【主題】PPDAC サイクルを軸としたデータサイエンスにおける探究的な授業実践

【副題】「PPDAC レポート」作成活動を通して

【学校・団体名】　宮城県多賀城高等学校
【役職名・氏名】　教 諭 ・ 津 守 大 智

## 1　はじめに

### 1.1　研究の目的

本研究の目的は、生徒が学習内容を課題研究へ活用することを見通し、学校設定科目「実用統計学」において PPDAC サイクルを軸としたデータサイエンスにおける探究的な授業実践をすることで、生徒のデータ･リテラシーの向上に資することである。

### 1.2　研究の背景･動機

昨今「VUCA」という言葉を耳にする。Volatility(変動性)、Uncertainty(不確実性)、Complexity(複雑性)、Ambiguity(曖昧性)の頭文字である。変化が激しく、不確実で様々な要素が絡み合い、曖昧な事象が頻発している現代社会の特徴を表している。未知なる環境の中を自力で歩みを進め、意味のある、また責任意識を伴う方法で、進むべき方向を見出す必要性を強調する目的で、OECD ラーニング･コンパス 2030 が採用された。ラーニング･コンパスの学びの中核的な基盤の一つにデータ･リテラシーがある。データ･リテラシーとは、「データから意味ある情報を引き出し、データを読み、扱い、分析し、議論に使用し、また、グラフや統計を正しく解釈し、誤用を見抜く力」と定義されている。すでに日常生活のあらゆる場面でビッグデータが扱われており、日々生成･共有されるデータ量は爆発的に増加していると言える。ゆえに、全ての子どもにとってデータ･リテラシーは必須だと OECD は強調している。

本校は各学年普通科 6 学級、災害科学科 1 学級を有し、文部科学省よりスーパーサイエンスハイスクール(SSH)に指定されている。SSH 事業の研究開発の 1 つに「実働型の科学的探究活動(課題研究)」があり、災害科学科の課題研究の目標は「災害を科学的に捉え、高大連携を活かしながら課題にアプローチし、モデル化(数式化)等の確固たる根拠を持って一解決策を提案できる。」である。また、学校設定科目「実用統計学」は、災害科学科 1 年次対象の 1 単位の科目であり、その目標は「統計学の見方･考え方を働かせ、災害科学科の探究的活動や自然現象等におけるデータの収集方法及び分析方法の適切な選択、分析力の向上、及び統計学的根拠に基づいた分析結果を説明できる等の資質･能力(データの傾向･特徴を他者に分かりやすく伝えることができる表現力、分析過程や結果の妥当性について批判的に判断する力、課題学習等を通して、他者と協働しながら問題解決に向う態度等)を育成することを目指す。」である。すなわち、課題研究を意識した、データ･リテラシーの伸長も目標として含まれている。

また、海外や統計教育でもよく使われる統計的探究プロセスに「PPDAC サイクル」がある。Problem(問題)、Plan(計画)、Data(データ)、Analysis(分析)、Conclusion(結論)の頭文字をつなげたものである(図 1)。このフレームワークを使うことで、メンバー全員が 5 つのフェーズを理解し、現在フェーズを共有しつつ推進すると混乱も避けられ、効率的にデータを利活用した問題解決を進めることができる。また、結論フェーズで新たな問題が発見されれば、次の PPDAC サイクルを回していき、結論フェーズではとりあえずの結論(仮説)にとどめ、仮説を次のサイクルで検証していくといった使い方もできる。よって、災害科学科の課題研究に求められている探究サイクルに合致すると言える。

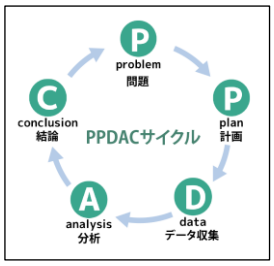


図 1　PPDAC サイクル
(総務省統計局)

