

中学生の箱ひげ図等を用いた批判的思考 Critical Thinking Used Box Plot etc. of Junior High School Students

藤原 大樹

FUJIWARA Daiki

お茶の水女子大学附属中学校

Junior High School of Ochanomizu University

[要約] 中学校数学科では、箱ひげ図等を用いた批判的思考の授業開発が急務である。そこで、実験授業を通して、批判的思考の様相を分析した結果、データを多様に層別するなど条件を付加して批判的に考察する姿、確率的に判断する姿が多く確認された。また、授業の展開、形態等に指導への示唆を得た。

[キーワード] 批判的思考、箱ひげ図、層別、統計、ICT

1. 研究の背景,目的,方法

新学習指導要領(以下,新CS)の「D データの活用」領域で、批判的思考は小6以降で学年縦断的に、箱ひげ図は中2に位置付けられた(文部科学省,2017a ; 2017b ; 2018)。批判的思考はこれからの社会で必要な汎用的能力であり、中学校の国語科と数学科 D 領域で育成が目指されている。また、我が国では諸外国に比べ、箱ひげ図の国内普及が遅れており、社会での活用事例や学校教育事例が少ない。つまり「四分位範囲や箱ひげ図を用いてデータの分布の傾向を比較して読み取り、批判的に考察し判断すること」(文部科学省,2017b)の授業開発は急務である。そこで本研究の目的を、授業における箱ひげ図等を用いた生徒の批判的思考の様相を分析し、指導への示唆を得ることとする。そのために、実験授業を構想・実践し、機器で記録し、生徒の活動の記録から分析・考察する。

表1 PPDAC サイクルの各相で期待される生徒の問い

各相	問い(▽:進める問い △:戻す問い)
Problem (問題)	▽:問題を統計的に解決するためには、どのように焦点化すればよいか? △:焦点化した問題は本当に統計的に解決できるか?
Plan (計画)	▽:どのようなデータをどのように集めればよいか? ▽:集めようとしているデータをどのように表したり、そのデータから何を求めたりすればよいか? △:集めようとしているデータで本当に問題を解決できるか?
Data (データ)	▽:データをどのように整理すればよいか? △:集めたデータで本当に問題を解決できるか? △:信頼できないデータは含まれてないか?
Analysis (分析)	▽:集めたデータをどのように表せばよいか? ▽:集めたデータから何を求めればよいか? △:分析により適切な表・グラフ・図や統計量はないか?
Conclusion (結論)	▽:どんな結論が得られるか? ▽:結論の根拠として何をいうとよいか? ▽:結論とその根拠をどのように説明すればよいか? △:得られた結論とその根拠は妥当か? △:よりよい結論を得るためにはどうすればよいか?

なお本研究では、批判的思考を「多面的に吟味してよりよい解決や結論を見いだすこと」と捉える(文部科学省,2017b 91-92)。

2. 統計的問題解決における批判的思考

裕元(2017)では、批判的思考の導入背景、解釈、統計指導での働き、他国の教科書について考察している。藤原(2018)は裕元(2017)の「統計的問題解決における批判的思考の働き」を参考に、統計的問題解決(PPDAC サイクル)の各相を「進める問い」と「戻す問い」の例を挙げた(表1)。「進める問い」と「戻す問い」を連動させながら、生徒は一連の批判的思考を発揮していくものと考えられる。特に「戻す問い」とは、過程を安直に進めず、ときに躊躇しながら思慮深く多面的に検討することを促すものであり、批判的思考の特徴を色濃く表している。本研究では、特に Conclusion(結論)の相に焦点を当てて、条件を付加して考察する批判的思考の様相を分析する。

3. 実験授業の実際と批判的思考の具体的な姿

関東地方の国立中学校第2学年1クラス(男女30名)を対象に、図1の問題を3時間で扱った。授業者は筆者で、前時には四分位範囲や箱ひげ図の必要性(多くの集団の比較等)と意味を指導してある。

問題 あなたたちはあるプロ野球チームの打撃コーチです。チームの選手たちが次の試合で相手の先発投手の投球を打てるように、実際の投球と同じような球で練習して、慣れておこうと考えています。どのような投球に対してどのように練習しておけばよいか、提案してください。

