

令和 2 年 5 月 29 日現在

機関番号：13302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00479

研究課題名(和文) 情報セキュリティにおける状況判断スキル学習のための適応的課題生成手法に関する研究

研究課題名(英文) Adaptive Task Generation Method for Situation Judgement Skill Learning in Information Security

研究代表者

長谷川 忍 (Hasegawa, Shinobu)

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・准教授

研究者番号：30345665

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：変化の激しい情報化社会において効果的な情報セキュリティ教育を実現するために、長期間にわたって活用可能なセキュリティインシデント時の状況判断に関わるスキルを向上させるための学習支援環境を開発した。具体的には、(1) 認知的スキルとしての状況判断とその学習過程をモデル化するとともに、(2) オープンソースの学習管理システムに演習課題を容易に展開できるプラグインを開発した。さらに、(3) 学習者に要求されるリテラシレベルや当該スキルに関する学習状態などの特徴に応じて、特に苦手なスキルを集中的に学習するための適応的課題生成アルゴリズムを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、状況判断や意思決定といった認知的スキルを演習の活動を通して推定することを通して、適応的な演習課題生成アルゴリズムを実現しようとするものであり、従来暗黙的に教育されてきた状況判断スキルを明示的に学習するための重要な基盤となるものである。また、演習課題を適応的に生成することで、特定のスキルを様々なコンテキストの下で集中的に学ぶことができる、より効果的な学習環境を実現することが期待される。

研究成果の概要(英文)：To realize effective information security education in the rapidly changing information society, we developed a learning support environment to improve the skills to situational judgment at the time of a security incident. Through this research, we first modeled situational judgment and its learning process as one of the cognitive skills. Then, we developed a plug-in module that allows easy deployment of the exercises to an open-source learning management system. Besides, we implemented adaptive task generation algorithms for adaptive training of the target skills based on learners' literacy level and status for situational judgment in a security incident context.

研究分野：学習工学

キーワード：情報セキュリティリテラシ 状況判断スキル 適応的課題生成 学習管理システム

1. 研究開始当初の背景

Internet of Things (IoT)の進展に伴い、あらゆるものがインターネットに接続される現代社会においては、こうした新たな社会基盤に不正に侵入してデータの詐取や破壊を行うサイバー攻撃も、より一層グローバル化・巧妙化・複雑化している。このような状況の下、情報セキュリティ政策会議において「情報セキュリティ人材育成プログラム」が策定され、サイバーセキュリティ戦略本部において「サイバーセキュリティ人材育成総合強化方針」が示される等、情報セキュリティを確保するための人材育成は非常に重要な課題の一つとなっている。

高等教育機関における情報セキュリティ教育の事例としては、分野や地域を越えた全国的なネットワークを形成し、実際の課題に基づく課題解決型学習等により高度な専門性と実践的な情報セキュリティ能力を有する人材の育成を目指す「情報技術人材育成のための実践教育ネットワーク形成事業(enPiT)」などが挙げられる。しかしながら、情報通信技術が社会インフラだけでなく私的な空間までも行き渡る現代社会においては、製品やサービスの開発や運用を行う通常の情報技術者や、それらを利用する一般的なユーザの立場であっても情報セキュリティに必要な知識やスキルを身につける必要がある。

情報セキュリティを取り巻く環境の変化は非常に急速であり、関連する知識や技術的スキルも陳腐化が起こりやすく、継続的な学習が必要となる。一方で、セキュリティに関わる事象において状況や情報を整理・判断するような認知的なスキルは、より普遍的なスキル(トランスファラブルスキル)として長期間にわたって活用が可能であると考えられる。こうした認知的スキルは、知識として学ぶだけでなく、事例や演習、問題解決などといった実践的教育を通じて初めて身につけることが可能であるが、こうしたセキュリティ教育を行うことのできる教員及び時間には限りがあり、オンラインでそれぞれの学習者が経験・失敗を繰り返しながらボトムアップ的に学ぶことが必要となる。こうした学習環境を実現するためには、以下の3つの課題を解決することが必要不可欠である。

