

課題研究における数理・データサイエンス教育の実践と SSH 重点枠の記録

～ スポーツデータ解析コンペティションから SSH 生徒研究発表会まで ～

石井 裕基・香川県立観音寺第一高等学校 数学科 教諭
床田 太郎・香川県立観音寺第一高等学校 公民科 教諭
〒768-0069 香川県観音寺市茂木町四丁目 2 番 38 号
TEL : 0875-25-4155 FAX : 0875-25-4145

Mail : ap0170@kagawa-edu.jp

1. はじめに～2019 年 8 月 SSH 生徒研究発表会

今年の夏は、「あつい」夏となった。

「審査委員長賞、1 校目は……香川県立観音寺第一高等学校です。おめでとうございます。」

2019 年 8 月 8 日 (木) 神戸国際展示場、SSH 生徒研究発表会でのこと。発表タイトルは『無難に外角一辺倒』を統計的に検証するが SSH 生徒研究発表会 (全国大会) で審査委員長賞に選ばれた瞬間である。前日の 7 日にポスターセッションがあり、そこでの審査により、「数学・情報部門」の代表として翌日のステージ発表に選ばれ、この賞を頂いた。この研究は、第 8 回スポーツデータ解析コンペティション中等教育部門で優秀賞をいただいた『無難に外角一辺倒』を打破せよ。」の研究内容をより深めたものである。

2011 年 4 月に SSH (スーパーサイエンスハイスクール) の指定をうけ今年で 9 年目。また、2014 年度第 4 回スポーツデータ解析コンペティション中等教育部門に参加し、統計分析を課題研究のテーマとして選り生徒に取り組みせて今年で 6 年目の夏である。

これまで何度か課題研究の指導について報告を統計教育の方法論ワークショップで行ってきたが、改めて、どのように統計分析の課題研究の指導を行っているのか、これを機会に振り返りたいと考えている。また、今年度から、SSH 科学技術人材育成重点枠 (広域連携) の指定を受け、他校と連携しながら数理・データサイエンス人材の育成を目指しこの事業に取り組んでいる。このことも合わせて報告したい。

2. 「学び方を学ぶ」探究活動の指導について

本校は、1 学年が普通科 6 クラス、理数科 1 クラスの公立高校であり、2 年生全員に課題研究に取り組ませている。ここでは、石井が関わっている理数科での取組について振り返りたい。

理数科は生徒数 30 名である。課題研究においては、この 30 名を 3 名ずつの 10 の班に分け、理科 4 分野 (8 つの班) と数学 (2 つの班) に割り振る。どの分野になるのかは生徒の希望である。希望をとる前に、それぞれの分野で過去にどのような内容の課題研究をしているかを担当教員が伝える。生徒は、必ずしも第一希望の分野に割り振られるとは限らないが、多くの生徒が納得しながら、課題研究の班を編成している。

石井が担当するのは数学班である。数学班では、何をやっても良いが、スポーツデータ解析コンペティションに参加することだけは必須であると伝えている。

指導に際しては、2 年次の 1 年間を、前期 (4 月～9 月) 「統計分析チャレンジ期間」、後期 (10 月～3 月)

「統計分析ステップアップ期間」と分けて考えている。そして、3 年次は、発表・まとめの期間としている。ここでは、主に 2 年次の期間の指導について振り返る。

(1) 「統計分析チャレンジ期間」

目的は、何でもよいので統計分析をやってみることで PPDAC などの統計分析の基本を学ばせ、その面白さを感じさせることにある。そのために、統計データ分析コンペティションや和歌山県データ活用コンペティションなどに生徒が自ら進んで参加するように仕向けている。その方法は、時として賞金であったり、名誉であったりする。しかし、生徒は参加するコンペが決まり、テーマを決め、分析を始めると、賞金や名誉のことはいつのまにか忘れてしまうようである。分析 (探究) に面白さを感じ、夢中になる。そして、自分たちが提案したことをどう評価されるのかを気にする。また、他校の生徒や大学生、企業人、大学の先生等にプレゼンをする機会があるコンペは魅力的である。その場での質疑応答はもちろんのこと、他の発表を見る機会が生徒の学びの成長に繋がる。行事後の交流会があればさらに良い。

