

# ESDの視座からクリティカルシンキングを深化させる統計教材の開発

井上 優輝・服部 裕一郎\*

本研究では、ESD的な視点をクリティカルシンキングに組み込むことで、より実践的なクリティカルシンキングを育成するための統計教材（数学Ⅰ「データの分析」）の開発を行った。本稿では、その際に整理した教材作成における留意点もふくめて、開発教材を紹介する。

キーワード：ESD，クリティカルシンキング，統計教育

## 1. はじめに

クリティカルシンキングはしばしば批判的思考と訳されるが、その解釈は一意ではない（道田，2003）。過去の研究では、クリティカルシンキングを「与えられた事象について、数学的根拠に基づいて正しい判断をしようとする能力や態度」と解釈し、教材開発研究を行ってきた。過去の研究「数学科における方法の検討を促進させる教材の開発（井上，2013）」では、授業形態の工夫がクリティカルシンキングの育成に大きく寄与することを見いだすことができた。具体的には、目的意識をグループで共有することが、生徒の活動の充実につながることを見いだすことができた。

本研究では、過去の研究成果をふまえながら、ESD的な視座からクリティカルシンキングを育成するための教材作成における留意点を整理し、その整理に基づいて統計教材を開発することを目的とした。本稿では、その教材を授業提案という形で紹介する。また、Appendixとして、本研究に関わる授業視察の報告を記す。

## 2. ESDとクリティカルシンキング

広島大学附属福山中・高等学校は、研究開発学校としての指定を受け、2009～2011年度に「クリティカルシンキングを育成する中等教育課程の開発」という課題のもと、クリティカルシンキング育成プログラムの開発に取り組んできた。また、2012～2014年度（継続中）では「持続可能な社会の構築をめざしてクリティカルシンキングを育成する、新教科「現代への視座」を柱にしたすべての教科で取り組む中等教育課程の研究開発」という課題のもと、クリティカルシンキングと「持続可能な社会の構築」を結びつけた研究を行っている。その中で、「持続可能な社会づくりに関わる課題」の構成要素について、国立教育政策研究所の先行研究をもとに整理を行った。本研究では、その整理をもとに「主体的に他者と協力し、多面的・総合的に考えること」「問題解決に向けて主体的に意志決定をすること」をESDの構成概念の一部として捉える。その上で、本研究では「高い目的

意識をもった状態でクリティカルシンキングを発揮し、問題解決や意志決定を行うこと（クリティカルシンキングの手段化）」を重要視し、クリティカルシンキングをより能動的なものとして捉える。具体的には、数学教育におけるクリティカルシンキングを「与えられた事象について、数学的知識や数学的推論等を駆使してその妥当性や信頼性を正しく判断しようとする能力と積極的な態度（服部，2013）」<sup>註1</sup>と解釈し、研究を遂行する。

服部・井上（2014）では、この解釈に基づきながら、服部（2013）により見いだされた3つの知見に留意して作成された教材を用いた授業実践を行った。その実践から、この3つの知見はクリティカルシンキングを育む教材作成において有効なものであると考えている。そのため、本研究においても同様に3つの知見に留意する。また、ESDの構成概念の一部である「多面性・総合性」をあらたな知見として、教材作成時の留意として取り入れることにした。以下の表1は、服部（2013）の3つの知見と本研究においてESDの視座から取り入れた知見をまとめたものである。

<ul style="list-style-type: none"><li>・「何が重要か？」や「なぜ？」といった疑問を必要とする視点を定着させるために適した教材が必要であること</li><li>・学習する数学的内容に加えて、数学的活動を通して育成すべき「能力」と「態度」を單元ごとに具体的に明確に設定すること</li><li>・他者との議論による数学的活動を振り返る場面を授業において設定すること</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>・明確な解（答え）が存在しないなど、多様な考えがうまれるような問題を有効に扱うこと</li></ul>

