

《研究ノート》

統計的探究プロセスを基盤にもつ絵本のストーリーの評価 ～統計的探究プロセスで働かせる考え方や能力のフレームワークの視座から～

佐々木 隆宏 (現代教育研究所研究員 茨城キリスト教大学文学部)

佐々木 郁子 (現代教育研究所研究員 東京経営短期大学こども教育学科)

1. 本研究の背景及び目的と方法

佐々木・佐々木 (2018) は Wild & Pfannkuch (1999) による統計的探究プロセスの素地的な学習に絵本を用いることの可能性を示唆し、佐々木・佐々木 (2019) において統計的探究プロセスを基盤にもつ絵本のストーリー (以下、ストーリーとよぶ) を社会構成主義の視座から構成した。ストーリーは統計的探究プロセスを構成する五つのフェーズ (問題 (Problem), 計画 (Plan), データ (Data), 分析 (Analysis), 結論 (Conclusion)) に基づいて構成されているが、ストーリーを用いた学習の意義について十分な検討がなされていないことから、統計的探究プロセスのフェーズに沿っているだけに過ぎない。したがって、ストーリーにしたがった活動は、統計的思考を育成するための素地的な活動になっているのだろうかという問題が生じる。Wild & Pfannkuch (1999) は、ストーリーの基盤にある統計的探究プロセスに沿った学習過程において働かせる考え方や能力を四つの次元で捉えている。次元1は「探究サイクル」であり、次元2は「思考のタイプ」、次元3は「尋問的サイクル」、次元4は「気質・態度など」である。佐々木・佐々木 (2019) においてストーリーが検討されたのは、ストーリーが統計的探究プロセスに沿っているかであり、それは次元1について検討されたに過ぎない。そこで、佐々木・佐々木 (2019) によって構成されたストーリーを、次元2から次元4の枠組みを用いて評価することが本研究の目的である。

研究の方法は、はじめにストーリーの評価の枠組みを明確にするために、Wild & Pfannkuch (1999) による統計的探究プロセスに沿った学習過程において働かせる考え方や能力の分類 (次元1から次元4) のうち、主に次元2から次元4について概観する。次元1は統計的探究プロセスを構成するフェーズに関する内容であり、次元2から次元4は次元1の各フェーズを通して統計的な問題解決を行うのに必要な考え方や能力に関する内容である。次に、ストーリーに沿った活動を行った結果について、そこで働く考え方や能力を、次元2から次元4の視座から考察する。

2. Wild, C.J. & Pfannkuch, M. による経験的探究における統計的思考

Wild & Pfannkuch (1999) は、統計学を専攻する学生や統計の専門家に対するインタビューにより、統計的探究プロセスを分析し、その際に働かせる考え方や能力を四つの次元で捉えられるとしている。

(1) 次元1：探究サイクル

次元1は、統計的探究プロセスを構成する、問題 (Problem), 計画 (Plan), データ (Data), 分析 (Analysis), 結論 (Conclusion) の各フェーズの内容・機能に関する内容である (表1)。統計的探究

プロセスは、各フェーズの頭文字をとって、PPDACプロセスとよばれることもある。

表1. 次元1の内容 (Wild & Pfannkuch (1999, p.226) をもとに作成)

問 題	現実世界の問題をデータに基づいて統計的に解決可能な問題へと定式化する
計 画	収集するデータの種類や、データ収集の方法を考える
デ ー タ	データを収集し、集計を行う (データクリーニング等も含む)
分 析	統計的手法を用いて表現、処理し、収集したデータの特徴や傾向を読み取る
結 論	分析結果に基づいて最初の問題に対する答えを導き、根拠を示しながら伝える

(2) 次元2：思考のタイプ

次元2は「思考のタイプ」であり、統計的探究プロセスにおいて働く統計的な見方・考え方に関する内容である。内容は「統計的文脈で適用される一般的な思考のタイプ」と「統計的思考に対する基本のタイプ」に分類される。次元2の内容を表2に示す。

統計的文脈において適用される一般的な思考のタイプには戦略的な思考、説明を追求する思考、モデリングの思考、技術・技能を応用する思考がある。これらの中でも技術・技能を応用する思考は、既知の問題解決のツールや経験と照らし合わせ、それらと同じであることを認識し、目の前にある課題に対して応用し、その結果を解釈するという「認識→応用→解釈」の3段階で示される。これらは統計的文脈において一般的に発揮されるものである。

