

授業支援型 e ラーニングシステム OpenCEAS の リファクタリングおよび評価

宮崎誠^{†1} 冬木正彦^{†1} 三矢晴彦^{†2} 栗原星史^{†2} 奥田高広^{†2} 植木泰博^{†3}

概要: CEAS3 の UI をマルチデバイス・モダンブラウザに対応した CEAS10 の開発に続き、CEAS10 を Ruby on Rails で書き直すことによりシステムを刷新した OpenCEAS を開発した。本論文では、最初に OpenCEAS ベータ版を経て、本番運用へ移行するために実施した OpenCEAS のリファクタリングについて述べる。次にリファクタリングによる性能向上の検証結果について述べ、最後に本番運用切り替え後に実施したユーザーアンケートの結果を示し、その考察を述べる。

キーワード: 授業管理システム, 学習管理システム, リファクタリング, オープンソース, Ruby on Rails

Refactoring and Evaluation of OpenCEAS

MAKOTO MIYAZAKI^{†1} MASAHIKO FUYUKI^{†1} HARUHIKO MITSUYA^{†2}
SEIJI KURIHARA^{†2} TAKAHIRO OKUDA^{†2} YASUHIRO UEKI^{†2}

Abstract: Following the development of CEAS10 that supports the multi-device modern browser, we have developed OpenCEAS, which implemented the latest implementation by rewriting the backend part of CEAS10 with Ruby on Rails development framework and rewriting it in Ruby. In this report, First, we describe refactoring of OpenCEAS to migrate from beta to production. Then, refactoring results are verified by performance testing. Finally, we show the results of user questionnaires conducted after switching production operations and discuss the results.

Keywords: CMS, LMS, Modernization, Open Source, Ruby on Rails

1. はじめに

OpenCEAS は、CEAS の授業支援型ユーザインターフェイスはそのまま継承し、CEAS10 を Java から Ruby on Rails による Ruby で書き直すこと(リライト[a])で最新の実装へと移行し、ベータ版として運用してきた[1][2]。しかしながら、OpenCEAS は、開発予算と期間の制約上、Ruby on Rails で書き直すことをまず最優先とした結果、古い処理ロジックによる非効率な内部処理もそのまま移行したため、大量のデータ読み込みや変更の処理に時間がかかってしまうという問題が生じていた。これは CEAS3 の内部処理の実装(CEAS10 も同様)が、過去の長期にわたる仕様変更の中で複雑化・冗長化が進んでいたことによる。そこで OpenCEAS の処理性能とソースコードの品質の向上を目的とした内部処理についてリファクタリング[b]を行った。

本論文では、実施したリファクタリングについて述べ、その性能評価およびユーザーアンケートの結果を報告する。

2. リファクタリング

2.1 方針

リファクタリングの目的は、OpenCEAS の内部処理の効率化による処理性能の向上とソースコードの品質の向上である。ビジネスロジック層とインテグレーション層を中心に OpenCEAS で採用した Ruby on Rails フレームワークに適した設計に見直し、再実装を行うこと、また同時に全般的に内部の処理ロジックを見直すことで、画面応答性能の向上を図ることとした。なお、上流設計が必要となる仕様変更等については対象外とした。以下にリファクタリングとして実施した内容を示す。

Ruby on Rails フレームワークのバージョンアップ

より長いサポート期間の確保し、より優れた機能や性能であることを考慮し、4.x 系から 5.x 系にバージョンアップした。

^{†1} 畿央大学 教育学習基盤センター
Center for Teaching, Learning and Technology, Kio University
^{†2} ボウ・ネットシステムズ株式会社
Bow Netsystems Corporation
^{†3} ニュータイプシステムズ株式会社
NewType Systems Inc.

a 既存のソフトウェアと同じように動作するソフトウェアを、別のプログラミング言語で開発し直すこと。
b プログラムの動作や振る舞いを変えることなく、内部設計や構造を見直し、コードを書き換えること。

