

高校情報科ポータルサイトにおける分散サーバ方式による 学習支援機能の改良

神村 伸一¹ 冨塚 学² 早坂 昌樹³ 上杉 茂樹³ 井口 巖³

¹東北文化学園大学 科学技術学部

²株式会社 コーディアルコンサルティング&ソリューションズ

³宮城県高等学校 情報科教育研究会

平成 15 年度に筆者らが開発した高校情報科ポータルサイト (P.SITE) が持つ学習支援機能 (問題蓄積, 問題配信, 自動採点, 学習履歴の保存等) は, サーバ 1 台で実現する仕組みとなっているため, サーバ負荷やセキュリティに関するいくつかの問題点を抱えていた。これらの問題点を解消するために, 高校情報科ポータルサイトが持つ学習支援機能を複数台のサーバへ分散させる方法を検討し, 開発・実装したので報告する。

A Tiny e-Learning system on P.SITE was improved by distributed server system.

Shinichi KAMIMURA¹ Manabu TOMIZUKA²
Masaki HAYASAKA³ Shigeki UESUGI³ Iwao IGUCHI³

¹ Faculty of Science and Technology, Tohoku Bunka Gakuen University

² Cordial Consulting & Solutions, Ltd.

³ Department of Miyagi high school IT Educational study group

Abstract

The portal site for IT Education(so called P.SITE) which we developed has a Tiny e-Learning system. A Tiny e-Learning system on P.SITE had been a several problems that it's security and load balance. This technical report is about report that a Tiny e-Learning system on P.SITE was improved by distributed server systems.

I. はじめに

平成 15 年度に筆者らが共同で研究開発した高校情報科教育ポータルサイト P.SITE (Portal Site for IT Education) (以下, ポータルサイトと略

す)は, 教科情報を担当する教員を支援するため, 授業アイデア, 授業事例, 学習確認, リンク集, ヘルプ集, メールマガジン配信などの機能を備えている[1][2][3]。これらの機能の一つである学習

確認は、簡易的なeラーニングのような機能を提供しており、学習者には小テスト機能（出題された問題を解答し、その正誤を確認、自己の学習履歴を確認など）を提供している。また指導者には、学習者の学習履歴の管理機能（画面表示で確認したり、CSV形式ファイルでダウンロード）を提供している。これらの機能は Web アプリケーション (Apache, Tomcat, MySQL) で実装しており、サーバ1台で全てのサービスを提供する仕組みになっている。そのため当初よりサーバ負荷やセキュリティに関するいくつかの問題点や危惧を抱えていた。筆者らはこれらの問題点を解消するために、ポータルサイトが持つ学習支援機能の仕組みを見直し、複数台のサーバへ分散させる方法を検討してきた[4]。本報告では、学習支援機能の外部仕様及び詳細仕様を説明し、その仕組みがもたらす問題点を整理する。そして、その問題点を解消するために検討した、複数台のサーバへ分散させる方式について説明し、その実装結果について述べる。

2. 学習確認機能の概要

2.1 要求仕様について

学習確認機能は、教育業務を支援する機能の一つであり、学習者(以下、生徒とする)が容易に自己の学習状況を点検し、その結果を指導者(以下、教員とする)が容易に把握できる簡易的な e-ラーニングを実現している。

学習確認機能の仕様策定においては、高校教員より次のような要求事項があった。

(1) 問題集のように授業の補助的な位置付けで利用したい、コンピュータによる誤答傾向分析の処理などは期待しない

(2) 授業において、生徒が学習した内容を手軽に自己点検できるようにしたい

(3) 生徒の学習状況をデータとして整理された形式で入手したい、成績をつけるときの評価用データに利用するので、Excel 等の表計算ソフトで加工できるようなファイル形式にして欲しい

(4) 大学入試センター試験のようなシンプルな

問題形式で出題したい

(5) 問題は簡単かつ手軽に作題したい、新たな技能習得は負担になるので既得技能で対応できるようにして欲しい

2.2 基本設計と外部仕様

このような要求仕様を満たすように基本設計を行い、次のような外部仕様を策定した。

(1) 複数の生徒が同時に利用することを考慮して、問題はランダムに自動的に配信、回答結果を自動的に正誤チェックを行い、その結果を表示すると同時に学習履歴を保存する。

