

論文内容の要旨

放送大学大学院文化科学研究科
文化科学専攻人間科学プログラム
2018年度入学

ふりがな くも で まさふみ
(氏名) 口分田 政史

1. 論文題目

小学校段階における確率教育の内容と方法の構築
ー確率判断と期待値判断の関連性に焦点を当ててー

2. 論文要旨

序章では、確率学習の困難性が、小学校段階で確率領域のカリキュラムが整備されていないことに原因の1つがあるのではないかと仮定された。また確率領域の教育は、数学の他領域よりも心理学研究との関わりが深く、学習者の確率概念の認知発達を踏まえて学習内容と方法を構築することが重要であると考えられた。

第1章では、国内及び諸外国の確率教育の歴史的展開過程と確率教育研究の系譜を辿ることから、小学校段階における確率教育の検討課題を整理した。その結果、歴史的展開過程において確率領域は他領域よりも軽視されてきた経緯が指摘された。一方で諸外国では、就学前や小学校低学年段階といったより低年齢段階からの確率教育の重要性が古くから議論されており、カリキュラムにも反映されていることが明らかとなった。

第2章では、世界的な確率学習時期の低年齢化に伴って開発・提案されてきた確率概念の認知発達の諸モデルやカリキュラム案について検討した。その結果、近年の研究の特徴として、中等教育段階以降の確率教育を小学校段階にそのまま適用しようとするのではなく、小学校段階独自の学習内容と方法の構築を試みていることが見出された。一方で、確率概念は意思決定やリスクに対処する上で重要な役割を持つが、この側面に焦点が当てられていないことが課題として指摘された。とりわけ期待値の概念は、規範的意思決定基準としての側面も持ち、リスクを定量的に扱う上で重要な概念であると考えられた。これらの議論から、次の3つの研究課題が導出された。研究課題1は、小学校段階の確率教育の成果と課題を実証的な立場から検証することであった。研究課題2は、小学校段階における学習者の期待値概念の認知発達過程を検証することであった。第3の研究課題3は、実証研究から得られた知見を整理することから、小学校段階の確率教育に有効と考えられる教授原則を提案し、それに基づいた確率教

材を開発することであった。研究課題 1 は第 3 章から第 5 章、研究課題 2 は第 6 章と第 7 章、研究課題 3 は第 8 章で検討した。

第 3 章では、小学校第 1 学年から第 6 学年を対象にした確率判断に関する横断的調査の結果を分析した(研究 1)。目的は、国内の学習者を対象に確率判断の発達的特質を分析し、Fischbein(1975)が指摘した確率概念形成が阻害されている可能性を検証することであった。調査課題は確率大小比較判断課題を用いた。結果の分析は次の手順で進めた。まず Norman(1983)が区別した 2 つ表象を用いて、古典的確率、統計的確率、主観的確率の 3 つの概念モデルに対応するメンタルモデルとして順に量ビュー、頻度ビュー、主観ビューを取り出した。次に、学年の進行に伴う各ビューの適用率の差異を分析した。さらに主観ビューの質的側面を検討するために方略分析を行った。分析の結果、第 6 学年で主観ビューの増加がする特徴がみられた。この要因として、学年の進行とともに因果関係の理解が進むことで、因果関係に基づいて解決する傾向が高まっていることが指摘された。また低学年から中学年にかけて、問題状況が持つ様々な属性と確率の大小を関連付ける誤りがみられた。小学校段階で確率カリキュラムが適切に整備されていない現状では、これらの誤りは修正されず、中等教育段階以降の確率学習の支障となっている可能性が指摘された。