図1 実験授業で扱った問題

この解決に向けた思考や話し合いの時間を確保するため、stathist(ヒストグラムや代表値等を表示できるソフト)、statbox(箱ひげ図や四分位数等を表示できるソフト)や Excel で分析させる。また PowerPoint のスライドを事前に用意しておき、表示したグラフ等を貼り付け、分析結果や練習計画をタイプングして、「監督へのプレゼン資料」として教師に提出させる。なお、基本的に2人ペアでの活動とし、1人はノート PC の操

作役,1人が記録用紙への記録役とする。2人での対話を促し,連続的な問いの表出による思考の進展を期待する。特に第2時前半まではある程度教師主導とし,第2時後半からは生徒の主体性に任せて活動させる。第3時の後半では分析・提案を他者と説明し合う場面を設け,第3時の最後には興味深い批判的思考の様相を教師から全体で紹介する。

【第1時の実際】

問題を提示し,解決にはどんなデータが必要かと問い,生徒が投球データが欲しいと答えた。これを受け,教師が「科学の道具箱」(深澤他,2010)から得たダルビッシュ有投手の投球データ(Excel)を配付した(図2)。野球に疎い生徒が多く,データの項目の意味がわかるように,これらの説明をデータの右側に付けておいた。まず,生徒が前年度に使用経験のあるstathistで全投球の球速のヒストグラムや代表値を表示させ,PC画面をコピーし,スライドへ貼り付け,トリミングさせた。これらを根拠に分析を記入させた(例えば図3)。

図2 生徒に提示した投球データ(Excel)

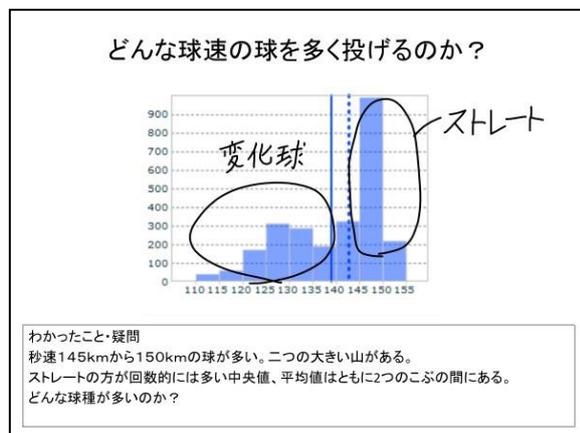


図3 stathistで表示した全投球の球速のヒストグラムを貼り付けて分析したスライドすると「双峰型の分布になり,平均値や中央値付近の球は少ない」等の分析や「ストレートの割合が多そう」等の予想を基に,「どんな球種が速いのか/遅いのか」「どんな球種が多いのか」という新たな疑問を発言する生徒がいた。これは,表1のConclusion(結論)の相の「戻す問い」である「△よりよい結論を得るためにはどうすればよいか?」と批判的に考察し始めている姿といえる。ここで第1時が終了した。

筆者の予想以上に stathist の操作や PC 画面のコピー,スライドへの貼り付けなど ICT 操作に手間取り,統計的な問題解決が思いのほか進まなかった。また,練習の計画を立てる上で球種と球速に着目していない生徒も少し見られた。

【第2時の実際】

第1時を踏まえ,球種と球速とコースをセットすればその通りに球を投げるバッティングマシンの映像を見せ,球種と球速に着目しやすいように配慮した。

第1時最後に生徒が出した新たな疑問を踏まえ,「たくさんの球種があるけれど,それぞれの球速のデータの分布を比較するために何かよいものはないかな」と問いかけると,前時を思い出し,「箱ひげ図で比較すればよい」と答えたり,statbox を操作し始めたりする生徒が多かった。生徒は,全投球の球速データを球種で層別し,箱ひげ図で各球速を比較して分析した(図4)。また,それぞれの球種の割合を調べたいという生徒がいた。その生徒たちには,筆者が事前に用意しておいた Sheet に球種データを貼り付けて,相対度数を求めて円グラフ等に表していた(図5)。人数は少ないが,図4,5のように,得られた相対度数を確率とみなすことで確率的に判断して記述している生徒も見られた。

