

# サービス指向に基づいたe-Learningシステムの開発手法 —携帯電話向けアンケート調査サービスの開発を例にして—

黒田 亮平・辻 光宏

複雑多様化するe-Learningシステムへのさまざまなユーザ要求に対して、短期間に柔軟なシステム展開を可能とするサービス指向アーキテクチャを取り入れた開発方法を検討した。従来のe-Learningシステムに対して携帯電話を用いたアンケート調査アプリケーションをサービスとして組み込むことを試行し、その結果を整理して報告する。

一般的なWebアプリケーションの形態を拡張しつつ、2つのアプリケーション間の情報交換を実現するWebサービスの方式を採用した。すなわち、既存のe-Learningシステムにサービスリクエストプログラムを組み込み、追加するアプリケーションにサービスプロバイダプログラムを組み込み、それらを疎結合で連動させる柔軟なシステム構築を行なった。このことにより、さまざまなe-Learningシステムに対してサービスリクエストソフトウェアを追加するだけで簡単に拡張することができるサービスとなる。事例として、携帯電話によるアンケート調査アプリケーションをサービス指向で開発することを試行したので報告する。

キーワード

e-Learning、サービス指向、携帯電話、アンケート調査

## 1. はじめに

教育の現場に、さまざまなe-Learningシステムの導入が進められている(Blackboard、exCampus、WebCT)。それらのシステムには、e-Learningに必要とされる機能が備えられている。教育現場の全般的な動きの中で、それぞれに開発されてきた教材を相互に利用することができるように、教育コンテンツの規格統一の動き(清水2004)も活発になってきている。

このように教える立場と教えられる立場の教員と学生にとって、便利にe-Learningシステムを利用できることは素晴らしいことである。しかし一方、教育方法のさらなる充実のための機能拡張、ITの進歩に伴う利用形態の変化への対応など、利用者が求めるニーズはさまざまである。世の中に大いに広まっている携帯電話を使って授業を進めていくということも、その一つである(広谷2004、九里2005、黒田ほか2005、緒方ほか2006)。

e-Learningシステムの発展により、教育にとって必要な機能や、教育コンテンツなど教育向け情報も整理されつつある。しかしながら、変化の著しい利用者のニーズに即して短期間でシステム化を計画する際には多種多様

な問題も存在する。そこで我々は、さまざまな機能が密結合されて構築されてきた従来のe-Learningシステムの考え方ではなく、さまざまな教育手順をワークフローとして整理して必要な処理と情報からなるサービスという概念にそれぞれ集約し、各サービスの間は疎結合するサービス指向(Service Oriented Architecture)の概念に注目した(青木2005)。

その具体例として、既存のe-LearningシステムであるexCampusに対してサービスリクエストを組み込み、Webサービスのためのサービスプロバイダを組み込んだアンケート調査サービスを構築した(黒田ほか2006)ので、ここで報告する。これにより、他の既存の

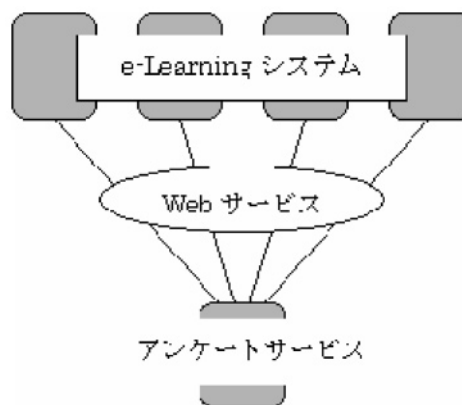


図1 アンケートサービスのイメージ

e-Learningシステムに対してもサービスリクエスタを組み込むだけで、対応するサービスプロバイダを持ついろいろなサービスを利用することができる(図1)。

## 2. 本研究の目的

本研究の主な目的は、e-Learningシステム構築にサービス指向の概念を導入することの利点を明らかにすることである。

e-Learningシステムを教育現場に導入する場合には、独自開発するか既存パッケージを適用するかのいずれかである。前者の場合には、それぞれの現場のニーズに即したシステム化が可能であるが、その一方で開発のための要員の問題がある。後者の場合には、導入して現場に即したカスタマイズを行なう際の要員の問題以外にソフトウェア費用の課題もある。

