

通信の仕組みを理解するためのロールプレイ演習の開発と実践

鈴木大助^{†1}

概要: 情報通信ネットワークは重要な社会インフラであり、教育機関はその仕組みを学習する機会を提供しなければならない。ネットワークの仕組みは従来型の講義のみで理解することは難しい。ネットワーク機器を利用した実機演習は一定の効果をもたらすが、準備や訓練が必要であり、機器の操作にとらわれるあまり仕組みの理解がおろそかになるなど、必ずしも最善の方法であるとは限らない。本研究の目的は、ネットワーク機器を使わずにネットワークを理解するためのロールプレイ演習を開発し、実際の授業に適用し、その演習が学生の理解に及ぼす効果を明らかにすることである。演習では、学生自身がルータやスイッチに扮し、データを象徴する入れ子構造の箱をプロトコルに従ってやりとりする。振り返りとミニツペーパーから、本演習がネットワークの階層構造や通信プロトコル、ネットワーク機器の役割の理解に寄与し得ること、学生同士の交流を促進し、学び合う雰囲気を醸成することがわかった。

キーワード: 情報通信ネットワーク、プロトコル、能動的学習、ロールプレイ、アンプラグド

Development and Practice of a Role Play Exercise for Understanding Information and Communication Network Mechanism

DAISUKE SUZUKI^{†1}

Abstract: Information and communication network is an important social infrastructure. Educational institutions have an obligation to give students to learn its mechanism. However, it is difficult to understand the mechanism only from traditional lecture. Building a small network with network devices such as router and switch is effective but it is not always the best method because it requires various preparations and special training and, as a result, beginners tend to pay attention exclusively to operation of devices, not to the mechanism. The aim of this study is to invent a role play exercise without network devices, to put it into practice, and to clarify its effect on students' understanding of the mechanism. In the exercise, students pretend to be a router, switches, and computers and they send and receive nested boxes as a symbol of data each other in obeying network protocols. Reflection meetings and minute papers clarified that the exercise can contribute for students to understand layered network architecture, protocols and roles of network devices and it promotes exchange between students and cultivates an atmosphere promoting students mutual learning.

Keywords: Information and communication network, protocols, active-learning, role play, unplugged

1. はじめに

情報通信ネットワークが重要な社会インフラとなっている昨今、情報通信ネットワークに対する理解はすべての人にとって重要である。大学においては、情報専門学科教育ではもちろんのこと、一般情報処理教育においても文理問わず、情報通信ネットワークの学習を行うことが求められている[1]。ところが、ネットワークの階層構造や通信プロトコル、各種ネットワーク機器の役割など、従来型の講義のみでは、たとえ情報を専門とする学生であったとしても学習当初はその理解は難しい。ネットワーク機器を利用した実機演習は効果的だが、機器の準備や操作の習熟に手数がかかるため、誰しもが実行できるわけではない。機器の操作やコマンド入力にとらわれるあまり、通信の仕組みの理解が逆におろそかになることもありうる。特別な機器を利用せずに情報通信ネットワークの仕組みを理解できるような学習法が望ましい。

コンピュータを利用せずに情報科学の本質を理解させ

る教育としてコンピュータサイエンスアンプラグド（以下CS アンプラグドと呼ぶ）が挙げられる。CS アンプラグドは、その手法が書籍として Web で公開されたもの[2]に始まり、日本においては、日本語版[3]の刊行に伴い、小学校[4]、中学校・高等学校[5,6,7,8]、大学[9,10,11,12]、職業訓練校[13]など、広い範囲で実践・開発されるに至っている。CS アンプラグドのコンセプトを踏まえると、ネットワーク機器を利用しない学習法によって、ネットワーク通信の仕組みの理解に到達させることが可能であると考えられる。

