

## セキュリティの指導を視野に入れた 「ネットワークのしくみとプロトコル」における 体験的な学習について

小原 格<sup>†</sup>

高等学校情報Aにおける「ネットワークのしくみとプロトコル」の授業実践事例を簡単な考察とともに報告する。各生徒がルータおよびコンピュータ端末としての役割を演じながら紙で模したパケットデータをやりとりすることを通して、プロトコルやネットワーク上での通信のしくみについて学習を深めていく。これらの学習を核として、ネットワーク上でのセキュリティの指導へと展開していく。

### Learning Information Security Through "Mechanism and Protocol on the Network" With Role Playing.

Tsutomu Ohara<sup>†</sup>

This is a report on the teaching practice case with "Mechanism and protocol on the network" in high school subject "Information Studies A". Students study through the Exchanging of Packet Data each other with Role Playing like Computers and Routers. As this lesson, students know Information Security with scientific understanding.

#### 1. はじめに (研究の背景)

高等学校での情報モラルやセキュリティ指導に関しては、単に「ダメなものダメ」という精神論ではなく、その仕組みを通して論理的な展開のもとに指導していくべきである、という声を良く耳にする。このような状況の中、東京都「平成19年度授業改善ネットワーク『まなび』情報部会」[a]において「インターネットのしくみ」とい

うテーマのもと、紙パケットを用いたインターネットの仕組みを体験的に理解させる実践研究を行った。タイプの異なるいくつかの学校において行われたこの実践の有効性に着目した筆者は、勤務する東京都立町田高等学校 (以下「本校」という) 向けにその目的や指導内容をさらに精査し、よりわかりやすく効果的に行うための実践研究を、東京都「平成19年度 東京教師道場」[b] (第8回) にて行い、さらに筆者は平成20年度、21年度もそれを引き継ぐ形で本校での実践に取り組んできた。この稿では、これらの積み重ねによる平成22年度での実践内容やそれに対する生徒の様子を簡単に報告するとともに、セキュリティの指導にどのように反映させられるかという点について簡単に報告する。

#### 2. 授業の概要

「ネットワークのしくみとプロトコル」でのおおまかな内容は次の通りである。

##### (1) 科目と単元

「情報A」(4) 情報機器の発達と生活の変化

(ア) 情報機器の発達とそのしくみ (発展学習)

##### (2) 目標

体験的な学習を通していろいろなプロトコルを理解し、通信におけるプロトコルの重要性について理解させる。

インターネットの簡単な仕組みを復習するとともに、TCP/IP というプロトコルがどのように働いているかを簡単に理解させる。

##### (3) 実施時期と配当時間

平成22年度においては、オリエンテーションや基礎技能等を確認した後の前期第6回の授業にて、1単位時間 (45分間) で実施している。

##### (4) 単元の評価規準と学習活動における具体的評価規準

	関心・意欲・態度	思考・判断	技能・表現	知識・理解
単元の評価規準	・情報機器や情報通信ネットワークの発達とその仕組みについて関心を持つ。	・情報機器や情報通信ネットワークのしくみについて考える	情報通信ネットワーク上でのデータのやりとりについて表現する。	情報機器や情報通信ネットワークの簡単な仕組みについて理解している。

<sup>†</sup> 東京都立町田高等学校

Tokyo Metropolitan Senior High School

a) 東京都教育委員会が主宰した研修団体。当時は教科ごとに5~10人程度の現職教員が参加し、各教科で

定めたテーマに則り授業力向上にむけて研修を行った。平成19年においては筆者も参加した。

b) 東京都教職員研修センターが主催する研修プログラム。筆者は平成19年度および20年度に「助言者」として参加した。詳細は、[http://www.kyoiku-kensyu.metro.tokyo.jp/training/teacher\\_gym.html](http://www.kyoiku-kensyu.metro.tokyo.jp/training/teacher_gym.html) 参照。

学習活動における具体の評価規準	・身のまわりにある情報のやりとりについて関心を持つ。	・ブロードキャストおよび TCP/IP の長所・短所について考え判断できる。	・プロトコルを意識し、TCP/IP 通信に似せたロールプレイングを行う。	・情報通信ネットワークでのプロトコルの重要性を理解する。
-----------------	----------------------------	--	--------------------------------------	------------------------------

(5) 利用する教具

端末表示用紙 (コンピュータ名と IP アドレス各 1 種類)

送受信用紙パケット (ブロードキャストおよび TCP/IP 用各 1 種類)

