

# 小テストマイニングによる学習つまずき要因の推定

加藤利康†

授業の小テストは、学習内容に対する学習つまずきを教員や学生が確認する手段として実施されている。本論文は、小テスト結果からクラス全体および個別学生の学習内容に対する学習つまずきを検出する小テストマイニングを提案し、その学習つまずきの原因である学習つまずき要因を推定する。この学習つまずき要因の推定は、実際の授業における小テスト結果を用いて機能評価した結果、学習つまずきの原因である学習内容に対して学習つまずきがあり因果関係がある。この結果から、学習つまずき要因の推定は妥当である。

## Estimation of the Causes of Stumble Problems by Data Mining for Quizzes

TOSHIYASU KATO†

Quiz of the class is being conducted as a means of teachers and students to check the stumble problems against learning content. This paper proposes the data mining for quizzes. This data mining for quizzes detects the stumble problems for the whole class and individual student's learning contents from the quiz results. Then, to estimate the factors that caused the stumble problems. Estimation of this factor evaluate using a quiz results in an actual class. As a result, there is a stumble problems against learning content of the cause of the stumble problems, and there is a causal relationship. This result is reasonable the estimate of factors of stumble problems.

### 1. はじめに

授業の小テストは、教員や学生が学習内容に対する学習つまずきを確認する手段である。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き、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[17]（以下は文献の「学習のつまずき」の要約である）。つまずきは、学習者の理解・記憶定着・応用や操作などの困難性によって起こる。学習のつまずきは、学習者の困難性が原因である。学習者の困難性は、内面的なものや、学習者一人ひとりが異なるつまずきを見せるので、教員が気づくまでに時間を要することから、教員側の原因から指導を見直す必要がある。つまずきを除去するためには、学習指導にあたり学習過程[18]にそって学習者個々の弱点を把握し、状況によっては学習内容の再構築を図る必要がある。

教員の学習つまずきに対する一般的な情報要求は、授業における教員の視点からの認識対象である、個々の学習者、クラス全体、教材の3種類の情報に関する要求である[13]。しかし、授業における学習つまずきは、紙ベースの小テストの場合では、授業時間内に分析して指導につなげることは困難である[4]。また、授業支援システムにおける小テストでは、実施した小テストの正答率や正答数におけるグラフの表示にとどまり、授業全体を通した分析結果は提供していない[1][2][3]。図1および図2は、授業支援システム Moodle の小テスト実施後に教員が確認できる学生の得点

やクラス全体の成績などである。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[15]。

名/姓	受験完了	所要時間	評点/8	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
☺	2012年 05月 29日 15:07	1分 45秒	4	1/1	0/1	1/1	1/1	0/1	0/1	1/1	1/1
☺	2012年 05月 29日 15:06	30秒	3	1/1	0/1	1/1	1/1	0/1	0/1	0/1	0/1
☺	2012年 05月 29日 15:10	4分 38秒	5	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1	1/1	0/1	0/1
☺	2012年 05月 29日 15:06	1分 20秒	2	0/1	0/1	0/1	0/1	1/1	1/1	0/1	0/1
☺	2012年 05月 29日 15:06	1分 34秒	6	1/1	1/1	1/1	1/1	0/1	1/1	0/1	1/1
全平均			5								

図1 小テストの受験結果

Figure1 Results of the Quiz.

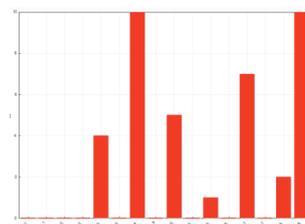


図2 小テスト結果の正答数に対する棒グラフ

Figure2 Bar graph of the Quiz results.

