

社会科学系学生の数学教育における 対面・遠隔授業の差異及び模擬試験の効果分析

宮 本 行 庸

1. はじめに

近年、科学技術立国を標榜してきたこの日本において、若年層の理系離れが叫ばれてきて久しい。このような状況下において、文部科学省は、大学での数理・データサイエンス・AI（人工知能）教育を強力に推進している[1]。加えて、文部科学省が特に文系を中心とした私立大学をターゲットに、理系学部の新設または既存の学部からの転換を支援するという報道[2]や、経済学部入試に数学を課すという報道[3]もある。一方で、直近3年間のコロナ禍における教育のICT（Information Communication Technology）化は加速しており、従来型の対面授業のみならず、ICTを活用した新たな標準教育プラットフォームが定着しつつある。これらを踏まえ、いわゆる文系学生についても数学や情報といったいわゆる理系素養の涵養が強く求められている。

本稿では、社会科学系学生のための数学教育において、ICTを活用した遠隔授業等の新たな試みを導入し、その効果について述べる。また、成績評価のための定期試験を控えた週次に模擬試験を実施し、この模擬試験についての受験・不受験層の定期試験における得点差についても考察する。実践では、過去4年間に互ってのさまざまな試験実施方法における成績評価について、その実施背景を踏まえて結果や効果について考察する。

2. 経営学部における数学基礎教育

本稿では、筆者所属大学の経営学部（以下、本学部）における数学基礎教育について述べる。本学部では、第1学年に経営数学Ⅰ・Ⅱ及び経営統計学Ⅰ・Ⅱなる科目を基礎的な数学教育科目として配置している。このうち筆者の担当科目は経営数学Ⅰ・Ⅱであり、それぞれ前期・後期の半期に分かれた継続科目となっている。同科目群はいずれも必修科目とはなっていない。また、各科目間の履修要件は設定しておらず、前期科目の履修あるいは単位取得の有無にかかわらず後期科目を履修することが可能となっている。経営数学

I・IIの講義内容は、使用教科書[4]に準拠して表1の通りとし、およそ高等学校数学の内容から統計分野を除外した範囲となっている。

表1 経営数学I・IIの講義内容

	経営数学 I	経営数学 II
講義回	概要	概要
第1回	数の概念、整式と分数式	関数の極限と極限值
第2回	2次方程式と2次不等式	微分係数と導関数、微分法の公式
第3回	等差数列	基本関数の導関数、高次導関数
第4回	等比数列	接線と法線
第5回	無限級数	関数の増減と極大・極小
第6回	階差数列	不定積分
第7回	関数、1次関数	定積分
第8回	逆関数、合成関数	面積と体積
第9回	2次関数と2次方程式	偏微分
第10回	分数関数、無理関数	ベクトルとその演算
第11回	指数関数、対数関数	行列とその演算
第12回	三角関数	行列式と連立方程式
第13回	三角関数、多変数関数	固有値と固有ベクトル
第14回	模擬試験	模擬試験
第15回	総復習	総復習
-	定期試験	定期試験

表1において、各科目の講義回の第14回には模擬試験（以下、模試）を配置している。また、第15回には模試の統計的集計の提示とともに、特に正答率が低かった分野について再度復習する時間を設けている。この目的は、科目合格率を上げることのみならず、弱点や苦手分野を再度認識し、定期試験（以下、本試）への効果的な対策を促すことにある。以下の章では、本試に対する模試の効果を測定するとともに、その評価について考察する。

授業期間においては、実施される授業回の一週間前までに学習管理システム（Learning Management System: LMS）上にて次回の授業資料を配布している。また、毎回の授業時間内に課す小課題も提出できるような仕組みも準備している。さらに、すべての授業回でアンケートを実施し、学生からの意見を次回以降に積極的に反映できるようにもしている。

これらの仕組みをLMS上で全て展開し、学生にとって有効な学習支援教材とするとともに、不測の事態には遠隔授業が実施できるような体制づくりも同時に行っている。図1に、LMSのサンプル画面となるスクリーンショットを示す。画面上段に授業回、それぞれの授業回には授業資料、アンケート、レポート（小課題）の項目が設けられている。