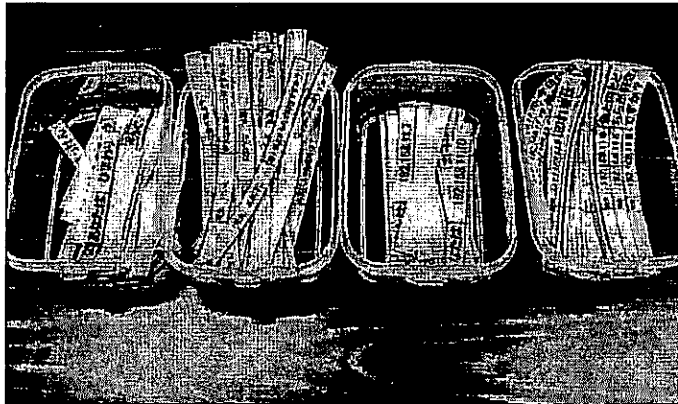


図 1 端末表示用紙と紙パケット

3. 実際の授業展開

3.1 プロトコルを意識させる

まずは教科書の当該箇所を読み合わせ、「プロトコル」という言葉の意味について

学習させる。この段階ではまだ紙上の知識のため、より具体的に意識できるように、「あじさい」「からまつ」等の名前が記載された端末表示用紙をランダムに配布して生徒一人一人を端末役とし、教室内を LAN に見立てて、「あじさい」を引いた生徒から「からまつ」を引いた生徒へのデータ送信を試みさせた。実際には、データに見立てた「出席簿」を届けさせたが、「あじさい」にとっては、「からまつ」はどこにいるのかわからないため、生徒は結果的にすべてのクラスで以下のような手順での「出席簿」の受け渡しを行っていた。

- ① 「あじさい」は、『からまつ』さん、どこにいますか? と叫ぶ
- ② 「からまつ」は「はい」と手を挙げる。
- ③ 「あじさい」は「からまつ」の所まで歩いて近寄り、出席簿を手渡す

ここでのポイントを、「どのように相手を見つけるか (①および②)」「データのように届けるのか (③)」という 2 点に絞り、普段何気なく行われている一連の動作の中にも、慣例的なルールのもとに人と人とのコミュニケーションが行われていることを意識させるとともに、実は LAN 上でも、似たようなルールに基づいて通信が行われていることがあること (NetBIOS によるブロードキャスト) をスライドを用いて説明した。また、実際のコンピュータ端末は「歩いて手渡す」ことはできないので、データを受け渡す際には LAN 上の全端末にデータが届いてしまい、自分あての情報以外は破棄することで対応していることを示した。

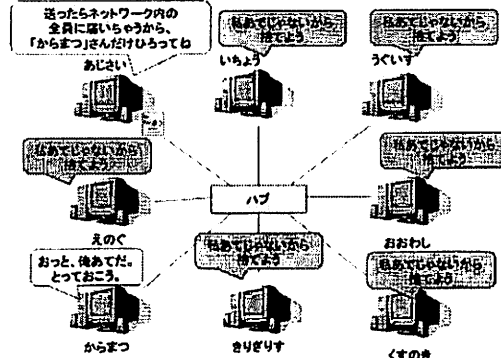


図 2 スライドの例 (ブロードキャスト)

### 3.2 ブロードキャストの特徴を理解する

次に、クラス40人全員に宛先と内容が書かれたデータ（小さな紙片）をランダムに配り、前述のブロードキャストを模した以下の「プロトコル」を示し、制限時間を1分として全員でデータのやりとりを行った。

- ①送信者は、受信者に対して「〇〇〇さん、どこにいますか？」と声をあげる
- ②自分の名前が聞こえたら、「はい」と手を挙げて知らせる。
- ③受信者を見つけたら、そこまで歩いて近寄り、データを手渡す

ここでの目的は、プロトコルには特徴があって場面により使い分けられていることを理解させることである。ブロードキャストのルール自体は簡単であり、端末数が少なければ手軽なプロトコルではあるが、端末数が増えると声であふれてうるさくなり通信しにくくなること、そのため、大規模なネットワークやインターネットのようなLANの集まりには不向きであることを体験的に理解させることを狙っている。案の定、どのクラスも大声であふれ、「〇〇さん！〇〇さん！」「どこ？」と大混乱し、データの受け渡しができたのは半数近くにとどまった。実習の後、このプロトコルの良い点と問題点をワークシートに記入させたところ、大部分の生徒が問題点として「うるさくて聞こえない」「相手が見つかりにくい」とあげており、一定の理解が得られたものと見ている。