これまでのところ、CS アンプラグドの手法を用いたネットワーク通信の学習としてはみかんゲームが挙げられるが[2,3]、これはネットワークにおけるデッドロックに焦点を当てた学習活動であり、ネットワークの階層構造や各種通信プロトコル、各種ネットワーク機器の役割の理解を目的としたものではない。コンピュータサイエンスフィールドガイド[14]は高校生向けのコンピュータ科学学習サイトで、CS アンプラグドを利用した学習や動画、対話的な学習教材が提供されており、日本語版も随時公開されている[15,16]。15章「ネットワーク通信プロトコル」において、動画と対話的な学習教材が紹介されているが、主に焦点を当ててい

^{†1} 北陸大学
Hokuriku University

るプロトコルは HTTP や TCP といった, OSI 参照モデルで言うところの第4層以上のプロトコルであり, 第3層以下, すなわち, ネットワーク層やデータリンク層のプロトコルについてはカプセル化の説明の中で少し触れるだけに留まっている. また, この内容に関するオフラインでの学習活動は取り上げられていない. ネットワーク機器を利用せずに, ネットワークの階層構造や通信プロトコル, 各種ネットワーク機器の役割の理解を促すオフラインでの学習活動の開発が必要である.

他方, 学習の方法に関して大学は, 学生の主体的な学修を促すよう, 能動的学習へ転換することが求められている[17]. 具体的な手法にはさまざまあるが, 得ようとする学習成果に応じた手法を選択することが大切である[18]. 各種ネットワーク機器の動作を理解するためには各種ネットワーク機器の役割を演じるロールプレイが最適な方法の一つであると考え.

本研究は, コンピュータやネットワーク機器を使わずに情報通信ネットワークの仕組みを理解するためのロールプレイ演習教材の開発と実践を目的とする. 学生自身がルータとなり, スイッチとなり, PC となり, プロトコルに従ってデータをやりとりするロールプレイ演習を通じて, 体験的にネットワーク通信の仕組みを理解できることを目指す. 本研究で開発した教材を利用した授業実践を通じて, ネットワークの階層構造や通信プロトコル, 各種ネットワーク機器の役割の理解が進むのかを検証する.

2. 演習概要

2.1 想定するネットワーク構成

本ロールプレイ演習では, 学生はルータやスイッチ, PC に扮してその機能を模擬し, 相互にデータをやりとりするロールプレイ演習を通じて, ネットワーク通信の仕組みを体験的に理解することを目的とする. 本演習で想定するネットワーク構成図を図1に示す. なお, 図中で用いているアイコンのうち, ルータやスイッチ, PC については, Cisco のネットワークトポロジーアイコン[19]を, 人のアイコンは All-Silhouettes[20]を使用している. 192.168.3.0/24 と 192.168.11.0/24 の二つのネットワークがルータで接続されている. ルータ役は1人, スイッチ役2人, PC 役11人, 観察者2人の計16人とする. 送信元となるPC (以下 PC1 と呼ぶ) から宛先となるPC (以下 PC2 と呼ぶ) へ, データが無事に届き, PC2 から PC1 へ返信データが届けば通信成功となる.

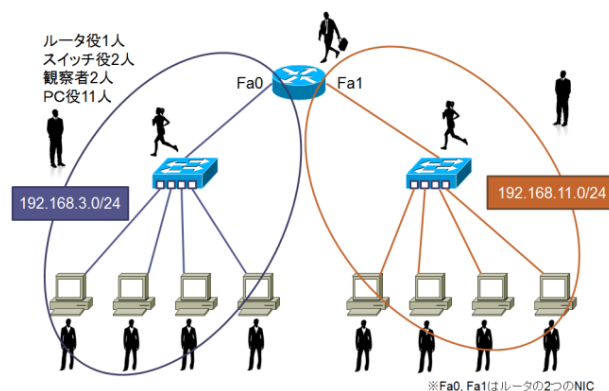


図1 ロールプレイ演習で想定するネットワーク構成図
Figure 1 Network configuration diagram used in the role play.

2.2 カプセル化 (パケットとフレーム)

本来, データは電気信号や光信号で表現され, ケーブル内を伝搬するが, 本ロールプレイ演習では, パケットやフレームといったデータは具体物としての「箱」で表現し, それらの運搬をスイッチ役の学生が担うこととする. 運搬される「箱」を図2に示す.