第 4 章では、小学校低学年段階に焦点を当て、これまで提案・開発されてきた確率概念の認知発達の諸モデルやカリキュラム案に基づいた確率教育について、実践的な立場から検証した。まず小学校第 2 学年の学習者 2 名を対象にした事例的検討を行った(研究 2)。目的は、小学校低学年段階における意図的な教授によって、学習者の確率概念形成がどの程度促進されるのかについて検証することであった。教授目標は、誤った主観ビューを適切な量ビューへと移行させることであった。結果の分析は、教授学習過程の分析と、事前・事後評価課題の結果を比較することによって進めた。その結果、意図的な教授によって、適切な量ビューの獲得が促進される可能性が示された。しかしこれらは学習者 2 名の事例だけに当てはまる可能性が指摘された。そこで、小学校第 1 学年の学級集団を対象にした教育実践(研究 3)を行った。目的は、小学校低学年段階の学級集団を対象にした確率教育実践の効果を検証することであった。研究方法は構成法とよばれる形式的な実験方法を採用した。教授目標は、研究 2 と同様であった。結果の分析は、教授学習過程の分析と、事前・事後評価課題の結果を比較することによって進めた。その結果、正答率は概ね増加傾向であり、小学校低学年を対象にした確率教育が意味を持つものであることが示された。一方で確率判断と意思決定判断とを混同する誤りは十分に修正されておらず、教育実践の課題も指摘された。

第 5 章では、小学校中学年段階に焦点を当て、これまで提案・開発されてきた確率概念の認知発達の諸モデルやカリキュラム案に基づいた確率教育について、実践的な立場から検証した。まず小学校第 4 学年の学習者 1 名を対象にした事

例的検討を行った(研究 4)。目的は、小学校中学年段階における意図的な教授によって、学習者の確率概念形成がどの程度促進されるのかについて検証することであった。教授目標は、非比例的な量ビューを比例的な量ビューへと移行させることであった。結果の分析は、研究 2 と同様の手法で進めた。その結果、意図的な教授によって、比例的な量ビューの獲得が促進される可能性が示された。しかしこれらは学習者 1 名の事例だけに当てはまる可能性が指摘された。そこで、小学校第 4 学年の学級集団を対象にした教育実践(研究 5)を行った。目的は、小学校中学年段階の学級集団を対象にした確率教育実践の効果を検証することであった。教授目標は、研究 3 と同様であった。研究方法は構成法であり、結果の分析は、研究 3 と同じ手順で進めた。その結果、教育実践の効果は、学習者によって差異がみられることが示された。この要因として小学校中学年段階の学習者が持ち合わせている定量的な確率判断が想定していたよりも多様であったことなどが指摘された。

第 6 章では、小学校第 5,6 学年を対象にした期待値判断に関する調査の結果を分析した(研究 6)。目的は、小学校段階の学習者の期待値判断を捉えるための枠組みとして、ルール評価アプローチと方略分析とを組み合わせた手法の妥当性を検証することであった。調査課題は期待値大小比較判断課題を用いて、結果の分析は次の手順で進めた。まずルール評価アプローチを用いてルールを同定した。次に、学年間や課題の種類における期待値判断の差異を分析した。さらに理由記述の方略分析から、期待値判断の質的側面について検討した。調査の結果、ルール評価アプローチによって学習者の期待値判断の実態が客観的に捉えることができることが示された。またルール評価アプローチのみでは捉えることのできない躓きや困難性の要因が方略分析により見出された。したがって採用した手法は妥当であると考えられた。

第 7 章では、小学校第 1 学年から第 6 学年を対象にした期待値判断に関する横断的調査の結果を分析した(研究 7)。研究 7 の目的は、研究 6 の手法を用いて小学校段階における期待値判断の発達的特質を明らかにすることであった。調査課題は期待値大小比較判断課題を用いて、結果の分析は次の手順で進めた。まず、ルール評価アプローチを用いて解答パターンの分析からルールを同定した。次に、学年間におけるルール適用率の差異を調べた。さらに各ルールにおける方略分析を行った。調査の結果、小学校段階における期待値判断の段階として、第 1 段階：確率値(P)と確率変数値(V)を考慮しない段階、第 2 段階：P あるいは V の 1 変数に基づいて比較する段階、第 3 段階：固定課題でのみ P と V の 2 変数を考慮して比較する段階、第 4 段階：P と V の 2 変数を考慮し、定性的推理で比較する段階、第 5 段階：P と V の 2 変数を考慮し、定性的推理から定量的推理への過渡期の段階、第 6 段階：P と V の 2 変数を考慮し、適切な定量的推理で比較する段階の 6 段階が取り出された。さらに期待値判断と関連する領域の学習経験が段階の高次化に影響を与えている可能性が示された。