次に、統計的思考に対する基本のタイプには、データの必要性の認識、データ表示の変換、変動の考察、統計的モデルによる推論、統計的な内容と文脈的な内容の統合がある。この中でも特に、統計的な内容と文脈的な内容の統合は、統計領域と文脈領域を行き来しながら思考するとしている。また、統計的探究プロセスにおける「問題」から「計画」の移行は、「着想→おおまかな問い→緻密な問い→データ収集のための計画」の過程から構成され、各段階には統計的知識と文脈的知識が関わるとしている。初期段階には文脈的知識が多くを占めるが、思考が結晶化されるにつれて統計的知識が貢献するようになる。

表2. 次元2の内容 (Wild & Pfannkuch (1999, p.226) をもとに作成)

【1】 統計的文脈において適用される一般的な思考のタイプ		
2-1	・戦略的な思考	<ul style="list-style-type: none"> ・ある課題を攻略する方法を計画する。 ・諸課題を下位の諸課題に分解する。 ・下位の課題の締切期限を設定する。 ・仕事を分割する。 ・問題点の発生を予測し、それらを避ける計画を立てる。 ・様々な制約を認識し、計画する際に考慮に入れる。など
2-2	・説明を追求する思考	<ul style="list-style-type: none"> ・問題場面に関する変数、因果関係、ばらつき等を可能な限り捉えた上で、予測したり、説明したり、制御したりする。
2-3	・モデリングの思考	<ul style="list-style-type: none"> ・統計的モデルを作成し、ふるまいを理解し、予測する。
2-4	・技術・技能を応用する思考	<ul style="list-style-type: none"> ・典型の認識と利用、問題解決の道具の利用 ・「認識する→応用する→解釈する」の3段階

【2】 統計的思考に対する基本のタイプ		
2-5	・データの必要性の認識	・諸決定を作為的に収集したデータに基づかせようとする個人的な体験と逸話的な証拠の不適切さを認識する。
2-6	・データ表示の変換	・あるシステムをよりよく理解したり伝えたりするために、そのシステムの諸側面のデータを表現し、さらに変換する。
2-7	・変動の考察	・不確定な状況下における意思決定において極めて重要な意味をもつ「データのばらつき」について考慮する。
2-8	・統計的モデルによる推論	・既存の統計的モデルを用いて予測や推測をする。
2-9	・統計的な内容と文脈的な内容の統合	・統計的な情報や知識、概念と文脈に関する情報や知識を相互に関連付ける。

(3) 次元3：尋問的サイクル

次元3は、統計的探究プロセスにおいて連続的に絶えず用いられる思考のプロセスに関する内容である。このサイクルは「生成させる (Generate)」「探索する (Seek)」「解釈する (Interpret)」「批判する (Criticise)」「判断する (Judge)」の四つのフェーズから構成され、図1に示すようなサイクルが想定されている。このサイクルは必ずしも四つのフェーズがすべて行われるわけではないが、循環すると考えられている。このサイクルにより、アイデアと情報から、抽出することと捨てることを繰り返しながらエッセンスを要約する。したがって、次元3は統計的探究プロセスの各フェーズ間を行き来する際に働く思考力や能力であるとされる。

統計的探究プロセスの各フェーズを遂行するための思考を起こすために必要なことが「生成させる」である。どの場面で生起するかによって様々な方法が考えられるが、統計的探究プロセスのフェーズ「分析」であれば「計画に基づきデータ処理の方法を考える」などが「生成させる」に該当する。

批判的思考では、内的な参照点と外的な参照点を照らし合わせて、生成、探索、解釈の結果を確認する。内的な参照点は、例えば「問題解決に必要な下位問題に取り組んでいるか」「探究者の感情がデータ収集や分析に影響を与え、探究全体に影響を与えているのではないか」といったように自己の内部に存在する。外的な参照点は、例えば、利用可能な文献に記述されている内容や、(専門家など) 他人の意見などである。批判的思考の最終段階に「判断」がある。

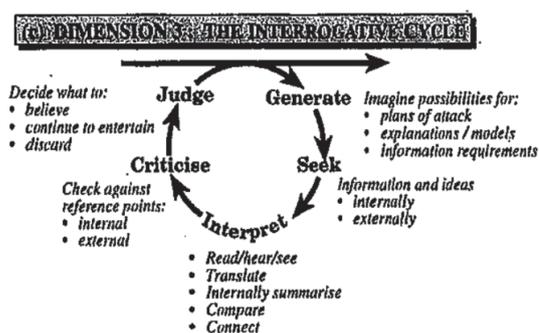


図1. 尋問的サイクル
(Wild & Pfannkuch, 1999, p.226)