以上を踏まえ、先述の目的の元、本研究に臨んだ。

## 2　学校設定科目「実用統計学」での実践

### 2.1　学習内容と授業を実践する上での視点

実用統計学は災害科学科 1 年次対象の 1 単位の学校設定科目であり、数学Ⅰは 3 単位で実施している。そのため、「データの分析」以外の単元を数学Ⅰで学習し、実用統計学ではまずデータの分析を扱っている。そしてデータの分析の最後に学習する「仮説検定」から課題研究で用いる可能性の高い統計学的検定の 1 つである「t 検定」に発展させ、最後に t 検定を活用した PPDAC レポートの作成を行なった。t 検定を除いては教科書をベースに知識･技能を習得させ、科目の目標を踏まえ、全体を通して「課題研究でどのように使えるか」という

視点で授業を実践していった。

### 2.2　発問の工夫

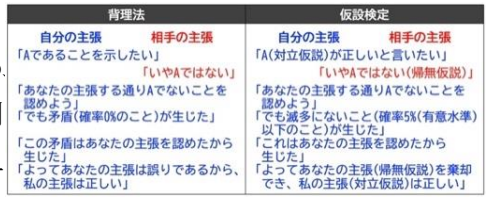
「課題研究でどのように使えるか」という視点で授業を展開していく中で意識したのは、学習事項それぞれに対し、その「よさ」を考えさせる発問である。高等学校学習指導要領(平成30年告示)には、数学科の目標として「数学のよさを認識し積極的に数学を活用しようとする態度(中略)を養う。」と掲げられている。

例えば、度数分布表やヒストグラム等の図については、問題を解いて終わりではなく、「なぜこのよう表や図が使われるのか」といったメタ的な発問を行なった。この発問を通して生徒はそのよさを考え、さらには「課題研究では数値や文章表現だけではなく表や図を使った方がいい」という声も聞かれた。

また、教科書の練習問題で、AとBの平均値と中央値をそれぞれ求めた上でそれらを比較しどちらが代表値として正しいかを考えさせる問題があった。代表値はデータの特徴を適当に表す1つの数値と教科書では定義されている。平均値は極端に大きい･小さい値(外れ値)がデータに含まれる場合、その値の影響を受けやすいが、中央値は外れ値の影響を受けにくいということを考えさせる問題で、模範解答は中央値である。生徒に回答を聞いてみると、平均値と中央値の回答は半々であった。中央値と考えた生徒に理由を聞くと、代表値の定義を踏まえた模範解答と同様の考え方をしていた。一方、平均値と答えた生徒は、「課題研究でデータを示すとき、極端に大きい･小さい値を加味した方がよりそのデータの特徴を表せる」という主張が多かった。実際、この段階では外れ値については学習していないが、外れ値を説明するのに絶好の機会であったので、研究におけるデータの見せ方にも触れながら外れ値について説明を加えた。この事例は、生徒がそれぞれの統計的手法のよさを認識し「課題研究でどのように使うか」という視点を身に付けていることの証左であると言える。

### 2.3　仮説検定

データの分析において、相関係数までの学習事項と少々異質なのが「仮説検定」である。仮説検定は、与えられたデータをもとに、ある主張が正しいかどうかを判断する方法であり、「危険率付きの背理法」とも言われる。初見の学習者にとっては理解しづらい部分もあると考え、数学Ⅰで既習の「背理法」の考え方を復習した上で、会話文形式で比較しながら、仮説検定の考え方の導入を行なった(図2)。導入後は、仮説検定の考え方を「型」としてまとめ、教科書の例題に取り組む際もこの型で考えられるように補助として活用した(図3)。構成的に生徒の主体性を発揮させる場面ももちろん多いが、「守破離」が大切になる場面はあり、仮説検定のように考え方が少々複雑な場合はやはり「守」を徹底的に身に付かせることが重要だと考え、このように示した。なお、後述のｔ検定の型もほとんど同様であり、仮説検定の型を身に付けることが、より複雑なｔ検定の理解の補助になると考えた。