第 8 章では、実証研究で得られた知見に基づき、期待値判断と確率判断との関連性に焦点を当て、小学校段階の確率教育で有効だと考えられる 5 つの教授原則を提案し、教材を開発した。教授原則 1 は、規範的意思決定基準として確率判断、確率変数値判断、期待値判断の 3 者を比較させることであった。教授原則 2 は、確率判断、確率変数値判断、期待値判断の 3 者の関係性は、定量的関係を扱う前に、定性的関係を捉えさせることであった。教授原則 3 は、3 者の定性的関係の知識構造から定量的関係の知識構造への移行は、W 方略系の適用によって促進させることであった。教授原則 4 は、度数や頻度の変動に着目させることから、確率と割合(比例定数)との差異を明確にすることであった。教授原則 5 は、定数回試行課題を用いて、量ビューと頻度ビューの関係性を捉えさせることであった。これら 5 つの教授原則に基づいて小学校段階における確率教材を開発した。

終章では、今後に残された研究課題について言及した。まず開発した教材の妥当性について、教育実践を通して検証することが挙げられた。次に確率概念の構成要素を包括的に捉えて学習内容と方法の構築を進める必要性が指摘された。さらに就学前や中等教育段階以降も視野に入れた系統的な確率領域のカリキュラムの整備が今後の課題として示された。

Abstract

The School of Graduate Studies,
The Open University of Japan

Masafumi Kumode

Constructing Methods and Contents for Elementary-Level Probability Education: Focusing on the Relationship Between Probability Judgments and Expected Value Judgments

This study evaluates the many factors involved in teaching probability to elementary school students. The introduction hypothesizes that one reason for the difficulty of probability study is that no organized elementary-level probability curriculum exists in Japan. In addition, the teaching of probability is more closely related to psychological research than other areas of mathematics because it is important to build learning content and methods based on learners' cognitive development of probability concepts.

Chapter 1 presents the issues for examination regarding the teaching of probability at the elementary school level through a review of how probability is taught both in and outside Japan, and traces the genealogy of existing research into probability education. It was discovered that probability education in Japanese elementary schools has historically received more casual treatment than other areas. In contrast, in several other countries, the importance of probability education from stages as early as preschool or early elementary school has been discussed, and this has also been reflected in their school curricula.

Chapter 2 reviews the various models and curriculum plans which have been developed and proposed for the cognitive development of probability concepts at the elementary school level as a result of how this topic is introduced at a younger age around the world. The review reveals the fact that in recent years, the trend has been to put together learning methods and content specific to elementary schools rather than trying to adopt those originally developed for junior or senior high school students. However, while probability concepts play an important role in decision making and risk

management, the failure to highlight these connections is a problem. In particular, the concept of expected value can be used as a normative decision-making standard, which is important when trying to manage risk in a quantitative manner. Based on these discussions, the following three research issues are deduced: testing empirically the existing models for the cognitive development of probability concepts from a practical perspective, clarifying the cognitive development process of the concept of expected value in elementary school learners, and developing probability teaching materials based on teaching principles effective for teaching probability at the elementary school level. Issue 1 is taken up in Chapters 3 through 5, Issue 2 in Chapters 6 and 7, and Issue 3 in Chapter 8.

