

# ネットワークの体験的理解のための IchigoJam を利用した実験と教育プログラムの提案

## Educational Program with IchigoJam for Computer Network Understanding through Experiential Learning

大崎 理乃<sup>\*1</sup>, 不破 泰<sup>\*2</sup>, 時田 真美乃<sup>\*2</sup>, 長谷川 理<sup>\*2</sup>  
Ayano OHSAKI<sup>\*1</sup>, Yasushi FUWA<sup>\*2</sup>, Mamino TOKITA<sup>\*2</sup>, Osamu HASEGAWA<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup>産業技術大学院大学 産業技術研究科

<sup>\*1</sup>Industrial Technology Graduate Course, Advanced Institute of Industrial Technology

<sup>\*2</sup>信州大学 総合情報センター

<sup>\*2</sup>Integrated Intelligence Center, Shinshu University

Email: ohsaki-ayano@aiit.ac.jp

あらまし: コンピュータネットワークに関する基礎的知識の重要性が増している。これまでの教育プログラムでは、ネットワークの下位層を扱うものは少ないほか、教室で1人1台の下位層の通信実験装置を実現させることは困難であった。本研究では、総合的なネットワークに関する体験的理解を促すことを目的として、IchigoJamを用いた物理層の通信実験を含む教育プログラムを提案し、実践を行った結果、プレ調査に対して、ポスト調査では回答数が増加したことが確認された。

キーワード: ネットワーク教育, 専門教育, 技術者教育, 協調学習, 高等教育, 社会人教育

### 1. はじめに

社会におけるネットワークの重要性が高まっている。特に近年では、「様々なモノが、インターネットに繋がり、インターネットの一部を構成する」という概念であるIoT (Internet of Things) が注目されている<sup>(1)</sup>。一方、大学などの専門教育機関においても、ネットワークに関する教育の重要性が指摘されており、仮想環境を用いた実習などの教育研究がなされている<sup>(2)</sup>。

しかし、大学におけるネットワーク教育では、LAN 構築と TCP/IP 理論に関する学習が中心となっており、通信の基礎であり IoT 機器の設計にも重要となる物理層における通信を扱うことは少ない。さらに、教室にて、一人1台の実験装置を用いて準備することも困難であった。

そこで、本研究では、物理層から上位層までの総合的なコンピュータネットワークの体験的理解を促すことを目的とし、ワンチップボードコンピュータ IchigoJam を利用した物理層を扱う教育プログラムを提案し、実践を行った。

### 2. 提案する教育プログラム

本研究では、体験的理解として、コンピュータネットワークの不具合と解決方法を想定できるようになることを目標とした。評価は、実践後ポスト調査での、実践前プレ調査からの回答数の変化で行う。設問は、「(2台のコンピュータが接続されている状況で、) クライアントからの呼びかけに対して、以下の不具合が発生した時に、物理層と TCP/IP アプリケーション層、それぞれで考えられる問題と解決策を述べよ。(1) サーバーからの応答がない、(2) サーバーからの応答データに異常がある」である。

演習に用いる実験機器は、大学生を対象にして一人1台の実験環境で通信実践を行った先行研究<sup>(3)</sup>を参考に、IchigoJam を採用した。IchigoJam は、BASIC 言語が動作するボードコンピュータであり、入出力ポートが標準で整っている<sup>(4)</sup>。通信実験は、2台の IchigoJam を用いて、一方の出力ポートをもう一方の入力ポートに接続し、それぞれ送信側機器、受信側機器として行う。

提案する教育プログラムは、本研究の目的である「物理層から上位層までの総合的なネットワークの理解」を目指して、IchigoJam を用いた課題アと、Java によるネットワークプログラミングである課題イとの2部構成の演習の一部とした。

課題アの課題と設問は、図1の通りである。課題と設問の内容は、活動前に参加者へドキュメント資料として LMS から提供した。資料には、課題のほか、IchigoJam の簡単な説明、インターネットから参照可能な参考資料、代表的なコマンド、各課題のソースコードを掲載している。

演習活動は、「生産的失敗」のデザイン原則を参考に、活動を「生成と探求」の第一段階から「知識定着と構築」の第二段階へ移行するように整理して設計した(表1)(表2)。生産的失敗とは、学習者が失敗を繰り返しながら学ぶ学習形式であり、教師による解説後に学習者が実践するよりも学習効果が高いことが報告されている<sup>(5)</sup>。本研究では、学習者の既有知識差が大きいため、クラス全体で一律に段階を移行させるのではなく、学習者の質問や課題実施状況に合わせて個々に移行した。そのため、学習者によっては、ポスト調査までに第二段階に移行していない者もいる。全員の移行は、第15回授業までに行うものとしている。