指導に際しては、次の 3 点を大切にしている。

- ①自分達がテーマを考え、自らの力で分析すること。
 - ②互いの役割分担と結果の考察を皆で話し合うこと。
 - ③現実社会との関わりを意識すること。
- そして、まとめる際には、次の 2 点を重視している。
- ①仮説→分析→結論の流れになっていること。
 - ②結論のためのエビデンスとして分析結果が使えていること。

(2) 「統計分析ステップアップ期間」

この期間は、スポーツデータ解析コンペティション (以下、コンペ) への応募作品を完成することを目的としている。生徒は、チャレンジ期間で、分析や結果をまとめる際に意識すべきことを経験から学んでいる。その集大成としての位置づけである。

この期間では、主成分分析や重回帰分析などの少し高度な分析手法を学んでいる。これらの分析方法に取り組むきっかけとなったのは、第 6 回 (2016 年度) のコンペ参加に当たり慶應義塾大学の渡辺美智子先生から主成分分析の方法をご指導いただいたことにある。それ以来、こちらが指導しなくても、生徒たちは自ら学び、先輩がしていることを真似、分析に取り組んでいる。生徒が自ら学ぶ方法は主に次の 3 つである。

- ①先輩に聞く、真似る。
- ②本を読んで調べる。
- ③ネットで文献 (論文等) を調べる。

探究活動は、主体的な活動であるべきであり、教師の指示で行うものではないと考えている。そこで、生徒が質問に来ても「まずは自分で調べなさい」という姿勢は崩さないようにしている。このとき私が行うのは、本をそろえること、関連しそうなネットの検索キーワードを伝えることである。ただ、自分で調べたり、考えたりすることだけでは限界がある。そして、そのレベルになると私の手には負えない質問がくる場合が多い。そこで、大学の先生に繋ぎ、教えていただくということを行っている。幸いにして、2017年から「香川県大学等魅力づくり」の事業として徳島文理大学の山本由和先生からお声掛けいただき、年1回の出前講義を12月にお願いしている。その講義の内容は、生徒の希望により毎年異なり、Rの使い方、クラスター分析の方法、検定の考え方等をお願いしてきた。加えて、後でも触れるが、ビデオ会議システム(ZOOM等)も活用している。そこで学んだことは、先輩から後輩へと引き継がれ、数学班の財産となっている。

3. 「数学」と「情報」の融合について

次期学習指導要領「数学科」における第3款1の(4)において「各科目を履修させるに当たっては、・・・情報科・・・、相互の連携を図る」とある。私自身の経験からも、統計分野における数学と情報との連携は必須ではないかと考える。その成果の一つが、はじめに挙げた成果にも繋がっている。

課題研究『無難に外角一辺倒』を統計的に検証する」で、生徒が使った分析方法は、重回帰分析、クラスター分析、ロジスティック回帰分析の3つである。また、プログラム言語として、R、Pythonを使用している。分析の元となるデータは、野球の一球ごとのデータをネット上から取り出したものである。自動化ソフトを使い、数日間にわたってデータを取り出していた。また、野球の投手の配球を時系列データとみて、CCF(相互相関関数)と(生徒たちに)人気アプリ「Akinator」の考えを組合せて独自の時系列データ評価法を開発している。まさに、「数学」と「情報」が融合した瞬間である。

これらは、もはや私の手を離れ、すべて生徒が自分たちで調べ、考え、相談しながら進めてきた。私の役割は、生徒がポスターやスライドにまとめたとき、私にも分かるように表現できているのか？論理に飛躍がないのか？というところに来ている。高校生は、目標をもたせ、機会と場を与えれば大きく成長する。そして、「あの先輩がやっている」ということが「自分たちにもできる」という意識に繋がっている。

この研究に取り組んだ生徒が、今回の受賞を機に香川県高等学校教育研究会数学部会のインタビューを受け部会誌に掲載された。いくつか紹介したい。

質問「このテーマでの研究で一番困ったこと・悩んだこと・苦労したことを教えてくださいませんか？」

回答「自分たちの解析が、論理的に正しいのかを考えることに苦労しました。当初は、野球についての知識も乏しく、不適切な解析を行っていました。現場の方々とコミュニケーションをとり野球に詳