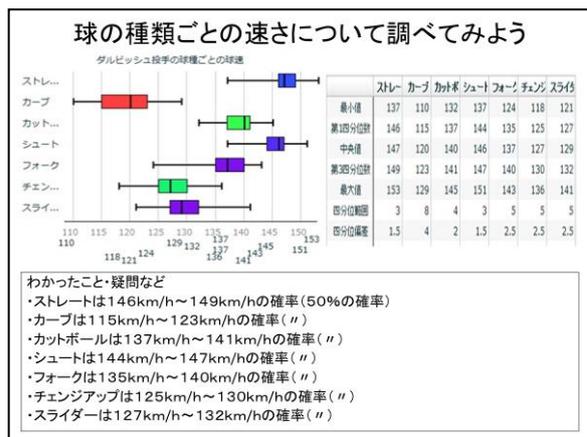


図4 球種ごとの球速を箱ひげ図で分析したスライド

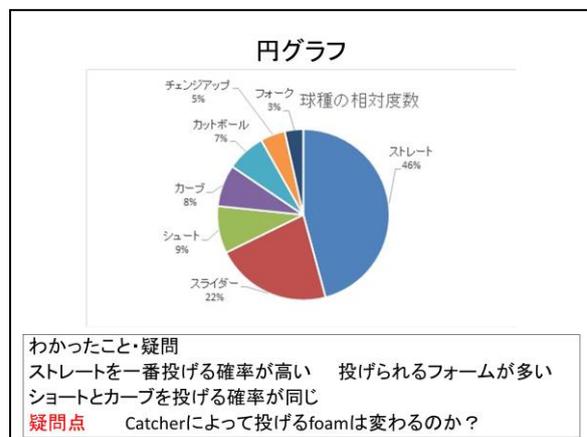


図5 球種の相対度数を円グラフで分析したスライド

第1,2時を通して,全投球の球速のヒストグラムから,球種で層別した球速の箱ひげ図,そして球種の相対度数,円グラフと,生徒がよりよい解決に向けて批判的に考察し,多様なツールを用いて分析できた。ここまでは,筆者が全ての生徒に経験させたいと計画した活動である。第2時後半からは,「よりよい練習のために,より深く知りたいことがあればさらに分析してみよう」と伝え,主体性を促して机間指導した。

【第3時の実際】

第3時の前半では,第2時の続きで各ペアの問いを分析させた。後半では,ペアの1人が他のペアの座席へ移動して,他者の提案を聴く時間を設けた。その中では多様な活動を共有する機会となった。

例えば,右打者と左打者によって球種の傾向が異なるかを調べ,比較して分析し,練習を提案した活動が確認された(図6)。図6では,図2の「打者左右」で層別して批判的に考察し,確率的に判断している。なお,図6のスライドを作ったペアの1人は野球に詳しいが,野球に詳しくない生徒同士の別の3つのペアも同様の分析をしていた。

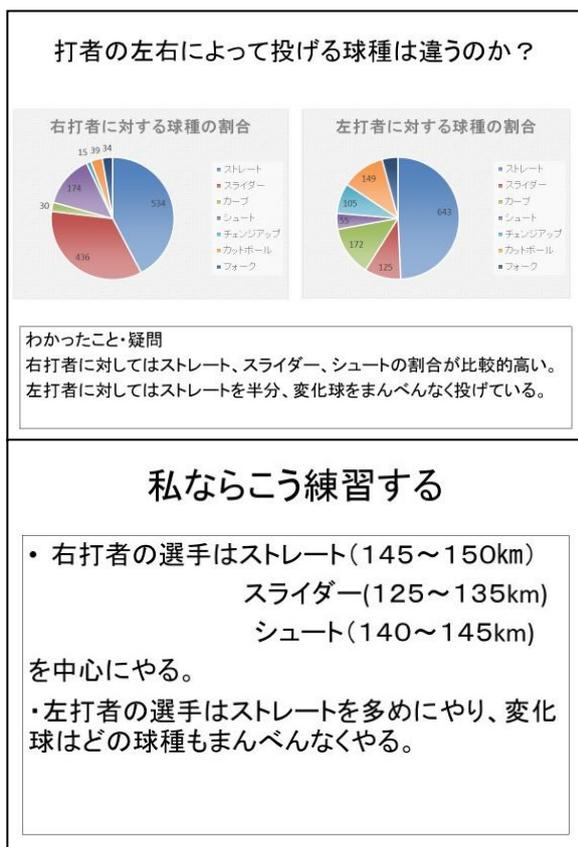


図6 打者の左右による球種の相対度数を比較したスライド

また,アウトの数によって球種の傾向が異なるかを調べた分析が確認された(図7)。図7では,図2の「O(アウト)」が「2」であるデータを集めて全体と比較している。実際の試合を想像して予想し,特定の条件に焦点化して批判的に考察している姿といえる。なお,このペアは野球に詳しくない。他には,

