

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 8 月 18 日現在

機関番号：32105

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23300290

研究課題名(和文)「知の創造」を基調とする統計に関する次世代教育の検討および教材と電子教科書の開発

研究課題名(英文) Statistics Education for Next Generation Based on Creativity and Development of a Prototype of a Digital Text

研究代表者

垣花 京子 (KAKIHANA, Kyoko)

筑波学院大学・経営情報学部・教授

研究者番号：50248754

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,400,000円、(間接経費) 2,820,000円

研究成果の概要(和文)：次世代型の統計教育では、データの持つ「不確実性」を理解し、新しいアイデアを生むこと(知の創造)や意思決定ができる能力を育てる必要がある。まず、不確実性の概念を教育的に定義し、「データの統計値から結論を導く事象」と「過去の理論に基づき導く事象」の事例を挙げ、認識調査を試みた。「どちらともいえない」、「日常なことだから」などと判断の基準が明確でない人が多いことが分かった。そこで、データの持つバラツキを分布として理解しながら「自ら創る統計」の教育課程を構築し、データ集めから知の創造への一連の統計的活動の教材を開発した。その成果を確かめ、インタラクティブな活動が可能な電子教科書の形でまとめた。

研究成果の概要(英文)：The statistics education is needed to cultivate an ability to create new ideas or make a decision with gathered data. And students should understand the concept of "uncertainty". "Uncertainty" comes from a data set which is distributed by a variance and draws a shape. Many students even math teachers said "I cannot differentiate between uncertainty and certainty" or "It is uncertainty matter because it happens in daily life". Curriculum for the statistics which is based on "creativity for a new idea" in an uncertain matter and created by oneself was planned and practiced in classes and investigated the effects of these materials. Then a prototype of a digital textbook through which students activate interactively with data was developed.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学 科学教育

キーワード：創造性の育成 統計的思考力 統計的活動 不確実性 教育課程 電子教科書

## 1. 研究開始当初の背景

グローバル化、高度情報化が一層進み、ビッグデータという言葉が聞かれるようになり、様々な方法で集められる情報(データ)から統計分析を行い、意思決定をしたり、新たなアイデアを創出したりすることが期待されるようになってきた。このような社会的要請から平成20年に改訂された学習指導要領で教科数学の中に統計的思考の育成が導入され、中学校、高等学校の数学教育の中の1つの単元として「資料の活用」、「データ分析」が実施された。少ないデータで統計の概念や計算方法を学ぶだけでなく、資料を活用し、「知の創造」の体験を取り入れた次世代教育を検討する必要になった。そのために、解が1つになる「確実」な対象だけを扱ってきた数学教育の中で、統計的判断を必要とする課題として、「不確実」な事象を対象に、各自データを分析し、その結果から読み取れる複数の解から1つを選び、論理的な説明が要求される統計教育を実現することになった。しかし、「不確実性」という言葉は統計学、数理科学などの世界で使われてきたが、数学教育では初めてのことである。平成24年全国学力・学習状況調査の調査問題で、複数の解を認め論理的な説明だけを求めるということも行われている。しかし、不確実性の事象に対しても確率を考慮して解を求め、判断する必要があると考える。数学教育の中で「不確実性」の基礎的な概念が明確に定義されておらず、それぞれの教員の考えのもとで、解の評価をしている。そこで、共通理解が必要である。また、統計教育において、「不確実性」の概念を考慮した次世代教育で求められる「知の創造」の体験を可能にする教材も十分ではない。

## 2. 研究の目的

1) 「不確実性」に対して、その概念の教育的定義を与え、確実性事象と不確実性事象に関する子供の認識形成の発達の構造の特質を解明し、教育的課題を明確にする。

2) 1) で定義した不確実性事象を対象として、次世代教育を実現するために、統計的活動を通して、新しい知の創出力を強化する教材を開発する。開発した教材のの実践的検証を経て、電子教科書化し、学校教育の中だけでなく、生涯学習でも学ぶ環境を整え、不確実性事象を理解し、「知の創造」に貢献できる人材の育成をめざす。

## 3. 研究の方法

1) 「不確実性」の定義に関しては文献調査  
2) 1) の定義をもとに「不確実な事象」に対する認識調査：以下のようなアンケート調査を実施し、同時にインタビュー調査も実施した。