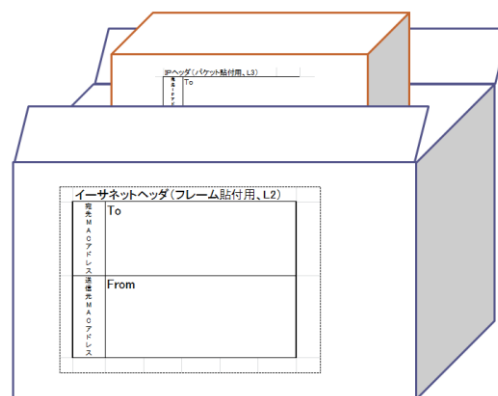


図2 パケットとフレームを表す箱とその入れ子構造
Figure 2 Packet is encapsulated in frame.

大きめの箱をフレーム, 小さめの箱をパケットとし, フレームの中にパケットが入っている. これは TCP/IP プロトコルスタックにおけるカプセル化の概念に対応するものである. 実際の通信では, パケットには宛先 IP アドレスと送信元 IP アドレスが記録された IP ヘッダが付与され, これに宛先 MAC アドレスと送信元 MAC アドレスが記録されたイーサネットヘッダとトレーラが付与されたものがフレームである. ロールプレイでは, 小さめの箱 (パケット) に, 宛先 IP アドレスと送信元 IP アドレスを記入した送り状 (IP ヘッダ) を貼付する. さらにこれを大きめの箱 (フレーム) に入れ, 宛先 MAC アドレスと送信元 MAC アドレスを記入した送り状 (イーサネットヘッダ) を貼付することで, カプセル化を表現する.

2.3 フレームの伝搬

フレームの伝搬はスイッチ役学生が担う。図 3 に示す。スイッチ役学生はフレームに貼付されたイーサネットヘッダの宛先 MAC アドレスと、自身が記録している MAC アドレステーブルを照合し、適切なポートからフレームを送信する。ブロードキャストフレームについては、ブロードキャストの体現が困難なため、ポートの先にあるホストを順番に訪問することで表現するものとする。



図 3 スイッチ役によるフレームの運搬

Figure 3 A Frame is delivered by a student playing the role of switch.

2.4 パケットの転送

ルータ役学生は、自分宛てのフレームを開封し、パケットに貼付された IP ヘッダの宛先 IP アドレスとルーティングテーブルを照合し適切なインターフェイスから送出する。

3. 演習準備

3.1 役割と IP アドレスの決定

まず、役割と IP アドレスを決定する。トランプ 2 色 (♠ 2 から ♠ 6 と ♠ Q, ♠ K, ♥ 2 から ♥ 7 と ♥ Q, ♥ K) とジョーカーをシャッフルして一人一枚引いてもらい、その結果を表 1 と照合し、役割と IP アドレスを決定する。決定した役割に従って役割別ワークシート (図 4) を受け取り、自分の IP アドレスを記録する。

表 1 役割と IP アドレスの決定

Table 1 Determination of roles and IP addresses.

カード	意味	IP アドレス
♠	ネットワーク (ルータ Fa0 側)	192.168.3.0/24
♥	ネットワーク (ルータ Fa1 側)	192.168.11.0/24
ジョーカー	ルータ	Fa0:192.168.3.1, Fa1:192.168.11.1
♠Q, ♥Q	スイッチ	IP アドレス不要
♠K, ♥K	観測者	ホワイトボードに演習 実施過程を記録
その他	PC	♠3 なら 192.168.3.3

ルータ 学籍番号 _____ 氏名 _____

	MACアドレス	IPアドレス
Fa0		
Fa1		

ルーティングテーブル

ネットワークアドレス	送出インターフェイス
192.168.3.0/24	Fa0
192.168.11.0/24	Fa1

ARPテーブル(裏面に続く)

IPアドレス	MACアドレス

スイッチ 学籍番号 _____ 氏名 _____

MACアドレステーブル

ポート番号	MACアドレス
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

※ポート番号はルータ接続ポートを1とし、時計回りに番号を付与する(下面参照)

PC 学籍番号 _____ 氏名 _____

自分のMACアドレス _____

自分のIPアドレス _____

デフォルトゲートウェイ _____

ARPテーブル

IPアドレス	MACアドレス

図 4 役割別ワークシート

Figure 4 Worksheets for each role.

