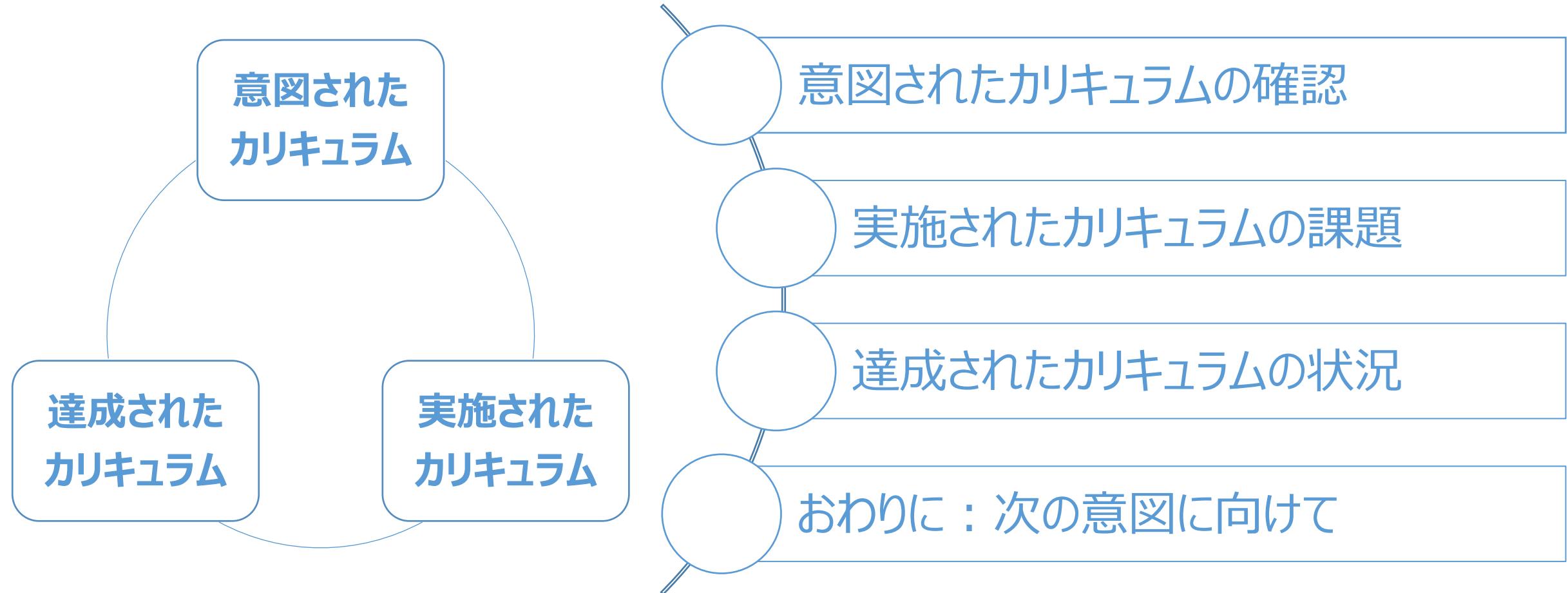


高等学校段階における 統計・データサイエンス教育の充実に向けて

2025/3/8@理数系教員統計・データサイエンス 授業力向上研修集会（札幌）
国立教育政策研究所教育課程研究センター教育課程調査官

小林 廉(KOBAYASHI Ren)

本講演の枠組みと構成



意図された
カリキュラム

達成された
カリキュラム

実施された
カリキュラム

意図されたカリキュラムの確認

実施されたカリキュラムの課題

達成されたカリキュラムの状況

おわりに：次の意図に向けて

算数・数学における統計教育の目標・内容とその体系

小・中・高等学校を通じた統計教育のイメージ、内容等の整理

資料8

【高等学校（必履修）】

- 統計的に分析するための知識・技能を理解し、日常生活や社会生活、学習の場面等において問題を発見し、必要なデータを集め適切な統計的手法を用いて分析し、その結果に基づいて問題解決や意思決定につなげる。
- データの収集方法や統計的な分析結果などを批判的に考察する。

【中学校】

- 統計的に分析するための知識・技能を理解し、日常生活や社会生活の場面において問題を発見し、調査を行いデータを集めて表やグラフに表し、統計量を求めることで、分布の傾向を把握したり、二つ以上の集団を比較したりして、問題解決や意思決定につなげる。
- データの収集方法や統計的な分析結果などを多面的に吟味する。

【小学校】

- 統計的に分析するための知識・技能を理解し、身近な生活の場面の問題を解決するためにデータを集めて表やグラフに表し、統計量を求めることで、分布の傾向を把握したり、二つ以上の集団を比較したりして意思決定につなげる。
- 統計的手法を用いて出された結果を多面的に吟味する。

資質・能力及び内容等の整理

知識・技能	<ul style="list-style-type: none">● 統計に関する基本的な概念や原理・法則の理解● 統計的に分析するための知識・技能
思考力・判断力・表現力等	<ul style="list-style-type: none">● 不確定な事象について統計的な手法を適切に選択し分析する力● データに基づいて<u>合理的に判断し、統計的な表現を用いて説明する力</u>● 統計的な表現を批判的に解釈する力
学びに向かう力・人間性等	<ul style="list-style-type: none">● 不確定な事象の考察や問題解決に、統計を活用しようとする態度● データに基づいて<u>予測や推測をしたり判断したりしようとする態度</u>● 統計的な表現を批判的にみようとする態度

○問題解決や意思決定、判断につなげること

○批判的に考察すること

算数における統計的な内容

	知識及び技能	思考力、判断力、表現力等
1年	(ア) ものの個数について、簡単な絵や図などに表したり、それらを読み取ったりすること	(ア) データの個数に着目し、身の回りの事象の特徴を捉えること
2年	(ア) 身の回りにある数量を分類整理し、簡単な表やグラフを用いて表したり読み取ったりすること	(ア) データを整理する観点に着目し、身の回りの事象について表やグラフを用いて考察すること
3年	(ア) 日時の観点や場所の観点などからデータを分類整理し、表に表したり読んだりすること。 (イ) 棒グラフの特徴やその用い方を理解すること	(ア) データを整理する観点に着目し、身の回りの事象について表やグラフを用いて考察して、見いたしたことを表現すること
4年	(ア) データを二つの観点から分類整理する方法を知ること (イ) 折れ線グラフの特徴とその用い方を理解すること	(ア) 目的に応じてデータを集めて分類整理し、データの特徴や傾向に着目し、問題を解決するために適切なグラフを選択して判断し、その結論について考察すること
5年	(ア) 円グラフや帯グラフの特徴とそれらの用い方を理解すること (イ) <u>データの収集や適切な手法の選択など統計的な問題解決の方法を知ること</u>	(ア) 目的に応じてデータを集めて分類整理し、データの特徴や傾向に着目し、問題を解決するために適切なグラフを選択して判断し、その結論について多面的に捉え考察すること
6年	(ア) 代表値 の意味や用い方を理解すること(ドットプロット) (イ) 度数分布を表す表やグラフの特徴及びそれらの用い方を理解すること (ウ) <u>目的に応じてデータを収集したり適切な手法を選択したりするなど、統計的な問題解決の方法を知ること</u>	(ア) 目的に応じてデータを集めて分類整理し、データの特徴や傾向に着目し、代表値などを用いて問題の結論について判断するとともに、その妥当性について批判的に考察すること

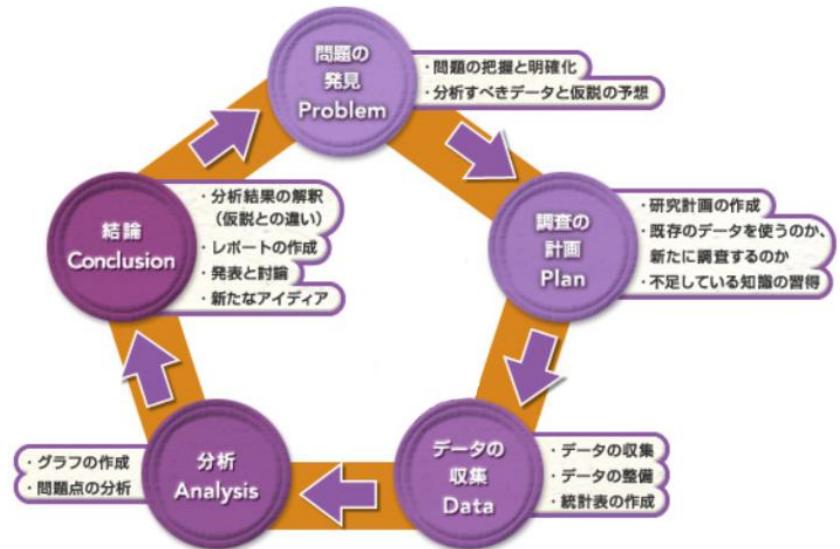
統計的な問題解決の方法

目的に応じてデータを収集、分類整理し、結果を適切に表現するとは、統計的な問題解決活動を指しているが、統計的な問題解決活動においては、「問題－計画－データ－分析－結論」というような段階からなる統計的探究プロセスと呼ばれるものがある。

問題	・問題の把握	・問題設定
計画	・データの想定	・収集計画
データ	・データ収集	・表への整理
分析	・グラフの作成	・特徴や傾向の把握
結論	・結論付け	・振り返り

統計的探究プロセスとは、元々の問題意識や解決すべき事柄に対して、統計的に解決可能な問題を設定し、設定した問題に対して集めるべきデータと集め方を考え、その計画に従って実際にデータを集め、表などに整理した上で、集めたデータに対して、目的やデータの種類に応じてグラフにまとめたり、統計量を求めるなどして特徴や傾向を把握し、見いだした特徴や傾向から問題に対する結論をまとめて表現したり、さらなる課題や活動全体の改善点を見いだしたりするという一連のプロセスである。

