

# ブレンド型初修外国語授業を対象とした 探索的学習分析システムの開発

今野 裕太<sup>\*1</sup>, 児玉 雅明<sup>\*1</sup>, 趙 秀敏<sup>\*1</sup>, 大河 雄一<sup>\*1</sup>, 三石 大<sup>\*1</sup>  
<sup>\*1</sup> 東北大学

## Development of an explorative learning analysis system for blended style foreign language class

Yuuta KONNO<sup>\*1</sup>, Masaaki Kodama<sup>\*1</sup>, Xiumin ZHAO<sup>\*1</sup>, Yuichi OHKAWA<sup>\*1</sup>, Takashi  
MITSUISHI<sup>\*1</sup>  
<sup>\*1</sup> Tohoku University

初修外国語を対象とした3段階ブレンディッドラーニングにおいて、復習用スマートフォン教材による学習履歴を記録し、探索的に学習分析を行うためのシステムを開発した。本システムはマイクロラーニングに基づいて断続的に実施される学習をxAPI形式のログとして記録する。加えて、記録された学習履歴を利用し、教員の閲覧目的に応じて、異なる複数の視点を切替えながら学習者やクラスごとの学習状況が分析できる可視化用Webアプリケーションを実装した。本稿では、学習活動を記録するためのログデータ記録方式と、提案システムに必要な要件に基づいて設計した機能およびUIについて述べる。また、設計に基づいて実装した探索的学習分析システムのアーキテクチャと可視化用Webアプリケーションについても報告する。

キーワード: 可視化, 学習履歴, xAPI, 探索的学習分析

### 1. はじめに

我々の研究グループでは、大学1年時の初修外国語を対象に、教室での対面授業と授業後のeラーニングとを組み合わせた3段階学習プロセスによるブレンディッドラーニングを実践してきた[1]。また現在、この3段階学習プロセスにおける授業後のeラーニングとして、マイクロラーニングに基づく復習教材を提供する新たなスマートフォン学習教材KoToToMo Plusを開発し、今年度の4月から提供を開始している[2]。一般に、スマートフォンアプリケーションなどの学習ツールを利用した学習では、各学習者の学習履歴を取得可能であり、我々が現在提供しているスマートフォン学習教材においても、学習者の操作ログや学習履歴、学習結果などを収集し、学習ログとして記録している。これらの学習ログを利用し、教員が学習状況を確認して分析できれば、学習者の学習状況やつまづいている

学習者の把握に活用できるとともに、これに基づいて授業のふり返りや授業改善へと活用することもできる。

一方、学習者の学習状況や学習上の課題点などを確認しようとした場合、単純に学習コンテンツへの取り組みの有無や問題に対する解答の正否を記録した学習ログからのみでは、その詳細を確認することが難しい。とりわけ、本研究が対象とするスマートフォン学習教材は、マイクロラーニングに基づく断続的な学習の継続を意図しているため、学習者ごとに学習ログとして短時間の学習を数多く記録する。そのため、各学習者が十分に復習に取り組んでいるかや、つまづきがちな学習内容がないかなどを確認しようとした場合、いつ、どの学習コンテンツに、どのように取り組み、その結果がどうであったのか、といった詳細な履歴を学習ログとして記録し、記録された多数の学習ログに基づいて学習状況を分析できる必要がある。そこで我々は、

当該スマートフォン学習教材による学習ログについて、その閲覧目的に応じて複数の視点を切り替えながら可視化することで、担当教員による探索的な分析を可能とするシステムを提案し、その開発を進めている[3].

本稿では、これまで我々が提案してきた、学習者の教材内の操作に基づいて記録される学習ログと、探索的な分析を可能とするための可視化手法に基づき、教員に対して学習履歴を可視化して提供する探索的学習分析システムの設計と実装について報告する。

## 2. 先行研究とその課題

一般に、スマートフォン学習教材など何らかの学習ツールを利用した学習では、学習者の操作履歴や学習履歴、学習の結果などの学習ログが収集可能であり、それらのデータは学習者の学習行動を表す有用なデータとして活用可能である。これまでも、学習教材内における学習者の学習ログを取得し、教員に対して可視化して提示することで、学習ログの分析を行う試みは多く行われており、そのためのツールも存在している[4].

