

# 授業支援システムの小テストマイニングによる学習つまずき検出

加藤利康<sup>†1</sup> 石川孝<sup>†2</sup>

授業支援システムの小テストにおける学習つまずき検出は、リアルタイムに学習つまずきを判定すること、および教員と学生に対する提示方法が課題である。本論文は、授業支援システムの小テスト結果から、クラス全体および個別学生の学習つまずきを検出する手法を提案する。この手法は、小テストの各学習項目の正答率を項目全体と比較して有意に低い項目を学習つまずきとして教員と学生に提供する。学習つまずき検出の有用性を実際の授業で評価した結果、学習つまずきを提示した実験群において教員と学生の学習つまずきを確認した回数が有意に多く、指導回数と学習項目の確認行動に差があった。この結果から、提案した手法による学習つまずき検出は、教員の指導と学生の学習項目に対する復習に有用である。

## Student Failure Detection by Data Mining for Quizzes in Course Management Systems

TOSHIYASU KATO<sup>†1</sup> TAKASHI ISHIKAWA<sup>†2</sup>

Student Failure Detection for Quizzes in Course Management Systems is to determine the Student Failure in real-time, and the method for presentation to teachers and students is a challenge. This paper proposes a method to detect the deadlock of individual students and entire class, from the quiz results in CMS. This method detects the Student Failure as the items significantly lower compared to the whole items of the ratio of correct learning of the quiz. As a result of the actual class, a significantly large number of times to confirm the stumble problems for both teachers and students in the experimental group that displayed the Student Failure. Also, there is a difference between the numbers of teaching, to confirm which learning items to action. From these results, the Student Failure Detection by the proposed method is useful to review for the learning items of students, and teacher's teaching.

### 1. はじめに

授業支援システムは、学習内容の Web 配信・管理の機能、協調学習のための機能、受講者管理と学習履歴データ管理の機能、教材コースの登録・管理の機能を有する[7]。また、学習内容の閲覧、課題への解答、電子会議室上の議論への参加などの学習活動を行い、従来の授業や研修で得ることができない詳細な学習活動履歴データを容易に蓄積する。こうしたデータの蓄積は、量が膨大であり、整理・解析して適切に学習・教授活動に活用するために教員や学生に分かりやすく提示するデータマイニングの応用が行われている[17]。その応用の 1 つに、学習つまずき検出がある。学習つまずき検出は、学習活動履歴データから、学習上でつまずいた箇所の検出を行い、理解が不足している学習内容に関する情報を教員と学生へ提供する[4]。小テスト結果からの学習つまずき検出は、学生の理解が不足している学習内容を把握する上で重要である。

授業支援システムの小テストマイニングによる学習つまずき検出は、リアルタイムに学習つまずきを判定すること、および教員と学生に対する提示方法が課題である。小テストマイニングは、小テスト結果から学習つまずきを検出し、学習つまずきに関する情報を教員と学生へ提供する。

学習つまずきは、学習指導によって目標の達成をねらい、問題の解決を図ろうとすると、予測していない困難に遭遇し、スムーズな進行に障害が生じる状態である[16]。本研究の学習つまずきは、小テストの各学習項目の正答率を項目全体と比較して有意に低い項目である。

本論文の目的は、授業支援システム Moodle における小テスト結果から、リアルタイムにクラス全体および個別学生の学習つまずきを検出する手法を提案する。また、提案した手法を適用する小テストマイニングを、実際の授業で評価実験することによって有用性を評価する。Moodle は、国内において最も多く利用されている授業支援システムである[2, 15]。Moodle の特徴は、オープンソースである[5]。

本論文は、まず 2 章で小テストによる学習つまずき検出についての関連研究を述べ、現状の問題点を述べる。つぎに 3 章で小テストマイニングについて述べ、4 章で学習つまずき判定アルゴリズムを述べる。そして 5 章で学習つまずき判定の提示方法を述べ、6 章で提案手法の有用性に対する評価実験について述べる。最後に 7 章で本論文のまとめと今後の課題を述べる。

### 2. 関連研究

小テストによる学習つまずき検出に関する関連研究には、データマイニングの応用、分散分析の適用、テスト理論に基づく分析、情報端末の利用がある。

データマイニングの応用[14]は、マイニング手法によつ

<sup>†1</sup> 日本工業大学大学院 工学研究科  
The Graduate School of Engineering, Nippon Institute of Technology  
<sup>†2</sup> 日本工業大学  
Nippon Institute of Technology

