

ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツの プログラミングに関する指導過程の提案

—LEGO Mindstorms EV3を活用した栽培管理システムの制作—

川 井 勝 登 埼玉大学教育学研究科
山 本 利 一 埼玉大学教育学部
荻 窪 光 慈 埼玉大学教育学部

キーワード：情報の技術、双方向性、ネットワーク、プログラミング、LEGO Mindstorms EV3

1 緒言

近年、私たちの生活で、IoTなどの普及が進み、豊かな生活を送れるようになってきている。また、内閣府は、“Society 5.0で実現する社会は、IoT (Internet of Things) で全ての人とモノがつながり、様々な知識や情報が共有され、今までにない新たな価値を生み出す”と示しており、IoTなどの機器は、普及し続け、私たちの生活に深く関わることになることが予測される¹⁾。

このような社会背景を受け、2021年から全面実施される中学校学習指導要領技術・家庭編の技術分野D情報の技術(2)では、新しい学習内容として“生活や社会における問題を、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によって解決する活動”が追加された。ネットワークを利用した双方向性とは、“使用者の働きかけ(入力)によって、応答(出力)する機能であり、その一部の処理の過程にコンピュータ間の情報通信が含まれること”と示されている²⁾。

これらは、中央教育審議会の答申の中で、中等教育におけるプログラミング教育の強化の一環として位置づけられたもので、論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成をプログラミング教育を通して育むことが、ねらいとされている³⁾。D情報の技術(2)の位置づけは、上野(2018)⁴⁾によれば、“「技術による問題解決」の項目に位置づけられており、それは「プログラムを制作できる」ではなく、「生活や社会の中から情報の技術に関わる問題を見出して課題を設定し、解決できる」力を育成するための項目”とされている。

中学校学習指導要領解説技術・家庭編では、学習活動例として“学校紹介のWebページにQ&A方式のクイズといった双方向性のあるコンテンツの追加”、“互いにコメントなどを送受信できる簡易なチャットを教室内で再現し、利便性や安全性を高めるための機能を追加”などを紹介しているが、具体的な指導方法の提案はなされておらず、学校現場からのより具体的な指導事例の提案が求められている。

先行研究として、香西ら(2018)⁵⁾や、雲本ら(2018)⁶⁾は、地図サービスを利用した双方向性のあるコンテンツに適する題材例を示し、コンテンツ制作の指導過程と教材化について述べている。また、地図サービスを利用した双方向性のあるコンテンツの制作をJavaScriptと地図ライブラリを用いたプログラミングによって行う活動を提案している。しかしながら、中学生を対象にした実践にまでは至っていない。

磯部ら (2018)⁷⁾は、オーロラクロックを活用したカリキュラムのデザインを提案し、中学校第2学年を対象として、授業実践を行っている。全4時間の指導過程で、3人組のグループで防災システムの制作を行い、生徒がネットワークを利用した双方向性のコンテンツを、身近に捉える見方・考え方へと変容した姿が確認された。しかし、生徒のネットワークを利用した双方向性のコンテンツへの理解の向上にどの程度効果があったについての検討は十分とは言えない。

渡津ら (2018)⁸⁾は、Studuino ソフトウェア Ver.2を活用し、中学校第3学年を対象として授業実践を行っている。全3時間の指導過程で、メッセージアプリの制作を行い、多くの学習者が学習に取り組むことができることが確認された。しかし、ソフトウェアの操作に戸惑う学習者に対する指導などの課題点も報告されている。

先行研究では、様々なソフトウェアを活用した事例が提案されているが、学習の難易度や理解の程度には差異が見られる。また、新しい学習内容であるため、幅広い教育実践事例の提案が求められていることも確認された。

そこで本研究は、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によって解決する活動を、中学3年生が統合的な課題として取り上げることを想定した指導過程を検討し提案することを目的と定めた。

2 活用教材の選定および追加したハードウェア

本研究では、双方向性のあるコンテンツを学習するための教材として、「PHP」・「EV3」・「PROTCH」を選択し、「値段・利便性・汎用性・双方向性」の項目で比較（評価の尺度：◎：良い ○：標準 △：不十分）を行った。比較図を図1に示す。この結果から、利便性や汎用性が高く、生徒の思考を表現しやすい点でEV3を教材に選定した。