しかし、先行研究や既存のツールは、研究者やデータ分析の専門家による利用を念頭に置いたものが多く、必ずしもデータ分析の専門家ではない授業担当教員がこのようなツールを利用して分析を行うのは容易ではない。また、分析ツールによっては、分析の目的に応じてあらかじめ可視化の視点が設定されており、限定的な視点でしか分析を進めることができない。そのため、学習履歴の分析にあたって、担当教員に何らかの気づきがあった場合にも、その気づきを反映して分析を進めることが難しいといった課題があった。

このような課題に対して、可視化の際に多様な視点を提供し、それらを切替えながら閲覧することで、多様な視点から分析を可能とする試みも存在する。古川らは、Web上で閲覧可能なビデオ教材を対象としたeラーニングにおいて、ビデオ教材の視聴状況などを教員が確認する際に、可視化結果の閲覧視点を切替え可能にすることで、多様な視点からの学習状況の把握や講義改善のための参考とできるシステムを開発している[5]。ただし、当該システムでは、時間的に連続して受講されるビデオ教材の視聴による学習を主な対象と

しており、本研究で対象とするブレンディッドラーニングにおいて確認が必要となる、マイクロラーニング形式の教材による学習の継続や積み重ねを確認するものとはなっていない。

## 3. 探索的な分析のための学習ログの設計

### 3.1 学習者の操作に基づく学習ログ

本研究では、本システムで利用する学習ログとして、学習活動としての教材そのものに対する操作やその結果に加え、学習する単元や教材の選択のための操作を記録する。

我々が授業で提供するスマートフォン学習教材 KoToToMo Plus では、教科書や授業の内容と連動して復習を進めるために、教科書の課と対応付けられた形で学習内容を提供する。また、各課の学習内容として、言語習得に必要とされる4技能を学習できるよう、4種類の学習形式による学習項目を提供する。学習者が KoToToMo Plus を起動すると、前回中断した場所から学習を再開するか、これまでの学習状況や授業の進捗などに応じて学習項目を選択し、そこで提供される教材を利用して復習を行う。すなわち、学習者の様々な学習活動を記録し、分析しようとした場合、個別の教材に対する操作だけでなく、どの単元のどの学習形式にある学習項目を選択して学習したのか、といったアプリケーション操作として表出する学習の文脈についても確認できる必要がある。

そのため本研究では、個々の教材に対する学習活動だけでなく、その教材の選択に至る操作についても合わせて記録することとした。具体的には、(1)各学習項目で提供される教材を利用して学習を行うための教材操作と、(2)学習教材としてのアプリケーションの起動や学習項目の選択のためのメニュー選択など、学習を進めるためのナビゲーション操作の2種類に大別し、学習者が該当する操作を行った場合に学習ログとして記録を行う。

具体的には、(1)の教材操作では KoToToMo Plus で提供される4種類の学習形式において学習者が行うと想定される学習行動を基に、学習者がどのような操作を行ったかを表1に示す形で記録する。ここでは、学習者が行った操作に加えて、どのくらいの時間行った

表 1 各学習形式で記録する操作と付随して記録する内容

学習形式	記録する操作内容	操作に付随して記録する内容
音読	動画の再生開始	
	動画の一時停止	停止時の動画の再生位置
	動画の巻き戻し	巻き戻し時の動画の再生位置
	動画の早送り	早送り時の動画の再生位置
	動画の再生完了	動画の視聴時間
	録音の開始	
	録音の完了	音声の録音時間
	音声の再生	
	確認ボタンの押下	解答時間, 正誤
リスニング	音声ファイルの再生	
	解答の選択	
	解答の送信	解答, 解答時間, 正誤
文型練習	解答の送信	解答, 解答時間, 正誤
力試し	録音の開始	
	録音の完了	音声の録音時間
	音声ファイルの再生	
	解答の送信	解答, 解答時間, 正誤

