

第3回統計教育シンポジウム

2020年3月20日

小中高の体系的指導で育てる統計的問題解決力
～PPDACサイクルを通して方法知を身に付ける～

「統計的問題解決に関する方法知」 の系統(ver.1)の提案

藤原 大樹

お茶の水女子大学附属中学校

取組の背景

- society5.0時代 統計的問題解決力の重要性
 - 小・中・高等学校の算数・数学科で
 - ①生徒が統計的問題解決過程を経験すること
(例えば, PPDACサイクル)
 - ②統計的に問題解決する方法について知ること
(以下, 方法知)
- が重要 (平成29年告示学習指導要領より)

統計的に問題を解決する方法を知ること (方法知)

- * 小学校学習指導要領 算数 第5学年D(1)ア
(ウ)データの収集や適切な手法の選択など**統計的な問題解決の方法を知ること**
- * 小学校学習指導要領 算数 第6学年D(1)ア
(ウ)目的に応じてデータを収集したり適切な手法を選択したりするなど、**統計的な問題解決の方法を知ること**
- * 小学校学習指導要領 算数 第3 3
(3)**算数の問題を解決する方法を理解するとともに**、自ら問題を見いだし、解決するための構想を立て、実践し、その結果を評価・改善する機会を設けること。

統計的に問題を解決する方法を知ること (方法知)

- * 中学校学習指導要領 数学 第3 3
(2) **数学を活用して問題解決する方法を理解するとともに**、自ら問題を見いだし、解決するための構想を立て、実践し、その過程や結果を評価・改善する機会を設けること。
- * 高等学校学習指導要領解説 数学編 理数編(p.46)
「数学 I」においても、可能な範囲で具体的な問題の解決を通して、このような**統計的探究プロセスを経験させる**ようにする。

小学校学習指導要領解説

算数編pp.309-310(第6学年D(1)ア(ウ))

ウ 目的に応じた統計的な問題解決の方法

第5学年では、統計的な問題解決の方法を知り、考察することを学習してきている。統計的な問題解決とは、以下に述べる「問題-計画-データ-分析-結論」という五つの段階を経て問題解決することである。

- ① 身の回りの事象について、興味・関心や問題意識に基づき統計的に解決可能な問題を設定すること
- ② 見通しを立て、どのようなデータを、どのように集めるかについて計画を立てること
- ③ データを集めて分類整理すること
- ④ 目的に応じて、観点を決めてグラフや表に表し、データの特徴や傾向をつかむこと
- ⑤ 問題に対する結論をまとめるとともに、さらなる問題を見いだすこと

第6学年では、身の回りの事象について、統計的な問題解決の方法で考察していくことでその方法への理解を深めるとともに、目的に応じてデータを収集したり適切な手法を選択したりするなどについて理解し、このことができるようにしていく。

例えば、図書の貸し出し状況について調べたい場面があるとする。「貸し出し状況について」といった漠然とした目的では統計的に解決していくことが難しい。そこで、具体的な問題として目的を明確にする。貸し出し状況の何を調べ、その結果どうしたいのかということである。それにより、データの収集や手法の選択が異なってくるからである。

小学校学習指導要領解説

算数編pp.309-310(第6学年D(1)ア(ウ))

先の例では、「物語や科学，図鑑といった分類別のどの本を充実させたらよいか。」というような問題を設定した場合には，それぞれの項目の本が何冊借りられたのかというデータを収集することになる。そのような質的データに対しては，表や棒グラフをかいたりして分類整理や視覚化し，分析していく。

また，そのようなデータを量の大小で分析するのではなく，割合の見方で分析したい場合には，それを帯グラフや円グラフに表すことも考えられるし，異なる項目間での関係について考察したい場合は，二次元の表にまとめることになる。

「毎月何冊借りられているのか。」「去年から貸し出し冊数はどのように変化しているのか。」というような問題を解決したい場合には，時系列順のデータを収集することになる。そのようなデータに対しては，表を作ったり折れ線グラフをかいたりして分類整理や視覚化し，分析していく。

