

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—

数学科 増田朋美、青山和宏、森永敦樹、山本武寿、天羽 康

現在、「データの分析」は、知識の伝達だけに偏らず、学ぶことと社会とのつながりをより意識した指導が期待されている。一方、高等学校教育課程としては約40年ぶりに導入された本單元には、現場からの戸惑いの声も多く、まだまだ課題が山積している。

そこで本研究では、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を育成することを目標に、テクノロジー活用を前提とした多変数のデータセットからなる教材を開発し、実践した。本教材を生徒たちがどう学習したか、その様相を明らかにすることを通して、「学ぶ統計」から「使う統計」へ、学習の転換を提案したい。

<キーワード> データの分析 多変数 テクノロジー活用

1. 研究の背景と目的

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、意思・行動決定できる力の育成が期待される。しかし、現在の高等学校の統計教育は、旧来型の数理統計学に関する基礎指導の面が色濃く残っており、上記のような社会的な視点や統計に基づく意思決定などの面がまだ十分に実現しきれていない。現状の指導では、グラフをかけること、統計量を求めることなど、データの分析の手法を理解し、習得することに重きが置かれており、教科書はその学習項目を学ぶに適する数字のデータが並ぶ。現行のカリキュラムで統計教育の充実がはかられたものの、海外の統計教育と比較すると、「国際的には20年の遅れがあり」（渡辺、2011）、アメリカ、イギリス、オーストラリア、ニュージーランドなどの海外諸国では、「知識を教授する教育よりも生徒自身の経験的な学習活動を支援する」ことを重視した統計的思考力を育成する問題解決型の学習がなされている。

そこで、本校数学科では、昨年度より問題解決型の独自教材を開発・実践し、統計的思考力の育成を目指している。今年度教材化した「ウイニングイレブン」は、学習指導要領でも推奨されている「テクノロジーの活用」を前提に、扱うデータ数を増やし、自由度の高い分析と問題解決をさせ、生徒が「使う統計」を通して、データ分析の有用性を感じることをねらいとしている。多変数のパラメータのセットならではの煩雑さやデータを使って表現することの難しさは、高校生にとってハードルの高い学習であるが、これらのデータを多面的に分析する過程で、生徒たちがどのようにデータに対峙し課題を解決したか、その学習の様相を明らかにすることを通して、「学ぶ統計」から「使う統計」へ、学習の転換を提案する。

2. 教材と授業構想

(1) 教材「ウイニングイレブン」について

本教材は、「データでスポーツをしよう」をテーマとして、PlayStation 3のサッカーゲーム「ウイ

ニングイレブン2013」に格納されている選手データを分析し、2012年の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ことを最終目的としている。分析する選手は、2012年のワールドカップで上位であった5か国（イタリア・アルゼンチン・ブラジル・スペイン・ドイツ）と日本の合計6か国138名とした。これらの選手がもつパラメータはオフェンス力、ディフェンス力、ヘディング精度、ドリブル精度など量的データ23項目と攻撃意識、守備意識、コンディション安定度などの質的データ6項目の計29項目である。これらを国および4つのポジション（フォワード・ディフェンス・ミッドフィルダー・ゴールキーパー）のカテゴリー別に分析し、国別のチームの特徴やそれぞれのポジションの特性、各パラメータの関係性について考察する。オリジナルチームのうち、ミッドフィルダー5人以外の6人はすでに確定しているものとし、チームのトータルバランスやポジションごとの選手の特性などそれまでに分析した結果を活かし、最も望ましいと考えられる選手5人を選出し、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、PlayStationのゲームであることも活かし、オリジナルチームとスペインチームとのシミュレーションゲームも実施し、その結果について生徒たちに伝える。今回、扱うデータ数が多いため、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) パラメータについて