問題を解決するためのフレームワークの一つとしての「PPDACサイクル」



https://www.stat.go.jp/naruhodo/12_ppdac/index.html

※中学校数学以降はこのプロセスは前提

中学校数学における統計的な内容

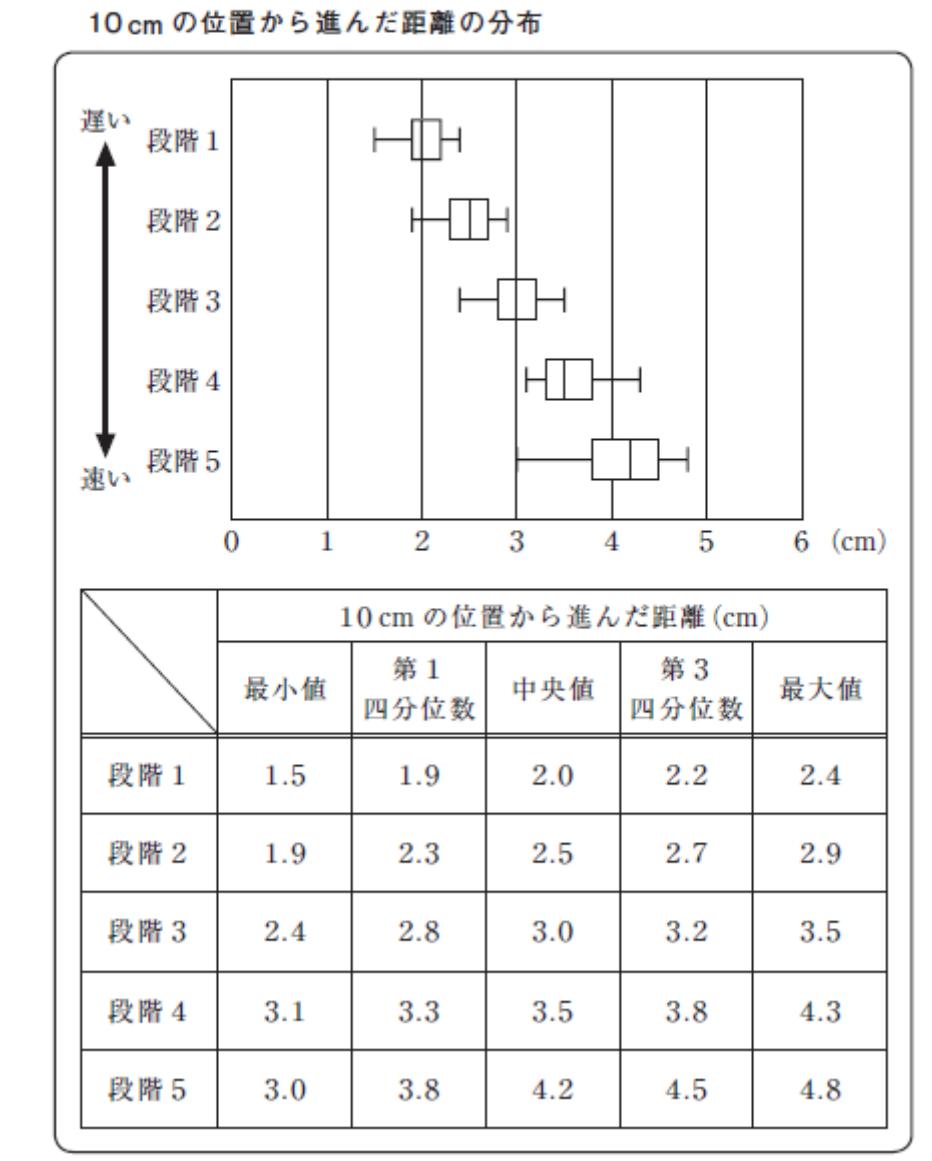
	知識及び技能	思考力, 判断力, 表現力等
1年	(ア) ヒストグラムや相対度数などの必要性と意味を理解すること (イ) コンピュータなどの情報手段を用いるなどしてデータを表やグラフに整理すること	(ア) 目的に応じてデータを収集して分析し, そのデータの分布の傾向を読み取り, 批判的に考察し判断すること
1年	(ア) 多数の観察や多数回の試行によって得られる確率の必要性と意味を理解すること	(ア) 多数の観察や多数回の試行の結果を基にして, 不確定な事象の起こりやすさの傾向を読み取り表現すること
2年	(ア) 四分位範囲や箱ひげ図 の必要性と意味を理解すること (イ) コンピュータなどの情報手段を用いるなどしてデータを整理し箱ひげ図で表すこと	(ア) 四分位範囲や箱ひげ図を用いてデータの分布の傾向を比較して読み取り, 批判的に考察し判断すること
2年	(ア) 多数回の試行によって得られる確率と関連付けて, 場合の数を基にして得られる確率の必要性と意味を理解すること (イ) 簡単な場合について確率を求める	(ア) 同様に確からしいことに着目し, 場合の数を基にして得られる確率の求め方を考察し表現すること (イ) 確率を用いて不確定な事象を捉え考察し表現すること
3年	(ア) 標本調査の必要性と意味を理解すること (イ) コンピュータなどの情報手段を用いるなどして無作為に標本を取り出し, 整理すること	(ア) 標本調査の方法や結果を批判的に考察し表現すること (イ) 簡単な場合について標本調査を行い, 母集団の傾向を推定し判断すること

令和6年度全国 学力・学習状況 調査

中学校数学 第7問

5つの箱ひげ図を
比較して主張の
根拠を説明して
いる

(2) 咲希さんは、車型ロボットの速さを変えたときに、10 cm の位置から進んだ距離がどうなるか調べることにしました。そこで、速さを段階 1 から段階 5 まで変えて、10 cm の位置から進んだ距離をそれぞれ 20 回ずつ調べ、データを集めました。そして、データの分布の傾向を比較するために箱ひげ図に表しました。



前ページの 10 cm の位置から進んだ距離の分布から、「速さが段階 1 から段階 5 まで、だんだん速くなるにつれて、10 cm の位置から進んだ距離が長くなる傾向にある」と主張することができます。そのように主張することができる理由を、10 cm の位置から進んだ距離の分布の 5 つの箱ひげ図を比較して説明します。下の説明を完成しなさい。

説明

（説明欄）

したがって、速さが段階 1 から段階 5 まで、だんだん速くなるにつれて、10 cm の位置から進んだ距離が長くなる傾向にある。

ただし、箱ひげ図を踏まえてある主張の理由を解答する問題の正答率は…

26.4%

無解答率は、
29.0%

批判的に考察すること

…ここで、批判的に考察することとは、物事を単に否定することではなく、多面的に吟味し、よりよい解決や結論を見いだすことである。具体的には、データに基づいて問題を解決する過程において、データの収集の仕方は適切か、どの代表値が根拠としてふさわしいか、分布の形に着目しているか、傾向を読み取りやすいグラフで表せているか、グラフの目盛りなどを加工して過度に誇張していないか、分析した結果から得られる結論が妥当かなどについて検討することである。このような検討の過程において、よりよい解決や結論を見いだそうとする態度を養うことが大切である。(CS中数解説, p.91)

(参考)「批判的思考」(楠見, 2012)

- ✓ 証拠に基づく論理的で偏りのない思考—多面的、客観的にとらえる
- ✓ 内省的思考(リフレクション)—「相手を非難する」よりも、自分の思考を意識的に吟味する、メタ認知
- ✓ 問題解決や判断を支えるジェネリック(汎用的)スキル—目標指向的、学業・市民生活・仕事の実践を支える

高等学校数学における統計的な内容

	知識及び技能	思考力、判断力、表現力等
数学I データの分析	<p>(ア) 分散、標準偏差、散布図及び相関係数の意味やその用い方を理解すること</p> <p>(イ) コンピュータなどの情報機器を用いるなどして、データを表やグラフに整理したり、分散や標準偏差などの基本的な統計量を求めたりすること</p> <p>(ウ) 具体的な事象において仮説検定の考え方を理解すること</p>	<p>(ア) データの散らばり具合や傾向を数値化する方法を考察すること</p> <p>(イ) 目的に応じて複数の種類のデータを収集し、適切な統計量やグラフ、手法などを選択して分析を行い、データの傾向を把握して事象の特徴を表現すること</p> <p>(ウ) 不確実な事象の起こりやすさに着目し、主張の妥当性について、実験などを通して判断したり、批判的に考察したりすること</p>
数学A 場合の数と確率	<p>(ア) 集合の要素の個数に関する基本的な関係や和の法則、積の法則などの数え上げの原則について理解すること</p> <p>(イ) 具体的な事象を基に順列及び組合せの意味を理解し、順列の総数や組合せの総数を求めること</p> <p>(ウ) 確率の意味や基本的な法則についての理解を深め、それらを用いて事象の確率や期待値を求めること</p> <p>(エ) 独立な試行の意味を理解し、独立な試行の確率を求めること</p> <p>(オ) 条件付き確率の意味を理解し、簡単な場合について条件付き確率を求めること</p>	<p>(ア) 事象の構造などに着目し、場合の数を求める方法を多面的に考察すること。</p> <p>(イ) 確率の性質や法則に着目し、確率を求める方法を多面的に考察すること</p> <p>(ウ) 確率の性質などに基づいて事象の起こりやすさを判断したり、期待値を意思決定に活用したりすること</p>
数学B 統計的な推測	<p>(ア) 標本調査の考え方について理解を深めること</p> <p>(イ) 確率変数と確率分布について理解すること</p> <p>(ウ) 二項分布と正規分布の性質や特徴について理解すること</p> <p>(エ) 正規分布を用いた区間推定及び仮説検定の方法を理解すること</p>	<p>(ア) 確率分布や標本分布の特徴を、確率変数の平均、分散、標準偏差などを用いて考察すること</p> <p>(イ) 目的に応じて標本調査を設計し、収集したデータを基にコンピュータなどの情報機器を用いて処理するなどして、母集団の特徴や傾向を推測し判断するとともに、標本調査の方法や結果を批判的に考察すること</p>

分散と標準偏差

「数学Ⅰ」では、そのようなデータの散らばりの度合いを数値化する方法を考察し、データの散らばりの度合いを表す新たな指標として分散及び標準偏差を取り扱う。その際、データの散らばりの度合いをどのように数値化するかを考えさせる。指導に当たっては、例えば、各データと平均値の差の和、各データと平均値の差の絶対値の和、各データと平均値の差の2乗の和、各データと中央値の差の和、各データと中央値の差の絶対値の和、各データと中央値の差の2乗の和、及び、これらのそれぞれをデータの総数で除した値などの考えを出させ、それぞれの考えの長所や短所などについて話し合った上で、分散及び標準偏差を取り上げることも考えられる。(数学解説p.44)