「借りる数が多い児童と少ない児童がいるので，その傾向を調べたい。」というような分布を調べたい場合はその観点でデータを収集し，度数分布表や柱状グラフをつくって分析していくことになる。

このように，目的に応じて収集するデータが異なることや，それにに応じて分析する手法も異なることを知ることが大切である。

また，統計的な問題解決の対象は不確実な事象であることから，確定的な結論は得られないため，問題解決の過程や結論についても振り返り，妥当性を考察したり，改善する余地がないかを検討したりすることの大切さについても指導する。

統計的に問題を解決する方法を知ること (方法知)

- * 「方法知」とは、ライル(1987)が提唱した知識の一種。「内容知」(knowing-that)と「方法知」(knowing-how)を区別し、内容知は真偽で評価し得る知識であるのに対して、方法知はいつどんな風に振る舞うかに関する知識の総体である。
(ライル,G.(1987). 坂本百大・宮下治子・服部裕幸(訳)『心の概念』. みすず書房. p.27)
- * 「本来的には「できる」ことを意味する方法知ではあるものの、学習指導とその研究においては、方法知を言語化した知識という狭義の部分を対象とする」(上山, 2016)ことが妥当であろう。
(上山伸幸. (2016). 「方法知のメタ認知を促す話し合い学習指導の研究」. pp.7-8.)

方法知と批判的思考

G.ライル(1987)

※方法知

- 方法論とはその方法の適用がすでに存在しているということを前提としており、むしろ**その適用を批判的に探究した結果得られるものである。**

Wild & Pfannkuch(1999)

※PPDACサイクル

- **PPDACサイクルの遂行に批判的な態度(Scepticism)が影響する**



批判的思考を重視する.

- 自他に対して偏りなく多面的に考察すること

(中1 総合的な学習の時間 「仮説検証」)

中1 数学科 単元「データの分布と予測」

時	教材	習得する知識等と活用する知識等 [ICT等]	重視する相
1	ルーラー (データ収集)	データ収集の仕方	PrPID
2	キャッチ (自分の位置)	ヒストグラム,中央値,平均値,外れ値,度数折れ線	ACPr
3	(クラス比較)	中央値,平均値,最頻値,範囲,代表値の特徴[電卓]([stathist])	AC
4	(男女比較1)	層別,度数折れ線,説明[Excel,stathist,PowerPoint(以下,PP)]	AC
5	(男女比較2)	相対度数,説明 [Excel,stathist,PP]	
6	図書館,ランチハンバーグ	代表値の特徴の再整理,度数折れ線[電卓]	AC
7	小指 (既存仮説の検証)	度数折れ線,相対度数,代表値等,説明 [Excel,stathist,PP]	PrDACPr
8,9	ギャップ (新仮説設定と検証)	層別,度数折れ線,相対度数,代表値等,説明[Excel,stathist,PP]	PrPIDAC
10	お小遣いアップ大作戦	累積度数,累積相対度数([stathist])	PrAC
11	方法知のまとめ	統計的に問題解決する方法(方法知)	PrPIDAC
12	いかさまダイス	(質的データの)相対度数,折れ線グラフ,統計的確率[電卓]	PrDA
13	貸し出し靴	相対度数を確率とみなすこと,意思決定 [電卓]	PrPIDAC

藤原大樹. (2019). 「生徒の活動を通じた統計的問題解決に関する方法知の特定」.

日本科学教育学会年会論文集. 43. pp.227-230.

