

非参照テスト用ブラウザと数値ランダム化問題を利用した 数学科目の授業デザイン

樋口三郎^{*1}

Email: hig@math.ryukoku.ac.jp

*1: 龍谷大学先端理工学部数理・情報科学課程

©Key Words LMS, Online Proctoring, 数式処理

1. はじめに

この報告では、科目の合格判定を行う事後テストを、1) 出題範囲を複数(n 個)に分割して行う、2) 複数 (m 回) 反復して行う、ことの動機と困難、LMS の機能を用いての特定の科目での実施について述べる。

インストラクションデザインの一般的なモデルでは、事後テストで学習目標への到達を判定する。事後テストと同じ事前テストをコースの開始前に行い、それに合格すれば、コースの学習は不要であると判定する。この考え方に従えば、コースの途中でも事後テストと同一のテストを $j=1,2,\dots,m$ の複数回行い、合格した時点でコースの学習を終了することが考えられる。ただし、項目応答理論が想定するような正答が確率的事象であるようなテストでは、テストを多数回受験するほど最高点の期待値が高くなることに注意が必要である。また、コースの合格と完了が日本の大学での単位修得と結びついている場合、単位は学習時間と対応させられているので、このような運用が可能な場合は限られる。

学習目標が n 個の部分目標のすべてを達成するという形で書かれている科目を考える。統計学を例にとれば、各 $i=1,2,\dots,n$ について、特定のタイプのデータに統計手法 i を適用できる、のような学習目標である。部分目標が独立であるときには、コース自体を複数に分割することが考えられるが、学習目標に現れない共通の基礎、統計学の例で言えば確率論、があるときには 1 個のコースとすることに利点がある。このときには事後テストを小問から構成し、各小問を n 個の学習目標のいずれかに対応させることが考えられる。このときに、事後テストの得点を小問の合計として、合計点に対して合格基準点を設定すると、合格基準点に到達してもすべての部分目標が達成されないことが起こりうる。もちろん、合格基準点を満点またはそれに近い点数になるようにテストを設計すればこの困難はない。また、多次元項目応答理論を用いて各部分目標の達成を判定することもできるだろう。しかし、日本の大学の慣行である加算方式の成績計算や 60 点程度の合格基準点の枠内で実行することは単純ではない。

2. 複数事後テストの実施方法

第 1 節でいう $n,m>1$ の事後テストの実施方法として、 i 個目の部分目標を測る事後テスト(小問)の j 回目の試行およびその得点を $T(i,j)$ とするとき、事後テスト全体の得点を

$$T_{\text{total}} = \min_i \max_j T(i,j)$$

とすることを提案する。この計算方法であれば、すべての部分目標について基準点を越えたときに始めた全体の点数が基準点に達し、また各部分目標に対しては、事前テストを含む、初めて基準点を越えたときやそれ以降の最高点が採用されることになる。

この特定計算方法のもとで、半期 15 回の科目の $n=m=2$ というもっとも単純なケースにおいて、図 1 の実施方法を提案する。W01 から W15 が各週を表す。W08 に、W01-W07 の学習内容の一部に対応する部分目標 $i=1$ に対する事後テスト、W15 に部分目標 $i=2$ に対する事後テスト、期末試験の時期に、それぞれの $j=2$ 回目の受験を行う。期末試験欠席者を対象とした追試験で $j=2$ を代替可能とする(図では $j=3$ と記している)。 $T(i,j)$ と $T(i',j')$ は、全く同一の問題ではなくても同等のテストとなるようにして、また受験者が問題を記憶する効果がないように作成する。 $T(i,j)$ の制限時間は、すべて 1 講時の $1/n$ 以下とする。期末試験は試験時間を n 分割して、 $i=1,2$ の一方または両方を、それぞれの制限時間内に受験可能とする。

3. 数学科目での実践

3.1 運用コストの考慮

著者が担当教員である、理工系大学 2 年生向けに 2019 年度後期に開講された確率・統計の科目(週 1 回 15 週)を、第 2 節の事後テストの実施方法で運用した。細部の実行方法の検討と決定にあたっては、将来の $n>2, m>2$ への拡張可能性を考慮した。

事後テストという位置づけとは整合しないが、ここで述べる事後テストは科目の成績 100 点のうち 70 点分を占め、残りの 30 点を平常点から求めて加えた。60 点が単位修得のための合格基準点である。

まず、 $m>1$ とするということは、通常の、期末試験 1 回(と中間試験 1 回)よりも、出題と採点の労力が増すということを意味する。これらなるべく効率よく行いたい。

各学生が $T(2,2)$ を受験するかどうかの判断は $T(2,1)$ の成績による。この間は 1 週間しかないが、学生にとっては多くの科目の試験の準備を行っている時期なので、特に早く通知することが望ましい。

週	W01	...	W07	W08	W09	...	W15	期末試験	追試験
事後				$T(1,1)$				$T(1,2)$	$T(1,3)$
テスト							$T(2,1)$	$T(2,2)$	$T(2,3)$

図 1 事後テストの各週への配置

この2点から、開講大学で運用されているオープンソースのLMSであるMoodleの小テストを利用することにした。

3.2 非参照・非相談条件の適用

学習内容と学習目標から、事後テストは受験者間の相談を禁止し、あらかじめ予告して配布する教科書のページのみを参照可能な条件とした。

開講大学の計算機実習室内でPCは島状の机に密に配置されており、受験者相互の画面の参照や、Webブラウザ以外のアプリケーションの使用やLMS以外のページの閲覧が自動的に禁止される条件下にはない。

