教職開発研究　第４号　2021　11－22

統計的問題解決力を育成する算数科授業の開発（1）

― 低学年の発達に応じた蓋然性を含む遊びを活かした学習材に着目して ―

辰崎　　圭・松浦　武人

Development of Arithmetic lessons to develop statistical problem-solving skills (1)
― Focusing on learning materials that make use of play, including the probability of developing in the lower grades ―

Kei TATSUZAKI and Taketo MATSUURA

Abstract: The purpose of this treatise was to develop elementary school mathematics lessons that foster statistical problem-solving skills. In Japan, statistical problem-solving is performed using the PPDAC cycle, which is carried out from the 5th grade, but overseas, statistical education linked to probability is provided from the lower grades of elementary school. In Japan, we also developed learning materials using rock-paper-scissors play, which is a phenomenon familiar to children, and put it into practice in the third grade. in order to develop the ability to solve statistical problems from the lower grades. As a result of protocol analysis and descriptive analysis of children, it was found this learning materials was generally effective. This suggests that there is a possibility of developing statistical problem-solving skills from the lower grades.

Key words: Statistical problem-solving ability from lower grades, PPDAC cycle, Statistical probability, Probability, Play
キーワード：低学年からの統計的問題解決力，PPDAC サイクル，統計的確率，蓋然性，遊び

１．問題の所在と現状

1-1　問題の所在と現状

（1）日本の統計教育の現状

中央教育審議会答申（2016）では，「社会生活などの様々な場面において，必要なデータを収集して，分析し，その傾向を踏まえて課題を解決したり意思決定をしたりすることが求められており，そのような能力を育成するため，高等学校情報科との関連を図りつつ，小・中・高等学校教育を通じて，統計的な内容等の改善について検討していくことが必要である」と示している。また，算数・数学ワーキンググループ（2016）における審議の取りまとめでは，「統計教育の改善の方向性として，統計的な問題解決の充実を図ること」が示され，その中で特に，「統計的な問題解決の方法を知り，意思決定につなげること」と「統計的な分析結果などを多面的・批判的に考察すること」の２つが重視されている。「統計的な問題解決の方法を知り，意思決定につなげること」に関して，小学校学習指導要領解説算数編（2017，以下「29年解説」とする）では，「Ｄデータの活用」領域を新設し，「内容知」と「方法知」の各側面で重視されたものとなり（柗本，2019），特に「方法知」の側面で，必要なデータを収集・分析し，その傾向を踏まえて問題解決をするという統計的な問題解決を重視している。

（2）統計的な問題解決過程

Wild & Pfannkuch（1999）は，統計的な問題解決の過程を統計的探究プロセス PPDAC（以下，「PPDAC サイクル」と記す）と示し，以下のような図にまとめている（図１）。

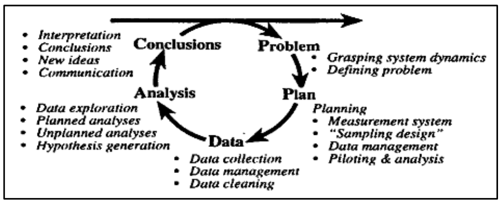

図１　PPDAC サイクル（Wild & Pfannkuch, 1999）

図１が示すように，「PPDAC サイクル」とは，「問題（Problem）－計画（Plan）－データ（Data）－分析（Analysis）－結論（Conclusion）」という五つの段階

を経て，統計的に問題解決することである。文部科学省（2017）は，各過程の内容を表１のようにまとめている。また，これらの一連のプロセスは，「問題」から「結論」に向けて一方向で進んでいくものではなく，相互に関連し，行き来しながら進むものであるとしている。

表１　「PPDAC サイクル」の段階と内容
（文部科学省，2017）

段階	内　　容
問題	身の回りの事象について，興味・関心や問題意識に基づき問題を設定すること
計画	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
データ	データを集めて分類整理すること，
分析	目的に応じて，観点を決めてグラフや表に表し，特徴や傾向をつかむこと
結論	問題に対する結論を得ること

1-2　統計的な問題解決における課題

（1）統計的な問題解決における問題①：第5学年以降での「PPDAC サイクル」

「統計的な問題解決の方法」に関しては，小学校第５学年及び第６学年の内容として，「29年解説」に明記されおり，第５学年で「PPDAC サイクル」を用いた指導を行うことになっている。知識・技能の内容として，第５学年「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を知ること」，第６学年では「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」と示されている（文部科学省，2017）。また，「データの活用」領域の先行研究においては，統計的な問題解決に関わる系統性から，第５学年統計的な探究の方法を理解する段階，第６学年統計的な探究の方法を使いこなす段階として捉えられている（信州大学教育学部附属松本学校園，2017）。これらのことから，第５学年では，「PPDAC サイクル」を知る段階とし，第６学年で「PPDAC サイクル」を基に児童が全てのサイクルを回していくことをねらいとしていると考えられる。

これまで，日本の統計教育は，グラフや表といった指導内容である「内容知」の知識・技能に重点を置いた指導が行われてきた現状もあり，第５学年から「PPDAC サイクル」を意識し，その定着を図ることは困難を生じると考えられる。具体的な児童の実態について，筆者の研究実践から述べる。第５学年において，「PPDAC サイクル」における「問題」，「計画」，「結論」段階に焦点を当て，青山（2013）の「PPDAC サイクル」の各プロセスのレベルを設定した評価を用いて，児童が統計的な問題解決ができたか分析を行った。その結果，「問題と計画」，「問題と結論」，「計画と結論」の段階のレベルには，有意水準5％において，各相関係数0.6以上の高い正の相関が認められた。これらのことから，統計的な問題解決における「問題」と「計画」段階で「統計的な問い」をもつことが「結論」を表出することに関係があると考えることができる。これらの相関に関連して，どちらの段階にも，目標を達成できていない児童が14.8％（４名）いることが分かった。この４名の児童は，同じ児童であり，それぞれの段階に高い正の相関があることから，「問題」段階で，問いを具体化できない児童は，「計画」段階で，具体的なデータの収集方法を考えることができず，結論を表出することができないことにつながっていると考えられる。

