

授業支援型 e-Learning システム CEAS の再構築 —機能テストの結果と評価—

Reconstruction of Web-Based Coordinated Education Activation System CEAS
-Result of functional test and evaluation-

矢野敏也[†], 樋口生明[†], 辨崎圭太[†], 竹本浩隆[†], 植木泰博[‡], 檀寛成[†], 安達直世[†], 冬木正彦[†]
Toshiya YANO[†], Takaaki HIGUCHI[†], Keita BENZAKI[†], Hirotaka TAKEMOTO[†],
Yasuhiro UEKI[‡], Hiroshige DAN[†], Naotoshi ADACHI[†], Masahiko FUYUKI[†]

関西大学工学部[†] 関西大学先端科学技術推進機構[‡]

[†]ORDIST, KANSAI UNIVERSITY [‡]Faculty of Engineering, KANSAI UNIVERSITY

日本の教育環境への適合を目指す授業支援型 e-Learning システム CEAS は、関西大学での大規模利用を含め多くの教育現場で利用されている。実利用の中で利用者から求められた機能強化/拡張や教材の再利用・共有の利便性向上の要望に応え、同時にシステムの保守性・拡張性・オープン性を高めるため、フレームワークを用いてシステムの再構築を行った。本論文では、まず CEAS Core に採用したシステムアーキテクチャについて述べる。次に、再構築の実施内容と再構築したシステムについて機能テストを実施した結果を示し、システムの完成度と保守性について評価する。

The Web-Based Coordinated Education Activation System CEAS, which aims to fit Japanese educational environment, has been used at Kansai University on a large scale and at other educational sites. The system is reconstructed by using open source frameworks in order to respond to user requests for functional reinforcement/expansion and improvement of contents reuse/share function and at the same time to improve system maintainability, expandability and openness. This paper first describes the system architecture of the CEAS Core. The design and implementation of the developed system are then described, and finally the results of the functional tests are reported, which indicate the successful achievement of the purposes of the reconstruction.

1. はじめに

1980年代からの初等中等教育の変遷と少子化による18歳人口の激減の中で大学は学生の「学力低下」や「学習意欲の低さ」、「基礎学力の多様化」の問題に直面し、教育の質の向上が大学での教育の大きな課題となっている。さらに教育の外部評価への対応も求められている。日本の教育環境で求められているこれらの支援に焦点をあわせ、筆者らは多人数の対面型集合教育を対象として授業と学習を統合的に支援する授業支援型 e-Learning システム CEAS (Web-Based Coordinated Education Activation System)を開発し¹⁾運用を支援している。CEASは、「授業と学習(予習・復習)のサイクル形成」に必要な支援機能を備えたWebアプリケーションシステムであり、担任者と学生の授業や予習・復習に関する諸活動を、毎回の授業実施を単位として扱える特徴を有している。

CEASが使い出されてから3年間の間に、利用

者の要望に応え、マイナーな機能変更や追加を行ってきた。しかし、利用者の多様な利用形態を反映して、学生へのフィードバック支援機能やコミュニケーション機能の強化、授業コンテンツの再利用・共有の利便性向上、GUIの国際化対応、さらに個別学習支援機能の強化など、当初の設計の枠を超えた大幅な変更を要する要望が出されている。

CEAS2.1(本研究開始時のバージョン、現在はCEAS2.2)は順次機能追加を加えてきた経過からそのソフトウェアの構造は複雑であり、利用者からの要望に対応した大幅な機能追加・拡張を行い、さらに今後予想されるCMS (Course Management System)のオープン化や教育内容公開の動きへ対応することは、開発や保守の工数の大きさから容易ではない。

このことから上記の要望に応え、同時に保守性・拡張性・オープン性を高めることを目的として、フレームワークを利用した新しいアーキテク

チャを採用し、新規にシステムを開発する。

新規に開発する支援システムの機能は CEAS2.1 に対し上位互換性を保たせるので、システム名称は CEAS を継承し、3.0 から始まるバージョン番号を用いる²⁾。システムの開発は段階的に行い、第1段階では、現行の CEAS2.1 が有している機能を、新たに採用するアーキテクチャに基づいてシステムを再構築する。この部分は段階的に構築するシステムの中核となるので、‘CEAS Core’ と呼ぶことにする。

