

“小説”教師の冒険「教育データ分析が地球を救う！」

—地球平和と持続可能を志向する教員志望学生と現職教師の^{学びなおし}リカレント—

にぶ もとのぶ
二不 土身

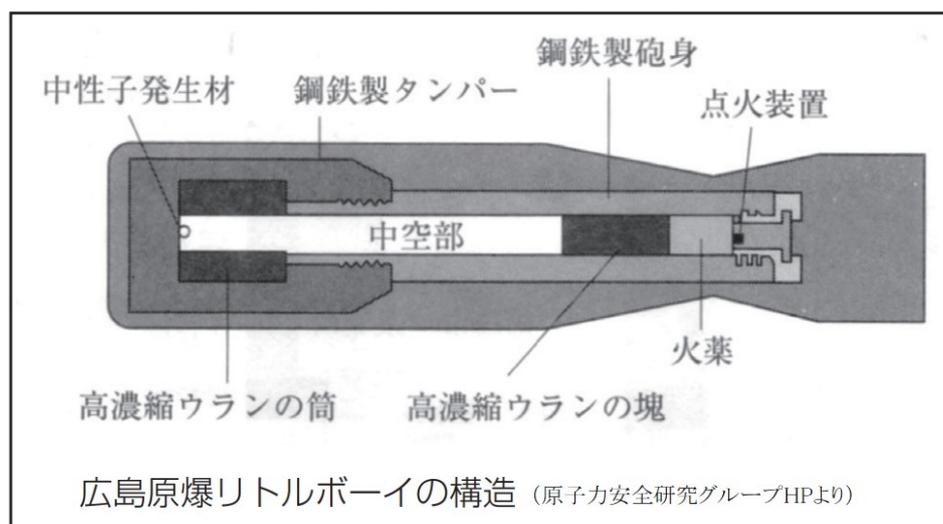
教員志望の人へのメッセージ

世界で起こることは教室でも起こる。したがって、我々が、教室の改革を行うならば、それは世界の改革につながっていく。

世界平和は教室からはじまる。

What happens in the world also happens in the classroom. Therefore, if we do a classroom revolution, it will lead to a world revolution.

World peace begins in the classroom.



はじめに

このところ、教員の仕事に対するネガティブな報道が多く（ブラックだとか）、教員志望者も減っているとの現実、非常に憂慮しています。それで、教員志望者を増やし教育を復権させたい気持ちで作ったのが本書です。本書は、教師と学生・院生の“語り”と“書面”による3部構成になっています。

第Ⅰ部 プロローグ (prologue)・・・語り

第Ⅱ部 レポート (report)・・・書面

第Ⅲ部 エピローグ (epilogue)・・・語り

第Ⅰ部プロローグは次のような構成です。

ある大学教員がゼミで担当した3人の教え子たちがなぜ教職を志望したのかという動機、大学教員の生い立ちと思想、教え子たちとの関わりなどが書かれています。筆者が教育学部でゼミを担当していた頃の4年生や教職研究科で担当していた院生を思い浮かべ、対話形式の“語り”で話が展開していく形をとって小説風にまとめました。内容構成は次の通りです。

3人の教え子が大学を卒業して小中高の学校教師となり、学校におけるESD(持続可能な開発のための教育)、反核・平和教育などの教育実践を行うにあたり、

- ・どのようなことが問題になり、
- ・自分たちの実践をどのように振り返ればよいのか、

そうした思いや問いが、対話形式の“語り”によって述べられます。そして、3人の教師が直面する問題を踏まえて、

- ・授業のなかでどのような調査を実施するのか、
- ・得られる教育データをどう分析すればよいのか、

という側面をまとめています。第Ⅰ部プロローグだけを読んでも、ここで取り上げた教育データ分析の概要をつかむことができるでしょう。

第Ⅱ部レポートは次のような構成です。

第Ⅰ部で示された課題について、学校での実践後につくられた6編のレポートを“語り”ではなく“書面”として示しています。書面”には、実施された授業や調査をどのように4人(大学教員と3人の教え子の教師)が振り返っているのかが書かれています。このレポートは、現場で実施した教育研究であり、教育委員会の研究会や教育系学会など外部に発表するための資料となるものです。

- ・1、2、3章では、教育データにおける様々な「比較」を、
- ・4章では同じく、教育データにおける「モデル化」を、

テーマにしました。そして、

・5章では、教育データとしての「アンケート」の処理方法と分析方法を、やさしく解説しながら、教育データを指導に生かすための手順を示しました。

・6章では、子どもが記述する「自由記述」などの処理方法と分析方法を示し、質的分析(テキスト分析)と量的分析(数理統計)の違いがイメージできるように配慮しました。

教育データの分析に用いているのはExcelアドインで動く分析ツールや statcel などです。レポート上でも分析の手続きは記述していますが、詳細は分析ツールのヘルプや statcel が添付された下記の文献を見ていただきたいと思います。

分析ツール ヘルプ機能：分析ツールを使用して統計学的および工学的分析を行う

柳井久江：4Steps エクセル統計（第4版）、付録：エクセルアドインソフト「Statcel4」、オーエムエス出版（2015）※第2版の Statcel2、3版の Statcel3 もほぼ同様

なお、レポートの最後に付録（レポートを読むための数学的な基礎事項）を付けました。レポートを読むための予備知識として、必要に応じて活用することができます。

第Ⅲ部エピローグは次のような構成です。

ここは、4人の“語り”による実践の全般的な振り返りです。実践した3人が、

- ・分析方法で理解しにくかったところや、
- ・分析の過程で新たに生じた問い、

などの教師たちの本音や、

・ESD（持続可能な開発のための教育）に関連して今後さらに取り組んでほしい事柄、「食品ロスなどの廃棄物問題」の展開例が示されています。中堅教師の先生方にもきっと役立つ情報となるでしょう。

総目次

	ページ
第Ⅰ部 プロローグ	3
第Ⅱ部 レポート	35
付録	80
第Ⅲ部 エピローグ	91
あとがき	106

第 I 部 プロローグ

プロローグの目次

	ページ
ことのはじまり	4
「教育者」「研究者」「公務員」 教師の3側面 teacher's triangle	5
地球の持続可能 とはどのような考え方なのか?	7
近代文明 に対する概観と批判的姿勢	13
若い人たちの 地球環境観 はどのようなものなのか	15
持続可能性と平和を願う心と 教職志望 の関連	18
学習による子どもの変容を知る(1) 2つの事象の比較	19
学習による子どもの変容を知る(2) 3つ以上の事象の比較	22
学習による子どもの変容を知る(3) 事象の独立性の判定	24
子どもの変容に影響する複数の要因の分析(1) 事象のモデル化	27
子どもの変容に影響する複数の要因の分析(2) アンケートの分析	30
子どもの変容に影響する複数の要因の分析(3) 自由記述・テキストの解読	33

ことのはじまり

教育大学教員の二不土身（にぶ もとのぶ）は、夏休みにゼミ室を訪ねてきた3人の教え子と久しぶりに話した。3人は、二不ゼミ卒業生で全員が学校教師になっている。この夏はみんなの初任の夏。初任というのは、公務員にとっては試用期間でもある。学生時代との生活環境の激変から、肉体的・精神的なプレッシャーも強い。初任の指導教諭とうまくいかないこともある。そして、なかには自分に向いてないと考え転職する人もいる。しかし、初任は彼らにとって乗り越えなければならない最初のハードルでもあった。

この日の話題は、彼らに学校で取り組んでもらいたいESD（持続可能な開発のための教育）、反核・平和教育についてであった。二不の大学では、学生は自分の専攻に関わらずどのゼミにも所属できる。例えば、社会科専攻の学生が4年生で理科のゼミに入る・・・とか。普通の教育大のイメージではありえない進路を許していた。ここで、3人のプロフィールを簡単に示しておく。

小星美努紀（こほし みつき）：高校理科教師、物理学専攻

公立高校で2年生から理系クラスに在籍し、数学、物理・化学・地学を履修している。

中道 悟（なかみち さとる）：中学校社会科教師、現代史専攻

公立高校で2年生から文系クラスに在籍し、地歴・公民・現代社会を履修している。

高見 真理（たかみ まり）：小学校教師、家政科学（生活科学）専攻

仏教系の私立高校で2年生から文理系クラスに在籍し、幅広い科目を履修している。

まず、二不は口火を切った。

二不：みんな、学校生活はどうだい？学生のとくと比べてどんな感じ？

中道：中学校教員は授業も多く、生活はハードで。

二不：週に何時間？

中道：20時間です。道徳とHRを入れて。一日あたり平均4時間。

小星：空き時間は何してるの？

中道：指導教諭の話の聞いたり、書類つくったり・・・、生徒指導のお手伝いも。

高見：私は小学校だから多いのかな、週22時間、空き時間ほぼなし。教材研究とかはできないよね。

中道：教材研究や授業の準備は家でやっている。

小星：そういう意味では私は恵まれているのかな。空き時間は中道くんとほぼ同じだけど、授業は17時間。授業用のプリント作りもできないことはない。

二不：みんな、がんばってるんだね。

高見：まあ、今年さえ乗り越えたら何とかなる・・・という思いもあります。

二不：そうか。何か困ったこと出てきたら、いつでも相談してくれ。みんなで知恵を出し、場合によっては力も出して解決していこう。

中道：ありがたいです。

小星：私も。

高見：この3人は異体同心だ！（笑

二不：あまり余裕はないようだけれど、今日はみんなに聞いてみたいことがあるので。

小星：難しいことでないといいですけど（笑

「教育者」「研究者」「公務員」教師の3側面 teacher's triangle

二不：今日は二つ話題があって。まず一つ目。教師というのはいろいろな側面を持っていると思うんだ。そこをみんなに聞いてみたい。

高見：側面というのは？

二不：例えば、ある女性を想定しよう。彼女は会社員でもあり、主婦でもあり、お母さんでもあるというように。

小星：なるほど。それなら、まずは「教育者」という側面でしょうか。

二不：教育者というのは、金八先生とかのイメージかな？

小星：熱血先生ですね（笑）ここではペスタロッチのような「教育者」ではなく。

中道：それと、まあ基本的なことですが「公務員」かな。

高見：公務員と教育者か。他にはないんですかね？

二不：僕が聞いていているんだよ、みんなに。

中道：・・・、あと何かあるかなあ？例えば、社会科で江戸時代の生活について、何を題材にどう教えたらいいかなどを考える人、とか。

高見：それは学習指導要領じゃない？教える具体については、教科書にあることでしょ？教科書の指導書には指導に関することが出ているよ。

小星：でも、それは大枠であって、教室では教師の裁量でいろいろなバリエーションがあり得るんじゃない？

高見：そうね。高校はそういう裁量が大きいね。自分の高校時代も、先生によってかなり教科書の扱いが違ってた。ただ、小学校では縛りはきついと思う。週案とかも出さないといけないし。週案は、学校生活の流れや学級、教科の指導を記述した計画書。

中道：ただ。教室ではやはり教師の裁量というか指導力というか。

二不：ちょっと戻るけれど、中道君が言ったよな、江戸時代の生活とかをどう教えたらいいか考える人、これって一般化するとどうなる？

中道：教材研究ということでしょうか。

二不：そうとも言える。もしそうなら、もうちょっと一般化してみてよ。

小星：・・・その教材が有効かとか、何かを通して自分に向き合う人。教材を研究する人。

まあ、大きく言えば「研究者」ってことかな。

二不：じゃあ、「教育者」、「公務員」、「研究者」という3つの側面を併せ持つのが教師であるとしよう。一つ聞きますが、もしある教師が公務員という自覚が薄く、教材の研究はほぼせず指導書通り、教育者の顔だけで教壇に立ち続けるとどうなるかな？

小星：それこそ、熱血（だけの）先生！ はじめはいいけど、だんだん息詰まってくるのでは？自分を振り返らないと。また、公務員として全体の利益になるように動かないと。それと、自分の熱血だけで学級経営とか進めたら生徒たちにも支持されなくなるかも。

二不：そうだね。じゃあ、もしある教師が教育者という自覚が薄く、教材の研究もほぼせず指導書通り、公務員の顔だけで教壇に立ち続けるとどうなるかな？

中道：ルーティンワークになりますね。毎日、同じようなことをして。毎年毎年が同じような繰り返し。8時に来て5時に帰る人（笑）

二不：おもしろいイメージだね。そういう人、居るのかい？職場に。

中道：50代くらいの中年男性で1人います。

二不：そうなりたいかい？教育公務員の給料は年功序列だから仕事の内容にかかわらずいただけるよ（笑）

小星：やだー、そんな人。人間としての成長も教育への愛情も感じない。

高見：私も、やだー。そんな人と結婚したくない！

二不：じゃあ、もしある教師が教育者という自覚が薄く、公務員としての意識も低く、自分の研究をマニアのようにやるような人だったらどうなるかな？

中道：一番いびつですね。それなら熱血教師とか公務員教師の方がました。

高見：まわりと呼吸を合わせられず孤立するんじゃないでしょうか。

小星：それって、高校教師にいそうなタイプですね。歴史なら細かーい細かーいところを重箱の隅をほじくるように調べつくしたりして。

二不：こういう理科の人がいたよ。授業中は、生徒に顕微鏡で何か観察させておいて、やらせっぱなし。その間に、自分は準備室で論文書いてたり。生徒の教育はほったらかしておいて、授業時間を自分の研究の手段のようにする人。その人ね、博士号を取って、どこかの大学か研究所に移った、という話も出てたね。

小星：そんな人、最低！いくら偉くなっても。いったい、何のための研究なのか？

二不：まあ、そんなに怒らなくても。

小星：二不先生はそんなことしなかったんでしょう？

中道：先生に失礼なこと言うなよ。

二不：まあまあ。私じゃないよ。これまでのみんなの議論をまとめると次のようになるんじゃないかな。

『教師はその言葉通り教育者である。そして、専門科目のみならず、自己の実践を振り返り、生徒の成長を見とる立場の研究者である。また、全体の奉仕者としての公務員（私立教員も公務員に準じる立場）でもある。この3側面をバランスよく向上させていこうと努力することが、これからの教師生活において最も大事なことである。一つの側面でも欠けた場合の教師像を思い浮かべると、そのいびつさがよくわかる。』

中道：わかりました。3側面をバランスよく向上させていくことが教師として大切なんですね。

小星：一人ひとり個性が違うからどの側面に重きを置くかは個々に違いはあると思います。

二不：その通り。その個性のうえで、3側面のバランスよい向上が大事だということだ。

高見：これからの長い教師生活。いろいろな局面があると思うけれど。このことは忘れないようにしたいです。

二不：図示すると次のようになると思う（図 p-1）。みんなも心の奥にしっかりとイメージしておいてほしい。ニューキャリアプランとでもしておこう。

その名は **teacher's triangle** !

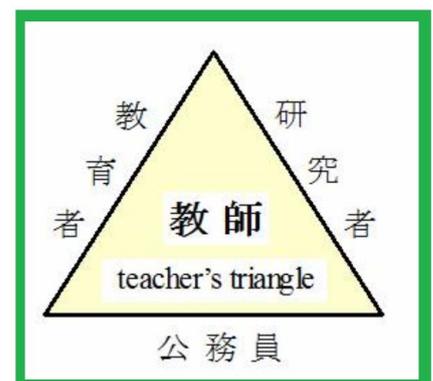


図 p-1 teacher's triangle

地球の持続可能とはどのような考え方なのか？

二不：teacher's triangle をみんなのキャリアプランの基礎にしてほしい。今日はもう一つ話題があって。こちらはちょっと長引くかな。最近よく耳にするけれど、「持続可能」あるいは「持続可能な開発」という言葉。この言葉をどう解釈しているのか、今日はみんなの意見を聞いてみたい。

中道：確か、外務省のHPに出ていましたよ。ちょっとスマートフォンで今見てみます。概要を読みますよ。

「環境と開発に関する世界委員会」が1987年に公表した報告書「Our Common Future」の中心的な考え方として取り上げた概念ということです。委員長のブルントラントはノルウェー首相です。持続可能な開発とは、

将来の世代の欲求を満たしつつ現在の世代の欲求も満足させるような開発とのことです。

小星：世代間の均衡ということね。

中道：次もあって。この概念は、

環境と開発を互いに反するものではなく共存し得るものとしてとらえ、環境保全を考慮した節度ある開発が重要であるという考えに立つものである、ということだそうです。

高見：勉強したんだけど、20世紀の終わりに「地球サミット」という国際会議がブラジルであったということ。

二不：そう。その地球サミットのとき。1992年。私は2校目の高校教員で3人の子どもたちもまだ幼かったのを覚えている。確か、環境分野での国際的な取組みに関する行動計画「アジェンダ21」が採択された。また、1992年5月に国連総会で「気候変動枠組条約 (United Nations Framework Convention on Climate Change)」が採択され、1994年3月に発効している。

締約国は197か国・機関。この条約の目標は、

大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させること地球温暖化対策に世界全体で取り組んでいくことに合意したということだ。1995年から締約国会議 (Conference of the Parties COP) が行われている。

中道：1997年に日本で開かれた第3回会議 (COP3) では、先進国による温室効果ガスの削減目標を定めた「京都議定書」が合意されています。2015年にはフランスで開かれた第21回会議 (COP21) で、「パリ協定」が採択されました。2020年以降の気候変動問題に関する国際的な枠組がここで決まった。先進国だけでなく、世界中の国が参加することになります。

高見：COP3とCOP21の違いの内容は？

中道：京都議定書では先進国のみを対象に削減目標の達成が義務付けられていた。一方、パリ協定は2020年以降の期間で、発展途上国を含む全ての参加国に目標の設定を求めている。

世界共通の長期目標：地球の平均気温上昇を産業革命前と比べて2度未満に抑えるということなんだ。「2度目標」といわれている。

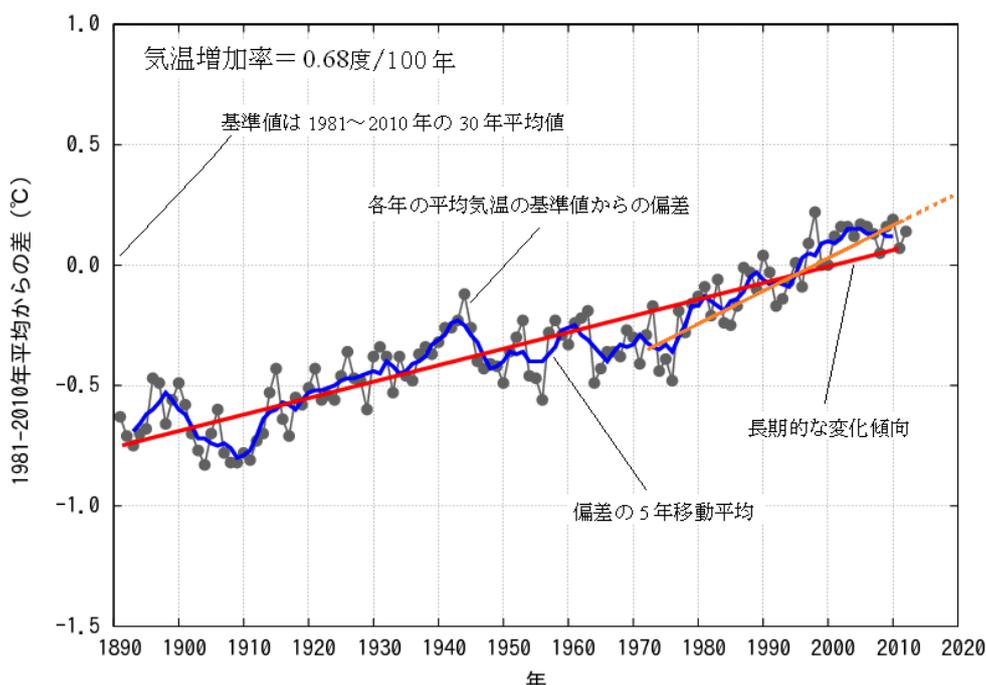
小星：次第に具体的になってきています。産業革命は19世紀ですよ。

中道：産業革命（industrial revolution）は、18世紀半ばから19世紀あたりで起こった一連の産業の変革と石炭利用によるエネルギー革命。また、それにもともなう社会構造の変革を意味している。

小星：現在は何度くらい上がっているの？

中道：0.8度という報告も1.2度という報告もある。だから、1度くらいと考えていいんじゃないかな。

二不：この図p-2を見てよ。データは1981～2010年までの平均気温を基準にしている。長期的な変化傾向の直線の傾きを見てほしい。100年で0.7度くらいの増加になっている。1890年から2010年までで、0.8度上昇している。また、1980年くらいから上昇率が増加しているのがわかるだろう、点線を含む直線だ。だから、既に1度くらいは上がっているのかな。



図p-2 地球の平均気温の経年変化（気象庁HPより作成）。

高見：最近では、2度ではなく1.5度に抑える必要があるとも言われます。

中道：2015年のパリ協定では、世界の平均気温上昇を、

産業革命以前に比べて2度より十分低く保ち1.5度に抑える努力をする
ということになっていましたね。

高見：2021年、イギリスでの第26回会議（COP26）で採択された「グラスゴー気候合意」でも、1.5度に抑える努力の追求が明記されました。採択原文の環境省暫定訳から。

気温上昇を摂氏1.5度に制限するための努力を継続することを決意する

「2度」と「1.5度」では、異常気象の頻度や海面上昇幅が大きく変わるといわれています。図2のように、このままいくと1.5度上昇は目前ですね。

小星：気候というのは、気象の100年くらいの平均値みたいな概念。だから、様々な気象現象を引き起こす母集団と考えられることもあります。その母集団が0.5度変わればどうなるか？私の計算では、44年に一度となる高温異常気象も、8年に一度の確率で起こるようになります。この計算では、平均気温を15度、標準偏差0.6度と仮定しています。このデータは、東京の50年間の平均値とその標準偏差に近い数字です。

二不：15度→15.5度という設定で計算したんだよね。標準偏差は変わらないとして。
 小星：そうです。実際には標準偏差も増えるから、寒冷な日の出現確率も増える。
 高見：44年に一度が8年に一度になるなんて。
 小星：一応言いますが、15度つまりセ氏15℃というのは、エネルギー尺度としての絶対温度に換算すると、 $15 + 273.15 \div 288\text{K}$ になる。Kは単位ケルビン。みんな、高校で習ったでしょう。だから、正しく言うと、288度(K)→289.5度(K)という設定で計算した。大気のエネルギーでいうと、たった0.2%程度の上昇になるのよ。
 高見：それで、そんなに変わるのか！ 驚きだね。
 中道：そういう計算結果を授業で示しても、グラスゴー気候合意における「1.5度に抑える努力の追求」は説得力を持つね。
 小星：正規分布の知識とか要るので、対象は高校生くらいかな？
 中道：こういうのはどうかな？みんな、通常時の体温はどのくらい？僕は36.5度くらい。
 小星：36.3度くらいかな。
 高見：私もそのくらい。
 二不：僕は高齢なのか低いよ。36.0℃前後。
 中道：まあ、じゃあ仮に36度としよう。2度上がるということは38度。これはかなり辛い熱だ。1.5度でも37.5度はやはりつらい。
 小星：そういう説明もありかな、でも地球気温とは体温は違うので、対応をどう説明するかは難しい。まあ、比喩的説明としてはいいかも。
 高見：とにかく、これらの国際的な取り組みが、現在のSDGs (Sustainable Development Goals、持続可能な開発目標) における、図p-3のような17目標と169ターゲットにつながっているんですね。国連広報センターHPの図です。



図 p-3 SDGs の 17 目標

二不：そういうことだ。SDGsが出たので、例を示すと、第13番目標が「気候変動に具体的な対策を」。
 中道：SDGsを掲げた国連決議「持続可能な開発のための2030アジェンダ」の前文には、「我々はこの共同の旅路に乗り出すにあたり、誰一人取り残さないことを誓う」とあります。
 二不：自分が取り残される人になったら、そんな世界は続かない方がいいと考えてしまう。だから、この世界が誰にとっても続いていくものであるためには、誰も置き去りにされないことが理念的に求められる。No one will be left behind!
 高見：好きな言葉です。誰も置き去りにしない。教育の基本でもある。

中道：そのために必要なのが“持続可能”ということでしょう。

小星：具体論に入りますが、やはり、持続可能というのは環境にある物質・エネルギー系の維持ということなんですか。

中道：理科系の方はそういう言い方をするのか。我々を基本的に支えている社会システムがよって立つのは自然環境・生態系であることは言を俟たない。

高見：2人とも、何か難しい言いまわし！

中道：ブルントラント報告にある、将来の世代の欲求を満たしつつ、現在の世代の欲求も満足させる……。言葉では共存ということになるんでしょうけど。そんな開発があるんでしょうか。どんなかたちで？

小星：こうも言えますね。環境と開発は互いに反するものではなく共存し得る、というブルントラント報告の考え方にある“共存”とはどういうことなのか。リゾート開発やゴルフ場建設は環境に犠牲をとともなうものですし、場合によっては環境破壊にもつながるという認識ですが。農地以上の農薬使用による地下水の汚染とか森林伐採とか。

高見：誰も、というのは人間だけなんですか？人間以外の動植物も置き去りにしない、自然生態系も置き去りにしない、ということを考えないと持続可能じゃない、と私は思う。人間だけの地球じゃない！

二不：鋭いねー。そこが非常に大事かと。近代合理主義・人間至上主義のようなものをそのまま認めたんじゃ、何の反省もない。そこを改めれば、人類は核兵器禁止を本気になって取り組むことができるようになるんじゃないかな。そして、共存可能とか持続可能とか、何を対象にしてどうすることなのか？という問いが次に来るんじゃないかね。

中道：そうですね。対象と方法論を考えないと。

小星：じゃあ、ここで結論を出すのではなく、とりあえず問いの形に整理するとか。

二不：今、人類に突き付けられている問題は、大きくみると2つ。核兵器廃絶と大きな気候変動の回避。戦争は人間を殺傷するだけでなく、文化破壊、動植物の殺傷、自然環境破壊。そして、修復にとともなういらぬ化石燃料消費によるさらなる温暖化に直結する。ウクライナをみてもわかる。あれだけ破壊すれば、修復にどれだけの化石燃料が要るか？食糧確保のために土地の修復も必要だろう。ましてや核戦争など。戦争は何もいいことはない。

中道：気候変動による地域的な異常気象によっても、基本的には戦争と同じような結果が引き起こされるような気もする。

高見：そうすると、持続可能や共存ということは、紛争の回避、温暖化の抑制という、いわば人道的な取り組みと切り離しては考えられない、ということでしょうか。

二不：そういうように言えるね。

小星：人口爆発の問題もあるんじゃないでしょうか。現在の55億人は21世紀末には100億人を超えるとか。

高見：日本や韓国のような少子高齢化の進んだ国では実感は持てないけれど。

中道：開発途上国では生き残るために、たくさんの子どもを生んでいる。

高見：食糧の増産は、農業を経済優先の大規模工場化をまねいています。結局、トウモロコシや小麦の大量生産のために農薬の多量散布が。また、アメリカやオーストラリアでは、食肉用の家畜を効率よく太らせるためのホルモン剤投与など。人間による動物や土地の手段化が進んできています。輸出による経済的利益追求のため……

中道：開発途上国では、コーヒーやアボガドなど、外貨獲得のためのプランテーション化が進んでいます。結局は、その地域の生態系が変わっていき、多様性が失われていき、気候変動の影響を受けやすいものになるんじゃないか。

中道：日本は牛肉やトウモロコシをかなりの量を輸入に頼っているよね。

二不：自給自足は米だけじゃだめだ。小麦と大豆、自給率を高めないといけない。戦前は大豆を自給していたと聞く。

高見：食料自給率を上げるのも持続可能ということにつながるのでは？

二不：その辺はまた調べてほしいんだけど、その近代以降の人口爆発で、エネルギーと食料の確保。これをめぐって、地域紛争も起こっている。2022年2月24日に始まったウクライナ侵攻も、ロシアの国際法違反による戦争犯罪行為は明らかとしても、ミンスク合意など内容的にも難しく、長年にわたる民族間紛争のようにもみえる。これまで、紛争のたびにいくつかの合意を経ている。

中道：ベラルーシも微妙な動きですね。ウクライナには15の原子力発電所があって、資源も豊富な国。ロシアはウクライナをEUには絶対に加盟させたくないのでしょう。

二不：ソ連の崩壊で、ベラルーシ、ウクライナ、カザフスタンの3国は核放棄したのに、これでまたロシアによって核配備されるのでは、との心配の声もあります。私の友人がメールで送ってくれました。

小星：ところで、共存と環境と開発の方に話を戻します。究極は、自然生態系と人類は共存できるのか、ということですよ。人類は地表にはびこった癌細胞であるとまで書くサイトもあります。

中道：そんなサイトがあるのか？ これまでの議論をまとめて言うと、とりあえずは、持続可能（な開発）とは、

- ・すべての前提として、自然生態系が維持されること
- ・その結果として、人類が生存できること

の両方、両立を目指す取り組み、というように概念化できますね。

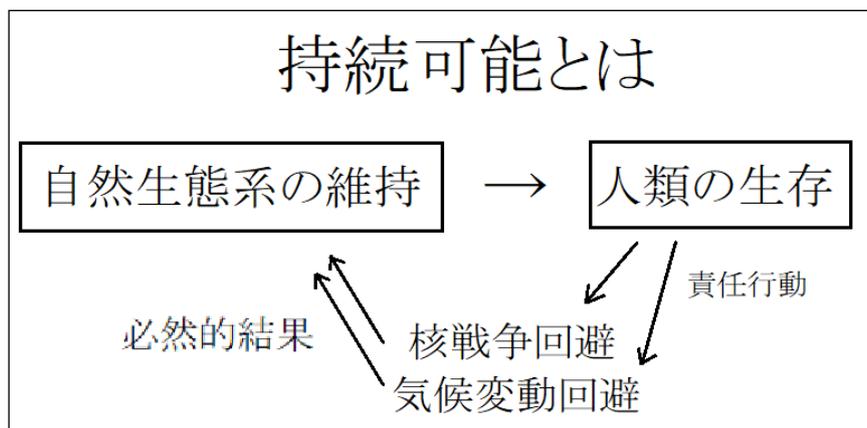


図 p-4 学校で取り組む持続可能教育の理念

二不：なるほど。今のところ、そういうことにしておこう。裏を返せば、

- ・戦争、なかんずく核戦争をいかに回避するか。
- ・温暖化による気候変動をいかに回避するか。

という人類が先導すべき回避目標にもなっているしね。

小星：問題が大きくなってきましたね。ここにいる4人は小さな存在。でも、考えている

こと、想うことは大きいよ！

高見:そのために、私たちが教育現場でどういう取り組みをするのか。という、“My problem”を見据えていかないといけませんね。

二不:何を対象にどんな方法論で、とまではいかないけれど、学校で取り組む内容を考えておくといいでしょう。初任を乗り越え、3年目くらいから実践してもらおう。

これは、持続可能教育としておこう。図 p-4 のように、“人間が核戦争回避と気候変動回避のために責任的行動をとれば人類生存の基盤である自然生態系は維持される”と考えて。この図は仮説だけれど、実現していかないと我々に未来はない。そのための教育に取り組んでいくんだよ。

近代文明に対する概観と批判的姿勢

二不土身（にぶ もとのぶ）という名前を逆に読むと、「身土不二（しんどふじ）」となる。食の地産地消という意味合いで使われるが、「身土不二（しんどふに）」はもともとは仏教用語であり、人間と自然の共生という思考であった。

二不土身は昭和の昔、古都に近い奈良田舎町「檀原」で生まれた。小学校では宿題などもいい加減にしていたためか、算数、理科といった教科の通知簿は5段階評価の1と2ばかり。行動は、当時は3段階評価であったが、今と違い“事実評価”であった。それは、「できる」、「ふつう」、「おとる」という規準になっていた。彼には、基本的な生活習慣や自主性など、ほとんどの項目で「おとる」が付いていた。現在は、「よくできる」、「できる」、「がんばろう」という規準の3段階“励まし評価”となっている。彼は、親から褒められたこともなく、親戚たちが来たときは、“相変わらずじゃのう”などと揶揄されることもあった。しかし、中学生になるとなぜか成績が上昇、県内御三家と言われる公立進学高校に入った。高校では、親の意見に反発して文科系クラスになるなど進路を誤ったが、結局は被爆地「広島」にある大学の理学部に進んだ。そして、同じ大学の理学研究科博士前期課程（修士課程）を出たあと、生活のため後期課程には行かず現地で公立中学理科教師になった。その後、郷里の田舎に帰り、公立高校の物理教師になった。被爆地での11年間の学びが彼の人生を決定づけた。

彼の専門は、環境物理、理科教育、統計分析である。高校教員のときに博士学位を取り、50代になって東京の私学の大学教員に転職し、家族とともに都会に移り住んだ。高校教員のときも大学に移ってから、物理で出てくる熱機関（エンジン）の作動原理と指導法の研究を行っていた。作動原理とは、簡単に言うとエンジンが動き続けるための条件である。歴史的には、熱機関というのは西欧の産業革命を可能にした“エンジン”である。石炭を燃焼させて動かす蒸気機関車だけではなく、化石燃料による自動車、火力発電、原子力発電などはすべて熱機関である。それは、抽象的な言い方をすれば、近代合理主義の中心軸となる概念装置であり駆動装置でもある。人間でいえば脳と心臓ともいえよう。農業も大規模工業化に取り込まれ、動物たちが工場という熱機関の効率よろしく、「家畜」という名を与えられ人間生存の物質的手段にされている。こうした近代化装置が人間（いわゆる先進国の人間）には繁栄をもたらしたことは事実であろう。半面、炭酸ガス放出などによる地球温暖化をまねき、異常気象を誘発するなど気候変動・気候危機につながっている。さらには、燃焼時の窒素系ガスの大気拡散や農業の広域産業化による水汚染などに見られるように、地球の自然環境を窮地に陥れていることも言を俟たない事実である。また、原爆投下という最大の暴力行為、戦後の核開発競争・核実験に明け暮れた人間たち（ここでは政治家、軍人などの権力者を意味し、決して一般庶民ではない）。大気中の放射性物質も蓄積されていく一方である。戦後からは核のいわゆる平和利用としての原子力発電。2度の大きな原発事故や核実験による放射能汚染は全地球規模に及ぶ。核兵器は現在、1万発以上が地上に存在している。

被爆地で11年学んだ彼は、環境保護と文明批判への情念・ルサンチマンを静かに教育研究に燃やしていた。また、熱機関とは別に、オゾン層破壊の問題と関連する太陽紫外線についての野外測定・教材化の研究も独自に行っていた。大学に移って6年目に、福島原発

事故が発生した。事故後は、放射能汚染の事実を知るために、ゼミの学生とともに現地調査（線量調査、土壌調査）を行った。その結果をもとに、担当していた理科関係の講義における反核・平和教育を進め、反核・平和教育論文執筆なども精力的に行っていた。

近代合理主義にはブレーキという概念装置がない。そして経済成長・グローバリズムに突き進む人間たち。核兵器による危機とともに、19世紀以降の気候変動が人間に反省の矢を突きつける。地球の環境保全と動物福祉の実現、これが悲願でなければ何のヒューマニズム・人間主義あるというのか!!、と二不は痛感する。

食の地産地消では、「身土不二」という言葉がよく使われる。食生活を見直し・食品ロスを削減することは温暖化ガス削減にもつながると言われる。SDGsでも自然環境に負荷が大きい肉食の削減が主張されている。生気候学者の安田喜憲らの大著、講座「文明と環境」のある読書コメントに次のように書かれていたのを思い出した。

「人間と自然とが共生する」とか「人間が自然を尊敬する」という言葉には、自然を人間のおこう側において見る、つまり自然を対象として見る姿勢があらわれている。環境問題を解決するためには、そうではなくて人間は自然の一部であるという認識が必要である。人間と人間をとりまく環境とは一体になって自然をつくっているという本来の姿にたちかえることこそ環境問題の解決をもたらす。

「人間と自然の共生」という思考は本当に正しいのか。一般に、複数の生物種が相互関係を持ちながら同じ場所で生活する現象を「共生」という。共生には、相利共生と片利共生がある。相利共生は双方の生物種が利益を得る関係、片利共生は片方のみが利益を得る関係であるとされている。人間は自然の動植物と共生してきたのか、自然を破壊し収奪する存在ではなかったのか。「人間と自然との共生」という概念装置は一旦考え直さねばならないのではないか。もしそうであるなら、「人間は自然の一部」であるという「身土不二」に通じる全体観、謙虚な人間認識が必要ではなかるうか。

若い人たちの地球環境観はどのようなものなのか

次に卒業生3人の大学生生活の一端について書いていく。彼らは今、次のような職種で教育にいそしんでいる。プロフィールを再掲する。彼らの特徴を加筆する。

高校教師：小星美努紀（こほし みつき）、専門は「理科」・・・理系思考女子

中学校教師：中道 悟（なかみち さとる）、専門は「社会科」・・・典型的な文系男子

小学校教師：高見 真理（たかみ まり）、専門は「家庭科」・・・自然系女子

小星美努紀

小星美努紀は日本のある島の田舎町で生まれ育った。高卒後は東京に一人暮らし。大学は私立の教育学部、3年生から二不のゼミに所属している。彼女は、授業もほどほどに出ながらむしろ学外で様々な体験をした。肉体労働もいとわず、農場や牧場でのアルバイトもした。また、開発途上国へバックパッカーで一人旅もした。そして、大学3年生のときであった。ある日の夕暮れどきのこと。住んでいたアパートの前で真っ白な猫と目が合った。おそらくノラ猫だろう。猫は小星をじーと見つめた。小星はその目に何か知性のようなものを感じるとともに、訴えるような悲哀を感じた。猫も自己意識や高度な感情をもっているのではないか？遠い昔、「イルカ」と名乗る女性フォークシンガーが、「・・・人間だけがえらいじゃない・・・」のようなフレーズを歌っていたのが思い出された。この猫も人間と同じなんじゃないか！

小星が目をそらして空を見上げたときであった。東の方から恐ろしい速度で飛んでくる光体が見えた。大きな隕石だったのかもしれない。そのとき、彼女の心に何か説明のつかない激情が湧いた。言いかえると、何かのメッセージとも取れる“電撃”が心に達したのだ。それは、音波ではないが動物の叫び声のようなものであった。しかし、何を媒質に伝わったかはわからない。