知識及び技能

(ア) 分散、標準偏差、散布図及び相関係数の意味やその用い方を理解すること

一 体 的 な 充 実

思考力、判断力、表現力等

(ア) データの散らばり具合や傾向を数値化する方法を考察すること。

散布図と相関係数

- ▷ 数学Ⅰでは、量的データ間の関係を探ることとして、**散布図**及び**相関係数**の意味とその用い方を学ぶ
- ▷ 相関と因果の違いについても具体例とともに取り扱う
- ▷ さらに、情報Ⅰでは、教科書によっては**単回帰分析**まで扱われることがある
- ▷ 単回帰分析については、学習指導要領本則ではなく情報科の解説に「データの関係性を数式の形で表す単回帰分析などについて扱うことが考えられる」とある(p.40)
 - ▷ 教科書における扱われ方は実に様々である
 - ▷ 高等学校情報科特設ページにある「実践事例」、また「令和7年度試験の問題作成の方向性、試作問題等」の「情報」では回帰直線が登場している

質的データ間の関係を探ること

- ▷ 数学Ⅰでは、統計的探究プロセスにおいて、目的やデータの種類に応じて適切な統計量やグラフ、手法などを選択できるようするために、質的データと量的データの両方を、そして複数の質的データや量的データが紐付けられた複数の種類のデータを取り扱うこととしている

例えば、質的データ間の関係を探る際には、データを漏れのないように分割した二次元表（クロス集計表、分割表と呼ばれることがある。）に整理したり、一旦整理したデータを、さらに異なる性質（観点）で漏れのないように分類（分割）したりするとともに、割合（確度・頻度）とデータの度数を相互に関連付けながら分析する。例えば、下の二次元表は、合否が判定される試験において、ある本を使って学習したかどうかを尋ねた結果を表している。この表を見ると、本の使用と合否に因果があるように思える。

	合	否
使用有	65%	35%
使用無	49%	51%

同じデータを、学年に分けて集計し直すと下の表のようになる。このことからは、本の使用の有無よりも、学年のほうが合否に影響していることが予想でき、また、度数を見ることで、本の使用者自体が少なかったこともわかる。

	合	否
1学年	26%	74%
2学年	77%	23%

		合	否
有	1学年	3人	4人
	2学年	8人	2人
無	1学年	12人	38人
	2学年	32人	10人

なお、割合に関しては、これまで実施された大規模な調査において、高校生においても理解が不十分な生徒が少なからずいることが指摘されている。生徒の実態に応じて、例えば、先の表で、本を使用し合格した者の総受験者に対する割合や、合格者における1学年の生徒が占める割合などについて、何を1とみたときの割合であるかを確認することも大切である。

数学Ⅰでの「仮説検定の考え方」

不確実な事象において、読み取った傾向をもとに合理的な判断や意思決定をしようとする際には、同様の傾向が繰り返される（確率的事象）とみなし、データやそれに基づく確率や確率分布等を用いることによって、不確実性の度合いを評価することがある。中学校第1学年では、多数の観察や多数回の試行によって得られる結果を基にして、不確実な事象の起こりやすさの傾向を読み取り表現する力を養っている。これを踏まえ、「数学Ⅰ」では、不確実な事象の起こりやすさに着目し、実験などを通して、問題の結論について判断したり、その妥当性について批判的に考察したりできるようとする。（中略）

指導に当たっては、生徒が意欲をもって学習を進めることができるように、テーマを適切に選び、具体的な事象に基づいた取扱いをすることとともに、多くのデータを取り扱う場合や実験においては、コンピュータなどの情報機器を積極的に用いるようにすることが大切である。（数学解説pp47-48）

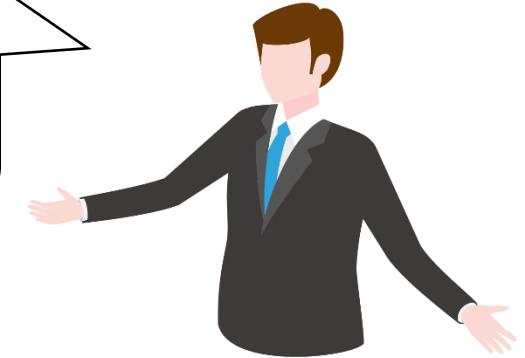
主張を批判的に考察するための「仮説検定の考え方」

※イメージ

AよりBの方が良いとした人が多い！
Bの方が良い！



AよりBの方が効果があるようです！



でも本当かな？
(内省的な思考)
たまたまそうなった
という可能性は？



本当かな？
根拠は何だろ
う？ AとBで実は
そんなに変わらな
いのでは？

▷ 「AとBで変わらない」ことからコインの裏表や確率 $\frac{1}{2}$ という仮定へ

仮説検定の扱い：数学Iと数学Bの内容と配列

数学I (必履修)

- 具体的な事象において仮説検定の考え方を理解すること
- 不確実な事象の起こりやすさに着目し、主張の妥当性について、実験などを通して判断したり、批判的に考察したりすること



数学B

- 正規分布を用いた区間推定及び仮説検定の方法を理解すること
- 目的に応じて標本調査を設計し、収集したデータを基にコンピュータなどの情報機器を用いて処理するなどして、母集団の特徴や傾向を推測し判断するとともに、標本調査の方法や結果を批判的に考察すること

数学Bでの「統計的な推測」

ここでは、「数学I」で、具体的な事象において、実験などを通して仮説検定の考え方を取り扱っていることを踏まえながら、確率の理論を統計に応用し、正規分布を用いた区間推定と仮説検定の方法を理解できるようにする。さらにそれらを通して、母集団の特徴や傾向を推測し判断したり、標本調査の方法や結果を批判的に考察したりする力を養う。

なお、これらの内容については理論的な取扱いに深入りせず、具体的な例を工夫したりコンピュータなどの情報機器を用いるなどして確率分布の考え方や統計的な推測の考え方を理解できるようとする。例えば、二項分布が正規分布で近似されることなどの数理的現象については、コンピュータなどを用いて直観的に理解できるようになることが考えられる。(数学解説p.105)

(参考)理数探究基礎の教科書における仮説検定の扱い

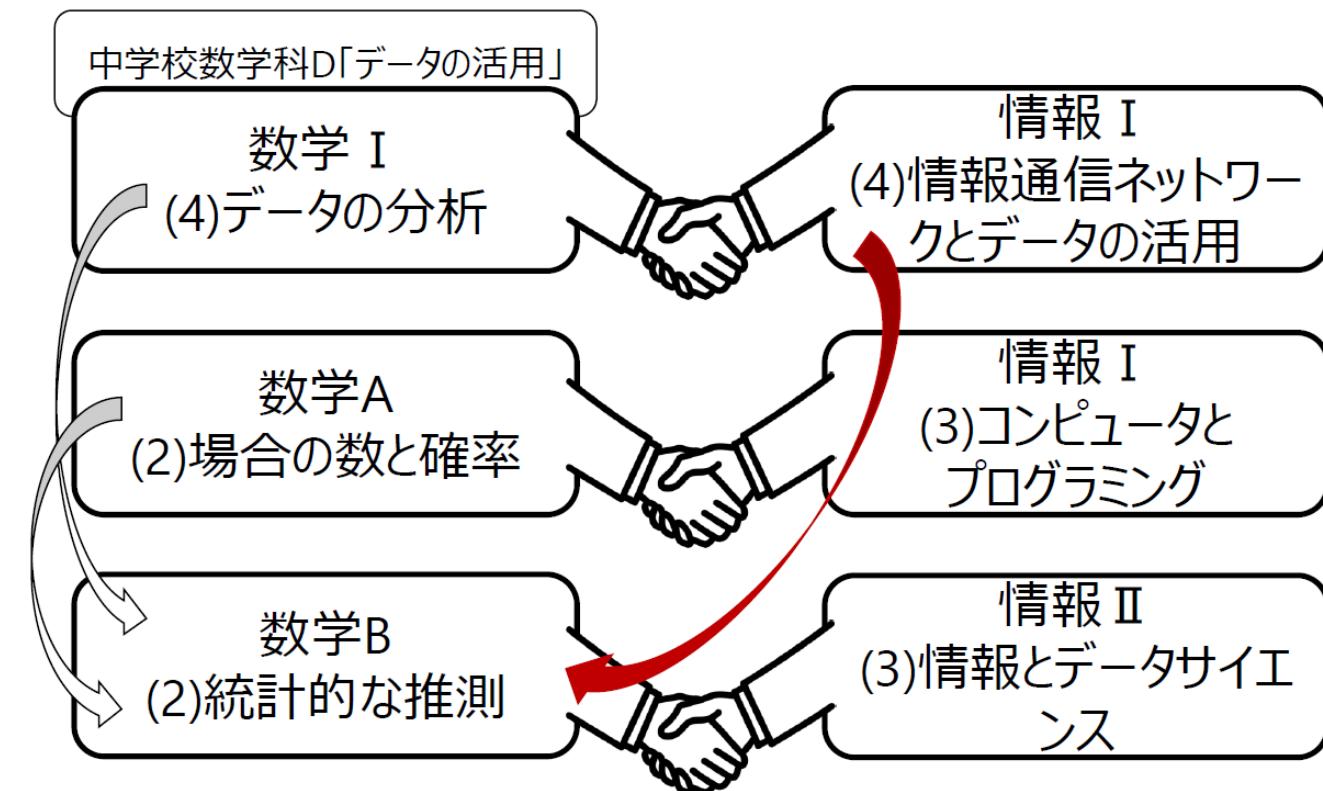
- ▷ 数学Bの教科書に(必ずしも)載っていない内容や用語で、「理数探究基礎」の教科書には載っている内容や用語がいくつかある
※ただし、教科書の種類によって扱い方は様々である
- **検定の種類**：カイ²乗検定, *t*検定, 無相関検定
- **用語**：帰無仮説, 有意差, 対立仮説, 棄却, 採択, *p*値, 有意差, 両側検定, 片側検定, 検定統計量, 棄却域, 1群の検定, 2群の検定など
- ▷ さらに、**情報Iの教科書においても**、教科書によっては上記の検定の種類や用語が扱われているものもある(これも本則ではなく解説に「データの傾向について評価するために仮説検定の考え方などを取り扱ったりすることも考えられる」とある(p.38))

