

# STEAM 教育への適用を意識した 情報通信ネットワーク教材の開発

向田一成\*1, 香山瑞恵\*2, 永井孝\*3

\*1 信州大学大学院, \*2 信州大学, \*3 ものつくり大学

## Development of Information Communication Network Learning Materials for Application to STEAM Education

Issei Mukoda\*1, Mizue Kayama\*2, Takashi Nagai\*3

\*1 Graduate School of Science & Technology, Shinshu University

\*2 Shinshu University, \*3 Institute of Technologists

あらまし：本研究の目的は情報通信ネットワークの学習を主とした教材の開発である。提案教材では双方向性のあるコンテンツの作成を通して情報通信ネットワークの構成についての体験的な学習を可能とする。本稿では提案教材の機能について概観し、STEAM 教育へ適用した学習ユースケースを示す。また、教材の機能評価実験の結果と考察についても記述する。

キーワード：教材開発, 情報通信ネットワーク, プログラミング, STEAM 教育

### 1. はじめに

平成 29 年 3 月に小学校及び中学校, 平成 30 年 3 月に高等学校の新学習指導要領が公示された。その中では児童・生徒の発達段階を考慮して, 情報活用能力の育成に注力する必要があるとされている<sup>(1)</sup>。小中高を通してプログラミング教育等の充実が図られている。その中でも中学校では双方向性のあるコンテンツのプログラミング, 高校ではプログラミングに加えて情報セキュリティを含むネットワークを学ぶとしている。

具体的には中学校技術科新学習指導要領<sup>(2)</sup> (以下, 中学新要領) では「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を通して, 情報通信ネットワークの構成と情報を利用するための基本的な仕組みの理解や安全・適切なプログラムの制作, 動作の確認及びデバッグ等ができるよう指導する」としている。高等学校情報科新学習指導要領<sup>(3)</sup> (以下, 高校新要領) では、「情報通信ネットワークを介して流通するデータに着目し, 情報通信ネットワークや情報システムにより提供されるサービスを活用し, 問題を発見・

解決する活動を通して, 情報通信ネットワークの仕組みや構成要素等の知識や技能, 情報通信ネットワークにおける必要な構成要素を目的や状況に応じて選択するための思考力, 判断力, 表現力等を身に付けることができるよう指導する」としている。

本研究の目的は, 情報通信ネットワークの構成について学ぶ教材の提案である。この教材の特徴は, 中学校技術科で扱う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と, 高等学校情報科で扱う情報通信ネットワークの仕組みや構成要素に関する基礎的な事柄が一つの教材で学習できることである。ここでは双方向性のあるプログラミングや情報通信ネットワーク構築のためのプログラミングが容易な micro:bit を主たる制御デバイスとして利用する。

本稿では, 中学・高校新要領/解説における情報通信ネットワーク関連の学習項目を示した上で, 提案教材の設計と実装, ユースケースを説明する。また提案教材の機能評価を目的に行った実験の結果と考察についても記述する。

## 2. 情報通信ネットワーク関連の学習項目

### 2.1 双方向性のあるコンテンツのプログラミング

中学新要領解説では、「コンテンツとは、デジタル化された文字、音声、静止画、動画などを、人間にとって意味のある情報として表現した内容」を意味しており、「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」を意味するとしている。また、「利用するネットワークは、インターネットに限らず、例えば、校内 LAN、あるいは特定の場所だけで通信できるネットワーク環境でもよい」と記述されている。

中学校向け技術分野のある教科書では、制作する双方向性のあるコンテンツの例として Web ページとチャットシステムのプログラムを挙げている。ここで Web ページではコンテンツは静止画であり、人によるクリックを入力、画像の表示を出力とし、ネットワークはインターネット通信を想定している。またチャットシステムではコンテンツは文字であり、文字列メッセージの送信を入力、コンピュータ上での表示が出力とし、ネットワークは学内 LAN を想定している。

