

Web ベース学習支援システムのための拡張性を有するアーキテクチャ An Extensible Architecture for Web-Based e-Learning Systems

仲林 清 (Kiyoshi Nakabayashi) 指導：永岡 慶三 教授

e ラーニングの効用,可能性は大きく三つの側面から捉えることができる。第一はコスト・効率の側面,第二は学習環境や学習者に対する個別適応性から得られる教育効果の側面,第三は組織内の他のアクティビティとの連携の側面である。本研究では,主に最初のふたつの側面に着目して,e ラーニングにおける IT システムのアーキテクチャの検討を行った。このふたつの側面,すなわち,コスト効率性と,学習環境や学習者に対する個別適応性という二つの相反する特徴を両立させるためには,単一のシステムで各種の機能拡張やカスタマイズに適応可能な柔軟な拡張性を有する e ラーニングシステムアーキテクチャを開発することが重要である。本研究においては,WBT(Web-based Training)システム,および,オンラインテストシステムという二種の Web ベース学習支援システムを対象に,このような拡張性を有するアーキテクチャの検討,開発,実装を行った。さらに,システムアーキテクチャや技術標準化が産業界を活性化させるために果たしてきた役割という観点から e ラーニング技術標準化の意義を検討し,その流れの中で,本研究の位置付け,今後の方向性の検討を行なった。

まず,WBT システムとオンラインテストシステムの機能を整理し,拡張性を有する Web ベース学習支援システムのアーキテクチャを検討するうえで共通する課題を示した。これから,Web ベース学習支援システムアーキテクチャを検討する際の要求条件として,「教材開発の容易化」,「機能のカスタマイズ,拡張の容易化」,「教材構成要素の流通・再利用」,「既存基盤技術との親和性」の 4 点を導いた。従来は,学習支援システムの機能をひとつの「教材」として作りこむ「一体型」,および,「コンテンツ」と「プラットフォーム」に分離する「モジュール型」の構成が主体であった。しかし,これらの構成では上記の 4 点の要求条件を同時に満たすことは困難であった。本研究では,このような課題を解決するため,学習支援システムを,教材の内容を規定する「教材定義」,処理の実行を司る「プラットフォーム」に加えて,Web ベース学習支援システムに必要な要素機能を実装した「教材オブジェクト」から構成し,教材オブジェクトの追加による柔軟な機能拡張を可能とする「教材オブジェクト型」の構成を提案し,この構成によって 4 点の要求条件が満足される見通しがあることを示した。

次に,従来のモジュール型 WBT システムについて,Web 環境において個人適応型学習支援機能を実現する上での技術課題と解決策,具体的なシステムの実装を示した。WWW のサーバ/クライアント構成を拡張して,サーバ側で個々の学習者毎の CAI プロセスが稼動し,学習者は WWW クライアントを用いてネットワーク経由で学習を行なう構成とした。サーバ側に CAI プロセスと個々の学習者の対応関係を保持する学習者識別機構を設け,WWW のステートレスプロトコルを変更せずに,演習問題の解答内容などに応じて学習の流れを変更する個人適応型学習機能を実現した。また,サーバから転送した制御スクリプトをクライアントで解釈実行する表示制御方式を開発し,表示応答速度の向上,サーバからの教材画面制御,対話型シミュレーション教材の利用,を可能とした。実装したシステムの評価を行い,学習者識別機構,データ転送表示機能の有効性を確認した。

上記のシステムでは,Web 環境で個人適応型学習支援システムを実現する上での基本的な課題の解決策とその有効性を示したが,構成は従来のモジュール型で,基本的な機能は当初の開発時に固定されており,運用を行なうにつれて生じる様々なカスタマイズや機能拡張の要求に応えることが難しいことが明らかになった。そのため,次に,本研究全体で提案した「教材オブジェクト型」アーキテクチャを適用した WBT システムの検討を行なった。このシステムでは,木構造型の WBT 教材の各ノードに対応した教材オブジェクトを構成要素とし,教材オブジェクトクラスの追加によって,提示教材選択ロジックや画面生成ロジックのカスタマイズが容易に行えるアーキテクチャを考案した。教授戦略,ユーザインターフェースなどの機能を有する教材オブジェクトクラスを用意し,学習時には教材定義に従い,教材オブジェクトクラスをインスタンス化した教材オブジェクトインスタンスを実行する。教材オブジェクトの連携方式として,木構造に接続された複数の教材オブジェクトインスタンス間で要求を伝播して学習者からのコマンドを処理する方式を考案した。この方式では,各オブジェクトインスタンスは,受け取った要求が自身で処理できる場合は処理結果を返却し,自身で処理できない場合は要求を木構造の親のオブジェクトインスタンスに引き渡す,と

