

令和元年5月31日現在

機関番号：10102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K17433

研究課題名(和文)社会的側面からみた確率学習の困難性

研究課題名(英文)Institutional restrictions on the learning of probability

研究代表者

大滝 孝治(Otaki, Koji)

北海道教育大学・教育学部・特任講師

研究者番号：90750422

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では確率学習について、その阻害要因を二つの視点から考察した。一つは「教えるべき知識の性格」であり、もう一つは「教師の専門性」である。それぞれについて複数の要因を特定した。本研究が明らかにした阻害要因は、以下の2点に集約される。(1)「単元群」や「領域」といった比較的大きなサイズの教えるべき知識が「サイコロなどが正当な数学的道具としてみとめない」などの特徴をもち、それらは確率学習の障害となる。(2)そうした一授業や一単元を超えた大きさの内容構成に関わる特徴への介入は、教師の専門的なタスクに含まれないため、授業において確率学習の困難性が乗り越えられることはない。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、確率学習の困難性の要因を、特に「教えるべき確率知識」と「教師の専門性」の視点から明らかにした点である。これらの視点は通常の教科教育研究では、暗黙の前提とされ、これまで主たる研究対象として取り扱われてこなかった。しかし、そもそもこれらの点に大きな要因があるとすれば、一授業や一単元における工夫で確率指導を改善しようとする試みには無理がある。本研究の成果は、確率学習の困難性の克服のためには、授業レベルの修正ではなく、カリキュラムレベルの改革や、教師の新しい専門性の開発が必要なことを示唆している。これが本研究の社会的意義である。

研究成果の概要(英文)：This research investigates institutional restrictions on the teaching and learning of probability from two viewpoints. One is the character of knowledge-to-be-taught, and the other is the teachers' professional responsibility. These perspectives are two genres of the factors or conditions on the difficulty of the learning of probability. In this research, different restrictions have been identified in both genres. The restrictions can be summarized as follows.

1. At the levels of relatively large contents like domain and sector, some properties of knowledge-to-be-taught about probability for example, in the domain, randomizers like dice or coin cannot be regarded as a "legitimate" mathematical tools can be obstacles.
2. Intervention to knowledge-to-be-taught of such sizes is not included in the teachers' professional tasks. As a result, the obstacles cannot be overcome in mathematics classrooms.

研究分野：数学教育学

キーワード：確率 教えるべき知識 教師の専門性 制度的制約 教授学的転置 付随教授的(para-didactic) 教授
人間学理論 生態学的方法

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

認知心理学は、不確実性を伴う事柄の取り扱いをホモ・サピエンスが苦手とすることを明らかにしてきた。そしてこれを受けて、数学教育の実践や研究においても、多くの「ミスコンセプション *misconception*」—学習者の誤った考え—が報告されてきた。今日の日本の学校数学カリキュラム上で特に問題視される確率ミスコンセプションは2つある。一つはいわゆる「数学的確率」に関わるもので、「同様に確からしい」根元事象を生み出す標本空間の設定における誤りであり（例えば、十円玉2枚を同時に投げる試行の結果の確率を求める場面）、もう一つは少ない回数での試行シミュレーションから確率の数値を導く誤りで、「統計的確率」と呼ばれてきたものに関わる。これらの誤りは、全国学力・学習状況調査の結果を待つまでもなく、数学教師の経験的常識であり、確率教育に携わるものであれば誰もが多かれ少なかれ改善しようとしてきた問題状況である。しかしなかなかうまくいかない。

2. 研究の目的

本研究プロジェクト「社会的側面からみた確率学習の困難性」は、この問題の解決を阻む要因を突き止めることを主目的とし、それを通して「実現可能な」解決策を探ることを副目的とするものである。ここで強調したいのは、「困難性の要因」というときに、「何か決定的な単一の原因がある」という素朴な因果論は採用しないということである。詳細については後述するが、本研究では「生態学的方法」に従い、あらゆる教授現象は多種多様な「条件」と「制約」の複雑なシステムの所産として生じると捉える。こうした複雑な要因を着実に解明していくことが、真に効果的な指導提案に繋がると考えるのである。

3. 研究の方法

本研究では先述のように「生態学的方法 *ecological approach*」を採用する。これは「教授人間学理論 *anthropological theory of the didactic*」(cf. Chevallard, 2019)という研究プログラムの中で重要視される方法論である。教科教育研究というと、授業改善のための新しい手立てを生み出し、その効果を調べるというのが、特に日本では一般的である。つまり、研究対象への「介入」がねらわれる。しかし、自然科学をみれば明らかのように、科学のそもそもの目的は、特定の現象を生み出す条件を解明すること、つまりその現象を「理解」することである。これと同種の発想をするのが生態学的方法である。

様々な教授現象の発生条件を特定しようとするのが生態学的方法である。しかし、条件特定といっても、それほど簡単ではない。他の社会的な現象と同様に、教授現象も多種多様な条件から影響を受けているからである。例えば、ある数学授業の中で生じる物事は、その授業内で生じた物事のみに影響されているわけではない。勿論、児童・生徒や教師の振る舞い、本時の指導内容なども授業には影響するが、それ以外にも、日本の学校制度や社会制度など、非常に多くの要素が複雑に絡み合いながら一つの授業を成立させているのである。

教授現象の複雑性を解明するのは難しい。そこで教授人間学理論の生みの親であるフランスの数学教授学者 Yves Chevallard によって開発されたのが「教授相互決定水準の階層構造 *scale of levels of didactic co-determinacy*」(図1)というモデルである。詳細は割愛するが、このモデルは、教科教育研究が研究の際に考慮しなければならない様々な条件の水準を表している。通常の教科教育研究よりもかなり広い範囲のデータが不可欠のものとして想定されていることがみてとれよう。本研究では、このモデルに基づいて、確率学習の困難性の要因を、従来の研究よりも広い視野から特定していく。「社会的側面からみた確率学習の困難性」という本プロジェクトの名称の前半部は、この方法論を反映している。



