

報告

大学教育の分野別質保証のための  
教育課程編成上の参照基準  
統計学分野



平成27年（2015年）12月17日

日本学術会議

数理科学委員会

統計学分野の参照基準検討分科会

この報告は、日本学術会議数理科学委員会統計学分野の参照基準検討分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

### 日本学術会議 数理科学委員会 統計学分野の参照基準検討分科会

委員長	竹村 彰通	(連携会員)	東京大学大学院情報理工学系研究科教授、滋賀大学データサイエンス教育研究推進室長
副委員長	田栗 正章	(連携会員)	千葉大学・大学入試センター名誉教授
幹事	西郷 浩	(連携会員)	早稲田大学政治経済学術院教授
幹事	椿 広計	(連携会員)	独立行政法人統計センター理事長
	北川源四郎	(第三部会員)	大学共同利用機関法人情報・システム研究機構機構長
	岡ノ谷一夫	(連携会員)	東京大学大学院総合文化研究科教授
	楠岡 成雄	(連携会員)	東京大学名誉教授
	国友 直人	(連携会員)	東京大学大学院経済学研究科教授
	佐藤 典宏	(連携会員)	北海道大学病院臨床研究開発センター教授
	杉原 正顯	(連携会員)	青山学院大学理工学部物理・数理学科教授
	谷口 尚子	(連携会員)	東京工業大学大学院社会理工学研究科准教授
	照井 伸彦	(連携会員)	東北大学大学院経済学研究科教授
	樋口 知之	(連携会員)	大学共同利用機関法人情報・システム研究機構理事、統計数理研究所所長
	鷺尾 隆	(連携会員)	大阪大学産業科学研究所教授
	渡辺美智子	(連携会員)	慶應義塾大学大学院健康マネジメント研究科教授

本報告の作成に当たり、公開シンポジウムにおいて以下の方々にご協力をいただいた。

岩崎 学		成蹊大学理工学部教授
大橋 靖雄		中央大学理工学部教授
北原 和夫	(特任連携会員)	東京理科大学大学院科学教育研究科教授
須江 雅彦		総務省統計研修所所長、統計情報戦略推進官
田辺 隆人		株式会社NTTデータ数理システム取締役
森田 康夫	(連携会員)	東北大学高度教養教育・学生支援機構総長特命教授

本報告の作成にあたり、以下の職員が事務を担当した。

事務局	石井 康彦	参事官(審議第二担当)
	松宮 志麻	参事官(審議第二担当)付補佐
	西川 美雪	参事官(審議第二担当)付審議専門職付

## 要 旨

### 1 作成の背景

2008年（平成20年）5月、日本学術会議は、文部科学省高等教育局長から日本学術会議会長宛に「大学教育の分野別質保証の在り方に関する審議について」と題する依頼を受けた。このため日本学術会議は、同年6月に課題別委員会「大学教育の分野別質保証の在り方検討委員会」を設置して審議を重ね、2010年（平成22年）7月に回答「大学教育の分野別質保証の在り方について」[1]を取りまとめ、同年8月に文部科学省高等教育局長に手交した。

同回答において日本学術会議は、分野別質保証のための方法として、分野別の教育課程編成上の参照基準を策定することを提案している。日本学術会議では、回答の手交後、引き続きいくつかの分野に関して参照基準の策定を進めてきたが、今般、統計学分野の参照基準が取りまとめられたことから、同分野の教育を行っている大学をはじめとして各方面で利用していただけるよう、ここに公表するものである。

統計学分野の参照基準に先立ち、2013年9月には数理科学分野の参照基準が公表されており、その中でも統計学分野について多くの記述がなされている[2]。その他の分野に関する公表済みの参照基準においても統計学に関する多くの記述が見られる（[3]～[13]）。しかしながら、統計学は文系理系を問わずほとんどの分野で必要とされていること、また日本では統計学科が存在せず、統計学を専攻とする体系的な教育が行われていない状況にあることから、本報告においては統計学を横断的な分野として捉え、学士課程における統計学教育全般についてそのあり方を論じている。

### 2 報告の概要

当報告の各章の概要は次のようになっている。

#### (1) はじめに

当報告で統計学を捉える観点として、統計学の必要性が多くの学問分野や実社会において増大しており、データから妥当な結論を得るための方法論としての統計学のこれまでの成果を基本としながら、大量のデータに基づいて現象をモデル化し有用な情報を取り出すことの重要性を指摘する。

#### (2) 統計学の定義

統計学は、データをもとに現象を記述し、現象のモデルを構築し知識を獲得するための方法論である。統計学を特徴づけるさまざまな分類軸として、汎用性と個別性、帰納と演繹、検証的データ解析と探索的データ解析、理論と計算、が考えられる。また多様かつ莫大なデータが利用可能となりつつある時代においては、統計学の役割も変化しつつあり、データから有用な情報を得るための方法論として、データ解析やモデリングの手法が重要になってきている。

### (3) 統計学に固有の特性

統計学の特性の本質は、帰納的推論の中に演繹的論理の過程を導入することにより科学的な結論を導く点にある。近年では複雑で大規模なデータを適切に処理する必要があり、統計学の役割の重要性が増している。また、統計学はデータに基づく定量的な思考による課題解決の汎用的な方法論を提供するメタ科学であるため、ほとんどすべての諸科学との協働が必要である。日本の統計教育の特徴については、統計学科が存在せず人材育成の点で改善すべき点が多く、社会の要請に応えきれていない。

### (4) 統計学分野を学ぶすべての学生が身に付けるべき基本的な素養

統計学を学ぶことの本質的な意義は、自然や人間社会における不確実性の理解とそれへの対処法の習得、課題解決型思考力の獲得等である。統計学の学びを通じて獲得すべき知識と理解については、大学基礎教育と専門教育（人文学系、社会科学系、生命科学系、理工学系及び統計学を専門とする場合）に分けて考える必要がある。また、獲得すべき専門的能力・ジェネリックスキルや、それらの能力が持つ職業上の意義についても考える必要があるが、そこでは、データに基づく定量的・論理的な推論を踏まえたリスクを考慮した最適な意思決定が行える能力の獲得、問題設定能力・抽象的思考能力・帰納的/演繹的能力の獲得、等が重要である。さらに、データサイエンティストをはじめとする統計学を担う人材が、多くの職業で必要とされている。

### (5) 学修方法及び学修成果の評価方法に関する基本的な考え方

統計学の学修は、知識を獲得するための講義、知識を実際のデータ解析に応用するための演習や実習、少人数で学修するセミナーなどの方法により行われる。また、それぞれの方法については、基礎教育と専門教育に分けて、学修方法と評価方法のあり方を考える必要がある。副専攻あるいは主専攻における学修方法についても検討しておくことが必要である。統計学の教育においては、統計学の手法の知識と対象の理解とを両輪として進めることが重要である。

### (6) 市民性の涵養をめぐる専門教育と教養教育との関わり

市民が正しい判断を行うためには、データに基づき物事を量的に把握することが必要不可欠である。また大学の教養教育においては、科学的な推論の基本的な考え方を理解することが重要である。

### (7) 生涯学習としての統計学教育体系

統計学の教育は初等・中等教育からはじまって、学士教育、大学院教育、社会人再教育を含む生涯学習の観点から体系的に行われる必要がある。また統計学教育を支える教員養成についての改善が進んでおらず、効果的な再教育の機会提供が必要である。

## 目 次

1	はじめに	1
2	統計学の定義	2
(1)	統計学の定義をめぐる分類軸	2
①	汎用性と個別性	2
②	帰納と演繹	3
③	検証的データ解析と探索的データ解析	3
④	理論と計算	3
3	統計学に固有の特性	4
(1)	統計学の本質的な特性	4
(2)	統計学の役割	5
(3)	他の諸科学との協働	6
(4)	日本の統計学教育の特徴	7
4	統計学分野を学ぶすべての学生が身に付けるべき基本的な素養	8
(1)	統計学の学びを通じて獲得すべき基本的な知識と理解	8
①	統計学を学ぶことの本質的意義	8
②	獲得すべき知識と理解	8
(2)	統計学の学びを通じて獲得すべき基本的な能力	13
①	獲得されるであろう専門的能力	13
②	ジェネリックスキル	14
③	獲得された能力が持つ職業上の意義	14
5	学修方法及び学修成果の評価方法に関する基本的な考え方	16
(1)	学修方法	16
①	講義	16
②	演習・実習	16
③	論文作成・研究報告	17
④	副専攻	17
⑤	統計研究者（主専攻）のための学修	17
(2)	大学基礎教育科目としての統計学の学修	18
(3)	学修成果の評価方法	18
①	基礎教育における評価方法	18
②	専門教育における評価方法	18
6	市民性の涵養をめぐる専門教育と教養教育との関わり	19
(1)	市民性の涵養と統計学教育	19
(2)	教養教育としての統計学教育	19
7	生涯学習としての統計学教育体系	20
	<参考文献>	21

