



## じつきょう

## 数学資料

No. 79

AI時代の到来と新学習指導要領  
～基幹科目として求められる数学科と情報科の連携～

慶応義塾大学大学院 健康マネジメント研究科 教授 渡辺美智子

## 1. 改訂における統計教育の拡充と背景

新学習指導要領では、すべての校種と全ての科目で統計データを含む情報活用能力の育成が謳われ、とくに高校数学科において、「必要なデータを収集・分析し、その傾向を踏まえて課題を解決するための統計教育を充実」とある。そのため、統計的（仮説）検定、推定誤差、信頼区間など統計的な推測の内容などが入試範囲も含めて重視されることとなった。既に県によっては、統計的な推測を中心とした研修会が始まっている。

また、今回の改訂では、数学科の統計内容と他教科の内容との関連付けも明示されている。例えば、大学入学共通テストの科目としても検討が進んでいる「情報Ⅰ」（「数学Ⅰ」と同じく共通必修科目に指定）、「情報Ⅱ」の中に、「データの活用」や「データサイエンス」の内容があり、指導要領解説に、『ここで学ぶ内容は数学や統計学などの理論を応用したもので、中学校数学科「データの活用」領域を踏まえて扱い、更に高校の「数学B」の「統計的な推測」との関連が深いため、学校・生徒の状況等に応じて教育課程を工夫し相互の内容の関連を図ること』とある。

他にも、生物、化学などの理科に関する科目はもとより、地理、歴史探究や国語科の中の「論理国語」にまでその関連付けが及ぶ。「論理国語」では、『関連のありそうな情報と情報との関係（例：夏の日照時間が少ないと穀物の収穫量が減る。）について、それが因果関係なのか、相関関係なのか、あるいは疑似相関に過ぎないのかを適切に判断するためにも、情報同士の関係付け方についての理解が重要となる。（略）考え方の理解には、視覚的に情報を整理する手法を適切に用いることが効果的である。ICTなどの機器や紙を用いるとともに、ベン図、イメージマップ、XYチャート（注：散布図のこと）、（略）など、情報の可視化に役立つ資材（いわゆる思考ツール）を活用することも効果的である。』と示されている。

このように統計教育、とくに推測統計が一気に拡充される背景には、世界で急速に社会実装化が進むAI（人工知能）の存在がある。AI、ロボット、自動運転等を可能にした第4次産業革命技術は、安価になったセンサーとモノとモノをインターネットで繋ぐIoT（Internet of Things）によって、連続的に収集・蓄積されるデータの目的

## も く じ

論説		大学研究室探訪	
AI時代の到来と新学習指導要領	1	芝浦工業大学	
特集		システム理工学部数理科学科	
2019年度入試での出題	5	計算数理研究室	13
特集		ワンポイント教材	
「数学活用」のこれまでとこれから	9	無限級数の和の一考察	15

的な統計分析（データサイエンス）が基盤となっている。行政機関・企業においては職員のリカレント教育や資格化への整備が進んでいるが、将来、この世界を生きていく生徒には、AIをブラックボックスとしてしか認識できなくなることを避けるためにも、21世紀の「読み書きそろばん」となった統計、データ分析・活用に基づく思考・判断・表現能力の育成が、必須になったと言える。実際、新設された科目「理数探究基礎」「理数探究」には、取り扱う探究課題例に、「機械学習探究：人工知能の発達に合わせ、その手法として機械学習が注目されている。機械学習の原理や機械学習と結びついたベイズ統計について探究する。」が挙げられている。

本稿では統計、データ分析・活用、とくに重視された統計的な推測の学習とAIとの関係を概説し、AI時代の基幹科目として、なぜ今、数学科と情報科の連携が必要なのかを考察する。

## 2. AI時代の到来

最近ではTVのニュースや特集でAI（人工知能）の話題を聞かない日はない。Instagramの画像からAIがイヌとネコを判別するという、所謂かわいい用途から、AIによる画像認識技術が胃カメラや乳房超音波検査の動画像・病理画像を解析し、ガン化異常が疑われる箇所をその場で自動的に検出する診断支援機能など、専門家を超える画期的な予測精度で、本質的にこれまでの医療体系を塗り替えていく用途にまで及んでいる。

あるTV番組で、顕微鏡によるレーザー加工製品の経験を積んだ検査技師がAIを搭載した顕微鏡と検査精度を競っていたが、技師は20分かかって正答率が95%だった一方で、AI顕微鏡は僅か5分で正答率99%を超えていた。この結果を受け、その会社では技師による検査を廃し、AI顕微鏡検査への切り替えを検討するという。更に、資格試験の予想問題を作成し販売する会社では、AIが司法試験の過去問題等を学習し司法予備試験の予想問題を作成したところ、実際の問題の95問中57問が予想と的中したそうである。

