

技術による統合的な問題解決を支援する 「情報の技術」の指導過程の提案

木村 真人 埼玉大学大学院教育学研究科
山本 利一 埼玉大学教育学部
鈴木 航平 川口市立元郷中学校
軽部 禎文 株式会社アフレル

キーワード：技術分野 統合的な問題解決 プログラミング 計測・制御 教材・教具

1 緒言

日本は、第5期科学技術基本計画において、我が国が目指すべき未来社会の姿として「Society 5.0」を提唱した。これからの社会での価値創造の在り方の多様化や情報技術の発展による変化について述べられている¹⁾。

それらを受け文部科学省は、「子供たちに、情報化やグローバル化など急激な社会的変化の中でも、未来の創り手となるために必要な知識や力を確実に備えることのできる学校教育を実現」(答申)を受け、これらの実現のために、育成すべき資質・能力を明確にするとともに、幼・小・中・高(・大)・社会と続く視点、すなわち社会との関係や学校全体、地域全体、社会全体という視点、等の社会一体で子供を育てていくことを重視する、といった教育の質的転換を図ることを目指して、平成29年7月に、小中学校の学習指導要領を改定した²⁾。

中学校学習指導要領解説 技術・家庭編の内容の取り扱いには、技術に関する教育を体系的に行うために、小学校や高等学校との関連に関しても提案がなされている。高等学校との関連では、現代社会で活用されている多くの技術がシステム化されている実態に対応するために、第3学年で取り上げる「技術による問題の解決」の項目では、他の内容の技術も含めた統合的な問題について取り扱うことが示されている³⁾。

これらのことを受け、先行研究を調べると、例えば、山本ら(1998)⁴⁾は、材料加工とエネルギー変換を、深川ら(2011)⁵⁾は、生物育成とエネルギー変換を同時に学習できる題材を開発して、授業実践することで、比較的短時間に効率の良い学習が可能であることを示している。技術分野の学習時間が短縮される中、題材を工夫することで指導の効率化を行う方法の提案である。また、山本ら(2013)⁶⁾や菊地ら(2014)⁷⁾、佐藤ら(2014)⁸⁾は、情報の技術の中に他領域(学習内容)を組み入れた指導過程を提案し、学習の効果を確認している。これら先行研究は、学習時間の効率化を目的とした研究が多く、技術をシステムとして捉える視点については、十分検討されていない。また、第3学年の題材としては、情報に関する技術を中心に他の学習内容を融合したものが多い。

加えて、中学校技術・家庭科技術分野においては、プログラミングに関する内容を倍増する⁹⁾ことを受け、これまでの計測制御によるプログラミングの学習内容も再検討することが求められている。

そこで、本研究は、技術をシステムとして捉え、「D 情報の技術(3)」の計測・制御に関するプログラミングにおける統合的な問題の解決を学習する指導過程を検討・提案することとした。こ

ここでは、生徒自身が、課題を発見・整理し、プログラミングを通してそれらを解決する場面を提案する。

2 選択した教材と統合的な問題解決

2-1 選択した教材

本実践で活用した教材は、「教育版レゴマインドストームEV3」である。本教材は、計測・制御の対象物の形状の変更が可能な（ブロック式）教材である。インテリジェントブロックと呼ばれるコンピュータが内蔵された機器を中心に、センサおよびアクチュエータを取り付け、様々な形状や機能の再現が可能である。センサには、超音波センサやカラーセンサなど複数あり、目的に応じて使い分けることができる。これらを用いてモデルを作成し、技術を系統的に捉えさせ、プログラミングによって計測・制御することで、問題解決の場面において、課題を設定できると推察される。

2-2 統合的な問題の解決

統合的な問題の解決は、平成29年告示の学習指導要領¹⁰⁾で追記されたもので、現代社会で活用されている多くの技術が、システム化されている実態に対応するために、取り扱うこととされており、「技術による問題の解決」において、これまでの学習を踏まえ、システムを改良・応用しなければ解決できない問題を扱うこととされている。

統合的な問題の解決の事例¹¹⁾として、“気温や湿度の計測結果に基づき、灌水などの管理作業を自動的に行う栽培ロボットのモデルや、買物の際に、高齢者の方を目的の売り場に誘導しながら荷物を運搬したり、障害物や路面状況などをセンサで確認し、危険な状況となった場合には注意を促したりする生活サポートロボットのモデル”が示されている。