表1 数学教育におけるクリティカルシンキングを育成する指導の在り方に関する3つの知見（服部，2013）と本研究でESDの視座から新たに取り入れた知見

※研究指導者、高知大学教育学部

### 3. 授業提案

#### 3. 1 単元感

数学 I 「データの分析」では、統計用語の意味や扱いについて理解させ、それをを用いてデータを的確に分析・把握することが目標とされている。統計学は現象の分析を行うために用いられるものであるため、この単元では日常生活での数学の有用性を感じさせたり、主体的な活動をとまなう意志決定をさせることができると期待でき、それは目標と合致する。しかしながら、実際には統計用語の理解に重きがおかれて授業展開されることが多いようで、それは先行する教材研究の少なさに帰因すると考えている。そのため、単なる数値計算にとどまらずに、統計的リテラシーを育む授業を行うためには、新しく（それを目的とした）教材を開発していく必要がある。

#### 3. 2 本単元で育みたいクリティカルシンキング

本単元では次の①～③のクリティカルシンキングを育むことをねらいとする。

- ① 他者の多様な考えをそのまま鵜呑みにするのではなく、自らのもつ数学的知識を駆使し、妥当性を検証するなどの活動を通して、それを受け入れたり改善したりしようとする態度
- ② 数学的根拠をもって、現象を的確に分析する能力
- ③ 自分の考えを他者に適切に伝える能力

これらは、本研究におけるクリティカルシンキングの捉えである「与えられた事象について、数学的知識や数学的推論等を駆使してその妥当性や信頼性を正しく判断しようとする能力と積極的な態度」を、先述の知見に留意ながら、本単元の内容に沿って細分し、表現しなおしたものである。

#### 3. 3 教材の設定について

先行研究（柳沢・西村，2014）では、データの加工をとまなう分析・判断の困難性を明らかにしており、PISA や PIACC の調査問題はすでにグラフや集計表に加工されたデータを用いており、それは現実的な問題場面の一側面に過ぎないことを指摘している。また、この研究では、大学生にローデータ（何の処理もしていないデータ）の分析をさせるという調査を行っているが、その分析結果は多様であり、不十分な分析や価値のない分析を含んでいた<sup>註2</sup>。この困難性や多様性は、生徒どうしの議論の対象となりうる。

本研究では、この背景をもとにして先の4つの知見に鑑みた教材開発を行った。具体的には以下に留意した。  
 ・どの指標を用いて分析していくのかななどを議論させるために、加工データではなくローデータを用いる

- ・ローデータの分析では、多様な考えが発生することが期待できるため、それを共有する場面をもつ
- ・データの加工方法を考える場面や他者の分析結果を解釈する場面において、妥当性や信頼性を判断することに重点をおく
- ・他者の分析内容に対し、改善点をあげさせる活動を取り入れる

#### 3. 4 提案授業の計画・概要

本提案授業では「データの加工をとまなう統計的な分析を通して、現象を的確に分析する能力を育むとともに、ものごとをクリティカルに検証する態度を涵養する」を目標とし、その実現に向けて、表3のように指導計画をたてる。

第1時限では、web サイト「小・中学生のための統計学習 まなぼう統計」を用いて、自動販売機戦略をテーマに分析の視点の多様性を体験させる。第2～4時限では、ローデータを与え、グループごとに分析を行わせる。第5時限では、各グループの分析結果を発表させ、改善点などを相互に挙げさせる。

#### 3. 5 各時で育みたいクリティカルシンキングの具体

3. 2の育成を企図するクリティカルシンキングを、各時の活動にあわせて具体的に表現すると、以下の表2のようになる。

時	育みたいクリティカルシンキングの具体
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・分析のしかたによって現象の見方が多様になることを知り、分析方法の問題点などについて考察しようとする態度</li> </ul>
2～4	<ul style="list-style-type: none"> <li>・グループ内で出た意見を妥当性という観点から取捨選択したり改善を行いながら、意志決定し、それを総合してグループの意見としてまとめようとする態度</li> <li>・単元で学習した統計的知識を根拠にして、与えられたデータについて分析する能力</li> <li>・グループ内で自分の考えを適切に伝える能力</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>・他のグループの分析結果をそのまま鵜呑みにせず、それが信頼できるものであるかどうかを検証しようとする態度</li> <li>・他のグループの多様な考えを受け入れ、建設的に改善しようとする態度</li> <li>・グループでの分析内容をわかりやすく適切に発表する能力</li> </ul>

