比較演算に相当する2つの数値データの大小比較を行うことにより、従来は大学の専門課程で学んでいた挿入ソートやクイックソートなどの各種ソートアルゴリズムを高校生が学習可能であることを明らかにした。実際に高等学校で実践授業を行い、理解度を検証している点で、教育効果が認められる教材と判断した。

さらに、本研究で提案している、スマートスピーカーのアプリ開発のためのプログラミング開発環境について審査を行った。本研究では、高校生が実用的なプログラムの開発として、音声により対話的なやり取りを行えるスマートスピーカーのプログラムを授業の中で学習できる教材を開発した。従来の汎用言語による開発と比較して、ソースコードの行数で1/10程度の簡略化を実現している。また、あらかじめ決められた応答だけでなく、インターネット上のオープンデータや公開APIを利用する機能を加えることで、高校生が実用性の高い高度なプログラムを開発できるよう拡張を行っている点で、教育効果が認められる教材と判断した。

以上のように、本論文では、小学校から高等学校までの学校教育において、プログラミングの考え方やアルゴリズムの考え方を理解することができ、対話的な応答を行える高度なプログラムを開発できる学習教材と学習システムを考案している。また、実際に授業で利用できる品質の教材として完成度を高めることにより、小学生向けのドリル教材については出版社から3冊の書籍が出版され、高校生向けのアルゴリズム学習教材とスマートスピーカーのプログラム開発環境については、授業を通してその有用性を明らかにしている。本論文は、工学系や情報系などの様々な分野で貢献できる人材の情報教育において意義のある内容であり、博士學位論文として価値あるものと認める。

論文審査委員 主査 兼宗 進
副査 鄭 聖熹
副査 新関 雅俊
副査 西田 知博 (大阪学院大学)

論文審査結果の要旨

最終試験の結果、合格と認める。

論文審査委員 主査 兼宗 進
副査 鄭 聖熹
副査 新関 雅俊
副査 西田 知博 (大阪学院大学)