

〈巻頭言〉

# 算数科の学習によるデータサイエンスの考え方の養成

Fostering the concept of data science through the study of mathematics

関西福祉大学 加藤 明

**要約：**論理的・批判的思考を基盤にデータ科学推論及び帰納的、演繹的、仮説的推論を構成要素とするデータサイエンスの考え方は、算数科の教科内容の学習で養成できることを立証する論文である。

そのためにまずデータサイエンスの考え方とはどのようなものであるかを算数及び日常生活の問題解決場面で明らかにし、それを養成するための方法について算数科のカリキュラム構成における工夫と、めざす能力から直接内容を導き出してのプログラム化からのアプローチを提示した。

さらに、算数科の学習におけるデータサイエンスの考え方は、「t検定」や「カイ2乗検定」の考え方の理解を支えることについても明らかにした。

**Key words：**データサイエンス、論理的・批判的思考、帰納的推論、演繹的推論、仮説的推論（アブダクション）

## はじめに

算数科の教科内容に「データの活用」領域があり、平均や度数分布表等が含まれている。さらに、データサイエンスの考え方の学問的基礎としての論理や集合、確率、関数等についてもその基礎的な知識・技能、考え方については学んできている。しかしながらこの学習を始めとして、算数科の学習によってデータサイエンスの考え方が養成できるのか、この立証がこの論文のテーマである。結論は「十分できる」である。そのためには、まずデータサイエンスの考え方とはどのようなものかを明らかにすること。次に、その考え方の養成が、算数科の学習でできることを証明しなければならない。これを理論だけでなく、教材のプログラム化で実証すること。以上がこの論文の趣旨である。

### 1. データサイエンスの考え方について

データサイエンスとはデータをサイエンスすること、つまりビッグデータのなかで生活する私たちがデータを科学的、合理的、実証的に活用して生活を豊かにし、職業等において求められる問題解決を適切に行うことである。

そのために求められる能力は、汎用的、一般的な論理的・批判的思考力である。前提が正しくて、結論に至るプロセスが順序だって展開されるとき、正しい結論が導き出される。しかしながら、前提が正しくなかったり、論の展開に飛躍があったり、都合のよいデータのみを表示で結論が導かれたりすることも少なくなく、これを見破るのが批判的思考であり、論理的思考と批判的思考は同時に並行して機能しているものでなければならず、学校教育においては学習者どうしの論争はその知的コラボレーションの育成の場と位置づけて積極的、意図的、系統的に指導しなければこのような能力は育たない。

データサイエンスで求められる考え方である「論理的・批判的思考力」は、学習指導要領による教育課程改訂において、実現をめざす資質・能力の中核に位置付く「見方・考え方」と同一のものである。その論理的・批判的思考力の基礎、内実を構成しているのは、狭い思考の技術ではなく、認識論的で一般的、汎用性のあるものでなければならず、帰納的、演繹的、仮説的推論の方法が代表的なものである。

データサイエンスにおいては、さらにこれらの3つの推論の方法に、正規分布や標準偏差、偏差値や箱ひげ図、共分散等のデータ科学推論の方法が、これらの基礎知識の理解と習得と共に加わらなければならない。

昨今データサイエンスの学習の需要が高まっているが、うわべだけの学習をもってよしとする風潮があるように感じられる。例えば標準偏差や偏差値の求め方を知っていて、公式に当てはめて数値を求めることはできるが、どのような考え方から式が成り立っており、それによってどんなことが分かるのか、それをどのように活用して問題解決を図るのかについて習得、習熟していなければ、ただの数値の羅列に過ぎなくなってしまう。そのために求められるのが、問題解決における4つの推論の活用のための効果的な教材のプログラムである。

これと軌を一にするのが、「学習指導要領」による教育課程改訂において目標として掲げられた、実現をめざす3つの資質・能力（「生きて働く知識・技能の習得」と「未知の状況にも対応できる思考力・判断力・表現力等」）と、その中核に位置する論理的・批判的な見方・考え方である。