### 2.2 情報通信ネットワークの仕組みや構成要素

中学新要領解説では情報通信ネットワーク上で情報を利用する仕組みとして以下の学習項目を挙げている。

- i. コンピュータ同士を接続する方法
- ii. 情報通信ネットワークの構成
- iii. パケット通信や Web での情報の表現、記録や管理

例えば中学校向け技術分野のある教科書では、i として情報通信ネットワークには有線接続や無線接続があり、イントラネットやインターネットなどの種類があることを説明している。加えて機器を識別するために割り振られる IP アドレスと、IP アドレスとドメイン名の対応付け、通信プロトコルとしての TCP/IP について記述されている。また ii としてサーバやルータの役割の説明とそれらを介した双方向の情報のやり取りを説明している。iii についてはデータを分割して送るパケット通信の方法と、URL を構成している要素について記述されている。

また高校新要領解説では上記の中学校技術の学習内容を踏まえて以下の学習項目を挙げている。

- iv. 情報通信ネットワークの仕組み
- v. 情報システムの仕組み
- vi. データを蓄積、管理、提供する方法
- vii. データを収集、整理、分析する方法
- viii. 情報セキュリティを確保する方法

例えば高等学校向け情報科のある教科書では、iv についてネットワークの種類である LAN と WAN、ネットワークを利用したコンピュータのシステム形態である集中処理と分散処理について説明している。このとき分散処理ではサーバとクライアントのかかわりについても説明されている。また中学教科書と同様に TCP/IP プロトコルについて解説されており、さらにプロトコルの各階層の機能と処理について述べられている。そして IP アドレスとドメイン名を用いた名前解決、ルータを用いたルーティングについても記述されている。v については暮らしの中で利用される情報システムの例（POS システム、予約システム等）が挙げられている。vi ではデータを管理するデータベースの役割とビッグデータやオープンデータが蓄積される流れが説明されている。vii についてはデータの格納形式であるリレーショナルデータベースと格納されたデータに対して操作を加える SQL が説明されている。viii についてはパスワード管理とマルウェアや不正アクセスへの対策法の記述がある。また電子透かし、ブロックチェーン、暗号化などといった安全のための情報技術が挙げられている。

## 3. 提案教材の設計

提案教材では、情報通信ネットワークの構成を学習対象とするため、2.1 節と、2.2 節の i, ii, iv, v の項目を取り上げる。この教材で扱う情報通信ネットワークの種類はイントラネットとインターネットとする。

### 3.1 イン트라ネットでの教材利用

イントラネットでの教材利用（以下、イントラネット教材）の場合には双方向性のあるプログラミングを通して、2.2 節の i の無線通信と ii, iv に含まれるルータを用いたルーティングについて学ぶ。イントラネット教材は 2 人以上の 1 つのグループで利用する。学

習者はそれぞれの制御デバイス(コンピュータに相当)に対してネットワークを介したデータの送受信のプログラムを作成する。同じグループ内のコンピュータ同士がデータを送受信することで情報システムを構成する。この体験からvについて学ぶ。

イントラネット教材では双方向性のあるプログラミングとして、コンテンツは文字、送信先への文字列メッセージの送信を入力、出力として送信先のコンピュータの画面に文字列が表示される。無線通信の規格は近距離無線通信とする。イントラネット教材の構成を図1に示す。グループ内のコンピュータはデータを送受信する順番を決定し、ネットワークを形成する。最初のコンピュータから順にデータを送受信し、最後に受け取るコンピュータがルータ役となる。本研究ではデータを送信する際に交通整理を行うことをルータの役割として考える。ルータ役のコンピュータはデータを受け取ったら次の順のコンピュータではなく最初のコンピュータへデータを送信する。これらを通してネットワークの接続とルーティングについて学ぶ。

### 3.2 インターネットでの教材利用

インターネットでの教材利用(以下、インターネット教材)の場合には双方向性のあるプログラミングを通して、2.2節のiのIPアドレスを用いたコンピュータの識別、ii、ivに含まれるサーバとクライアントのかかわりについて学ぶ。インターネット教材は1人以上かつ2つ以上のグループで利用する。インターネット教材の概要を図2に示す。ここで自グループのクライアントはイントラネット教材を利用する。インターネット教材ではさらにサーバ用の機器を用いる。学習者はグループで1つのサーバに対して、自グループのクライアントとのデータの送受信に加えて、他グループ