(参考)数学科と情報科の関連

学習指導要領第2章第4節(数学)第3款1(4)

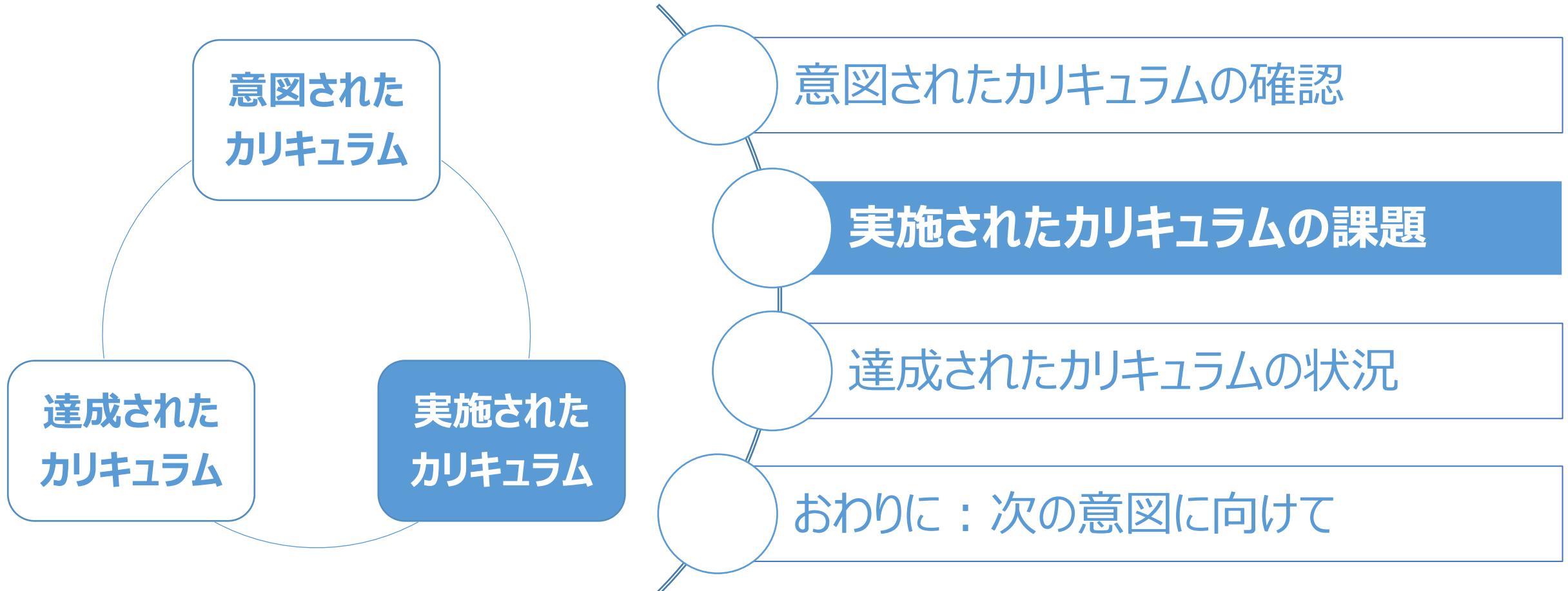
各科目を履修させるに当たっては、当該科目や数学科に属する他の科目の内容及び理科、家庭科、情報科、この章に示す理数科等の内容を踏まえ、相互の関連を図るとともに、学習内容の系統性に留意すること。

※ 高等学校の数学科と情報科は、統計的内容について関連を図っている



(参考)数 I 「データの分析」と情 I 「情報通信ネットワークとデータの活用」

	数学 I ・データの分析	情報 I ・情報通信ネットワークとデータの活用
「知識及び技能」の中身	分散, 標準偏差, 散布図, 相関係数, 外れ値, 仮説検定の考え方 (※質的データ・量的データや二次元表(クロス集計)はCS解説上は登場するが指導する用語ではない)	質的データ・量的データ, 名義尺度・順序尺度・間隔尺度・比例尺度, データの形式, 欠損値 (※CS解説上は「考えられる」扱いとして単回帰分析や仮説検定の考え方も登場)
「思考力, 判断力, 表現力等」の類似部分	イ(イ)目的に応じて複数の種類のデータを収集し, 適切な統計量やグラフ, 手法などを選択して分析を行い, データの傾向を把握して事象の特徴を表現すること。	イ(ウ)データの収集, 整理, 分析及び結果の表現の方法を適切に選択し, 実行し, 評価し改善すること。
教科での扱いの特徴	意味や用い方の理解, 散らばり具合や傾向を数値化する方法の考察, 統計的探究プロセス, 批判的な考察	データを問題の発見・解決に活用, 分析方法の理解, 幅広いデータの種類や分析(テキストマイニングなど)



統計的内容の指導に関する現状と課題：指導主事の声

教員

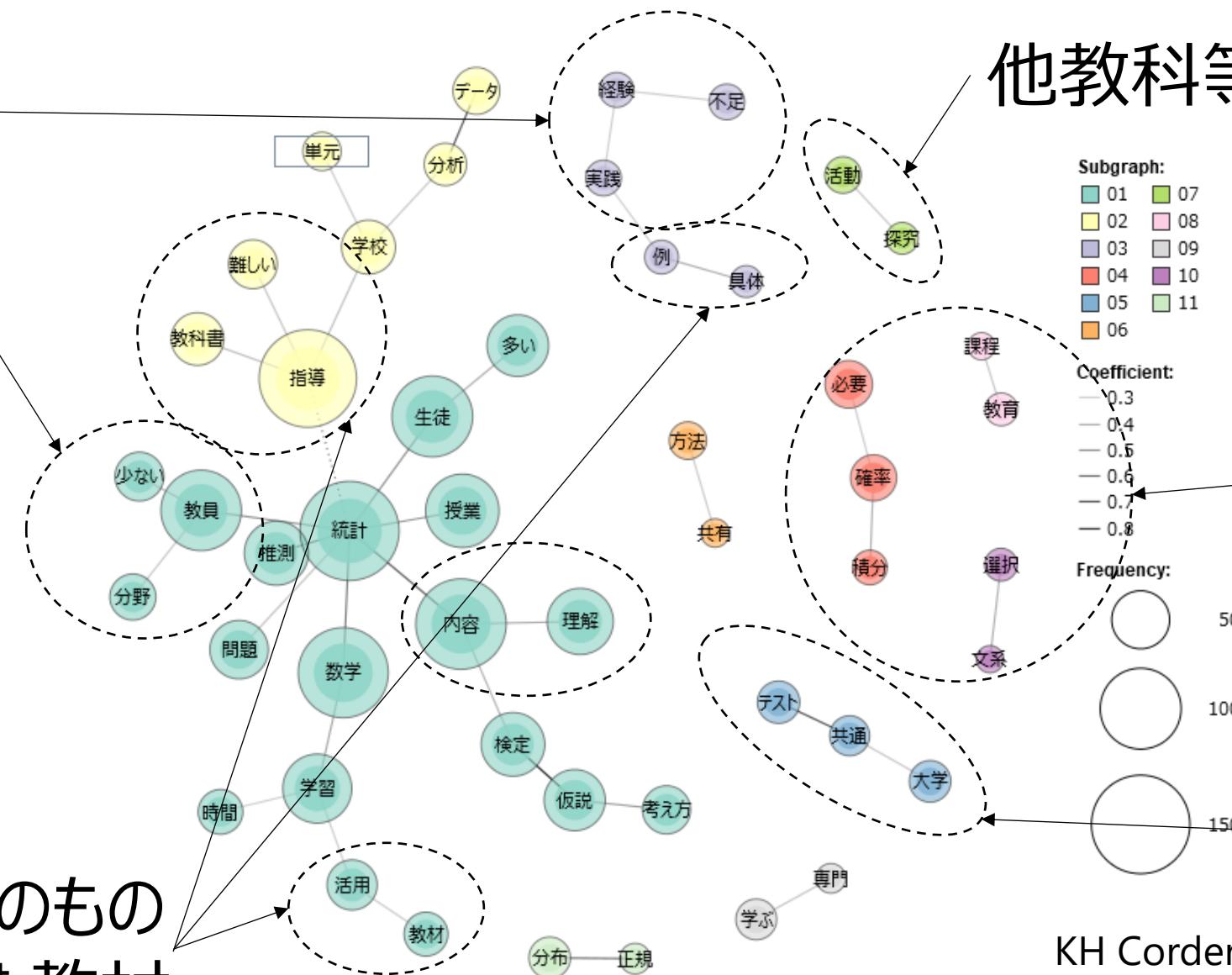
他教科等, 探究

内容そのもの
教科書, 教材

教育課程
指導計画

大学入試

KH Corder利用
上位100, 最小スパンニングツリー



1) 教員由来

- ▲ 統計的内容の指導に自信を持てない教員が一定数存在する
 - ▲ 多くの教員が統計学の専門知識を持たず、教材研究の不足や指導経験の不足が課題
 - ▲ 統計的内容を指導した経験が少ない教員が多く、何をどの程度教えるべきかが不明確
 - ▲ 旧課程では統計的な推測の内容を扱ってこなかったため、指導事例の蓄積が少ない
 - ▲ 大学時代に統計学を学んでいないため、教員の負担感が大きい
- ☞ 各自治体は研修などで対応、文部科学省としても官公庁のものに限らず研修用動画等を周知

2) 教育課程・指導計画由来

- ▲ 年間指導計画の中で統計的内容の指導が年度末に設定されることが多い、十分な授業時数が確保できない
- ▲ 生徒の活動を重視した授業を行いたいが、指導時数の制約があるため難しい
- ▲ 文系・理系によって履修の進め方が異なり、文系生徒の統計的内容の学習に負担がかかる
- ▲ 数学Ⅰでの仮説検定の考え方と数学Ⅱでの統計的な推測が接続されにくい
- ▲ 統計的な推測の指導が、数学Ⅱの積分や確率と関連する内容と順序が合わず、学習の流れが難しい ←!?

