

# 意思決定スキル向上のためのトレーニング課題自動生成

程 秋濤<sup>\*1</sup> 長谷川 忍<sup>\*2,1</sup>

<sup>\*1</sup> 北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科

<sup>\*2</sup> 北陸先端科学技術大学院大学 情報社会基盤研究センター

## An Automatic Training Task Generation System for Improving Decision-making Skills

Qiutao Cheng<sup>\*1</sup> and Shinobu Hasegawa<sup>\*2,1</sup>

<sup>\*1</sup> Graduate School of Advanced Science and Technology, JAIST

<sup>\*2</sup> Research Center for Advanced Computing Infrastructure, JAIST

The purpose of this study is to develop a training environment for improving decision-making skills in information security. This paper describes the following three parts in detail to propose a task generation method that focuses on learners' weakness intensively. (1) Definition of difficulty of training tasks, (2) Modeling of learners' decision-making skills, (3) Generation of training tasks according to their skills. Besides, we discuss the design of the proposed environment with decision-making skills to discriminate phishing emails.

キーワード：セキュリティ教育，意思決定スキル，課題の難易度，フィッシングメール訓練

### 1. はじめに

情報通信技術(ICT: Information and Communication Technology)の進化に伴い，現代社会においては，我々の仕事やライフスタイルは大きく変化している．特に，IoT(Internet of Things)技術により，身の回りのあらゆるものがインターネットに接続されるようになり，その利便性ははるかに向上した．一方で，こうした情報通信技術の進化の負の側面として，サイバー攻撃の複雑化・多様化が社会問題となっている．サイバー攻撃の進化とその防御技術の発達はいちちこの関係にあり，新たに起こる全ての種類の攻撃を技術的に防ぐことは困難である．このような状況で，「総務省における情報セキュリティ政策の推進に関する提言」<sup>(1)</sup>では，高度化するサイバー攻撃に対応し，迅速かつ的確な意思決定を行うためのセキュリティ教育の改革を重要な課題として挙げている．つまり，製品等を開発する側である技

術者のセキュリティに関するスキルを向上させるだけでなく，情報通信技術を利用する我々ユーザ自身が情報セキュリティに関する意識を身につけることが非常に重要である．

しかしながら，情報通信技術の進歩は非常に目覚ましく，情報セキュリティに関連する知識は陳腐化が起りやすくなっている．さらに，意思決定を成功に導くためには，知識を学ぶだけでなく，演習等の実践的な学習を通じてそのスキルを向上させることが期待される．増加するインターネットユーザに対してこうした実践的な学習の場を提供する物理的なリソースには限りがあるため，オンラインで学習者が意思決定スキルを向上するためのトレーニング環境を提供することは重要な課題の一つである．

本研究ではセキュリティに関する意思決定スキルの向上のためのトレーニング環境を開発することを目指している．特に本稿では，学習者の弱点を集中的にトレ

ーニングする為の課題生成手法の提案として、(1)トレーニング課題の難易度の定義、(2)学習者の意思決定スキルの表現、(3)スキルに応じたトレーニング課題の生成、についてそれぞれ説明し、フィッシングメールを判別するスキルを対象としたトレーニング環境の設計について述べる。

以下、2章では関連研究について述べる。3章では先行研究で提案された意思決定トレーニングモデルと、その中での本研究の位置づけについて議論する。4章ではトレーニング課題に対する難易度の定義について提案する。5章では学習者の意思決定スキルを表現するモデルについて議論する。6章ではスキルに応じたトレーニング課題の生成手法について提案する。7章では、トレーニング課題の難易度設定の妥当性について、実際のメールで確認したケーススタディについて述べる。8章ではシステム評価の計画について説明し、9章ではまとめと今後の展望について述べる。

## 2. 関連研究

本稿では、情報セキュリティにおいて学習者の弱点を反映した意思決定トレーニングを実現する観点から、情報セキュリティ教育および適応的な学習支援に関する関連研究について概説する。

### 2.1 セキュリティ教育

川上らは情報セキュリティ教育のための e ラーニング教材作成システム ELSEC を開発した<sup>(2)</sup>。この研究は、脅威の変化に合わせてセキュリティ教育の効果と柔軟性を高めるために、アニメーションを利用して e ラーニング教材を作成するためのものである。