て小テスト結果と出席率をデータマイニングして将来的に単位を落としやすい学生を発見する。その効果は、学期の早い時期に単位を落とす可能性のある学生の発見を提供して、学修改善指導の指針を得られることである。しかし、専用のシステムが必要であることや、授業を開始して1ヶ月以上経過しないと発見することができないという問題点がある。

分散分析の適用[13]は、統計解析ツール[1]によって授業支援システム WebCT[3]の複数回の小テスト結果とアクセス履歴を分析して理解が不足している学習項目を検出する。その効果は、クラス全体に再度解説をすべき学習項目を教員へ提供して、指導の検討材料を得られることである。しかし、同じ問題の小テストを複数回実施する必要があること、および分析は、商用の統計解析ツールを用いる必要があるという問題点がある。

テスト理論に基づく分析[20]は、項目反応理論[12]と S-P 表理論[10]によって Moodle の小テストの問題と小テスト結果を解析して小テストの問題の妥当性を検証する。その効果は、個別学生の学習上の問題を提供して、指導の検討材料を得られることである。しかし、解析は手作業で行う必要があることや、小テストの問題方式は多肢選択問題に限定しているという問題点がある。

情報端末の利用[6]は、授業中にタブレット型情報端末を用いて小テストを実施することによって小テスト結果を集計して学生の理解度を教員へ提供する。その効果は、リアルタイムに学生の正誤やクラス全体の成績に関するグラフを教員へ提供して、授業中に指導の検討材料を得られることである。しかし、提供内容は正誤に対する小テスト結果の集計のみなため、学習つまずきの特定は教員が分析する必要があるという問題点がある。

関連研究における問題点の第1は、学習つまずき検出に時間を要することである。対面授業における小テストは、限られた時間の中で、学生の理解度を確認して指導を行うため、リアルタイムに学習つまずきを教員へ提供する必要がある。つぎに第2は、学習つまずきを学生へ提供していないことである。学生は、自身の理解度を確認して学習内容の理解を深めるため、クラス全体と相対的に比較した学習つまずきを提供する必要がある。本研究は、これらの問題点を解決する小テストマイニングによる学習つまずき検出を提案する。

### 3. 小テストマイニング

本論文における小テストマイニング[8]は、授業支援システムの小テスト結果に対するデータマイニングの応用である。小テストマイニングの目的は、小テスト結果から、学習つまずきに関する情報を教員と学生へ提供することである。学習つまずきに関する情報は、学習過程において理解が不足している学習の内容である。学習過程は、単元、学

習項目、学習内容の順に木構造である[18]。また、小テストマイニングは、対面授業という限られた時間の中で教員が一斉指導や個別指導を行うため、クラス全体および個別学生の学習つまずきを検出する。学生には、自身の理解度を確認するため、クラス全体と相対的に比較した学習つまずきを検出する。

小テストマイニングの構成は、クラス全体の理解度の把握、個別学生の理解度の把握、学習つまずきのある学生に対する指導記録の3つの機能である。機能の目的と使い方はつぎのとおりである。

#### (a) クラス全体の理解度の把握

この機能の目的は、実施した全ての小テスト結果とクラス全体の学習つまずきと個別学生の学習つまずきを教員に提供することである。機能の使い方はつぎのとおりである。

- (1) クラス全体の小テスト結果ページ (図1) にアクセスする。正答率の赤字は、その項目が他の項目と比較して統計的に有意に低いことを表す。また、設問番号にマウスカーソルを合わせると問題文と問題内容を表示する。
- (2) 正答率をクリックして、誤答者一覧ページ (図2) を表示する。誤答者一覧ページは、該当集計単位における正答率の低い順に学籍番号、氏名、座席番号、正答率の一覧を表示する。
- (3) 誤答者一覧の学籍番号をクリックして、個別学生の小テスト結果ページ (図3) を表示する。

クラス全体の小テスト結果

正答率の赤字は、その項目が他の項目と比較して統計的に有意に低いことを表します。有意水準: 5%  
 正答率をクリックすると、誤答者一覧を表示します。

単元	学習項目	設問番号	正答率		
スレッド	スレッドの基本	練習問題11.1-3	61.5%	52.7%	
		練習問題11.1-1	38.5%		
		練習問題11.1-2	53.8%		
		練習問題11.1-4	69.2%		
		練習問題11.2	23.1%		
スレッドの制御	マルチスレッドの適切な使い方	練習問題11.1-6	69.2%	53.8%	
		練習問題11.1-5	53.8%		
例外処理	例外の発生と例外処理	練習問題10.1-1	97.1%	73.9%	
		練習問題10.1-5	91.4%		
		練習問題10.2	82.9%		
	例外オブジェクト	練習問題10.3	68.6%		61.4%
		練習問題10.1-4	68.6%		
		練習問題10.1-3	54.3%		
		練習問題10.1-2	54.3%		