CEAS Core の開発は 2006 年 4 月時点で機能テストの段階に達した³⁾。機能テストの結果、多量のバグが発見され、プログラムを修正する必要があった。しかし、そのプログラムは様々な点において保守性・拡張性に問題のあることが分かり、バグの修正をするだけでは再構築の目的を達成することはできないことが判明した。

そこで、2006 年 4 月時点での CEAS Core を ‘CEAS Core0’ とし、保守性および拡張性を向上させることを目的に再度 CEAS Core の構築を行う。再構築したものを ‘CEAS Core1’ と呼ぶことにする。また、CEAS Core1 では CEAS Core0 の開発時には取り上げられなかった問題の修正や、仕様の変更も行う。

本論文では、CEAS3 系に採用したシステムアーキテクチャを説明し、次に CEAS Core0 の開発において判明した問題点を挙げ、それらの改善方法について述べる。さらに、2007/01/16 に行った第一回機能テストの結果と 2007/04/13 に行う予定である第二回機能テストの結果の予測を示し、システムの完成度と保守性について評価し、まとめと今後の課題を述べる。

2. システムアーキテクチャ

2.1 3層アーキテクチャ

CEAS3 系バージョンのシステム（以後 CEAS3 と呼ぶ）には機能強化/拡張の要件に迅速かつ柔軟に対応できる保守性・拡張性・オープン性に優れたシステムアーキテクチャが求められる。CEAS3 では基本アーキテクチャに Layers パターン⁴⁾を採用し、この要件に応えることを目指す。Layers パターンを用いることによりアプリケーション全体を複数の機能層に分けて構成し、それぞれの依存性を最小限に抑えることで、設計や開発・デバッグ・メンテナンスが容易になることが期待できる。さらに開発の分業が容易になり、多人数でのシステム開発の効率化が期待できる。

CEAS3 では 3 層アーキテクチャを採用し、プレゼンテーション層、ビジネスロジック層、インテグレーション層の 3 つに機能層を分ける（図 1）。プレゼンテーション層はビジネスロジック層

のサービスをユーザに対して提供する。ビジネスロジック層はプレゼンテーション層からクライアントのリクエストを受け取り、それに合わせて業務ロジックを実行し、必要であればデータベースなどのリソースにアクセスする。インテグレーション層はビジネスロジック層とリソースの間を取り持つ層であり、RDBMS などの外部リソースとの通信を行う。

2.2 フレームワーク

システムの保守性・拡張性・オープン性向上を図るため CEAS3 の開発には Java 言語のフレームワークを利用する。

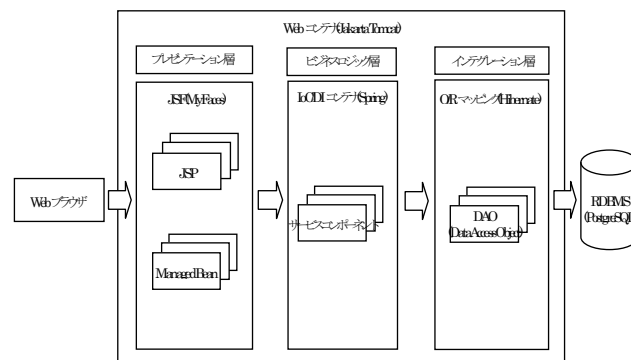


図 1 3層アーキテクチャ

プレゼンテーション層では Java の標準フレームワーク JSF(JavaServer Faces)⁴⁾ と MyFaces 実装⁵⁾を採用する。JSF では Web ユーザインタフェースのコンポーネント化(UI コンポーネント)が可能であり、国際化対応機能を使用することで、GUI の国際化対応が容易に行える。

ビジネスロジック層には DI コンテナをサポートするフレームワーク Spring⁶⁾を用いる。DI コンテナを用いることにより、クラスを POJO(Plain Old Java Object)として記述でき、オブジェクトの生成や依存性に関する制御を設定ファイルに記述することができる。