(2) 問題のカテゴリは、高校普通教科「情報」の学習指導要領に従い、科目(情報A、情報B、情報C)、単元毎にカテゴリを分け、難易度を指定できるようにする。

(3) 問題形式の種類は、○×式、選択式、文章穴埋め式の3つに限定し、問題文や解答を表示するとき、解説文や画像の表示ができるようにする。

(4) 問題の定義方法は、問題の構成要素成(問題種別、問題文、選択肢の項目、正答、解説文、画像表示の指定など)をタグで囲み指定する方法とする。

(5) 学習履歴は生徒単位で次のような内容を記録することにした。

- ・ カテゴリ：科目＋単元
- ・ レベル：3段階(高、中、低)の難易度
- ・ 学習開始/終了時刻：学習時間
- ・ 出題数：消化した問題数
- ・ 正解数：正解した問題数

この学習履歴は、生徒が個別に生徒用クライアント(PC)のウェブブラウザから参照することができる。また教員は、自分が担当するクラスの生徒全員分の学習履歴を CSV 形式で一括ダウンロードして、成績評価用データとして利用しやすいようにする。また全ての機能は、PCのOS上で動作する一般的なウェブブラウザから操作して利用できるようにする。

2.3 動作の仕組み

次に基本設計と外部仕様に基づき実装した学習確認機能の動作の仕組みを示す。

- (1) 生徒用クライアントから問題を要求する
- (2) DB からランダムに問題を抽出する
- (3) 問題を提供する
- (4) 問題に解答する
- (5) 採点后、結果を学習履歴として記録する
- (6) 正誤の結果と問題解説を提供する
- (7) 個別の学習履歴を要求する
- (8) 個別の学習履歴を提供する
- (9) 教員用クライアントからポータルサイトへアクセスし、生徒の学習履歴を一括ダウンロードする

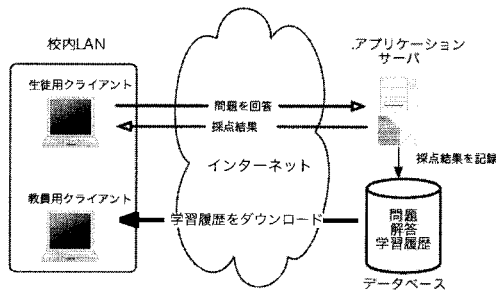


図1. 現行の学習確認機能の仕組み

2.4 実装時の工夫点

(1) 問題の定義方法は、問題構造を XML で定義し、必要な問題要素をタグで指定する方法を開発した。この方法は、あらかじめ XML で記述された問題種類別のテンプレート・ファイルを提供して、Windows 系 OS ならメモ帳や秀丸などのテキスト・エディタで、決められたタグに問題文や選択肢の項目、正答などを書き込むだけなので、高校教員の既得技能で十分に対応可能である。また補足であるが、問題を実際の画面に表示して確認する専用の Windows アプリケーション (Qcheck.exe) を提供して、問題作成の効率向上を図っている。問題定義に使用するタグセットの構造は次の通りである。

<studydata> 問題

<studyelement> 問題の要素

(type 属性で選択式は choose, 文章式は sentence)

<category-a> 問題カテゴリ

<category-b> 問題カテゴリ

<category-c> 問題カテゴリ

<level> 難易度

<question> 問題文

<image> 問題用画像ファイルパス名

<choose> 選択肢

<choiseelement> 選択肢の要素

<answer> 解答

<answerelement> 解答の要素

<explanation> 解説の要素

<explanationimage> 解説用画像ファイルパス名 (copyright 属性でコピーライト表示や画像名称)

<explanationdata> 解説文

なお問題カテゴリは、学習指導要領を基準にして科目 (A, B, C), 大単元 ((1), (2), (3), (4)), 小単元 (ア〜ウ) の3段階の構造をカテゴリ設定ファイル (eis-category.xml) で定義する方法を採用している。

(2) DB のスキーマ定義が、問題の選択肢等の増減により変化するのは好ましくないので、XML で記述した問題ファイルそのものを DB に蓄積せず、問題定義ファイルの保存先をフィールドで持たせ、ファイル単位で保存している。次に学習確認機能で利用する問題管理テーブルと学習履歴テーブルのスキーマを示す。

(a)問題管理 TBL (question_item)