帰宅すると、コンビニで買った牛丼を開けた。それを食べているとき、なぜか無性に悲しくなった。箸をおき、涙をぬぐった。私は一体どうしたのか？なぜ泣くのか？茶色の牛肉をまじまじと見つめ、焼かれる前はどんな色だったのだろうか、牛のどの部位なんだろう？と普段は到底考えないような問が次々と浮かんで消えた。そして、一息ついたが、それがどこで生産されたのか、どんな牛だったのか、どんな人生（牛生？）だったのか、殺処分するときどんな気持ちだったのか、殺されるとき痛みはさぞ辛かっただろう。殺処分のときにどんな目で人を見るのだろうか。自分を見つめる牛の視線・・・そういう感情の嵐のなか、彼女はもはやそれ以上食べられなくなった。さっき出あった白猫の視線が思い出された。彼女には牛の涙がみえた。このとき、何かに気付いてしまった自分を感じた。人間は牛を手段にして生きている。何億人の人間が今、牛を食べているのではないか？そういう光景を思い浮かべると吐き気がした。手段は牛だけなのか？他の動物は？豚肉も食べている！鶏も！また、このような家畜の飼料はどうなっているのか、どこで栽培しているのか、栽培によって犠牲になっていることはないか？森林の減少か？思考が無秩序に広がっていった。理系で生態系の知識があった彼女であるが、今はうまく説明はできないとしても、地球という小さな惑星に取り返しのつかない異変が生じているのではないかと直感された。なお、彼女の家は代々にわたり小星姓を名乗ってきた。その名「美努紀」は、

この地球という小さな星（小星）をいつまでも美しい状態に維持させてほしいと両親が願って名付けられている。

この日の翌日から彼女の本当の勉強がはじまった。素朴な問いとともに。

- ・ 地表の異変の様相は？
- ・ 異変の原因は一体何なんだ？

環境理解のために自然科学と歴史を寝る間も惜しんで勉強した。そして、異変の様相と原因をさまざまに整理するなかで、次の暫定的結論を得た。

- ①現代文明による自然環境破壊、生態系の破壊、気候変動
- ②地上の人間繁殖による動植物の手段化と収奪
- ③核兵器製造のための核実験による環境汚染
- ④最終的な原因として人間（主義）の傲慢さ

これらに対抗し地球を回復させるには何が必要なのか。この問いは苦しい問いであった。というのは、単なる学問上の問ではなく自らの実践をとまなうものであるからである。いろいろ考えた。解決策については、限りなく単純に表せば2つの選択肢がある。ここでは、人間が尊厳であるかどうかの議論はしない。

A 人間がいなくなること、あるいは激減すること。

B 人間が変化すること、あるいは持続可能な生存をめざすこと。

選択肢Aは、自然には起こりそうにない。あるとすれば、利国主義からの戦争や暴力による殺傷か、極端な人口コントロールを可能にする工学的管理社会下におけるナチスのような超格差社会。これらは、結局は核戦争につながりかねない。そうなれば、地球自体を破壊してしまいかねない。それでは元も子もない。ということは、私が信念とすべき道は選択肢Bしかないのではないか。そして、その実践の方法論、つまり対話による納得を重んじるのか強権発動で進めるのかで、あるいはまたその目的達成の過程で人間が選んだ手段の妥当性の有無によって、人間の尊厳が真実であるかどうかとも決まるのではないかとも考えられた。自然環境はもはや人間の存在なしには考えられないほど、人間は肥大化している。そして、謙虚にとらえれば、人間は自然環境の一部として生存している。こういう考え方は、東洋思想で「身土不二（しんどふに）」あるいは「依正不二（えしょうふに）」とよばれることもある。自らの人生において、こういう思想を深め実践することが大事だとも思われた。

結局は人間の生き方の変革が必要であるとの結論になった。そして人間変革を可能にするのは教育ではないかとも考え、いろいろな進路から高校理科教師を選んだ。しかし、地球の回復を願う彼女の内面の情念と決意は教採の面接などでは一言も言わず、また誰かにすべて打ち明けたこともない。

中道 悟

その美努紀の同級生で同じゼミの中道 悟は、東洋の中道（ちゅうどう）思想をもとに、地上の紛争解決への方途という悟「さとり」を求め続ける中学校社会科教師である。

ある仏教系の宗教者が、1957年に横浜の三ツ沢競技場で5万人の参加者を前に、「原水爆禁止宣言」を行った。中道によると、このような核兵器禁止宣言は地球の保全を訴えたものであるとも言えるらしい。そして、次のように彼は言う。

ア) 気候変動も核兵器と同様に、人類のみならず地球の自然生態系の生存を脅かす存在である。

イ) 両者は産業革命後の人間活動（近代合理主義）によってもたらされたものである。ゼミ友の高見はその仏教系宗教団体の信者で、彼女によると中道の2つのまとめは、仏教で因果応報あるいは還著於本人（げんちゃくおほんにん）とよんでいるものだという。還著於本人とは、本人が行ったことは、結局は自身に帰り着くことを意味する仏教言葉である。石炭を掘り出して核兵器まで作るという、とてつもない近代化を突き進んだ人間たちに、放射能汚染や気候変動というかたちで人間に帰ってきている。人間に反省の矢を突き付けている。そして、因（人間活動）を変えなければならないという。これは美努紀の考えと符合する。中道によると、2015年の国連サミットで全加盟国が合意したSDGsは、西欧流の近代合理主義を維持しながらの持続可能を追うという修正版の実践であるらしい。けれども、修正版であっても実践すれば自然生態系が悪くなるスピードを落とし、パリ協定における目標である産業革命後2度以内の気温上昇を達成することも不可能ではないと思っている。その第一歩は学校教育による人間の変革ではなかろうかとも。

高見 真理

高見真理も美努紀の同級生女子で同じゼミ。果物と野菜が好物で環境教育をやりたくて小学校教師になったナチュラルリストである。乳製品はなかなかやめられなかった彼女だが、ビーガンにあこがれ、その高見（たかみ）に立ち、世の真理「しんり」を得たいと望む。

高見が調べたところによると、そのSDGsでは、肉食を減らすことは、

- ・動物福祉を実現できる
- ・飼料生産にかかわる温暖化ガス放出の削減にも貢献できる
- ・人口増加に対応しないといけない食料増産にもつながる

という3つの効果が示されている。そして、肉食を減らす取り組みには、高見が大いに賛同する。ジョンズ・ホプキンス大学公衆衛生大学院のジェシカ・ファンゾは、人間・動物・環境のワンヘルス（one health）を提唱する。ジェシカは、次のような難しい倫理的な問いを発する。

a) 人間の健康のために環境や動物をただ犠牲にし続けるだけでいいのか？

また、

b) 地球資源を次代に残し動物福祉を守りながら人間の権利を確保するためにどうバランスを取っていくのが最適なのか、常に問い続けなければなりません。

ともいう。そして、解決への道筋として、日常生活のレベルでも、

c) 日々の食生活は環境に何らかの負荷を与えます。今日の食事が、動物や環境、自身と家族の健康、そして自身の住む地域社会にどう影響するのか？と考えるのが、まず実践できることではないか。

と述べている。

高見は、ジェシカの間 a)b) は、常に学校教師と児童・生徒の間にしないといけないと思う。これらの間は、気候変動教育に“地球環境と動植物を手段としてきた人間を問い糾す教育”になることを求めるのではないか、とも。そして、提案 c) を自らの実践としたいと決意するのである。

持続可能性と平和を願う心と教職志望の関連

二不ゼミの3人は、福島原発事故後は、二不とともに葛飾区水元公園などの関東ホットスポット（放射性物質の濃度が高い局所的地域）に出向き、線量測定や土壌測定を含む現地調査を行った。また、福島にも何度か足を運び、現地調査、聞き取り調査などを行った。それらをもとにして卒論を書いた。ゼミではいろいろ議論もしたし、少しずつ本音を出しあいながら相互理解と友情を深めていった。以下、そのひとコマ。

小星：反核・平和、持続可能性とか口では言っても自分たちにいったい何ができるのか？

高見：そして、何ができないのかも知らないといけないね。

小星：ウクライナが大変な今、ロシアを止めることができるのは何なのか、誰なのか？

中道：地域紛争を世界戦争に発展させないようにするには何が必要なのでしょうか？

高見：レベルは違いますが、小学校高学年クラスでもグループ間の小さな対立が学級崩壊へと進んでしまう事例が見られ、これを防止するために先生方は様々な苦勞をしています。

小星：世界と学級の共通点ですね。まさに、世界平和はあなたの学級からはじまる！

二不：シビアな問だね。ロシアを止められるのは、残念ながら今は軍事力、経済力、政治力。そういう意味では、日本も適切な防衛力はどうしても必要。そして、私たち市民で声をあげ、自分にできるウクライナ支援をするなど、小さい実践でもできることはある。しかしね、何でこういう状況になったのか？独裁政権はどのように作られていくのかな？

高見：私は政治家にはなれないけど、きっとできることがあると思うんです。賢い選択？

中道：やはり誰が独裁政権を支持しているのか、ということ。市民・民衆が賢い選択ができるようになるには何が必要なのか。民主主義の内実はどう築かれていくのか？

小星：そうか。時間はかかるけれど、私たちみんなで賢くなっていくほかはない。市民即賢人！これが人類の悲願でなくて何の文明・進歩なのか？

以上のような経緯とやりとりで、3人は小星の4つの暫定的結論の解決に向けての始まりは教育にあるとの想いを共有していった。そのなかで、解決の第一歩は自らの教育を正しく見定めていかなければならないことに合意しないわけにはいかなかった。

・・・1年後の未来に・・・

ゼミで語り合っ得られた合意を基盤にした信念の絆でつながれた3人は、卒業後は大学院には進まずそれぞれの理想をいだいて学校の教師になった。大学では専門ばかり勉強させられていた彼らであるが、おろそかになっていた教職研究について学び直し実践してみることにした。そういうリカレント（学び直し）が自分たちの教育を見つめる第一歩となると考えて。3人は教師になってからも、たまに会って近況報告を交わすなかで、二不の指導を受けながら教育における妥当性を追求していこうということになった。二不はその申し入れを受け入れ、共に進もうと励ました。二不は、3人に自分を加え「4人会」という小さな私的教育研究グループを作ろうと提案し皆が賛同した。「4人会」の私的教育研究はどのように進められたのであろうか。

・・・教師になって3年目から・・・

彼らが残した6つのレポートは次章に示されている。プロローグの残りでは、「4人会」の関りのなかで、3人の教師たちが自分たちの現場、授業でどのような問題意識をいただき、どのように調査を実施し振り返ったのかを示していきたい。

学習による子どもの変容を知る(1) 2つの事象の比較

彼らが新任の試用期間をクリアし、それぞれの立ち位置もわかってきた教師3年目の春のある日。二不は「4人会」の席で次のように切り出した。

二不：もし、皆さんが山間の小さな村の小学校に勤めていて、来週から海の生態系について授業をすることになったとしよう。どんな準備をしますか？

中道：生態系の物質循環についてしっかり勉強します。

高見：私は食物連鎖の視点を重視して指導にのぞみたいです。

二不：教材研究は確かに大事だね。それぞれの先生が重視したい視点もある。ところで、他には準備することはないかね？

小星：そうですね、子どもたちが海についてどの程度知っているか気になりますね。

二不：「あなたは海に行ったことがありますか？」と授業前に聞いてみるのもいいね。もし、ほとんどの子どもが、海については未経験であるならば、まず“海”そのものを紹介するところから始めた方がいいという情報が得られるよね。指導に役立てられるよね。

高見：なるほど。こういう質問も、最も簡単な“教育データ”といえますね。

小星：指導には教育データが必要なんだ。先生、そう言いたいんでしょう。

二不：まあ、そういうことかな（笑。 それとね、自分の指導を振り返るためにも教育データは必要となるんだよ。今日はそんな話になっていくんじゃないかな。

おしゃべりが一段落したとき、次のような話題が出た。

中道：教師生活も新任から3年目になると、僕の指導が子どもたちに意味のあるものになっているのか、子どもたちは成長しているのか気になってくるんだよ。

小星：複数のクラスを担当すれば、クラス間に差があるのかどうかなど、考えることも多くなるね。

高見：それって何かの比較っていうことかな？

小星：人は、その生まれ落ちた瞬間から比較がはじまる、とも言うしね。

中道：比較ってそもそも、比べるってことだよ。比べて“違い”や差を読み取っているのかな。

小星：そう。その“違い”に意味があるんでしょう。

二不：確かに中道くんのような問いも生まれるころかな。もう3年目か。授業前後で子どもがどう変容したのか、クラス間の違いはどうか、など“違い”を確認する方法があるんだよ。平均値の比較という統計的方法だ。

中道：統計的？何か難しそうなニュアンスですね。

二不：そんなことはないよ。はじめから全部理解しようとせず、やりながら学ぶんだよ。“為すことによって学ぶ(Learning by doing)”と言っている教育学者もいた。有名な、J.デューイ。

小星：集団の平均をとって比較するということですか。例えば、1組と2組で同じ試験をして平均を比べるとか？

二不：1組と2組で違う指導法で同じ内容の授業をしたとする。両組に同じ調査をして生徒の反応の差を調べるとか。これは、薬の効果を調べる治験という研究の方法と同じだ。あるグループには偽薬(プラセボ)、他のグループには本当の薬を投与し、効き目を調査して違いを検出するという方法。

中道：そういうクラス間の比較もあるけれど、社会科は面白いですか、とか授業の前後で同じ質問をしたときも得点の平均を比較するというのもあり得ますね？

二不：両方あります。ただ、平均値だけでは、1点ちがいは差がないけど10点ちがいは差があるとか、そういう議論になってしまう。だから、平均値のような代表の比較だけではダメなんだよ。

中道：データ全体を見ないといけないということでしょうか。

二不：そういうことだ。平均値の周囲にどういう広がりをしているか。例えば、同じ平均値50点でも、15点から85点までいる集団か、45点から55点までの集団か、これを考慮しないとイケない。

小星：データのバラツキということですか？理科の実験でも何回か行って平均を取るのですが、データに誤差が含まれているためバラツキが生じると理解しています。特に、装置や理論に由来する誤差とは違った確率的なもの。偶然誤差といいます。

二不：そのバラツキの目安のこと、統計では何というんだい？

小星：標準偏差ということばを思い出しました。

高見：うぁー、難しそう。でも、どんなやり方なのか、興味があります。理論は後で（笑

二不：平均値と標準偏差がそろえば分析ができるんだよ。

中道：実はデータを取ったんです。

二不：中道くん、それはどんなデータなのかな？

中道：社会科の単元「原子力とその歴史」で4時間の授業、中3です。生徒に次の4つの質問をします。授業の前と後で同じ質問です。

質問1 核兵器禁止条約について関心・興味がありますか。

質問2 原爆投下という事実に関心・興味がありますか。

質問3 原子力発電について関心・興味がありますか。

質問4 原発事故について関心・興味がありますか。

それぞれ5件法で取ります。「はい」が5点、「いいえ」が1点とか。

二不：なぜ、こういう質問になったんだい？

中道：それは、授業前と後で子どもたちの関心・興味がどう変化したのか知りたくて。

高見：変化したということは、数値の差で出るということね。授業後は上昇していたとか。

嬉しいよね。

中道：そういうことだ。自分の授業が有効だったということにもつながる。

小星：もし、変化しなかったなら？ まぁ、ないとは思うけど、授業後に減少していたとか。高校の物理とかでは結構あるよ。やればやるほど嫌になる（笑

中道：それは辛い。そういう意味でも、データを取るということは、それなりに授業の工夫もしないといけない。

二不：みんなが考えている比較を図にすると次のようになるね。図 p-5 だよ。結構役に立つ分析法だよ。

授業前の調査（質問1～4）→→授業実施→→授業後の調査（質問1～4）

授業の前後で、質問1～4の平均値がどう変化したかを調べる。前後比較の統計は、関連2群のt検定という方法になります。

小星：みんなで、福島や関東のホットスポットへ行ったとき、採取した土壌の放射能を測

ったね。あのときもこんな話があったのを思い出した。

二不：あれは、独立2群のt検定を使ったんだよ。装置に何も入れないときの値（blank値）と、土壌を入れたときの値の放射線量の差を測り、その差を検定にかけていた。その差から土壌放射能が何Bq/kg（ベクレル毎キログラム）なのかを求めた。クラス比較と同じ考え方。こう対応させればいいんだよ。

装置に何も入れないときの放射線量→1組の平均値

装置に土壌を入れたときの放射線量→2組の平均値

中道：そうか！ 土壌放射能の測定に使った統計と、2つのクラスを比較する統計が同じ方法なのか。

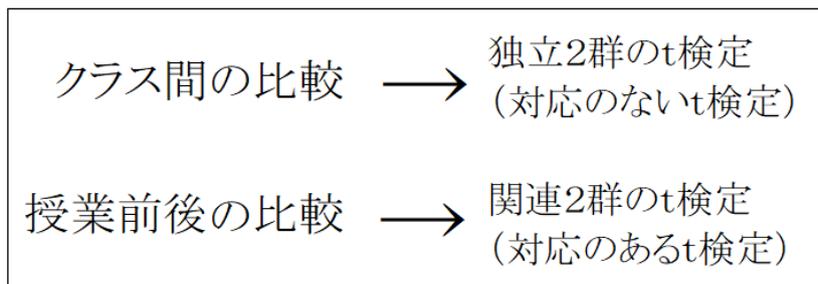


図 p-5 2種のデータを比較する方法

二不：さっき説明した新薬の治験も、独立2群のt検定。

プラセボを使ったグループの効き目→1組の平均値

本当の薬を使ったグループの効き目→2組の平均値

高見：それはすごい話だ。もしそうなら、そういう比較のための手法は、単なる知識ではなく、分野が違ってても使えるスキル。知識を開く鍵にもなるんだ！

ということで、二不が図 p-5 の分析方法の概要を教えた。そして、中道が中3の生徒を対象に実践した結果をレポート風にまとめてくることになった。このようなレポートを作って配信し、次回の「4人会」のときにみんなでレポートを共有しながら方法と結果について議論することにして散会した。1章のレポートは中道が作ったものである。

→1章のレポート p.41

学習による子どもの変容を知る(2) 3つ以上の事象の比較

教師3年目の秋のある日、「4人会」の席で次のような話が出た。

小星：春に中道さんが行った実践では、2クラスの比較の方法と結果が示され、レポートも共有でき、大いに参考になりました。

中道：自分も大いに勉強になった。比較という行為の本質に迫れたようで。

高見：t検定の方法は2グループですよね。ところで、グループが3以上ならどうしたらいいんでしょうね？

二不：その場合、複数のグループの“違い”を確認する方法がある。

中道：小学校なら3つ以上のグループ間比較、中高なら3つ以上のクラス間比較などが想定されるんですが。

二不：一元配置の分散分析というんだが、独立2群のt検定を3群以上に拡大した分析であると考えるとよい。

中道：実は前回の5つの質問なんですが、授業前のデータで中3生のあるクラスの3つのグループ間で数値が違っていました。質問項目を再掲します。

質問1 核兵器禁止条約について関心・興味がありますか。

質問2 原爆投下という事実に関心・興味がありますか。

質問3 原子力発電について関心・興味がありますか。

質問4 原発事故について関心・興味がありますか。

二不：じゃあ、そのデータをいただいて小星さんに分析してもらい、レポートを書いてもらうというのはどうかな？

小星：・・・まあ、練習と思ってやってみましょうか（笑）

中道：ありがとう。でも、比較はどうするのか？ グループをA、B、Cとしたら、何通りかあるね。

小星：AとB、BとC、CとAの3通り。

中道：AとBのときとBとCのときでは、比較の基準が違ってくるね。AとBが同じ母集団かということと、BとCが同じ母集団かということは異なるよね。

小星：中道さん、よく理解されているようね。やっぱり、実際にやってみることの大切さが実感されます。

二不：手順としては、まず、3つのグループつまり3群に違いがあるかないか、つまり、3群は同じ母集団から抽出されたサンプルとみなせるかどうか、を調べる。次に、違いが検出されたら、小星さんが言う3通りの個別の比較を行います。中道くんの指摘の通りなので、計算は少し厳しめに行います。

高見：3群に違いがない、ということならどうなるんですか。

二不：それで終わりだよ。3群には有意な差が検出されなかった、と言って終わればいいんだよ。分析はすぐ終わるんだけど、レポートにはしづらいね。

高見：なるほど！ そういう手順か。こういうことですよ。

第1段階：3群に違いを調べる、検定かな？

第2段階：違いが出る→個々の比較、これも検定かな？

違いが出ず→終了

二不：スマートに整理できているね。正しく言うと、第1段階の違いの検出は分散分析のF検定、第2段階の個々の比較は多重比較といい、個々のt検定だよ。図p-6で、3群の場合の事情を示しておこう。4群以上でも考え方は同じ。

分散分析の進め方

第1段階: 3群に違いを調べる(群間比較)、F検定

違いが出ず → 終了

違いが出る → 個々の比較 = 多重比較

第2段階: 多重比較 t検定 (Bonferroni法など)

図 p-6 3種以上のデータを比較する方法

二不：多重比較は何種類できるかな？ A、B、C群としよう。

小星：A-B、B-C、C-Aの3種類かな。この3つのそれぞれが多重比較ですか？

二不：その通り。

中道：3群のなかにも男女とか、そういうサブグループがある場合も現場では考えられるよね。

高見：確かに。男子では違いが出て女子では出ないとか。

二不：その場合も同じ手順になるんだけど、ややこしいよ。でも、考え方は同じだ。一元配置の分散分析ではなく、2要因の分散分析という方法だ。でも、まず一元配置の分散分析をやってみようよ。

ということで、二不の教えた分散分析の考え方と方法で、小星が中道のデータを用いて計算した結果をレポートにまとめることになった。2章のレポートは小星が作ったものである。

→2章のレポート p. 46

学習による子どもの変容を知る(3) 事象の独立性の判定

教師4年目の春のある日、「4人会」の席で二不が次のような話題を出した。

二不：最近、地域紛争がいろいろニュースで伝えられるね。ここで言えることは、こうした地域紛争を絶対に大きな戦争に発展させないことだ。2022年2月24日にはじまったロシアによるウクライナ侵攻がその例だ。

小星：大きな戦争に発展するということですか。

高見：大きな戦争とは第二次世界大戦のようなものでしょうか。

二不：その通り。いきなり大きな戦争など起こらない。小さな紛争が引き金になって次第にエスカレートしていくんだよ。第二次世界大戦はドイツのポーランド侵攻からはじまった。今は第二次世界大戦当時とは格段に状況が異なっている。世界大戦になれば、人類の虐殺ではすまず、地球環境・自然生態系そのものが大きく破壊される。無数の動植物も死に絶えるだろう。

中道：それは核戦争ということでしょうか。

二不：そうだ。現在、米、露、中などで一万発以上の核兵器が存在している。ロシアはウクライナや関係国を核で脅している。加えて、AI技術も急発展し、AIに核弾頭を操作させることも技術的に可能となっている。そうなると、一端スイッチが押されると人間の判断を離れ、AIの自動攻撃が制御できなくなることも考えられる。

中道：国連の核兵器禁止条約というのがありますよね。どうなっているんでしょうか。

二不：ちょっと状況の一端を示してみよう。ここに短いメモを3人分用意してあるのでみんな見てくれ。読み上げるよ。

「核兵器禁止条約（Treaty on the Prohibition of Nuclear Weapons）は、2020年10月14日、発効に必要な50か国に達し、2021年1月21日に発効した。平和教育では必ず取り上げてほしい内容だが、残念ながら同条約の考えに日本政府は賛同していない。日本はアメリカの核の傘に守られ核抑止論（nuclear deterrence）の枠内にいるため、核兵器による威嚇を含めた核兵器を全面的に禁止する核兵器禁止条約に参加しないといわれている。核抑止論は、核兵器を使用しようとする場合、相手国の核兵器による自国の破滅的被害が想定されるため、核兵器使用を思いとどまるという論理である。」

短いけれど以上だよ。

高見：こういう姿って小学校の教室でも見られますよ。子ども同士とか子どものグループ同士で、“力には力を”という考え方や行動ってよくあります。男子だけでなく女子でもありますよ。

中道：なるほど。教室で起こることは世界で起こる、ということか。

二不：それ、僕の言葉じゃないか（笑

そういう考え方や行動についての是非を議論させるような授業はしないのか？たとえば道徳とかで。

小星：授業ではさまざまな価値判断をさせることがありますね。

高見：高校だったら、どんなテーマで議論させているの？

小星：総合的な探究の時間という授業なんだけど、合成洗剤と石鹼の使用について。合成洗剤は汚れが良く落ちるけれど廃液は環境には悪い。石鹼は合成洗剤ほど汚れは落ちな

いけれど、環境に放出されても悪影響は少ない、とか。そういう一元価値ではすまされない事象を例にとって。

二不：じゃあ、話を戻すけど、核抑止論という考え方への高校生の反応、つまり反対や賛成などの記録を小星さんにとってもらい、高見さんに分析をお願いしてレポートを書いてもらうというのはどうかな？

中道：世界で起こることは教室で起こる、と逆向きに考えたとき、高校生の核抑止への考え方は小学校現場の高見さんにも意味のあるデータになるのではないかな。

高見：なるほど。中道さんは理屈が上手。

小星：総合的な探究の時間で行う平和教育の授業で核抑止論の考え方や現状をアツかい、授業の前後で、賛成・反対の意見の出方を男女別に調べる、という感じでいいのでしょうか。

- ・最初の1時間で、核抑止論の考え方を説明したあと前調査をする、
- ・続く数時間で世界の核兵器の現状や日本の立場などを学ぶ、
- ・授業後に後調査を実施する、

という方向でいいですか。内容的なものはこれから準備するという事。

二不：それでいきましょう。「独立性の検定」という分析方法です。

高見：それって、授業前後でとった男女別の賛成・反対の数を分析するのですか。

二不：そういうことです。方法は単純ですが、今までの平均値の比較とはちょっと違った考え方になります。平均とかは取りません。

高見：数の出かたの比較ということでしょうか。

二不：ズバリです。イメージを図 p-7 に示しておきます。一例として、男子 14 人、女子 18 人のクラスで、ある主張に対して賛成意見と反対意見が図のように得られたとする。これを観測度数とよんでおく。賛成、反対の意見の出方には男女で違いが認められるかどうか？ みんなどう思う？

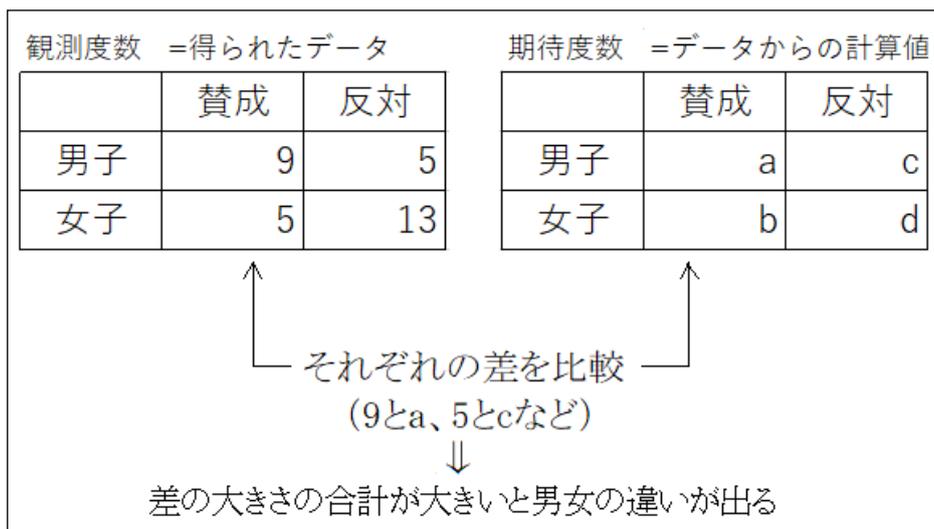


図 p-7 意見の出方などのデータを比較する方法

小星：男子に賛成派が、女子に反対派が多いんじゃないでしょうか。

中道：でも、それをどのように検証するか？ 平均を取るのとはちょっと違うね。

二不：観測度数を何と比較すればいいか、考えてみてよ。

高見：平均的な出方のような数表を計算で求め、それとデータを比較するとか。

二不：だいたいそういうことだ。平均的な出方を期待度数といいます。

小星：差の大きさの合計を取るとわかるのでは？ 男女で出方に違いがなければ、観測度数（測定値）は期待度数（平均値）とほぼ同じということになり、差の大きさの合計は小さくなると思う。

高見：逆に、差の大きさの合計が大きいと、男女で出方に違いがあるのではないか、ということになるんですね。

中道：文系の僕にはちょっと難しいね。でも、何となくわかるような気もする。

二不：じゃあ、小星さんに授業前後で男女別の賛成・反対の数を一覧表にしたものを作ってもらい、そして、その表を Excel データにして高見さんにメールで送るというのでどうでしょうか。

ということで、第3章のレポートは、二不がこの会話の後で教えた独立性の検定の考え方と方法により、高見が小星のデータを用いてまとめたものである。

→3章のレポート p.51

子どもの変容に影響する複数の要因の分析(1) 事象のモデル化

教師4年目の秋のある日、「4人会」の席で次のような話が出た。

高見：算数が得意な子は理科もできるとかいわれるんだけど。国語ができる子は社会科もできるという人もいます。それって本当かなあ。

小星：高校でも、数学ができる生徒は物理もできる、とかいう先生もいる。

中道：最初の問題については、一見して言えそうだけれど、何か根拠となるデータとかはあるの？と聞いてみればいいんじゃないかな。

小星：例えば、小学校で業者テストとかの成績が出たら算数と理科の点数を使ってグラフをつくったらどうかな。

高見：算数を横軸にとって理科を縦軸にとるとか？

二不：みんな凄いな。だんだん、実証的な方法論へと会話が進んでいくようになってきている。

高見：来週、国算理社の4科目の試験があります。結果が出たら、算数と理科の得点リストを作ってみます。また、理科では気候変動を理解するための基礎になる重要な単元「天気の移り変わり」をやるんです。実は、授業後に子どもたちがいただいた自己評価を調べようと思うんです。気象について2つの評価規準で行います。教務部から次の教研に出してくれないかと頼まれています。

中道：小学校はどんな規準なの？

高見：3観点なんだけど、今回は「関心・興味」と「学びに向かう力・人間性」の2観点を調べるんです。

中道：中学校と同じなんだね。

小星：それはそうでしょう、同じ文科省なんだから（笑

高見：気象について、

- ・子どもたちは関心・興味を深めていたのか
- ・学習への構えや態度はどうだったのか

など5件法で取ります。そして、教務部からは、さらに理科で環境意識調査も行って、2観点の結果が環境意識調査の結果とどう関連するか調べてほしい、とも言われています。

二不：最初の算数と理科は、単回帰分析。算数を横軸（ x 軸）に取ったとき、縦軸（ y 軸）の理科はどんな傾向になるか。これはイメージしやすいね。

中道：文系の私でもイメージできますよ。右上がりとか。

二不：そうそう。次のケースはちょっと難しいね。「関心・興味」を x_1 、「学びに向かう力・人間性」を x_2 とし、環境意識調査の結果を y としたとき、 x と y について回帰分析を使う。皆さん、算数と理科のケースとどう違うかわかりますか。

中道：算数と理科のケースでは、算数を x とする。ところが、「天気の移り変わり」の場合、 x にあたるものが2つあるんじゃないかな。「関心・興味」と「学びに向かう力・人間性」のように。

二不：素晴らしいね！一般に、 x は独立変数、 y は従属変数とよばれる。 x が変われば y が変わる、というイメージ。原因と結果というわけじゃあないんだけど、 y が目的になっていて、 x はそれを説明するというスタンス。あるいは、 x は y に影響を及ぼす要因と考えて

もいい。そういうことで、 x を説明変数、 y を目的変数とよぶこともあるんだよ。その要因 x が2つあるから扱いが複雑になる。こういう分析法を、重回帰分析という。どんなグラフになるかイメージできるかな？

高見：中学校の理科で出てくる「フレミング右手の法則」のようなイメージ？ たとえば、右手の親指を y 、人差し指を x_1 、中指を x_2 として、3本の指を全部直角にする。

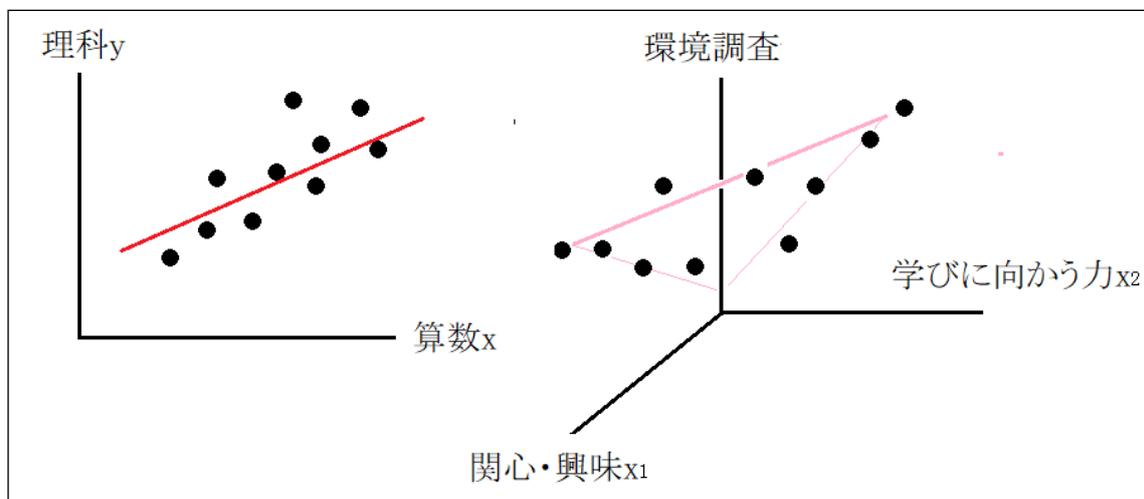


図 p-8 回帰分析のイメージ（左：単回帰分析 右：重回帰分析）

二不：その通り。グラフは平面上に作るのではなく3次元になる。今、ちょっとした図を書くので見てごらん？ 図 p-8 のようだ。

小星：左の図ではデータに引いた直線が右上がりなので、算数ができる子は理科もできるというようになってますね。右の図でも、 x_1 と y 、 x_2 と y のそれぞれが右上がり。

二不：実際にデータを取ってみるとどうなるかわからないけどね。こういう関係性を次のようにモデル化するのが回帰分析という考え方だ。式で出すよ！

$$y = ax + b \quad \dots \dots \dots (ア)$$

$$y = ax_1 + b x_2 + c \quad \dots \dots (イ)$$

a 、 b 、 c は定数。上の式は中1の数学で出てくる直線の式。 a が傾き、 b が切片だ。これを拡張したのが下の式。モデルは、直線ではなく平面になる。

中道：上の式は覚えています。

二不：ここで、データから a 、 b を求めるのが単回帰分析、 a 、 b 、 c を求めるのが重回帰分析なのです。

中道：データに引いた直線と言いますが、この直線を決めるということですね。 a 、 b を求めるということは。

小星：複数のデータにベストフィットするような直線、最適な直線を求めるということですか。

二不：まさにその通り。何でわかったの？

小星：最小二乗法というデータ処理があります。それは・・・

二不：ああ、もういいよ。難しいので。でもさすが、理系！だけど、その用語は今はとぼします。

中道：図 p-8 では、どう考えたらいいのでしょうか。右の図ですが。

二不：3次元になると、ベストフィットな直線ではなく、ベストフィットな平面ということになる。これが右の図だ。モデルは式 (イ)。

小星： x_3 まである場合はどういうイメージですか？

二不：4次元空間で考え、ベストフィットな3次元空間の塊を求めるということになる。4次元以上になると図にはできないし、抽象的にイメージするしかないよ。

二不：それじゃあ、高見さんにデータを取ってもらって、中道さんが算数と理科、小星さんが天気の移り変わりの分析を行う、ということでどうだろうか。結果は次の会で共有し、高見さんに還元するということ。

3人：そうしましょう（笑）

二不：ただ、この方法はいろいろ応用できそうですね。子どもの学力の高さは、勉強時間の長短ではなく好奇心の強さと保護者の教育への熱意によると言われたら、回帰分析で調べてみるというように。

モデルの例) $\text{学力} = a \times \text{好奇心} + b \times \text{保護者の熱意} + c \cdots$ (ウ)

高見：モデル(ウ)が成立するなら、学力は勉強時間とは無関係と言い張って勉強しない子供が出てきたら辛いね（笑）

ということで、第4章のレポートは、二不の教えた回帰分析の考え方と方法により、高見のデータを用いて中道と小星がまとめたものである。

→4章のレポート p. 55

子どもの変容に影響する複数の要因の分析(2) アンケートの分析

教師5年目の春のある日、「4人会」の席で次のような話が出た。

中道：反核・平和のための教育は、ESD（持続可能な開発のための教育）、気候変動教育とともに、すべての教員にあらゆる機会を通して実践してほしい、と僕は思うんだが。

小星：みんな、例えば、どの教科で取り組むの？

中道：まあ、僕なら専門の社会科とか。今、考えていることがあって。

高見：去年の春は、核抑止の考え方・とらえ方でいろいろ調査したね。

二不：中道さん、今回は意識調査をするのかね。

中道：生徒の認識を指導に反映させるために、10項目ほど。

二不：授業後の認識の変化はどんなの？

中道：その目的もあります。

小星：質問項目は決まっているの？

中道：このメモに書いてきたので。次のような、核兵器・原子力に関する予備知識に関連する問です。時事的な問題5題（①～⑤）、内容的な問題5題（⑥～⑩）。2件法（はい、いいえ）で取る。

- ①国連の核兵器禁止条約は発効している。
- ②日本は国として核兵器禁止条約に賛同している。
- ③日本は原爆6000発分に相当するプルトニウムを保持している。
- ④福島原発処理水（汚染水）は、海洋投棄されることが国で決定されている
- ⑤SDGsでは原子力発電はクリーンではないと判断している。
- ⑥核兵器と通常兵器の違いを説明することができる。
- ⑦日本の非核3原則を列挙することができる。
- ⑧プルトニウム以外の原爆の原材料（あるいは元素名）を知っている。
- ⑨福島原発処理水（汚染水）に含まれる放射性物質の名前を知っている。
- ⑩原子力発電は炭酸ガス（CO₂）を発生しない発電方法である。

小星：⑧と⑨は理科の教員でも答えられない人がいるかも。特に⑨。処理水ということばを知っているかどうか。原子炉にたまった汚染水を放射性物質除去装置で取り除いた後の水、という意味なんでしょう。⑧は、ウランだというのは知っている人もいるかな。

二不：⑨はトリチウムでしょう。トリチウムは水素の同位体だから水として存在しているため、除去装置では取り除くことができない。⑥も難しい問題だ。広島型原爆リトルボーイの構造図はネットにも出ている。みんな、この機会に調べてみたらどうかな。

中道：そうですね。構造まではまだ調べてませんでした。それと、授業前後の変化を比べる、というのは以前やりましたね。今回も、同じ方法、平均値の比較でやります。

高見：気になることがあって。それは、生徒たちには10個の質問がどのように見えているのか、ということはどうとらえているのか、ということ。まあ、10個の質問の間に何か見え方のパターンのようなものがあるのか、とか。

中道：どういうこと？

小星：たとえば、⑧と⑨はどちらも答えづらい、だから回答パターンが近いと思われる。

②は「はい」と答えやすそうだけど、実際には日本は核禁条約に反対している。正答率は

低いと思う。④は「いいえ」と答えたいけれど、実際には海洋投棄を決めている。これも正答率は低いのでは？ だから、②と④は同じような回答パターンになる、とか。

二不：だんだん深まってきたね。単なる比較やモデル化では解決できない問題のようだ。

中道：おもしろい「問」ですね。見え方のパターンの有無？ 何か分析法はありますか？

二不：ないことはない。ちょっと難しいけど、「数量化IV類」という方法だ。

3人：うわあー、とてつもなく難しそうな名前ですね。

二不：理論は詳しくわからなくても、やりながら理解する・深める、という行き方もあるので。前にも紹介したけれど、アメリカの哲学者ジョン・デューイ (John Dewey, 1859-1952) は、経験主義の立場から、為すことによって学ぶ (learning by doing)、という教育における考え方を提唱している。その逆は、学ぶことによって為す (doing by learning)、となって今の学校教育そのものだ。

中道：確かに。もし後者なら、スマートフォンも分厚いマニュアルを全部見てからでないと使えない、といことになる (笑)

高見：実際には、使いながらわかっていくというのが普通でしょう。そう考えると、学校教育も変わらないといけないね (笑)

二不：例をあげてみてよ。例えば小学校の。

高見：これだけは言わせて！特に算数。今は、「できる」より「わかる」があまりにも優先されすぎて。1 単位時間 (45 分) で、1 つの例題を、あーでもない、こーでもないといろいろ考えさせて、それだけで終わってしまうこともあるんだよ。私なんか、まず「できる」ことから入ってだんだん「わかる」ようになる、というのが自然だと思うんだけど。こういうのを、「わかる」固執症候群と陰でよんでいるんだよ。愚痴でした・・・

小星：私も高見さんに賛成。特に、微積とか理解も大事だけど、十分に分からなくても解く、解ける、という経験を積んでいくと、次第にわかってくるもんだ、とも思えるし。

二不：私の話で、脱線してしまったようだね。申し訳ない。それで、次のようにしようと思う。中道さんが取ったデータで、平均値の比較までは中道さんと高見さんで行い、まずその結果を共有しよう。そして、試行的にという断り付きで数量化IV類を用いて理系に強い小星さんに分析してもらおう。それを、みんなで共有しよう。

小星：了解です。試行的ということですよ。何か難しそうなので。

二不：さっきの微積の考え方でいきましょう (笑 一応、数量化IV類の考え方のイメージを図にしてみた。図 p-9 だが、5 個の質問の場合で書いている。10 個でも考え方は同じ。

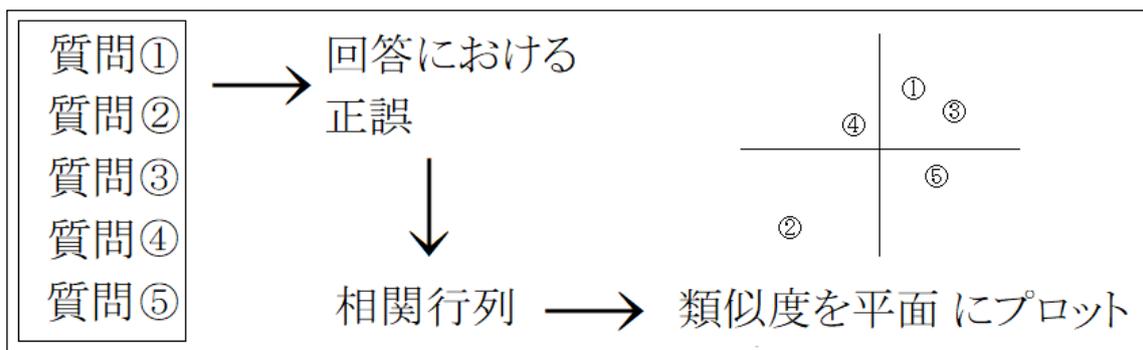


図 p-9 数量化IV類のイメージ

小星：まず、各質問の正誤を一覧にするんですね。

二不：そうだ。正解を1、誤りを0とかで。次に、それらの相関係数を求めて一覧にする。

これが相関行列。この相関行列の全体をながめて似ているものを近いところに、似てないものを遠いところに配置する、つまりプロットする。こういう流れだ。

二不：もしこのプロット図のようになったら、みんなは何を読み取る？

小星：このプロット図だと、①③④⑤は比較的近いけれど、②はちょっと遠い。つまり、例えば質問①と③は、どの子も同じような正答パターン。

中道：質問①で正解の子は、たいてい③でも正解している。

小星：逆に、質問①で不正解の子は、たいてい③でも不正解になった！ しかし、質問②は違ったパターン。

高見：質問②は、他の質問のようではない。子どもたちにとっては異色な質問だったということかな（笑

中道：こういう情報が授業前に得られるなら、きっと指導に生かすことができるよ。

二不：私も同感。数量化IV類が、教育データ分析法として役立つんだ、となると脚光を浴びるんじゃないかな？

高見：数量化IV類、何の分析のために誰が作った理論なんですか？ 西欧の数学っぽいですね。

二不：この機会に、そういうことも調べてごらん。意外な発見があったり、日本人としての誇りが持てるかも。

小星：えー・・・ 国産ですか???

