愛知教育大学附属高等学校研究紀要第 49 号
pp.59～65（March, 2022）

データの分析の探究学習から見えた「数学的な表現力」の向上

－3 年間の指導と 4 人の成長記録－

数学科　増田　朋美

本校は、国立の教育大学の附属高校といった位置づけもあり、先進的な探究学習が望まれ、その充実は本校の教育目標の 1 つである。

本稿では、平成 27 年から 30 年に行った数学の授業実践と探究学習を通して、4 人の生徒の「数学的な表現力」がどう向上したかを分析する。少し前の実践記録にはなるが、筆者が同一学年を 3 年間持ち上がって、数学の授業や探究活動を受け持った生徒たちの記録である。3 年間の授業実践や探究活動を振り返って、生徒の成果物やアンケートでのコメントを改めて評価した。探究活動や問題解決学習の可能性と数学の学習の意義をまとめる。

＜キーワード＞　探究学習　数学的な表現力　データの分析

１．はじめに

ビックデータの利用が浸透し、エビデンスに基づく意思決定が求められる社会の現状を踏まえると、高等学校の統計教育には、実データを多面的に分析する経験を通して、データに基づいて判断や意思決定できる力の育成が期待される。

本校数学科では、データの分析の基礎的な知識・技能の習得すること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。本稿では、平成 27 年から 30 年に行った授業実践と探究学習を通して、4 人の生徒の「数学的な表現力」がどう向上したかをまとめる。

２．3 年間の活動の概要

⑴ 平成 27 年度の授業実践

平成 27 年 10 月～11 月、第 1 学年 3 クラスを対象に、8 時間（数学Ⅰ「データの分析」は既習）の実践をした（増田、2016a、2016b）。

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さまざまであるが、「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 QC（Quality Control）的問題解決法による一連の流れは、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、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」を示すことができる。このプロセスに沿って PlayStation3「ウイニングイレブン 2013」に格納されている選手データ（6 か国 138 名、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）を分析し、チームのトータルバランスや選手の特性から、最も望ましいと考えられる選手を選出し、オリジナルチームの編成を行った。

授業終了後のアンケートでは、「時間がもっとほしかった。」「またやりたい！」との声が数多く寄せられた。実践を踏まえ、さらに発展した学習の機会が得られるとの思いから、「スポーツデータ解析コ

ンペティション（中等教育向け部門)」に参加させて頂くことにした。

⑵平成 27 年度のデータ解析コンペティション

本校では、学年によってテーマや期間は異なるが、生徒が課題研究をし、その成果を発表させる機会が多くある。平成 27 年、1 年生は、12 月から 2 月にかけて、生徒各自が自由に興味ある学問分野の研究をする「探究活動」が計画されていた。

そこで、「ウイニングイレブン」の学習後の 11 月に「スポーツデータ解析コンペティション」への参加を希望する生徒を募った。希望した生徒 16 名は、「探究活動」の時間も利用して、データコンペ出品の準備をした。3 人から 6 人の 4 つのグループに分かれ、「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」という流れで問題解決を目指した。今回は、「ウイニングイレブン」のようにシミュレーションによってその効果を確認することはできなかったため、パワーポイントでの発表を行い、プレゼンテーションを相互評価した。その中で、評価の高かった 2 チームがポスターを作成し、「データコンペ」に出品した。その他のグループも学年の発表会で分析の結果を発表した。生徒の発表タイトルと成果は次の通りであった。

①「ガイナーレ鳥取　J1 昇格大作戦！」
　→データコンペ出品。敢闘賞受賞。

②「中日ドラゴンズを勝利に導くためには～チームの救世主となる選手の選び方～」
　→データコンペ出品

③「助っ人外国人がもたらすチームへの影響」

④「DeNA に足りないものは」

⑶平成 28 年度のデータ解析コンペティション

平成 28 年度は 8 月に、前年敢闘賞を受賞した「J1 昇格大作戦！」の作品を愛知県ポスターコンクールに出品した。データコンペで審査の先生方から指摘していただいた部分を修正し、金賞をいただくことができた。その活動の中で、生徒から、「今年もデータコンペに参加したい」との声があがったため、8 月に申込をした。データ配布から 11 月までは、生徒たちの自主的な活動となった。11 月の授業後に各自のデータ分析を統合し、解決したい問題と分担を決めた。以降、生徒たちは、朝や授業後、休日を使って進捗状況を確認し、作品を仕上げた。この作品は優秀賞を受賞した。