のサーバとデータを送受信するプログラムを作成する。自グループのサーバは自グループのクライアントから受け取ったデータを他グループのサーバに対してインターネットを介して送信する。また、自グループのサーバは他グループのサーバからインターネットを介して受け取ったデータを自グループのクライアントに送信する。このような情報システムを構成することでvについて学ぶ。

サーバでは自グループの情報と送信先サーバの情報を設定する。ここで自グループの情報はIPアドレスに相当する。これらの情報は、他グループのサーバへデータを送信する際に利用する。また、他グループのサーバからデータを受信する際には自グループ宛ではないデータは受け取らないようにする。また、サーバはルータ役のクライアントからデータを受け取る。そしてサーバはクライアント内で最初にデータを送信するコンピュータへ他グループのサーバから受信したデータを送信する。これらを通してIPアドレスに相当する情報を用いたコンピュータの識別とサーバとクライアントのかかわりについて学ぶ。

## 4. 実装

### 4.1 イントラネット教材

イントラネット教材を構成するコンピュータにはmicro:bitを利用する。これらのコンピュータには個々に固有のIDを持たせる。ここでのIDはアルファベット記号とする。データの送受信はアルファベット順で行われる。そのためデータを最初に送信するコンピュータのIDは「a」となる。特にルータ役のコンピュータのIDには大文字のアルファベットを割り振る。例えば4台で情報通信ネットワークを構成する場合には

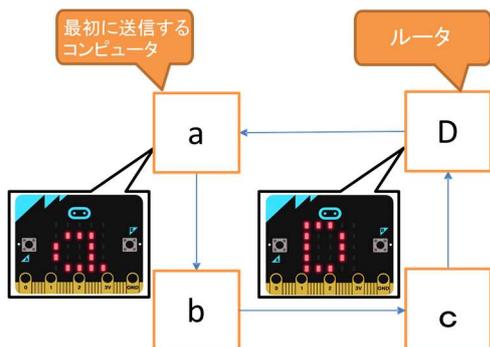


図1 イントラネットの構成

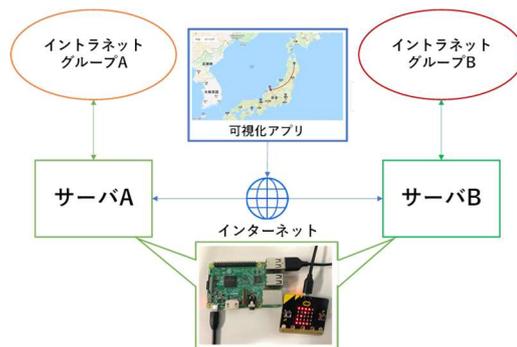


図2 インターネットの構成

ルータ役のコンピュータの ID は「D」となる。

この教材ではボタン回し課題を扱う。ボタンとなるデータは送信側コンピュータの ID の文字列を用いる。ルータ役のコンピュータがアンカーとなる。この課題では ID が「a」のコンピュータにアンカーはボタンを回す。これによりグループ内のコンピュータ間でボタンの送受信が実現する。次の順のコンピュータがいない場合にはボタン回しが途切れる。この体験により無線通信でのネットワークの接続とルーティングを学ぶ。

