

# ネットワークに関する授業への 効果的な e-learning の適用法

田倉 昭・小野裕次郎・栗原 隆史  
新行内康慈・牧村 信之

## 1. ま え が き

TCP/IP ネットワークに関する授業にドリル形式の e-learning を補助的に適用することにより、講義だけの授業と比較して、学習効果が上がることを示す。社会情報学科デジタルテクノロジーコースの専門科目の一つとして「ネットワーク設定技術」[1]がある。この授業では、TCP/IP ネットワークに関する5つの分野について講義を行っている。5つの分野は、プロトコルとネットワークアーキテクチャ、IP アドレスとサブネット、アプリケーションプロトコル、公開鍵暗号基盤、ブロードバンド通信である。期末に行う筆記試験の結果のみで成績評価を行っている。2009年度までの筆記試験の結果では、5つの分野のうち、IP アドレスとサブネットマスクの分野の問題の正解率が悪い傾向があることが分かっていた。このため、正解率が悪い問題に関する演習問題を増やしたり、その解説に十分な時間をかけて行ったりしてきたが、著しい効果が得られなかった。2009年度に行った期末試験の答案について、問題毎の正解率を求めたところ、正解率が1/3以下である問題が、IP アドレスとサブネットマスクの分野に集中していることがわかった。そこで、正解率が1/3以下の問題をなくすことを目指して、e-learning の適用を行った。

授業の学習効果を上げる手段として e-learning やブレンディッドラーニングのいろいろな適用法が提案されている[2]。筆者らは、コンピュータシステムの設計方法への e-learning の適用を2005年度から行ってきた[3, 4]。問題を解くのに計算を必要とする IP アドレス分野の問題には、個別学習に

より問題を解くドリル形式での e-learning の適用が適していると考えた。コンピュータを使って個別学習ができれば、個人の学力に応じて学習が可能になり、学習効果を上げることができる。

復習やドリル演習を目的とした e-learning を活用できるようにするためには、学習者の実態に即した教材提示が必要となる[2]。IP アドレスとサブネットマスクの計算問題では、連続した IP アドレスの空間を表すサブネットに含まれる IP アドレスが何であるかを求めることが前提となる。この過程において、10 進法と 2 進法の基数変換、IP アドレス固有の表現形式を扱う計算などの段階的な計算を必要とする。2009 年度の期末試験結果の分析により、単純な基数変換の問題から段階的に複雑さが増すような形式で教材を用意することが必要と考えた。そこで、単純な基数変換、IP アドレスの表現形式での基数変換、サブネットに属する IP アドレス、IP アドレスとサブネットマスクからのサブネット特定、サブネットに属する IP アドレス数、サブネットの分割、というように段階的に複雑さが増すような形式で e-learning 教材を用意した。従来から授業中に行っていた演習問題とその解説に加えて、この e-learning 教材を新たに中間試験の前までに学習させた。その結果、中間試験、期末試験のいずれにおいても、IP アドレスの分野において正解率が低い問題を減らす効果が得られた。また、e-learning と中間試験の得点には高い相関関係があった。

更に、他分野にも e-learning を適用することにより、授業の効率も上げることを目指した。暗号技術の分野は、IP アドレス分野に次いで、正解率が低い問題が多くあった。暗号技術の分野では、基本的な概念を理解した上で、実際の場面にどのように適用するのかを理解することが重要である。そこで、この分野にも、個別学習により理解が深まる e-learning が適していると考えた。2009 年度までは暗号技術分野を主な範囲とする 2 回目の中間試験を行うことで、学習効果を上げる方式をとっていた。2010 年度は暗号技術分野については、中間試験の範囲からはずして、e-learning での個別学習のみに切り換えた。この結果、正解率の向上だけでなく、授業時間の効率化の効果も得られた。本論文では、これら二つの分野への実際の適用法を示すとともに、どのように e-learning を適用すると効果が得られるのかを示す。

## 2. 授業の概要

TCP/IP ネットワークの基本的な内容を理解することを目的とする授業「ネットワーク設定技術」に e-learning の適用を行った。

### 2.1. 授業の位置づけ

「ネットワーク設定技術」は、社会情報学部社会情報学科デジタルテクノロジーコースにおける専門科目のうちの選択科目である。2010 年度前期の受講者数は 67 名であった。2010 年度受講者の内訳は、社会情報学部社会情報学科デジタルテクノロジーコースの 2 年生が 9 割程度、残り 1 割のほとんどはデジタルテクノロジーコースの 3 年生であった。