### ① 確率に関する認識調査

対象者：大学生、数学者及び数学教育者

② 事例から「不確実な事象」と「確実な事象」の判断とその根拠に関する認識調査

対象：高校生、大学生、数学者及び数学教育者、タイの教育学部の大学院生

### 3) 教材の開発と実践検証

「知の創造」や意思決定を念頭に置いた教材を開発し、中学生、高校生、大学生を対象に実践し、知の創造や意思決定の可能性を検証  
4) 電子教科書のプロトタイプを開発し、まとめる。

## 4. 研究成果

### (1) 不確実性の概念に関して

歴史的背景を文献で調査し、数学教育の中での「不確実性」の概念の定義を試みた。その結果、数学教育の中で扱う不確実性の概念を、理論的な法則から導かれた結論をもつ「確実性」の事象に対して、集められたデータをまとまりとして捉え、全体のバラツキ(確率、確率分布)を考慮して導かれた結果を持つ事象を「不確実性」の事象と定義した(図1)。

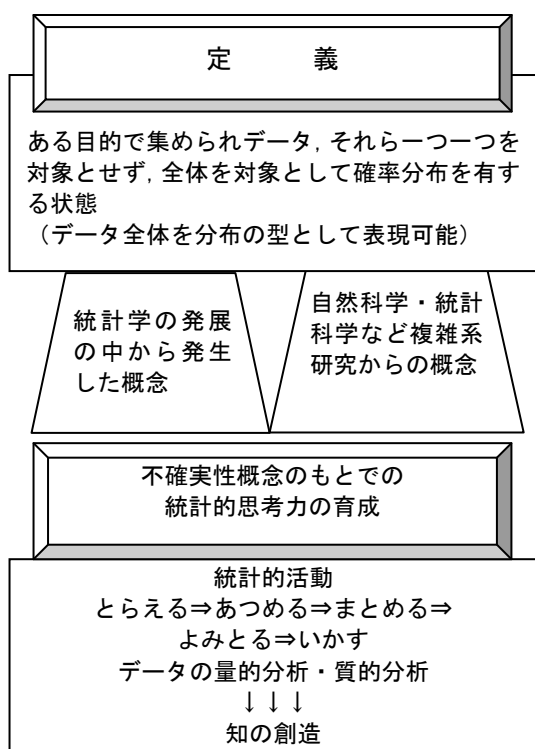


図1 数学教育の統計的思考育成における不確実性の概念

本定義をもとに、「データの統計値から結論を導く事象」と「過去の理論に基づき導く事象」の事例を挙げ、高校生や大学生を中心に認識調査を試みた。また、調査にあたり、数学者や数学教育者に意見を求めたところ、「不確実性の事象は数学教育の中で扱うことではない」と考えている人もあった。アンケート調査の結果は、「どちらともいえない」、「日常的事象だから」などと不確実性の概念や判断の基準が明確でない人が多いことが分かった。数学教育者の中にも同様な判断をする人もいた。そして、調査の質問に対してその回答者の背景や、それまでの経験が影響したりしていることも分かった。

一方、小中学生にも同様な調査を計画したが、小・中学校の算数・数学教育の中で理論的法則から1つの答えが出る事象を学習している小中学生に、「不確実」を扱う教育が始まったばかりであり、混乱を招くことになるなど現場の先生からの意見もあり、本研究の期間内には目的を達することが出来なかった。今後、さらに認識調査については、子供たちが「不確実性」を対象とした学習を体験し、

解に確率を考慮して結論が100%正しいと決まらない算数・数学もあることを理解する教育が広がった後に、質問方法を検討し再度実施することが望ましいと判断した。

## 2) 教材開発と電子教科書の開発

「不確実性」の概念を理解することを念頭に、教材開発をした。それぞれの教材はデータ集めから始まる統計的活動をベースで構成され、木村捨雄先生が提唱してきた「とらえる、あつめる、まとめる、よみとる、いかす」を実施しながら、知の創造や意思決定を目的として構成した。

活動を通して、不確実性の概念を理解し、統計的基礎知識を使って、まとめながら、意思決定や新たなアイデアを生む経験をする。

統計的基礎知識は学習指導要領で指定されている項目を各場面で選択し、使うようにしている。また、それぞれの活動では、「不確実性」の概念を理解するためにデータのバラツキと分布に重点をおき、データから特徴を掴むために、いろいろな場面で起きるバラツキから起こる「不確実」な事象に対する解について議論したり、批判的に考えたりする場面を作った。これら分析活動の結果、データを集める目的に対して、新たな結論を出すように心掛けた。