イントラネット教材で双方向性のあるプログラミングには Microsoft MakeCode を利用する。本研究では MakeCode に対して情報通信ネットワークの構成を学ぶためのブロック群 (PICAPICA グループ) を追加した。PICAPICA グループのブロック群を図 3 に示す。学習者はこれら 9 個のブロック (7 つの処理と 2 つの変数) を利用して無線通信でのネットワークの接続とルーティングを伴うプログラムを作成していく。ブロック A では無線通信をするグループの ID を指定する。グループの ID は数値 (0~255) とする。ブロック B とブロック C はコンピュータの ID を設定する際に利用する。ブロック D はルータ役 (アンカー) となるコンピュータを宣言する。ブロック E はコンピュータに設定された ID を micro:bit の LED 上に表示する。ブロック F はデータ (ボタン) を送信する。ブロック G では受信データがこのコンピュータの ID (以下, 自 ID) の 1 つ前のアルファベットか否か, すなわち自分宛のボタンかを判定する。自分宛の場合のみ LED 画面に受信データを表示する。また, ブロック H はこのコンピュータがデータを最初に送信するか否かを表す変数である。ブロック I は自分宛のボタンか否かを表す変数である。

図 3 に示したブロックで作成した micro:bit のプログラム例を図 4 に示す。これはアンカーも含めたすべての micro:bit で利用できる。このプログラムは 7 つのブロックのまとめ (図 4 中①~⑦) で構成されている。①ではブロック A を用いて無線通信をするグループの ID を 1 に指定している。これはプログラム起動時に 1 回だけ実行される。②, ③, ④, ⑤ではコンピュータの ID を設定する。②ではブロック E を用いて自 ID を表示する。自 ID は起動中継続的に表示される。③ではブロック B を用いて micro:bit の A ボタン

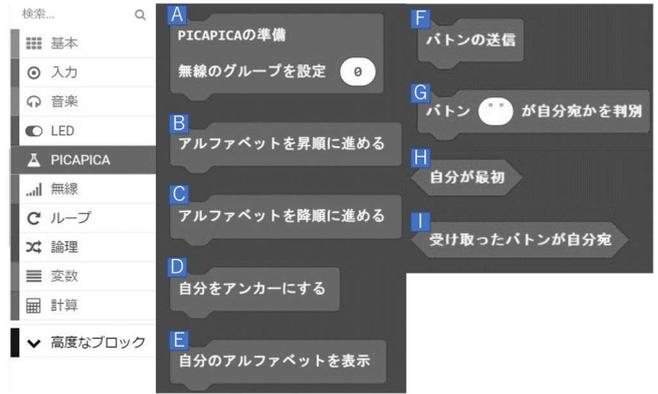


図 3 イントラネット教材のブロック

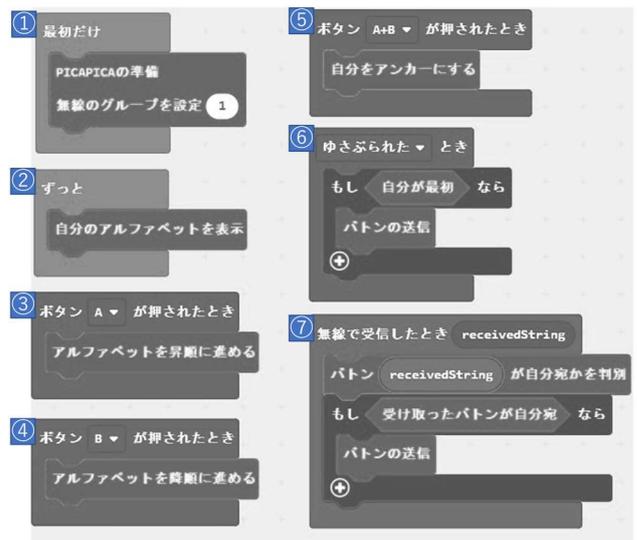


図 4 イントラネット教材のプログラム例

で昇順にコンピュータの ID を変更する。④ではブロック C を用いて B ボタンで降順に変更する。⑤ではブロック D を用いて A ボタンと B ボタンを同時に押すことでルータ役のコンピュータであることを宣言する。⑥ではブロック F と H を用いて自 ID が「a」の場合には micro:bit を揺さぶることでボタンを送信し, ボタン回しを開始する。⑦ではブロック E,G,I と micro:bit のラジオ機能の定数を用いてボタンを回す。もし受け取ったボタンが自分宛ではない場合には何もしない。