ウイニングイレブンの選手データとして与えられている各パラメータ（表1：紙面の都合上一部抜粋）は、図1の画面上で得た選手のデータである。



図1 ウイニングイレブン 選手データ画面

表1 データセット「6か国138名」一部抜粋

ID	国	ポジション	オフェンス	ディフェンス	ヘディング精度	ドリブル精度	シュートパス精度	シュートパススピード	ロングパス精度	ロングパススピード	シュート精度	ブレイクキック	カーブ	トラップ精度	逆足精度	逆足頻度	GKスキル	レスポンス	瞬発力	ドリブルスピード	トップスピード	ボディバランス	スタミナ	キック力	ジャンプ	ケガの耐性	攻撃意識	守備意識	コンディション安定度	メンタリティ	連携	
1	日本	GK	30	78	55	58	57	62	59	65	50	45	45	58	4	4	77	86	73	56	72	78	60	77	80	3	3	2	6	80	72	
2	日本	DF	57	74	79	71	70	68	73	76	63	68	63	70	4	4	50	76	71	70	78	81	78	82	87	1	2	3	5	71	72	
3	日本	DF	58	74	74	71	71	73	73	75	60	62	65	72	6	5	50	79	77	70	84	79	84	72	76	2	2	3	5	71	78	
4	日本	DF	68	68	68	76	73	71	75	72	65	64	69	76	4	4	50	75	81	77	82	72	83	74	73	3	3	3	5	66	74	
5	日本	DF	68	73	75	74	70	78	74	77	65	63	66	74	6	7	50	83	88	78	83	83	98	77	84	3	3	3	7	72	76	
6	日本	MF	70	71	70	78	78	77	77	73	69	70	71	78	5	6	50	77	75	80	76	77	86	78	73	2	2	3	6	80	82	
7	日本	MF	61	72	73	73	73	72	72	72	64	66	66	75	5	5	50	80	76	71	75	79	84	70	78	3	2	3	6	75	73	
8	日本	FW	76	49	85	77	69	63	68	66	75	63	63	72	5	6	50	86	81	77	73	79	88	75	77	3	3	3	5	78	74	
9	日本	MF	83	58	71	85	82	72	78	74	84	73	76	86	7	7	50	77	86	82	77	71	85	70	74	3	3	3	5	70	77	
10	日本	MF	77	61	75	82	81	80	82	82	75	83	80	80	4	3	50	76	73	75	74	83	82	85	77	3	3	2	5	80	74	
11	日本	FW	75	34	75	73	66	65	65	66	73	62	65	75	6	5	50	77	76	73	79	77	73	73	73	76	2	3	1	4	65	66
12	日本	GK	30	76	55	64	67	65	73	72	60	70	70	65	5	4	76	84	75	60	74	75	65	80	80	2	3	2	5	71	73	
13	日本	GK	30	74	55	58	59	61	63	65	45	45	45	56	4	4	76	82	65	57	65	78	60	74	77	2	2	2	6	72	71	
14	日本	DF	57	77	79	72	75	78	74	73	65	62	66	73	6	6	50	83	74	75	74	78	80	74	78	3	2	3	7	72	78	
15	日本	DF	68	67	78	76	70	66	67	69	66	75	65	74	5	5	50	74	74	73	77	75	85	80	82	3	3	3	4	75	72	
16	日本	DF	55	73	75	72	75	77	78	75	60	60	58	74	6	6	50	77	69	70	71	78	77	72	71	2	2	2	4	66	72	
17	日本	DF	68	67	68	73	70	74	78	80	63	74	78	71	5	5	50	73	76	74	76	71	86	79	75	3	3	3	7	71	77	
18	日本	MF	75	68	70	79	84	79	83	76	73	82	83	82	5	4	50	71	67	71	72	75	81	75	71	3	2	2	4	72	83	
19	日本	MF	73	63	65	76	82	83	81	77	71	76	74	82	7	6	50	75	78	75	74	66	80	79	69	3	2	2	6	74	78	
20	日本	MF	70	66	73	76	77	73	76	72	70	70	72	77	5	5	50	77	74	75	81	76	84	73	72	3	3	3	5	69	73	
21	日本	FW	74	49	65	78	78	76	80	79	71	81	83	78	5	4	50	72	78	78	75	72	77	80	72	2	3	2	4	66	73	
22	日本	FW	74	48	77	82	82	74	77	72	70	71	74	84	6	6	50	72	83	80	77	73	80	70	81	2	3	2	5	70	80	
23	日本	FW	77	46	80	80	76	73	74	75	76	70	72	84	6	6	50	78	75	78	75	81	82	77	78	2	3	2	5	72	75	
24	イタリア	GK	30	98	55	62	62	63	63	63	45	45	45	60	4	4	98	96	75	57	73	87	62	78	86	2	2	2	7	82	73	
25	イタリア	DF	53	86	79	75	72	79	77	79	64	62	69	76	5	5	50	77	73	72	77	82	80	77	81	3	2	3	6	75	75	
26	イタリア	MF	75	81	83	84	86	88	88	89	73	72	75	85	7	6	50	86	75	75	74	85	86	84	83	3	2	3	6	77	76	
27	イタリア	DF	62	88	79	72	70	82	72	83	64	65	67	73	4	4	50	88	76	80	79	89	82	83	87	2	2	3	7	86	78	
28	イタリア	MF	85	70	66	90	94	92	97	82	74	93	95	93	7	7	50	76	76	76	74	74	82	80	65	2	2	2	7	79	90	

(3) 授業計画

平成27年10月～11月、本校の第1学年全5クラスのうち、3クラスを対象として、以下の授業構成の通り実施した。本実践はテクノロジー活用が不可欠であり、機材の都合上、同時期に同一教材を全クラスで実施することは不可能であった。そのため数学I担当の教員2名のうち、1名の担当クラスで行った。なお、生徒は、本実践に入る前に、数学I「データの分析」の学習項目（ヒストグラムや代表値、5数要約と箱ひげ図、散布図と相関係数など）を学習済みである。場所はCS教室と普通教室を併用し、普通教室で実践を行う際には、グループに1台2in1PCを配布した。分析には「科学の道具箱」のグラフ作成ソフトを利用している。

平成27年度「データの分析」授業構成（50分×8時間）「ウイニングイレブン」

時	項目	テーマ	学習活動	評価
1	導入	「データをみてチームを強くする戦略を立てられるか？」 普通教室 2in1PC グループ(4人) 1台	目標 「日経新聞」のネットニュースから、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知る。この話題を共有することを導入とし、「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。教材の全容と最終的な課題は、授業を進める中で伝えていくことになるが、前時までに学んできた「分析の手法」を使い、サッカー選手のデータを分析することで、国やポジションなどの特性を探り、捉えた特長から強いチームをつくることが与えられる課題であることを確認する。 活動1 (15分) 記事を読んで感想を書く。→クラスで共有する。 サッカーのルールやポジションなど、チームを編成するのに必要な一般的な知識を確認。 活動2 (10分) PlayStation ウイニングイレブン 2013 の紹介 (ビデオクリップを用意) 「強いチームを作って、スペインに勝つ！」 →本教材の課題を理解する。 活動3 (20分) グループ学習 各グループ (1班4人×10班) に2in1PC 配布 PCの取り扱い説明、注意事項 6か国のサッカー選手 (138人) のスキル31項目の多変数のデータセットを考察 (資料を見て) 「このデータセットからわかることは何だろう。調べたいこと書き上げよう。」気がつくだけ書き上げる。 次回から扱う分析の視点が出てくることを期待。(分布がわかるといいとか、代表値で比較するとか。) まとめ (5分) 課題は、グループごとサッカーチームのデータを分析し、スペインチームに勝てるようにチーム編成をすることである。チームを編成するにあたっては、制限をもうける。それらをクリアし、最適なポジション編成をするには、目的にあったデータの分析が必要不可欠であることを理解する。	関
2	いろいろなデータの分布	「日本と世界のチームの特徴の違いを検証したい！」 CS教室 1人1台	目標 「日本は世界のトップチームに勝てない？」をテーマとし、ヒストグラム (等) 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、「科学の道具箱」のグラフ作成ソフトを活用しながら、階級幅を変化させ、どの階級幅が自分の主張を表現するのに適切かについて考え、理解する。また外れ値 (GKなど) について考察する。「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する。 活動1 (10分) 「オフェンス」の変数を用い、まずは「科学の道具箱」の使い方を説明。多峰性の山の特徴や外れ値についても取り上げる。 オフェンス→階級幅→グループ化 (国) →作図用カテゴリー 次にポジションによってグループ化し、ポジションの特性についても考察する。 活動2 (35分) グループ学習 (4人×10班) グループごと、 ①国の特徴、②ポジションの特徴について考察し、ワークシートにまとめさせる。 まとめ (5分) データは提示する分析者の意図によって大きくイメージが変えられる。受け手はそのような視点からも正しくデータを見る力 (批判的思考) が必要である。また、層別化したデータを比較することで、それぞれの「チーム」「ポジション」の特徴をとらえられることを理解する。	考・技