- (1) 状況判断を学習支援環境でいかに取り扱うか：情報セキュリティに対する状況判断およびその学習過程を学習支援環境上で表現するための標準的な手法が存在しない。
- (2) 実践的な学習環境をオンラインでいかに実現するか：セキュリティに関する事象を体験しながら学ぶにあたって、オンライン環境で周囲に影響が及ばないようにする必要がある。
- (3) 学習者の状態に応じた演習課題をいかに生成するか：状況判断に関わるスキルを繰り返し学習するためには、学習者に要求されるリテラシレベルや学習状態に応じて適切な演習課題や支援機能を提供する必要がある。

2. 研究の目的

本研究の目的は、変化の激しい情報化社会において効果的な情報セキュリティ教育を実現するために、陳腐化しやすい知識や技術的スキルだけでなく、長期間にわたって活用可能な状況判断に関わるスキルを向上させるための学習支援環境を開発することである。開発にあたっては、認知的スキルとしての状況判断とその学習過程をモデル化するとともに、学習者に要求されるリテラシレベルや当該スキルに関する学習状態などの特徴に応じて、特に苦手なスキルを集中的に学習するための、適応的な課題生成手法の実現を目指した。

3. 研究の方法

情報セキュリティ学習支援環境の開発にあたっては、以下の図に示す通り、前述した3つの課題の解決を通じて実現を目指した。

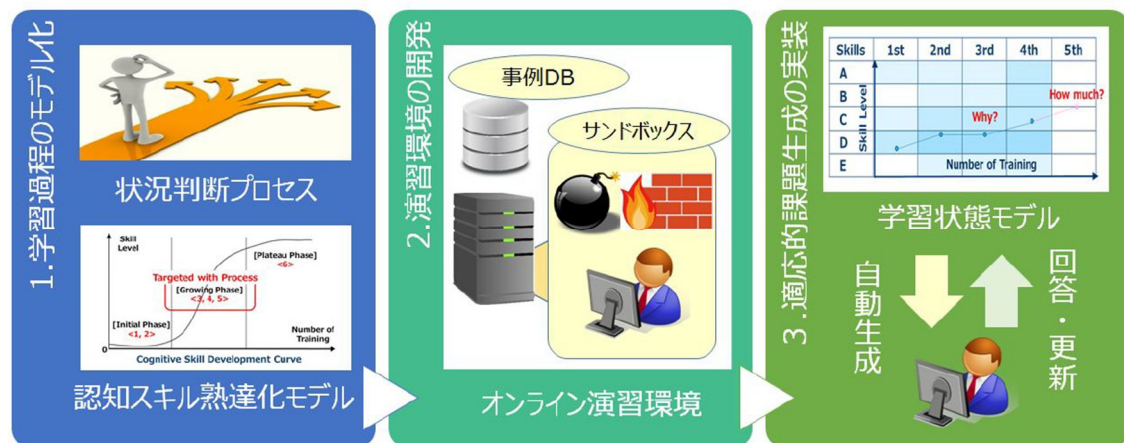


図 1. 情報セキュリティ学習支援環境の研究方針

- (1) 状況判断スキルとその学習過程のモデル化：

研究代表者が提案している意思決定スキル学習支援モデルに、セキュリティ分野において調査した状況判断における観点を反映させ、認知的スキルとしての学習過程と学習状態、

支援戦略をモデルとして体系化する。

- (2) オンラインセキュリティ演習環境の開発：
 情報セキュリティに関連する事例や演習のシナリオを管理するデータベースを構築するとともに、その内容に基づいてオンラインで課題解決過程を体験するための基盤となる演習環境を実装する。
- (3) 適応的な課題生成アルゴリズムの実現：
 それぞれの学習者の属性や学習内容で構成される学習状態モデルと学習状態に対応した支援手法を整理した支援戦略モデルを対応付け、学習者の苦手なスキル領域を中心にパラメータを適切に変動させることで毎回異なる演習課題を自動的に生成する。

4. 研究成果

- (1) 状況判断スキルとその学習過程のモデル化：
 一般的な情報環境ユーザが情報セキュリティ対策を実施する上で身につけるべきスキルとして、環境の変化や技術の進歩に関わらず陳腐化しづらい状況判断・意思決定スキルを対象として、学習過程のモデル化を行った。具体的には、情報セキュリティにおける状況判断・意思決定のための状況なシナリオを、セキュリティインシデントの内容、インシデントの影響範囲、インシデントに対する時間的制約、情報セキュリティにおける基本ルール、に分類した。
 さらに、認知的スキルにおける代表的な学習プロセスの一つである認知的徒弟制のアプローチに基づいて、事例を提供する「モデリング」、学習者の状況判断・意思決定に対してヒントやフィードバックを与える「コーチング」、手掛かりや支援を上達に従い減らしていく「足場づくり」を、非専門家である一般ユーザが継続的に向上できるように、ゲームメカニズムを認知的スキルのトレーニングプロセスに応用する「ゲーミフィケーション」の方法論に基づいて以下の表のように整理した。

