

主体性を伸ばす箱ひげ図教材の開発

― ゲーム性のある教材に着目して ―

天野 秀樹 ・ 水元 千秋* ・ 北基 如法**

1. 研究の背景

広島県中学校数学教育実践研修会は、3種類の「授業を中心に据えた現職教員の研修会」である。第1に年会である。最近では、令和2年12月5日に広島大学附属東雲中学校で実施し、指導助言者として山梨大学の清水宏幸先生を招聘した。これまでの年会の様子は、右のQRコードや天野(2020)で紹介されている。第2に広島県中学校教育研究会数学部会と連携した授業づくり研修会である。この研修会は、廿日市・大竹、江田島、安芸、東広島、呉、安芸高田、山県、三次、庄原、三原、豊田竹原、尾道、世羅、府中、神石、福山の各支部で実施される研修会を、本研修会が担当するものである。最近では、令和3年11月15日に三次支部の研修会を担当した。また、令和4年度は呉支部の研修会の一部を担当する予定である。第3に広島市中学校教育研究会数学部会と連携した授業づくり研修会である。この研修会は、広島市中学校数学科の若手教員23名に焦点をあてて日々の授業を交流する研修会を主な内容にしている。最近では、令和3年12月6日に若手教員11名を対象にして、広島大学附属東雲中学校で授業研修会を実施した。また、令和4年4月13日には、広島市中学校数学科教員150名を対象にして、広島市立早稲田中学校で授業研修会を実施する予定である。本実践(図1)は、広島市中学校数学科の若手教員のうちの一人である広島市立観音中学校の水元教諭を筆頭筆者がサポートする形式で、日々の授業を対面やオンラインで交流した成果である。成果の一部は、第54回中国・四国算数・数学教育研究(松山)大会の実践発表で示した。しかしながらオンライン開催であり限定された参会者のみとの交流になった。そこで、本稿で紹介することにした。

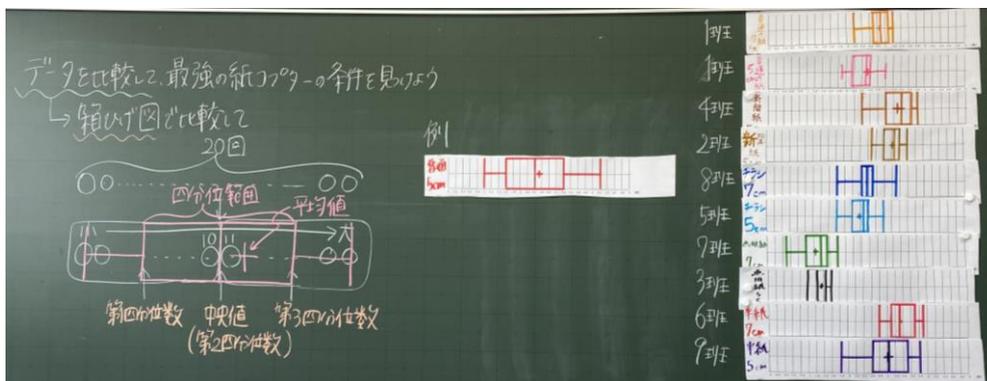


図1 板書：紙コプター実験を箱ひげ図で分析する実践

2. 研究の仮説

新しい学習指導要領において大きく変更された内容は、高等学校数学Iに位置づけられていた箱ひげ図の学習が、中学2年に移行されたことである。新しい教科用図書における箱ひげ図の教材は、販売数や気温など、7社とも日常事象を扱ったものになっている。本稿では、ビショップ(2011)によるPlayingの思想^[註1]を援用し、ゲーム性^[註2]のある教材を開発し、公立中学校の生徒たちの主体性を伸長させることをめざし、次のように研究の仮説を設定した。

仮説 : ゲーム性のある箱ひげ図教材を扱った授業を実践すれば、
生徒の主体性を伸ばすことができるのではないかと

* 広島市立観音中学校 ** 広島大学大学院人間社会科学研究科

Hideki AMANO, Chiaki MIZUMOTO, Yukinori KITADAI

Development of boxplot teaching materials increasing independence : Focusing on game characteristics