また、藤田らは学習者のセキュリティアウェアネスを強化するために、パスワード強化要素を組み込んだゲームを実装した<sup>(3)</sup>。この研究では、ゲームの前に、パスワードをコマンドとして登録しておき、ゲーム中の適切なタイミングでパスワードの入力をゲームのプレイヤーに求める。ユーザはゲームを遊びながら強力なパスワードの記憶などのセキュリティに関する意識やスキルを自然に高めることが可能である。

Beuran らはセキュリティ教育の学習コンテンツの管理プラットフォーム CyLMS を開発した<sup>(4)</sup>。このシステ

ムは SCORM フォーマットを用い、学習コンテンツをパッケージ化して広く使用されている e ラーニングプラットフォームである Moodle LMS と統合し、学習コンテンツを作成・管理する。これにより、教師や学習者の負担を減らすことや他の分野における教育学習コンテンツを簡単に作成することを可能にした。

しかし、これらの研究で利用される教材は固定的であり、多くの学習者に知識やスキルを伝達できる反面、学習者の理解度に応じた教育を行う上では不十分である。

### 2.2 適応的学習支援

菅沼らは学生の理解度と問題の難易度を動的に評価する練習問題自動生成システムを開発した<sup>(5)</sup>。このシステムは出題用の XML タグを設計し、学生の理解力に応じた練習問題を XML 文書から選択問題、穴埋め問題、誤り訂正問題の三つの形式で出題する。しかしながら、学習者の理解度に応じた練習問題を自動的に出題するために、事前に十分な数の出題用のタグを用意しなければならず、教師に大きな負担がかかる。また、このシステムは、学習者の問題に対する解答の正誤により学習者の理解度を計算し、それに応じた難易度の問題を出題できるが、学習者の弱点を補足することは考慮されていない。

一方、津森らは理解状況に適応した多肢選択式問題の自動生成に関する構想を提案した<sup>(6)</sup>。この研究では、教師の出題負担を減らし、学習者が効率的かつ効果的な検定試験や資格試験の対策学習を行うことを目的として、学習者の不得意分野を繰り返し学習するための問題を自動的に生成するシステムを提案した。このシステムでは、事前に選択肢となる単語を知識ベースに集めて語彙に関するシステムの構築を行い、選択肢を変更する事により、選択問題の難易度を制御する。しかしながら、学習者の理解度に応じた練習問題を出題するためには、全ての選択肢となる単語に対して学習者の理解度を与えることが必要であり、また、練習問題の選択肢間の関連度と選択肢の難易度を設定しなければならない。

また、金子らは学習者の不得意分野を同定する CAI システム (学習者モデルと教授ロジックの提案) を開発した<sup>(7)</sup>。このシステムでは形式知学習において学習者の

不得意分野を把握するために、既存のオーバーレイモデルを拡張して、学習者の不得意分野を自動的に同定する機能を有している。ここで、形式知とは、記号や数式などで表現できる顕在的な知識である。そのため、意思決定スキルのような、手掛かりを発見し、状況を把握してから問題を判断するといったスキルを向上させるために適用できるかどうかは明らかではない。

大坪らは、学習者が色を識別するスキルを向上させるデジタル化のトレーニングする環境を開発した<sup>(8)</sup>。この研究では、学習者が見た色を再現できるように、色の要素の差に関するトレーニングを行う。さらに、トレーニングする際に、オーバーレイモデルを利用して学習者の色の識別能力を把握し、弱点を優先的に出題する手法を実現した。

このように、形式知や色の識別能力といった領域でオーバーレイモデルを活用した適応的学習支援が提案されている。意思決定トレーニングにおいては、顕在的な知識の記憶よりも適切な行動の繰り返しによる定着が重要であるため、適応的な学習支援の必要性がより大きいといえる。