表2 各時で育みたいクリティカルシンキングの具体

指導計画（実施時間：全5時間）		
時	学習活動・指導過程	指導上の留意点
1	<p>○web サイト「小・中学生のための統計学習 まなぼう統計」<sup>註3</sup>を紹介し、ソフトの使い方を説明する。</p> <p>○各自の視点で自由な分析を行わせ、主張にあったグラフを作成させる。</p> <p>○何人かの生徒の作ったグラフを提示し、それぞれの分析内容を発表させる。</p> <p>○発表内容から、分析の多様性を指摘する。</p> <p>○意味をもたないようなグラフを一例として提示する。</p> <p>○次時以降の内容を確認する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 数学 I 「データの分析」に登場する統計量などについては、本時まで既に既習である。</li> <li>・ 分析は直感的であったり、あいまいであったりしてもよいことを確認しておく。</li> <li>・ 分析の厳密性は指摘しない。</li> </ul>
2	<p>○4～5人のグループを構成させ、ワークシート（グループでの分析をまとめるためのもの）を配布する。</p> <p>○ローデータを提示し、課題を提示する。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p><b>【課題】</b> ローデータを分析することで何らかの示唆（グループの結論）を得よ。</p> </div> <p>○グループごとに分析を行わせる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ワークシートは、分析結果が「主張」として明確になるように意図したものである。</li> <li>・ ローデータは、総務省統計局のものを扱い、現実のデータであることを伝える。</li> <li>・ 発表の準備もしておくことを伝える。</li> <li>・ 基本的な統計量などを求めるための PC を準備する<sup>註4</sup>。</li> <li>・ 分析内容をグループの全員で共有するように指示をするなど、グループ内の議論が活発に行われるように促す。</li> </ul>
3	○グループ討議	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 議論が進んでいないグループには、試行錯誤をしてみるように促す。</li> </ul>
4	<p>○グループ討議</p> <p>○ワークシートにグループの主張をまとめさせる。</p> <p>○発表の役割分担を行わせる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発表時間は5分程度とする。</li> <li>・ グループ内の全員が発表にたずさわるように指示をする。</li> </ul>
5	<p>○全グループのレポートのコピーを配布する。</p> <p>○ワークシート（他者の発表についてのコメントを記入するためのもの）を配布する。</p> <p>○いくつかのグループを指定し、分析の内容を発表させる。</p> <p>○評価問題の実施（20分）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発表内容が多様となるように指定する。</li> <li>・ 聞き手には、改善点などをワークシートに書かせ、グループ発表終了後にその内容を発表させる。</li> <li>・ 評価問題は、不適切と思われる記事を提示し、それに対する考察内容を記述させるものである。</li> <li>・ 評価問題の内容は授業内容と直接には関連しない。</li> </ul>

表3 提案授業の計画・概要

### 3. 6 授業で用いるローデータ

授業では、平成 22 年国勢調査（総務省統計局）から引用した以下のデータを用いる。

- i 都道府県別の人口密度
- ii 都道府県別の平均年齢
- iii 都道府県別の 65 歳以上人口の割合
- iv 都道府県別の 15 歳未満人口の割合

これらのデータ間の相関係数は以下の表 4 のようになっている。

	i	ii	iii	iv
i	1			
ii	-0.477	1		
iii	-0.521	0.986	1	
iv	-0.168	-0.622	-0.518	1

表 4 データ間の相関係数

授業では、項目を限定する、都道府県を限定（またはいくつかを除外）するなどして、各グループで定めた i ~ iv のデータの一部についての分析内容をまとめさせる。現実的な問題をそのまま扱っているため、グループでの分析内容に絶対的な確信を得られることはない。それは、各時で育みたいクリティカルシンキングの具体（3. 5）における「グループ内で出た意見を妥当性という観点から取捨選択したり改善を行いながら、意志決定し、それを総合してグループの意見としてまとめようとする態度」を育む土壌になるのではないかと考えている。例えば、以下のような考察をグループで試行錯誤して行いながら、妥当性に重点をおいた議論がなされることを期待している。

- ・ i のデータは大半が 500 以下の値をとるが、そうでない値は、それよりもかなり大きな値をとる。
  - 平均値だけではなく、中央値なども調べた方がよいのではないか。
  - データを 2 つにわけて分析をしたら何かがわかるだろうか。
- ・ i と ii は相関係数を調べると、負の相関がありそうだが、散布図をかくと、東京都や大阪府など人口密度の高い都道府県の影響を大きく受けているように見受けられるので、除外して調べてみた方がよいのではないか。
  - 除外した上で、スケールを変えて散布図をかいてみると、やはり負の相関がありそうだ。
- ・ ii と iii の間には、とても強い正の相関があることが、相関係数や散布図からわかるが、なぜそんなことになるのだろうか。