＜参考資料 1＞数理科学委員会統計学分野の参照基準検討分科会審議経過・・・	2 3
＜参考資料 2＞公開シンポジウム	
「学士課程教育における統計学の参照基準を考える」 .....	2 4
＜付録＞統計学の歴史 .....	2 5

## 1 はじめに

統計学は、データをもとに現象を記述し現象のモデルを構築するための方法論を提供する。このような方法論は、ほとんどの学問分野や実社会の日々の意思決定において必要とされている。このため統計学は各分野の必要に応じて広く教育されているが、学士力の質保証の観点からは、統計学についてより体系的な教育がなされる必要がある。日本学術会議は、文部科学省高等教育局長への回答「大学教育の分野別質保証の在り方について」[1]において分野別の参照基準の作成を提案し、その後いくつかの分野の参照基準を作成しているが、当報告は統計学分野の参照基準として公表するためのものである。当報告は統計学の教育を行っている大学をはじめとして、各方面で利用していただけるものとして作成した。

日本では統計学科が存在せず、統計学は教養課程や様々な学部の専門課程で広く教育されている。学術会議の多くの教育課程編成上の参照基準は、それぞれの分野の定義や意義に基づき、対応する学部や学科の教育の在り方を示しているが、この点で当報告は性格を異にしている。当報告では、統計学が多くの学問分野で共通に必要なとされていることから、学士課程において統計学がどのような考え方で教育されるべきであるかについて、概観的に記述している。ただし、今後副専攻さらには主専攻として統計学をより専門的に教育する際の基準についても示している。

近年における計測技術及びネットワーク技術の急速な発展とともに、データの量と多様性が急激に増加し、統計学をはじめとするデータ解析の手法の重要性が強く認識されるようになってきた。人々は情報機器を通じてデータに常に接するようになり、データそのものが研究やビジネスの対象となってきている。このような「ビッグデータ時代」の到来とともに、統計学の教育にも変化が求められている。それは「仮説を検証するためにデータを取得して解析する」モデル駆動型アプローチから「データをもとに仮説を構築しモデル化する」データ駆動型アプローチへの相対的な重点のシフトである。統計学はこれまで少量のデータからでも妥当な結論を導くための様々な方法論を生み出してきたが、今後は大量のデータに基づいて現象のモデル化を行い、予測・制御・意思決定の意味で有用な情報を取り出す方法論がより強く求められている。

しかしながら、データの大きさにかかわらず、統計学がこれまで培ってきた考え方や方法論は、誤差を含むデータを扱う際の基本である。例えば、誤差評価、変数間の影響の調整、モデルの適合度評価、などについて十分な理解無しにデータを扱うと、データから得られる結論の妥当性が問題となる。科学的な方法論、すなわち「科学の文法」としての統計学のこのような側面を一度に直線的に理解することは必ずしも容易ではなく、統計的な手法を使ったデータ解析の経験、統計学の理論の数学的な理解、それぞれの分野での研究の経験、などの様々な側面が積み重なってスパイラル型に統計学の理解が進んでいく。したがって、統計学の教育は学士課程のみに限定して考えるものではなく、初等・中等教育からはじめて、段階を経て繰り返し統計学を学習できるような統計学教育の体系が重要である。本報告の主題は学士課程における統計学の教育であるが、統計学の持つこのような性格から、学士課程を含むより長いスパンでの教育も念頭において記述している。

## 2 統計学の定義

統計学 (Statistics) は、データをもとに対象となる現象を記述し、さらに現象のモデルを構築することによって、対象に関する知見を得るための方法論を提供する学問である。多くの場合、データはばらつきや誤差を含むが、統計学の方法により不確実性を伴う現象の予測や制御、またリスクを考慮した際の合理的な意思決定が可能となる。これは、モデルが確率的な誤差や未知パラメータを含む数理モデルとして定式化されることによる。

データをもとに現象を理解しモデル化する営みは、ほとんどの学問分野の研究活動や実社会の日々の意思決定の不可欠な一部をなしているため、統計学は汎用的な方法論として多くの分野で活用されている。特に近年の計測技術及び計算機技術の発展により、デジタルデータとして計測され記録されるデータが量的にも多様性においても急激に増加しており、これらのデータから有用な情報を得るための方法論として、統計学をはじめとするデータ解析やモデリングの手法が重要となってきた。

統計学の果たしている役割やその変化について理解するには、統計学の特徴についていろいろな観点から論じることが有用であり、以下ではいくつかの分類軸をあげる。

### (1) 統計学の定義をめぐる分類軸

#### ① 汎用性と個別性

統計学は学問の諸分野を横断的に貫く方法論であり、科学の文法の性格を持つ。この意味で固有の研究対象を有する他の学問分野とは性格を異にしている。横断的な方法論としての統計学の性格と、各固有学問分野の体系の中で統計学が果たしている役割の区別は、統計学の汎用性と個別性の二つの側面に表れている。統計学は方法論であるから、各分野の課題を解くために用いられることにその意義があり、例えば計量経済学、生物統計学のように各分野で統計学が発展してきた。一方で数学的に定式化された統計学の手法は、特定の分野に依存しない汎用的な性格を有する。

この二面性は統計学の教育においても表れる。日本では統計学者は経済学部、工学部、医学部、教育学部など様々な学部にも所属しており、それぞれの学問に必要な形で統計学の教育を行っている。日本ではまず個別の分野の学問を学習し、統計学を含む分野横断的な手法は必要になってから学ぶ場合が多い。このことは、日本の統計学が各分野の応用において独自のすぐれた成果をあげてきたことにつながっている。例えば品質管理分野における統計的手法の応用が、日本の産業の発展に大きく貢献したことは広く認識されている。一方で、統計学の手法は汎用的であって、同じ手法がいろいろな分野で用いられる。統計学の学習においては、誤差の存在のもとでの結論の妥当性の評価、ある要因の影響を評価する場合の共変量のコントロール、など科学的な探求に不可欠なメタ科学的な考え方を学ぶ。現在では、データに基づいて結論を根拠づけることがほとんどの分野で求められるようになっており、汎用的な科学的方法論としての統計学の基礎的な教育は、より広くまた早期に行われることが望ましい。

統計学の体系自体を一つの学問分野と考えることもできる。数理統計学は統計的手法の数理的側面をとりだして体系化した学問である。また最近では大きなデータセッ

トに対する効率的な統計計算のアルゴリズムの研究も急速に進展している。

## ② 帰納と演繹

現象のモデルを構築しモデルを推測するための方法論としての統計学を考えると、帰納的な推論と演繹的な推論の区別が重要である。統計学の教育においては、例えば回帰モデルなど、一定の数理モデルを前提とした上で、そのモデルの下での推論について教えることが多い。しかしながら、実際のデータ解析においては、適切なモデルは事前に与えられているわけではないから、モデルの構築自体が課題となる。データからモデルを構築する過程は帰納的な推論である。一方で、いったん数理的なモデルを構築すれば、モデルを数理的に操作することによって、モデルのもとでの予測やリスクの評価が可能となるが、これは演繹的な推論をなす。ところで、統計学を数学的な観点から教育する際には、しばしばその演繹的な側面のみにより偏りがちであり、統計的な手法においては二つの側面がともに重要であることを教育する必要がある。