画面表示の特性に応じたデータ処理方法の効率化

画面表示に必要なデータ(科目一覧データ)の呼び出しがあるが、必要最低限のデータ参照範囲で処理するように変更した。

一括読み込みオプションによるクエリ発行回数の削減

データ参照時の SQL でテーブル結合が行われるため、Active Record によるデータベースからのデータを取り出しに一括読み込み (eager loading) を使用することでデータ取り出しに必要なクエリの実行回数を減らした。

各種テスト、アンケートの履歴データ用テーブルの追加

各種テストやアンケートではユーザの回答の全履歴を保持しているが、通常の画面処理で過去の履歴情報まで必要とされるケースは少ない。そのため、回答を最新データと履歴データに分離することで頻繁に抽出元として参照されるデータテーブルの格納件数を削減した。

2.2 実施

リファクタリングの実施に際しては、業務委託先の開発メンバーが担当した。ソースコードは、双方がアクセス可能な git リポジトリにてバージョン管理しており、大学の運用メンバーが検証環境に pull し、結合テストやバグフィックスの検証等を担当した。検証できたソースコードは、運用系の OpenCEAS サーバに適宜適用していった。また、ソースコードの品質面については、Rails のバージョンアップに伴うソースコードの修正と並行して、複雑化・冗長化した内部処理の修正を実施した。

3. 性能評価

3.1 概要

OpenCEAS のリファクタリング前とリファクタリング後について、クライアント端末のブラウザ表示速度を測定し、性能の向上を評価した。図 1 は、性能評価を行ったシステム構成であり、それぞれのクライアントやサーバ等について以下に示す。

クライアント端末

OS: Windows 10 Pro
プロセッサ: Intel(R) Core(TM) i5-8400 CPU @ 2.80GHz
メモリ: 8G
SSD: 128GB
ブラウザ: Microsoft Edge 44.17763.1.0
利用機能: 開発者ツール

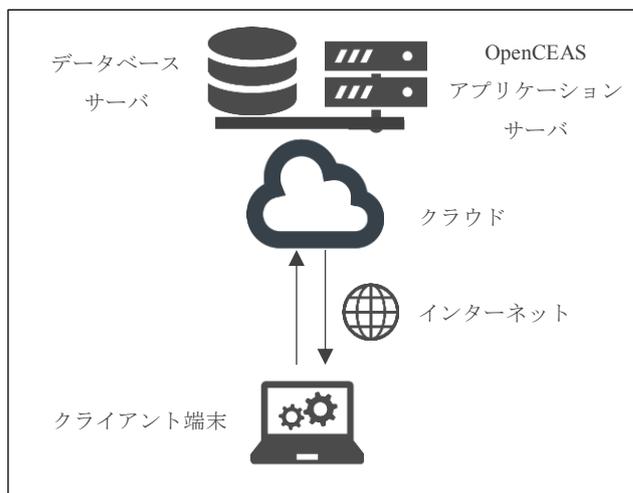


図 1 性能評価のシステム構成

OpenCEAS アプリケーションサーバ

(ベータ版と ver.1.0.0 は同一の本サーバにて稼働)

クラウドプラットフォーム: Microsoft Azure
仮想マシンサイズ: Standard E2s_v3 (2 コア, 16GiB メモリ)
OS: CentOS Linux release 7.4.1708 (Core)
Web サーバ: Apache/2.4.6 (CentOS), Phusion Passenger 5.2.0
Rails アプリケーション: OpenCEAS ベータ版
Ruby: ruby 2.4.3
Rails: 4.2.9
Rails アプリケーション: OpenCEAS ver.1.0.0
Ruby: ruby 2.4.3
Rails: 5.1.6

データベースサーバ

OS: CentOS Linux release 7.4.1708 (Core)
仮想マシンサイズ: Standard E2s_v3 (2 コア, 16GiB メモリ)
DB サーバ: Mysql Ver 15.1 Distrib 5.5.56-MariaDB, for Linux (x86_64) using readline 5.1

測定対象ページ

履修環境管理者は、OpenCEAS に登録された全ての科目を表示することができる。そのため科目一覧データを取得する必要のあるページでは、データの取得に時間がかかり、画面表示に時間を要していた。授業担任者や学生においては、科目一覧データ件数が膨大でなく、画面表示は利用上問題とならない程度の時間で行われていると考えられる。よって、リファクタリングによる性能評価の測定対象とするページは、履修環境管理者にて科目一覧データを取得する必要のあるページを選択した(表 1)。科目一覧で表示される科目は、13,403 件である。各ページにて所定のボタンを押下してから画面遷移が完了するまでの時間を測定する(図 2)。