か、その結果はどうであったかなど操作に付加して記録すべき情報がある場合は、操作と併せて記録することとした。また、(2)のナビゲーション操作では、学習者が KoToToMo Plus を起動してから各学習形式画面に遷移するまで、および学習形式画面から抜けて KoToToMo Plus を終了するまでに行う操作を表 2 に示す形で定義した。ここでは、学習者がいずれかの教材で学習を開始するまでに、メニュー画面で選択した単元や学習形式、選択された教材を記録する。加えて、学習を中断した、学習を再開した、学習を終了したなどの情報も記録する。また、ナビゲーション操作についても、教材の操作と同様に学習時間や中断までの学習時間など、操作に付随して記録すべき情報がある場合は、当該操作と併せて記録することとした。

### 3.2 xAPI に基づく学習ログの記録方式

3.1 節で述べた、学習者の操作に基づく学習ログの記録のために、本研究では学習ログの汎用的な記録方式である xAPI 形式に基づいて学習ログを記録する。

KoToToMo Plus において記録された学習ログを xAPI に基づいて記録するために、本研究では、xAPI

表 2 ナビゲーション操作として記録する操作内容と付随して記録する内容（抜粋）

記録する操作内容	操作に付随して記録する内容
学習の開始	
第*章への遷移	前回の学習の続きか
第*章の開始	
学習形式「**」への遷移	
学習形式「**」の*問目への遷移	前回の学習の続きか
学習の中断	中断までの学習時間
学習の再開	
学習の終了	終了までの学習時間
⋮	⋮

で規定する actor, verb, object, result, extension, time stamp の各項目を図 1 に示す形で定義した。ここで、actor とは学習者を識別する ID として、通し番号や学籍番号などを記録する。verb は学習者がどのような操作をしたかを表すために、表 1, 表 2 にある「～の開

始」,「～の完了」,「～の再生」などの操作を記録する。  
**object** は **verb** の対象を表しており, **verb** に記録された操作が, どの単元や学習形式, 問題などで行われたものなのかを記録する。**result** は学習の結果を表す部分であり, 復習時間や録音時間, 音声再生時間などを記録する。学習者が正誤判定のある学習形式に取り組んだ場合は, 選んだ選択肢や送信した解答, 解答の正誤なども **result** として記録を行う。**extension** には前述した4つの項目には該当しないが, 学習ログの分析に必要な情報を記録する。本研究では, **extension** としてクラスごとの分析を行うために学習者の所属クラスと, 複数端末間で学習状況を同期するための端末情報を記録する。これら5つの項目に加えて, 学習者の端末上でログが記録された時刻と, サーバにログが保存された時刻を付加したログを, 1件分の学習ログとして記録する。

このように, 学習者の教材内での操作に応じて, 誰が, いつ, どの単元や学習形式に取り組み, その結果どのようになったか, 学習者の詳細な学習履歴を **xAPI** 形式に基づき記録することで, 学習の取り組みの有無や学習時間, 解答の正誤だけでなく, 学習者の学習行動に基づく多様な視点を提供できるとともに, 必要に応じて **xAPI** に対応した他の分析ツールを利用して学習ログの分析を行うことも可能になる。

## 4. 探索的学習分析システムの設計

### 4.1 探索的学習分析システムとしての要求要件

本研究で実現しようとしている学習分析システムは, 先述のように必ずしもデータ分析の専門家ではない教員が, 分析中の自身の気づきに基づいて学習分析が行えることを目的としている。すなわち本システムでは, 授業担当教員の大まかな目的に応じて試行錯誤しながら探索的に分析を進められることが必要である。そのためには以下に示す要件が必要であると考えられる。

#### (1) 分析の目的に応じた可視化手法の容易な決定

大量に蓄積された学習ログから, 教員が確認したい情報を得るためには, 記録されたログのうち, どのログに対してどのような処理を行い, どのような形で表示すれば確認できるのかを決定する必要がある。しかし, データ分析の専門家ではない一般の教員がこれら判断