しくなる中で、論理の飛躍がみつきり、より適した解析法を選択できるようになりました。」

質問「逆に、研究を進めていく中で楽しかったこと・やりがいのあったことは何ですか？」

回答「野球などのスポーツは非常に多くの要因が重なり合って成立しているので、自分たちが出した結果を様々な角度から考察し、確実に証明できるようにしていく過程でやりがいを感じました。」

質問「最後に、皆さんの今後の夢や目標を教えてくださいませんか？」

回答「私は創薬研究者になりたいと考えています。今回の研究で、“自分たちの研究にあった分析法の確立”というものをしましたが、創薬研究においても分析法の模索は重要なことです。だから今回学んだことを活かし、データ分析も使える研究者になりたいです。」

4. SSH 科学技術人材育成重点枠重点枠の取組

2019年4月より、SSH基礎枠の指定に加えて、SSH科学技術人材育成重点枠(広域連携)に指定された。

研究開発課題は次のとおりである。

「小中高大が連携した、統計・データ利活用分野の課題研究発表大会や、データ分析に基づく価値創造を学ぶプログラムを開発・実践することで、統計・数理分析力と価値創造力を育成する。」

ここでは、重点枠で主に行っている内容を紹介する。

(1) 全国統計探究発表会 (FESTAT)

①目的

- ・生徒・教員の学びと交流の場の提供
- ・統計探究の裾野を広げる
- ・次期学習指導要領に向けての準備と学び

②日程 2019年7月28日(日) 9:30~16:30

③内容 ポスターセッションと口頭発表。講演。

④参加校(本校を含む12校)

- ・中学校 1校 観音寺市立観音寺中学校
- ・高等学校 8校(本校除く)
長野県上田高等学校、愛知教育大学附属高等学校
愛知県立旭丘高等学校、福井県立若狭高等学校
山口県立下関西高等学校、徳島県立脇町高等学校
愛媛県立松山南高等学校、熊本県立宇土高等学校
- ・大学 2校 滋賀大学、香川大学

⑤発表タイトル(一部)

- ・ポスター発表
「東御市の人口減少を止めたいー地域内経済循環を目指し、企業誘致によって今までにない雇用を創造するー」「バドミントンにおいて有利なのはサーバーかレシーバーか」「我売洋菓子者也」「森林アスレチック計画」「交流人口増加による愛媛県の活性化」「うどんの消費の統計分析」「駐車待ち時間を短縮する駐車場ナビゲーション」「香川県の交通事故数を減らすのに有効な方法は何か」
- ・口頭発表
「菅平高原の観光客を増やしたいーまずは女子大生をターゲットに秋のスタンプラリーを開催ー」「蘭でランラン美馬作り」「セミの調査 in 琴弾公園

2018」 「射的のコツとその証明」 「ウトウトタイムの効率化を目指して」

⑥生徒の振り返り

- ・とても良い経験となりました。専門的知識をもった人からの素晴らしい助言や同じ学生からの意外な意見をたくさん得ることができました。再び、この学会を開催していただきたいです。
- ・人によって発表の仕方というのが変わっていて、見聞きしていてとても面白かった。アイデアに関して自分の知見が深まったと感じました。本当に来て良かったです。
- ・最後の対談が本当に心に残りました。今後、自分がどうしていくかの参考にもさせていただきます。本当にありがとうございました。
- ・色々な学校の発表を普段あまり聞くことができないのでとても良い経験になりました。他のグループの良いところを自分たちの発表でもできるようにしたいと思います。
- ・途中経過という状態だったけど、グラフに関してや今後のことについて様々なアドバイスを頂けて、来て良かったと思った。

(2) 東京データイノベーション研修 (TDI)

①目的「ホンモノに、触れる・見る・憧れる」

- ・データ分析に基づいたアイデアの発想法を、体験を通して学ぶ。
- ・企業におけるデータ分析の利活用について知る。
- ・データ分析を面白く感じ、データサイエンスの道に進もうと思わせる。

②テーマ

「香川県への移住者を増やす地域イノベーション」

③日程

- 10月上旬 参加希望者募集
- 11月下旬 参加者決定
- 12月上旬 周知会 (事前課題等の周知)
- 12月 25・26日 WSと企業見学
- 1月中旬 事後レポート等提出

④内容

事前課題

「移住者に関する現状分析と提案の根拠となるデータを収集し、アイデアの原案を考える」

WS初日

アナロジー思考を学び班ごとにアイデアを創出
移住者の声を直接聞く

WS2日目

プレゼンテーションと講評
企業訪問 (データ分析の利活用について学ぶ)