## ③ 検証的データ解析と探索的データ解析

検証的なデータ解析においては、検証すべき仮説をまず設定し、その仮説の検証のためにデータを収集することとなる。この際、仮説の下での因果の方向をあらかじめ想定した上で無作為化を含む手続きによってデータを得ることが望ましい。このような目的のために実験計画法や標本調査法の手法が用いられる。一方で所与のデータをもとに、そのデータを説明する理論やモデルを構築しようとするのが探索的データ解析である。「データ」と「理論」の関係は分野によって異なるが、この両面の極端な形の区別は、例えば計量経済学の分野における「計測なき理論」(theory without measurement)と「理論なき計測」(measurement without theory)の区別であり、データを所与とした実証研究における相関と因果の混同などの危険性が伝統的に指摘されてきた。しかしながら統計学が目指すものは、両者の融合である。最近ではデータからの知識発見が求められており、「理論を確認するためにデータを得る」検証的な研究方法から「データから理論やモデルを構築する」探索的な研究方法への相対的な重点の変化が生じている。同時に、自動的に収集されるデータが増えた現在においても検証的なデータ解析の観点は重要なものであり、理論なき計測の危険性について十分理解した上でデータ解析を行う必要がある。

## ④ 理論と計算

理論的側面は数理統計学や統計的決定理論に代表される数学的な理論であり、計算的側面はモンテカルロ法など計算機の利用を前提とした手法の体系をさす。大量のデータを扱うには計算機を用いる必要がある。情報機器は社会のあらゆる場面で用いられており、統計学の教育においても、統計学の理論的側面を学ぶだけでなく、計算機を用いた実際のデータ解析の経験を含め、計算的側面を学ぶことが重要である。このような統計的データ解析のスキルは基本的なリテラシーの一部とも考えられる。

### 3 統計学に固有の特性

#### (1) 統計学の本質的な特性

統計学は、歴史的には国力を評価するための数え上げ、ないしは記述から始まったが、その後自然現象の理解や社会的判断に必要な学問として発展してきた（付録参照）。現在、統計学が対象とする多くの問題においては、まず調査・実験や観察などによりデータを収集するが、これらのデータには、何らかの意味での不確実性が伴う。多くの場合、それらのデータの背後には、現実的または仮想的な集団・メカニズムを想定することができるが、その特徴を確実に知ることはできない。

統計学では、このような不確実性を持つデータに基づいて、それらが得られた集団、それらを発生させるメカニズムに関する何らかの知見を得るために、得られたデータを少数個の数値やグラフにまとめ上げることにより情報縮約・情報抽出を行う。そしてそれを基に、適当な統計モデルなどを想定して推測を行い、集団に関する知見を得る。

したがって、観測データを数値的／グラフ的に記述したとしても、それだけでは実用上、学術上、特別の意味を持たない。それらの記述が意味を持つとすれば、それによって背後にある“見えざる”現象について何らかの知見がもたらされた場合である。このような問題を定式化し、それを解決するための様々な方法論を提供するのが、統計学である。コンピュータや計測技術の進展が著しい近年では、また、複雑な構造の莫大な量のデータから仮説を構築し、現象をモデル化して予測・制御・意思決定のために有用な情報を取り出す方法論を提供することも、統計学に求められるようになっている。

ここで、統計学の考え方の本質について考える。統計学の考え方の大きな特徴は、その科学的推論のはじめの段階において、帰納的推論を行うことにある。すなわち、与えられたデータに基づいて、仮説やモデルのいくつかを選び出す規則を作り出すことにある。さらに、そのような規則によって特定の仮説が選ばれたときの不確実性の程度を計算し、誤った決定の割合または損失を最小にするような規則を見つけ出し、不確実性の数量化を行う。この後者の過程、すなわち問題を最適な決定を行う問題として定式化した段階からは、演繹的推論に基づいて確率計算や数理的な解析を行うことになる。また、大量のデータから帰納的推論により仮説を構築し、現象をモデル化することにより予測などを行う場合においても、後者の過程では演繹的推論に基づく解析が行われる。

統計学の特質を考えるために、数学との対比を行ってみる。数学では、いくつかの公理だけを前提とし、演繹的推論のみを用いて命題を導出するため、数学によって得られる結果（命題）は“最高レベルの真実”と考えられている。これに対して、統計学では、データと仮説との対応は一對一でない。すなわち、統計学では、帰納的推論により特定のものからの一般化を行うため、得られた結論には不確実性が伴う。しかし、演繹的推論のみによっては、前提の枠を超えるような新しい知識は創造できない。データに基づく帰納的推論こそが、統計学の真髄である。そして、帰納的推論の中に、演繹的論理の過程を導入することにより、統計学の論理体系が科学的になる。

不確実性を含むある特定のデータから、新しい現象や理論を発見する過程には、科学・芸術・技術のいずれの要素も含まれている。すなわち、統計学は単なる計算方式を

与えるだけのものではなく、解析結果、または解析の過程を通して、何か新しい知識の発見が行われることが期待されている。新しい知識の創造は、以前の経験からの解放や創造力の飛躍に依存しており、これは数学の単なる応用や論理的推論のみではなしえない。したがって、人の技芸や直感が重要な役割を演じているという意味で、統計学は芸術とでもよぶべき側面も有している。

ところで、統計学は科学や技術の基盤となる論理や方法論を対象としている。実際、統計学の考え方・方法論は、人文・社会・自然科学のほとんどの学問で活用されるようになってきている。カール・ピアソンは、統計学を科学という言葉における文法に例え、「科学の文法」とよんでいる（付録参照）。

## (2) 統計学の役割

統計学は、歴史的に多くの分野で大きな役割を果たしてきたが（付録参照）、1980年代以降の安価で高性能なコンピュータの出現は、統計学に大きな影響を与えている。すなわち、できるだけ現実に忠実な精密なモデルを構築し、シミュレーションにより解析を行うことが可能になってきた。また、多くの計算機志向型統計手法や、データの情報をモデルを通して抽出する接近法、非線形でダイナミックな現象に対処するための方法などの重要性が増している。これらの統計的方法は、現代社会の難問題に対処可能な新たな方法論として、大きな役割を果たしている。

高度情報化とグローバル化が進む 21 世紀の国際社会においては、また、複雑で莫大なデータからどのようにして有益な情報を抽出し、それをいかに現実社会での意思決定に役立てるかが問われている。さらに、近年では、科学的研究ではもちろんのこと、ビジネスや教育、医療、行政など社会における様々な議論の場や公的な政策決定においても、データの統計的分析から得られた根拠に基づく（Evidence-Based）説得力ある議論の展開が求められている。したがって、ほとんどの分野で、データの解析技術、統計的推測やモデリングの能力などが必要とされており、分野横断的な方法論を提供する統計学の果たす役割は増大している。公的統計の高度化やオープンデータ利用も進んでいる。

最近「ビッグデータ時代」とよばれ、社会に溢れている複雑で大規模なデータを、様々な局面において適切に分析し、ビジネス、防犯、医学、ゲノミクス、気象学、環境科学、金融工学、公的統計など、非常に多くの分野においてそれを役立てることが期待されている。特に、個に応じたサービス提供なども可能になりつつある。ここで留意すべきことは、これらのデータの取り扱いに際しては、「何が本物で、何が有用な情報なのか」を注意深く見極めることである。また、量が莫大であるため、データを少数個の数値やグラフにまとめ上げ、“見える化”を行うことも必要となる。さらに、これらのデータに潜む偏りや、“見える化”などを行う際の集団分割・統合に伴う危険性などについて、注意深い統計的知識の適用が必要であり、統計学の果たすべき役割は大きい。

統計学は、社会の中における様々な分野の職業で必要とされており、データや資料の情報について精査し、それに基づいて論理的な分析・課題解決を行うことのできる思考力を持つ人材や、高度な数理能力と創造的研究能力を持ち、様々な科学技術分野で国際

的な活躍が継続的に見える人材が、業務の効率化や付加価値の創出、最適な事業運営の実現のため、多くの分野で求められている。特に、最近では、統計学を基本として数学や情報学も用いて、各種のデータから有用な知見を抽出・活用する高度な能力を有する、データサイエンティストとよばれる人材に対する需要が大きくなっている。このような人材育成の観点からも、統計学の果たすべき役割は大きい（第4章(2)③参照）。

もう一つの統計学の重要な役割は、一般市民に対する統計的知識と理解の普及である。21世紀の知識創造化社会・情報化社会においては、データに基づく科学的な課題解決が必要となる。すなわち、市民がより良き市民生活をおくるためには、データを基にして考えることがますます重要になっている。様々な場面で遭遇する不確実性に適切に対処するためには、リスクを最小にする判断が要求されるが、そのためには一人一人が統計的素養（統計リテラシー）を持っていることが不可欠である。