	PHP	EV3	PROTCH
値段	◎	△	○
利便性	△	◎	◎
汎用性	◎	◎	○
双方向性	◎	◎	◎

図1 教材の比較図

2.1 PHP

PHPは、エラーメッセージを通してデバッグに対応しやすい言語であり、環境が無償でダウンロード可能である。PHPはHypertext Preprocessorの略で、サーバサイドスクリプト言語であり、インタプリタ言語と呼ばれ、プログラムを実行するときにコンパイル作業が行われる。PHPの使用時に必要なソフトウェアは、PHP実行エンジンとWebサーバ、エディタである。PHP実行エンジンは、さまざまなOS上で動かさず、実行するために必要な環境は無料でインストールできる。また、PHPは、設定によりエラー表示を示すことができ、今回の教育課程で新しく追加された「デバッグ」に対応できる。しかし、川井ら (2018)⁹⁾の研究報告で、一定の教育効果は確認されたが、それらを理解するために比較的長い学習時間が必要である課題が示されている。

2.2 PROTCH

プロッチとは、さまざまな命令を組み合わせて目的の動作を実現できるY教材が提供するロボット¹⁰⁾である。PROTCHは、接触センサと光センサが標準センサとして常備され、青色LEDとブザー、モータが、標準アクチュエータとして常備されている。PROTCHでは、モータ、LED、ブザーの制御をし、障害物や明るさの検知を行うことができる。また、コントローラーとして使用し、制作したゲームを行うこともできる。また、PROTCH 2台とパソコン2台を使用すれば、パソコン間の通信を行うことができる。プログラミング言語は、Scratchを使用する。Scratchであるため、比較的簡単にプログラムを制作することができる。しかし、現在では、2台のパソコンを使用した通信例が、チャット機能しか提案されておらず、活用の幅は十分とはいえない。

2.3 LEGO Mindstorms EV3

本研究で活用するLEGO Mindstorms EV3（以下、省略して「EV3」と示す）は、技術分野のD (3) プログラミングによる計測・制御において多数の報告^{11), 12)}がなされている教材である。しかし、D情報の技術 (2) においても以下に示す学習効果があると推察される。①形状の変更が可能であり、統合的な学習（エネルギー変換の技術や生物育成の技術との連携）が可能である、②専用のヴィジュアル言語であるコマンド型のプログラム言語を使用し、プログラミングが比較的容易である、③EV3同士を25m以内でBluetoothでつなぐことができることから双方向のやりとりが可能である、④D情報の技術 (2) と (3) で、教材を統一できる可能性がある、⑤サーバを通して、プログラミング及び制御が可能である。

2.4 無線LAN内蔵ネットワークカメラについて

本研究では、上記のEV3を活用すると共に無線LAN内蔵ネットワークカメラを使用し、画像を無線LANを通して、パソコンやタブレットで確認するものとした。また、動体検知機能が付いており、観察対象が動作すると、パソコンやタブレットに通知が来る設定を行うことができる。また、ネットワーク使用可能状態であるならば、異なるネットワーク回線からも映像を確認することができるリモートモード機能も搭載されている。

3 提案する題材の特徴

3.1 栽培管理システム

本研究では、学校の教室から離れた畑の栽培状況を、ネットワークを介して生徒が把握し、適切な処置をプログラミングする栽培管理システム¹³⁾を題材とした。本実践では、2台のEV3を用いて、畑の観察用と制御命令用の栽培管理システムを模擬的に制作することとした。栽培管理システムの構成図を図2に示し、実機を図3に示す。これは、カラーセンサで土の湿りを知らせ、タッチセンサで水を与えることができるシステムである。また、翌日に雨が降るのであれば、水を与える必要がないため、サーバ上から天気予報のデータを受信できるコマンドをJava¹⁴⁾やC言語¹⁵⁾などを利用して作成し、天気情報の確認後に、水を与えるかを定めることもできる。JavaやC言語などを使用してEV3のコマンドを制作することは、中学生には難しいため、指導者側で制作を行い、生徒は使用させるのみとした。