3	データの傾向のとりえ方	<p>「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？」</p> <p>C S教室 1人1台</p>	<p>目標 ヒストグラムなどのグラフでデータの分布を表すことに加え、分布の特徴を数値で示すと全体の傾向を簡潔に表すことができる。分布の特徴は中心の位置と散らばりの大きさに決まることを理解し、分布の特徴をつかむために、中心の位置を表す指標（代表値）や、散らばりの大きさを示す指標を活用できるようにする。または箱ひげ図を表記することによって、昨日は見えにくかったチームの比較がしやすいことに気付かせる。</p> <p>活動1 (20分) 「昨日グループで考察したことを教えてください」 いくつか指名して全体で共有。 「スペインが他の国と比べて優れていると思う項目は？」 「グループ化したデータをヒストグラムで比べるのは、見にくい。」 ことから、平行箱ひげ図で比較する。(操作の仕方を示す。) 「各チームの●●力の違いは、ほかにどんな比較の仕方があるだろう？」 代表値にて比較できたか確認する。 「●●」のデータの平均値をチェック。代表値から分布を考察する。 チームの平均でとらえるべき？もっと適切な代表値はあるか？ 「他の代表値や特徴を表す値を使って比較してみよう」 平均値、最頻値、中央値、最大値、最小値、ヒンジなどを使って、データを分析する、表現することをさせる。</p> <p>活動2 (30分) グループ学習→発表準備 グラフの保存機能やコピーやペーストなどの機能も紹介する。 ワークシートに従って分析と発表準備をする。</p> <p>まとめ 箱ひげ図は、簡潔で分布の特徴をつかみやすいデータの表し方であるが、データの個数や密度が見えにくいため、注意が必要である。また複数のデータを並べてかくことでその有用性が高まる。 次回、グループごと発表。ワードA4 (1枚) に使用したデータ、グラフ、代表値など分析結果をまとめ、工夫して発表できるように準備して伝える。</p>	知・技	
4	中間発表	発表 普通教室 2in1PC グループ(4人) 1台	<p>目標 グラフを効果的に使いプレゼンテーションする。他の班のプレゼンテーションや考察を評価する。また分析した事項を共有する。</p> <p>活動 1班5分で考察したことを発表する。他の班の評価をする。</p> <p>まとめ どの班の発表が良かったか、なぜ良かったか、参考になったことは何かを共有する。</p>	関	
5	データの相関	<p>「チーム編成に使う項目を選ぼう」</p> <p>普通教室 2in1PC グループ(4人) 1台</p>	<p>目標 相関がありそうな項目に注目し、チーム編成に利用する項目を絞る。散布図行列や相関係数を利用する。</p> <p>活動1 (20分) グループ学習 今後の流れと課題を理解する(ミッションとルールはワークシートに記載している)。班で目指すチーム作りの構想を練る。考えを整理するために魚骨図をつくる。</p> <p>活動2 (5分) 例えばオフェンスに関わる散布図をみせ、操作の仕方を説明する。散布図行列も紹介する。</p> <p>活動2 (25分) グループ学習 魚骨図をもとに散布図や相関係数を調べる。相関関係がある変数について整理する。ワークシートに記入。</p> <p>まとめ 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。今まで分析したことを踏まえて、強いチーム作りをめざす。</p>	知	
6	データの相関	<p>「選手決め」</p> <p>C S教室 1人1台</p>	<p>目標 最強のチームを作ろう。</p> <p>活動1 (40分) グループ学習 チームのGKとFW、DFは固定とする。MF 5人をスペイン以外のチームから選ぶ。(以下の指示は、前時にも示している。)</p> <p>○ミッション 「データを分析」し、MF(ミッドフィルダー：下図のF~J)の5人の選手を選んで、PS「ウイニングイレブン」で「スペイン」に勝つチームを編成せよ！</p> <p>○ルール ・エクセルシート「MF選抜用」から5人を選ぶこと。特別な制限はありません。なお、F~Jのポジションを確定する必要はありません。</p>		技・知

			<ul style="list-style-type: none"> ・その他の6人はあらかじめ設定されています。それらの詳細なデータはエクセルシートにあります。必要があれば参照しましょう。 ・これまで分析した結果を踏まえ、選手を選び、それらをまとめて発表しよう。 ・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しましょう。 <p>選んだ5人のID番号(1~138)は、どのように選んだか。選手を決定し、どう選手を決定したか発表準備。</p> <p>まとめ 次回の発表会についての諸連絡。</p>	
7 ・ 8	総合発表	発表 教室 2in1PC グループ(4人) 1台	<p>目標 グラフを効果的に使いプレゼンテーションする。他の班のプレゼンテーションや考察を評価する。</p> <p>活動 1班5分で考察したことを発表する。</p> <p>まとめ どの班の発表が良かったか、なぜ良かったか、まとめる。それぞれの班の勝率についても発表する。</p>	関