単元「データの分布と予測」で どのような教材を扱ったのか

ルーラーキャッチ, 図書館, ランチハンバーグ

<https://kyozai-db.fz.ocha.ac.jp/downloadpdfdisp/525>

小指ギャップ

<https://kyozai-db.fz.ocha.ac.jp/search/detail/330>

お小遣いアップ大作戦

<https://kyozai-db.fz.ocha.ac.jp/search/detail/289>

いかさまダイス

<https://kyozai-db.fz.ocha.ac.jp/search/detail/325>

貸し出し靴

<https://kyozai-db.fz.ocha.ac.jp/search/detail/290>

方法知をどう同定し，整理していったのか

- ① 中学校第1学年の生徒1クラスを対象とし，単元「データの分布と予測」の「データの分布」の学習後（第11時）に，A3版の用紙にPPDACサイクルを上手に遂行するための自分なりのワザを記述してもらおう。生徒は，ノートを読み返して授業を思い出しながら，50分間で会話せずに記述する（学習活動かつ非関与調査）。
- ② PPDACの各相「問題」「計画」「データ」「分析」「結論」で欄を分けて記述させる。（とはいえ，生徒にはPPDACサイクル自体は明示的に教えてないので，異なる欄への記述も許容する。）
- ③ 記述があれば「方法知を自覚化している」とみなす。
- ④ 生徒各自の記述で，似たものは統合し，“桁”を揃える。
- ⑤ PPDACの各相に対応させ，記号化して表に整理する。

「統計的問題解決のワザカード」(A3)への記述例

【結論】 分析した結果から結論を得たり説明したりときには、どんなことに気を付けるとよいだろうか？

グラフでは...

- 人数が違うときは、相対度数で表すのが良い。
- 階級幅を小さくするとかたがたの山になってしまうので、ある程度の中幅で1つの山にして表すとわかりやすい。
- 多くの集団がある場合は、度数折れ線にとり読み取りやすい。
- グラフを複数だして、比較おと根拠が伝わりやすい。
- 大きな差がある場合には、差を明確に、グラフで表すとわかりやすい。

説明では...

- 具体的な値や差を使って説明することで、信頼度を増す。
- 代表値(平均値、中央値、最頻値)を表す。

Conclusion

整理するとき...

- まず、グラフの階級幅を決めて、その階級幅のデータを読み取る。

↳ 階級幅のちがうデータ同士を比較しても良いが、詳しくが変わったりするだけなので、違う表し方のグラフを比較した方が読み取りやすい。

分析するとき...

- 2つのグラフを見比べる。⇒ グラフによつて見やすさが異なる
- いくつデータがある場合には、ヒストグラムより、相対度数グラフや、度数分布多角形で表すと比較や分析しやすい。

【問題】 新たな問題や仮説を立てるときには、どんなことに気を付けるとよいだろうか？

- 今までの問題を踏まえて、新たな問題や仮説を立てる。
↳ 今までのわかたことから、考えられそうなことなどを参考にする。
- 今までのデータからわかたことから、「～と～は、関係しているのか」などの関連性や、つながりのある新しい問題をつると、今までの事が生かされた統計的問題解決となる。

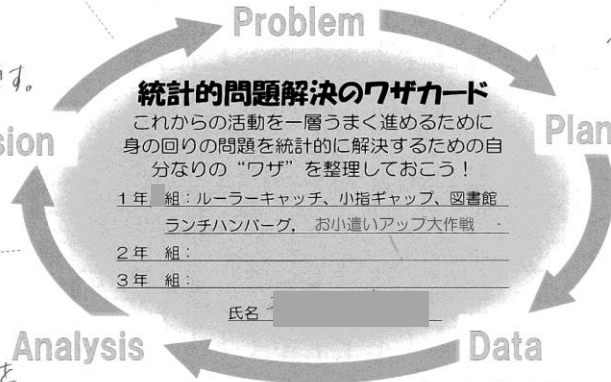
【計画】 データ収集や分析の計画を立てるときには、どんなことに気を付けるとよいだろうか？

- データ収集は、時間がかかたり移る場合も考えられるので、余裕を持って収集する。

- ～データ収集～
- 対象の人を考える。
↳ 対象の人というのは、年齢や性別、人数なども決めておく、分析の計画を立てるときに役立つ。
 - ルールを決めて、実際に自分でやってみて、不備がないか確認する。

