



Title	初年次基礎科目の数学における作問課題の実践
Author(s)	中屋, 佑紀
Citation	大阪大学高等教育研究. 2021, 9, p. 51-57
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/79442
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

初年次基礎科目の数学における作問課題の実践

中屋 佑紀^{*1}

Practical report of problem posing in mathematics in the first-year fundamental education

NAKAYA Yuki^{*1}

初年次基礎科目の数学において、指定されたテーマに沿った問題や授業で取り扱った問題の類題および模範解答の作成を課す授業実践を行った。作問課題得点と期末試験得点には弱い正の相関（相関係数0.47, $p < 0.001$ ）が見られ、出題された問題を解くだけの試験では評価できない数学的能力を作問課題により評価できた可能性が示唆された。実践後のアンケート結果からは、今回の作問課題の実践を含む授業を通して学生の数学への苦手意識や嫌悪感が改善された可能性が示された。また、作問課題に加え、授業内で学生同士の作問を共有する機会を設けたことで、より効果的に作問課題を授業内容の理解に役立てることができたとの感触を得た。一方で、作問のテーマ設定や評価方法に関しては、教科書・参考書・インターネットなどの授業外の資料を使った学習の促進や、学生同士のレベル差の考慮といった点で課題が残った。作問課題の成績評価法としての意義や大学における作問課題の学生への効果を一般的に議論するためには、より多くの実践データと試行錯誤が必要だと考えられる。

キーワード：作問, 数学教育, 初年次教育, 成績評価法

This article reports mathematical problem posing in the first-year fundamental education. Students who received this practice created mathematical questions including model answers according to given themes and/or similar problems that were handled in the class. Positive correlation was recognized between scores of the problem posing and final exam for the students to solve given questions, however, it was somewhat weak (correlation coefficient: 0.47, $p < 0.001$). This suggests that the problem posing could possibly evaluate the mathematical ability which could not be evaluated by written test. From results of questionnaire after the practice, it was shown that the students' aversion and disgust to mathematics might be improved through classes including the practice of problem posing. The results also suggested that it might be effective to share the formed questions among the students. On the other hand, there remained issues with the theme setting and evaluation method of the problem posing, in terms of (1) promoting use of materials such as textbooks, reference books, and the Internet, and (2) considering the level difference among the students. For general discussions on the significance of problem posing as a grade evaluation method and the effectivity of problem posing on university students, more practical data and trial-and-error are needed.

Keywords : Problem posing, Mathematics, The first-year education, Grade evaluation method.

所 属：^{*1} 摂南大学教務部学習支援センター

Affiliation : ^{*1} Learning Support Center, Setsunan University, Japan

連絡先 : yuki.nakaya@setsunan.ac.jp (中屋 佑紀)

1. はじめに

数学教育において学習者が自ら問題を作成する「作問」の学習効果は多く指摘されており (Silver, 1994), 日本国内でも作問を取り扱った実践研究は多く報告されている (竹中・室田, 2018). しかし, その多くは小学校の算数や中学校・高校の数学の授業を対象に行われたものが多く, 大学での基礎科目・専門科目としての数学の学習において作問を取り入れた実践報告は少ない.

一方, 喜田 (2017) は高校数学における作問を通じたアクティブ・ラーニングのねらいとして, 数学への興味・関心を高める, 数学的な見方・考え方を進化させる, 作問の振り返りや発表・評価を通して知識を統合させる点を挙げている. 今岡 (2001) は, 高校生・大学生向けの作問の実践の中で, 「作成された問題を授業で効果的に示すことが, 良い問題をつくらうとする意欲につながる」と述べている. そこで筆者は, 大学の初年次基礎科目の数学の授業内に作問を取り入れ, 作問を相互に発表・評価する機会を加えたアクティブ・ラーニング型の授業を実践したのでここに報告する.

本稿では, 数学の初年次基礎科目における作問の意義と効果に関して2点の初歩的な調査と検討を行った. まず, 作問課題と期末試験の成績の相関の分析により, 成績評価のひとつとしての作問課題の意義を検討した. 次に, 作問課題に関する無記名式のアンケート調査により, 作問課題の実践を受けて学生がどのようなことを感じたのかを検討した.