3. 実践授業の設計

3-1. 教材「紙コプター実験」について

データの活用領域における中学 2 年の教科用図書で扱われる箱ひげ図の教材は、販売数や気温など、7 社とも日常事象である。一方で、データの活用領域において中学 1 年の教科用図書で扱われる事象は、次の表 1 の通りである。

表 1 中学 1 年の教科用図書で扱われている事象（データの活用領域）

	事 象
T 社	サッカーチームの分析 大縄跳び
G 社	ルーラーキャッチ 都道府県の人口
S 社	旅行の行き先
Ke 社	紙ふぶき・遊園地の入場者数・卵の重さ・睡眠時間
Ky 社	バスの所要時間・ハンドボール投げの記録・病院の患者の待ち時間 通学時間
N 社	高知市の 3 月の平均気温・ハンドボール投げの記録・通学時間・睡眠時間 バスの所要時間
D 社	10cm の長さの感覚・通学時間・バスケットボール選手の身長 自動車の燃費・ダイビングツアー

上の表 1 に G 社のルーラーキャッチ実験がある（池田ほか，2021）。この実験にはゲーム性があり、生徒の興味を引き出しつつ主体性を伸ばすことの実践報告がなされている（大塚，2018）。データの活用領域で扱われる教材の多くは日常事象であるが、このルーラーキャッチ実験のように、ゲーム性がある教材も含まれる。

前回の学習指導要領で Ke 社は「紙コプター実験」の教材を扱っている（岡本ほか，2015）。この実験では羽の長さが 7 cm と 5 cm のヘリコプターを紙で作り、滞空時間が長い方はどちらかデータをもとに検討している（川上，2012）。この実験はゲーム性があるものの、中学 2 年の箱ひげ図教材としての有効性は検証されていない。したがって、本稿における授業実践にて、生徒の主体性を伸ばす箱ひげ図教材となるかを検証する。

「紙コプター（図 2）」は、品質を安全に管理する手法として、エンジニアの教育用教材など、現在広く世界中で用いられている（高橋，1996）。紙コプターの特質は、紙質や羽の長さ、羽の幅、軸の長さ、軸の幅など、落下させる際の落下時間に多くの要素が影響していることである。この



図 2 紙コプター

特質は、中学 2 年の統計授業で教材として扱った際に、複数のデータの分布を視覚的に比較できる点で、箱ひげ図教材としての価値と言える。また、紙コプターは、紙とはさみを準備できれば簡単に作成できる。気軽に簡単に作成できて、チームで協力して実験することでデータを収集できる。さらには、活動をふり返った後に自分たちで工夫しながら修正を加え、さらに作成し直して再び実験できる。このように生徒の主体性に寄り添うゲーム性のある活動を設定できる点で、価値を見いだせる。

3-2. 授業実践の概要

- 期 日 : 令和 3 年 3 月 17 日 (水) ~19 日 (金) の全 3 時間
- 対 象 : 広島市立観音中学校 2 年 4 組 38 名
- 授業者 : 広島市立観音中学校 水元教諭
- 目 標 : 自分で 10 の箱ひげ図を比較しながら最強の紙コプターを選ぶことができる。
- 教 材 : 最強の紙コプターを決めよう
- 評 価 : (仮説の検証にも使用する)

授業ワークシートのまとめに、自分で判断して、10 の箱ひげ図を比較しながら最強の紙コプターを選定するとともに、選定した理由を書くことができているか。

前 提 : Wild&Pfannkuch (1999) は、P P D A C の探究サイクル (図 3) に沿って統計にかかわる問題解決の方法を示している。松浦 (2021) は、この探究サイクルのプロセスを理解させる学習によって、統計にかかわる問題解決の方法を知ることにつながられると述べている。本実践は、これらの理念に沿って授業を設計している。

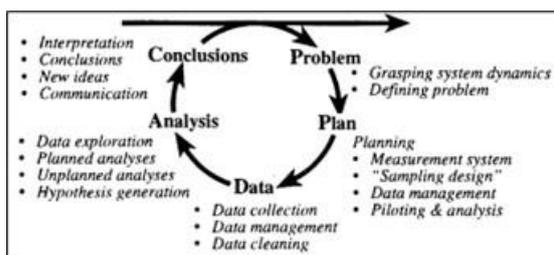


図 3 P P D A C の探究サイクル

〔第 1 時：最強の紙コプターの条件を考える〕

まず、授業のねらいを共有できるように、最強の紙コプターについて全員で考えさせた。基本となる羽の長さが 5 cm の紙コプターを全員に作成させ、羽を Y 字にして 2 m の高さから落下させ、滞空時間が最も長い場合に最強と呼べることを確認した。