事後指導

アイデアの完成

⑤参加生徒 本校1・2年生24名

学年をこえて6名ずつの4チームに編成

⑥各班の提案タイトル

- A班「アプリから広がる香川の世界」
- B班「移住者VS地元民 うまいもん対決」
- C班「香川県事業アイデアの提案」

D班「自然を感じる香川移住体験ツアー」

⑦連携先

- ・一般社団法人日本社会イノベーションセンター (JSIC)/i.school
- ・ANA

⑧生徒の振り返り

- ・香川県に移住者を呼ぶことに関する班活動で、沢山の情報を集め、根拠となるように分析することにより、この研修を始める前の自分よりもっとデータから情報を集め分析することを得意としもっと興味を持てたと感じています。また、パワーポイントを使って情報を集めるときに班員と何が必要な情報で何が不必要な情報なのかを考えながら分析することで、その時のテーマに沿った必要性のある情報の見分けられる技術力が身につけ、深まったと思います。
- ・アイデアを出す時、感覚的に良いものを出そうとするより、成功例やデータを丁寧に分析し、段階をおって出すほうが根拠のしっかりしたより説得力のあるものになると思った。データ分析の大事さを強く意識した。他人に意見することに対する不安が小さくなった。考えることや議論することが楽しく感じられるようになった。身近な物事から課題を見つける力の大事さに気付いた。
- ・前日に実際にデータを集めて、そこから何が言えるか、だからどうなのか、といったデータ分析の一部を少し実践していたので、ANAのSさんのお話はとにかく興味深く、面白いものでした。今まで航空会社でデータ分析が使われているなんて、思ったこともなかったし、考えたこともありませんでした。でも今回Sさんのお話を伺って、データ分析の必要性、絶対性を感じました。実際4つの折れ線グラフから、どのグラフがどの国か、そしてそれはなぜなのか、考えることができて面白かったです。どのデータの結果にも理由があって、それがきちんと証明されている。またそのデータを違ったデータに利用できる。データ分析は本当に魅力的だなと思われました。しかし、データ分析をするのは安易なことではなく、たくさんある世界中のデータと比較したりそれぞれの過去のデータと照らし合わせたり、様々な方法から本当に必要なデータを抽出して分析する。データ分析を生業とされているSさんに感銘を受けました。社長たちを納得させるためにデータが大切で、会社のためにデータを使って予測することが必要で、データ分析がどれほど現代の社会で必要とされているか、改めて実感できました。Sさんがデータ分析において大切にされているとおっしゃっていた「どんな見なれたデータも流さずに少しでも気づいたらきちんと計算して確かめる、広い視野をもって思い込まずに」という言葉がすごく私の心に残っています。

(3) ICT機器を利活用した連携

SSH重点事業の実施に当たり、日本初のデータサ

イエンス学部を開設した滋賀大学と2019年5月に連携協力協定を締結した。その目的は、データサイエンス分野での人的交流や知的資源等の相互活用について連携協力を図り、相互の教育・研究の更なる充実・発展に資することである。

また、地元の香川県三豊市が設立したMAiZM(マイズム)とも2019年7月に連携協力協定を締結した。MAiZMとは、三豊市が東京大学の松尾豊研究室と共同で立ち上げた人工知能(AI)の研究施設で、AI・ディープラーニング技術を用いて地域課題の解決ができる人材育成や事業創出を目的とするAI研究室である。この連携では、AIに通じた人材育成を目指している。

しかし、両大学とも本校とは地理的に離れた場所にあるため、直接、先生方や大学生の指導、助言、交流を行うことは難しい。そこで、2017年1月に立教大学の山口和範先生にSkypeを利用してご指導をいただいた経験を活かしICT機器を活用する新たな連携スタイルの確立を図ろうとしている。使用するアプリは、無料でありながら安定感のあるビデオ会議システムZOOMを主に利用することにした。

(1) FESTATにおける活用

滋賀大学大津サテライトプラザと会場とを結び、外部アドバイザーの一人である和泉志津恵先生(滋賀大学)に、指導・助言をいただいた。和泉先生は、大津にしながら、本校の生徒がZOOMのつながったタブレットをもち、和泉先生による指示の元、各ブースを周るというスタイルである。係の生徒は、和泉先生からの鋭い質問や助言を聞き、勉強になったようである。