### 3.3 「インターネットのしくみ」へ

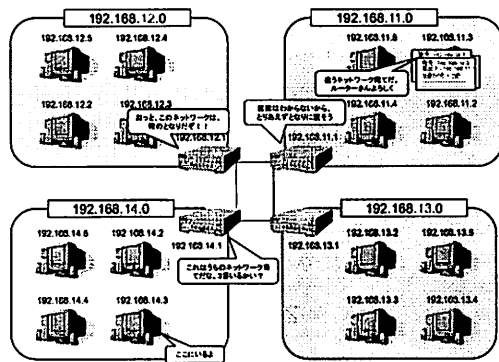


図3 スライドの例（ルーティング）

ここで、LANの集まりであるインターネットではどのようなプロトコルのもとに通信しているのか、という形で次の展開に進んでいく。インターネット自体が持つ ①障害回復に優れている ②新しいネットワークを追加しても中断されない ③エラー発生率が高くても対処できる 等といった特徴を実現するために、ルーティングやパケット分割といった技術が取り入れられていることを理解させている。特に、ドメイン名の代わりにIPアドレスを直接打ち込んでWebを表示させたり、Tracert コマンドを用いてルーティングの様子を見せたりなど、IPアドレスやルータの役割についてもスライドを用いて簡単に説明を行っている。

### 3.4 TCP/IPを模したプロトコルの実習

ひととおりの仕組みを画面で説明した後、クラスを4つの小グループにわけ、ルーティングも含めた送受信の実習を行う。それぞれの小グループをLANと見立ててIPアドレスを振り分け、グループ内で特定のアドレスとなった生徒をルータ役として他のグループと一番近い位置に座してもらい、それ以外の生徒はそれぞれのLAN内の端末役となってもらおう。この実習で用いたルールは以下の通りである。

#### (1) 端末役の人

- ① 手元のデータや左（または前）から流れてきたデータの宛先を確認する。
- ② 自分あてのものならばそのままゲット（受信成功!）、自分あてのものでなければ、そのまま右（または前）の端末役の人に渡す。

#### (2) ルータ役の人

- ① 自分のネットワークの左、または右となりのルータから流れてきたデータの宛先を確認する。
- ② 自分のネットワークあてのものであれば、自分のネットワークの右となりの端末役の人に渡す。
- ③ 自分のネットワークあてのものでなければ、自分の左のルータ役の人に渡す。

このルールのもとに、全員にランダムな宛先のパケット用紙を配布し、自分のIPアドレスを記入させた上でパケット分割を模して紙を3つに切り離させ、データ送信の実習を試みた。

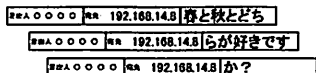
ここでの大きな目的は、①あて先がLANの外であっても、ルータがあることにより、個々の端末は相手の場所を意識せずにデータの送受信ができること ②途中のルータがダウンしていた場合でも、違うルータと情報をやりとりすることにより他ネットワークへの影響を軽減できること ③新たなグループ（LAN）を追加したい時にも、ルータを設置することにより他のネットワークをダウンさせずに同様にやりとりができること ④途中でパケットが失われても、失われたパケットだけを送信すれば効率的であることを理解させることである。例えばルータのダウンでは、あるルータ

## 実習2

「TCP/IP」になって送受信してみよう！！

<準備>

「差出人」の所に自分のアドレス(3カ所全部)を書き入れ、  
 以下のように3つに切り替す。手で切って良い。



(図面に3等分はなくても良いので、自分と宛先のアドレスがわかるように！！)

図4 スライドの例 (実習中)

役の生徒にデータが集中してしまっても、違うルータ役に渡すことにより他のネットワークとの通信は確保できることや、新たなLANの追加では、2クラス合同でも同様に処理できるであろうことが簡単に予想できること、またパケット消失に関しては、送信途中のパケットを1つ教員が密かに抜き出しておくことによってパケットが失われている状況をあえて作りだし、後から再送を全員に着目ながら行うなど、これらの内容が体験的に理解できることが期待できる。

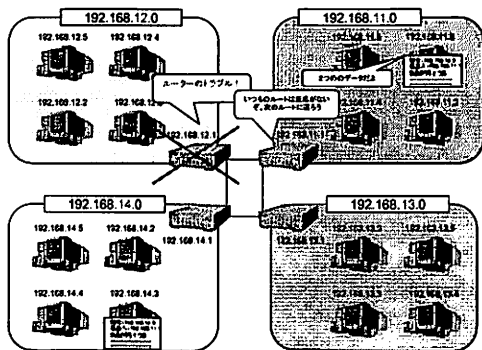


図5 スライドの例 (ルータトラブル)

本来であれば、自分が所属するネットワーク内はさきほど行った「ブロードキャスト」にて行いたかったのだが、ネットワーク外にも声が届いてしまうこと、ルールが複雑になり混乱してしまうことが予想されたため、実習ではほとんどの端末に手渡しで回す方式をとることとした。ブロードキャストについては、実際の通信では併用している場合もあることを口頭で説明する程度にとどめた。