## 4.2 インターネット教材

インターネット教材は, イントラネット教材と micro:bit, Raspberry Pi, クラウド, 可視化アプリ (図 2 中上部中央) で構成される。これらで 1 グループとする。この教材でもボタン回し課題を行う。インターネット教材におけるイントラネット教材はクライアン



図5 ゲートウェイ用のブロック

ト機器となる。追加の micro:bit と Raspberry Pi はサーバ機器として利用する。このうち micro:bit はイントラネット教材とサーバ間でのデータの送受信とインターネット通信のための情報を設定する。イントラネット教材との通信に際しての自 ID は「Z」となり、イントラネット教材のアンカーからデータを受信する。また、インターネットからデータを受信したらイントラネット教材の ID 「a」のコンピュータへデータを送信する。一方、インターネット通信のための情報とは自グループの数値 ID とボタンを渡すグループの数値 ID である。数値 ID とはこの教材における IP アドレスに相当する情報である。Raspberry Pi はインターネットを介してデータを送受信する。この2つのサーバ機器は有線接続され、シリアル通信する。

クラウドでは各グループの Raspberry Pi への送受信情報を管理する。そのため、クラウドには各グループのノードが存在する。各ノードには数値 ID、データを送った回数、地名情報が保存される。可視化アプリは各グループを地図上に表示し、ボタン回しの様子を示す。各グループの位置はクラウドに登録された地名情報から計算される。ボタンの送信があった場合には送信元から受信元へと山なりの矢印をアニメーション表示する。これにより送信先グループへボタンが送られたことが視覚的に確認できる。この教材を利用することで、IP アドレスに相当する情報を利用したインターネットでのデータの送受信を体験できる。

本教材では MakeCode に対して追加ブロック群 (PICAPICA-Z グループ) を実装した。PICAPICA-Z グループのブロック群を図5に示す。学習者はこれら7個(6つの処理と1つの変数)のブロックを利用

```
export function setData(t: Topic, n: string, s: number, e: number, r:number, p:string): void {
  // Add code here
  gettemp = ""
  getwords = ""
  destination = e
  mygroup = s
  id = n
  place = p
  radio.setGroup(r)
  topic = topics[t]
  NowState = 0
  serial.setBaudRate(BaudRate.BaudRate115200)
  serial.redirectToUSB()
  serial.setWriteLinePadding(0)
  ledOff()
  temp = ["0", "0", "0"]
  Words = ["A", "B", "C"]
  NowState = 0
  MyWord = "Z"
  NextWord = "a"
}
```

図6 ブロック K の内部コード

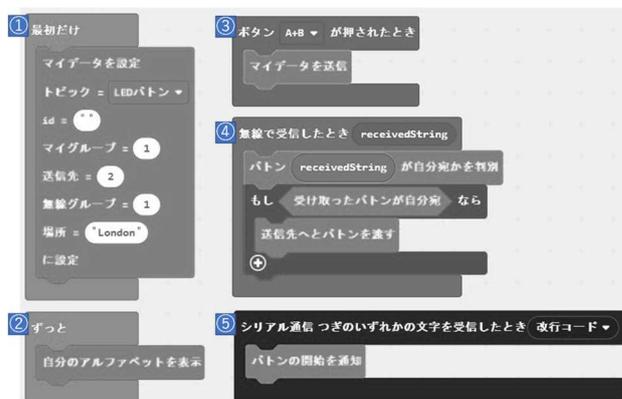


図7 サーバ用のプログラム

用して IP アドレスに相当する情報を用いたコンピュータの識別と、サーバとクライアントのかかわりを伴うプログラムを作成していく。ここで7個のブロックの内インターネット教材特有なのはブロック K,L,M,N である。ブロック K では自グループの数値 ID、ボタンを回すグループの数値 ID、クライアントと無線通信をするためのグループ ID、地名情報を設定する。ブロック L ではブロック K で設定した情報を Raspberry Pi に送信する。この際にクライアントのアンカーがボタンを送るコンピュータを「a」から「Z」に変える。ブロック M では Raspberry Pi に他グループへのボタンの送信を通知する。ブロック N ではクライアントへボタン回しの開始を通知する。