Chapter 3 explores the results of a cross-sectional survey of probability judgments in first- through sixth-grade students (Study 1). Study 1 used a survey task in which learners make judgments and comparisons of probability numbers to analyze the developmental characteristics of probability judgments in Japanese learners so as to examine the possibility pointed out by Fischbein (1975) that probability concept formation is being hampered. The survey results were analyzed in the following way. First, using the two representations classified by Norman (1983), quantitative, frequency, and subjective views were taken up as mental models corresponding to the three concept models of classical probability, statistical probability, and subjective probability. Next, the differences in application rates of each view from each school year to the next were analyzed. Furthermore, strategic analysis was performed to examine the qualitative aspect of the subjective view. Results were characterized by an increase in the subjective view among sixth graders. Understanding of cause-and-effect increased with each school year, and this is thought to be a factor in the increasing tendency among older elementary schoolers to solve probability judgment problems applying causal reasoning as well. Additionally, errors were observed in the lower to middle elementary years, where students incorrectly related various attributes of the problem situation to probability judgments. Concerns were raised that the status quo, in which the probability curriculum is not suitably organized at the elementary school level, may be failing to ameliorate these errors and thus hampering the learning of probability at the secondary level and beyond.

In Chapter 4, the abovementioned models and curriculum plans are put to the test from a practical standpoint, with a focus on the lower elementary years. A case study of two second-grade learners (Study 2) was used to examine the possibility that intentional teaching in the lower elementary

school years could enhance learners' probability concept formation. The teaching objective was for the student to understand how to compare and evaluate probability based on the configuration of the sample space. Two different kinds of analysis were conducted, the first was an analysis of the teaching/learning process, and the second was a comparison of the before/after evaluation task results. The results suggest that there is a possibility that the grasp of probability judgment perspectives based on sample space configuration is promoted through intentional teaching. However, it was noted that this possibility might apply only to the case study of these two learners. Therefore, actual teaching was conducted with a class of first graders (Study 3) to examine the effectiveness of probability education in actual practice targeted at a lower elementary school class. The study employed a formal experimental method called the configuration method. The teaching objective was similar to that of Study 2, and again two kinds of analyses were performed—an analysis of the teaching/learning process and a comparison of the before/after evaluation task results. The results revealed a trend where the rate of correct answers increased, suggesting that probability education practice targeted at lower elementary years is thus meaningful. On the other hand, errors where learners are confused between probability and decision-making judgments did not see adequate improvements, and it was noted that the effectiveness of educational practice is limited.

Chapter 5 continues to verify the effectiveness of the abovementioned models and curriculum plans, but this time with a focus on the middle elementary school years. A case study of a fourth-grade learner (Study 4) was used to examine the possibility that learners' probability concept formation could be promoted through intentional teaching in the middle elementary school years. The teaching objective was to make the student understand how to make judgments about the probability of an event using evidence based on the proportion that the event takes up in the sample space. The same methods as Study 2 were used in the analysis of the results, and the findings show that this teaching objective can be attained and promoted through intentional teaching. However, it was noted that this might apply only to the case study of the single learner. Therefore, actual teaching was conducted (Study 5) targeting a class of fourth-grade students. The objective of Study 5 was to examine the effects of probability education in practice targeting a middle elementary school class. The teaching objective was similar to that of Study 3. The configuration method was used as the research method, with analysis of the results conducted along the same lines as Study 3. The results of

educational practice show a polarizing phenomenon in which the formation of the concept of probability was facilitated in some learners but not in others. Given the status quo in which the cognitive development of probability concepts is left to the individual, learners at qualitatively different stages are mixed together in the middle years of elementary school, and this could have a factor which contributed to the discrepancy in the effectiveness of teaching practice.

In Chapter 6, an analysis was made using the results of a survey of expected value judgments in fifth- and sixth-grade students (Study 6). Using a survey task in which learners made judgments and comparisons about expected values, Study 6 aimed to examine the validity of a method combining a rule evaluation approach and strategic analysis as a framework for understanding how to make judgments about expected values in elementary school learners. The analysis of the results was performed as follows. First, the rules were identified using a rule evaluation approach. Next, the differences in expected value judgments between school years and task types were analyzed. Finally, through a strategic analysis of the reasons provided by the learners, the qualitative aspect of expected value judgment was examined. The survey results showed that learners' expected value judgment status could be grasped objectively through the rule evaluation approach. Strategic analysis was able to also identify the struggles students faced and the factors which contributed to them which could not be gleaned from the rule evaluation approach alone. This indicated that the methods employed in this study were appropriate.