また、近年特に重要と考えられるようになってきた「課題発見・解決能力の育成」のためには、初等・中等教育段階からの統計教育の充実が極めて重要であると評価されるようになり、統計学の果たすべき役割は、この点でも大きくなってきている。

### (3) 他の諸科学との協働

統計学は、データに基づく定量的な思考による課題解決の汎用的な方法論を提供するメタ科学と考えられる。特に、人間の意識や行動などに関わる質的で複雑な事象についても、量的な尺度への変換を行うことにより、事象のよりよい把握の手法を提供する。したがって、統計学はほとんどの分野の学問との協働が可能である。実際、多くの分野の参照基準において、統計学の学びの必要性に触れられている（[2]～[13]参照）。

例えば、心理学、教育学、文学、歴史学、地理学、言語学などの人文学系分野においては、調査・実験・観察によって得られたデータに基づく数理的な側面からの研究が盛んに行われるようになってきており、そのためには統計学が必要である。

法学、政治学、経済学、経営学、社会学などの社会科学系分野においては、社会調査などのデータの収集法や、それに基づいて対象とする事象の確率的な構造を反映するモデルの構築やその検証方法が必要になる。また、現実社会が直面する不確実性に伴うリスクがもたらす影響を定量的に評価し、適切な行動を採択する必要もある。これらに対処するためには、いずれも統計学との協働が欠かせない。

生命科学分野においては、得られたデータには個体差などにより本質的にばらつきや曖昧さが伴う。したがって、このようなデータに基づいて得られる結果の信頼性の確保や評価の必要性がある。また、因果関係についての情報の真偽や信頼性を科学的に判断する必要性もあり、統計学との協働は必須である。

理工学系分野においては、大規模で複雑なデータからの情報抽出、複雑な現象のモデリングや予測、最大限に情報を活用するための実験計画の方法、システムの信頼性評価、リスクの分析や管理、認識と学習・知能情報処理などの高度な情報処理、等々において、統計学が不可欠な役割を果たす。

さらに、現在では、自然災害や人口構造・金融市場など社会・経済に関する変動に伴

う様々なリスクが顕在化しており、不確実性の増大から生じる諸問題を、公的統計などを含む様々なデータに基づき実証的・科学的に分析し、その解決を図る必要がある。このようなリスクマネジメントを行うためには、統計学の果たすべき役割は大きい。

その他、多くの分野の問題に対処するため、統計学との協働が必要とされるが、それらの具体例については、例えば[14]などにも述べられている。

#### (4) 日本の統計学教育の特徴

日本の統計学教育に関して、最も特徴的なことは、統計学を専門に学ぶ大学の学部・学科が一つも存在しないことである。欧米やアジア諸国では多くの統計学部・学科が存在しており、日本の統計学の高等教育の体制は、極めて脆弱と言わざるをえない（詳細は、[15]参照）。したがって、現在の日本の大学においては、統計学を専門に学んだ学生はいないが、例えば数理科学関係・経済学関係・医学関係などの学科の一部の学生に対しては、セミナーをはじめとして、かなり重点的に統計学を学習させることは行われている。また、多くの学問分野において、専門教育として、その分野に必要な統計学の教育は行われている（第4章(1)②イ参照）。しかし、第3章、(2)及び(3)で述べたように、統計的素養と専門的知識を有した人材に対する社会的需要は、近年飛躍的に増大しており、その要請に応える統計学の教育体制の確立が必要である。

第2に、日本の大学における統計学の教育内容は、極めて多種多様である。これは、現在の日本では統計学の専門家は極めて少数であり、そのため専門分野の教育・研究において統計学を使う教員が、統計学の講義や演習・実習を担当している場合が少なくないからである。大学基礎教育については、標準的な教科書は数多く刊行されてはいるが、第4章(1)②アのような的確な内容の教育が実践されることが重要である。

第3に、中等教育段階において統計教育に携わる教員の養成の問題がある。現在の日本では、統計教育は教科「数学」の中で行われているため、中学校・高等学校で統計を教える教員は、数学の教員免許状を持っていることが多いと思われる。したがって、数学の内容に関わる教職の専門科目については、統計学の教育・学修方法の開発と実践に有意義な関与を可能とする体制が設計されることが望ましい。

例えば、データの収集法、偏り、まとめ上げ方、統合・分割の影響、相関と因果の区別など、正しいデータの見方・取り扱い方についての指導方法や、公的データを含むオープンデータの活用にも踏み込んだ教科教育法の授業の模索、教育実習の改善など、統計学教育の新たな流れに対応できるような教員養成のあり方を検討することが重要であろう。これらのことは、数学の教員免許取得の場合だけではなく、データと関わりを持つ他の教科・科目の教員免許取得に際しても、十分考慮されることが望まれる。

第4に、データサイエンティスト、統計コンサルタントなどの、統計学を基本とする専門職に対する需要は、世界的に急速に増大している。しかるに、現在の日本には、大学で統計学を専門として学んだ卒業生は皆無であり、産業界からのニーズに応えることができていない。今後、この問題について、早急な対応が必要になると考えられる。

#### 4 統計学を学ぶすべての学生が身に付けるべき基本的な素養

##### (1) 統計学の学びを通じて獲得すべき基本的な知識と理解

###### ① 統計学を学ぶことの本質的意義

統計学は、歴史的には、不確実性の下において賢明な意思決定を行うための科学として発展してきた。統計学を学ぶ本質的意義の一つは、付録に見るように、自然界には本質的に不確実性が存在するため、自然現象の理解のためには、確率論や統計学が重要な役割を果たしていることを認識し、自然を理解するための適切な方法を習得することである。また、人間社会の諸問題においても、様々な不確実性が存在し、それに賢明に対処するためには、統計学の考え方や課題解決の手順が重要な役割を果たしていることを認識し、それに対処するための方法を習得することも、統計学を学ぶ本質的意義と考えられる。

次に、課題解決型の思考力にとって必要なことは、物事を分析・整理し、帰納的・演繹的な推論により要素間の再結合や別の知識との融合・再構築により新たな考えを生み出すことで、物事間の既存の論理的な鎖を越えて飛躍し、融合・再構成された概念の下に整合性の取れた新しい論理系を作り上げることとすることができる。この過程は、上述した統計学を用いて現実問題に対処する過程と同様のものである。したがって、統計学を学ぶことにより、データや資料の情報に基づいて論理的な分析・課題解決を行うことのできる課題解決型の思考力を獲得することが可能となる。これもまた、統計学を学ぶ本質的意義と考えられる。

さらに、また、より良き市民生活をおくるためには、データを基に、様々な場面で遭遇する不確実性に適切に対処するための、リスクを最小にする判断を行うことが要求される。このためには、一人一人が統計的素養（統計リテラシー）を持っていることが不可欠であり、統計学に固有の知的訓練は、これに大きく寄与することができる（第6章(1)参照）。これもまた、統計学を学ぶ意義の一つである。具体的には、対象とするデータの収集方法に注意を払い、偏りや誤りが含まれていないかなどをチェックし、データの素性を見抜く力を身に付けることができるようになる。また、1組のデータを分割したり統合したりすることにより、見かけ上判断を誤らせるような結果が生じていないかどうかについての正当な判断を行うことができるようになる。さらに、相関や交絡の概念を正しく習得することにより、いくつかの変数や要因を同時に考慮することの重要性や、相関と因果関係の相違についての理解も可能になる。

###### ② 獲得すべき知識と理解

近年、統計学は様々な分野で必須の学問となりつつあり、また市民の素養としても必要になってきている。このような状況をふまえると、大学における統計学の教育では、大学基礎教育としての統計リテラシー教育、将来統計手法を利用する学生のための統計教育、将来統計を職業とする学生のための統計教育などについて考えることが必要である。

ところで、現在日本では、学部段階で統計学を専門に教える学科は存在しない。し

かし、大学の基礎科目としては、統計学は多くの大学で開講されている。また、数学や経済学をはじめとする多くの学科では、専門科目としても開講されている。ただし、専門の分野によって、必要とされる統計学の知識と理解はかなり異なっている。さらに、近年の統計学やその関連分野に対する需要の急速な高まりを考えると、大学教育において統計学を専門に学ぶ場合についても考えておくことが必要である。

