

学位論文要約

学校数学における
統計カリキュラムの開発に関する研究

大谷洋貴

論文目次

序章 本研究の目的と方法

第1節. 問題の所在と本研究の目的

1. 学校数学と統計
2. 学校数学の統計領域がもつ制約

第2節. 研究の方法と本論文の構造

第1章 先行する統計教育研究における本研究の位置

第1節. 我が国の統計教育研究の傾向

1. 傾向分析のための方法論
 - 1.1. 分類カテゴリー
 - 1.2. 調査の対象
 - 1.3. 分類手続き
2. 分析結果：我が国の統計教育研究の傾向
3. 分析結果：我が国の統計教育研究の特徴
4. 我が国の文脈における統計カリキュラム開発研究の必要性

第2節. 国際的な統計教育研究の動向

1. 伝統的な統計教育に関する研究の時代
2. 新たな統計教育に関する研究の時代
3. 国際的な文脈からみる統計カリキュラム開発研究の必要性

第3節. 数学教育学における統計カリキュラム開発研究の位置

第4節. 本章のまとめ

第2章 統計的リテラシーに関する基礎的考察

第1節. リテラシーの概念規定

1. リテラシー概念の端緒とその変遷
2. リテラシー概念の3つの側面
 - 2.1. 機能的リテラシー
 - 2.2. 文化的リテラシー
 - 2.3. 批判的リテラシー

3. 今日的なリテラシーと 3R's
4. リテラシーとコンピテンシー

第2節. 統計的リテラシーの概念化

1. 国際的な統計教育研究における統計的リテラシー
 - 1.1. 分析の対象
 - 1.2. 分析の方法
 - 1.3. 分析の結果
2. 基礎能力としての統計的リテラシー
3. 高次能力としての統計的リテラシー
 - 3.1. Gal の統計的リテラシー
 - 3.2. Watson の統計的リテラシー
 - 3.3. GAISE レポートにみる統計的リテラシー
 - 3.4. 高次能力としての統計的リテラシーの捉え方

第3節. 統計的なリテラシーと思考と推論

1. 統計的思考と統計的推論
2. 三者の関係

第4節. 統計的リテラシーと PISA リテラシー

1. 統計学の捉え方
 - 1.1. 統計学の本質
 - 1.2. 統計学の対象
 - 1.3. 統計学の方法
2. 統計的リテラシーと PISA 数学的リテラシー
 - 2.1. 統計学と数学の関係
 - (1) 本質の観点から
 - (2) 対象の観点から
 - (3) 方法の観点から
 - (4) 統計学と数学の相違点
 - 2.2. PISA が提起する数学的リテラシー
 - 2.3. PISA 数学的リテラシーからみる統計的リテラシー
3. 統計的リテラシーと PISA 科学的リテラシー
 - 3.1. 統計学と自然科学の関係
 - 3.2. PISA が提起する科学的リテラシー
 - 3.3. PISA 科学的リテラシーからみる統計的リテラシー

第5節. 本章のまとめ

第3章 能力ベース統計カリキュラムの開発の必要性

第1節. 目標の焦点化

1. 我が国の統計教育実践の概観
 - 1.1. 学習指導要領における統計の扱いの変遷
 - 1.2. 現行統計カリキュラムの目標
2. 我が国の統計教育研究における教授主題の傾向
 - 2.1. 調査の対象と方法
 - 2.2. 調査の結果
3. 統計的リテラシーにおける統計的推測の位置

第2節. 統計的推測スキルの段階的な発達過程

1. 統計のビッグアイデア
2. 統計的推測スキルの発達過程
 - 2.1. 「標本と標本分布」のビッグアイデア
 - 2.2. 「変動性」のビッグアイデア
 - 2.3. 統計的推測スキルの各発達段階
 - (1) 第0段階
 - (2) 第1段階
 - (3) 第2段階
 - (4) 第3段階
 - (5) 第4段階
3. 統計的推測スキルの各発達段階の具体的検討