ということで、第5章のレポートは、二不が教えた数量化IV類の考え方と方法により、中道のデータを用いて3人で結果を整理した上でまとめたものである。

→5章のレポート p.61

子どもの変容に影響する複数の要因の分析(3) 自由記述・テキストの解読

教師5年目の秋のある日、「4人会」の席で次のような話が出た。

高見：教師になって5年間、子どもたちのデータからどういうことが言えるのか、などかなり深めてきましたね。ここで、もう一つ考えてみたいことがあって。

小星：どういう問題なの？

高見：子どもは授業の感想とか、意見とかも言いますし、言葉でも書きます。こういうのはデータでないから、分析としては要約するくらいしかできないんでしょうかね。

中道：そうだね。アンケート後の自由記述とか、そういう短文もある。その記述を書いた集団から、どういうメッセージが読み取れるのか、まあこれは要約になるのか。

小星：一人ひとりの自由記述をつなぎ合わせていくと、個々の背後にある概念みたいなものが見えてくるんじゃないかな。KJ法とかいう方法、聞いたことがあるよ。

中道：文化人類学者の川喜田二郎が開発した手法ですね。多くの断片的な情報をつないでアイデアを作ったり、問題解決のきっかけを探っていく方法。彼のイニシャルを取って名付けられた。社会科のある研究会で、授業後の研究協議の際に、カードに情報を書き込んで集約していく場面を見たことがあるよ。

二不：よく知ってるね。それは使えそうだね。もう一つあります。SCATという手法だ。

小星：スキュットって、ラララ・・・とか？

二不：そうじゃなくて、SCAT (Steps for Coding and Theorization) だ。名古屋大学の長谷川教授により開発された手法。SCATはExcelのフォームに入っています。自由記述などのテキストを入力してから、手動で集約と概念化を進めていく方法なんだ。そして、そのExcelフォームは公開されているんだよ。

高見：小星さんと話していたときに出た話題なんです。あるHPに次のようなメッセージが出ていました。

教員志望の人へのメッセージ：世界で起こることは教室でも起こる。したがって、我々が、教室の改革を行うならば、それは世界の改革につながっていく。世界平和は教室からはじまる。

二不：よそよそしい。私のHPじゃないか！

小星：私はこのメッセージを信じています。だから、このゼミに入った。高見さん、中道さんもそうでしょう？

高見：そうね。私もそう信じる。

中道：そう信じたいけどね・・・

小星：けどね、とは？

中道：なぜ、そう信じるか？その人なりの論拠というか根拠のようなものでもあるのかな。

高見：教室の変革って、平和教育での子どもたちの学びでしょう。そういう学びをたくさんの人が積み重ねていくと世界が変わっていく、というのは道理ではないかな？

中道：道理っていうけど、事実の裏付けはあるのかな？別に、ケンカ売ってるわけじゃないんだよ。

二不：実は、核兵器禁止条約発効と核抑止の世界の実情についての授業をしているときに、教員志望の学生たちに本当はどう思っているか、反核・平和教育に関する見方について聞

いてみたことがあるんだよ。

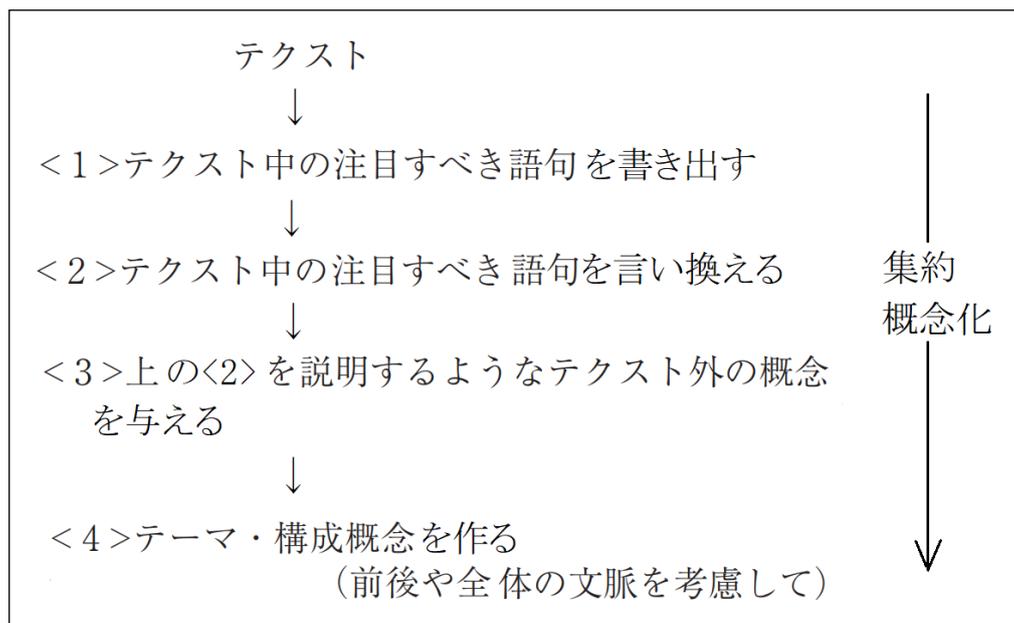
質問：“各自の小さな平和教育の積み重ねが核のない世界を実現する。”という主張があるとします。次のAまたはBを選び、その理由を文章にしてください。

A) 小さな教育の積み重ねには意味があるが、それで世界は変わりそうにない。

B) 小さな教育を積み重ねていけば、世界は必ず変わっていく。

小星：A) を選んだ人って、どんな考え方の人なんですか。

二不：B) の方が人数は多かったけれど、A) も何人かいたんだよ。その学生たちの記述をまだ分析できていなんだよ。SCATの手順は図p-10のようだ。



図p-10 SCATの手順

中道：書かれた文章（テキスト）から、注目すべき語句を拾い出して、それを言い換えや概念化をしていくという感じでしょうか。

二不：その通り。最終的には、構成概念というものをテキストごとに作り、それらをつないでストーリーラインというシナリオのようなものを作る。とりあえず、ストーリーラインがゴールだ。複数のテキストの背後にある、一般像というか。

SCATでは、ストーリーラインからさらに理論記述という命題を作るが、ここではストーリーラインまでにしておこう。

ということで次のようになった。二不がここで教えたSCATの手法をもとに、第6章のレポート(1)は、高見がA)を選んだ学生のうち1人のデータにSCATを使ってまとめたものである。同じく(2)は、中道がA)を選んだ学生のすべてのデータにSCATを使ってまとめたものである。

→6章のレポート p.72

第Ⅱ部 レポート

レポートの目次

ページ

はじめにーレポートの目的と実務計算の仕方ー	35
第1章 学習による子どもの変容の判定(1) 「t 検定」による事象の比較	41
第2章 学習による子どもの変容の判定(2) 「分散分析」による3グループ以上の比較	46
第3章 学習による子どもの変容の判定(3) 「マクニマー法」による事象の独立性の判定	51
第4章 子どもの変容に影響する複数の要因の分析 「回帰分析」による事象のモデル化	55
第5章 アンケート分析 「数量化Ⅳ類」による複数の回答における関連性の見方	61
第6章 子どもの記述から背後の考えや理由を知る 「SCAT」を用いたテキストの解読	72
付録 (レポートを読むための基礎事項)	79
1 記述統計ー平均、分散、標準偏差ー	
2 回帰と相関	
3 分布と推定・検定の考え方	
4 Excel のグラフ操作	
5 分析ツールの概要と独立性の検定について	

はじめにーレポートの目的と実務計算の仕方ー

1 目的

第Ⅱ部は、第Ⅰ部で示した課題に対応するレポートである。私たち教師の仕事は、教科指導、総合学習の指導のほか、部活動（科学部など文科系や陸上部など運動系の活動）の指導である。児童・生徒たちは学習活動として、

- ①知識・方法の学習
- ②ペーパーテストによる理解の確認
- ③自由記述・感想文による学習の振り返り
- ④自己評価・相互評価をふくむ様々な自己認知活動

を行っている。ここで、これらの学習活動をどうとらえればよいか、どう処理すればよいか、何がわかるのか、などは教師の間として常にあった。しかし、とくに③における文章・テキストでは、教師がそれらを読んでいるだけではないか、④における数値群でも、数値とその変化を見ているだけではないか、と思える場面が多かった。読むだけ、見るだけという状況を超えて、「分析」に至るためには方法論を必要とする。方法論とは理論と実務である。大学の教職課程でも「教育方法論」などがありそれなりに学ぶはずであるが、学びは教育現場には反映できていない現実がある。方法論における理論は数学・統計学（記述統計、推計学）であり、理論書は少なく内容も難しい。実務はSPSSなどの分析ソフト、R、Excel VBAなどのプログラムが入ったソフトの操作と出力読み取り方法（統計学が理解できていることを前提とする）であり、実務書は多岐にわたる。このように、理論と実務には大いなる距離がある。また、実務書の内容ではソフトウェアの操作よりも結果の読み取りのハードルは高く数値を鵜呑みにすることも多い。そこで、第Ⅱ部では、図0-1のように理論と実務をつなぐ橋渡しに専念して、「考え方」を記述することにした。理由は、「考え方」が把握できれば背後の「理論」を意識し、目の前の「実務」に対し見通しをもって進めていけるのではないかと考えたからである。これは、筆者が教職大学院や臨床心理の院生指導から得られた経験である。

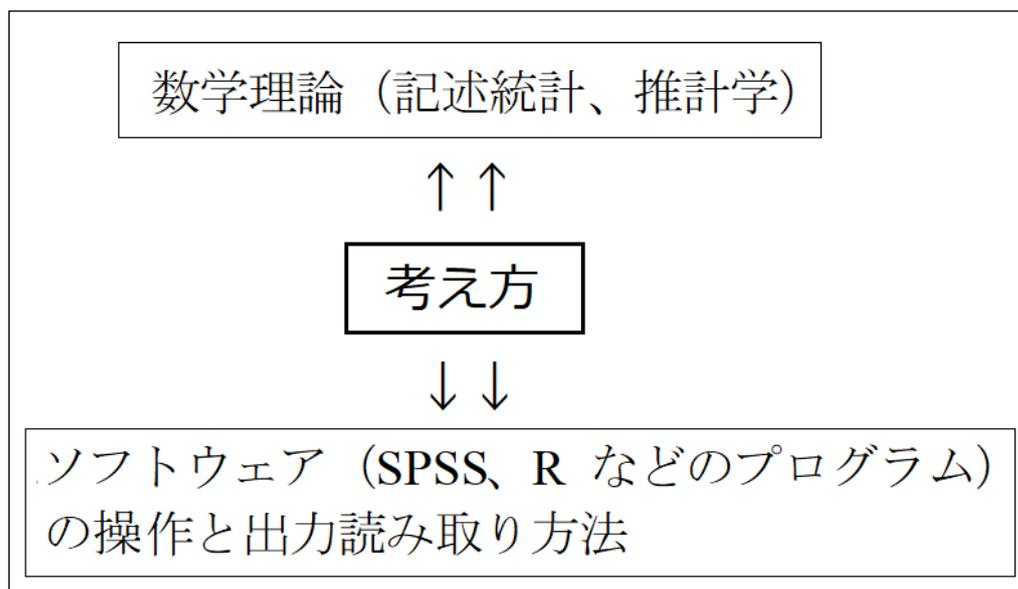


図0-1 考え方

2 実務（記述統計、ここに出てくる分析など）の行い方

(1) 分析の実務に際して

一般に、参考・引用文献は末尾に示すのが通常である。しかし、ここでは、以下のレポートを読むためのいくつかの文献を最初に示す。後述のように、文献 b) は操作に必要なゆえに必ず見てほしい。

実務・計算は公開されているソフトやフォームを利用して行うことになる。主に、文献 b) に付いている Excel アドインソフト「statcel (スタットセル)」を使用する。あるいは、Excel アドイン「データ分析」に入っている「分析ツール」を使う。statcel は第 1~4 章までのすべての例題にも使える (図 0-2)。statcel を CD から Excel アドインにインストールして本書を読むとその場で第 4 章までの実務計算ができる。また、本書を読んでからソフトをインストールして実務計算をするのもよい。なお、第 3 章のマクニマー法以外の分析は、分析ツールでも行える (図 0-3)。第 1、2 章、4 章では、□囲みを付けた分析法を使う。

1) 数学・統計学の文献

文献 a) 森田優三：新統計概論、日本評論社（昭和 59 年）

2) 実務で用いるソフトが入っている CD を付録にしている文献

文献 b) 柳井久江：4Steps エクセル統計（第 4 版）、付録：エクセルアドインソフト「Statcel4」、オーエムエス出版（2015）

文献 c) 柳井久江：エクセル統計 実用多変量解析編、オーエムエス出版（2005、初版第 7 刷は 2014）

3) テクストの分析法である SCAT に関する文献

文献 d) 大谷 尚：4 ステップコーディングによる質的データ分析法 SCAT の提案—着手しやすく小規模データにも適用可能な理論化の手続き—、名古屋大学大学院教育発達科学研究科紀要（教育科学）、第 54 巻第 2 号（2007 年度）、pp.27-44

SCAT と質的研究のためのダウンロード：下記 URL よりダウンロードができる。

<https://www.educa.nagoya-u.ac.jp/~otani/scat/#09>

4) 心理・教育・医療の分野で用いられている SPSS の操作についての文献

文献 e) 横田晋大：HAD の使い方

https://norimune.net/wp/wp-content/uploads/2016/04/HAD_UsersGuide_for_beginners_2.pdf

文献 f) 小塩真司：SPSS と Amos による心理・調査データ解析 3 版、東京図書（2018）

5) 他の文献

文献 g) 川喜田二郎：続発想法 - KJ 法の展開と応用、中公新書（1970）

文献 h) 木下康仁：グラウンデッド・セオリー・アプローチの実践 質的研究への誘い、弘文堂（2003）

レポートの各章では、statcel や分析ツールの操作方法を示している。しかし、紙面にも限りがあり、詳細は文献 b) などを見ていただきたい。

なお、理論の学習をしたい人は文献 a) などを見ていただきたい。ただ、こういう文献には Γ (ガンマ) 関数などの特殊関数も含め、高校以上の数学が使われている。読むにはそれなりの覚悟と微積分などの準備的学習が必要となる。

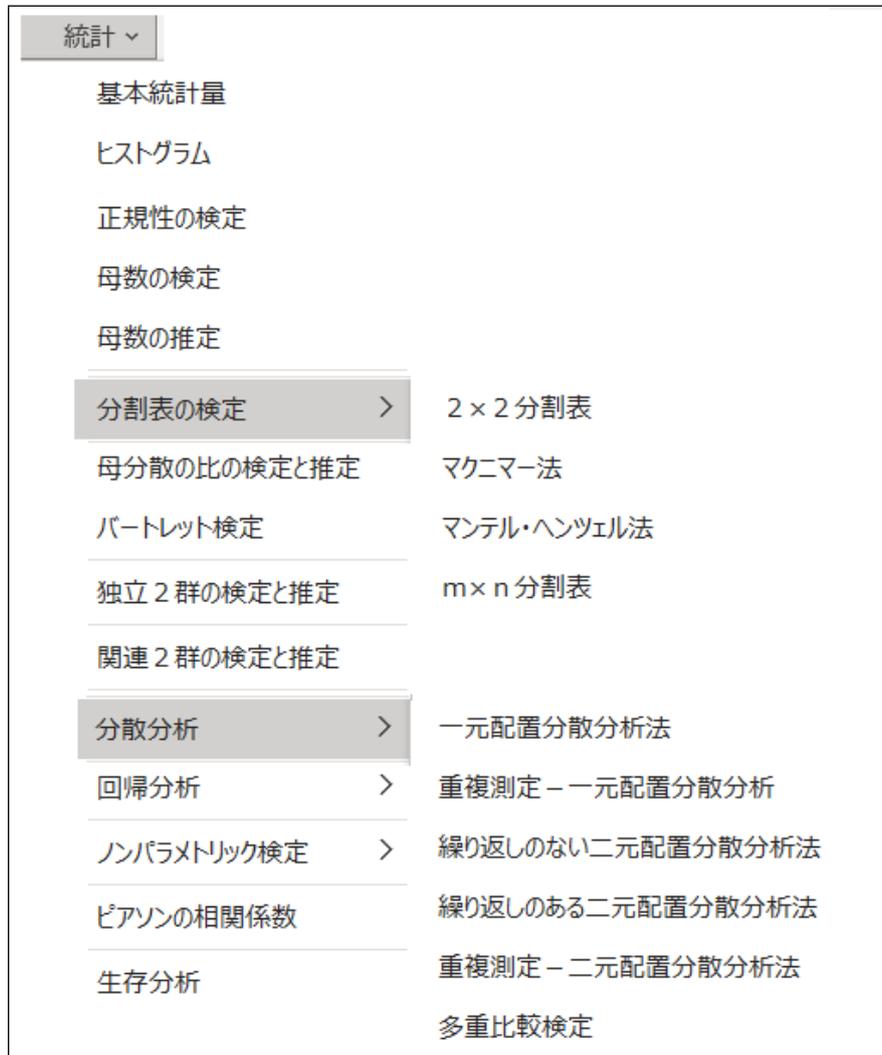
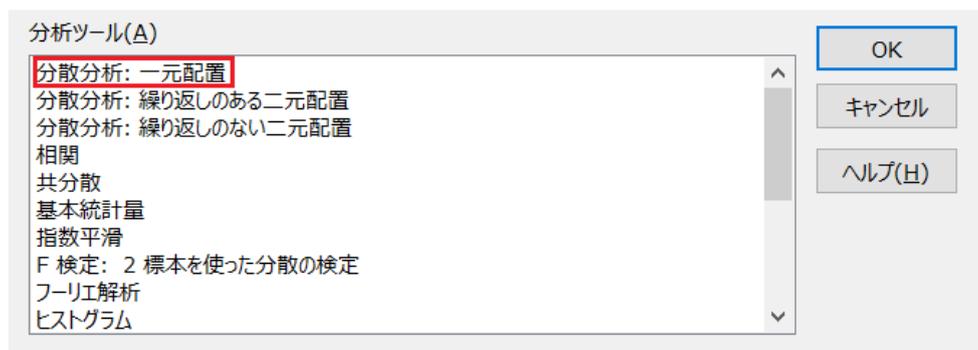


図 0-2 statcel の選択画面

データ分析



データ分析 (続き)

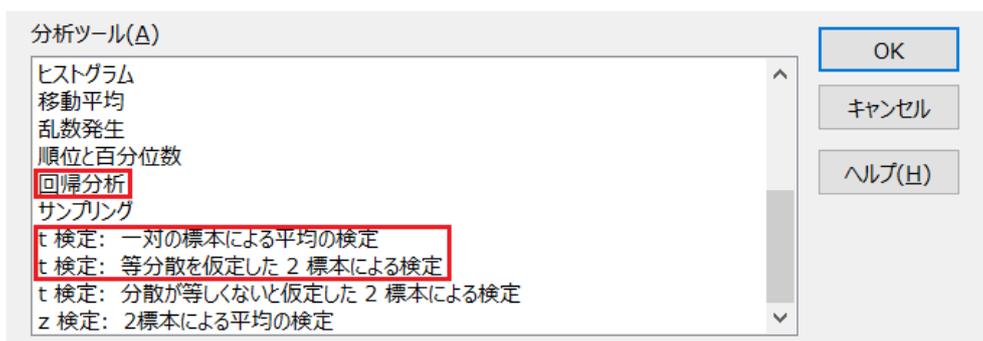


図 0-3 分析ツール選択画面

読者にレポートの中でまずここをおさえてほしいと願う内容

下記に示す内容である。

- ・第1、2章 t検定、分散分析：「比較」の最も基本的な分析方法
- ・第4章(1) 単回帰分析：「モデル化」の最も基本的な分析方法

読者にレポートの中で2番目おさえてほしいと願う内容

下記に示す内容である。

- ・第3章 マクニーマー法：「比較」のやや抽象度の高い分析方法
- ・第4章(2) 重回帰分析：「モデル化」のやや複雑な分析方法

読者にレポートの中で3番目おさえてほしいと願う内容

- ・第6章 scat：文章（テキスト）の解読

データではなく子どもが書いた自由記述や感想などを分析する。これができるようになれば、数値では見えてこないところにアプローチすることが可能になる。有名な川喜田のKJ法(情報をカードに書き同じ系統のカードをグループ化して見出しを付けて整理する方法 文献g)、M-GTA(分析ワークシートに概念名、定義、ヴァリエーション、理論的メモを記録して整理する方法 文献h)などいくつかあるが、本書では初学者が着手しやすくアンケートの自由記述のような比較的小さな質的データの分析にも有効であるとされているSCAT(Steps for Coding and Theorization)を用いる。SCATはExcelのフォームに入っていて、テキストを入力して手動で進めていく方法である。Excelフォームは公開されている。これを文献d)に示す。文献d)には理論と方法が詳しく記されている。余裕があれば、参考のためKJ法やM-GTAの文献g、h)も見てほしい。

読者にレポートの中で最後におさえてほしいと願う内容

- ・第5章 数量化IV類：事象の判別・分類の方法

数量化IV類を使うため、文献c)の付属CDのアドインソフト(Mulcelという)が必要になる。Mulcelは、日本発の統計理論である数量化理論(I~IV類)のほか、重回帰分析、因子分析、クラスター分析などが可能である。文献b、c)の書籍(付属CD含む)は市販の分析ソフトよりかなり安価である。

(2) 当面はstatcelではなくExcelの分析ツールを使うという読者へ

当面は、Excelの分析ツールを使うという読者には次の情報がある。公開されているフリーソフトを利用することもできる。一例として、データ処理ソフト「HAD」の利用が考えられる。HADは、関西学院大学社会学部の清水裕士教授が作成したExcelで動く公開統計ソフトで、重回帰分析、因子分析など多くの多変量解析が実行できる。広島修道大学健康科学部の横田晋大教授による、分かりやすいマニュアルが公開されている。これを文献e)に示す。第5章の数量化IV類を行えるフリーソフトもいくつか開発されていて、インターネットで見つけることができるが詳細は割愛する。個別に探していただきたい。なお、第3章の独立性の検定は分析ツールに入っていないので、付録5ではExcelの関数機能を使って統計量の式を作り、独立性の検定の簡単な計算方法を述べる。

(3) 高度な分析ソフトの情報

最後になるが、一般に「SPSS」「amos」などの市販の分析ソフトは高価であるが、それ

が使える環境なら文献 f) が参考になると思われる。心理・医療関係の研究で多用されている因子分析、判別分析、クラスター分析など、本書で取り上げなかったほぼすべての分析ができる。これは筆者も用いた。なお、HAD や SPSS については、関連の参考書籍を見ていただきたい。

(4) レポートの他の留意点について

- ・各章で用いるサンプルデータは簡単のため 10 個程度とした。実際には、10 個程度のデータで結論を出すことは難しい。重回帰分析の実際では説明変数 1 つにつき 15 以上のデータが必要ともいわれる。
- ・各章ごとに内容理解に必要な参考文献、参考となる URL を入れている。
- ・文科系の読者を想定し、理系の内容は平易な文章で記述した。(筆者自身、高校では文科系であったが理転している。)
- ・付録には、各章の理解に必要なかもしれない統計の基礎事項を入れた。

第1章 学習による子どもの変容の判定(1) 「t検定」による事象の比較

(1) 平均値の比較—授業前後の比較—

中学校社会科の単元「原子力とその歴史」で授業を行ったとき、子どもに次の4つの質問をした。授業の前と後で同じ質問をしている。それは、授業の前後で子どもたちの関心・興味がどう変化したのか、あるいはしなかったのかを調べてみたいと考えたからである。

質問1 核兵器禁止条約について関心・興味がありますか。

質問2 原爆投下という事実に関心・興味がありますか。

質問3 原子力発電について関心・興味がありますか。

質問4 原発事故について関心・興味がありますか。

それぞれ5件法(1:ない、2:あまりない、3:どちらともいえない、4:まあある、5:ある)で行った。一例として、質問1の結果が表1-1のようになった。子どもは10人である。授業前(事前)と授業後(事後)の平均値AVと標準偏差SDを求めている。

表1-1 質問1のデータ

No	事後	事前				
1	3	2				
2	3	3				
3	3	3				
4	4	3				
5	4	4				
6	3	2				
7	4	4				
8	2	2				
9	4	3				
10	4	4				
AV	3.4	3.0				
SD	0.7	0.8				
	データ数	平均値	不偏分散	標準偏差	標準誤差	
事後	10	3.40	0.49	0.70	0.22	
事前	10	3.00	0.67	0.82	0.26	
	平均値の差	自由度	t値	P値(両側確率)	t(0.975)	
事後-事前	0.40	9	2.45	0.04	2.26	

図1-1 計算結果

事前事後の記述統計を、平均値±標準偏差で示す。

事前：3.0±0.8

事後：3.4±0.7

平均値を比較すると事後が高い。しかし、それだけで関心興味が上がったと言えるのか。標準偏差を含めると、

事前：2.2～3.8

事後：2.7～4.1

となるので、2.7～3.8は値がかぶることになる。したがって、統計的に意味のある上昇であるか検定で調べる必要がある。仮説「このデータからは、授業の前後で子どもたちの関心・興味が増した。」を立証するため、t検定を用いて授業の前後の平均値の比較を行う。分析ツールとstatcelでの計算の手続きはほぼ同じである。操作では、対応のあるt検定(関連2群のt検定)を選ぶ。

statcelでの分析手順を示す。

- 1 データ範囲の指定 (表 1-1 の第 2、3 列の No10 までのデータ)
- 2 列挙データを選ぶ
- 3 出力先セルの指定
- 4 有意水準の指定 (5%、両側検定を指定)

と進めて最後に OK ボタンを押す。結果を示す (図 1-1)。

事前事後の差の平均値を d とする。平均値 d の不偏標準偏差を標準誤差といい、SE で表す。 d を SE で割ると統計量 t 値が求められる¹⁾。

$$t = d \div SE \cdots (1-1)$$

平均値の差 d が大きいほど、またデータ数 N が大きいほど t 値は大きくなる。求められた t 値を、母集団となる t 分布の 95%までが入る地点 (残り 5%の位置) の t (5%値) と比較する (t 検定)。5%値は、表 1-2 では $t(0.975)$ と表記されているがここでは $t_{0.05}$ と記す。ここでは、片側検定 (大小の検定) ではなく両側検定 (違いの有無の検定) が行われているため、2.5%の t 値となっている。片側検定、両側検定については付録 3 を参照してほしい。 t 分布は自由度によって異なる形になる。自由度とは簡単に言うと分析を行う上で変化させることができるデータ数あるいは変数の数を意味する。

$$\text{自由度} = \text{データ数 } N - 1 = 10 - 1 = 9$$

図 1-1 から、 t 検定の結果は次の 2 つに分かれる。

① $t \geq t_{0.05}$: 分布の 5%よりも起こりにくい事象であったと判断する。5%水準で有意差が出たので帰無仮説が危険率 5%で棄却されたという。

② $t < t_{0.05}$: 分布の 5%よりも起こりやすい通常の事象であったと判断する。有意差が出なかったので帰無仮説は棄却されない。

帰無仮説とは、簡単に言うと t 値が想定する母集団 (自由度 $N-1$ の t 分布) の範囲内にあるという仮説であり、棄却とは否定という意味である。

結果は、 $t=2.45$ 、 $t_{0.05}=2.26$ 、したがって

$$t > t_{0.05} \cdots \cdots (1-2)$$

が成り立つため、①にしたがって 5%水準で有意差が出たことになる。 t 値の右の P 値を見ると、 $t=2.45$ が生じる確率は、0.04 である。これより、

$$P = 0.04 < 0.05 \cdots \cdots (1-3)$$

であることがわかる。以上のように、前後による平均値の差 (=事後が事前より高いこと) が統計的に示され、仮説「このデータからは、授業の前後で子どもたちの関心・興味がまました」が立証された。結果を報告書などに書くとすれば、

「・・・単元「原子力とその歴史」の授業の前後で核兵器禁止条約についての関心・興味には有意な上昇がみられた ($t=2.45$ 、 $p<.05$)・・・」

のようになる。有意確率の“0.05”を、桁の 0 を外して“.05”と書くのが習慣である。

次に、分析ツールでの分析手順と結果を示す。

操作では「一対の標本による平均値の検定」を選ぶ。

- 1 データ範囲の指定

変数 1 : 表 1-1 の第 2 列の No10 までのデータ

変数 2 : 表 1-1 の第 2 列の No10 までのデータ

- 2 出力先セルの指定

4 有意水準 α (A)の指定 (5%なら 0.05 を入力)
と進めて最後に OK ボタンを押す (図 1-2)。
分析ツールでは F 値も示される (F 値については第 2 章に説明がある)。当然のことだが、
t 値、p 値は図 1-1 と同じになる。

t-検定: 一对の標本による平均の検定ツール

	事後	事前
平均	3.40	3.00
分散	0.49	0.67
観測数	10	10
ピアソン相関	0.78	
仮説平均との差異	0	
自由度	9	
t	2.45	
P(T<=t) 片側	0.02	
t 境界値 片側	1.83	
P(T<=t) 両側	0.04	
t 境界値 両側	2.26	

表 1-2 質問 4

No	事後	事前
1	3	2
2	3	3
3	2	2
4	3	2
5	3	4
6	3	2
7	4	3
8	2	2
9	4	3
10	4	4
AV	3.1	2.7
SD	0.7	0.8

図 1-2 計算結果

次に、質問 4 の結果が表 1-2 のようになった。
事前事後の記述統計を、平均値±標準偏差で示す。

事前 : 2.7 ± 0.8

事後 : 3.1 ± 0.7

表 2-1 の結果と同様、平均値を比較すると事後が高い。しかし、t 検定の結果は、 $t=1.81$ 、 $t_{0.05}=2.26$ となる (図 1-3)。したがって、

$$t < t_{0.05} \cdots \cdots (1-4)$$

が成り立つため、②にしたがって有意差がなかったことになる。なお、 $t=1.81$ が生じる確率 P は、0.103 である。これより、

$$P=0.103 > 0.05 \cdots \cdots (1-5)$$

前後による平均値の差 (=事後が事前より高いこと) が統計的に示されず、仮説「このデータからは、授業の前後で子どもたちの関心・興味がました」が立証されない。

	データ数	平均値	不偏分散	標準偏差	標準誤差
事後	10	3.10	0.54	0.74	0.23
事前	10	2.70	0.68	0.82	0.26
	平均値の差	自由度	t 値	P 値(両側確率)	t (0.975)
事後 - 事前	0.40	9	1.81	0.10	2.26

図 1-3 計算結果

結果を報告書などに書くとすれば、

「・・・単元「原子力とその歴史」の授業の前後で原発事故についての関心・興味には有意な上昇がみられなかった (t=1.81、n.s.)・・・」

のようになる。n.s. (not significant) は有意差がなかったことを示す記号である。

関連2群のt検定で注意すべきことは、平均値の比較は事前と事後のデータがともに正規性をもつこと(データが正規分布にしたがうとこ)が前提である。この種のデータではたいてい正規分布になるが、一例として事前が1~5まで広く分布し、事後が4と5ばかりという場合は、事後データに正規性がない可能性が強い。データが正規分布にしたがわない場合は、中央値の比較(ウイルコクソンの符号順位和検定)を行う²⁾。

(2) 平均値の比較ークラス間の比較ー

(1)で示した質問2について、A、Bの両クラスで平均値の比較を行った。

質問2 原爆投下という事実に関心・興味がありますか。

結果を表1-3に示す。Aでは8名が、Bでは10名が回答した。

表1-3 質問2

No	A	B
1	4	4
2	3	2
3	4	3
4	4	3
5	5	2
6	4	5
7	5	4
8	3	2
9		3
10		2
AV	4.0	3.0
SD	0.8	1.1

それぞれの記述統計を、平均値±標準偏差で示す。

A : 4.0±0.8

B : 3.0±1.1

平均値を比較するとAが高い。ここで、仮説「このデータからは、子どもたちの関心・興味はクラス間に差がある」を立証するため、t検定を用いて両クラスの平均値の比較を行う。分析ツールとstatcelでの計算の手続きはほぼ同じで、操作では対応のないt検定(独立2群のt検定)を選ぶ。

1 データ範囲の指定

表1-3の第2、3列のNo10までのデータ 空欄も含む。

2 列挙データを選ぶ

3 出力先セルの指定

4 有意水準の指定 (5%、両側検定を指定)

と進めて最後にOKボタンを押す。結果を示す(図1-4)。

	データ数	平均値	不偏分散	標準偏差	標準誤差
A	8	4.00	0.57	0.76	0.27
B	10	3.00	1.11	1.05	0.33
	平均値の差	自由度	t値	P値(両側確率)	t(0.975)
A-B	1.00	16	2.25	0.04	2.12

図1-4 計算結果

独立2群のt検定の場合、表1-3のように両方のデータ数が違っていてもよい(第2章で示す分散分析でも同様)。両クラスの平均値の差dを標準誤差SEで割ると統計量t値が求められる。SEは両クラスの不偏標準偏差から平均的な値が計算される。なお、母集団のt分布の自由度も関連2群のt検定の場合とは異なる³⁾。しかし、関連2群のt検定の場合と同様に、平均値の差dが大きいほど、また両方のデータ数が大きいほどt値は大きくなる。