図6にブロック K の内部コードを示す。ブロック K を使用せずに該当するプログラムを記述する場合、変数の代入など 18 行の処理が必要となる。他のブロックも同様に情報通信ネットワークの構成に関する処理

を抽象化している。そのためこれらのブロックを利用することで最低限必要な情報を設定するだけで双方向性のあるプログラミングと情報通信ネットワークの構成を学ぶことができる。

図 7 にサーバ機器となる micro:bit 用のプログラム例を示す。このプログラムは 5 つのブロックのまとまり (図 7 中①～⑤) で構成されている。①ではブロック A を用いて以下の情報を設定している。

自グループ ID : 「1」,  
送信先グループ ID : 「2」,  
無線通信のグループ ID : 「1」,  
場所 (地名情報) : “London”。

これはプログラム起動時に 1 回だけ実行される。②ではブロック E を用いて LED 画面に自 ID 「Z」を継続的に表示する。③ではブロック L を用いて micro:bit の A ボタンと B ボタンを同時に押すことで①で設定した情報を Raspberry Pi に送信する。④ではブロック G,I,M を用いてクライアント機器からボタンを受け取り、Raspberry Pi に対して他グループへのボタン送信を通知する。⑤ではブロック N を用いて他グループのサーバからのボタンを Raspberry Pi から受け取り (シリアル通信)、クライアント機器へボタン回しの開始を通知する (無線通信)。

インターネット教材のクラウドは Google Firebase を用いた。データストアは Firebase Realtime Database であり、教材のホスティングには Firebase Hosting を用いた。可視化アプリの実装には JavaScript フレームワークである React を用いた。地図表示には Google Maps JavaScript API を利用した。

## 5. 想定されるユースケース

この章では提案教材を技術科や情報科を含む STEAM 教育へ適用した学習ユースケースを示す。ここで STEAM 教育とは各教科等での学習を実社会での問題発見・解決に生かしていくための教科等横断的な学習である。この学習は文部科学省も推奨している<sup>(4)</sup>。

### 5.1 理科・数学・技術科の合科の例

micro:bit の温度センサを利用し、インターネット教材と組み合わせることで理科・数学・技術科の合科の学習教材とするユースケースである。理科として計測

温度への考察、数学として計測温度に対するデータ処理、技術科として双方向性のあるプログラミングと情報通信ネットワークを学ぶ。

グループ間でのボタン回し課題でのボタン情報に、各サーバ機器としての micro:bit で計測した温度データを付加する。クラウドには各サーバ機器で計測した温度が蓄積されていく。蓄積された温度データを可視化アプリ上でグラフ化して考察したり、各学習者の情報端末上で統計処理したりする。グループを温度環境が異なる複数地点に設けることで、温度と環境の特徴や関係を考察できる。

### 5.2 美術科・技術科／情報科との合科の例

提案教材と先行研究の PICAPICA プロジェクトを組みわせることで美術科と技術科／情報科の合科の学習教材とするユースケースである。美術科としてオブジェ制作や表現、技術科／情報科として電子工作やプログラミングを学ぶ。以下では PICAPICA プロジェクトを概説し、合科としての教材利用例を示す。

#### 5.2.1 PICAPICA プロジェクト

PICAPICA プロジェクトは、電子工作等のものづくりとアート作品の制作を通して、プログラミングについて学ぶことを目的とした STEAM 教材である<sup>(5,6)</sup>。この教材は、イルミネーション用 LED スtrings とそれを制御する電子基板で構成される。電子基板には LED スtrings 接続用端子が 3 つ備わり、制御デバイスとして micro:bit が接続可能である。イルミネーションのプログラミングには MakeCode 等を利用する。この教材での学習項目は以下の 3 種である。

- ・はんだ付けを含む電子工作 (技術科)
- ・イルミネーションを制御するプログラムの作成 (技術科・情報科)
- ・イルミネーションを含むオブジェの制作 (美術科)