図1 xAPI形式に基づく学習ログの記録

し, 分析を進めることは容易ではない。そこで, 教員の持つ大まかな目的に応じて, 可視化の対象となる学習ログや可視化方法を容易に選択できる必要がある。

#### (2) 教員の気づきに基づく対話的な視点の切替え

何らかの目的に基づいて学習ログを分析する場合であっても, 具体的なデータを確認しないとどのような視点で確認したらよいかを判断できないことも多い。また, 分析を進めるにあたって現在確認している内容から, 新たに確認したい内容が生じることも多い。例えば, 学習者全体の復習時間を確認している場合に, クラスごとの復習時間の分布はどうか, 学習單元ごとの復習時間の分布はどうか, 復習回数はどのように分布しているかなど, 現在の確認内容から派生して新たな確認内容が生まれる場合もある。そのため, 表示する項目を容易に切替えながら, 分析中の気づきや発見に応じて表示内容を決定できる必要がある。

#### (3) 学習者全体の確認と特定の学習者やクラスに着目した分析

教員の持つ大まかな目的に応じて, 気づきに基づきながら様々な視点を切り替えて学習者全体の学習状況を確認した結果, 他の学習者と比較して復習時間の少ない学習者や, クラス間の復習状況の差異などに気づき, 特定の学習者やクラスなどに着目して分析を行いたい場合がある。また, 授業の受講状況や受講態度から, あらかじめ特定の学習者やクラスに着目して分析したい場合もある。そのため, 学習者やクラス全体を俯瞰した分析が行えるだけでなく, 全体を分析している間に, 何らかの気づきによって特定の学習者やクラスに着目したい場合には, その学習者やクラスを対象を絞った詳細な分析を行える必要がある。



図2 視点を自由に切替えながら可視化結果を確認可能な UI

#### (4) 授業の進捗に応じた学習状況の確認

本研究で分析対象とする学習は、授業後の復習としてスマートフォンアプリを利用して行う学習である。すなわち、授業の進捗に応じて単元や学習項目を選択しながら復習を進めることを想定している。そのため、学習者が授業の進捗に合わせて適切に復習できているかどうかについても、教員が確認できる必要がある。

#### 4.2 設計

本研究で実現する学習分析システムは、担当教員の持つ大まかな目的に応じて、試行錯誤しながら探索的に分析を進められる必要がある。そのため、図2に示すように視点を自由に切替えながら可視化結果を確認可能な UI を設計した。具体的には、画面上部を可視化結果の表示領域、画面下部を表示項目の切替え領域とし、画面下部で選択した表示項目に応じて学習ログの集計を行い、画面上部に集計結果を可視化して提示する。これに加え、4.1節で示した要求要件を満たすためにシステムに必要な機能とそのユーザインターフェース（以下、UI）を以下の通り設計した。

##### (1) 分析の目的に応じた可視化手法の容易な決定

本システムでは、教員の持つ分析の大まかな目的として学習ログの閲覧目的を定義した。表3に示すように、教員の閲覧目的として想定されるものの洗い出しを行い、選択された目的に応じてパラメータを提示することで分析の手がかりとする。例えば、「ケアが必要

表3 閲覧目的と対応するパラメータ

閲覧目的	対応するパラメータ
ケアが必要な学生を知りたい	復習回数、動画再生回数、解答時間、正解数など
復習を継続しているかを知りたい	復習時間、復習回数、録音時間、動画再生回数など
〆切は守ったかを知りたい	復習回数、解答送信回数、動画再生時間など
取り組みの時間変化を知りたい	復習回数、録音回数、音声再生回数など
⋮	⋮