2. 実践内容

2-1. 授業概要

作問課題の実践は, 2019年4月から8月までX大学A学部B学科の1年生向けに開講した必修の理系基礎科目 (科目名: 数学基礎 I, 全15回) の授業内で行った. 当該科目は, B学科1年生89名および同C学科の2年生 (再履修生) 1名の計90名が履修登録した. B学科は理学療法士の育成を目指す学科であり, 入学試験では数学以外の科目 (英語のみ, 国語のみ, など) による受験が可能である (実践当時). また, B学科の専門科目では専門的な数学の知識は必要なく, 当該科目は基礎的な数学の能力を養成する教養科目としての位置づけで開講されているものと考えられる.

アンケート調査により, 履修した学生の24%が高校で数学 II に該当する内容を履修しておらず, 76%が数

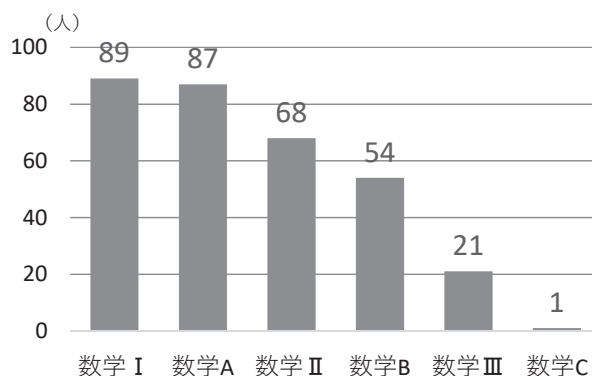


図1 2019年度に当該科目を受講した学生 (89名) のうち, 高校で数学 I, A, II, B, III, C を履修したと答えた人数

表1 学習到達目標および授業の内容

学習到達目標	
①授業で扱った計算の方法を習得する.	
②扱った計算が理学においてどのように利用されているか具体的に述べるができる.	
③グループワークを通じて数学を扱ったコミュニケーションの能力を習得する.	
④作問を通じて論理的な思考を習得する.	

回	授業の内容
1	ガイダンス: 授業概要の説明・班分け
2	数と方程式1: 文字式の計算・一次方程式・一次不等式
3	数と方程式2: 複素数の四則演算・二次方程式
4	数学と理学のかかわり1: 物理学や生物学における方程式の利用
5	関数とグラフ1: 一次関数・二次関数の最大最小
6	関数とグラフ2: グラフを利用した二次方程式・不等式の計算
7	数学と理学のかかわり2: 物理学における関数の利用
8	三角関数: 角の拡張・グラフと周期性
9	指数・対数関数: 指数の拡張・対数の定義・指数対数関数
10	数学と理学のかかわり3: 三角・指数・対数関数の利用
11	微分法1: 微分の基礎的な計算
12	微分法2: 積分の基礎的な計算・関数の微分
13	数学と理学のかかわり4: 化学や生物学における「e」
14	問いを生み出す: 数学に関連する作問演習・これまでの作問の発表
15	まとめ: 重要な定理や計算方法の復習

学Ⅲに該当する内容を履修していないことが分かった(図1)。そこで、微分法・積分法の基礎的な内容(高校数学Ⅲに含まれる内容)を学生全員が理解することを目指し、表1のように学習到達目標および授業内容を設定した。ここで、すでに高校数学Ⅲまでの内容を理解している学生にも新しい知識を得る機会を提供するために、生物学、物理学、化学に関連した計算問題を適宜扱った。

成績評価は、毎回のレポート課題の成績45点、期末試験(資料の持ち込みなし)40点、グループワークでの態度15点の100点満点により評価し、60点以上を単位認定とした。レポート課題の点数の内訳は、第1回授業のグループワークシートに3点満点、第1~14回に出題した作問課題に毎回3点満点(計42点)とした。グループワークでの態度の採点は、あらかじめ持ち点15点を与えておき、遅刻・欠席や不真面目な態度によりグループワークへの積極的な参加が不可能であると判断した学生について都度1点の減点とし、残った点を成績評価に加えた。