- ・問題 ID (主キー)
- ・登録単元(情報A)
- ・登録単元(情報B)
- ・登録単元(情報C)
- ・問題レベル
- ・問題種類

- ・問題定義ファイルの保存先パス

(b)学習履歴 TBL (study_result)

- ・学習結果 ID (主キー)
- ・ユーザ ID (外部キー)
- ・学習単元
- ・問題レベル
- ・学習開始時間
- ・学習終了時間
- ・出題数
- ・正解数

(3) 高校教員が成績評価用データとして利用しやすいように、生徒単位で CSV 形式ファイルにまとめられた学習履歴をダウンロードする機能を実装した。さらにある一定時間毎にデータベース上の学習履歴が残っているか否かを自動的にチェックし、残っていれば CSV 形式ファイルをメールへ添付して教員宛へ強制的に送り届ける機能を検討していたが、現時点で未実装である。

3. 学習確認機能の問題点

この学習確認機能は、ポータルサイトが問題蓄積、問題配信、採点、学習履歴を保存し、DB で一元管理する一極集中の仕組みになっているため、次のような問題点が顕在化してきた。

(1) 基本的にクライアントとポータルサイト間を結ぶインターネット上に、生徒の認証データや学習履歴データが流れることはセキュリティの面で好ましくない。

(2) 生徒が学習確認機能を利用した後、個別の学習履歴がポータルサイト側に蓄積される。現在のところ、高校の担当教員は学習履歴をポータルサイトから積極的にダウンロードする必要がある。しかしインターネットからアクセス可能なポータルサイトに、生徒の学習履歴のような個人情報を保存することは、不正アクセス等で流出するリスクもあるので好ましくない。

(3) 全てのクライアントからのリクエストは、ポータルサイトの Web アプリケーションサーバ

(tomcat) が一極集中で処理するため、クライアント数に比例して Web アプリケーションサーバの負荷が大きくなる。これは現行のポータルサイトにおいて、ベンチマークソフト Apache JMeter を利用し、一定負荷をかけた状態で、学習確認機能に対してアクセス数を増加させて性能を測定した。その結果、学習確認機能の利用者数の増加に比例して、リクエストに対する応答時間が増加すること、ある利用者数以降に応答エラーが急激に増加することが裏付けられた。そこで、このような問題点 (1), (2), (3) を改善するため、学習確認機能の分散サーバ化を検討した。

4. 学習確認機能の分散サーバ化

今回、開発した学習確認機能の分散サーバ方式の基本仕様は概ね次の通りである。現行のポータルサイト側のサーバ (以下、センタサーバと呼ぶ) と、生徒用クライアント (及び教員用クライアント) の間に、学校単位に設置する分散サーバ (以下、分散サーバと呼ぶ) を新たに構築して位置付ける。分散サーバは、高校の校内 LAN に設置することを想定し、ポータルサイト側のセンタサーバと同じ学習確認機能を持たせる。つまり、センタサーバと同じ学習確認機能 (問題配信、自動採点、学習履歴の保存) を実装する。生徒用クライアントから、ポータルサイトの学習確認機能を利用する時は、この分散サーバ側へアクセスすることになる。

4.1 分散サーバ方式の仕組み

次に分散サーバ方式による学習確認機能を具体的な仕組みを示す。

- (1) 生徒用クライアントから分散サーバへ問題を要求する
- (2) DB からランダムに問題を抽出する
- (3) 問題を提供する
- (4) 問題に解答する
- (5) 採点后、結果を学習履歴として記録する
- (6) 正誤の結果と問題解説を提供する
- (7) 個別の学習履歴を要求する

- (8) 個別の学習履歴を提供する
- (9) 教員クライアントから分散サーバへアクセスし、生徒の学習履歴を一括ダウンロードする

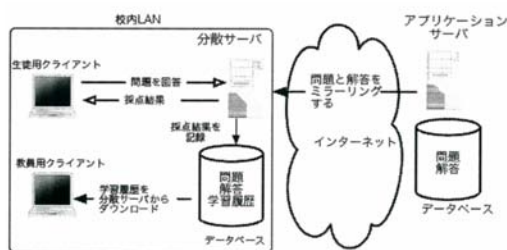


図2. 分散サーバ方式の仕組み

4.2 問題DB ミラーリング

学習確認機能の問題DBは、センタサーバ側で一元的に管理するので、分散サーバ側とセンタサーバ側との問題DBの同期を取り、常に最新の状態を維持するためミラーリング機構を組み込んだ。ミラーリングの実行は、センタサーバ側で問題DBが更新された任意のタイミング（実際にはポータルサイト管理者が管理メニューの画面から指示したとき）で行う。センタサーバ側と分散サーバ側の各々の実行シーケンスは次の通りである。