⑷平成 28 年度の授業実践

地域に自生地（国の天然記念物）があり、本校の校章のモチーフでもあるカキツバタは、生徒にとって身近な花である。本教材は、「これはアヤメかカキツバタか」をテーマに、平成 29 年 3 月に 2 年 5 クラスで実施した（増田、2017a)。学校のロータリーに咲く青い花が、「本当にカキツバタか」を話題の発端として、Fisher の iris データを分析したのち、検定の考え方に基づいて、「アヤメかカキツバタか、どちらともいえないか」を主張するのが課題の趣旨である。世の中には、手元のデータから、全体像を推し量る事例がたくさんある。推定・検定に興味をもってもらうことが本教材の目的であった。

⑸平成 29 年度の探究活動

「同じアヤメでも品種によってこれだけ差があるのなら、同量のカキツバタのデータを取って、その差異について調べてから考えたい。」前年度の授業実践の後、3 年生に上がった生徒から声があがり、4 人の生徒が自主的に探究活動を行った。学校に咲いているカキツバタ 50 輪を計測し、データを集め、Anderson の Iris 研究論文と合わせて考察を進め、「いずれアヤメかカキツバタ～美しさはどこにある

か～」という論文にまとめ、武蔵野大学数理工学コンテストに応募し、選考委員賞を得た。

３．生徒の取組の様子

以下では、「第 4 回数理工学コンテスト（武蔵野大学）」に参加した女子生徒 4 名の 3 年間の探究学習の様子とコンテストに出品した成果物から「数学的な表現力」がどう向上したかをまとめる。「ウイニングイレブン」「平成 27 年度のスポーツデータ解析コンペティション」「平成 28 年度のスポーツデータ解析コンペティション」「これはアヤメかカキツバタか」「数理工学コンテスト」の 5 つの探究学習と独自教材で問題解決学習に取り組んだ生徒の学習の様相とその成果である。

(1)平成 27 年度の授業の様子

当該生徒 4 名は、1 年次同じクラスで、それぞれ文化部に所属していた。何事にも一生懸命に取り組む活発な生徒たちではあるが、ことスポーツに関しては、興味関心が低い。「ウイニングイレブン」ではサッカーゲームのデータを扱ったが、教材開発の構想段階では同僚からもサッカーをよく知っている生徒とそれ以外の生徒では、学びの差が大きいのではないかとの心配の声もあった。授業後の彼女らのアンケートでも「サッカーもゲームもよくわからなくて最初は心配だった。」とある。しかし、サッカーの知識がないからできないということはなく、パラメータの意味や詳しいルールはお互いに調べたり、教えあったりすることで問題はなかった。

実際、アンケートでは苦労した点を次のようにあげている。「グラフによって、また関連する項目によって、見え方が違った。うまく活用することで、より効果的に相手に伝えることができるデータの分析は、思っていたより難しかった。」「授業での問いかけが広く、何をしたら良いのか迷った。発表をしていても目的がばらばらで、良く分からないこともあった。」しかし、「父に家で、データの分析をしてプレゼンをするという話をしたら、『社会に出て会社に入ってやる仕事のほとんどが、根拠がある説明をして納得がしてもらうこと』と言われました。」「最初よくわからないし、難しいなと思っていたけれど、授業を重ねるたびにデータの分析の仕方、活用の仕方が理解できるようになり、すごく楽しくなっていった。みんなでやるからこそ意味がある授業だったなぁと思う。とにかく楽しかった！」「またやりたい！」と前向きな感想を持って学習を終えた。

サッカーをよく知らない女子生徒も、MF がオールマイティなポジションであることを、層別化したヒストグラムや箱ひげ図から理解し、スペインはチーム力が高く、攻守ともにバランスがよいチームだとデータから納得した。