Chapter 7 reveals the results of a cross-sectional survey on expected value judgments of first- through sixth-grade students (Study 7). Using a survey task in which learners make judgments and comparisons about expected values, Study 7 used the methods of Study 6 to clarify the developmental features of elementary school level expected value judgments. The analysis of the results was performed as follows. First, using a rule evaluation approach, the rules were identified from an analysis of the response pattern. Next, the differences in the rate of rule application between school years were investigated. Finally, strategic analysis was applied to each rule. The survey results extracted six stages of expected value judgments at the elementary school level—Stage 1: no consideration of the probability value (P) or probability variable value (V); Stage 2: comparison based on a single value of either P or V; Stage 3: comparison with attention to both the P and V variables for the fixed task only; Stage 4: comparison using qualitative reasoning with

attention to both variables; Stage 5: transition from qualitative to quantitative reasoning with attention to both variables; and Stage 6: comparison using appropriate quantitative reasoning with attention to both variables. The survey showed the influence on advancing stages of expected value judgment through learning experiences in areas related to expected values.

Chapter 8 proposes five teaching principles and presents corresponding teaching materials, thought to be effective in elementary school probability education, based on the knowledge gained through empirical research and focusing on the relationship between expected value judgments and probability judgments. Principle 1 is the comparison of probability judgments, probability variable value judgments, and expected value judgments as normative decision-making standards. Principle 2 is the increased precision of the qualitative probability judgment, probability variable value judgment, and expected value judgment relationship prior to addressing the expected value concept quantitatively. Principle 3 is the encouragement of attention to frequency in order to promote the transition from qualitative to quantitative reasoning in expected value judgments. Principle 4 is the clarification of the differences between probability and ratios (proportional constants). Principle 5 is the use of fixed time trial tasks. These five teaching principles were employed to develop a set of materials for teaching probability at the elementary school level.

In the concluding chapter, ongoing research issues which remain unresolved are addressed. First, teaching materials which have been developed must be tested in actual practice to examine their appropriateness. Next, learning content and methods must be constructed with a comprehensive grasp of the constituent elements of the concept of probability. In addition, the creation of a systematic probability curriculum, which could possibly be extended to the preschool level as well as post-secondary education, is also a potential problem that needs to be dealt with.

博士論文審査及び試験の結果の要旨

学位申請者

放送大学大学院文化科学研究科
文化科学専攻人間科学プログラム
氏名 口分田 政史

論文題目

小学校段階における確率教育の内容と方法の確立
—確率判断と期待値判断の関連性に焦点を当てて—

審査委員氏名

- ・主査（放送大学教授 博士（教育学）） 進藤 聡彦
- ・副査（放送大学准教授 教育学修士） 高橋 秀明
- ・副査（放送大学教授 博士（工学）） 柳沼 良知
- ・副査（東北大学教授 博士（教育学）） 工藤 与志文

論文審査及び試験の結果

（論文の概要）

現行の小学校学習指導要領（平成29年告示）の算数科で取り上げられる確率に関連する内容は、6年生の「起こりうる場合の数」に限られている。口分田政史氏の学位請求論文はそうした現状を踏まえて、小学校段階での確率教育の内容を充実することの必要性を述べ、調査・実験を通して新たな確率教材導入の可能性を探るとともに、教授の際の教授原則や具体的な教材を提案する内容となっている。

研究の目的は、第1に小学校段階の算数科における確率教育の位置づけを明確にすること、第2に確率に関わる学習内容の理解の実態や教育可能性を調査・実験を通して実証的に明らかにすること、そして第3に調査・実験を通して得られた知見に基づいて小学校段階での確率教育の内容と方法を具体化した教材の形で提案することであった。