2-2. 作問課題の概要

作問課題の実施概要を図2にまとめた。第1回から第14回の授業の最後に次回作問課題のテーマを提示し、課題記入用紙(図3、指定様式)に模範解答まで記入するよう指示した。その際、問題のレベルと量の目安として、作問をすべて解き終わるのにかかる時間の目安を指定し、採点基準を示した。次回授業開始時には、それぞれの学生による作問課題を用いたグループワークを行った。グループは、学籍番号順に並べて5人ずつを1グループとし、グループワークを速やかに行うためグループごとの着席位置を指定しておいた。グループワークでは、模範解答が見えないように半分に折ってグループ内で交換し、お互いに解きあい模範解答により自己採点することで、学生同士で作問と模範解答の出来を評価し議論できるようにした(図2、3)。ここで、学生が相互評価に真剣に取り組むことを狙いとして作問課題用紙にグループ内の学生による記名式の評価欄を設けた(図3)が、この評価は評価する側・される側の成績には反映しないこととした。その後、前回提出分の作問課題のうち特に秀逸な作問(教員が予め選定)をプロジェクターにより提示し、講評した。授業終了時に次回の作問課題のテーマを提示し、次回分の課題記入用紙を配布した。その後、今回分の課題記入用紙の感想・要望欄を記入させ、回収した。

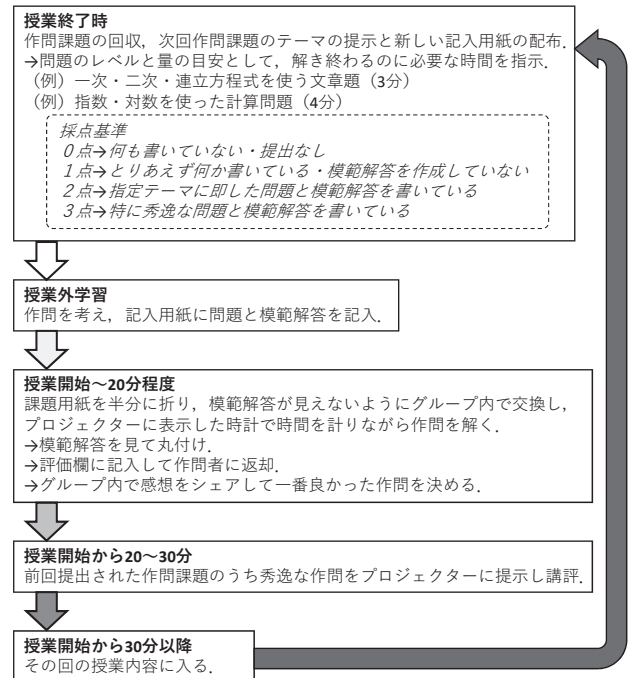


図2 作問課題の実施概要

評価(記入者)	問題	模範解答
	期限内に解けるレベルだったか	5 4 3 2 1
	模範解答の分かりやすさ	5 4 3 2 1
	あなたにとって勉強になったか	5 4 3 2 1

図3 作問課題記入用の用紙。A4横向きに印刷し、次回提出分を授業の終わりに配布した。学生は授業までに「問題」「模範解答」の欄を記入して持参し、グループワークに使用する。グループワークの終了時にグループのメンバーに評価欄を記入してもらう。授業の最後に、課題提出者の授業の感想・要望などを記入し、提出する

2-3. アンケート調査の方法

実践前には、第1回の出席者89名を対象に、高校までに履修した数学の内容と数学に対する意識についての記名式アンケート調査を行った。数学に対する意識については、数学について「得意だ・どちらかといえば得意だ・どちらかといえば苦手だ・苦手だ」および「好きだ・どちらかといえば好きだ・どちらかといえば嫌いだ・嫌いだ」のうちそれぞれ最もあてはまるものを1つ選ぶようにした。

実践後には、第15回の出席者86名を対象に、作問課

表2 作問課題に関する授業後アンケートの内容

設問番号	設問内容
1	毎回の作問課題は、授業内容についての理解を深めるのに役に立った。 (課題がない場合と比較して)
2	毎回の作問課題は、授業の内容を振り返るきっかけになった。 (課題がない場合と比較して)
3	毎回の作問課題に意欲的に取り組んだ。
4	作問課題を成績評価に加えることは、学習意欲の向上に効果的だった。 (成績評価に加えない場合と比較して)
5	他の人の作問課題を解く・見ることは、自分の作問課題へ取り組みに良い刺激となった。
6	他の人の作問課題を解く・見ることは、授業内容についての理解を深めるのに役に立った。
7	毎回の作問課題は班の人とのコミュニケーションに役に立った。 (課題がない場合と比較して)
8	毎回の作問課題は「数字を使ったコミュニケーション能力」の向上に役に立った。 (課題がない場合と比較して)
9	毎回の作問課題は「論理的な思考力」の習得に役に立った。 (課題がない場合と比較して)
10	作問課題のために自分で教科書や参考書を活用した。
11	作問課題のために自分でインターネットを活用した。