本研究においては、生徒の興味・関心に対応するため、複数の統合的な問題の解決の場面を設定した。Cエネルギー変換の技術との連携を意識した題材は、自動運転（超音波センサを活用して走行系の制御）、自動ドア（超音波センサもしくはタッチセンサを活用してドア開閉）、お掃除ロボット（超音波センサやカラーセンサを活用して一定スペース内の動作¹²⁾）とした。B生物育成の技術との連携を意識した題材は、植物工場とした。植物工場は、培地（土壌）などの色で水分量を計測したり、温度を測定し、自動的に灌水する動作をモデル化した。植物工場モデルを図1に示す。これらは、近年一般商品化されており、生徒たちも身近なものとして捉えられている題材である。

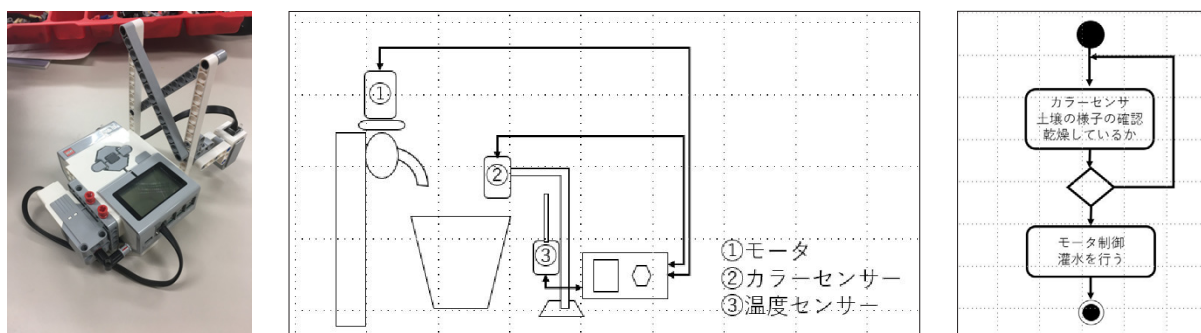


図1 植物工場モデルのシステムの一例（左から外観、構成図、アクティビティ図）

2-3 学習を支援する学習教材（ワークシート）の開発

開発した学習教材（以後、ワークシートと記す）¹³⁾は、全5章編成となっており、D(3)の計測・制御のプログラミングの習得事項を示している。以下にワークシートの章と節を示す。

第1章は、コンピュータ計測・制御を学習するもので、①身近なコンピュータ計測・制御、②センサの節から成り立っている。身近にある自動化された製品（技術のシステム）の気付きや、そこで活用されているセンサについて探求的な学習ができるようになってきている。この章は、第1校時に対応する。自動化された製品のシステム構成を学習するワークシートの一例（一部抜粋）を図2に示す。



図2 自動化された製品（空調機器）のシステム構成

第2章は、ロボットキットを学習するもので、①レゴマインドストームEV3の節からなっている。ハードウェアの構成や、各種センサの役割や使い方、モータの種類と活用法が示されている。ここでは、プログラミングをするために必要なロボットに関する基礎が示されている。プログラミングを行う際の基礎的な知識として必要な項目で、全ての場面で活用されるものである。

第3章は、アクティビティ図の書き方を学習するもので、①アクティビティ図の節からなっている。アクティビティ図の書き方や、活用の仕方を学ぶことができるようになってきている。この章は、第2校時に対応する。

第4章は、プログラミングとアルゴリズムを学習するもので、①教育版EV3ソフトウェア、②EV3ソフトウェアの起動、③EV3ソフトウェアの画面構成、④プログラムの作り方と動かし方、⑤繰り返し処理、⑥カラーセンサ、⑦分岐処理、⑧超音波センサの節からなっている。ここでは、各センサを使ったプログラミングやアルゴリズムなどの、ロボットの制御方法について示されている。この章は、第3校時から第7校時に対応する。

第5章では、まとめの学習をするもので、①コンピュータ計測・制御、②これからのコンピュータ計測・制御の節からなっている。ここでは、これまでの学習の振り返りと、これからの社会での活用について考える。この章は、第8校時に対応する。

3 開発した指導過程とワークシート

3-1 指導過程の概要

D(3)を3年生の題材として8時間を設定し、学習目標を「生活の中で活用されているシステムの模型（モデル）を制御しよう」と設定した。ここでは、基本的なアルゴリズムを考え、それらをアクティビティ図を用いて表現し、グループ内でそれらを考察・検討した。この実践においては、新教育課程の3観点を評価基準として定め、学習を支援するワークシートを活用した。各校時の学習内容を以下に示す。