統計的問題解決力の育成に関して，川上（2017）は，統計的な問題解決のスパイラルな取り扱いについて，「『データの活用』領域の内容を見ると，上記の PPDAC サイクルの５つの活動をスパイラルに学んでいくことを意図としていると捉えられる」と述べている。また，青山（2017）は，低学年からの統計的問題解決について，「第４学年以降で特にみられるが，第３学年まで扱わないという趣旨ではなく，低学年では自身で問題解決を展開することは難しいとの配慮から，身の回りの事象を題材とした簡易的な問題解決から始め，徐々に問題解決の色を濃くしていくことが想定されていると捉えるべきであろう」と述べている。しかし，中学年での授業実践を通しての統計的問題解決力への指摘として，「PPDAC の探究サイクルに基づく日本の中学年児童を対象とした授業実践においては，問題を定めること，調査対象や調査項目の設定，授業で扱うデータの選定及び変換，結論のまとめ方など，随所において，細やかな配慮が必要である」（青山・小野，2016）ことも述べている。

「29年解説」において，低学年の学習においては，「児童にとって身近な題材に注目し，関係するデータを整理しながらデータの特徴を捉えることを中心に行う」（文部科学省，2017，p.68），また中学年の学習においては，「身近な題材から問題を設定する活動や，その問題に対して集めるべきデータとその集め方などについても徐々に扱っていく」（文部科学省，p.68）と示されている。このことから，統計的問題解決力の育成の課題として，低学年から計画的・段階的に，統計的探究プロセスの経験を積み重ねていくこと，そして，低学年の発達段階に応じた展開が必要となることがあ

げられる。転じれば，低学年においては，自身で問題解決は展開することは難しいが，身の回りの事象を題材とし，簡易的な問題解決を行うことができれば，統計的問題解決力の育成が可能となることを示唆していると考える。

（2）統計的な問題解決における課題②：ニュージーランドにおける統計教育との比較

深澤（2007）は，統計教育カリキュラムの国際比較研究において，「ケンブリッジ国際試験2005年 A－level 数学ではニュージーランドの生徒が世界１位，2006年 IGCSE 数学でもニュージーランドの生徒が世界１位などの実績をあげている」と述べており，その背景には，ニュージーランドの統計教育が非常に充実していることをあげている。その特徴の１つとして，小学校低学年から継続的に繰り返し，確率と連動した統計教育を行い，統計の重要性を強く認識した数学教育を実施していることがあげられる。以上の統計的問題解決における２つの問題点から，低学年から系統立てた統計的問題解決の必要性があげられる。

２．本研究の目的

本研究では，低学年の段階から統計的問題解決力を育成する意義を算数・数学の枠組みから整理するとともに，児童の実態を踏まえながら，確率と連動した統計に関する身の回りの事象を題材とした学習材を開発し，実践的検討を通して，その有効性を検証することを目的とする。

３．研究の内容・方法

3-1　本研究における統計的問題解決力

本研究では，「統計的問題解決力」を「PPDAC サイクルを用いて，統計的な問題を解決する力」と定義することとする。

3-2　統計的問題解決力を育成する意義

（1）算数・数学の枠組みにおける統計

柗本（2019）は，「統計的な問題解決の方法を単元計画や各授業に位置付ける際に，『数学的活動』との関連性を検討する必要がある」と述べている。「29年解説」では，「数学的活動」は，「事象を数理的に捉えて，数学の問題を見いだし，問題を自立的，協働的に解決する過程を遂行すること」と定義されており，以下に示す図２の「算数・数学の学習過程のイメージ」における「算数・数学の問題発見・解決の過程」の２つのサイクルを回す活動にあたる。特に，統計的な問題解決の方法は，図２のうち，現実の世界を通る過程（プロセス）になる（柗本，2019）ものであり，上述した定義から，「統計的問題解決力」は，算数・数学において育成する意義があるといえる。

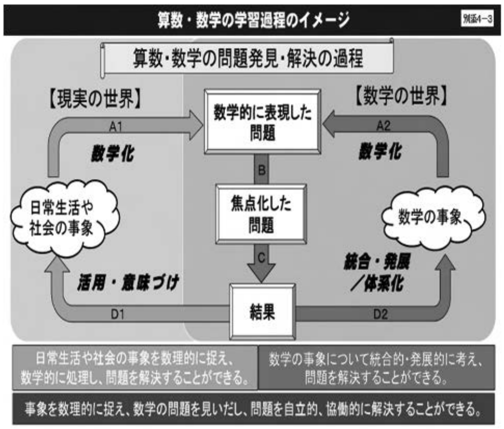

図２　「算数・数学の学習過程のイメージ」
（文部科学省，2017）

（2）資質・能力の育成を目指す「逆向き設計」論

学習材開発を通した統計的問題解決力の育成に向け，新たなカリキュラムや評価指標が必要となる。その作成にあたり，ウィギンズ・マクタイ（2012）が提唱している「逆向き設計」論が有効である。「逆向きの設計」論とは，「単元設計（「ミクロの設計」）を行う際，また，年間指導計画や教育課程全体の設計（「マクロの設計」）を行う際に，「求められている結果（目標）」「承認できる証拠（評価方法）」「学習経験と指導（授業の進め方）」の三つを三位一体のものとして考える点にある。（図３）」と述べている。つまり，目標となる資質･能力を設定し，評価方法を考え，そこから，授業実践を考えることができる。本稿では，統計的問題解決力のカリキュラムや評価指標の開発に用いることとする。

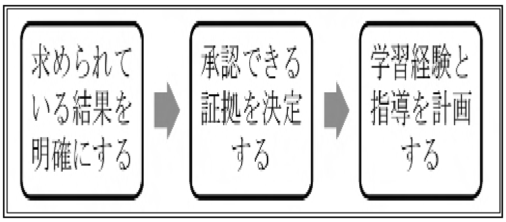

図３　「逆向きの設計」の三段階
（ウィギンズ・マクタイ，2012）

4．算数科教育における教材開発

本章では，低学年から統計的問題解決力を育成することを目指した学習材開発に向け，以下の視点から学習材開発の方向性について考えていくこととする。
①「数学的活動」の視点
②「幼小の連携における蓋然性を含む遊び」の視点

4-1　数学的活動

中央教育審議会答申（2016）では，「事象を数理的に捉え数学の問題を見いだし，問題を自立的，協働的に解決し，解決過程を振り返って概念を形成したり体系化したりする過程」といった算数･数学の問題発見･解決の過程を，「数学的活動」と定義している。資質･能力が育成されるためには，学習過程の果たす役割が重要であり，PPDAC サイクルを用いた問題解決を行う意義となる。また，低学年の数学的活動について，清水（2017）は，「下学年に特徴的な活動として，身の回りの事象を観察したり，具体的な操作等，小学校に固有の行為を行ったりする活動を位置づけられた。このような活動を通して，数量や図形を見いだし，それらに進んで関わっていく活動が明確に位置付けられたことは，幼小の連携という意味でも大きなことがらである」と述べ，身の回りの事象から幼小の連携を意識した学習材を開発することの必要性を指摘している。