インテグレーション層では、O/R マッピングフレームワーク Hibernate⁷⁾を用いる。これによりインピーダンスミスマッチにより発生するマッピングの記述をマッピング定義ファイルに集約でき、データベースアクセスのための手続きコードが簡素化できる。

3. CEAS Core0 の開発における問題点

CEAS Core0 の開発には多くの問題点があった。それらを設計面、プログラム面、機能面に分類したものを以下に記述する。

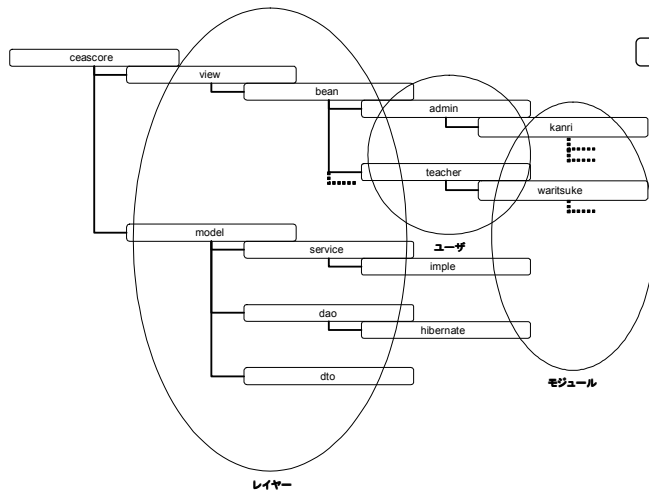


図2 CEAS Core0 のパッケージ構成

3.1 設計面の問題

(a) 名称の不統一

CEAS Core0 では、DB のテーブル名・カラム名や Java でのクラス名・変数名に英字を利用していたが、全てが内容を反映した適切な英語表現ではなかった。‘割付’や‘連結一覧評価表’といったような英語で表現しにくいものに関しては英語化されずローマ字表記を利用していた。そのため、表記に関して統一性を欠いていた。

(b) パッケージ構成

CEAS Core0 では図2のようにMVCモデルを考慮したパッケージ構成を採っていた。しかし、2.2で記述したようにCEAS Coreの実装ではJSFを用いており、MVCの‘Controller’の部分がJSFの‘FacesServlet’となるためパッケージには含まれていない。また、CEAS3系の特徴であるLayersパターンを用いていることも明示的に表せていない。さらに、CEAS Core0のパッケージ構成は‘管理者 (admin)’、‘担任者 (teacher)’、‘学生 (student)’のCEASの利用者種別ごとに分けられていたが、CEASの機能の中には‘管理者’と‘担任者’が共通に利用するものや、‘担任者’と‘学生’が共通に利用するものなどもあり、ファイルの配置が適切にできていなかった。

3.2 プログラム面の問題

(a) 機能モジュール間の共通部分の分散

機能モジュール間で共通に利用できる部分が存在していても、担当開発者が異なっていれば共通化が行われずそれぞれの機能モジュール内で実装されていた。

(b) 型の不一致によるメソッドの増加

開発者が異なることによって、戻り値の型や引数の型が異なっているだけで、同じ内容のメソッドが複数定義されていた。例えば、DBから検索条件に一致する情報の一覧を取得する場合のメソッドの