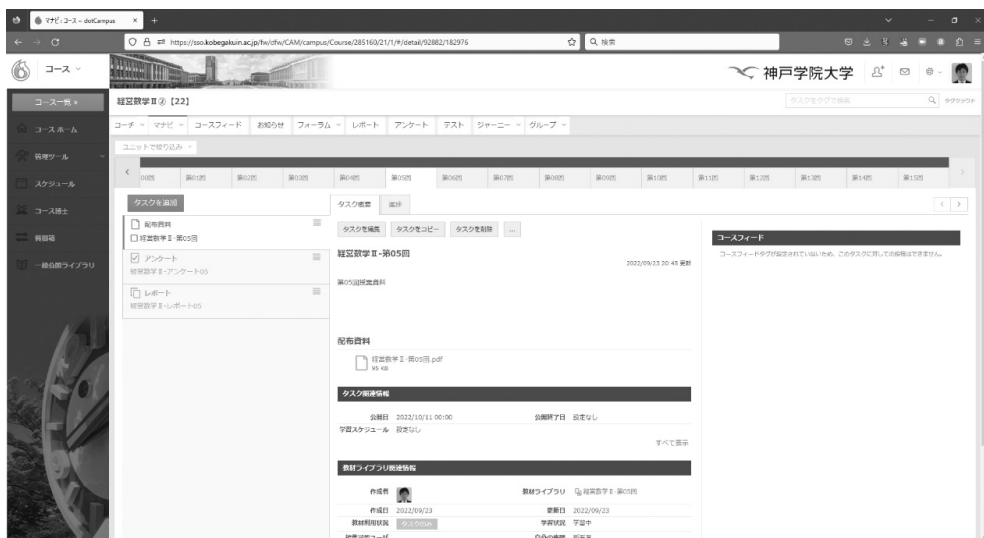


図1 LMSのサンプル画面

試験については、原則として模試・本試ともに教室にて対面形式となる紙媒体の筆記試験を採用している。2020年度よりのコロナ禍においては、対面の筆記試験が実施できないこともあり、LMS上でのWeb試験をオンライン形式で実施した学期もある。解答方式はいずれも多肢選択式で、筆記試験の場合はマークシートを、Web試験の場合はブラウザ画面上にて解答を選択する方式を採用している。試験時間はいずれも60分である。また、模試と本試の試験範囲・出題難易度・設問数は原則として同レベルに設定している。

3. 数学基礎教育の実践結果

本章では、本学部学生への数学基礎教育の実践及び結果についてまとめる。まず対象となる年度であるが、2019年度から2022年度までとする。この間には、コロナ禍により対面授業が実施できない期間を含んでおり、LMSを活用した遠隔授業のみの期間や、対面授業

と遠隔授業の組合せの期間が存在した。表2に、対象期間の授業ならびに試験の実施方法についてまとめて示す。

授業の実施方式は、教室にて時間割通りに行う対面授業、映像配信システムを介して時間割通りに行うリアルタイム遠隔授業、録画映像を任意の時間に視聴できるオンデマンド遠隔授業の3通りがある。当該科目では、オンデマンド遠隔授業は実施していないため、以下では単に遠隔授業と称した場合はリアルタイム遠隔授業を指すものとする。また、欠席回の内容補充や復習のための学習支援を目的として、LMSとは別建てで毎回の授業内容を録画した映像ファイルをネットワークドライブ経由でオンデマンド配信できる仕組みも準備している。

表2 対象期間の授業・試験実施方法

	経営数学Ⅰ（前期）			経営数学Ⅱ（後期）		
	授業	模試	本試	授業	模試	本試
2019年度	全て対面	筆記試験	筆記試験	全て対面	筆記試験	筆記試験
2020年度	全て遠隔	(なし)	Web試験	混在※	Web試験	Web試験
2021年度	全て対面	Web試験	Web試験	全て対面	筆記試験	筆記試験
2022年度	全て対面	筆記試験	筆記試験	全て対面	筆記試験	筆記試験

※ 受講者の半数を隔週で入れ替える遠隔・対面のハイブリッド方式授業

表2より、コロナ禍の2020年度から2022年度ではさまざまな授業形態が実施されていることがわかる。特筆すべき事項として、2020年度の前期には遠隔授業の準備の関係から授業開始が遅れ、模試を配置するための授業回を確保できなかったことがあげられる。2020年度後期には、対人距離確保のために教室収容定員の二分の一までしか学生を収容できず、受講者のうち半数を教室で、残り半数を自宅等の遠隔にて授業参加させるハイブリッド方式を採用した。また、2021年度後期には社会情勢はいくらか落ち着きを取り戻したが、対人距離を保ちながら対面での筆記試験を実施するだけの教室確保が困難であったため、授業が対面回帰を果たした一方で、本試を対面にて実施することができないままであった。続く2021年度後期からは、原則としてコロナ禍前の体制に戻して全ての対面授業及び筆記試験が実施できている。