次に、基本となる紙コプターを改良して、より滞空時間が長い紙コプターを制作する時間を確保した。その際、落下させ始める高さを丁度 2 m にすること、滞空時間をストップウォッチで測定して記録すること、クリップや糊を使用しないことなどを確認した。9 つの班全てに工夫して実験する様子が見られた。制作した紙コプターの滞空時間を何度も測定したり、複数の紙コプターを同時に落として比べたり、滞空時間が長い紙コプターの条件を探る姿勢が見られた。

最後に、班の中で最強の紙コプターを 1 つ決め、どのような構成要素に着目して、工夫して実験したのかを全体で交流した。各班が制作した紙コプターは、図 4 である。改良せずにそのままの紙コプターの滞空時間が最も長いと判断した班が 3 つあり、羽の長さや羽の形などに着目して修正を加えた班も見られた。

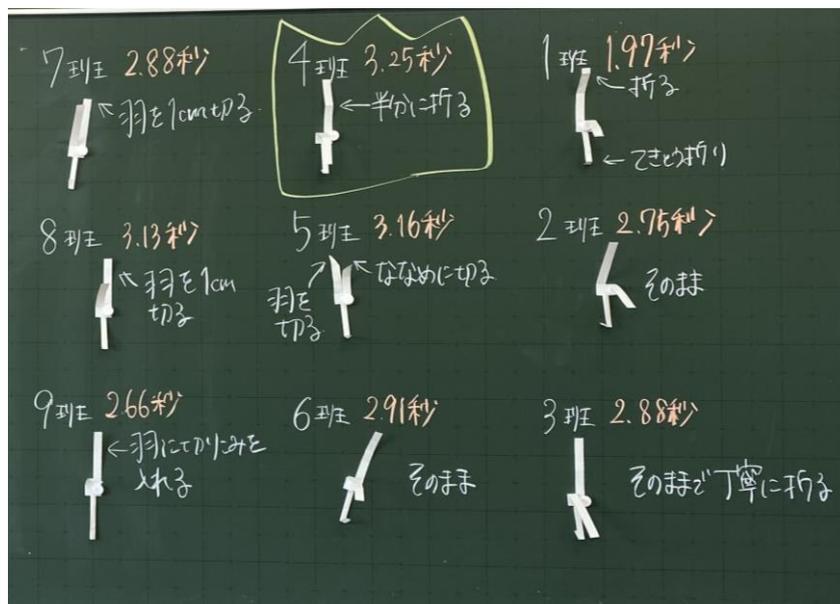


図 4 各班が制作した紙コプター

〔第 2 時：10 種類の紙コプター実験〕

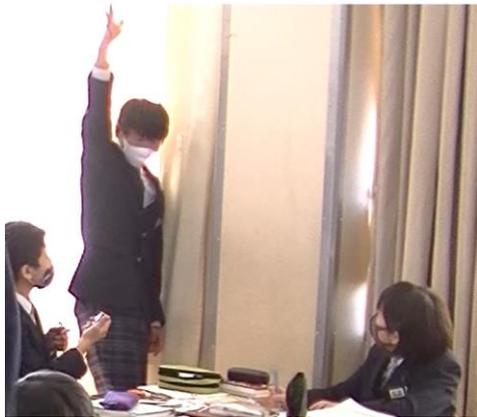


図 5 紙コプターの滞空時間を測定する様子

第 1 時に、改良せずそのままの紙コプターの滞空時間が最も長いと判断した班が 3 つ、羽の長さに着目した班が 4 つあったことを想起させた。これらのことから、紙質と羽の長さの 2 つの構成要素に着目することを確認した。そして、10 の班に、5 種類の紙質〔普通紙、新聞紙、広告紙、画用紙、半紙〕× 2 種類の羽の長さ〔7 cm、5 cm〕の 10 種類の紙コプターをそれぞれ担当させ、20 回ずつ滞空時間を測定させた。それぞれの班で担当する紙コプターは、班の全員が作成したうえで、実験させた。また、班の中で、落下させる人、滞空時間をストップウォッチで測定する人、記録する人など、それぞれの役割を分担しながら実験させた (図 5)。