### 2.2. 授業の内容と構成

「ネットワーク設定技術」では、パソコンのネットワークへの接続設定、障害発生時の切り分け、セキュリティに関して安全でないインターネットを使って、安全な通信を行うことができるようにするための知識と技術を身につけることを目的としている。具体例では、1 つのビルに構築したネットワークに組み込まれている機能について、利用する側の立場で理解できる程度の知識を習得することを目指している。

授業の構成は、表 1 の通りとなっている。講義内容については、ネットワークに関する多くの書籍で扱っている共通的な内容である。本授業での教科書 [5] でも、これらの内容を扱っている。

講義内容の理解を深めるために、状況に応じた形式の試験を行っている。表 1 にあるいくつかの「試験」について、どのようなものかを述べる。

**小試験：**授業の最後にその時間に学習した内容に関する問題を扱う。

**確認問題：**配付資料内に記述した問題を解く方式であり、解答の回収は行わない。

**e-learning 小試験：**2010 年度に新たに行った WWW ベースの e-learning 機能を使った試験である。利用した e-learning システムは、十文字学園女子大学で使っている総合教育システム LiveCampus が提供している

表1 授業構成

回数	講義内容	試験（2010年度）	試験（2009年度）
1	ネットワーク基礎知識		
2	プロトコルと階層化	小試験	小試験
3	ネットワークの構成要素		
4	データリンク層とネットワーク層	小試験	小試験
5	ネットワーク層（IPアドレス）に関する小試験の解説	e-learning 小試験（4, 5 回分）	
6	パソコンにおけるルーティング	中間試験（1～5 回分）	
7	通信の仕組み	小試験	小試験
8	ICMP, DHCP		中間試験（1～7 回分）
9	トランスポート層, DNS	確認問題	確認問題
10	アプリケーションプロトコル	小試験	小試験
11	ファイアウォール, ウィルス	中間試験（6～10 回分）	
12	暗号方式, 公開鍵暗号基盤		小試験
13	暗号技術の応用	e-learning 小試験（11～13 回分）	中間試験（8～12 回分）
14	ブロードバンド通信, 無線 LAN		小試験
15	期末試験		

「小テスト」機能である。e-learning 小試験では、学生に解答は示さない方式を採用した。学生は、期間中に何度でもやり直すことが可能である。

**中間試験：**授業時間数にして5回から7回分の授業内容についての筆記試験である。2009年度、2010年度ともに、中間試験を2回行った。2009年度と2010年度では、試験範囲を変えている。2009年度では、授業回数の前半と後半に1回ずつの中間試験を行った。2010年度では、全体を1/3ずつに分割して、最初と2回目の1/3について、中間試験を行った。

**期末試験：**中間試験と同じあるいは類似の問題を7割出題し、残り3割は

それまでに出題していない応用問題を出題している。

中間試験および期末試験で出題する問題は、基本情報技術者試験，旧初級システムアドミニストレータ試験，ドットコムマスタ シングルスターの過去問題あるいは同程度の問題である。中間試験と期末試験は，すべてが選択問題の形式である。中間試験 2 回の問題数は，2010 年度は 34 問と 50 問であり，2009 年度はどちらも 50 問であった。期末試験の問題数は 100 問であった。