次に、対象期間の模試・本試の平均点及び合格率を図2に示す。図2より、通算8期中で模試が7回、本試が8回実施できていることがわかる。2020年前期のみ模試不実施のため本試との平均点比較ができないが、他の7期においては模試と本試の平均点に有意な差

が見られる。点数差の幅についてはさまざまであるが、いずれも本試の成績が模試を上回っていることが確認できる。また、2020年度を除いて年度ごとに比較すると、同年度内では模試と本試の平均点の差が、前期より後期の方が大きいことも読み取れる。さらに、合格率についても、同年度内で比較するとやはり前期と後期で相違が見られ、前期の方が後期より合格率が高いことが確認できる。これら3つの事実より、模試の実施が有効に働く局面の存在が明らかとなったが、その詳細については第4章の考察にて述べる。

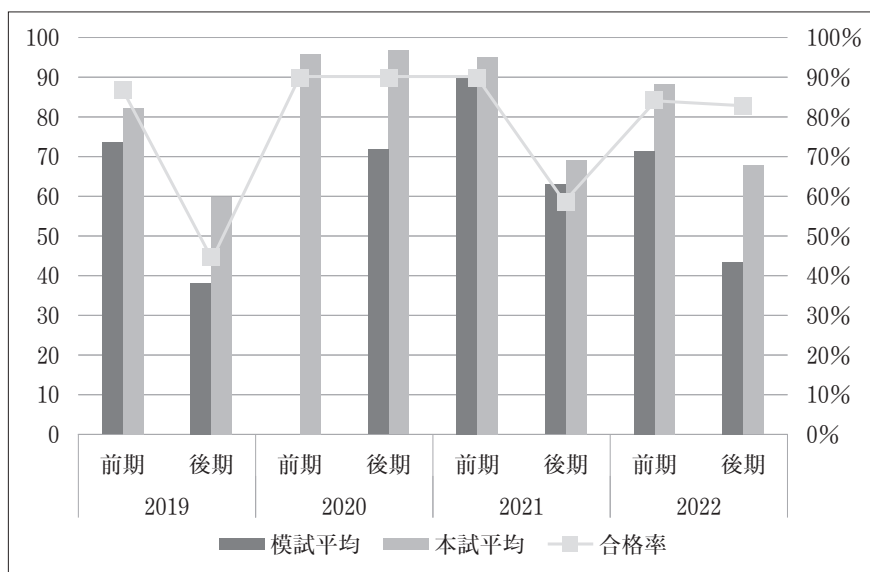
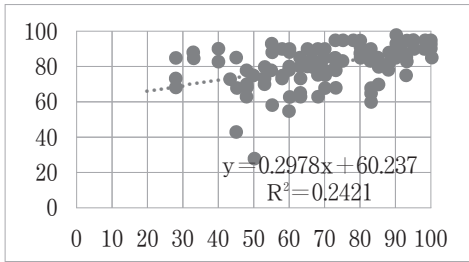


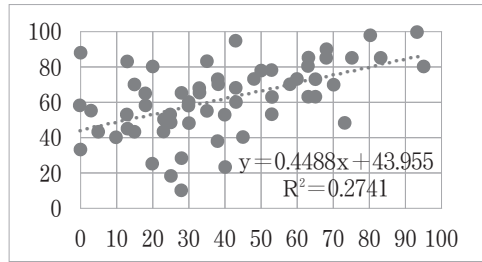
図2 対象期間の平均点・合格率の推移

また、模試と本試の相関を分析した結果のグラフを図3に示す。図3では、2019～2022年度の各年度に枝番号1～4を、各年度の前期に(a)、後期に(b)の記号をそれぞれ付している。また、図3-2(a)に示すように、2020年度前期は模試を実施していないため、本試との相関を示すグラフが存在しない。各グラフには線形回帰した際の近似直線及びその直線の方程式、ならびに相関係数 R の二乗値も示している。