## 4. まとめと課題

授業の終わりに、簡単な復習とともに当日の学習内容を自分の言葉でまとめさせたところ、「ルール(プロトコル)は大切なのだと感じた」「通信のしくみが良くわかった」「良くできているしくみに驚いた」などといった内容が多くみられた。また、平成21年度では、「TCP/IP」「プロトコル」という言葉の意味について理解しているかを確かめる四択問題を一週間後に抜き打ちで行ったところ、「TCP/IP」については約67%が、「プロトコル」という言葉については約80%の生徒が正解を導くことができ、体験的な学習により知識が定着している様子が伺えた。これらの内容や筆者の経験により、生徒からの反応も良く教育効果の高い授業であるとは思われるが、より効果的な授業実践に向け、いくつかの課題を以下に挙げておく。

### (1) どの程度の内容まで追求するか

本校での実践では、できるだけ実際のネットワークの仕組みを意識してやりとりを行うことを心がけたが、高校生がわかりやすいように可視化させ体験させるにはどうしてもある程度の単純化や省略を行わざるを得ない。とはいえ、あまりに単純化させすぎると、何を身につけさせようとしているのかがぼやけてしまいがちになってしまうようにも思われる。他校での例をみると、例えば指導内容をルーティングだけに特化させ、IPアドレスのかわりにトラップのマークでルーティングを行っている実践もある。生徒の習熟度にあわせて教員が適宜判断すべき内容であることはもちろんだが、どの程度まで単純化させるのか、ということは正確さに直結していくために非常に悩ましい問題である。

### (2) どこまで手間をかけられるか

全生徒分の紙パケットを用意するため、それらを印刷したり切り取ったりするのに非常に時間がかかってしまう。また、パケットを毎回切り取ってやりとりをすることにより、クラス間の使い回しができないだけでなく、毎時間紙ゴミであふれてしまう状況にもなる。筆者は仕方なく、途中のクラスからは自分のIPの記入やパケット分割を省略し、「記入したつもり」「分割したつもり」でやりとりを行い、あとで用紙を回収して使い回す、という苦肉の策を行っているが、本来的にはこれは避けたい行為である。できれば、これらの機能が簡単に実現できるような適切な教具が開発されることを強く望みたい。

### (3) どこまで時間をかけられるか

本校では他の分野とのバランスがあり1単位時間の中ですべてを行ったが、数時間をかけて行ってもよい内容であると感じている。特に、前半のブロードキャストによる送受信の実習と後半のインターネットの仕組みややりとりは、内容的にも分けて考えても良いだろう。

なお、この授業では直接的には触れてはいないが、これらネットワーク上での情報をやりとりする仕組みを体験的に理解することにより、その後の授業においてセキュリティを指導する上で科学的な理解から効果的であろうと思われる場面が何度か現れることもわかっている。例えば、ブロードキャストでは、これを悪用したワーム感染による DoS 攻撃やパケットキャプチャ、TCP/IP ではファイヤウォール、パケットの内容を簡単に見られてしまうことから暗号化の必要性などへ展開していく方法である。また、情報モラルを指導する上でも、発信者の痕跡が必ず残ることなどを論理的に説明することが可能となる。本校においても、この体験的な授業の後に情報の受信と発信についてのセキュリティやトラブルを毎年扱っている。それらの実践内容はここでは省略するが、その内容やつながりについてのさらなる研究も今後の課題と言えるだろう。

**謝辞** この実践の基礎を築いた平成19年度東京都「まなび」情報部会および東京教師道場平成19年度「情報」のメンバー、また、本校での取り組みを勤務校で実践されいくつかの課題提起をして下さった東京都立小金井北高等学校の清水紀行氏をはじめ、本研究に御力頂いた皆様に、謹んで感謝の意を表する。

### 参考文献等

- 1) 平成19年度授業改善ネットワーク「まなび」情報部会研究紀要(2008)
- 2) 小原格:平成19年度東京教師道場(第8回)学習指導案(2008)
- 3) 清水紀行:トランプパケットで「パケットって届くんだった!」,平成21年度東京都高等学校情報教育研究会研究大会ポスター発表(2010)
- 4) 小原格:新入生の情報スキルの現状と新学習指導要領を意識した授業計画,日本情報科教育学会第2回全国大会論文集(2009)
- 5) 戸根勤,日経バイト編:完全理解TCP/IPネットワーク,日経BP社(2001)
- 6) 並木秀明,図解ズバッとわかるTCP/IP超入門,技術評論社(2009).