例えば、次の問題解決においては、知識としては「円の直径、円周と円周率の関係」（小学5年）さえ有していればいいのであり、後は論理的・批判的思考力によってその知識を活用すれば解決できるのである。もちろん、そこには構想力や想像力も求められる。



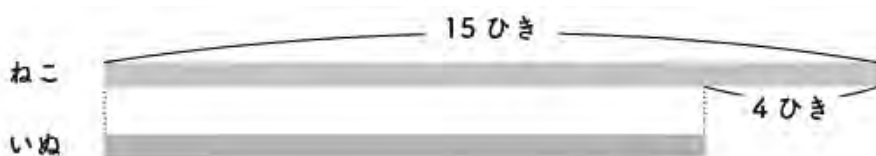
図1 円周にかかわる演繹的推論の問題

算数科に限らないが、これまでのカリキュラムの編成が教科内容だけに依存し、その順序性をもって、カリキュラム編成の要素と位置づけてきた。換言すると、目標が教科内容の習得に偏りがちであり、資質・能力を目標とする現行の教育課程がめざすものとは異なるものである。始めに教科内容ありきであり、その内容の系統に即して見方・考え方も導かれていた。したがって、論理的・批判的な見方・考え方（ここから発展して教科内容に即した教科の見方・考え方になる）の系統は構築されず、やや

もすると教科内容の習得だけが目標になり、論理的・批判的な見方・考え方の養成が十分に行われてこなかった。例えば、次の問題はある2年生の算数教科書に記載されていた問題であるが、テープ図の導入によって逆思考の問題を解決するという目標のもとに展開されている。テープ図から線分図へに移行させるというカリキュラム上の配慮はあるが、そのままに地頭力としての論理的思考を柔軟に自由に働かせて解決を試みることを、まず行うべきではないだろうか。そうでないと、論理的・批判的な思考力を養成することは、困難であると考えられる。

「ねこが15ひきいます。ねこは、いぬより4ひき多いそうです。  
いぬは何ひきいますか。」

いわゆる逆思考の問題であるので、「多い」という言葉を手がかりにしたのでは、演算決定が正しくされない。そこで教科書ではテープ図によって問題の構造を把握し、ひき算という演算決定に導くという展開をとっている。



確かにテープ図を用いるとデータ間の構造が可視化されるが、そこで養われる思考力の育成という観点からは不十分である。このようなテープ図による情報の構造化の一方で、この問題を論理的・批判的思考によってとらえて構造を把握し、演算決定に至る活動も並行して行うべきである。それは「ねこは、いぬより4ひき多い」とは「いぬはねこより4ひき少ない」ということであり、このように論理的にとらえ直すと「いぬは  $15 - 4 = 11$ 」というひき算によって何ひきかが容易に導かれるのであり、教科書に示された展開ではこのような論理的思考を養成する絶好の機会を逃がしてしまうと考えられる。

## 2. データサイエンスの考え方を養成するプログラムの内容

論理的・批判的思考力を問題解決の方法として具体化するためのデータ科学推論、帰納的推論、演繹的推論、仮説的推論の養成には、例えば次のような問題解決が適切である。

### <データ科学推論>

バレーボール部を強化するために、身長が190cm以上の選手を集めたいと考えています。スカウトの見通しはどうでしょうか？

平均値 170cm を中心に、標準偏差が 6cm とすると、標準偏差の範囲内、つまり 164cm から 176cm の間に全体の 60% の人が含まれる。しかしこれでは、190cm 以上にはほど遠い。標準偏差の 2 倍、12cm の範囲、つまり 158cm から 182cm 間でも 190cm には届かないが全体の 95% の人が含まれている。標準偏差の 3 倍では、152cm から 188cm になり、全体の 99.7% の人が含まれるが、これでもまだ 190cm には届かない。ということは、190cm 以上は外れ値になり、探すのは困難ということになる。1000 人探してやっと 1 人くらいであるが、このようにして正規分布と標準偏差の意味を学んでいくのが効果的である。