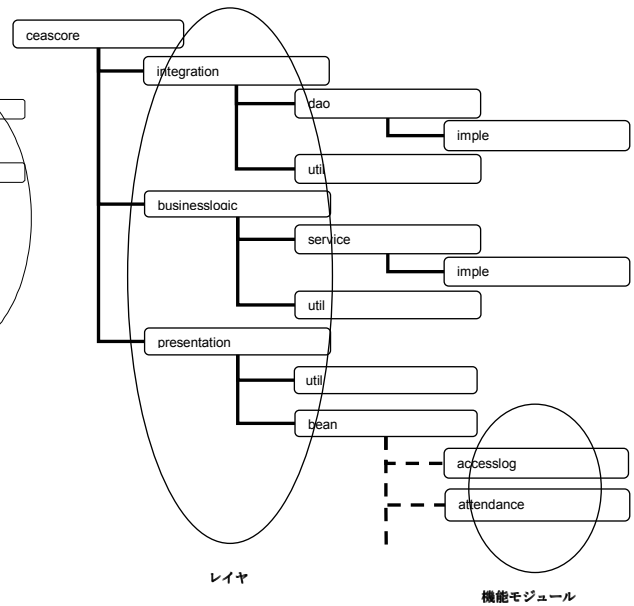


図3 CEAS Core1 パッケージ構成

戻り値の型が、List 型のもの、配列を用いたものの2種類存在していた。

(c) 定数の分散

CEAS では学期や曜日などを、数字を用いたコードとして利用している。これまでそれらのコードはプログラム内に直接記述されていた。そのため、コードを変更する必要がある場合、変更箇所が複数となるため、非常に困難となる。

3.3 機能面の問題

(a) 煩雑な画面遷移

CEAS には選択式テスト作成機能と記述式テスト作成機能があるが、どちらも画面遷移の回数が多く利便性が高くない。

(b) 不正アクセス

なりすましによる不正アクセスの報告があったが、CEAS Core0 ではセキュリティに関して十分な考慮がなされていなかった。

4. 問題点の改善

前章で挙げた問題に対して行った改善方法を以下に記述する。これらの方法は‘Java 言語で学ぶリファクタリング入門’⁸⁾に記載されている、マジックナンバーの置き換えやメソッドの抽出といった典型的な問題の改善法を実施したことになる。

4.1 設計面の問題の改善

(a) 命名規則の改善

CEAS Core0 で英語化されていなかったものに関して、可能な限り日本語の意味が変わらないように、全てを英語化した。また、英語化されていたも

のの中に、適切でない表現を用いていたものも存在していたのでそれらについても修正した (admin を administration, attend を attendance など).

(b)パッケージ構成の変更

CEAS Core1 では MVC モデルではなく Layers パターンを利用していることを明確化するために、‘presentation’, ‘businesslogic’, ‘integration’ の層別のパッケージを作成した (図 3). また, ‘presentation’内は CEAS の利用者種別ごとに分けることなく、機能種別ごとに分けた. これによって、利用者間で共通に利用するものも問題なく配置することができるようになった.

4.2 プログラム面の問題の改善

(a)機能モジュール間の共通部分の抜き出し

機能モジュール間で共通に利用できる部分を Utility として共通化することで、拡張性・保守性の向上を試みた. 現段階で Utility クラスとして抜き出されたものとして以下のようなものが挙げられる.

- CSVUtil クラス
CSV 形式データの入出力に関するクラス.
- FileUtil クラス
CEAS へのファイルのアップロードに関する処理をまとめたクラス
- MailUtil クラス
メールの送信に関するクラス

上記のクラスが扱う処理は、CEAS の複数の機能に存在しているため、コードを共通化することで管理が容易になる. また、新しい機能を作成した場合に、これらの処理を組み込むことも容易に行うことができる.

(b)型の一致によるメソッドの削減

インテグレーション層では、返り値の型や引数の型が違うだけで、同じ内容のメソッドが複数定義されていた. また、別に存在するメソッドに引数を 1 つだけ追加しただけのものが、同様に定義されていた. CEAS Core1 では、‘複数のデータを返すような場合には List 型を使う’ というようなルールを決めることで、前者のようなことが起こるのを防いだ. 後者については、引数の多い方のメソッドだけを定義し、引数の少ない方のメソッドが必要な場合は、‘NULL’などの事前に決めておいた値を引数に設定することで対応する. これによってメソッド数を減らすことができ、管理が容易になる.

以上のことにより、インテグレーション層における CEAS Core1 のコード量は CEAS Core0 から大幅に減らすことができた (表 1) (表 1 には大幅な仕様変更を行うテスト関連の機能に関しては除外している). コードの可読性が向上し、コードの重複もないので保守性を向上することができたと思われる.