### 3. 意思決定トレーニングモデル

人間が意思決定する過程は図 1 に示す 4 つのステップで構成される<sup>(9)</sup>。

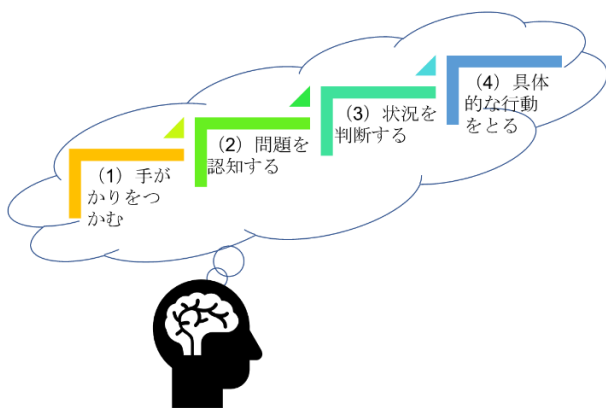


図 1. 意思決定のプロセス

このため、意思決定の過程においては、単一の知識やスキルだけで正解の行動をとれるとは言えない。

先行研究において我々は、情報セキュリティアウェ

アネス向上のための意思決定トレーニング環境を提案した<sup>(10)</sup>。図 2 に示すように、情報セキュリティ教育はセキュリティ知識（ポリシー・ガイドライン）、意思決定スキル、アウェアネスの三つの要素によって構成されている。つまり、ここでの意思決定スキルは、インシデントというセキュリティの事情や現象を対応するため、セキュリティ知識を基準とし、適切な行動を選択するプロセスであるといえる。

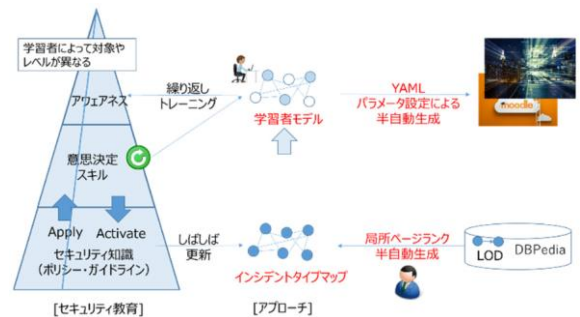


図 2. 情報セキュリティ教育の構成要素<sup>(10)</sup>

情報セキュリティにおいては、インシデントは事象の種類、被害の影響範囲の広さ、対策する時間やコストなどから構成される。そこで、本研究ではインシデントの構成要素に対する学習者の気づき（アウェアネス）のレベルを意思決定スキルと定義する。つまり、学習者の弱点とは、学習者が気付にくいインシデントの構成要素であり、そうした要素に気付くことを促進するためにトレーニング課題を生成することが、本研究の具体的なタスクとなる。

以上の考察から、本研究の課題は 3 つに分割することができる。

(a) インシデントの構成要素は様々なものがあり、気付しやすいものもあれば気付にくいものもある。これらを元に生成するトレーニング課題の難易度を定義する。

(b) 前章で述べた大坪らのオーバーレイモデルを参考に、インシデントの構成要素に対する学習者のアウェアネスを表現した意思決定スキル表現モデルを開発する。

(c) 学習者とトレーニング課題のミスマッチを減らすために、図 3 に示すように、意思決定スキルに応じたトレーニング課題を生成する。

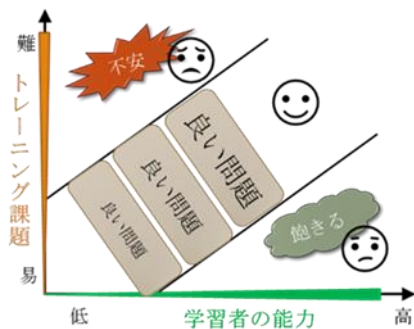


図 3. スキルに応じたトレーニングの提供

#### 4. トレーニング課題の難易度の定義

本研究では、通常のメール、スパムメール、フィッシングメールを判別するスキルの向上を具体的な事例としてトレーニング環境を開発している。トレーニング課題の難易度を定義する前に、トレーニング課題の観点としてのメールの構成要素を表すトレーニング項目という概念を導入する。

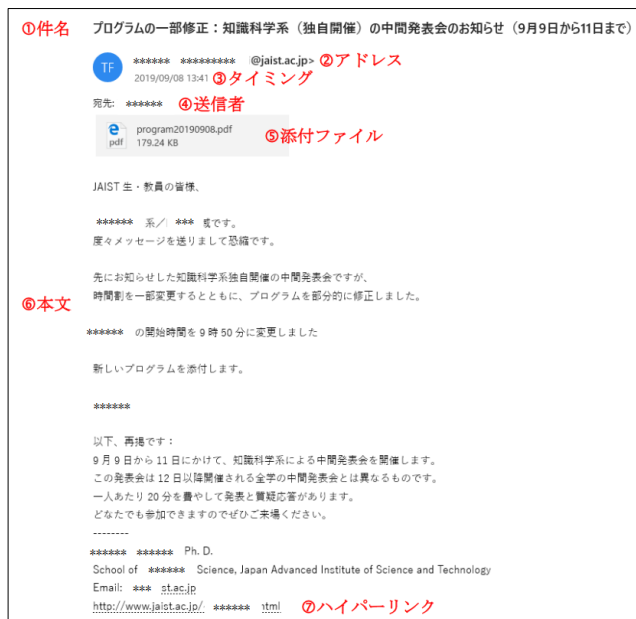


図 4. トレーニング項目

図 4 に示すように、本研究では、フィッシングメールを判別するためのポイントとして、メールの送信者、アドレス・リスト、件名、タイミング、本文、ハイパーリンク、添付ファイルの 7 つの視点をトレーニング項目として採用した。