(4) 分析の視点

統計的探究プロセス「PPDACサイクル(Wildら、1999)」を授業分析の視点として置いた。「PPDACサイクル」とは、「Problem」「Plan」「Data」「Analysis」「Conclusion」の5つのプロセスからなる問題解決の枠組みである。諸外国では、この枠組みに沿った統計の学習が推奨され、行われている。特に、ニュージーランドでは、図2のポスターが各学校に配布され、授業や生徒の探究活動は、この統計的探究サイクルを使って、解決することが前提となっている。各プロセスについては次のようにまとめる。

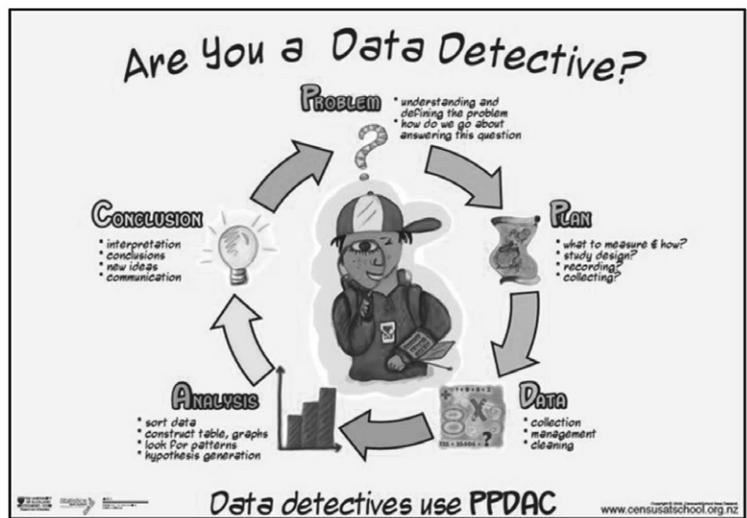


図2 PPDACサイクルのポスター

表2 PPDACサイクルの各プロセス

Problem	・問題を理解する・課題を設定する
Plan	・問題解決に向けて計画を練る
Data	・データの収集をする・データの管理をする・データのクリーニングをする
Analysis	・データの探索をする・分析には計画された分析と計画されていない分析がある ・仮説を生成する
Conclusion	・適切な解釈をし、文脈に沿った結論をだす ・新たなアイデアをあげる・話し合い活動やプレゼンテーションを重視する

3. 実践とその分析

(1) 実践の中での生徒の反応から

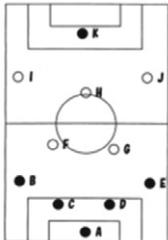
生徒の学習活動の分析は、1クラスの最終発表を中心にまとめる。

ウイニングイレブン最終課題

○ミッション
「データを分析」し、MF（ミッドフィルダー：図のF～J）の5人の選手を選んで、PS「ウイニングイレブン」で「スペイン」に勝つチームを編成せよ！

○ルール

- ・エクセルシート「MF選抜用」から5人を選ぶこと。特別な制限はありません。なお、F～Jのポジションを確定する必要はありません。
- ・その他の6人はあらかじめ設定されています。それらの詳細なデータはエクセルシートにあります。必要があれば参照しましょう。
- ・これまで分析した結果を踏まえ、選手を選び、それらをまとめて発表しよう。
- ・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しましょう。



1) 各班の選抜選手について

授業後に各班の提出した選手は以下の表3の通りであった。なお、表の数値は選手IDである。選んだ班が多い選手から順位付けしている。

最終課題で、まったく同じ選手5人を選んだ班はなかった。また、目指すチームもさまざまであった。これは、生徒が多様な観点からこの課題に対峙し、意思決定した結果の表れである。

表3 各班の選抜選手

班	目指すチーム(魚骨図Y)	1位	2位	4位	8位													
1班	前線でボールを維持させるチーム	55		77		125		33					79					
2班	効率よくボールを奪えるチーム	55		56				45					80					134
3班	ボールを相手に持たせない	55	28	71	26	77												
4班	相手が動きにくいチーム			26	52		42						75					121
5班	スペインの攻撃をとめる	55		71	52		27	117										
6班	点を取って攻め続けるチーム	55		71		77		117	125									
7班	倍返しできるチーム	55	28		26	56							69					
8班	後半に攻められるチーム				52		42	122		29	31							
9班	鉄壁の守りのチーム	55	28	71		56	27											
10班	相手を邪魔する力	55	28					122				66	72					

2) 変数の数を横断し、多面的な分析ができたか

生徒は各々の観点で評価の高い選手を選んでしたが、その観点として抽出したパラメータは、1変数、1変数を層別化したもの、2変数、2変数を層別化したもの、さらには複数のパラメータをたしたり、加重平均を出したりとさまざまであった。この学習の様相を、変数の数を横断し、多面的な分析ができたと評価する。

3) 解決した問題を適切に表現できたか

科学の工具箱には、レーダーチャートのグラフ表示がなく、授業者側もこれを用いた説明・表現を想定していなかったが、3班はパワーポイントに格納されているグラフからこれを選び（図3左）、プレゼンテーションで活用した。生徒は、カリキュラムで扱われている以外のグラフも日常的に目や耳にしている。それらを活用して、より効果的な表現ができた。さらには、他の選手の選定の理由には別のグラフを表記しており（図3右）、効果的な説明を模索し検討したことがみてとれる。



