

微積分の CBT の試行について

明治大学総合数理学部 阿原 一志

Kazushi Ahara

School of Interdisciplinary Mathematical Sciences, Meiji University

1 はじめに – CBT 概説

CBT とはコンピュータ・ベースド・テストの略であり、コンピュータにより出題し、受験者はパソコンやタブレット単まででこれに回答し、採点は自動に行われる形態のテストのことを意味する。従来はテストとは紙媒体によるものか、口頭試問によるものかいずれかであったが、通信技術の進歩により、情報機器を介したテストが一般にもよく行われるようになった。ただし、カンニングを厳しく取り締まるタイプのテスト、受験者の自由記述によるテスト、全国で大規模に行われるテストについては、まだまだ研究の余地があると考えられる。

一般的に言って、CBT を用いるメリットとしては、択一式問題の場合には採点の手間がないこと、また点数の集計の手間がないことが第 1 に挙げられる。またコンピュータを介して実施することから、受験者ごとに問題を差し替えることが技術的に可能であることもメリットとして挙げられる。一方でデメリットとしては、受験環境の統一性を担保できないことからテストの公平性の問題が残る点や、カンニング（これは資料持ち込みに関するカンニングだけではなく、通信技術を用いた不正行為もありうる）を完全に防止できるのかを完全に想定できない点も問題として残されている。

2 今回実施している CBT の概要について

今回著者が実施したのは、明治大学総合数理学部における微積分 I・II という理系基礎の科目である。阿原が担当したのは情報系の学科である先端メディアサイエンス学科の 1 年生向けの科目であり、内容としては 1 年間で高校の復習から多変数の微積分まで一通り終わらせるものである。微積分の講義でしばしば話題になるイプシロンデルタ論法の扱いについては、概要を説明するのみにとどめ、受講生が自力で証明を新しく書き下ろせることは要求しないことにしている。教科としての目標は、微積分に関わる概念の理解と計算能力を身に着けることとしている。期末試験では計算問題を解かせ、証明問題を書かせることはしないと決めている。

2020 年度は新型コロナに対応するために、対面の授業が見送られることになった。受講者 100 名以上の大規模講義に該当することもあり、講義はすべてオンデマンド（講義ビデオを提供することによる）方式で行った。GoodNotes というアプリケーション

ョンを用いて手書きによるスライドを準備し、それを見せながら ZOOM を使って録画したものを提供した。講座設計としては、通年を 52 セクションに分け、セクションごとに 10 分程度の講義ビデオ 3 本と計算問題の提出課題を提供した。そのうえで 1 週に 2 セクションを進むようなタイムスケジュールを設定した。提出課題は pdf ファイルで提供し、履修者はノートなどに手書きで解いたものを写真に撮って LMS (明治大学では Oh-o!Meiji システム) に投稿するように指示した。

スクリーングを対面では行えないことから、質問や相談がある場合は以下の 2 つのどちらかでアクセスするルールにした。一つは LMS のアンケート機能を用いて、匿名で質問できる質問箱を使う方法である。質問内容に個人情報が含まれない場合には履修者全員に回答を配布した。もう一つは学年 SLACK (これは所属学科が作成したものである) を通じて個別にメッセージのやり取りをする方法である。(履修者リストと SLACK メンバーにややずれがあったところに問題があったかもしれない。) 秋学期は ZOOM を漫然と開設し「黙々自習部屋」と称して履修者の参加を促してみたが、最初の数回を除いて参加者は 0 だった。(一応最終回まで開設はおこなった。) 秋学期には微積分演習という並行別科目もあり、同期した内容の問題演習を行うサポートもあった。