3.2 ネットワークの構成 (学生の並び替え)

ネットワーク構成図 1 を参照して学生が適切に配置に付く。ルータ役の人から見て、右手がインターフェイス Fa0 で右手側ネットワークが 192.168.3.0/24, 左手がインターフェイス Fa1 で左手側ネットワークが 192.168.11.0/24 となるように並んでもらう。各ネットワーク内では、スイッチ役の人を中心に PC 役とルータ役がその周囲を囲うように並び、スイッチのポート番号はルータを 1 とし、時計回りに番号を設定する。

3.3 MAC アドレスの決定

PC 役は一つ、ルータ役は二つ MAC アドレスを決定する。重複なく一意に決定するため、次のルールにより計算する。まず、MAC アドレスは 00-12-34-56-7X-XX の形式とし、X-XX は自分の学籍番号下 3 桁を 16 進数に変換したものとする。例えば、学籍番号下 3 桁が 891 ならば MAC アドレスは 00-12-34-56-73-7B となる。決定した MAC アドレスは各自のワークシートに記入する。なお、ルータの場合は Fa0 の MAC アドレスは 00-12-34-56-7X-XX, Fa1 の MAC アドレスは 00-12-34-56-8X-XX とする。

3.4 デフォルトゲートウェイの設定

PC は自分が所属しているネットワーク以外への通信に関してはデフォルトゲートウェイにデータを送ることになる。PC 役の人はワークシートのデフォルトゲートウェイのところに、ルータの IP アドレスを記入する。192.168.3.0/24 側の PC においては 192.168.3.1, 192.168.11.0/24 側の PC においては 192.168.11.1 がデフォルトゲートウェイとなる。

4. 演習

演習は同じネットワーク内での通信を行う演習 1 と、異なるネットワーク間での通信を行う演習 2 からなる。演習 1 では IP アドレスしかわからない相手ホストの MAC アドレスを調べる手順と、それにともなう PC においては ARP テーブルが更新されること、スイッチにおいては MAC アドレステーブルが更新されることを体験する。演習 2 では異なるネットワークへの通信にあたっては、パケットは目的ホスト宛てだがそれをカプセル化したフレームはルータ宛てに送信すること、ルータは転送にあたってフレームの送信元と宛先を書き換えることを体験する。以下、各演習の目標と手順を示す。

4.1 演習 1 (同じネットワーク内での通信)

目標：グループで指名されたホスト (PC もしくはルータ) が、同一ネットワーク内の任意のホストを選びエコーリクエスト(ping)を送る。エコーリクエストをもらったホストはエコーリプライを返し、エコーリプライが送信元ホストに返ると通信成功となる。観察者はホワイトボードに経緯を記録する。

手順：

1. ARP テーブルに宛先ホストの MAC アドレスが記録されていない場合はまず ARP リクエストを行う
2. エコーリクエストもしくはエコーリプライをパケットに封入し、IP ヘッダ (図 5 参照) を記入して貼付する
3. パケットをフレームに封入し、イーサネットヘッダ (図 5 参照) を記入して貼付する
4. スイッチにフレームを手渡す

IPヘッダ(パケット貼付用、L3)

宛先 IP アドレス	To
送信元 IP アドレス	From

イーサネットヘッダ(フレーム貼付用、L2)

宛先 MAC アドレス	To
送信元 MAC アドレス	From

図 5 IP ヘッダとイーサネットヘッダ

Figure 5 IP header and ethernet header

4.2 演習 2 (異なるネットワーク間での通信)