4-2　幼小の連携における遊び

低学年では，自身で問題解決を展開することは難しく，身の回りの事象を題材とし，簡易的な問題解決を行うことができれば，統計的問題解決力の育成の可能性がある。低学年における身の回りの事象における学習材開発においては，幼小の連携を行う中で，小学校以前に何を重視し，教育を行っているかを知ることが有効である。また，中教審答申（2016）では，「幼稚園教育で育みたい資質・能力」について，「幼児の自発的な活動である遊びや生活の中で，感性を働かせてよさや美しさを感じ取ったり，不思議さに気付いたり，できるようになったことなどを使いながら，試したり，いろいろな方法を工夫したりすることなどを通じて育むことが重要」と示されている。また，幼稚園教育要領解説（2018）では，小学校教育との円滑な接続に向け，「幼児期の終わりまでに育ってほしい姿」の中で，「数量・図形，標識や文字などへの関心・感覚」が示されており，算数科との接続が意識されている（文部科学省, 2018）。これらのことから，幼児教育の活動は，「遊びや生活」の中で行われることを前提として，数量や図形等への関心・感覚を育むことで，資質・能力の育成を目指していることが分かる。

生活は，身の回りの事象との関連を考えることができるが，「遊び」とはどのようなものなのだろうか。「遊び」の定義について，R. Caillois（1990）は，遊びを以下の６つに分類し，活動を示している。

①自由な活動：すなわち，遊戯者がそれを強制されないこと。もし強制されれば，たちまち遊びは魅力的で愉快な楽しみという性質を失ってしまう。
②隔離された活動：すなわち，あらかじめ決められた厳密な時間及び空間の範囲内に制限されている。
③未確定の活動：すなわち，ゲーム展開が決定されていたり，先に結果がわかっていたりしてはならない。相違の必要があるのだから，ある種の自由がかならず遊戯者の側に残されていなくてはならない。
④非生産的な活動：すなわち，財貨も富も，いかなる種類の新要素も作り出さないこと。遊戯者間での所有権の移動をのぞいて，勝負開始時と同じ状態に帰着する。
⑤規則のある活動：すなわち，約束ごとに従う活動。この約束ごとは通常法規を停止し，一時的に新しい法を確立する。そしてこの法だけが通用する。
⑥虚構の活動：すなわち，日常生活と対比した場合，二次的な現実，または明白に非現実であるという特殊な意識を伴っていること。（※下線筆者）

これらの６つの活動の中で，③「未確定の活動」から，未確定さを含む遊び（ゲーム）の要素を学習材に取り入れるという示唆を得た。

4-3　蓋然性

「未確定の活動」に関わり，統計教育では，未確定さを，不確定な事象である「蓋然性」として捉えている。蓋然性とは，「①ある事が実際に起るか否かの確実さの度合い②確率」(新村出, 2006)を意味している。また，確率については，「ある一つの事柄が起こりうる可能性を数で表したものを確率といい，これを算数では『確からしさ』といっていた」(日本数学教育学会, 2011）とあり，蓋然性は，確からしさを表すものである。池田（2019）は，「統計の学習では，答えが一つに定まる事象ではなく，ばらつきが生じる事象を対象としている。算数の学習では，答えが一つに定まる事象を対象にすることを中心にしているため，ばらつきの生じる事象には，『答えが定まらない』から問題にならないという意識を持ちやすい」と述べており，ばらつきとは，不確定な事象であり，蓋然性と同義であると捉えることができる。つまり，統計とは，事象の起こりうる蓋然性である確からしさを，確率を用いて

数量的に表し，そこから分析し，結論を考察することであると捉えることができる。

礒田・萩原（2012）は，「統計学は客観的でも，利用は目的がなければできない。その目的に，蓋然的な科学性を重ねることも資料の活用である。そして，蓋然性（確からしさ）を議論することである」と述べている。このことから，学習材開発においては，活動の目的を明確にし，実験を通して，その蓋然性を議論できるものとすることが大切であるという示唆を得た。

4-4　遊び（ゲーム）と確率

統計的問題解決力の育成に向け，「蓋然性を含む遊び（ゲーム）」について検討する。子供達にとっての遊びとは，様々な種類が存在する。その中で，「数学的に価値があり，子供達が経験・理解している遊び」という条件が必要となるだろう。古藤（1972）は，確率の指導を行う中で，蓋然性について，「児童の疑問や体験を元に，具体的操作を通し，蓋然性を数理化するアイデアを理解させる必要がある。」と述べており，不確定性である蓋然性を含めた遊び（ゲーム）は，確率の教材との関連がある。片桐ら（1967）は，「確率の実験的指導」において，釘，画鋲，硬貨，サイコロ，電話帳の番号を用いている。梶光雄ら（1977）は，不確定な事象を的確に判断していくちからをどのように育てたらよいかについて，確からしさの指導の学年系統化を求めて中で，くじ，じゃんけん，玉おとし，カードとり，などの教材を用いている。松浦（2006）は，不確定要素を含む遊びの経験と確率判断の実態について横断的に考察し，「不確定要素を含む遊びの経験値（経験の頻度を数量化した値）は年齢の上昇に伴って増加する傾向があること，遊びの素材により経験値に差があること」を指摘しており，「形成したい確率概念の内容と学習目標の系統一覧」では，低学年では，じゃんけんやくじ引きを扱っている。これらのことから，低学年からの統計的問題解決力の育成に向け，蓋然性を含む遊び（ゲーム）として，じゃんけんという遊びを学習材にすることの示唆を得た。

4-5　学習材開発のまとめ

低学年から統計的問題解決力育成を目指した学習材の開発に向け，①「数学的活動」の視点，②「幼小接続における蓋然性を含む遊び」の視点，という視点から学習材開発の方向性について考察を行った。その結果，「幼小連携を踏まえ，じゃんけんという不確定性を含む遊び（ゲーム）を素材とし，PPDAC サイクルを用いて，活動の目的を明確にし，実験を通して，その蓋然性を議論できるもの」にするという示唆を得た。これらの考察結果を踏まえ，学習材開発を行うこととした。