表 1 測定対象ページ(履修環境管理者)

No.	機能	測定開始操作(ボタン押下)
1	お知らせ機能	[閲覧する]
2	レポート管理	[他の作業へ]
3	レポート管理	[作業中科目変更]
4	レポート管理	[作業中科目変更][選択]
5	アンケート管理	[他の作業へ]
6	アンケート管理	[作業中科目変更]
7	アンケート管理	[作業中科目変更][選択]
8	複合式テスト管理	[科目選択]
9	複合式テスト管理	[作業中科目変更][選択]

表 2 リファクタリング前の表示時間

No.	1回	2回	3回	4回	5回	平均
1	7.35	7.96	7.73	7.95	7.91	7.78
2	8.66	8.84	8.35	8.68	8.62	8.63
3	8.05	7.62	8.03	7.88	7.76	7.87
4	8.49	8.69	8.34	8.69	8.22	8.49
5	7.71	8.70	7.81	8.69	8.21	8.22
6	8.12	8.32	8.03	8.00	7.84	8.06
7	8.22	8.56	8.59	8.70	8.38	8.49
8	8.19	7.92	8.09	8.00	7.93	8.03
9	8.73	8.75	7.86	8.60	8.57	8.50

No.は表 1 と対応 単位: 秒



図 2 開発者ツールによる測定例(お知らせ機能)

表 3 リファクタリング後の表示時間

No.	1回	2回	3回	4回	5回	平均
1	0.79	0.77	0.69	0.73	0.72	0.74
2	1.06	0.94	0.84	1.00	0.99	0.97
3	0.94	1.01	0.90	1.00	0.95	0.96
4	0.74	0.88	0.77	0.79	0.84	0.80
5	0.92	0.96	0.95	0.99	1.01	0.97
6	0.92	1.02	0.96	0.98	1.00	0.98
7	0.76	0.80	0.73	0.81	0.83	0.79
8	0.94	0.99	0.96	1.03	1.01	0.99
9	1.03	0.98	1.01	0.97	0.97	0.99

No.は表 1 と対応 単位: 秒

3.2 結果と考察

クライアント端末のブラウザの開発者ツールを用いて、測定対象ページをそれぞれ5回ずつ計測した結果を表 2 および表 3 に示す。リファクタリング前には、画面が遷移し、表示までに平均 8 秒前後を要していたが、リファクタリング後には、平均 1 秒未満で表示されるようになっており、大幅に改善していることを確認した。

4. ユーザーアンケート

4.1 概要

OpenCEAS は、CEAS3 の UI をマルチデバイス、モダンブラウザに対応した CEAS10 の開発、CEAS10 を Java から Ruby on Rails で書き直した OpenCEAS の開発、そして今回の内部処理性能の向上を目的としたリファクタリングを経て開発してきた。CEAS3 から CEAS10 に移行した際、UI がマルチデバイス、モダンブラウザに対応した Bootstrap ベースとなった。また、CEAS10 から OpenCEAS に移行は、開発言語の変更に伴うリライトと性能向上やソースコードの品質向上のためのリファクタリングである。いずれの開発においても CEAS の特長である「授業支援型ユーザインタ

ーフェイス[3]」を継承しているため、実装機能やメニュー、ボタン配置などの変更は行わず、ユーザーである教員や学生にとっての操作性は損なわれないよう注意を払ってきた。そこで開発の節目節目において、ユーザーにどのような影響があったかをアンケート調査した。アンケートで特に明らかにしたいことは、以下の事項である。

- CEAS10 で画面表示の見た目が変わったことによる影響
 - 授業支援型ユーザインタフェースの操作性は、損なわれていないか
 - UI がマルチデバイス、モダンブラウザに対応したことにより利便性は向上したか
 - UI の変化について、ユーザーはどのように感じているか
- OpenCEAS で Ruby on Rails となったことによる影響
 - リライトすることで従来の実装機能を無事に移行