本論文の目的は、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小テストマイニングを提案し、その学習つまずきの原因である学習つまずき要因を推定する。この学習つまずき要因の推定は、実際の授業における小テスト結果を用いて妥当性を評価する。本論文の学習つまずきは、学習過程における学習項目において理解が不足している学習内容である。

† 日本工業大学大学院 工学研究科  
The Graduate School of Engineering, Nippon Institute of Technology

## 2. 関連研究

小テスト結果から学習つまずきを検出する研究は、学生の学習つまずきの発見と問題の学習つまずきの発見がある。学生の学習つまずきの発見に関する研究は、小テストと出席率を合わせてデータマイニングすることで将来的に単位を落としやすい学生の発見を行う[12]。しかし、分析は専用の授業支援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。また、問題の学習つまずきの発見に関する研究は、授業支援システム Moodle[2]の小テストに対して項目反応理論[9]や S-P 表理論[7]を用いて試験問題の妥当性を検証する[20]。しかし、分析は手作業で行う必要があることや、小テストの問題形式は多肢選択問題のみで他の問題形式には対応できない。

また、小テスト結果から学習つまずきとして理解度を把握する研究がある。この研究は、タブレット型情報端末を用いて小テストを実施し、リアルタイムに教員へ学生の正誤やクラス全体の成績に関するグラフを提供する[4]。しかし、提供内容は、正誤に対する情報のみで分析は行っていない。そのため、学習つまずきの原因の特定は教員が学生に対して個別に行う必要がある。

さらに、対面授業においてリアルタイムに学習つまずきを検出する研究は、プログラミング演習における学習つまずきの発見がある。プログラミング演習において学生が発生させたエラーを分類して教員へ提供することで、学習つまずきのある学生の発見を行う[5]。しかし、対象の授業がプログラミング演習に限定していることや、専用のシステムが必要である。

これらの研究は、特定の授業科目に限定していることや、1回の小テスト結果を対象に分析しているため、学習過程にそった分析は行っていない。また、分析に時間を要している。

以上のことから、本研究は、学習過程において1回目の小テスト結果から学習つまずきをリアルタイムに検出する小テストマイニングを提案し、その学習つまずきの原因である学習つまずき要因を推定する。

## 3. 小テストマイニング

学習つまずきを検出する小テストマイニングは、教員と学生に理解度不足の学習項目を学習つまずきとして提供する支援機能である[6]。理解度不足の学習項目は、学習過程における単元、学習項目、学習内容の順に木構造となっている授業における学習の内容である[17]。学習つまずきの検出における流れは図3である。

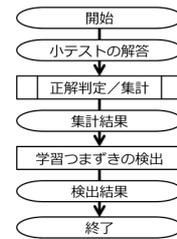


図3 学習つまずきの検出の流れ

Figure3 Flowchart of the Detection of Stumble Problems.

クラス全体あるいは個別学生の学習つまずきの検出は、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。

### 3.1 クラス全体の学習つまずきアルゴリズム

クラス全体の学習つまずきは、複数の分類がある単元、学習項目、設問について、学習項目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。学習つまずきの判定は、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[8]。式 3.1 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、期待度数は、対象の項目の分類元の項目における正答率である。

$$x^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(O_j - E_j)^2}{E_j} \quad (3.1)$$

学習つまずきの判定は、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。

### 3.2 個別学生の学習つまずきアルゴリズム

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。この学習つまずきの判定

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の判定は、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の判定は、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 3.2 で与えられる。このとき、確率変数  $X$  は超幾何分布  $H_G(N, k, M/N)$  に従うという。

$$P(X = x) = \frac{\binom{M}{x} \binom{N-M}{k-x}}{\binom{N}{k}} \quad (3.2)$$

設問における学習つまずきの判定は、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。

#### 4. 理解度モデル

学習過程における学習項目は、理解に対するつながりを理解度モデルとして表現される。理解度モデルは、重み付きの有向無閉路グラフで表現される[14] [16]。グラフのノードは、学習項目である。ノード同士の関連を表すのが有向辺でその重みは関連の強さを表す。

理解度モデルは、学習過程において理解に対する依存関係が表され、ある学習項目を理解するために、他のある学習項目の理解が影響していることが図示される。これによ

り理解したい学習項目に必要な学習項目がわかる。授業は毎回複数の学習項目を含み、それぞれ以前に授業で教わった関連する学習項目を理解しないと理解できない[11]。また、1つの学習項目に対して複数の学習項目が影響していることなどもわかる。このように理解度モデルは、理解度を把握する方法として用いることが可能である。