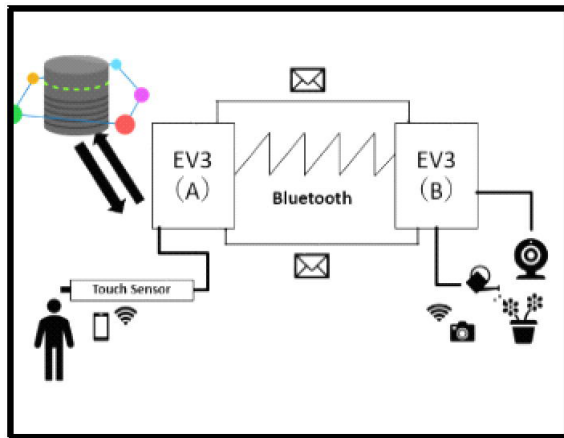


図2 栽培管理システムの構成図

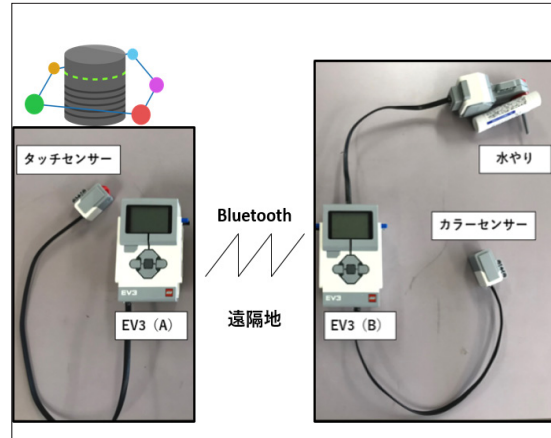


図3 栽培管理システムの実機

3.2 栽培管理システムのプログラム

本研究での栽培管理システムとは、離れた場所から水を与えることができるものとした。人間側と栽培場所に設置するEV3を1台ずつ準備し、プログラムを制作する。今後の説明では、人間側が判断し操作するインテリジェントブロックをEV3 (A) とし、栽培側に設置するものをEV3 (B) とする。栽培管理システムのアクティビティ図を図4に示す

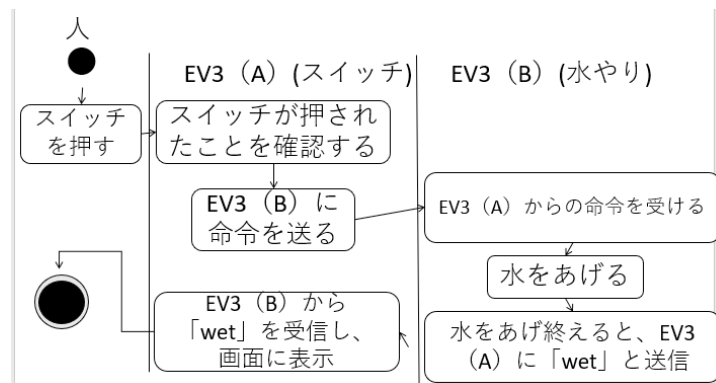


図4 栽培管理システムのアクティビティ図

EV3 (A) 側は、EV3 (B) から土が乾いた場合、「dry」というメッセージを受信し、無線LAN内蔵カメラからの映像をタブレットで確認し、植物の状態を確認してから、水を与えるなどの判断を行うことができる。植物に水を与える場合は、EV3 (A) のスイッチを押し、EV3 (B) に「wet」とメッセージを送信することで水を与えることが可能である。EV3(A)のプログラムを図5に示す。EV3 (B) 側は、カラーセンサの反射光を使用し、植物の土が乾いているか、濡れているかを判断する。乾いている場合は、EV3 (A) に「dry」とメッセージを送信し、EV3 (A) から「wet」というメッセージを受信した場合は、タイヤが回転し水を与えることができる。EV3 (B) のプログラムを図6に示す。

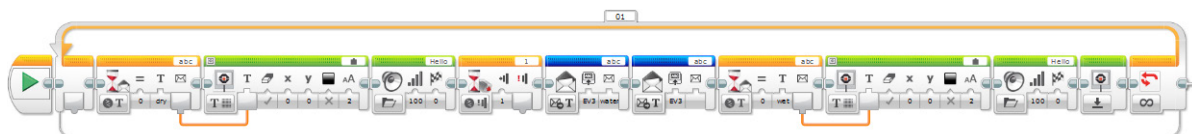


図5 EV3 (A) のプログラム

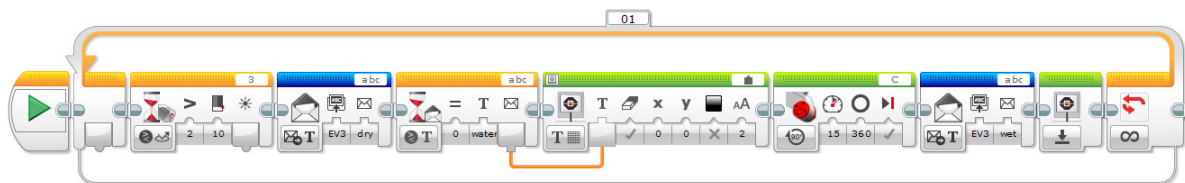


図6 EV3 (B) のプログラム

3.3 生徒が習得すべき資質・能力

提案する指導過程で生徒が習得できる資質・能力を以下に示す。

- ①アクティビティ図の書き方
- ②EV3の基本的な操作方法および基本的なプログラミング
- ③動作の確認およびプログラムの修正（デバッグ）
- ④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の基本的な仕組みと用途