できているか

▶ リファクタリングによって画面応答性能は向上したか

ユーザーアンケートは、Microsoft Forms にて作成し、対象者に回答用 URL をメールで送付して実施した。

CEAS の利用に関するアンケート

対象者: 畿央大学の教員および学生

回答期間: 2018 年 10 月 19 日～2018 年 10 月 31 日

設問数: 学生 1, 2 回生 7 問, 3, 4 回生 12 問, 教員 17 問

方法: Microsoft Forms の Web フォームによる回答

学生 1, 2 回生は、入学以降 CEAS3 を利用したことがないため、アンケートから以前の UI に関する設問を除外した。また、教員へのアンケートには、よく使っている CEAS の機能や CEAS 以外の LMS, CMS の利用経験についての設問を設けた。そのため、学生 3, 4 回生の設問数に比べて 1, 2 回生の設問数は少なく、教員の設問数は多くなっている。

4.2 結果と考察

ユーザーアンケートの概要と回答状況は、表 4 の通りである。以下に各質問項目に対する結果と考察を述べる。

利用について

図 3 に利用についての回答結果を示す。本学は、2014 年度の 1 回生より貸与 PC の制度を実施しており、学部生は全員大学から貸与されたノート PC を自由に使用可能である [3]。ほとんどの学生は、iPhone 等のスマートフォンと貸与 PC を併用して CEAS を利用していることがわかる。これは授業資料の閲覧や複合式テストやアンケートの回答などは、スマートフォンでも充分可能なため学生のスマートフォンの利用率が高くなっていることが考えられ、授業などで課されるレポート等については、レポートの作成やファイルアップロードによる提出を中心に PC の利用しているためだと考えられる。一方、教員は、スマートフォンによる CEAS の利用は学生ほど多くはなく、PC を使った利用がほとんどである。これは、授業資料の掲載やレポート課題の設定などファイルのアップロードや CEAS 上で入力が多い作業は、PC を使ったほうが操作しやすいためであると考えられる。

画面（見た目について）

図 5 に画面(見た目について)の回答結果を示す。約 80% の学生、教員は、Bootstrap ベースの UI の文字の色や大きさ、アイコン等で問題がないようである。残りの約 20% の学生、教員は UI に何らかの問題を感じていることがわかった。

表 4 ユーザーアンケートの概要と回答状況

対象者	人数	回答者	回答率	設問数	平均回答時間
1, 2 回生	1, 106 人	263 人	23. 8%	7 問	1 分 34 秒
3, 4 回生	1, 209 人	149 人	12. 3%	12 問	6 分 1 秒
教員	115 人	71 人	61. 7%	17 問	8 分 6 秒
全体	2, 430 人	483 人	19. 9%		