そこで、ここでは、大学基礎教育、大学専門教育、及び統計学を専門とする場合のそれぞれで獲得すべき知識と理解について考えることにする。ただし、専門教育については、大きくりにした四つの専門分野に分けて考える（[16]参照）。

## ア 基礎教育における知識と理解

大学の基礎教育としての統計学においては、現代に生きる市民として必要な統計的素養（統計リテラシー）や、すべての学問分野で共通に必要な統計的基礎に関わる知識と理解の仕方を学習する必要がある。これをいくつかの段階に分けて考えると、次のようになる。

### (i) 統計学の歴史・役割・活用例、各種のデータ、倫理について

統計学の歴史、自然や社会の理解における統計学の役割について理解する必要があるが、特に、学生の専門に応じて、現実の場における統計学の興味ある優れた適用例を提示して、動機づけを与えることが必要である。また、統計学の体系や課題解決のサイクルについても知っておく必要がある。さらに、公的統計をはじめ、統計学が対象とする様々なデータの利活用、データの収集方法やデータの見方についての注意点などについての理解も必要である。各種の調査や生命科学の観察・実験においては、倫理的な配慮・個人情報の秘匿などについて注意を払う重要性を理解しておく必要がある。

### (ii) 記述的統計解析について

データの持つ情報を縮約して統計的推測の基礎となる情報を抽出したり、多様で莫大な量のデータから意味のある情報を探索したり、データの構造を把握するために有用な記述的方法を理解する必要がある。中心となるものは、データの数値的／グラフ的表現と、相関や回帰の考え方・手法である。また、データの編集やその際の留意点を習得しておくことも重要である。

### (iii) 推測的統計解析のための基礎的知識について

不確実性の程度の定量的表現としての確率の概念や、基本的な公式とその応用について理解する必要がある。それを基に、確率変数の概念や基本的な確率分布の概念・性質や適用例について理解する必要がある。さらに、データと理論的な確率分布との対応についても理解しておくことが望まれる。

### (iv) データの収集について

観察や実験・調査によるデータの収集とその吟味の方法、実験研究と観察研究によって得られたデータの相違点について理解する必要がある。また、母集団と標本、標本誤差の概念を身に付け、推測統計の枠組みについて理解する必要がある。特に、

標本調査における無作為抽出や実験計画における無作為化は、系統変動を除去して誤差の評価を可能とする操作であり、統計的推測の諸手法を適用する際の基礎であることについての理解が重要である。

#### (v) 推測的統計解析について

標本分布の概念を理解し、いくつかの代表的な標本分布とその性質を理解する必要がある。それを基に、対象とするパラメータに対する推定・仮説検定の考え方や、各種のパラメータに対する推定・仮説検定の方法を理解する必要がある。

ところで、第3章(1)で述べたように、統計学の本質は、帰納的推論の中に演繹的論理の過程を導入することにより科学的な結論を導く点にある。したがって、演繹的論理のみの教育、またはデータの記述の域を出ない教育は、統計学の本質をよく理解した教育とは考えられないことに注意を払う必要がある。

### イ 専門教育における知識と理解

上述したように、専門教育については、大きくくりにした四つの専門分野、すなわち人文学系、社会科学系、生命科学系、理工学系に分けて、獲得すべき知識と理解を考える。

#### (ア) 人文学系分野

心理学、教育学をはじめとする人文学系分野においては、観察対象である個人の行動傾向の観測データ、刺激への反応データ、学習記録・テストデータなどに対する統計解析や統計モデルの構築が要請される。また、文学・言語学・歴史学・考古学などにおいても、定量的な検討が重要な位置を占めるようになっており、種々の著作物や歴史的な建造物・遺跡・発掘物についての、数理的な側面からの研究が可能となっている。さらに、地理学（自然地理学、地誌学を含む）においては、地域調査に関わる資料収集法や地域統計分析、地理情報システム（GIS）などから得られる地図・空間分析に関する統計的手法の知識と理解が必要となる。フィールドワークによるデータ収集やそれに関わる統計解析は、文化人類学においても必要である。したがって、これらの分野においては、測定対象に対する適切な測定方法や、それに基づく適切な解析方法についての知識と理解の習得が必要である。また、検証すべき仮説の構築や、そのために必要な多変量解析などの統計解析法の習得が必要である。また、心理学では因子分析や多次元尺度構成など、教育学ではテスト理論などの、各専門分野に特有の数量的方法論についての理解と実践経験が必要である。

#### (イ) 社会科学系分野

政治学においては、現実のデータに基づいて政治理論の検証や予測を行うための統計学の知識と理解の習得が必要である。ここでは、標本調査データの適切な活用方法、対象とする事象の確率的な構造に対する理解、因果関係を分析する計量的方法の習得、仮説の構築とその検証方法の習得などが必要である。

経済学では、経済統計やその他のデータに基づいて説明や予測を行うために、時系列解析や重回帰分析をはじめとする多変量解析の方法の習得が必要である。また、データからの帰納的推論による、事象の確率的な構造を反映するモデルや仮説の構築とその検証方法についての理解が必要である。さらに、現実の経済社会が直面する不確実性に伴うリスクがもたらす影響を定量的に評価し、適切な行動や制度の構築を行うために必要な統計的手法についても理解しておくことが必要である。

経営学における課題解決のための立案と評価においては、経営環境に関する量的／質的なデータに基づく統計分析の方法を習得しておく必要がある。また、マーケティングなどの分野においては、調査の方法についての理解や、各種の多変量解析の手法の習得が必須である。さらに近年では、マーケティングに加えて、ファイナンスや保険の分野などにおいても、ベイズモデリングによる個別化を通じた大規模データを活用する方法も用いられるようになっている。

社会学においては、社会調査によるデータの収集と解析や、組織や集団の行動に関わる既存資料の分析などにおいて、各種の多変量解析などの統計的方法が必要になる。特に社会調査の方法については、その注意点とともに熟知しておく必要がある。

#### (ウ) 生命科学系分野

医学・歯学・薬学分野、また生物科学分野や農林水産学分野、さらには遺伝や環境に関わる分野においては、個体差などのために、本質的にばらつきや曖昧さを伴うデータに基づいて得られる結果に対する信頼性を確保・評価する必要がある。また、実験的研究や野外研究などにより得られた様々なデータに応じた統計解析を適用する必要がある。このため、研究計画・データ管理・統計解析についての知識が必要となる。統計解析の方法では、一般化線形モデル、変量間の共変動の解析や多変量解析、ベイズ推論、因果推論などが重要なものである。また、因果関係についての情報の真偽や信頼性を科学的に判断する必要性もあり、これらについての知識と理解を獲得しておくことが望ましい。さらに、研究計画書の記載事項を読み取る力や、データの取得に際しての倫理的配慮や個人情報の秘匿についての知識と理解も極めて重要なものである。

#### (エ) 理工学系分野

大学において、理学や工学分野の学科に所属する学生にとって、統計学の知識と理解は必要不可欠なものである。例えば、不確実性を伴うデータから何が導出できるのかについての適切な判断、観察や測定などにより得られた大規模データからの情報の抽出方法、複雑な現象のモデリングと予測の方法、効率的な実験計画の方法、システムの信頼性評価、様々なリスクの分析と管理などについての統計的方法の知識と理解が必要である。

地球惑星科学においては、巨大な複雑系である地球惑星システムの非線形的な挙動の詳細な解明は計算機シミュレーションに頼らざるをえず、各種の乱数発生が必要となる。また、フィールドワークなどによるデータ収集とその統計的解析も必要である。この分野では、逆問題が本質的である場合も多く、その解決のためには統計的考え方・手法を習得しておく必要がある。

情報科学の分野では、上記の知識以外に、大規模データに関わる統計的諸問題に対処するための考え方や方法、認識と学習、知能情報処理などの高度な情報処理方法に関わる統計的知識についても習得しておくことが望ましい。

天文学や高エネルギー物理学などの分野でも、近年、仮説の検証や微細な情報抽出に大規模データの処理が不可欠になっており、大規模データ解析、統計的モデリングなど先進的な統計手法も重要になっている。