第1校時の学習目標は、「生活や社会の中でコンピュータがどのように活用されているか見つけ出す」とした。ここでは、生活や社会の中でコンピュータ（自動化のシステム）がどのように活用されているか考える時間とし、初めに生徒自身の生活の中からコンピュータを使った機器について考えさせ、なぜコンピュータが活用されているのかを考えさせる。その後、計測・制御を人間と結びつけて考えさせる。

第2校時の学習目標は、「アクティビティ図を使って様々な動きを表してみよう」とした。ここでは、アクティビティ図の活用方法および書き方を学ぶ時間とした。アクティビティ図を使うことの意義について学んだ後に、アクティビティ図の書き方を学ぶ。課題1は、エアコンの温度調節機能の動きをアクティビティ図を使って表現する。課題2は、2秒間前進し、その場で90度右に回転するロボットの動きをアクティビティ図として表現させる。これらを学習することで、アクティビティ図の書き方と動作方法を習得する。

第3校時の学習目標は、「ロボットを動かすプログラミングをマスターしよう」とした。ここでは、EV3ソフトウェアの基本的な操作を学習する時間とした。以下の課題をアクティビティ図で表現した後に、プログラミングを行い、EV3を課題に沿って動かすものである。課題1は、ロボットを3秒間前進して停止するプログラミング。課題2は、ロボットを3秒間前進して90回転し、1秒間前進するプログラミング。時間制御によるプログラミングで、1秒間でどの程度タイヤが回転するかを確認する。

第4校時の学習目標は、「シンプルなプログラムでロボットを動かそう」とした。ここでは、反復処理を用いたプログラムの意義およびその使い方について学習する時間とした。課題1は、ジグザグに走行するロボットで、左右のモータを一定時間回転させることの繰り返し。課題2は、前後に動作を繰り返したり、指定角度で回転を行うプログラミング。繰り返し命令や繰り返しの回数を指定することで、プログラミングが効率的で簡潔になる効果を確認する。

第5校時の学習目標は、「センサを利用したロボットを動かそう」とした。ここでは、センサを用いた分岐処理（フィードバック制御）の生活や社会の中での活用例を学ぶとともに、分岐処理のプログラムの方法について学ぶ時間とした。課題1は、センサを用いて、黒線と白線の反射光の強さの計測を行い、分岐処理をする基準を確認する。課題2は、センシングの結果を基に黒線で停止するプログラミング。課題3は、黒線で左折、白線で右折するプログラムを制作し、ライントレースをする。

第6校時の学習目標は、「生活の中で活用されているシステムを再現してみよう」とした。ここでは、自動化された製品をシステムと捉え、統合的に問題解決する手立てを考える時間とした。自動化された製品（技術のシステム）、「自動運転」、「お掃除ロボット」、「植物工場」、「自動ドア」の概要を説明し、各モデルの動作を師範する。その後、グループで1つのモデルを選択し、プログラムによる動作の再現を考察した。ここでは、プログラミングを中心に、エネルギー変換の技術や生物育成の技術での学習を関連付けながら、動作を考察するよう指導した。また、これらのシステムが現在の社会においてどのように活用されているかも考察させた。

第7校時の学習目標は、「より良いシステムを考えてみよう」とした。ここでは、前時の活動で製作したシステムの改善を行う。モデルを活用したシステムの再現の中で気づいたことや、生活の中で感じた不満点や付加価値を加えるといった観点から課題を設定し、班ごとに設定した課題を基に改善策を構想する。ここでは、現在のシステムに様々な工夫を組み込み、未来の技術を考察する観点も指導に追加した。具体的には、動作を支援するセンサを加えることや、モデルの構

造の改良など、プログラミングのみで課題を解決するのではなく、モデルそのものの改良を含めた、システム開発・改善といった観点を重視した。図3に自動運転を選択した生徒が改良したモデルの一例を示す。そのグループでは、タッチセンサを車両下部に増設し、路面状況の判断を行えるようにシステムの改善を行った。その際、地面との距離や構造の強度などに配慮しながらモデルを組み替えていた。