これらの教材を中学生、高校生、大学生と実践した結果、年代に応じて集めたデータのバラツキを認識し、各段階で学ぶ統計量やグラフを利用して、意思決定をしたり、アイデアを出したりする活動が活発に行われた(図2)



図2 中学校での実践：端末を持ち寄って議論する生徒たち  
また、これらの教材は、テクノロジーを有

効に使い、議論したり、考えたりする時間をできるだけ多くとるために、表計算ソフトを使い、データや関数を入力するだけでグラフや統計値を表示する環境を構築した(図3)。また、同様の環境を携帯端末でも利用可能で、自分の作ったグラフを持ち寄り議論できる環境も実現された。



図3 データを入力し関数を入力して、ヒストグラムが表示される環境

これらの教材を電子教科書の形のプロトタイプとしてまとめた。場面場面で表計算ソフトのワークシートをダウンロードしながら活動できる。一連の統計的活動の事例と統計的ツールを数値まとめる場合とグラフでまとめる場合に分けて利用できる(図4)。

TOP	「確実」と「不確実」の判断の練習問題	
不確実性	統計的活動	
上は	アイシチュエーションの名前	
統計的活動	5段階読み	
実践・観察・観察・観察	10cmのテープをカットして自分のデータを分析	
観察・観察	工場長になったつもりで(全体のデータを見る)	
観察・観察	ちゃんと切れている人は誰(検定)	
観察・観察	きょうり農家でサンプルから検体を予測する	
観察・観察	人には100gの感覚がある?	個人のデータを分析(管理図の利用)
観察・観察		全員データの平均からみる
観察・観察		バラツキから見てくること
観察・観察		血液型や睡眠時間と関係がある?
観察・観察		実験計画の基礎的思考
観察・観察	あなたは小学校の先生; 指導計画を立てる	
観察・観察	あなたは地域の消防署の出動計画を立てる	統計的活動の例
アンケート調査	教育特別講座に何が必要か	いろいろなグラフでまとめる
調査	調査用紙の作り方	学年別で差があるか?
統計活動のためのツール		
数値でまとめる	「ふつう」、「標準」を探す	割り勘から考える平均の練習問題
数値でまとめる		中央値の練習問題
数値でまとめる		幾何平均の計算確認
数値でまとめる	バラツキ、振りみる	バラツキをグラフで判断する練習
数値でまとめる		ヒストグラムの型と事象の練習
数値でまとめる		分布の型と事象についての説明
数値でまとめる		分散と平均の練習
2つの関係	相関分析	相関式の求め方
予測の考え方	総本と総集積	大数の法則と中心極限定理
検定の考え方	平均値の検定	標本の平均の検定
検定の考え方		グループの平均に差があるか 練習
検定の考え方		対応する2つのデータに差があるか 練習
検定の考え方		相対値の検定
検定の考え方		検定値Tの計算のまとめ
グラフ	グラフに関する練習問題	
グラフ	ヒストグラム(ファイル)	
グラフ	箱ひげ図(ファイル)	

図4. テキストの目次

多くの統計の教科書は知識ベースで作られているのに対して、本研究で開発したテキストは、統計的活動ベースで、できるだけ学習者が自分のデータを入力し、関数を入力する

とグラフや統計情報が得られる環境を作った。

さらに各場面で、必要に応じて、統計の基礎知識の学びや確認を可能にしてある。できるだけ読むだけでなく、質問形式で、話題を進めたり、チェックテストをし、自分自身で、知識を確認できる環境(図5)を実現した。



図5 練習問題と解答の確認環境

また、開発した教科書を幅広く利用可能にするため、PCだけでなく携帯端末などの最新のICT環境での活用の可能性についても調査、検討した。その結果、PCの表計算ソフトで作ったファイルをiPadのアプリ(図6)でも同様の活動が可能であることを確認した。



図6 iPadのアプリ上での活動

また、本テキストは一部だけを使うことも可能である。たとえば、教材の部分だけを利用し、用意してあるWorksheetを教員が自分のやり方で変更することも可能である。また自習用に練習問題だけを利用することもできる。大学生の初年度教育で本テキストを利用

した結果、いろいろな探究を可能にし、統計的知識も活動を通して自学自習の形で学ぶことができた。

当初は、中学生以上を対象とし、学校教育の中だけの活用を考えて開発したが、今後、一般市民にも統計的思考の育成が必要であり、生涯学習の中でも活用できるだろう。

今後、新たな活動の事例を追加していく計画である。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 9 件)