5．実態調査

本章では，児童の統計的問題解決力の素地として遊びの経験となる発達に関する実態調査について，調査の目的，調査問題の構成，調査の方法，調査結果を示す。また，実態調査の結果をもとに，学習材開発への示唆とする。

5-1　実態調査の目的

児童の統計的問題解決力の素地として遊びの経験となる発達に関する実態調査を行う目的を以下に示す。

【調査の目的】

低学年から統計的問題解決力の素地として遊びの経験となる発達に関する実態を把握し，小学校低学年段階における統計的問題解決力の育成を意図とした学習材開発への示唆を得る。

【目的の具体】

目的①　統計的問題解決力の素地となる実態を把握する。

目的②　不確定要素を含む遊びやゲームの生活経験の実態を把握する。

5-2　実態調査の方法

調査目的と関連させ，調査問題の内容を設定する。

（1）遊びの経験に関する実態調査

遊びの経験に関して，松浦（2006）は，不確定要素を含む遊びの経験と確率判断の実態について調査を行っており，その際の質問項目を参考にした調査問題（表２）を作成した。これらの質問項目について，「1. よくある」「2. ときどきある」「3. あまりない」「4. まったくない」の４件法で回答を得た。調査問題は，2020年７月20日に，Ａ小学校（第３学年２学級64名）を対象として行った。調査の制限時間は設定していないが，被経験者自身が問題を読み進める形態で実施し

表２　調査問題の質問項目

番号	質問項目
1	じゃんけんをしてあそんだ。
2	トランプであそんだ。
3	サイコロをころがしてあそんだ。
4	おかね（コイン）をころがしたり，なげたりして，おもてがでるか，うらがでるかをみた。
5	くじびきであそんだ。

た。両学級とも，一単位時間内で，実施している。

（2）遊びの経験に関する実態調査結果

調査問題は，不確定要素を含む遊びやゲームの生活経験を問うものである。結果を表3，図4に示す。

表3　調査問題の質問項目ごとの結果（N=64）

質問項目	よくある	ときどきある	あまりない	まったくない	合計
1.じゃんけんをしてあそんだ	46	11	6	1	64
2.トランプであそんだ	38	15	8	3	64
3.サイコロをころがしてあそんだ	13	25	21	5	64
4.おかね（コイン）をころがしたり，なげたりして，おもてがでるか，うらがでるかをみた。	13	13	10	28	64
5.くじびきであそんだ。	14	22	22	6	64

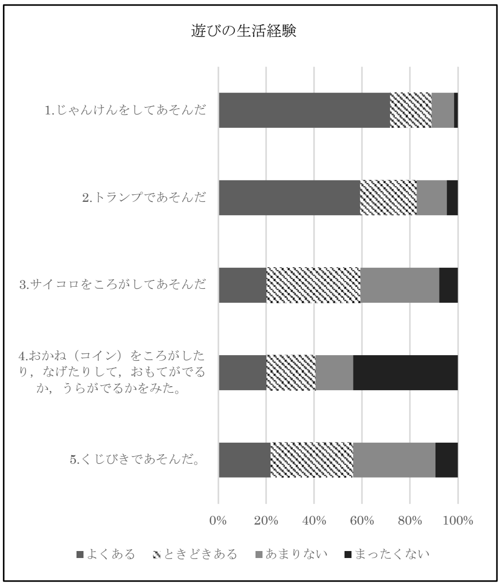

図4　遊びの経験に関する実態

調査結果から，遊びの経験として，じゃんけんが多いことが分かったため，その結果を受け，じゃんけんに関する追調査として，質問6，7を実施した。質問6，7は，2020年7月22日に，質問1～5と同様に，A小学校（第3学年2学級64名）を対象に行った。質問6，7の質問項目と結果を，表4，表5に示す。

表4　質問6の項目と結果（N=64）

質問項目	かならずある	ときどきある	あまりない	まったくない	合計
6. わたしはじゃんけんがかちやすい。	12	40	11	1	64

表5　質問7の項目と結果（N=64）

質問項目	グー	チョキ	パー	わからない	合計
7. じゃんけんでかちやすいのは○○だ。	24	15	11	14	64

質問6の結果から，児童の約80％が，「じゃんけんが勝ちやすい」というという質問項目において肯定的な回答をしていることや，質問7の結果から何らかの勝ちやすい出し方があると考えていることが分かった。これらの児童の遊びの経験の実態や認識を踏まえて学習材を開発する必要があると考えた。

（3）じゃんけんに関する先行研究

じゃんけんについて，確率論で考えるならば，グー，チョキ，パーのどの出し方も全て同じ確率で起こると仮定し，3分の1であるとされる。これに対し，じゃんけんに関する先行研究として，芳沢（2007）は，「じゃんけん必勝法」という論文において，実際に児童が試行する場合において，じゃんけんの出し方に関するデータを分析し，その結果から，「グーが出る確率35.0％，チョキが出る確率31.7％，パーが出る確率33.3％（有意差あり）」となることから，勝つためには，「ひたすらパーを出す」という法則を述べている。調査の背景として，「大学入試の数学問題において，コインの表裏の確率はどちらも2分の1であること，サイコロで出る目の確率はどれも6分の1であること，これらは暗黙の了解として仮定に含まれている。その一方で，じゃんけんのグー，チョキ，パーの確率をそれぞれ3分の1とする仮定を述べている入試問題は，見たり見なかったりであった」と述べている。この論に対して，小川（2013）は，実際に子供たちが試行するじゃんけんの場合は，実験の結果から，「じゃんけんは相手の行動や癖を読んで行う『心理ゲーム』である」と述べた。これらの指摘をもとに，本研究では，蓋然性を含む統計的確率を用いる視点から，実際に児童がじゃんけんを試行する際にくじ引きのようにカードを引いてじゃんけんを行うことによって，じゃんけんの出し方に意図や思考を反映させることができないようにした。

6．研究の仮説及び検証の視点と方法

6-1　研究の仮説

研究仮説を「じゃんけんの勝ちやすさに関する統計的問題解決を可能とする学習材を用いた実践を行えば，統計的問題解決力を育成することができるであろう」と設定した。

6-2　検証の視点と方法

検証の視点と方法を表6に示す。

表6　検証の視点と方法

検証の視点	方法
○　開発した学習材は，統計的問題解決力の育成に有効であるか。	・プロトコル分析 ・ワークシート記述分析

7．授業の概要

授業の概要を以下に示す。

○期間　令和２年７月29日～令和２年７月31日
○対象　広島県内Ａ小学校
　　　　第３学年（1学級32人）
○単元名　表とグラフ（データの活用領域）
○目標
　身の回りの事象について，表や複数のグラフを用いて，データの特徴や傾向を捉え，考えたことを表現することができる。
○学習指導計画