いう動作を行なう。この連携方式を規定することで、後から作成した教材オブジェクトを、もともとある教材オブジェクトと組み合わせて使用することが可能となる。また、WWW の対話型マルチメディア機能を組み込むための画面生成方式、および、オブジェクトの継承による機能拡張・カスタマイズ方式を規定した。本アーキテクチャをベースに複数種類の教材タイプが実装されており、数 100 本の教材が実用的に用いられている。

次に、オンラインテストシステムについて「教材オブジェクト型」アーキテクチャの適用を試みた。オンラインテストシステムにおいても、システムを「コンテンツ」と「プラットフォーム」に分離する「モジュール型」の構成が考えられる。しかし、開発の初期段階でプラットフォームの機能を固定することは、後から発生する様々なカスタマイズや機能拡張の要求に柔軟に応えることが困難になることが予想される。そこで、本研究では、テスト処理を「出題選択」、「表示」、「応答」、「集約」の 4 つの処理要素に分割し、各々の処理要素を教材オブジェクトとして実装するアーキテクチャを考案した。教材オブジェクトを追加することによって、出題問題選択方法、問題形式、採点方法などのカスタマイズ・機能拡張が可能となっている。また、教材オブジェクトの連携方式として、一問毎に「出題選択」、「表示」、「応答」、「集約」の全ての処理を行なうパターンや、「表示」、「応答」を一問毎に行い「出題選択」と「集約」は複数問をまとめて行なうパターンなど、教材オブジェクトの組み合わせ・呼び出し順を制御して各種テスト実行形式に対応できる方式を採用した。教材定義には、テストデータデータの流通性・再利用性向上を図るため、IMS (IMS Global Learning Consortium, Inc.) によって開発された設問データと評価結果データに関する標準規格である QTI (Question and Test Interoperability) 規格を採用した。開発したシステムを用いて、医学部の学生を対象とする医師国家試験の模擬試験を実施した。受験者、試験実施者に対するアンケートによって操作性、応答性などに関する実用性を確認した。

最後に、本研究で提案した教材オブジェクトに基づく学習支援システムアーキテクチャの意義と今後の方向性について、e ラーニング技術標準化ないしは学習支援システムアーキテクチャが、e ラーニングの運営モデルないしビジネスモデルといった広い意味での学習環境に及ぼす影響という観点から論じた。まず、e ラーニング標準規格の近年の動向について概観した。e ラーニング技術標準化が LOM (Learning Object Metadata) やコンテンツパッケージなどの基本的な情報の表現形式やフォーマットに関する規格の標準化から、個人適応機能を有する SCORM 2004 (Sharable Content Object Reference Model 2004) や分散

リポジトリに関する規格などより高度あるいは広範囲な規格開発を目指す方向と、標準規格準拠製品の認定制度など規格の普及利用を促進する方向に進展していることを述べた。さらに、IT 化が社会活動の基盤となっている今日では、技術標準化が産業を活性化するために非常に重要な役割を担っていることが明らかになりつつあることに着目し、e ラーニングにおいて技術標準化の果たすべき役割・付加価値の創造という観点から考察を行った。e ラーニングベンダに対する標準化に関する考え方のアンケートから、標準化の重要性は十分認識されているが、標準化の効用を十分に活用するには至っておらず、この理由として、規格自体がまだ未成熟で活用のための情報も不足している、という原因が想定されることを示した。また、近年の IT 化がもたらす産業構造の変化においてみられる「イノベータのジレンマ」として知られる事象が e ラーニングビジネスにおいて見られるかどうかを検討した。「イノベータのジレンマ」の枠組みでは、既存の「持続的イノベーション」によって高価で品質過剰のサービスが提供されているビジネスセグメントに、そのビジネスセグメントをもととは想定していない低価格で品質の低い「破壊的イノベーション」が投入され、標準化技術を基盤とする急速な技術革新を繰り返すうちに、そのビジネスセグメントで利用者が必要とするサービス品質を満たすようになり、「持続的イノベーション」の地位を脅かすようになる、という事象が起きる。本研究では、英国の Open University の成長の事例がこの事象に該当する可能性があることを示唆し、e ラーニングをはじめとする技術革新が先進的な高等教育セグメントでどのような影響を与えているかを今後検討する必要があることを示した。最後に、現状の e ラーニング標準化技術は、本研究の位置付けからするとモジュール型の学習支援システムアーキテクチャのレベルであり、これはコンピュータアーキテクチャの進化との対比からはシステムに対する「分離オペレータ」の適用のレベルにとどまっていること、本研究で提案した教材オブジェクトに基づく学習支援システムアーキテクチャは、同じくコンピュータアーキテクチャの進化との対比からは「分離オペレータ」の次の「抽出オペレータ」の適用に相当し、次世代の e ラーニング技術標準化の技術基盤となる可能性を有していることを示した。