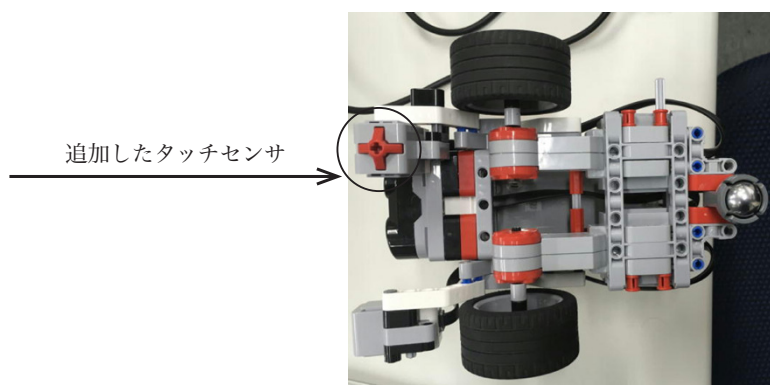


図3 モデルの改善例（タッチセンサの活用）

第8校時の学習目標は、「学習のまとめとシステムと社会の関係について考えよう」とした。ここでは、各班が開発したモデルとプログラミングの工夫の共有化を行うとともに、生徒同士で相互評価を行わせた。最後に、これからの社会における技術のシステムの改良の視点や、現実になることが望まれている自動化のシステムを考える場面とした。

4 中学校における実践

4-1 実践期日および対象

2018年5～7月に、A公立中学3年生40名を対象とし、技術・家庭科技術分野の「D情報の技術」の授業を8時間を配当して実施した。

4-2 実践の手順

授業は、前述の指導過程をもとに、レゴマインドストームEV3を各班に一台と学習を支援するワークシートを生徒全員に配布した。各授業ごとに考察や学習のまとめをワークシートに書き込み、授業を展開した。生徒の活動の様子を図4に示す。

5 調査および分析

5-1 統合的な学習で生徒が考えた工夫点

授業は全8班で行われた。モデルとしての提案は4種類行ったが本実践では自動運転に集中したものの、それぞれの異なる観点で工夫を盛り込んでいた。各班のシステム的な工夫点を示す。

①脱輪防止システム（タッチセンサを活用して路面状況を把握し、コースアウトを避ける：図3）、
②前方の確認を複数のセンサで行うシステム（前方の状態を、カラーセンサと超音波センサを複合的に活用し、正確な情報判断をする）具体的なプログラムの一例を図5に示す。

③3つのセンサによる安全確認システム（前方の状態を、カラーセンサと超音波センサとタッチ

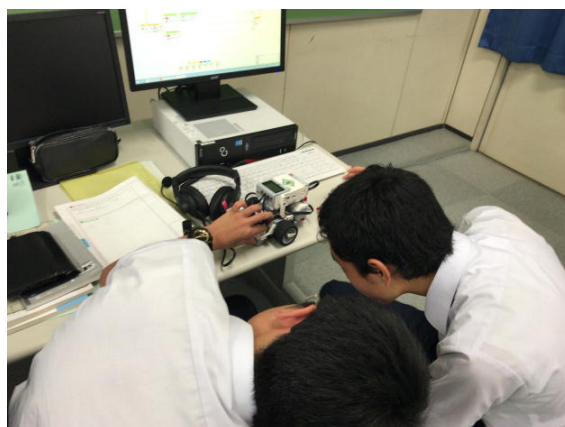


図4 実践の様子（第7校時）

センサを複合的に活用し、正確な情報判断をする)、④段階を踏んだ停止システム（超音波センサとカラーセンサの感知範囲の差を生かして、2段階の停止を行う）、⑤停止後も安全の確認を行い、音による警告を行うシステム（超音波センサによって停止したのちも超音波センサでの感知を続け、音による警告を出す）、⑥停止後、後退し安全を確保するシステム（超音波センサによって停止したのち、超音波センサを使って周囲の安全を確保できるまで後退する）、⑦暗闇では、速度を落とし安全運転とするシステム（カラーセンサによって周囲の環境を計測し、明るさによって速度制限をかけて、安全な停止ができるようにする）、⑧障害物を回避するシステム（超音波センサによって周囲の安全な場所に退避する）、などである。