結果は、t=2.25、 $t_{0.05}=2.12$ 、したがって

$$t > t_{0.05} \cdots \cdots (1-6)$$

が成り立つため、5%水準で有意差が出たことになる。P値を見ると、 $t=2.25$ が生じる確率は、0.04である。これより、

$$P=0.04 < 0.05 \cdots \cdots (1-7)$$

であることがわかる。以上のように、クラスによる平均値の差（=AがBより高いこと）が統計的に示され、仮説「このデータからは、子どもたちの関心・興味はクラス間に差がある」が立証された。結果を報告書などに書くとすれば、

「・・単元「原子力とその歴史」の授業では原爆投下という事実についての関心・興味にクラス間の有意な違い（AがBより高い）がみられた（ $t=2.25$ 、 $p<.05$ ）・・」のようになる。

結果が、式(1-6)と逆になる場合は、仮説「このデータからは、子どもたちの関心・興味はクラス間に差がある」は立証されない。

分析ツールでは、「等分散を仮定した2標本の検定」を選び、図1-2の結果を出した手順で同様に行う（結果は省略）。

独立2群のt検定で注意すべきことは、平均値の比較はA、Bの両データが等分散であること（データのバラツキが両方で大きく違わないこと）が前提である。この種のデータではたいてい等分散になるが、前述したように、Aが1～5まで広く分布し、Bが4と5ばかりという場合は注意を要する。その場合は補正が必要であり、図1-4で示したt検定（スチューデントのt検定）ではなく、もう一つ出力されているウェルチのt検定（等分散を仮定しないときのt検定）の結果をみる。厳密には、独立2群のt検定の前処理として、両データの等分散の検定をしなければならない。論文を投稿するなど何らかの審査がある場合は注した方がよい。

参考文献・URL など

- 1) 片平 洸彦：やさしい統計学—保健・医薬・看護関係者のために（改訂新版）、桐書房（1998）、pp.117—119 第6版あり（2017）。
- 2) 統計分析研究所 HP：https://istat.co.jp/sk_commentary/wilcoxon
- 3) 前掲1)、pp.114—117

第2章 学習による子どもの変容の判定(2)「分散分析」による3グループ以上の比較

(1) 一元配置分散分析によるグループ間比較

ここでは、3つ以上の事象の違いを調べる方法を述べる。小学校なら、グループ間比較、中高ならクラス間比較などが想定される。一元配置分散分析とよばれる方法を用いるが、独立2群のt検定を3群以上に拡大した分析であると考えたらよい。

まず、考え方は次の2段階である。3群(A、B、C)を例にとる。グループという1つの要因に3種あるので、これを3水準という。

第1段階:3群に違いがあるかをF検定で調べる。帰無仮説は、“3群は同じ母集団である”と表現される。

- ・違いが検出された: 帰無仮説が棄却された→多重比較の実施
- ・違いが検出されず: 帰無仮説が成立した →終了

第2段階: 多重比較 (Bonferroni 法)

- ・A、Bの平均値の比較
- ・B、Cの平均値の比較
- ・C、Aの平均値の比較

Bonferroni法は独立2群のt検定と同じような計算であるが、3群が同じ母集団かどうかを検定するため、通常(2群が同じ母集団かどうかの検定)より厳しい検定となる¹⁾。第2章の質問3の事前データを例に分析方法を述べていく。

質問3 原子力発電について関心・興味がありますか。

事前のデータをグループ間(A、B、C)で整理したところ、表2-1のようになった。回答数(データ数)は、Aでは10人、Bでは8人、Cでは9人であった。

表2-1 質問3

No	A	B	C
1	2	2	2
2	3	2	5
3	2	4	4
4	3	2	3
5	4	2	4
6	2	4	5
7	5	2	3
8	2	3	5
9	3		5
10	4		
AV	3.00	2.63	4.00
SD	1.05	0.92	1.12

各グループの記述統計を、平均値±標準偏差で示す。

A : 3.0±1.1

B : 2.6±0.9

C : 4.0±1.1

平均値を比較すると、C>A>Bの順になる。しかし、それだけで関心・興味の程度が違えるのか。標準偏差を含めると、3つの値がかぶることもわかる。そこで、検定による平均値の比較を行う。分析ツールとstatcelでの計算の手続きはほぼ同じであり、操作では一元配置分散分析を選ぶ。

1 データ範囲の指定

表2-1で、第2、3、4列のNo10までのデータ、空欄も含む。

2 列挙データを選ぶ

3 出力先セルの指定

4 有意水準の指定 (5%)

と進めて最後にOKボタンを押す。結果を図2-1に示す。

分散分析表ではF値が示されている。F値とは、簡単に言うとデータのすべての分散(あるいは変動)を群間変動(グループ間の違いを示す量)と群内変動あるいは誤差変動(各

グループ内のバラツキによる誤差)に分け、その比をとって求める。

$$F \text{ 値} = \text{群間変動} \div \text{誤差変動} \cdots \cdots (2-1)$$

群間変動が誤差変動よりも大きいと F 値は大きくなる。求められた F 値を、母集団となる F 分布の 95%までが入る地点 (残り 5%の位置) の F (5%値) と比較する (F 検定)。5%値は、図 2-1 では F (0.95) と表記されているが、ここでは $F_{0.05}$ と記す。F 分布は次に示す自由度によって異なる形になる。第 2 章の説明のように、自由度とは分析を行う上で変化させることができるデータ数あるいはグループ数を意味する。比較する対象は、群間変動の自由度 n_1 、誤差変動の自由度 n_2 の F 分布である。自由度の計算は次のように考えるとよい²⁾。全データ数は 27 である (=10+9+8)。

$$\text{全変動の自由度} = \text{全データ数} N - 1 = 27 - 1 = 26$$

$$\text{群間変動の自由度 } n_1 = \text{グループ数} - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$\text{誤差変動の自由度 } n_2 = \text{全変動の自由度} - \text{群間変動の自由度} = N - 1 - n_1 = 26 - 2 = 24$$

一元配置分散分析法

	データ数	平均値	不偏分散	標準偏差	標準誤差
A	10	3.000	1.111	1.054	0.333
B	8	2.625	0.839	0.916	0.324
C	9	4.000	1.250	1.118	0.373
合計	27	3.222	1.333	1.155	0.222

分散分析表

変動要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F 値	P 値	F (0.95)	F (0.99)
全変動	34.667	26					
群間変動	8.792	2	4.396	4.077	0.030	3.403	5.614
誤差変動	25.875	24	1.078				

図 2-1 F 検定結果

図 2-1 の結果は、 $F=4.08$ 、 $F_{0.05}=3.40$ 、したがって

$$F > F_{0.05} \cdots \cdots (2-2)$$

が成り立つため、グループ間には 5%水準で有意差が出たことになる。P 値を見ると、4.08 という F 値が生じる確率は 0.03 である。これより、

$$P = 0.03 < 0.05 \cdots \cdots (2-3)$$

であることがわかる。

これでグループ間の違いが統計的に示された。ただし、この P 値は 1%水準では有意でなくなる ($F_{0.01}=5.61$ であり計算された F 値 (=4.08) よりも大きい)。

こういうことはよくあり、統計的結論については相対的な評価観が不可欠である。有意差が認められたからといっても絶対ではなく、あくまでも確率論に基づく結論である。

次に、多重比較の結果を図 2-2、グラフを図 2-3 に示す。計算操作は分散分析とは別に行う。まず、分散分析の中の多重比較を選び、

1 Bonferroni 法を選ぶ (別の方法でもよい)

2 一元配置分散分析を選び OK ボタンを押す

3 データ範囲の指定 (表 2-3 の第 2、3、4 列の No10 までのデータ)、statcel では列挙データを選ぶ

4 出力先セルの指定

と進めて最後に OK ボタンを押す。

多重比較検定の結果 (Bonferroni/Dunn法)

		危険率5%	危険率1%		5%	1%	
	平均値の差	棄却値	棄却値	検定統計量	基準点	基準点	
A,B	0.375	1.268	1.605	0.761	2.574	3.258	
A,C	-1.000	1.228	1.555	-2.096	2.574	3.258	
B,C	-1.375	1.298	1.644	-2.725	2.574	3.258	*

図 2-2 多重比較結果

検定統計量 (t 値) で多重比較結果をみる。 $t_{0.05}=2.57$ である。

- A、B の平均値の比較 : $t=0.76$ $\therefore t < t_{0.05}$ 有意差なし
- A、C の平均値の比較 : $t=2.10$ $\therefore t < t_{0.05}$ 有意差なし
- B、C の平均値の比較 : $t=2.73$ $\therefore t > t_{0.05}$ $p < .05$ (5%有意を示す*がついている)

図 2-2 で、t 値のマイナスは平均値が小さい方から大きい方を引いたためについている。上記では t 値の絶対値を $t_{0.05}$ と比較した。多重比較により、A と B、A と C には差がなく、 $C > B \dots (2.4)$

が統計的に示された。計算結果とともに出力される図 2-3 をみても納得できる結果である。報告書には、「・・・一元配置分散分析を行ったところ、3つのグループ間には有意差がみられ ($F=4.08$ 、 $p < .05$)、多重比較では $C > B$ となった ($t=2.73$ 、 $p < .05$)。他の組み合わせには有意差がみられなかった。・・・」のように書く。

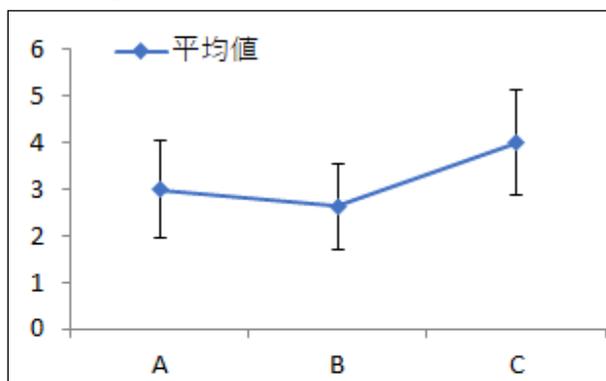


図 2-3 計算結果

概要

グループ	データの個数	合計	平均	分散
A	10	30	3.000	1.111
B	8	21	2.625	0.839
C	9	36	4.000	1.250

分散分析表

変動要因	変動	自由度	分散	観測された分散比	P-値	F 境界値
グループ間	8.792	2	4.396	4.077	0.0299	3.403
グループ内	25.875	24	1.078			
合計	34.667	26				

図 2-4 計算結果

分析ツールによる結果を図 2-4 に示す。観測された分散比が F 値である。入力範囲 (表 2-1 で 2~4 列の No10 までのデータ、空欄も含む)、有意水準 α (A) を指定し (5% なら 0.05 を入力)、出力先を指定する。数値は図 2-1 と同じ結果であることがわかる。

なお、ここでは繰り返しのない分散分析の結果をまとめたが、授業前、授業後、授業の 3 か月後など、同じ被験者の反復測定 (あるいは重複測定) の場合は statcel では重複測定の分散分析を選ぶ (図 2-5)。

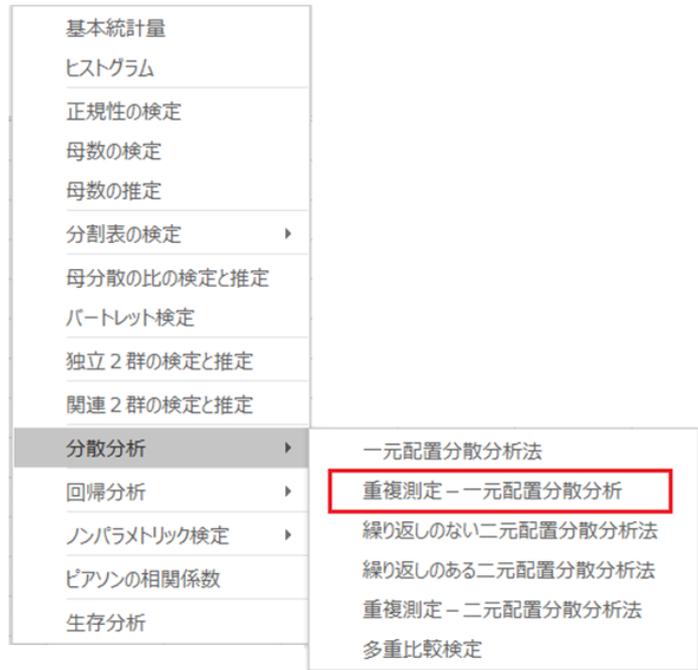


図 2-5 分散分析 (重複測定)

(2) 2 要因によるグループ間比較 - 2 要因の分散分析 (2 元配置分散分析) -

表 2-1 のデータで男女別に分析する必要が出てきたときにどうするか。(1) ではグループという 1 つの要因を考えればよかったが、ここには 2 つの要因がある。

- 要因 1 : グループ . . . A、B、C : 3 水準
- 要因 2 : 性別 男子、女子 : 2 水準

したがって、2 要因の分散分析をしなければならない。これは、statcel でも実行できるが、SPSS を用いる文献 f) に詳しい記述がある。考え方を述べる前に「交互作用」について説明しておく。

簡単に言うと、A、B、C による変化が性別で異なる場合で (逆に、性別による変化が A、B、C で異なる場合もある)、図 2-6 のような結果になったときである。男子では A、B、C の順に増えるのに女子では逆に減っている。これを交互作用という。交互作用がある場合は、「主効果」とよばれる A、B、C によるちがいが (性別はいっしょにして)、あるいは性別によるちがいが (A、B、C はいっしょにして) は意味のある情報にはならない。

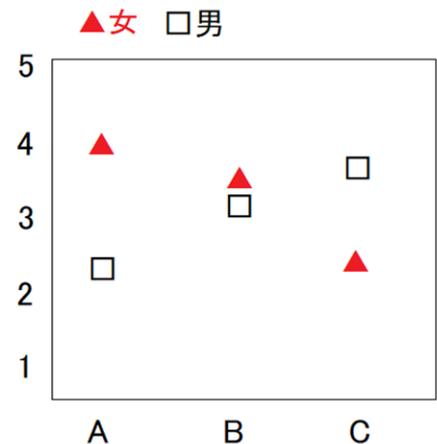


図 2-6 2 要因の想定図

したがって、まず交互作用の有無を調べる必要がある。

その上で、F 検定で要因ごとに違いがあるか、交互作用があるかを調べ次の手順で進む。

第 1 段階 : 2 つの要因で交互作用がみられないとき

- A、B、C でちがいが検出された → A、B、C 間の検定結果 (Tukey 法) を見る
- 性別で違いが検出された → 男子、女子の検定結果 (Tukey 法) を見る

F 検定後の要因別の検定結果が前述の主効果である。

- 違いが検出されない要因 → その要因については終了

第2段階：2つの要因で交互作用がみられたとき

前述のように、主効果は参考程度の情報となるため多重比較（Bonferroni法）を行う。

- ・データは次の6水準（ $2 \times 3 = 6$ ）になる。

A男、B男、C男、A女、B女、C女

- ・これらの全ての組み合わせの数は15通りある。 ${}_6C_2 = 6! \div (4! \cdot 2!) = 15$

A男-B男、A男-C男、A男-A女、A男-B女、A男-C女

B男-C男、B男-A女、B男-B女、B男-C女

C男-A女、C男-B女、C男-C女

A女-B女、A女-C女

B女-C女

- ・この15通りの多重比較を行う。

SPSS利用の文献f)では、交互作用があるときにはプログラムに数行書き足すという手作業が必要である。

2要因の分散分析を最も簡単に行うために次のような方法がある。特に、要因の水準が少ない場合は現実的である。

①2要因（性別とグループ）の組み合わせデータ（A、B、C）を、あらかじめ1要因（グループと性別の組み合わせ）の6列データに改組しておく（図2-7）。

2要因3水準→1要因6水準：A男、B男、C男、A女、B女、C女



図2-7 2要因の想定図

②その6列データを用いて、一元配置の分散分析を行う。

③有意差があれば上記15数（ ${}_6C_2 = 15$ ）の組み合わせの多重比較を行う。

この方法について、文献b)の第7章では、statcelにおける実例が示されているが、分散分析をして交互作用の有無を確認してから多重比較は別に行う（文献b)の第8章）。

単純なモデルへの志向は重要なのである。なぜかという、Simple is Bestという言葉通り、事象へのイメージがしやすい。

最後に分散分析の留意点としては、第1章の独立2群のt検定で述べたように、データの等分散性が求められる。あるグループのデータが4と5ばかりなど、偏っているとみなされる場合は注意を要する。

参考文献・URL など

1) StatsGuild：多重比較法、<https://www.stats-guild.com/>

IBM「SPSS」販売サイトであるがやさしい説明がある。

2) 片平 冽彦：やさしい統計学—保健・医薬・看護関係者のために（改訂新版）、桐書房（1998）、pp.117-119 第6版あり（2017）。第16章

第3章 学習による子どもの変容の判定(3)「マクニマー法」による事象の独立性の判定

(1) 対応がない場合の独立性の検定

高1の生徒たち32人のクラス(男子14、女子18、計32)を対象に、総合的な探究の時間の授業で平和教育について学ぶ単元の導入の1時間で核抑止論の考え方を説明した。授業の最後に、核抑止への賛否を聞く調査を行い、賛成・反対の意見の出方を男女別に調べた。結果が表3-1(左)のようになった。

表3-1 賛成・反対の意見の出方(観察度数)とその平均値(期待度数)

両意見の結果			2×2分割表							
	賛成	反対	観察度数	賛成	反対	合計	期待度数	賛成	反対	合計
男子	9	5	男子	9	5	14	男子	6.125	7.875	14
女子	5	13	女子	5	13	18	女子	7.875	10.125	18
			合計	14	18	32	合計	14	18	32

表3-1(左)を2×2分割表というが、ここでは、男子に賛成が多く女子には反対が多い。賛成と反対の意見の出方について男女で違いがあるのか?性別と意見という2つの変数の間に関連があるのか、それとも関連はなく相互に独立なのかを調べる検定が「独立性の検定」である。ここで、帰無仮説は次のようになる。

帰無仮説: 2つの変数の間に相互の関連はない(出方に男女による違いはない)。

「独立性の検定」では、まず出方の平均値に相当する値(期待度数ともいう)を下記のように求める。そして、表3-1(左)の観測値(観測度数、観察度数ともいう)と期待度数との差を示す統計量(χ^2 値)を求め、 χ^2 値を分布の5%値である $\chi^2_{0.05}$ と比較する。

$$\chi^2 > \chi^2_{0.05} \cdots \cdots (3-1)$$

であれば帰無仮説が棄却され、性別と賛成と反対の意見という2つの変数の間に関連があることが5%の有意差で示される。独立性の検定は χ^2 検定(カイ2乗検定)ともよばれる。

期待度数の計算例として、男子の反対5の場合は次のようになる。

$$\text{男子の反対の期待度数} = 14 \times (18 \div 32) = 7.875 \cdots \cdots (3-2)$$

となる。反対は32人のうち18人、その割合(18÷32)に男子数14をかけて求められる。他も同様に求められる。Statcelで計算した2×2分割表(表3-1(左)と同じ観察度数、式(3-2)などで計算された期待度数)を表3-1(右)に示す。

次式で求められる統計量を考える。

$$\chi^2 = \{(\text{観察度数} - \text{期待度数})^2 \div \text{期待度数}\} \text{の合計} \cdots \cdots (3-3)$$

観察度数と期待度数の差が大きいほど χ^2 値は大きくなる。式(3-3)の χ^2 値を自由度1の χ^2 分布の $\chi^2_{0.05}$ と比較する。Statcelでは $\chi^2_{0.05}$ を $\chi^2(0.95)$ と記している。なお、分析ツールでは独立性の検定は入っていない。

statcelでの計算操作では、「分割表の検定」→「2×2分割表」を選ぶ。

- 1 データ範囲の指定(表3-1の第1~3列すべて)
- 2 集計済みデータを選ぶ
- 3 出力先セルの指定
- 4 有意水準の指定(5%)

と進めて最後にOKボタンを押す。結果を図3-1に示す。

検定の結果	
自由度	1
χ^2 値	4.265
P値(上側確率)	0.039
分割表分析係数	0.343
Φ 係数	0.365
イエーツの補正 χ^2 値	2.911
イエーツの補正P値(上側確率)	0.088
フィッシャーの直接確率P値	0.044
オッズ比	4.680
$\chi^2(0.95)$	3.841

図3-1 計算結果

したがって、 $4.265 > 3.841$ となり式(3-1)の関係が成り立つ。 $\chi^2=4.265$ となる確率は 3.9% (0.039) であり、5%以内に入っている。これを報告書に書くならば次のようになる。

「・・・平和教育の授業前に核抑止論の考え方に対する賛成・反対の意見の出方を男女別に調べたところ、性別と意見という2つの変数の間に関連があり、賛成は男子に多いことがわかった ($\chi^2=4.27$, $p<.05$)・・・」

注意事項としては期待度数が小さい場合のあつかいである。式(4-3)の統計量は χ^2 分布に近似的にしたがうので、期待度数が5以下になると χ^2 分布とのずれが生じ、近似が悪くなるからである。そのため、図3-1の第6行にあるイエーツの補正 $\chi^2_{0.05}$ をみる。あるいは、表3-1から直接計算されるフィッシャーの直接確率P値(図3-1の第8行の値)をみる¹⁾。

なお、出力されている「オッズ比」は医学、疫学などで用いられる統計量であり、結果(例題の場合は賛成、反対の意見)に対して原因(性別)の影響度を示す。

賛成への性別の影響度=男子賛成数÷女子賛成数=9÷5=1.8

反対への性別の影響度=男子反対数÷女子反対数=5÷13≒0.385

オッズ比=賛成への影響度÷反対への影響度=1.8÷0.385≒4.68

賛成数の男女比率と反対数の男女比率が同じなら、オッズ比は1になる。したがって、オッズ比は1を基準とし、1から離れているほど影響度が強いと考えることができる。この場合は、 $4.68 > 1$ なので、出方への性別の影響が大きい。

(2) 対応がある場合の独立性の検定

高2の理系クラスで(男20人)、(1)と同じように、単元の導入の1時間で核抑止論の考え方を説明し、核抑止への賛否を聞く前調査を行って、賛成・反対の意見の出方を調べた。そして、続く4時間で、

- ・世界の核兵器の現状(核兵器開発の歴史、冷戦下の核軍拡競争、核兵器の現存数、など)
- ・日本の立場(被爆国でありながらアメリカの核傘下国でもあるという状況)

などを学んだ後、再び核抑止への賛否を聞く後調査を行って、賛成・反対の意見の出方を調べた。

結果は、

2×2 分割表における自由度は次のように考えるとよい。表3-1の観測度数で、合計を変えずに自由にえられる変数は何個あるか。例えば、男子の賛成9を10に変えたとする。合計(周辺度数)は変えられないから、他の3変数(男子反対、女子賛成、女子反対)は決まってしまう自由に変わることができなくなる。そういう意味で、自由度は1である。

図3-1の第2行、第10行をみる。

・式(3-2)で求められた $\chi^2=4.265$

・自由度1の χ^2 分布における5%値($\chi^2_{0.05}$) = 3.841

授業前：賛成 9、反対 11

授業後：賛成 2、反対 18

となり核抑止論による平和には否定的な意見が増えたようにみえた。内訳をよく見ると、

授業前の賛成 9→授業後は賛成 1、反対 8

授業前の反対 11→授業後は賛成 1、反対 10

というように変化していることがわかった。これをまとめて2×2分割表にすると、表3-2のようになる。(1)と異なるところは次の点である。

(1)では原因となる性別の2変数(男子、女子)が独立であること

(2)では原因となる前後の2変数(授業前、授業後)が関連していること

原因を構成する変数が関連している場合の独立性の検定は「マクニマー (McNemar) 法」とよばれる。

表3-2 2×2分割表

		授業後		観察度数	賛成	反対	合計	期待度数	賛成	反対
		賛成	反対							
授業前	賛成	1	8	9	1	8	9	賛成	*	4.5
	反対	1	10	11	1	10	11	反対	4.5	*
	合計	2	18	20	2	18	20			

意見の変化は、賛成→反対 8

反対→賛成 1

であることがわかるが、この2つの数値が観察度数になる。

$$\text{期待度数} = (8 + 1) \div 2 = 4.5$$

となる。この数値をマクニマー法で検定する。帰無仮説は次のようになる。

帰無仮説：授業前後で賛成・反対の意見相違はない。

χ^2 値の計算は式(3-3)と同様である。statcelでの計算操作では、「分割表の検定」→「マクニマー法」を選ぶ。

検定の結果

自由度	1
マクニマー χ^2 値	4.000
マクニマー P 値(上側確率)	0.046
オッズ比	8
$\chi^2(0.95)$	3.841

1 データ範囲の指定 (表3-2の太線内の領域)

2 statcelではデータ型は集計済みデータ設定に固定されている。

3 出力先セルの指定

4 有意水準の指定 (5%)

と進めて最後に OK ボタンを押す。

図3-2 計算結果

結果を図3-2に示す。図3-2の第2行、第5行をみる。

・式(3-3)で求められた $\chi^2 = 4.000$

・自由度1の χ^2 分布における5%値 ($\chi^2_{0.05}$) = 3.841

したがって、 $4.000 > 3.841$ となり式(3-1)の関係が成り立つ。 $\chi^2 = 4.000$ となる確率は4.6% (0.046)であり、5%以内に入る。したがって、帰無仮説「授業前後で賛成・反対の意見相違はない」が棄却され、授業によって生徒たちの意見に、賛成から反対への変化が有意にみられたことが統計的に示される。平和教育の授業には影響力があったのである。核抑

止力、力の論理ではない本当の意味での平和を希求する生徒たちになってもらいたい。

これを報告書に書くならば次のようになる。

「・・・核抑止論の考え方に対する賛成・反対の意見の変化を平和教育の授業前後で調べたところ、授業前後で意見の変化が生じていて、賛成から反対に変化する意見が多いことがわかった ($\chi^2=4.00$ 、 $p<.05$)・・・」

というような表現となると思われる。このような文言の論文表記における妥当性については、教育方法学や教育心理学の専門書をみてほしい。

参考文献・URL など

- 1) 片平 冽彦：やさしい統計学—保健・医薬・看護関係者のために（改訂新版）、桐書房（1998）、pp.130—138 第6版あり（2017）。
- 2) 前掲、pp.139—140

(1) 要因が1つ—単回帰分析—

クラスで行った4科目の試験から、算数と理科に関連があるかを調べるために、得点のストを作ったところ、算数と理科の結果は表4-1のようであった。

表4-1 結果

No	算数	理科
1	45	55
2	55	60
3	60	55
4	50	50
5	70	70
6	40	45
7	80	75
8	35	40
9	65	65
10	75	80

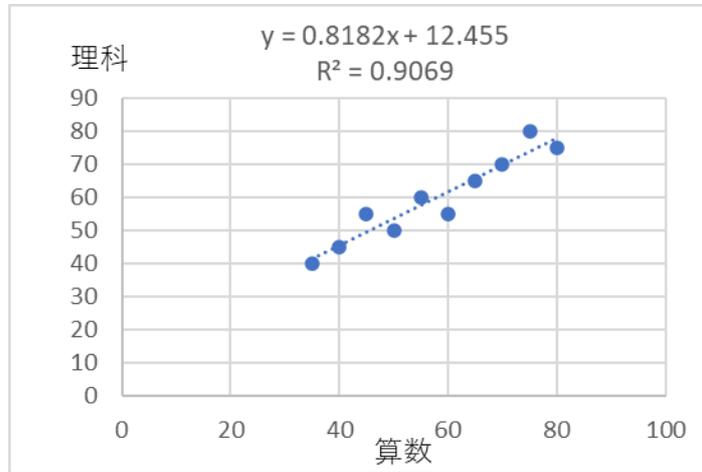


図4-1 Excelで作ったグラフ

カリキュラム論では、算数は用具教科、理科は内容教科と分類される。用具があれば内容も深まるという理屈が成り立つ。そこで、算数を独立変数（説明変数）としてx軸に、理科を従属変数（目的変数）としてy軸にとりプロットしてみると、図4-1になる。Excelの近似曲線（すべてのデータに最もピッタリと合う曲線）の機能で、一次関数（直線）を表示させると次のようになった（付録4参照）。図中の点線でありこれを回帰線とよぶ。

$$y = 0.818x + 12.5$$

書き直すと、

$$\text{理科} = 0.818 \times \text{算数} + 12.5$$

という（一次関数の）モデルが得られたことになる。

ここで、回帰係数（直線の傾き）a、切片bは、

$$a = 0.818$$

$$b = 12.5$$

である。回帰線によると、算数が50点、80点の子どもA、Bの理科は

$$A : \text{理科} = 0.818 \times 50 + 12.5 \doteq 53$$

$$B : \text{理科} = 0.818 \times 80 + 12.5 \doteq 78$$

という予測がつき、AとBで25点違う。aが小さければ、算数の得点が大きく違っても理科への影響が少ない。aが0.818より小さくなると、例えば、a=0.5の場合、

$$A : \text{理科} = 0.5 \times 50 + 12.5 \doteq 38$$

$$B : \text{理科} = 0.5 \times 80 + 12.5 \doteq 53$$

となりAとBの違いは15点となる。このように、回帰係数が小さいと影響力がないことがわかる。したがって、回帰係数はモデルの影響力を意味する。

次に、同じ機能で決定係数 r^2 を表示させると次のようになる。

$$r^2 = 0.907$$

決定係数、相関係数については付録2で説明している。図3-1で、 $R^2 = 0.9069$ と示されて

いる数値である。この数値から、データの約 91%はこのモデルで説明でき (0.907≒0.91 91%)、残りの 9%は他の要因による誤差と判断できる。このように、決定係数の大きさはモデルの当てはまりのよさであり、モデルの適合性を意味する。また、決定係数の大きさは予測の確実性でもあるともいえる。

算数と理科の相関係数は決定係数の平方根を取ると求められる。

$$r = \sqrt{0.907} \approx 0.952$$

となる。相関係数はデータが回帰線にどのくらい乗っているかを示す量であり、0~1 の範囲である。r がマイナスなら回帰線は下向きになる (x が増えると y が減少)。データ数にもよるが、一般に、

r = 0 …x と y に相関がない

r = 0.1~0.4 …x と y の相関がある

r = 0.6 以上 …x と y の相関が強い

と判断してよい。この判断では、算数と理科の相関は強いようである。

Excel のグラフ機能でここまでわかる。しかし、結果は統計的に確認されなければならない。そこで、

仮説：このデータから、算数ができる子どもは理科もできる
を立証するため、モデルの適合性について統計的な検定を行う。分析ツールと statcel での計算の手続きはほぼ同じである。操作では単回帰分析を選ぶ。第 2 章で説明したように、

1 データ範囲の指定 (説明変数：表 4-1 の第 2 列、目的変数：表 4-1 の第 3 列)

2 statcel では列挙データを選ぶ

3 出力先セルの指定

4 有意水準の指定 (たいてい 5%でよいが、1%、0.1%にするときもある)

と進めて最後に OK ボタンを押す。結果を示す (図 4-2)。

データ数	10
相関係数 R	0.95228765
決定係数 R ²	0.906851769

分散分析表

要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F 値	P 値	F(0.95)
回帰	1380.681818	1	1380.681818	77.88461538	2.14E-05	5.317655
残差	141.8181818	8	17.72727273			
計	1522.5	9				

図 4-2 計算結果

たくさん出力されるが、相関係数、決定係数は図 4-1 にある値と同じである。桁数が多いのは、計算結果が適度に四捨五入されずそのまま示されているからである。

次に、分散分析表を見る。分散分析表では、データのすべての分散が回帰線でどの程度説明できるか、というモデルの適合性の分析が行われている。

決定係数 r² の検定には 2 章と同じ F 検定が用いられる。F 値は、決定係数 r² が大きいほど、データ数 N が大きいほど大きくなる。検定では、標本から求められた F 値を、母集団となる F 分布の 95%までが入る地点 (残り 5%の位置) の F (5%値) と比較する。5%値

は、図4-2ではF (0.95) と表記されているが、ここでは $F_{0.05}$ と記す。F分布は、回帰の自由度 n_1 、残差の自由度 n_2 によって異なってくる¹⁾。自由度とは、第1章で説明したように簡単にいうと分析を行う上で変化させることができるデータ数あるいは変数の数を意味する。例題のデータ数Nは10、変数の数はxとyの2である。

全体の自由度 = データ数 $N-1=10-1=9$

回帰の自由度 n_1 = 変数の数 $-1 = 2-1=1$

残差の自由度 n_2 = 全体の自由度 $-$ 回帰の自由度 $=N-1-n_1=9-1=8$

帰無仮説は次のようになる。

帰無仮説：求められたF値が想定する母集団の範囲内にある。

F検定の結果は、第2章の説明と同様に次の2つに分かれる（付録2を参照）。

① $F \geq F_{0.05}$ ：分布の5%よりも起こりにくい事象であったと判断する。5%水準で有意差が出たので帰無仮説が危険率5%で棄却されたという。棄却とは否定という意味である。

② $F < F_{0.05}$ ：分布の5%よりも起こりやすい通常の事象であったと判断する。有意差が出なかったので帰無仮説は棄却されない。

結果は、 $F=77.9$ 、 $F_{0.05}=5.32$ 、したがって

$$F > F_{0.05} \cdots \cdots (4-1)$$

が成り立つため、①にしたがって決定係数 r^2 には5%水準で有意差が出たことになる。モデルの適合性は、P値でも確認することができる。F値の右のP値を見る。 $F_{0.05}$ の値に比べて77.9という（大きな）値が生じる確率は、 2.14×10^{-5} （ $=0.0000214$ ）である。約0.002%の確率で生じるような事象である。これより、

$$P = 0.0000214 < 0.05 \cdots \cdots (4-2)$$

であることがわかる。このP値は0.1%水準でもクリアしている。以上のように、これでモデルの適合性が統計的に示された。

以上のことから、仮説「このデータからは算数ができる子どもは理科もできる」は立証された。結果を報告書などに書くとすれば、

「・・・算数を説明変数に理科を目的変数に取って回帰分析を行ったところ・・・モデルの適合性には有意差がみられた（ $F=77.9$ 、 $p<.05$ ）・・・」

のようになる。もっとも、このモデルなら、 $F=77.9$ 、 $p<.001$ と書くことも可能である。

なお、算数の得点が高いと理科も高くなるデータであっても、②のように $F < F_{0.05}$ の場合は、統計的にはモデルの適合性に有意差がみられないという結果になる。仮説「このデータからは算数ができる子どもは理科もできる」は立証されない。一例として、 $F=3.84$ であった場合、報告書には、

「・・・算数を説明変数に理科を目的変数に取って回帰分析を行ったところ・・・モデルの適合性には有意差がみられなかった（ $F=3.84$ 、n.s.）・・・」

のように書く。

最後に、ここで留意しておくこととして、算数と理科に因果関係があるわけではないということである。原因と結果ではなく相互の関係（相関の強さ）を回帰分析で調べているということである。このことは、次節の重回帰分析にもあてはまる。なお、因果関係とは、慎重に考えると、

①原因が結果より時間的に先行する（原因がさきで結果はあと）。

②原因と結果には理論的な関係（つながり）が推定される。

③結果が原因とはちがう他の変数に影響されない。

の3つが満足される場合に認定できるものであろう。回帰係数の検定については次の(2)で述べる。

(2) 要因が2つ以上—重回帰分析—

理科の単元「天気の変り変わり」で授業を行ったあと、気象現象について子どもの「関心・興味」、「学びに向かう力・人間性」の2観点から5件法で自己評価を行わせた。そして、気候変動など環境意識についての調査を行った（15点満点とする）。ここでは、調査で用いた質問項目は割愛し、分析の過程を示すこととする。

子どもの自己評価と環境意識に関連があるかを調べるために、得点のリストを作ったところ、結果は表4-2のようであった。

仮説「このデータからは自己評価と環境意識に関連がある」を立証するためにはどうすればよいか。ここでは説明変数は2つあり、関心・興味（ X_1 ）、学びに向かう力・人間性（ X_2 ）である。目的変数は意識調査結果（ Y ）になる。 X_1 の回帰係数を a 、 X_2 の回帰係数を b とする。式(4-3)のような一次式で示されるモデルを想定することになる。

$$Y = aX_1 + bX_2 + c \cdots \cdots (4-3)$$

ここで、次の2つの問を立てる。

問1：モデルの適合性は統計的にはどう判断されるのか？

問2：2つの回帰係数の影響力は統計的にはどう判断されるのか？

表4-2 得点リスト

No	X_1	X_2	Y
1	2	1	10
2	4	4	11
3	3	2	9
4	3	3	13
5	4	4	14
6	2	2	10
7	5	4	17
8	1	2	7
9	3	3	12
10	4	5	14
X_1 ：関心・興味			
X_2 ：学びに向かう力・人間性			
Y：意識調査結果			

分析ツールでも計算できるが、以下、statcel で説明する。回帰線を求めると、2つの説明変数に対応して2つの回帰係数が求められる。操作では重回帰分析を選ぶ。前節と同様に、

1 データ範囲の指定

説明変数：表4-2の第2列、第3列

目的変数：表4-2の第4列

2 列挙データを選ぶ

3 出力先セルの指定

4 有意水準の指定（5%または1%、0.1%）

と進めて最後にOKボタンを押す。結果を図4-3に示す。

独立変数が複数ある場合の相関係数を、重相関係数といい、大文字Rで表す。その2乗が重決定係数 R^2 である。一般に、

R=0 …説明変数と目的変数に相関がない

R=0.1~0.4 …説明変数と目的変数に相関がある

R=0.6以上 …説明変数と目的変数の相関が強い

と判断してよい。検定は次のように行われる。

- ・モデルの適合性：重決定係数 $R^2 \rightarrow F$ 検定 (1) と同様
- ・回帰係数の影響力：回帰係数 $a, b \rightarrow t$ 検定 第1章と同様

回帰係数 a, b については、これらがしたがう分布 (t 分布) によって検定するのが通常である (F 検定を行っても同様の結果を与える)。図 4-3 から結果をひろってみる。

$$R=0.872$$

$$R^2=0.761$$

分散分析表では、決定係数 R^2 の F 検定結果が出ている。

$$F=11.1, F_{0.05}=4.73 \therefore F > F_{0.05} \cdots \cdots (4-4)$$

したがって、 R^2 には 5% 水準で有意差が出た。また、

$$P=0.0067 \therefore P < 0.05 \cdots \cdots (4-5)$$

確認することができる。この P 値は 1% 水準でもクリアしている。これでモデルの適合性が統計的に示された。

データ数	10
重相関係数 R	0.872163416
決定係数 R^2	0.760669024
自由度修正済み決定係数	0.692288746

分散分析表

要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F 値	P 値	F(0.95)
回帰	57.88691275	2	28.94345638	11.12409949	0.006707	4.737414
残差	18.21308725	7	2.601869607			
計	76.1	9				

