

データベースの演習授業を支援する Web アプリケーションの開発と実授業への適用

國本 倫平[†] 久松 潤之[†]

[†] 大阪電気通信大学 総合情報学部 コンピュータサイエンス専攻 〒575-0063 大阪府四條畷市清滝 1130-70
E-mail: †mt18a004@oecu.jp, ††hisamatu@osakac.ac.jp

あらまし データベースを扱う授業において、演習を行うためには、学生の計算機にデータベースを操作する環境を構築する必要がある。しかし、PC の操作が苦手な学生の場合、環境構築が学習の障害になる。また、環境構築の時間を授業内で確保する必要があり、実際に演習を行う時間が減少するという問題がある。本稿では、データベース演習支援システムを提案し、実際の講義で利用、受講者へのアンケート調査により検証する。データベース演習支援システムは、Web アプリケーションであるため、各学生の計算機へ環境構築を行う必要がなく、ブラウザでログインするのみで学習を始めることができる。データベース演習支援システムでは、データベース操作言語として用いられている SQL や、現在、データベースを利用したシステムの開発において、主なデータベースへのアクセス方法である、O/R マッパーを利用した演習を行うことが可能である。また、データベース演習支援システムでは、演習課題の採点を自動化しており、学生は提出した回答の正誤を即座に確認でき、教員は各演習問題の回答状況を確認できる。これにより、教員は、正答率の低い課題を把握し、重点的に解説を行うことが可能となる。アンケート調査の結果から、データベース演習支援システムの導入により、学生が環境構築など、演習を開始するまでに感じていた問題は少なくなり、演習に専念できたことがわかる。

キーワード データベース 授業支援システム e-learning Web アプリケーション

Design, implementation and evaluation of a Course Support System for Database Exercises

Rimpei KUNIMOTO[†] and Hiroyuki HISAMATSU[†]

[†] Graduate School of Information Science and Arts, Osaka Electro-Communication University 1130-70
Kiyotaki, Shijonawate-shi, Osaka, 575-0063 Japan
E-mail: †mt18a004@oecu.jp, ††hisamatu@osakac.ac.jp

Abstract In this paper, we propose a database exercise support system as a Web application by which a student can learn SQL easily. By using our system, it is possible to, study one of O/R mappers that are important access methods to a database in development of the system. Because our system is a Web application, a student can utilize the system without environmental construction. A student can submit assignments on the system, and based on it a teacher can confirm the progress status of a student's seminar problem. The database seminar support system proposed in this paper was utilized for an actual course and was verified by a questionnaire given to the students. From the results of the survey, we show that mitigating the problems related to installing the necessary environment for database learning allows a teacher and students focus on the essential contents of database course by using our system.

Key words Databases Course Support System e-learning Web application

1. はじめに

リレーショナルデータベース (以降、データベースと略す) は

スマートフォン用アプリケーションなどといった小規模なシステムから、POS システムなど大規模なシステムまで、様々な情報システムで利用されている。データベースの操作は、データ

ベース操作言語である SQL を用いて行うが、データベースを利用したシステムの開発では、オブジェクトとデータベースの関係性に基づいて SQL を生成する、O/R マッパーを利用して操作を行うことも多く、情報系の学生にとって、その仕組みや操作方法を学ぶことは非常に重要である。

しかし、大学の講義においてデータベースの演習・授業を行う際には様々な問題点がある。まず、教員の観点からの問題点としては、演習用データベースを学生ごとに何らかの形で用意する必要がある。これには、SQL サーバを用意する方法と、SQLite 等のデータベースファイルを配布する方法が考えられる。しかし、SQL サーバを用意する方法では、演習を行うためにターミナルから SQL を利用し、データベースを操作が必要がある。これは、Unix のシェルを利用するために行うターミナル操作より、難度が高い。一方で、データベースファイルを配布する方法では、各学生の計算機に、操作用のソフトウェアを導入するなど、環境構築の時間を確保しなければならず、データベースの演習を実際に行う時間が減少するという問題がある。また、教員が学生の学習状況を把握するためには、e-learning システムや解答用紙など、何らかの方法で解答を回収する必要がある。