それらの問題や課題以外に、数年運用した後に問題が発生している。教育現場の利用者ニーズの変化や新しいITの発展に伴い、現有のe-Learningシステムの機能拡張が必要となってくる。既存パッケージの場合にはバージョンアップによって解決できる場合もあるが、新規にソフトウェアを開発するか、カスタマイズしなおすことになる。場合によっては、この機能拡張のために別のe-Learningシステムに乗り換えることも必要になる。あるいは、既存のシステムが、密結合された機能の集まりになってしまっているために、機能すべてについて熟知しているソフトウェア要員にしか仕事を任せることができないという問題も内在している。

これらのe-Learningシステムの機能拡張に関する難題は、教育現場に限ったものではない。多くの一般の業務システムでもこの問題にぶつかっている。既に導入した業務パッケージに対して、数年経過した際には、バージョンアップや機能追加の問題が発生する。その解決策の一つとして注目されているのが、サービス指向のアプローチ方法である。

従来の機能中心の開発手法では、それぞれの機能が密接に関係することで成立しているために、ある箇所プログラム更新するとそれに関係する情報項目や別機能への影響を全般的に見直さなければならない。このために、全体を理解しているソフトウェア要員が必要であり、機能追加してもトラブルが発生しない万全な体制を取らなければならない。そこで、最近の開発ではオブジェクト指向が多く採用されている。要求されるソフトウェア仕様を機能と情報からなるオブジェクトとしてまとめ、オブジェクト相互の関係は公開されたインタフェースだけで疎結合にして、各オブジェクトは内部をカプセル化して独立させている。これにより、新規にオブジェクトを追加しても他のオブジェクトにはほとんど影響しないし、ニーズに応じて内部を更新しても、限られたインタ

フェースを守ることで更新した影響を最小限に留めることができる(Ambler 2004)。

例えば、開発したサービスを数年運用した後にサービス内容を変更しようとした場合を想定する。公開するサービス(サービスプロバイダ)が提供する限られたインタフェースだけを保証することによって、e-Learningシステムの他の部分への影響を軽減することになり、問題発生を防ぐことができる。また、新規にサービス開発が必要になった場合に、表1に示すように拡張性に富んだシステムとなっている。表1の中で、従来の開発手法

表1 機能追加での開発の比較

	従来の開発手法	サービス指向
独自開発	機能追加アプリが存在する場合、既存システム全般と整合性を取るように調整する。  新規に開発する場合、既存システム全般に配慮しながら、個別に開発。	既存システムに関連する部分をサービスリクエスタとして開発しておく。  機能追加アプリが存在すれば、上記サービスリクエスタに沿ったサービスプロバイダに調整する。  新規開発する場合には、上記サービスリクエスタに沿ったサービスプロバイダを用いて開発する。  サービスの標準化を図ることにより、上記の負担を軽減できるとともに、他システムにも展開できる。
パッケージ展開	パッケージの正式な機能拡張待ち。  機能追加アプリが存在する場合、個別プログラム開発機能の範囲で、調整する。  新規に開発する場合、個別プログラム開発機能の範囲で、開発する。  パッケージ内での流通ソフトがあれば、そのまま適用可能。	個別プログラム開発機能を用いて、既存システムに関連する部分をサービスリクエスタとして開発しておく。  機能追加アプリが存在すれば、上記サービスリクエスタに沿ったサービスプロバイダに調整する。  新規開発する場合には、上記サービスリクエスタに沿ったサービスプロバイダを用いて開発する。  サービスの標準化を図ることにより、上記の負担を軽減できるとともに、他システムにも展開できる。
		パッケージのサービスリクエスタとサービスプロバイダが整備されれば、複数のパッケージを複合した展開も可能。

で機能追加する場合と、サービス指向の方法で機能追加する場合との違いについて示している。

さらに、インターネット技術の進歩の中で、既に標準規格化されているHTTPやXMLを採用したWebサービス技術が広まってきた。ソフトウェア体系から見てもJavaのEnterprise版とMicrosoftの.net体系とが相互に連携できるというメリットがあるが、それに加えて、基本的な利用方法である「Webサービスを実行する」「Webサービス間でメッセージ交換する」という考え方に基いてアプリケーションとアプリケーションとの間をオブジェクト指向の考え方で疎に結合することができる。