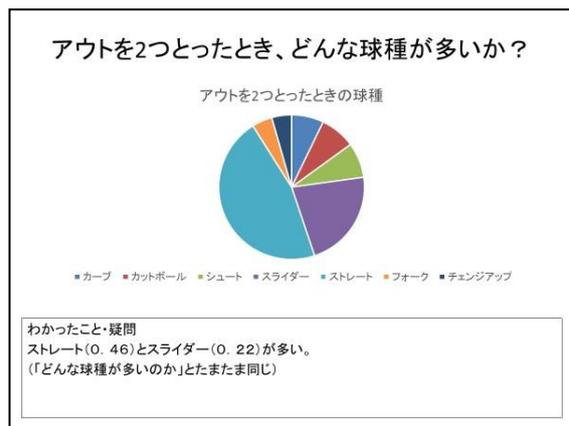


図7 2アウト後の球種を全体と比較したスライド

- 同じ試合の「1球目から50球目まで」と「110球目から165球目まで」といった投球回数によって,投げる球種の傾向がどう変わるのかを分析する
- 各打者に対する投球パターンを分析するなどの活動が確認された。これらは,条件を付加したり,見る視点を変えたりして批判的に考察している姿といえる。

4. 振り返りにおける批判的思考の具体的な姿等

第3時に活動を振り返り,「よりよい練習方法に向けて必要なこと」(複数回答可)と感想を記述した。

(1) よりよい練習方法に向けて知りたいこと

「もしあれば書きましょう」との指示に83.3%(25名)が記述した。内訳は次の通りである([]内:人数)。

- 投球後の結果(ストライク,ヒットになったか等)[6]
- 投球時の詳しい場面・状況[5]
- 打者左右による球種の割合[3]
- 選球パターンや特徴,好不調の波[3]
- 投げたコース[2] ・前の年度のデータ[2]
- 相手の球団,相手の打者のタイプ[2]
- それぞれの球種の球速の最頻値[2]
- 変化球の曲がる角度[1] ・過去の練習方法[1]

図2のデータの項目を層別したり,図2には無いデータを加えたりすれば,条件を付加した批判的思考による分析が可能であるものが多い。レポート課題とすることで活動時間を確保することも考えられる。

(2) 生徒の感想

特徴的な記述(図8,9,10)から指導への示唆を探る。

今回のテーマは箱ひげ図などのグラフのよさを一度に知ることができるとても良い機会でした。また,こんなときにはどんなグラフが必要かと言うことを考えるとき,頭の中を整理しなくてはならないので,それが苦手な私にとっては良い練習になったと思います。

図8 生徒Aの感想の記述

図8は,箱ひげ図等のよさや目的に沿ったグラフ選択の重要性が述べたものである。統計を用いた批判的思考の場面では,適切なグラフ等の選択を要することが多い。その貴重な機会となったようである。

調べたことからまた疑問が出てくるので研究し始めたらずっとできるのだろうと思った。〇〇さんと協力して活動で

きた。今まで野球の選手がどういうときにどうしているかなどはわからなかったけど、今回のでよくわかった。

図9 生徒Bの感想の記述

図9は批判的思考により問いが次々と表出していたことを、野球に詳しくない生徒が記述したものである。問題の文脈が身近でなくても、生徒の主体性が引き出されている。ペア学習の効果とも感じられる。

「記録用紙」を振り返ってみると、ボールの速さや回数などが書いてあったりメモに練習を優先するものなど書いてあったので、練習を決めるまでの過程が一目でわかってよかったです。

図10 生徒Cの感想の記述

図10は、記録用紙の有効性を述べたものである(記録用紙の図は紙面の都合上割愛)。記録用紙は一連の統計的問題解決の過程を視覚化し、生徒の振り返りを促すことが期待できると伺える。

5. 主な成果と今後の課題

(1) 批判的思考の様相

第一に、実験授業から、野球に詳しくない生徒を含め、よりよい結論に向けて、条件を付加して批判的に考察する姿が多様に確認された。第1,2時では、教師が主導し、「どんな球種が速いのか/遅いのか」「どんな球種が多いのか」という問いを誘発して、