題に関連する11項目（表2）についての無記名式アンケート調査を行った。11項目に関しては「1全くそう思わない・2あまりそう思わない・3どちらともいえない・4ややそう思う・5非常にそう思う」の5段階のSD法により行い、「作問課題に取り組むことで発見したこと・気づいたこと」に関する自由記述欄、数学に対する意識について実践前のアンケートと同様のアンケートを付した。

3. 実践の成果と考察

3-1. 作問課題の点数と期末試験の点数の相関

期末試験を受験した学生（89名）について、作問課題の点数（42点満点）を横軸、期末試験の点数（40点満点）を縦軸にとった散布図を図4（a）に示す。作問課題と期末試験の成績には弱い正の相関が認められた（相関係数0.47, $p < 0.001$ ）。また、比較用に前年度（2018年度）の同じ授業での実践（B学科1年生、96人が期末試験を受験）についての散布図を図4（b）に示す。2018年度についても、作問課題と期末試験の成績には弱い正の相関が認められた（相関係数0.47, $p < 0.001$ ）。

2種類の成績評価法による点数の合算により最終的な

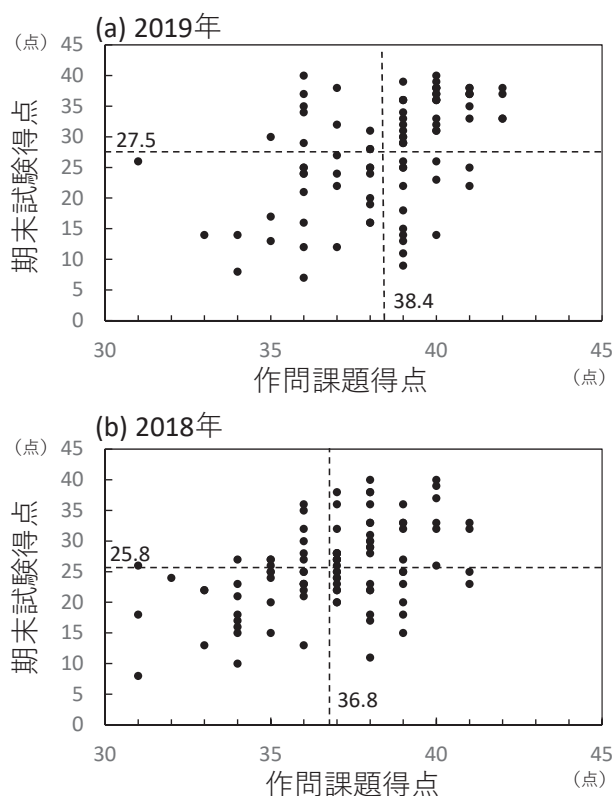


図4 2019年度 (a) および2018年度 (b) に当該科目を受講した学生のうち、期末試験を受験した者の期末試験得点（縦軸）と作問課題得点（横軸）の散布図。点線はそれぞれの平均得点を表す

成績を決定する場合、それぞれの評価法での点数に強い相関が認められるならば、一方の評価法のみで成績を決定するだけで十分と考えることもできるだろう。西岡ら（2012）は、医学系大学での解剖学の実習試験と筆記試験の成績の相関係数が0.47 ($p < 0.001$) であったことを報告し、実習試験が筆記試験では測定できない能力を評価している可能性を指摘した。

本実践においても、作問課題の点数と期末試験の点数に正の相関関係が認められるものの、その相関係数は西岡ら（2012）の報告と同程度に低いことがわかった。つまり、多くの学生については個人の元々の数学の得意・不得意が作問課題と期末試験の両方に反映され、それらの点数に正の相関関係が見られたが、作問課題で得点できて期末試験で得点できなかった学生（およびその逆パターンの学生）も一部見られたということである。これは、出題された問題を解くだけの試験とは異なる数学的能力を評価するという作問の成績評価指標としての性質を統計的に示唆していると考えられる。しかし、作問課題の数学における成績評価指標としての性質を一般的に理解するには、他の大学での実践を含めたより多くの調査が必要だと考えられる。また、14回分の作問課題へ