4 指導過程の提案

指導過程は、中学校の技術分野の8時間を配当し、題材名は、「EV3を使って生活や社会の問題を解決しよう」にした。第2～4校時まででは、EV3を活用した栽培管理システムを制作することとし、第5～7校時では、各グループでEV3を活用し、生活や社会の問題を解決する。学習のねらいと評価規準を表1に示す。

提案する指導過程では、双方向性を2台のEV3同士のやりとりとし、ネットワークをBluetoothと捉えた。さらに、コンテンツは、あるプログラムを組んで変化が生じるものとし、今回は、コンピュータの画面の代わりに植木の植物と捉えた。

4.1 第1校時目の指導内容

第1校時の学習目標は、「情報を利用するための基本的な仕組みを知ろう」とした。学習過程は、①様々なSNSを利用する上での、注意点について考え、話し合い、共有する。②情報通信ネットワークがどのような仕組みになっているのか確認する。③身の回りの生活の中でネットワークを利用したもので、何があるのかを確認する。

4.2 第2校時目の指導内容

第2校時の学習目標は、「プログラムの処理の流れをアクティビティ図で表してみよう」とした。学習過程は、①アクティビティ図の基本的な書き方を復習する。②アクティビティ図の有用性について復習する。③練習問題として用意したレコーダーとEV3のアクティビティ図を書く④EV3が水をあげている動画を見せ、そのプログラムの処理について考える。⑤考えたプログラムの処理をアクティビティ図で表す。⑥表したプログラムをより便利にするにはどうしたらよいか考える。⑦EV3のスイッチを押したら、離れた場所にあるEV3が植物に水を与えている動画を見る。⑧これらのEV3のプログラムをアクティビティ図に示す。⑨ペアで互いのアクティビティ図の評価を行う。⑩センサなどを使ってより便利にできないかを話し合う。

4.3 第3校時目の指導内容

第3校時の学習目標は、「栽培の管理システムをつくろう」とした。学習過程は、①前時でアクティビティ図を書いた栽培管理システムを制作することを知る。②実物が作動している時に、どのセンサや機能、どのような相互干渉で動いているのかを確認し、土の乾きをカラーセンサで確認していることを知る。③EV3同士を接続する方法とメッセージを送受信する方法を知る。④メッセージがないとEV3同士で反応しないことを知る。⑤花壇側のEV3から土が乾いたと連絡が来たら、すぐに水をあげてよいのか考える。⑥様々な状況があることを知り、水を与えるか、与えないかを判断できる利点を教える。⑦再度、栽培管理システムが動作している様子を確認する。⑧グループごとに1枚のワークシートにアクティビティ図を書く。⑨アクティビティ図をもとにプログラム制作をする。

4.4 第4校時目の指導内容

第4校時の学習目標は、「栽培の管理システムをつくろう」とした。学習過程は、①各グループのアクティビティ図やプログラムをiPadで電子黒板に示し、説明する。また、他のグループのアクティビティ図とプログラムに意見をいうよう努力する。②グループの意見交換を生かして、プログラムの制作を行う。③制作した栽培管理システムを発表する。④晴れの時、曇りの時、害虫発生の際に、どのように判断するかを考える。⑤カメラを搭載している企業などの管理システムについて知る。⑥次回の取り組みについて確認し、今後の見通しを立てる。

4.5 第5校時目の指導内容

第5校時の学習目標は、「自分たちで問題を見つけてアクティビティ図で表そう」とした。学習過程は、①ネットワークを利用した双方向性が活用されている場面を再確認する。②自分たちの生活や社会の中で、ネットワークを利用した双方向性を活用することで解決できる問題を見つける。③発見した問題をクラスで共有する。④発見した問題を解決するためのプログラムをアクティビティ図で表す。

4.6 6時間目の指導内容

第6校時の学習目標は、「自分たちで見つけた問題を解決するプログラムを制作しよう」とした。学習過程は、①前時で書いたアクティビティ図をクラスで共有する。②EV3を活用して問題を解決するためのプログラムを制作する。例えば、自宅不在連絡装置や学校連絡掲示板確認装置が考えられる。

