

学位論文要旨

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

広島大学大学院教育学研究科
教育学習科学専攻 学習開発学分野
カリキュラム開発領域

D164447 大谷 洋貴

論文要旨

論文目次

序章 本研究の目的と方法	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 問題の所在と本研究の目的	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
第2節 研究の方法と本論文の構造	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
第1章 先行する統計教育研究における本研究の位置	第3節 統計的推測スキルを育む統計カリキュラム
第1節 我が国の統計教育研究の傾向	第4節 本章のまとめ
第2節 国際的な統計教育研究の動向	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
第4節 本章のまとめ	第2節 レディネス分析に基づく学習目標の検討
第2章 統計的リテラシーに関する基礎的考察	第3節 学習目標の設定に関わる総合的考察
第1節 リテラシーの概念規定	第4節 本章のまとめ
第2節 統計的リテラシーの概念化	終章 本研究の総括と今後の展望
第3節 統計的なリテラシーと思考と推論	第1節 本研究の成果
第4節 統計的リテラシーと PISA リテラシー	第2節 本研究の意義
第5節 本章のまとめ	第3節 今後の課題
第3章 能力ベース統計カリキュラムの開発の必要性	本研究における引用・参考文献一覧
第1節 目標の焦点化	本論文に関わる著者の主な先行研究
第2節 統計的推測スキルの段階的な発達過程	資料
第3節 現行統計カリキュラムの批判的考察	
第4節 本章のまとめ	

序章 本研究の目的と方法

数理認識形成という学校数学に通底するその固有の教育的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（岩崎, 2007; 植田, 2002）。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は常に検討されなくてはならない。

現代社会は様々な言葉によって特徴付けられる。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、我が国の現行統計カリキュラムは、高校数学Bの区間推定を頂点とした内容ベースカリキュラムであるため、上記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、内容ベース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）。

一方、先行研究では、統計的リテラシーを育むための処方箋の1つとして、教師教育の重要性もまた指摘されている（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。実際にはこの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が問題である。統計教師教育は重要で不可避であるが、それ以上に能力ベース統計カリキュラム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開発は喫緊の課題である。解決すべき具体的なこの課題に可能な解答を与えるのは、統計を含む数学教育研究の他にない。

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。

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学問的に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。

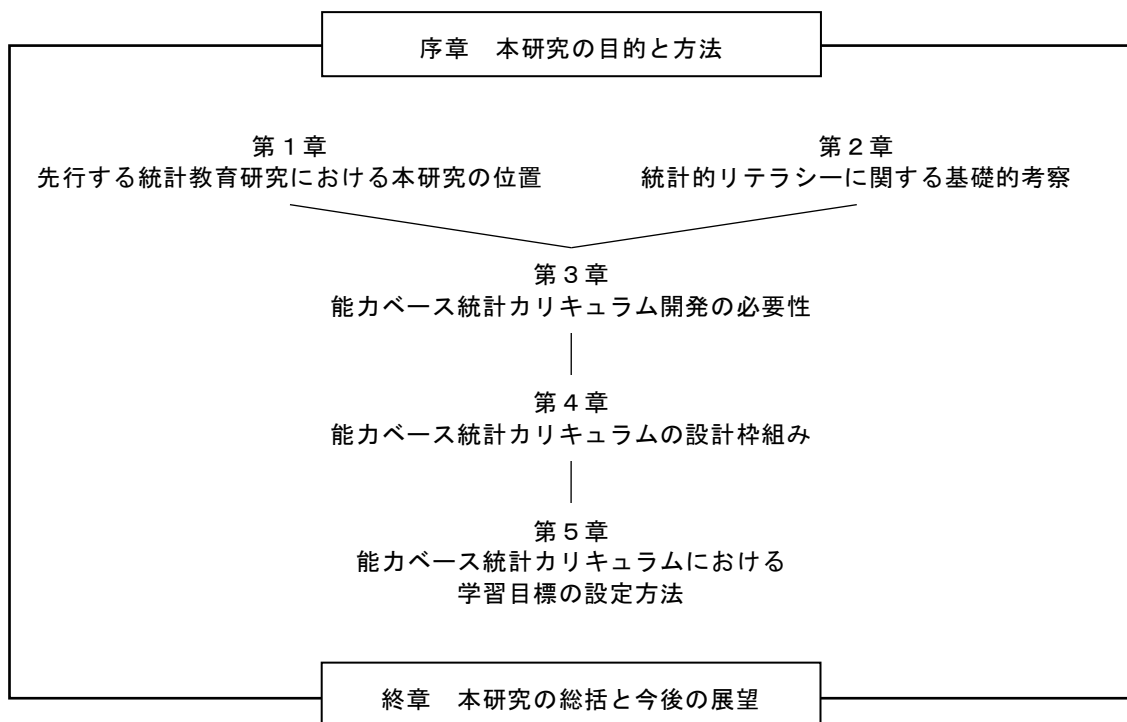


図. 論文構成

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。時代的・社会的な要請に端を発するからといって、その学問領域で論究すべき主題となるとは限らない。「統計」や「カリキュラム」に関わる論考の数が決して多いとはいえ、この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てきた全ての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、それが統計的知識の理解や統計の能力の育成（個人的局面）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（教授的局面）を潜在的に探究してきたことを明らかにした。能力主義の立場から見れば、この潜在的な傾向は、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、そのよう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ようになる。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。リテラシー概念を基礎学力 (3R's) の観点から見れば、その本質は「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。そして第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。これらは統計教育の目標概念として議論されており、区別が必要である。delMas (2002) に基づけば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能力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高次能力とみなす場合である。今日的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 リテラシーの観点から、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 PISA 数学的リテラシーは数学的問題解決という探究の文脈に重点を置き論証を強調しないが、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ク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。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。先行研究に基づき、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む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、能力ベースカリキュラムの特徴として、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みなくてはならないことを導いた。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つの作業課題には有効に機能できないが、設計された能力ベースカリキュラムを実施・改善する教師の力量形成には有効に機能できることを示した。一方、逆向き設計論は、課題1に対する利用はできないが、課題2にはその指針として有効に機能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ブ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。また、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のようなになる。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得る。なお、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。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ためである。

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。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、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。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わ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核心部分である短期的カリキュラムの学習目標は、教授（教材）と学習（子供）の両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。

終章. 本研究の総括と今後の課題

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は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

本要旨の引用・参考文献

- 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・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.
- 松尾知明 (2016). 『未来を拓く資質・能力と新しい教育課程 求められる学びのキャリアム・マネジメント』. 学事出版.
- 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.
- Makar, K. & Rubin, A. (2009). A framework for thinking about informal statistical inference, *Statistics Education Research Journal*, 8(1), 82-105.
- 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.
- Wittmann, E.Ch. (1995). Mathematics education as a “Design Science”, *Educational Studies in Mathematics*, 29, 355-374.