また、産業に関連した多くの分野においては、工業製品や各種サービスを社会に提供する一連のプロセスの中で、品質管理的課題解決において重要な、問題発見、設計情報に関わる意思決定、製品・サービスを実現するプロセスの実装についての知識と理解を、体系的に獲得しておく必要がある。

## ウ 統計学を専門とする場合における知識と理解

現時点では、大学において、統計学を主たる専門として学ぶ者は、数理学系の学科に所属していることが多い。そのような場合には、確率論を基礎とした数理統計学について詳しく学んでおく必要がある。また、多変量解析、時系列解析、実験計画、標本調査、分散分析、ノンパラメトリック解析、セミパラメトリック解析、ベイズ推論、因果推論、統計的機械学習、極値理論、確率過程の統計学などの方法の多くについても習得しておく必要がある。

また、統計学の重要性の増大に鑑みると、統計解析用プログラム言語や統計解析ソフトの使用法、データへのアクセスや操作の方法、データベースシステムの活用法、計算機アルゴリズムの習熟などの、かなり高度な情報技術の習得も必須である。

昨今、多くの企業がデータサイエンティストの育成を待望している。それは、企業活動から生まれる複雑で大規模なデータや、公表されている公的データなどを分析することにより、ビジネス上の問題を解決したり、企業活動に関わる何らかの新しい知見をもたらすことを期待しているからである。したがって、大学において統計学を専門に学ぶ場合には、このような課題解決型の実習体験または模擬体験をしておくことが望ましい。また、データの取り扱いや結果の公表についての留意点を学んでおくことも重要である。

さらに、次項で述べる関連する領域についての知識や理解が必要なことはもちろんであるが、現実の場における諸問題について、当該分野の専門家と適切なコミュニケーションを図りつつ、統計相談（コンサルテーション）や詳細なデータ解析を経験しておくことも必須である。

将来、日本に統計学科を設置する場合には、アの項で述べた「基礎教育」の内容

を基本とし、上記の内容及び「関連する領域」の内容などを必修とし、これ以外に、興味に応じていくつかの専門分野の内容を副専攻的な考えで履修することも、一つの可能性として考えられよう。

## エ 関連する領域についての知識と理解

大学における統計教育の中では、コンピュータの利活用は必要不可欠であり、いずれの分野の解析においても統計ソフトウェアの活用と、その出力結果の正しい解釈を行える知識の習得が必要である。また、専門に応じて、以下のような関連する知識と理解のいくつかを習得しておくことが必要である。すなわち、それらは、統計解析用プログラム言語の習得、データへのアクセスやデータベースシステムの操作の習得、専門分野に応じたデータベースの設計、課題解決のためのアルゴリズムの習得、各種乱数の発生方法の習得やそれを利用するシミュレーションの計算量・手間の見積もりと実行経験などである。また、上記の基礎教育や各分野の専門教育で獲得した知識と理解を基に、コンピュータによる現実のデータの解析を経験しておくことが望ましい。さらに、多くの専門分野では、統計学についての数理とその応用をきちんと理解するため、線形代数学や微分積分学・確率論・最適化に関する知識も習得しておくことが必要である。

その他、多くの社会科学系分野での調査や、生命科学系分野での観察／実験研究においては、倫理や情報秘匿に対する知識と理解は極めて重要であり、それらを習得しておくことが必須である。

また、他者が行った統計解析や作成した統計・統計グラフを、批判的／適切に読み取る力や、複雑な統計的手法を分かりやすく伝達するコミュニケーション能力を習得し、実際問題の解決に寄与することにより実務の改善にまで結びつけることが望まれる。

## (2) 統計学の学びを通じて獲得すべき基本的な能力

### ① 獲得されるであろう専門的能力

大学の基礎課程において統計学を学んだ者は、課題解決のためのいわゆる PDCA サイクル、すなわち課題の明確化、統計的問題への定式化、データの収集、データの記述と分析、結果の統計的解釈、その結果に基づく課題の考察と他人への伝達、結果に基づくアクション（予測、管理、新たな課題の発見など）、というサイクルを実践する能力を獲得できる。また、データの正しい見方、統計分析の結果を批判的に読み取る能力や、不確実性を含む事象に関わる諸問題に対処するための各種の統計的能力を身に付けることができる。

前項で述べたように、大学の専門課程において学ぶ統計学は、専門に応じて様々であるが、ほとんどの専門課程では、次のような汎用的な能力が獲得できる（[17]参照）。

第1に、価値と問題の発見に必要な能力が獲得できる。例えば、不確実性が高く、解決が困難な状況において、課題達成の手段を探索する力量である達成指向力や、解

決すべき課題に影響を与える現在及び将来の諸要因を見通す力量である先見力などの能力の獲得である。

第2に、意思決定に必要な能力が獲得できる。例えば、意思決定に必要な質の高い情報を効率的に収集する力量である情報収集力、課題解決に適合的な情報と手法を選択して分析する力量である分析思考力、客観的にリスク発生の確度及びその影響を把握し、発生した場合の対処における役割が担当できる力量であるリスクマネジメント力などの能力の獲得である。

## ② ジェネリックスキル

大学で統計学を学んだ者は、データに基づき定量的かつ論理的に推論を行い、リスクを考慮して最適な意思決定を行い、それに則った行動を遂行し、得られた結果について検討を行うという統計学の一連の方法論を習得しているため、科学的な研究や社会における説得力ある議論の展開が必要な場合などに求められる、データの定量的分析から得られた根拠に基づく研究・説明を行う能力が獲得できる。

統計学はまた、分野横断的に汎用的な方法論を与える学問であるため、大学で統計学を学習した者は、抽象的な概念の理解、論理力・理解力・発想力などの能力の獲得が可能となる。さらに、問題設定能力、抽象的思考能力、帰納的・演繹的推論能力を獲得していることが期待できる。

大学で統計学を学ぶことにより、次のような汎用的能力の獲得も可能になる。

- 1) 統計的なものの見方と統計分析の知識により、文系理系を問わず必要とされる、データに基づく定量的な思考による課題解決の能力を獲得することができる。
- 2) データを注意深く観察したり、適用される統計的手法を注意深くチェックする訓練により、問題の本質を見抜き、データや手法を批判的にとらえる思考力を育成し、“統計でダメされない”能力を身に付けることができる。
- 3) 問題の対象とする事象の定式化、モデル化は、物事を的確かつ簡潔に表現する能力を育成する。データに基づいて帰納的推論を行うというプロセスの習得は、事柄の一般化や類推を行って、新たな発見や局面の打開を行う能力を育成する。
- 4) データを収集したりまとめあげたりするための統計的手法を学ぶことにより、偏りのない情報を収集したり、そこから正しい情報を抽出する能力が身に付く。また、得られた情報や結論を、分かりやすく人に伝えるコミュニケーション能力も育成される。

## ③ 獲得された能力が持つ職業上の意義

近年の情報化の進む知識創造社会では、データに基づく定量的な議論を展開し、リスクを考慮に入れた意思決定を行うことが、多くの職業において必要とされている。したがって、大学の基礎教育・専門教育における統計学で学習する、データについて熟考し、統計的な問題を提起・解決ができるという統計的素養は、このような多くの職業の期待に応えることができる。

また、直接的には統計的素養が求められない職業に就いた場合でも、統計学の学習

において育まれた問題設定能力、抽象的思考能力、帰納的・演繹的推論能力など、前項で述べたジェネリックスキルは、ほとんどすべての職業で力を発揮する。

ここで、大学における統計学の学習で獲得された能力がどのような職業で必要とされているかという職業上の意義について、より具体的に考える。

近年の情報技術の発展・普及に伴い、複雑で莫大なデータから有用な知見を抽出・活用する中核的人材としてデータサイエンティストという新しい職業の必要性が高まっている。ここでは、データを収集、集計、分析し、予測モデルを構築し、さらにモデルを最適化して施策・戦略の立案などを実行する能力が要求される。すなわち、データサイエンティストは、統計学を基礎とする職業と言える。

また、複雑で大規模なデータに携わる職業においては、データに基づく研究開発計画、研究実施、分析に責任を持ち、正しい解決法を提供する統計家が必要とされ、大学教育において、統計学を習得しておくことは必須の条件となる。

