

導入的ネットワーク教育における IchigoJam を利用した実験

Experiment with IchigoJam for Introductory Computer Network

大崎 理乃^{*1}

Ayano OHSAKI^{*1}

^{*1} 産業技術大学院大学 産業技術研究科

^{*1} Industrial Technology Graduate Course, Advanced Institute of Industrial Technology

Email:ohsaki-ayano@aait.ac.jp

あらまし：コンピュータネットワークに関する専門教育の中で，導入段階での基礎的な内容の理解は重要である．本研究では，体験的な学習を促す一人1台の実験環境を実現させるために IchigoJam による実験を採用した教育プログラムを提案し，特に物理層とデータリンク層の学習に焦点を絞った2年間の実践を行った結果，物理的な通信への理解に一定の効果が確認されたことを報告する．

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

情報通信技術の高度化と普及により，IT 人材育成のための教育が注目されている⁽¹⁾．しかし，大学でのコンピュータ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，注目が集まる 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．そこで著者らは，大学生を対象とした通信実験の実践⁽²⁾を参考に，ボードコンピュータ IchigoJam⁽³⁾を用いて，一人1台の実験環境を実現し，物理層から上位層までの総合的な CN の体験的理解を促すことを目的とした教材開発に取り組んでいる⁽⁴⁾．本研究では，2年目実践での変化点と，2年間の実践結果について報告する．

2. 提案する教育プログラム

本研究では，物理層およびデータリンク層の2階層に注目して検討を行った．この理由として，日常生活では物理的なネットワーク接続を意識しなくて済むこと，テキスト⁽⁵⁾での扱いが少ないことの2点がある．

実験内容は，物理的な通信の重要性を体験するための機器接続及び確認と，同期信号の重要性を体験するための通信確認から構成される．活動は，「生産的失敗」⁽⁶⁾のデザイン原則を参考に，実験を通じた探究活動を先に行い，その後の解説によって知識定着を図るものとした．実験では，入出力ポートが標準で整っている IchigoJam を2台使用し，一方の出力ポートをもう一方の入力ポートに接続し，それぞれ送信機と受信機として扱う．教育プログラムの評価は，最終試験での「不具合と階層の対応を問う問題」への，物理的接続と同期に関する記述の出現有無で行なった．1年目実践⁽⁴⁾に対する2年目実践の変更点は，課題設問の変更，実験手順の変更，実験設備の変更，の3点である．

課題設問は，教育プログラムの目的を下位分解し，CN の機能と階層の関係をイメージできることを評価するために，不具合と階層を関連付けるものを出

題した．1年目実践では，物理層と TCP/IP アプリケーション層で考えられる不具合を問うものになっており，検討対象が限定的になっていた．そこで，設問を「(2台のコンピュータが接続されている状況で)データの送受信において，以下の不具合が発生した時に考えられる問題と解決策を階層と関連付けて5つ述べよ．(1)クライアントからの要求に対して，サーバーからの応答がない，(2)クライアントからの要求に対するサーバーからの応答データに異常がある」とし，階層名も学習者が回答するように変更した．

実験手順は，1年目と同様に，学習者が実験中に様々な問題に遭遇するようにデザインした(図1)．ただし，手順②は正常な通信であることを明示する形に変更した．さらに，考察の時間を確保するため，通信実験に使用する数字を10種類から3種類へ減らした．また，多様な検討を促すために，「問題」としての手順②と手順③の比較を取りやめて「考察」のフェーズを設けた．

実験設備は，コンポジット接続モニターとキーボードの利用を取りやめ，シリアル通信モジュールを利用してコンピュータから制御する方法を採用した．1年目の実験設備ではコンピュータから IchigoJam の制御ができないため，授業後に実験の経験が活用しにくいことの解決を目指した．

なお，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」とネットワークプログラミングを行う「課題イ」との2部構成の演習の一部として実施された．

- | |
|---|
| ①実験機器の接続と LED 点灯による動作確認 |
| ②サンプルプログラム2を用いた数字「9」「6」「0」の通信実験(正常な受信を確認する) |
| ③サンプルプログラム3を用いた数字「9」「6」「0」の通信実験(異常な受信を確認する) |
| ④考察 ※②と③のプログラムと実行結果の比較を促す |

図1 提案教育プログラムにおける課題と設問

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習得するための授業で、1年目実践の受講者数は37名、2年目実践の受講者数は34名である。図2の通り、実験の前に、受講者のプログラミング経験を調査し、ペア内で経験差が大きくなるようにした。また、一人1台の実験環境を整備するために、両年ともクラス全体をAとBの2チームに分割し、課題Aと課題Bを交代して行った。実験は、全15回の授業のうち、1年目は第10回と第12回、2年目は第9回と第11回で実施した。2年間の授業スケジュールを表1にて示す。