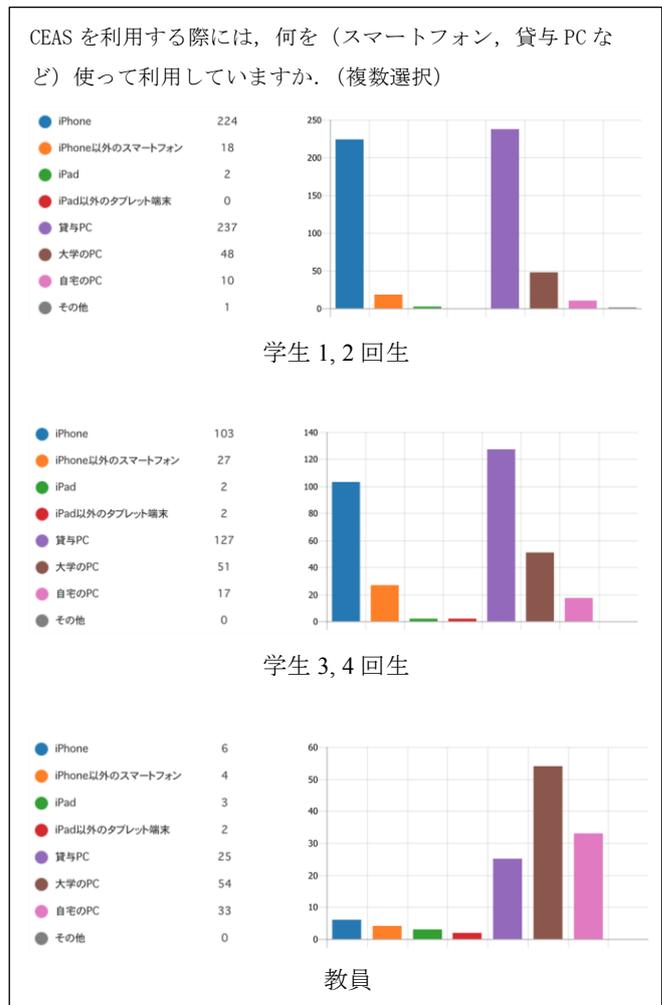


図 3 利用について

そのうち学生、教員からの指摘で、多かったものは、

- 授業一覧表示が履修中の科目だけでなく、過去に履修したことがある科目について全て表示されてしまうこと
- 授業一覧表示が年度、曜日、時限の順番で並んでしまっているため、後期の授業期間になると前期に履修した科目が混在して表示されてしまうこと
- スマートフォンで表示崩れが一部存在すること