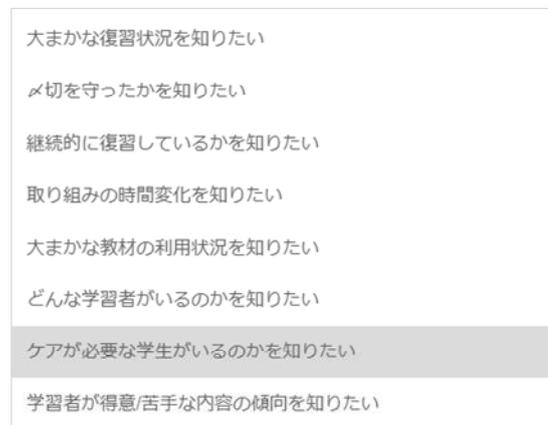


図3(a) 閲覧目的選択のための UI

な学生がいるかどうか」という目的で教員が分析を行う場合、そのために確認すべきパラメータの候補としては、復習時間や動画再生回数、解答時間などが想定される。ただし、どのパラメータを確認すれば閲覧目的を達成できるかは教員の判断によるため、実際に各パラメータを選択しながら確認しないと分からない場合も多い。そこで、提示されるパラメータを自由に切替えながら確認することで、様々な視点からの可視化結果の提示を行い、教員による探索的な確認を実現する。閲覧目的を設定するためのUIは図3(a)のように設計した。このメニューの中から教員が自身の閲覧目的に近いものを選択すると、選択した目的に対応するパラメータが図3(b)に示すUIで提示され、この中から自由にパラメータを選択しながら可視化結果の確認を行う。

(2) 教員の気づきに基づく対話的な視点の切替え

選択した閲覧目的に応じて可視化結果を確認した結果、教員に何らかの気づきがあって新たに確認したい内容が生じた場合でも、容易に可視化視点を切り替えるために、提示するパラメータ群をはじめ、グラフの軸に表示する項目や、分析対象とするクラスや単元、学習形式、期間などをボタンの操作によって切替え可能とする。例として、「クラスごとに学習状況を確認したい」や「教材に含まれる単元ごとの取り組み状況を確認したい」場合には、必要に応じて軸の表示項目を「クラス」や「単元」などに切替えることで、選択された表示項目に基づいて集計し、可視化結果を提示する。また、「月曜のクラスのみを分析したい」、「特定の単元のみを対象として分析を行いたい」など、分析対象を絞り込んだ状態で分析を進めたい場合も想定されるため、図4に示すようなUIを設計し、分析対象となるクラスや単元、学習形式などを必要に応じて選択できるようにした。

(3) 学習者全体の確認と特定の学習者やクラスに着目した分析

学習者全体の復習状況を確認している際に、視点の切替えによって着目したい特定の学習者を発見した場合、図5に示すUIで学習者個人の詳細な復習状況を提示する。ここでは、詳細な学習状況として、時系列でみた復習状況の推移と、復習を実施した単元と学習形