図3より、模試・本試の双方を実施したすべての学期においてほぼ正の相関が確認でき、少なくとも負の相関が現れていないことが読み取れる。図3のうち、 R の最大値は図3-4(a)の $R=0.5967$ 、最小値は図3-3(b)の $R=0.0469$ と算出できる。 R が小さい学期は必ずしも相関があるとまでは言えないが、一般に相関があると認められる $R>0.4$ の結果を示しているケースが、模試実施7学期中4回存在する。自明なことではあるが、模試を受験した学生は、傾向として本試で模試の成績を下回ることではないことが確認できる。

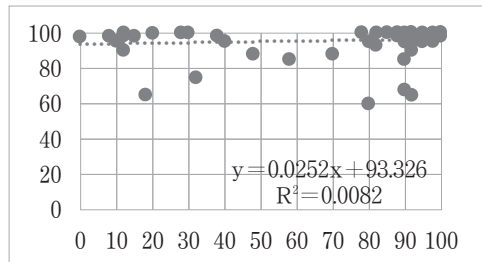


3-1(a) 2019年度前期



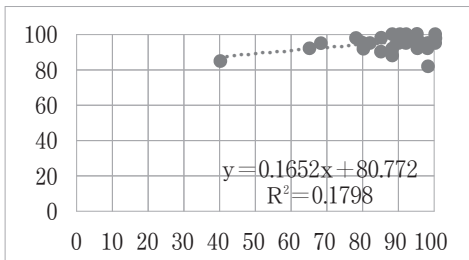
3-1(b) 2019年度後期

(模試不実施につき相関グラフなし)

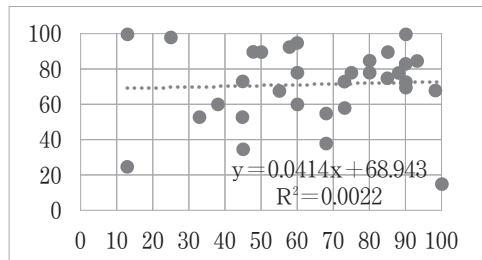


3-2(b) 2020年度後期

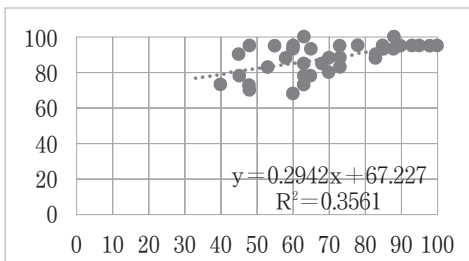
3-2(a) 2020年度前期



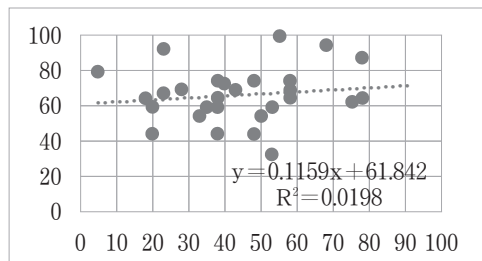
3-3(a) 2021年度前期



3-3(b) 2021年度後期



3-4(a) 2022年度前期



3-4(b) 2022年度後期

図3 各学期における模試と本試の得点の相関

さらに、模試を受験後に本試を受験した学生と、模試を受験せずに本試を受験した学生の平均点の相違について図4に示す。図4において、模試実施7学期中で模試を受験した学生が受験しなかった学生の平均点を上回ったのが5回確認できる。例外として、2022年後期については、模試を受験せずに本試を受験した学生がわずか4名であったことから、その中の成績優秀者に平均点が上方補正されることとなったため、比較対象のデータとしては十分たりえないと考えられる。2020年度前期については模試そのものを実施していないので、グラフ上ではすべての受講生が模試不受験で本試を受験した扱いとなっている。また、これら2つの例外を除いては2020年度後期のみ模試受験者の本試平均点が模試不受験者の本試平均点を上回っているが、この事実については考察の章にて詳細を述べる。