次に、学生の観点からの問題点としては、あらかじめ授業で用いる環境の導入が必要である。例えば、配布されたデータベースファイルを操作するための SQL エディタや、O/R マッパーの実行環境やライブラリなどを、自らの計算機に導入する必要がある。これは、PC の操作が苦手な学生の場合、これらの環境構築に手間取り、授業への参加が難しい学生や、参加をあきらめる学生が存在する。また、解答の回収方法によっては、提出した課題の正誤がすぐにわからないため、修正を繰り返しながら解答するといった方法で学習することが難しい。例えば、e-learning システムを用いて解答を回収する場合は、教員が採点結果を登録するまで、解答用紙を用いて解答を回収する場合は、次回の講義で返却されるまで、解答の正誤を確認することができない。

O/R マッパーとは、Object Relational マッパーであり、オブジェクト指向言語のオブジェクトと、リレーショナルデータベースを対応付ける事で、容易にデータベースの操作を行うための手法である。O/R マッパーを利用することで、SQL 文を用いずに、よりプログラマが理解しやすいオブジェクト指向に準ずる書き方で、データベースを操作することができる。O/R マッパーは、例えば、Ruby における ActiveRecord [1] や、JavaScript における Sequelize [2] など、様々なプログラミング言語で、ライブラリとして提供されている。現在のデータベースを利用するアプリケーションの開発において、SQL 文を用いてデータベースを直接操作することは少なく、O/R マッパーが提供しているインターフェースを用いてデータベースを操作することが殆どである。そのため、データベースの演習・授業においても、現在の主なデータベース操作方法である、O/R マッパーを学習することは、重要と考えられる。

そこで、本稿では、上記の問題を解決し、データベースを手軽に学習できる Web アプリケーションを提案し、実際の授業

に導入、アンケート調査による評価を行う。提案システムでは、データベース操作言語として用いられている SQL や、O/R マッパーを利用した学習が可能である。提案システムは、ブラウザのみで利用できる Web アプリケーションであるため、環境構築が不要となり、実際に演習を開始するまでに発生する問題を減らすことができる。また、提案システムは、自動採点機能により、学生は提出した課題の正誤を、即座に確認することが可能であり、教員は正答状況を確認することで、正答率の低い課題を重点的に解説することができる。

本稿の構成は以下の通りである。まず、2. 章では、本論文の関連研究を述べる。3. 章では、データベース演習支援システムによる学習について述べる。4. 章では、データベース演習支援システムの実装について述べる。5. 章では、実際の授業での利用結果を述べる。最後に、6. 章では、本論文のまとめと今後の課題を述べる。

2. 既存の DB 演習支援システム

データベースを Web ブラウザから操作する Web アプリケーションとして、phpMyAdmin [3] がある。これは、Web ブラウザによりデータベースサーバを管理することを目的としており、任意の SQL 文を実行することが可能である。しかし、SQL 文の学習を目的としたシステムではないため、教育目的で利用には、課題の採点や提出等の機能が不足している。

データベースの演習授業を支援するシステムは、多くの研究が既に行われている。例えば、[4] では、e ラーニングプラットフォーム MOODLE の拡張機能として、SQL 文の実行機能を実装している。このシステムでは、既存の e ラーニングプラットフォームに、SQL 文の実行機能を追加することが目的であり、提出された解答の SQL 文の採点は自動化されていない。

[5] では、中等学校の講義で利用することを目的とした、学習支援システムを、Web アプリケーションとして実装し、実際の授業で用いている。このシステムでは、自然言語から SQL 文を生成することで、SQL 文を用いずにデータベースを操作し、データベースの概念を理解することを目的としている。しかし、データベースの概念だけでなく、SQL 文の習得も目的としている、大学のデータベースを扱う授業では、SQL 文を実際に利用することが必要と考えられる。

