

コンピュータゲームを使った「データの分析」の授業実践

—QC 問題解決法によるより良いチーム作り—

数学科 増田朋美、早川和希、青山和宏、森永敦樹、天羽 康、神谷良明

本校数学科では、基礎的な知識・技能の習得とともに実社会や実生活の中でいきる統計的思考力の育成を目標に、「データの分析」の独自教材を開発し、実施している。本稿は、昨年度1年生を対象に実施した独自教材「ウイニングイレブン」の追実践の記録と考察である。今年度は、総合的な学習の時間において、3年生10名を対象に実践した。

なお、次期学習指導要領の改訂においては、数学のみならず、すべての教科を通して問題解決力の育成が重視されている。本研究では、QC 問題解決法によるプロセス学習を提案するとともに、ゲームシミュレーションによって、生徒がどう問題解決の再検討を行い、よりよいチーム作りに向けてどのように意思決定を図ったか分析する。

<キーワード> データの分析 コンピュータゲーム QC 問題解決法

1. はじめに

(1) 研究の背景

現在、ビッグデータの利用が浸透し、現実の諸問題の解決にかかわる多変数のパラメータを考察し、データに基づく意思決定や改善活動が行われている。学校教育では、問題解決力が重視され、中央教育審議会からは、次期学習指導要領の改訂のための論点整理として、問題解決のプロセスが図1のように示された。

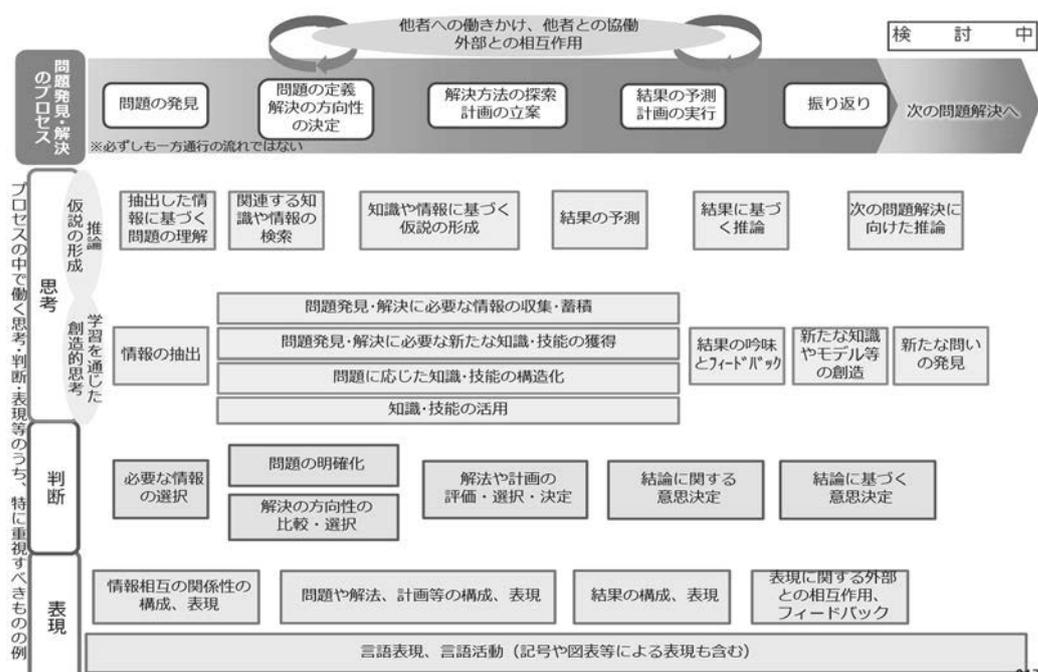


図1 問題発見・解決のプロセス (文部科学省)