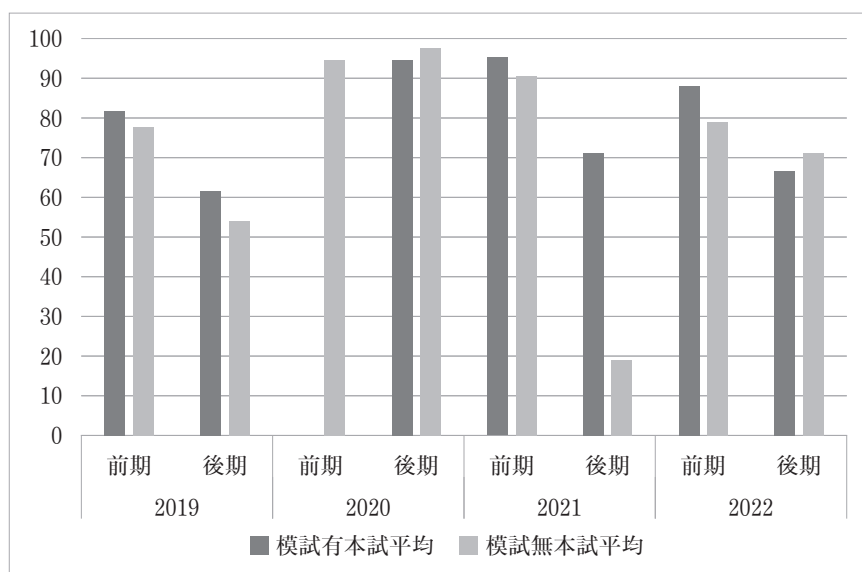


図4 模試受験の有無別の本試平均点

4. 評価と考察

本章では、第3章の結果をもとに、主に開講学期・模試受験の有無・授業形態の3つの観点についての評価・考察を行う。以下、観点別に項目を分けて記述する。

4.1 前期と後期の差異

まず平均点及び合格率について着目する。図2より、年度ごとの平均点及び合格率を比

較すると、後期の平均点・合格率ともに前期を上回ることがないことが確認できる。この原因として第一に考えられることが講義内容そのものの難易度にある。各学期の講義内容は表1に示す通りであり、前期の学習内容の理解度がそのまま後期の成績に直結しているものと推察される。特に、後期の微分・積分の範囲は前期の関数が理解できていない受講者にとっては困難なタスクであり、後期の達成度が相対的に芳しくないことは自明であると言える。

次に、前期と後期の履修者の重複状況について調査する。図5に、各年度の履修状況について示す。図5において、適合率とは、後期履修者のうち前期も履修していた学生の比率を示している。また、再現率とは、前期履修者のうち後期も継続して履修した学生の比率を示している。ここで、 $n(\cdot)$ を括弧内の人数を表す関数とすると、適合率 *precision* と再現率 *recall* は、以下の式(1)・(2)で表すことができる。

$$precision = \frac{n(\text{前期履修} \wedge \text{後期履修})}{n(\text{後期履修})} \quad (1)$$