表3. 次元3の内容 (Wild & Pfannkuch (1999, p.226) をもとに作成)

3-1	生成させる	「計画・説明・モデル・情報」を生成させる	<ul style="list-style-type: none"> ・「計画を生み出す」「説明を生み出す」「モデルを生み出す」「必要な情報を生み出す」などを考えること。 例) 入手したデータをどのような表に記録するか【データ】 例) 計画に基づきデータ処理の方法を考える【分析】 例) 分析で得られた根拠となる事柄を挙げる【結論】
3-2	探索する	記憶の中から関連のある知識を探索したり、外部の情報源から情報や発想を得たりする	<ul style="list-style-type: none"> ・記憶の中から関連のある知識を探索 (内的な探索) ・外部情報の情報源から知識を探索 (外的な探索) 例) データの記録の仕方についての過去の経験を想起する 例) 根拠となりうる事柄やその示し方についての過去の経験を想起する【結論】
3-3	解釈する	探索の結果得られた情報の解釈	<ul style="list-style-type: none"> ・「読む・聞く・見る→翻訳する→内的に要約する→比較する→関連付ける」という過程を経て加工する 例) 必要なデータと不要なデータを分別する【データ】 例) 生成, 探索の結果を日常的な表現に直す【結論】
3-4	批判する	解釈や判断を内的な参照点や外的な参照点と照らし合わせて確認する	<ul style="list-style-type: none"> ・内的な参照点 (思考の目的・信念体系・感情的反応) ・外的な参照点 (外部からの情報・文献・その他の情報) 例) 定式化した問題に見合ったデータが得られたか, そのデータで納得 (説得) できるかを考える【データ】 例) 定式化した問題に見合ったデータの処理の仕方が, データの解釈に飛躍がないかを考える【分析】
3-5	判断する	何を維持し何を捨てるか, 不確定にせよ何を考え続けるべきか等の判断	<ul style="list-style-type: none"> ・情報の信頼性, アイディアの有用性, 計画の実行可能性 ・要約の正しさ, 文脈的な事柄と統計的な理解との一致, 矛盾する説明の相対的信頼性, 一連の可能性のあるシナリオの中で最も見込みのあるもの, 一層の研究の必要性, モデルの生成や推論に含まれる他の多くの決定。

(4) 次元4：態度

次元4は「態度」であり、統計的探究プロセスを遂行するための態度に関する内容である。具体的には「批判的な態度」, 「想像力」, 「好奇心と注意力」, 「開放的な態度」, 「理解を深めようとする気質」, 「論理的な態度」, 「関心をもつ態度」, 「忍耐力」が挙げられており、それらを表4に示す (Wild & Pfannkuch, 1999)。これらの内容は (一部思考力に関わる内容も含まれているが) 社会情動的スキルあるいは非認知的能力とよばれるものである。社会情動的スキルは、子どもや青年期の若者が現在の社会で成功を収めるために認知的スキルとともに必要なスキルとされている (OECD, 2018)。また、社会情動的スキルはその後のスキル発達に影響を及ぼすとされることから、幼児期に何等かの介入により社会情動的スキルを育成し、スキル発達の基礎を築くとよいとされる (OECD, 2018, p.59)。

表4. 次元4の内容 (Wild & Pfannkuch (1999, p.226) をもとに作成)

4-1	批判的な態度	新しいアイデアや情報を受け取る際に、論理的で、事実に基づく不備に対して絶えず警戒することに関わる。例として「この情報/結論は果たして信頼性があるか」「この情報/結論は正当化されるか」という問いをもつこと。
4-2	想像力	ある状況を様々な観点から眺めること、可能性のある説明を考え出すこと、現象の説明とデータの特徴を混ぜ合わせるなどに関わる。
4-3	好奇心と注意力	問題点に気付き、内的に問うことに関わる。例として「何故か」「それはどのようにして起こったのか」「これはもっと一般的に起こることだろうか」「これをどうしたら活用することができるか」という問いをもつこと。
4-4	開放的な態度	自分の仮定に反する新しい発想や情報に留意し配慮することに関わる。
4-5	理解を深めようとする態度	物事を額面通りに受け取るのではなく、より深く掘り下げる準備に関わる。
4-6	論理的な態度	妥当な結論に到達するための唯一確かな方法である論理的な推論に関わる。
4-7	関心をもつ態度	ある問題あるいは分野に強い関心をもつとき、その問題に関連する経験の周辺部に関する情報に対して、強い感受性と認識力を発揮することに関わる。
4-8	忍耐力	諦めない力は統計的探究プロセス全体を最後まで遂行することに関わる