第3節. 現行統計カリキュラムの批判的考察

1. 対象と方法
2. 結果と考察
3. 能力ベース統計カリキュラム開発の必要性

第4節. 本章のまとめ

第4章 能力ベース統計カリキュラムの設計枠組み

第1節. ニュージーランドのカリキュラムと教科書の分析

1. 教科書分析の対象と方法
 - 1.1. ニュージーランドの数学教科書
 - 1.2. カリキュラムと教科書

- 1.3. 教科書分析の方法
 2. 教科書分析の結果
 - 2.1. 水準1での棒グラフの扱い
 - 2.2. 水準2での棒グラフの扱い
 - 2.3. 水準3での棒グラフの扱い
 - 2.4. 水準4での棒グラフの扱い
 - 2.5. 水準5と6での棒グラフの扱い
 3. 能力ベースカリキュラムの開発手続きへの示唆
 - 3.1. 能力の育成に関する実践研究の潜在的な仮定
 - 3.2. 能力の長期的な発達過程の明確化
- 第2節. 能力ベースカリキュラムの開発方法論の批判的検討
1. カリキュラムマネジメントの有効性と限界
 - 1.1. カリキュラムマネジメントの有効性
 - 1.2. カリキュラムマネジメントの限界
 2. 逆向き設計論の有効性と限界
 - 2.1. 逆向き設計論の有効性
 - 2.2. 逆向き設計論の限界
 3. 能力ベースカリキュラム開発に向けた作業課題
- 第3節. 統計的推測スキルを育む統計カリキュラム
1. 長期的カリキュラムと短期的カリキュラム
 - 1.1. 長期的カリキュラムの設計
 - 1.2. 短期的カリキュラムの設計
 - (1) 学習目標の設定
 - (2) 評価方法
 - (3) 学習経験と指導
 2. 実現に向けて取り組むべき課題
- 第4節. 本章のまとめ

第5章 能力ベース統計カリキュラムにおける学習目標の設定方法

- 第1節. 教材としての教科書の分析に基づく学習目標の検討
1. 理論的枠組み：否定論
 - 1.1. substance の意識
 - 1.2. 上昇的否定

- 1.3. 下降的否定
 - 2. 動的発達の特徴づけ
 - 2.1. 第0段階から第1段階へ：記述の否定
 - 2.2. 第1段階から第2段階へ：中心の否定
 - 2.3. 第2段階から第3段階へ：同型性の否定
 - 2.4. 第3段階から第4段階へ：代表性の否定
 - 3. 動的発達に基づく学習目標設定への示唆
 - 3.1. 教科書分析の対象と方法
 - 3.2. 分析の結果と課題の特定
 - 3.3. 教科書分析を通じた学習目標の設定
- 第2節. レディネス分析に基づく学習目標の検討
- 1. 理論的枠組み
 - 1.1. コモグニション論
 - 1.2. 統計的推論の階層理論
 - 2. 方法論
 - 2.1. 被験者
 - 2.2. パフォーマンス課題と手続き
 - 2.3. コード化
 - 3. 生徒の反応のコード化の結果
 - 3.1. 水準1のアーギュメント
 - 3.2. 水準2のアーギュメント
 - 3.3. 水準3のアーギュメント
 - 4. 調査結果の考察
 - 4.1. 語彙とその使用
 - 4.2. 視覚的媒介物
 - 4.3. ナラティブ
 - 4.4. レディネス分析に基づく学習目標設定への示唆
- 第3節. 学習目標の設定に関わる総合的考察
- 第4節. 本章のまとめ

終章 本研究の総括と今後の展望

第1節. 本研究の成果

- 1. 先行する統計教育研究における本研究の位置

2. 統計的リテラシーに関する基礎的考察
3. 能力ベース統計カリキュラム開発の必要性
4. 能力ベース統計カリキュラムの設計枠組み
5. 能力ベース統計カリキュラムにおける学習目標の設定方法

第2節. 本研究の意義

1. 研究上の意義
2. 実践上の意義

第3節. 今後の課題

本研究における引用・参考文献一覧

本論文に関わる著者の主な先行研究

資料1：我が国の統計教育研究の傾向分析に用いた論文一覧

資料2：『統計教育研究誌』における統計的リテラシーに関する論文一覧

資料3：ニュージーランド「数学と統計」カリキュラムの達成目標

論文要約

1. 問題の所在と本研究の目的

教育基本法第1条に明記されているように、教育の目的は人格の完成である。高久(1968)はそれを教授学の側面から陶冶あるいは人間形成として言い換え、ヘルバルトの思想や精神を敷衍しながら、人間形成を、人間の「自己理解」を深めること、人間の生活の場である現実の「世界理解」を拡大すること、そしてこれらに基づいて自分自身の行為に対する「動機づけ」の力を開くことと捉えた。植田(2002)は、この立場に基づいて、学校数学に通底するその固有の教育的役割を数理認識形成と総称している。

学校数学の役割はどの時代や社会でも変わらないが、目指される人間像は決して不変ではない(阿部, 2010; 岩崎, 2007; 高久, 1968; 植田, 2002)。テクノロジーの進化した今日では、そして更に進化することが予見される将来では、単なる計算技能や数学的知識の保有だけでは十分とは言えないことは明白な事実である。教育とはいわば未来社会への先行投資である(岩崎, 2014)。時代や社会が要求する今日的な人間像という観点から、これからの教育の在り方が常に検討され更新されなくてはならない。