(2)平成 27 年度のデータ解析コンペティション

主催者から提供されたデータで探究活動をした「J1 昇格大作戦！」の概要は図 1 の通りである。J2 リーグ最下位のガイナーレ鳥取を Ｊ1 リーグへ昇格するための提言を目標にデータの分析をした。まず、ガイナーレ鳥取は、「ディフェンシブサードでの守り成功回数」から守りができるチームであるものの「味方へのパス」回数が少なく、得点がなかなか入らないチームであることが明らかになった。また、J2 リーグの上位 2 チームと選手の年齢を比較し、ガイナーレが比較的若い年齢層の選手で構成されているチームだとわかったことから、さらにポジション別に選手の年齢を考察した。そこから、各ポジションの特性に合った年齢をあげ、ＭＦというパスが重要視されるポジションにおいて必要な年齢層は、平均年齢よりも高い、ある程度経験を積んだ選手にする必要があると結論付けた。つまり、ガイナーレのチームで特長のある「守り」から課題のある「得点」につなげるために、重要なポジションの MF には、経験豊かな選手を配置することが必要だと問題の解決策をあげた。

「ウイニングイレブン」よりさらに専門的なデータであり、かつ多変量のパラメータであったものの、自分たちなりにパラメータを取り上げ、考察することができた。また「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」という問題解決のプロセスを十分踏まえ、データに基づいて説得力のある主張をすることができた。