- ・球種ごとの球速を箱ひげ図で分析する
- ・球種の相対度数を円グラフで分析する

といった活動を全ての生徒が共通して行った。その上で、各ペアの主体性に基づき、

- ・打者左右による球種の相対度数を比較する
- ・2アウト後の球種を全体と比較する

といった活動を行っていた。さらに、投球時の詳しい場面・状況や投球後の結果など、新たな条件を付加して分析したい旨を8割以上の生徒が記述した。

第二に、上記の批判的思考に基づいた活動の多くに、確率的に判断し意思決定するものが確認された。現実世界の不確実な事象における意思決定で、我々は統計的考察と確率的判断を一体的に行うことが多い。その典型はビジネスの世界で、James(2012)は descriptive, Predictive, Prescriptive の3つを明示している(図11)。図11の「説明的分析」は統計的な考察、「予測的分析」は確率的な判断、そして「指示的分析」はこれらから得られた結果を組み合わせたり現実的な要因を加味したりした意思決定を意味すると捉えられる。例えば本研究の実験授業で、箱ひげ図や円グラフを用いて過去の球種、球速の傾向を捉えることが「説明的分析」、その相対度数をデータの個

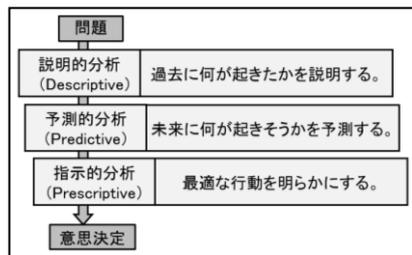


図11 ビジネスにおけるデータ分析の3つの側面 (James (2012) を基に筆者が作成)

数等を根拠に確率とみなすことが「予測的分析」、他の要因を含めて総合的に判断し意思決定することが「指示的分析」である。このように、実際に社会で行われる意思決定と同様のプロセスを、野球に詳しくない生徒を含めて経験させることができた。

(2) 指導への示唆

第一に、統計的問題解決における批判的思考を促すには、前後半で教師主導と生徒主体とに活動を分けた展開が有効である。箱ひげ図は多くの集団の簡便な比較に適していることから、問題解決の前半に位置付けることが適しており、その結果、後の活動の進展につなげやすい。なお、実験授業で確認された、箱ひげ図を確率的な判断に用いる姿は、高等学校数学科数学Iの「仮説検定の考え方」(文部科学省,2018)の学習につながると推測される。

第二に、統計的問題解決における批判的思考を促す授業に、PC操作役と用紙記録役のペア学習が有効である。対話を促すとともに、それぞれの役割があり、記録用紙が一連の過程の振り返りに有効に働くことも生徒の感想から伺える。また、問題の文脈に詳しい生徒は、より現実に即した批判的思考を発揮する場合と、統計的分析を必要としない「結論ありき」の活動となる場合もある。一方、文脈に詳しくない生徒が得た結論がプロ野球コーチのようなものになっていなくても、授業の目標は達成できる。生徒の結論の現実性を高めるには、詳しくない生徒が詳しい生徒に質問しやすい状況をつくる必要がある。

第三に、批判的思考を誘発し実現する統計の授業では高度なICT利活用能力と授業時数が必要である。実験授業では生徒の多様な問いや活動が期待され、様々なソフトを活用することが必要である。その分、生徒の作業負担が大きくなり、3時間でもスライド作成に時間が足りない姿や感想が多々確認された。とはいえ、グラフ作成は問題解決に重要かつ不可欠な視覚化のプロセスであるため、省くわけにはいかない。授業時数の確保が一層必要である。

今後の課題は、示唆を活かした実践、評価である。

【文献】

- 深澤弘美他7名(2010)「統計的に考える力・説明する力を育てる『科学の道具箱』」,日本数学教育学会誌第92巻第2号,pp.10-18.
- 藤原大樹(2018)「統計の授業づくりに向けて」,『お茶の水女子大学附属学校園連携研究算数・数学部会(編著)、『データの活用』の授業—小中高の体系的指導で育てる統計的問題解決力』,東洋館出版社,pp.28-39.
- James R. Evans, (2012)“Business Analytics, The Next Frontier for Decision Sciences,” Decision Science, Vol. 43, No. 2.
- 楠見孝他2名(2011)『批判的思考力を育てる』,有斐閣.
- 松元新一郎(2017)「数学教育の統計指導における批判的思考」,日本科学教育学会年会論文集41,pp.167-170.
- 文部科学省(2017a)「小学校学習指導要領解説算数編」.
- 文部科学省(2017b)「中学校学習指導要領解説数学編」.
- 文部科学省(2018)「高等学校学習指導要領」.
- ※本研究は、科研基盤(C)17K04765(代表者:松元新一郎)及び科研奨励18H00228(代表者:藤原大樹)の助成を受けて行った。