### 3. 2009 年度試験結果の分析と正解率向上のための対策

図 1 に 2009 年度の期末試験に関する正解率のグラフを示す。横軸は問題番号を表している。問題番号と分野の対応は次の通りである。

- プロトコル： 1～8
- IP アドレス： 9～30
- 暗号技術： 30～66
- その他： 67～100

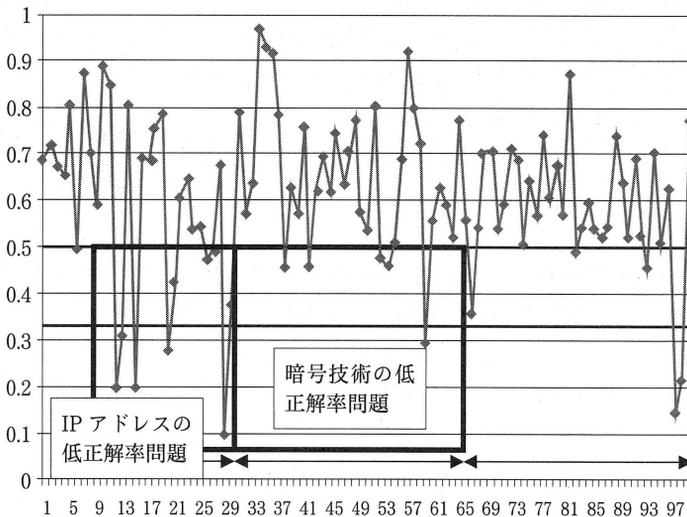


図 1 2009 年度期末試験の問題別正解率

2009年度の期末試験の結果から正解率の低い問題の個数を、分野毎に求めたのが表2である。分野名の後にある括弧内の数字は問題数を表す。正解率の「1/2以下」の行にある数字は、正解者の割合が1/3から1/2であった問題の個数、「1/3以下」の行にある数字は、正解者の割合が1/3以下であった問題の個数を表す。

表2 2009年度の期末試験結果における分野別低正解率分布

分野 正解率	プロトコル (8)	IP アドレス (22)	暗号 (36)	その他 (34)
1/2以下	1	4	4	2
1/3以下	0	5	1	2

表2において、「プロトコル」分野の問題は、プロトコル、より具体的にはTCP/IPで使うプロトコルアーキテクチャに関する概念の理解や知識を問う問題である。その他は、TCP/IPに関連する概念や知識を問う問題である。「IPアドレス」分野において不正解率が高い問題が最も多くあり、「暗号」分野の問題に対する不正解率が次に高い。「その他」分野の不正解率の高い問題は、知識を問う問題であり、分野や手法などに関する構造的な問題ではない。そこで、IPアドレスと暗号の分野に関して、e-learningを適用して不正解率が高い問題をなくすための対策を実施した。

IPアドレス分野の問題は、IPアドレスの計算方法などを扱い、意味を理解してIPアドレスをパソコンに設定することができたり、さらにIPアドレスの割り当てに関する設計を行うことができたりするかを問う問題である。2進法と10進法の相互変換に加えてIPアドレス固有の計算方法の理解が必要となる。計算問題については、個人ごとの学習ペースで数多く問題を解くことで、方式について習熟させることで正解率を上げることができると考えた。

暗号分野では、現代暗号の難解な数学的理論を理解するのではなく、暗号技術の数学的理論はブラックボックスとして扱い、暗号技術の基本的な使い方や特徴を理解した上で、現実の世界での利用に暗号技術をどのように適用するのかという方法について問う問題が多い。そこで、どのように暗号技術を使うのかを考える問題を多く解くことで、方式の理解をさせることで正解