論文の構成は序章で全体像を示した後、第I部の2つの章で研究の背景と問題の所在などを述べ、第II部の5つの章で小学生を対象にした確率教育に関わる7つの調査・実験の結果を報告している。さらに第III部の2つの章では、調査・実験の結果に基づき小学校段階での確率教育に有効な教授原則と教材を提案し、一連の研究を総括するとともに今後の課題について論じている。各章の具体的な内容は以下の通りである。

まず、第Ⅰ部の第1章では国内外の確率教育の現況や確率教育の変遷について紹介し、続く第2章では確率教育に関連する教育心理学や数学教育学の理論の考察および先行研究で提案されている小学校における確率教育のカリキュラムの分析を行った。また、リスク管理の観点から確率教育の必要性を述べることを通して現状の小学校の確率教育を充実させることの意義について論じた。

第Ⅱ部では、第3章で確率概念に関する低学年児童の理解について認知発達の観点から明らかにすることが試みられた。そして、主観に基づく確率についての非関連属性に依拠した問題解決など、適切な確率判断の妨害要因となる認知の実態を明らかにした。

第4章では、低学年児童に対する介入実験を通して現象の生起の確実、不確実の認識の形成の可否と確率の大小判断の促進効果などが調べられた。その結果、介入が確実事象と不確実事象の判断基準の形成に一定の効果をもつ一方で、「当たりくじは少ないが（確率）、当たるお菓子は多い（確率変数）」場合と「当たりくじは多いが、当たるお菓子は少ない」場合の当たる確率を求めるような課題への介入効果は限定的であった。

第5章では、中学年児童を対象に確率と確率変数の値との関係に焦点を当てた介入実験が行われた。事前の段階で①両者の関係を適切に捉えている者、②確率と確率変数の値の関係に混乱がみられる者、③確率0.5を基準にしている者、④一貫性のない判断基準をもつ者がみられた。そして、③や④の者には介入の効果は認められなかった。この結果を受けて、事前のレディネスに応じた教授内容が必要なことを指摘した。

第6章では、高学年児童に対して期待値に関する認識が調べられた。結果の分析にはルール評価アプローチが導入され、児童がもつ判断基準を確率 p 、確率変数の値 v のうちの1変数のみに着目する段階（ルールⅠ）、1変数が一定の場合でのみ他変数の値に着目して正答できる段階（ルールⅡ）、両変数に着目するが両者の大きさが相反する場合に混乱する段階（ルールⅢ）、2変数を適切に操作できる段階（ルールⅣ）に分類し、ほとんどの者がルールⅡもしくはルールⅢによる問題解決を行っていることを見出した。

第7章では、第6章で行われた調査を小学校の全学年に拡張して実施し、各学年の期待値判断の発達の推移を明らかにしようとした。分析の結果、4年生以前と5年生以降で異なる特徴がみられた。すなわち、4年生以前では学年進行に伴い、ルールⅡが増加する一方、ルールⅢは減少した。5年生以降では高次のルールへの一方向的变化が認められた。さらに、問題解決で用いられた判断基準の質的分析を行い、新たに6段階の水準があることを明らかにし、児童の期待値判断の認識を捉える精緻な枠組みを提示した。

第Ⅲ部では、第8章で第Ⅱ部の実証的研究を踏まえて、小学校段階における確率教育の際の5つの教授原則を提案した。例えば、確率の値、確率変数値、そして期待値を同時に取り上げてそれぞれが弁別できるようにすること、期待値については定量的な内容の教授の前に、定性的な内容を教授することなどである。

また、それらの教授原則に沿った小学校段階での確率教育のための教材を提案した。

第9章にあたる終章では、全体を総括した上で、前章で提案された教材の有効性について授業実践を通して検証すること、現実の生活場面を想定したときに重要となる不確実性下の学習内容とその教授法がいかにあるべきかの検討が今後の課題となることが述べられた。