図1 クラス全体の小テスト結果

誤答者一覧 学習項目 誤答者数 6 / 受験者数 13

学籍番号	氏名	座席番号	正答率
111xx1	日工 太郎	-	0.0%
111xx2	日工 二郎	-	0.0%
111xx3	日工 三郎	-	0.0%

図2 誤答者一覧

#### (b) 個別学生の理解度の把握

この機能の目的は、個別学生における受験した小テスト

結果と学習つまずきを学生に提供する。機能の使い方はつぎのとおりである。

- (1) 個別学生の小テスト結果ページ(図3)にアクセスする。正答率の赤字は、その項目がクラス全体の正答率から統計的に有意に低いことを表す。

学籍番号: 111xx1 日工 太郎の小テスト結果  
 正答率の赤字は、その項目がクラス全体の正答率から統計的に有意に低いことを表します。

項目	練習問題	正答率	クラス全体の正答率	
スレッド	スレッドの制御	練習問題11.1-5	○ 100.0 %	
	マルチスレッドの適切な使い方	練習問題11.1-6	○ 100.0 %	
		練習問題11.1-1	×	
		練習問題11.1-2	×	
	スレッドの基本	練習問題11.1-3	×	40.0 %
		練習問題11.1-4	○	
練習問題11.2		○		
練習問題10.1-2		○		
例外処理	例外オブジェクト	練習問題10.1-3	○	
		練習問題10.1-4	○	75.0 %
		練習問題10.3	×	
	例外の発生と例外処理	練習問題10.1-1	○	
		練習問題10.1-5	○	100.0 %
	例外を作成して投げる	練習問題10.2	×	0.0 %

図3 個別学生の小テスト結果

(c) 学習つまずきのある学生に対する指導記録

この機能の目的は、学習つまずきのある学生に対して指導をおこなった結果を記録する。機能の使い方はつぎのとおりである。

- (1) 指導記録ページ(図4)にアクセスする。指導記録ページは、赤字の正答率をクリックした各項目のリストを時刻順に表示する。
- (2) 指導内容を選択してから、更新ボタンを押して指導内容を保存する。

指導記録

区分	集計単位	正答率	指導内容
クラス全体	設問	55.0 %	<input checked="" type="radio"/> 未対処 <input type="radio"/> 全体指導 <input type="radio"/> 個別指導 <input type="radio"/> 指導不要
個別学生	学習項目	61.4 %	<input checked="" type="radio"/> 未対処 <input type="radio"/> 全体指導 <input type="radio"/> 個別指導 <input type="radio"/> 指導不要

図4 指導記録

小テストマイニングに用いる問題は、一般的に以下に述べる学習内容の分類と整理、それに基づく作問と入力の手順で作成する。

(1) 学習内容の分類

小テストマイニングは、学習過程にそって分析を行うため、テキストの学習内容を分類する。分類の方法は、テキストの章を単元に、節を学習項目に、小見出しを学習内容に対応付ける。

(2) 学習内容の整理

小テストの問題は、学習内容の理解度を確認するため、学習内容を命題として具体的に列挙し、重要度を付ける。重要度は、高い順に基本事項、発展事項、参考事項である。なお、1つの学習内容に複数の命題が含まれているため、

見出しを付ける。

(3) 小テストの作問

小テストは、理解度の確認を短時間で行えるようにするため、重要な学習内容に対してのみ行い、学習内容に応じて適切な問題形式を選んで作問する。問題形式の選択基準は、学習内容に対して真偽を問う場合、○×形式を用いる。また、学習内容に対して複数の誤りパターンがある場合、多肢選択形式を用いる。なお、誤りパターンは設問の選択肢として用意する。

(4) 小テストの問題の分類

手順(3)の作問において分類、整理した問題を学習内容に対応付けるため、問題ごとに単元、学習項目、学習内容を入力する。それぞれのテキストの学習内容における分類は、章を単元に、節を学習項目に、小見出しを学習内容に対応付ける。