[6] では、SQL 文のうち、データベースから条件に一致するデータを取得する、SELECT 文の学習を目的とした学習支援システムを、Web アプリケーションとして実装している。このシステムでは、テーブル同士の関係性や、レコードの抽出条件を選択肢として表示し、選択した内容により SQL 文とリレーションの関係図を自動生成する。選択肢を変更した場合、SQL 文とリレーションの関係図も変更されるため、各選択肢が、SQL 文やリレーションの関係の、どの部分に影響するかを、容易に把握する事ができる。

[7] では、大学の講義で利用することを目的とした、学習支援システムを、Web アプリケーションとして実装し、実際の授業で用いて評価している。このシステムでは、課題に対して SQL 文で回答し、不正解の場合は、回答の実行結果と模範解答

の実行結果を比較し、回答の修正を繰り返すことで、学生は正答へ近づけることができる。しかし、このシステムでは、リレーションの誤設定など、論理エラーの修正を補助することを目的としており、学生があらかじめ構文エラーを修正する必要がある。大学のデータベースを扱う授業では、初学者が SQL 文を習得することも目的の一つであるため、構文エラーにも補助が必要だと考えられる。

[8] では、SQL 文を回答する試験を実施するシステムを、Web アプリケーションとして実装し、実際の授業で用いて評価している。このシステムでは、設定された課題に対し SQL 文を回答し、その実行結果と模範解答を比較することで採点を行う。しかし、このシステムは試験を実施することを目的としているため、授業中に行う演習での利用に必要な、詳細なエラーメッセージを表示する機能などが用意されていない。

すでに、SQL を学習する事を目的としたシステムは複数存在するが、既存のシステムを、そのまま大学の演習授業に適用することは難しい。また、我々の知る限り、既存のシステムは、SQL 文の学習のみを対象としており、O/R マッパーの利用は想定されていない。現在、デバッグ用途を除いて、そのほとんどが O/R マッパーを用いてデータベースを操作する。教育目的においても、データベース操作において、O/R マッパーを利用することが必要と我々は強く考えている。

3. 演習支援システムによる学習

本稿が想定する、演習授業の流れとして、まず、教員が課題及び、課題用データベースをデータベース演習支援システムに、登録する。次に、各学生はデータベース演習支援システムにログインし、課題を選択し、エディタに SQL 文、もしくは O/R マッパーを用いたプログラムを記述し、実行する。そして、実行結果を参考に記述内容を修正し、課題が指定する内容の出力を確認し、提出を行う。教員は、全体の提出状況、提出内容を確認し、提出率や正答率が低い課題を、重点的に授業する。

演習支援システムには、学生、教員の2種類のアカウントが存在する。学生アカウントでは、演習用データベースでの SQL の実行、データベースの初期状態へロールバック、演習問題の提出、提出した課題の正誤判定を行うことができる。教員アカウントでは、学生アカウントで利用可能なすべての機能の他に、教員用画面において、演習用データベース及び演習問題の配布と、解答状況を確認できる。また、学生アカウントの作成、システム自体の管理を行うことができる。それぞれのアカウントは、Google アカウントによりログインすることができる。

図 1 に、演習支援システムの概要を示す。我々の演習支援システムでは、教員は演習問題とそれに関するデータベースを学生に一括して配布することができる。各演習課題で利用するデータベースは、学生が初めて課題画面を表示した際に、利用しているブラウザのローカルストレージに保存される。SQL 文の実行は、ローカルストレージに保存されたデータベースに対して行われるため、サーバ側での処理が不要である。