(論文の評価)

ここでは、研究の3つの目的に沿って、その達成の有無の観点から審査委員会で挙げられた本件論文の評価について述べる。

まず、第1の目的は小学校段階の確率教育の位置づけを明確にすることであった。これについては、豊富な文献に基づいて国内外の確率教育の歴史的変遷や現状を明らかにしている点や先行研究についての精緻な議論の展開が評価された。本格的に確率の内容を小学校に導入することについては、知識の活用の重要性が叫ばれる現在において、本申請者が主張するように日常生活に直結するリスク管理の観点から必要であるとする評価と、取り上げられる学年の前倒しになっているだけなのではないかという声があった。後者のような指摘に耐えられるような論理や理論を構築することが今後の課題になる。

第2の目的は、確率の学習に関わる諸概念の理解の実態や教育可能性を調査・実験を通して明らかにすることであった。この目的のために7つの調査・実験が行われた。その特徴として、まず対象者の反応に応じて柔軟な教授的対応がしやすい事例研究を通して用いた課題の適切性や発問を吟味するとともに、児童の認知の実態を探った上で、改めて妥当性のある課題や発問を用いてサンプル数の多い学級を対象に一般化を図ろうとする手堅い手法を採っていることが挙げられる。その結果、用いられた課題や発問は洗練され、今後の確率に関する認知研究や確率教育を進める際に大いに参考になるものとなった。この点は高く評価された。また、実験として教育実践に直接的に資する知見を提供できる介入実験を行っていることも望ましいとの意見もあった。

さらには、確率概念の理解の発達の遷移を内因たる学年のみを取り上げるのではなく、外因としての学習経験との関連で分析していることも本研究の優れた点である。これは本申請者が小学校算数科に精通していることを示すものでもある。その結果、児童の確率概念の理解の諸相をあぶり出すことに成功している。

第3の目的は調査・実験を通して得られた知見に基づいて小学校段階での確率教育の内容と方法を提案することであったが、上述のように工夫された課題と介入実験によって得られた知見に基づいて、小学校段階の確率教育に必要なと考えられる教授原則を提示し、その教授原則にもとづいた具体的な教材を開発している。その際に、他の算数科の内容との関連も考慮されていることから、実際の教育実践に適っており、現実の教室に導入可能なものとなっていること

も高く評価された。

また、論文全体については以下の評価があった。

1. さまざまな理由で、現在小学校段階では明示的には教えられていない「確率」について、その教育内容と方法を構築するという挑戦的な課題に取り組んでおり、独創性や新規性が認められること

2. 調査や介入実験といった実証的方法によって、小学校における確率教育の課題を掘り起こしていること

3. 小学校段階における確率教育の教授原則と教材を具体的に提案することによって、本研究の成果が現在の小学校算数のカリキュラムを見直す契機となり得る重要な資料になっていること

一方、提案された教授原則と教材の有効性を授業実践によって検証するに至っていないこと、教材が「課題」の提案に留まり、発問と教示の系列にまで具体化されていないこと、小学校段階における確率教育独自の目標が示されていないことなどが今後の課題として指摘された。

なお、本論文の内容の一部は、数学教育学会の『数学教育学会誌』3編、日本教授学習心理学会の『教授学習心理学研究』1編に査読付き論文として掲載されており、内容の水準の高さを担保するものとなっている。また、2021年1月9日に行われた口頭試問において、審査委員からの質問に対しても的確な応答がなされ、小学校の確率教育に留まらず、算数科教育全般についての深い理解や研究遂行能力の高さが窺えた。

以上に述べてきたように、本件論文は一部今後の課題となる点は残されるものの、精緻な調査・実験によって得られた新たな知見に基づき、既存の小学校算数科のカリキュラムの内容に一石を投じる独創性や新規性をもつ内容である。このことから本審査委員会は全員一致で本件論文が博士の学位を授与するに相応しいと判断した。