3. 統計的思考による絵本のストーリーの評価

佐々木・佐々木 (2019) は、統計的探究プロセスを基盤にもつ絵本のストーリーを構成し、そのストーリーを評価している。しかしながら、次元1の視座からのみ評価しており、次元2から次元4の視座からは評価されていない。そこで、佐々木・佐々木 (2019) が構成したストーリー (表5, 表6) に対する第一著者の解決活動を次元2から次元4の観点から検討する。幼児は自らが解決する際に働かせた考え方や能力を言語化することが難しいことから、第一著者が問題解決で働かせた考え方や能力をもとにストーリーを評価することにする。

表5. 統計的探究プロセスを基盤にもつ絵本のストーリー (佐々木・佐々木, 2019)

	フェーズ	ストーリー
1	問題 Problem	統計的に解決可能な問題を明確にする
		文: ねえ これ できる?
2	計画 Plan	調査・実験をどのように行うか計画を立てる
		文: どれ つかう?
3	データ Data	データの収集とデータを加工する
		文: つかう つみきを ぜんぶ あつめてこよう つみきを あつめたら つくって みよう!
4	分析 Analysis	データの分析を行う
		文: つみきは たりた? つみきは たりない? つみきは できたかな?
5	結論 Conclusion	最初の課題に対する結論 (と新たな問題の提示)
		文: つみきが できたね! じゃあ これ できる? (2巡目は書かない)
6	2巡後	文: つぎ は なにを つくる?

表6. ストーリーの概要（佐々木・佐々木, 2019）

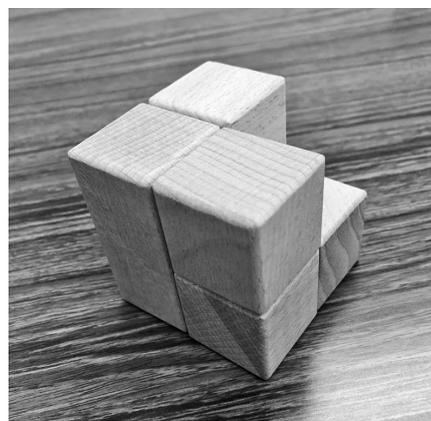
題	名：『ねえ これできる？』
対	象：5歳児（あるいは幼小接続期の幼児・児童）
構	成：問題, 計画, データ, 分析, 結論の五つのフェーズ
内包される要素1	遊びや体験を通して数量や図形に親しむ場面・記述
内包される要素2	(1) 価値ある終点を明確にしている (2) 終点にとっての関連事象を選択する (3) 事象を（線形的に）並べる (4) 同一性を安定させる (5) 連続するフェーズ間の意味的な整合性・接続性がある (6) 区切りを示す
概	要：積み木で遊びながら絵本を読み進める体験型の絵本

まず、第二著者が図2に示す積み木作品を提示し、第一著者がストーリーに沿って積み木の活動を行った。

表5では五つのフェーズを積み木の内容を変えて2回繰り返す内容であるが、本研究では2巡目を想定した1巡のみとする。次に第一著者が解決活動の中でどのように思考したかを書き出した。さらに、書き出された内容を次元2から次元4の視座から分析した。



(a) 使用可能な積み木



(b) 提示された積み木

図2. 提示された積み木作品

4. 結果

提示された積み木作品に対する第一著者の解決過程における思考を表7にまとめる。ここで、表7の中央の列に書かれた言語化された思考が、表2、表3、表4におけるどの分類項目に対応するか示している。次章では、表7の右端の列に記した分類項目を用いて考察を行う。