学習者のスキルレベルに応じたトレーニング課題を

生成するためには、まずトレーニング課題の難易度を定義することが必要である。そこで本研究ではトレーニング課題の難易度を次のように定義する。

表 1 にメールの送信者に関する典型的な条件を示す。まず、前述した 7 つのトレーニング項目に対して同様に分類条件を整理する。

表 1. メール送信者の分類条件

| 項目  | 条件                |
|-----|-------------------|
| 送信者 | 通常のやりとりしている送信者    |
|     | 通常のやりとりをしていない送信者  |
|     | 会社や銀行・学校等を偽装した送信者 |
|     | メールリグリスト          |

トレーニング課題  $X$  が通常のメールである条件付確率を  $P(a|X)$ 、フィッシングメールである条件付確率を  $P(b|X)$ 、スパムメールである条件付確率を  $P(c|X)$  とそれぞれしたとき、 $1-(|P(a|X)-P(b|X)|+|P(a|X)-P(c|X)|+|P(b|X)-P(c|X)|)/2$  の値が大きいほど、トレーニング課題として難しいと定義する。トレーニング課題に対する難易度をこのように定義することにより、学習者のレベルに応じたトレーニング課題を設定することが可能となる。

なお、 $P(a|X)$ 、 $P(b|X)$ 、 $P(c|X)$  はそれぞれ式(1)のナイーブベイズにより求める。ここで、 $X_1, \dots, X_n$  はメールの各項目の分類条件であり、 $Y$  はメールの種類（普通のメール、フィッシングメール、スパムメール）である。

$$P(Y|X_1, \dots, X_n) = \frac{P(Y)P(X_1, \dots, X_n|Y)}{P(X_1, \dots, X_n)} \quad (1)$$

ただし、 $Y=\{a, b, c\}$ 。

#### 5. 学習者の意思決定スキルの表現

本研究では、大坪らによる色判別スキルトレーニングにおけるオーバーレイモデル<sup>(7)</sup>を参考に、学習者がそれぞれのトレーニング項目についてどの程度のレベルに達しているかを表現する学習者モデルを提案する。なお、学習者の各項目の学習レベルはレベル 1(Lv1)からレベル 5(Lv5)までの 5 段階を設定する。学習者モデルはトレーニング課題に対する成否によって更新され、学習者がフィッシングメールの判別時に気付にくい弱点項目を補足することができる。

表 2 に学習者の意思決定スキルに関するオーバーレイモデルを示す。課題を行っていない場合は正答率が -1 となっており、課題を行った場合はその正答率が表示されている。これにより、出題時に正答率の低い項目を優先的にトレーニングさせることができる。

表 2. 意思決定スキルのオーバーレイモデル

| 項目      | 学習レベル |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|         | レベル   | 正答率 | レベル | 正答率 | レベル | 正答率 | レベル | 正答率 | レベル | 正答率 |
| 件名      | Lv1   | -1  | Lv2 | 100 | Lv3 | 70  | Lv4 | -1  | Lv5 | -1  |
| メールアドレス | Lv1   | -1  | Lv2 | 100 | Lv3 | 100 | Lv4 | -1  | Lv5 | -1  |
| 送信者     | Lv1   | -1  | Lv2 | 100 | Lv3 | 80  | Lv4 | 60  | Lv5 | -1  |
| タイミング   | Lv1   | -1  | Lv2 | 100 | Lv3 | 100 | Lv4 | 100 | Lv5 | -1  |
| 添付ファイル  | Lv1   | -1  | Lv2 | 80  | Lv3 | 40  | Lv4 | -1  | Lv5 | -1  |
| 本文      | Lv1   | -1  | Lv2 | 90  | Lv3 | 90  | Lv4 | 70  | Lv5 | -1  |
| ハイパーリンク | Lv1   | -1  | Lv2 | 30  | Lv3 | -1  | Lv4 | -1  | Lv5 | -1  |

## 6. スキルに応じたトレーニング課題の生成

本研究ではトレーニング課題の生成を以下のフェイズにわけて実現する。

- (1) 初期状態における学習者のスキルレベルの推定,
- (2) 学習者のスキルレベルを反映した適応的トレーニング課題の生成.