時	学習内容
1	統計的問題解決の方法について知る。
2	表やグラフに表されたデータの個数に着目して，じゃんけんのどの勝ち手の数がどの程度多いかという事象の特徴を考える。【本時】
3	前時の学びを活かし，統計的問題解決力について振り返る。

8．授業の分析と考察

8-1　検証：開発した学習材は，統計的問題解決力の育成に有効であるか。

本項では，新たな学習材が統計的問題解決力の育成に有効であったかを見取るため，VTR から作成したプロトコル分析と板書，児童の解決過程が記述されているワークシートの内容を基に分析し，検証を行う。T は教師，C は児童，CC は多人数の発話やつぶやきを示し，番号は T，C，CC で全て通して示している。また，（　）内は，児童の行動を示している。

第１時では，統計的問題解決の方法について知ることをねらいとした。具体的には，PPDAC サイクルを提示し，具体的な事例を基に，その過程について知ることをねらいとした。第２時では，じゃんけん遊びを題材とし，それに関わる疑問や質問から，統計的問題解決過程を踏まえた授業を行った。第３時では，第２時の授業を通して学んだことや今後に活用できそうなことについて振り返りを行う時間とした。

本稿では，統計的問題解決力の育成に向け，特に，第２時に焦点を当て，分析を行う。以下，PPDAC サイクルの各段階に基づいて，分析・考察を行う。

(1)「問題」段階

P：「問題」段階では，児童に身近な遊びであるじゃんけんを素材として，児童の遊びに関する実態調査の結果に基づき，問題設定を行った。じゃんけんに対する素朴な疑問から，統計的に解決できる問い（以下，統計的な問い）の表出に向け，アンケート結果（図５）を見ながら，「今からアンケートの結果を見せるけど，ふしぎだな，えっ？って思うことを見付けながら聞いてね」と指示し，疑問や質問の表出を行うことで，児童から「じゃんけんで勝ちやすい出し方はグー，チョキ，パーどれも同じなのか？」という統計的な問いの表出を行うことができた。

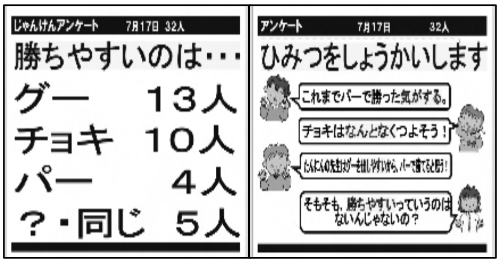

図５　じゃんけんに関する児童の意識調査の結果

(2)「計画」段階

「計画」段階では，統計的な問いを解決するために，試行の方法や回数についての見通しを立て，どのようなデータを，どのように集めるかのかについて計画を立てた。計画を立てるにあたり，「勝ちやすい」や「勝ちやすさが同じ」という確からしさについて問い，児童と合意形成を行うことで，解決の見通しをもつことができた。以下，「計画」段階のプロトコルを示す。

C42：同じってどういうことですか？
C43：うん，どういうこと？（略）
T46：今，C42さんが，勝ちやすいのが同じってどういうことっていったんだけど。（略）

C49：ええと，勝つ数が多いってこと。
C50：でも，人によって違うんじゃない？
T51：例えば，パーが４で，グーが13だったら，
C52：グーが勝ちやすい
C53：でも，パーかもしれんよ。
T54：どういうこと？
C55：グーが勝つって自分だけが思ってるだけかもしれんじゃん。
C56：思い込み
T57：なるほど，思い込みじゃなくて，どれが勝ちやすいが分かるために，どうやって調べたらいいの？
C58：実際にやってみないと
C59：じゃんけんをする
C60：ほんとにやってみないと分からない。
T61：せっかくだから，つぶやきだけじゃなくて，広げてごらん。
C62：実際に，今じゃんけんをやる。
C63：今やってほうがいい。今やりたい。（略）
T66：もう一つ，C42さんが心配してたこと。勝ちやすいのが同じってどういうこと？
C67：もしかしたら…
T68：もしかしたら，いいね。みんなに教えてあげて。
C69：もしかしたら，グー，チョキ，パーの数の勝つ数が同じになるってこと。
T70：繰り返せる？
C71：全部勝った数が同じになるってこと。

この段階で，児童は，自分でじゃんけんをすることを想定している。しかし，以下の発言によって，自分でじゃんけんをすることの課題を考えることとなった。

C72：でもね。たぶん，ずっと同じのを出し続けたら弱点もある。グーを出し続けたら，負けるのも勝つのも多くなるんじゃない？（略）
T75：その人は，グーを応援したくなるよね。ずっと出し続けたくなるか。
C76：なるなる。

C72の児童の発言から，自分でじゃんけんをするのではなく，２人組で紙袋に入れたグー，チョキ，パーの３枚のカードを引き，あいこの場合は袋に戻し，勝つまで出し直すというルール確認を行った（図６）。また，試行の回数も，話合いの中で決定していった。本学級では，50回，100回という意見が多かったため，ペア事に勝った出し方の回数を正の字で集計し，全体の合計で，１回目は50回，２回目は100回という展開となった。確からしさを数値で表したものが確率であるという統計的確率の観点から，大数の法則につながる素地指導となる。

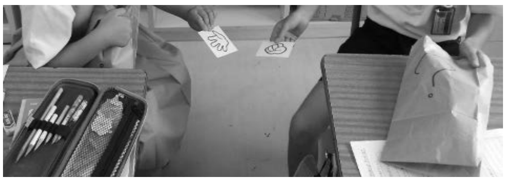

図６　２人組でのじゃんけんの試行

(3)「データ」段階

「データ」段階では，データを集めて分類整理することを行った。第２学年までのグラフに関する既習内容である情景図，絵グラフの経験から，勝った出し方を板状のピースを１つずつ積み上げていき，棒グラフの作成を行った（図７）。