～分析の計画～

- どのようにデータを集計するかを考えて、集計方法まで明確にしておく。
- どのような結果となるのか予想をつけておく、実際に出たときに、(結果が)自分の考えと比較しやすい。



【分析】 データを整理したり分析したりするには、どんなことに気を付けるとよいだろうか？(例:「こんなときにはこうする」など)

【データ】 実際にデータを収集するときには、どんなことに気を付けるとよいだろうか？

Problem

◦ 今までの問題を踏まえて、新たな問題や仮説を立てる。
 ↳ 今までわかったことから、考えられそうなことなどを参考にする。

◦ 今までのデータからわかったことから、「 \sim と \sim は、関係しているのか」などの関連性や、つながりのある新しい問題をつくと、今までの事が生かされた統計的問題解決となる。

【計画】 データ収集や分析の計画を立てるときには、どんなことに気を付けるとよいだろうか？

Plan

◦ 対象の人を考える。
 ↳ 対象の人というのは、年齢や性別、人数なども決めておく、分析の計画を立てるときに役立つ。
 ◦ ルールを決めて、実際に自分でやってみて、不備がないか確認する。

Data

◦ データ収集をおくときには、まずルール(設定)を明らかにし、どのデータも同じ方法でとられるようにする。
 ⇒ 条件を変えてはいけない。

Analysis

◦ 2つのグラフを見比べる。⇒ グラフにより、見やぶりが異なる
 ◦ いくつもデータがある場合には、ヒストグラムより、相対度数グラフや、度数分布多角形で表すと比較や分析しやすい。

【データ】 実際にデータを収集するときには、どんなことに気を付けるとよいだろうか？

探究のための 方法知の 自覚化へ

説明では...
 ◦ 具体的な値や差を使って説明することで、信頼度を増す。
 ◦ 代表値(平均値、中央値、最頻値)を表す。

Conclusion

方法知をどう同定し整理していったか

新たな視点

⑥ 「内容知と関連が強い方法知」と「内容知との関連が弱い方法知」があるのではないか・・・！ それぞれどの相に集まっているか？

・内容知と関連が強い方法知の記述例（内容知：グラフ）

Analysis

2つのグラフを見比べる。⇒グラフによって見やぶりが異なる
・いくつもデータがある場合には、ヒストグラムより、相対度数グラフや、度数分布多角形で表すと比較や分析しやすくなる。

・内容知と関連が薄い方法知の記述例

Data

データ収集をおとすには、まずルール（設定）を明らかにし、どのデータも同じ方法でとられるようにする。
⇒条件を変えてはいけない。

方法知をどう同定し整理していったか

新たな視点

⑦ 全国の小学校算数科，中学校数学科，高等学校数学科のそれぞれによって，これらの方法知は

- ・経験させたい・触れたい方法知 (△印)
- ・(経験させる・触れるだけでなく)指導したい方法知 (○印)
- ・必ず身に付けたい方法知 (◎印)
- ・実行できて当たり前である方法知 (☆印)
- ・扱わない方法知 (—印)

があるのではないかと？ 異校種で議論し，前述の表に書き込む。

⑧ これらを明らかにしていくことで，「算数・数学科でこそ重視して指導したい方法知」とそうでもない方法知の境界が見いだせるのではないかと？

→「算数・数学科で統計の何を学ぶべきか」の議論進展へ

「統計的問題解決に関する方法知」の系統 (ver.1)

お茶の水女子大学附属学校園連携研究算数・数学部会

別紙の手順で、「統計的問題解決に関する方法知」の系統 (ver.01) を公開する。下の表中の記号は、次の意味である。

全国の小中高で、経験させたい・触れたい (△) / 指導したい (○) / 必ず身に付けたい (◎) / 当たり前 (☆) / 扱わない (ー)