表 1 インテグレーション層のコード量の比較

	Dao(インターフェース)	DaoImple(実装クラス)	合計
CEAS Core0	1000	9462	10462
CEAS Core1	652	1975	2627

(c)定数の外部化

CEAS Core1 ではコードなどの定数を外部ファイルに抽出した. これによってコードを一元管理することができる. また、コードの対応も明確化することができる.

4.3 機能面の問題の改善

(a)画面遷移回数の減少

選択式テスト作成、記述式テスト作成機能で作成されるテストは、大問、設問、選択肢で構成される. CEAS Core1 では新規作成画面と編集画面、設問作成画面と選択肢作成画面などを統合することにより、画面遷移回数を減らした.

(b)セキュリティの強化

一定時間内の同一アカウントからの連続アクセスや一定時間内の同一 IP アドレスからの連続アクセスを監視することで不正アクセスを防ぐ. また、パスワードをハッシュ化し、セキュリティを強化した.

5 国際化対応機能

CEAS には英語や中国語といった外国語への対応の要望が寄せられている. CEAS Core が用いている JSF には国際化対応機能があるため、CEAS Core0 の国際化対応が考えられていた. しかし、開発期間などの問題から国際化対応に関する開発は見送られていた. CEAS Core1 の開発においても開発期間に余裕があるわけではないので、国際化対応を見送ることが考えられた. しかし、保守性の向上という観点において、画面に表示されるメッセージの管理を容易にすることは重要であると考えられる. JSF の国際化対応機能は、メッセージの管理を容易化することができるため、CEAS Core1 では JSF の国際化対応機能を用いた開発を行った.

JSF の国際化対応機能はリソースバンドルの仕組みを利用している. メッセージをリソースファイルとして外部化できるため、管理が容易に行える. 国際化する場合も、対応させたい言語のリソースファイルを作成するだけで、プログラムを変更する必要がなく容易に行うことができる. 中国語のログイン画面の例を図 6 に示す. 現在のところ、対応している言語は日本語、英語、中国語の 3 ヶ国語である.

工学系开讲科目

请输入ID和密码, 点击“注册”按钮。

ID: 例子: gh90234

密码: 例子: *****

关于CEAS的问题和要求 gp2004@jm.kansai-u.ac.jp 请联系到

按下面的按钮, 转换表示语言。

図6 中国語のログイン画面の例

6. 機能テスト

6.1 第一回機能テスト

再構築を行っているシステム CEAS Core1 に対し, 再構築方針の妥当性を中間段階でチェックするため, 第一回機能テストを実施した。

機能テストの対象とした機能は表 2 の通りである。これら対象とした機能は実装を終了した, ログイン, 教材割付, 出席情報収集などの機能であり, これらは授業支援システムの中核的な機能である。これらの機能の実装に問題がなければ, 他の機能についても継続して実装することでシステムを完成できる見通しが得られると期待した。

表 2 第一回機能テスト対象機能一覧

共通	ログイン・ログアウト, 公開 FAQ, お知らせ, 公開科目一覧, 個人情報変更
履修環境管理者	告知機能
担任	授業資料, 教材割付, 科目独自のページ, 出席管理, お知らせ/メール, FAQ 回答登録
学生	お知らせ, FAQ, チャット, 出席確認, 出席情報収集, 出席表, グループフォルダ

表 3 第一回機能テスト結果の比較

	項目数	誤り割合(%)
CEAS Core0	371	18
CEAS Core1	387	5

第1回の機能テストを実施した結果は表3の通りである。

CEAS Core0 と CEAS Core1 の結果を比較すると, 誤り割合が約 1/4 程度まで減少していることが分かる。

さらに, CEAS Core1 の 5%の誤りについては第一回機能テスト後 1 週間で修正をすべて完了させることが

できたので, 保守性の高いコードになっているといえる。したがって, 継続して開発を進めることで, 完成度の高い CEAS Core1 を実現できると予想できた。

6.2 第二回機能テスト

本論文執筆時点(2007/04/02)では, 全 45 機能中 39 機能の実装が完了している。さらに 4 機能を実装し, 表 4 の機能を対象として第二回機能テストを実施する。二回目のテストまでに実装を行わない 2 機能は‘教材一括更新’, ‘システム情報’である。‘教材一括更新’機能は, 教材の共有に関する仕様が固まっていないため実装を先送りする。‘システム情報’機能についても, JSF の枠組みにおける実現方法を考慮しなければならなかったため先送りとしている。第一回機能テストの結果から第二回機能テストもほぼ同様な結果になると予測できる。その結果については, 発表の時に報告する。