さらに、統計学の重要性の増加に伴い、統計解析用プログラム言語や統計解析ソフトの使用法、データへのアクセスや操作の方法、データベースシステムの設計や活用法、計算機アルゴリズムの習熟などの情報技術を習得した人材の需要が高まっている。このため、大学において統計と関連する領域として習得するであろうこのような能力は、上記のような需要に応えるものである。

これ以外にも、例えば社会調査士の資格試験においては、統計学は必須の科目である。また、臨床研究に精通した統計解析家 (professional biostatistician) の配置が必須とされる製薬会社では、長年にわたり自前で人材を育成することを余儀なくされる状況が続いてきた。こうした中、今後の日本の医療分野の研究開発を推進する中核となる日本医療研究開発機構では、拠点となる大学等の研究機関における臨床研究の実施体制の整備を図るため、生物統計家やデータマネージャーなどの専門人材の配置を支援していくこととしており、大学の生命科学系分野で習得する統計学の能力を有する人材がますます必要とされる状況にある。

以上のような統計学を担う人材需要の高まりは、世界規模で広がっており、統計家やデータサイエンティストとよばれる専門職の不足には、極めて深刻なものがある。このような職業にあっては、大学教育において習得した統計学の能力は、極めて重要なものである。

統計学に関わる職業のもう一つの重要な役目に社会に対する統計教育がある。すなわち新聞・テレビなどのマスコミにより伝達される統計情報を正しく解釈し、それを偏見なしに紹介・解説できる記者・科学コミュニケーターが近年極めて必要とされるようになってきているが、その育成のためには、大学において統計学を学び、第4章(1)①で述べたような、統計学を学ぶ本質的意義を理解しておくことが必須の要件である。

## 5 学修方法及び学修成果の評価方法に関する基本的な考え方

### (1) 学修方法

統計学は、選ばれた対象をより深く理解するために、データを収集してそれを分析し、分析結果を意思決定に活用することに役立つ。それゆえ、統計学を学ぶ者は、分析手法を獲得していくと同時に、分析結果と対象そのものに関する知識とを結びつけることが求められる。対象についての理解が深まるほど、必要な統計分析の数理的な側面も高度化する。このことから、統計学の教育は、統計学の基礎的な知識と対象の理解とを両輪として進めなければならない。

そのような、統計学の教育に望まれる両面性に対応できるよう、統計の学修を(a)基礎教育と(b)専門教育とに大別する。(a)基礎教育において、すべての分野に共通して必要とされる統計的な思考(分布の概念、ばらつきの重要性、標本抽出、母数と統計量、統計量の標本分布、区間推定、有意性検定など)を学ぶ。そして、(b)専門教育において、分野ごとに必要とされる統計手法と結果解釈の方法を学ぶ。

#### ① 講義

講義は、(a)基礎教育における典型的な学修方法となる。その目標は、すべての分野に共通する統計的な思考について、学修者が習熟することにある。したがって、分析結果の解釈よりも、統計手法の基本を理解することを重視する。散布図の見方や相関係数の計算方法と捉え方、因果関係と相関関係の違いについての理解、などが標準的な学修項目である。

統計的思考法に習熟することが基礎教育の目標だとしても、実際問題の解決に役立つという統計学の最終的な目的は変わらない。したがって、講義において取り上げる実例や練習問題は、単なる数値例ではなく、実際の問題に結びつくことが望ましい。

統計から有意な結論を得る経験は、教育の初期段階から必要になる。このため、講義形式による基礎的な知識の学修と計算実習とが併行することが理想的である。標準的な表計算ソフトの利用から統計ソフトウェアの活用まで、様々な計算実習がありうる。分析に値する題材を豊富に揃えることが重要なので、学会などの協力により、全国の大学における教育に利用可能なデータベースの構築が望まれる。

基礎教育のための講義用の教材は、すべての分野で共通に作成することも可能である。ただし、学習者の数学的準備の段階や将来の専門分野の相違に応じて、数学による説明の方法や題材を分ける必要も生じる。

講義の形態としては、教室講義やe-learning(Massive Open Online Course, MOOCをふくむ)などの選択肢がある。e-learningと教室講義とを組み合わせると反転授業を実施すれば、統計学の基礎的な知識の学修を授業前に済ませ、教室では、対象のより深い理解のための統計的基礎知識の活用に重点をおいた講義が可能になる。

#### ② 演習・実習

基礎教育から専門教育へと移るにつれて、少人数の演習による学修が有効になる。演習担当教員は、専門分野における知識だけでなく、当該分野に有効なデータ収集と

その分析方法、分析に必要なソフトウェアの利用法やプログラミングの方法、分析結果の専門分野における解釈について指導する。講義より教員や学生同士の議論に多くの時間が割り振れるため、効果的な教育となる。

分野によっては、調査実習も主要な学修方法となる。分析するテーマに応じてデータ収集法やデータ解析手法を選択することになるため、統計分析と分析結果の解釈との往來の過程を実地に学べる。

### ③ 論文作成・研究報告

統計を題材とした論文作成と研究報告は統計学を学ぶ効果的な学修方法の一つである。なぜならデータは多様な見方が可能であり、その中から説得力のある見方を選ぶには、専門分野の知識と統計手法に関する知識との結合が必要となるためである。

具体的には、観察された現象を適切に説明する理論モデルを構築し、その理論モデルがこれまでに観察された現象や将来観察されるであろう現象と矛盾しないことを確認することが、論文作成や研究報告における標準的な統計利用となる。データに誤差があることを意識し、誤差とそうでない部分との区別が反映されるように実証のための統計モデルを構築する。

論文作成や研究報告の準備として理想的な場は、演習である。専門性の高い論文や報告ほど、このことが当てはまる。

### ④ 副専攻

専門性が高くなるほど、必要とされる統計分析の手法も高度化する。その高度な分析手法の習得を支援する方法の一つとして、副専攻制度がある。例えば、学部上級や大学院での研究に必要な高度な統計手法の習得のために、複数の学部・研究科や複数の大学が共同して統計学学修のためのコースを提供すれば、履修者は自分の所属学部には制約されることなく、必要な統計手法を修めることができる。実際、いくつかの大学において副専攻制度やコース制が提供されている。

### ⑤ 統計研究者（主専攻）のための学修

統計研究者の学修は、基礎教育における統計の基本的な思考方法に加え、統計手法の理論的な側面をも熟知することが求められる。そのためには、統計手法周辺の数理科学についても習熟していなければならない。また、それぞれの専門分野において統計手法の応用とともに統計学が発展してきたという歴史に鑑みれば、統計研究者は何らかの応用分野にも通暁していることが望まれる。

複雑で莫大なデータの解析のように、昨今ではデータそのものをビジネスの素材とする産業が生まれている。そうした分野に人材を提供することは、大学の役目の一つでもある。そのような社会の要請に応えるには、伝統的な統計学だけでなく、情報学やコンピュータ科学など、広い意味でのデータを扱える人材を育成しなければならない。統計研究者育成にあつては、そのような社会からの要請にも考慮する必要がある。

## (2) 大学基礎教育科目としての統計学の学修

すでに述べたように、統計学におけるモデル構築の作業は、諸科学の視点から現象を整理する演繹的な側面と、現象から出発して体系を模索する帰納的な側面とを併せ持つ。演繹と帰納との複合的な反復の果てに一応の結論を導く。その結論から出発してさらに現象と理論との複合的な往復を繰り返して科学が深化する。そのような複合的な思考を支援する科学の一つが統計学である。したがって、統計学は、他のあらゆる分野において直接・間接に必要なとされる科学であるともいえる。

このようなスパイラル型の思考法は、専門教育だけでなく、大学基礎教育や初等・中等教育にも有効である。分析対象についてデータを収集し、そのデータの分析によって分析対象の特徴を捉え、なぜ分析対象がそのような特徴を持つのかを考察する。そして、その考察の結果から出発して、さらに必要なデータを収集して分析対象についての理解を深める。そのような接近法は、あらゆる科学で有効である。諸科学に直接・間接に必要なとされるという意味で、統計学はもっとも典型的な大学基礎教育科目ともみなせる。