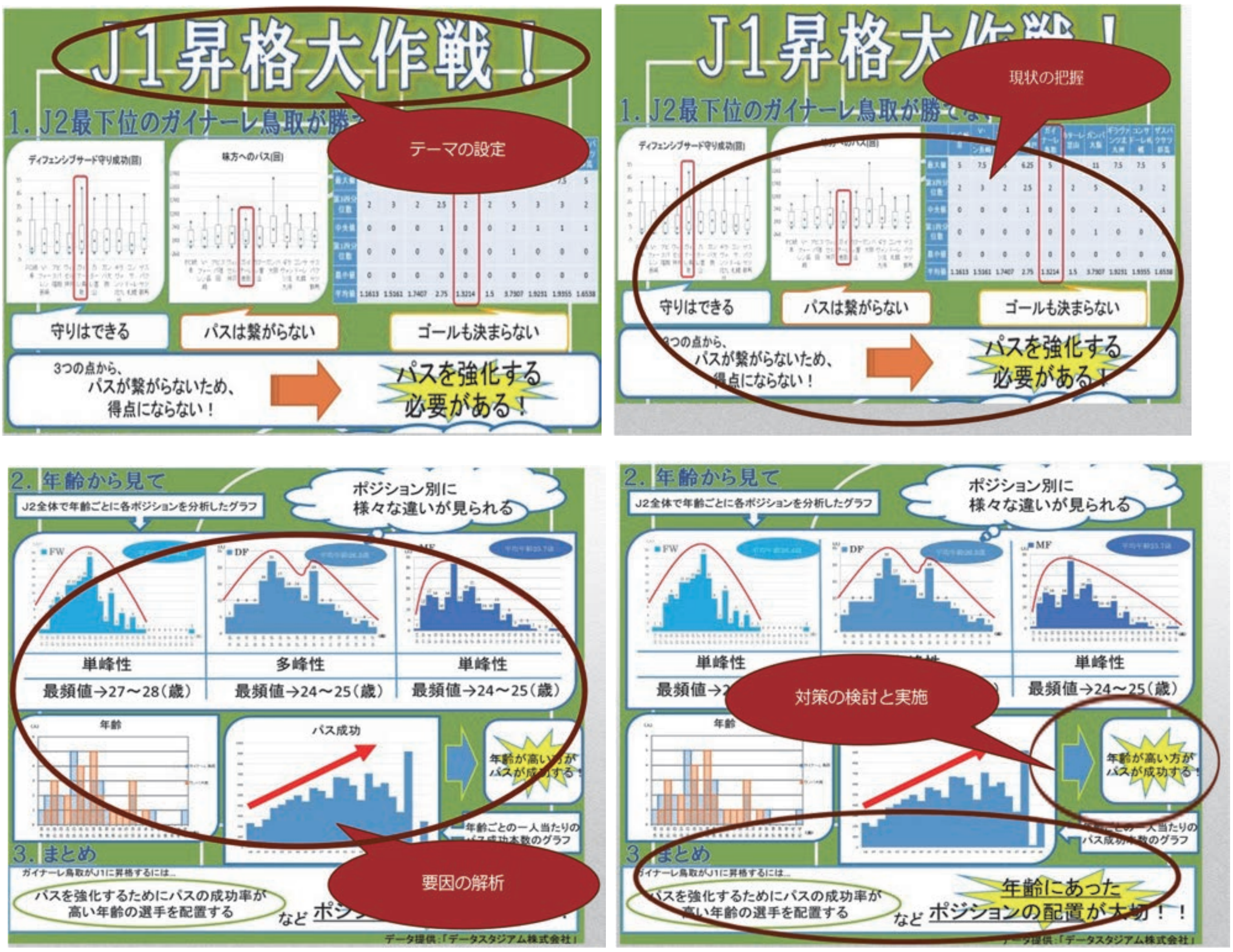

図 1「J1 昇格大作戦！」

(3)平成 28 年度のデータ解析コンペティション

前年度に引き続き、コンペの主催者に提供されたサッカーデータを分析した。「もしも PK 戦があったなら。」(図 2) は、ホームチームの名古屋グランパスが J2 リーグに降格したことを発端に、J1 リーグのチーム順位とゴール数の合計を比較し､それが順位と必ずしも一致していないという気づきから、PK 戦によって引き分けをなくしたならば、J1 リーグの順位がどのように変わるかをシミュレーションし、まとめたものだ。提供されたデータの「ペナルティーエリア内のゴール数」と「ペナルティーエリア内シュート決定率」を使い、実際の公式戦で引き分けだった試合において PK 戦を行った場合、どちらのチームが勝利するのかを、独自に設定したゴール成功率の値「PK 予想値」を比較することで決定した。このシミュレーションによって、既存の順位づけのルールでは実力が順位に反映されていないチームがあり、どの数値に重きを置いて順位決定をするのかによって、チームに対する評価も変わると結論付けた。生徒はこの概要をポスターとレポートにまとめ、優秀賞を受賞した。