自宅不在連絡装置とは、外出時に人が訪ねてきたことを知らせてくれる装置である。知らせを受けた場合、タッチセンサなどを使用し、訪ねてきた人に不在を伝えることや、帰宅する時間を伝えることなどが可能である。

また、学校連絡掲示板確認装置とは、学校の連絡掲示板に教員が連絡事項を記入した際に使用する装置である。教員は、記入したら、タッチセンサなどを使用し、他のEV3に記入したことを連絡する。連絡を受け取った側は、無線カメラなどを使用し、連絡掲示板を確認し、確認したことをEV3を使って連絡をする。さらに、前述のサーバからの情報収集コマンド（教員が準備）を活用すれば、画像をサーバ上に保管することなども可能である。

表1 学習のねらいと評価規準

時	ね ら い	評 価 基 準
1	情報通信ネットワークの構成と基本的な仕組みについて理解し、情報通信ネットワークを利用するときの危険性について知り、安全に情報を利用する方法を知る。	【知識及び技能】 情報通信ネットワークの構成と基本的な仕組みを理解し、安全に情報を利用する方法を身につけることができる。
2	目的としたプログラムの処理の流れをアクティビティ図で表せるようにする。	【知識及び技能】 プログラムの処理の流れを適切に理解し、アクティビティ図に書くことができる。
3 ・ 4	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ムを制作することができるようになる。	【知識及び技能】 栽培管理システムのプログラムの制作ができ、正しく実行できる。
5	生活や社会の問題を見だし、課題を設定し、解決するためのプログラムをアクティビティ図で示せるようになる。	【思考力・判断力・表現力等】 自分が設定した課題を解決するためのプログラムをアクティビティ図で正確に表現している。
6 ・ 7	自分で設定した課題を解決するためのプログラムを試行錯誤しながら、制作することができる。	【学びに向かう力・人間性】 自分で設定した課題を解決するために試行錯誤を繰り返し、より良いプログラムにしようとしている。 【知識及び技能】 正しくプログラムを制作することができ、実行できる。
8	これまでに学習したことが生活や社会にどのような関わっているか理解し、これまでの活動を振り返り、適切に相互評価し解決策を見つけることができる。	【学びに向かう力・人間性】 これまでの学習を振り返り、問題に対する最適解を示そうとしている。 【思考力・判断力・表現力等】 情報に関する技術についての体験的な活動を通して、生活や社会に与える影響について考えている。

4.7 第7校時目の指導内容

第7校時の学習目標は、「自分たちで見つけた問題を解決するプログラムを制作しよう」とした。学習過程は、①ジグソー法を用いて、グループ間での意見交換を行い、他のグループに説明することによって、プログラムへの理解を深め、他のグループの発表を聞くことにより、プログラムや双方向性への理解を広げる。②グループ間での意見交換を生かして、プログラムの利便性・安全性を高めることを意識し、プログラム制作を再開する。

4.8 第8校時目の指導内容

第8校時の学習目標は、「お互いの作品を評価し、社会との関わりについて考えよう」とした。学習過程は、①各グループごとに制作したプログラムを発表する。②制作したプログラムの評価を行う。③ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツが、生活や社会のどのような場面で活用できるのかを確認する。また、現在の生活や社会にある既存のものの改善について考える。④本学習の振り返り、まとめをする。

活動を振り返ることによって、自らの問題解決の工夫を情報の技術の見方・考え方に照らして捉えさせ、既存の技術に込められた工夫との共通点を見いださせることで、情報の技術について考えさせる。また、より良い生活や持続可能な社会の構築という観点から、未来に向けた新たな改良、応用について話し合わせ、利用者と開発者の両方の立場から技術の将来展望について考え

させる。

5 結言

本研究では、EV3を活用した「D情報の技術 (2)」の指導過程を検討し、栽培管理システムを題材とした指導過程を提案した。提案する指導過程は、生活や社会の問題を学習者自身が解決する方法を考える場面を比較的簡単に設定できると推察される。EV3ソフトウェアは、簡単なブロック形言語であるので、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比較的短時間で学習することが可能である。

また、提案した指導過程を基に、大学生を対象に試行的実践を行った結果¹⁶⁾、「双方向性のコンテンツのメリット」、「システム設計の重要性」、「興味・関心の喚起」、「アクティビティ図活用のメリット」、「内容の一定の理解」などの成果が得られると共に、つまずきの箇所などの課題点も確認された。