表 4 第二回機能テスト対象機能一覧

共通	レポート確認
履修環境管理者	ユーザ管理, 科目管理, ユーザリスト読込, 科目リスト読込, 科目担任関連リスト読込, 履修情報リスト読込, アクセスログ
担任	複合式テスト作成, 記号入力式テスト作成, レポート課題作成, アンケート作成, 複合式テスト管理, 記号入力式テスト管理, レポート管理, アンケート管理, システム情報, 科目環境設定, 連結一覧評価表
学生	複合式テスト実施, 記号入力式テスト実施, レポート提出, アンケート実施, テスト結果表示

7. まとめ

授業支援型 e-Learning システム CEAS2.1 に対し, 保守性・拡張性・オープン性を高めることを目的として, フレームワークを利用した新しいアーキテクチャを採用し開発を行った CEAS Core0 は, 当初の目的を達成する点で問題があることが判明したので, 問題点を解決し, CEAS Core1 と呼ぶシステムを開発した。

本論文では, CEAS3 系で採用したシステムアーキテクチャを説明し, CEAS Core0 で発生した問題を設計面, プログラム面, 機能面の 3 種類に分類した。さらに, それらの問題を改善する再構築の取り組みと再構築したシステムについて実施した機能テストの結果を示し, CEAS Core1 の完成度について報告した。

第一回機能テストの結果より, CEAS Core1 は CEAS Core0 に比べ大幅にエラー数が減少し,

その修正もすべて完了している。そして、第二回機能テストの結果もほぼ同様であることが予測でき、完成度の高い CEAS Core1 が実現できると期待される。

8. 今後の課題

大規模利用者を対象とした実運用開始までに行う必要のあることとして、次のことが挙げられる。

- ・残りの 2 機能の実装
- ・国際化に伴う、各言語での表現の推敲
- ・シミュレーションベースでの負荷テストと設定パラメータのチューニング
- ・実運用環境下での試行とチューニング

謝辞

CEAS Core0開発のリーダーを務めた児山享弘氏とCEAS Core0開発に参加した上原遥氏、富永徹氏の協力を感謝します。さらにCEAS Core1開発に参加している濱渦奨氏、村下幸利氏、山中純氏の協力を感謝します。なお、本研究の一部は、文部科学省平成16年度現代的教育ニーズ取組支援プログラム「進化するe-Learningの展開」の平成18年度補助金によって行ったものである。

参考文献

- 1) 冬木正彦, 辻昌之, 植木泰博, 荒川雅裕, 北村裕, “Web 型自発学習促進クラス授業支援システム CEAS の開発,”教育システム情報学会論文誌, Vol.21, No.4, pp. 343-354 (2004)
- 2) 濱渦 奨, 村下 幸利, 山中 純, 植木 泰博, 荒川 雅裕, 冬木 正彦, “Java フレームワークで再構築した授業支援型 e-Learning システム CEAS の機能テスト”, 情報処理学会研究報告, 教育学習支援情報システム研究グループ 第 2 回 CMS 研究会, pp. 71-75(2006)
- 3) 岡本隆司, 吉田英嗣, 金子崇之, 権藤夏男 :Light Weight Java -JSF/Hibernate/Spring によるフレームワークで Web アプリケーションの開発効率向上-, 毎日コミュニケーションズ, pp. 306-308 (2005)
- 4) JavaServer Faces Technology, <http://java.sun.com/javase/javaxserverfaces/>
- 5) The Apache MyFaces Project,<http://myfaces.apache.org/>
- 6) Spring Framework, <http://www.springframework.org/>
- 7) HIBERNATE, <http://www.hibernate.org/>

- 8) 結城浩:Java 言語で学ぶリファクタリング入門, ソフトバンククリエイティブ株式会社, pp.21-39,101-116 (2007)