演習課題は、課題内容に沿う結果が得られる SQL 文を求める課題と、課題内容に沿う結果が得られる O/R マッパーを利

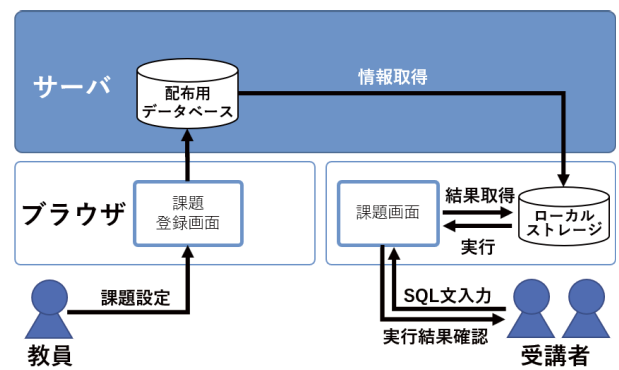


図 1 データベース演習支援システムによる演習課題の配布の概要

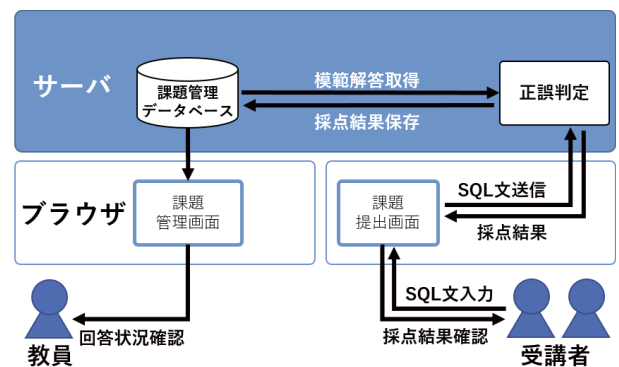


図 2 データベース演習支援システムによる採点の概要

用したプログラムを記述する課題、それ以外の課題に分けて対応する。課題内容に沿う結果が得られる SQL 文を求める課題の場合、教員はまず、演習課題に対してあらかじめ解答を設定する。そして、学生の入力と解答をそれぞれデータベースに対して実行し、その出力結果を比較することで、入力内容の正誤判定を行う。また、「条件に一致するレコード数を求めよ」といった課題の場合、教員が設定した模範解答と学生の入力の完全一致で正誤判定する。

図 2 に、演習支援システムにおける、課題内容に沿う結果が得られる SQL 文を求める課題の、採点の概要を示す。学生は演習問題に解答した際、解答の正誤を確認できる。また、教員は学生の正答率や解答を講義中に即座に確認することができるため、授業をより効果的に進めることができる。

O/R マッパーを利用したプログラムを記述する課題の場合、正誤判定には対応していないため、提出された解答の保存のみを行う。図 3 に、演習支援システム内の O/R マッパーに関連する部分の概要を示す。まず、O/R マッパーである Sequelize を利用するため、JavaScript をブラウザ上で編集、保存ができるエディタ及び、実行結果を確認できる機能を用意した。まず、Sequelize は Node.js 用のライブラリであり、ブラウザ上では動作せず、サーバ上で動作する。そのため、学生がブラウザ上のエディタで作成したプログラムを、サーバーに送信し、実行結果を取得する機能を用意した。これらにより、学生は Node.js を各自の計算機に導入することなく、Sequelize を実行することができる。