4. 学習つまずき判定のアルゴリズム

クラス全体および個別学生の学習つまずき判定は、小テスト結果を単元、学習項目、学習内容ごとに分類してマイニング手法を適用する。分類の方法は、小テストの設問ごとに単元と学習項目を割り当てる。小テスト結果に対するマイニング手法の適用は、あらかじめ小テストの設問ごとに単元名と学習項目名を入力して対応付けておく必要がある。学習内容は小テストの設問である。また、小テストの問題形式は、解答が単一となる多肢選択または、○×を用いる。

4.1 クラス全体の学習つまずき判定

クラス全体の学習つまずきは、複数の分類がある単元と学習項目と設問について、単元と学習項目などの分類間における正答率の相対比較が有意に低い場合である。学習つまずき判定は、統計手法のカイ二乗独立性検定を用いる。カイ二乗独立性検定は、行項目と列項目に関して数値が無関係な状態であることを検定することである[11]。式 4.1 における  $O_i$ ,  $E_i$  はそれぞれ観測度数と期待度数である。ここでの観測度数  $O$  は、対象とする単元、学習項目、設問のいずれかの正答率である。また、期待度数  $E$  は、対象の項目の分類元の項目における正答率である。

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(O_j - E_j)^2}{E_j} \quad (4.1)$$

学習つまずき判定は、下記の手順で行う。

- (1) 項目として単元、学習項目、設問のいずれかと有意水準を入力する。
- (2) 入力した項目と項目の分類元の項目に対応した受験者全員の設問に対する解答を Moodle より取得する。  
 なお、入力した項目が単元の場合は、分類元を全単元とする。
- (3) 項目ごとの正答率を算出する。

- (4) 項目の正答率が分類元の項目の正答率より下回っている場合において、カイ二乗独立性検定を用いて項目の正答率・誤答率と分類元の項目の正答率・誤答率からカイ二乗値を算定する。なお、検定における自由度は1である。
- (5) カイ二乗値と有意水準から、帰無仮説が棄却された場合、項目を出力する。

#### 4.2 個別学生の学習つまずき判定

個別学生の学習つまずきは、複数の分類がある単元と学習項目について、個別学生の正答数がクラス全体の平均正答数より有意に低い場合である。この学習つまずき判定は、カイ二乗独立性検定を用いる。

単元と学習項目における学習つまずき判定は、下記の手順で行う。

- (1) 項目として単元あるいは学習項目と有意水準を入力する。
- (2) 入力した項目に対応した受験者全員の設問に対する解答を Moodle より取得する。
- (3) 個別学生の正答数を算出する。
- (4) クラス全体として受験者全員の平均正答数を算出する。
- (5) 個別学生の正答数がクラス全体の平均正答数より下回っている場合において、カイ二乗独立性検定を用いて個別学生の正答数・誤答数とクラス全体の平均正答数・誤答数からカイ二乗値を算定する。なお、検定における自由度は1である。
- (6) カイ二乗値と有意水準から、帰無仮説が棄却された場合、個別学生を出力する。

また、設問の学習つまずき判定は、複数の分類がないため超幾何分布を用いる。超幾何分布は、離散型の確率分布である[19]。この分布は、母集団  $N$  個の要素からなり、そのうち属性  $A$  をもつものが  $M$  個含まれている。この母集団から、大きさ  $k$  の標本をとるとき、属性  $A$  をもつものの数を  $X$  とすると、 $X$  の確率分布は、式 4.2 で与えられる。

$$P(X = x) = \frac{\binom{M}{x} \binom{N-M}{k-x}}{\binom{N}{k}} \quad (4.2)$$

設問における学習つまずき判定は、下記の手順で行う。

- (1) 指定する設問と有意水準を入力する。
- (2) 入力した設問に対応した受験者全員の解答を Moodle より取得する。
- (3) 超幾何分布を用いて受験者の人数と受験者全員の正答数から超幾何分布値を算定する。なお、式 4.2 に適用する値は、 $N$ =受験者の人数、 $M$ =正答数、 $k=1$ 、 $x=0$  である。
- (4) 超幾何分布値が有意水準を下回っている場合は解答

が誤答である学生を出力する。

### 5. 学習つまずき判定の提示方法

学習つまずき判定の提示は、教員と学生に対してそれぞれ方法が異なる。

教員に対する提示方法は、6章の評価実験における授業の演習時間に使われる演習支援システム[9]の演習課題画面に「本日の小テスト結果につまずき判定のある学生数」と赤字で表示する(図5)。学生数のリンクから、該当学生一覧の学籍番号は、学習つまずきがある学生の学籍番号を赤字で表示する(図6)。また、図5の「小テスト結果」から、クラス全体の小テスト結果は、学習つまずきの項目における正答率を赤字で表示する(図7)。クラス全体の小テスト結果における正答率から、誤答者一覧の学籍番号は、学習つまずきがある学生の学籍番号を赤字で表示する(図8)。