表7. 積み木問題解決過程における思考

問題	<ul style="list-style-type: none"> ・ (提示された作品を見て) 自分に同じものが作れるのだろうか? ・ 直方体と立方体の組み合わせだ ・ 大小いくつかの直方体を作ればいい ・ 直方体は立方体の積み木がいくつかあれば作れる ・ 積み木の箱の中にはどのような形の積み木があるのか ・ 箱の中にある積み木で足りそうか? ・ 他の積み木は使わなくてもよいか? ・ 必要な積み木が十分にあれば, この写真と同じものが作れそうだ 	4-1 2-1 3-1 3-2 3-3 3-4 3-4 3-5
計画	<ul style="list-style-type: none"> ・ 提示された絵 (文脈) から, どのような形の積み木を何個使うか (数量的な内容) 読み取る必要がある ・ 立方体の積み木だけで作れるか? 足りないのではないか. ・ 足りない場合はどうするか? ・ 足りない場合は何を使う? ・ 三角柱を二つ合わせると立方体と同じになる ・ 図で見えていない部分も立方体と判断してよいのだろうか. もしかしたらくり抜かれたような形や, 突起部分があるかもしれない. ・ まずは立方体だと考えて積み木を集めよう 	2-9 2-5 2-1 2-1 2-4 4-1 3-5
データ	<ul style="list-style-type: none"> ・ まず, 立方体を探そう ・ 立方体は6個あれば良いが3個しかない ・ 予定していた通りに直方体の積み木を探そう ・ 直方体は1個, 立方体は3個分みつかった ・ これでも立方体でいうと5個分しかない ・ 立方体の積み木があと1個足りない ・ 他の積み木セットから立方体の積み木をもってくればいいのか ・ 外からは見えない部分に使えばいい ・ 円柱1個あれば立方体1個分の高さになる ・ 三角柱の積み木2個あれば立方体1個分になる 	2-1 2-5 2-1 2-5 2-5 2-5 2-4 2-1 2-4 2-4
分析	<ul style="list-style-type: none"> ・ 積み木作品ができたかどうかはどうやって判断すればよいのか ・ もし見えない部分が違ってしまっていたらどうすればよいのだろう ・ 写真の方向から見えない部分については同じ積み木作品ができたかどうか判断できない ・ もし見えない部分が違ってしまっていたらどうすればよいのだろう ・ 同じ方向から見て同じように見えれば, 積み木はできたことにする 	3-1 3-2 3-3 3-4 3-5
結論	<ul style="list-style-type: none"> ・ 見本と同じ積み木ができた 	3-5

5. 考察

[1] PPDACプロセスの「問題」において働かせる考え方や能力

このフェーズにおける文は「ねえ これ できる?」である。これに対して「批判的な態度」(次元4)により「自分に同じものが作れるだろうか?」と考えた。その後、「戦略的な思考」(次元2)により「直方体と立方体の組合せだ」と、目的の積み木作品をつくるにはいくつかの直方体をつくれればいいことに気付く。その後、「生成させる」(次元3)により「大小いくつかの直方体をつくることを考える」ことを出発点として「探索する」(次元3)によって「直方体は立方体の積み木がいくつかあれば作れる」(内的な探索)および「積み木にはいろいろな形があった」(内的な探索)と考えている。さらに、同じく「探索する」(次元3)によって「積み木の箱の中にはどのような形の積み木があるのか」を調べることで「立方体の積み木がある」(外的な探索)と思考が進む。この後、「解釈する」(次元3)により探索した結果をもとに必要な積み木があると考え、「批判する」(次元3)によ

り、「箱の中にある積み木で足りそうか?」「他の積み木は使わなくてもよいか?」といった考えのうえで、最終的に「判断する」(次元3)の「必要な積み木が十分にあれば、この写真と同じものが作れそうだ」に到達する。次元3の部分は図1における「尋問的サイクル」のように考えていたことがわかる。

[2] PPDACプロセスの「計画」において働かせる考え方や能力

このフェーズにおける文は「どれ つかう?」である。これに対して、「提示された絵(文脈)から、どのような形の積み木を何個使うか(数量的な内容)読み取る必要がある」と考えている。数量的な内容を統計的な内容におきかえれば、これは「統計的な内容と文脈的な内容の統合」(次元2)に対応する。この後に「データの必要性の認識」(次元2)により「立方体の積み木だけで作れるか?足りないのではないか。」と考え、それを受けて「問題点の発生を予測し、それらを避ける計画を立てる」(次元2)により「足りない場合はどうするか?」「足りない場合は何を使う?」と考え、「技術・技能を応用する思考」(次元2)により「三角柱を二つ合わせると立方体と同じになる(積み木をボックスに片づけた経験から)」と思考が進行する。この後に「批判的な態度」(次元4)により、「図で見えていない部分も立方体と判断してよいのだろうか。もしかしたらくり抜かれたような形や、突起部分があるかもしれない。」、「判断する」(次元3)により「まずは立方体だと考えて積み木を集めよう」と判断される。また、これらを支えているのが「批判的な態度」(次元4)である。