ただし、平均から始め中間値や最頻値、偏差や分散、標準偏差、共分散、相関係数  $r$  等に進むには、平方根の知識を習得しておかねばならず、これだけは算数の教科内容を超えることになる。

正規分布については、確率の発展として「パスカルの三角形」を学習しておく、正規分布の本質をシンプルに表す近似としての確率分布として理解することは難しくないと考えられる。

データ科学推論に関しては、以上、述べてきたように算数の教科内容を少し超えるものもあるが、次に示すように帰納的推論、演繹的推論、仮説的推論については算数科の教科内容の学習で十分対応できるものである。

< 帰納的推論 >

複数の事象をもとに 1 つの結論を導き出す手法であり、経験的思考から学問や科学を正しく認知する方法として、不確定要素の多いビジネスの世界ではよく使われる論理展開法である。算数科では、数概念や図形の導入など、多くの具体から抽象化していくプロセスを大切にしながら展開することが定石である。

AI における認識も、論理的ではなく、多くの具体例からの統計的処理がベースになっており、このような帰納的推論から導き出された演繹をもとにした判断によって問題解決が図られている。

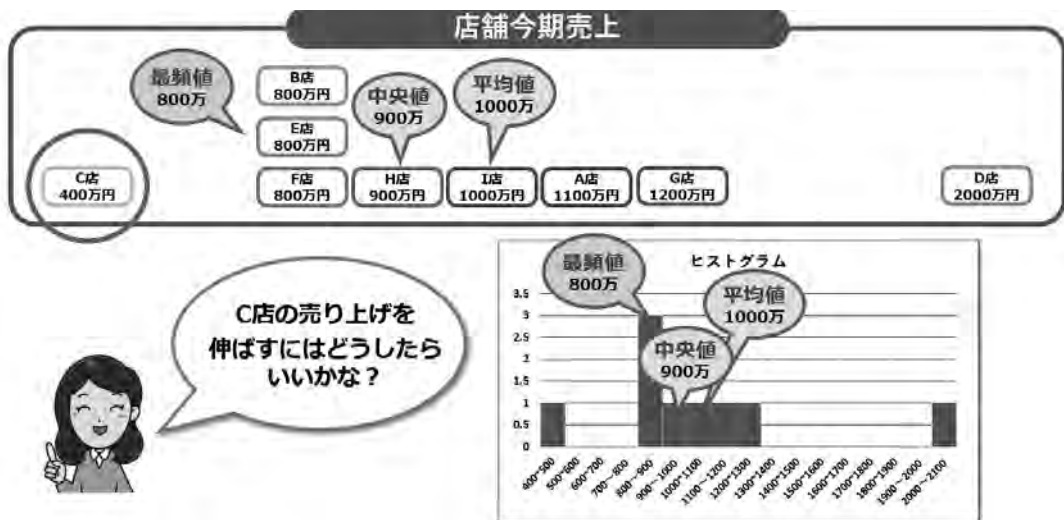


図 2 帰納的推論による売り上げのためのデータ

たとえば<図 2>のような売り上げ向上の問題解決では、売り上げの多い店舗に共通の要素を帰納

的推論によって導き出すことが求められる。

<演繹的推論>

一般的に正しいとされる事象から妥当と考えられる結論を導き出す推論の手法であり、算数・数学における定理や普遍的原理にしたがって論理を展開する。算数では帰納的推論等によって導かれた公式等を用いての演繹的推論が、習得した知識・技能を生きて働かせる能力を養うためにも重要である。

次の2題のうち「L字型の2等分は1つの長方形の等分の方法からの演繹的推論」の問題であり、「イチゴの5等分は三角形の面積の公式からの演繹的推論」の問題である。このような問題解決には、推論だけでなく、企画力、構想力、想像力等の能力も必要であり、このような諸能力も総合的に養成するよう工夫されたプログラムが開発されねばならない。