4.2.1 センタサーバ側のシーケンス

- (1) 問題DBを更新した後、管理メニューにある「分散サーバ管理」から指示があると、問題DB（問題管理テーブル `question_item`）のバックアップファイルを作成する。
- (2) バックアップファイルをHTTPでダウンロード可能なディスク領域へ格納する。
- (3) 問題DBが更新されたことを登録されている分散サーバへメールで通知する。メールはダウンロード先のURLと、問題用画像ファイルの差分、問題定義ファイルを添付して送信する。
- (4) 分散サーバ側から処理完了通知メールを受信したら、2台目以降も(3)の処理を繰り返す。問題DB更新通知メールを送信後、一定時間内（初期値は30分）に更新終了通知メールを受信できなければ、次の2台目以降へ処理を進める。

4.2.2 分散サーバ側のシーケンス

- (1) 分散サーバは、センタサーバ側から問題DB更新通知メールを受信すると、メールの内容を解析して、問題DBのダウンロード先を特定する。
- (2) 分散サーバは、センタサーバ側のダウンロード先へアクセスして、新しい問題DBをダウンロードする。
- (3) 分散サーバは、ダウンロードした新しい問題DB (`question_item`) と従来の問題DBとを全て置き換える。
- (4) 問題用画像ファイルは、更新通知メールから得た情報を元に、差分だけセンタサーバからダウンロードして、問題用画像ファイルのある領域へ保存する。
- (5) 変更通知メールに添付されてきた問題定義ファイル (XMLで記述) を自己の問題定義ファイルと全て置き換え保存する。
- (6) 全ての更新処理が終わったら、終了通知メールをセンタサーバへ送信する。また、(1)～(5)においてエラーが発生した場合は、ポータルサイト管理者宛へエラー通知メールを送信する。

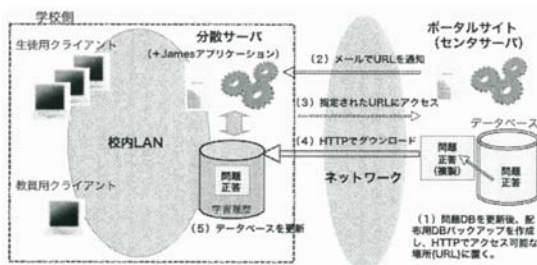


図3. 問題DBのミラーリング

なおセンタサーバにおいて、分散サーバを管理するために2つのテーブルをDBへ新規に追加している。分散サーバ管理テーブルは、分散サーバの登録状況を保持する。また分散サーバ更新状況テーブルは、分散サーバに対してミラーリング処理を行うための更新通知の状態を保持する。

- (a) 分散サーバ管理 TBL (sub_server_info)
 - ・分散サーバID (主キー)
 - ・分散サーバ設置高校名
 - ・通知先アドレス
 - ・更新有無フラグ

- (b) 分散サーバ更新状況TBL (sub_server_state)
 - ・分散サーバID (主キー及び外部キー)
 - ・更新年月日時間 (主キー)
 - ・通知状態
 - ・リトライ回数
 - ・最終通知時刻/完了通知受信時刻

4.3 期待できる効果

(1) 今回、開発した分散サーバを高校の校内 LAN に設置して、生徒用クライアントから学習確認機能を利用すれば、生徒の認証データや学習履歴データは全て分散サーバに蓄積・管理されることになる。よって、これらの個人データがインターネットへ流れることはない。教員用クライアントから生徒の学習履歴を参照する際も同様である。つまり安全性が確保されることになる。

(2) 分散サーバの学習確認機能を利用すれば、生徒の学習履歴は分散サーバ側に蓄積されるので、センタサーバ側には学習履歴は全く残らない。また分散サーバはインターネットから隔離されることになるので、インターネット経由の不正アクセスを受けるリスクは低くなる。