率を上げることを目指した。

#### 4. e-learning 適用後の正解率の改善結果

図 2 に 2010 年度の期末試験に関する正解率のグラフを示す。横軸は問題番号を表し、問題番号と分野の対応は次の通りである。

- プロトコル：1～9
- IP アドレス：10～24
- 暗号技術：25～58
- その他：59～100

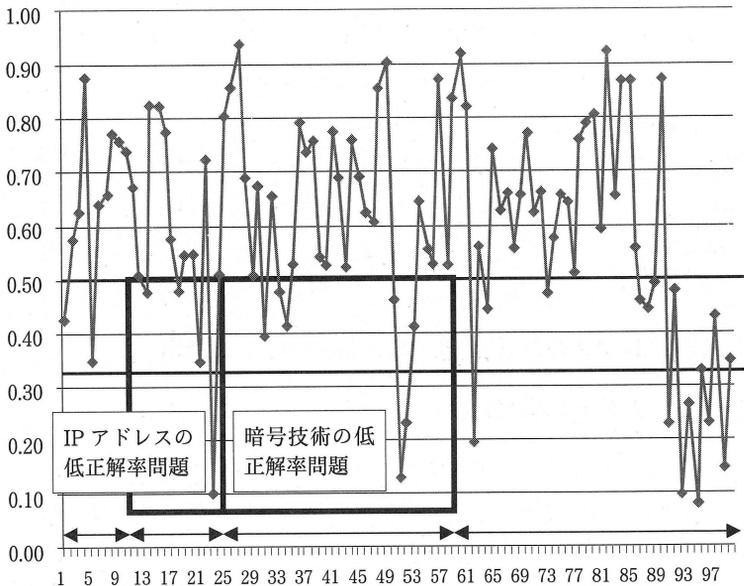


図 2 2010 年度期末試験の問題別正解率

2010 年度の期末試験の結果から、正解者数の割合を問題毎に求めたのが表 3 である。分野名の後にある括弧内の数字は問題数を表す。正解率の「1/2 以下」の行にある数字は、正解者の割合が 1/3 以上 1/2 以下であった問題の数、「1/3 以下」の行にある数字は、正解者の割合が 1/3 以下であっ

た問題の個数を表す。IP アドレスと暗号の分野に関して、正解率が 1/3 以下の問題数が 1 個に減った。正解率が 1/2 以下の問題数についても 2 分野合わせて 6 個に減った。この 2 分野に関しては、次節以降で述べる e-learning の適用により、正解率が低い問題を減らすという所期の目的を達成することができた。

その他の分野に関して昨年度と比較して極端に成績が悪くなったことについて分析を行う。不正解率が多かった問題のほとんどは、第 14 回の内容に関する出題である。2009 年度は、第 14 回の最後に確認問題を解かせていた。今年度は、IP アドレスと暗号技術という最も大事な分野に関して、第 13 回までの授業の進め方に余裕を持たせた。このため、第 14 回で確認問題を行う時間を取ることができなかった。この部分については、来年度は e-learning を適用することで解決を図る予定である。

表 3 2010 年度の試験結果

分野 正解率	プロトコル (9)	IP アドレス (15)	暗号 (34)	その他 (42)
1/2 以下	2	3	5	7
1/3 以下	0	1	1	7

## 5. IP アドレスの計算問題への e-learning の適用

### 5.1. IP アドレスの計算問題

IP アドレスは 32 ビットの数字であり、ネットワーク部とホスト部という 2 つの部分から構成される。ネットワーク部とホスト部の境界は、別々に与えられる 32 ビットの数字であるサブネットマスクによって決まる。図 3 は IP アドレスとサブネットマスクの関係を示したものである。サブネットマスクは、上位ビットに 1 が連続し、残りの下位ビットに 0 が連続する。1 が連続する部分のビット数が IP アドレスのネットワーク部を表し、0 が連続する部分のビット数がホスト部を表す。

IP アドレスもサブネットマスクも、8 ビットずつに区切って、ドット (.) で結んだ 4 つの 10 進数で表すことが多い。このドットで区切った表現は、

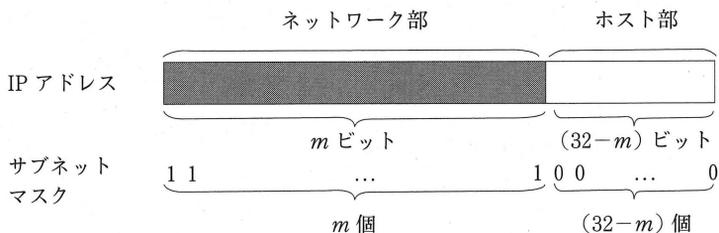


図 3 IP アドレスとサブネットマスク

ネットワーク部とホスト部の境界とは無関係である。このため、IP アドレスを扱うときには、10 進法と 2 進法の基数変換を行い、IP アドレスに現れるドットとは無関係にネットワーク部、ホスト部で個別に演算を行う必要がある。この表現形式と表現内容の不一致が、IP アドレスの計算問題を分かりにくくしている原因の一つである。

## 5.2. 作成した e-learning 教材と利用法

従来から、IP アドレスの計算問題の成績がよくないことが分かっていた。その対策として、机上での練習問題を増やしたり、その解説を詳細に行ったりする対策を行ってきた。しかし、昨年度の試験の分析結果が示すように、依然として学生にとって最も苦手な分野となっている。そこで、2010 年度は、新たに IP アドレスに関するいろいろな種類の計算問題だけを e-learning 教材として作成し、授業時間外に解答させた。