評価についてはシラバスで公開し、提出課題の評価 3 割、期末試験の評価 7 割で、60 パーセント以上の得点により合格とした。

3 CBT のレギュレーションと仕様

履修した人のみが入れるような CBT のシステムを独自開発した。履修者名簿をもとに、乱数によるパスワードを生成し、LMS を通じて告知した。期末試験では計算問題を 8 題 (秋学期は 9 題) 提示し、1 問あたり 10 分見当で解いてもらうことにした。最終的な結論だけではなく、計算経過や考え方を尋ねる問題も出題した。受験者は自由な場所で自由なタイミングで開始できるが、解答開始とともにストップウォッチが動き、一つ一つの回答ごとに時刻がサーバーに記録されるようにした。(そのような仕組みになっていることを履修者には告知した。) 数字が異なるような問題のバリエーションを準備し、これをランダムに提示した。ただし、数字の違いが計算量や計算難易度にできるだけ影響しないように、問題のバリエーションは 1 台当たり 4~6 パターンとした。計算問題はすべて択一式で、秋学期にはセンター風の「桁に数字を入れる方法」も併用した。試験を受けるときに資料を見ることは許容するが、終了後 10 分以内に計算紙を写真に撮って LMS に提出するように要求した。通信不良にそなえ、3 回まで受験を認めることにした。受験者はスマホ・タブレット・パソコンなどのさまざまなデバイスを利用することが想定されるので、システム開発には先進的な技術はできるだけ使わず、インターネットでウェブサイトを閲覧するレベルの技術だけを用いた。このことにより、通信環境による有利不利をできるだけおさえること、イ

ンストール作業不要によるトラブル回避ができたと考えている。

受験者は善意に基づいた操作をするとは限らない。「戻るボタン」や「電源を切る」などによりチートが発生しないようにすることは必要だと思ったが、通信技術によって完全にチート行動を制御できるとは思っておらず、その点には課題が残った。

4 設定に迷ったところ

決められた時間（8問なら開始 80 分後）にシステムを自動的に閉じるような仕組みも作れるが、今回は実装しなかった。これは定期試験が「落とすための試験」ではなく「勉強してもらうための試験」であるべきと考えたためである。結果的に、春学期では 80 分を過ぎて回答した学生は履修 109 名中 2 人くらいであった。難易度的にみて、平均的に試験準備をした学生は 6 割程度の時間で終了できるように、長年の経験から設定したことが成功の要因と思われる。

チャレンジ回数 3 回は多かったかもしれないと事後に反省した。大学当局から、試験に時間制限を求める場合には通信不良に配慮するように言われていたため、複数回のチャレンジを許可する設定した。しかし、通信不良中断については学生から届出を提出してもらって、そのたびに再チャレンジを認めるという方式もあり得た。（今回はそのようにしなかった。）実際、多くの学生は 2 回の受験で済ませており、2 回目の受験は、1 回目の失敗を踏まえた勉強しなおしての再チャレンジだったように見受けられた。複数回のチャレンジを許容することは、再勉強を促す意味もあるということを知った。

終了後 10 分以内に写真に撮って投稿は厳しいかもしれないとおもったが、自分の計算を写真に撮って投稿する練習は普段から行っているなので、この要件で失格になる学生はいなかった。

5 例外措置を取った事例

CBT に回答せずに、紙に解いた写真のみを投稿した学生が 109 名中 5 名いた。当該学生にインタビューをすると、レギュレーションを理解しない学生であった。成績評価としては、投稿された写真を採点して可否を評価した。結局、どんなにこちらが準備しても一定割合でこういう学生はいるのである。

CBT で回答したが、紙に解いた写真を投稿しなかった学生が 4 名いた。1 人の学生は「ルール書きをよく読まない学生」とあちこちでトラブルを起こしている学生だとわかっていたため、事後の提出を求め、吟味ののち合格とした。そのほかの学生は、そもそも CBT で合格点に相当する回答ができていなかったため、あきらめて提出しなかったようである。

総じていえば、学科内の教員同士で情報交換をした範囲でも、1 割弱の個別対応

は必要であるとの話だった。

6 まとめと課題

まず、ツイッターなどの SNS を通じた受験生同士の情報交換についての感想を述べる。試験期間は1週間で、その間の自由な時間の受験することができることから、SNS で情報交換が行われることが十分に想定された。試験開始前から、阿原はエゴサーチを行う旨告知しておいた。春学期は難易度が高くなかったことから、ほとんど(9割以上)の学生が自力で単位取得できたようで、公開された範囲では情報交換があまりなかったように見受けられた。非公開エリアでの情報交換を阻止することは不可能である。試験期間中に選択枝のミスがあり、途中で選択枝を直すという事故が1回あったが、そのことについては SNS で情報交換が行われるという一幕もあった。いずれにせよ、評価の方法を揺らがすような大きなトラブルはなかった。

回答ログの時間付けに不審な答案が一つあったが、計算紙は適正に提出されていた。当該学生にヒアリングしたところ、本人の意識しないところで時間付けにバグがあったことが判明した。このようなトラブルは教員(主催)側でも完全にコントロールできない部分であると知った。