図5 教員に対する学習つまずきの提示

図6 該当学生一覧における学習つまずきの提示

学習項目	設問番号	正答率	
コンストラクタ	練習問題5.2-1	87.0 %	69.6 %
	練習問題5.2-2	71.7 %	
	練習問題5.2-3	50.0 %	
メソッドの引数と戻り値	練習問題5.1-1	97.8 %	77.6 %
	練習問題5.1-2	100.0 %	
	練習問題5.1-3	30.4 %	
	練習問題5.1-4	91.3 %	
	練習問題5.1-5	91.3 %	
	練習問題5.1-6	41.3 %	
	練習問題5.1-7	91.3 %	

図7 クラス全体の小テスト結果における学習つまずきの提示

プログラミング基礎・演習[Java] 演習課題 小テスト結果 誤答者一覧 ログアウト 指導記録

誤答者一覧 単元：メソッド 誤答学生数 28 / 受験学生数 46

学籍番号をクリックすると、個別学生の小テスト結果を表示します。  
 学籍番号の赤字は、いずれかの項目でつまずき判定がある学生を表します。

学籍番号	氏名	座席番号	正答率
1115xx1	日工 太郎	-	0.0 %
1115xx2	日工 次郎	-	0.0 %
1115xx3	日工 三郎	-	27.8 %

図 8 誤答者一覧における学習つまずきの提示

学生に対する提示方法は、演習支援システムの課題選択画面に「今回の小テスト結果につまずき判定があります。」と赤字で表示する(図9)。また、画面右上の「小テスト結果」を赤字で表示する。なお、赤字のリンクから、個別学生の小テスト結果は、学習つまずきの項目における正答率を赤字で表示する(図10)。

プログラミング基礎・演習[Java] 課題選択 小テスト結果 ログアウト

今回の小テスト結果につまずき判定があります。

更新

最終更新時刻:00:56:10

課題名をクリックして課題を選択してください。課題は一度に1つだけ表示順に解答できます。

実施日	課題名	課題内容	出題時刻	終了時刻	提出時刻

図 9 学生に対する学習つまずきの提示

学習項目	設問番号	正答率
コンストラクタ	練習問題5.2-1	x
	練習問題5.2-2	x
	練習問題5.2-3	○
メソッドの引数と戻り値	練習問題5.1-1	x
	練習問題5.1-2	○
	練習問題5.1-3	○
	練習問題5.1-4	○
	練習問題5.1-5	○
	練習問題5.1-6	x
	練習問題5.1-7	x
		33.3 %
		57.1 %

図 10 個別学生の小テスト結果における学習つまずきの提示

## 6. 提案手法の評価実験

### 6.1 目的

評価実験の目的は、小テストマイニングの学習つまずき検出における有用性を評価することである。有用性は、学習つまずきに関する情報が、教員の指導と学生の復習に役立つことである。有用性に対する仮説は、教員に対して下記の a, b, c の 3 点, 学生に対して下記の a, d の 2 点である。

- 小テスト結果の閲覧回数に差がある。
- 学習つまずきのある学生に対して指導を行っている。
- 学習つまずき判定が指導に有効であると思う。
- 小テスト結果に対する復習行動に差がある。

### 6.2 方法

#### (a) 実験対象の授業

評価実験を行う授業科目は、本学の1年秋学期「プログラミング基礎・演習」の講義時間1コマ、演習時間2コマ、計3コマの6週分である。なお、1コマは90分である。授業の展開は、講義、小テスト、演習の順である。毎回の講義時間の最後に小テストを5分間実施する。その後、演習時間中に、学習つまずきの確認を教員が必要に応じて行う。

#### (b) 仮説検証の方法

検証の方法は、1つのクラスにおける学生を実験群と統制群の2つに分けて、学習つまずきの提示の有無による差を比較する。実験群の学習つまずきは、教員に対しては該当学生一覧と誤答者一覧に提示しない(図6, 図8)。また、学生に対しては、演習支援システムの課題選択画面(図9)に提示しない。実験群と統制群は、評価実験の開始時にコンピュータにランダムで選択させて変更を行わない。実験群と統制群の人数は同じであるとは限らないため、仮説における差は該当人数に対する割合で比較する。また、教員と学生は誰がどちらの群に所属しているかを把握していない。