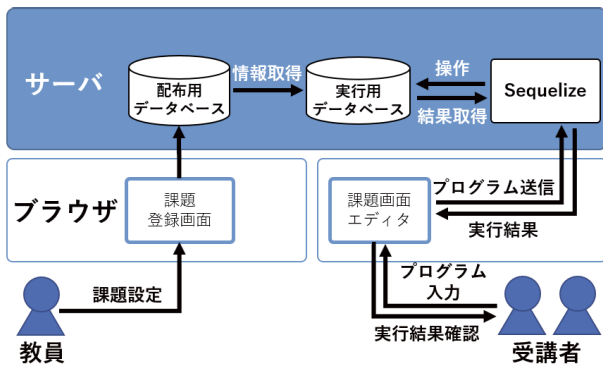


図 3 O/R マッパー操作部の概要

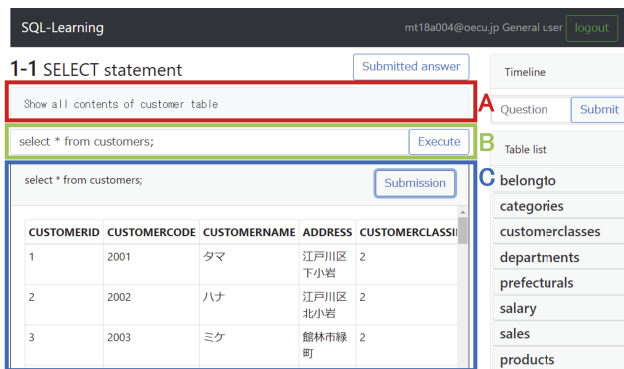


図 4 操作画面: SQL 文を求める課題

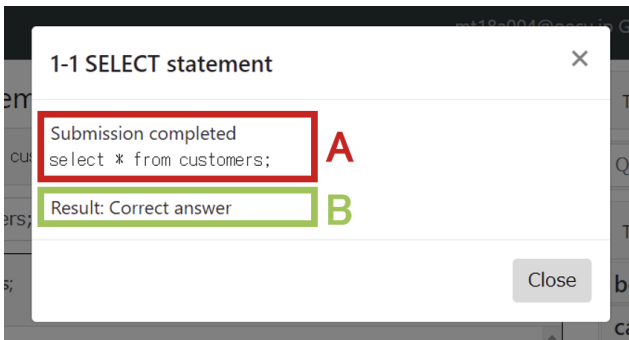


図 5 操作画面: 課題提出完了画面

4. 演習支援システムの実装

演習支援システムは、Web アプリケーションとして実装されており、主に SQL 文を求める課題に利用する画面と、O/R マッパーを用い操作を行う課題に利用する画面の、二つの画面で構成されている。SQL 文を求める課題に利用する画面を、図 4 に示す。図 4 (A) に、課題の内容が表示される。図 4 (B) の入力欄に入力した SQL 文を、課題に設定されたデータベースに対して、実行ボタンにより実行することができ、実行結果は、図 4 (C) に表示される。学生は、自由に SQL 文を記述、実行することが可能であり、課題の条件を満たしたと判断した実行結果を、提出ボタンにより提出することができる。図 4 (C) の実行結果を提出後の画面を、図 5 に示す。図 5 (A) に、提出内容が表示される。図 5 (B) に、自動採点に対応している課題の場合は、提出内容の採点結果が示さる。