であり、授業一覧表示に関するものであった。

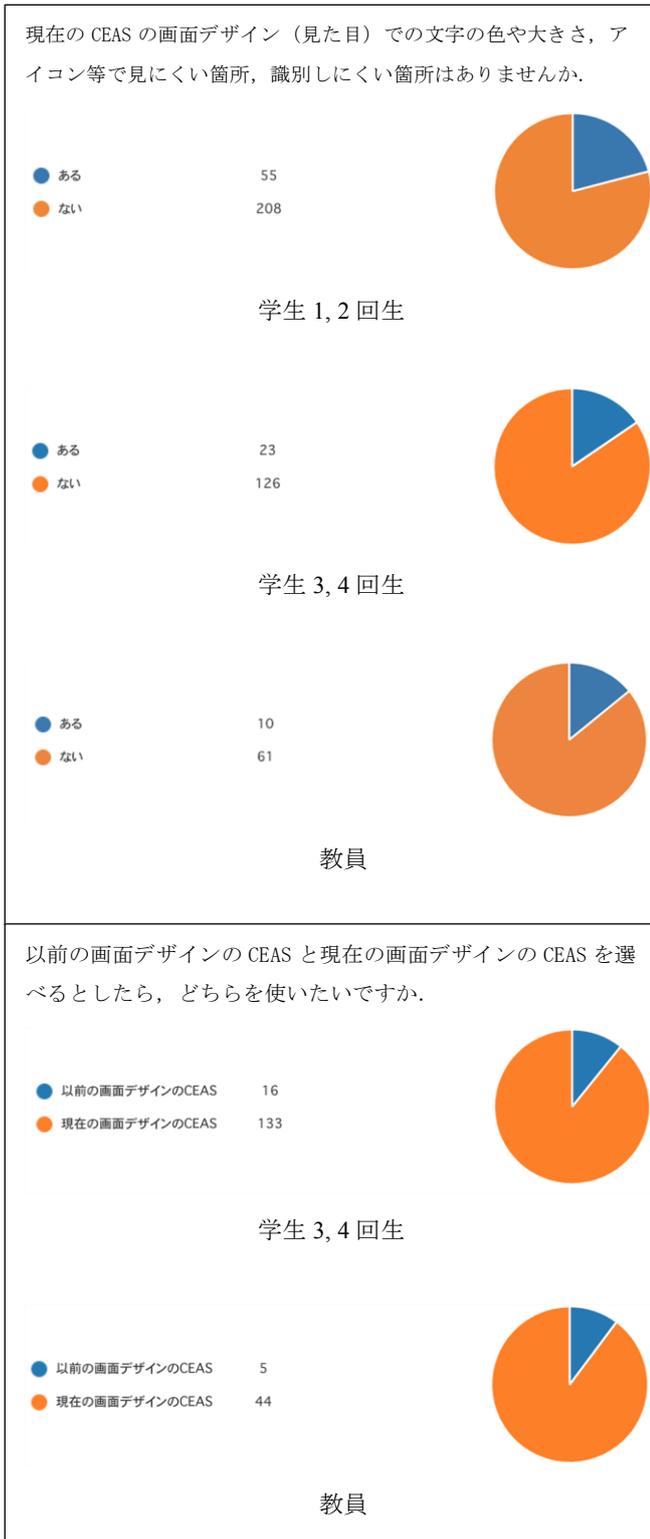


図 5 画面（見た目について）

また、CEAS3 を利用したことのある学生、教員に Bootstrap ベースの UI である OpenCEAS と以前の画面デザインである CEAS3 のどちらを使いたいか質問した。学生、教員ともに約 90%は、OpenCEAS、約 10%は、CEAS3 と回答しており、OpenCEAS の画面デザインの方がより多くの支持を集

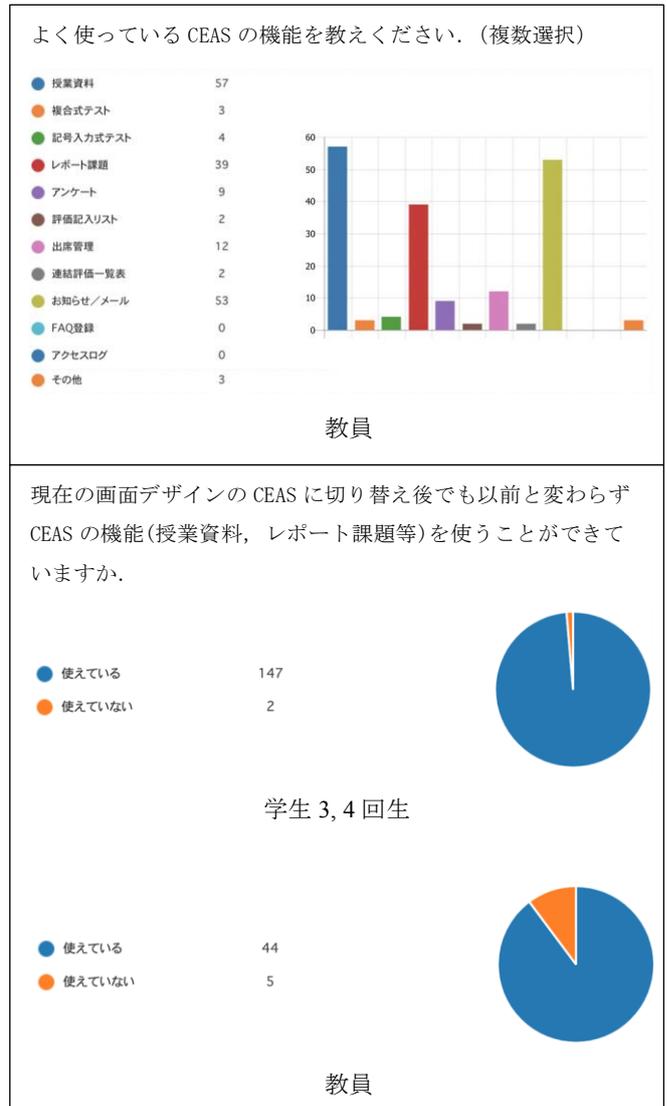


図 4 機能について

めた。

機能について

図 4 に機能についての回答結果を示す。教員がよく利用している機能は、「授業資料」「お知らせ/メール」「レポート課題」であった。また、CEAS3 を利用したことのある学生、教員に Bootstrap ベースの UI に切り替えた後も変わらず授業支援型ユーザインターフェイスによる機能利用ができていないかと質問し、ほとんどの学生、教員が使えていることがわかった。約 10%の教員が使えない機能があると回答があったが、以前からできなかった機能についての要望、実際にはできる機能、すでに修正されているバグの指摘であった。

性能について

図 6 に性能についての回答結果を示す。リファクタリングによって画面表示の応答性能は、大幅に改善したことを第 3 章で述べたが、その効果を学生、教員も体感できるもの