〔第 3 時：記録をよみ取り、最強の紙コプターの条件を見つける〕

第 3 時における授業のねらいを、10 種類の紙コプターの記録を比較して、最強の紙コプターの条件を見つけることとして全体で確認した。

まず、10 種類の紙コプターの記録を比較する方法について授業者が問いかけた。その結果、生徒からは、平均値や箱ひげ図という意見が出された。そして、平均値は箱ひげ図に書き入れることができるため、箱ひげ図で 10 種類の紙コプターの記録を比較することを全体で確認した。

次に、箱ひげ図の表し方を復習したうえで、第 2 時に測定した記録をもとに、各人の授業ワークシートに箱ひげ図を書かせた。平均値は電卓で計算させて、箱ひげ図に書き入れさせた。また、班内では、箱ひげ図の形状が同じになっているかを確認させ、黒板掲示用の用紙にも班ごとに箱ひげ図を書かせて、黒板に掲示した (図 6)。

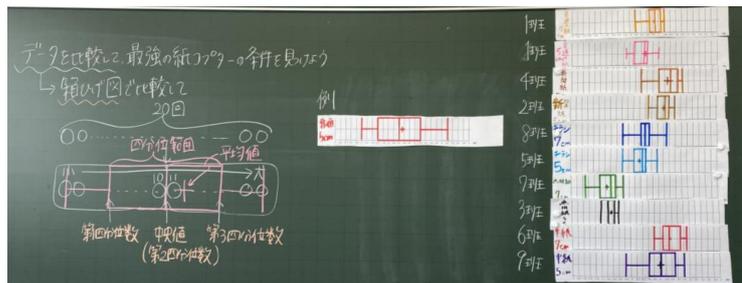


図 6 10 種類の紙コプター実験を箱ひげ図に書いた板書

そして、掲示した黒板をもとにして全体で、最強の紙コプターの条件を議論させた。出された意見は、箱ひげ図が右によっていること、最小値や最大値の大きさ、四分位範囲の狭さであった。また、最強だと判断できる紙コプターを挙手させた際には、図 6 における 6 班：紙質は半紙、羽の長さは 7 cm の紙コプターを選択する生徒が多かった。6 班の紙コプターは、箱ひげ図から安定して滞空時間が長いとよみ取れるという意見が大勢であった。

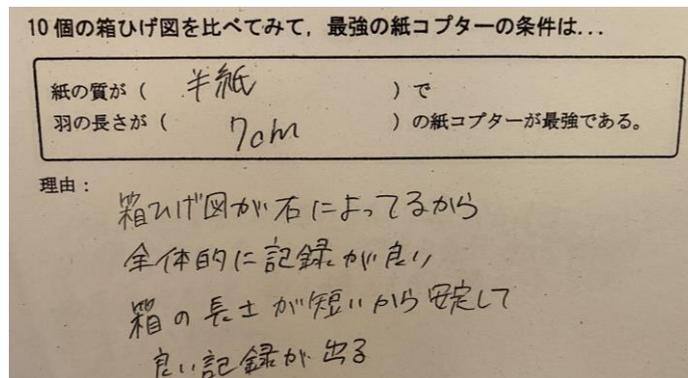


図 7 生徒 K の授業ワークシート

最後に、授業ワークシートに最強の紙コプターの条件と理由を書かせた (図 7 は生徒 K の授業ワークシートである)。また、紙コプターの授業 3 時間分のまとめとして、

- ・分かったこと
- ・疑問に思うこと
- ・もっと知りたいこと

の 3 点を授業ワークシートの裏側に自由記述で書かせた。

4. 成果と課題

まず, 本研究の仮説である「ゲーム性のある箱ひげ図教材を扱った授業を実践すれば, 生徒の主体性を伸ばすことができるのではないか」を検証する。そのために, 紙コプターの授業3時間分の最終段階における「まとめ」の記述を分析した。全 38 名の生徒のうち, 29 名の生徒は分かったこと, 疑問に思うこと, もっと知りたいことのすべての項目への記入が見られた。その他, 生徒が興味をもって主体的に学習に参画した様相と解釈できる記述の一部を, 次の表 2 に示す。