### 6.1 初期レベルの推定

トレーニング開始時はシステム上に学習者の情報が何も存在していないため、学習者のスキルを反映した支援を行うことができない（コールドスタート）。そのため、図 5 に示すようなステップで学習者の初期状態を推定する。

具体的には、初回のテストでは全ての項目がレベル 2 となるトレーニング課題を出題し、正解の場合は初期レベル 3、不正解の場合はレベル 1 からスタートする。

### 6.2 適応的トレーニング課題の生成

学習者の基本レベルが推定できたら、一部の項目に対して 1 段階上のレベルのトレーニング課題を提示する。正解した場合は学習者モデルの当該項目のレベルが更新される。さらに次のトレーニング課題を生成するときには、他の項目よりレベルの低い項目のレベル向上を優先した課題が生成される。

図 6 に、学習者の初期状態把握後の適応的課題生成の具体例について示す。ここでは、学習者はハイパーリンクに対するスキルレベルが低くなっているため、そ

の項目が判断基準として重要となる課題を生成し、他の項目についてはわかりやすい判断基準を用いる。

また、同一項目の課題が重複して出題されることを避けるために、項目の各分類条件に対し、条件に応じたトレーニング課題を準備し、複数のパラメータを変更して各項目の分類条件の課題を組み合わせ出題する。

学習者がトレーニング課題を解答した後に、システムは正解不正解を判断し、不正解であれば、学習者が注目すべき項目をフィードバックする。学習者のトレーニング課題への回答結果は次のトレーニング項目の難易度を左右する。正解の場合は、次のトレーニング課題はより難しくなり、不正解の場合は、トレーニング課題はより易しくなる。

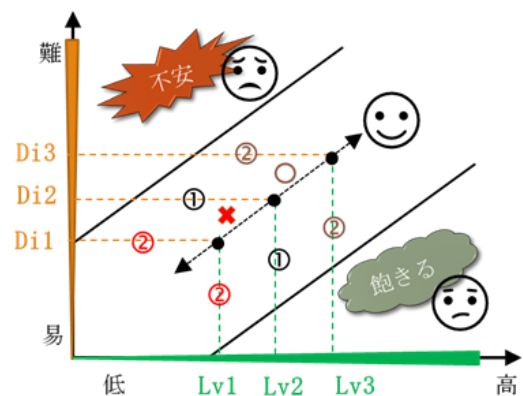


図 5. 初期レベルの推定

| トレーニング項目 | レベル | 正答率 |
|----------|-----|-----|
| 送信者      | Lv3 | 90  |
| アドレス     | Lv3 | 80  |
| 件名       | Lv3 | 70  |
| ハイパーリンク  | Lv2 | 20  |
| 本文       | Lv3 | 60  |
| タイミング    | Lv4 | 60  |
| 添付ファイル   | Lv2 | 50  |

ハイパーリンクに関するメールに優先的に出題

+

複数のパラメータを変更

図 6. 適応状態での出題方法

## 7. ケーススタディ

本研究では、ケーススタディとして課題の難易度が適切に設定できるかどうかを確かめるために、まず 200 通の普通のメール、フィッシングメール、スパムメールを収集し、表 3 に示すトレーニング項目ごとの分類条

表 3. 項目ごとの分類条件

| 項目      | 条件                                 |
|---------|------------------------------------|
| 送信者     | 通常のやりとりしている送信者                     |
|         | 通常のやりとりをしていない送信者                   |
|         | 会社や銀行・学校等を偽装した送信者                  |
|         | メーリングリスト                           |
| アドレス    | 送信者情報と送信元アドレスが一致している               |
|         | 送信者情報と送信元アドレスが一致していない              |
|         | 送信元アドレスが偽装されている(1を1で偽装するなど)        |
| 件名      | 自分の事や業務とは関係性がない                    |
|         | 自分の事や業務とは関係性がある                    |
|         | 即座の行動をとることを要求する                    |
| タイミング   | 昼(7:00-20:00)                      |
|         | 夜(20:00-7:00)                      |
| 添付ファイル  | なし                                 |
|         | 資料、ファイル、写真                         |
|         | 実行形式のファイル                          |
| ハイパーリンク | アドレスの最後が常用(.comや.jp)でないもの          |
|         | ブランド画像やロゴ、トレードマークになっているもの          |
|         | 会社や銀行、学校のアドレスを偽装したもの               |
|         | URLが表示されていないもの(“こちら”をクリックしてくださいなど) |
|         | 正常なアドレス                            |
|         | なし                                 |
| 本文      | 個人情報の確認・修正・ログイン要求がある               |
|         | 一般的なお知らせのみ                         |
|         | 広告                                 |
|         | 普通のやりとり                            |