(2) 課題研究の指導における活用

先の章でも示したが、本校の課題研究で新たな知識を学ぶ際には、生徒が上級生から指導を受けたり、そのことを書かれた本を読んだり、ネットで調べたりしながら進めていくというスタイルをとっている。しかし、それらだけでは解決できないことがある。そこで、ビデオ会議システムを利用して、生徒からの質問に答えていただくという形で指導を受けている。

① MAiZM

2019年12月に、三豊市にご協力をいただき、東京大学の松尾研究室の院生から指導・助言を頂いた。

② 滋賀大学

2019年12月に、ビデオ会議システムZOOMを利用し、先生方や大学生に指導・助言をいただいた。

③ 徳島文理大学

2020年1月に、ZOOMを利用し、山本由和先生(外部アドバイザー)から、RやPythonのプログラムや出力結果について生徒が解釈したことについての指導・助言をいただいた。

ビデオ会議システムでは、画面の共有もでき、生徒が分析した結果のファイルを相手側の画面上に示しながら質問でき、疑問点を具体的に伝えることもでき、有効な方法であることを実感できている。

5. 最後に

今年度は、SSH生徒研究発表会「数学・情報」の分野で統計分析に関する研究が最終審査に残る最初の年

として、本校の生徒が行った課題研究が選ばれた。このような機会に恵まれたのは、今まで多くの先生方からのご指導・ご支援をなくしては語れない。

渡辺美智子先生は、本校のSSH運営指導委員として統計教育や課題研究を始めた当初よりご指導をいただいている。狩野裕先生は、統計教育の重要性に渡辺先生とともに初めて気づかせていただいた。山本由和先生は、香川県で行われた高校生科学研究発表会の会場で声をかけていただいて以来、本校生の課題研究に何かと気にかけていただいている。和泉志津恵先生は、SSH重点枠で滋賀大学と高大連携協定を結ぶ際の窓口としてご尽力をいただいた。また、他にも、SSH重点枠の外部アドバイザーとして、田村義保先生、竹内光悦先生、青山和裕先生、山田剛史先生、梶谷義雄先生、Jimmy Doi先生、堀井秀之先生、宮越浩子先生、松原憲治氏、五十嵐康伸氏(E2D3.org)、河瀬融年氏(四国経済産業局)に、FESTATやTDIの実現に際して多大なるご指導、ご支援を頂いている。他にも、本校のSSH運営指導委員の皆様、生徒が探究の内容について質問に行くと仕事の手を休めて相手をしていただいた本校の先生方。何よりも、諦めずに探究し続けた本校の生徒たち。すべての皆様に、心より感謝申し上げます。

なお、本研究は、統計数理研究所・共同研究利用・一般研究2「データサイエンティスト育成に向けたカリキュラム・教材に関する研究」(2019-ISMCRP-2050、代表者 和泉志津恵)、「および共同研究集会「統計教育の方法とその基礎的研究に関する研究集会」(2019-ISMCRP-5008、代表者 末永勝征)、滋賀大学・研究ユニット事業(31-研究助成-U01、代表者 和泉志津恵)の助成を受けた。また、統計数理研究所の川崎能典氏から貴重なコメントを頂いた。ここに謝意を表します。

【参考文献・参考URL】

1. 日本統計学会統計教育委員会. (2019). 第8回スポーツデータ解析コンペティション中等教育部門の結果.
<https://estat.sci.kagoshima-u.ac.jp/cse/sports08.htm>
2. 滋賀大学. (2019). 県外高校(香川県立観音寺第一高等学校)と初の連携協力協定を締結.
<https://www.shiga-u.ac.jp/2019/05/16/65234/>
3. 教育新聞. (2019). SSH指定校が集結 香川県で全国統計探究発表会.
https://www.kyobun.co.jp/news/20190729_04/
4. 文部科学省. (2019). 令和元年度スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会表彰校の決定について.
https://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/31/08/1419945.htm
5. 四国新聞. (2019). カマタマデータ分析、AI研究室と合意書 観音寺一高
<http://www.shikoku-np.co.jp/sports/local/2019072700168>
6. 香川県高等学校教育研究会数学部会. (2019). 部会誌「数学研究」.