

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：14303

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K11568

研究課題名(和文) プライバシー保護を考慮した次世代デジタル学習環境基盤に関する研究

研究課題名(英文) Privacy protecting framework for next generation digital learning environment

研究代表者

永井 孝幸 (Nagai, Takayuki)

京都工芸繊維大学・情報工学・人間科学系・准教授

研究者番号：00341074

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではプライバシーポリシーと連携して外部システムに学習データを開示する機能を持った個人用LMS(パーソナルLMS)の試作を行った。アクセスコントロール記述言語として簡易な記述が可能なALFA言語を用い、ソーシャルグラフに格納された生徒と教師の関係をALFAを用いて評価するアーキテクチャとすることで、学校間連携を考慮した粒度の細かいアクセス制御が実現できることを示した。またパーソナルLMSの実行環境についても技術的検討を行い、国立情報学研究所が提供する「学認クラウドオンデマンド構築サービス」を用いてパブリッククラウド環境上でコンテナ仮想化したMoodleを動作させる技術開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では情報収集・解析技術を核とした次世代デジタル学習環境において必要になるプライバシー保護機能を備えた学習管理システム(LMS)について、可読性の高いプライバシーポリシー記述言語ALFAとオープンソースLMSにパブリッククラウド技術を組み合わせることが実現可能性の高い方法になることを示した。パーソナルLMS上に蓄積される各学習者の学習履歴をプライバシーポリシーに従って利用するための技術基盤が構築され、学習データ解析技術に基づく時勢代デジタル学習環境の普及に大きく貢献するものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed a prototype of personal LMS with a function to disclose learning data to external systems in conjunction with a privacy policy. We used the ALFA language as an access control description language, which is easy to write. We showed that a granular access control necessary in inter-school collaboration could be realized by using ALFA to evaluate the relationship between students and teachers stored in the social graph. We also conducted a technical study on the execution environment of personal LMSs. We developed a technology to run container-virtualized Moodle on a public cloud environment using the "Gakunin Cloud On-demand Construction Service" provided by the National Institute of Informatics.

研究分野：教育学習支援情報システム

キーワード：プライバシーポリシー XACML ALFA Moodle コンテナ 学認クラウド 学習分析

1. 研究開始当初の背景

学習管理システム(LMS)や携帯情報機器の普及に伴って学習環境がデジタル化され、学習活動に伴う大量のデータを収集できる時代が始まっている。近年飛躍的に応用範囲が拡大した大量データの収集・解析技術を前提として、次世代デジタル学習環境では、学習データ解析に基づく学習支援・評価や学習過程の最適化をどのように実現するか議論が進められている。一方、学習データは個人の行動履歴であり、教育機関においても適切な取り扱いが求められる。例えば、日本国内では個人情報保護法に基づきデータ取得・利用目的に関する本人の同意が必要である。EUでは一般データ保護規則(GPDR)が2018年から施行され、データ取得を必要最低限にとどめること、忘れられる権利(自己データの削除権)を認めること、自動意思決定の対象とならない権利を認めること等が求められている。大量にデータが収集・分析される状況では「データの目的外利用」によるプライバシー侵害が懸念される。

教育機関において、学習者は教育を受けることと引き替えにプライバシーをある程度さらけ出している。対面講義であればお互いの表情や声、身振りが分かり、学習成果物や成績資料としては残らない部分をも共有しながら学習活動が進んでいく。このような活動が可能であるのは「学習活動の間に知り得たことは学習共同体のプライバシーとして守る」という暗黙の了解が成立しているからであると考えられる。しかし、情報収集・解析技術を核とした次世代デジタル学習環境において学習共同体を成立させている暗黙の了解をどのように担保できるかは明らかでない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、データ収集・解析技術に基づく学習支援機能を備えた次世代デジタル学習環境において、学習者のプライバシー保護と学習支援の両立が可能なシステム基盤を構築することである。既存の学習データ解析に関する取り組みではデータ解析に教育機関が運用する集中型のデータストアを用いることが想定されており、学習者のデータが適切に取り扱われるかは教育機関・研究者の手に委ねられている。プライバシーポリシーを明示してデータ利用の同意を得ることはもちろんであるが、プライバシー保護の要件を情報システムの動作に反映させることは容易ではない。個々のアプリケーションやシステムの機能を組み合わせ対症的にプライバシーを保護しようとしているのが実情である。自分に関するどのようなデータが収集されたか、自分のデータがどのような分析に利用されたかを学習者が直接確認する機構も備わっておらず、自己情報コントロール権の観点からもプライバシーが十分に保護されているとは言えない。