回帰係数の有意性の検定と信頼区間

	回帰係数	標準誤差	標準回帰係数	偏相関係数	t 値	F 値	P 値	95% 下限	95% 上限
定数項	5.083892617	1.506681	5.083892617		3.374233	11.38545	0.011852	1.521158	8.646627
X_1	1.983221477	0.781778	0.816533004	0.692089665	2.536808	6.435394	0.038845	0.134609	3.831834
X_2	0.156040268	0.750437	0.066928082	0.078349474	0.207932	0.043236	0.841202	-1.61846	1.930543

図 4-3 計算結果

回帰係数は次のようになる。 c は切片である。回帰係数の有意性の検定をみると、

$$a=1.98, b=0.156, c=5.08$$

したがって、

意識調査結果 (Y) = $1.98 \times$ 関心・興味 (X_1) + $0.156 \times$ 学びに向かう力 (X_2) + 5.08 というモデルが得られた。関心・興味の回帰係数は、学びに向かう力の回帰係数より大きいことがわかる (10 倍以上)。図 4-3 で、回帰係数の右横の標準回帰係数は、表 4-2 のデータ (説明変数および目的変数) をそれぞれ標準化した値から算出される回帰係数である (標準化については付録 1 を参照)。標準回帰係数から計算された統計量を、第 1 章で説明した t 検定にかける²⁾。その結果、 t 値と P 値が示され、それらは次のような意味である。

関心・興味 X_1 : $t=2.54, P=0.034 \cdots 5\%$ で有意

学びに向かう力 X_2 : $t=0.208, P=0.841 \cdots$ 有意差なし

説明変数の関心・興味 X_1 は意識調査結果に影響力があること、学びに向かう力 X_2 は意識調査結果に影響力がないことが統計的に示された。報告書に書くなら、

「 \cdots 重回帰分析を行ったところ \cdots モデルの適合性には有意差がみられ ($F=4.73, p<.05$)、回帰係数については、関心・興味の影響力は高かったが ($t=2.54, p<.05$)、学

びに向かう力には影響度が認められなかった ($t=2.08$, n.s.)。・・・」

のようになる。

このように、仮説「このデータからは自己評価と環境意識に関連がある」は、以上のよう内容で立証された。ここで、次のようなケースが考えられる。

- ①モデルの適合性 (決定係数)、複数の回帰係数の影響力がともに統計的に有意になる。
- ②モデルの適合性 (決定係数) は統計的に有意になるが、複数の回帰係数の影響力についてはすべてが有意にはならない。
- ③モデルの適合性 (決定係数) が統計的に有意にならない。

ここで取り上げた例題はケース②の場合である。このように、重回帰分析はどの要因が影響力をもつのかを調べるのに適している。本例の場合、要因「関心・興味」の影響度が高いということが分かった。

単回帰分析では、モデルの適合性が有意なら回帰係数も有意になる。理由は、回帰係数が1つであるため、決定係数 r^2 の F 値と回帰係数 a の F 値は同じになるからである。

(1)で導かれた、

$$\text{理科} = 0.818 \times \text{算数} + 12.5$$

というモデルにおける、算数の回帰係数 0.818 の t 検定結果を図 4-4 に示す。t 検定からみても回帰係数の影響度は高い ($t=8.83$, $p<.001$)。単回帰分析の場合は、F 値または t 値のどちらかを示せばよい、ということになる。

	回帰係数	標準誤差	標準回帰係数	偏相関係数	t 値	F 値	P 値	95% 下限	95% 上限
定数項	12.45455	5.49455	12.45455		2.266709	5.137969	0.053163	-0.21591	25.125
算数	0.818182	0.092709	0.952288	0.952288	8.825226	77.88462	2.14E-05	0.604393	1.03197

図 4-4 t 検定計算結果

最後に、重回帰分析では説明変数の数を多くするほど決定係数の値が高くなる性質がある。それで、説明変数の数に応じて決定係数の値を補正する。それが、自由度修正済み決定係数というものである。例題では、決定係数は 0.76、自由度修正済み決定係数は 0.69 なので 10%程度小さく評価される。分析の実際では、要因となる説明変数が多いと説明変数相互の相関が無視できなくなりモデルの信頼度も低下する³⁾。説明変数は 3 つ以内にとどめた方が補正は小さくなりモデルの信頼度も高くなると思われる。モデルをいたずらに複雑なものにしないことが肝要である。

参考文献・URL など

- 1) 大森 宏：統計学の基礎(12.19)

http://lbn.ab.a.u-tokyo.ac.jp/~omori/kokusai11/kokusai11_1219.html

- 2) bellcurve ホームページ：<https://bellcurve.jp/statistics/course/9702.html>

業者の HP であるが、27-2.重回帰分析のページ頁に検定方法が記載されている。

- 3) 村山 航：重回帰分析について、<https://koumurayama.com/koujapanese/mreg.htm>

重回帰分析の基本的な注意点などが書かれている。

第5章 アンケート分析 「数量化IV類」による複数の回答における関連性の見方

(1) 調査結果の記述統計と授業前後の変化

反核・平和教育に関わる内容での生徒への質問例とその分析法を示す。下記のように時事的な問題5題（①～⑤）、内容的な問題5題（⑥～⑩）を2件法（はい、いいえ）で授業前後に調査した。

- ①国連の核兵器禁止条約は発効している。
- ②日本は国として核兵器禁止条約に賛同している。
- ③日本は原爆 6000 発分に相当するプルトニウムを保持している。
- ④福島原発処理水（汚染水）は、海洋投棄されることが国で決定されている
- ⑤SDGs では原子力発電はクリーンではないと判断している。
- ⑥核兵器と通常兵器の違いを説明することができる。
- ⑦日本の非核3原則を列挙することができる。
- ⑧プルトニウム以外の原爆の原材料（あるいは元素名）を知っている。
- ⑨福島原発処理水（汚染水）に含まれる放射性物質の名前を知っている。
- ⑩原子力発電は炭酸ガス（CO₂）を発生しない発電方法である。

表 5-1 データ（上：授業前、下：授業後、n=16）

授業前

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	1	0	0	1
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
1	0	0	1	1	0	1	0	0	0
0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	0	1	1	1	0	1	0	0	0
1	1	0	0	1	0	1	0	0	0
1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0

授業後

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
1	1	0	1	0	1	1	1	1	0
1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	1	1	1	1	1	0
1	1	1	0	1	0	1	1	1	0
1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	0	1	1	1	1	0
1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
1	0	1	1	0	1	1	1	1	0

この調査は、「総合的な探究の時間」における平和教育の授業選択者 16 人を対象に行われた¹⁾。結果は以下のように整理している。②③④は、「はい」が正解なので「はい」に1点を。⑥⑦⑧⑨も「はい」に知識があるということで1点を与えた。

正答「はい」 →1点

誤答「いいえ」→0点

①と⑤、⑩については「いいえ」が正解あるいは知識があるということなので次のような逆転処理をした。

誤答「はい」 →0点

正答「いいえ」→1点

このような処理によって16人のデータが得られた(表5-1)。

このままでは0と1の羅列であり、傾向が見えないので次のような手順で分析を進める。

1) 記述統計と平均値の比較

一人ひとりの時事的問題の合計点(表5-1で①～⑤計)、内容的問題の合計点(表5-1で⑥～⑩計)の合計点を出し(各5点満点)、その平均値の記述統計を平均値±標準偏差で示すと次のようになった。

時事的問題(①～⑤) 授業前 2.44±1.21

授業後 3.63±0.89

内容的問題(⑥～⑩) 授業前 1.34±1.31

授業後 3.88±0.72

第1章と同様の関連2群のt検定を用いたところ、どちらも授業後に有意な上昇があった。

時事的問題(①～⑤) : $t=3.33$ 、 $p<.01$

内容的問題(⑥～⑩) : $t=6.85$ 、 $p<.001$

2) ①～⑩の項目ごとの平均値の比較

次に、①～⑩の項目ごとに、授業前後における平均値の変化を求めた。表5-2に整理して示す。第2章で示した分析方法である平均値の比較(=関連2群のt検定)による分析も可能であるが、方法論は1章で示したためここでは割愛し、いくつかの質問の特徴を記す。質問⑤⑩以外は授業後に数値が上昇していた。授業で説明しているので授業後に数値が上昇するのは当然ではある。

表5-2 授業前後の平均値 (n=16)

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
前	0.63	0.31	0.25	0.56	0.69	0.19	0.50	0.13	0.19	0.38
後	0.88	0.75	0.75	0.81	0.44	0.75	1.00	0.94	1.00	0.19

特徴1: 授業前の段階で、質問①では核兵器禁止条約発効については6割以上が認知していたが、質問②では日本は国として核兵器禁止条約に賛同しないことは3割程度しか知らなかった、というギャップが認められる。

特徴2: 授業前の段階で認知度が低かった⑥⑧⑨については(10%台)、指導では特に注視していききたい項目である。

授業前の段階で指導に留意すべき情報として、この2つの特徴が得られている。

特徴3: ⑤SDGsに関連、⑩原子力発電におけるCO₂発生は、授業後で低下していた。

これは授業後の段階で判明した情報であるが、指導に原因があるのか。その指導を振り返ることは、授業改善のために必要なことであることは言を俟たない。しかしながら、授業前に⑤、⑩に関する有用な情報を得る可能性はなかったのかとの問いが生じる。それは、表5-1上の授業前の元データ全体を見ることから始まるのではないか。

以下の、(2)～(8)では、“何らかの方法” および分析結果を模索していきたい。授業前にその情報が得られるならば指導に役立てられる可能性があるため、教育方法論上の意義は高いと筆者は考える。

(2) 16人の生徒の回答パターンからみた10個の質問をみるとどうなるか？

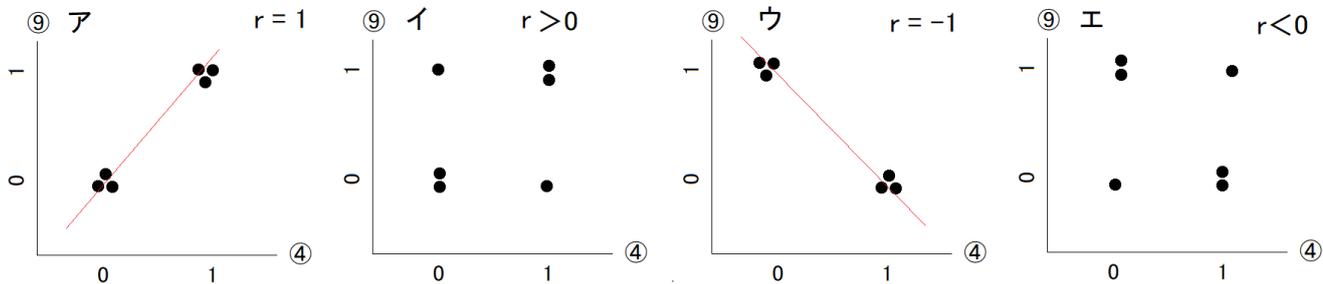


図5-1 相関のイメージ

いくつかの質問の回答には何か関連はあるのだろうか。ここでは、表5-1上の授業前のデータで考えてみる。例えば、質問④と⑨はどちらも福島原発処理水（汚染水）についてのものである。両者の回答には類似性があるのか。つまり、④で「はい」と答えた者は、たいてい⑨でも「はい」と答えているのか・・・などである。こういう関連をみるのには、両者に相関があるかをみるとよい。0と1のようなデータでも相関係数 r をもとめることができる。一例として6人のデータによる相関のイメージを図5-1に示す。次のように解釈するとよい。

・図5-1ア

④で0の人は⑨でも0、④で1の人は⑨でも1となり、正の相関が強い。

・図5-1イ

④で0になった3人のうち、⑨では1人が1になっている。また、④で1になった3人のうち、⑨では1人が0になっている。このケースは相関は正である。

・図5-1ウ

④で0の人は⑨では1、④で1の人は⑨では0となり、負の相関が強い。

・図5-1エ

④で0になった3人のうち、⑨では2人が1になっている。また、④で1になった3人のうち、⑨では2人が0になっている。このケースは相関は負である。

表5-1左で、④と⑨の相関を調べるためにその部分を抜き出してみる（表5-3）。図5-2にstatcelを使った計算の手順を示す。第2章で説明した手法と同様に行うが、ここでは図5-2で説明する。

- ① 「ピアソンの相関係数」を選ぶ。
- ② データ範囲の指定（説明変数：表5-3の第2、3列 No16まで）
- ③ 出力先セルの指定
- ④ 列挙データを選ぶ
- ⑤⑥ 両側検定で有意水準の指定（5%または1%、0.1%）
- ⑦OK ボタンを押す。

結果は、

$r = -0.22$ ($t = 0.85$, n.s. t 値は絶対値)

であった。したがって、図 5-1 エのケースであったことがわかる。表 5-3 をよくみると、④が 0 で⑨が 1、逆に④が 1 で⑨が 0 になっている人が 11 人いることがわかる。つまり、④と⑨では回答の仕方が逆になる傾向があった。ただ、④⑨では t 検定の結果、有意差は出ていない。

表 5-3 ④と⑨

No	④	⑨
1	0	1
2	1	0
3	0	0
4	0	0
5	0	1
6	1	0
7	1	0
8	1	0
9	1	0
10	1	0
11	0	0
12	1	0
13	0	0
14	1	1
15	1	0
16	0	0
av	0.56	0.19

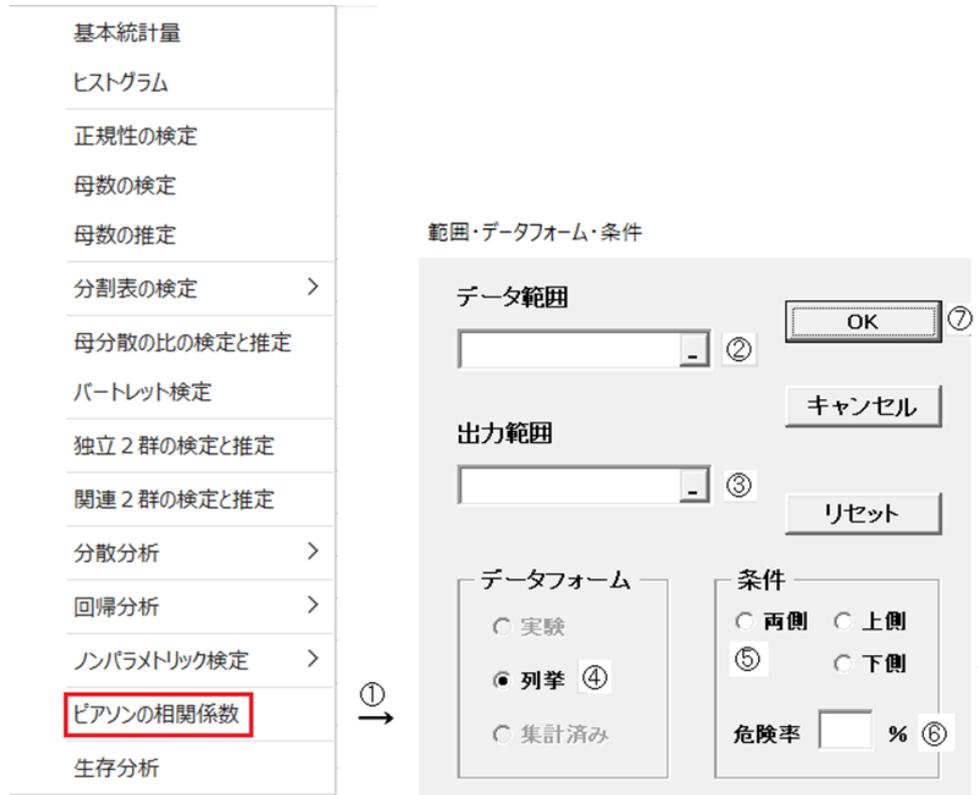


図 5-2 相関係数の計算

(参考)

相関係数 r を用いた次の式で示される統計量 t_0 は t 分布にしたがうことがわかっている²⁾。

$$t_0 = |r| / \{1 - r^2 / (n - 2)\}^{1/2} \dots (6-1)$$

n は標本数 (データ数) である。 t_0 は n と r の増加関数になっている (r が大きくなるほど、また n が大きくなるほど t_0 が大きくなる)。したがって、大きな相関係数は有意差が出やすい。また、データ数が大きいほど有意差が出やすいともいえる。

ここまでは④と⑨のように 2 個の変数で考えたが、一例として②④⑨の 3 変数ではどう考えたらいいのか。少なくとも、④⑨、②④、②⑨の 3 通りの場合の相関を考えねばならない。同様の計算で、相関係数は次のようになる。

④⑨ $r = -0.22$

②④ $r = 0.32$

②⑨ $r = 0.02$

この結果をどう解釈すればよいのだろうか。4 章で詳しく書いたように、相関係数は 2 変数のデータが回帰線にどのくらい乗っているかを示す量である。言い換えると、相関係数はデータがどのような関係になって「まとまっているか」という指標でもある。

④⑨ $r = -0.22 \rightarrow$ ④が増えると⑨が減る まとまりの度合いがマイナス 0.22

②④ $r = +0.32 \rightarrow$ ②が増えると④も増える まとまりの度合いがプラス 0.32

②⑨ $r=+0.02$ →②が増えると⑨も増える まとまりの度合いがプラス 0.02
 このように考えると、相関係数の値は2つの変数にどのような類似性があるか、つまり、相関係数の値は変数間の類似度を示すのではないかという考えが出てくる。負の相関係数は、変数間の真逆度（まぎゃくど）を示すというようにイメージしてもよい。いずれにせよ、“相関係数の値は変数間の類似度を示す”と考えることに大きな抵抗はないだろう。

- ④と⑨ 逆の相関→類似度なし（真逆度あり）
- ②と④ 正の相関→類似度あり
- ②と⑨ 正の相関→類似度あり

このようにみると、相関係数の値から②と⑨よりも②と④の類似度が高いと判断できる。3つの相関係数を表 5-4 に示す。このような表を相関行列とよぶ。対角要素（②と②、④と④、⑨と⑨）の値が1なのは、自分と自分との相関が1になるという意味である。また、対角要素を境に数値が対称になっていることがわかる。

表 5-4 ④⑨⑩の相関行列

	②	④	⑨
②	1.000	0.323	0.022
④	0.323	1.000	-0.222
⑨	0.022	-0.222	1.000

例) 2行3列 $r_{④⑨}=-0.22$
 3行2列 $r_{⑨④}=-0.22$

相関行列は②④⑨の類似度を示す行列であるとみることができる。表からは、3つの質問のなかでは②と④に類似度が高いということがわかる。生徒たちの回答の仕方には類似性がみられると言ひ換えることができる。そして、①～⑩の10変数では、

$${}_{10}C_2=45 \text{ 通り}$$

の組み合わせを考えることになる。

表 5-5 ①～⑩の相関行列

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
①	1.000	-0.035	0.149	-0.423	0.035	-0.289	0.258	0.293	0.372	-0.467
②	-0.035	1.000	0.234	0.323	0.164	-0.324	-0.135	0.153	0.022	0.035
③	0.149	0.234	1.000	0.218	0.078	-0.277	0.000	0.218	0.092	-0.447
④	-0.423	0.323	0.218	1.000	-0.051	0.101	-0.378	-0.048	-0.222	-0.098
⑤	0.035	0.164	0.078	-0.051	1.000	-0.367	0.135	0.255	-0.022	-0.035
⑥	-0.289	-0.324	-0.277	0.101	-0.367	1.000	-0.160	0.303	0.179	0.289
⑦	0.258	-0.135	0.000	-0.378	0.135	-0.160	1.000	0.378	0.480	0.000
⑧	0.293	0.153	0.218	-0.048	0.255	0.303	0.378	1.000	0.787	0.098
⑨	0.372	0.022	0.092	-0.222	-0.022	0.179	0.480	0.787	1.000	-0.041
⑩	-0.467	0.035	-0.447	-0.098	-0.035	0.289	0.000	0.098	-0.041	1.000

ここでは、表 5-1 上の授業前のデータを分析する。

- 1 「ピアソンの相関係数」を選ぶ。
- 2 データ範囲の指定（説明変数：表 5-1 の授業前の①～⑩の列）
- 3 出力先セルの指定

4 列挙データを選ぶ

5 両側検定で有意水準の指定 (5%または1%、0.1%)

と設定して OK ボタンを押す。結果 (①~⑩の相関行列) を表 5-5 に示す。なお、相関行列は、Excel の「分析ツール」を用いて計算することもできる。図 5-3 のように、①~⑤を選択あるいは指定する。

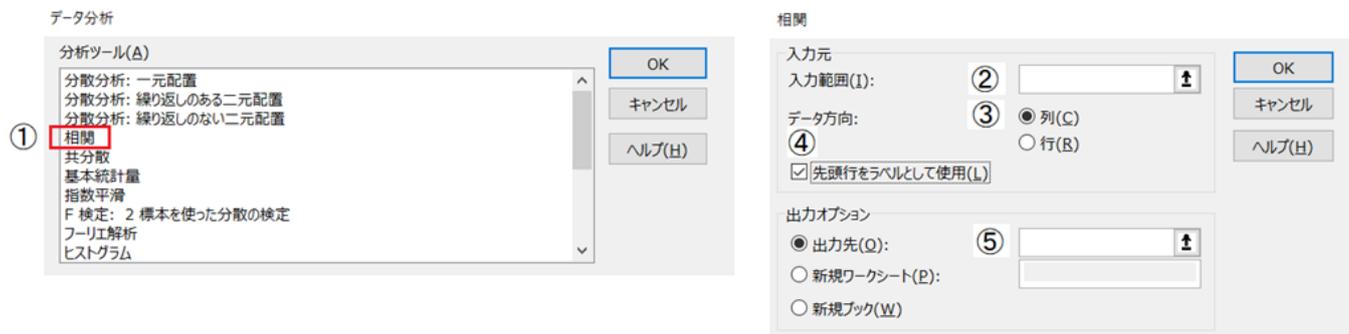


図 5-3 「分析ツール」での相関行列の求め方

statcel では、対角要素の 1 以外の 45 通りの相関係数に t 検定が実施され、その結果が示される (分析ツールでは示されない)。それによる有意傾向、有意差が出たのは次の相関係数であった。

$$r_{⑦⑨} = 0.48 \quad (t=2.05, p=0.06) \quad \text{順相関 (正の相関)}$$

$$r_{⑧⑨} = 0.79 \quad (t=4.77, p<.001) \quad \text{順相関}$$

$$r_{⑩⑪} = -0.47 \quad (t=2.00, p=0.07) \quad \text{逆相関}$$

$$r_{⑩⑫} = -0.45 \quad (t=1.87, p=0.08) \quad \text{逆相関}$$

質問⑦と⑨、⑧と⑨は、回答のパターンがよく似ていたことがわかる。また、質問①と⑩、③と⑩は、回答のパターンが真逆に近かった。

ここまでの分析で、16 人の生徒にとっては、10 個の質問のなかで⑦と⑨、⑧と⑨は同じような回答パターンになる問いになっていたということができよう。ところが、⑦と⑧の相関係数には有意傾向、有意差が出ていない。これはどう考えたらいいのだろうか。

$$r_{⑦⑧} = 0.38 \quad (t=1.53, \text{ n.s.})$$

相関係数 r が大きい (小さい) ほど 2 つの質問は近い (遠い) 距離になると考えて作ったのが図 5-4 左の三角形である。図では⑨を起点に作ってあるが、質問⑦⑧⑨の相互の距離について、

$$\text{⑦⑧の距離} > \text{⑦⑨の距離} > \text{⑧⑨の距離}$$

という関係がイメージできる。⑧⑨の距離が一番短い。

このように、3 つの変数間の距離は、数値を数直線上 (1 次元的) で単純に比較するのではなく、面 (2 次元) で考えないといけないことが理解されよう。もし、4 変数ならば 3 次元で考える。ここまではイメージできるであろう。しかし、質問が 10 個で 10 変数の場合はどうなるか。9 次元で比較することになるがイメージは不可能である。2 点間の距離は相互の座標で決まるから、9 次元空間で適切な 9 座標軸を取れば、10 個のデータを配置でき、相互の距離がみえるということになる。図 5-4 右に示すように、⑦⑧⑨も適切な 2 座標軸のもとに描かれたと考えればよい。ここで、座標軸そのものについて、それが何を意味するのか、というようなことはほとんど考える必要はない。

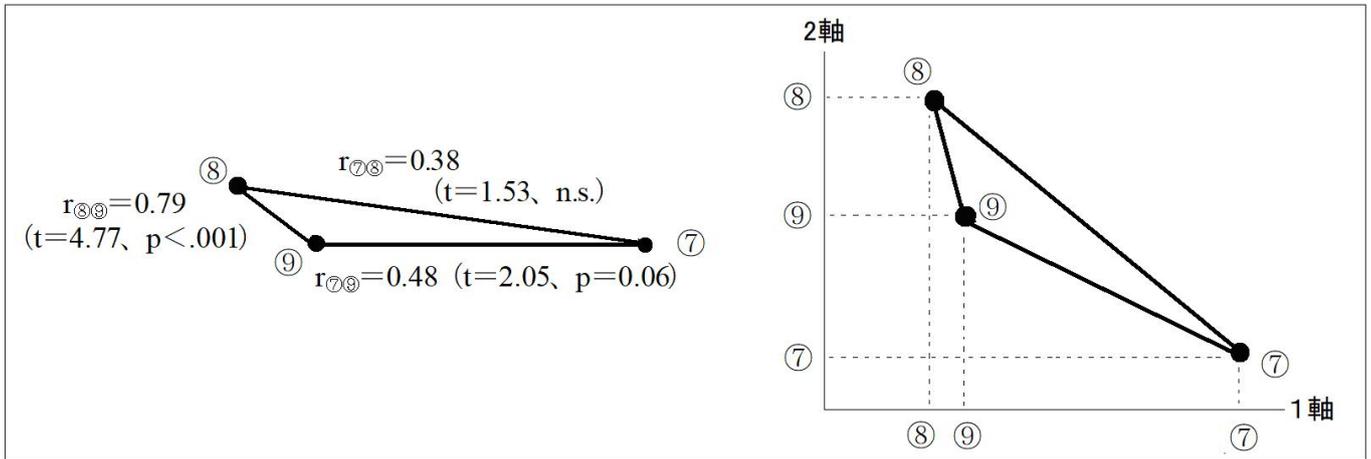


図 5-4 3つの質問の位置と相互の距離

以上の考察を踏まえ、表 5-5 の相関行列全体をみるとどのようなことがいえるのか。各質問の回答状況というデータを変数（カテゴリー）とみなすならば、原理的には正しい上記の方法を取るなかで、10個のカテゴリーにおけるデータ間の距離を概観しイメージできる有効な方法はないのか。それには何が必要か。次節以降では、数量化理論第IV類（以下、数量化IV類と示す）による分析を試みる。

(3) 10個のカテゴリー相互にはどのような関連があるのか。

図 5-4 右では、3点の座標を1軸と2軸に投影した点が示されている。1軸に投影した場合も2軸に投影した場合も、(2)で示した次の関係は維持されている。

⑧⑨の距離 > ⑦⑨の距離 > ⑦⑧の距離

ところで、1軸と2軸では、どちらの距離査定がより妥当であろうか。1軸では⑧⑨の距離と⑦⑨の距離より極端に短いことがわかる。これは、⑧⑨に出ている0.1%有意という結果と符合するものであろう。⑦⑨では5%有意にまでいかない。このような見方から、1軸の方が事実（図 5-4 右）に近いより妥当な距離査定になっていることがわかる。

以上ような考え方を延長すると、10個のカテゴリーの場合、9次元空間内に示されるデータを直接図示することはできないが、9軸のうち最も妥当な軸を選ぶことができれば、図示し相互の距離を見積もることが可能になる。その場合、イメージの可能性を考えると1軸または2軸が適切であろうと考えられる。最も妥当ということなので、その軸の選択肢は1つしかない（解は1つ）。図 5-4 右では目測で妥当な軸を選ぶことができたが、このような選択を数学的に可能にしたのが数量化IV類である。数量化理論（I～IV類）は、林知己夫（1918～2002年）が第2次大戦後に開発したデータ解析手法の総称であり、日本独自の分析法である³⁾。数量化IV類は多次元尺度法ともよばれている。

（参考）

数量化IV類とは、 n 個の個体の間に相互の親近性が与えられたときに、 n 個の個体を r 次元 ($r < n$) ユークリッド空間内の点として表し、その分布の形状から種々の知見を得ようというものである⁴⁾。

文献c) のアドインソフト（Mulcel）を用いて数量化IV類で分析すると、第1～9軸の固有値および固有ベクトルという数値が出力される。この固有値の大きいものから軸を選ぶと最も妥当な軸を選んだことになる。固有値の大きい順に軸が決めるので、2つ選ぶとしたら第1、2軸を選ぶことになる。そして、各軸の固有関数が10個のカテゴリーの座

標を与える。したがって、第1、2軸の座標の値をプロットすれば、図5-4右と同様の配置が得られる。以下、その手順を示すことにする。ここでは、表5-5の相関行列を、カテゴリー間の類似度行列とみて分析にかける手法をとる。その理由は後述する。

(4) 分析の手順と計算結果

Excelを起動し、アドインでMulcel（多変量解析）を選択すると図5-5の画面になる。



これまでに用いた重回帰分析がここでも使用できる。心理学でよく使用される因子分析や主成分分析も可能である。社会学などではクラスター分析、判別分析も用いられる。数量化理論はI～IV類まですべて実行可能である。以下、手順を示す。

- ①数量化IV類を選択する。
- ②データの範囲を指定する→表5-5全体。
- ③出力範囲を指定する。

図5-5 Mulcelの画面

- ④集計済みデータを選ぶ。相関行列をデータ範囲にしているためである。
- ⑤以上を確認してOKボタンを押す。

次のような2つの表が出力される（表5-6、7）。先述したように、9軸のうち固有値の大きいものから2軸を選ぶと最も妥当な2軸を選んだことになる。第1、2軸の固有値を太字で示している。

表5-6 各軸の固有値

第1軸	第2軸	第3軸	第4軸	第5軸	第6軸	第7軸	第8軸	第9軸
2.980	2.202	1.107	-0.605	-0.933	-1.200	-1.503	-3.414	-5.953

表5-7 各軸の固有関数

	第1軸	第2軸	第3軸	第4軸	第5軸	第6軸	第7軸	第8軸	第9軸
①	-0.471	0.247	-0.183	-0.481	-0.397	-0.314	-0.251	-0.181	-0.032
②	-0.066	-0.257	0.230	-0.111	0.252	-0.504	0.653	-0.135	-0.046
③	-0.261	-0.254	-0.080	-0.024	0.718	0.126	-0.462	-0.110	-0.056
④	0.240	-0.749	-0.107	-0.171	-0.414	0.257	-0.056	0.011	-0.019
⑤	-0.179	-0.037	0.333	0.752	-0.285	-0.209	-0.239	-0.034	-0.086
⑥	0.506	0.218	-0.662	0.241	0.067	-0.226	0.011	-0.198	-0.069
⑦	-0.181	0.272	0.041	0.083	-0.047	0.669	0.376	-0.438	-0.042
⑧	-0.051	0.094	-0.051	0.043	0.028	0.050	0.066	0.358	0.865
⑨	-0.099	0.168	-0.099	-0.024	0.027	0.144	0.157	0.758	-0.480
⑩	0.561	0.297	0.577	-0.307	0.049	0.009	-0.256	-0.032	-0.035

太字にしている第1、2軸の固有関数は、カテゴリー①～⑩の座標を表している。これらを平面上にプロットした図（散布図）が出力されるが、ここではその図に、①～⑩の番号をテキスト挿入して作り直し、図5-6として示す。図5-6は、第1軸のみの散布図（直線プロット）と、第1、2軸の散布図（平面プロット）を含む。第1軸上の各カテゴリーの座標

はいわば横の距離で、第2軸上の各カテゴリーの座標は縦の距離で示される。したがって、平面プロットでは直線プロットだけではみえない各カテゴリー間の距離がみえるようになる。平面プロットを第1軸に投影すると、直線プロットが得られる。

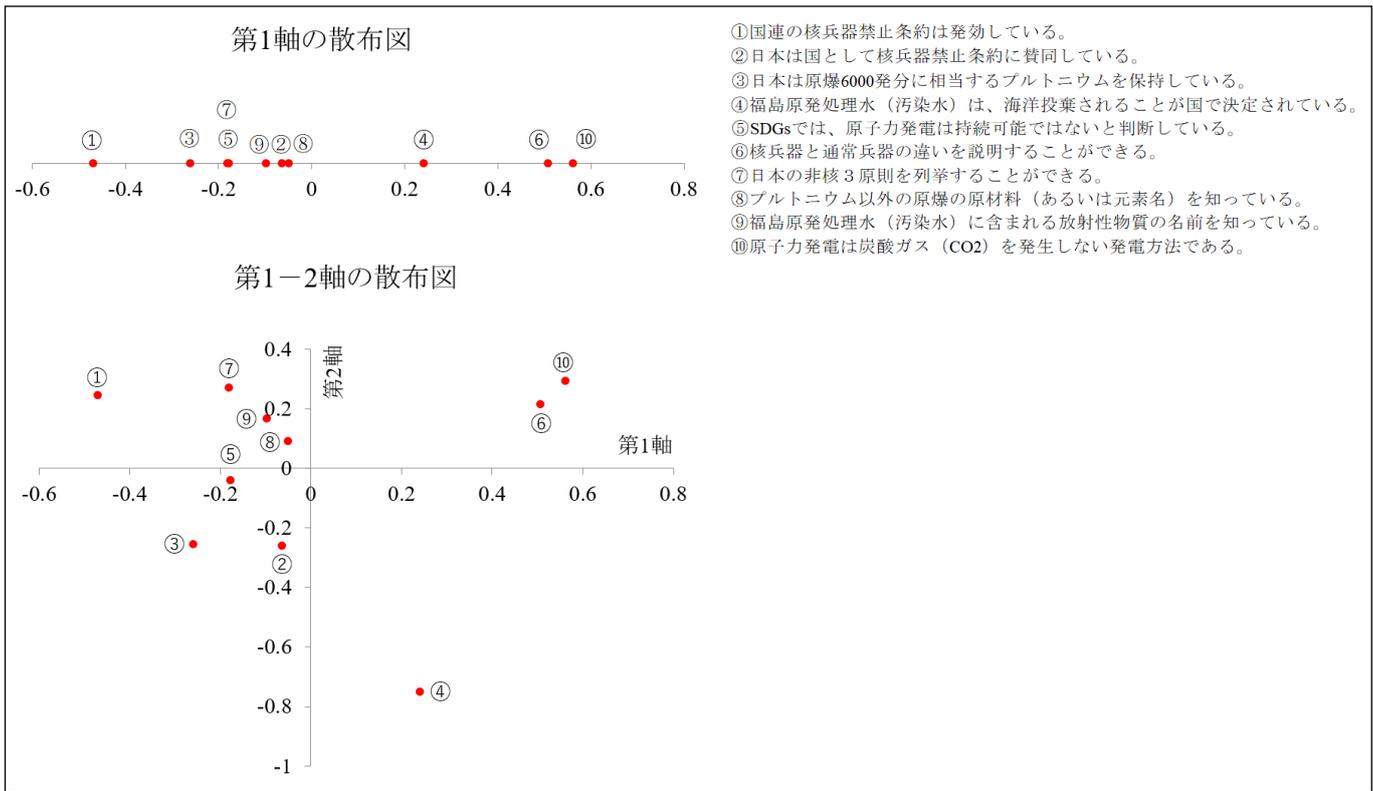


図 5-6 カテゴリー①～⑩の散布図（上：1軸上のプロット 下：2軸上のプロット）

図 5-6 ではどのようなことが発見できるのか。一見して、カテゴリー④は孤立しているように見える。座標は次の通り。

第1軸の座標：0.240

第2軸の座標：-0.749

⑦⑧⑨はほとんど直線状に見えるが、よくみると図 5-4 のような三角形になっている。ここで、図 5-6 の散布図について次の問を立てる。

- ・各カテゴリーの配置についてどのような傾向がみえるか？
- ・言い換えれば、生徒たちは、10個の質問をどのように回答したのか？
- ・みえた傾向を指導にどう反映できるのか？

読者の皆さんにはまずご自分で読み取ったうえで以下を見ていただくとよいだろう。

a) 1軸上のプロットでは、カテゴリーに4グループあるのが見分けられる。

①、②③⑤⑦⑧⑨、④、⑥⑩

質問①、④、⑥⑩は、他の6つの質問とは遠い位置にプロットされた。

b) 2軸上のプロットでは4グループのなかでは④がかけ離れていることがわかる。

質問①、④、⑥⑩は生徒たちにとって他の質問にくらべて異なった回答パターンとなったようである。難しかったのか、違和感を感じたのか、そういうことはここでは言えない。生徒たちに、状況を聞き取ってテキストにすれば見えてくるのかもしれない（テキストの分析は6章で）。表 5-2 との関連で考えると、⑥は授業前の平均値が0.19と低く20%以下

の正答率であり、その段階で要注意の間であったということは理解できる。しかし、①は授業前の平均値が0.63と高い。また、④⑩は授業前の平均値が0.38、0.56とそれほど低くはない。①④⑩の座標が他と離れたということは、これらはやはり要注意の間ではある。以下、その解釈を試みる。

1) 質問⑥核兵器の構造に関連する指導について

核兵器の構造や仕組みなど、生徒は学校では社会科でも理科でも習っていないという理由から、「いいえ」の選択が多くなったと思われる。厳しい言い方で申し訳ないが、読者が被爆国日本で学校の理科教員になるなら、核兵器の原理と構造など教養としても知っておいてほしい。そして生徒にも教えてほしい。指導内容は割愛するが、質問⑥は授業後は平均値が増加している（表5-2）。

※参考文献5)には、本書の表紙に描いた核兵器の仕組みを示す概念図（広島原爆リトルボーイ）の説明がある。

2) 質問④⑩に関連する事柄について

1) 質問④福島原発処理水に関連して

④については、授業前の段階では平均値も低くはなく特徴としても出なかった質問であり、図5-6上でこれほど孤立したことは意外であった。ただ、この結果は、(2)で示したように、④が類似の質問⑨処理水に踏まれる放射性物質とは逆相関になっていて($r=-0.22$)、④に正解した生徒たちが⑨では正解してはいないという事実からもうかがえる。同僚から次のような指摘をいただいた。福島原発処理水（汚染水）は、海洋投棄されることが国で決定されているというニュースが報じられても、関心がないと何のことかわからないのではないかと。④で「はい」を選択するには、汚染水は、どこで、どういう経緯で、どのように、どれくらい生じているのか、こういう全体像のような背景知識や問題意識が必要であるとも思われる。そういう難しさを含む問いである。ただ、生徒が報道を耳にした場合とそうでない場合、記憶に差が出るのではないかと推察される。本書の性質上、指導内容は割愛するが、質問④は授業後は平均値が増加している（表5-2）。