の取り組みの中で作問の能力や期末試験で得点する能力を高めた学生についての定量的な考察も必要となるだろう。

作問課題と期末試験の点数の正の相関から外れた学生については、2つの成績評価を用意した意義があったと考えられる。期末試験の点数が平均点を下回っているが作問課題の点数が平均点を上回っている学生は2018年で13名(96人中)、2019年で15名(89名中)であり、これは期末試験で得点できない分を作問課題の点数でカバーすることができた学生が少なからずいたことを示している。この事実を次年度以降に作問課題を実践する際に学生に示せば、作問課題へのモチベーションを高めることができるかもしれない。

3-2. アンケート結果

数学に対する意識についての実践前・実践後のアンケート調査結果を図5に示す。第1回に比べ第15回の授業の出席者数が減ったためアンケートの母数が異なるが、おおよその傾向として全15回の授業を通して数学への苦手意識は改善され、数学が好きだと答えた学生が増加したことがわかる。ただし、これは作問課題だけでなく授業全体による学生への影響が表れていると考えられる。また、実践前は記名式、実践後は無記名式でアンケート調査を行ったため、学生個人の変化や成績との関係を把握することができなかった。

つぎに、作問課題に関する実践後のアンケート結果を図6に示す。授業への理解や意欲に関連する設問1～6

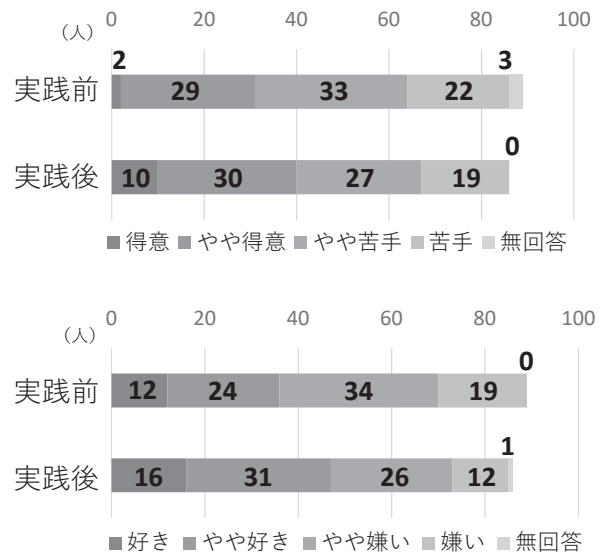


図5 実践前(89名)と実践後(86名)に実施した、学生の数学に対する意識についてのアンケートの集計結果。数字はそれぞれの選択肢を選んだ回答者の人数を表す

および学習到達目標を達成する手段としての作問課題の意義に関する設問7～9において、おおむね好意的な意見が多くみられた。学生は作問課題を授業時間外に取り組みしており、設問1・2の結果から作問課題への取り組みが授業内容の復習として機能していたことがわかった。また、設問6では90%の学生が「他の人の作問課題を解く・見ることは、授業内容についての理解を深めるのに役立った」と感じており、作問課題をグループワークで共有し、特に出来が良いと判断した作問を全体に共有したことも授業内容の復習に生かされたと考えられる。