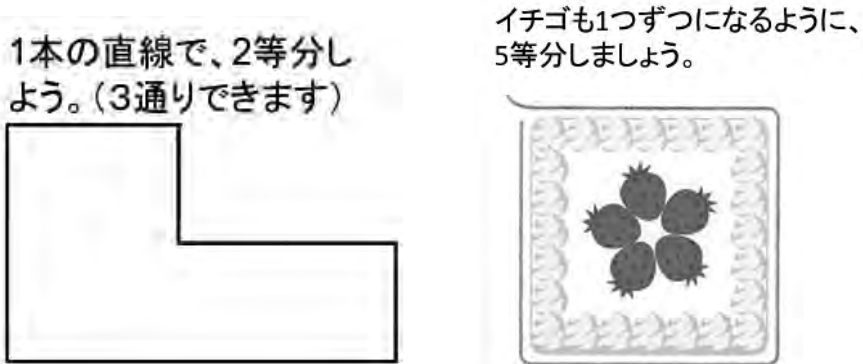
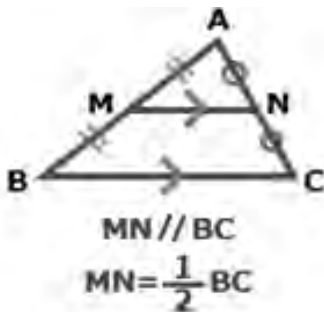


図3 演繹的推論の問題例

<仮説的推論 (アブダクション)>

結論から原因を推測し、事実に対して説明を見つける手法であり、帰納、演繹と異なり非線型の思考であるために想像力や構想力等のクリエイティブな思考力が必要になる。

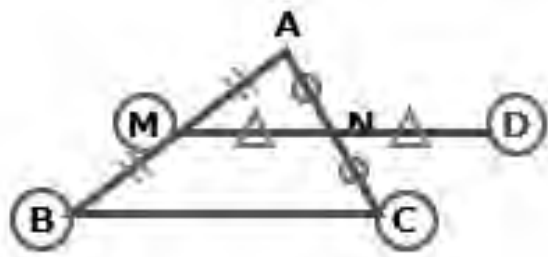
例えば「外れ値」の成果をどのように分析するか、どのようなプロセスで成果が上がったのか、もし〇〇なら「if思考」を駆使しての問題解決などの手法がこれにあたる。



三角形の midpoint 連結定理は中学3年数学の教科内容であるが、次に示す小学4年の平行四辺形の定義と性質の知識があれば仮説的推論と演繹的推論によって証明することができる。

- ア、向かい合った2組の辺の長さは等しい
- イ、向かい合った2組の角の大きさは等しい
- ウ、向かい合った2組の辺は平行
- エ、対角線が互いに他を2等分する
- オ、1組の対辺が平行で、かつ長さが等しい

この問題解決では、次のような仮説を立てることから始まる。



もし MN を 2 倍にのばして MD とし、四角形 MBCD が平行四辺形になれば証明できる。それを平行四辺形の定義と性質から導き出せばいいのであるが、これはうまくいかず観点変更をしなければならない。

このように行き詰まったときに観点変更をするという経験もすることができる教材である。この解決の後に、この知識から演繹しての「台形の中点連結定理」の証明も、批判的思考の大切さを経験する効果的な教材である。

〈図 2〉に示した売り上げのデータにおいて、外れ値に位置する D 店（売り上げ 2000 万円）の成功の要因を分析するには、どのような仮説的推論を行えばよいであろうか。

例えば、店内の雰囲気がアットホームである、顧客のニーズに合わせて曜日のメニューを柔軟にしている（これには事前のリサーチが必要）等による顧客の満足度やリピート率のデータを集積しながらの店舗運営が展開されるべきであろう。このようなベンチマークによる手法がマーケティング業界では、よく使われているところである。