これに対し、本研究では"privacy by design"の原則に立ち、プライバシー保護を学習環境のアーキテクチャ自体に組み込む。学習履歴を教育機関が運用するデータストアに集約するのではなく、各学習者が自分専用のLMS(プライベートLMS)を通じて自分の望むプライバシーポリシーの元で学習データを開示する方式を採用する。学習履歴をプライベートLMSに分散して格納することで、学習者に学習データの自己コントロール権を与えることを可能とする。更に、プライバシー保護の文脈ではデータへのアクセス許可/禁止設定だけでなく、データの目的外利用の防止が大きな課題となる。「誰にどのデータへのアクセスをどの条件の下でどの範囲まで認めるか」(例:成績集計のための学習結果へのアクセスは許可する、感情推定のための学習履歴へのアクセスは許可しない、等)を記述できるアクセスコントロール記述言語をデジタル学習環境全体に適用し、学習環境におけるプライバシーポリシーを機械可読形式で統一的に記述することを目指す。

3. 研究の方法

本研究ではプライバシーポリシー記述に対応したプライベートLMS連携基盤を構築するため、研究全体を以下の課題に分けて実施する。

課題1 学習データ利用に関するプライバシーポリシーの形式的記述方法の検討

OASIS標準規格として提案されているXACML(eXtensible Access Control Markup Language)等のアクセスコントロール記述言語を元に、デジタル学習環境に必要なプライバシーポリシーの記述方法を策定する。

課題2 プライバシーポリシー連携機能を備えたプライベートLMSの開発

プライバシーポリシーと連携して外部システムに学習データを開示する機能を持った個人用 LMS(プライベート LMS) を実装する。プライベート LMS の実装基盤には実装の開示が可能なオープンソース LMS を用い、本学で導入・利用実績のある Moodle を第一候補とする。

4. 研究成果

2018 年度の研究では、学習データ利用に関するプライバシーポリシーの形式的記述方法について検討を行った。アクセスコントロール記述言語として OASIS 標準規格で策定されている XACML を利用し、「指導関係にある教師にのみ学習者の個人情報へのアクセス許可する」という場面設定の元で XACML の適用方法ならびに XACML に基づいたアクセス制限を実現する機構の試作を行った。

個人情報詳細度順に階層化された URI で表現されるものと仮定し、アクセスルールにおける制御対象を正規表現で表わす。また、データの閲覧要求者と所有者が特定の関係にあることを表現するために「条件付きの認可」を実現する obligation の機構を用いるものとした。この前提の元で生徒の個人情報を配信する階層型 Web リソースに対し、XACML で指定されたアクセス制御を実現する HTTP 中継サーバの試作を行った。「所属クラス」や「指導科目」などの属性をもとに共同指導における生徒情報の閲覧制限を実現できることを確認した。

また、デジタル学習環境におけるプライバシー保護について既存事例・学内事例について調査を行った。現在の世界的な基準では、情報の収集時点において収集の目的・範囲について学習者から同意を得ることが要求されている。この観点から既存の e-learning システムを見るとデータ収集の目的・範囲に応じて同意を取得することが想定されておらず、デジタル学習環境の要素として同意取得機構の実現が大きな鍵になることが判明した。

現在の Web システムでは階層型のデータストアに対して HTTP 通信を用いてアクセスする REST API を用いた連携方法が一般的であり、今回試作した中継サーバは REST API に XACML を適用する原型となるものである。この中継サーバを拡張することで、学習者の同意状況を反映させたアクセス制御も実現可能になると考えている。

2019 年度の研究では、プライバシーポリシーと連携して外部システムに学習データを開示する機能を持った個人用 LMS(パーソナル LMS)の試作を行った。オープンソース LMS である Moodle を実装基盤とし、Moodle 上に蓄積される学習活動履歴に対してポリシー記述言語 XACML で記述したプライバシーポリシーを適用してアクセスする機構を実装した。また実際の利用状況を踏まえたポリシーの記述において XACML での記述は煩雑となり、XACML のサブセットであり簡易な記述が可能な ALFA 言語をポリシー記述に用いることが妥当であると結論した。

パーソナル LMS の実行環境についても技術的検討を行い、多数のパーソナル LMS を同時並行的に動作させるデジタル学習環境を実現するためにはコンテナ型仮想環境を用いるのが適切であると判断した。そこで、国立情報学研究所が提供を開始した「学認クラウドオンデマンド構築サービス」を用い、パブリッククラウド環境上でコンテナ仮想化した Moodle を動作させる技術試験を行った。