IP アドレスに関する e-learning 教材を、表 4 の通り作成した。「基数変換」は文字通り、基数変換の問題である。ネットワーク部、ホスト部の長さは、IP アドレス表現での基数変換の問題である。それ以外の問題は、IP アドレス、サブネットマスク、サブネットなどの組合せから、サブネットに属する IP アドレスの全体を求めることが前提となる問題である。このような問題のうち、正解率が悪い問題の例を 2 つ示す。

- 例 1 サブネットマスクが 255.255.255.252 であるサブネットに含まれる IP アドレスを使って、最大で何台のノードに IP アドレスを割り当てることができるか。

表 4 IP アドレスに関する e-learning 教材

問題の種類	問題数
基数変換	8
ネットワーク部, ホスト部の長さ	4
サブネットに属する IP アドレス	5
ネットワークアドレス	4
ブロードキャストアドレス	4
割り当て可能なノード数	5
サブネットの分割	4

例 2 サブネット 210.10.127.64/27 を 2 個のサブネットに等分したときに、1 つのサブネットは 210.10.127.64/28 である。もう 1 つのサブネットはどれか。

210.10.127.64/29, 210.10.127.80/28, 210.10.127.128/28, 210.10.127.96/28

### 5.3. IP アドレスの計算問題に e-learning を適用した結果

IP アドレスの計算問題に関する e-learning 教材については、第 6 回に行った中間試験の前までに学習するようにするため、第 6 回の授業前までに完了するように指示した。第 6 回の授業日に試験問題そのものの公開を終了した。学生には、解答は示さない方式を採用した。e-learning 小試験の受験者は、履修登録者 67 名のうち 55 名であった。

e-learning 教材の効果を調べるために、e-learning 小試験、中間試験と期末試験の結果分析を行う。中間試験では、IP アドレスに関して 18 問、それ以外を 15 問出題した。e-learning での小試験の平均点は 67 点であり、中間試験の平均点は 55 点であった。中間試験における IP アドレスとそれ以外の問題の平均点をどちらも 100 点満点換算にすると、それぞれ 59 点と 46 点であった。正解率が 1/3 以下となった問題は 1 問であり、正解率が 1/3 から 1/2 であった問題は 5 問であった。e-learning 小試験と中間試験の IP アドレスの問題との相関係数は、0.69 であり、十分な相関がある。

次に、中間試験と期末試験における IP アドレス分野の得点について 100

IP (e-learning と中間) 相関係数 0.69

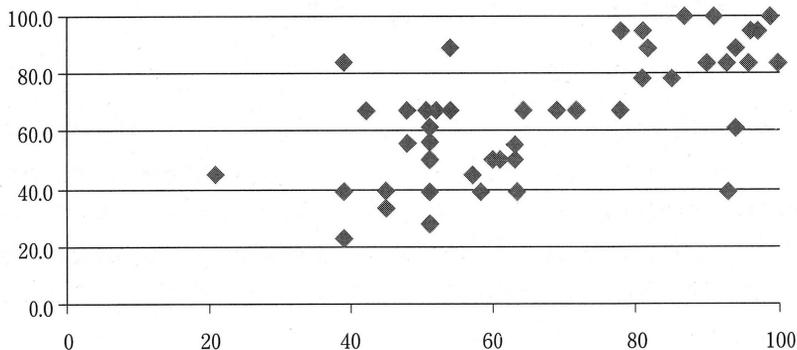


図4 IP アドレス分野における e-learning と中間試験の結果

点満点換算で比較を行った。期末試験における IP アドレスの問題数は 15 問であり、IP アドレス分野の平均点（100 点満点換算）は 57.4 であった。それらの間の相関係数は 0.69 である。期末試験における 1/2 から 2/3 の不正解問題数は 3 個、2/3 以上の不正解問題数は 1 個であり、合計すると 4/15 である。2009 年度の不正解率が 1/2 以上の問題数が 9/22 であったことと比較すると効果があったことが分かる。

