

氏 名	おがわ かつし 小川 勝史
本 籍	三重県
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 の 番 号	甲第50号
学位授与年月日	平成30年3月15日
学位授与の要件	本学学位規則第23条
学位論文題目	高等学校教育課程における物理学習に関する RT教材の開発
論文審査委員	主 査 教授 田 中 宏 明
	副 査 教授 宇 田 豊
	副 査 教授 兼 宗 進

論文内容の要旨

物理学習において高校教育課程に即した RT (Robot Technology) 教材は現状では適したものが無く、物理学習で実験が重要であるにもかかわらず、実験の困難さなどからあまり積極的に授業では実施されていないのが現状である。

本論文では、高校生がより効率的に物理を理解できるように、高等学校教育課程に即した実験・体験を可能とする RT を使用した教材の開発を目的としている。

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、研究の背景、目的を示し、これまでの物理教育とその課題とその課題解決のための提案を行っている。

第2章では、高校教育課程の物理学習における物理量の分類と体系化を提案している。教科書等では、学生が物理量を効率的に理解できるように、それらを適切に分類又は体系化して提示しているとはいいがたい。そこで学生の理解に適した分類の基準として、RT を用いた物理量の感覚化という視点に着目し、物理の力学分野で学習する物理量を「センサで計測可能なもの」と「センサで計測できないもの」に分類する方法を提案している。そして提案した分類を基に相関関係の視覚化を進め、その伝達手法として学習支援ツールを開発している。このツールは、学生が学びたい物理量について PC 上でのボタン操作により物理量の相関関係図を確認できるものである。提案した物理量の分類及び体系化、学習支援ソフトウェアが、学生の物

理学習における学力の向上に有効であるかを検証している。その結果、提案する手法を用いることで、学習内容が記憶に残りやすく、学力の向上にもつながることを検証している。

第3章では、物理量と物理現象の可視化と可触化を目指して、摩擦学習支援用 RT 教材を開発し、その学習効果を検証している。学生の物理学習を難しくする原因は、物理現象に関して実際の法則とは食い違う誤った概念の存在であると報告されている。物理現象に則した正しい概念を持つために重要なことは、物理現象を正しく実感することである。そこで、学生が物理現象を実感し理論を理解することを支援する、「物理現象の可視・可触化」をベースとした RT 教育ツールを提案している。提案した物理量の分類と体系化を基に、物理現象を正しく実感し、正しい概念の構築を促すことが出来る。本章では、摩擦現象の学習支援に焦点を当てた RT ツールを提案している。センサにより直接測定可能な物理量である摩擦力 F と垂直抗力 N から摩擦係数 μ を算出し、理論式とリアルタイムの値を液晶ディスプレイで表示する機能を持つ。学生はロボット教材を通して、物理現象を感じながら、理論式と定量的な物理量の各値を視認することができる。学習効果の検証のため、異なる条件の下で実験授業を行い、RT 教材を使用したグループが理解度、学力ともに向上し、統計的に有意性を確認し、摩擦現象に限られることではあるが、学力の向上につながることを検証している。

第4章では、摩擦現象だけでなく、高校物理の力学分野で学習する物理現象に広く対応可能なセンサを備えた物理学習支援用 RT 教材の設計と開発について示している。RT 教材を使用することにより、学習内容を可視・可触化により実感しながら学習することができる。この RT 教材は、高校物理力学分野で学習する物理量を計測、算出を可能にするのに十分な計測センサを搭載している。開発した RT 教材ロボットの設計検証を行うため、等加速度直線運動と鉛直投げ上げ運動についての物理現象において計測実験を行い、各物理量を計測してその値に関して考察を行いその妥当性を検証している。

第5章では、開発した高校物理学習支援用 RT 教材について、異なる条件の下で3つの生徒のグループに円運動に関する授業を実施して学習効果を検証している。その結果、RT 教育ツールを用いたグループは、理解度とテスト結果共に、円運動における学習効果に有意性があることを確認している。