$$recall = \frac{n(\text{前期履修} \wedge \text{後期履修})}{n(\text{前期履修})} \quad (2)$$

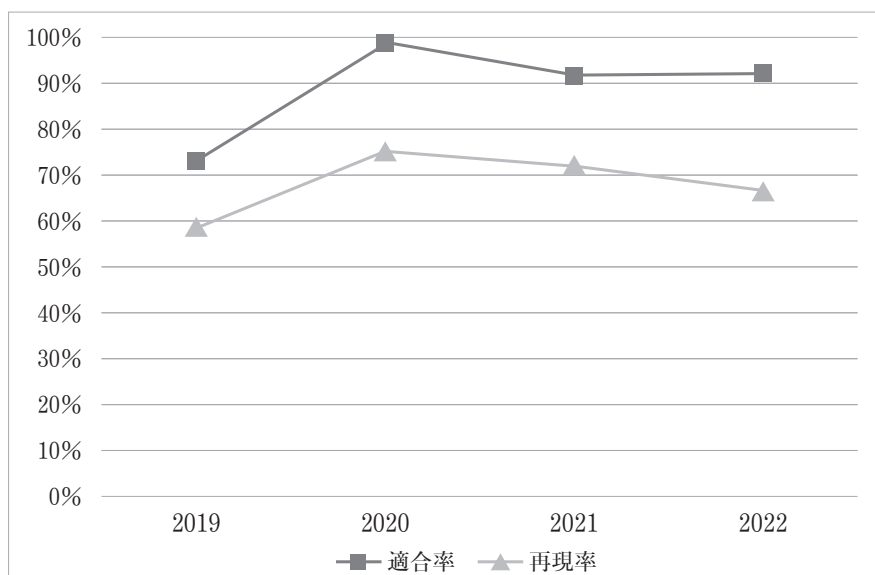


図5 履修の適合率及び再現率

図5より、グラフ全体で適合率が9割前後で、再現率が7割前後で推移していることが確認できる。また、すべての年度において適合率が再現率を上回っていることも確認でき

る。この事実より、「前期から履修した学生の後期への歩留まり率は7割前後で、かつ、前期に履修せずに後期から履修した学生は僅かである」ことが導かれる。つまり、途中参入する学生が少なく、途中離脱する学生が一定量存在すると言える。この事実と前述の成績の差を総合的に判断すると、離脱した学生が成績優秀層であったと考えるのが最も自然であるが、さまざまな環境要因からそのような推測が正しいとは判断できない。一例として、2020年度は図5より再現率が約70%である一方で適合率がほぼ100%であったが、図2の本試平均点及び合格率にほぼ変化がなく、離脱した学生が成績にほとんど影響を及ぼしていないことが確認できる。現実問題として、前期で離脱した学生の後期の成績を推し量ることは不可能であるため、履修状況により成績に影響があったという結論を導くことはできない。以上の考察より、前期と後期の成績の差は単純に学習内容の難易度に起因するものであり、履修要件等の設定が成績の向上に直結するとは判断できないと言える。

4.2 模試の効果

本節では、模試を実施した効果について検証する。まず第3章における図3の分析結果より、模試を実施したことによる負の相関が見られないことが確認できる。このことは、制度として模試を導入したことが本試の成績向上に寄与し、少なくとも負の効果がなかったと結論付けられる。模試の成績自体は最終的な成績評価には一切算入されないため、受験に当たっての真剣度合いはおのずと異なってくるが、本試に臨む準備教材としては制度上有効な手法であったと考えられる。

また、図4の分析結果より、模試の受験・不受験別学生の成績の差異から鑑みるに、個人に着目した場合、模試受験が本試成績の向上に資することが期待できると推察される。この推察の例外が図4に2期存在し、それぞれ2020年度後期及び2022年度後期である。2022年度後期については前述の通り、模試不受験層が4名と極端に少数であったため、そのうちの成績優秀者によって上方に補正されたことが原因であると考えられ、統計的に十分なデータから得られた結果であるとは言えない。また、2020年度後期については、模試受験・不受験層とも成績そのものが優秀で、それぞれ平均点が95.1点と98.0点であり、有意な差とはなっていない。よって、この例外の2期については、「模試受験層は模試不受験層より本試の成績が低い」とまでは言えないと判断できる。

以上の考察により、制度及び個人の双方の観点から、模試を受験することにより本試の成績が少なからず向上することが期待でき、模試を実施したことによる一定の効果が認められる。特に、図2より模試と本試の平均点の差は後期の方が前期より大きいことが認められるため、学習内容の難易度が高い後期の経営数学Ⅱにおいてその効果が顕著である。

4.3 対面と遠隔の差異

本節では、対面と遠隔の試験実施方法による差異について検証する。図2より、遠隔にてWeb試験を実施した2020年前期・2020年後期・2021年前期の結果が平均点・合格率ともに他の実施回より大きく上回っており、この原因について以下に考察する。

まず考えられるのが、試験の実施形式による要因である。筆記試験では紙媒体で印刷された問題用紙の試験問題を解き、マークシート方式の解答用紙に自身の解答を転記する。一方でWeb試験ではPC等のモニタ上に電子的に表示された問題を解き、画面上に表示された選択肢より解答を選んで入力する。解答は多肢選択式とは言え、大学入学共通テスト等と同様に計算結果の数値をその解答欄の桁数に合わせて選ぶ方式であるので、無作為に選択しても正解となる可能性は極めて低い。以上のような環境より、学生は少なくとも一度は問題用紙または計算用紙に筆記にて解答を導く必要があるため、電子的な解答方式であることが成績の向上に直結したとは断定できないと考えられる。

次にPCやネットワーク等の実行環境の差異による要因である。筆記試験では、同一の教室に集められて基本的に同一環境にて試験が実施される。一方、Web試験では自宅等個々の受験環境よりLMSサーバにオンラインにて接続する必要があり、その環境は画的ではない。PCについてはそのスペックにより処理速度の差異が発生し、ネットワークについては接続の安定性や場合によっては試験時間中に切断される可能性も十分に考えられる。この前提に立つと、試験実施環境が不利なWeb試験の方が成績は下がることが推察されるが、現実にはそうならず、正当に受験した場合、逆に機材等の実施環境自体がむしろ有利に働く要因は他に見当たらないため、Web試験の成績が上方に補正される原因とはなり得ないと考えられる。