学習指導要領解説における正規分布の取り扱い

次に, 連続型確率分布である正規分布を取り扱う。正規分布は, 連続的な確率変数の分布であり, その定義には連続関数や積分の概念等が用いられるため, 数学的に厳密に取り扱うことは高等学校数学の範囲の中では難しい。その一方で, 日常の事象や社会の事象などにおいて観測される変量には, その分布が近似的に正規分布に従うとみなせるものや, 変量の値に影響を与える原因を制御すれば正規分布に従うとみなせるものが数多く存在し, 正規分布は統計学において重要な役割を果たす。それゆえ, 正規分布の定義や分布曲線を与える式などについては理論的な取扱いに深入りせず, 具体的な例や実験などを通して, 正規分布曲線の形や性質を理解できるようにすることが大切である。(数学解説p.107)

学習指導要領↔教科書

- ▷ 数学B「統計的な推測」において、学習指導要領では、正規分布については理論的な取扱いに深入りしないことになっている
- ▷ 一方で、教科書の中には、連続型確率変数や正規分布の説明として

$P(a \leq X \leq b) = \int_a^b f(x)dx$ や $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}$ の表記が登場するものがある

- ▷ もちろん、上記の表記が登場しない教科書もある

☞大切なのは、積分による表現そのものというより、確率が分布曲線下の面積で表されることの理解であり、そのためには、その基となるヒストグラムにおいて相対度数が長方形の面積で表される(中学校までは高さで表している)ことの理解(このとき縦軸の意味も変わる)と、ヒストグラムの形が1つの曲線に近づいていくことの実感が必要になると考えられる

3) 内容および教科書、教材由来

- ▲ 教科書の説明が抽象的になりやすく、生徒が直感的に理解しにくい（「～と知られている」という記述が多くなってしまう難しさ、「十分大きい」といったときの十分さがわからず曖昧さが残る）
- ▲ 内容の難しさもあるが用語も多く、生徒が混乱しやすい
- ▲ 学習した内容を次の学習内容に活用していく場面が教科書に少なく、教科書に従った体系的な指導だけでは、学習に意義や有用感を感じさせにくい
- ▲ 結果的に数学Bの「統計的な推測」が公式暗記や計算問題に終始しがちで、本質的な理解につながっていない
- ▲ 数学Iではそもそもページ数が少ないため簡単な説明で済まして後は数学Bで、となりがち

教科書leftrightarrow実際の指導

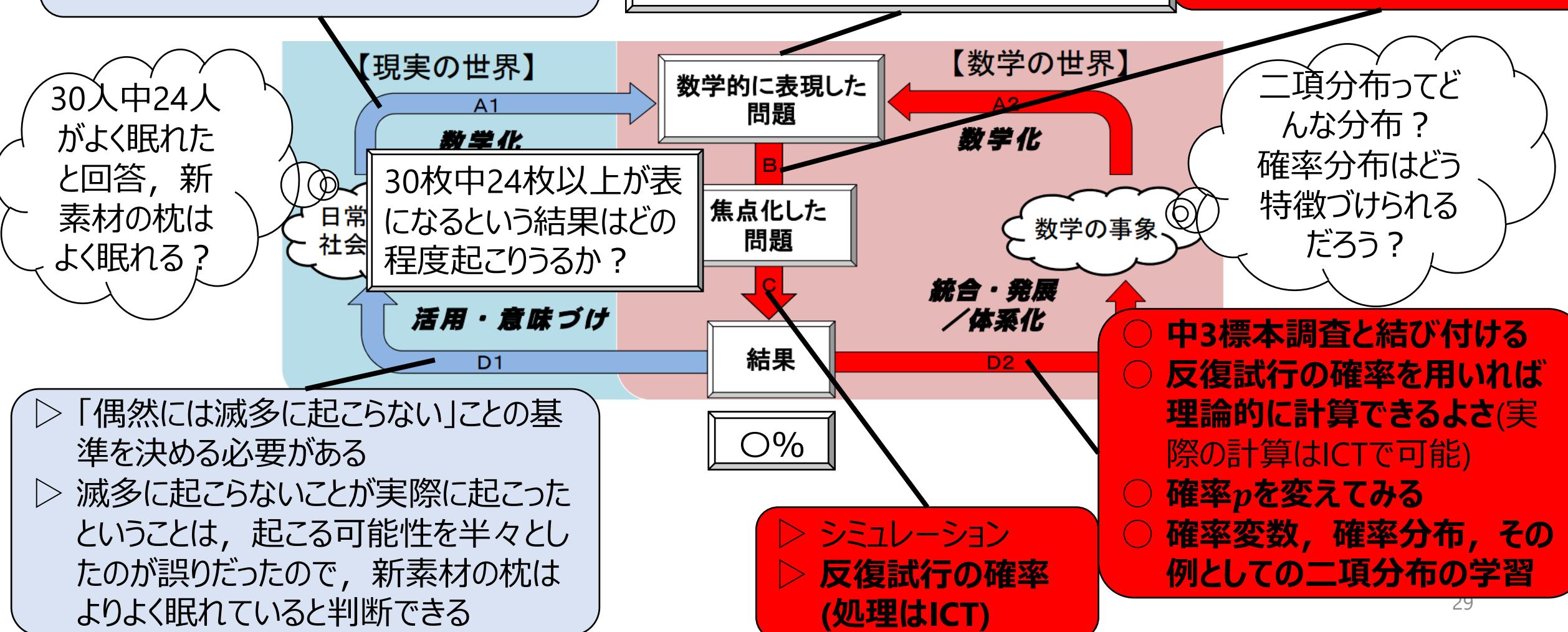
- ➡ 数学B「統計的な推測」において、ほとんどの教科書が「確率分布→統計的な推測」という構成であり、これは教科書としては自然な構成であると考えられるが、一方では、生徒の実態に応じて、「統計的な推測」の初期から意味やよさの理解を促す単元指導計画や授業の検討が必要
- ➡ 数学B「統計的な推測」における統計的探究プロセスの実現としては、総合的な探究の時間や理数探究、教科等横断的な学習の場がその実現の場となる可能性あり
- ➡ いざれにせよ何のためなのかよくわからないまま確率分布の学習が進み、区間推定や仮説検定を学習する頃にはわけわからなくなっている・気持ちが離れているといった事態は避けたい

例) 数学 I「仮説検定の考え方」を振り返りながら生かす例

- ▷ 不確実な事象の起こりやすさに着目
- ▷ これまでの枕と変わらないと仮定する

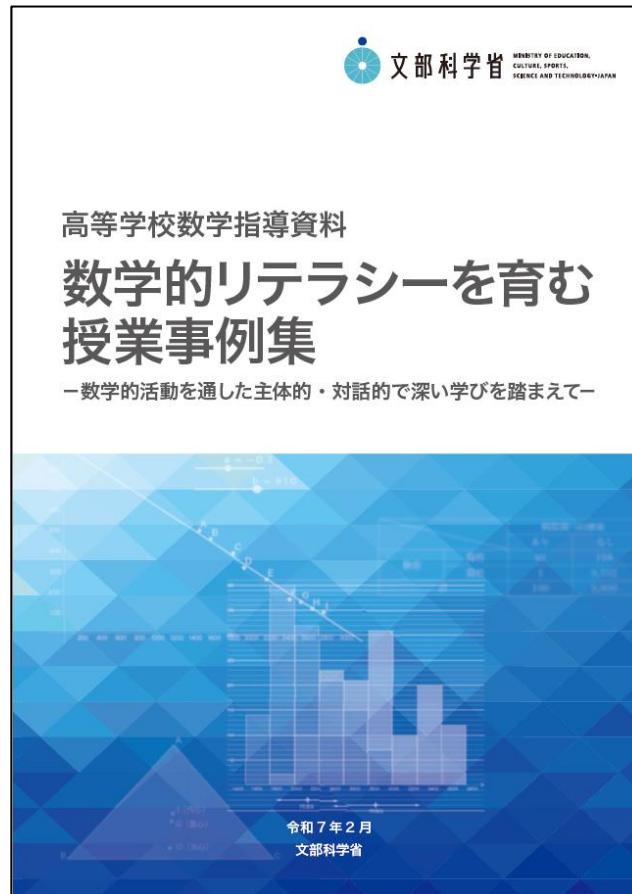
よりよく眠れた場合とそうでない場合が起こる可能性を半々とするとき、30人中24人以上がよりよく眠れたと回答するという結果は偶然に起こりえるか？

- ▷ コインを使った実験を多数回行う
- ▷ 論理的な確率を求める



- ▷ 「偶然には滅多に起こらない」ことの基準を決める必要がある
- ▷ 災多に起こらないことが実際に起こったということは、起こる可能性を半々としたのが誤りだったので、新素材の枕はよりよく眠れていると判断できる

関連して：標準偏差を用いた指標づくりの授業事例

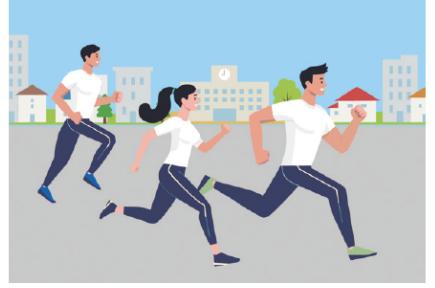


高等学校数学指導資料
「数学的リテラシーを育む授業事例集」

本時の問題

ある高校では1年生全員がマラソン大会で8kmを走って記録をとり、最も活躍した生徒を校長賞として表彰してトロフィーを授与することになった。

男子の記録1位である26分14秒で走ったケンさんと、女子の記録1位である31分56秒で走ったレイさんの2人が校長賞の候補である。ケンさんとレイさんのどちらを校長賞とするかをどのように決めればよいだろうか。