(2) 統計探究プロセスと QC 的問題解決法

世界の統計教育では、ニュージーランドの PPDAC サイクルやイギリスの PCPD サイクルなどに代表されるように、「先ず問題解決のプロセスの全体像を習得させ、習得の過程で学年配当に応じた個別的な分析スキルを組み込む（渡辺、2011）」形でカリキュラムが組まれている。日本でも統計的探究プロセス全体を扱っていく必要性が指摘され（例えば、青山、2009）、PPDAC サイクルなどの問題解決の手法に沿った実践が行われ始めたが、海外から取り入れられているこの PPDAC サイクルや PCPD サイクルは、そもそも戦後より日本の企業で用いられている品質管理の手法を発端としている（渡辺、2011）。そこで、品質管理の手法に注目し、実社会や実生活の中でいきる統計的探究プロセス全体を学習の場で経験させたいと考えた。ちなみに、品質管理とは、提供する製品・サービスの質の向上のプロセス全体を示し、商品の品質のみならず、すべての工程の質を恒常的に向上させることを目的としている。「KAIZEN」、「PDCA（Plan → Do → Check → Action）」などが有名なキーワードとしてあがる。

品質管理の手法の中では、気づいた問題を解消することを目的にテーマを決め、問題を発生させている原因を事実のデータから考え、真の原因に対して有効な対策を実施することを QC (Quality Control) 的問題解決法といい、次の6つのステップで進められる（今里、2009）。

1. 仕事の結果として発生している不具合を問題として考える。（テーマの選定）
2. その問題の実態から重要な問題を抽出する。（現状の把握）
3. どこまで問題を解消するかを決定する。（目標の設定）
4. 次に、問題の発生原因を明らかにした上で、最も大きく影響している重要原因を特定する。（要因の解析）
5. その重要原因に対して対策を施し、（対策の検討と実施）
6. 本当に効果があるかどうかを確認したうえで、同じ原因による問題が再発しないように歯止めをかける。（効果の確認と標準化）

(3) 研究の意図と目的

問題解決型学習のプロセスとして提示されている枠組みは、先にあげた図1など、さまざまあるが、今回取り上げる QC 的問題解決法の「共通のテーマをもって、データを分析し、現状を把握した上で、目標を掲げて、対策を検討・実施し、効果を検証する」という一連の流れは、学習の場においても、学習者に「問題を解決するために何をすべきで何をおこなっているか」を端的に示すことができ、有用だと考えた。

また、昨年度実施した「ウイニングイレブン」の生徒アンケートの中に、「1回ゲームして終わりだったから、その勝敗を踏まえてもう一度チームをつくりたい。」という記述があったが、自分たちの行った問題解決の結果を受けて、再度統計的サイクルをたどり、より良い解決をめざすことは、現実場面では当然の思考であり行動である。本教材は、テクノロジー活用を前提としており、ゲームデータの利点から、自分たちの行った解決の結果を繰り返しシミュレーションし、還元することが可能であり、条件を変えながら最適解を導出させる実験的な側面を持ち、その実験の中で、数学的な分析スキルや解釈を学ぶことができる（増田、2016a）。

そこで、今回学習を行うにあたって、昨年度の実践を次のように修正し、追実践することにした。

- ①プロセス全体を強調すること
- ②シミュレーション結果を還元し、選手を再選出させ、更に検討すること

これらの学習を通して、「シミュレーションによって選手選出の意思決定をどう変容させたか」「問

題解決のプロセス全体を習得したか」について考察し、分析することとした。

2. 教材と授業構想

(1) 教材「ウイニングイレブン」について

本教材では、「データでスポーツをしよう」をテーマに、コンピュータゲームに格納されている選手データを分析し、ワールドカップ優勝チーム「スペイン」に勝つオリジナルチームを作る。分析する選手は、6か国138名で、これらの選手がもつパラメータは量的データ23項目と質的データ6項目の計29項目である。これらを国およびポジションのカテゴリー別に分析し、国別のチームやポジションの特性、各パラメータの関係性について考察したのち、チームのトータルバランスや選手の特性などそれまでに分析した結果から、チームのGKとFW、DFは固定とし、最も望ましいと考えられるMFの選手5人を選出し、オリジナルチームを編成する。編成したチームの良さや選手選定の根拠などをデータに基づいて説得力のある形で主張するのが課題の趣旨であるが、コンピュータゲームであることも活かし、対スペインチームのシミュレーションゲームを実施した。データの分析は「テクノロジーを活用」し、学習の形態は「グループ活動による協働学習」とした。