#### 5.2.2 提案教材と PICAPICA プロジェクトの組合せ

提案教材と PICAPICA プロジェクトを組合せることで 5.2.1 に示した 3 つの学習項目に加えて情報通信ネットワークに関しても総合的に学習できる。提案教材でのボタン回し課題において、ボタンを受け取り、次のコンピュータに回すまでの間に、各コンピュータがイルミネーションを点灯させる。イントラネット教材ではグループ内でのボタン回しがイルミネーション



図 8 ワークショップの様子

の点灯を順に回していく活動となる。インターネット教材では、グループ間でイルミネーションの点灯順を回していく活動となる。

このユースケースでは、発達段階や学習段階に応じた授業を行うために学習項目を取捨選択できる。例えば、電子工作と双方向性のあるプログラミングを省くことで、オブジェ制作とイルミネーションプログラミングのみが学習対象となる。この場合、情報通信ネットワークに関しては、自 ID と無線通信のグループ ID を学習者に指定させることとなる。

## 6. 機能評価実験

### 6.1 実験概要

2021 年 12 月に提案教材の機能評価を目的に被験者 12 名（内訳は、情報系大学生 10 名、中学生 1 名、中学校技術科教師 1 名）に対して試用実験を行った。この実験では 5.2.2 節のユースケース（美術科と技術科の合科）を適用した約 2 時間のワークショップを行った。このワークショップでの学習項目は、美術科としてのオブジェ制作と技術科としてのイルミネーションプログラミングとした。情報通信ネットワークについては、イルミネーションプログラミングにおいて、図 3 のブロック A を用いて自 ID と無線通信のグループ ID を被験者自身に指定させた。その他の通信関連プログラムは実験者が予め準備し、被験者による書き換えを不可とした。

### 6.2 ワークショップの内容

ワークショップの様子を図 8 に示す。ワークショップでは、参加者はまず MakeCode による micro:bit の

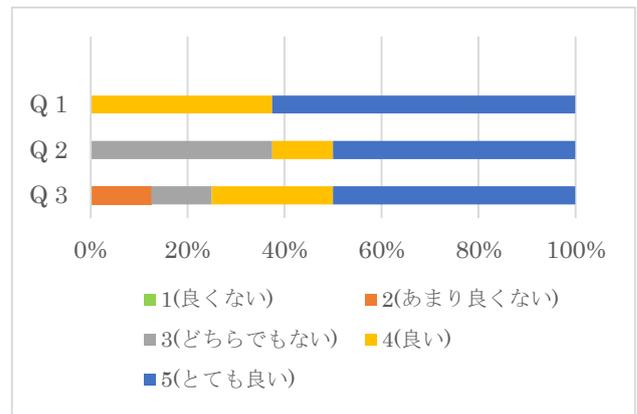


図 9 提案教材に関する調査結果

プログラミングを個々に体験した後、4 名で 1 組のグループ（計 3 グループ）に分かれ、イントラネット教材によるグループ内でのバトン回し課題に取り組んだ。その後、インターネット教材による 3 グループ間でのバトン回しの課題に取り組んだ。最後に、情報通信ネットワークによるバトン回しの仕組みについて実験者から解説を受けた。

### 6.3 教材評価の結果と考察

提案教材は、イントラネット利用とインターネット利用に際して設計通りのふるまいを示した。しかし、コンピュータの ID を正しく設定できていない被験者がいた。そのためそのグループでは当初バトン回しができていなかった。このことからバトン回しの前に ID が適切に設定されているかチェックすることや、ID の表示や変更方法をより分かり易く改良する必要があると考えた。また可視化アプリでは最新のバトン受信のみが表示される。そのためバトンが複数グループから特定のグループに送信された場合には最新の受信が表示される。そのためバトン回しの様子が分かりづらくなった。これより直近の複数回のバトン受信も表示するなど可視化アプリの表示方法の工夫が必要だと考えた。