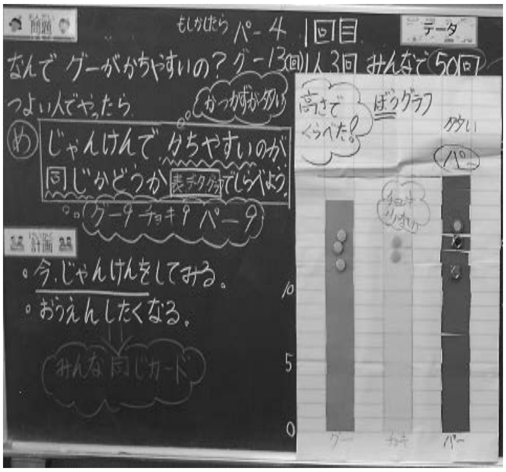

図７　作成した棒グラフ

(4)「分析」段階

「分析」段階では，作成した棒グラフを基に，じゃんけんの勝ちやすい出し方を調べるという目的に応じて，棒グラフの項目間の比較による特徴や全体の傾向をつかむための分析を行った。グラフを根拠として多面的に考え，相互に伝え合ったりできるようにすることをねらいとしている。以下に，「分析」段階のプロトコルを示す。

C175：意外とパーが勝ちやすかった。もしかしたらじゃなかった。
T176：それは面白いな。どこみていってるの。（略）
C181：パーで勝った回数が一番多くて，チョキで勝った回数が一番少ないからです。
C182：同じです。２番目はグー。
T183：C181さんの分析は納得できる？
C184：納得できる。
T185：どこで比べたの？
C186：グラフの高さ。
T187：なるほど，グラフの高さで比べたのね。（略）
C193：先生！チョキ，グー，パーが，２個ずつ増えてる。
T194：なるほど，おもしろいね。
C195：勝ちやすいのは，パー。

C196：でも！まだ決めちゃだめ。
C197：そうだね。だって，100回するから。

C181の発言に対して，「どこで比べたのか」という問いによって，グラフを用いた分析の有用性を感じることができると考える。また，グラフの項目間を比較し，数量の大小だけでなく，その差に着目する児童も現れた。作成したグラフに見られた特徴や統計量などをまとめるだけに留まるのではなく，設定した問題に対して適切な結論をまとめるため，さらなる試行の必要性に関する発言が表出していることが分かる（C196，C197）。２回目は，全体で100回の試行を行った。ただし，回数が増えるため，ここではICT 機器を活用し，各ペアの回数を集計し，合計した数値からグラフを自動的に作成できるソフトウェアを用いた（図８）。その際にも，グラフの高さを比較する部分を隠しておき，グラフの見方を意識させる指導を行った。

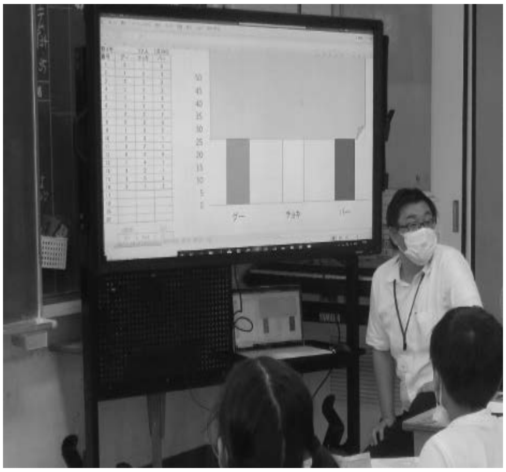

図８　ICT 機器を活用したグラフ

T202：じゃあ，みんなで100回するためには，１人何回すればいいの？
C203：６回くらい。
C204：さっきの倍。
T205：１人６回，じゃない，ペアで６回だな。（略）
C206：６回もできるかな？
C207：６回しかしなくていいの？
T208：ペアで６回して，みんなで100回するのね。
C209：先生！プラス３回するの？
T210：おお，それは大事だね。どうする？
T211：さっきの３回に３回増やす？それとも，新しく６回する？（略）
（増やすは，２ペア，多くが新しく６回を希望）
T213：じゃあ，新しく６回してみましょう。記録を忘れないでね。
C214：でも，さっきの50回の記録は残してほしい。

児童の中に，１回目の記録と２回目の記録は異なるものであるという意識が表出しており（C214），試行回数を増やすことで，目的に応じた試行を行うことができた。

(5)「結論」段階

「結論」段階では，問題に対する結論を得ることに加え，PPDAC サイクルの過程を振り返りながら，新たな問いを引き出すことをねらう。目的に応じ，現時点で最善解である仮の結論を生み出し，学習の過程と成果を振り返り，よりよく問題解決できたことを実感したりする機会を設ける。以下に，「結論」段階のプロトコルを示す。

（２回目の試行，全体で100回のグラフを見ながら）
C237：チョキが一番多い？
C238：えっ，グーが多い？
C239：いや，パーも同じくらい。
C240：さっきは，パーが多かったのに，チョキが多くなった。
C241：やっぱり勝ちやすいのはないんじゃない？
T242：１回目の結果と２回目の結果，きみたちはどっちを信頼するの？
CC　：２回目
T244：なぜ？どうして？
C245：100回やってそうなったから。数が多い方が信用できる。
C246：たしかに，数が多い方が信頼できるね。
T247：50回より，100回やって方が信頼できるってことなのか。これ，納得の人手をあげてごらん。
（CC：ほとんど全員が上げる。）（略）
T252：じゃあ，とりあえず，100回までの結論を，一応出しておこう。（略）
C255：じゃんけんで勝ちやすいのはチョキです。
C256：検証の結果
T257：この結論で納得できる人？
（半々くらい）（略）
C261：そのときの運で数が変わるかもしれないから，はっきりとしない。
T262：はっきりとしないんだったら，どの位やったら納得するの？
C263：もう100回。
C264：無限にやってもだめ。（略）
T268：君たち，50回より100回の方が納得できるんだろ？
C269：今回は100回で正しいって言って納得だけど
C270：じゃあ，一人12回やったらいいんじゃない。
C271：200回ってこと
T272：200回ではっきりする？
C273：うん。
C274：いや，何回やってもはっきりしない。

「１回目の結果と２回目の結果，きみたちはどっちを信頼するのか（T242）」と問うことにより，グラフの比較からの多面的に思考を促した。２回目の結果か

ら，仮の結論をまとめるが「勝ちやすいのは○○である」に留まるのではなく，「この結論で納得できるか（T257）」という過程を振り返り，「もっと回数を増やす（C263，C270）」などの新たな問いも含めたものをまとめとした。目的や題材によっては，「はっきりしない」という結論を導出する場合もあるが，「どのデータやグラフからそれが分かるのか」と問い返し価値付けることで，データやグラフを根拠として用いた結論となる。