目標：グループで指名されたホスト (PC もしくはルータ) が、異なるネットワークの任意のホストを選びエコーリク

エスト(ping)を送る。エコーリクエストをもらったホストはエコーリプライを返し、エコーリプライが返ると通信成功となる。観察者はホワイトボードに経緯を記録する。

手順：

1. 異なるネットワーク宛てのため、フレームの宛先はデフォルトゲートウェイとする。デフォルトゲートウェイの MAC アドレスが不明の場合は、まず ARP リクエストを行う
2. エコーリクエストもしくはエコーリプライをパケットに封入し、IP ヘッダを記入して貼付する
3. パケットをフレームに封入し、イーサネットヘッダを記入して貼付する
4. スイッチにフレームを手渡す

以上により演習は実施されるが、データを受け取ったときの手順は規約や役割に応じて様々である。次節では、本ロールプレイ演習で扱う規約と役割に応じた手順詳細を示す。学生はこれらの規約・手順詳細を配布され、それを見ながら演習に取り組む。

5. 規約・手順詳細

5.1 ARP リクエスト (要求)

いつ実行するか：宛先 IP アドレスはわかっているが、宛先 MAC アドレスが不明のとき

手順：

1. ARP リクエスト (図 6 参照) を記入しフレームに封入する
2. イーサネットヘッダを記入しフレームに貼付する。宛先アドレスは FF-FF-FF-FF-FF-FF とする (ブロードキャスト)
3. フレームをスイッチに渡す
4. ARP リプライが返ってきたら ARP テーブルに記録する

ARPパケット

種別	送信元MAC	送信元IP	宛先MAC	宛先IP

ARPリクエストの場合、種別を1とし、宛先MACは00-00-00-00-00-00とする
ARPリプライの場合、種別を2とする
ARPパケットはフレームに直接封入すること

図 6 ARP パケット

Figure 6 ARP packet

5.2 ARP リプライ (応答)

いつ実行するか：MAC アドレスを質問された場合に回答するとき

手順：

1. ARP リクエストの送信元の IP アドレスと MAC アドレスの対応を ARP テーブルに記録する
2. ARP リプライを記入し、フレームに封入する
3. イーサネットヘッダを記入しフレームに貼付する

4. フレームをスイッチに渡す

5.3 ICMP エコーリクエスト (要求)

いつ実行するか：ネットワーク層のレベルで通信可能かどうか確認するとき

手順：

1. エコーリクエスト (図 7 参照) を記入しパケットに封入する
2. IP ヘッダを記入し、パケットに貼付する
3. パケットをフレームに封入する
4. イーサネットヘッダを記入しフレームに貼付する
5. フレームをスイッチに渡す
6. エコーリプライが返ってきたらネットワーク層での通信可能と判定される

ICMPメッセージ

種別	データ等 (特に指定しない)

エコーリクエストの場合、種別を8とする
エコーリプライの場合、種別を0とする
宛先到達不能の場合、種別を3とする
ICMPメッセージはパケットに封入すること

図 7 ICMP メッセージ

Figure 7 ICMP message

5.4 ICMP エコーリプライ (応答)

いつ実行するか：エコーリクエストに回答するとき

手順：

1. エコーリクエストを受けたら、エコーリプライを記入し、パケットに封入する
2. IP ヘッダを記入しパケットに貼付する
3. パケットをフレームに封入する
4. イーサネットヘッダを記入しフレームに貼付する
5. フレームをスイッチに渡す

5.5 データを受け取った時の手順 (PC)

1. フレームの宛先が、ブロードキャスト (FF-FF-FF-FF-FF-FF) か、自分自身の MAC アドレスの場合、フレームを開ける。そうでない場合は何もしない (本来は廃棄だがロールプレイではスイッチの人に持って帰ってもらう)
2. フレームの中身が ARP リクエストであった場合は、宛先 IP アドレスを確認する

(ア) 自分の IP アドレスであった場合は、ARP リプライを実行する

(イ) 他人の IP アドレスであった場合何もしない

3. パケットの宛先が、自分自身の IP アドレスかブロードキャストなら箱を開けて、中の指示に従う

5.6 データを受け取った時の手順 (ルータ)