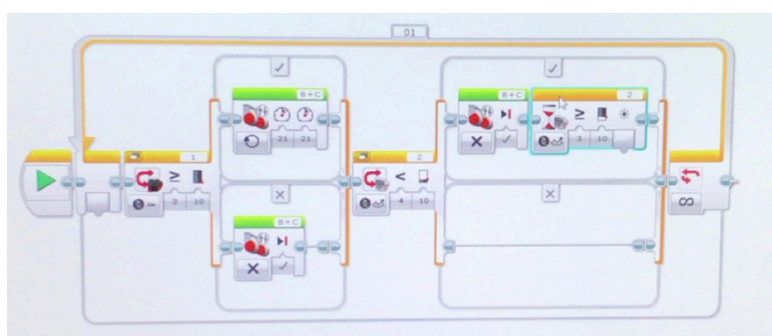


図5 複数のセンサによる安全確認システムのプログラムの一例

5-2 ワークシートの書き込み内容の調査

書き込み内容の点数化を行った。各校時においてワークシートに書き込まれた記述（アクティビティ図、活用するセンサ、場面設定、動作の工夫点など）を評価した。評価基準として、各校時における学習課題を大旨満足する回答の場合3点を配当し、自分なりの工夫点や改善点を加点するなど6点を上限として評価した。ワークシートの評価に関しては、技術分野担当教員と協議を行い、評価の客観性を担保した。ここで、第1校時および第8校時については、グループでの話し合いを中心とした授業であったため、ワークシートへの書き込みに関する評価は行わないこととした。各校時の平均点を表1に示す。

2、6、7校時では、平均が4点を超え高い値を示した。その主な理由として、2校時目では、教材に関する興味・関心が高いことから、積極的に参加することができたことと、初歩的なことであったことで、躓きが起こらなかったためではないかと考えられる。6、7校時目では、生徒の興

表1 各校時の平均と標準偏差

	平均点	S.D.
1校時	—	—
2校時	4.81	0.46
3校時	3.17	1.22
4校時	3.67	1.34
5校時	2.42	0.96
6校時	4.50	0.92
7校時	4.91	1.50
8校時	—	—

0～6点の平均

味・関心に応じたモデルを選択できたことと、これらの問題を解決するために、グループ内で積極的な話し合い活動ができたため、しっかりとした書き込みが確認できた。

第3校時においては反復、第4校時においては分岐処理を示す部分で書き込みが十分ではない生徒が見られた。ワークシートへの書き込みが、アクティビティ図の穴埋めの場合、生徒が考えたものと異なる場合（ずれが生じた場合）、書き込みが少なかった。これらは、生徒の感想から、「アクティビティ図の意味が十分理解できない」などの指摘も確認された。このことから基本的なアルゴリズムは、アクティビティ図を示し書き込みさせることが効果的であるが、生徒の自由な発想を基に、アルゴリズムを考える場合は、自由記述の方が望ましいことが示された。

生徒の誤答として、①時系列を揃えて表記できない、②機能ごとにアクティビティ図を区別して表現する、③アクティビティ図の書き方が十分理解できない、ことが確認された。これらのこと踏まえて、ワークシートの改善や指導内容の工夫をしていきたい。

5-3 知識の定着の調査

本実践における知識や技能の定着を確認するために、期末考査において、計測・制御によるプログラミングで学習した内容の問題を出題した。(1)は、アクティビティ図の基礎の定着を確認し、意識共有がスムーズに行われていたかを確認する。(2)では、センサの閾値の決定を通して、アルゴリズムの最適化の可否を確認する。(3)では、開発したシステムの認知の確認を通して、問題解決の過程や工夫点を確認した。出題した学習問題を図6に示す

(1)においては、正答率(89%)の高いもので、誤答は、開始ノードと終了ノードを間違えた生徒のみであった。このことから、生徒の多くはアクティビティ図の表現について一定の理解を示しており、生徒はアクティビティ図による意見交換などにおいて共通の言語として活用することができていたと推察される。

(2)においては、許容内正答率(92%)でほとんどの生徒が正解を導き出していたが、誤差を考慮した完全正答率は、23%と低いものであった。計測した値と合致する数値でも動作するが、環境の変化などを含めて、誤差を考慮した閾値を選択することが望まれる。学習がグループで実施されているため、閾値の設定まではグループメンバー全員に共有化されていないことが確認された。

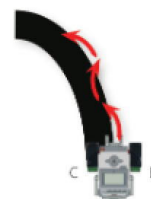
(1) アクティビティ図において、次のア～エの記号が示す意味を、A～Dの中からそれぞれ選びなさい。



(2) 次の間に答えなさい。

- 黒色の場所でのカラーセンサの計測値は 20
- 白色の場所ではカラーセンサの計測値は 100

下図のように、「ロボットは基本的に左に曲がりながら進むが、黒い線を感じると右に少しだけ曲がり、また黒い線を感じるまで左に曲がりながら進む」動きをするためには、プログラムにおいて条件の値(黒い線を感じするために設定する値)はいくらにするのが良いか、最も適当なものを A～Dの中から1つ選べ。