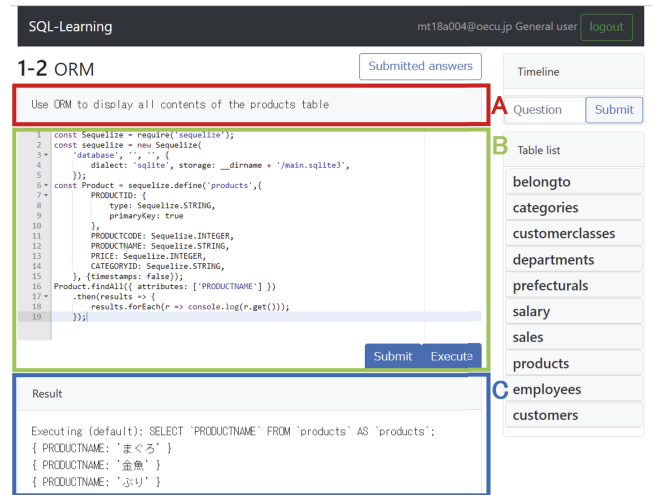


図 6 操作画面: O/R マッパーを用い操作を行う課題

O/R マッパーを用い操作を行う課題に利用する画面を、図 6 に示す。図 6 (A) に、課題の内容が表示される。図 6 (B) のエディタに入力した JavaScript を、実行ボタンにより、サーバ側の Node.js [9] で実行することができ、その標準出力及び標準エラー出力が、図 6 (C) に表示される。サーバには、あらかじめ、Node.JS の O/R マッパーである Sequelize [2] を導入してあり、学生は、Sequelize [2] を利用した、データベースを操作するプログラムを、課題に設定されたデータベースに対して、実行することができる。また、学生は、課題の条件を満たしたと判断した実行結果を、提出ボタンにより提出することができる。

演習支援システムは、サーバ側は JavaScript、クライアント側は TypeScript を、プログラミング言語として利用している。サーバ側は Node.js [9] で実装されており、API フレームワークとして LoopBack 3 [10]、OAuth2.0 認証ライブラリとして Passport [11] を利用している。

クライアント側は Angular 5 [12] で実装されている。SQL 文を求める課題に利用する画面において、同時に利用する学生数が増加した場合においても、応答時間の増加を防ぐため、各課題にそれぞれ設定された演習用データベースに対する SQL 文の実行は、クライアント側で処理されている。それぞれの演習用データベースは、SQLite3 [13] 形式でサーバに保存されており、各課題画面を初めて表示した際に、サーバからダウンロードされ、ブラウザに保存される。この際、Cookie や LocalStorage では、保存可能容量の上限が低いため、IndexedDB を利用し、IndexedDB の Key にデータベースファイルのファイル名、Value にバイナリを保存している。

演習用データベースに対する SQL 文を実行は、ブラウザの IndexedDB に保存された、SQLite3 [13] 形式のデータベースに対して、sql.js [14] を利用して行う。そのため、各課題画面を初めて表示した際に行われる、演習用データベースのダウンロード以外は、サーバと通信を行わずに、SQL 文を実行する演習を行うことができ、学生はサーバ側の負荷に影響されずに、演習課題に取り組むことができる。また、O/R マッパーを用

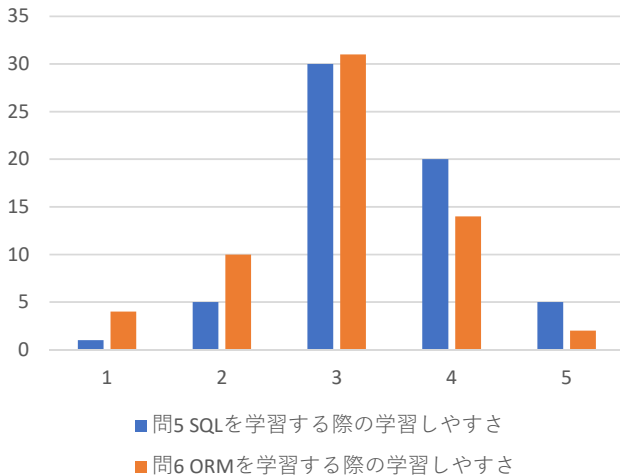


図 7 アンケート結果

い操作を行う課題において、プログラムを記述するエディタとして、Ace [15] を利用している。開発したデータベース演習支援システムのソースコードは、[16] から取得できる。

5. アンケートによる検証

我々の演習支援システムを授業で利用し、それに対するアンケートを実施した。演習支援システムの利用は、大阪電気通信大学のデータベースの授業で、2018年4月10日から2018年7月24日の期間で行った。全15回の授業において、演習支援システムを利用した演習が行われた授業は、第8回から第14回の、計7回である。第8回から第13回の授業ではSQL文を実行する演習を行い、第14回の授業でのみ、O/Rマッパーを利用した演習を行った。履修者は76名で、一回の授業への平均出席人数は64.5人であった。授業最終日に、アンケートを実施し、第15回授業の受講者64人中、61人が回答した。全7項目のアンケート結果を表1及び7に示す。アンケートは記名式であり、表中の問1から問4までは、複数回答可、また問5および問6は5段階評価で、最低評価が1、最高評価が5とする。また、問7は自由入力であるため、記載内容の分類結果を示す。