1. フレームの宛先が、ブロードキャスト (FF-FF-FF-FF-FF-FF) か、自分自身の MAC アドレスの場合、フレームを開ける。そうでない場合は何もしない (本来は廃棄だがロールプレイではスイッチの人に持って帰ってもらう)

合、フレームを開ける。そうでない場合は何もしない (本来は廃棄だがロールプレイではスイッチの人に持って帰ってもらう)。

2. フレームの中身が ARP リクエストであった場合は、宛先 IP アドレスを確認する

(ア) 自分の IP アドレスであった場合は、ARP リプライを実行する

(イ) 他人の IP アドレスであった場合何もしない

3. パケットの宛先が、自分自身の IP アドレスかブロードキャストなら箱を開けて、中の指示に従う

4. パケットの宛先が他人の IP アドレスであった場合、ルーティングテーブルを参照する

(ア) ルーティングテーブルに記載されている IP アドレスであれば、フレームに入れてイーサネットヘッダを適切に書き換えて転送する。必要ならば別途 ARP リクエストを実行する

(イ) ルーティングテーブルに記載されていない IP アドレスであれば廃棄する (本来は送信元に宛先到達不能を返すが本演習では割愛する)

5.7 データを受け取った時の手順 (スイッチ)

1. フレームの送信元 MAC アドレスと対応するポート番号を確認し MAC アドレステーブルに記録する

2. フレームの宛先 MAC アドレスを確認する

(ア) ブロードキャストか、MAC アドレステーブルに載っていないアドレスであれば、着信ポート以外のポートから、つながりのあるすべてのホスト (PC とルータ) に一斉に (順番に) 届ける

(イ) MAC アドレステーブルに載っているアドレスであれば、そのホストだけにフレームを届ける

6. 授業における実践

2016 年度北陸大学未来創造学部 3 年前期科目「ネットワーク論 I」全 16 回のうち第 8 回に演習 1, 第 9 回に演習 2 を行った。なお、本科目は後期科目「ネットワーク論 II」とあわせて、CCENT (Cisco Certified Entry Networking Technician) レベルに到達することを一つの目標としている。「ネットワーク論 I」の授業構成は、第 1 回イントロダクション、第 2 回イーサネット (データリンク層以下)、第 3 回 TCP/IP (ネットワーク層)、第 4 回 TCP/IP (トランスポート層以上)、第 5 回 IPv4 アドレスとサブネット、第 6 回 IPv4 アドレスとサブネット計算演習、第 7 回ケーブル作成、第 8 回ネットワークの仕組みを理解するロールプレイ演習 1, 第 9 回ネットワークの仕組みを理解するロールプレイ演習 2, 第 10 回～第 15 回実機演習、第 16 回期末試験となっている。

受講生は日本語と IT 専門学習のために中国から来た編入留学生 3 年生 16 人で、受講段階では、日本語能力は N2 レベルである。ネットワークについては、第 2 回でデータ

リンク層以下、第3回でネットワーク層について講義を受けており、本ロールプレイ演習までにMACアドレスやIPアドレス、ARP、デフォルトゲートウェイについて一通り学んでいる前提である。

7. 評価と考察

演習終了後、振り返りの時間を設け、観察者が司会となり、ホワイトボードの記録に基づいて、感想、重要だと思った点、疑問に思った点を議論してもらった。その議論に基づき、受講生にはミニッツペーパーを記入してもらった。ミニッツペーパーは二つの質問からなり、「質問1 今日の授業内容で重要だと思った点、印象に残った点をあげてください。」「質問2 今日の授業内容で疑問に思った点、よく理解できなかった点をあげてください。」を問うものである。それに加えて、別途、自由記述として「本ロールプレイ演習に対する自由な感想」を書いてもらった。代表的な意見を表2に示す。なお、表に示した回答は基本的には抜き書きであるが、回答者が中国からの留学生であるため、回答に中国語の単語が混ざっている場合などがあった。そのような場合は、適宜翻訳して示している。

表2 重要だと思った点、疑問に思った点、感想

Table 2 Important points, questions, and impressions.