表 1 状況判断スキル学習支援におけるゲーミフィケーション要素の活用指針

支援方策	具体的要件	ゲーミフィケーション要素
1. モデリング	注意 保持・再生 動機づけ	UI デザイン, ポイント/スコア チュートリアル マネタリーリワード
2. コーチング	比喩や例示 全体像・目標 フィードバック 効果確認 質問 ロールプレイ	チュートリアル ストーリー/テーマ, チュートリアル ポイント/スコア, レベルアップ バッジ/収集 クエスト/ミッション/イベント ルール
3. 足場づくり	長期の実践 熟達度の把握 適応的支援	インナーリワード, チャレンジ (プレイ履歴) レベルデザイン, フロー, アンロック, 時間制限
4. 明確化・外化	きっかけ 外化の環境 方向付け	
5. リフレクション	過程の可視化 過去の状態 他者の状態	バッジ/収集, リプレイ ポイント/スコア, レベルアップ 競争, 賞賛
6. 探究	課題設定 協同的探究	クエスト/ミッション/イベント 協力, 競争

- (2) オンラインセキュリティ演習環境の開発：
 オープンソースの学習管理システム(LM)である Moodle 上で、演習のためのトレーニング

環境を構造化データ表現記法である YAML フォーマットで記述することにより SCORM パッケージとして自動展開できるプラグイン環境を開発した。

(3) 適応的な課題生成アルゴリズムの実現：

セキュリティリテラシに関する適応的なトレーニング課題を生成する手法を開発するために、どのようなセキュリティインシデントの種類をトレーニングの対象として取り入れるかを検討する上の指針となるインシデントタイプマップを開発した。具体的には、Wikipedia から抽出された構造化データセットである DBpedia に局所的なページランクアルゴリズムを適用することでコンセプトマップを生成する手法を提案した。これにより、学習者が関心のあるインシデントに対して関連するトピックを同定してトレーニングを行うことが可能となった。さらに、インシデントの種類に加えて、影響の大きさや範囲、時間的・金銭的コストなどセキュリティリテラシの文脈における状況判断に必要な要素に対して、トレーニング履歴に基づく学習者の得意・不得意な要素を表現したオーバーレイモデルを提案し、これを利用して、学習者の不得意な要素に関するトレーニングシナリオのパラメータを摂動させることにより、トレーニング課題の適応的な生成手法を実現した。