7 スクリーンショット

7.1 春学期の試験扉ページ

StudentID : 920118, TestID : 10753

ID:119
ID:373
ID:429
ID:433
ID:435
ID:436
ID:439
ID:443

これは期末試験の正式版です。
期末試験問題は8問です。

まず、紙とペンを準備してください。紙は計算紙として使います。
下のボタンを押すと、テストが始まります。時間の目安は80分です。
計算紙には問題を写してください。そして計算式を紙に書きながら解いてください。
テストを終了するときに、計算紙のすべてを写真に撮ってください。
テスト終了後10分以内にオーメジシステムに計算紙の写真を投稿してください。
期末試験は「3回」受けることができます。最も良い点数を成績とします。
(通信不良がありうるので、システムの制限はしません。)
試験開始から終了まで、「戻る」ボタンを押さないでください。

テスト開始(時計が動きます。)

7.2 春学期の試験問題ページ

userID:920118, testID:10753

00:00:13

微積分テスト

- (1) $(\sin x)^x$ の微分を求めよ (-1)
- (2) $x\sqrt{5-2x^2} + \frac{5}{\sqrt{2}} \arcsin\left(\sqrt{\frac{2}{5}}x\right)$ の微分を求めよ (-1)
- (3) $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\log(1-2x) + 2x - ax^2}{x^3} = b$ をみたすような定数 a, b を求めよ (-1)
- (4) $\int_0^{\frac{\sqrt{3}}{2}} \frac{(x+1)dx}{\sqrt{3-x^2}}$ を求めよ (-1)
- (5) $\int_0^{\frac{\sqrt{3}}{2}} \arcsin x dx$ を求めよ (ヒント: 部分積分) (-1)
- (6) $\int_{\frac{1}{3}}^1 \frac{4}{x^2(x-2)} dx$ を求めよ (-1)
- (7) 初項を第1項とする級数 $\frac{3}{4!} + \frac{9}{7!} + \frac{27}{10!} + \dots$ について $\frac{a_{n+1}}{a_n}$ を求め、収束発散を答えよ (-1)
- (8) $1 - \frac{3}{4}x^2 + \frac{9}{9}x^4 - \frac{27}{16}x^6 + \frac{81}{25}x^8 - \dots$ の収束半径を求めよ。 (-1)

 (一度終了すると、テスト画面には戻れません。)

7.3 春学期の試験問題ページ

微積分問題

00:01:23

$$\int_0^{\frac{\sqrt{3}}{2}} \frac{(x+1) dx}{\sqrt{3-x^2}} \text{を求めよ}$$

- | | | | |
|---------------------------------------|--|----------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> 0 | $-1 + \sqrt{3} + \frac{\pi}{6}$ | <input type="checkbox"/> 1 | $-\frac{3}{2} + \sqrt{3} + \frac{\pi}{6}$ |
| <input type="checkbox"/> 2 | $\frac{\sqrt{3}}{2} + \arcsin \frac{2}{3}$ | <input type="checkbox"/> 3 | $-\frac{3}{2} + \sqrt{3} + \arcsin \frac{2}{3}$ |
| <input checked="" type="checkbox"/> 4 | $-3 + 2\sqrt{3} + \frac{\pi}{6}$ | <input type="checkbox"/> 5 | $\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{\pi}{6}$ |
| <input type="checkbox"/> 6 | $-3 + 2\sqrt{3} + \arcsin \frac{2}{3}$ | <input type="checkbox"/> 7 | $-1 + \sqrt{3} + \arcsin \frac{2}{3}$ |

あなたの答えは4です。

決定

7.4 秋学期の試験問題ページ

user ID = 920118 problem ID = pr920118_022 page 6

00:01:17

空欄に入る適切な数字・語を選択肢から選べ

2変数関数 $z = f(x, y) = (x + y)e^{(-x^2 - y^2)}$ の臨界点は $\pm \left(\begin{array}{c} \text{ア} \\ \text{イ} \end{array}, \begin{array}{c} \text{ウ} \\ \text{エ} \end{array} \right)$ である。

$\left(\begin{array}{c} \text{ア} \\ \text{イ} \end{array}, \begin{array}{c} \text{ウ} \\ \text{エ} \end{array} \right)$ は **オ** であり、 $\left(-\begin{array}{c} \text{ア} \\ \text{イ} \end{array}, -\begin{array}{c} \text{ウ} \\ \text{エ} \end{array} \right)$ は **カ** である。

[前のページ](#) [次のページ](#)

ア [送信](#) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

イ [送信](#) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

ウ [送信](#) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

エ [送信](#) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

オの選択肢 [送信](#)

極大 極小 鞍点

カの選択肢 [送信](#)