図3 3班スライド

4) 正しく相関係数を解釈し、利用したか

散布図や相関係数の2変数の分析の扱いについて、生徒から次のような発言があった。

「2変数の分析結果を選手決定にどう生かすべきか」生徒の発言より

S:あの一。先生。言いたい。言わせてほしい。
T:何？(班の)発表したい？
S:ううん。発言したい。
T:いいよ。何ですか？
S:みんなの作っているやつを見ていて、散布図がどういったものを導き出せるのか、わかってないっていうか。あやふやっていうか。みんな、もうちょっとそれぞれで考えるべきだと思う。

—終了のチャイム—

T:なるほど。例えばさっきの強い正の相関が出たよって。こんな風に(スライド)。みんなはこの項目に関連性が強いって結論を出したんだよね。そのあとにどういった数学的な手法や考え方を使うのかももっとちゃんと考えたほうがいいのではないかってS君はいうんだよね。
S:そう。
T:じゃあ、次の時間にもう少し時間をとって話をしましょう。(時間の都合上、切り上げた。)

2変数の分析結果を選手決定にどう生かすか、生徒の提示の仕方は、主に次の4通りがあった。

①「強い相関関係があるから、2項目の能力が高い選手を選出した」



図4 4組5班スライド

②「相関関係や2変数の層別化をし、散布図上の位置を利用して、選手選出を表現した」

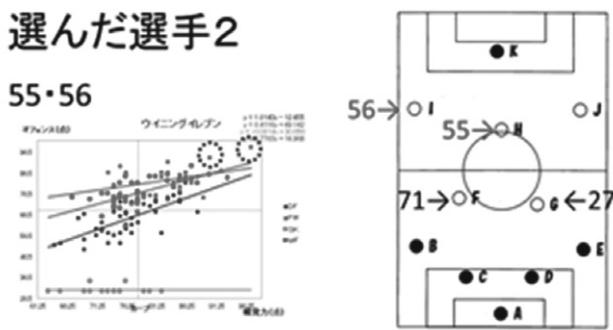


図5 4組6班スライド

③「相関関係を利用して、関連が強い項目群をあげた。」

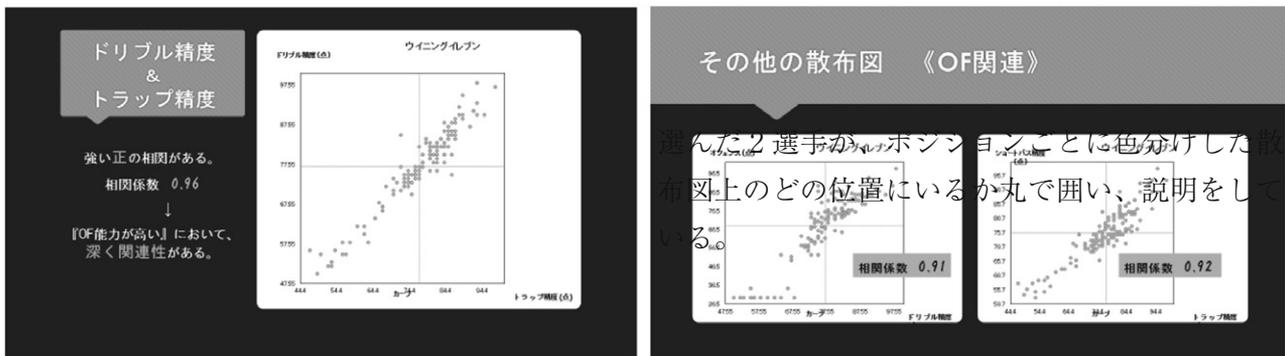


図6 1班スライド

オフェンス⇔ドリブル精度⇔トラップ精度⇔ショートパス精度にそれぞれ強い正の相関があるため、これら4項目は「オフェンス能力について深く関連性がある項目群だ」としている。

④「相関関係がないことで、使う項目を確定した。」

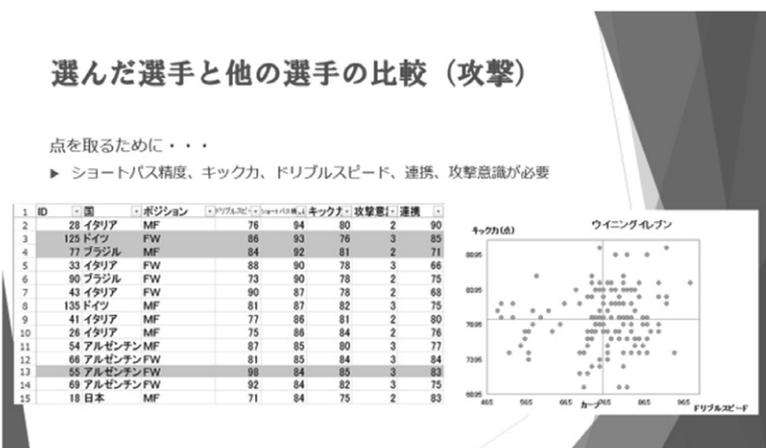


図7 6班スライド

「キック力とドリブルスピードには相関関係がない」から「この2つの項目の能力が高い選手は強い（チーム作りの目的にあっている）」としている。

6) PPDAC サイクルについて

本教材のデータセットのボリュームと自由度の高い課題設定は、生徒の学習活動の幅を確実に広げていた。

最終発表の準備では、分析結果 (Conclusion) を各自が持ち寄り、グループのテーマを設定し (Problem)、さらにテーマから結論までの道筋を計画し (Plan)、補いたいデータや足りない根拠を自分たちのテーマにあった結果を出すと予想したデータを選択して (Data) さらに分析し (Analysis)、まとめる (Conclusion) 学習の様相がみえてきた。生徒は、多くの変数や指標から「数学的な根拠」をもって選手選択するにあたって、課題を自分たちで焦点化し、問題解決のプロセスを複雑に前後し、最終的に自分たちの「Problem」として、課題を解決していった。