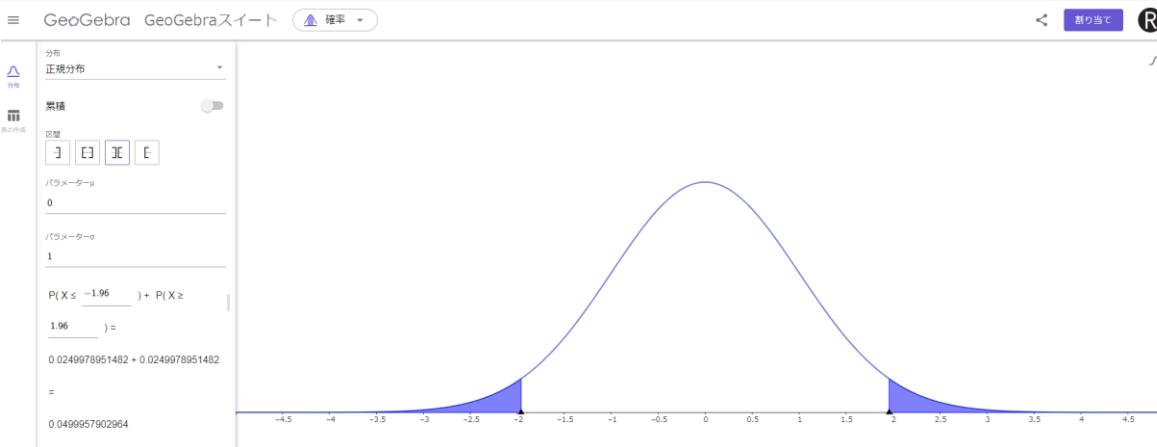
…標準偏差は、データの散らばり具合を表す代表的な尺度として様々な分析において用いられる、データを扱う上で欠かせない統計量である。したがって、すべての高校生にその意味と意義を理解させ、様々な場面で活用できるようにしていく必要がある。しかし、データ全体の散らばり具合を比較することが高校生の関心の対象となりやすいかというと、決してそういうわけでもない。…このような課題に対して本事例では、属性の異なる2つの集団の中にある特定の値の比較を考える文脈の中で、自らデータの散らばりに着目して標準偏差を用いて妥当な指標をつくり出すことを意図した。(p.64)

▷ これは数学Iを想定した事例だが、数学Bでも活かしていただけるかもしれない? ³⁰

4) 他教科・探究活動との連携, ICT

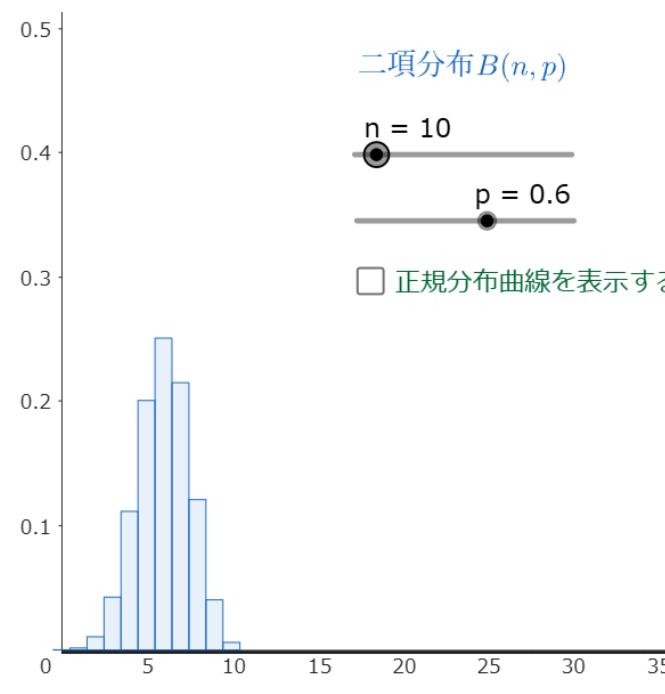
- ▲ 他教科等(情報科、理数科、探究活動)との連携が少なく、統計の活用場面が限定的
- ▲ 実社会のデータを活用した授業が少なく、統計の実用的な意義を生徒に実感させにくい(こうした教材が少なく授業を行いにくい)
 - △ 一方で、SSH校においては生徒の課題研究での活用に向けて力を入れて指導しているケースが多い
- ▲ 一人一台端末の環境が整備されているものの、統計的内容の指導で十分に活用されていない
- ▲ 統計ソフトやプログラミングを活用した指導実践の事例が少なく、授業の効率化が進んでいない

(参考)ICT利用の例

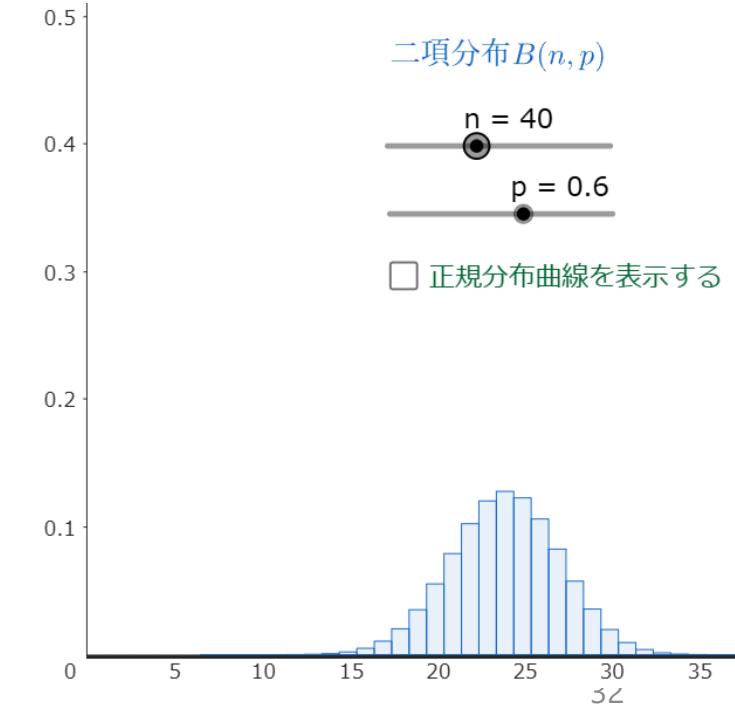


Web上で
二項分布の正規分布による
近似を観察する例

<https://www.geogebra.org/m/mvykc4yx>



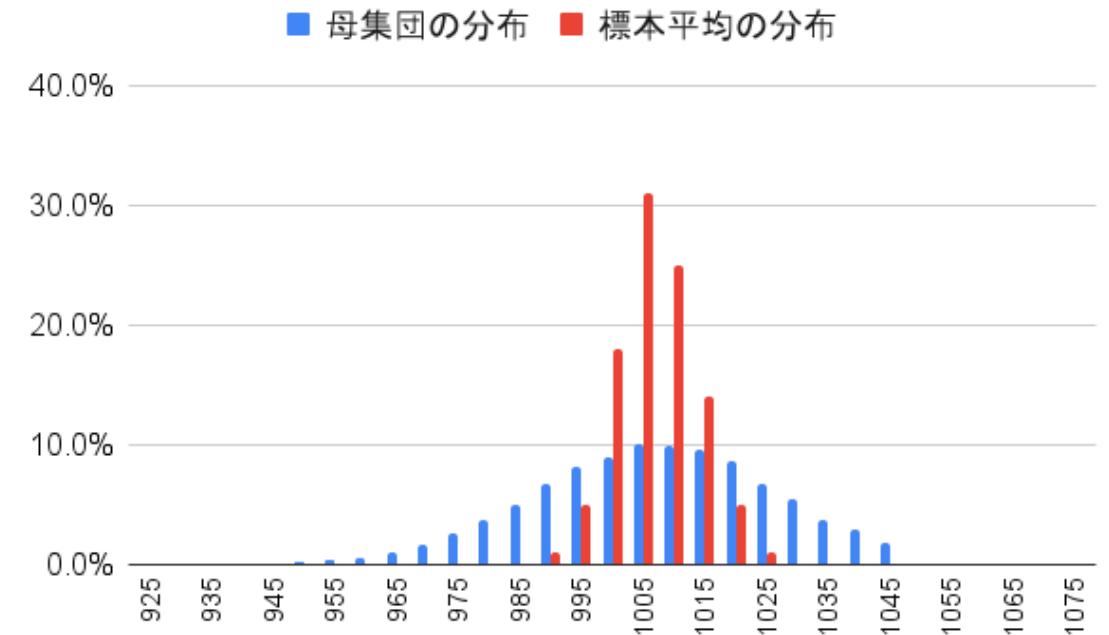
Webアプリで
ICTを使えば、確率分布を生
徒が作成でき、それを使って
確率を求めることもできる



特に、標本平均の分布の理解を促すには？

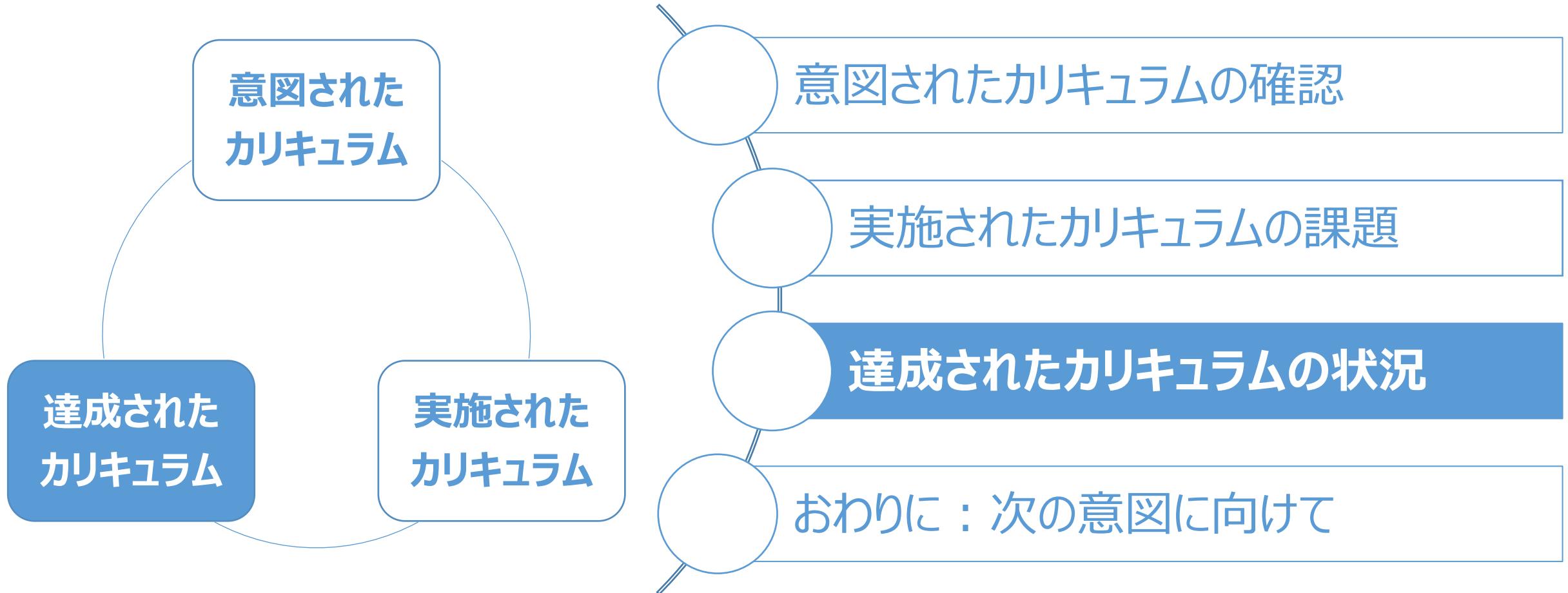
👉 標本平均をもとに母平均の推定を行っていくに当たっては、標本平均の分布の性質について**実感を伴った**理解をしておくことが欠かせず、その理解を促すに当たってはICTの積極的な利用が必須になると考えられるが…