そのため、技術体系として確立されたWebサービスを基盤にした、ソフトウェア開発のアプローチ方法としてサービス指向を検討するケースが増えている。利用者のニーズの元となる業務の流れとしてワークフローを整理し、さまざまなソフトウェアサービスを部品(コンポーネント)として組み合わせて使っていく考え方である。サービスを提供する側(サービスプロバイダ)とサービスを利用する側(サービスリクエスタ)にそれぞれアプリケーションを作成し、依頼する処理と関係するデータとをWebサービス技術を用いてメッセージ交換していく。例えば既存のシステムに新規開発するサービスを追加する場合には、新規のアプリケーションにサービスプロバイダプログラムを開発しておく。そして、ワークフロー実現のために必要な既存アプリケーションとの連携部分は、既存システムにサービスリクエストプログラムを組み込むことにより、実現することができる。

なお、e-Learningシステムの場合にも、さまざまな既存のe-Learningシステムから共通に利用することができるサービスを提供する目的で、新規アプリケーションにサービスプロバイダを組み込んで開発することは重要である。その際には、特に教育コンテンツなどとデータ処理とを融合したサービスを共通にすることを前提にする。このことで、既に管理しているデータや処理など、既存のe-Learningシステムで運用しているソフトウェア資産そのものを有効に利用することができる。

### 3. e-Learningサービスのデザイン

ここでは、開発を進めた携帯電話によるアンケート調査サービスに関するデザイン内容を、事例として説明する。

e-Learningシステムに期待されるものは、本来は教育という仕事の流れ、すなわち、教育のワークフローに基づいた支援システムである。まず、アンケート調査サービスの使い方をユースケースで表現し、その対象となるユーザや関係するソフトウェア資産などをアクターとして示したユースケース図を作成する(図2)。検討する作業対象を関係者に明示して、合意を得ておくことから

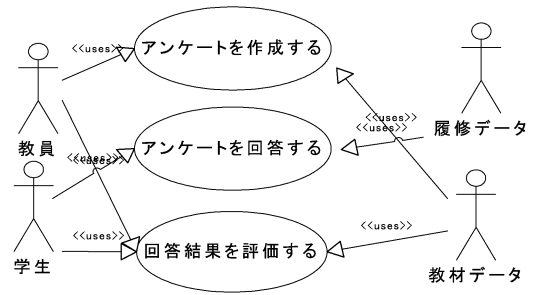


図2 アンケート調査ユースケース

始める。アクターで表現したソフトウェア資産の中には、既存のe-Learningシステムに存在するアプリケーションも含まれる。運用方法としてアンケートの回答を学生が携帯端末で行なうことができるようにすることを念頭に進めた。が、それ以外にも、アンケート調査の教育効果を配慮して、回答結果の集計を教員だけでなく学生にも提示できるようにした。すなわち、回答者全員のアンケート集計結果を学生にも提示することによって学生本人の状況を自覚することをうながすことを可能にした。

ユースケース図を出発点にして、アンケート調査の流れをワークフローとして整理した(図3)。その際には、以下の可能性も検討した。

- ・ 講義内容に基づいてその理解度を確認するためのアンケート調査であることに配慮すると、理解できていない部分を抽出して次回の講義でそれを補うことも大切な教育の流れである
- ・ 一時的な理解度以外に、数人の特定の学生の理解度を時系列的に追跡することによって、一連の講義内容の教育効果を再考することも重要である
- ・ 理解度を具体的に表わす期末試験の成績とアンケート調査結果とを照合することによって、理解できなかった原因を探ることもできる可能性がある

そして、図3で表現したワークフローのそれぞれのアクティビティについて、アンケート調査アプリケーションを新規に開発し、Webサービス技術を用いて従来のe-Learningシステムと連動させることに決定した。それぞれの詳細は、「4. アンケート調査サービスのアーキ