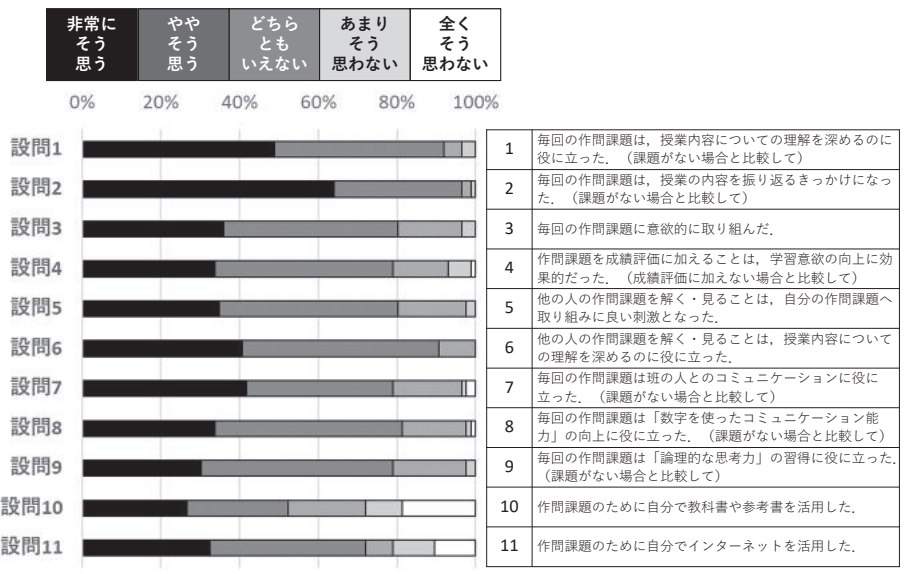


図6 作問課題に関連する11項目(表2)についての無記名式アンケート調査の集計結果

表3 授業後アンケートにおける「作問課題に取り組むことで発見したこと・気づいたこと」に関する自由記述欄の解答内容（要約・抜粋）

項目	学生の意見（要約・抜粋）
作問の難しさ	<ul style="list-style-type: none"> 問題を考える方が解くより難しい。 解くより作る方が大変だった。 答えをきれいな形にすることの難しさを感じた。 答えの数をきれいにするのが難しく、テストを作るのは大変なんだと感じた。
作問と学習内容の理解度	<ul style="list-style-type: none"> すこしひねりを加えようとする、作問テーマの内容をちゃんと理解できていないとうまくいかないと感じた。 どこに注意して解くべきかを模範解答にわかりやすく書くことで、授業内容が自分の頭に入っていた。 模範解答をわかりやすく作ることで、自分もまた理解がしっかりできてよかった。 模範解答を書くのは、自分が100%わかっていないとできないと感じた。 問題を解くよりも作る時のほうが、理解できているかいないかが分かる。 模範解答作成を通じて表面的にしか理解できていないことが多いと感じた。
レベル差	<ul style="list-style-type: none"> グループメンバーのレベルの高い作問に当たると、手も足も出ないので勉強にならない。 作問課題は振り返りにはとても良いが、成績評価にとらわれて相手側のレベルを考えずに作られる問題も多くあったと思う。
他の学生の影響	<ul style="list-style-type: none"> 先生が前で紹介してくれるおかげで、意欲的に課題に取り組めた。 授業初めの問題紹介は非常におもしろく、ためになると感じた。 自分が狙った間違え方をしてくれると、ちょっとうれしい。
その他	<ul style="list-style-type: none"> 作問者がどのようなことを考えて問題を作っているのか知ることができた。 復習にもなるので、良い課題だと思った。 自分の作った問題の解法は忘れにくくて勉強になる。

一方で、設問10・11「作問課題のために教科書や参考書、インターネットを活用した」に対し「そう思わない」と回答した学生は20%以上にのぼった。これは、一部の学生は配布資料以外の授業外コンテンツをあまり活用せずに作問課題に取り組んだことを示している。その背景には、作問が苦手な学生への配慮として授業で扱った演習問題の数値を変えただけの類題を認めたことが考えられる。また、今回の作問課題の評点基準（図2）は、学生に対し「数値を変えただけの類題の作問と、解答の方法や着眼点などを大きく変更した独創的な作問とで評価に大きく差がつかない」という印象を与えてしまっていた可能性がある。

「作問課題に取り組むことで発見したこと・気づいたこと」の自由記述欄には、20名の学生から回答があった。それらをいくつかの項目に分けて表3に示す。

項目「作問の難しさ」に挙げたように、問題を解くよりも作る方が難しいことを実感した学生が多かったこと

がわかる。項目「作問と学習内容の理解度」からは、学習内容の理解度が作問の出来に反映されることを実感した学生がいたことが分かる。教員が学生の理解度を測定するための指標（Silver, 1994）として作問課題を活用した一方で、学生もまた作問課題を通じて自己の理解度を自ら確認することができていたと考えられる。

項目「学生のレベル差」からは、作問者や内容によっては学生の能力差が浮き彫りになってしまう事例があったことに気付く。協同学習において学習者の数学的素養やレディネスの差は根本的な課題であり（宇野, 2010）、学生間のレベル差の表出によるモチベーションの低下を防ぐことのできるような班分けの配慮や作問テーマの設定が必要だと考えられる。

項目「他の学生の影響」では、グループワークや特に出来が良い作問の共有が、一部の学生のモチベーションに良い影響を与えていたことがうかがえる。さきに今岡（2001）による作問課題の実践報告で指摘されたように、作成された問題を授業で効果的に示すことが良い問題をつくらうとする意欲につながったのではないだろうか。