IP (中間と期末) 相関係数 0.69

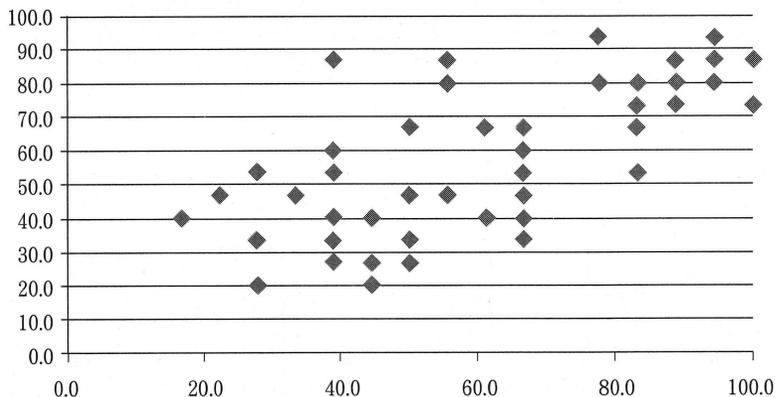


図5 IP アドレス分野における中間試験と期末試験の結果

## 6. 暗号技術分野への e-learning の適用

### 6.1. 暗号技術の問題

暗号技術の問題については、基本的な暗号技術の使い方や特徴を理解することが重要である。方式を理解してしまえば、基本情報技術者試験で出題される程度の問題であれば、決して難しいものではない。インターネットで使われる基本的な暗号方式には、共通鍵暗号と公開鍵暗号がある。共通鍵暗号は、暗号化と復号で同一の鍵を使う方式である。日常生活で使う鍵の使い方とよく似ている。

もう一つの暗号方式は公開鍵暗号である。公開鍵暗号では、暗号化と復号で異なる鍵を使う。これら二つの鍵を公開鍵と秘密鍵と呼ぶ。公開鍵は、秘密にする必要はなく、誰に公開してもよい。これに対して秘密鍵は、その所有者が厳重に管理し、誰にも知られないようにしなければならない。公開鍵で暗号化を行うと、対応する秘密鍵でしか復号することができないという特

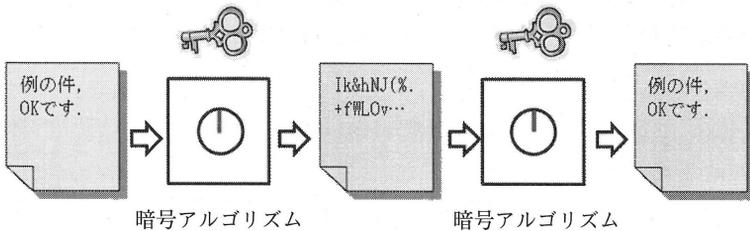


図6 共通鍵暗号

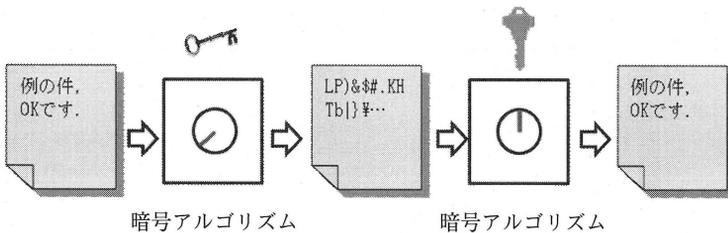


図7 公開鍵暗号

徴がある。日常生活で使う鍵とは使い方が異なる。公開鍵暗号では、秘密鍵と公開鍵の使い方を入れ替えた使い方が可能である。鍵を入れ替えて使うと、デジタル署名として利用することができる。これらの使い方を、日常の場面でどのように使い分けるのかを理解することが重要である。

## 6.2. 作成した e-learning 教材と利用法

前節で述べたように、暗号技術は、その数学的な原理は別として、使い方は難しいものではない。しかし、日常生活で使う鍵の使い方からは容易には想像できない使い方をする。このため、知識として学習しただけでは、理解しにくい面がある。これらの暗号技術を現実の世界でどのように利用するかが重要であり、授業「ネットワーク設定技術」で扱っている内容である。暗号技術の分野は、基本情報技術者試験等では必ず出題される大事な分野である。そこで、どのような場面でどういう使い方をするのか等について問う問題を e-learning 教材として作成し、授業時間外に解答させた。

暗号技術分野に関する教材は、基本情報技術者試験と旧初級システムアドミニストレータの過去問題から 33 題を使った。どちらの教材も、すべて四者択一問題である。使った e-learning システムは、十文字学園女子大学の総合教育システムで提供している「小テスト」機能である。