問1の結果から、演習支援システム自体が学習のハードルになると考える学生は、課題でハードルを感じた学生と比較し、少ないことがわかる。これにより、学習を始めるまでに必要である、データベースシステムの導入など環境構築で発生する問題点を、減少させるという本システムの目的は、概ね達成できたと考える。

問2から、多くの学生が演習支援システム自体の機能より、演習支援システムが本学学内ネットワーク内のみで利用可能という点に問題を感じたことがわかる。これは、演習支援システムを提供しているサーバが、学内ネットワークにのみ接続されていることが原因であり、外部ネットワークに公開することで解決できる。

問3の結果から、演習支援システムを利用したSQL文を実行する形式の課題において、採点機能および提出機能に問題を

選択肢	回答数
問1 学習を進める上で最初にハードルを感じた箇所	
システムのログイン方法など、利用方法	8
SQL文を直接利用する課題	23
ORMを利用する課題	39
その他	2
特に無し	8
問2 学習時に問題となった箇所	
アクセスできる場所が大学内に限られる点	43
課題内容の把握	13
テーブルの内容の把握	13
チャットによる質問機能	6
デザイン	6
その他	4
特に無し	9
問3 SQLを入力する課題で問題となった箇所	
SQL文の記述	21
SQLの実行	14
採点や提出	36
その他	3
特に無し	4
問4 ORMを実行する課題で問題となった箇所	
ORMの概念に対する理解	27
JavaScriptの文法	25
Sequelizeの利用方法	15
エラー箇所の確認方法	30
プログラムの実行・提出	16
その他	1
特に無し	6
問7 以上の問題点以外で何かあれば自由に入力せよ	
全体的な操作性関連	3
採点関連	6
授業の進行速度	4
課題内容	2
不具合等	1
特に無し	44

表1 アンケート結果

感じたことがわかる。これは、演習支援システムの自動採点機能が、カラム名を含めた出力の完全一致で採点を行っているため、別名が指定されていた際に判定に失敗することが原因だと考えられる。これは、カラム名を演習支援システムの採点対象から除外する、演習問題中で指定すべき別名を明示することで、解決できる。

問4の結果から、演習支援システムを利用したO/Rマッパーを実行する形式の課題において、O/Rマッパーの概念に対する理解や、JavaScriptの扱いに問題を感じたことがわかる。これは、本講義では、データベースの概念と、SQL文を利用したデータベースの扱いに重点を置いており、O/Rマッパーを用いた操作方法について解説する時間が短かった点、また、本講義が対象とした学生の殆どが、JavaScriptを本講義で初めて扱っており、O/Rマッパーを操作する以前に、文法等のハードルがあったことが原因である。これら問題は、講義内でO/R

マッパーの概念に対する解説時間を確保する、また学生が他の講義で利用しているプログラミング言語に変更するなどで解決できる。

問 5 および問 6 から、多くの学生が、5 段階評価で 3 以上をつけていることから、多くの学生は演習支援システムでの学習に対して、大きな問題を感じていないことが分かる。O/R マッパーを用いた学習に対する評価(問 6)が、SQL 文の学習に対する評価(問 5)と比較し低い。これは問 4 の回答から、JavaScript の文法及びエラー箇所の確認が難しかった点が、原因だと考える。