また、試験の管理監督体制についても考察する。筆記試験では、前述の通り同一の試験環境で実施され、監督員が適宜巡回監視しており、基本的には不正行為が防がれる状況にある。対してWeb試験では実施環境は統一されておらず、監督員による管理体制も遠隔地を巡回監視することは物理的に困難である。持ち込み可能物品についても当然事前に周知してはいるが、筆記試験とWeb試験では実態の把握に大きな差異がある。さらに、遠隔地でのWeb試験では他者の協力を完全に防ぐことはほぼ不可能であり、隣席あるいはさまざまな通信手段からの助言の存在、場合によっては解答者が本人であるかどうかも疑義の対象となる。図4より、模試・本試ともWeb試験にて実施した2020年度後期・2021年度前期においては、模試受験層と不受験層の差異が極めて小さく、特に2020年度後期においては模試受験層と不受験層の成績が名目上逆転している。この2学期においては筆記試験と同条件でWeb試験が実施できていたかどうかは大いに検証の余地がある。本来は

決して望ましいことではないが、以上のような管理監督体制の差異が名目上の成績向上につながった可能性は完全には否定できない。

とある上位国立大学においては、遠隔での定期試験時に自宅等の受験環境において、「解答画面」「学生の横顔」「学生の手元」の3点をカメラにてモニタリングする手法を採用したとの報告[5]がある。同報告では実施に対する学生からの不満や不安があげられており、中でも環境による不公平感、規定外の行動に対する不正行為認定、そもそも性悪説で学生を見ている大学への不信感などが目立っていた。上位国立大学でもこのような不安定な実施状況であったため、本学においては同手法のような対策を課すことはなかなか困難であったことが容易に推察される。

5. おわりに

本稿では、社会科学系学生のための数学教育において、ICTを活用した新たな試みを導入し、その効果について述べた。また、模擬試験についての受験・不受験層の定期試験における得点差についても考察した。さらに、遠隔・対面の授業及び試験実施方法による差異についても考察した。全体として、ICTの活用及び模試の導入が学生の理解度に一定の効果があったものと評価できる。一方で、試験の実施方法についてはまだまだ再考の余地があり、正当な評価が構築できるような新たな工夫を構築することが急務であると考えられる。

今後の展望としては、学生にいかにして継続して数学を学習してもらえるかという定着率の向上を目指すことが考えられる。報道[3]にあるように、本学部も経済・経営系の学部であるため、将来的には大学入学時に数学が入試で受験必須科目になっている可能性も大いに考えられる。ただ、実施までには多少のタイムラグが存在するため、今後もしばらくは入試で数学を受験しない、ひいては高等学校の教育課程でいわゆる理系数学を選択していない学生の入学を想定しておかなければならない。本学部のような社会科学系の学部でも一定のデータ分析能力が必要とされる現代社会で、今後も継続的にその重要性を説いていく必要があると考えている。

参考文献

- [1] 数理・データサイエンス・AI教育認定制度, 文部科学省公式 Web サイト, https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/suuri_datascience_ai/00001.htm (2023.1.30 最終閲覧).
- [2] 理工農系「250学部の新設・転換」目指し支援、文科省が10年計画, 読売新聞オンライン, <https://www.yomiuri.co.jp/kyoiku/kyoiku/news/20230112-OYT1T50041/> (2023.1.12).
- [3] 大学入試改善へ、国が初の指針…「経済学部の受験科目に数学」など想定, 読売新聞オンライン, <https://www.yomiuri.co.jp/kyoiku/kyoiku/news/20230125-OYT1T50133/> (2023.1.25).
- [4] 塩出省吾, 上野信行, 柴田淳子, 中村光宏, 社会科学系学生のための基礎数学, 共立出版 (2017).
- [5] 鶴見 太郎, カメラモニタリング付きのオンライン試験に対する学生の不安や要望, 第12回4月からの大学等遠隔授業に関する取組状況共有サイバーシンポジウム, 国立情報学研究所, <https://www.nii.ac.jp/event/other/decs/past.html> (2020.7.10).