件を整理した。なお、収集したメールの割合は、普通のメールが 25%(50 通)、フィッシングメールが 48%(96 通)、スパムメールが 27%(54 通)であった。

これら収集したメールに対して著者らが分類条件に関するタグ付けを行った。これを訓練データとして 4 章で述べたナイーブベイズの公式(1)を用いれば、新たに準備したトレーニング課題の難易度を設定することが可能となる。

本ケーススタディでは、上記 200 通とは別のメール 15 通(普通メール、フィッシングメール、スパムメールがそれぞれ 5 件ずつ)を準備し、表 6 に示すようにその難易度を評価した。

実際のメールによって難易度を検証したところ、その多くは難易度が 0 付近の簡単な課題となった。これらは典型的な事例であり、判断しやすいメールである

といえる。

表 4 および表 5 に最も難易度が低かったフィッシングメール No.5 と最も難易度が高かった普通のメール No.13 のトレーニング項目ごとの分類条件を示す。表 4 は送信元アドレスが偽装されており、個人情報の確認・修正・ログイン要求がある本文で、URL が表示されていないものとなっており、フィッシングメールでよくみられる特徴を含んでいるといえる。一方、表 5 は普通のメールに分類されるものであったが、通常やり取りしていない送信者からのものであったり、自分のことや業務とは関係がなく、ログイン要求が含まれており、判断が難しいものとなっている。このように、適切な条件の組み合わせを行うことで難易度を変更することができるため、多様なトレーニング課題を作成できる可能性が示唆された。



表 4. フィッシングメール NO.5 の各項目のあった条件

| フィッシングメールNO. 5: アカウントのセキュリティ審査を実施してください |                                    |
|-----------------------------------------|------------------------------------|
| 項目                                      | 分類条件                               |
| 送信者                                     | 通常のやりとりをしていない送信者                   |
| アドレス                                    | 送信元アドレスが偽装されている(1を1で偽装するなど)        |
| 件名                                      | 自分の事や業務とは関係性がある                    |
| タイミング                                   | 昼(7:00-20:00)                      |
| 添付ファイル                                  | なし                                 |
| ハイパーリンク                                 | URLが表示されていないもの(“こちら”をクリックしてくださいなど) |
| 本文                                      | 個人情報の確認・修正・ログイン要求がある               |

表 5. 普通のメール NO.13 の各項目のあった条件

| 普通のメールNO. 13: BYOD(私物端末の業務利用) 最新事情とセキュリティ対策/グローバルサイン |                      |
|------------------------------------------------------|----------------------|
| 項目                                                   | 分類条件                 |
| 送信者                                                  | 通常のやりとりをしていない送信者     |
| アドレス                                                 | 送信者情報と送信元アドレスが一致している |
| 件名                                                   | 自分の事や業務とは関係性がない      |
| タイミング                                                | 昼(7:00-20:00)        |
| 添付ファイル                                               | なし                   |
| ハイパーリンク                                              | なし                   |
| 本文                                                   | 個人情報の確認・修正・ログイン要求がある |

ナイーブベイズによる条件付確率を利用した難易度の設定は実際のメールだけでなく、新たな条件の組み合わせによるトレーニング課題にも適用可能である。これにより、学習者のスキルに応じたトレーニング課題の生成が実現できる。