数量化IV類の適用で、授業実施前にこうした情報（④が図5-6上で孤立する）が得られるならば、教員も意識して取り組み、指導は進展するのではなかろうか。

2) 質問⑩原子力発電におけるCO₂発生に関連して

授業後に平均値が低下した原因がわからないということもある。質問⑩は生徒たちに、次の2点を混乱させたのかもしれない。

- ・ウランの核分裂による発電中は化石燃料を使わないためCO₂を発生しない。
- ・ウランの採掘、濃縮、精錬、建設、廃炉、事故処理などにおいて莫大な化石燃料を使う。したがって、相応の莫大なCO₂を発生させる。

授業ではこうした事項について時間を取って十分に説明する必要がある。

3) 質問①核兵器禁止条約発効に関連する指導について

質問①は、⑥⑩とともに(2)でも特徴として出ていた質問である。質問①核兵器禁止条約発効と、質問②日本の立場では類似の質問ながら相互の距離は大きい。質問①で正解している生徒がおおむね質問②で正解している、とは限らないのである。こういう解釈が数量化IV類の適用で授業実施前に得られるならば、教員にとって指導上有用なものとなるの

ではないだろうか。地震予知と同様とまではいかないが大事な発見であり、学校教育に貢献できるのではないか。

4) おわりに一質問⑤に関連する事柄について一

質問⑤では、表 5-2 でも授業前の平均値が低くはなく、図 5-6 でも②③⑤⑦⑧⑨のグループに入っていて目立たない質問ではある。しかし、授業後の平均値が低下した。SDGs における原子力発電の評価については次のようである。SDGs では将来電源としての原子力、核兵器廃絶についての記述はない。これは、SDGs がさまざまな国々の意見を尊重しながら作り上げられたことにより、国際的に対立する問題を正面から取り上げることを避けた結果とも考えられている⁶⁾。質問⑤の記述はこうした状況に鑑み、生徒たちにとって適切な文面ではなかった可能性がある。

(参考)

文献 6) では、慶大教授でジャパン SDGs アワード選考委員でもあった著者は、個人的見解としながらも概要次の 2 点を述べている。

- ・SDGs 達成という観点から今の原発で問題になるのは、まずは廃棄物の問題（目標 12）である。最終的な処分方法が決まっていなから放射性廃棄物を出し続けるというのは持続可能ではない。
- ・廃棄の問題とも関係するが、3・11 福島第 1 原子力発電所事故のように、いったん事故が起こったときの空間的規模や世代を超えた影響の大きさを考えると、レジリエントなインフラ（目標 9）という点や、すべての人々の健康的な生活確保（目標 3）という点からも持続可能な状態ではないと考えられる。

この記述からも、原子力発電は「持続可能」という観点から見て課題が多い。

参考文献・URL など

- 1) このデータには初出があり、下記の文献である。ただし、本文では授業の名称や受講対象をデフォルメしている。
桐山信一：福島原発事故と核兵器開発の現状から平和教育を考えるー原発と核兵器の結びつきの理解を深める文科系学生対象の放射線教育実践Ⅱー、創価大学教育学論集 第 74 号、pp.239-256
- 2) 片平 洸彦：やさしい統計学ー保健・医薬・看護関係者のために（改訂新版）、桐書房（1998）、pp.124-127 第 6 版あり（2017）。
- 3) 林知己夫：数量化ー理論と方法ー（1993）、朝倉書店
下記にやさしい説明が出ている。
日経リサーチ HP：<https://www.nikkei-r.co.jp/glossary/id=6776>
- 4) 内田 治：数量化理論とテキストマイニング Excel/R/StatWorks、日科技連出版社（2010）、pp.63-73.
- 5) 桐山信一：学校理科で探究する生活科学、大学教育出版（2012）、pp.183-184
桐山信一：福島原発事故の学びから核抑止の現実とこれからのを考える
創価大学教育学論集 第 73 号、pp.317-334
- 6) 蟹江憲史：SDGs（持続可能な開発目標）、中公新書（2020）、pp.87-88

(1) SCATによる分析の試みーコーディングー

教職科目「理科概論」の受講者は教員志望者が多い。その一コマで、核兵器禁止条約発効（2020年1月）後の、学校における平和教育についての意見交換をしてもらった。実際には、下記のような活動的学習として行われた¹⁾。

- 1) 学校で行える身近な実践のアイデアをできるだけたくさん挙げ、箇条書きにする。
- 2) 1)のアイデアのなかで一番実施してみたいこと、その理由を書く。
- 3) 「各自の小さな平和教育の積み重ねが核のない世界を実現する。」という主張があるとして、次の思考A) またはB) を選び、その理由を書く。

思考A) 小さな教育の積み重ねには意味があるが、それで世界は変わりそうにない。

思考B) 小さな教育を積み重ねていけば、世界は必ず変わっていく。

思考A) を「現実想定」型、思考B) を「未来志向」型としておく。ここでは、「現実想定」型の受講者のうち一人の記述を、SCATによって分析してみた結果を示す。

受講者16人中、「現実想定」型の選択は4人、「未来志向」型の選択は11人であった（回答なし1名）。教職科目の受講者は平和思想を信念とする者が多く、思考A) を選ぶ者は少ないと思われたが予想通りになった。

テキストの分析には、SCAT (Steps for Coding and Theorization) を用いた。SCATは、初学者が着手しやすく、アンケートの自由記述のような比較的小さな質的データの分析にも有効であるとされている。SCATという名の分析方法は名古屋大学教授の大谷 尚によって開発された。自然科学では、自然現象のデータから経験法則を記述する。物体の落下運動の観察から万有引力の法則を導いたように。これとの類似で考えればいいたろう。自由記述などを事象とすれば、SCATはその事象を読み解いて理論を記述する手続きである、とも言えよう。SCATの分析は概要次のような段階を踏んで行うということである²⁾。

1) 分析方法と結果

① コーディング（段階的な記述作業）

自由記述などのテキストデータを用意する。複数あってもよい。そのそれぞれに、次のような順にコードを考えて付けていくという4段階のコーディングがある。

<1> テキストデータの中の着目すべき語句を抜き出す。→縮約を兼ねた抽出

<2> 注目すべき語句を言いかえる。→概念化を一步進める

<3> 言いかえた語句を説明するためにテキスト外の語句を与える。→さらなる概念化

<4> そこから浮き上がるテーマあるいは構成概念を与える。→最終的な概念化

その際、前後や全体の文脈を考慮する。

② ストーリーライン（概念化された要約）

<4>のテーマ・構成概念を紡いでストーリーラインを記述する。大谷は、ストーリーラインを次のように示している³⁾。

ストーリーライン: データに記述されているできごとに潜在する意味や意義を、主に<4>に記述したテーマ・構成概念を紡ぎ合わせて書き表したものである。

SCAT の手順を、短めのテキストを実例にして表 6-1 に示す。表 6-1 のように、分析のプロセスは可視化されている。公開されている SCAT の Excel フォームに、テキストを入力した後、<1>～<4>の順に手動で書き込んで進めていく。<4>のゴシック部分は抽出された構成概念である。

表 6-1 分析のプロセス

テキスト	私たちが <u>小学生の時から学んできたこと</u> について <u>小さくても積み重ね</u> によっては変わってくると思う。しかし、 <u>実際に現在世界では民族・宗教・政治・領土の奪い合いの紛争、戦争は続いている</u> 。 <u>歴史が人間の営みである限り、人のネットワークの行く末たる歴史の流れはそう簡単には変えられない</u> と思うし、それ故に <u>戦争がこの世からなくなることはない</u> だろうと思う。
<1>テキスト中の注目すべき語句	小学生の時から学んできたこと 小さくても積み重ねによっては変わってくる 実際に現在世界では民族・宗教・政治・領土の奪い合いの紛争、戦争は続いている 歴史が人間の営み 人のネットワークの行く末たる歴史 流れはそう簡単には変えられない 戦争がこの世からなくなることはない
<2>テキスト中の語句の言い換え	教育と社会のつながり 人間社会の事実（民族・宗教・政治・領土における紛争） 人間中心の歴史の不変性 人間と戦争（紛争）
<3>上を説明するようなテキスト外の概念	教育による社会変革の可能性 人間固有の社会的紛争
<4>テーマ・構成概念（前後や全体の文脈を考慮して）	争う人間像 教育の限界

<1>では、テキストから注目すべき語句を抜き出した。テキストのアンダーラインの部分である。授業では、自由記述を語らせるのではなく書かせている。したがって、語る内容が受講生の頭のなかで整理されて、「書く」という作業としてテキストが出力されていると考えられるゆえ、そのほとんどが抜き出される結果になってしまったと言えよう。しかし、感想などの語りそのままテキストになった場合では、注目すべき語句はもっと少なくなるだろうとも思われる。

<2>では、テキスト中の語句の言い換えを次のように行った。

小学生の時から学んできたこと、小さくても積み重ねによっては変わってくる
→教育と社会のつながり

※この言い換えは、身の回りのことを学んでそれが積みか重ねられていくということ、そういう積み重ねで社会は変わるだろう、という記入者の意図をくみ取って行っている。単に、教育内容の積み上げ、のようにする分析者もいるだろう。

実際に現在世界では民族・宗教・政治・領土の奪い合いの紛争、戦争は続いて

→人間社会の事実（民族・宗教・政治・領土における紛争）

歴史が人間の営み、人のネットワークの行く末たる歴史

→人間中心の歴史の不変性

流れはそう簡単には変えられない、戦争がこの世からなくなることはない

→人間と戦争（紛争）

テキストからの注目すべき語句が多くなるなか、それらを十分に言い換えられていない可能性もある。ここは、言い換えのための語句について分析者によって異論も出るところであろう。

<3>では、さらなる概念化を進めるため、<2>を説明するようなテキスト外の概念を次のように用いた。

教育と社会のつながり

人間社会の事実（民族・宗教・政治・領土における紛争）

→教育による社会変革の可能性

人間中心の歴史の不変性

人間と戦争（紛争）

→人間固有の社会的紛争

<4>では、テーマ・構成概念を与えた。ここが最終の概念化である。

教育による社会変革の可能性、人間固有の社会的紛争

→争う人間像、教育の限界

ここで、「人間固有の社会的紛争」を「争う人間像」と概念化するのはよしとしても、「教育による社会変革の可能性」を「教育の限界」と概念化するのはなぜか、という問いも出るだろう。それは、<4>における注意書き“前後や全体の文脈を考慮して”が効いてきているのである。「現実想定」型の選択は4人なので、表1のテキストのほかに3つのテキストがある。これら全体を見て、「教育による社会変革の可能性」のなかに、教育も可能性の一つであるということも含め、「教育の限界」という言葉が選定されて概念化されるエッセンスがあると判断したのである。構成概念はストーリーラインを作るブロックのような存在であるため、全体を見て言葉を選定することが求められる。その際、“限界“という言葉の妥当性を検討するにあたっては、もとのテキストにも戻っている。

小さくても・・・変わってくるとは思う・・・実際に現在世界では・・・戦争は続いている。

を再覧すると、二重アンダーラインの箇所にも“限界“というニュアンスがほのめかされているとも解釈される。

このように、テキストの分析は、誰が行っても同じような結果になる数理統計とは異なり、分析者が文系か理系かや専攻、あるいは所持する背景知識や事象の見方などによって、構成概念に選ばれる言葉はいくぶん異なったものになるのではないかとも思われる。ただし、分析における手続きの客観性は保持できている。以上、テキストを要約しつつ概念化を広げていくというコーディングによって、構成概念をつくる、という段階まで述べた。

2) 考察

SCAT のような質的研究の方法論は、分析における手続きの客観性は保持しつつ、文章

を要約するという作業に、概念化・一般化を加えて成り立つ“突き刺し”のようにみえた。一方、数理統計などの量的研究の方法は、対象を複数の立ち位置から眺めて得られたデータを総合して結論を出すという“撮影”にみえる。

質的研究 (テキスト分析)・・・手続きの客観性が担保された“突き刺し”
 量的研究 (数理統計分析)・・・多面的な眺めによる“撮影”

言い換えれば次のようになるだろう。“桃”という事象があるとき、焼き串のようなもので桃を突いて引き抜いたとき、串にどういう痕跡が残っているか、を見るのが質的研究。桃を上下、左右などから撮影して形を再現するのが量的研究。あえて言えば、このようにも言えるのではなかろうか。両者の違いについて、イメージとして図 6-1 に示す。桃は長方形に変えてある。

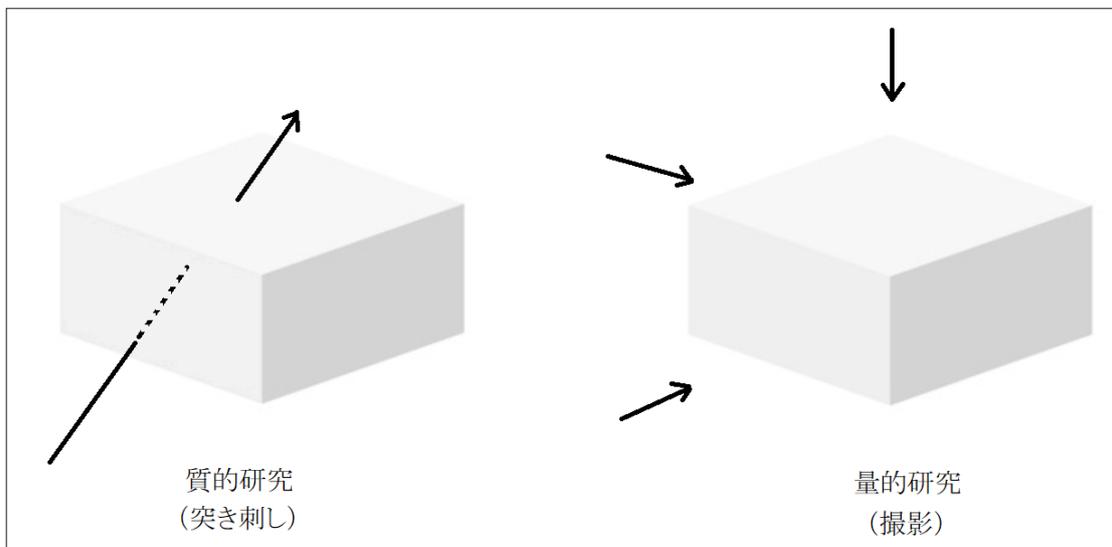


図 6-1 質的研究と量的研究のイメージ

(2) SCAT による分析の試み—ストーリーライン—

1) ストーリーラインの作成

(1) で出したテキスト以外の 3 人分の全データを表 6-2 に示す。

表 6-2 3 人分の全データ

テキスト	<1>テキスト中の注目すべき語句	<2>テキスト中の語句の言い換え	<3>左を説明するようなテキスト外の概念	<4>テーマ・構成概念 (前後や全体の文脈を考慮して)
平和について学ばない人よりも、核の現実や世界がなぜ核を保有して、今も平和を望む人があるのか。核爆発の日本が学ぶことに意味はある。またこれらも引き継がなければいけないことである。私は教育の積み重ねを通して、世界を変えるには遠すぎると思う。戦争を行った理由も、反省すべき点も、学ぶことは大前提であり、再び引き継がなければならない。その学びをもって、どう行動に移せるかが大事な点ではあると考える。世界を動かすには世界を動かすほどの信念の力が必要。小さくても行動を起こす人が積み重なっていけば、その波動は世界に届く。学んだだけで、日本は今平和であるかと、「自分だけ」の精神ではないかと学んだ。「共生」という言葉は、至しんである人の側に立って考えることであり、これが重要な考え方である。自分がどう生きていきたいか、そのためには何を考えるか、そして考えた結果をアクションとして行動していく。価値観を大切にしていけば、自分たちの社会は自分たちで守り創っていく。この信念をもって行動していけば世界は変わる。民主主義が根付いたとき、社会は平和になる。	教育の積み重ねを通して世界を変えるには遠すぎる 学ぶことは大前提その学びをもってどう行動に移せるかが大事 世界を動かすには世界を動かすほどの信念の力 行動を起こす人が積み重なっていけばその波動は世界に届く 共生という言葉は至しんである人の側に立って考えること 考えた結果をアクションとして行動していく 自分たちの社会は自分たちで守り創っていく この信念をもって行動していけば世界は変わる 民主主義が根付いたとき社会は平和になる	教育における学びの提供 自分で考えること 信念を持つこと 苦しみを共有すること 行動する人間関係 民主主義社会 共生社会 世界平和	学校教育(理解) 応用(判断、信念) 同苦(共感) 行動(実践の拡大) 人間尊重の社会ビジョン 環境も含めた共生ビジョン	持続による変容 尊重感情 平和行動 共生観
「教育」は一人一人の子どもに大きな影響を与える。特に「平和教育」は「子どもの心を育てること」が根本の目標であり、かつ目的ではないかと考える。なぜなら、平和教育を含める「教育」は、子ども一人一人が「愛情・充実感・達成感」など心を満たせることができ、初めて「他者の心を尊重できる心」に繋がるからである。しかし、子ども一人一人の間で、育った環境・性格もそれぞれ異なる。だから、出会う全ての子どもに伝わるには言い切れないが、子ども一人一人が心豊かになり育ち、成長していけるよう支援し、伝えつづけることが最も重要なことであり、私はそこに教育の意味があると考える。以上の理由からAを選択した。	教育は一人一人の子どもに大きな影響 平和教育は子どもの心を育てることが根本の目標 平和教育を含める教育は子ども一人一人が愛情・充実感・達成感など心を満たせることができ初めて他者の心を尊重できる心になる 子ども一人一人の間、育った環境・性格もそれぞれ異なる 出会う全ての子どもに伝わるには言い切れない 子ども一人一人が心豊かになり育ち成長していけるよう支援し伝えつづけることが最も重要なこと 私はそこに教育の意味がある	平和教育による子どもの変容 自己の育成と他者尊重 子どもの特性と教育の境界 子どもの持続的支援の重要性	平和教育による子どもの変容 自己尊重と利他意識 教育的境界 持続的支援	持続による変容 尊重感情 教育的境界
創立者が言われていた、「世界平和といっても遠くのことを言っているのではない、自分の足元から始まるのだ。」との発言を聞いて「小学校の教師になろうと決めたからである。そして、すべては自身の内面の意識の改革から変わっていく。もし仮に平和教育の積み重ねが核のない世界を実現できなかったとしても絶対に悪だとする核兵器はいけなんだ」ということを言い続けることが最重要だと考える。	創立者 世界平和といっても遠くのことを言っているのではない、自分の足元から始まるのだ 小学校の教師になろうと決めた すべては自身の内面の意識の改革から変わっていく 仮に平和教育の積み重ねが核のない世界を実現できなかったとしても絶対に悪だとする核兵器はいけなんだということを言い続けることが最重要	創価の世界平和観 教育現場に立つ思い 人間の平和意識改革 絶対悪の核兵器 平和教育の積み重ねが核のない世界を実現できない 反核・平和への言論の持続	平和教育の境界 創価の平和思想 教育者の願い 平和教育観 核兵器観 持続的な反核・平和行動	教育の境界 平和行動 持続による変容 争う人間像

表 6-2 の<4>では 6 つの構成概念が示されている。これらの構成概念は、4 人分のコーデ

イング<3>で出たテキスト外の概念をならべて類似のものを集め、次のように抽出された。

人間固有の社会的紛争、核兵器観

→1) 争う人間像

教育による社会変革の可能性、教育的限界、平和教育の限界

→2) 教育の限界

教育者の願い、学校教育観、平和教育観、平和教育による子どもの変容、持続的支援

→3) 持続による変容

自己尊重と利他意識、応用（判断、信念）、同苦（共感）

→4) 尊重感情

人間尊重の社会ビジョン、環境も含めた共生ビジョン

→5) 共生観

行動（実践の拡大）、持続的な反核・平和行動、創価の平和思想

→6) 平和行動

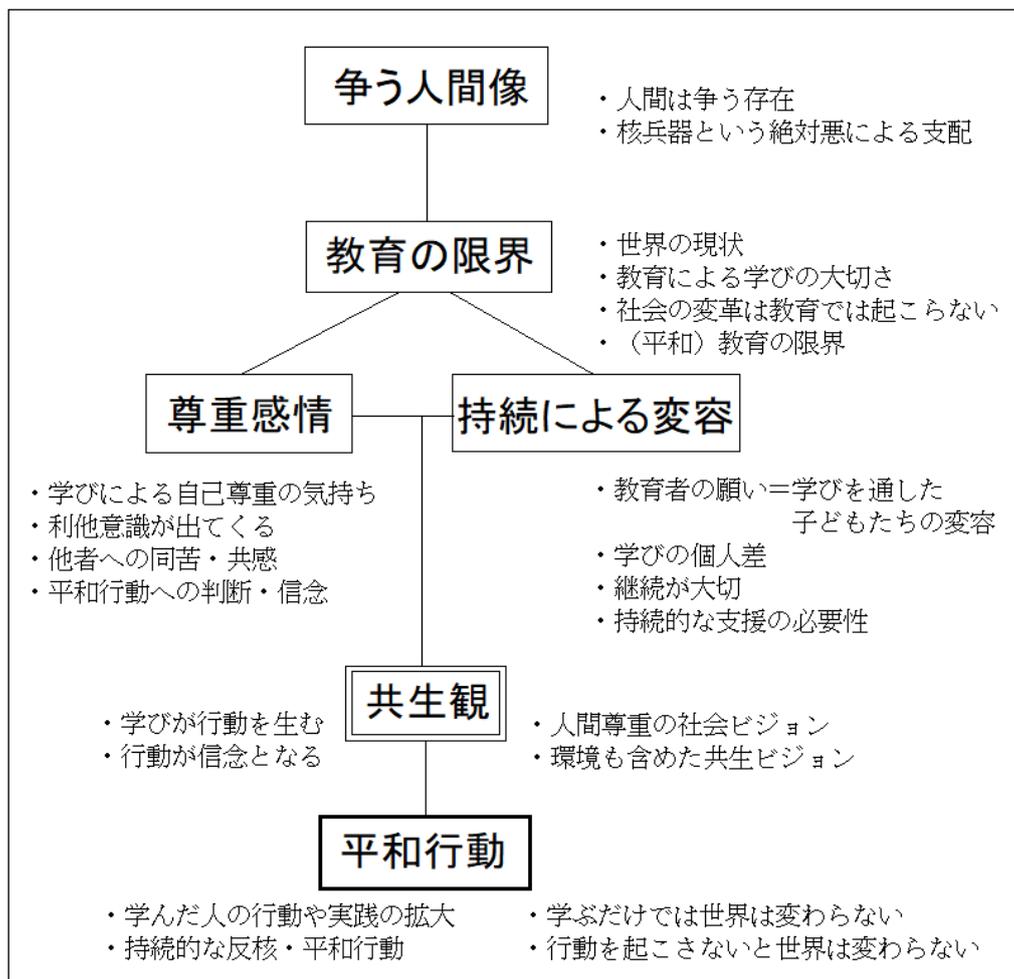


図 6-2 ストーリーラインの模式図

抽出された 6 つの構成概念をつないで作ったストーリーライン下記に示す。「争う人間像」がどのようにして「平和行動」に行きつくのかをイメージしてストーリーを作った。その過程に、「教育の限界」、「持続による変容」、「尊重感情」、「共生観」を配置した。（ ）内の言葉（ゴシック文字）が構成概念である。

人間は争う存在であり、その最先端が核兵器という絶対悪による支配である（争う人間像）。世界の現状

を考えると、教育による学びは大切だが、その積み重ねだけで社会変革が起こるとは言い切れない。これが、教育、なかんずく平和教育の限界である（**教育の限界**）。しかしながら、教育者はいつも、学びを通した子どもたちの変容を願い、学びには個人差があること、継続が大切なことを知るゆえ、持続的な支援が必要であると考えている（**持続による変容**）。子どもたちが、学びによって自己尊重の気持ちを持てば、利他意識が出てくる。これが、他者への同苦・共感となり、平和行動への判断・信念へとつながる（**尊重感情**）。学びが行動を生み、行動が信念となり、人間尊重の社会ビジョン、環境も含めた共生ビジョンがつつかわれ広がっていくだろう（**共生観**）。そして、学んだ人の行動や実践が拡大されていけば、持続的な反核・平和行動へとつながっていくことができるだろう。以上により、学ぶだけでは世界は変わらない、行動につながらないと世界は変わらないことがわかる（**平和行動**）。これが平和行動方程式である。

次に、試行的に6個の構成概念をもとにストーリーラインを模式図にした（図6-2）。その際、構成概念の近くに、テキストに見られた記述を付記した。実は、ストーリーライン作りの際にイメージされた図（図6-2）が先にあったのではないか、というようにも言える。

2) さらなる分析

1)では、「現実想定」の受講者のストーリーラインのなかで次のことが示された。持続的な平和教育のもと、学習者が自己を尊重できる気持ちを持てば利他への意識が出てくる。そして、他者への同苦・共感となり、平和行動への判断・信念へとつながり、学びが行動を生み、行動が信念となり、人間尊重の社会ビジョン、環境も含めた共生ビジョンがつつかわれ広がっていく。次のセメスターでの教職科目「理科概論」では、受講者には、構成概念3)と4)、6)を踏まえ、学校で実施したい平和教育について、2つの視点から意見交換を行った。その2つを次に示す。

- ・構成概念3) →平和教育の「継続性あるいは持続性」
- ・構成概念4)と6) →平和的な「行動につながる学び」

その結果、構成概念3)平和教育の「継続性あるいは持続性」については2つの指導上の方向性がとらえられていたことがわかった。

①時間的・空間的な持続性

いくつかの教科で連続して行う、また教室などの空間に展示をする、友達や家族・地域の人と関わりをもって仲良くするなどの工夫を学習にくみこむ。

②心の中の持続性

問いを立てさせる、興味をもたせる、話し合わせるなどで心に残るような学習を行わせる。2つの方向性を発達段階に応じて実施するという方向に整理された回答もあった

また、構成概念4)と6)の平和的な「行動につながる学び」では次の2つの指導上の方向性がみられた。

③身近な経験の深化

クラスで起こった争いなどについて振り返らせる。国家間では戦争であるととらえ、暴力（武力）ではなく対話（外交など）を通して解決を図ることに向かわせていく。

④期間的な行動の実施

夏休みに考えてきたことをもとにクラスで何か一つの行動を実施し、それを振り返り、平和を意識する行動が普通に感じる子どもに育てる。

上述の①～④を図6-3に示す。思考B)「未来志向」型の分析結果については、文献1)に

詳細があるので、ここでは割愛する。

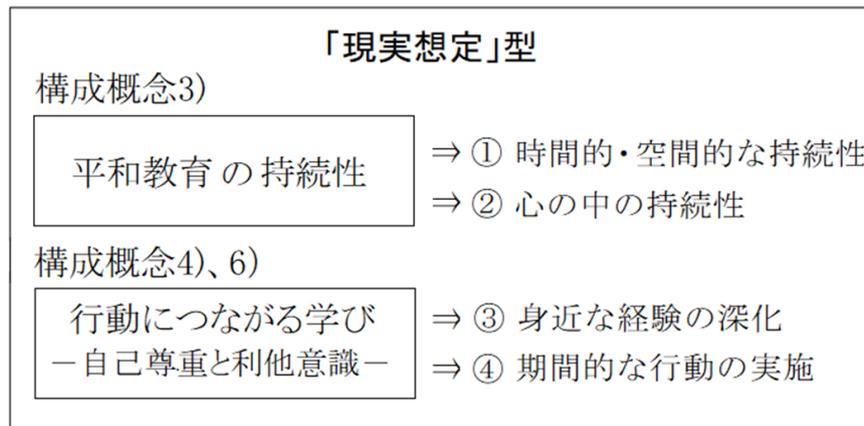


図6-3 思考A)「現実想定」の教育観

以上、思考A) 小さな教育の積み重ねには意味があるが、それで世界は変わりそうになり、のような「現実想定」を選択するときその理由や背後にある思考を、集団心理のようなかたちで、見える形（ストーリーライン、イメージ図など）にすることができたのではないかと考える。ただし、このような質的分析は、(1)で述べたように、あくまでも一つの解にすぎない。手続き上の客観性は担保されとしても、数理統計のような普遍性はない。しかしながら、量的研究と質的研究は教育研究として、相補する「二刀流」であることも言を俟たない事実であろう。

参考文献・URL など

1) このデータには初出があり、下記の文献である。ただし、本文では授業の名称や受講対象をデフォルメしている。

桐山信一：福島原発事故と核兵器開発の現状から平和教育を考える－原発と核兵器の結びつきの理解を深める文科系学生対象の放射線教育実践Ⅱ－、創価大学教育学論集 第74号、pp.239－256

2) 大谷尚：SCAT（Step for Coding and Theorization）－明示的手続きで着手しやすく小規模データに適用可能な質的データ分析手法、感性工学（2011）、10（3）、pp.155－166

3) 大谷尚：質的研究の考え方－研究方法論からSCATによる分析まで、名古屋大学出版会（2019）

付録（レポートを読むための基礎事項）

1 記述統計—平均、分散、標準偏差—

ひとまとまりのデータのもつ情報を一つの数値に要約するには、その代表的な値を示すとよい。量的なデータ（数値、比率など）が対称である。

(1) 中心的傾向の測度

測度とは指標となる値であり、平均値（mean）、中央値またはモード（mode）、メディアンまたは中心値（median）の3つある。

平均値：総和をデータの数で割った値。左右対称になるヒストグラムでは平均値は中央値と一致する。

中央値：最も頻度が高い値である。ヒストグラムでは最も高い棒をもつ区間の値になる。

メディアン：複数のデータを順序に並べ替え、前から数えても後ろから数えても同じになる順位のデータを意味する。5人の身長をデータとするとき前から数えて3番目、後ろから数えても3番目の順位の身長がメディアンである。

(2) ばらつきの測度

ばらつき（variability）の測度については、分散（variance）と標準偏差（standard deviation）を理解しないとイケない。

分散 V_m ：式(1)のように、データ x_i と平均値 $\langle x \rangle$ の差（ばらつき）を2乗してその合計を求め、データ数 n で割った値。 V_m はバラツキの2乗の平均値である。

$$V_m = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \langle x \rangle)^2}{n} \quad \dots(1) \quad V_s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \langle x \rangle)^2}{n-1} \quad \dots(3)$$

$$s_m = \sqrt{V_m} \quad \dots(2)$$

$$s_s = \sqrt{V_s} \quad \dots(4)$$

標準偏差 s_m ：分散の平方根をとる。式(2)で表される。

式(1)で、分母の n を $n-1$ で置き換えた計算もあり、これを不偏分散とよぶ（式(3)）。推計統計学では、データとよばれるものは、ある母集団から抽出した“標本”と考えられる。逆に、標本から推定された母集団の統計量を不偏推定量という。不偏分散は標本から推定された母集団の分散である。不偏分散の平方根は不偏標準偏差ともよばれ、標本から推定された母集団の標準偏差である（式(4)）。平たく言えば次のように簡単に考えてもよい。

不偏分散 式(3) → データの分散

不偏標準偏差 式(4) → データの標準偏差

Excel では、分散の計算には VAR 関数、標準偏差の計算には STDEV 関数を使う。これらは、式(3) (4)で計算されている不偏推定量である。

分散と標準偏差のほか、次のようなものがある。

範囲（range）：データの最大値と最小値の差

四分位偏差 (quartile deviation) : 75%値と 25%値の差

データの分布の歪みの程度 : 歪度

データの分布の尖りの程度 : 尖度

(3) データの標準化

統計学における標準化 (Standardization) とは、複数のデータの平均をゼロ、分散が1になるように変換することである。「基準化」あるいは「正規化」とよばれることもある。 $x_1 \sim x_n$ の n 個のデータがあり、その平均値を $\langle x \rangle$ 、標準偏差を s とし、 i 番目のデータ x_i を標準化した値を z_i とする。 z_i を求める式は次の通りである。

$$Z_i = \frac{X_i - \langle X \rangle}{S} \dots(5)$$

式(5)は、データと平均値の差を標準偏差で割ったものである。つまり、データと平均値の差が、標準偏差の何倍になっているかを求めている。次のように考えるといい。

・標準化データ z_i は、元のデータ x_i から平均値 $\langle x \rangle$ を引くため、この操作で、

標準化データ z_i の平均値 $\rightarrow 0$

に変換されたことになる。

・標準化データ z_i は、データ x_i と平均値の差が標準偏差 s に等しいときは 1 になる。この

操作で、

標準化データ z_i の標準偏差 $\rightarrow 1$

に変換される。分散 = 標準偏差² なので、分散 = 1 になる。

例えば、体重と血圧にどのような関係があるかを調べるとする。体重データを独立変数に、血圧データを従属変数にする場合、それぞれ、次のようであったとしよう。

体重 : 45kg ~ 75kg

血圧 : 100 ~ 150mmHg (mmHg はミリ水銀と読み、760 mmHg \doteq 1 気圧 である。)

それぞれ、数値の大きさのスケールも単位も異なる。こうした、複数の状況から統計を出すときは、数字そのものを見ても正確な統計は出せない。データを標準化すると、統計学における平均と分散を考慮した数字の大きさを得ることができる。つまり、数字のスケールや単位などを考えた上で統計を出すためには、それぞれのデータを標準化する必要がある、ということになる。

2 回帰と相関

(1) 回帰係数

回帰分析は、複数の数値の関係を調べて、それぞれの関係を明らかにする方法である。要因とする数値を独立変数（説明変数）、要因で説明しようとする数値を従属変数（目的変数）という。次のように整理できる。

説明変数が1つの場合：単回帰分析

説明変数が複数の場合：重回帰分析

例えば、4章の例のように、算数と理科の得点に関連があるかを調べるために、算数という“道具”をうまく使える子どもは、理科という“内容”もよく理解できるという仮説のもとに、

算数の得点 x : 説明変数

理科の得点 y : 目的変数

と考えると、 y が x のどのような直線（データに最適な一次式）で表されるかを定める手法である。こういう考え方では、説明変数を原因あるいは要因、目的変数を結果と考えることもできる。直線は次のように書ける。

$$\text{理科} = a \times \text{算数} + b$$

データに最適な一次式は一つ決まり回帰直線とよぶ。4章の事例では次のようになった。

$$\text{理科} = 0.82 \times \text{算数} + 12.5$$

直線の傾き a を回帰係数とよぶ。 a が大きいと回帰係数の影響力が大きい。算数が1点変わると理科は0.82点変わる。もし a が半分の0.41ならば、理科は0.41点しか変わらない。

理科が算数だけでなく国語の影響もあると仮定するならば、

算数の得点 x_1 : 説明変数1

国語の得点 x_2 : 説明変数2

理科の得点 y : 目的変数

という設定のもと、

$$\text{理科} = a \times \text{算数} + b \times \text{国語} + c$$

という回帰線を求めることになる。これが重回帰分析である。

(2) 相関係数

2つのデータの関係性の強さを表す指標を相関係数といい、 r で表す。

図 a2-1 のように、相関係数は $-1 \sim 1$ の間の数値で表され、数値によって次の場合がある。

$r=0$: x と y には関連性がない。図 a2-1③

$r=1$: 正の相関がある。 x が増えると y も直線的に増える。図 a2-1⑤

$r=-1$: 負の相関がある。 x が増えると y は直線的に減る。図 a2-1①

相関係数が0と1の間、 -1 と0の間の場合は、図 a2-1④②のようになる。つまり、 r の絶対値が大きいと関連性が強く、小さいと関連性が低い。

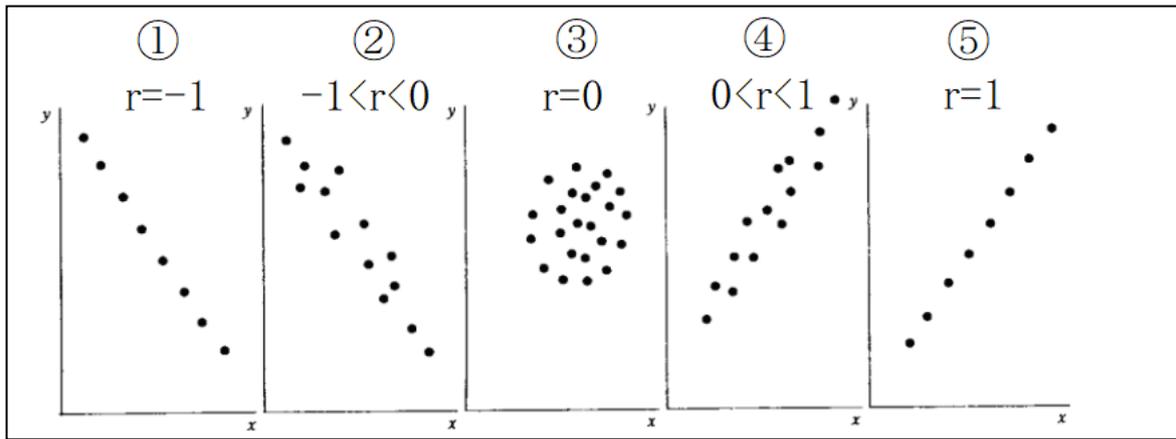


図 a2-1 相関係数

(3) 決定係数

相関係数の 2 乗 (r^2) は決定係数とよばれる。4 章の例では、算数と理科の関係が図④のような関係である。ここで、 $r=0.95$ であったとする。

$$r^2=0.95^2=0.90$$

となる。この場合、

$$\text{理科}=0.82 \times \text{算数} + 12.5 \cdots \text{(a)}$$

という最適な一次式の当てはまりのよさ (=モデルの適合性) は、次のようになる。

0.90 → データの特徴④は、モデル (a) で説明できる部分が、90%である。

したがって、残りの 10% は算数以外の要因が影響していると考えられる。整理すると次のようになる。

相関係数 : 2 つのデータの関係性の強さ

決定係数 : モデルの適合性

重回帰分析の場合は、説明変数が複数あるため、相関係数や決定係数は数学的に拡大解釈して用いられる。そして、相関係数も決定係数も検定にかけられ、有意差の有無が検討される。