例えば、本学2年次における授業科目「プログラミング設計・演習」の学習項目「クラスとは」に着目した2つの単元における理解度モデルは図4である。図の確率は、学習項目の関係の強さを表すために求めたカイ二乗値以上の数値である。この図から、学習項目「メソッドの引数と戻り値」は、「クラスとは」および「メソッドとは」が関係している。また、「参照」を理解するためには「インスタンス」だけでなく「クラスとは」も理解する必要がある。

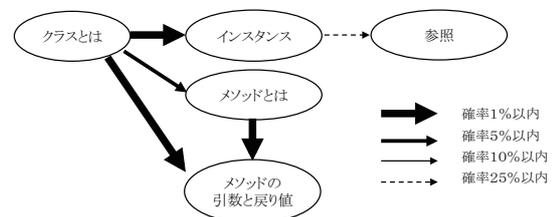


図4 理解度モデルの例

Figure4 Example of the Model of Understanding-Levels.

しかし、理解度モデルは、実際にどの学習項目の理解度が不足しているかは把握できない。教員が指導に効果的な学習項目を把握するために学習つまずき要因を推定して図示化する必要がある。

#### 5. 要因関連図

学習項目の学習つまずきと学習つまずき要因は、クラス全体の理解度モデルにおける因果関係である。この因果関係における要因関連図は、意思決定変数とそれから導かれる結果を表現したものである[10]。

学習つまずき要因の推定は、小テスト結果の学習項目における正答数と誤答数の合計比を用いた統計手法によって行う。統計手法は、カイ二乗独立性検定を用いる。学習つまずき要因の推定における流れは図5である。ここで、単元、学習項目、学習内容をまとめて学習項目と呼ぶ。また、学習つまずき要因は、ある学習項目の理解度不足の原因となっている事前の学習項目である。

学習つまずき要因の推定は、下記の手順で行う。

- (1) 実施した小テストの全ての学習項目における出題順、設問数、設問ごとの正答数と誤答数を入力する。
- (2) 学習項目を出題順に並べる。出題順に並べる理由は、授業が学習過程にそって行われているためである。
- (3) 学習項目間の設問数における正答数と誤答数の合計および構成比を算出する。

- (4) 合計と構成比から、カイ二乗独立性検定でカイ二乗値を算出する。
- (5) 学習項目間の設問数から、自由度を算出する。なお、自由度は、統計量を定める孤立なデータの数である。自由度の計算式は、 $n-1$  である。ここでの  $n$  は、複数の設問における分割表になるため学習項目間における設問数の積である。
- (6) カイ二乗値と自由度から、カイ二乗値以上となる確率を算出する。確率の算出は、学習項目間の相関の強さを表す。確率の数値が小さいほど関係がある。
- (7) 学習項目の全ての相関に対して上記(3)から(6)を繰り返す。
- (8) 学習項目間における確率と学習項目の出題順から要因関連図を作成する。要因関連図のノードは、学習項目である。また、矢印の向きは、進行方向に向かって経過した学習項目である。矢印の太さは、学習項目間における相関の強さを表す。

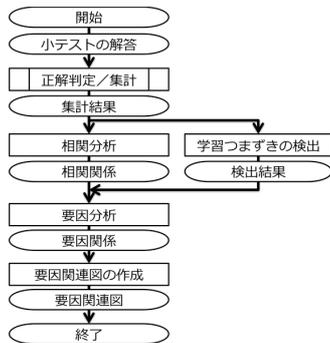


図5 学習つまずき要因の推定の流れ

Figure5 Flowchart of Estimation of the Causes of Stumble Problems.