T279：このクラスの結果を小学校のみんなに伝えてもいい？（略）
C282：だめ！だって，その結果まだ正確じゃない。
C283：だって，うそかもしれんじゃん。
C284：このクラスの結果じゃし。
T285：そうか，まだうちのクラスの結果だからか。

PPDAC サイクルの過程を振り返りながら，仮の結論から新たな問いを表出するための手立てとして，「このクラスの結果を小学校のみんなに伝えてもいい？（T279）」という問いを行った。この問いが新たな問いを表出し，次のサイクルの原動力となった。次時では，新たな問いに基づいて学習活動を行い，学習の振り返りを行った（図９）。

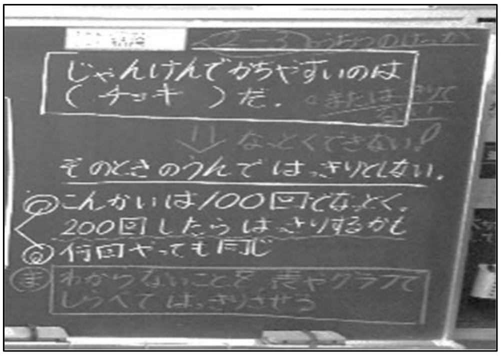

図９　「結論」段階における板書

（6）事後テストの具体と結果

事後テストは，統計的問題解決力を分析的に捉える方法として，評価指標を用いて，評価基準（規準）を設定する「逆向きの授業設計論」に基づいた学習材が有効であったかを分析するために行った。事後テストは，PPDAC サイクルの段階ごとに，設問を作成している。なお，１つの調査問題によって PPDAC サイクルの遂行を包括的に捉えることも考えられるが，ある段階で思考が止まってしまった場合，その先の段階の遂行状況を判断できなくなる。そこで調査問題を，各段階のうちの「計画」，「分析」，「データ」段階に焦点を当てたもの（事後テスト①），「分析」，「結論」段階に焦点をあてたもの（事後テスト②）を作成した。評価は，各段階のレベルⅡ～レベルⅢを目標達成，レベルⅠ・無回答は，目標未達成と設定した（評価指標の具体は資料をご参照いただきたい）。レベルⅢを３点とするように，各レベルを点数化し，平均値も求めている。事後テスト①，②の具体を，図10，図11に，結果を，表７に示す。

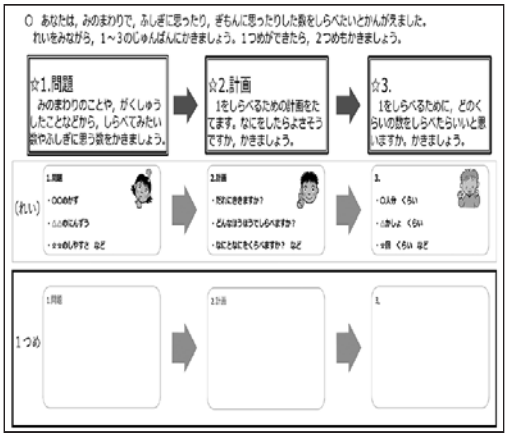

図10　事後テスト①

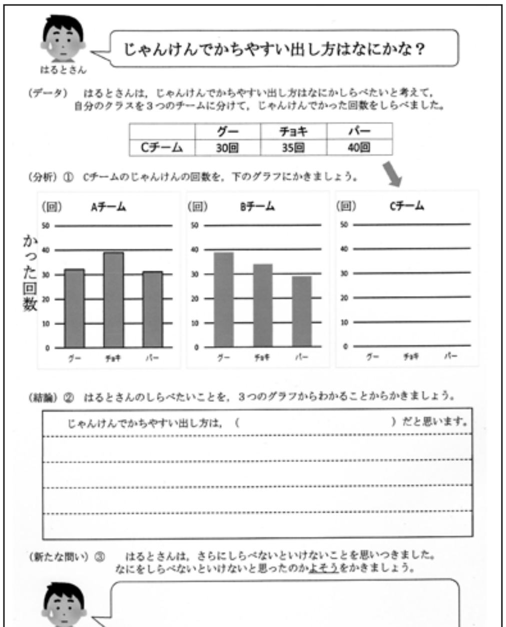

図11　事後テスト②

表７　事後テスト①②の結果（N=32）

	事後テスト①			事後テスト②	
	問題	計画	データ	分析	結論
レベルⅢ	24	22	21	31	25
レベルⅡ	5	6	5	0	3
レベルⅠ	3	4	6	1	4
無回答	0	0	0	0	0
合計	32	32	32	32	32
平均値	2.66	2.56	2.47	2.94	2.66

事後テスト①②の結果（表７）から，どの段階でも，レベルⅡ，レベルⅢの児童が約80％を超えていることが分かる。特に，「問題」と「分析」段階では，約90％の児童が目標達成しており，統計的問題解決力育成が概ねできていると考える。以上の「プロトコル分析」，および「事後テスト」の分析から，じゃんけんという遊びを素材とし，PPDAC サイクルに基づき，目的を明確にし，試行を通して，蓋然性含んだ遊びを活かした学習材は，統計的問題解決力の育成に概ね有効であると考える。一方で，レベルⅠの児童が，各段階にいることも分かる。その要因については，今後の検討課題とする。

９．研究の成果と課題

9-1　研究の成果

本研究では，開発した学習材を用いた実践開発を行うことで，第３学年の統計的問題解決力の育成に概ね有効であることが分かった。このことは，低学年からの統計的問題解決力の育成への可能性を示唆しているものと考える。

9-2　研究の課題

本研究では，第３学年において統計的問題解決過程を用いて実践を行った結果，特定の段階に課題があることが明らかになった。対象を変え，その段階や接続に焦点を当てた改善を検討し，追研究を行う。

謝　辞

本研究を進めるにあたり，ご協力いただいたＡ小学校の先生方・児童の皆様に深く感謝申し上げます。

引用・参考文献

青山和裕（2013）．「資料の活用」領域における指導の充実に向けて－探究プロセスに関するスパイラル指導の確率との関連付け－．日本数学教育学会誌．第96号，pp.43-46.

