

論文内容の要約

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. 論文要約

本研究の目的は次の3点あった。第1は、小学校段階における確率教育の検討課題の整理と研究課題の導出、第2は小学校段階の学習者の確率概念に関する認知内容の解明、第3は小学校段階における確率教育の内容と方法の構築であった。これらの目的に対し、本論文の構成を次のように設定した。まず序章では、確率教育の現状と検討課題について概観することから、研究背景、研究目的について論じた。第1章と第2章では、小学校段階における確率教育の現状と課題について詳細に検討し、研究課題を導出した。第3章から第5章では、導出された研究課題1について検討した。調査研究や教育実践研究を通して学習者の確率概念に関する認知内容や教授学習の影響を明らかにした。第6章から第7章では、導出された研究課題2について検討した。実証的な立場から、学習者の期待値概念に関わる認知内容を明らかにし、教育への示唆を得た。第8章では、実証研究で明らかとなった知見を踏まえ、小学校段階における確率教育で有効と考えられる教授原則を提案し、それに基づいて確率教材を開発した。終章では、総合論議として、第1章から第8章まで論じた内容を整理し、本研究の成果と今後に残された課題について言及した。各章で明らかになった諸点は次のようであった。

序章では、確率学習の困難性が、国内の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。国内では、第四期国定教科書と数学教育現代化の2つの時代において、小学校段階

で確率教育が行われていた。しかし前者の時代では戦後の学制改革を背景に、後者の時代では数学教育現代化の後退を背景に、小学校段階から確率概念の学習内容が削除された。このように小学校段階における確率教育の妥当性やその是非が問われたわけではなく、他領域よりも軽視される傾向にあると考えられた。一方で諸外国ではより就学前や小学校低学年段階といったより早い時期からの確率教育の重要性が議論され、カリキュラムにも反映されてきた。そこで諸外国の教育動向及び確率教育の歴史的展開過程を4つの時代に区分することから検討した。第1期は Piaget & Inhelder(1951/1975)による体系的な確率概念研究が始まりであった。第2期は、Piaget らの研究の影響を受け、心理学と数学教育学の両者の立場から確率概念の認知研究が進められた時代であった。とりわけ Fischbein(1975)は Piaget らの研究に基礎を置きながらも教授の影響を考慮に入れており、その後に出現した小学校段階における確率教育に大きな影響を与えた。第3期は、世界的なカリキュラム改革によって確率概念の学習時期が低年齢化した時代であった。多くの国や地域で小学校段階における確率カリキュラムが整備された。一方で小学校段階における確率教育の学習内容や方法の妥当性を支える実証的な研究基盤は十分とは言えず、検討課題は多く残されていた(Jones & Thornton, 2005)。そして現在は第4期に区分された。これまで積極的に確率カリキュラムの整備を進めてきたアメリカとイギリスが、小学校段階から確率概念の学習内容を削除した。他方で第4期に入って小学校段階の新たな学習内容として確率概念が導入された国もみられた。このように確率概念の学習時期の後退と低年齢化が同時期にみられ、学習時期の二極化がより明示的になった。

第2章では、第3期から第4期にかけて開発・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。Jones ら(1997)は、学習者の確率概念を評価・養成するためのフレームワークを開発した。そしてこのフレームワークが、小学校段階の確率カリキュラムを設計するための理論的な研究基盤となると主張した(Jones et al, 1997)。しかし基本的に古典的確率に焦点を絞って議論が進められており、その範囲は限定されたものであった(岡部, 2006)。また Mooney ら(2014)は、Jones ら(1997)以降に開発された確率概念の認知発達の諸モデルの整理し、統合モデルとして提案した。そしてこの統合モデルが、教授学習理論と教育実践の橋渡しをすると主張した(Mooney et al, 2014)。しかし、異なる文化的背景や言語的背景を持つ学習者に対して有効であるかどうかは、それぞれの国や地域の学習者を対象にして検証してみる必要があると考えられた(Jones et al, 1997)。そこで国内において小学校段階における確率教育の重要性を指摘した岡部(2006)と松浦(2015)について検討した。岡部(2006)は、確率概念の認識における水準を設定することから、小学校段階を含む確率カリキュラム案を開発した。また松浦(2015)は、横断的調査と縦断的調査の結果を分析することから、小学校段階における学習者の確率概念の形成を意図した学習