なお、トレーニングを行う際には、全体の難しさだけでなく、より重要な項目を優先的に学ぶことも必要である。そのため、項目の重要性の定義についても現在検討中である。

表 6. 検証メールの難易度

| フィッシングメール | 番号 | 件名                                                                                                                                                                           | 難易度  |
|-----------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|           | 1  | 【日本郵便】集荷依頼申込み完了のお知らせ                                                                                                                                                         | 0.01 |
|           | 2  | 【重要】楽天株式会社から緊急のご連絡                                                                                                                                                           | 0.00 |
|           | 3  | RE: 確認まりました: 領収書の購入 “ポケモン-go” (アプリ)-9 月20日、2018 [FWD]                                                                                                                        | 0.00 |
|           | 4  | web-mail. jaist. ac. jp                                                                                                                                                      | 0.00 |
| スパムのメール   | 5  | アカウントのセキュリティ審査を実施してください。                                                                                                                                                     | 0.00 |
|           | 番号 | 件名                                                                                                                                                                           | 難易度  |
|           | 6  | 【ヤフー】※楽天銀行からご案内※ ご契約と同時にすぐに融資可能! 【PR】                                                                                                                                        | 0.00 |
|           | 7  | 【仮想通貨取引所「BitoPro」はかなり期待大!】                                                                                                                                                   | 0.00 |
|           | 8  | ラクに稼げる高時給な仕事を見つけました!                                                                                                                                                         | 0.02 |
|           | 9  | 最後通告!!                                                                                                                                                                       | 0.19 |
| 普通のメール    | 10 | 長く生き残るための10ステップ                                                                                                                                                              | 0.00 |
|           | 番号 | 件名                                                                                                                                                                           | 難易度  |
|           | 11 | #【JAIST社会人セミナー】「co-café+@JAIST 2019 Summer」の開催について (9/4)                                                                                                                     | 0.00 |
|           | 12 | 【JAIST ANPIC】休講のお知らせについて (2/8) / Cancelling Lectures (2/8)                                                                                                                   | 0.01 |
|           | 13 | BYOD(私物端末の業務利用) 最新事情とセキュリティ対策/グローバルサイン                                                                                                                                       | 0.50 |
|           | 14 | ISSソサイエティ誌                                                                                                                                                                   | 0.04 |
|           | 15 | パンフレット「グローバルに活躍できるイノベーション創出人材を目指して」の配付について (依頼) / Distribution of a newly-printed brochure about “Aiming to Become a Globally Active Leader Capable of Creating Innovations” | 0.01 |

## 8. システム評価の計画

提案したトレーニング課題生成システムの有効性を確認するために図7に示すような評価を計画している。

被験者は情報セキュリティを専門としない大学院生を対象とし、それを統制群と実験群の二つのグループにわけ、それぞれのグループの被験者に同一のプレテストを行った上で、統制群にはランダムなトレーニング課題、実験群には提案手法によるトレーニング課題を提示して学習を行わせる。

なお、被験者の初期状態を反映するために実験群ではプレテストの結果を利用する。一定回数のトレーニング終了後、両グループの被験者に同一のポストテストを行い、プレテストからの成績の伸びについて比較する。ここでは、提示されたトレーニング課題に含まれるトレーニング項目がスキル向上に成果があったかどうかについても合わせて分析する。さらに、被験者にトレーニング課題の難易度や成果に関するアンケートを行い、提案手法の妥当性について考察する。

## 9. おわりに

本稿では、情報セキュリティ、特にフィッシングメールの判別に関する意思決定スキルのトレーニングを対象として、学習者の不得意項目を発見し、学習者の理解状況に応じたトレーニング課題を生成することで、集中的な学習を実現するトレーニング課題自動生成手法について提案した。また、ケーススタディから項目の分類条件を活用した課題設定により難易度が設定できる可能性が示唆された。

現時点ではトレーニング課題の難易度について定義できているが、今後はそれぞれのトレーニング項目の重要性をいかに定義するかということを検討したい。さらに、トレーニング課題生成環境の開発と評価を通じて、学習者がオンラインで不得意項目の経験や失敗を繰り返すことがスキル改善にどのように役立つかについて調査をしていきたい。