- (1) 垣花京子 (2011)、特集「科学教育における統計的思考力育成のための理論と実践」に向けて、巻頭言、科学教育研究 Vol. 35、No 2、p. 67-68
- (2) 福田千恵子、垣花京子 (2011)、データ駆動型アプローチと統計的思考の育成に関する事例研究 - 大学での基礎教育の実践事例を通して、科学教育研究 Vol. 35、No 2、p. 167-178
- (3) 垣花京子、佐野司 (2011)、数学教育における統計的思考の育成のための「不確実性」概念に関する一考察、日本数学教育学会第 44 回数学教育論文発表会論文集、p. 567-572
- (4) 垣花京子、佐野司、松岡東香 (2012)、統計的思考のための「不確実性」概念に関する考察 2 - 確実 / 不確実判断基準の整理・分析 -、第 45 回数学教育論文発表会論文集、p. 737 -742
- (5) 垣花京子、渡辺信 (2013)、Statistic Education for Lifelong Learning、6th East Asia Regionals Conference on Mathematics Education Vol. 3、p. 318-328
- (6) Kyoko KAKIHANA、Takumi MAKINODAN、Atsumi Kimura (2013)、Statistical Activities for Cultivating

Creativity、ATCM8 論文集、p. 290 -276

- (7) 垣花京子 (2013)、不確実性事象に対する統計的思考育成のための教材研究 - 「知の創造」を目指す統計的活動 -、日本数学教育学会誌 2013 第 95 号数学教育学論究 pP. 89-96
- (8) 垣花京子 (2013)、統計的活動における創造性の育成のための教材開発、筑波学院大学紀要第 8 集、p. 25-31
- (9) 垣花京子、佐野司、松岡東香 (2014)、統計的活動をとり入れたデジタルテキストの開発と検討 iPad の活用を目指して、筑波学院大学紀要第 9 集、p. 47-55

[学会発表] (計 8 件)

- (1) 松岡東香、山下幹也、上村剛史 (2011/5/22)、教養科目としての地球科学への関心と教育効果に関する研究、日本地球惑星科学連合、幕張メッセ国際会議場
- (2) 渡辺竜毅、松岡東香 (2011/11/27)、帯磁率計のドリフトノイズに関する Excel を用いた考察、第 6 回パーソナルコンピュータ利用技術学会、大東文化大学
- (3) 垣花京子、渡辺信 (2012/8/27)、第 36 回日本科学教育学会年会、東京理科大学 神楽坂校
- (4) 野濱哲也、垣花京子 (2012/11/25)、統計的思考の育成のためのデジタルテキストで利用可能なツールの開発、第 7 回パーソナルコンピュータ利用技術学会、立正大学 (大崎キャンパス)
- (5) 垣花京子 (2011/8/23)、創造性の育成を視座に入れた「統計的思考の育成」におけるテクノロジーの活用 (1)、日本科学教育学会年会、東京工業大学すずかけ台キャンパス
- (6) 松岡東香、垣花京子、佐野司 (2013/12/1)、統計的思考力育成のための不確実性概念教育に関する対象者 / 技術分析、第 8 回パーソナルコンピュータ利用技術学会全

- 国大会、大阪国際大学枚方キャンパス
- (7) 垣花京子 (2013/9/8)、創造性の育成につながる統計的活動とデジタル教科書の役割、第37回日本科学教育学会年会、三重大学共通教育校舎
- (8) 垣花京子 (2013/6/23)、生涯学習と統計的リテラシー教育、第1回日本数学教育学会春季大会、筑波大学茗荷谷校舎

[産業財産権]

なし

[その他]

Web ページ

① 報告書：

<http://www3.tsukuba.ac.jp/t/kakiha/na/kaken/kenkyuseika.html>

② デジタルテキスト：

<http://www3.tsukuba-g.ac.jp/t/kakiha/ana/tokeitext/index.html>

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

垣花 京子 (筑波学院大学教授)

研究者番号：50248754

(2) 研究分担者

松岡 東香 (筑波学院大学准教授)

研究者番号：10406887

佐野司 (筑波学院大学講師)

研究者番号：80406024

銀島文 (国立教育政策研究所・教育課程研究センター基礎研究部 )

研究者番号：30293327

石内久次 (鳴門教育大学・経営企画本部)

研究者番号：00532912