評価実験は、同じ授業計画における2クラス、教員 A, B で実施する(表1)。

表 1 実験対象の授業計画における評価実験の概要

		教員 A	教員 B	
教員数		1	1	
学生数		47	35	
TA 数		1	1	
授業項目	1. 論理演算子	単元：条件分岐と繰り返し処理	学習項目：論理演算子	
	2. 繰り返し (for 文)		学習項目：処理の繰り返し	
	3. 繰り返し (while 文)		学習項目：処理の繰り返し	
	4. 配列		学習項目：配列	
	5. クラスとは		単元：クラスの基本	学習項目：クラスとは、インスタンス、参照
	6. クラスの活用事例		学習項目：クラス活用の事例	

また、評価実験の最後の授業において学生と教員に対してアンケートを実施する。学生のアンケート内容は、つぎの7問である。アンケートの回答は問2, 7を除いて4段階で、強弱の肯定と否定である。問2は、「あった」「なかった」「わからない」の3択である。なお、問6以外の否定の場合は、必ず理由を記入する。

問1. 小テスト結果を確認しましたか。

問2. あなたの小テスト結果に学習つまずきの表示はあ

りましたか。

問3. あなたの小テスト結果の学習つまずきの表示は妥当だと思われましたか。

問4. 学習つまずきの表示のあった学習項目がどれかを確認しましたか。

問5. 学習つまずきの表示のあった学習項目についてテキストなどを復習しましたか。

問6. 学習つまずきの表示のあった学習項目について教員から個別に指導を受けましたか。

問7. 学習つまずきの表示の不具合や改良について意見があったら書いてください。

また、教員のアンケート内容は、つぎの8問である。アンケートの回答は問6,7,8を除いて4段階で、強弱の肯定と否定である。問4,6,7は、意見を記入する。なお、否定の場合は、必ず理由を記入する。

問1. 演習時間中に小テスト結果を確認しましたか。

問2. 学習つまずきの表示のあった学習項目について、小テストの問題内容やテキストを確認しましたか。

問3. 学習つまずきの表示は、妥当であると思われましたか。

問4. 学習つまずきの表示によって、指導は変わりましたか。

問5. 学習つまずきの表示は、指導に有効であると思えますか。

問6. 学習つまずきの表示の良かった点を書いてください。

問7. 学習つまずきの表示の悪かった点を書いてください。

問8. 学習つまずきの表示の不具合や改良について意見があったら書いてください。

(c) 仮説に対するデータの測定方法

仮説の a に対しては、小テスト結果の閲覧記録から、カイ二乗適合度検定を用いて検証する。仮説 b は、指導記録から確認する。仮説 c は、教員に対するアンケートから、指導に有用であるかを確認する。仮説 d は学生に対するアンケートから、復習行動に差があるかを確認する。

6.3 結果

(1) 小テスト結果の閲覧回数

教員 A, B 用の個別学生の小テスト結果における閲覧回数は、実験群が 90 回であり、統制群が 23 回である(表 2)。閲覧回数は、実験群における割合が 39.5%、統制群における割合が 9.4%であり、実験群が有意水準 5%で統計的に有意で多い。

学生の小テスト結果における 2 クラス合計の閲覧回数は、実験群が 164 回であり、統制群が 122 回である(表 3)。閲覧回数は、実験群における割合が 71.9%、統制群における割合が 49.8%であり、実験群が有意水準 5%で統計的に有意で多い。

(2) 学習つまずき判定に対する指導記録

教員 A, B の学習つまずきのある学生に対する指導回数は、実験群が 57 回であり、統制群が 34 回である(表 4)。指導回数は、受験人数に対して実験群における割合が 25.0%、統制群における割合が 13.9%であり、実験群が有意水準 5%で統計的に有意で多い。

表 2 教員用の個別学生の小テスト結果の閲覧回数

実験回数	実験群			統制群		
	受験人数	閲覧回数	閲覧回数／ 受験人数[%]	受験人数	閲覧回数	閲覧回数／ 受験人数[%]
1	39	8	20.5	42	8	19.0
2	40	16	40.0	42	3	7.1
3	37	10	27.0	38	10	26.3
4	38	16	42.1	41	0	0.0
5	36	13	36.1	42	2	4.8
6	38	27	71.1	40	0	0.0
合計	228	90	39.5	245	23	9.4