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。

論文審査結果の要旨

本論文は、高校生がより効率的に物理を理解できるように、高等学校教育課程に即した実験・体験を可能とするRT(Robot Technology)を使用した教材の開発を目的として行われた研究である。

本論文ではこの目的を達成するため、まず高校教育課程の物理学習における物理量の分類と体系化を提案している。教科書等では、学生が物理量を効率的に理解できるように、それらを適切に分類又は体系化して提示しているとはいいがたい。そこで学生の理解に適した分類の基準として、RTを用いた物理量の感覚化という視点に注目し、物理の力学分野で学習する物理量を「センサで計測可能なもの」と「センサで計測できないもの」に分類する方法を提案している。そして提案した分類を基に相関関係の視覚化を進め、その伝達手法として学習支援ツールを開発した。このツールは、学生が学びたい物理量についてPC上でのボタン操作により物理量の相関関係図を確認できるものである。提案した物理量の分類及び体系化、学習支援ソフトウェアが、学生の物理学習における学力の向上に有効であるかを検証している。その結果、提案する手法を用いることで、学習内容が記憶に残りやすく、学力の向上にもつながることを検証している。

次に物理量と物理現象の可視・可触化を目指して、摩擦学習支援用RT教材を開発し、その学習効果を検証している。学生の物理学習を難しくする原因は、物理現象に関して実際の法則とは食い違う誤った概念の存在であると報告されている。物理現象に則した正しい概念を持つために重要なことは、物理現象を正しく実感、体感することである。そこで、学生が物理現象を体感し理論を理解することを支援する、「物理現象の可触化」をベースとしたRT教育ツールを提案している。提案した物理量の分類と体系化を基に、物理現象を正しく実感し、正しい概念の構築を促すことが出来る。そこで、摩擦現象の学習支援に焦点を当てたRTツールを提案している。センサにより直接測定可能な物理量である摩擦力 F と垂直抗力 N から摩擦係数 μ を算出し、理論式とリアルタイムの値を液晶ディスプレイで表示する機能を持つ。学生はロボット教材を通して、物理現象を感じながら、理論式と定量的な物理量の各値を視認することができる。学習効果の検証のため、異なる条件の下で実験授業を行い、RT教材を使用したグループが理解度、学力ともに向上し、統計的に有意性を確認し、摩擦現象に限られることではあるが、学力の向上につながることを検証している。

さらに摩擦現象だけでなく、高校物理の力学分野で学習する物理現象に広く対応可能なセンサを備えた物理学習支援用RT教材の設計と開発について示してい

る. RT教材を使用することにより, 学習内容を可視・可触化により実感しながら学習することができる. このRT教材は, 高校物理の力学分野で学習する物理量を計測, 算出を可能にするのに十分な計測センサを搭載している. 開発したRT教材ロボットの設計検証を行うため, 等加速度直線運動と鉛直投げ上げ運動についての物理現象において計測実験を行い, 各物理量を計測してその値に関して考察を行いその妥当性を検証している. 最後に, 開発した高校物理の学習支援用RT教材について, 異なる条件の下で3つの生徒のグループに円運動に関する授業を実施して学習効果を検証した. その結果, RT教育ツールを用いたグループは, 理解度とテスト結果共に, 円運動において学習効果に有意性を確認している.

また, この論文で明らかになったことは, 物理学習において力学分野だけではなく, 電気や波動の分野についてもRT教材の開発に応用でき, 役に立つ研究である.

以上のように, 本論文では, 高校物理の力学分野で学習する物理量を「センサで計測可能なもの」と「センサで計測できないもの」に分類する方法を初めて提案している. またこの分類法に基づくロボットテクノロジーを応用した力学分野の教材を開発し, 「物理を如何に楽しく効率的に学習できるようにするか」について研究を積み重ね, 現役の高校教師である強みを生かし, 本教材の有用性を検証している. よって, 本論文は工学博士の学位論文として十分価値があると認める.

論文審査委員

主 査 教授 田 中 宏 明

副 査 教授 宇 田 豊

副 査 教授 兼 宗 進

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 教授 田 中 宏 明

副 査 教授 宇 田 豊

副 査 教授 兼 宗 進