上記のようなAIは、対象が画像や文章の内容なので、そのデータ化の部分が見えないと、どのようなデータの分析処理でAIが学習（推測）しているのかが一般には分かり難く、ついAIを神がかり的な技術と捉えがちになるが、もっとデータとの関わりが分かり易いAI事例の報道もある。例えば、母牛に産ませた子牛を売って収益を得る繁殖農家では、牛の発情期を見逃すと大きな損失になる。発情期の牛は通常より活動量が微妙に増大する。それを見極める飼育者の経験知に替わって、現在は牛の首に着けられた活動量が個々の牛の活動強度のデータを収集、クラウド上に集約されたデータから発情期かどうかを判断（推測）し、管理者の携帯電話に知らせるだけでよい。勘と経験に頼ってきた作業がデータと照らし合わせるだけで効率化できるのである。

また、天候や前売り券の販売状況等からサッカーや野球の入場者数予測をする例も分かり易い。

## 3. AIとデータに基づく推測・判断・制御

マスメディアで連日AIが取り上げられるということは、AIの社会実装化が急激に進んでいることを意味している。私たちはいま、歴史の転換点に直面している。例えて言う、ランプやローソクで生活することが当たり前と思っているときに、一部で電気というものが出てきた、多くの人は誰もその姿の実体がわからない、そんな時代の転換点である。早くに電気を理解し、それを取り入れたサービスの供給側に回ることが生存の知恵であり、大きなチャンスでもある。

AIの発展自身は次の3つのブーム（フェーズ）で語られている。



第1次「推論・探索」では、1956年の「人工知能に関するダートマス夏期研究会」で初めてAIの用語が定義され、出始めたばかりのコンピュータに人間のようなタスクをさせるためのア

ルゴリズムとコンピュータ言語（機械語）の開発が注目されたが、ルールとゴールが厳密に決まっている非常に簡単なゲームや迷路、パズル等を探索して解く程度で、現実世界（リアルワールド）で役に立たずに、ブームの終焉を迎えた。

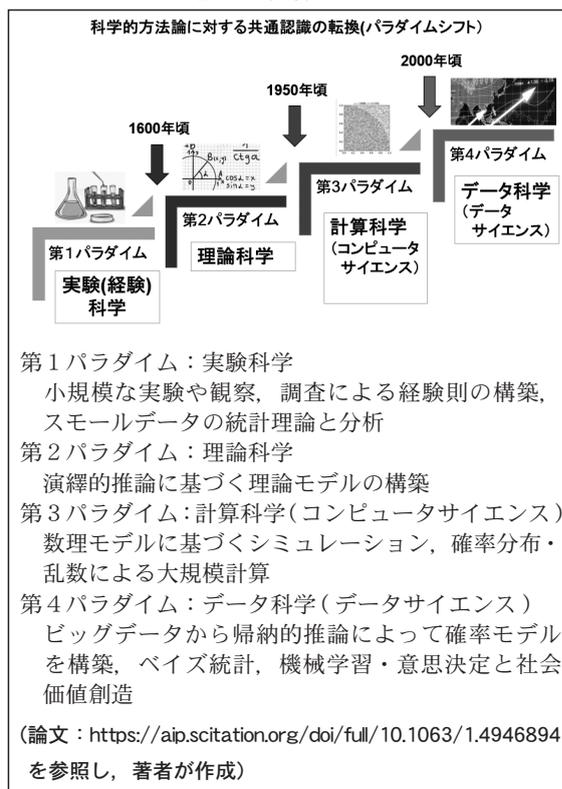
第2次「知識表現」は、「知能」を「知識」の活用で問題を解決するアルゴリズムと考え、「知識」は状況や条件で結果が決まる原因（入力 X）と結果（出力 Y）のルール（法則）であるとして、If X=\*\*\*(状況や条件), then Y=○○(結果や判断), else Y=××, のように「If ~, then ~, else ~」型コードでプログラミングした段階である。ここでは、医療や法律等の専門家の社会で100%確定した辞書的なルールをエキスパートルールとしてコンピュータに入力することを、人間が機械に学習させるとした「エキスパートシステム」を構築して現実の問題解決を行おうとした。ある程度の成功はあったが、確定したルールで現実世界をすべて表現できるわけではないので、このブームもすぐに終焉した。この段階でのコンピュータの計算を支えた数学理論は離散数学やブール代数で、ルール内の演算が見える「ホワイトボックス型計算」と言われた。