| 背理法 | | 仮設検定 | |
|---|---|---|---|
| 自分の主張 | 相手の主張 | 自分の主張 | 相手の主張 |
| 「Aであることを示したい」 | 「いやAではない」 | 「A(対立仮説)が正しいと言いたい」 | 「いやAではない(帰無仮説)」 |
| 「あなたの主張する通りAでないことを認めよう」 | | 「あなたの主張する通りAでないことを認めよう」 | |
| 「でも矛盾(確率0%のこと)が生じた」 | | 「でも滅多にないこと(確率5%(有意水準)以下のこと)が生じた」 | |
| 「この矛盾はあなたの主張を認めたから生じた」 | | 「これはあなたの主張を認めたから生じた」 | |
| 「よってあなたの主張は誤りであるから、私の主張は正しい」 | | 「よってあなたの主張(帰無仮説)を棄却でき、私の主張(対立仮説)は正しい」 | |

図2　背理法と仮説検定の比較

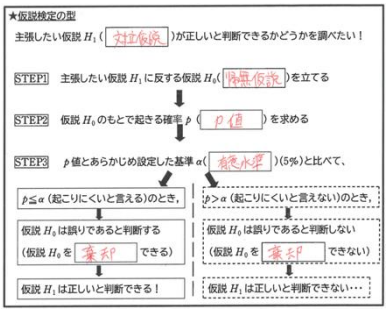



図3　仮説検定の型

### 2.4　仮説検定からｔ検定へ

ｔ検定は、与えられたデータの平均値を比較する際に、統計的に意味のある差なのかを判断する方法である。高校の数学の教科書には載っていない内容ではあるが、文理問わず、研究におけるアンケート調査結果や実験結果の平均値の比較で使用される頻度が高い。そこで生徒の先輩の課題研究を題材として紹介し、「課題研究で使える」という視点で学習していくことを意識付けさせた。ｔ検定においては、母平均･母分散が未知の母集団に対して全数調査ではなく標本調査を行い母集団の推測をする。製品管理や新薬の効果測定等、実社会で活用されている例を提示した。また、本実践では「1標本の片側ｔ検定」のみを扱った。そして、仮説検定と同様、ｔ検定の型を示した(図4)。ここで留意したのは、「自由度」や「ｔ値」等様々な値の意味を説明しすぎないことである。数学という学問においては、本来きちんと理解した上で定理や公式を使用すべきであるが、実用統計学の目標を踏まえ、意味を説明

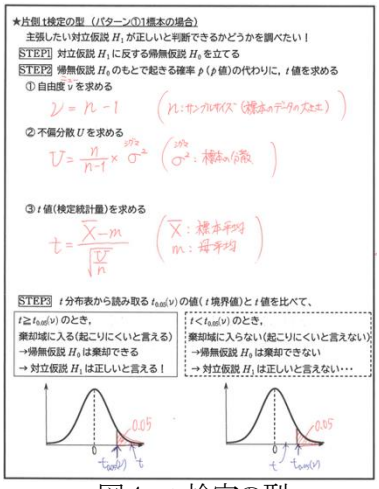



図4　ｔ検定の型

して混乱を招くことを避け、あくまで課題研究での実用に重きを置いた。導入後は、演習を多めに行うことで、まずは数学的技能の向上を目指した。題材としては「工場で製造されるネジの長さ」や「ネズミの体重増加に影響を与える飼料の効果測定」等、架空の数値設定であるが、課題研究に繋げるという視点で、社会で実用される例を用いた。生徒は、t 検定を用いることで、平均値の大小について統計的に有意な差があることを言えたり効果の検証ができたりすることを、演習を通して楽しみながら理解していった。

### 2.5　「PPDAC レポート」の実践

t 検定の演習後、実用統計学のまとめとなる PPDAC レポート作成の授業を行なった。目的は、「実生活における課題に対し、PPDAC サイクルに沿って考え t 検定を用いて検証することで、それらの理解を深め、分析力、表現力、批判的に判断する力を伸長させること」である。