3 分布と推定・検定の考え方

1で述べたように、推計統計学ではデータはある母集団から抽出した標本と考えられる。量的データ以外の質的データ（名前や順序など）も対象となる。

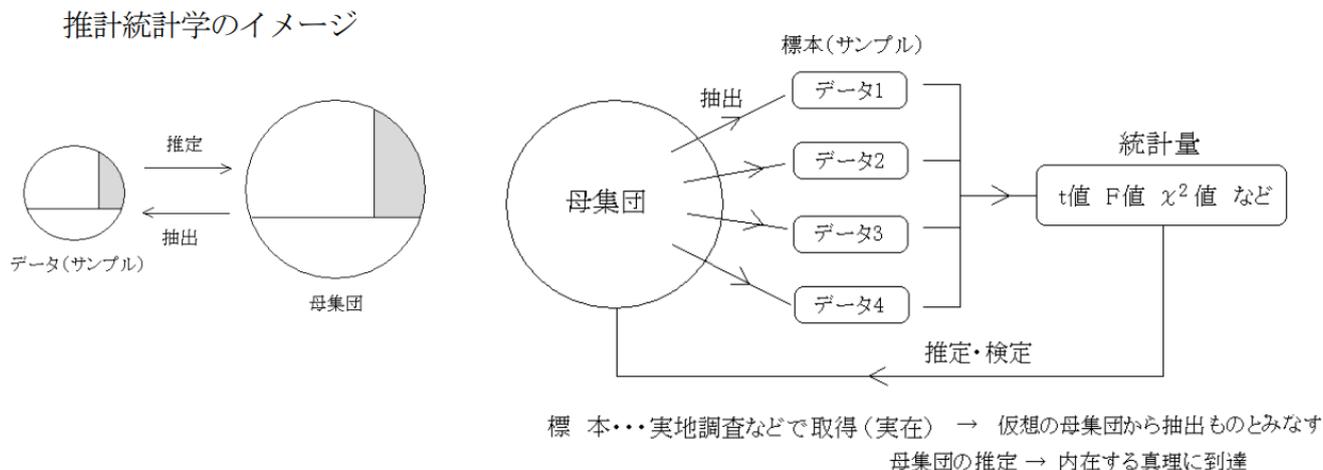


図 a3-1 推計統計学

例1) 人口20万人のA市の市議会選挙があり、開票の前に200人の出口調査が行われたとする。この調査から議員の当確の可能性を知りたい。

この場合、出口調査を有権者市民という母集団から“抽出”された標本データ（サンプル）と考える。抽出方法には無作為抽出などいくつかあるが、ここではふれない。その標本データからいくつかの統計量を用いて母集団を予測するのが“推定”という数学的操作である（図 a3-1 の左側）。統計量には、t 値、F 値、 χ^2 値などがあり、標本データの特性に応じて使い分けられる（図 a3-1 の右側）。このとき、母集団はある分布をしていると仮定する。これらは、正規分布、t 分布、F 分布などとよばれる。正規分布は自然現象や誤差の出方のような、平均値の左右が対称な分布である。t 分布、F 分布なども正規分布の変形である。

例2) A 市に2つの公立高校があり（B 高、C 高）、業者模擬テストの結果が出たとする。B 高がC 高より高いかどうか調べたい。

こういう場合は、次のような段階を追って行う。その操作を“検定”という。t 検定を例に説明する。

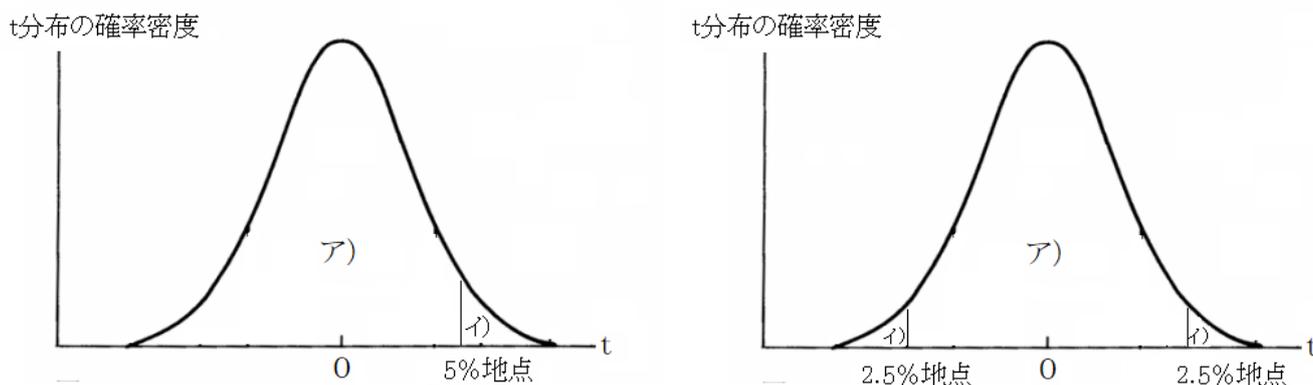


図 a3-2 検定の考え方

- ①両校のデータが同じ母集団から抽出されたものと仮定する。これを帰無仮説という。
 - ②両校のデータから比較するための統計量を計算する。この場合は t 値である。差が大きいと t 値は大きくなる。
 - ③ t 値が t 分布の横軸上のどこにくるかを確認する。
 - ④分布の 5%以内に入る場合、差があると判断する。図 a3-2 左の領域イ) である。このしきい値を有意水準という。有意水準は、1%、0.1%のときもある。このとき、帰無仮説が棄却されたという。棄却とは成立しないので廃棄するという意味で使われる。
 - ⑤分布の 5%以内に入らない場合、差がないと判断する。図 a3-2 左の領域ア) である。帰無仮説が棄却できなかつた、つまり両校のデータが同じ母集団から抽出されたことになる。
- B 高と C 高に差があるかどうか調べたいとき、図 a3-2 右のように考える。

B 高 > C 高のとき：左側の領域イ) 2.5%地点以内に入る。

B 高 < C 高のとき：右側の領域イ) 2.5%地点以内に入る。

左右の領域の合計で 5%になる。このように、検定には、次の 2 通りがある。

片側検定：一方が他方より大きいかを調べる。

両側検定：両者の差の有無を調べる。

図 a3-2 左は片側検定、図右は両側検定の場合である。上述のように、両側検定では、2.5%の両側に入ると帰無仮説が棄却される。

このような、推定や検定を行う統計を推計統計学という (図 a3-1)。

4 Excel のグラフ操作

ここでは、レポートで用いられるグラフ「散布図」について説明する。図 a4-1 のデータセットで、 x はある植物の飛散した花粉量、 y は花粉症の発症数であったとする。 x と y の関係を図示するには散布図を用いる。Excel で、①領域指定→挿入②→グラフ・散布図③ を選ぶ。④⑤と進むと図 a4-2 のようになる。

x	y
12	13
14	14
20	33
23	34
25	37
24	33
21	32
18	27
17	26
13	13
11	15
10	12

データセット

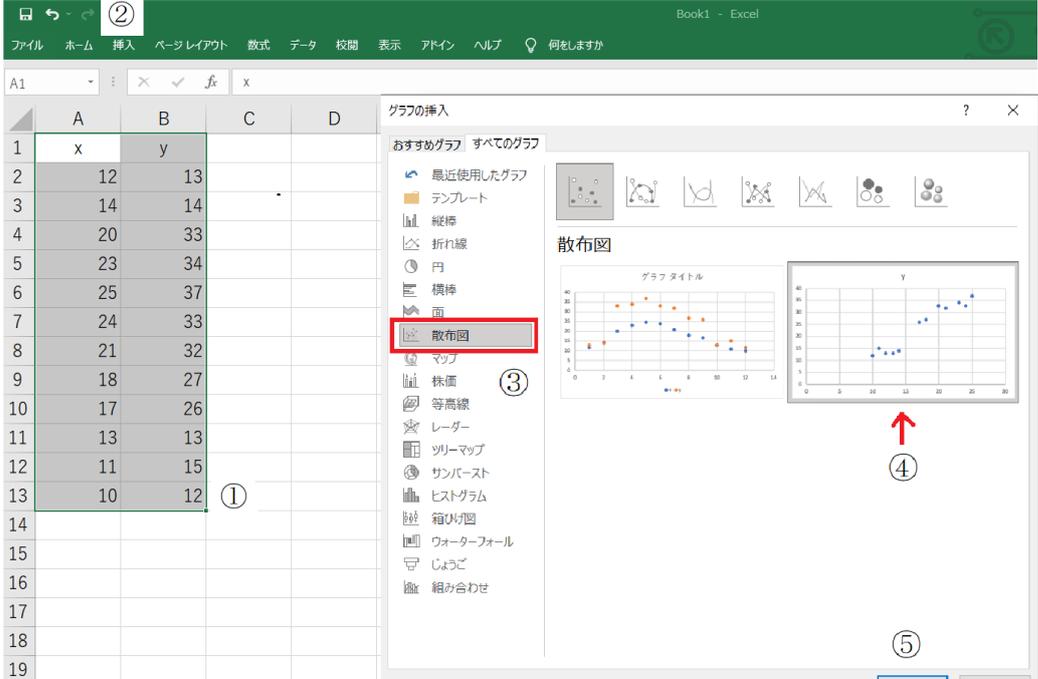


図 a4-1 データセットとグラフ選択

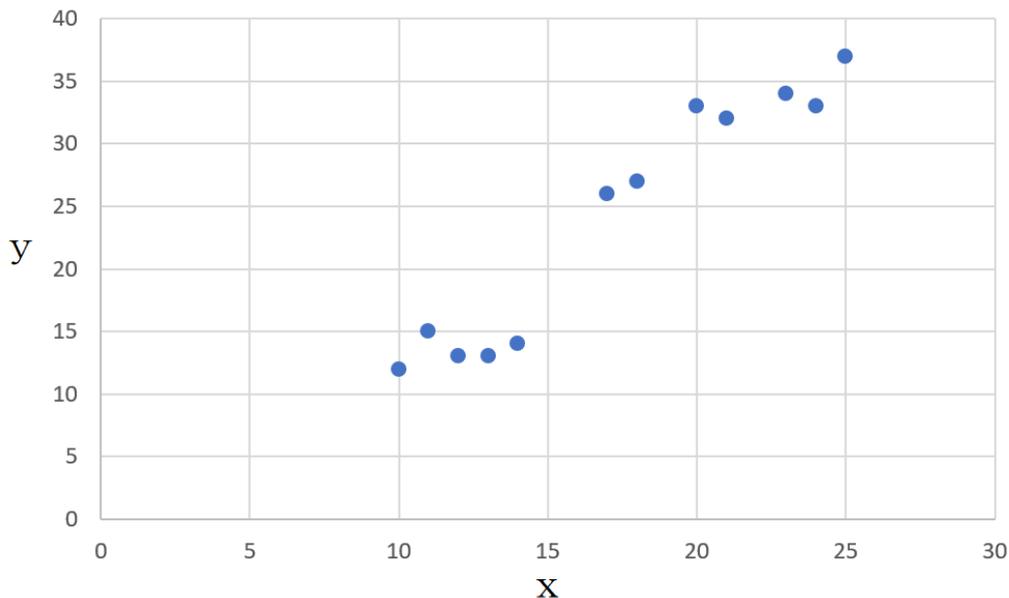


図 a4-2 花粉量 x と発症数 y の関係

データセットの左側が x 軸のデータ、右側が y 軸のデータとなる。 x と y の回帰線はどのように引けるだろうか。Excel では回帰線は近似曲線という。近似曲線は、いくつか選ぶことができる。

データのプロットを右クリック①→近似曲線の追加②→近似曲線のオプション③と進む。試みに、線形近似を選ぶと (④)、データに最適な回帰直線が引かれる (⑤)。近

似曲線は、最小2乗法という数学的操作で求められる (図 a4-3)。

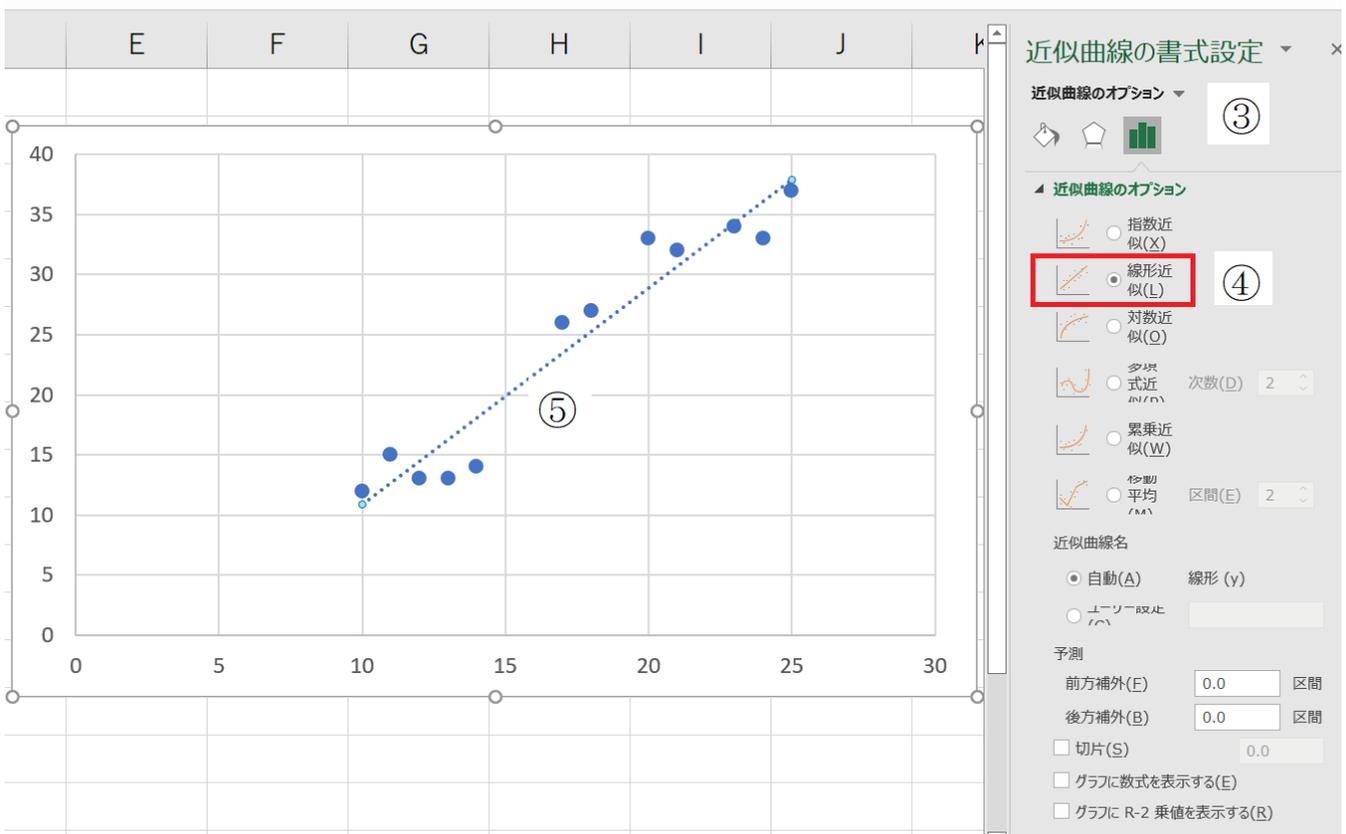
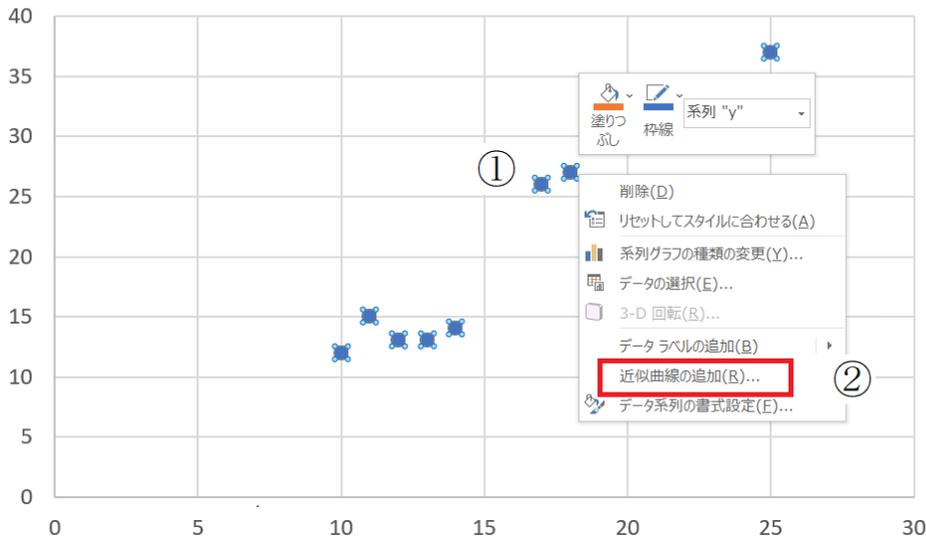


図 a4-3 回帰線を引く

さらに、「グラフの数式表示」、「R² 値の表示」にチェックを入れると (⑥)、グラフ上に、回帰直線の数式と決定係数を表示させることができる (⑦)。⑥の上に、切片というタグがあり、これにチェックを入れると切片が0に設定された回帰直線と数式、決定係数が表示される。

モデル : $y = 1.8002x + 7.1204$

決定係数 : $r^2 = 0.9306$

ここまでがグラフ操作で可能である。回帰係数や決定係数の検定は、分析ツールや statcel を起動して行うことになる。

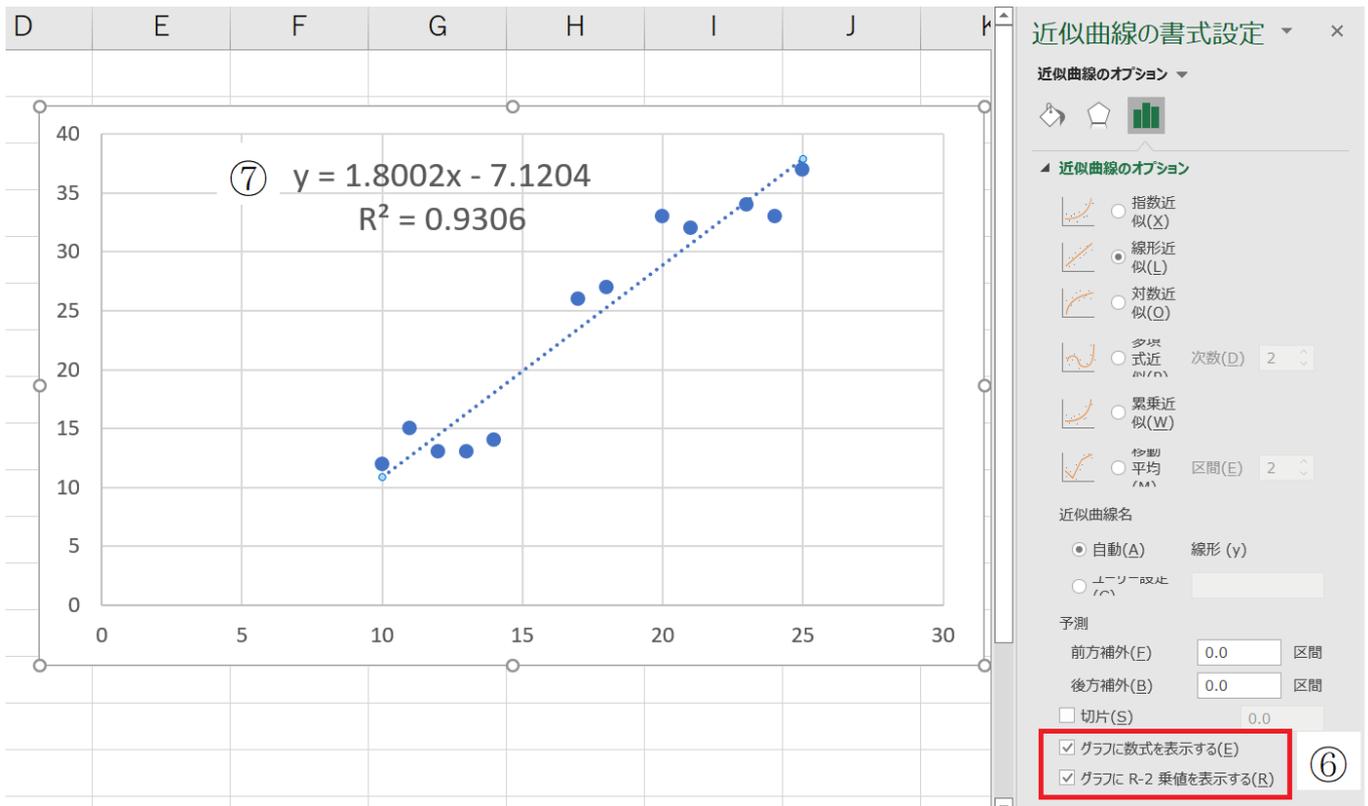


図 a4-4 回帰係数、決定係数を計算させる

なお、近似曲線は直線以外も選択できる。試みに、二次関数をあてはめる。多項近似 次数 2 を選択すると (⑧)、グラフ上に、2 次関数の回帰曲線と数式、決定係数が表示される。

モデル： $y = -0.0324x^2 + 2.9307x - 16.157$

決定係数： $r^2 = 0.935$

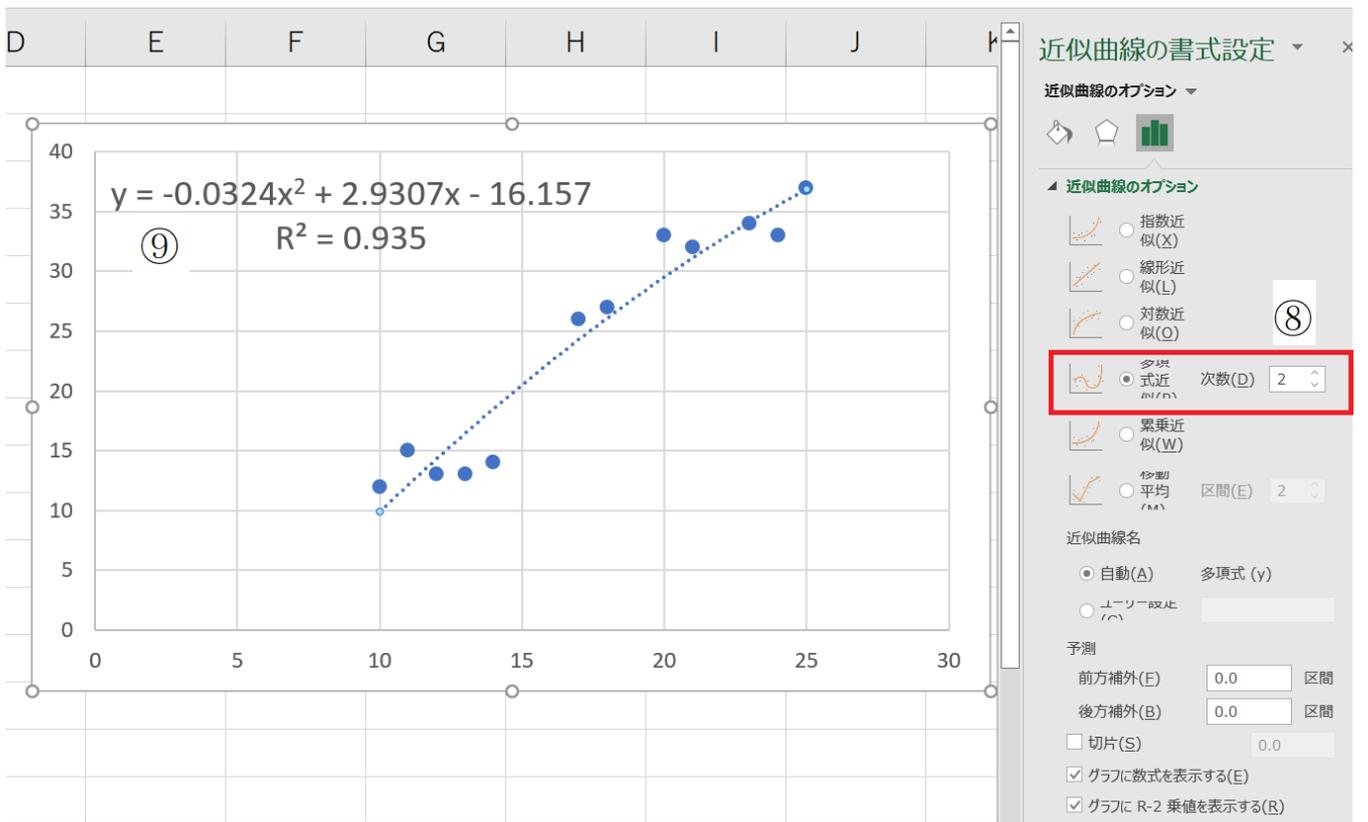


図 a4-5 回帰係数、決定係数を計算させる (2)

図 a4-4 の回帰直線と比べると、2 次関数の回帰曲線の方がデータによりフィットしているようにも見える。事実、決定係数も少し大きくなっている（図 a4-5 で 0.931→0.935）。
どういう回帰線を選ぶかということについては、いろいろな要素が考えられ、ここではこれ以上述べない。ただ、決定係数を大きくするような回帰線を選べばよいかというと、そういうことでもない、とだけ記す。

5 分析ツールの概要と独立性の検定について

(1) 分析ツールの概要

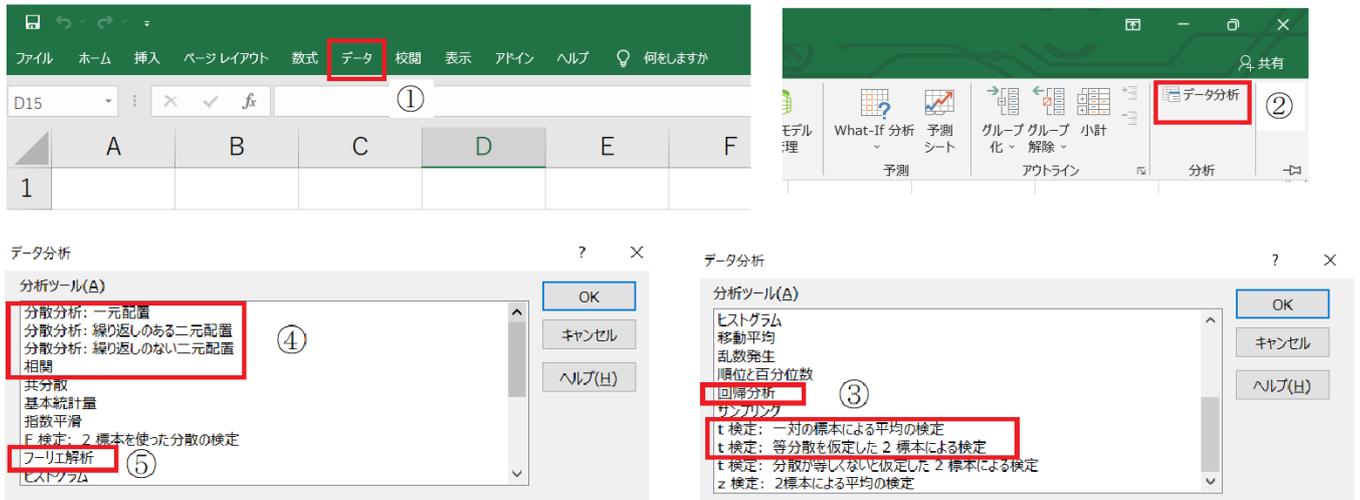


図 a5-1 分析ツール

図 a5-1 のように、Excel を開き、「データ」(①)、「データ分析」(②) と進む。下段の窓が開き、分析方法を選択できるようになる。t 検定、回帰分析 (③)、分散分析 (④) などが実行できる。いずれも、

- ・ 入力範囲の指定→データがあるセルの範囲をドラッグする。
- ・ 出力先の指定→出力位置に当たるセルを指定する。

というように進む。回帰分析では、

決定係数→F 検定

回帰係数→t 検定

が行われ結果が示される。前述のように、決定係数はモデル（回帰直線）の適合性を、回帰係数はモデルの影響度を示す指標である。分析ツールでは、statcel や Mulcel にはないフーリエ解析を行うこともできる (⑤)。ただ、離散フーリエ解析なので、データ数は 2 の倍数に限られる (例：32、64、128、256・・・)

(2) 分析ツールにはない独立性の検定を Excel で行うには・・・

4 章(1)の結果を再掲する。核抑止の考え方に対する賛否の人数である。男子 14 人、女子 18 人、総数 32 人なので、

$$\text{反対の割合} = \text{反対数} \div \text{全体} = (5+13) \div 32 = 18/32$$

$$\text{賛成の割合} = \text{賛成数} \div \text{全体} = (9+5) \div 32 = 13/32$$

この比率から、期待度数が求められる。

$$\left. \begin{array}{l} \text{男子の反対} = 14 \times 18/32 = 7.875 \dots \\ \text{男子の賛成} = 14 \times 13/32 = 6.125 \dots \\ \text{女子の反対} = 18 \times 18/32 = 10.125 \dots \\ \text{女子の賛成} = 18 \times 13/32 = 7.875 \dots \end{array} \right\} (5-1)$$

	賛成	反対
男子	9	5
女子	5	13

	賛成	反対
男子	6.125	7.875
女子	7.875	10.125

図 a5-2 観測度数と期待度数

次に、 χ^2 値を求める。

$$\chi^2 = \{ (\text{観測度数} - \text{期待度数})^2 \div \text{期待度数} \} \text{の合計} \dots (5-2)$$

$$\begin{aligned}
&= \text{男子の反対} + \text{男子の賛成} + \text{女子の反対} + \text{女子の賛成} \\
&= (9 - 6.175)^2 / 6.175 + (5 - 7.875)^2 / 7.875 + (5 - 7.875)^2 / 7.875 + (13 - 10.125)^2 / 10.125 \\
&= 4.265
\end{aligned}$$

となる。自由度1の χ^2 分布における5%値($\chi^2_{0.05}$)は3.841であるから、これと比較する。

$$\chi^2 > 3.841 \cdots (5-3)$$

なので、有意差があったということになる。したがって、帰無仮説が棄却され、賛成・反対の意見の出方、性別と意見という2つの変数の間に関連がある(賛成は男子に多い)。もし、計算された χ^2 が3.841より小さい場合は、2つの変数の間に関連はないと判断される。

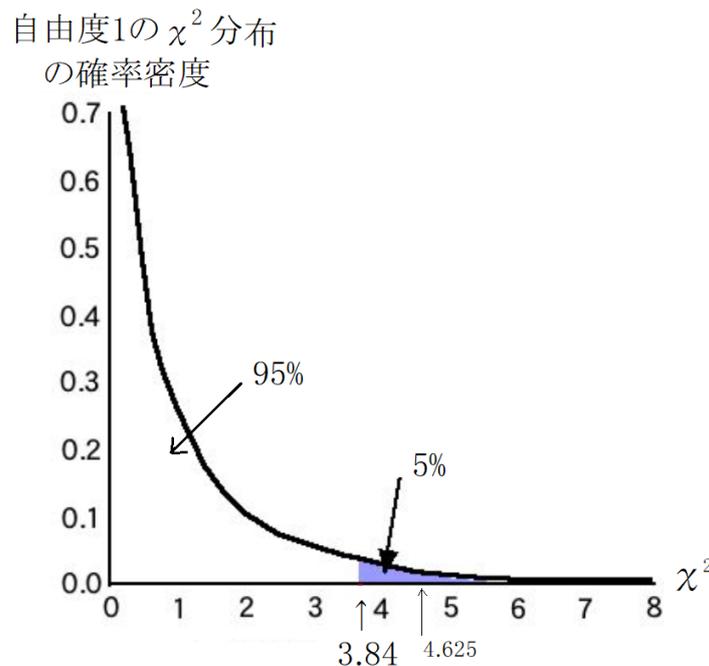


図 a5-3 自由度1の χ^2 分布

Excelでの手計算としては、

- ・図 a5-2 上段の表に観測度数を入力したら、式(5-1)などで期待度数の計算ができるように、下段の表に式を組み込む。

などが考えられる。そして、 χ^2 についても、

- ・式(5-2)で示される(観測度数-期待度数)²÷期待度数の数式を作り、それらの合計を表示させるセルを設定する。

などが考えられる。

以上は、要因が賛成、反対のような独立の場合(対応がない場合)である。要因が事前、事後のような関連する場合(対応がある場合)もある。ここは、勘違いしやすいところでもあるので3章で示した参考書を見てほしい¹⁾。

参考資料

1) 片平 洸彦：やさしい統計学—保健・医薬・看護関係者のために (改訂新版)、桐書房(1998)、pp.139-140 第6版あり(2017)。

第Ⅲ部 エピローグ

エピローグの目次

	ページ
新たなはじまり・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	92
量的分析を振り返って(1)―「比較」における考察から―	93
量的分析を振り返って(2)―事象の「独立性」「モデル化」「アンケート分析」から―	95
質的分析を振り返って―「テキストの解読」から―	99
今後さらに取り組んでほしいこと―食品ロスなどの「廃棄物問題」―	101
「廃棄物問題」の展開例―比較・同情から共感・同苦へとステージアップ―	105

新たなはじまり

二不土身（みぶ もとのぶ）のゼミ室に、教え子たちが春休みに訪ねてきた。彼らは、二不ゼミ卒業生で全員が教師6年目になり、中堅と言われる領域に足を踏み入れてきている。この日に話しあった内容は、教師3年目から5年目までの3年間、彼らが学校で取り組んだESD（持続可能な開発のための教育）、反核・平和教育などの振り返りである。二不には、彼らとともに3年かけて一つの坂道を登ってきたようにも実感された。さだまさしのアルバムに「三年坂」というのがある。二不も学生時代によく聞いた。

二不：みんなと一緒に4人会の教育実践をはじめてからもう3年たった。3年坂を超えたんだね。

中道：3年坂って何か地名ですか。

小星：京都の清水寺に登るまでの坂、参道だよ。

高見：参道って赤ちゃんが通る道の産道と同じ言い回し。安産祈願のために参詣したんでしょね。その産道から別名、産寧坂（さんねいざか）ともいうんだよ。それが、いつか3年坂とよばれるようになった。私、地元だから。

二不：よく知ってるね。その3年坂をみんなは超えた。ここで一度、実践を振り返ってみるのもいい。新たな課題も見えてくるかもしれない。6つのレポートを冊子にしてきたんだよ。再度、タイトルを見てみよう。

1章 学習による子どもの変容をどう判定するのか？→「t検定」による事象の比較

2章 学習における複数グループ間の違いはどう判定するのか？→「分散分析」による3つ以上の事象の比較

3章 学習による子どもの変容をどう判定するのか(2)？→「マクニマー (McNemar) 法」による事象の独立性の判定

4章 事象に潜む複数の要因にどう対処するか？→「回帰分析」による事象のモデル化

5章 複数の回答における関連性をどう見ればよいのか？→「数量化IV類」による事象間の距離を求める

6章 子どもの考えや理由、見えないものを観るためには？→「SCAT」を用いた文章（テキスト）の解読

小星：じゃあ、量的分析のレポートと質的分析のレポートにわけて。

二不：量的分析のレポートは5つあるから、2回に分けたらどうだろう。

中道：じゃあ、1、2章と3、4、5章に分けましょう。

量的分析を振り返って(1)－「比較」における考察から－

中道：確か、最初の1章はt検定による平均値の比較でした。

二不：1章のレポートで、何か振り返って思うところはないかね。

小星：そうですね。前後比較でひとつあります。ある授業Aが行われ、授業後が授業前より有意に高いという結果が出たとします。でも、それがすべて授業Aの効果なのか？他の要因はないのか？とか。

高見：前後の調査の間に、何か別の授業Bがあり、そこで得られた知識が影響したとか。あり得ないことではないですね。

中道：例えば社会科でやった次の質問。

質問1 核兵器禁止条約について関心・興味がありますか。

社会科の単元が終わるまでに、国語科の授業で、生徒が核兵器禁止条約に関連する新聞記事を読んでいたとする。そのことが社会科の単元終了後の調査の得点に影響していた・・・なんてこともあるかもしれない。

二不：そういう場合、国語科の授業について情報を得ておくことができれば、結果に対する妥当な評価、というかまあ控えめな評価もできるね。

小星：この問題は難しいね。こういう影響はノイズという意味にもとれる。教育の調査は物理の実験ではないから、ノイズの排除とかは難しい。

二不：その通りだ。教育の調査はそういう側面も含むということを知っておくことが大切だ。

小星：クラス比較だってそうですね。例えば、

質問2 原爆投下という事実に関心・興味がありますか。

でも。確か、レポートでは、

A組： 4.0 ± 0.8

B組： 3.0 ± 1.1

でA組が有意に高いという結果でした。こういう質問では大きな問題はないと思うけど、試験の得点だったらちょっと違ってくる。例えば、物理の試験で、

A組： 40 ± 8

B組： 30 ± 11

だとして、調査の時点でA組の生徒が物理がよくできると言えるか。クラス編成のときに、成績の良い子をA組にたくさん入れた、ということの反映だったりして。こういう学力比較を検討する場合などは、前提がそろっていたのかという視点も必要かと思います。

中道：このことは、3つ以上の事象の比較にも言えることですね。

二不：その通りだ。事前と事後だけではなく3か月後の状態を調べたりもする。水を沸騰させると泡が出るね。図e-1で、この泡は何だね？

小星：それは空気。と言うと思うでしょ・・・騙されません。水蒸気です（笑）

二不：5年生の、水を沸騰させると水蒸気が発生するという授業。泡は空気であると考えた児童が結構いて、こういう概念を前概念という。子どもが、その生活や経験から得たり判断したりしてできてしまう。まあ、科学的概念になる前のもの。でも、これがないと科学的概念は形成できない。授業は、子どもの前概念を科学的概念に変容させる場であり営

みでもあるんだよ。特に理科は。

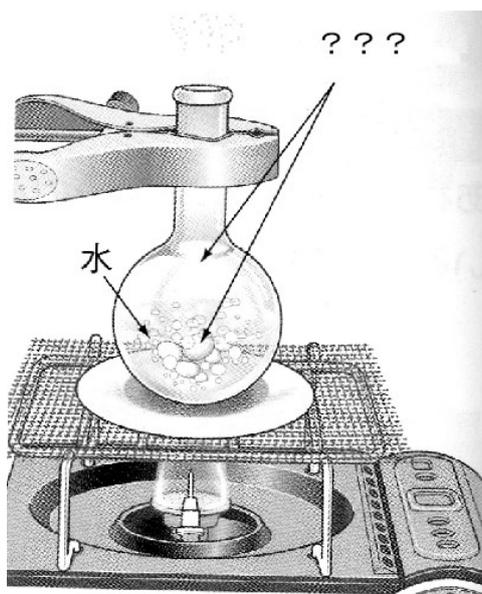


図 e-1 水の沸騰

小星：科学的概念形成という研究ですね。1990年代にさかんに行われました。

二不：泡は何ですか？と問う調査を授業前後に行うと、授業後は、泡は空気であると考え
る児童の数は確かに減っていく。しかし、3か月後に同じ調査を行うと、泡は空気である
と考える子どもがまた増えるという研究もある。元に戻るとまではいかないけれど、学習
した知識や概念が保持されない。