ワークショップ後、全被験者に対して利用教材の機能に関する質問紙調査を実施した。調査は以下の 3 項目に対する 5 段階評価（1 が最も評価が低く、5 が最も高い）と自由記述である。

Q1: 可視化アプリ上のバトンの送受信はわかりやすかったか？

Q2: バトン回しの仕組みは理解できたか？

Q3: 「D 情報の技術」の学習への意欲は高まったか？

これらに対する回答を図9に示す。各項目の平均値はQ1:4.63, Q2:4.13, Q3:4.13であった。すべての項目で4以上であることから肯定的な評価が得られたと考える。

Q1については全ての回答が4(良い)以上であった。通常は視認できない通信の様子(この教材ではボタン回し)を視覚化する可視化アプリ機能の有効性が示唆された。一方、Q2は被験者の1/3以上となる3名が3(どちらでもない)と回答した。これはワークショップ最後の活動としての情報通信ネットワークによるボタン回しの仕組みの解説に対する評価となる。今回のワークショップではオブジェ制作やイルミネーションのプログラミングが主たる体験的な活動であった。この結果を改善するにはプログラム動作説明の時間を確保する必要があり、教材での体験と対応付けた解説が望まれる。ボタン回しの際、イルミネーションのプログラミングやボタン回しと情報技術とのかかわりに関心が向くような説明方法の工夫が求められる。また、Q3で2(あまり良くない)を選択した被験者が存在した。この被験者の自由記述では「時間がなく自分で考えることがあまりできなかった」とあった。このことが学習意欲の非向上をもたらした可能性も示唆される。提案教材の利用に際しては、学習者による試行錯誤を誘発させるような問いかけ、熟考を伴うプログラム作成時間の確保、グループでの対話的な議論等が有益な学習体験を生じる可能性があると考えられる。

## 7. おわりに

本稿では、情報通信ネットワークシステムの構成について学習する教材の設計と実装、想定されるユースケース、機能評価実験の結果と考察について述べた。

今後は、今回受けた評価と合わせて授業実践に適した教材へと改善した上で、情報通信ネットワークの構成を学習する際の教育効果を検証する。教材の拡張としては、5.1に示したユースケースへの展開を試みる。STEAM場面での利用に即したプログラムブロックの開発や可視化アプリの拡張を図る。また、先行教材であるPICAPICAプロジェクトの拡張としてスピーカーやモータ、温度計測の実現が計画されている。本教材もそれに合わせたプログラムブロックを拡充し、

STEAM向けユースケースの多様化を図る。

**謝辞** 本研究の一部は科学研究費補助金(16H03074「情報科学の基礎概念理解向け“万人のための情報学”指向なIoT学習パッケージの開発」)に支援された。

## 参考文献

- (1) 新学習指導要領のポイント(情報活用能力の育成・ICT活用),  
[https://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2019/05/21/1416331\\_001.pdf](https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/05/21/1416331_001.pdf)(2022年2月6日確認)
- (2) 【技術・家庭編】中学校学習指導要領(平成29年告示)解説,  
[https://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387018\\_009.pdf](https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387018_009.pdf)(2022年2月6日確認)
- (3) 高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 情報編 - 文部科学省,  
[https://www.mext.go.jp/content/1407073\\_11\\_1\\_2.pdf](https://www.mext.go.jp/content/1407073_11_1_2.pdf)(2022年2月6日確認)
- (4) STEAM教育等の各教科等横断的な学習の推進 - 文部科学省,  
[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/mext\\_01592.html](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/mext_01592.html)(2022年2月6日確認)
- (5) 永井 孝, 香山 瑞恵, 足助 武彦:イルミネーション作品の制作を通じた プログラミング学習教材: PICAPICAプロジェクトの提案, 第46回教育システム情報学会全国大会講演論文集, 147-148 (2021).
- (6) 足助武彦, 保科公幸, 森下孟他: STEAM型教育を実現した複合型の遠隔授業, 信州大学教育学部附属次世代型学び研究開発センター紀要, 19, 181-190 (2020).