これまでに得られた結果の部分的な応用として、学校間連携を考慮した分散型生徒情報リポジトリに対するアクセス制御システムの試作を行った。この試作システムでは生徒一人ひとりに割り当てられた生徒情報リポジトリに対して、生徒と学校・教師の関係性を表現するソーシャルグラフを用いてアクセス制御を行う。ソーシャルグラフに格納された生徒と教師の属性情報を属性ベースのアクセスポリシー記述言語である ALFA を用いて評価する構成とすることで、学

校間連携を考慮した粒度の細かいアクセス制御を実現した。

2020年度の研究では、複数のパーソナル LMS が同時並行的に動作するデジタル学習環境の構築を行った。本環境の構築においてはパブリッククラウド環境(さくらインターネット)にコンテナ型仮想化技術と国立情報学研究所の開発した Literate Computing の技術を組み合わせることで、大幅な作業期間の短縮を実現した。次に、パーソナル LMS におけるコンテンツ共有機能の実装について基礎検討を行った。その結果、原本を保持するマスター LMS から各パーソナル LMS に対してコース情報の差分情報を配信する方式が有効であるとの結論を得た。これにより、既存の集中型 LMS で実施しているコースコンテンツをパーソナル LMS 上で利用できる見通しが得られた。

また、新型コロナ肺炎対応の一環として所属校の全学 LMS(Moodle)を他大学と共同で大規模に同時利用するためのシステム改修ならびにシステム利用規約の策定を行った。この過程を通じて集中型 LMS における性能・運用上の課題について知見が得られた。本研究で想定しているパーソナル LMS を基盤とした分散型 LMS 構成によるデジタル学習環境はパンデミック対策としても有効であると考えられる。

2021年度の研究ではパーソナル LMS を実用的な計算機リソースで稼働させることが可能かどうかを検証するため、パブリッククラウド上のコンテナ仮想化環境において Moodle3.9 を用いたパーソナル LMS を構築し利用テストを行った。次にパーソナル LMS を用いた科目運営に必要なとなるコースコンテンツ同期機構について検討を行った。データベース同期方式など先行事例の調査を踏まえた結果、大量のパーソナル LMS に対して安定的にコースコンテンツを配信するために GitHub をコンテンツ配信基盤として用いる方式について試作を行い、技術的な実現可能性について見通しを得た。さらに学習履歴の提供と利用に関する同意の取得と同意内容に基づくアクセス制御に必要なとなる認証基盤との連携について技術検討を行い、Moodle 上の資料閲覧や各種アンケートへの回答状況を認証基盤に即時反映させる機構について試作を行った。

学習履歴のプライバシー保護が学習者にどの程度受け入れられるかを確認するため、「学習支援のために大学の情報システムに提供してもよいと考える学習履歴データ」について担当科目の学生を対象にアンケートを行った。教材の閲覧箇所や視聴時間・注視箇所、オンラインクイズの回答内容や回答時間については匿名化により提供に同意する学生が増えることが確認できた。一方で学習中の姿勢や表情など生体情報に近いデータについては匿名化の有無に関わらず提供に同意する学生がごく少数に限られることが確認できた。

本研究の全体を通じてパーソナル LMS 上に蓄積される各学習者の学習履歴をプライバシーポリシーに従って利用するための技術基盤が構築され、学習データ解析技術に基づく時勢代デジタル学習環境の普及に大きく貢献するものと考えられる。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 堀 和彦,永井 孝幸	4. 巻 2020-CLE-30(4)
2. 論文標題 学校間連携を考慮した分散型生徒情報リポジトリに対するアクセス制御システムの試作	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告教育学習支援情報システム	6. 最初と最後の頁 1-8
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 堀和彦,永井孝幸	4. 巻 2018-CLE-25
2. 論文標題 XACMLを用いた中継サーバの開発と共同指導における生徒情報閲覧制限の実現	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告	6. 最初と最後の頁 1-8
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 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 1件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 永井孝幸
2. 発表標題 オンプレミス環境とクラウド連携事例の紹介
3. 学会等名 NII学術情報基盤オープンフォーラム2021（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 堀 和彦 , 永井 孝幸
2. 発表標題 学校間連携を考慮した分散型生徒情報リポジトリに対するアクセス制御システムの試作
3. 学会等名 情報処理学会教育学習支援情報システム研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 堀和彦
2. 発表標題 XACMLを用いた中継サーバの開発と共同指導における生徒情報閲覧制限の実現
3. 学会等名 情報処理学会 教育学習支援情報システム研究会
4. 発表年 2018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	梶田 秀夫 (Masuda Hideo) (90304063)	京都工芸繊維大学・情報工学・人間科学系・教授 (14303)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------