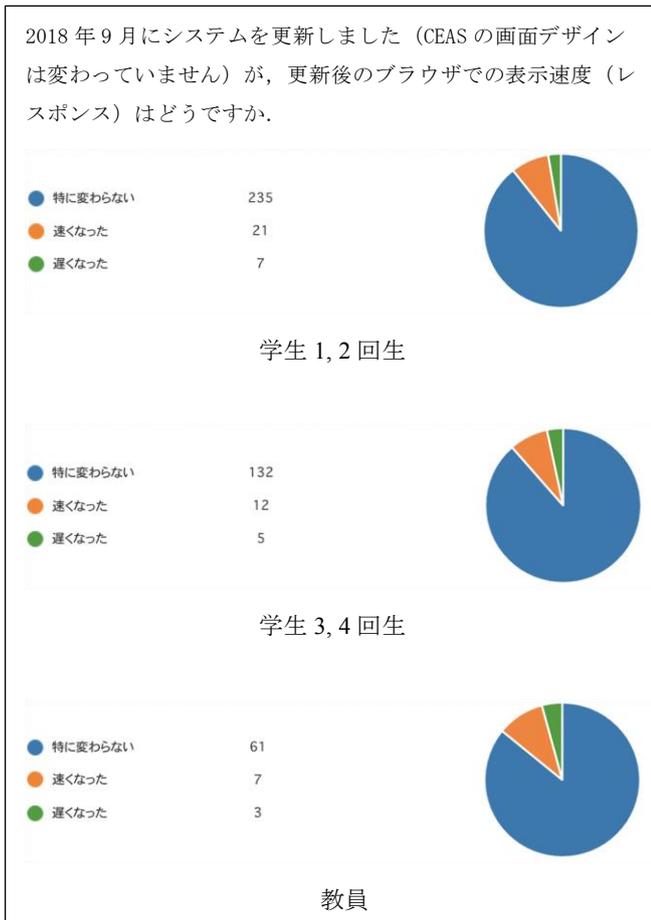


図 6 性能について

であったかを質問した。しかしながら、ほとんどの学生、教員は、特に変わらないとの回答であった。これは、学生や教員で表示される授業件数程度では、もともと画面表示にストレスを感じるほど時間がかかっていたのではないかと推測している。

総合的な使いやすさについて

図 7 に総合的な使いやすさについての回答結果を示す。過半数の学生、教員から「とても使いやすい」「ある程度使いやすい」との回答が得られた。「やや使いにくい」「かなり使いにくい」と回答したのは、学生が約 7%、教員が約 11%であった。すでに指摘のあった授業一覧表示やスマートフォンでの一部表示崩れ等が少なからず影響した可能性があると思われる。

その他、自由記述では、OpenCEAS の画面デザインの良いと思う点、悪いと思う点を尋ねたが、どちらの点についても「あまり意識していなかった」「特になし」といった記述も目立ち、概ね違和感なく受け入れられたようである。これは、授業支援型ユーザーインターフェースの操作性が損なわれていない結果でもありと考えることができ、成功裏に開発、移行を進めることができたことと捉えている。