材とその学年別配列案を開発した。これらの研究は、中等教育段階における確率教育を小学校段階にそのまま適用しようとせず、小学校段階独自の学習内容と方法の構築を試みている点に特徴があった。しかし前提としているのは、もともとの親学問(確率論)がありそれを目指して小学校、中学校、高等学校と知識を積み上げていくことを目指す学習原理であると考えられた。確率概念は確率論や推測統計学の基礎概念としての重要な学習意義を持つものの、この学習原理の大きな課題は、実際に知識が役に立つまでの時間的な隔たり大きいことにあった。そこで本研究では、確率概念が持つ意思決定やリスクに対処する役割に焦点を当てることからアプローチを試みた。とりわけ現代社会では未来の不確実性は増しており、不確実事象に対する合理的な意思決定能力やリスクに対処する能力は、中等教育段階以降の学習者だけに必要な能力ではないと考えられた(Till, 2014)。しかし意思決定やリスクの概念と確率概念との関連性については、これまでの確率教育研究では十分に議論されていない点であった(Kapadia, 2009)。とりわけ期待値の概念は、意思決定とリスクの概念と確率概念の3者の関連性を議論する上で重要な概念であると考えられるものの、期待値概念の認知発達の様相は十分に明らかにされていなかった。これらの議論から、次の3つの研究課題を導出した。第1の研究課題は、第3期に提案・開発された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。第2の研究課題は、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、小学校段階における学習者の確率判断の発達的特質を明らかにし、小学校段階における確率教育への示唆を得ることであった。調査課題は確率大小比較判断課題を用いて、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、低学年から中学年にかけては、問題状況が持つ様々な属性に着目し、単純な因果関係を見出し、確率の大小判断を行う傾向がみられた。これに対し高学年になると、因果関係に基づいた判断の妥当性が高まる傾向がみられた。

第4章では、小学校低学年段階を対象とした確率教育によって確率概念の形成がどの程度促進されるのかについて検証した。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、小学校低学年段階を対

象とした意図的な教授の効果を検討し、教育実践への足場となる知見を得ることであった。教授目標は、第3期までの先行研究と研究1を踏まえ、誤った主観ビューを適切な量ビューへ移行させることとした。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、事前課題で確認された誤判断が教授によって修正され、低学年段階における確率概念に関する教授が意味を持つものであることが示唆された。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成果と課題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を踏まえ、誤った主観ビューや誤った量ビューを、適切な量ビューへ移行させることとした。この教授目標に対して、4つの教授原則を採用した。結果の分析は、設定した教授原則に基づいて、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、事前課題に比べ事後課題の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の教育実践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ず、課題も示された。

第5章では、小学校中学年段階に焦点を当て、意図的な教授によって確率概念の形成がどの程度促進されるのかについて検証した。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、小学校中学年段階を対象とした意図的な教授の効果を検討し、教育実践への足場となる知見を得ることであった。教授目標は、第3期までの先行研究と研究1,2,3を踏まえ、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とした。結果の分析は、研究2と同様の手法で進めた。その結果、事前課題で確認された誤りが修正され、意図的な教授が意味を持つものであることが示唆された。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成果と課題を検証することであった。教授目標は、研究4と同様であった。この教授目標に対して、4つの教授原則を採用した。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、そして量ビューと頻度ビューの適切な対応を十分に考慮した教授原則が採用されていないことが考えられた。

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できた。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)。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、期待値判断と関連させた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、それに基づいて確率教材を開発した。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。3つの判断が比較されることで、それぞれの差異が明確となり、3つの判断を混同する誤りが修正されると考えられた。さらに限定的ではあるが意思決定場面が扱われることで、小学校段階で確率の知識が役立つ場面を扱うことが可能となると考えられた。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。とりわけ割合や比例概念が導入される前に、3者の定性的関係の精密化を行うことが望ましいと考えられた。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。B方略系の適用を促すアプローチでは確率概念の理解が伴わないことが懸念された。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を 2 つの学年帯に区分し、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。

本要約における引用文献

- Fischbein, E. (1975). *The intuitive sources of probabilistic thinking in children*. Dordrecht, The Netherlands: Reidel.
- Jones, G. A., Langrall, C. W., Thornton, C. A., Mogill, A. T.(1997). A Framework For Assessing and Nurturing Young Children's Thinking in Probability, *Educational Studies in Mathematics*, 32, 101-125.
- Jones, G. A., Thornton, C. (2005). An Overview of Research into the Teaching and Learning of Probability. In Jones, G. A. (Ed.), *Exploring probability in school. Challenges for teaching and learning* (pp. 65-92). Springer.
- Kapadia, R. (2009). CHANCE ENCOUNTERS - 20 YEARS LATER FUNDAMENTAL IDEAS IN TEACHING PROBABILITY AT SCHOOL LEVEL, *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 4 (3), 371-386.
- 松浦武人(2015). 初等教育における確率概念の形成を意図した学習材の開発研究 広島大学大学院教育学研究科博士論文, 非刊行論文
- Mooney, E. S., Langrall C. W., & Hertel, J. T. (2014). A Practitioner's Perspective on Probabilistic Thinking Models and Frameworks. In Chernoff, E. J., Sriraman, B (Eds.), *Probabilistic thinking: Presenting plural perspectives* (pp. 495-507). Springer.
- Norman, D. A. (1983). Some observations on mental models. In Gentner, D. & Stevens, A. L. (Eds), *Mental Models*. Hillsdale, NJ. Lawrence Erlbaum Associates.
- 岡部恭幸(2006). 確率概念の認識における水準とそれに基づくカリキュラムに関する研究 神戸大学大学院総合人間科学研究科博士論文, 非刊行論文
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1975). The origin of the idea of chance in children. (Trans. by Leake, L. Jr., Burrell, P., & Fishbein, H. D.). New York: W. W. Norton & Company, Inc. (Piaget, J., & Inhelder, B. (1951). *La genèse de l'idée de hazard chez l'enfant*. Presses Universitaires de France.)
- Till, C. (2014). Fostering Risk Literacy in Elementary School. *Mathematics Education*, 9(2), 83-96.