複雑化する現代社会は様々な言葉によって特徴付けられている。とりわけ社会の高度情報化と知識の社会基盤化という現代社会を特徴づけるこの2つの観点からみれば、全ての学習者の統計的リテラシーを育むという視座からの教育改革は喫緊の課題である。社会の高度情報化は統計を、知識の社会基盤化はリテラシーを、それぞれ要請するためである。

しかしながら、我が国の現在の統計カリキュラムは未成熟で不安定であり、高校数学Bの区間推定に至るように統計の内容が配列されている伝統的な内容ベース統計カリキュラムであるため、この要請に十分に対応できているとは言い難い。全ての子供の統計的リテラシーを育むためには、内容ベースのカリキュラムは効果的に機能しない。その重点を内容から能力へとシフトさせる必要がある(e.g., 岩崎・大滝・新居, 2012; 奈須, 2015; Garfield, Le, Zieffler & Ben-Zvi, 2015; Wild, Pfannkuch, Regan & Horton, 2011)。

先行研究は、学校教育を通して全ての学習者の統計的リテラシーを育むための処方箋の1つとして、教師教育の重要性を指摘してきている(e.g., Batanero, Burill & Reading, 2011)。確かに有能な教師であれば、たとえ内容ベースであっても指導内容を能力育成の観点から適切に読み解き解釈し、学校種や学年に応じて学習目標や教材や指導過程を適切に設定して実践することができるかもしれない。全ての教師がそうであれば全く支障ないが、実際にはそのような前提を置くことが難しい以上、これからの教育をただ教

師教育だけで保障することは現実的でない。結局、能力ベース統計カリキュラムの在り方こそが問題である。それが明確でなければ、教師教育が十分に機能し得るとは思えない。無論、統計教師教育は重要であり不可避でもあるが、それ以上に能力ベースの統計カリキュラムの開発は優先して取り組むべき課題である。

統計的リテラシーの育成を目指した能力ベース統計カリキュラムの開発は喫緊の課題であるにもかかわらず、この要請に対して十分に対応できているとは言い難い。解決すべき具体的な課題に可能な解答を与えるのは、教科教育研究とりわけ統計を含む数学教育研究の他にない。統計的リテラシーの育成を目指した能力ベースの統計カリキュラムの開発という今日的課題は、数学教育研究における重要な論究対象になると考える。

以上の課題意識を踏まえ、本研究の目的を、「学校数学において、統計的リテラシーの育成を目的とした、能力ベースの統計カリキュラムを開発すること」と設定する。

2. 研究の方法と本論文の構造

上記の研究目的を達成するために、次の4つの研究課題に取り組む。

- 研究課題 1. 本研究の主題である能力ベース統計カリキュラム開発が論究すべき主題であることを示す。
- 研究課題 2. 統計教育の目標としての統計的リテラシーを概念化する。
- 研究課題 3. 目標をより焦点化するとともに、その育成に対して現行の内容ベースカリキュラムでは対応できないことを明示する。
- 研究課題 4. 能力ベース統計カリキュラムがいかにして開発され得るのかを論究する。