第3次「機械学習」の段階こそが現在、世界中で爆発的な変革を起こしAIの基盤技術となった、データに基づく統計的推測を基にした機械学習によるもので、第2次までのAIとはコンピュータサイエンス上も大きな変革と言われている。このフェーズでは、AIで言うところの問題を解決するルール（知識）は100%現実の対象を正しく表現するものでなくても良い、対象をデジタル化したプロファイルデータの大量観察から推測される傾向（統計モデル）で良い、とルールに誤判断や誤差を許容している。そのため、機械学習は統計的機械学習と言われており、「学習」とはデータに統計モデルを適合させ、更にデータが増えたら再度、モデルの適合を更新し、判断のルールの調整を行うことを意味している。統計モデルに基づく推測は一般に、同じ傾向を持つ集団（母集団）から得られたデータであれば、データ

量の増大でその精度は向上する。このことを『AIがデータ取得の継続を通して「学習」する』という文脈で表現している。

第3次AIブームの到来で、計算理論を支える数学は統計モデル探索と統計的推測を含む数理統計学に傾倒し、AIによる問題解決は、データを用いた統計的問題解決に帰着している。機械学習における統計モデル適合の演算は勿論、ブラックボックスではない。しかし、モデルのパラメータの推計値はデータによって変化するため、人間が予め熟知したルールとはならない。そのため、コンピュータ計算はそれまでのホワイトボックス型から判断ルールを人間が制御できない（データが制御する）ブラックボックス型になったと言われ、先にも述べたようにこれはコンピュータサイエンスの領域においても大きな方法論の変革と認識されている。

#### 4. 科学的方法論の変革 第4の科学：データサイエンスの台頭と教育課程



機械学習を始めとしたデータ活用，とくにビッグデータ活用に向けた基盤的方法論の変革はAIを筆頭に，現代の社会，産業界，学会が拠り所としている科学（サイエンス）の方法論に第4の科学（データサイエンス）と言われる最大のパラダイムシフトをおこすまで至っている。

日本は世界に比して，統計活用とデータハンドリング教育の推進に出遅れており，この急速な技術の進化におよそ30年の遅れがある。そのため，国内人材のデータ活用のスキルが時代に追いついていない。更に，AI技術者やデータサイエンス人材，IoT技術者の不足が深刻な問題になっている。このことは，2018年11月に公表されたヘイズ社（英国）の世界人材需給効率調査で，これらのスキルを有した人材の不足指数がドイツ3.4，中国4.2，イギリス7.6，アメリカ8.4に対して日本は10ポイント中10と，世界33カ国中最悪の結果を示したことで明らかとなっている。



（内閣府「AI戦略（有識者提案）及び人間中心のAI社会原則（案）について」）

この状況の中で，2019年3月の統合イノベーション戦略推進会議において，内閣府特命担当大臣（科学技術政策）からAI関連領域で日本政府が今後実行すべき教育改革の取り組みとして，上図の資料が示されている。資料から今後，小中学校から高校，入試，大学，社会人のリカレント教育まで一斉に，「年間100万人の文理を問わない全ての高校生」，「文理を問わない全ての大学・高専生年間50万人」，「年間100万人の社会人」などに対して，AIリテラシー教育としてデジタル社会の「読み書きそろばん」である数理・デー

タサイエンスの大規模な基礎教育が戦略的に進むことがわかる。既に大学や大学院，社会人のリカレント教育や資格化などの取り組みは始まっているが，新学習指導要領の円滑な実施に向けての教員研修や指導用教材の開発に関しても取り組みが行われる必要がある。

## 5. 基幹科目としての数学科の役割と情報科との連携

データサイエンスは現実課題の解決に向けた統計思考，モデル・分析手法とコンピュータサイエンスの融合領域である。とくに，AIリテラシーまで考慮すると，確率分布の理論を仮定した意思決定（判断）の数理的理解は必須となる。そのため，統計的推測の内容が指導要領で拡充されているが，確率も確率分布も，また更に統計量の標本分布も現実の不確実性を計量化するために導入された概念的な道具である。数式や手順だけで検定や信頼区間を教えても活用力は身に着かないとして，統計数理の道具の概念や考え方の理解を強調し，コンピュータ（シミュレーション）等の援用，現実の文脈での問題設定と分析，結果の（批判的）解釈の経験を重視する方向へと1900年代から世界は教育方法を切り替えている。

日本の高校現場を支える関係者の多くが不慣れた内容になっていることは間違いないが，中国ではAI教育が中学から始められ，米国では既に大学初年次レベルの1年間の統計コースをAP Statisticsとして毎年20万人以上の高校生が受講し，評価テストに臨んでいる。更に，続く2年間のデータサイエンスコースの国際ガイドラインが2019年4月に国際統計協会，国際コンピュータサイエンス協会，Google等のサポートで公表されている。この中で日本では，数学科の統計内容をベースに，情報科等との適切な連携が新学習指導要領で期待されているところである。