また、図9は生徒Aの本時のワークシートにあったメモ書きである。この学習を通して、確実に統計的リテラシーが深まっているととらえた。

もちろん、グラフの読み取りや表示の仕方に誤りがあったり、選手選択の判断基準が主観的であったり、不十分な面も多かったが、生徒に一定の満足感を与えることができたようだ。

なお、最終発表では、中間発表でまとめたスペインの特長に対抗するための方針を魚骨図で示している班も多かったが、これだけのボリュームの多変数のデータセットでどんな指標を使って意思決定していくか、魚骨図を使って整理できたことは、効果的であったと考える。



図8 PPDAC サイクルによる評価

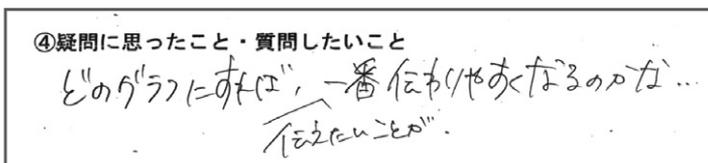


図9 生徒A ワークシート

7) シミュレーションによる検証

発表の最後に、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、シミュレーション結果をビデオクリップで配布し、振り返らせた。本教材は、PlayStation ゲーム「ウイニングイレブン」のデータを活用している。生徒が選択した選手で作ったチームをスペインチームと戦わせることができる。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、視聴させた。結果は表4の通りであった。(結果は各班に還元するのみで、全体で共有することはしなかった。)

表4 各班の試合結果

対スペイン (全5試合)	勝ち ゲーム数	引き分け ゲーム数	負け ゲーム数
1班	3	2	0
2班	0	1	4
3班	1	2	2
4班	1	1	3
5班	0	1	4
6班	3	1	1
7班	1	2	2
8班	0	3	2
9班	0	0	5
10班	1	3	1

(2) 授業実践後の生徒アンケート結果

授業終了後、以下の項目で自由記述式のアンケートを行った。

1) 「ウイニングイレブン」の感想

- ・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あとと思う。とにかく楽しかった!
- ・とても楽しい授業でした。座学では理解しにくいことでも実際に自分でやってみる経験をすることで理解しやすく、数学に苦手意識がある私でも班の中できちんと役割を果たすことができました。それがとても嬉しかったし、自信にもつながりました。これからもウイニングイレブンのように、体験型の授業を行って欲しいです。
- ・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。平均値や最大値・最小値があると、分析しやすかった。国別やポジション別にすることで、自分の知りたいデータが見やすかった。
- ・数学の研究者になった、またはチームの監督になった気分でした!
- ・今回のこの単元は、データを見る力と、プレゼンテーションをする力がとても身についた感じがします。
- ・データを集めて誰かに納得してもらうのは大変だなと思いました。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してもらうこと」と言われました。今回、より強いチームをつくるというはっきりしたテーマ・目標があって、やるべきことが分かりやすく作業がしやすかったです。

2) パソコンを使ってデータを分析したことについて

- ・自分たちで関連があるだろうと思った項目を数値で比較して、調べることがおもしろかったです。調べてみると意外と関連なさそうな項目同士に関連があってビックリしました。
- ・ヒストグラムや箱ひげ図を使ってデータを分析して、グラフのそれぞれに長所・短所を知ることができた。また中間発表もあり、どのグラフを使えばみんなに伝わりやすいかを考えた。
- ・授業で散布図や箱ひげ図を扱った時には、どのような場合でどの図を使えば良いのか、よく分かっていませんでした。でも、プレゼンでスライドを作っていくうちに、図それぞれの使い方が分かってきました。
- ・情報の授業の時に、PowerPoint や Word を学んでいたことが、そのまま授業で行かせたのがとても嬉しかったです。
- ・相関係数の負をもっと活用したら、弱点をつくことができたのかなと思いました。
- ・箱ひげ図でいろんな国のスキルを見てみると、とても明確に幅や位置関係がみられて、安定度やばらつきについて考えられました。やっぱり、数値だけで見るとよりもグラフで比べたり、平均との差を表したりすることで何が強くて何が弱いのかははっきり見えるので、データをグラフにしてみることの大切さを実感できました。

3) その他 (希望・改善してほしい点など)

- ・もっと時間をかけてゆっくり考え、さらにレベルの高いチームを作りたかったなと思う反面、少ない時間だったけど、もう少し落ち着いて考えていればよかったかもと反省点もある。強いチームにすることを考えすぎていたし、パソコンに頼りすぎてしまったせいか、自分で計算したり図を書いたり、どの値が何を表しているのかすぐにはわからなかった。パソコンでの授業は有意義な時間だったが自分で机にむかって勉強することを止めてはいけないなと思った。
- ・教室でスクリーンを見たときスクリーンが光っていて見にくかったです。
- ・ID 番号では選手の利き足や身長の高さなどが分からないので選手の名前にして欲しかったです。最後に行った試合は先生に頼むのではなく、自分で操作して結果を出したかったです。
- ・授業での問いかけが広く、何をしたら良いのか迷った。発表をしても目的がばらばらで、良く分からないこともあった。
- ・ほかのチームと話をする回数がもう少しあったらいいなと思いました。
- ・数学が得意な子をもっと散らばして班をつくってほしかったです。
- ・グラフについてのレクチャーがもう少しあるともっと活用できたかと思います。
- ・1班 VS 2班、・・・というように、戦わせてトーナメントとしたかった。そのトーナメントも資料の表を使い、分散・・・などを出してみたかった。
- ・もう少し早く各パラメータについての紙がほしかったです。
- ・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って絶対負けないチームを1つ作っていったらおもしろそう。
- ・時間がもっとほしかったです。(多数)
- ・またやりたい!! (多数)

(3) 第2分科会協議会参加者感想 (回答参加29名)