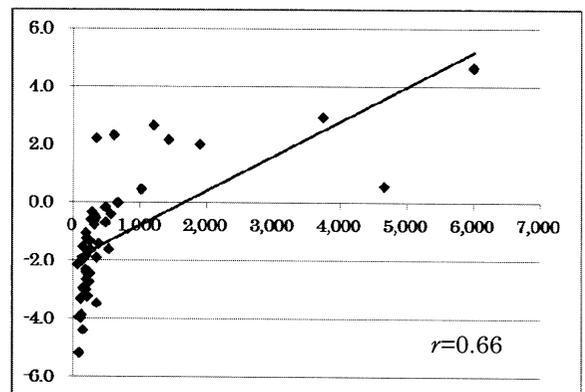
- ii と iii は同様の項目であるため、相関係数が 1 に近い値をとることは当然ではないか。
- ii と iv の相関係数は -1 に近い値になりそうだが、そうならないのはどうしてだろうか。

### 3. 7 評価問題について

評価問題<sup>25</sup>は記述問題とし、以下の記事（新聞記事という設定のもとで提示する）を読んだ感想を自由に記述させる。この記述内容から生徒たちが発揮したクリティカルシンキングを抽出する。また、同時にこの記事の信憑性を評価させる（選択肢による回答）。

#### 若者たちの都市部への流入とまらずー

下のグラフをご覧ください。このグラフは日本の都道府県別人口密度（人/km<sup>2</sup>、横軸）と平成 17～22 年の人口増加率（%、縦軸）をまとめたものである。人口密度と人口増加率の間に強い関連があることがうかがえる。これは、若者たちの都市部への流入がとどまらないことを示唆する。若者たちは、職や充実した環境を求め、大都市へ流入していくのである。



本単元で育みたいクリティカルシンキング（3. 2）についての評価は以下の観点で行う。

- ① 記事の内容を鵜呑みにせずに、自分なりの考えに基づいて記事の妥当性を判断しようとしているか。
- ② 外れ値による影響、増加した人口の年齢分布が不明であることなどを考慮することで、この散布図からは一概に記事に書かれた結論が得られないことを指摘するなど、数学的な根拠に基づいて考えることができているか。
- ③ 適切な表現を用いて、わかりやすく記述することができているか。

## 4. おわりに

本稿では、先行する研究に ESD 的な視点を組み込むことで、クリティカルシンキングを深化させるための教材作成における留意点を「4 つの知見」として整理した

おし、授業設計を行った。今後は、実際に授業実践を行い、生徒が発揮したクリティカルシンキングを分析していくことにより、先述の知見が教材作成研究において有効であるかどうかを考察していくことが目下の課題となる。また、生徒が発揮したクリティカルシンキングの分析方法についての検討、他分野への応用なども、今後の課題である。

## A. 研究に関わる授業視察の報告

### A. 1 授業の概要

日時 2014年12月2日

授業者 圓岡 悠（高知大学大学院院生）

対象 大阪府私立高校1年生 2クラス

目的 散布図による統計的リテラシーの育成

テーマ 相関係数と散布図を相互に参照することで、適切にデータを解釈する

### A. 2 授業の内容と生徒の様子

この授業は、次の2つの条件を満たすデータをもとにして組まれた授業であった。

- ① 相関係数からは2変数間に相関はないと読み取ることができる
- ② 1つの外れ値の影響が強く、それを除くと負の相関がある

授業では、まず提示したデータから相関係数を求めさせ、数値上は相関がないことを確認したのちに、その真偽を疑う発問を投げかけた。そして、2変数間の関係を捉えるものの1つとして、散布図を想起させ、散布図を提示することで、先に出した（相関がないという）結論は早計であったことに気付かせていた。

生徒は、自分の出した結論と実際の様子ギャップに興味をもったようで、ギャップの原因について問うたときには活発に「コレ（外れ値）を除けば負の相関」「いくつかにわかれているように見える」などの意見が出されていた。