そこで、画面の相互の参照の影響を防ぐため、数値ランダム化問題をSTACK問題タイプ⁽¹⁾⁽²⁾を用いて出題することにした。

また、Webブラウザ以外のアプリケーションの使用やLMS以外のページの閲覧の影響を防ぐため、Quiz受験に非参照テスト用WebブラウザであるSafe Exam Browser⁽³⁾を使用する制約を課すことにした。

3.3 STACK問題タイプ

STACKは、数値をランダム化した問題を生成できる。学習者が特定の数式処理システムの文法に従って答えた数式や数値を自動採点しフィードバックすることができる。事後テスト $T(i,1)$ と $T(i,2)$ は、数値ランダム化のみにより異なる問題も含む。

3.4 Safe Exam Browser

Moodleには、小テスト受験をJavaScriptを無効化して、フルスクリーンポップアップで実行したり、追加のパスワードを入力させたりするオプションがある。Safe Exam Browserでは、受験者の行える行動をより限定でき、Moodleの小テストではSafe Exam Browserの使用を強制できる。一方で、Safe Exam Browserは、特定のWebサイトへのアクセス、特定のアプリケーションの起動を許可、特定のファイルのダウンロードだけを許す設定などでもできる。

4. 結果と評価

事後テストの際に、STACKへの入力で混乱する学習者はいなかった。通常の週の宿題や、少数の回の授業時間内に使用していたためと推測する。

一方、Safe Exam Browserは、「試験開始のためのSEB設定ファイル」をMoodleに置いて通常のWebブラウザでアクセスさせたため、Moodleへのログインが2回必要で、混乱した学習者が一定数いた。試験開始に至る動画を用

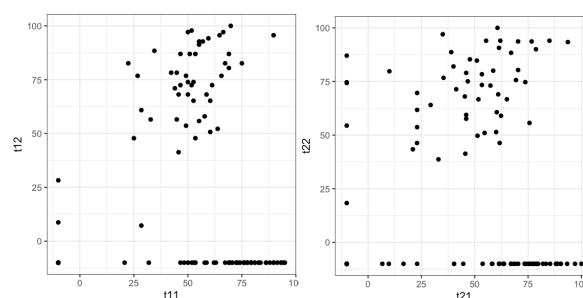


図2 $T(1,1)$ - $T(1,2)$ の散布図, $T(2,1)$ - $T(2,2)$ の散布図

意する、などの対策が考えられる。

各事後テスト $T(i,j)$ の受験者数を、 $j=1,2$ で対照して表1に示した。学習者は、W15の後に、 $T(1,1), T(2,1)$ の得点を見て、 $T(1,2), T(2,2)$ のそれぞれを受験するかどうか判断するわけだが、低い方だけを再受験するという方略をとった者がいることがわかる。

図2では、 $i=1,2$ それぞれについて、 $j=1,2$ の得点 $T(i,j)$ を散布図で示した。ここで、受験しなかった事後テストは点数を-10点として可視化している。高得点を得た学習者は、再受験をしない傾向が読み取れる。

科目の合格率は前年度よりも上昇したが、様々な点で変更を加えているため、事後テストのデザインの影響かどうかは判定できない。担当教員による観察では、 $i=1,2$ のうち点数が低い方の目標に到達していないことを認識して自主的に補充の学習する者が多かった。

受験回数を $m=2$ としたことにより、テストでない活動に費やせる時間は、1年前の同科目よりも減少した。部分目標の個数を減らすことにより対応した。

5. 拡張

学習目標は、授業の回数と同程度の $m=15$ くらいの個数の部分目標に分割することがありうる。現在の毎回の授業の際に前回の内容に関する非参照の紙のテストや、(Safe Exam Browserによらない) Moodleの小テストの宿題を行っている。これを事後テストとみなし、 $m=3$ とする、あるいは、今回の $j=1,2$ のいずれかと代替することが考えられる。その場合は、普通教室でモバイルデバイスを用いて、非参照のテストを行えることが望ましい。

6. おわりに

非参照テスト用ブラウザと数値ランダム化問題のLMSによる出題を利用して、複数個の部分目標への到達を判定する事後テスト群を、それぞれ複数回受験しうるデザインで授業を行った。今後は、それぞれの回数を増加する実行方法を検討したい。

参考文献

- (1) Chris Sangwin: “Computer Aided Assessment of Mathematics”, Oxford University Press (2013)
- (2) 中村泰之, 秋山實: “STACK と Moodle による数学 eラーニング”, 数理解析研究所講義録 Vol. 1735, pp. 9-15 (2011)
- (3) Educational Development and Technology, ETH Zurich: “Safe Exam Browser”, <https://safexambrowser.org> (2020)

表1 事後テスト $T(i,j)$ 受験者数

		$T(i,1)$ 受験				
		無し	$i=1$ のみ	$i=2$ のみ	$i=1,2$ 両方 $T(1,1) > T(2,1)$	$i=1,2$ 両方 $T(1,1) < T(2,1)$
$T(i,2)$ 受験	無し	9	5	0	16	13
	$i=1$ のみ	0	0	1	1	7
	$i=2$ のみ	0	1	0	12	0
	$i=1,2$ 両方	0	4	1	20	15