4. まとめと展望

数学の初年次基礎科目において、指定されたテーマに沿った問題や授業で取り扱った問題の類題を作問する課題を課す授業実践を行い、作問課題と期末試験の成績の相関や学生へのアンケート結果を考察した。

作問課題得点と期末試験得点には弱い正の相関（相関係数0.47, $p < 0.001$ ）が見られ、出題された問題を解くだけの試験とは異なる能力を作問課題により評価できた可能性が示唆された。このような作問課題の成績評価指標としての性質をより一般化するためには、今回の2018年度、2019年度の実践データに加え、他の大学での実践を含めより多くのデータを使った統計的な考察が必要である。

一方、アンケート結果からは今回の作問課題の実践を含む授業を通して学生の数学への苦手意識や嫌悪感が改善された可能性が示された。多くの学生は作問課題が授業内容の復習として活用できたと感じており、作問学習を通して自分の授業内容への理解度を認識できたという意見も見られた。また、授業内ではかの学生の作問を共有する機会を作ったことで作問課題による授業内容の復習がより効果的になったとの感触を得た。今後は、教科書・参考書やインターネットなどの授業外のコンテンツの活用を促すことのできるような作問のテーマ設定や評

価方法を工夫したい。また、学生のレベル差が浮き彫りになることによりモチベーションが悪化する可能性があり、作問のテーマ設定やグループワークの班分けに改善の余地があると考えられる。

今回のアンケート調査では、本実践に当たって工夫した要素のうちいくつかは考察しきれなかった。その一つとして、学生の相互評価の意義についての検討が挙げられる。平嶋（2019）が指摘するように、学習途上にある学生の中には作問の適切さを判断する能力が不十分である者も想定される。そのため、本実践で行ったグループワークでの相互評価が適切になされていたか、フィードバックとして機能していたかなどを検討する必要があるだろう。今後は作問課題の採点法をルーブリックにより示したうえで教員による採点と学生による採点を定量的に比較する、アンケート調査の項目で相互評価に関する学生の意見を質的に検討する、などの改善を行いたい。また、アンケートを記名式に変更し、作問課題の成績とアンケート結果を照合することも検討したい。

本稿では、大学での学びにおけるアクティブ・ラーニングの一環としての作問課題の実践を報告した。その成績評価法としての意義や学生への効果をより一般化して議論するためには、さらに多くの実践データと試行錯誤が必要だろう。本実践報告が、高等教育における作問実践の一助となり、今後多くの事例が共有されていくことを期待する。

受付2020.10.2／受理2021.1.12

謝辞

著者は大阪大学全学教育推進機構教育学習支援部が大学院生向けに開講する大阪大学大学院等高度副プログラム「未来の大学教員養成プログラム」を2017年に修了しました。そこでは、大阪大学全学教育推進機構教育学習支援部の佐藤浩章准教授、大山牧子助教、根岸千悠特任助教らから大学教育のノウハウや教育実践研究の方法を学び、本実践並びに本稿執筆に活かすことができました。この場をお借りして深く謝意を表します。また、実践方法の検討やアンケートの作成に関し、多数のディスカッションを通じ改善のヒントを与えてくださった大阪大学若手FD研究会の皆様へ感謝申し上げます。

引用文献

E. A. Silver (1994) On mathematical problem posing. *For the Learning of Mathematics* 14(1), 19-28.

今岡光範（2001）「高校生・大学生による数学の問題作り」全国数学教育学会誌『数学教育学研究』7, 125-131.

宇野民幸（2010）「数理的作問の共同性について」『教養と教育』10, 30-37.

喜田英昭（2017）「問題作成学習を通じた高校数学におけるアクティブ・ラーニングの実践研究」『広島大学附属中・高等学校中等教育研究紀要』64, 51-57.

竹中真希子・室田一成（2018）「作問学習を取り扱った先行研究に関する基礎的研究——先行研究で採用されている作問の方法——」『大分大学教育学部研究紀要』40（1）, 133-148.

西岡和昭・伊藤正裕・林省吾・平井宗一・福沢嘉孝・大滝純司（2012）「解剖学の実習試験成績と筆記試験成績との相関」『医学教育』43（3）, 199-204.

平嶋宗（2019）「作問学習に対する知的支援の試みと実践——組立としての作問および診断・フィードバック機能の実現——」『科学教育研究』43（2）, 61-73.