青山和裕・小野浩紀（2016）．多変数を扱う小学　校算数での統計授業について．日本数学教育学会誌．98(8)，pp.3-10.

青山和裕（2017）．小学校における統計教育の充実－統計的な問題解決の活動の具体化に向けて－．初等教育資料，平成29年５月号（No.953），pp.88-91.

R. Caillois（1990）．多田道太郎・塚崎幹夫訳．遊びと人間．講談社学術文庫，p.40.

中央教育審議会（2016）．幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について，pp.141-143.

中央教育審議会(2016)．算数･数学のワーキンググループにおける審議の取りまとめ，p.9.

中央教育審議会（2016）．「算数・数学の学習過程のイメージ」．
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/053/siryo/__icsFiles/afieldfile/2016/12/12/1380468_3_4_2.pdf（令和２年５月11日確認）

深澤弘美（2007）．初等・中等統計教育カリキュラムの国際比較研究－ニュージーランドにおける統計教育カリキュラム－．日本数学教育学会誌．第89号．pp.39-48

池田敏和（2019）．データの活用．新しい算数研究．３月号．No.578，p.97.

礒田正美･萩原正太(2012)．教育科学数学教育12月号．No.662，pp.106-109.

梶光雄・岩田義孝・川瀬喜生ほか（1977）．不確定な事象を的確に判断していくちからをどのように育てたらよいか　確からしさの指導の学年系統化を求めて．日本数学教育学会誌59巻８号，pp.155-157.

片桐重男・佐藤晋作・筒井安雄（1967）．確率の実験的指導．日本数学教育学会誌49巻８号，pp.120-127.

川上貴（2017）．平成29年度版学習指導要領改訂のポイント 小学校算数．明治図書，p.23.

古藤怜（1972）．確率の指導．日本数学教育学会誌．算数教育．54巻．６号，pp.94-98.

拾元新一郎（2019）．小学校算数・中学校数学「データの活用」の授業づくり．明治図書，p.11，13，14.

松浦武人（2006）．初等教育における確率概念の形成を意図した学習材の開発研究．広島大学学術情報リポジトリ．
https://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/files/public（令和２年５月11日確認）

文部科学省(2017)．小学校学習指導要領解説 算数編．東洋館出版社，p.23，68，271，306.

文部科学省（2018）．幼稚園教育要領解説，p.68.

日本数学教育学会（2011）．算数教育指導用語辞典第四版．教育出版，p.231.

新村出（2006）．広辞苑第五版．岩波書店，p.439.

小川嗣夫（2013）．ジャンケンの研究．京都学園大学人間文化学会紀要（31），pp.27-37.

清水美憲（2017）．平成29年版小学校新学習指導要領ポイント総整理 算数，東洋館出版，pp.49-50.

信州大学教育学部附属松本学校園（2017）．新算数教育研究会．第42回セミナー要項，pp.66-68.

ウィギンズ，G. & マクタイ，J.（2012）．西岡加名恵（訳）．理解をもたらすカリキュラム設計．「逆向き設計」の理論と方法．日本標準，pp.21-22.

Wild, C. J. & Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry. International Statistical Review. 67(3), pp.223-265.

芳沢光雄（2007）．じゃんけん必勝法．THE NIKKEI MAGAZINE．12月号

資料：統計的問題解決力　PPDAC サイクルに基づく段階的評価指標（小学校低学年～）

※文部科学省（2017），青山（2013）を基に筆者作成

	段階	Problem	段階	Plan	段階	Data	段階	Analysis	段階	Conclusion
	活動内容	・問題の把握・問題設定	活動内容	・データの想定・収集計画	活動内容	・データ収集・表への整理	活動内容	・グラフの作成・特徴や傾向の把握	活動内容	・結論付け・振り返り
	内容詳細	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	内容詳細	②見通しを立てて，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	内容詳細	③データを集めて分類整理すること	内容詳細	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	内容詳細	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
小学校低学年用からの「評価指標」（筆者）	レベルⅠ	取り組む問題は，始めから統計的な問題になっており，対象とするデータも定まっている。あるいは，日常の事象に関連する質問をすることができない。	レベルⅠ	問題に対し，データ収集の方法や計画をすることができない。または，始めから定まっている。	レベルⅠ	指示されたデータを扱う。あるいは，データ収集や表への整理ができない。データ数がレベルⅡ未満である。	レベルⅠ	あらかじめ定められたグラフにまとめることができない。	レベルⅠ	設定した課題に対して，作成したグラフに見られた特徴や統計量などをまとめることができない。
	レベルⅡ	統計的ではない一般的な問題から始まり，統計的な問題ではないが関連する質問をすることができる。	レベルⅡ	集めやすいデータを対象として，集計方法などに注意して集める。	レベルⅡ	変数１～２項目で，データ数も12～29件程度の身近なデータを扱う。	レベルⅡ	あらかじめ定めらたグラフにまとめたり，統計量を求める。	レベルⅡ	設定した問題に対して，作成したグラフに見られた特徴や統計量などをまとめる。
	レベルⅢ	統計的ではない一般的な問題から始まり，関連する質問から統計的な問題へと設定していく。	レベルⅢ	問題に対し，統計的に調査することができるデータ収集方法を計画する。	レベルⅢ	変数１～２項目で，データ数も50件程度の身近なデータを扱う。	レベルⅢ	データの特性と分析目的に応じて適切な１つのグラフや統計量の分析に用いる。	レベルⅢ	設定した問題に対して，作成したグラフに見られた特徴や統計量を基に，適切な結論をまとめる
	レベルⅣ	統計的ではない一般的な問題から始まり，統計的な問題へと設定していく。	レベルⅣ	結果に影響しそうな変数を自ら想定し，収集方法についての検討する。	レベルⅣ	変数３～５項目程度，データ数も50～200件程度の現実のデータを扱う。データのクリーニングを行う。※ ICT 活用を想定	レベルⅣ	データの特性と分析目的に応じて適切な複数のグラフや統計量の分析に用いる。	レベルⅣ	設定した問題に対して，適切な結論をまとめるとともに，さらなる問題を見いだしている。
	レベルⅤ	一般的な問題から始まり，統計的な仮説検定ができる形での問題を設定する。	レベルⅤ	標本調査によるデータ収集方法を計画する	レベルⅤ	ビッグデータなど多項目，大容量のデータを扱う。	レベルⅤ	データの背景情報に関する知の創造を行う。	レベルⅤ	より自分の主張が伝わりやすい表現方法を工夫しまとめる。