重要 だ と 思 っ た 点	ARPリクエストの手順について詳しく勉強しました。
	AからBまで送信したいとき、AはBのMACアドレスを知らない。スイッチを通じて送信します。スイッチはブロードキャストの後、目的のMACアドレスをもらって、Aに返信します。AはBのMACアドレスとIPアドレスを知っています。
	スイッチはMACアドレスしか読まない
	スイッチはただ送信元MACアドレスを確認し記録する
	routerが大変な時、返事が遅いです。routerが重要です。
疑 問 に 思 っ た 点	異なるネットワーク宛て、フレームの宛先はデフォルトゲートウェイとする。デフォルトゲートウェイのMACアドレスが不明の場合、まずARPリクエストする。
	ルータの仕様の内容が全部は理解できませんでした。
	詳しいルータの過程がわからない。ルータは通信過程において箱に何を書きましたか。 どうやって異なるネットワークのIPアドレスを知りますか？
感 想	今回の模擬によって、ネットワークの通信過程がわかりました。よかったと思います。
	ルータと交流した後、たぶんわかりました。とても嬉しい感じがしました。
	面白い活動だと思います。概念はもともと知っていましたが、あらためて自分でやってみると思いました。

質問1（重要点）の回答を見ると、ARPに関する理解が窺えるコメントや、スイッチの機能に関する理解が窺えるコメント、ルータ経由の通信に関する理解が窺えるコメントが見られる。また、表には記載しなかったが、ルータ担当の学生は異なるネットワーク間の通信におけるルータの処理過程を模式図で描いており、確かな理解が窺えた。

質問2（疑問点）の回答からは、ルータの処理についての詳細な理解には至っていない学生が存在することがわかる。ルータを担当した学生は16人中ただ一人であって、他の学生はルータの詳細な振る舞いを追いかけることができていなかったこと、16人というグループサイズが大きすぎて振り返りの時間でも十分に共有できなかったことに原因があると考えられる。改善方法としては、グループの規模を小さくし、たとえば、ルータ1人、スイッチ2人、PC2~4人の5~7人一組で実施するなどの方法が考えられる。また、そもそも宛先IPアドレスをどうやって知るか、これはDNS等上位層のプロトコルによるものだが、について疑問を持った者がいた。トランスポート層以上も考慮したロールプレイ演習については今後の課題であるが、少なくともIPと名前の関係を表で掲示するなど、名前解決を示唆する簡単な仕組みは取り入れる必要があると考えられる。

感想からは、本演習が通信過程の理解に寄与し得ることが窺える。また、演習1、演習2とも通信の確立に成功しており、これは学生が通信プロトコルを理解したことの表れであると同時に、学生同士が協調して課題に取り組んだことの表れであると言える。演習中は学生同士が声を掛け合い、よく理解していない学生は理解している学生に相談するなどの光景が見られた。学生同士の交流を促し、協調して学び合う雰囲気を醸成する効果があると言える。

8. おわりに

本研究では、コンピュータやネットワーク機器を使わずに情報通信ネットワークの仕組みを理解するためのロールプレイ演習教材を開発し実践した。学生自身がルータとなり、スイッチとなり、PCとなり、規約に従ってデータを象徴する入れ子構造の箱をやりとりするロールプレイ演習を通じて、体験的にネットワークの仕組みを理解できることを目指した。本研究で開発した教材を用いた教育実践では以下の効果が期待できることがわかった。

- 階層構造を理解し、ARPによりIPアドレスからMACアドレスを知るプロセスに関する理解を促進する
- ルータやスイッチ、PCそれぞれの特徴の理解を促進する
- 異なるネットワーク間の通信におけるルータの役割に関する理解を促進する
- 学生同士の交流を促進し、協調して学び合う雰囲気を醸成する