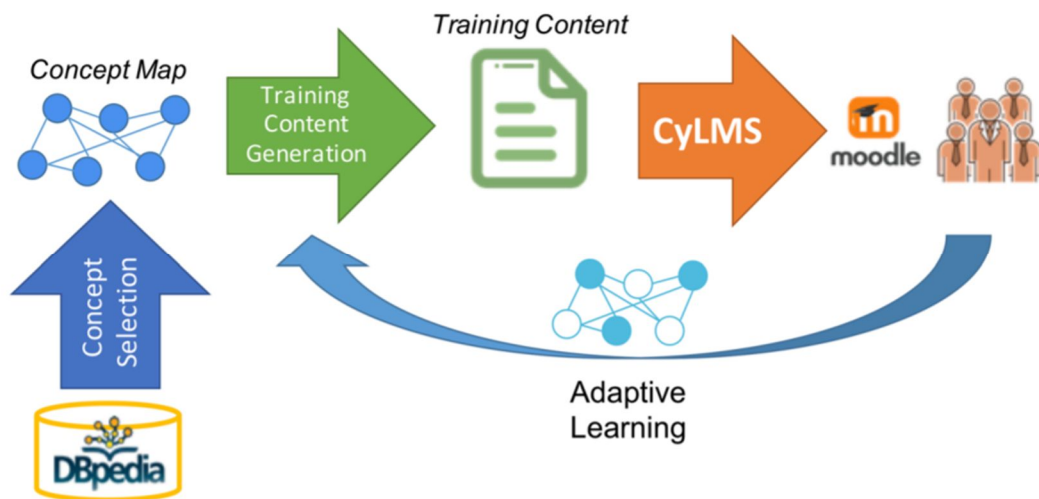


図 2. 適応的な課題生成の実現手法

セキュリティリテラシの中でも特にフィッシングメールに対する判別スキルをトレーニングするための課題出題手法を提案した。具体的には、トレーニング課題の難易度を実際に収集したフィッシングメールやスパムメールの事例から設定する手法を定式化し、前年度に開発したオーバーレイモデルと組み合わせることによって、学習者の判断能力のレベルに応じた課題出題を実現する手法を提案した。実際の事例に基づいて難易度を設定することができるため、新たなセキュリティインシデントの動向に対応した課題を容易に取り入れることが可能となった。



図 3. フィッシングメール判別トレーニング環境

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Razvan Beuran, Dat Tang, Zheyu Tan, Shinobu Hasegawa, Yasuo Tan & Yoichi Shinoda	4. 巻 24
2. 論文標題 Supporting cybersecurity education and training via LMS integration: CyLMS	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Education and Information Technologies	6. 最初と最後の頁 3619-3643
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1007/s10639-019-09942-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 長谷川 忍	4. 巻 Vol.36 No.1
2. 論文標題 認知的スキル学習支援におけるゲーミフィケーションの役割	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 教育システム情報学会誌	6. 最初と最後の頁 9-16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Zheyu Tan, Razvan Beuran, Shinobu Hasegawa, Weiwei Jiang, Min Zhao & Yasuo Tan	4. 巻 -
2. 論文標題 Adaptive security awareness training using linked open data datasets	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Education and Information Technologies	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1007/s10639-020-10155-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 CHENG Qiutao, 長谷川 忍
2. 発表標題 意思決定スキル向上のためのトレーニング課題生成
3. 学会等名 教育システム情報学会研究報告Vol.32, No.4
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 CHENG Qiutao, 長谷川 忍, 太田 光一
2. 発表標題 適応的フィッシングメール判断トレーニング課題出題手法の評価
3. 学会等名 教育システム情報学会研究報告Vol.33, No.1
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長谷川 忍, Deni Kurnia, Zheyu Tan, Beuran Razvan
2. 発表標題 情報セキュリティ Awareness 向上のための意思決定トレーニング環境の提案
3. 学会等名 教育システム情報学会研究報告, Vol.33, No.4, pp.73-76
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Zheyu Tan, Shinobu Hasegawa, Razvan Beuran
2. 発表標題 Concept Map Building from Linked Open Data for Cybersecurity Awareness Training
3. 学会等名 人工知能学会先進的学習科学と工学研究会 83, pp.1-6
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinobu Hasegawa
2. 発表標題 Role of Gamification in Designing Cognitive Learning Support Systems
3. 学会等名 Smart Information / Smart Knowledge / Smart Material Workshop 2019 (SISKSM2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 S. Hasegawa
2 . 発表標題 AI in EdTech/LearnTech
3 . 学会等名 Keynote Speech, International Symposium on Materials and Electrical Engineering (ISMEE 2017), Nov. 2017, Indonesia. (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 S. Hasegawa
2 . 発表標題 The Role of Gamification to Support Cognitive Skill Improvement
3 . 学会等名 ASEAN Japan Joint-Workshop on Computational Linguistics & Informatics (ALCLI 2017), Nov. 2017, Malaysia. (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 D. Wahyudin & S. Hasegawa
2 . 発表標題 The Role of Serious Games in Disaster and Safety Education: An Integrative Review
3 . 学会等名 Workshop Proceedings on 25th International Conference on Computers in Education (ICCE 2017), pp.180-190, Dec. 2017, New Zealand. (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 D. Huynh, P. Luong, H. Iida, and R. Beuran
2 . 発表標題 Design and Evaluation of a Cybersecurity Awareness Training Game
3 . 学会等名 IFIP International Conference on Entertainment Computing (ICEC 2017), pp. 183-188, Sep., 2017, Tsukuba City, Japan, (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 R. Beuran, K. Chinen, S. Hasegawa
2. 発表標題 Advances in Cybersecurity Education and Training Methodologies
3. 学会等名 Journee Francophone de la Recherche (JFR 2017), p. 37, Dec., 2017, Tokyo, Japan. (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	BEURAN Razvan (BEURAN Razvan) (40771788)	北陸先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・特任准教授 (13302)	