高見：前概念は生活に根差しているので、教室で学習されたものより根が深いんでしょう
かね。

二不：そうとも言えるね。また、3ヵ月も経っているんで、別の要因が入り込んでいる可
能性も捨てきれない。

小星：なるほど。念のためお聞きしますが、この3つの比較を行う分散分析は、対応のある
場合ということですよ。

二不：そうだ。一元配置分散分析の反復測定、重複測定ともいう。図にすると次のように
なる。

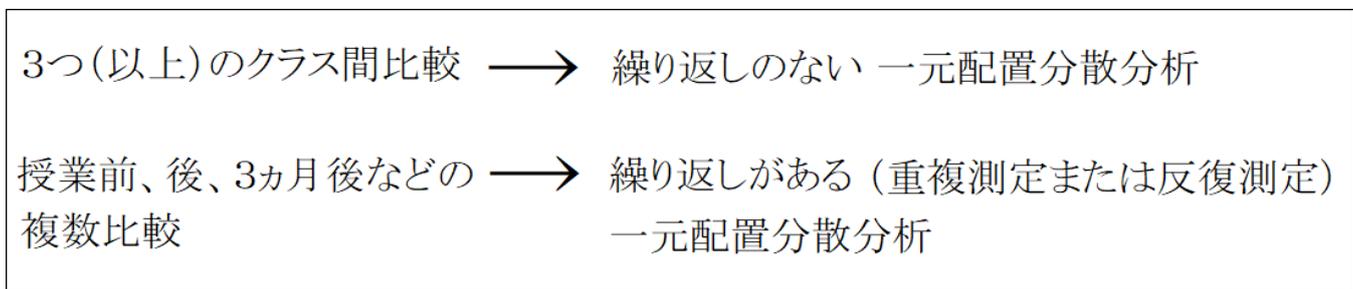


図 e-2 2種類の分散分析

中道：なるほど。奥が深いんですね、比較といっても。

二不：また、3クラスの学力比較などの場合、3クラスがクラス編成時に成績的に同等にな
るようにしてあったかどうか。など、前提も問題になることがあるよね。

量的分析を振り返って(2)－事象の「独立性」「モデル化」「アンケート分析」から－

二不：3章「独立性の判定」のレポートについては？

高見：statcel があれば、2×2 分割表さえできれば何とかできます。マクニマー法では、この分割表がちょっとひっかかった。

中道：要因が事前、事後のように、関連する場合（対応がある場合）。2×2 分割表を作るときに注意が必要ですね。核抑止論による平和には授業後は否定的な意見が増え、どう変化したのか書き出す必要があった。授業前後の結果は図 e-3 左のようだった。



図 e-3 2×2 分割表

高見：そこのところ。内訳をよく見ると、

授業前の賛成 9 → 授業後は賛成 1、反対 8

授業前の反対 11 → 授業後は賛成 1、反対 10

というように変化していることがわかった、としていているけれど、なぜこうなるのかちょっとわかりにくかった。

小星：図 e-3 右で、授業前で賛成 9 のうち、授業後も賛成という人を x 人、反対になったという人を z 人とする。そして、授業前で反対 11 のうち、授業後は賛成になったという人を y 人、反対という人を u 人とする。この図から、

$$\text{授業前 } 9 = x + z \dots \text{①}$$

$$11 = y + u \dots \text{②}$$

$$\text{授業後 } x + y = 2 \dots \text{③}$$

$$z + u = 18 \dots \text{④}$$

これらを解いて出てきたんだよ、きっと。

二不：じゃあ、やってみてよ。

$$\text{小星：①} + \text{④で } z \text{ が消えるから、} 9 + u = x + 18 \quad \therefore u = x + 9 \dots \text{⑤}$$

$$\text{②} + \text{③で } y \text{ が消えるから、} 11 + x = u + 2 \quad \therefore x = u - 9 \quad ???$$

⑤と同じ式になっちゃった！

$$\text{二不：①} + \text{③、②} + \text{④でやってみても、} z = y + 7 \dots \text{⑥}$$

しか出てこない。だから、これらの関係式だけではダメなんだよ。やはり、一つの情報が要る。例えば、賛成の人 9 人のうち何人が反対にまわったか、これがわかれば 4 つの関係から全部明らかになる。

中道：それは 8 人でした。そうすると、 $z = 8$ に。①と⑥から、 $x = 1$ 、 $y = 1$ が出る。次に、②から、 $u = 9$ が出るので。全部出た。

二不：ただ、①～④では、授業前後で生徒数が同じという前提がある。周辺度数が同じでないといけない。結果は図 e-4。

核抑止への意見

授業前	授業後
賛成 9	賛成 2
反対 11	反対 18

2×2分割表

	授業後	
	賛成	反対
授業前	賛成	1 8
	反対	1 10

図 e-4 2×2 分割表 (2)

中道：もし、授業後は何人が欠席した、あるいは授業前に欠席者がいた、というような場合、そのデータは除くことが必要。また、反対の人 11 人のうち何人が賛成に変わったか、を調べても同じ結果になる。この調べあげる原始的な方法の方が、方程式を解かなくていいのでやさしいかな(笑)

小星：調べあげ法による結果を、①～④を解く方法で検証して確認した方がいいよ。

二不：なるほど！ すばらしい！ 2×2 分割表が正し作られることが最も大事だからね。

二不：次にいくよ。4章のレポートについては？

高見：4章は、回帰分析による事象のモデル化でした。モデルというのは一次式。

小星：一次式というのは、線形ということだよ。最近、非線形カオスなどが数学の研究領域になっている。

中道：そういう難しいことは置いといて。確か、「意識調査結果」という目的変数に対して、2つの説明変数「関心・興味」、「学びに向かう力」を用いて重回帰分析を行い、次のモデルが導かれた。

$$\text{意識調査結果} = 1.98 \times \text{関心・興味} + 0.156 \times \text{学びに向かう力} + 5.08 \dots (a)$$

式(a)の決定係数 $r^2 = 0.761$

式(a)の一次式のモデルは、3次元空間をまたぐような平面になり、図 e-5 のようなイメージだった。

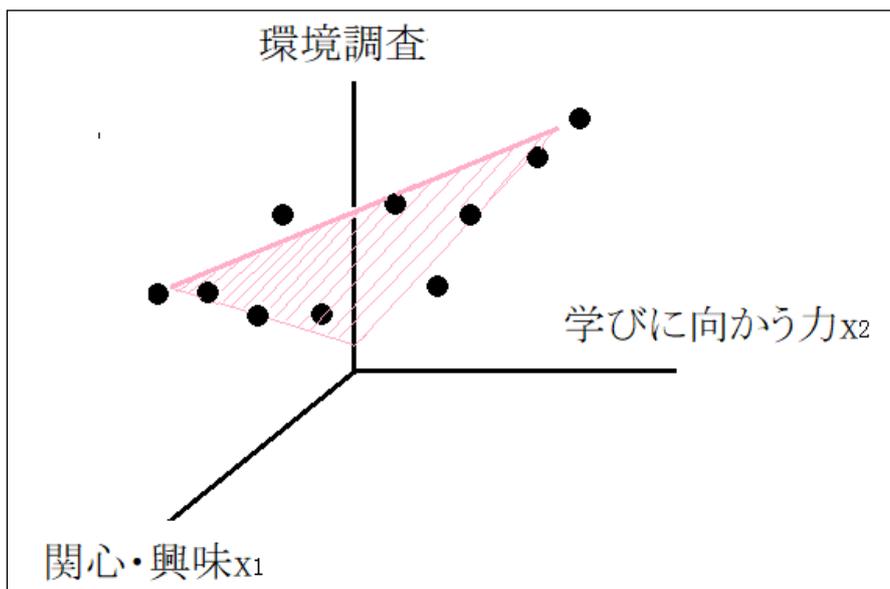


図 e-5 重回帰分析における回帰面のイメージ

小星：そして、モデルの適合性は決定係数 r^2 の F 検定、影響力は標準偏回帰係数を t 検定し、総合的にモデルの妥当性を判断しました。整理しますと、

【モデルの適合性】：F=4.73、p<.05

【モデルにおける説明変数の影響力】

関心・興味 : t=2.54、p<.05

学びに向かう力 : t=2.08、n.s.

式(a)のモデルはデータへの適合性が高い。説明変数については、「関心・興味」は影響度が高い。しかし、「学びに向かう力」の影響度は認められない。

二不：説明変数を多くすれば、決定係数 r^2 が大きくなるのは直観的に考えてわかるね。しかし、説明変数を多くすると、 r^2 の補正も大きくなるから、説明変数は3つ以内にとどめた方が補正は小さくなりモデルの信頼度も高くなるようで。モデルをいたずらに複雑なものにしないことが大切であることは言を俟たない。そう、モデルは**Simple is best**だ。

二不：次にいきます。5章のレポート「アンケート分析を指導に生かすには？」については？ 難しかったんじゃないかな？

高見：5章のレポートでは、時事的な問題5題（①～⑤）、内容的な問題5題（⑥～⑩）を2件法（はい、いいえ）で授業前後に調査しました。再掲します。

- ①国連の核兵器禁止条約は発効している。
- ②日本は国として核兵器禁止条約に賛同している。
- ③日本は原爆6000発分に相当するプルトニウムを保持している。
- ④福島原発処理水（汚染水）は、海洋投棄されることが国で決定されている
- ⑤SDGsでは原子力発電はクリーンではないと判断している。
- ⑥核兵器と通常兵器の違いを説明することができる。
- ⑦日本の非核3原則を列挙することができる。
- ⑧プルトニウム以外の原爆の原材料（あるいは元素名）を知っている。
- ⑨福島原発処理水（汚染水）に含まれる放射性物質の名前を知っている。
- ⑩原子力発電は炭酸ガス（CO₂）を発生しない発電方法である。

表 5-2 授業前後の平均値 (n=16)

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
前	0.63	0.31	0.25	0.56	0.69	0.19	0.50	0.13	0.19	0.38
後	0.88	0.75	0.75	0.81	0.44	0.75	1.00	0.94	1.00	0.19

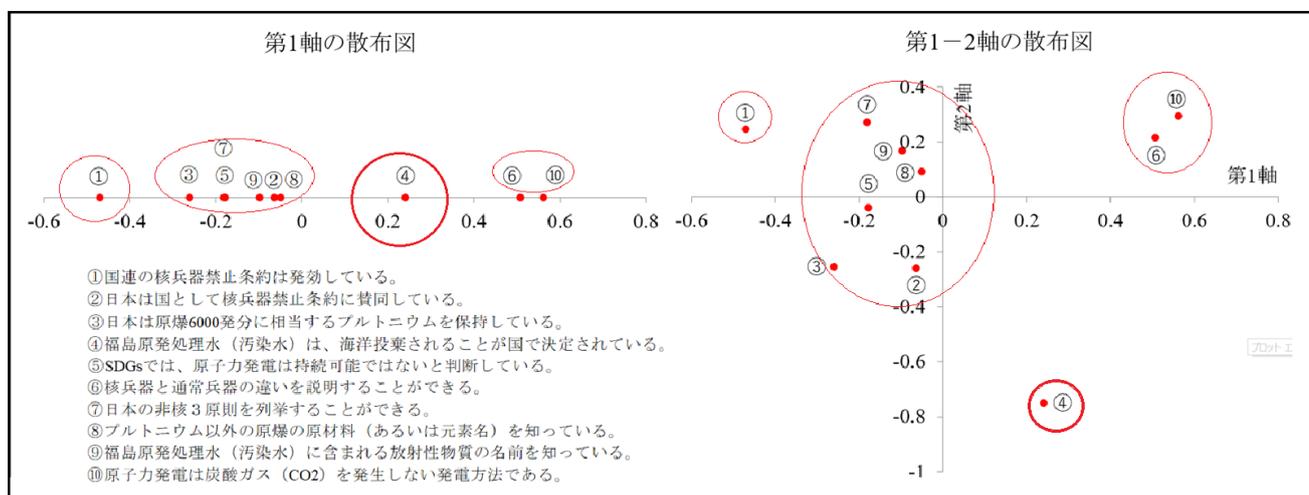


図 e-6 数量化IV類による質問のグループ化

小星：ここで、問を3つ立てたと思います。

問1 各カテゴリーの配置についてどのような傾向がみえるか？

問2 言い換えれば、生徒たちは、10個の質問をどのように回答したのか？

問3 みえた傾向を指導にどう反映できるのか？

問1、2では、レポートの図5-6のように各質問の位置をプロットできるというのはすごいです。結果、4つのグループがみえたということ。図e-6にこれを再掲します。ただ、10個の相関行列をもとめ、それを数量化IV類の基礎データとする、というのがハードル高いですね。

中道：それと、問3の今後の指導へどう反映させるのか、という点が書けていなかった。

高見：私には質問④福島原発汚染水の海洋投棄がダークホースでした。授業前の段階では平均値0.56と低くはなく（レポートの表5-2）、特徴としても出なかった質問です。図e-6上で孤立するとは！

中道：国が海洋投棄を決めているというニュースは見ていたのか。ちなみに、類似の質問⑨汚染水に含まれる放射性物質の知識の授業前の平均値は0.19で20%以下です（レポートの表5-2）。トリチウムは耳慣れない名前だから、生徒の記憶に残らなかったのかな。

小星：それだけではないよ。レポートの表5-5の相関行列では、質問④と⑨とは逆相関になっています。有意差までは出ていませんが相関係数 r も小さくはないです（ $r = -0.22$ ）。

二不：質問④に正解した生徒たちの多くが質問⑨ではトリチウムという名が出てこなかった、という傾向だね。

高見：そうか！！生徒たちには、トリチウムと汚染水は“結びついてないんだ！”

二不：理科の授業ではトリチウムを習っているんでしょうけどね。化学とかで。

小星：こういう情報が授業前にわかっていたなら、教師は次のように指導の方向性を整理できたのではないかな。

見通し1：大半の生徒は汚染水の海洋投棄決定はニュースで知っていただろう。

見通し2：生徒たちには、トリチウムと汚染水とのつながりは薄い。

高見：こういう発見が数量化IV類を使って初めてみえたということ。数量化理論ってすごいですね！

小星：言われてみれば、レポートの表5-5の相関行列をみても推測はつきます。しかし、質問④と⑨を意識してみないとなかなか発見できない。やはり図e-6のように、プロットとして視覚化されたなら、すごくわかりやすいと思うのです。そういう意味で、数量化IV類による分析は相関行列を超えています。どんな数学を使っているのか、興味が出てきました。

二不：日本生まれの数量化理論はⅠ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳの4つあるが、Ⅰ類は、(0, 1)のような名義尺度を含む重回帰分析と考えるとよい。いろいろ応用範囲は広い。Ⅱ、Ⅲについては、興味があれば調べてみてほしい。創作者の林 知己夫（はやしちきお）は、統計数理研究所第7代所長。国民性の統計的研究・意識の国際比較方法論・動く調査対象の標本調査論など多岐にわたっています。

質的データ（名義尺度）に(0, 1)などの数値を付与して分析する「数量化理論」は統計的方法の適用範囲を飛躍的に拡大させたといわれる。さらには、統計学理論の発展、確立、方法論の開発、学際的研究交流の発展や後進の指導育成などに大きく貢献した、といわれています。統計数理研究所のHPに出ているよ。

質的分析を振り返ってー「テキストの解読」からー

高見：6章のSCATで少し疑問があります。方法的なことにも関わってくることで。

小星：どういうことなの？

中道：ここでは、各自の小さな平和教育の積み重ねが核のない世界を実現する、という主張に対し、小さな教育の積み重ねには意味があるが、それで世界は変わりそうにない、と考える4人のテキストを分析しました。

高見：SCATの分析手続きなどは理解したのですが、抽出された構成概念とかが何を示しているのか、その意味のようなものが理解しがたいところです。構成概念をつないで作られたストーリーラインも。それが4人の“何なのか？”ということ。

小星：4人の構成概念は図e-7の通り。

No	<4>テーマ・構成概念 (前後や全体の文脈を考慮して)
a	教育の限界 争う人間像
b	持続による変容 平和行動 尊重感情 共生観
c	教育の限界 持続による変容 尊重感情
d	教育の限界 持続による変容 争う人間像 平和行動

図 e-7 4人の構成概念

高見：教育の限界、持続による変容：3人

争う人間像、平和行動、尊重感情：2人

共生観：1人

になっていて、4人に共通する構成概念はないですね。例えば、「争う人間像」という構成概念は、aさんとdさんの異なったテキストから抽出あるいは集約して一般化・概念化をしています。

中道：aさんとdさんには、「争う人間像」で説明がつく記述があるということ。他も同様に考えたらいいんじゃないでしょうか。

小星：「共生観」という構成概念はbさんにしかないね。

二不：そういう視点からは、「共生観」を構成概念とするのは疑問の出るところである。しかし、2人に見られる「尊重感情」の次に来るものかもしれないということも。

小星：私が、そういうストーリーラインを描いていたのかもしれませんがね。

二不：ところで、開発者の大谷先生がどのように言っているか、次の文献で見てみよう。

大谷 尚：4ステップコーディングによる質的データ分析法SCATの提案ー着手しやすく

小規模データにも適用可能な理論化の手続きー、名古屋大学大学院教育発達科学研究科

紀要（教育科学）、第54巻第2号（2007年度）、pp.27-44

構成概念の意味を直接言っているわけではないのだが、

・・・分析プロセスは、徹底した言語的な手続きである。・・・構成概念の記述を段階的に行わせ、・・・ストーリーラインから理論記述を試みさせる・・・明示された作業手続きにしたがって作業することで分析に必要な諸段階を経て理論化に至ることができる・・・検討の過程の省察や結果の「妥当化」にとって極めて有益・・・

と述べているように、分析は言語的なものであるとしている。したがって、分析者は言語能力を養わねばならないとも記している。

小星：ということは、構成概念というのは、テキストに見られる情報（文字、言葉）を担当した分析者が再構成したもの、あるいは一般化したものと考えるほかないですね。ただし、その手続きは明示されている。

高見：なるほど。今の時点ではそういうことにしておきます。今後、自分なりに深めていきたいと思います。

二不：なお、理論記述というのは、ストーリーラインから導かれ、

Aの利用はBの可能性がある。

AによってBが可能になる。

といった命題のような形で示されるものなんだ。ただ、6章に取り上げたレポートでは、短いテキストが4人分ということもあり、理論記述まではしていない。同じテーマの分析結果（ストーリーラインまで）がいくつか出たとき、それらを俯瞰して理論記述を作るのもいい、と私は考えます。

今後さらに取り組んでほしいことー食品ロスなどの「廃棄物問題」ー

小星：今後、どういうテーマの教育に取り組んでいけばいいのでしょうか。私は、理科や総合的な探究の時間で。

中道：総合的な学習の時間とともに、やはり社会科でも扱えるテーマとしては？

高見：私は、家庭科でも扱えるテーマにしたい。

二不：結論から言うと、様々な廃棄物の問題です。廃棄物は様々な局面で生み出される。

A) ウクライナ侵攻に見られる戦争→人間の住居と自然生態系の破壊→大量廃棄物

B) 気候変動による異常気象、災害→住居破壊と自然生態系の混乱 →大量廃棄物
まず、図 e-8 の画像が意味するものは何かわかるかい？



Yahoo!ニュース 2021/11/10

図 e-8 着古された衣服の墓場 (yahoo!ニュース 2021/11/01 より転載)

高見：廃棄物のようですね。

二不：南米チリの砂漠に“ファストファッションの墓場”とか。世界中で不要になった服が毎年3万9千トンも運び込まれている。この砂漠を汚染しているのは、流行の服を大量生産して短いサイクルで販売する「ファストファッション」だ。アパレル業界を席卷する大量消費主義の社会的影響は、工場での児童労働や低賃金が報道されるが、このような形で自然環境破壊もある。持続可能な社会実現のため、教育現場では、こういう問題にも取り組んでほしいんだよ。

中道：これは、ファストファッションを作る企業だけの責任ではない。消費者も悪い!!
SDGs の考えに反すること著しいですね。

小星：アフリカのガーナでも同じようなことが起こっていると聞きました。アフリカに寄付された衣料品が現地で大量の廃棄物となっていること。安価な衣類を次々と消費するファストファッションの広がり。商品化の過程で、余った布地や未使用の衣料品、行き場のない古着を大量に生み出し、これらが廃棄されて環境に負荷を与えているんですね。

中道：3つ目として、次のように言えますね。

C) 人間たちの安易な生活スタイル→服や靴などの衣類、捨てられる食品→大量廃棄物
二不：その通り、中道君のC)でも出たが、安易な生活スタイルとも言えることでもうひとつお願いしたいことは、食品ロス。

高見：日本では、毎年600トン以上の食品ロスが出ているようです。この量は、次のようにも言い換えられます。

- ・東京都民が1年間に食べる食品の量に匹敵する。
- ・日本人1人当たりお茶碗1杯分のごはんの量が毎日捨てられている。

小星：食べ残し、売れ残りや期限が近いなどさまざまな理由からだと言います。

中道：農水省のHPに、次のように出ています。要点を3つに整理します。

①FAO（国際連合食糧農業機関）の報告書によると、世界では食料生産量の1/3に当たる約13億トンの食料が毎年廃棄される。

②地球上には約77億の人々、そのうち途上国を中心に8億人以上が十分な量の食べ物を口にできず栄養不足で苦しんでいる（これは約9人に1人）。

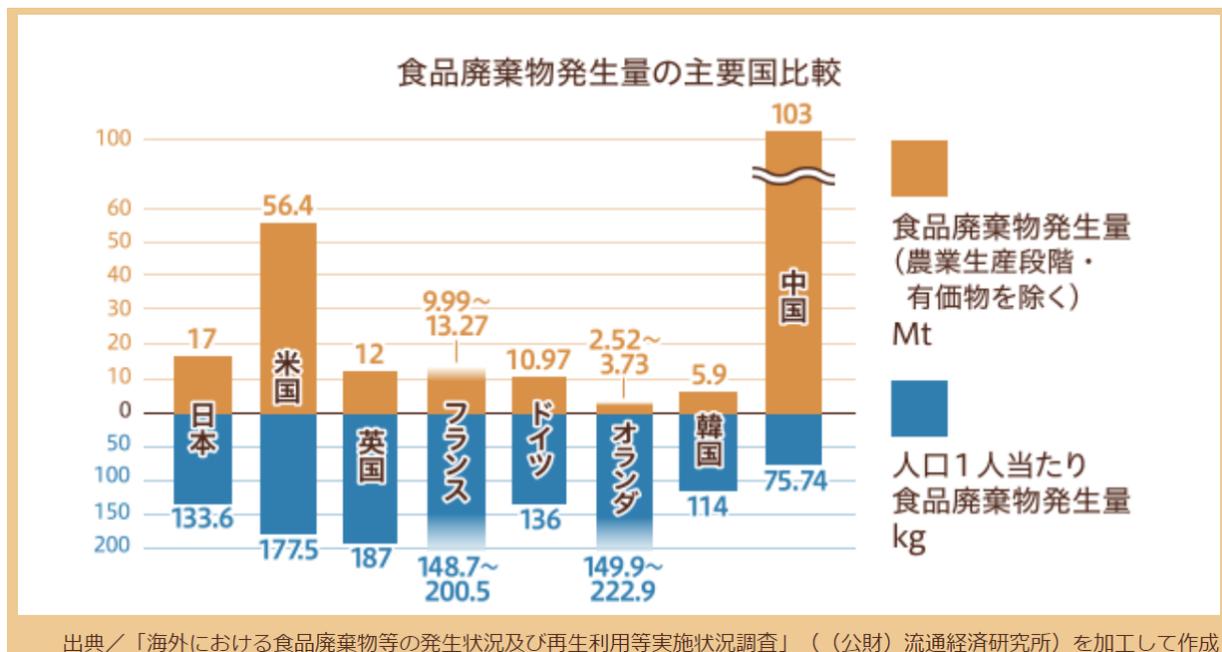
③食品ロスを放置すると、2つの問題が生じます。

- ・大量の食べ物が無駄になる。
- ・環境悪化や将来的な人口増加による食料危機にも適切に対応できない。

同じHPに図も出ています。世界の食品ロス、図e-9です。

高見：まず2つ読み取れますね。

- ・総量は中国が突出している、
 - ・一人当たりの発生量はアメリカやフランスの方が多、
- など傾向が見えます。



図e-9 世界の食品ロス（農水省HPより転載）

高見：食品ロスの削減は、先進国にとっても途上国にとっても避けて通れない喫緊の課題なんですね。

二不：その通り。みんなが、教師になって3年間いろいろ取り組んでくれたが、この2つのテーマを今後の教育課題としようじゃないか。

「廃棄物問題」の展開例ー比較・同情から共感・同苦へとステージアップー

(続き)

高見：そうしましょう。小中高でそれぞれ実践し、新しいレポートを作ろう。私、食品ロスでやりたい。

小星：じゃあ、私は「ファストファッションの行方？」くらいで取り組んでみよう。高校生はファッションに興味あるし。着古された衣類がどうなるのか？まずは知ってもらうところから。

中道：僕も、越境する生活廃棄物・・・くらいのテーマで取り組もう。

二不：そうか。みんな、よろしく頼むよ。みんなが生活している地域に、衣類廃棄物の山・・・ならどう感じるかな。子どもたちに本音を聞いてきたら、どんなことが出てくるかな。

中道：ちょっとマイナーな考えだが・・・チリの写真の見せて、子どもたちがつぎのような感想だったらどうしよう。

ア) 私の地域じゃなくてよかった。基本的な感情は、比較。

二不：まあ、いないことはない。これも本音だよ。科学的概念が形成されるために必要な前概念のようなもの。根底には、“比較”という意識が働いているね。何だかんだ言っても、人は比較をしながら生きているわけで。

高見：そうね。比較という感情は人のぬぐえない宿命のようなもの。次の段階もあるんじゃない？ 例えば、現地の人が可哀そうという気持ち。

小星：そういえば思いだした。昔、「家なき子」という日本テレビのドラマで、主人公の安達祐実が言うセリフ。「同情するなら金(カネ)をくれ!」、これは有名になった。

中道：同情というのでも比較がまだ根底になっているような気もする。第2段階。

イ) この地域の人、廃棄物を押し付けられて可哀そう。基本的な感情は、同情。

二不：比較、同情。教育の場では、こういう感情を否定してはいけないね。むしろ、本音だし出た方が正直でよい、とまで私は思う。そして、子どもたちに、これをどう高めていくか、を my problem として考えてもらわないと。

小星：子どもたちに同情の段階を超えてもらわないといけませんね。

二不：次はどんな段階だと思う？

中道：こういう感情の論理で今まで考えたことないから、何か新鮮ですね。さっきのセリフじゃないですが、“同情するなら()してくれ!”の()の中に何を入れるか？ただし、カネ以外の言葉で。

小星：そうね。私なら、「共感」という言葉を入れる。同情するより共感してよ！みたいに。

二不：いい言葉が出た。Empathy! この段階で、比較を超越するような気もする。

ウ) この地域の人、廃棄物を押し付けられてきっと辛い。基本的な感情は、共感。

教育では、非常に大事なステップアップとなる段階かなと思われれます。

中道：共感とは、自分自身の心の痛みとして感ずるということですね。

小星：確かに。同情までは、あくまで廃棄物は彼ら現地の問題。つまり、their problem。

高見：共感の段階で、my problem になっている。こういう“変容”を促すような教材にはどういふものを用意すればいいか、など教材研究の中身ですね。

二不：そうだね。じゃあ、こういう3段階でどうかな？

高見：私、実はある仏教系の宗教を信奉しているのですが、「同苦」という境涯があります。うまく説明できないけれど、苦しみを同じくするうえに成り立つものです。相手の苦悩の呻き（うめき）を、共感のうえに立ってその苦悩を根本的に除去していこうとする、そういう心理を同苦というんだと思います。英訳すると、「**emphathy of manifestation for others**」という感じですよ。

エ）廃棄物を一緒に解決していく！ 基本的な感情は、同苦。
 二不：高見さん、私はかねがね思っていたことだが。人間が宗教を失ってから科学が科学技術となって暴走したんじゃないかと。2000年になるちょっと前に、東大教授の村上陽一郎の「新しい科学史の見方」というNHK講座があって、全部録画して視聴しました。そこに出てきた、18世紀の聖俗革命。キリスト教をベースにしていたこれまでの科学が、神という畏怖すべきものを相対化・知識化してしまった結果、根底を失った。ああ、ちょっと脱線したね。

小星：関連するかわかりませんが、次のはアインシュタインの言葉です。
 「宗教なき科学は不具であり、科学なき宗教は盲目である。Science without religion is lame, religion without science is blind.」

不具という言葉、今は不適切ですが当時の訳です。今は、不完全と訳されます。
 二不：よく知ってるね。それが出ている本は持っているよ。アインシュタイン選集。じゃあ、そういうことも踏まえ、図e-10のように、大きく分けて2段階説でいこうか。

①比較・同情、**their problem** の段階

廃棄物問題は自分の地域じゃなくてよかった、彼らが可哀そう など

②共感・同苦、**my problem** の段階

廃棄物問題を自分自身の心の痛みとして感じ、苦悩を除去したい など

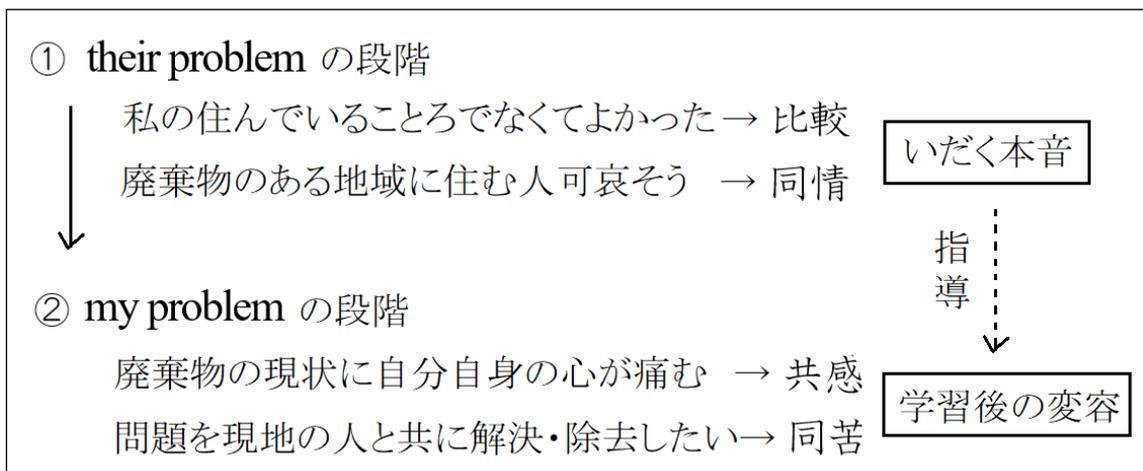


図 e-10 廃棄物問題の指導段階

いままで、こういう心理的な変容を意識して教材化しようということは、私にもなかった。これは、みんなと話し合う中で、自然に生まれてきたものだよ。いわば、挑戦的なトライアルだよ。

小星：食品ロスもこういう段階を考えてみます。まず、比較による知識の段階、つまり知ること。そこから、世界的視野へと知識を広げていくなかで共感的態度の育成を目指す…

二不：いいですね。1977年のトビリシ勧告での環境教育の5つの目標を思い出す。

- ①関心（気づき） ②知識 ③態度 ④技能 ⑤参加（関与）

こういう段階も、their problem の段階から次第に my problem の段階にいたるもの、というようにも言えるね。ちなみに、トビリシは当時ロシア領グルジアの都市、今は独立したジョージアの首都。

小星：やはり、こういうのは教育者に共通する理念なのかもしれませんね。だから、ここでも自然に出てきたのでしょうか？ ただ、自然という言葉を超えた“流れ”のようなものを感じます。底流というか、常流というか。

高見：二不先生、一見、自然に出てきたようにもとれますが、仏法の考え方では自然・偶然というのではないんです。仏法から見れば一切が過去世からの約束であり必然である、ということ。私、実感するんですが、私たちがこの結論を得たのは必然ではないでしょうか。このような教育は、私たちがもつ使命であるようにも思われます。

小星：私は過去世は信じませんが、教育についてはそう感じます。高見さんと同じ気持ち。

中道：僕も同感です。ただ、僕はワイス博士の前世療法の本を読んだので輪廻転生について理解はしています。ブライアン・L・ワイス：前世療法、PHP 文庫(2006)など です。

二不：なるほど。私は物理教師という唯物論者の立場上、過去世を信じるとは言えない。しかし、人間の自我というのは、見えている部分つまり物理的観測が可能な世界であって、見えない部分、観測できないけれど動物や過去の生命をも内臓・包含している領域があるように感じられる。思い付きだけれど、ちょっと今、紙に書いてみる。図 e-11 だ。これは、もう思想・哲学というより、もう宗教に近いとも言えるよ。

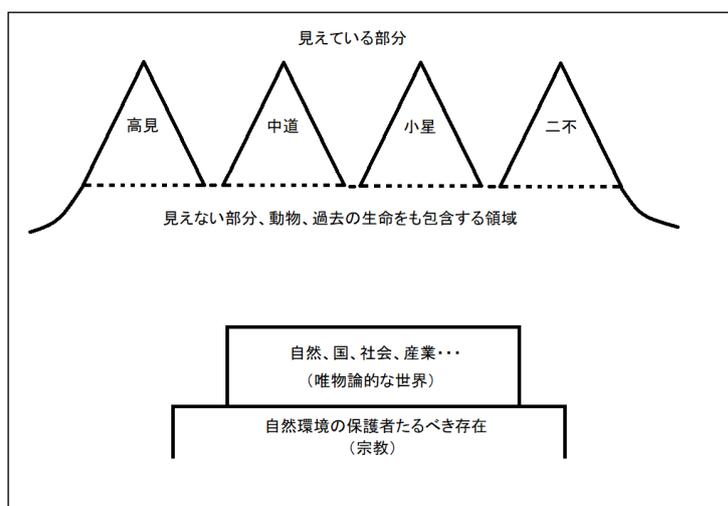


図 e-11 物理教師がいただく世界のイメージ

中道：その図はユングの集合無意識に似ています、仏法の唯識論に同様の構図があります。

高見：よく知ってるねー。見直した!!

二不：ということで、ここでは、村上陽一郎の科学史の見方も含め、

地球の持続可能には、唯物論的な世界の基盤となる宗教の復権が必要である
と結論しておくことでどうだろうか。図 e-11 の下の構図だよ。

三人：賛成です。非常に謙虚な気持ちになりました。

二不：そうか。ここは同意できた部分だね。そして、高見さんが言うように、一切が過去世からの約束であり必然である、と考えたら、小さい存在である一人ひとりにも何か力が湧いてくるようにも思えるしね。みんな本当にありがとう。いろいろ教えてもらった。

—おわり—

あとがき

本書では、教育実践の内容にはふれることができませんでした。次のような事柄です。どのような単元指導計画で、何時間目の本時案か、子どもたちの学びの状況、授業の記録などです。これらについては他書を見てください。著者の意図は一つ。本書のタイトルにあるような、地球環境保全と持続可能な人間活動の追及、そして反核・平和の実現です。そのために、何が必要なのでしょう。昭和初期の教育者である牧口恒三郎は、次のように主張していました。世界は「軍事的競争」「政治的競争」「経済的競争」の時代から「人道的競争」の時代へと移らねばならないと。

残念なことに、現在これとは真逆なことが発生しています。ロシアが2022年2月24日に開始したウクライナへの軍事侵攻です。国連人権高等弁務官事務所（OHCHR）は3月19日、ロシア軍によるウクライナ侵攻が始まった2月24日から3月18日まで一般市民847人が死亡したと発表しました。民族紛争の様々な経緯はあるにせよ、国際法違反の反人道的行為であることは言を俟たないでしょう。また、国内外への避難民は3月19日段階で1千万人に迫ります。避難民が失った住居はロシア軍の攻撃で破壊（一部または全部）されたと考えられます。こうした暴挙による損失は計り知れません。著者の簡単な計算でも次のように評価できます*。

- ・破壊された住居などの解体と再建設の経費：総計27兆円程度。
- ・それにともなって発生させる炭酸ガス：約2億トン・CO₂

ウクライナの国民総生産（GDP）は約15兆円ほどですから、破壊を修復し再建するにはその2倍弱の費用がかかることとなります。これに、自然環境修復の費用も加算されます。また、ウクライナの年間炭酸ガス発生量は1.7億トン・CO₂程度。これを上回る発生量であることもわかります。このように、軍事侵攻による破壊には何もいいことがないのです。

人間殺傷、文化破壊、動物殺傷、自然環境の破壊、温暖化と気候変動の加速・・・ロシア軍にも千人規模の死者が出ているといいます。さらには、ロシアによる核使用もほのめかされています。教育を志す者は、まずはこうした現状を知り、心を痛め、自分のできる支援をしつつ、平和教育・持続可能性にむけた教育に取り組んでほしいです。各教科や総合的な学習の時間、総合的な探究の時間などで、自分なりに工夫し取り組んでみてほしいです。本書は、そのために作られた、自らの教育を見つめる書であるといえましょう。

読者の皆様には、学生生活・教師生活でいろいろな課題がこれからも出てくるでしょうが、どうか反核・平和教育、気候変動教育などにも取り組んでください。拙著ですが、下記に学校における実践例を示しておきました。参考にさせていただければありがたいです。インターネットで見るともできます。

- 1) 桐山信一：福島原発事故と核兵器開発の現状から平和教育を考える、創価大学教育学論集第74号：pp. 239-256
- 2) 桐山信一：公開データから探る学校の気候変動教育（CCE）のこれから、創大教育研究第31号、pp. 41-51

※ 避難民1000万人は4人家族で250万所帯、集合住宅一戸の建設費に日本の平均的数値である1500万円、集合住宅の解体と建設に約760kg・CO₂/m²の炭酸ガス発生を仮定した。なお、集合住宅は100m²のRC（鉄筋コンクリート）と仮定した。

著者略歴

二不土身（桐山信一）



二上山（橿原市の（元）自宅付近より撮影）

奈良県橿原市出身

学歴

奈良県橿原立畝傍南小学校卒業

奈良県橿原立畝傍中学校卒業

奈良県立畝傍高等学校卒業

広島大学理学部物性学科卒業

広島大学大学院理学研究科物性学専攻博士課程前期修了

博士（学校教育学）[兵庫教育大学連合学校教育学研究科]

職歴

広島市立戸坂中学校理科教諭

奈良県立五條高等学校物理教諭

奈良県立香芝高等学校物理教諭

奈良県立高田高等学校物理教諭

奈良県立教育研究所理科研究指導主事

創価大学教育学部助教授

創価大学教職研究科准教授

創価大学教職研究科教授

以上を歴任 2018年3月定年退職

創価大学非常勤講師