本研究の論文構成は次図の通りである。なお、研究課題1は第1章、研究課題2は第2章、研究課題3は第3章、研究課題4は第4章と第5章にそれぞれ対応している。

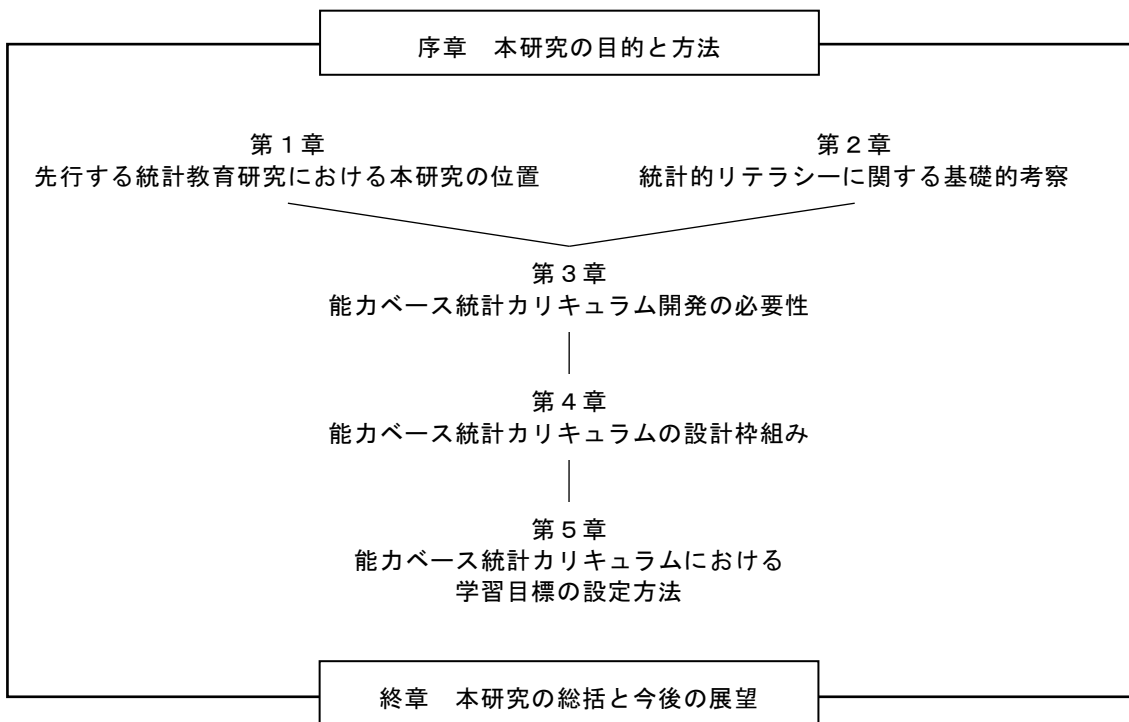


図. 本研究の論文構成

3. 論文の概要

第1章. 先行する統計教育研究における本研究の位置

第1章では、本研究の主題が統計を含む数学教育研究の今日的課題として適切に位置付けられることを検討した。本研究の主題は時代的・社会的な要請を原動力としてもつが、だからといってその学問領域で論ずべき主題となるとは限らない。本研究が主題とする「統計」や「カリキュラム」に関わる論考は決して多くなく、それが学問分野の今日的課題であることを改めて論じておくことは重要である。

第1節では、我が国の統計教育研究の文脈からこの課題に接近した。これまで我が国で行われ蓄積されてきた統計教育研究を岩崎・大滝 (2015) の方法論を用いて俯瞰することで、それが個人的局面を対象に、教授的局面を方法としてきたことを明らかにした。具体的に言えば、我が国の統計教育研究は、統計的知識の理解や統計の能力の育成を目的として、どのような授業や指導法が必要になるのかを潜在的に探究してきた。能力主義の今日的立場から見れば、この全体的で潜在的な傾向は、その個別特殊な研究を束ねて一貫性を与える制度的研究を欠いている点で望ましいとはいえない。これまでの我が国の統計教育研究からみて、その個別特殊な研究を組織するカリキュラムそれ自体を論究する研究が求められていることを指摘した。

第2節では、国際的な統計教育研究の文脈からこの課題に接近した。国際的な統計教育研究の傾向の俯瞰的把握は不可能であるから、その中心人物の一人である Joan Garfield 女史の取り組みを中心にその傾向を通時的に捉え、その現在の焦点が統計カリキュラム開発に向けられていることを示した。世界的動向である内容ベースから能力ベースへのカリキュラムの重心の移行に沿う形で、能力の育成に焦点を当てる今日的な統計カリキュラムの開発に研究の焦点が当てられている (e.g., Garfield & Ben-Zvi, 2008)。国際的な研究動向に鑑みても、伝統的なそれではなく、能力ベースの統計カリキュラムを論究することが要請されていることを指摘した。

第3節では、数学教育学の文脈から本研究の位置を確認した。Wittmann (1995) の『「デザイン科学」としての数学教育学』からすれば、本研究の主題は数学教育学の今日的課題として適切に位置付くことを示した。「統計」は数学教育学に内容学的情報をインプットする源であり、「カリキュラム開発」は数学教育学の8つの核心課題の中で最も重要な課題である。

第1章の考察を総括すると以下のようなになる。本研究は制度的研究であり、その主題である能力ベースの統計カリキュラムの開発は、我が国の統計教育研究の文脈、国際的な統計教育研究の文脈、そして統計を含めた数学教育学からみて、その今日的課題として適切に位置づけられる。

第2章. 統計的リテラシーに関する基礎的考察

第2章では、国際的に統計教育の目標として議論されている統計的リテラシーの概念化を試みた。カリキュラム開発において目標は優先的に検討しなければならない要素ではあるが、統計教育の目標概念である統計的リテラシーは多義的に解釈されているため、そのなかみを明確にしておく必要がある。