例：母平均に近い値を推測する方法について検討するため、お菓子の詰め合わせの重量データ10000件(教師が作成)を母集団とし、その母平均が1000gであるときに、表計算ツールを用いて標本を抽出して標本平均を求める実験を行う(復元抽出)



5) 大学入試との関連

- ▲ 大学入試共通テストでは統計的な推測の出題があるが、個別試験での出題が少なく、授業の位置付けが不安定になる
- ▲ 「統計的な推測」を選択しなくても共通テストを受験できるため、学校ごとの取組にはばらつきがある（例えば理系の生徒は「複素数平面」など別の単元を優先し、「統計的な推測」は深く学ばないケースが多い）→ どういった選択されたか？
- ▲ 共通テスト対策に偏りすぎて、統計の活用や概念の理解が十分になされていない
- ▲ コンピュータを活用した分析が統計の本来の学習方法とされるが、共通テスト対策と乖離があり、どの程度ICTを活用すべきか悩む教員が多い



達成の様相を見る手段

「学習指導要領実施状況調査」(国立教育政策研究所)

- ▷ 高等学校学習指導要領の次期改訂に資するため、今次改訂の改善事項を中心に、各教科等の目標や内容に照らした生徒の学習の実現状況について調査研究を行い、検討の基礎となる客観的データ等を得るとともに、教育課程の基準に係る課題の有無及びその内容等を検証・総括する
- ▷ 数学Ⅰについて、国公私立高等学校(中等教育学校後期課程含む)全日課程を対象に、第3学年において2024年11月上旬頃に標本抽出により実施
- ▷ 調査までは終えており、これから分析を本格的に開始(そのため...)

分散と標準偏差について

2015実施調査

分散 s^2 と標準偏差 s は次のようにして求められます。

n 個のデータの値を x_1, x_2, \dots, x_n とし、その平均値を \bar{x} とするとき、各値の平均値との差 $x_1 - \bar{x}, x_2 - \bar{x}, \dots, x_n - \bar{x}$ をそれぞれ平均値からの偏差という。偏差の 2 乗の平均値を計算すると

$$\text{分散} \quad s^2 = \frac{1}{n} \{ (x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2 \}$$

$$\text{標準偏差} \quad s = \sqrt{\frac{1}{n} \{ (x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2 \}}$$

分散を求める際には、偏差の平均値ではなく偏差の 2 乗の平均値を求めています。データの散らばりを表す指標として偏差の平均 $\frac{1}{n} \{ (x_1 - \bar{x}) + (x_2 - \bar{x}) + \dots + (x_n - \bar{x}) \}$ を使わないのはなぜですか。その理由を説明しなさい。 (16)

- 正答率 14.9%
- 無解答率 57.3%

平成27年度高等学校学習指導要領実施状況調査

2024実施調査

2人の具体的なデータにおいて
値、偏差、偏差の2乗まで提示し、
偏差の平均値は2人の散らばり具合を比
較するために用いることができないことの
理由を問う

まだ正確なデータが出ていないので
なんともいえないところではあるが...

仮説検定の考え方について(共通テストに照らしていようと...)

(3) 太郎さんが住む地域では、その地域に宿泊を促すためのキャンペーンとして、キャンペーンA, Bが実施されている。

太郎さんは、キャンペーンAの方がよいと思っている人が多いといううわさを聞いた。このうわさのとおり、キャンペーンAの方がよいと思っている人が多いといえるかどうかを確かめることにした。そこで、かたよりなく選んだ人たちに、キャンペーンA, Bのどちらがよいかについて、二択のアンケートを行ったところ、アンケートに回答した35人のうち、23人が「キャンペーンAの方がよい」と答えた。この結果から、一般にキャンペーンAの方がよいと思っている人が多いといえるかどうかを、次の方針で考えることにした。

方針

- ・「キャンペーンAの方がよい」と回答する割合と「キャンペーンBの方がよい」と回答する割合は等しい」という仮説を立てる。
- ・この仮説のもとで、かたよりなく選ばれた35人のうち23人以上が「キャンペーンAの方がよい」と回答する確率が5%未満であれば、その仮説は誤っていると判断し、5%以上であればその仮説は誤っているとは判断しない。

後の実験結果は、35枚の硬貨を投げる実験を1000回行ったとき、表が出た枚数ごとの回数の割合を示したものである。

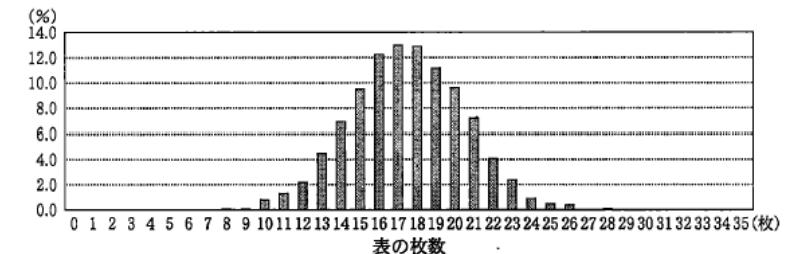
(数学I, 数学A第2問は次ページに続く。)

ここで登場しうる割合(確率)

- 4.3%(正答)
- 2.4%
- 65.7%(=23/35)
- 50%(仮説・硬貨)
- (5%(有意水準))

割合を正しく読み取れたからといって...
('方針'に書いてあるが...)

表の枚数(枚)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
割合(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.8	1.3
表の枚数(枚)	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
割合(%)	2.2	4.5	6.9	9.5	12.3	13.0	12.9	11.2	9.6	7.2	4.1	2.4
表の枚数(枚)	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
割合(%)	0.9	0.5	0.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



実験結果を用いると、35枚の硬貨のうち23枚以上が表となった割合は、. %である。これを、35人のうち23人が「キャンペーンAの方がよい」と回答する確率とみなし、方針に従うと、「キャンペーンAの方がよい」と回答する割合と「キャンペーンBの方がよい」と回答する割合は等しい」という仮説は。したがって、今回のアンケート結果からは、キャンペーンAの方がよいと思っている人が。

, については、最も適当なものを、次のそれぞれの解答群から一つずつ選べ。

の解答群

① 誤っていると判断する

② 誤っているとは判断しない

の解答群

① 多いといえる

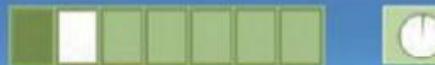
② 多いとはいえない

ちなみにPISA2022 における15歳段階 の生徒の実態

日本の正答率は
... ?

[2022調査問題例](#)より

PISA 2022



森林面積

問 4 / 4

▶ 表計算ソフトの使い方

右の「森林面積」を読んで、表計算ソフトを使って、下の問いに答えてください。下の問いの答えを一つクリックし、その理由を入力してください。

春奈さんは、表のすべての年で韓国がこのリストの他のどの国よりも森林面積が多いと指摘しました。

春奈さんの指摘は、表に示されているデータに基づいていますか。

- はい
- いいえ

説明してください。

森林面積

下の表計算ソフトのデータは、15か国それぞれの国土面積に対する森林面積の割合を示したものです。データは2005年、2010年、2015年のものです。

列 A	列 B	列 C	列 D	列 E	列 F	列 G
国名	2005	2010	2015	✖	✖	✖
アメリカ	33.26	33.7	33.85			
アルジェリア	0.64	0.81	0.82			
アルメニア	11.77	11.74	11.77			
インド	22.77	23.47	23.77			
カザフスタン	1.24	1.23	1.23			
ギリシャ	29.11	30.28	31.45			
コロンビア	54.26	52.85	52.73			
セネガル	45.05	44.01	42.97			
タイ	31.51	31.81	32.1			
ドイツ	32.66	32.73	32.76			
パナマ	64.33	63.21	62.11			
ペルー	59.01	58.45	57.79			
ポルトガル	36.52	35.89	35.25			
レバノン	13.34	13.38	13.42			
韓国	64.42	64.08	63.69			