表 3 学生の小テスト結果の閲覧回数

実験回数	実験群				統制群			
	受験人数	閲覧人数	閲覧回数	閲覧回数／ 受験人数[%]	受験人数	閲覧人数	閲覧回数	閲覧回数／ 受験人数[%]
1	39	16	25	64.1	42	13	25	59.5
2	40	12	17	42.5	42	12	20	47.6
3	37	12	19	51.4	38	6	8	21.1
4	38	16	40	105.3	41	11	22	53.7
5	36	14	34	94.4	42	13	25	59.5
6	38	19	29	76.3	40	9	22	55.0
合計	228	89	164	71.9	245	64	122	49.8

表 4 学習つまずきのある学生に対する指導回数

指導種類	実験群			統制群		
	全体指導	個別指導	対応不要	全体指導	個別指導	対応不要
	11	46	17	0	34	17
合計	57			34		

(3) 学生に対するアンケート

学生のアンケート結果から、小テスト結果の確認、学習項目の確認、個別に教員から指導を受けたと回答した人数は実験群が多く、復習行動に差はない(表 5)。アンケート

結果(表5)は、実験群、統制群における肯定の回答を真とした人数による割合である。また、回答における否定の意見は、意見が多い順に「小テスト結果の確認の仕方がわからない」が6人、「確認が面倒」が3人である。問7における自由回答は、「問題内容を見られるようにしてほしい」が5人である。

表5 学生に対するアンケート結果

	問1 結果 確認	問2 表示 あり	問3 表示の 妥当	問4 項目 確認	問5 復習	問6 指導
実験群	83.3	86.1	88.9	72.2	66.7	11.7
統制群	76.9	76.9	82.1	71.8	66.7	7.7

単位は[%]

(4) 教員に対するアンケート

教員のアンケート結果から、学習つまずきの表示は、指導が変化する(表6)。

表6 教員に対するアンケート結果

	問1 結果 確認	問2 項目 確認	問3 表示の 妥当	問4 指導 変化	問5 指導 有効
教員A	毎回 確認	全て 確認	少し 妥当	少し 変化	少し 有効
教員B	毎回 確認	少し 確認	少し 妥当	変化 した	少し 有効

また、問4,6,7における回答はつぎのとおりである。

問4. 学習つまずきの表示によって、指導は変わりましたか。

- ・教員A: 演習時に質問を受けた際、学習つまずきの表示がある場合にはどの箇所が分からないかを判断するようにコミュニケーションを取るようにした。
- ・教員B: 学習つまずき判定のある学生については演習時間中に進捗状況を確認するようになった。

問6. 学習つまずきの表示の良かった点を書いてください。

- ・教員A: どの箇所理解不足があるのかを確認をとりながら教えようと教員自身が判断できる。
- ・教員B: 多人数を対象とした演習授業では個々の学生の状況を把握しづらいため、学習つまずき判定のような学生の理解度を把握するような情報があると指導が行いやすくなると思われる。

問7. 学習つまずきの表示の悪かった点を書いてください。

- ・教員A: なし
- ・教員B: なし

問8. 学習つまずきの表示の不具合や改良について意見が

あったら書いてください。

- ・教員A: ケアレスミスでも学習つまずきの表示が出てしまうこともあるので、類似の問題を多く出すなどの工夫が必要と思われる。演習時の端末での学習つまずきの表示は良いが、その評価をタブレットもしくは教員端末ですることは教員の作業負担になるので使いやすい操作インターフェースがあることが望まれる。
- ・教員B: 学習つまずき判定の基準が教員側には明確に知らされていないため、学習つまずきの表示をどの程度信頼してよいか分からないと感じた。

6.4 結果に対する考察

(1) 学習つまずき検出の有用性

学習つまずきの表示は、実験群において教員と学生の学習つまずきを確認した回数が統計的に有意に多く、指導回数と学習項目の確認行動に差がある。この結果から、提案したアルゴリズムによる学習つまずき検出は、教員の指導と学生の学習項目の確認に有用である。

(2) 学習つまずきの要因分析

教員と学生のアンケート結果における学習つまずきの学習項目に対する確認から、学習つまずきの理解度不足は、要因があるため、理解度不足の要因分析について情報を提供する必要がある。また、学習つまずきの要因の発見を支援するための理解度モデルに基づく要因関連図の提示が課題である。