レポート作成はロイロノートを用いて 4 人グループで行わせた。グループで決めた問題について、一般的な平均と比較して母集団とした多賀城高校生はどれだけ差があるかを検証し、レポートにまとめて発表するという流れである。まず、「Problem(問題)」の設定では、「多賀城高校生のこの傾向は稀なのではないか(この現象は一般的な現象と比べ有意差が生まれるのではないか)」という視点で理由も含めて問題設定させた。問題は例えば「多賀城高校生の備蓄している 1 人あたりの水の量は備蓄すべき 9 リットルより多いと言えるか」「多賀城高校生の平均通学時間は一般的な高校生より短いと言えるか」「多賀城高校生の 1 ヶ月で読んだ本の冊数は、全国の高校生より少ないと言えるか」等多岐に渡った。ただし、平均値を用いない問題には、t 検定は平均値の比較に対して使える手法だという前提を気づかせるよう質問をし、再度問題設定させた。問題設定後の「Plan(計画)」では、その問題の一般的な(全国の)平均値をインターネットで調べさせ、多賀城高校生を母集団、多賀城高校災害科学科 1 年生 40 名を標本とさせた。また、根拠のあるデータを見極め、課題研究を意識して出典も明記させた。「Data(データ)」としては、Google Forms でアンケートを作成させ、Google Classroom で共有し、標本であるクラスメイト全員に回答してもらうという流れで、データ収集を行なわせた。単位等の条件を統一しないと回答者によって尺度がバラバラになり、適切なデータを得ることができないことを注意し、回答者側の目線とデータ収集後の分析をイメージさせながら指導した。そしてメインの活動「Analysis(分析)」で t 検定を行う。まず検証全体の方向性に関わる対立仮説と帰無仮説を明確に設定させた。Forms でアンケートを実施しているため、スプレッドシートにおいて関数を用いて平均値や不偏分散を求める姿も見られた。最後に「Conclusion(結論」では、t 検定の分析結果を用いて帰無仮説が棄却できるかを述べ、問題に対する結論を明確に述べさせた。

PPDAC レポートの評価はルーブリックを用いた(図 5)。PPDAC 各観点とレポートの体裁の観点に対し、主に 3 段階で基準を作成した。これをレポート作成前に生徒に示すことで、各観点でどの程度達成すればよいかという見通しを持たせられた。レポート作成後は 2 グループで相互に発表させた。本来であれば生徒間及び生徒教員間で相互評価を行いたかったが、時数の制限により実施には至らず、教員による評価のみとなった。

| | A | B | C |
|---|---|---|---|
| Problem 問題 | 適切な問題が具体的かつ明確に記述されている（3） | 適切な問題が記述されているが，やや抽象的である（2） | 問題が不明確である（1） |
| | 問題設定理由が明確に述べられている（3） | 問題設定理由が述べられている（2） | 問題設定理由が述べられていない（1） |
| Plan 計画 | 一般的な(全国の)平均が適切に調べられている（3） | 一般的な(全国の)平均が調べられている（2） | 一般的な(全国の)平均が調べられていない（1） |
| | 標本調査について必要事項が具体的かつ適切に述べられている（3） | 標本調査について必要事項が述べられている（2） | 標本調査について必要事項が述べられていない（1） |
| Deta･Analysis データ収集・分析 | 問題に適した信頼性の高いデータが十分に収集されている（5） | 問題に適したデータが収集されている（3） | 問題に適したデータが収集されていない（1） |
| | データ収集過程に十分な倫理的配慮がある（例: プライバシー保護）（5） | データ収集過程に倫理的配慮がある（例: プライバシー保護）（3） | データ収集過程に倫理的配慮がない（例: プライバシー保護）（1） |
| | t検定による分析が正確かつ明確に述べられている（5） | t検定による分析が述べられている（3） | t検定による分析が述べられていない（1） |
| | 分析結果が分かりやすく、視覚化(グラフや図表など)が適切である（5） | 視覚化(グラフや図表など)が適切である（3） | 視覚化(グラフや図表など)が適切でない（1） |
| Conclusion 結論 | 分析結果を踏まえた結論が適切かつ明確に述べられている（3） | 分析結果を踏まえた結論が述べられている（2） | 分析結果を踏まえた結論が述べられていない（1） |
| レポート全体 | レポート全体の構成が論理的で分かりやすい（3） | レポート全体の構成が論理的である（2） | レポート全体の構成が論理的でない（1） |
| | | 語彙が正確で，読みやすい文章で書かれている（2） | 語彙が正確でなく，読みやすい文章で書かれていない（1） |