1. 周辺機器の接続とLED点灯による動作確認
  2. 2台のIchigoJamを用いた0から9までの数字送受信実験(正常版)
  3. 2台のIchigoJamを用いた0から9までの数字送受信実験(異常版)
- <第1問>課題2と課題3のプログラムおよび実行結果から、正常な通信に必要な条件を考える
4. 2台のIchigoJamを用いた文字の送受信実験(正常版)
- <第2問>課題2, 課題4のプログラムおよび実行結果から、正常な通信に必要な条件を考える

図1 提案教育プログラムにおける課題と設問

表1 第一段階における活動デザイン

デザイン原則	本研究でのデザイン
複雑な課題	・多様な要因が影響する通信実験課題
協調的な活動	・指定されたペアでの活動
安心・安全な環境	・演習の目的の提示 ・小さな気付きや質問を積極的に受け入れる雰囲気作り

表2 第二段階における活動デザイン

デザイン原則	本研究でのデザイン
対比・比較のある課題	・課題アと課題イの、活動と答えの比較 ・自分と他者の回答の比較
教師の解説	・教師による課題内容に関する解説
安心・安全な環境	・小さな気付きや質問を積極的に受け入れる雰囲気作り

### 3. 実践

実践は、専門職大学院の情報系専攻において、基礎科目の一部として行った。当該専攻は、在籍者の約9割が社会人であり、カリキュラムを社会人対象に構築していることを特徴としている。実践を行った科目はTCP/IPを中心としたネットワークの基礎的知識を獲得するための授業で、受講者数は37名である。一人1台の実験環境を整備するために、クラス全体をAとBの2グループに分割した。実践は、全15回の授業のうち、グループAは第10回で、グループBは第12回で実施した。一人の学習者が当該実践に使用した授業時間は、90分である。授業の流れと概要、プレ調査、ポスト調査のタイミングを表3にて示す。

表3 授業の流れと調査のタイミング

授業回	授業の概要
1~7	ネットワークの基礎知識の講義 (階層モデル, ルーティングなど)
8~9	TCP/IPプロトコルの講義 ※第9回でグループAのプレ調査を実施
10	演習(グループAが課題Aを実施, グループBが課題イを実施) ※グループAのポスト調査を実施 ※グループBのプレ調査を実施
11	TCP/IPプロトコルの講義
12	演習(グループBが課題Aを実施, グループAが課題イを実施) ※グループBのポスト調査を実施
13~15	TCP/IPプロトコルの講義, 授業のまとめ

なお、本研究では、演習参加者のうち各種データの研究利用への同意者27名を分析対象とする。対象者のプログラミング経験は、事前アンケートの結果、BASICの経験者は8%、その他のプログラミング言語経験者は77%、プログラミング未経験者は15%であることが確認されており、演習のペアはプログラミング経験に大きな差がないように構成した。

### 4. 結果と考察

プレ調査に対する実践直後のポスト調査での回答増加件数は一人あたり $3.0 \pm 2.39$ 件(平均値±標準偏差)であった。有効回答者数は22名である。計算方法は、プレ調査時に書かれていなかったポスト調査回答を一人あたりで集計し、平均値を求めた。回答内容の正誤評価は行わず、回答のルールとして禁止したプログラミングミス以外は全て採用している。調査はLMS上でを行い、5分~10分程度で回答するように案内した。ポスト調査時は、同一画面上にはプレ調査の結果は表示していないが、過去の回答はポートフォリオとして蓄積されているため、プレ調査回答を閲覧しながらポスト調査に回答することは可能である。

ポスト調査と同時期に実施した、実践を通じた気付きや学びを問うアンケートには「通信の際は、途中の通信断や相手側の状態を判断できる仕組みを考えないと全く予期せぬデータが相手側に伝わることに気づきました」「実際に配線してみてプログラムコードを流すと仕組みが分かりやすいです」といった通信の学習に関する記述が確認された。さらに、「パートナーと一緒に議論し、考察する時間はとても貴重な時間となりました」といった協調学習の有用性に関する記述も確認された。

これらの結果から、提案した教育プログラムは、体験的理解を促すものとして、一定の効果が示唆されたと考えられる。今後、最終レポートにおける同設問への回答の分析のほか、課題イと当該実践である課題Aとの学習成果に対する関連、課題Aと課題イの学習順番の成果への影響などを検討していく予定である。

### 参考文献

- (1) 総務省: “平成27年版情報通信白書”, (2015)
- (2) 立岩佑一郎, 安田孝美, 横井茂樹: “仮想環境ソフトウェアに基づくLAN構築技能とTCP/IP理論の関連付け学習のためのネットワーク動作可視化システムの開発”, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.4, pp.1684-1694 (2007)
- (3) 時田真美乃, 長谷川理, 不破泰: “はんだづけから始める大学生への情報の基礎的知識の教育効果~プログラミングの基礎的理解を含めた体験的学習~”,
- (4) “こどもパソコン IchigoJam”, <http://ichigojam.net/> (2017年5月27日確認)
- (5) Kapur, M., and Bielaczyc, K.: “Designing for productive failure”. The Journal of the Learning Sciences, Vol.21, No.1, pp.45-83 (2012)