表 2 主体的に学習に参画した様相と解釈できる「まとめ」の記述 (一部)

(1) 分かったこと
<ul style="list-style-type: none"> ・たくさんのデータを比べるときは, 箱ひげ図が便利だと分かった。 ・ヒストグラムと違って箱ひげ図は, 場所を取らずにどれが一番かわかると思った。 ・箱ひげ図は目盛りが見えなくても, だいたい一目で判断できることが分かった ・紙コプターは, 軽い紙の方が強いということが分かった。
(2) 疑問に思うこと
<ul style="list-style-type: none"> ・どの紙コプターが最強なのか, 正確にははっきりしていないと思う。 ・7 cm と 5 cm で結果が違ってくる原因を知りたい。
(3) もっと知りたいこと
<ul style="list-style-type: none"> ・紙の質だけでなく, 切り込みを入れるなど様々な工夫をして記録を測定したい。 ・最強の紙飛行機の条件はあるのか知りたい。 ・どのボールを蹴った時に一番滞空時間が長いのか知りたい。 ・クラス別に電子黒板の使用時間を比較したい。

表 2 の記述から, 本研究の仮説は肯定できる。特に本実践授業で取り扱った「紙コプター実験」は, 中学 2 年の箱ひげ図教材として, 主体的に学習に参画する関心・意欲を高める観点から有用である。実際に実践授業をふり返ると, 生徒の学習意欲を高めたと捉えられる場面として, 10 種類の紙コプターの記録をとったことが挙げられる。10 種類の記録をヒストグラムで比較することは困難であり, 箱ひげ図で分析することのよさを生徒は体得できたと考えられる。また, PPDAC の探究サイクルを仲間と協働して 1 時間目に 1 周, 2・3 時間目でさらにもう 1 周経験させることができた。このことも, 答えが一つに定まりにくいデータの活用領域における問題解決の方法を習得させるうえで, 価値ある学習を提供できたと考えられる。

課題は 3 つある。第 1 の課題は, 箱ひげ図以外の情報を授業中に提供して, 箱ひげ図のよさを味わわせるような授業が展開できていないことである。表 2 の (2) 「まとめ」の記述において, 「正確にははっきりしていないと思う。」と, 生徒から疑問が出されている。この考えからは, 主体的に捉えようとする姿や箱ひげ図からある程度の状況を把握した姿が窺われる。一方で, 箱ひげ図だけから, 状況をよみ取ることの限界を指摘する記述とも解釈できる。最強の紙コプターを決めるために箱ひげ図以外の情報を提供して問題解決に至ることができた時に, 解決の過程をふり返れば箱ひげ図で状況を把握するよさを感じられるので, より深い学びにつながることを期待できる。

第 2 の課題は, 6 班の紙コプターの性能の良さを支持する生徒が多く, 生徒による性能評価に葛藤があまり生じていないことである。授業としては, 最強の紙コプターの班を特定しやすい方が結論をまとめやすいことは推察できる。しかしながら, 実際に実験をした生徒たちにとって, 最強の紙コプターの候補がしのぎを削って特定しにくい状況の方が, 箱ひげ図からよみ取る思考は深まると考えられる。実際のエンジニア教育の過程で使用される紙コプター実験においても同様の傾向があるようだ。紙コプターの 10 種類の条件を再考し, 例えば, 最大値は少し低くて中央の塊が上にあるような箱ひげ図, ほぼ同じ箱ひげ図で分布に違いがある場合など, 紙コプターの性能を追究すればするほど, 生徒による性能評価も盛りあがりを見せ, 深い学びにつながれると考えられる。

第 3 の課題は, PPDAC の 3 周目の探究サイクルを実現する授業を設計することである。紙質は半紙で, 羽の長さは 7 cm の紙コプターの滞空時間が長いことは, おおむね支持された。しかしながら, 生徒たちからは, さらに最強の紙コプターを制作したい旨の意見が出された。本実践授業では取り扱えなかったが, 後の休憩時間に生徒 E に, さらなる最強の紙コプターについて尋ねた。そ