図 5　PPDAC レポートのルーブリック

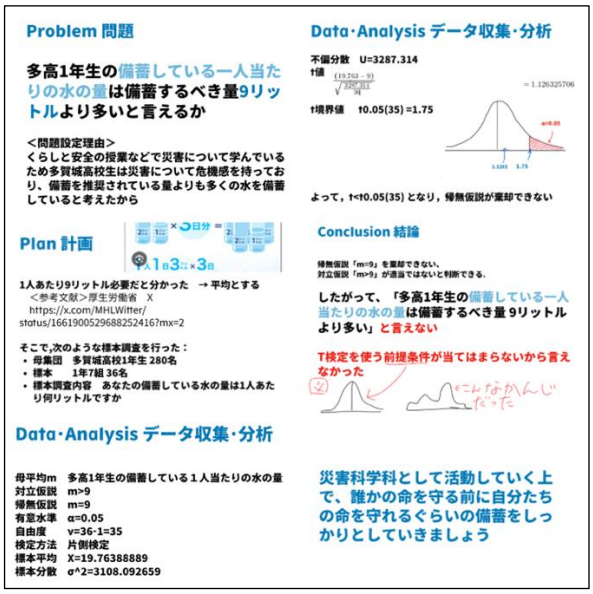



図 6　PPDAC レポートの例(一部抜粋)

図 6 は生徒が実際に作成した PPDAC レポートの一部抜粋である。このグループは水の備蓄量について問題を設定したが、最初の検定では帰無仮説が棄却できず、どのように対立仮説を設定すれば良いかを再検討した結果、帰無仮説が棄却できた。さらに外れ値を除いた場

合についても検証し、PPDAC サイクルを 3 回行なった。1 回で満足せず何度も挑戦し探究する姿には驚かされた。本来であれば対立仮説は変更すべきではないのかもしれないが、データの見せ方という点においては課題研究にも応用できる力が身に付いたと言えるだろう。

## 3　おわりに

### 3.1　生徒の 1 年間の振り返りとその分析･考察

実用統計学の最後の授業で、PPDAC レポート及び実用統計学 1 年間の振り返りとして 6 件法で生徒対象のアンケートを実施した。その分析として有意水準 0.05 として t 検定を行なった(図 7)。サンプルサイズは 39、自由度は 38 であり、母平均を m として、いずれも帰無仮説は「m=3.5」、対立仮説は「m>3.5」である。

| 質問事項 | 標本平均 | 不遍分散 | t値 | t境界値 |
|---|---|---|---|---|
| 「PPDACレポート」を通して、「PPDACサイクル」の理解は深まりましたか。 | 4.7368421 | 0.7396871 | 8.9809557 | 1.686 |
| 「PPDACレポート」を通して、「t検定」の理解は深まりましたか。 | 4.6052632 | 1.326458 | 5.9930961 | 1.686 |
| 「PPDACサイクル」を課題研究において活用しようと思いますか。 | 5.0526316 | 0.6998578 | 11.590331 | 1.686 |
| 「PPDACサイクル」を日常生活において活用しようと思いますか。 | 3.8684211 | 1.2524893 | 2.055842 | 1.686 |
| 1年間の実用統計学の授業･課題･レポート･考査を通して、「統計」の理解は深まりましたか。 | 4.8684211 | 0.9822191 | 1.3684211 | 1.686 |