計算

列 ▾ 計算 ▾ 列 ▾ 実行

平均値 列 ▾ 実行 すべてリセット

意図された
カリキュラム

達成された
カリキュラム

実施された
カリキュラム

意図されたカリキュラムの確認

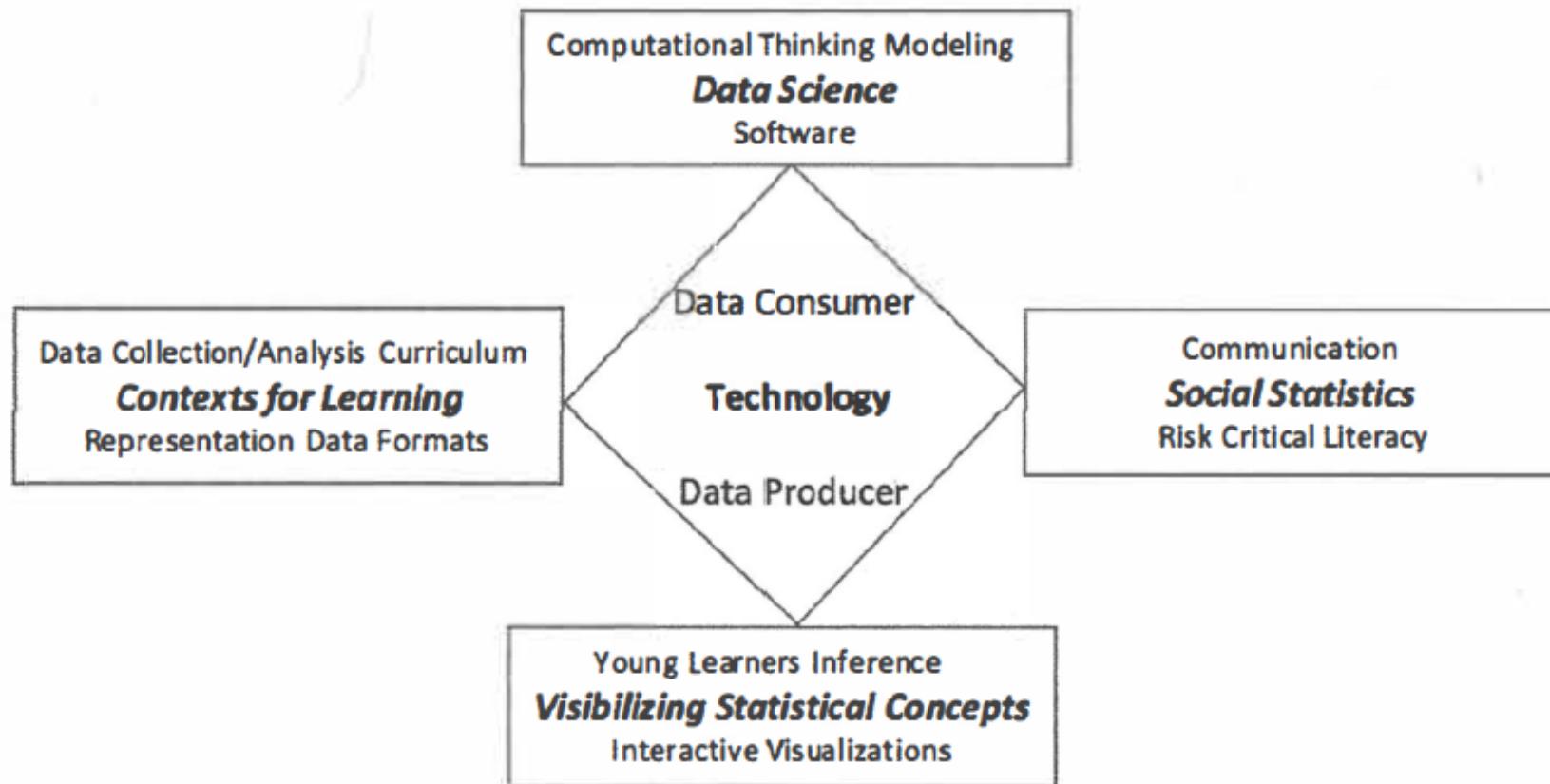
実施されたカリキュラムの課題

達成されたカリキュラムの状況

おわりに：次の意図に向けて

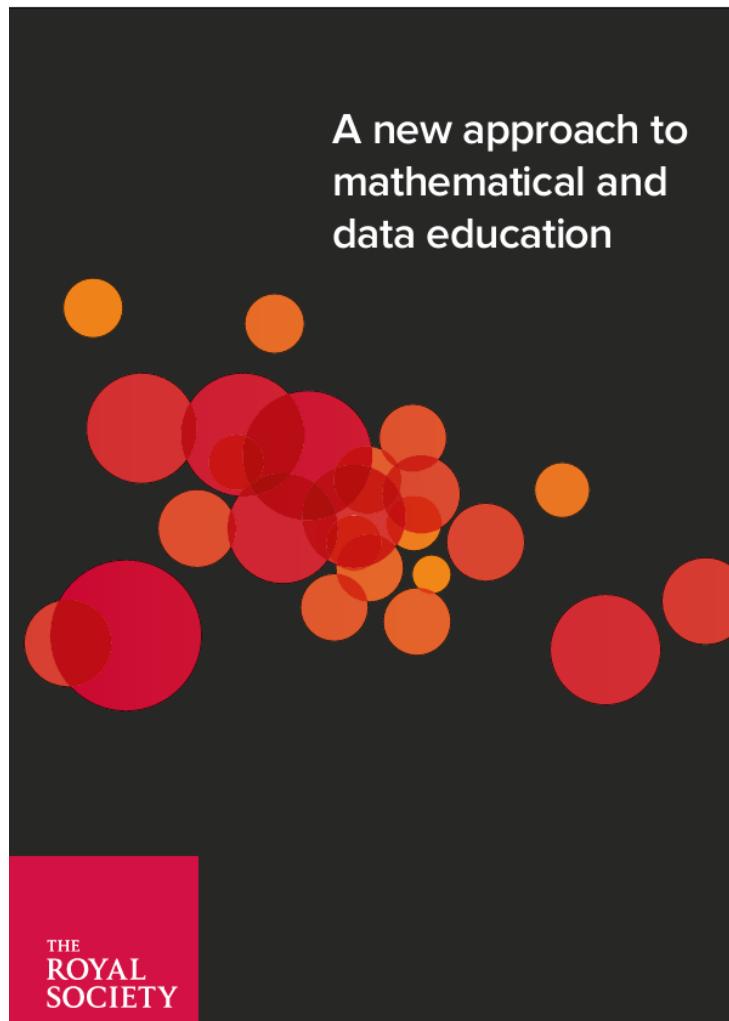
統計教育研究における新たな動向

Emerging Trends in Statistics Education Research



Burrill, G., Pfannkuch, M. Emerging trends in statistics education. *ZDM Mathematics Education* 56, 19–29 (2024). <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01501-7>

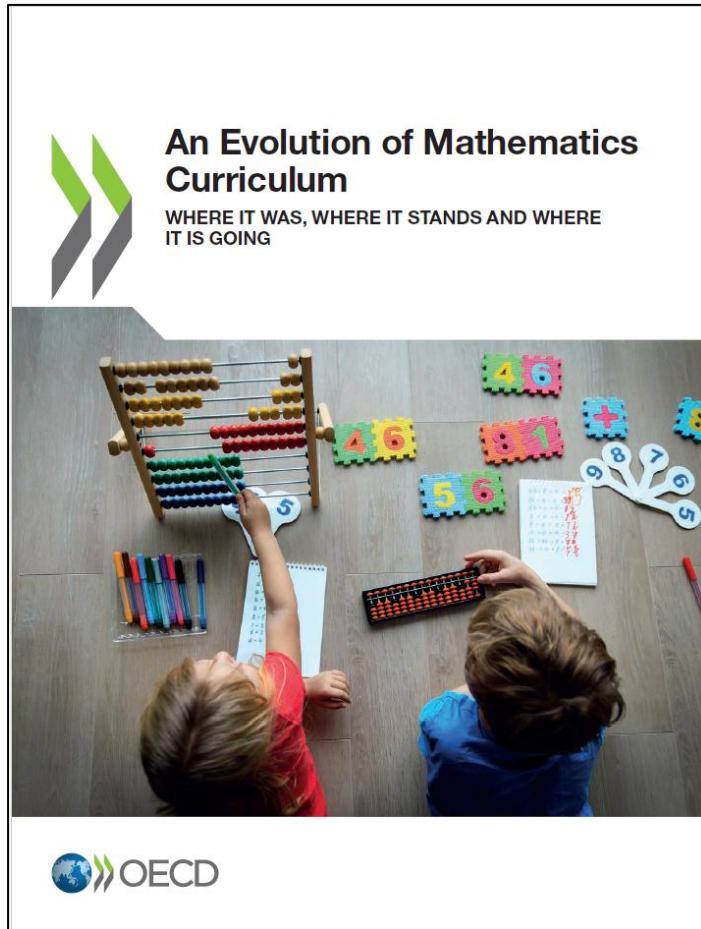
英国の“MDE”への動き



[The Royal Society\(2024\). A new approach to mathematical and data education](#)

- ▷ 数学教育の範囲は「数学」から数学・データ教育(MDE)へと変化する必要があり、それはコンピュテーショナルツールによって支えられる数学・統計学・データサイエンスの組合せからなる
- ▷ MDEの3つの要素：基礎的な数学と高度な数学(FAM), 一般的な数量的リテラシー(GQL), 領域固有のコンピテンシー(DSC)
- ▷ GQL：すべての生徒が、教育、雇用、日常生活など、さまざまな場面で直面する可能性のある、一般的で現実的な数量的問題に、数学的スキルやデータスキルを自信を持って適用できるようにしたいという、現在満たされていないニーズの高まりに対応するもの

デジタル時代の要求への対応



[OECD\(2024\). An Evolution of Mathematics Curriculum](#)

「データサイエンスの数学カリキュラムへの統合」

- ▷ 情報に基づいた意思決定を行うために、大規模なデータセットを収集、処理、分析
 - ▷ データサイエンスの基本要素である統計学の、生徒がデータから正確な結論を導き出すために必要なスキルである変動性、確率、統計的推論を理解するまでの重要な役割
 - ▷ 複雑な問題を分解し、パターンを認識し、アルゴリズムによる解決策を開発する能力である計算論的思考
 - ▷ 数学教育では、論理的かつ分析的に考えることを奨励し、問題解決のための強固な基盤を構築
 - ▷ コンピュータを使ったモデリングやシミュレーションを数学の授業で扱う：シミュレーションをカリキュラムに組み込むことで、生徒は数学的アルゴリズムを通して、気候モデル、人口増加、病気の蔓延などの複雑なシステムを探究することができる(情報Iでは「モデル化とシミュレーション」を学習している)
- ※ OECDは数学的リテラシーの枠組みにおいて計算論的思考及び数学的推論(演繹と帰納の両方)を重視

統計学のカリキュラムは、テクノロジーの変化、学問分野の変化、社会のニーズと要求、生徒の学習と推論に関する研究、統計学者による改革の要請に応じて形成され、進化していく

(Burrill&Pfannkuch(2024)p.20)