(3) 学習つまずきの表示方法

教員と学生のアンケート結果の意見から、授業支援システムにおいて、教員と学生が学習つまずきを確認することに有効に支援するためには、学習つまずきをどのように表示するかが重要な課題である。

(4) 小テストの問題内容

教員のアンケート結果の意見から、小テストに対する学生のケアレスミスによる学習つまずき検出を減らすために、出題する問題内容を工夫する必要がある。学習つまずきを有効に判定するためには、類似問題を出題して、正答率を分析することが課題である。

7. おわりに

本論文は、授業支援システム Moodle における小テスト結果から、クラス全体および個別学生の学習つまずきを検出する手法を提案した。この手法は、小テスト結果の各学習項目の正答率を項目全体と比較して有意に低い項目を学習つまずきとして検出する。学習つまずき検出の有用性を実際の授業で評価した結果、学習つまずきを提示した実験群において教員と学生の学習つまずきを確認した回数が有意に多く、指導回数と学習項目の確認行動に差があった。この結果から、提案した手法による学習つまずき検出は、教員の指導と学生の学習項目に対する復習に有用である。

今後の課題は、つまずきに対する要因分析機能の実装を

行うことである。そして、小テストマイニングを一般化して授業支援システムの機能として組み込むことである。また、学習つまずきを有効に活用するため、学習つまずきの表示方法の工夫と小テストに類似問題を出題して、正答率を分析することである。

**謝辞** 評価実験に協力していただいた日本工業大学情報工学科の高瀬浩史准教授と勝間田仁講師に感謝の意を表す。

## 参考文献

- 1) IBM SPSS,  
<http://www-01.ibm.com/software/jp/analytics/spss/>
- 2) Moodle,  
<http://moodle.org/>
- 3) WebCT,  
<http://www.webct.com/>
- 4) 浅井 洋樹, 野澤 明里, 苑田 翔吾, 山名 早人: オンライン手書きデータを用いた学習者のつまずき検出, 第4回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (2012).
- 5) 井上 博樹, 奥村 晴彦, 中田 平: Moodle 入門 オープンソースで構築する e ラーニングシステム, 海文堂 (2009).
- 6) 石原 一彦, 近藤 敦至, 山本 大介: 形成的評価のための情報端末の利用 学習状況の把握が教師の指導方略に与える影響, 日本教育工学会 第27回全国大会, K3-206-02 (2011).
- 7) 柏原 昭博: 教育・学習支援システムの概要, 電子情報通信学会知識ベース, S3 群-11 編 4 章 (2011).
- 8) 加藤 利康: 授業支援システム Moodle における小テストマイニング, 情報処理学会 教育学習支援情報システム研究報告, Vol.2012-CLE-8, No.4, pp.1-6 (2012).
- 9) 加藤 利康, 石川 孝: 授業支援システムにおけるプログラミング演習のための学習状況把握支援機能の設計と評価, 情報処理学会 コンピュータと教育研究報告, Vol.2012-CE-113, No.6, pp.1-8 (2012).
- 10) 佐藤 隆博: S-P 表の作成と解釈 -授業分析・学習診断のために-, 明治書店 (1975).
- 11) 清水 理: Excel でわかる統計入門, ナツメ社 (2000).
- 12) 竹内 俊彦: 項目反応理論入門, 青山学院大学総合研究所 (2006).
- 13) 生田目 康子: WBT による形成的評価の改善, 日本教育工学会論文誌 Vol.29, No.4, pp.483-490 (2006).
- 14) 西中間 悠, 佐野 香, 小林 浩: 落ちこぼし学生の早期発見を目的としたデータマイニング分析, 日本教育工学会研究報告集 2011, No.3, pp99-104 (2011).
- 15) 放送大学学園: 平成 21 年度・22 年度 文部科学省先導的の大学改革推進委託事業「ICT 活用教育の推進に関する調査研究」(2011).
- 16) 牧 昌見, 池沢 正夫編: 学校用語辞典, ぎょうせい, p111 (1985).
- 17) 望月 俊男: 教育情報のマイニング, 電子情報通信学会 知識ベース, S3 群-11 編 3 章 (2011).
- 18) 文部科学省 学習指導要領,  
[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/youryou/chu/index.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/chu/index.htm)
- 19) 宮川 治, 当麻 喜弘: サービス動作時におけるソフトウェアの信頼性評価, 電子情報通信学会論文誌, No.2, pp.202-209 (2002).
- 20) 和田 武: 現代テスト理論に基づく小テスト問題の分析, 愛媛大学総合情報メディアセンター, PC Conference (2012).