図 7　実用統計学･PPDAC レポート振り返りの分析結果

この分析結果から、いずれの質問事項に対しても t 値が t 境界値より大きい、すなわち p 値が 0.05 よりも小さくなるので帰無仮説は棄却され、対立仮説が正しく、統計的に有意な差があると言える。特に、PPDAC サイクルを課題研究に活用したいという回答は顕著に高い値を示している。また、自由記述においては「課題研究で平均値を比較するときに t 検定を活用したい」「課題研究の流れは PPDAC サイクルとほぼ同じである」「このサイクルを使うことで見通しを持って課題研究を進めることができる」といった記述が多数見られた。

また、3 月末に課題研究のアイデアコンテストである「つくば Science Edge 2024」に見学として参加した生徒に、報告レポートを作成させ、学級で発表させた。様式や内容については一任していたが、実用統計学での学習内容やそれ以外の統計的手法が全国の高校生の課題研究に活用されていることをまとめてくれた(図 8)。

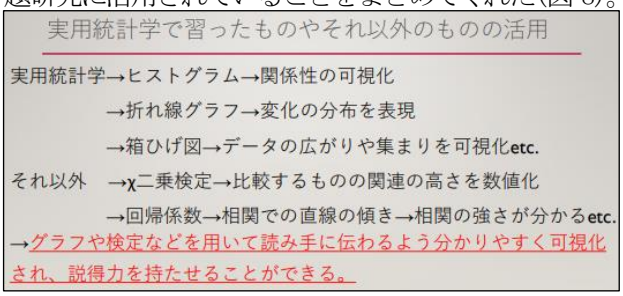



図 8　「つくば Science Edge 2024」報告レポート(一部抜粋)

さらに、現在課題研究を進めている生徒には、2 つの変量の相関を出してから回帰分析を行おうとしている生徒もいる。実用統計学で学んだことだけでなく、それを発展させた統計的手法を活用しようとする姿が見られる。このように、実際、実用統計学の学習と課題研究の往還がなされていると言える。

以上のことから、次の結論に至る。

### 3.2　結論

以上に述べたことから、実用統計学において、PPDAC サイクルを軸とした探究的な授業を実践することで、生徒に学習内容を課題研究へ活用することを意識させながら、計画的にデータを収集し、分析･考察し結論を導く力や批判的思考力等のデータ･リテラシーの向上に資することができたと言える。

### 3.3　課題と今後の展望

課題は、t 検定の学習前に確率分布について学習しなかったことである。本来であれば確率分布を理解した上で検定を学ぶべきだが、実用を重視したことと時数の都合により扱えなかった。また、時数に余裕があれば、回帰分析や Excel を用いた分析手法も扱いたかった。もし回帰分析までできれば、PPDAC レポートは t 検定か回帰分析のどちらかを用いる仕立てにする予定だった。これらの課題に対しては、現在 2 年次となった生徒が課題研究を生徒が進めていく上で必要になったタイミングでその都度提示している。また、この代の災害科学科だけでなく、普通科や下の代にも波及させられるような工夫をしていかなければならないと考えている。

現在、本実践の対象となった生徒は課題研究を進めている最中である。総合知が求められる課題研究の指導、専門知の習得を目指す教科指導、どちらにおいても私自身が探究し、生徒とともに成長していきたい。

**謝辞**

本実践にあたりご助言をいただいた、板橋淳先生(仙台第三高等学校)、草陽介先生(仙台第三高等学校)、髙橋謙人先生(仙台三桜高等学校)に感謝する。

**引用･参考文献一覧**

OECD (2020). OECD Learning Compass 2030 仮訳
OECD(2019). OECD Future of Education and Skills 2030 Conceptual learning framework
CORE FOUNDATIONS CORE FOUNDATIONS FOR 2030
文部科学省(2018). 高等学校学習指導要領(平成 30 年告示)
総務省統計局. Data StaRt https://www.stat.go.jp/dstart/point/seminar1/01.html (2025 年 8 月 6 日)