問 7 の結果から、殆どの学生が問 1 から問 4 で示された項目外の箇所で、問題を感じていないことがわかる。採点関連の問題を挙げた回答が最も多いが、これらは問 3 で判明した採点精度に関する問題について、補足するものが殆どを占める。次に授業の進行速度に関連する回答が多いが、これらは JavaScript 自体の解説を、講義で殆ど行わなかったため、O/R マッパーに取り組む前に、JavaScript の文法などについての解説に時間を割り当てて欲しいといった内容であった。全体的な操作性に関連する問題と、システムの不具合について記述した回答は、学生が本システムの操作を Internet Explorer を利用して行おうとしたため、発生した不具合に関するものであった。本システムは、Chromium 系ブラウザ及び Firefox で利用することを前提として開発されており、Internet Explorer には対応していない。課題内容に関する回答は、課題が期待する出力内容が分かりにくい、という内容であった。これは、模範解答の出力結果を表示するなどに対応できる。演習支援システムを利用した演習課題で求める回答は、SQL 文や O/R マッパーを利用しデータベースを操作するプログラムであり、出力結果ではないため、出力結果を学生に公開することによる問題はない。

以上の結果から、SQL や O/R マッパーを学習するまでに必要な、環境構築等の問題を減少させることができたこと、自動採点機能に問題点があることが分かった。

6. まとめと今後の課題

本稿では、データベースの演習授業を支援するデータベース演習支援システムを提案した。データベース演習支援システムは、SQL 文を用いてデータベース操作を行う演習と、現在の主なデータベース操作方法である、O/R マッパーを用いてデータベース操作を行う演習に対応している。また、データベース演習支援システムは Web アプリケーションとして実装されているため、学生は環境構築を行うことなく、演習を開始することができる。

データベース演習支援システムを、実際の講義で利用し、受講者に対しアンケート調査を行った。アンケート調査の結果、各学生の計算機に対し、学習に必要な環境の導入を行う際に発生する問題を、減少させるという目的は、概ね達成できたことが分かった。

今後の課題として、アンケート調査で明らかとなった、演習支援システムの自動採点機能を改良し精度を向上させること、O/R マッパーを実行する形式の課題においても、自動採点機能

で対応すること、また、全体の操作性の改善を行う予定である。

文 献

- [1] “Active Record”. available at <http://rubyonrails.org>.
- [2] “Sequelize”. available at <http://docs.sequelizejs.com/>.
- [3] “phpMyAdmin”. available at <https://www.phpmyadmin.net/>.
- [4] K. Harezlak and A. Werner, “Extension of the MOODLE e-learning platform with database management mechanisms,” 3rd International Conference on Human System Interaction, pp.491–495, May 2010.
- [5] A. Grillenberger and T. Brinda, “eledSQL: A new web-based learning environment for teaching databases and SQL at secondary school level,” Proceedings of the 7th Workshop in Primary and Secondary Computing Education, pp.101–104, WiPSCE '12, ACM, 2012. <http://doi.acm.org/10.1145/2481449.2481474>
- [6] P. Garner and J. Mariani, “Learning SQL in steps,” Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics, vol.13, no.4, pp.19–24, Jan. 2015.
- [7] I. Bider and D. Rogers, “YASQLT — yet another SQL tutor,” Proceedings of the 4th Symposium on Conceptual Modeling Education, pp.197–206, Nov. 2016.
- [8] A. Kleerekoper and A. Schofield, “SQL tester: an online SQL assessment tool and its impact,” Proceedings of the 23rd Annual ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, pp.87–92, July 2018.
- [9] “Node.js”. available at <https://nodejs.org/>.
- [10] “Loopback”. available at <https://loopback.io/>.
- [11] “Passport”. available at <http://www.passportjs.org/>.
- [12] “Angular”. available at <https://angular.io/>.
- [13] “SQLite”. available at <https://www.sqlite.org/>.
- [14] “sql.js”. available at <https://github.com/kripken/sql.js/>.
- [15] “Ace”. available at <https://ace.c9.io/>.
- [16] “SQL-learning”. available at <https://github.com/hisa-lab/SQL-Learning-Public>.