第1節では、リテラシーという語句の今日的解釈からこの課題に取り組んだ。今日的なリテラシー概念は、機能性、文化性、批判性という3つの異なる重要な側面で議論されている (小柳, 2010)。またリテラシー概念を基礎学力 (3R's) の観点から見れば、リテラシー概念の本質は「読み」と「書き」を接続し、その背後にある「算」という処理機構にあり (岩崎, 2007)、それによってリテラシー概念が様々に特徴付けられる。このリテラシー概念の解釈に基づけば、統計的リテラシーとは処理機構が統計の場合のリテラシーとして説明できることを述べた。

第2節では、『統計教育研究誌 (Statistics Education Research Journal)』のレビューからこの課題に取り組んだ。結果として、統計的リテラシーには基礎能力と高次能力の2つの捉え方があることを指摘した。前者は、統計的リテラシーを統計に関わる基礎的な知識やスキルの保持として規定するもので、リテラシーの文化的な側面を強調するが、

一方で後者は、それを不確定な事象の読解と探究という文脈で合理的に意思決定するために必要な知識や能力の総体として規定するもので、リテラシーの機能的・批判的な側面を強調する（e.g., Ziegler, 2014）。

第3節では、統計的な思考と推論の観点から、それらと統計的リテラシーとの関係を明確にした。これらは全て統計教育の目標概念として議論されているため、区別することは重要である。delMas（2002）に基づけば、それらの関係には2つの解釈がある。1つはリテラシーを思考や推論の基盤となる基礎的な知識とスキルとみなす場合であり、もう1つはリテラシーを思考や推論を包括するものとみなす場合である。今日のリテラシー概念の拡張的性質を考慮すれば、後者がその解釈として妥当である。すなわち、統計的リテラシーとは、不確定な事象の読解と探究という2つの相補的な文脈において、統計の基礎的な知識・技能だけでなく統計的な推論や思考を処理機構として発揮して合理的に意思決定するために不可欠なものの総体である。

第4節では、PISAが提起するリテラシー（e.g., OECD, 2016）の観点から、それらと統計的リテラシーの関係を明確にした。PISA 数学的リテラシーの観点から見れば、統計的リテラシーは「不確実性とデータ」に探究対象を限定したそれである。また数学的な問題解決という探究の文脈に重点を置き論証を位置付けないPISA 数学的リテラシーとは異なり、統計的リテラシーは統計的な結論を正当化するための説得的なアーギュメントの作成や読解の文脈を強調する。PISA 科学的リテラシーの観点から見れば、統計的リテラシーとして要求される知識はその方法知識と認識知識である。科学と統計学の不可分性を考慮に入れれば、現象を統計的に説明すること、統計的探究を評価して設計すること、データと証拠を統計的に解釈すること、という3つの能力をその機能的・批判的な側面の実体として解釈することができる。

第2章の考察を総括すると以下ようになる。統計的リテラシーとは、不確定な事象の読解と探究という2つの相補的な文脈において、統計の基礎的な知識・技能だけでなく統計的な推論や思考を処理機構として発揮して合理的に意思決定するために不可欠なものの総体であり、PISA 数学的・科学的リテラシーと密接に関わっている。

第3章. 能力ベース統計カリキュラム開発の必要性

第3章では、能力ベース統計カリキュラムを開発する必要があることを、特に統計的リテラシーの中核である統計的推測スキルの場合で事例的に示した。12年間の学校教育を通じた段階的な能力の育成が現行の内容ベース統計カリキュラムで可能なのであれば、そのマイナーチェンジで事足りる。その困難性はこれまで経験的あるいは理念的に語られてきたきらいがある。内容に軸足を置きその系統的展開に沿って設計された内容ベースカリキュラムでは、能力の段階的な育成を必ずしも保証できないことを現行統

計カリキュラムの分析の結果に基づいて主張した。

第1節では、第2章で概念化された統計的リテラシーのままでは現行の内容ベース統計カリキュラムを分析する視点として巨視的すぎることから、統計的リテラシーの中でも特に重要だと思われる側面に焦点化することを試みた。我が国でこれまで蓄積されてきた統計教育の実践と研究という2つの観点からみれば、統計的リテラシーの中核をなす統計的推測に焦点を当てることが妥当であることを示した。