### 3. データサイエンスの考え方を養成するプログラム化のために

データサイエンスの考え方を構成するデータ科学推論を始めとする 4 つの推論と、その基盤に位置する論理的・批判的思考を養成するプログラムを構築するには、これまでの算数の教科内容に即しながら、習得した教科内容の活用・発展として位置付ける展開が考えられる。そのためには、教材研究にこのような視点を含めておくことが不可欠になる。これは、3 つの資質・能力の育成を目標としてめざし、PDCA サイクルによって教科内容に即して、主体的・対話的で深い学び（アクティブ・ラーニング）を展開し、資質・能力を「できるようにする」といった教育活動をめざす教育課程の趣旨と合致するものであり、カリキュラムに予め位置づけてのカリキュラム・マネジメントの課題になる。

さらに、前章で述べてきたような内容、つまり 4 つの推論と基盤としての論理的・批判的思考力を系統化して、企画力・構想力・想像力等の諸能力も含めて、総合的に、めざす能力の養成に適切な内容をプログラム化するという方法がある。例えば、参考文献・引用文献①がその例であるが、そこでは次のような構成からプログラムが成り立っている。

- ① 2 進数と 2 進法…10 進位取り記数法と関連付けての理解をもとに展開
- ② データ科学推論… データを代表する数値としての平均値、中央値、最頻値から始め、ちらばりをとらえるための分散、標準偏差、偏差値、箱ひげ図、さらに 2 つの関係を分析するクロス集計と散布図・相関係数
- ③ データサイエンスの活用としての論理的・批判的思考
- ④ 論理的推論の方法としての帰納的推論・演繹的推論・仮説的推論
- ⑤ PDCA サイクルと PPDAC サイクルの活用方法

⑥ データの日常生活への活用から、検定の考え方へ

学校教育においては、これらの2つのアプローチを並走させながらのハイブリッドなカリキュラム展開が、現実的で効果的な養成を実現する方法であると考えられる。

おわりに

算数科で養うデータサイエンスの考え方は、それ以後の発展にも十分に役立つものである。例えば、5回のジャンケンを連続して勝てる人はジャンケンの達人といえるかどうか。これを立証する、つまり「ジャンケンで負けない」を立証するには、棄却されることを期待して「ジャンケンで負ける」という仮説を立てる。5回連続で勝つ確率は3.12%であり、これは偶然では起こりにくく、きわめてまれにしか起こらないことである。それが起こっているということは、「ジャンケンで負ける」という仮説は棄却されて、「ジャンケンで負けない」ことが立証される。いわゆる検定でいうp値を5%に設定しても十分に棄却できる事象である。このような論理は、参考文献・引用文献①によってプログラム化された問題解決を学習してきた算数科の学習において論理的に納得できる内容であり、このような論理のもとに成り立っている「t検定」や「カイ2乗検定」の考え方も理解できるものである。

参考文献・引用文献

①はじめにひらくデータサイエンスの本

－科学的で論理的・批判的思考を育成するプログラム－

加藤 明著 金木犀舎 2024

②科学的論理的思考のレッスン

高木敏行・荒川哲著

BOW&PARTNERS 2022

③新学習指導要領をひもとく

－PDCAサイクルによる教材開発と展開・評価の方法－

加藤 明著 文溪堂 2019

## Abstract

### Fostering the concept of data science through the study of mathematics

Kansai University of Social Welfare Akira KATO

This paper proves that the concept of data science, which is based on logical and critical thinking, and consists of data science reasoning and inductive, deductive, and hypothetical reasoning, can be cultivated by studying the content of mathematics subjects.

To this end, we first clarified what kind of thinking of data science is in the context of mathematics and daily life problem-solving, and presented an approach to cultivate it in the curriculum structure of the mathematics department and an approach from programming by deriving the content directly from the ability to be achieved.

In addition, it was clarified that the concept of data science in the study of mathematics supports the understanding of the concept of the t-test and the chi-square test.