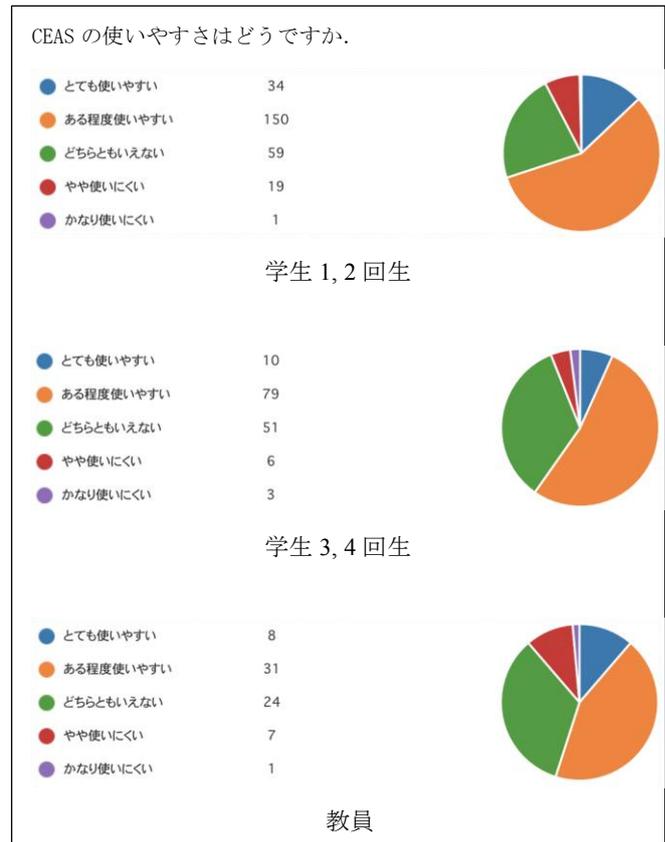


図 7 総合的な使いやすさについて

5. まとめ

ベータ版として運用してきた OpenCEAS の内部処理の効率化による処理性能の向上とソースコードの品質の向上を目的としてリファクタリングを実施した。

テーブルからのデータ取得に時間を要していた処理については、一括読み込み (eager loading) を使用することでデータ取り出しに必要なクエリの実行回数を減らす、取得するデータ範囲を最適化する、利用頻度を鑑みてテーブルを分けるといった対策を行った。ソースコードについても Rails のバージョンアップに伴うソースコードの修正と並行して、複雑化・冗長化した内部処理の修正を実施することでコード品質の向上を図った。

リファクタリングによる OpenCEAS の性能評価は、実際に時間がかかっていたページの表示時間を前後比較し、表示時間が大幅に短縮されたことによって確認できた。また、CEAS10 で画面表示の見え目が変わったことによる影響、OpenCEAS で Ruby on Rails となったことによる影響をユーザーアンケートで検証し、アンケートの回答より、授業支援型ユーザーインターフェースの操作性が損なわれることなく、従来の実装機能を CEAS3 から OpenCEAS に無事移行できたことを確認できた。加えて、学生は、スマートフォンで OpenCEAS を利用することも多いという実態が分かり、

Bootstrap の UI によってレスポンス Web デザインになったことにより利便性が向上したという一方、一部で画面表示が崩れるケースが存在していることが判明した。また、学生、教員から UI の見にくい箇所として指摘の多かった授業一覧画面については、科目の並べ替えの優先順位の見直しも必要だと考える。オープンソースとして OpenCEAS を公開することを予定しており、アンケートで得られた回答や自由記述などを分析し、今後の運用や開発に役立てることで、更なる品質向上に繋げていく。

謝辞 今回の OpenCEAS の開発プロジェクトにおいて、ユーザインターフェイスデザインと実装およびテストを担当いただいたボウ・ネットシステムズ（株）の石川有紀氏、また、結合テストとアンケート調査の実施を担当していただいた畿央大学教育学習基盤センター職員関係者の多大な貢献に謝意を表します。

参考文献

- [1] 宮崎誠，冬木正彦，植木泰博，日本の教育環境への適合を目指す授業支援型 e ラーニングシステム CEAS の発展 — プレゼンテーション層変更によるモダンブラウザ・マルチデバイス対応と次世代 CEAS —，情報処理学会第 20 回 CLE 研究会，Vol.2016-CLE-20 No.6，2016.
- [2] 宮崎誠，冬木正彦，三矢晴彦，栗原星史，奥田高広，植木泰博，授業支援型 e ラーニングシステム OpenCEAS の開発 — Ruby on Rails フレームワークに基づく再構築 —，情報処理学会第 23 回 CLE 研究会，Vol.2017-CLE-23 No.12，2017.
- [3] 植木泰博，冬木正彦，コース管理システム CEAS の授業支援型ユーザインターフェイス，教育システム情報学会誌，27(1)，5-13，2010.
- [4] 福森貢，宮崎誠，冬木正彦，大山章博，関大治郎，植木泰博，「畿央大学におけるアクティブ・ラーニング環境の整備-授業支援環境下での全学演習科目と連動する COPE 方式実践の仕組み-」，情報処理学会，第 21 回 CLE 研究会，Vol.2017-CLE-21 No.5，2017.