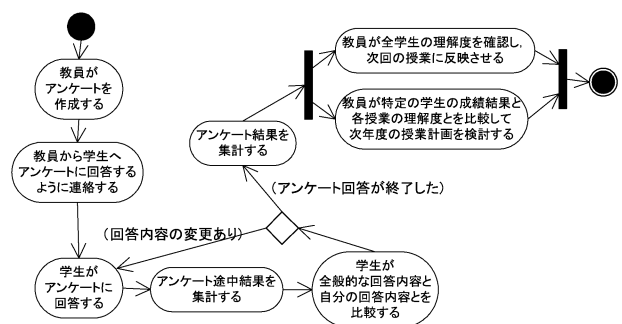


図3 アンケート調査サービスのワークフロー

テクチャ」で説明する。

4. アンケート調査サービスのアーキテクチャ

(1) Web サービス技術のためのシステム構成

以下のような環境で開発を行った。また、試行に関しても同環境にて行った。

- ・ Apache 2.0.49 : http サーバ
- ・ Tomcat 5.0.28 : Servlet、JSP サーバ
- ・ PostgreSQL 7.4.2 : データベース
- ・ Axis 1.3 : Web サービスサーバ
- ・ J2EESDK 1.4.03 : プログラミング言語

(2) Web サービス技術の適用部分

アンケート調査アプリケーションにWebサービス技術を適用するために、既存システムに組み込むサービスリクエスト (図4) とアンケート調査アプリケーションに組み込むサービスプロバイダ (図5) とをそれぞれ開発する。

サービスリクエスト部分では、既存のe-Learningシステムの一つであるexCampusに対して、JavaのServletと

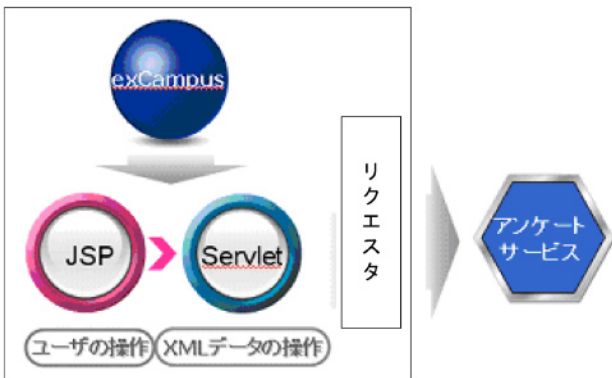


図4 サービスリクエストのアーキテクチャ

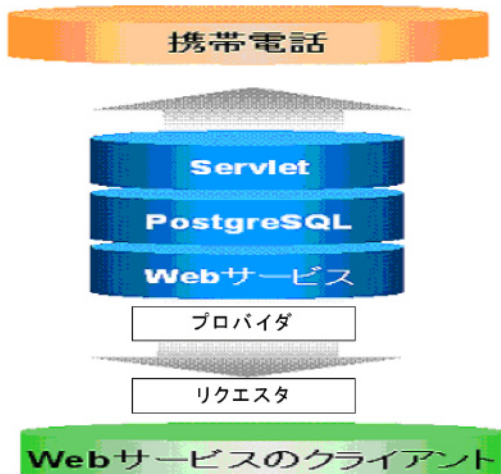


図5 サービスプロバイダのアーキテクチャ

表2 アンケート調査サービスリクエストのクラス一覧

クラス名	クラス概要
<i>WriteQuestionXML</i>	XMLファイル形式のアンケート質問データを作成する
<i>ReadQuestionXML</i>	XMLファイル形式のアンケート質問データを読み込む
<i>WriteStudentXML</i>	XMLファイル形式の回答者データを作成する
<i>ReadStudentXML</i>	XMLファイル形式のアンケート質問データを読み込む
<i>WriteAnswerXML</i>	XMLファイル形式のアンケート回答データを作成する

表3 アンケート調査サービスプロバイダのクラス一覧

クラス名	クラス概要
<i>ConnectQDB</i>	アンケートデータを保持するデータベースと接続する
<i>QuestionRegister</i>	アンケートを登録する
<i>QuestionXMLRegister</i>	アンケートを登録する (XMLファイル形式のデータを受け付ける)
<i>StudentRegister</i>	回答者を登録する
<i>StudentXMLRegister</i>	回答者を登録する (XMLファイル形式のデータを受け付ける)
<i>SearchQuestionData</i>	登録されているアンケートに関するデータの一覧を返す
<i>SelectQuestionData</i>	登録されているアンケートに関するデータの詳細を返す
<i>SelectAnswerDataCSV</i>	登録されているアンケートの回答データを返す (CSV形式のファイルを返す)
<i>SelectAnswerDataXML</i>	登録されているアンケートの回答データを返す (XML形式のファイルを返す)