(2) 授業計画

平成28年7月～11月、本校の第3学年における総合的な学習の時間において「ビックデータの活用」を希望した10人を対象に、8時間で実施した。なお、生徒は、1年次の数学Iにおいて「データの分析」は既習である。場所はコンピュータ教室と普通教室を併用し、普通教室では、2in1のPCをグループ1台（図2左）、コンピュータ教室ではデスクトップ型PCを各自1台（図2右）使用した。分析には科学技術振興機構が提供するデジタル教材配信サイト「理科ねっとわーく」の教材コンテンツ「科学の道具箱」のグラフ作成ソフトを利用している。



図2 生徒の学習の様子

表1 授業計画

時	QC 問題解決 (分析の手法)	学習のテーマ
1	テーマの設定	「データをみてチームを強くする戦略を立てられるか？」
2	現状の把握 (ヒストグラム・箱ひげ図など)	「日本と世界のチームの特徴の違いの検証」 「チーム別、ポジション別の特徴をヒストグラム以外でどう比較するか」
3	要因の解析 (魚骨図)	「チーム編成のために注目する項目を選ぼう」
4	対策の検討と実施	「選手決め」
5～8	効果の確認	シミュレーションによる検証→「選手決め」再検討 グループ発表準備
9～10	発表	プレゼンテーション

3. 実践とその分析

本実践は、昨年度1年生を対象に実施した「ウイニングイレブン」(増田,2016b)の追実践であるが、先に述べたように、昨年度より問題解決のプロセスを重視し、強調した。2時間目には、1年次に学んだことの復習を兼ね、「科学の工具箱」の操作方法を確認したが、以降の時間では、各グループで分析活動をし、必要に応じて数学的な支援をした。

(1) テーマの設定について

現在、バレー、野球、サッカーなど様々なスポーツで、統計分析が取り入れられ、練習の方針やゲームでの作戦が立てられていることを話題として取り上げ、「データでスポーツをする」ことを通して「データ分析」を使った問題解決の有用性を学ぶことが本教材の目標であることを伝えた。その後、ビデオクリップにて日本対スペインのゲームを観察し、「強いチームを作って、スペインに勝つ！」ことを共通のテーマとした。今後用いるワークシートを配り、QC的問題解決法の「共通のテーマをもって、データを分析し、現状を把握した上で、目標を掲げて、対策を検討・実施し、効果を検証する」これら一連の流れを説明した。

(2) 現状の把握について

ヒストグラムで分析する。グラフは、読み手にわかりやすく、データの分析者が主張したいことを表すことができるものが最適である。生徒はグループごとに選択する変数について、「科学の工具箱」のグラフ作成ソフトを活用しながら、分析し、自分たちの主張を表現するのに適切かについて考え、理解した。また「国」「ポジション」などで層別化することでその特徴を捉えることができることを理解した。

さらに箱ひげ図を表記することによって、見えにくかったチームの比較がしやすいことに気付いた。また、平均値、最頻値、中央値、最大値、最小値、レンジなどを使って、データを分析し、表現することをさせた。