(3) 高校単位で分散サーバを設置して、分散サーバ側の学習確認機能を利用するので、センタサーバ側の Web アプリケーションの負荷は大幅に軽減される。

5. 今後の課題

(1) 今回、開発した分散サーバ方式の学習確認機能を実装した分散サーバを宮城県内のいくつかの高校に協力を依頼して、各校内 LAN へ配置し、実証実験を行う予定である。実証実験では、分散サーバ方式の学習確認機能の基本的な機能と、使い勝手や使用上の不具合などを調査する。

(2) ポータルサイトの学習確認機能は、単機能かつ規模も小さく、高校教員が活用する際の前提知識も最小限であり、日常的な負荷も小さいと考えられる。しかし分散サーバ化されたシステムを実際の教育現場で積極的に利用してもらうためには、高校教員が自校の校内 LAN へ容易に導入できる「使いやすさ」も重要なので、インストール・パッケージ化の方法についても研究開発中である。

(3) また、構想段階ではあるが、問題定義ファイルの作成をより簡単に行えるような問題作成支援ツールを開発する。これは先行研究 [5]にあるように、テキスト・エディタで XML を記述するのではなく、グラフィカルなインタフェースからマウス操作で問題文や選択肢の項目などを指定すると、自動的に問題定義ファイルを生成するような仕組みを検討している。

6. おわりに

今回の情報科教育ポータルサイトにおける学習確認機能の分散サーバ化により、セキュリティ面の改善やポータルサイトのシステム全体の安定稼働が見込まれる。その結果、情報科教育ポータルサイトの学習確認機能の利用促進が期待でき、高校の教科情報の教育現場における「教育の情報化」に貢献できると考えている。

なお、2007 年度(8 月 10 日現在)におけるポータルサイト全体の登録利用者は 1,265 名 (内訳は教員 92 名、生徒 1,173 名) である。この状況下で、ポータルサイトの学習確認機能の利用状況をログなどで調べてみると、本機能を利用している高校は、いずれも宮城県内で少なくとも 18 校 (公立 14 校、私立 4 校) であることが判った。このうち登録されている生徒(利用者)の ID をみると、生徒の実名や生徒番号ではなく、無意味なコードのような ID もあり、教員側のセキュリティに対する不安の表れかと推測している。少なくとも、このセキュリティに対して、教員が十分な配慮をしなくても、システム側でセキュリティを確保してやれば、さらなる利用促進につながるのではないかと考えている。

謝 辞

本研究の一部は、文部科学省の平成 15 年度教育情報共有化促進モデル事業及び平成 17 年度教育情報共有化促進モデル事業（普及等実践指定）の助成による成果と、独立行政法人日本学術振興会の平成 18～19 年度科学研究費補助金（基盤研究(C)）課題番号 18500724 「高校情報科教育向け簡易 e ラーニングシステムの分散サーバ方式の研究」(研究代表者：神村伸一)の助成を受け実施している。

また本研究の研究協力者として、分散サーバ化システムの設計・開発にご協力とご支援をいただいた高橋真理氏、奈良優佳氏のお二人に深く感謝申し上げます。

参考文献

1. 宮城県高等学校情報科教育研究会(代表 白幡勝美)「平成 15 年度教育情報共有化促進モデル事業報告書 情報科教育ポータルサイトの構築」2004
2. 神村伸一, 富塚学, 土佐雅人, 早坂昌樹, 上杉茂樹, 井口巖「高校情報科を支援する情報科教育ポータルサイトの構築」情報処理学会シンポジウムシリーズ 情報教育シンポジウム論文集 Vol.2004, No.9, PP.75-81, 2004
3. 神村伸一, 富塚学, 土佐雅人, 早坂昌樹, 上杉茂樹, 井口巖「オープンソースを活用した高校情報科教育ポータルサイトの開発」情処研報 Vol.2004 No.96, PP.77-82, 2004
4. 神村伸一, 富塚学, 早坂昌樹, 上杉茂樹, 井口巖「高校情報科ポータルサイトにおける学習支援機能の分散化」情報処理学会 第 3 回 CMS 研究会研究報告, PP.13-18, 2006
5. 杉優一, 喜多敏博, 安浪誠祐, 中野裕司「Ajax を利用した LMS 小テスト問題作成ツールの開発」情報処理学会第 4 回 CMS 研究会研究報告, PP.67-72, 2006