JSPとを用いて、exCampusと連動してデータ操作やユーザ操作を行なうことができるプログラムを組み込む。サービスリクエストのクラス一覧を表2に示す。

サービスプロバイダ部分は、アンケート調査アプリケーションをサービスとして公開するために組み込んでおくものである。サービスリクエスト部分と連動しながらサービスを実現するための結合部分である。サービスプロバイダのクラス一覧を表3に示す。

(3) アンケート調査サービスの実現部分

アンケート調査は、3つの処理から構成される。

- ・ Webブラウザによるアンケート作成
- ・ 携帯電話によるアンケート回答
- ・ アンケート結果の表示

操作イメージを図6に示す。

Webブラウザによるアンケート作成

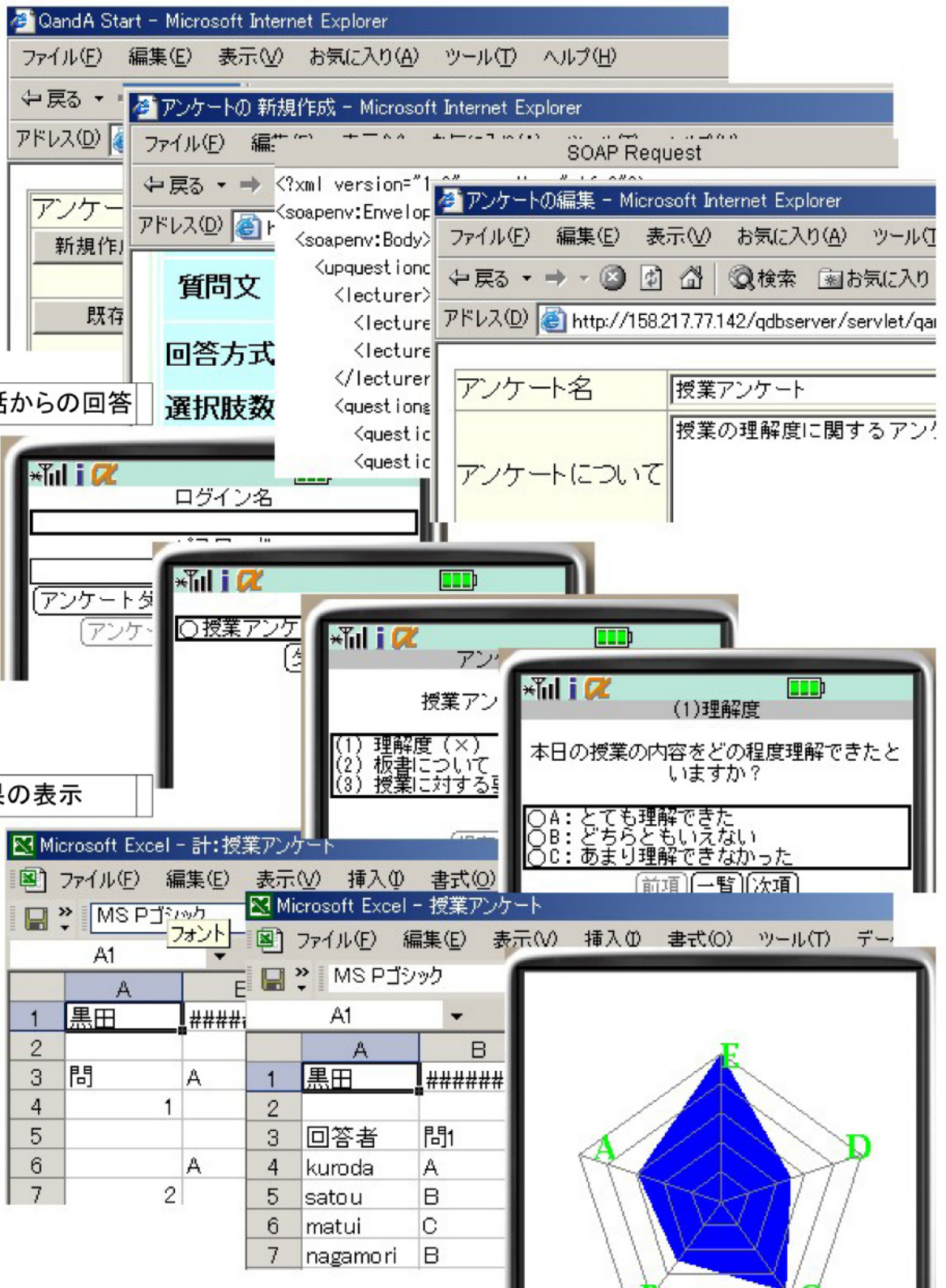


図6 アンケート調査サービスの操作イメージ

- ・教員はWebブラウザを使ってアンケートを作成する。教員はWebブラウザによりアンケートの追加・編集や、アンケート結果の確認を行うことができる。また、すべてのアンケートは質問者の科目ごとに管理されており、質問者は自らの科目ごとにアンケートの追加・編集やアンケート結果の表示を行うことができる。アンケートの質問データや回答データはサーバ上のデータベースでXML形式で管理され、教員は大量のアンケートデータを保持することから解放される。また、さまざまなアンケート形式の登録を提供している。アンケートには、自由記述や、選択式といったさまざまな回答方式がある。選択方式においては、その選択肢や選択肢の数、選択肢の内容についても自由に編集できる。教員は、必要に応じて回答方式を選択し、また選択肢についても必要に応じて編集することが可能である。
- ・学生は携帯電話からアンケートを回答する。クライアントシステムとして、Docomoの携帯電話上で動作するiアプリを採用した。現在、携帯電話はいつでもどこでも利用されるユビキタス機器の一つである。アンケートの受け取り、回答、提出をこのユビキタス機器である携帯電話で行うことで、紙ベースによるアンケートで必要であったアンケート配布や回答回収の際の時間を削減することが可能となる。