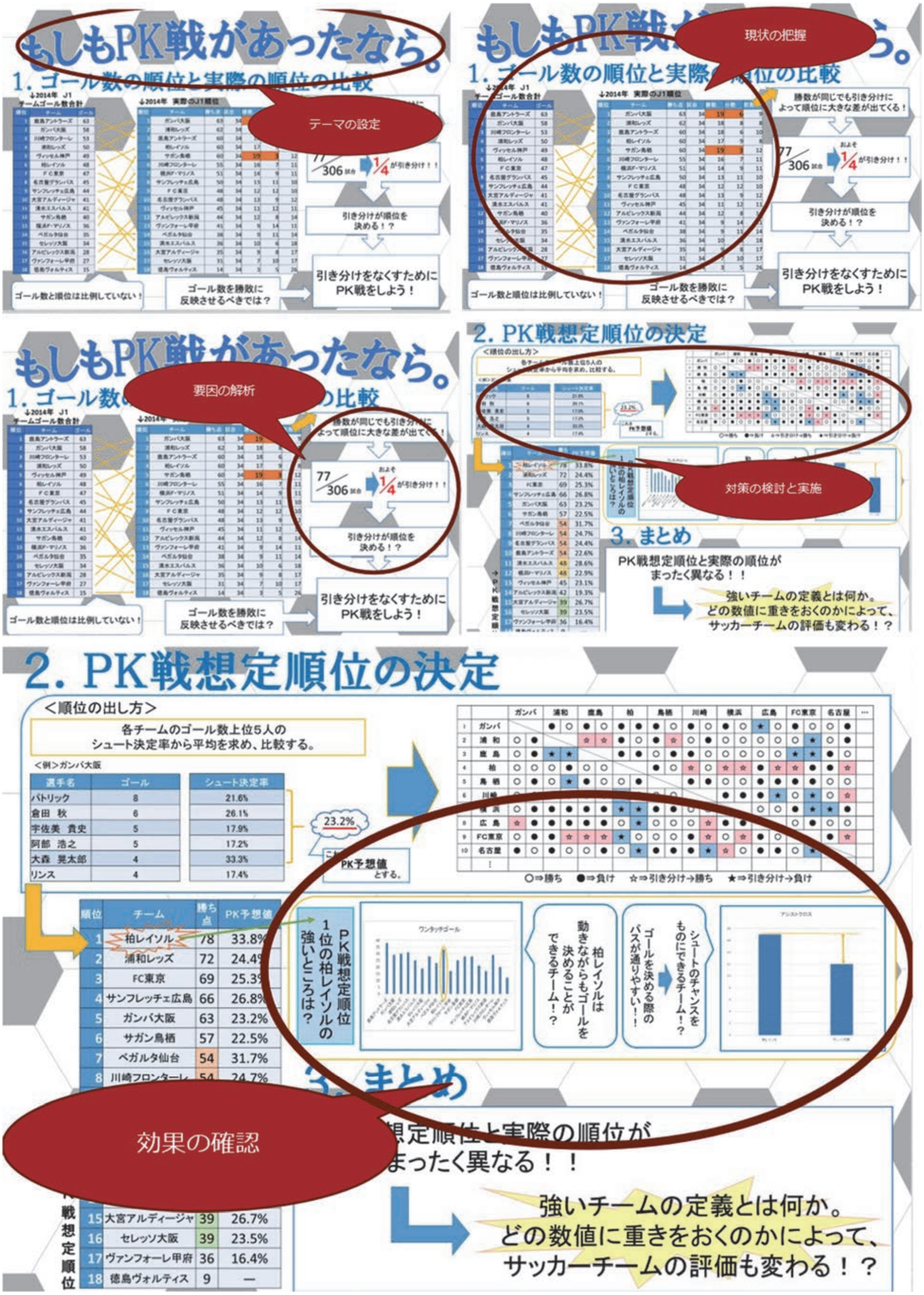

図 2「もしも PK 戦があったなら。」

「もしも PK 戦があったなら。」でも「ウイニングイレブン」で学んだ問題解決プロセスに沿って問題解決をしているが、その分析ストーリーは「J1 昇格大作戦！」に比べ、明らかな差異がある。自分たちの主張した効果が確認できるか数理モデルを作って検証するなど、数学的な表現力は向上し、実際、表彰状の色も変わった。

(3) 平成 29 年度の探究活動

4 人は 3 年生になり、総合的な学習の時間を活用しながら、受験勉強と並行し、探究活動を継続した。この年、4 人から、2 年の 3 学期に授業で行った「アヤメかカキツバタか」のデータを自分たちの視点で分析したいと申し出があった。既存のデータの他に、4 月～5 月に学校に咲いているカキツバタ 50 輪を計測し、データを集めた（図 3）。「いずれ菖蒲(あやめ)か杜若(かきつばた)」という言葉は“どちらも優劣がつけ難いほど優れている”ことを意味し、両者は昔から同じくらい美しい花とされてきたにもかかわらず、何故カキツバタの方が美しいとされてきたのかを、実際のカキツバタとアヤメのデータを比較して自分たちなりにそれぞれの相似点、相違点を定義しながら、解明した。探究活動のテーマとして「カキツバタとアヤメには実際どんな違いがあるのか」、「カキツバタが美しい理由はどこにあるのか」の 2 つを設定した。Anderson の Iris 研究論文と合わせて考察を進め、Width と Length の平均の比が、カキツバタは約 5：7、アヤメは約 4：11 であることやこのカキツバタの 5：7 という比が、白銀比であることを発見し、「いずれアヤメかカキツバタ～美しさはどこにあるか～」という論文にまとめ、武蔵野大学数理工学コンテストに応募し、見事、選考委員賞を得て、東京の授賞式に招待された。