同時にこれらの学習を通して、「科学の工具箱」の操作を説明した。

(3) 要因の解析について

班で目指すチーム作りの構想を練り、考えを整理するために魚骨図をつくった (図3)。

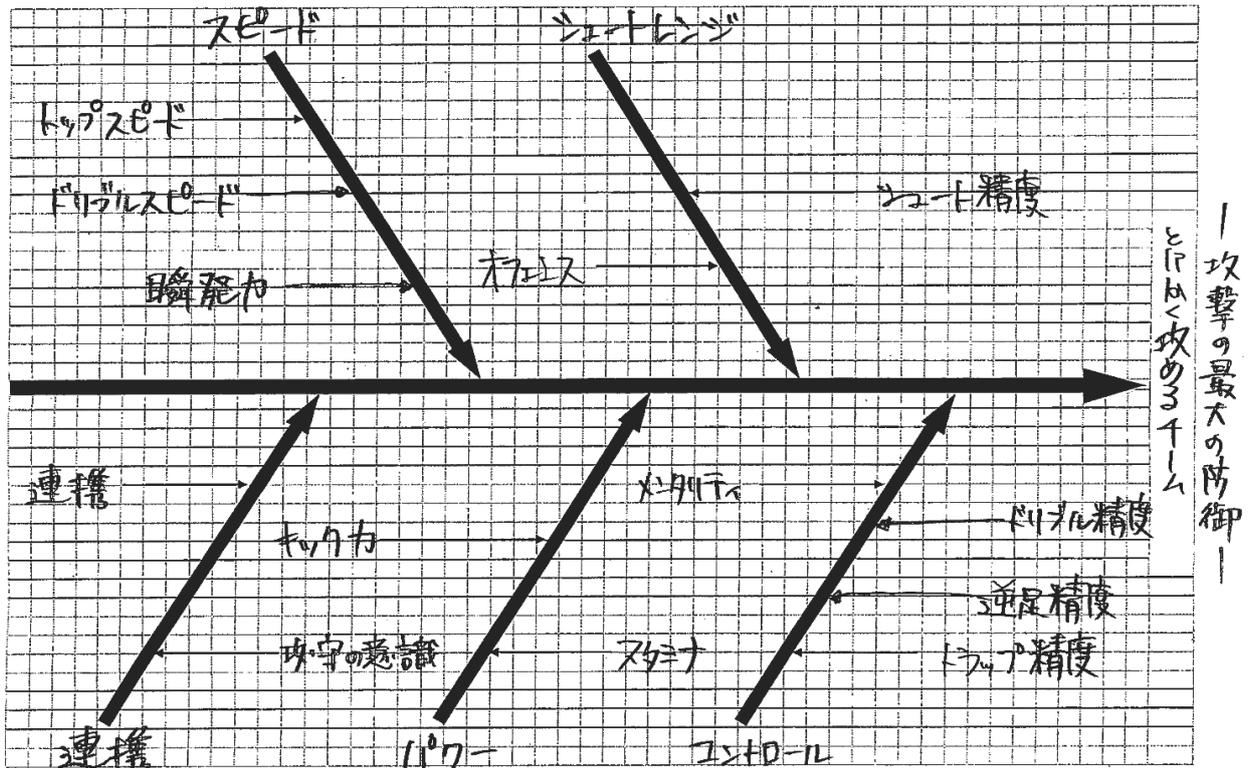


図3 A班の作成した魚骨図

なお、魚骨図とは、特性要因図ともいい、品質特性に影響を与える多数の要因を整理・把握するために、1952年に東京大学の石川馨博士が考案したものであり、問題の因果関係を整理し原因を追究することや採用する必要がある基本要素の根本原因を見出すために使用する。解決すべき問題（特性）を右端に記入し、大骨・中骨・小骨と要因を層別化（グループ化）しながら「なぜなぜ」を繰り返して、構造的にどんな要因があげられるかをあげていく作業を繰り返すのだが、こうして多数の要因を漏れなく、重複なく洗い出す作業に用い、階層構造を整理する。このあと、パレート図やヒストグラム、散布図などで検証を行い、その要因を次の「対策の検討」へつなげる。

どんなチームを目指すかによって、注目する変数は変わってくる。ここまで分析したことを踏まえて、多項目のパラメータ整理し、変数同士の関係性を相関係数や散布図によって検証した。

右端には目指すチーム像をあげ、そのために強化したい項目を大骨としてあげさせた。さらに、中骨や小骨をデータセットのパラメータで表現させた。魚骨図を使って、今後の方針をグループで整理した。

(4) 対策の検討と実施について

チームのGKとFW、DFは固定とし、MF5人（図4のF～J）をスペイン以外のチームから選ぶ。発表には、数学的な根拠や理由を提示し、他者を納得させる説明をすることを目標とした。

(5) 効果の確認について

自分たちが作ったチームが「スペインに勝てるチーム」だったか、各班の5試合分の結果をビデオに撮影し、5分程度のダイジェスト版をつくり、視聴させ、再度選手選出について検討させた。

(6) 生徒の活動の様相

A班（男子4名）、B班（男子4名）、C班（女子2名）の中で、もっともよいデータ分析とプレゼンテーションができたと評価したのは、C班であった。以下、C班のパワーポイントで作成した資料と発表について考察する。