学習つまずき要因の推定における要因関連図の例は、図6である。この図における学習項目の下線は、学習つまずきを表す。下線が示す学習つまずきの元にあるノードが学習つまずきの要因である。

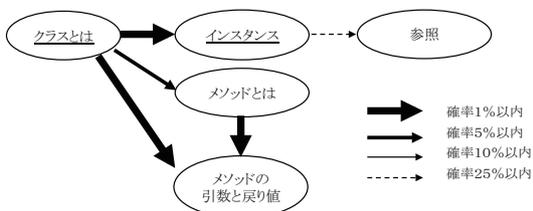


図6 要因関連図の例

Figure6 Example of Factor Diagram.

要因関連図は、教員の指導における検討材料である。教員は、学習つまずきと学習つまずき要因を把握して、指導すべき学習項目を検討する。

## 6. 授業支援のシナリオ

教員の授業支援について、小テストマイニングの利用手順と、小テストマイニングにおけるクラス全体および個別学生の理解度の把握および指導記録機能の使い方はつぎのとおりである。小テストマイニングによる授業支援の流れは、図7である。

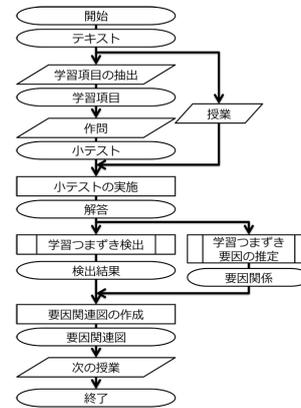


図7 小テストマイニングによる授業支援の流れ

Figure7 Flowchart of Data Mining for Quizzes for the Class Support.

### 6.1 小テストマイニングの利用手順

学習つまずき要因を推定するための小テストマイニングは、下記の手順で利用する。

- (1) 授業における学習項目をテキストから抽出して小テストを作問する。
- (2) 授業において小テストを実施する。
- (3) クラス全体の小テスト結果から、学習つまずきを確認する。
- (4) 学習つまずきを選択して、該当者一覧と要因関連図を確認する。
- (5) 該当者を選択して、個別学生の学習つまずきと、要因関連図における学生の該当する学習つまずきと学習つまずき要因を確認する。

### 6.2 クラス全体の理解度の把握

この機能の目的は、クラス全体の学習つまずきと個別学生の学習つまずきに関する情報を教員に提供することである。この機能の使い方は以下のとおりである。

- (1) 教員用の小テスト結果ページ(図8)にアクセスする。正答率の赤字は、その学習項目が他の学習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) 正答率の数字をクリックして、誤答者一覧ページ(図9)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10)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	61.6%
		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%
		練習問題11.1-6	69.2%
マルチスレッドの適切な使い方	練習問題11.1-5	53.8%	
スレッドの制御	練習問題10.1-1	97.1%	
例外処理	例外の発生と例外処理	練習問題10.1-1	97.1%
		練習問題10.1-5	97.4%
	例外を作成して投げる	練習問題10.2	82.9%
		練習問題10.3	68.6%
	例外オブジェクト	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8 クラス全体の小テスト結果  
 Figure8 Quiz Results of Entire Class.

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9 誤答者一覧  
 Figure9 List of Wrong Answers.

### 6.3 個別学生の理解度の把握

この機能の目的は、個別学生における理解度不足の項目を学生に提供する。この機能の使い方は以下のとおりである。

- (1) 小テスト結果ページ(図10)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。

学習項目	設問番号	正答率
スレッド	練習問題11.1-5	100.0%
	練習問題11.1-6	100.0%
	練習問題11.1-1	×
	練習問題11.1-2	×
	練習問題11.1-3	40.0%
	練習問題11.1-4	○
例外処理	練習問題11.2	○
	練習問題10.1-2	○
	練習問題10.1-3	○
	練習問題10.1-4	○
	練習問題10.3	×
	練習問題10.1-1	○
練習問題10.1-5	○	
練習問題10.2	×	

図10 個別学生の小テスト結果  
 Figure10 Quiz Results of Individual Students.

### 6.4 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。この機能の使い方は以下のとおりである。

- (1) 指導記録ページ(図11)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

更新

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11 指導記録  
 Figure11 Teaching Records.