図1. 教授相互決定水準の階層構造

4. 研究成果

本研究では確率学習の困難性の発生条件について、二つの視点から探究した。一つは「教えるべき知識の性格」であり、もう一つは「教師の専門性」である。これらの視点は確率学習の困難性の要因の二つのジャンルであり、それぞれについて、複数の条件を特定した。これら二つのジャンルに注目したのは、「指導内容」と「教師」が学習に最も直接的に影響する授業の要素であり、それらの性格やその成立条件をたどることで、確率学習の困難性の要因に迫れると考えたからである。以下では発見された条件のうち、主たるものを紹介する。

まず「教えるべき知識の性格」に関わる確率学習の障害条件として、「ランダマイザーの脱数学化 *demathematization of randomizers*」(Otaki, submitted)があげられる。これは、確率学習における「正当な数学的ツール」として、サイコロやコインといった無作為生成機が認められておらず、指導のための補助的な道具として位置づけられていることを表している。典型的には、試験ではそれらの使用が認められない。しかし、ランダマイザーは「統計的確率」を求めるために必須である。こうした道具の位置づけの影響から、特に確率の統計的な側面の取り扱いが一方で薄くなり、他方、確率の算術的な側面ばかりが強調されるのである。

「教師の専門性」に関わる確率学習の困難性の主たる条件は、「付随教授的二極化 *paradidactic bipolarization*」(Otaki, Asami-Johansson, and Bahn, 2019)であり、これは「教えるべき知識の性格」に関わる阻害条件と連動することで、確率学習の障害として機能する。教師が授業デザインで責任をもてるのは、指導内容については一授業や一単元の構成であり(図1でいえば題材と主題のレベル)、指導方法については内容に依存しない一般的な教え方である(「問題解決」など: 図1でいえば指導法レベル)。言い換えれば、図1の区域から教科までのレベルは教師にはある意味で「無視」される。こうした状況を本研究では付随教授的二極化と呼ぶのである。一方で二極化の状況がある。他方、上述のような教えるべき知識に由来する確率学習の阻害条件は、主に図1の区域から教科までのレベルに位置づく。この事実は、教えるべき知識に内在する確率学習の困難性が、教師に可能な介入の範囲をこえていることを意味している。まとめると、本研究が明らかにした確率学習の困難性の要因は、以下の2点に集約される。

- ✓ 「領域」構成の水準で、教えるべき確率知識が「ランダムマイザーの脱数学化」などの特徴をもち、それらは確率学習の障害となる。
- ✓ そうした特徴への介入は、教師の専門的なタスクに含まれず、結果、確率学習の障害は克服されない。

主要参考文献

- Chevallard, Y. (2019). Introducing the anthropological theory of the didactic: An attempt at a principled approach. *Hiroshima Journal of Mathematics Education*, 12, 71–114.
- Otaki, K. (submitted). Frequentist probability in Japanese school curricula.
- Otaki, K., Asami-Johansson, Y., & Bahn, J. (2019). Questioning the paradidactic ecology: Internationally shared constraints on lesson study? In *Pre-proceedings of CERME 11*. Utrecht: The Nederland.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計7件)

- ① Otaki, K. (in press). On reflexivity and normativity in didactics: Mutual analysis of the ATD and the commognition theory. In *Proceedings of Intensive Research Programme: Advances in the Anthropological Theory of the Didactic and their Consequences in Curricula and in Teacher Education*. Barcelona: June 3rd – July 23th, 2019.
- ② Otaki, K., & Asami-Johansson, Y. (in press). The ecology of the didactic divide in teacher education. In *Proceedings of Intensive Research Programme: Advances in the Anthropological Theory of the Didactic and their Consequences in Curricula and in Teacher Education*. Barcelona: June 3rd – July 23th, 2019.
- ③ Hakamata, R., & Otaki, K. (in press). Graph-theoretical inquiry in upper-secondary school. In *Proceedings of Intensive Research Programme: Advances in the Anthropological Theory of the Didactic and their Consequences in Curricula and in Teacher Education*. Barcelona: June 3rd – July 23th, 2019.
- ④ Otaki, K., Asami-Johansson, Y. & Bahn, J. (2019). Questioning the paradidactic ecology: Internationally shared constraints on lesson study? In *Pre-proceedings of 11th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*. Utrecht: The Nederland.
- ⑤ Hakamata, R., & Otaki, K. (in press). On study and research responsibilities: A case in Japanese upper secondary school. In *Proceeding the 6th International Conference on the Anthropological Theory of the Didactic*. Autrans (close to Grenoble, France): January 22nd– 26th, 2018.
- ⑥ Otaki, K., & Iwasaki H. (2017). A survey on preservice-teachers' probabilistic equipment. In B. Kaur, W. K. Ho, T. L. Toh, & B. H. Choy (Eds.), *Proceedings of the 41st Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 2, p. 68). Singapore: PME.
- ⑦ 袴田綾斗・大滝孝治 (2016). 「高等学校教育実習生の数学指導活動：論理の視点から」. 全国数学教育学会第44回研究発表会. 高知大学.

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表

研究代表氏名：大滝 孝治

ローマ字氏名：Koji Otaki

所属研究機関名：北海道教育大学釧路校

部局名：教育学部

職名：特任講師

研究者番号：90750422

(2) 研究協力者

氏名：袴田 綾斗

ローマ字氏名：Ryoto Hakamata

所属研究機関名：高知大学

部局名：教育学部

職名：助教

研究者番号：50824215

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。