これらのことを踏まえて、学習時間や配時計画および具体的な事例を再検討し、より効果的な指導過程に修正すると共に中学校で授業実践を通して、その効果を検証していきたい。それらは今後の課題とする。

【参考文献】

- 1) 内閣府、内閣政策、科学技術政策、Society5.0、URL : https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html (最終閲覧日 2019.3.27)
- 2) 文部科学省：中学校学習指導要領解説、技術・家庭編、開隆堂出版、pp.52-55 (2018)
- 3) 中央教育審議会：幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について (答申) (中教審第197号)、URL : http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1380731.htm (最終閲覧日 2019.3.27)
- 4) 上野耕史：内容「D情報の技術」の改訂が目指すもの、日本産業技術教育学会第61回全国大会シンポジウム (信州大学 2018.8.26)
- 5) 香西孝行・岩山敦志・雲本直人・伊藤陽介：地図サービス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教育の提案、日本産業技術教育学会第33回情報分科会講演論文集、pp.27-28 (2018)
- 6) 雲本直人・香西孝行・岩山敦志・伊藤陽介：地図サービスを利用した双方向性のあるコンテンツの題材設定とその教材化、日本産業技術教育学会第33回情報分科会講演論文集、pp.29-30 (2018)
- 7) 磯部征尊・小林俊夫・小出邦博・山崎貞登：オーロラクロックを活用した双方向性のネットワークに関するカリキュラムのデザイン、日本産業技術教育学会第33回情報分科会講演論文集、pp.41-42 (2018)
- 8) 渡津光司・高島隆蔵・磯部征尊：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に関する基礎研究、日本産業技術教育学会第33回情報分科会講演論文集、pp.39-40 (2018)
- 9) 川井勝登・荻窪光慈・山本利一：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に関する指導過程の提案—反転学習で活用する学習コンテンツの開発と授業実践—、埼玉大学教育学部附属教育実践総合センター紀要、No.17、pp.77-84 (2019)
- 10) 山崎教育システム：プログラミング学習 PROTCH [プロッチ]、URL : <http://www.yamazaki-kk.com/protchseries/> (最終閲覧日 2019.3.27)
- 11) Sayuri KIMURA, Toshikazu YAMAMOTO, Yasuo HARIGAYA, Yasuhide KOBAYASHI, Suggestion of the Rubric which realize an Objective Evaluation —Measurement and control learning by the program that utilized LEGO MINDSTORMS—, Proceedings of 6th International

Symposium on Robotics in Science and Technology Education, pp.8-14 (2013)

- 12) 山本利一・大橋雅人・佐藤正直・飯塚 嶺：プログラムによる計測・制御学習におけるループリックの提案、埼玉大学教育学部附属教育実践総合センター紀要、第13号、pp.129-136 (2014)
- 13) Yuji Kudo, Toshikazu Yamamoto, Takenori Motomura, Jun Moriyama, Kazuhiro Sumi, Seiya Takishima, A proposal for learning of programming focused on IoT, Proceedings of 2018 Biennial International Design and Technology Teacher's Association Research Conference (DATTA), pp.1-10 (2018)
- 14) 山本利一：教育版EV3 Javaプログラミングガイド、アフレル (2018)
- 15) 山本利一：教育版C言語プログラミングガイド (改訂版)、アフレル (2018)
- 16) 川井勝登・山本利一・荻窪光慈：ネットワークを利用した双方向性のあるプログラミング学習の提案、日本産業技術教育学会第34回情報分科会 (宇都宮) 研究発表会講演論文集、pp.59-60 (2019)

(2019年3月29日提出)

(2019年4月19日受理)

Suggestion of Instruction Process About Programming of Contents with Interactivity Using a Network:

Production of Cultivation Management System Using LEGO Mindstorms EV3

Masato KAWAI

Graduate School of Education, Saitama University

Toshikazu YAMAMOTO

Faculty of Education, Saitama University

Koji OGIKUBO

Faculty of Education, Saitama University

“Activity to solve a problem in life and society by programming of interactive contents using networks” was added newly in learning contents “D information technology (2)” of the junior high school course of study technology, homemaking edition of full-scale enforcement from 2021. So, in this research, we examined and suggested the teaching process corresponding to the above new learning content. The proposed teaching process learns about interactivity through the production of a cultivation management system using EV3 and then students use EV3 to solve their own problems of life and society. In the future, we will practice for junior high school students and evaluate the teaching process.

Keyword: Information technology, Interactivity, Networks, Programming, LEGO Mindstorms EV3