第2節では、統計的推測スキルの育成が現行の内容ベース統計カリキュラムで可能かどうかを検討するための準備として、その段階的な発達過程を構築した。統計的推測を「データからの確率的一般化」(Makar & Rubin, 2009)とすれば、それに関連する最小の統計のビッグアイデアとして「標本と標本分布」と「変動性」がある(Garfield & Ben-Zvi, 2008)。それらの発達に関わる先行研究に基づいて、統計的推測スキルの発達過程を、標本と母集団を区別できない第0段階から、データや標本の変動性を考慮に入れて推測することのできる第4段階までの5つの段階として記述することができた。

第3節では、統計的推測スキルの段階的な発達過程を枠組みとして現行統計カリキュラムを分析することで、内容ベース統計カリキュラムではその能力の段階的な発達を必ずしも保証することができないことを明示した。この結果は、能力ベース統計カリキュラムを開発する必要性を説得的に主張している。

第3章の考察を総括すると以下ようになる。統計的リテラシーの中でも特に重要な位置にある統計的推測スキルは、現行の内容ベース統計カリキュラムではその段階的な発達を必ずしも保証することができず、したがって能力ベース統計カリキュラムを開発し、それへとシフトする必要がある。

第4章. 能力ベース統計カリキュラムの設計枠組み

第4章では、統計的推測スキルを対象として、それを育むための能力ベース統計カリキュラムがいかにして開発され得るのかを論究した。第3章までに、その開発の必要性は主張することができたが、そもそも能力ベースカリキュラムの実体や開発のための作業課題は、内容ベースのそれと比べればほとんど明らかではない。先行する実践や研究成果などに基づいて、その開発のための作業課題を導出するとともに、統計的推測スキルを育成する能力ベース統計カリキュラムの設計を試みた。

第1節では、資質・能力育成や統計教育の先進国であるニュージーランドの「数学と統計」カリキュラムとその具体化版である教科書の分析を通して、統計的内容の早期段階での取り扱いと学年を超えた繰り返しを能力ベースカリキュラムの特徴として特定した。またこの分析から、能力ベースカリキュラムを開発するためには、少なくとも、「1. 長期的な能力の発達過程の構想」と「2. その過程を地図としたカリキュラム設計」

の2つの作業課題に取り組まなくてはならないことを導出した。そして、能力育成に焦点を当てる先行研究では前者を暗黙的なままにしているという課題を指摘した。

第2節では、能力ベースカリキュラムの開発方法論として注目されているカリキュラムマネジメント（e.g., 松尾, 2016）と逆向き設計論（ウィギンズ・マクタイ, 2012）の有効性を批判的に検討することを通して、その開発のための作業課題を導出した。カリキュラムマネジメントは、2つの作業課題にはどちらも有効に機能することができないが、設計された能力ベースカリキュラムを実施したり改善したりする教師の力量形成に対して有効に機能することができることを示した。一方、逆向き設計論は、前者の課題1に対して利用することはできないが、後者の課題2にはその指針として有効に機能することができることを示した。逆向き設計論に基づけば、作業課題2は、長短2つのカリキュラムを設計することに他ならない。

第3節では、目標として焦点化した統計的推測スキルの場合に上記の作業課題を適用し、それを育む能力ベース統計カリキュラムを設計することを試みた。第3章第2節で構築した統計的推測スキルの発達段階は、各学校種を貫く長期的ループリックとみなされることで、その能力を意図的かつ系統的に育むための長期的な統計カリキュラムとして扱うことができることを述べた。一方、短期的カリキュラムは学習目標、評価方法、そして学習経験と指導という3つの観点によって設計することができる。本節では、統計的推測スキルの発達段階における第3段階から第4段階への移行部分に対して事例的に焦点を当てて、その3つの観点を検討した。そして、短期的カリキュラム設計の全てをただ教師に帰しても実現可能性を期待することが難しいことから、その設計において最も重要な学習目標の設定方法について検討する必要性に言及した。

第4章の考察を総括すると以下ようになる。能力ベースカリキュラムは、当該能力の長期的な発達過程を構想することとそれを地図として長短2つのカリキュラムを設計することによって開発されることができる。第4章では特に統計的推測スキルの場合で能力ベース統計カリキュラムの一例を示した。なお、既に言及しているが、統計的推測スキルが統計的リテラシーの一部であるように、統計的リテラシーを育む統計カリキュラムそれ自体は統計的推測スキルを育む統計カリキュラムと同値ではないこと、しかし能力ベース統計カリキュラムの全体にとって統計的推測スキルは中核的な位置を占めていることから本研究において着目していることに注意する必要がある。

第5章. 能力ベース統計カリキュラムにおける学習目標の設定方法

第4章までに統計的推測スキルを育む能力ベース統計カリキュラムを設計してきたが、その実現のためには短期的カリキュラムの学習目標の設定方法を検討する必要がある。適当な学習目標を設計できるか否かはその実現の可否に直結するからである。そこ