表中の記号について、小学校教員と中学校教員と大学教員とで構成された「小中グループ」(岡田・河合・久下谷・大塚・松本・加々美)と、中学校教員と高等学校教員と大学教員とで構成された「中高グループ」(藤原・松嶋・阿部・十九浦・三橋・吉田)とに分かれ、各方法知が小中高ではどの記号が付くのかをそれぞれで検討した。この結果を受けて、中学校の教科部会(大塚・藤原・松嶋・松本)で中学校にはどの記号が付くかを検討した。各グループおよび中学校教科部会での検討は学年によっても異なることから、なかなか困難であった。

初めて公開する今回は、敢えて暫定的な見え消し版として ver.1 を公開し、参加者の皆様から多種多様なご意見やご質問を賜りたい。

なお、表の右端の「高」の「他」は、数学科以外の教科等(例えば、理科、情報科、総合的な探究の時間など)での扱いを表している。

	小	中	中	高		小	中	中	高
《中学校数学科の内容知との関連が強い方法知》	算	数	数	数	《中学校数学科の内容知との関連が弱い方法知》	算	数	数	数 他
					Pr1: 経験と照らして問題・仮説を設定する.	△	○	◎	ー (◎)
					Pr2: 問題・仮説の目的や理由を明確にする.	△	○	○	ー (◎)
					Pr3: それまでの不十分な点や実験等の失敗・課題を基に新たな問題を設定する.	△	○	○	ー (◎)
								◎	
					Pr4: 問題・仮説の対象を明確にする.	△	◎	◎	ー (◎)
					Pr5: 結論の予想を立てる.	△	○	◎	ー (◎)
P13: ある程度多くのデータを収集する.	○	○	◎	○	P11: データ収集のルール・条件を揃える.	△	○	(◎)	ー (◎)
					P12: 目的に合ったデータを収集する.	○	◎	◎	△ (○)
					P14: 分析の方法を計画する.	△	○	◎	◎ ー
					P15: 複数回実験して平均するなどしてデータにする.	△	○	○	ー (◎)
					P16: データの条件を変えるときは少しずつする.	△	△	(◎)	ー ー
					P17: 処理のしやすさを考慮してデータを集める.	△	○	(○)	ー (○)
					P18: 層別のために項目の分類をする.	○	◎	◎	ー (○)
D2: データの値の有効数字を揃える.	ー	○	○	◎	D1: 信用できるデータを丁寧に収集する.	○	○	○	ー (○)
A1: 目的に合った代表値を選ぶ.	◎	◎	◎	☆	A8: データを多面的に分析する.	○	◎	◎	◎ ◎
A2: 多くの集団を比較するために度数折れ線や相対度数折れ線を用いる.	ー	◎	◎	☆	A9: 必要に応じてデータを層別して分析する.	○	○	○	○ ◎
					A10: 作業を効率化するためにソフトを使う.	△	○	○	○ ◎