C班の発表では、まず、QC的問題解決法の「共通のテーマをもって、データを分析し、現状を把握した上で、目標を掲げて、対策を検討・実施し、効果を検証する」ことをあげ、今回の問題解決の全体像をまとめた。次に、データの分析結果として、スペインはオフェンス力が高いチームであることが明らかになったことから、対抗できる攻撃力の強いチーム作りを目標にしたと発表し、戦略を魚骨図で示した（図5）。

そして、魚骨図の大骨で表した項目にかかわるとあげた要因のパラメータの合計を出し、それぞれ最高値をもつ選手を選出し、チームを編成した。ところが、シミュレーションゲームが、0勝2敗3分と芳しい結果が得られなかった。選出した選手は、パスカ・チームワーク・フェイント・オフェンス・シュートの各項目で、最高値だった選手である。C班の生徒は、選手一人一人に各要因が偏っていたため、投入した選手では、チームに全体としてみれば、思っていたような強化できなかったと考えた（図6）。

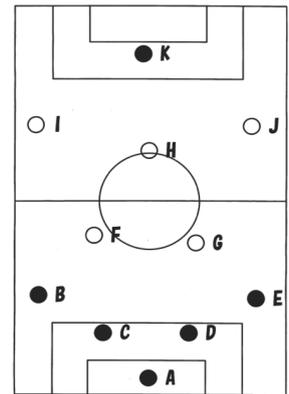


図4 選手選出



図5 C班スライド①

試合結果

・0勝2敗3分

1人1人に各要因がかたよりすぎて、連携がとれていない

5人全員が5つの要因において同じように能力をもてば良い！！？

図6 C班スライド②

そこで、2回目の選手選出は、5つの項目の平均値を出し、それらの能力をバランスよく備える選手を選び、チームを作った（図7）。その結果は図7のとおりで、勝ち数は0→1に増えたものの、負け数も増えたため、全体として1回目より良いチーム作りができたかの判断がつかねた。そこで、シミュレーションゲームごとに出る1試合当たりのボール支配率について比較し、その数字が上がったことで、2回目のチーム作りの方が、より良いチーム作りができた結論付け（図8）、発表を終えた。

スペインの攻撃力が優れていることを示すグラフ等がなかったところや各項目の要因の判定を数学的に明らかにしていないところなど、不十分な点はあったものの、限られた時間の中で、分析や資料作りを行い、問題解決の全体像をよく理解し、プレゼンテーションできた評価した。



図7 C班スライド③

試合結果 (最終)

1勝3敗1分

1回目
 ②日本:52% スペイン:48%
 ⑤日本:51% スペイン:49%

2回目
 ②日本:55% スペイン:45%
 ③日本:53% スペイン:47%
 ④日本:51% スペイン:49%

攻撃力を重視したチームを作ることができた！！

★★★支配率が上がった

図8 C班スライド④

(7) シミュレーションゲームのボール支配率について

シミュレーションゲームの試行回数は、1回のチーム作りに対して、5試合分であり、試合結果だけを見てもいいチーム、悪いチームの判断をしにくい。もちろん、試行回数は、時間をかければ増やすことができるが、今回、昨年度の授業プランを踏襲し、回数を増やさなかった。A班が「試行回数を増やせば、自分たちのチームの良さがもっと明らかになるのではないか」と言及していたことは特筆すべき点である。またC班も2回目のチーム作りについて、その良し悪しを試合結果だけで判断しかねていた。そこで、C班の生徒は、シミュレーションゲーム1試合ごとに示される「ボール支配率」に注目し、自分たちのチームを評価した。

「ボール支配率」が試合にどう影響しているかを、シミュレーションゲーム全50試合の結果から次の表2・3のようにまとめ、考察した。なお、支配率は、1ゲームの中で、50%以上の場合を「高い」、50%より低い場合を「低い」とした。

表2 支配率と得点・シュート数

支配率	得点	シュート
高い	11	77
低い	9	57

表3 支配率と勝敗

支配率 / 勝敗	勝ち	引き分け	負け
高い	5	11	11
低い	5	5	13

クロス表からも、支配率が高ければ、シュート数は上がり、得点のチャンスは増えるため、勝敗についても、「支配率が高ければ負けず」、「低ければ負ける」場合が多いことがわかる。