A、120 B、60 C、20 D、-20

(3) 授業中、あなたが制作したプログラムについて、どのような工夫をしたか答えなさい。また、それは社会の中でどのように役立つと思いますか(経済・安全・環境など)。解答には、工夫と役立つ場面を必ず記述すること。

図6 確認問題の内容

(3) の問題の正答率は (95%) で、多くの生徒が構想したシステムの工夫点およびその活用場面を想定することができていた。そのことから、多くの生徒が、問題を抽出・整理することや、見つけ出した課題を解決する手順を自分なりに工夫して表現することができたと推察される。

6 結言

以上、本研究では、統合的な問題解決を支援することを目指したワークシートの開発を行い、その評価を行った。以下にその結果を示す。

- ①自動化された計測・制御システムのモデルを設計・開発し、それらの活用した指導過程を構想した。
- ②授業を遂行するためのワークシート全5章(8時間)を作成した。
- ③期末考査およびワークシートの書き込みから評価を行った結果、提供した題材は生徒の興味・関心を高め、学習意欲が持続した。
- ④問題を適切に捉え、それらを解決する手順をアクティビティ図を活用し検討する姿を確認することができた。

これらのことから、提供したワークシートや、製作したモデルは目的を果たしたことが確認された。今後は、A材料と加工の技術と関連する題材の検討や、提示モデル事例を増やしていきたい。これらは、今後の課題とする。

参考文献

- 1) 日立東大ラボ編集：Society (ソサエティ) 5.0人間中心の超スマート社会、日本経済新聞社 (2018)

- 2) 文部科学省：中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 総則編、東山書房（2018）
- 3) 文部科学省：中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 技術・家庭編、開隆堂出版、pp.11-12（2018）
- 4) 山本利一・牧野亮哉：新学習指導要領に対応する「技術」分野の題材開発—加工学習を中心とした融合題材の製作、福井大学教育実践研究、No.23、pp.203-218（1998）
- 5) 深川和良・田中紀行・浅野陽樹・龍野巳代・池田充・櫻井和則：生物育成技術とエネルギー変換技術を融合した技術科教育の検討、鹿児島大学教育学部研究紀要教育科学編、No.63、pp.137-147(2011)
- 6) 山本利一・佐藤正直：中学校技術・家庭科栽培学習におけるタブレット端末の活用と授業実践、教育情報研究、Vol.29、No.1、pp.45-53（2013）
- 7) 菊地智美・平間啓太郎・菊池貴大 [他]・苫米地義郎・松原真理：技術教育における融合教材の開発、宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要、No.37、pp.133-140（2014）
- 8) Masanao Satoh, Toshikazu Yamamoto, The suggestion of the plant factory model using MINDSTORMS EV3, Proceedings of 7th INTERNATIONAL SYMPOSIUM of World Robot Olympiad 2014 in Russia pp.7-12（2014）
- 9) 前掲3)、pp.7
- 10) 前掲3)、pp.24
- 11) 前掲3)、pp.57
- 12) 山主公彦：教育版レゴマインドストームを使った計測・制御の授業実践、第6回科学技術におけるロボットシンポジウム論文集、No.6、pp.14-15（2013）
- 13) 山本利一：ロボットで見える！ 計測・制御プログラム 生徒用ワークブック、全50頁（2018）

(2019年9月9日提出)

(2019年10月10日受理)

Teaching process of “Information Technology” and proposal of teaching materials to support integrated learning

Masato KIMURA

Graduate School of Education, Saitama University

Toshikazu YAMAMOTO

Faculty of Education, Saitama University

Kohei SUZUKI

Kawaguchi City Motogo Junior High School

Yasufumi KARUBE

Afrel Co., Ltd.

Abstract

In this study, (3) programming learning by measurement and control in “D Information Technology” shown in the July 2017 Notice of the Course of Study was developed as an integrated problem solving learning. Teaching process and learning materials are developed and proposed. The selected teaching material is the educational version of LEGO Mindstorms EV3, which can reproduce the measurement and control system that is close to the model and improve the system through programming. As a result of the lesson practice using this teaching process, students were able to confirm that they were able to solve problems in an integrated manner, using the various knowledge and skills they had learned so far. Through these learnings, I was able to recognize the importance of the role of measurement and control and programming in the future society.

Keywords: technical field integrated, problem solving programming, measurement and control, teaching materials and teaching tools