### A. 3 授業視察および討議から得た示唆

今回は2クラスで同じ授業を実施していた。1つめの授業後の討議会では、データを現実的な場面と結びつけず単なる数値データのように扱ったことが生徒の序盤の意欲に影響したことが指摘された。また、それを修正して行った2つめの授業では、生徒の活動がやや活発になったように見受けられた。また、2つの授業を通して、グラフなどをもとに自分たちで分析する場面（散布図から外れ値の影響を読み取る場面）では、生徒の意見も活発に出ていた。それらを受け、本研究における授業づくりの際には、「実際に存在するデータを用いて、生徒自

身とも関わりのある現実の問題として取り組ませること」「生徒が分析し結論を出す場面を設定すること」に留意することにした。

## 註 記

- 註1) クリティカルシンキングという言葉は、文脈により多義的である（道田，2003）。服部（2013）では、数学教育という文脈において、クリティカルシンキングをこのように定義している。
- 註2) 柳沢・西村（2014）の研究は、大学生を対象とした調査により、従来の統計教育の困難点を明らかにし、学校教育における統計に関連するカリキュラムを考える上での視点を与えるものである。
- 註3) 統計シミュレーションを体験するためのソフトがあり、項目やグラフの形状を指定することで、web上で簡単に棒グラフや散布図を描くことができる。
- 註4) ノートパソコンを複数台用意し、数値を打ち込むと平均値・中央値・分散などの基本的な統計量がすぐにわかるようにした。このノートパソコンはグループ討議の時間内に自由に用いることができる。
- 註5) 本教材を扱っていないクラスでも、評価問題への回答を行わせ、実施したクラスとの比較を行うことで、よりの確に本教材の評価を行うことができると考えられる。

## 参考・引用文献など

- 服部裕一郎，数学教育におけるクリティカルシンキングを育成する学習指導の在り方—中学校3年「相似の利用」を授業提案として—，全国数学教育学会第38回研究発表会発表資料，（2013）
- 服部裕一郎・井上優輝，数学教育におけるクリティカルシンキングを育成する学習指導の在り方(2)—中学校3年「相似の利用」の授業実践を通して—，全国数学教育学会第40回研究発表会発表資料，（2014）
- 服部裕一郎・井上優輝，RLAによるクリティカルシンキングを育成する数学科授業の開発—子ども達による査読評価活動を通して—，全国数学教育学会第41回研究発表会発表資料，（2015）
- 広島大学附属福山中・高等学校，文部科学省研究開発学校研究開発実施報告 平成25年度（延長第2年次），（2014）
- 広島大学附属福山中・高等学校，文部科学省研究開発学校研究開発実施報告 中間まとめ 平成26年度（延長第3年次），（2014）

- 井上優輝, 数学科における方法の検討を促進させる教材の開発—相互評価をいかす授業の実践—, 広島大学附属福山中・高等学校中等教育研究紀要第 53 巻, 137-142, (2013)
- 国立教育政策研究所, ESD の学習指導過程を構想し展開するために必要な枠組み  
[http://www.nier.go.jp/kaihatsu/pdf/esd\\_leaflet.pdf](http://www.nier.go.jp/kaihatsu/pdf/esd_leaflet.pdf)
- 道田泰司, 「批判的思考概念の多様性と根底イメージ」, 『Japanese psychological review』, 46(4), pp.617-639. (2003)
- 文部科学省, 中学校学習指導要領解説 数学編, (2008)
- 文部科学省, 高等学校学習指導要領解説 数学編 理数編, (2009)
- 西脇美穂, 数学教育における統計領域の指導に関する研究—『知の創造』に関する生徒の反応傾向の分析から—, 全国数学教育学会第 40 回研究発表会発表資料, (2014)
- 小・中学生のための統計学習 まなぼう統計,  
<http://www.toukei.metro.tokyo.jp/manabou/manindex.htm>  
総務省統計局  
<http://www.stat.go.jp/index.htm>
- 高橋陽一郎 他, 数学 I, 啓林館, (2013)
- 柳沢文敬・西村圭一, データに基づく判断の困難性に関する調査研究—「変数間の関係性」に焦点を当てて—, 日本数学教育学会誌第 96 巻 (臨時増刊), 185-192, (2014)

本研究は, JSPS 科研費 26909006 の助成を受けて行われたものである。