- ・学生や教員にアンケート結果を表示することができる。学生へのアンケート結果のスムーズなフィードバックを提供している。アンケート結果の表示サービスの一つとしては、学生がアンケートに回答すると回答の全体平均と自らの回答とを比較したグラフを表示することが可能である。また、これに加えて、本研究でおこなったWebサイトに関するアンケートを、くもの巣グラフで表示するサービスも開発した。相互評価などのアンケートにおいて必要となるスムーズなフィードバックは、これらの機能を利用することで可能である。

アンケート調査サービスは、クライアント／サーバシステムとして開発を行った。クライアントとしては、Docomoの携帯電話で利用されるiアプリと、Webサービス部分のクライアントから構成される。サーバ部分に関してはWebサービスの部分と、Servletプログラム部分、そしてデータベースであるPostgreSQLによって構成されている。

iアプリは、サーバのServletプログラムにアクセスしアンケートのダウンロードや、アンケートの回答のアップロードを行う。Servletプログラムは、iアプリからのアクセスを受けて、データベースであるPostgreSQLにアクセスし、iアプリがダウンロードするアンケートデータの作成や、iアプリからアップロードされたアンケー

トの回答データの保存を行う。

## 5. 考察

携帯電話によるアンケート調査サービス開発は、オープンなソフトウェアの拡張性に配慮して、Java言語とiアプリを前提としたアプリケーション開発から始めた。その後、サービス指向アーキテクチャへの拡張を行なった。サービス指向に対応したデザインを心がけることによって、サービス指向への拡張作業そのものは実質的に1ヶ月程度で行なうことができた。

サービス指向アーキテクチャは、従来から導入されているe-Learningシステムに対して、サービスプロバイダ機能を付加することによって、さまざまなアプリケーションと連動させることができる拡張性に富んだ考え方である。e-Learningシステムにとっては、セキュアなシステムであることが必要な部分とオープンなシステムであることが望まれる部分がある。後者の部分に関しては、サービス指向の考え方で拡張していくことが、e-Learningシステムの発展にもつながるだろう。