内容知との関連が強い方法知

内容知との関連が弱い方法知

「問題」の相

「計画」の相

「データ」の

相

「分析」の相

「結論」の相

	《中学校数学科の内容知との関連が強い方法知》				《中学校数学科の内容知との関連が弱い方法知》					
	小	中	中	高	小	中	中	高	他	
	算	数	数	数	算	数	数	数		
					Pr1: 経験と照らして問題・仮説を設定する。	△	○	◎	-	(◎)
					Pr2: 問題・仮説の目的や理由を明確にする。	△	○	○	-	(◎)
					Pr3: それまでの不十分な点や実験等の失敗・課題を基に新たな問題を設定する。	△	○	○	-	(◎)
					Pr4: 問題・仮説の対象を明確にする。	△	◎	◎	-	(◎)
					Pr5: 結論の予想を立てる。	△	○	◎	-	(◎)
P13: ある程度多くのデータを収集する。	○	○	◎	○	P11: データ収集のルール・条件を揃える。	△	○	(◎)	-	(◎)
					P12: 目的に合ったデータを収集する。	○	◎	◎	△	(○)
					P14: 分析の方法を計画する。	△	○	◎	◎	-
					P15: 複数回実験して平均するなどしてデータにする。	△	○	○	-	(◎)
					P16: データの条件を変えるときは少しずつする。	△	△	(◎)	-	-
					P17: 処理のしやすさを考慮してデータを集める。	△	○	(○)	-	(○)
					P18: 層別のために項目の分類をする。	○	◎	◎	-	(○)
D2: データの値の有効数字を揃える。	-	○	○	◎	D1: 信用できるデータを丁寧に収集する。	○	○	○	-	(○)
A1: 目的に合った代表値を選ぶ。	◎	◎	◎	☆	A8: データを多面的に分析する。	○	◎	◎	◎	◎
A2: 多くの集団を比較するために度数折れ線や相対度数折れ線を用いる。	-	◎	◎	☆	A9: 必要に応じてデータを層別して分析する。	○	○	○	○	◎
A3: 分布を見るために度数分布表やヒストグラムをつくる。	◎	◎	◎	☆	A10: 作業を効率化するためにソフトを使う。	△	○	○	○	◎
A4: 山の形がわかりやすくなるようにヒストグラム等の最初の階級や階級幅を調節する。	△	○	◎	☆	A12: 複数の集団は共通点と相違点で分析する。	○	○	○	☆	☆
A5: データの個数が異なる集団を比較するために相対度数を用いる。	-	◎	◎	☆	A15: データの抜けや重複の有無を再確認する。	◎	◎	☆	☆	☆
A6: 外れ値かどうかや外れ値があれば除くべきかを検討する。	△	○	○	◎	A18: 分析が目的に合っているか見直す。	△	○	◎	◎	◎
A7: データのうち前半と後半のどちらに所属するかを見るために中央値を用いる。	○	◎	◎	☆						
A11: データの散らばり具合を調べるために平均値や最頻値、相対度数を用いる。 ※高校では分散や標準偏差	△	◎	◎	☆						
A13: 階級幅によって最頻値が変わるので注意する。	-	○	○	☆						
A14: 最小値付近の部分に着目したいときに累積度数や累積相対度数を用いる。	-	◎	◎	☆						
A16: 基準の値があればその値をヒストグラムなどの階級値や階級の境目の値にする。	-	○	△	-						
					C1: 結論の根拠を複数示す。	-	○	◎	◎	◎
					C2: 結論の根拠に代表値の値を明示する。	◎	◎	◎	◎	◎
					(C3: 結論の根拠に代表値同士の差を明示する。)	-	△			
					C4: 感情や先入観を排除されているか確認する。	△	◎	◎	○	○
					C5: 目的に沿って結論を出す。	◎	◎	◎	◎	◎
					C6: 実験等の失敗などの不十分な点も示す。	△	○	◎	◎	◎
					C7: 説明には専門用語を正しく用いる。	◎	◎	◎	◎	◎

研究の成果

【研究の成果】

- 生徒の記述を基に、中学校第1学年の「統計的問題解決に関する方法知」を同定し、PPDACサイクルの各相に関連付けて整理した。また、上記の方法知について、「各校種で指導するかどうか等を異校種の教員で検討し、系統案のたたき台(ver.1)を作成した。
→どの学年で重点的に指導すべきかを議論するための資料に！
- 「統計的問題解決に関する方法知」には、「内容知との関連が強い方法知」と「内容知との関連が弱い方法知」とに分けられることがわかった。「統計的問題解決に関する方法知」はPPDACサイクルの「分析」の相に多い。
→算数・数学科とそれ以外の教科で、学習すべき方法知はそれぞれ何なのかを議論するための資料に！

研究の成果

【今後の課題】

- 「統計的問題解決に関する方法知」の定義を明確化すること。
- 同学年での追調査等による精度の向上，一般化を検討すること。
→系統ver.2へ
- (可能なら)他学年・他校種で実施して，表を更新すること。
→系統ver.2へ