## 7. 評価実験

実験の目的は、小テストマイニングによる学習つまずき要因の推定の妥当性を評価する。妥当性は、学習つまずきと相関関係が強い学習項目も学習つまずきがあることである。

実験の方法は、実際の授業における小テスト結果から、小テストマイニングによる要因関連図を授業の担当教員が評価する。実験に用いる小テスト結果は、本学の2年次春学期「プログラミング設計・演習」の授業項目における小テスト2回分である。受験者は2回とも42名である。小テスト結果における単元、出題順、学習項目、設問数、正答数、誤答数、合計は表1のとおりである。要因関連図の作成は、表1の小テスト結果を用いて、5章の学習つまずき要因の推定の手順どおりである。なお表1の学習項目における下線は、学習つまずきである。

実験の結果は、小テスト結果から推定した学習つまずきの原因である学習項目は、学習つまずきがあり因果関係がある。学習つまずき要因の推定の各手順における結果は以下のとおりである。

- 実施した小テストの全ての学習項目における出題順、設問数、設問ごとの正答数と誤答数を入力する。
- 学習項目を出題順に並べる(表1)。
- 学習項目間の設問数における正答数と誤答数の合計および構成比を算出する(表2)。
- 合計と構成比から、カイ二乗独立性検定でカイ二乗値を算出する(表3)。
- 学習項目間の設問数から、自由度を算出する(表4)。
- カイ二乗値と自由度から、カイ二乗値以上となる確率を算出する(表5)。

- (7) 学習項目の全ての相関に対して上記(3)から(6)を繰り返す。  
 (8) 学習項目間における確率と学習項目の出題順から要因関連図を作成する(図12)。要因関連図の学習項目における下線は、学習つまずきである。

表1 小テスト結果  
 Table1 Quizzes Results.

単元	時間順	学習項目	設問数	正答数	誤答数	正答率	正/誤答合計	
クラスの基本	1	クラスとは	5	124	86	59.05%	210	
			設問1	39	3	92.86%	42	
			設問2	19	23	45.24%	42	
			設問3	19	23	45.24%	42	
			設問4	20	22	47.62%	42	
	2	インスタンス	2	34	50	40.48%	84	
			設問1	21	21	50.00%	42	
			設問2	13	29	30.95%	42	
			4	132	36	78.57%	168	
	3	参照	設問1	29	13	69.05%	42	
			設問2	35	7	83.33%	42	
			設問3	29	13	69.05%	42	
			設問4	39	3	92.86%	42	
	メソッド	4	メソッドとは	3	80	46	70.75%	126
				設問1	32	10	76.19%	42
設問2				22	20	52.38%	42	
設問3				26	16	61.90%	42	
5		メソッドの引数と戻り値	7	208	86	63.49%	294	
			設問1	42	0	100.00%	42	
			設問2	42	0	100.00%	42	
			設問3	17	25	40.48%	42	
			設問4	25	17	59.52%	42	
			設問5	37	5	88.10%	42	
			設問6	17	25	40.48%	42	
平均正答率						65.53%		

表2 学習項目間の分割表

Table2 Contingency Table of Between Learning Items.

クラスとは ↓ インスタンス	設問1正	設問2正	設問3正	設問4正	設問5正	設問1誤	設問2誤	設問3誤	設問4誤	設問5誤	合計	構成比
設問1正	20	12	14	15	20	1	9	7	6	1	105	0.25
設問2正	13	9	9	9	11	0	4	4	4	2	65	0.15
設問1誤	19	7	5	5	7	2	14	16	16	14	105	0.25
設問2誤	26	10	10	11	16	3	19	19	18	13	145	0.35
合計	78	38	38	40	54	6	46	46	44	30	420	1.00
構成比	0.19	0.09	0.09	0.10	0.13	0.01	0.11	0.11	0.10	0.07	1.00	

表3 カイ二乗値

Table3 Chi-square Values.