極大 鞍点 極小

[前のページ](#) [次のページ](#)

[試験終了](#) (一度終了すると元に戻れません。)

7.5 秋学期の試験問題ページ

user ID = 920118 problem ID = pr920118_023 page 5

00:00:23

空欄に入る適切な式を選択肢から選べ

グラフ $z = f(x, y) = (1 - x + 2y)^2$ の $(x, y) = (-1, 2)$ における接平面の式は

$$z = -\boxed{\text{アイ}}x + \boxed{\text{ウエ}}y - \boxed{\text{オカ}}$$

である。

- | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ア | <input type="button" value="送信"/> | <input type="radio"/> 00 | <input type="radio"/> 01 | <input type="radio"/> 02 | <input type="radio"/> 03 | <input type="radio"/> 04 | <input type="radio"/> 05 | <input type="radio"/> 06 | <input type="radio"/> 07 | <input type="radio"/> 08 | <input type="radio"/> 09 |
| イ | <input type="button" value="送信"/> | <input type="radio"/> 00 | <input type="radio"/> 01 | <input type="radio"/> 02 | <input type="radio"/> 03 | <input type="radio"/> 04 | <input type="radio"/> 05 | <input type="radio"/> 06 | <input type="radio"/> 07 | <input type="radio"/> 08 | <input type="radio"/> 09 |
| ウ | <input type="button" value="送信"/> | <input type="radio"/> 00 | <input type="radio"/> 01 | <input type="radio"/> 02 | <input type="radio"/> 03 | <input type="radio"/> 04 | <input type="radio"/> 05 | <input type="radio"/> 06 | <input type="radio"/> 07 | <input type="radio"/> 08 | <input type="radio"/> 09 |
| エ | <input type="button" value="送信"/> | <input type="radio"/> 00 | <input type="radio"/> 01 | <input type="radio"/> 02 | <input type="radio"/> 03 | <input type="radio"/> 04 | <input type="radio"/> 05 | <input type="radio"/> 06 | <input type="radio"/> 07 | <input type="radio"/> 08 | <input type="radio"/> 09 |
| オ | <input type="button" value="送信"/> | <input type="radio"/> 00 | <input type="radio"/> 01 | <input type="radio"/> 02 | <input type="radio"/> 03 | <input type="radio"/> 04 | <input type="radio"/> 05 | <input type="radio"/> 06 | <input type="radio"/> 07 | <input type="radio"/> 08 | <input type="radio"/> 09 |
| カ | <input type="button" value="送信"/> | <input type="radio"/> 00 | <input type="radio"/> 01 | <input type="radio"/> 02 | <input type="radio"/> 03 | <input type="radio"/> 04 | <input type="radio"/> 05 | <input type="radio"/> 06 | <input type="radio"/> 07 | <input type="radio"/> 08 | <input type="radio"/> 09 |

 (一度終了すると元に戻れません。)

7.6 秋学期の試験問題ページ

user ID = 920118 problem ID = pr920118_025 page 9

00:00:21

空欄に入る適切な式を選択肢から選べ。ただし、分数は約分した形で答えること。

$D = \{(x, y) \mid x^2 + y^2 \leq 1, 0 \leq x, 0 \leq y\}$ について $\iint_D \frac{xy}{x^2 + y^2} dx dy$ を求めたい。これに極座標変換をおこなうと

$$\int_{\text{イ}}^{\text{ア}} \int_0^1 \text{ウ} dr d\theta$$

と等しくなり、これを計算すると $\frac{\text{エ}}{\text{オ}}$ である。

[前のページ](#) [次のページ](#)

アの選択肢 [送信](#)

$-\frac{\pi}{2}$ $\frac{\pi}{4}$ π $-\frac{\pi}{4}$
 $\frac{\pi}{2}$ $-\pi$ 0

イの選択肢 [送信](#)

$-\pi$ $-\frac{\pi}{4}$ π 0
 $-\frac{\pi}{2}$ $\frac{\pi}{2}$ $\frac{\pi}{4}$

ウの選択肢 [送信](#)

$\cos \theta$ $\sin \theta$ $r \cos^2 \theta$ $\cos^2 \theta$
 $r \sin \theta$ $r \cos \theta$ $\cos \theta \sin \theta$ $r \cos \theta \sin \theta$

エの選択肢 [送信](#)

4 6 8 1 3 π 2

オの選択肢 [送信](#)

π 2 3 1 6 4 8

[前のページ](#) [次のページ](#)

[試験終了](#) (一度終了すると元に戻れません。)