## 謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費基盤研究(B) (No.17H01992),

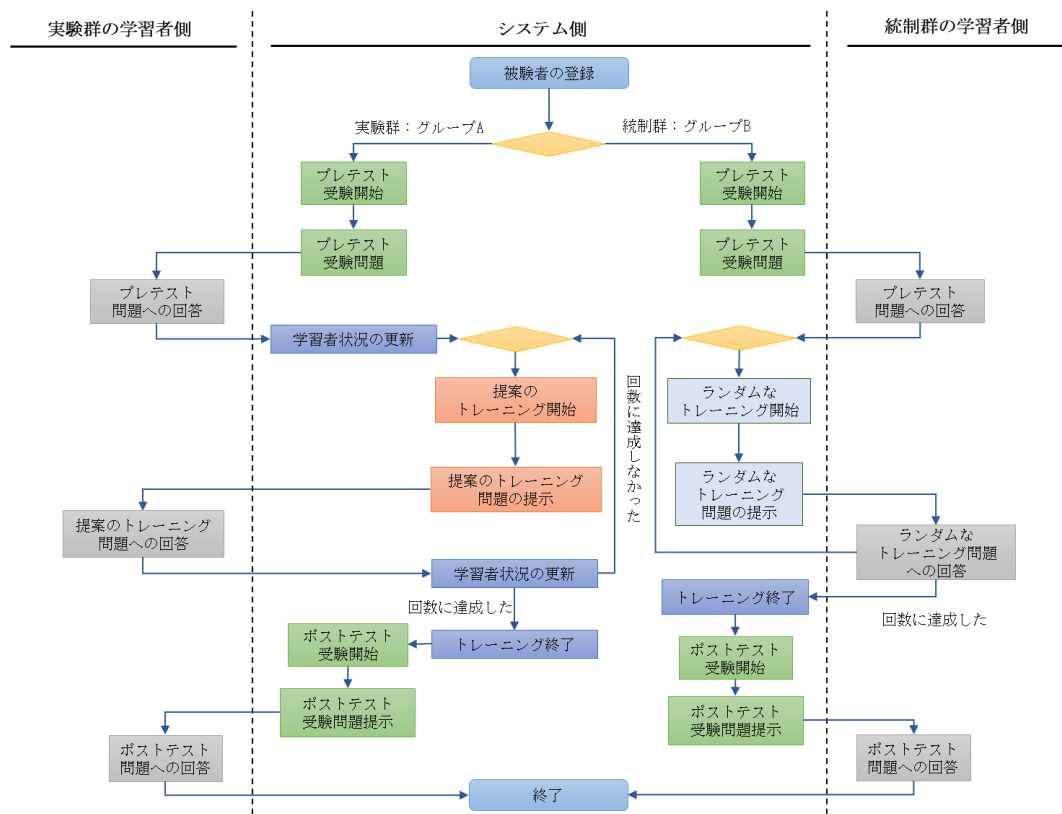


図 7. システムの評価方法

基盤研究(C) (No. 17K00479)の助成による。

## 参考文献

- (1) 総務省. 総務省における情報セキュリティ政策の推進に関する提言. (2013)
- (2) 川上昌俊, 安田浩, 佐々木良一: 情報セキュリティ教育のための e ラーニング教材作成システム ELSEC の開発と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.52, No.3, pp.1266-1278 (2011)
- (3) 藤田 真浩, 山田 真子, 西垣 正勝: エンターテインメントを活用したセキュリティ強化: パスワード強化要素を組み込んだゲームの実装とその有効性, 情報処理学会論文誌, Vol.57, No.12, pp.2711-2722 (2016)
- (4) Beuran, Razvan, et al. "Supporting cybersecurity education and training via LMS integration: CyLMS. " Education and Information Technologies pp.1-25 (2019)
- (5) 菅沼明, 峯恒憲, 正代隆義: "学生の理解度と問題の難易度を動的に評価する練習問題自動生成システム", 情報処理学会論文誌, Vol.46 No.7, pp.1810-1818 (2005)
- (6) 津森伸一, 海尻賢二: "理解状況に適応した多肢選択式問題の自動生成に関する構想", 教育システム情報学会研究報告, Vol.21, No.4, pp.3-8 (2006)
- (7) 金子 真也, 上之菌 和宏, 橘 知宏, 佐藤 彰紀, 橋立 真理恵, 古宮 誠一: "学習者の不得意分野を同定する CAI システム : 学習者モデルと教授ロジックの提案, " 電子情報通信学会技術研究報告, 知能ソフトウェア工学 108(384), pp.25-30, (2009)
- (8) 大坪誠: "デジタル環境下での効率的な色識別能力支援システムの研究. " (2017)
- (9) <http://ocw.nagoyau.jp/files/156/shibata5.pdf> (2019 年 10 月 1 日確認)
- (10) 長谷川忍, Kurnia, D., Tan, Z., & Razvan, B. 情報セキュリティウェアネス向上のための意思決定トレーニング環境の提案. 教育システム情報学会研究報告, 33(4), pp.73-76 (2018)