## 6.3. 暗号技術分野に e-learning を適用した結果

暗号技術分野の e-learning 教材については、第 15 回の期末試験前までに行うようにするため、第 15 回の期末試験の日に公開を終了した。暗号技術に関して、e-learning 小試験と期末試験の結果について分析する。暗号技術に関しては、2009 年度までは、2 回目の中間試験を 13 回目の授業で行い、そこで暗号技術に関する問題を出題していた。期末試験に出題した暗号技術に関する問題は、中間試験で出題したものがほとんどであった。このような試験の形式では、方式の理解よりも解答の暗記問題になっていた可能性がある。そこで、2010 年度は解答を一切提示しない形式で、e-learning 小試験を期末試験の前までに行う方式を採用した。

e-learning 小試験の受験者は、履修登録者 67 名のうち 54 名であった。e-learning 小試験の平均点は 73.2 点、期末試験における暗号技術分野に関

する 100 点満点換算での平均点は 65.6 であった。それらの間の相関係数は 0.67 である。期末試験における不正解率が  $1/2$  から  $2/3$  の問題数は 5 個、不正解率が  $2/3$  以上の問題数は 1 個であり、合計すると  $6/34$  である。前年度において不正解率が  $1/2$  以上の問題数が  $5/36$  であったことと比較すると、少し不正解率の高い問題が増加した。しかし、解答を一切示さない方式で行った試験であることを考えると、暗記問題ではない形でほぼ同程度の結果になったことが評価できる。すなわち、新たな利用場面を想定した出題を行っても、正解できるだけの理解が深まったと期待できる。

## 7. あとがき

TCP/IP プロトコルについての講義形式の授業である「ネットワーク設定技術」において、昨年度の期末試験の結果を分析し、学生の理解を深める必要がある部分として IP アドレスと暗号技術を定めた。これら二つの分野に、e-learning 形式で行う e-learning 小試験を適用することにより、理解を深められることが分かった。IP アドレス分野については、計算が伴うため何度も繰り返し練習を行って理解することが必要であり、e-learning の適用分野として最適な分野である。事前の授業時間内において、十分な机上での練習問題の実施とその解説を行っておいたことと組み合わせたことで、所期の目的が達成できたと考えられる。暗号技術分野に関しては、初めて学ぶ人間にとって日常生活で使う方式では想像しにくい方式を使うため、繰り返しさまざまな利用場面での適用方式を学習する e-learning が適している。

IP アドレス、暗号技術のどちらの分野の e-learning 小試験においても、学生に問題に対する正解を一切示さない方式を採用した。その結果、学生は授業時間中に配付した資料や教科書を復習しながら e-learning 小試験を受験することになったので、理解が深まったと考えられる。知識問題については、さらに e-learning の適用範囲を広げることで、授業時間の不足に対する対策として利用可能と考えられる。来年度の授業での適用を考えたい。

### 謝 辞

本論文の査読者に、論文を読み易くするための有益な助言を数多く頂いたことを感謝いたします。

参考文献

- [1] 十文字学園女子大学 Web シラバス 2010 「ネットワーク設定技術」〈<http://www.jumonji-u.ac.jp/jimu/kyoumu/syll/shajyo/pdf/s21-44.pdf>〉, 2010 年 4 月。
- [2] 宮地功編著, 安達一寿, 内田実, 片瀬拓弥, 川場隆, 高岡詠子, 立田ルミ, 成瀬喜則, 原島秀人, 藤代昇丈, 藤本義博, 山本洋雄, 吉田幸二著「e ラーニングからブレンディッドラーニングへ」共立出版, 2009 年 5 月。
- [3] 牧村信之, 新行内康慈, 小野裕次郎, 田倉昭「e ラーニングによる小テストの学習効果の分析について」『社会情報論叢』第 12 号, pp.1-15, 2008 年 12 月。
- [4] 小野裕次郎, 牧村信之, 栗原隆史, 田倉昭, 新行内康慈「e-learning における小テストの学習効果の分析について」『社会情報論叢』第 13 号, pp.129-139, 2009 年 12 月。
- [5] 竹下隆史, 村山公保, 荒井透, 荻田幸雄著『マスタリング TCP/IP 入門編 第 4 版』オーム社, 2007 年 2 月。