生徒が「支配率」に注目して、「より強いチームになったか」を検討する指標には、充分なりうるかと判断した。

4. 考察とまとめ

QC問題解決法による本教材で、生徒の様々な思考・判断・表現の一端を示し、「シミュレーションによって選手選出の意思決定をどう変容させたか」「問題解決のプロセス全体を習得したか」につい

て考察し、まとめた。

今回は、3年生の総合的な学習の時間での実践だったが、対象とした生徒10名3班の中では、C班の女子2名の学習がもっとも充実していた。最初は、サッカー部のいるA・Bの2班の方が、より深い学びをするだろうと考えていたが、「サッカーを経験的によく知っている」ことが、データを分析する上では、弊害的な側面もあった。

例えば、A班は、サッカー部の生徒の「『メンタリティ』が高い選手は『スタミナ』や他のパラメータも高い能力値に違いない。」という発言から、『メンタリティ』を中心にパラメータの精選を行い、選手選出をした。確かに、GKを抜いた3つのポジション『メンタリティ』と『スタミナ』の散布図からはその傾向を見ることができものの、相関係数は0.1であり、正の相関があるとは言えない。日常的に感じている傾向を、データを使って検証することは、より考えを深めるきっかけになるのだが、そのような段階には至らなかった。データを検証し、考察することを通して、自分の考えを再構築し、他者を納得させられるような表現をする学習を繰り返し経験させることが必要であり、これらの学習の評価を適切にし、フィードバックさせる必要もあると感じた。

そもそも日常における問題解決は、必ずしも一回の試行で正解にたどり着くわけではなく、より良い解決を目指し、試行錯誤を続ける。現在、数学教育の場に示されている問題解決のプロセスも「一巡回っておしまい」ではなく、次の問題解決に向けて、ぐるぐるとそのサイクルを回していくモデルが提示されているが、実際に問題解決のプロセスを2周・3周と回した実践例は少ない。その理由として、よりよい問題解決をめざして何度もプロセスをたどり、試行錯誤するための十分な時間が確保できないことがあげられる。しかし、そればかりでなく、学習者に、次のサイクルを回す動機付けとなる「分析結果や対策の結果がどう効果的に作用したか」を検証する術がないことも理由の一つではないだろうか。今回のシミュレーションのように、条件を変えることで自分たちが目指した解決を数値化してとらえることができるのであれば、自然に次の問題解決のサイクルを回す学習ができるであろう。また、その中で数学的な思考や判断力を深化させることができると考える。

5. 今後の課題

現在、「アクティブラーニング」などの言葉に代表されるように、学び方や授業法の改革が求められている。今後、学年に応じた問題解決型の学習はますます活発になっていくと考えられるが、個々の学習の成果をどう評価し、どう終着をするか、課題は多い。統計教育の先進国であるニュージーランドの問題解決型学習の評価基準をもとに、評価基準を枠組みと方法を検討し、提案することが、今後の課題である。

謝辞

本研究の一部は、平成28年度科学教育研究費奨励研究（16H0067）の助成を受けている。

引用・参考文献

- 青山和裕（2009）「これからの統計教育の方向性（3）統計的な探究プロセスをいかに授業の中で実現するか」日本科学教育学会第33回年会論文集、pp.223-224
- 今里健一郎（2009）「QC 7つ道具がよ〜くわかる本」秀和システム
- 増田朋美（2016a）「多変数の教材『ウイニングイレブン』を使ったデータの分析－学ぶ統計から使う統計のための教材開発－」研究紀要第43号、pp.53-68

増田朋美 (2016b) 「サッカーゲーム『ウイニングイレブン』を使った『データの分析』の実践と考察—ゲームシミュレーションによる検証に焦点を当てて—」日本科学教育学会第40回年会論文集、pp.319-320

文部科学省 (2015) 中央審議会教育課程企画特別部会論点整理補足資料、pp.212

渡辺美智子 (2011) 「科学的探究・問題解決・意思決定のプロセスを通して育成する統計的思考力」科学教育研究、35-2、pp.71-83

平成28年11月17日 発表の様子