1) 公開授業について

- ・生徒一人一人が真剣に発表を聞いていて雰囲気がとても良かったです。班がそれぞれの人選があり班によってとらえ方が違うので新たな発見が多く見つかる授業で面白かったです。
- ・グループ学習型のアクティブラーニングで、生徒が積極的に発表していたり、議論していたりするのがとても特徴的でした。これは日頃の生徒と先生の間関係がうまくいっているたまものだと感じました。議論の中でも数学的な根拠について多く話し合っていたので、生徒の考える習慣などがしっかり身についていると思いました。しかし、生徒が数学的な根拠についてつまみを入れたときに、実際にどのようにすればよかったかが少しあいまいになっていた。今後の授業でその点についても説明があると思いますが、その場で短くコメントしてもよいと思いました。
- ・大変面白かったです。子どもたちが数学的根拠を用いてみんなに納得させる説明をしようという前向きな姿勢がみられてよかったと思います。
- ・1年2組のクラス・授業の雰囲気がとてもよかったと感じました。授業は生徒自ら発表を行ったり、その発表に対する感想を求めたりと生徒の活動が多く、力になりうる授業だと感じました。数学的な根拠をもたせてサッカー選手を選ぶためには、本時以前の内容の箱ひげ図や散布図などからどのようなことが読み取れるかという基礎の大切さも再確認できました。
- ・勝負はともかく、私自身もデータを分析し、ディスカッションしたいと感じる教材でした。私もサッカーには興味関心はあまりありませんが、この切り口ならば興味を抱く生徒もいるのではないかと

感じます。

- ・なかなかデータの分析にこれぞどうなるかとみていましたが、最後に相関がでてきてよかったと思いました。生徒もパワーポイントを使った発表をして活発だったと思います。
- ・データを利用するときの考え方は生徒の主観が入りすぎている。(高校生には難しいかもしれません)
- ・パワーポイントの使い方は良いと思う。情報の授業とうまく連携していると思います。
- ・多くの情報を生徒が上手にまとめていたことに驚きました。次の授業の後半部分の発表と総括もぜひ聞いてみたいと思った。
- ・データの分析をどう使うか、ICTを活用するという課題に迫ることのできている授業だと強く感じました。先生がそれぞれのグループで目的に対してデータを分析するという取り組みは、生徒の理解をかなり深められると思いました。また、生徒から散布図の活用の方法について深く考えたほうが良いという意見も出ており、問題に対する解決意識も強く感じました。
- ・「データの分析」という分野が、課題解決学習に非常に適しているということが、今回の授業においてよく理解できた。生徒にとって身近な教材を扱っている所も良かった。
- ・数Iの授業の中で、情報や体育の要素を取り込んだ教科横断的な授業されており、感心させられるとともに、自分の授業でも積極的に取り入れてみたいと思いました。1点気になる点は今日の発表を先生がどのように評価し、それをどのように成績に反映させるのかという点が気になり、興味を持ちました。
- ・最後、生徒が散布図の有用性が分からないことについて「使う統計」ならではの成果だと思う。
- ・発表によって互いの意見を交換する形式であったが、ウィニング11でそれを行おうとした際、変数がありに多すぎるのではないかと感じた。そのため、他の班の思惑を理解することが十分にできていないように感じられたので、例(題材)をもう少し簡単なものにすると良いかと思った。
- ・非常に良い授業だったと思います。生徒の自主的な活動や数学的な思考などが表れていたと思います。ただし、数学の教科書に載っていることを活用して分析しようとしているところ、単純に3段階評価の守備意識を加算して合計していた班に対し、質問の中で「他の100点満点と違うから・・・」という気付きの中で、もう少し深められたらと思いました。実際の社会では、データ分析＝指標で表すことになるので、指標について紹介したり、工夫を伝えたりすることで、より「使える統計」になるのではと思いました。
- ・共通の目標に対して、多変数を扱いデータを分析させると、様々な視点から考察し、意見が分かれる様子が見られて、とてもおもしろかった。ゲームやサッカーに全く興味がない生徒もいると思うが、データを用いると目標達成のための選手が選べるというのはデータを活用する意味において生徒に考えさせる、いいきっかけになると思う。本校でも生徒が興味関心を持てる教材を研究し、実践してみたいと思った。
- ・ありがとうございました。データの活用をどうするかは考えさせられることが多いのですが、実際に活用し考察する場面を見させていただいて、大変参考になりました。準備は大変ですね・・・
- ・数学の知識をつけるだけでなく、数学を道具として活用するということができている非常に楽しい授業でした。しかし、だからこそ落としどころが難しく、この後ゲームでシミュレーションをした際に、どのチームも勝つようなことが起これば、何のためにやったのかということになります。どう集結されるのかが気になりました。
- ・発表の準備、質問や検討、他班の発表を聞くこと、などについて生徒が真面目に取り組んでいる様子が伝わってきた。教員の周到的な準備があつてこそだと思う。

- ・サッカーが分からない（特に女子）生徒はどのような態度で参加しているのか。静かに聞いているだけの生徒は、授業中にどう思っているのか。の2点を生徒に聞いてみたい。