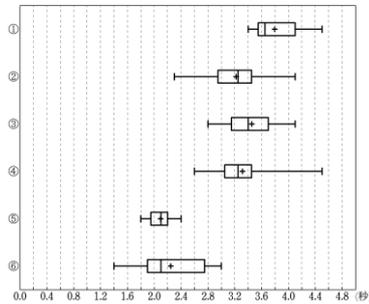


図 9 生徒 E が制作した箱ひげ図

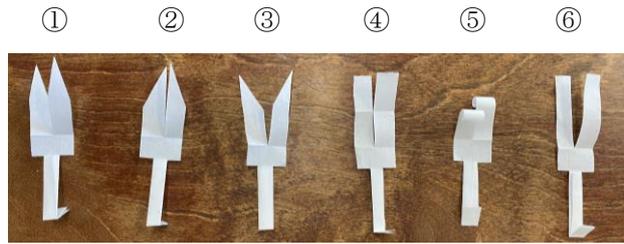


図 8 生徒 E が制作した 6 種類の紙コプター

れに対して生徒 E は, 同じ紙質で同じ羽の長さの紙コプターで

も, 羽の切り込み方を工夫するだけで 6 種類の工夫が考えられ, 滞空時間が変わると回答し, それらの紙コプターを制作した (図 8)。後日, 生徒 E から, 6 種類の紙コプター実験をして, 箱ひげ図に表し (図 9), ①が最強の紙コプターと判断したことの報告を受けた。

【註 1】 ビショップは, 人が日常行っている行為を分析している。そして, 人の行為のうち, 数学的に活動している行為を, 6 つに限定している。

それは, 「Counting (数える)」, 「Locating (位置づける)」, 「Measuring (測定する)」, 「Designing (デザインする)」, 「Playing (遊ぶ)」, 「Explaining (説明する)」である。

これらの中でも, 「Playing (遊ぶ)」の行為において人は思案し, 何とか現実を修正しようと想像する。そのため, 現実から距離をおいて方略を練る。

ビショップによる「Playing (遊ぶ)」の思想は, 活動の中で思案し, 想像し, 方略を練ることに, 数学科の授業で遊びを取り入れることの価値を主張する考えである。

【註 2】 本稿における「ゲーム性」は, 例えば, 紙飛行機を作成し, 飛ばして測定するような活動をさしている。ゲーム性のある活動には, 紙を折って作成したものを投げ飛ばすといったルールがある。そして, その活動には自由度やリスク, 再現機会があることから, 個人差はあるものの, 活動に面白さ, やりがいを感じられる。

【 引用・参考文献 】

- 天野秀樹, 広島県中学校数学教育実践研修会の歩み―全 20 回における数学教師の実践力向上に着目して―, 第 102 回全国算数・数学教育研究大会発表要旨集, 157, 2020.
- A. J. Bishop, *Mathematical Enculturation—A Cultural Perspective on Mathematics Education*, Dordrecht: Kluwer Academic, 1988. [湊三郎: 訳, 数学的文化化, 教育出版, 2011.]
- 池田敏和ほか, 中学校数学 1, 学校図書, 2021.
- 大塚みずほ, 統計的問題解決の過程を授業展開に位置づけた「データの活用」単元の実践, お茶の水女子大学附属中学校紀要第 47 集, 1-12, 2018.
- 岡本和夫ほか, 未来へひろがる数学 1, 啓林館, 260, 2015.
- 川上貴, 小学校 5 年生の分布の見方に関する一考察—仮説・検証のプロセスに焦点をあてて—, 日本科学教育学会年会論文集第 36 集, 147-150, 2012.
- 高橋武則, 模擬実験と回帰診断, 文化女子大学研究紀要第 27 集, 47-63, 1996.
- C. J. Wild, M. Pfannkuch, *Statistical Thinking in Empirical Enquiry*, *International Statistical Review*, 67(3), 223-265, 1999.
- 松浦武人, 統計的な問題解決の方法について知る, 溝口達也編著, 新しい算数教育の理論と実践, ミネルヴァ書房, 164-166, 2021.