なお、本研究では、実験と最終試験への参加者のうち各種データの研究利用への同意者58名（1年目実践27名、2年目実践31名）を分析対象とする。

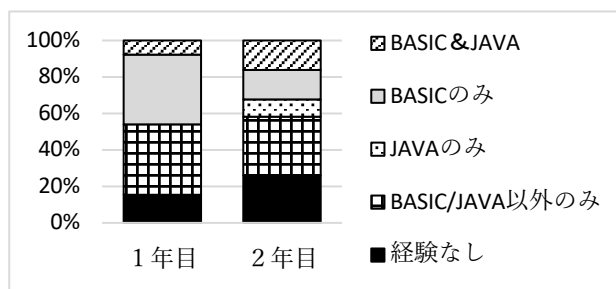


図2 受講者のプログラミング経験

表1 授業スケジュール

授業の内容	1年目の授業回	2年目の授業回
ネットワークの基礎知識の講義 (階層モデル, IP アドレスなど)	1～7	1～7
TCP/IP プロトコルの講義	8～9	8
実験(1) ※A チームが課題A	10	9
TCP/IP プロトコルの講義	11	10
実験(2) ※B チームが課題A	12	11
TCP/IP プロトコルの講義	13～15	12～15

4. 結果と考察

最終試験での「不具合と階層の対応を問う問題」への、物理的接続と同期信号に関する記述の出現有無を集計したものが表2である。物理的接続に関する記述の出現割合は、1年目実践から若干の上昇を確認した。このことから、信号の伝達に関する物理的な通信に関しては、提案プログラムにより体験的な理解を促すことができたと考えられる。一方で、同期信号に関する記述は増加しなかった。この理由として、授業時間内に同期信号無の通信確認を行う手順③まで終了したペアが少なかったこと、「考察」

フェーズにおいて手順②と手順③の比較が充分に行われなかったことが考えられる。

最終試験時に行った実験の効果を問うアンケートでは、図3の通り「とても役に立った」「役に立った」の割合が2年目では減少した。2年目実践の回答では、「あまり役に立たなかった」理由として「不具合が多い」という書き込みが確認され、一部の学習者にトラブル解決の探求プロセスの中で学ぶという授業デザインが伝わっていなかったことが示唆された。

一方で、2年目実践では、実験回授業の振り返りレポートに「抽象化されて便利になって(中略)簡単に実装できるようになった」といった書き込みも見られ、階層関係への気づきを促すことへの可能性が確認された。さらに、個人で実験環境を準備して学習を継続する発展的学習者も確認された。今後の実践に向けて、レポートの分析のほか、課題の検討などを進める予定である。

表2 最終試験での解答出現数

	1年目実践	2年目実践
物理的接続	63%(17名)	71%(22名)
同期信号	15%(4名)	10%(3名)

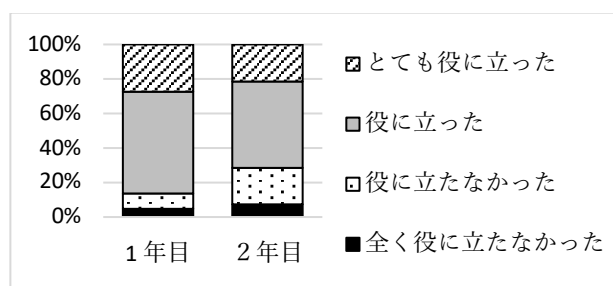


図3 アンケート結果

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP16K21189, JP16H03077, JP17K01136 の支援を受けた。

参考文献

- (1) IPA: “「IT 人材白書 2018」概要”, <https://www.ipa.go.jp/files/000065943.pdf>, (2018 年 6 月 10 日確認)
- (2) 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~”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.31, No.7: pp.129-136 (2017)
- (3) “こどもパソコン IchigoJam”, <http://ichigojam.net/> (2018 年 6 月 10 日確認)
- (4) 大崎理乃, 不破泰, 時田真美乃, 長谷川理: “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”, 教育システム情報学会第 42 回全国大会, B1-1: pp.7-8(2017)
- (5) 竹下隆史ほか: “マスタリング TCP/IP 入門編 第5版”, オーム社, 東京(2012)
- (6) Kapur, M., and Bielaczyc, K.: “Designing for productive failure”. The Journal of the Learning Sciences, Vol.21, No.1, pp.45-83 (2012)