で第5章では、能力ベースの短期的カリキュラム設計において最も本質的な学習目標がいかにして設定され得るのかを探究した。

第1節では、この課題に対して教材の観点から取り組んだ。第4章第1節でのニュージーランドカリキュラムの分析からわかるように、能力ベースカリキュラムでは教材の取り扱いに自由度があるから、目標とする達成水準に合わせて、その取り扱いを柔軟に変えることが求められる。教材としての教科書を分析してその取り扱いの検討を試みる際、統計的推測スキルの発達段階は段階間の動的過程を指示していないため、分析の視点として必ずしも有用でない。そこで、否定論（岩崎, 1992）の視座から静的な発達段階を動的に捉え直し、その過程を視点として教科書を分析した。教材としての教科書を分析する視点として動的過程を用いることで、適切な学習目標をいかにして設定することができるのかを事例的に示した。

第2節では、子供の観点から取り組んだ。能力育成の対象は、他でもなく、教師の目の前にいるそれぞれの子供である。子供の実態を無視した学習目標の設定には意味がない。そこで子供の状態を把握するためのツールとしてコモグニション論（Sfard, 2008）を、能力水準を特定する視点として動的過程やそれに関連する統計的推論の階層理論（e.g., Reading & Shaughnessy, 2004）を用いて、実際の子供に対する調査を行った。レディネス分析を通して、適切な学習目標をいかにして設定することができるのかを事例的に示した。

第3節では、能力ベースの短期的カリキュラム設計における学習目標の設定方法に関して総合的に考察した。岩崎（2008）による授業の四面体モデルの視座から、能力主義下の教師（T）には、教材（M）と子供（C）の両方の観点を考慮して学習目標（O）を設定することが求められることを示した。

第5章の考察を総括すると以下ようになる。能力ベース統計カリキュラムの実現にとって短期的カリキュラムの学習目標の設定が核心部分であることを考慮すれば、それは教授と学習の両方の側面から総合的に検討された上で設定される必要があり、そのような力量が能力主義下における全ての教師に求められる。

4. 今後の課題

数理認識形成という学校数学の教育的役割は不易であろうが（植田, 2002）、教育が未来社会への先行投資である点（岩崎, 2014）を考慮すれば流行を意識することも不可欠である。社会の高度情報化と知識の社会基盤化という複雑化する現代社会の特徴を踏まえれば、全ての学習者の統計的リテラシーを育む教育の実現は喫緊の課題であるが、この要請に対してこれまでの我が国の教育が十分に対応できているとは言い難く、それに可能な解答を与えることが統計を含む数学教育研究に期待されている。

本研究では、この課題意識に基づき、統計的リテラシーの育成、特にその中核である統計的推測スキルの育成を目指した能力ベース統計カリキュラムの開発という今日的課題に取り組んできた。

本研究の成果を纏めれば以下の5点になる。

成果1：本研究の主題である能力ベースの統計カリキュラムの開発が、我が国の統計教育研究の文脈、国際的な統計教育研究の文脈、そして統計を含めた数学教育学の立場からみて、その今日的課題として適切に位置づくことを示した。

成果2：先行研究から得られる知見を総合して、統計的リテラシーを、不確定な事象の読解と探究という2つの相補的な文脈において、統計の基礎的な知識・技能だけでなく統計的な推論や思考を処理機構として発揮して合理的に意思決定するために不可欠なものの総体として規定した。

成果3：統計的リテラシーの中でも特に重要な位置にある統計的推測スキルの段階的な発達が、現行の内容ベース統計カリキュラムでは必ずしも保証されないことを明らかにし、能力ベース統計カリキュラムを開発してそれへとシフトする必要性を示した。

成果4：能力ベースカリキュラムを開発するための作業課題を明確にした。

成果5：能力ベース統計カリキュラムの実現にとって核心部分である短期的カリキュラムの学習目標がいかにして設定され得るのかを、教授（教材）と学習（子供）の両側面から示した。