図3(b) 描画対象とするパラメータの選択



図4 対象となる単元の切替え

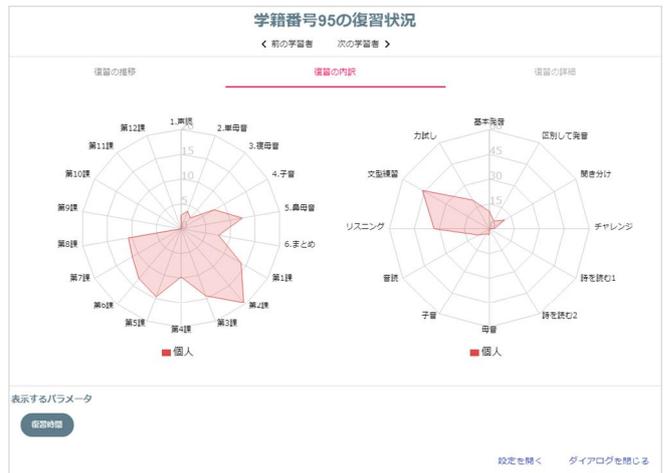


図5 個人ごとの学習状況の表示

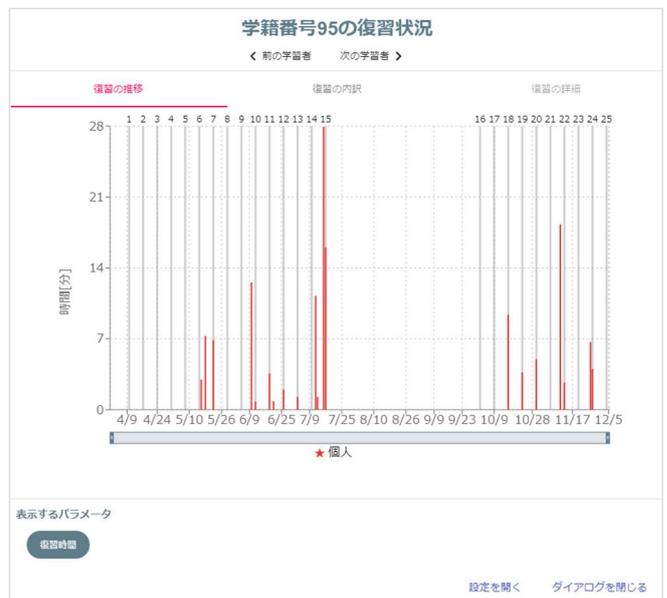


図6 授業日と対応づけた学習状況の確認

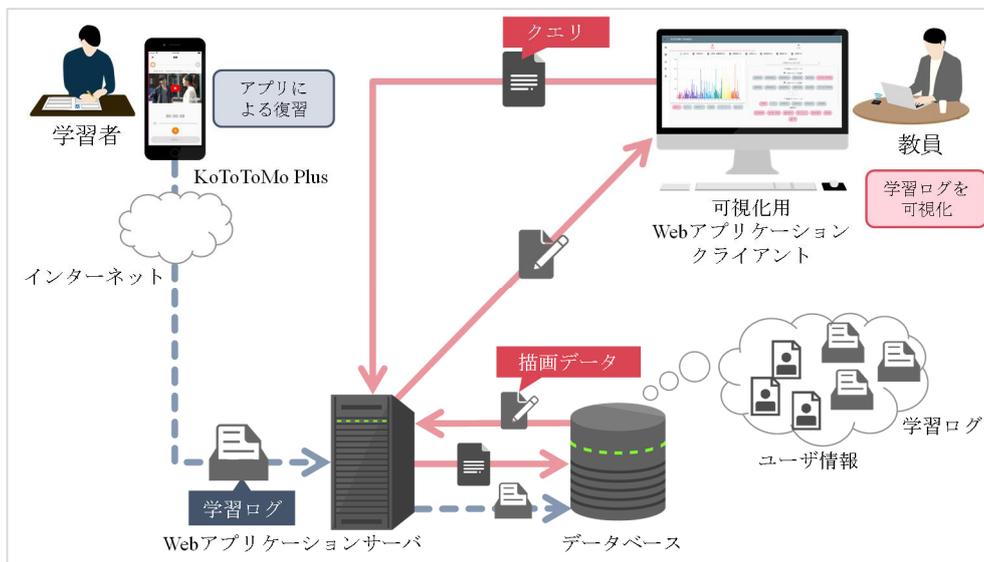


図 7 提案システムの構成とアーキテクチャ

式の内訳をクラス平均と合わせて提示することとした。

また、特定の学習者に着目するための機能としてフィルタリング機能を設計した。ここでは、ある特定のパラメータに対して上位/下位何%でフィルタを設定するのかを入力することで、入力した条件に該当する学習者のみを強調して表示する。例として「復習時間が上位10%」というフィルタを設定した場合には、学習者全体から復習時間が長い順に10%の学習者が濃く描画される。このように、任意のパラメータに対してフィルタを設定することで、学習者全体から学習者個人の特徴や傾向を確認し、気になる学習者を発見するための手がかりとすることが可能である。

#### (4) 授業の進捗に応じた学習状況の確認

時系列で学習者の学習状況を提示している場合に、授業日も合わせて表示することとした。各クラスの授業日と授業回をあらかじめシステムに設定することで、学習者の学習状況の推移を表示する際に、所属するクラスの授業日を図6のようにグラフ上に表示する。また、授業日と授業回以外にも、授業が行われる曜日と時間帯を設定して表示することも可能である。

この機能を利用することで、授業回ごとに復習を実施しているかどうかや、授業からどの程度の時間間隔を空けて復習を実施しているかなど、学習者が授業の進度に合わせて復習を実施しているかを把握することができる。