[3] PPDACプロセスの「データ」において働かせる考え方や能力

このフェーズにおける文は「つかう つみきを ぜんぶ あつめてこよう」および「つみきを あつめたら つくって みよう!」である。これに対して「戦略的な思考」(次元2)により「まず、立方体を探そう」と考えたが、「立方体は6個あれば良いが3個しかない」から実際には立方体の積み木が不足していた。そこで、「計画」で考えていた通りに「予定していた通りに直方体の積み木を探そう」としたが「直方体は1個、立方体は3個分みつかった」「これでも立方体でいうと5個分しかない」「立方体の積み木があと1個足りない」によって「計画」で考えた通りにはいかないことがわかる。ここで「忍耐力」(次元4)に支えられながら「他の積み木セットから立方体の積み木をもってくればいいのか」といった考えや「外からは見えない部分に使えばいい」ことから「円柱1個あれば立方体1個分の高さになる」、「三角柱の積み木2個あれば立方体1個分になる」という考え方が出されている。

[4] PPDACプロセスの「分析」において働かせる考え方や能力

このフェーズにおける文は「つみきは たりた?」「つみきは たりない?」「つみきは できたかな?」である。積み木作品を制作し終えた後は積み木が不足しているかどうかができる。ここでは、積み木が出来たかどうかを判断することになる。「生成する」(次元3)により「積み木作品ができたかどうかはどうやって判断すればよいのか」と考える。そこで、最初に提示された見本の写真と制作した積み木作品を比較して、両者が同じかどうかを判断する基準を「探索」(次元1)する。そこで行われる「解釈」(次元3)により「写真の方向から見えない部分については同じ積み木作品ができたかどうか判断できない」、「批判する」(次元3)により「もし見えない部分が違ってしまっ

ていたらどうすればよいのだろう」といった思考を経て、「判断する」(次元3)において「同じ方向から見て同じように見えれば、積み木はできたことにする」と判断する。ここで、見えない部分について一致するかどうかは求めず、見える部分だけを比較すると判断したことにしたのである。

[5] PPDACプロセスの「結論」において働かせる考え方や能力

このフェーズにおける文は「つみき が できたね！」および「じゃあ これ できる？」である。これに対して前フェーズで判断した「同じ方向から見て同じように見えれば、積み木はできたことにする」ことと、実際に見本と制作した積み木作品を同方向から見ることにより、「見本と同じ積み木ができた」と判断した。

6. 結論

本研究の目的はストーリーを統計的探究プロセスに沿った学習過程において働かせる考え方や能力の視座から評価することであった。ストーリーに沿った学習活動は、ストーリーの構成過程からWild & Pfannkuch (1999) によって示された四つの次元のうち、次元1を満たすことはわかっていた。そこで、本研究では、さらに次元2から次元4の視座からストーリーに沿った学習活動を考察したところ、次元2から次元4のいずれも問題解決活動において働いていたことがわかった。このことから、ストーリーに沿った学習活動はWild & Pfannkuch (1999) によって示された四つの次元のすべてを働かせる活動であることが明らかとなった。

【引用文献・参考文献】

- 経済開発協力機構(OECD) [編著], 『社会的情動スキル 学びに向かう力』, 無藤隆・秋田喜代美 [監訳], 荒牧美佐子・都村聞人・木村治生・高岡純子・真田美恵子・持田聖子 [訳], ベネッセ教育総合研究所 [企画・制作], 明石書店, 2018.
- 佐々木隆宏・佐々木郁子, 絵本を用いた統計的探究プロセスの素地的学習についての一考察, 昭和女子大学現代教育研究所紀要, 4, pp.29-36, 2018.
- 佐々木隆宏・佐々木郁子, 統計的探究プロセスを基盤にもつ絵本のストーリーの構成 ～幼小接続期において数と形に親しむ絵本の解決～, 昭和女子大学現代教育研究所紀要, 5, pp.11-17, 2019.
- Wild,C.J.& Pfannkuch,M, Statistical Thinking in Empirical Enquiry, *International Statistical Review*, 67 (3), pp.223-265, 1999.