なお、客観的な効果測定のために、事前・事後テストの実施や、統制群の設定が必要である。今後の課題としたい。

参考文献

- [1] 河村一樹. 一般情報処理教育 (J07-GE). 情報処理, Vol.49, No.7, pp.768-774 (2008).
- [2] Bell, T., Witten, I.H. and Fellows, M.: Computer Science Unplugged... off-line activities and games for all ages,

- <http://csunplugged.org> (1998).
- [3] Bell, T., Witten, I.H. and Fellows, M. (著), 兼宗進 (監訳): コンピュータを使わない情報教育アンブラグドコンピュータサイエンス, イーテキスト研究所, (2007).
 - [4] 石塚丈晴, 兼宗進, 堀田龍也: 小学生に対するアンブラグドコンピュータサイエンス指導プログラムの実践と評価, 情報処理学会論文誌 教育とコンピュータ, Vol.1, No.2, pp.19-27, (2015).
 - [5] 井戸坂幸男, 久野靖, 兼宗進: コンピュータサイエンスアンブラグドに基づく授業方法改善の試みとその実践, 日本産業技術教育学会誌, Vol.53, No.2, pp.115-123 (2011).
 - [6] 保福やよい, 井戸坂幸男, 兼宗進, 久野靖: 高校情報BにおけるCSアンブラグドの活用, 情報処理学会情報教育シンポジウム論文集, Vol.2008, pp.201-206 (2008).
 - [7] 間辺広樹, 兼宗進, 並木美太郎: CS アンブラグドのアルゴリズム学習における教具による理解度への影響, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.1, pp.14-23 (2013).
 - [8] Nishida, T., Idosaka, Y., Hofuku, Y., Kanemune, S. and Kuno, Y.: New Methodology of Information Education with “Computer Science Unplugged”, Lecture Notes in Computer Science, Vol.5090, pp.241-252, (2008).
 - [9] 嘉田勝: 大学生もアンブラグドー洋書購読と模擬授業による授業実践, 情報処理学会情報教育シンポジウム論文集, Vol.2008, No.6, pp.269-270 (2008).
 - [10] 和田勉: アンブラグドコンピュータサイエンスと板書講義を併用した大学でのアルゴリズムの授業, 情報処理学会研究報告, Vol.2009-CE-100, No.5, pp.1-7 (2009).
 - [11] 兼宗進, 佐藤義弘: 情報科教育法でのCSアンブラグドの利用, 情報処理学会研究報告, Vol.2010-CE-103, No.24, pp.1-3 (2010).
 - [12] 樋山淳雄, 森本康彦, 新藤茂ほか: 東京学芸大学「情報」におけるコンピュータサイエンスアンブラグド実践の試み, 東京学芸大学紀要自然科学系, Vol.63, pp.107-112 (2011).
 - [13] 間辺広樹, 兼宗進, 並木美太郎: 障害者職業訓練校の情報教育, 情報処理学会情報教育シンポジウム論文集, Vol.2008, pp.171-178 (2008).
 - [14] Computer Science Field Guide, <http://www.csfieldguide.org.nz/> (参照 2017-06-14).
 - [15] コンピュータサイエンスフィールドガイド, <http://csunplugged.jp/csfg/> (参照 2017-06-14).
 - [16] 兼宗 進, 高原 恭祐, 島袋 舞子, 中野 由章: 「コンピュータサイエンスフィールドガイド」CS アンブラグドを活用した情報科学学習サイト, 情報処理学会情報教育シンポジウム論文集, Vol.2014, No.2, pp.3-9 (2014).
 - [17] 新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～ (答申), http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1325047.htm (参照 2017-02-20).
 - [18] Nilson, L.B.: Teaching at Its Best -A Research-Based Resource for College Instructors- 3rd ed., Jossey-Bass (2010).
 - [19] Network Topology Icons, <http://www.cisco.com/c/en/us/about/brand-center/network-topology-icons.html> (参照 2017-02-20).
 - [20] All-Silhouettes, <http://all-silhouettes.com> (参照 2017-02-20).