## 5. 探索的学習分析システムの実装

### 5.1 システム構成とアーキテクチャ

以上の設計に基づき実装したシステムの構成を図7に示す。

本システムは、学習者が利用するスマートフォン学習教材 KoToToMo Plus、学習ログの蓄積のためのデータベース、教員が利用する可視化用 Web アプリケーションクライアント、ならびに KoToToMo Plus からのログデータを受け取って Web アプリケーションを実行するための Web アプリケーションサーバから構成される。KoToToMo Plus を利用して学習者が学習を行うと、3.1 節で定義した操作ごとに、一度学習者の端末上に学習ログが記録される。記録された学習ログは逐次 HTTPS 通信でサーバへ送信され、サーバを介してデータベースに蓄積される。データベースでは、KoToToMo Plus を利用している学習者の管理や学習ログの管理を行い、KoToToMo Plus や可視化用 Web アプリケーションからサーバを介して送信されたクエリに応じて学習者や学習ログの検索・抽出を行う。検索の結果、該当する学習者や学習ログが存在する場合は、サーバを介して返信を行う。教員が利用する可視化 Web アプリケーションクライアントは、Web ブラウザ上で実行され、学習ログを可視化して教員へ提示する。ここで、各パラメータやクラス、単元などの切替えや絞り込みに応じて描画データを更新するため、HTTPS 通信を利用して Web アプリケーションサーバ

を介し、データベースにクエリを送信する。クエリの結果として、データベースから返信された学習ログを基に描画データを更新してグラフ化を行う。

## 5.2 実装環境

5.1 節で述べたシステムを実現するために、本研究では可視化用 Web アプリケーションの実装を行った。Web アプリケーションのフロントエンドは React.js で開発を行い、図 3(a)(b)や図 4 のように画面に表示するコンポーネントの描画ライブラリとして Material-UI を、棒グラフや散布図など画面上にグラフを描画するためのライブラリとして recharts を利用した。また、本アプリケーションはサーバを介してデータベースと通信して学習ログを取得する必要があるため、バックエンドとなる Web サーバとして CentOS7 の仮想サーバを利用した。データベースに対して発行するクエリを送受信や学習ログの受け渡しなど、サーバが実行する内部の処理は Node.js により実装した。KoToToMo Plus を利用するユーザ情報の管理や、取得した学習ログの蓄積を行うデータベースには MongoDB を利用した。

## 6. おわりに

本研究では、初修外国語を対象とした 3 段階学習プロセスによるブレンディッドラーニングを対象に、授業後の復習に利用するスマートフォン学習教材から、学習者の操作に基づいて学習ログを xAPI 形式で記録するとともに、教員の閲覧目的に応じて異なる複数のパラメータを切替え可能な学習ログの可視化について設計し、探索的学習分析システムとして実装を行った。今後、授業担当教員に実際にシステムを利用してもらい、ヒアリングやアンケート調査を通じて提案システムの有効性評価を行う予定である。

## 謝辞

本研究は、JSPS 科研費 15K02709, 15K01012, 17K01070 の助成を受けたものである。

## 参 考 文 献

(1) 趙秀敏, 富田昇, 今野文子, 朱嘉琪, 稲垣忠, 大河雄一,

三石大, “第二外国語としての中国語学習のためのブレンディッドラーニングにおける e ラーニング教材設計指針の作成と実践,” 教育システム情報学会誌, pp.132-146, 2014.

- (2) 児玉雅明, 今野裕太, 趙秀敏, 大河雄一, 三石大, “学習状況の視覚的な提示により持続的な学習を可能とする初修外国語教育用スマートフォン学習教材,” 教育システム情報学会全国大会, 2018.
- (3) 今野裕太, 児玉雅明, 趙秀敏, 大河雄一, 三石大, “学習履歴の閲覧意図に応じて異なる複数の視点を切り替え可能なログデータ可視化手法の検討,” 教育システム情報学会研究報告, Vol.32-5, pp.141-148, 2018.
- (4) 佐藤一裕, 荒本道隆, 中澤真, 小林学, 中野美知子, 後藤正幸, 平沢茂一, “Learning Analytics のための学習履歴可視化システムの開発,” 経営情報学会全国大会研究発表大会要旨集, pp349-352, 2016.
- (5) M. Furukawa, K. Yamaji, Y. Yaginuma, T. Yamada, “Development of Learning Analytics Platform for OUJ Online Courses,” 2017 IEEE 6th Global Conference on Consumer Electronics, 2017.