今後に残された代表的な課題は以下の4点に整理できる。

課題1：短期的カリキュラムを実施することを通して、長期的カリキュラムの改善を図ったりその実現可能性について検討したりすること

課題2：能力ベース統計カリキュラムの実現のための教師教育のあり方を検討して実施すること

課題3：より望ましい能力ベース統計カリキュラムの開発のために、統計以外の領域や教科との関連性を構築すること

課題4：能力ベースカリキュラムへのシフトを実現するために、本研究で得られた知見を統計以外の他の能力へと適用すること

付記

本研究の一部は、JSPS 科研費（課題番号：17J04359）の助成と平成28年度（公財）教科書研究センター大学院生の教科書研究論文助成を受けて行われました。

本要旨の引用・参考文献

- 阿部好貴 (2010). 『数学教育におけるリテラシー育成に関する研究』. 未公開博士学位論文, 広島大学.
- 岩崎秀樹 (1992). 「数学学習における「否定」の研究(1)」. 日本数学教育学会『数学教育論文発表会論文集』, 第 25 巻, pp.13-18.
- 岩崎秀樹 (2007). 『数学教育学の成立と展望』. ミネルヴァ書房.
- 岩崎秀樹 (2008). 「教えるから学ばない, という皮肉: 授業分析の視点と方法の課題」. 広島大学附属小学校・学校教育研究会『学校教育』, 第 1096 巻, pp.12-17.
- 岩崎秀樹 (2014). 「中等教育を一貫する数学的活動に基づく論証指導のカリキュラム開発」. 日本数学教育学会『春期研究大会論文集』, 第 2 巻, pp.35-36.
- 岩崎秀樹・大滝孝治 (2015). 「『数学教育学論究』に基づくわが国の数学教育研究の傾向と特徴」. 日本数学教育学会誌『数学教育学論究』, 第 94 巻, 第 100 号, pp.5-16.
- 岩崎秀樹・大滝孝治・新居広平 (2012). 「数学教育における目的・目標論再考」. 日本数学教育学会誌『数学教育』, 第 94 巻, 第 11 号, pp.26-29.
- 小柳正司 (2010). 『リテラシーの地平: 読み書き能力の教育哲学』. 大学教育出版.
- 松尾知明 (2016). 『未来を拓く資質・能力と新しい教育課程 求められる学びのカリキュラム・マネジメント』. 学事出版.
- 奈須正裕 (2015). 「コンピテンシー・ベースの教育と教科の本質」. 奈須正裕・江間史明(編). 『教科の本質から迫る コンピテンシー・ベースの授業づくり』(pp.8-34). 図書文化社.
- 高久清吉 (1968). 『教授学: 教科教育学の構造』. 協同出版.
- 植田敦三 (編著) (2002). 「I 算数科教育学の思想」. 『21 世紀の初等教育学シリーズ 第 3 巻 算数科教育学』(pp.5-15). 協同出版.
- ウィギンズ, G. & マクタイ, J. (2012). 西岡加名恵(訳). 『理解をもたらすカリキュラム設計: 「逆向き設計」の理論と方法』. 日本標準.
- Batanero, C., Burill, G. & Reading, C. (Eds.) (2011). *Teaching Statistics in School Mathematics-Challenges for Teaching and Teacher Education: A Joint ICMI/IASE Study*. Springer.
- delMas, R. C. (2002). Statistical literacy, reasoning, and learning: A commentary. *Journal of Statistics Education*, 10(3), [Online: www.amstat.org/publications/jse/v10n3/delmas_discussion.html].
- Garfield, J. & Ben-Zvi, D. (Eds.) (2008). *Developing Students' Statistical Reasoning: Connecting Research and Teaching Practice*. Springer.
- Garfield, J., Le, L., Zieffler, A. & Ben-Zvi, D. (2015). Developing students' reasoning

- about samples and sampling variability as a path to expert statistical thinking. *Educational Studies of Mathematics*, 88(3), 327-342.
- Makar, K. & Rubin, A. (2009). A framework for thinking about informal statistical inference, *Statistics Education Research Journal*, 8(1), 82-105.
- OECD (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematics and Financial Literacy*, PISA, OECD Publishing, Paris.
- Reading, C. & Shaughnessy, J. M. (2004). Reasoning about variation, In Ben-Zvi, D. & Garfield, J. (Eds.), *The Challenge of Developing Statistical Literacy, Reasoning and Thinking* (pp.201-226), Kluwer Academic Publishers.
- Sfard, A. (2008). *Thinking as Communicating: Human development, the growth of discourse, and mathematizing*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Wild, C. J., Pfannkuch, M., Regan, M. & Horton, N. (2011). Towards more accessible conceptions of statistical inference. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*, 174(2), 247-295.
- Wittmann, E.Ch. (1995). Mathematics education as a “Design Science”, *Educational Studies in Mathematics*, 29, 355-374.
- Ziegler, L. A. (2014). *Reconceptualizing statistical literacy: Developing an assessment for the modern introductory statistics course*. Unpublished doctoral dissertation. Faculty of University of Minnesota.