時間順	学習項目	クラスとは	インスタンス	参照	メソッドとは	メソッドの引数と戻り値
1	クラスとは		54.73	22.21	25.30	61.90
2	インスタンス			9.74	5.48	11.57
3	参照				6.84	24.62
4	メソッドとは					51.43
5	メソッドの引数と戻り値					

表4 自由度

Table4 Degrees of Freedom.

時間順	学習項目	クラスとは	インスタンス	参照	メソッドとは	メソッドの引数と戻り値
1	クラスとは		9	19	14	34
2	インスタンス			7	5	13
3	参照				11	27
4	メソッドとは					20
5	メソッドの引数と戻り値					

表5 確率

Table5 Probability.

時間順	学習項目	クラスとは	インスタンス	参照	メソッドとは	メソッドの引数と戻り値
1	クラスとは		0.000001%	27.39%	3.17%	0.24%
2	インスタンス			20.39%	36.03%	56.30%
3	参照				81.21%	59.59%
4	メソッドとは					0.01%
5	メソッドの引数と戻り値					

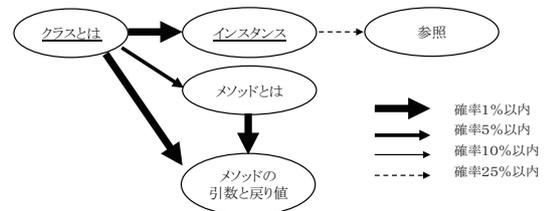


図12 要因関連図

Figure12 Factor Diagram.

実験の結果に対する考察は、学習つまずきの原因である学習項目も学習つまずきがあり、因果関係があることから、学習つまずき要因の学習項目を理解することにより、学習つまずきの学習項目も理解することが推定される。このことから、学習つまずき要因の推定は、妥当である。

## 8. おわりに

提案した小テストマイニングによる学習つまずき要因の推定は、実際の授業における小テスト結果を用いて機能評価した結果、学習つまずきの原因である学習内容に対して学習つまずきがあり因果関係がある。この結果から、学習つまずき要因の推定は妥当である。

今後の課題は、学習つまずき要因の推定に対する有効性の評価実験を行うことである。また、授業支援システムを機能拡張して小テストマイニングを実装することである。

**謝辞** 機能評価実験にご協力頂いた石川孝教授に感謝の意を表す。

## 参考文献

- 1) Blackboard,  
<http://www.blackboard.com/>

- 2) Moodle,  
<http://moodle.org/>
- 3) WebClass,  
<http://www.webclass.jp/>
- 4) 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).
- 5) 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).
- 6) 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).
- 7) 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).
- 8) 清水 理: Excel でわかる統計入門, ナツメ社 (2000).
- 9) 竹内 俊彦: 項目反応理論入門, 青山学院大学総合研究所 (2006).
- 10) 竹並 輝之: 多人数授業におけるビジネスゲーム型教育の試行, 新潟国際情報大学情報文化学部紀要, Vol.10, pp.179-187 (2007).
- 11) 竹本 さおり, 野中 誠, 東 基衛: 分散グループ学習支援のための学生の理解度モデルとその応用, 全国大会講演論文集 第 59 回平成 11 年後期(4), "4-279"- "4-280" (1999).
- 12) 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).
- 13) 平沢 茂: 教育の方法と技術, 図書文化社 (2006).
- 14) 藤井 聡一朗, 小芦 勇介, 山田 悠, 山下 美穂, 玉木 久夫: Sakai 上のプログラミング教育支援システム, 第 4 回 Ja Sakai カンファレンス (2011).
- 15) 放送大学学園: 平成 21 年度・22 年度 文部科学省先導的大学の改革推進委託事業「ICT 活用教育の推進に関する調査研究」(2011).
- 16) 星野 敦子, 牟田 博光: 大学生による授業評価にみる受講者の満足度に影響を及ぼす諸要因, 日本教育工学雑誌 Vol.27, suppl, pp.213-216 (2004).
- 17) 牧 昌見, 池沢 正夫編: 学校用語辞典, ぎょうせい, p111 (1985)
- 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 (2012.8).