図 3-1　校内のカキツバタの計測

生徒は、相関係数から確かにカキツバタとアヤメの形態の比はとても近く、はっきりと見た目では区別がつきにくいことを数学的に表現した。さらに、散布図や箱ひげ図（図 4）から、カキツバタとアヤメ（3 種）のデータの相違を視覚化して示し、日本人に親しまれ愛されるのが白銀比であることをさまざまな古典から引用し、まとめた。「身近にある似て非なるもの」と「美しい」という概念を数学的に表現した。この論文作成指導を最後に 4 人と並走した「探究活動」の 3 年間の日々は卒業を迎えた。

図 3-2　校内のカキツバタの計測

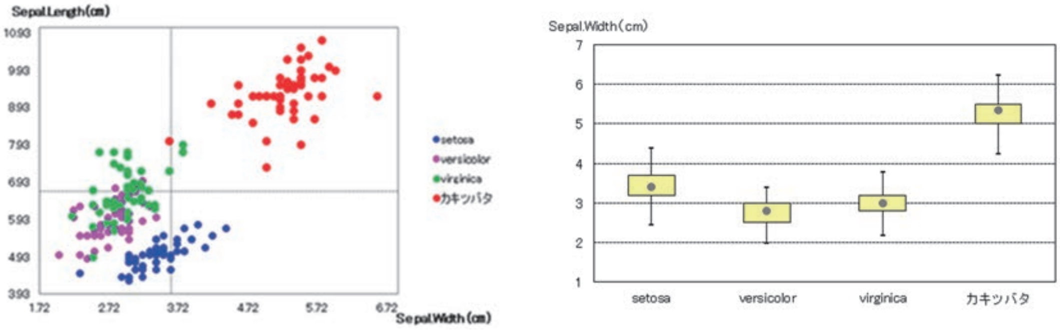

図　4　生徒の論文の資料の一部

３．まとめと今後の課題

本研究から、生徒は問題解決ストーリーをまねて学んでいくこと、生徒の分析ストーリーは段階を踏んで自由度を増すこと、数学的な表現力の向上には、継続した指導が必要であることがわかった。また、問題解決のプロセスは簡単に獲得できるものではないので、指導者がモデルを提示することや学習者は繰り返し経験的に学ぶことの必要性が明らかになった。

問題解決学習や探究学習は、生徒同士や教員が一緒になって、試行錯誤しながら納得する答えを探す学習活動であり、時には解が定まらないことも、生徒が出した結論に明確に評価を示せないこともある。その点をあげてこの学習を「やりにくい」と訴える指導者も多いが、生徒は解の発散するこのような学習や授業が好きなようである。今回、3 年間の記録を振り返り、この 4 人の生徒が、探究学習そのものを楽しみ、自分たちの主張を「数学的に表現する」術を身に着けたと感じた。3 年にわたって問題解決学習に取り組んだ生徒の成長は著しく、データ分析の有用性を実感し、問題解決のプロセスを体得することができたのではないかと考える。

次年度から始まる「附高ゼミ」で、更なる探究活動の充実やデータを利用した数学教育の指導、数学的な表現を高める教材開発に取り組むことが今後の課題である。

参考・引用文献

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－」愛知教育大学附属高等学校　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

増田朋美(2017a)「統計分野における問題解決学習の実践－これはアヤメかカキツバタか－」愛知教育大学附属高等学校　研究紀要第 44 号， pp.43 ‐ 50

増田朋美（2017b)「データでスポーツをしよう－データ分析でサッカーを知る女子生徒の 2 年間の取り組み－」統計数理研究所共同研究リポート 379 統計教育実践研究第 9 巻，pp.63 ‐ 65

謝辞

本研究の貸与データは情報・システム研究機構の新領域融合研究プロジェクト『社会コミュニケーション』データ中心科学リサーチコモンズ事業『人間・社会データ』の支援を受けたものです。

また、本研究の一部は令和 3 年度科学教育研究費奨励研究(21H03969)の助成を受けています。