2) 協議会について

- ・昨年度の取組はデータの分析に、今年度の取組は分析してさらに統計的な数値的根拠を用いて相手を納得させ、同時に分析上の不足な点を指摘することに重きがおかれ、とても高度な授業であると感じました。また ICT の活用や言語活動など、従来の数学の授業と違った新しい取組でした。
- ・「データの分析」は今までの数学とは隔たりが多く、「数学 I」以外で扱う（例えば情報）ことが望ましいと個人的に思います。
- ・ここまで深くデータの分析を扱えることに驚きました。
- ・多くの視点からの話が聞けてとても参考になった。
- ・適した題材を選ぶことは非常に難しいことだと思いますが、生徒に合った内容で流れもとてもよく考えられていると思いました。「学ぶデータの分析」から「使うデータの分析」転換が授業の流れを通して実現に近づいていると思いました。
- ・数学的な根拠に基づき、相手を納得させる力、主体的に活用できる意欲という観点を根本に授業を組み立てていくことの大切さを感じました。
- ・協議会の目的が分かりにくいです。項目をしっかりと絞って議論したのちに、そこから出てきた問題について議論するべきではないでしょうか？
- ・統計というのは「相手を納得させる力」という言葉がとても印象的であった。相手を納得させるために、データを活用し、論理的に説明していくことが大切であり、結果については、あまり重点をおかなくてもよいということはハッとしました。データを活用することや、データを分析することのメリットについて伝えるためにはどうすればよいのかについて考えなければいけないなと思った。大変勉強になりました。ありがとうございました。
- ・関心・意欲・態度をどう評価したらいいのか困ることが多いので、それに関する提言が1つあったことで、参考にできるのではないかと思います。
- ・評価のしかたについて示唆を得られた。結果よりもプロセスが大事で、そこに数学的処理が入っているかどうかで評価をしてもよいと思う。

3) その他

- ・評価は言葉で書かせてもよかったのではと思いました。
- ・本校もコンピュータを用いて授業を行うことは難しいですが、昨年用いられたデータカードならば視覚的にわかりやすく、実感がわくので今後取り組んでいきたいと思いました。
- ・教員がPCの操作に夢中になり、生徒とのコミュニケーションが十分に行えていなかったため、スムーズな授業をするために、教員のスキルがより求められるかと思った。
- ・企業が求める人材は利益を出す社員だと思います。教育をそれに合わせてはいけないと思います。
- ・実際の生徒の理解度はどうなのか？先生の評価はどうするのか？というところが気になりました。点数？段階別?? どういうところを見るのか。

4. まとめと今後の課題

本実践では、テクノロジー活用を前提とした問題解決型の教材を開発し、生徒の学習の様相をまと

めた。生徒にとってはハードルの高い、自由度の高い課題であったものの、生徒の学習は活発で、多変数のパラメータを多面的に分析し、自分たちなりのチームを作ることができた。実践後の生徒アンケートでも「もっと時間が欲しかった、じっくり取り組みたかった」ことが要望としてあがったが、それを含め前向きなコメントが多く、授業設計段階から懸念していた「これだけのパラメータを扱えるか」「数学の学習になりうるか」「どのように終結させるか」も概ね良好にクリアできたと捉えた。

特に、最後に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、シミュレーション結果をビデオクリップで配布し、振り返らせたときの生徒たちが画面を食い入るように覗き込み、本物のサッカー観戦をするように自分のチームを応援していた姿が印象的である。試合結果もさることながら、自分たちの作ったオリジナルチームが強豪スペインチームとどのような試合を行ったか、それが目標としていたチーム作りや戦略と合致したか、検証していた。

各班の試合結果は、全体で共有することをしなかったが、その理由として第一にこの結果で生徒の学習を評価するわけでないことを挙げる。シミュレーションした試合数も5試合と、確率的にもこれが十分な評価になりえないことはもちろん、今回の本教材の目的は、多変数のデータセットを分析する過程で、生徒が数学的な手法を使って、問題を解決し、それを表現することを通して、統計的思考力を育むことである。生徒は、この結果から自分たちの分析や方針が適切だったか振り返るわけだが、同時にこの学習で自分たちがどのような力をつけたかをシミュレーション結果のみにとらわれず、判断してほしいとの思いがあった。

一方、このような問題解決型の学習では、「解が発散し、収束しないことが現状では受け入れがたいこと」が課題としてあがるが、今回のような終結は、この課題の一つの解決策になりえないだろうか。この「落としどころ」は、協議会でも話題にあがり、今後の大きな課題の一つと捉えている。また今回のような学習を生徒自身が評価するとき、共通の評価の指標をどう持たせるかは簡単ではない。もちろん、生徒がシミュレーションの結果だけで自分たちのした学習を過小評価したり、過大評価したりすることも懸念したが、生徒アンケートを見ていただければわかる通り、シミュレーション結果を「良い落としどころ」として問題解決を終え、次への課題設定に向かっている生徒の様相が見て取れる。

誤解を恐れずいえば、今回、実践後の生徒アンケートとシンポジウム参加後の教員アンケートを比較すると、このような教材に対して、「解が発散し、収束しないことが現状では受け入れがたいこと」は教員側が懸念することで、生徒にとって、さほど問題でないのかと感じた。社会では、解が一意に定まることの方が少なく、最適解を求めて、試行錯誤を繰り返す。数学では特に、「解があること、定まること」があたかも教科の特徴のように捉えられるが、「最適解を求めて使う数学」をどう教育の場で教えるのか、学ぶのか、今回の実践を通して考えさせられた。その一端を「データの分析」が担えんとするのならば、教材や授業の在り方がもっと多様であるべきだと感じた。

最後に、ICT環境の整備を課題としてあげる。今回これだけのパラメータを扱うにあたっては、テクノロジー活用が不可欠である。普通教室で生徒がテクノロジーを活用して「データの分析」を行うためには、ハード面、ソフト面、サポート体制ともにまだまだ課題は多い。

5. 謝辞

本実践を行うにあたり、教材の着想から環境整備まで、多大なるご指導ご支援いただきました愛知教育大学数学教育講座の飯島康之先生、授業設計や実践についてご指導いただきました愛知教育大学数学教育講座の青山和裕先生、機材の整備やビデオクリップの作成をお手伝いしてくれた愛知教育大

学の早川和希君にお礼を申し上げます。

参考引用文献

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,p71-83

Wild&Pfannkuch(1999).Statistical Thinking in Empirical Enquiry. International Statistical Review. Vol.67.No3,p223-265.

科学技術振興機構「科学の道具箱」<http://rikanet2.jst.go.jp/contents/cp0530/contents/08.html>