なお、このアンケート調査システムは、「①アンケートシートそのものを携帯電話にダウンロードする」、「②アンケート回答入力に携帯電話単体で行なう」、「③入力完了したアンケートシートをアップロードする」、「④アンケート集計情報を受け取る」などの機能を装備している。携帯電話の操作性に関して数名の携帯電話所有者に試用して評価を求めたが、アンケート用紙によるアンケート調査に比較してよい評価を得た。例えば講義終了前後30分だけ①の作業を許可する運用にすることによって、回答者を制限することが可能である。④に関しては、その集計方法など試行錯誤的に検討中である。特に①の特徴を生かすために多くの携帯電話所有者に対応するためには、Vアプリ開発やEZアプリ開発などを進めていく必要がある。

## 6. 結論

e-Learningシステムへのサービス指向アーキテクチャの展開という目的を達成することができた事例として、携帯電話によるアンケート調査サービスの開発を報告した。

サービス指向アーキテクチャとしてビジネスプロセスを標準化する動きがある。オープンなソフトウェア環境が整っていけば、e-Learningシステムへの適用も進むと思われる。

サービス指向をサポートする、すなわち、Webサービス技術をサポートするソフトウェアは目白押しである。最近注目を集めているAjaxなどのリッチクライアントソフトウェアを適用することにより、さらにダイナミッ

クにサービス利用ソフトウェアを実現することができる。

e-Learningシステムのソフトウェア技術の適用にはさまざまな可能性がある。例えば動画や音楽など多様なメディア形式のコンテンツの場合でも、サービス指向アーキテクチャで利用しているXML形式によって情報交換は可能である。セキュア対策など技術的な検討課題はあるものの、さまざまな教育現場に展開されることを大いに期待したい。

#### 参考文献

- 青木利晴・監修、“Webサービスコンピューティング”、電子情報通信学会、2005
- 緒方広明、矢野米雄、“徳島大学におけるユビキタスラーニング (u-Learning) の取り組み”、メディア教育研究第1号第2巻、pp.19-27、2006
- 九里徳泰、“携帯電話によるEラーニングを活用した大学多人数講義での運用実験”、メディア教育研究第1号第2巻、pp.145-153、2005
- 黒田亮平、辻 光宏、“アンケート評価のための携帯電話サービスの開発”、日本教育工学会第21回全国大会講演論文集、pp.533-534、2005
- 黒田亮平、辻 光宏、“Webサービスを利用した携帯電話によるアンケート評価サポートの試行”、第68回情報処理学会全国大会講演論文集 (分冊4)、pp.633-634、2006

黒田他：サービス指向に基づいたe-Learningシステムの開発手法

清水康敬、“高等教育におけるe-learningの支援と教育コンテンツの共有”、メディア教育研究第1号第1巻、pp.1-9、2004

広谷博史、“携帯電話端末から利用できる復習用ウェブサイトを活用した大学教養教育の実践及び利用頻度と成績との関係”、メディア教育研究第1号第1巻、pp.123-128、2004

Ambler S.W., “Object Primer, 3<sup>rd</sup> edition”, 2004、(株)オージス総研監訳、“オブジェクト開発の神髄”、日経BP社、2005

Blackboard, <http://www.blackboard.com/asia/jp>

exCampus.org, <http://excampus.nime.ac.jp/>

WebCT, [http://www.emit-japan.com/webct\\_japan/](http://www.emit-japan.com/webct_japan/)



くろだ りょうへい  
黒田 亮平

2004年3月関西大学総合情報学部卒業。高校での情報科教育に興味がある。



つじ みつひろ  
辻 光宏

1974年京都大学工学部数理工学科卒業。1992年関西大学社会学部助教授。1999年同大学総合情報学部教授。博士(工学)。日本教育工学会、情報処理学会、電子情報通信学会、日本計算機統計学会、日本行動計量学会各会員。

## Development Technique of the Service-Oriented e-Learning System — Prototype Development of the Questionnaire Service with the Mobile Terminal —

Ryohei Kuroda · Mitsuhiro Tsuji

For user's several requests to the e-Learning system, we discussed the software development approach with the Service Oriented Architecture (SOA) which would enable flexible system deployment for a short period of time. We were developing the questionnaire service using a mobile terminal .

We adopted the system of the Web Service which realizes information exchange between two applications which extended the form of the general Web application. We built service requester program into the existing e-Learning system, developed questionnaire application as service provider, and performed the flexible systems configuration by loose coupling. Then, we can construct the application service easily extensible to various e-Learning systems.

#### Keywords

e-Learning, SOA, Mobile, questionnaire