## (3) 学修成果の評価方法

### ① 基礎教育における評価方法

基礎教育において要求される統計的思考の習熟度の確認には、筆記試験が活用できる。統計手法に精通する教員が豊富にいる場合は、それらの教員が問題を作成し、答案を採点して学修成果を評価できる。担当教員が少数である場合や、問題の水準を一定に保つことが困難な場合などは、客観的な基準に準拠した外部試験を利用した評価もありうる。

しかし、基礎教育の段階であっても、データとモデルとの往復によって本来の統計分析の能力がもっともよく養われる。このことに鑑みれば、履修者一人一人に適した題材を用意し、データの取得・分析・結果の考察・課題解決のすべての段階を教員が観察して評価することが理想である。そのような評価体制は、教員が効果的な教育方法を学んでいくことにも役立つ。

### ② 専門教育における評価方法

専門性が高くなるほど、履修者一人一人に個別に指導することの効果は高まる。学修方法が個別的になる結果、学修成果の評価方法も個別的になる。具体的には、演習形式によって、個々の学修者のテーマに応じて、論文作成や研究報告を個別指導・評価するのが理想的な評価方法となる。専門性が高くなると、一人の教員では学修成果を適切に評価することが困難になることもありうる。その場合は、複数の教員による評価や、当該領域の専門家を外部から招いてのセミナーにおいて学習成果を評価するなどの方法もありうる。

## 6 市民性の涵養をめぐる専門教育と教養教育との関わり

### (1) 市民性の涵養と統計学教育

これからの時代の市民にとって、個人の意思決定にも、社会的な判断を行う際にも、データに基づき物事を科学的に把握する能力が必要不可欠であり、統計学教育が、この能力の涵養に果たす役割は本質的である。統計学に裏付けられた市民性は、市民同士の利害衝突が頻繁に起きる現代社会において、個々人の主観の影響が少ない合理的コンセンサスを形成する際に本質的役割を果たす。この際、民主主義が正しい情報に基づく透明性の高い決定プロセスを前提としている以上、社会的判断に偏りが生じるような誤ったデータの提供や、社会の適正な運営に必要なデータの提供を拒否することが、民主主義社会の基盤を揺るがす非倫理的行動たり得ることも市民は銘記しなければならない。また、統計学教育は、市民の一般的マネジメント能力や課題解決能力にも資するものである。実際、品質管理活動の基本プロセスとして提案された PDCA (Plan, Do, Check, Act) サイクルは、マネジメントのサイクルとして全世界で活用されている。特に、日本の産業界は、期待値と実測値との差を問題ととらえ、解決の計画を立案し、データを採取し、分析し、解決の結論を得るといった統計的課題解決型改善活動を実践してきた。この課題解決の標準プロセスは、今日海外でも PPDAC (Problem, Plan, Data, Analysis, Conclusion) サイクルとして初等・中等教育に導入されている。

このように、市民が涵養すべき統計的素養（統計リテラシー）は、統計的方法に対する高度な知識ではない。統計的方法を PDCA サイクルや PPDAC サイクルの中で活用し、いざとなったら科学的マネジメントや自律的課題解決を実践できる力量、その前提となる社会に必要なデータの収集に協力し、正確なデータを提供するという精神の涵養である。具体的には、「科学の文法」に即した、物事の相関関係と順序関係を観察・分析し、想像力を発揮して現象に経験法則を与える能力、また、その経験法則の妥当性を批判的に注意深く検討し、必要があれば現象を分類しそれぞれに別の経験法則を与える能力が挙げられる。また、この種の市民能力の前提となる、論理的推論に基づくコミュニケーション能力や ICT を活用したデータ収集・情報処理能力を育む数理科学教育（算数・数学教育）や情報学教育も不可欠である。

### (2) 教養教育としての統計学教育

統計学は「科学の文法」として、実証的方法に基づいて知の地平を拡大する全ての学術領域で教育する必要がある。一方、諸領域の学術課題解決の中には、当該領域の統計専門教育だけでは解決ができないものも多い。そのようなときには、当該領域の専門教育を受けていない統計学の専門家ないしは研究者が支援する場合もある。この種の状況は、産業界における統計的課題解決においても見られる。そのようなとき、統計専門家は、事前に当該分野の最低限の知識（基本的考え方、支配原理・システム、必要な制約条件など）を教養として備えていることが望ましい。その意味では、統計研究者を育成する分野の学士教育では、自然科学、人文学、社会科学など、将来支援の可能性のある幅広い分野の教養教育が配置されることが望ましい。

## 7 生涯学習としての統計学教育体系

本報告の主題は、学士課程における統計学教育である。しかし、統計学は、学士課程卒業後、大学院での学位論文執筆の際に必要となったり、社会に出てからデータに基づく自律的課題解決行動に必要となったりする場合が多い。卒業後の全ての場合に備えて、学士課程統計学教育を網羅的に行うのは現実的でない。むしろ、卒業後の再教育の機会を念頭におき、発展性を重視した生涯学習の視点からの教育が望まれる。すなわち、一定の知識を直線的に習得し修了とする学習方法ではなく PDCA サイクルの考え方にに基づき、生涯を通じたスパイラル型向上に資する実践的学習が指向されなければならない。例えば、一部手法の教育を完璧に行うだけでなく、どのような手法がどのような目的で利用可能かについての将来像を概観として与えておくことが、必要な学び直しの際に有用となる。そもそも、市民レベルでの統計的考え方やデータの批判的な解釈方法は、学士課程前の初等・中等教育から生涯学習を前提に開始し、高等教育修了後も e-learning 等を活用した社会教育の機会を得て、繰り返し学習するのが望ましい。現代は不確実性が増大している時代であり、市民一人一人が、例えば自分自身の健康状態、所属組織の抱えるリスクについて、データに基づいて判断することが求められている。したがって、統計学を学ぶことは、「生きる力」の育成に強くつながるものである。初等・中等教育などの早い時期からデータの改ざんや不正な手段でのデータ取得の禁止、公的統計など公共の福利に資するデータの市民としての提供義務、データの分析に基づく合理的意思決定など統計的考え方の基本にふれ、高等教育・社会教育でも必要な統計的倫理観と能力を維持成長させなければならない。

一方、統計学は、演繹的考察により正解が一意に定まる数学とは異なっている。この違いが、特に、初等・中等数学教育における効果的統計学教育を困難にしてきた。実際、統計学を担当する初等・中等教育教員は、大学において、統計学教育方法は勿論、統計学自体を学んだことがほとんどないのが現状である。したがって、統計的な考え方、すなわちデータに基づく科学的課題解決プロセスを実践的に教える自信が持てず、統計教育の改善がなかなか進んでいない。この状況を改善するには、大学教育学部教員養成課程における統計教育、統計的課題解決教育を充実するのみならず、現在の教員に対して、教員免許更新時などに効果的な再教育の機会を提供する必要がある。

以上のように、統計的能力は広く社会で必要とされており、スパイラル型の再教育の機会を念頭におきながら学士課程における統計学の教育を設計する必要がある。

一方で、統計学を基本とし、数学と情報学にも高度な能力を有するデータサイエンティストの不足が広く指摘されている([18]、[19])。アメリカでも、この種の専門職が 2020 年代には、10 万人単位で不足すると予想されている。そして、最近では大規模・複雑データに対する解析能力は国際競争力の重要な要素と考えられ、各国で人材育成の充実がはかられている。しかし、日本においてはこのような人材はほとんど供給されていないし、その体系的養成の仕組みも存在しない。我が国が「欧米等と比較し、データ分析のスキルを有する人材や統計科学を専攻する人材が極めて少なく」危機的状況であることは日本政府も認識している([20])。我が国の産業競争力の浮沈にかかわる喫緊の社会的需要に応えるためには、当面、学士課程における統計学の副専攻制度を採用することが有用である。

## <参考文献>

- [1] 日本学術会議、回答『大学教育の分野別質保証の在り方について』（文部科学省高等教育局長への回答）、2010年7月。
- [2] 日本学術会議、報告『大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準：数理科学分野』、数理科学委員会 数理科学分野の参照基準検討分科会、2013年9月。
- [3] 日本学術会議、報告『大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準：経営学分野』、大学教育の分野別質保証推進委員会 経営学分野の参照基準検討分科会、2012年8月。
- [4] 日本学術会議、報告『大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準：生物学分野』、基礎生物学委員会・統合生物学委員会合同 生物学分野の参照基準検討分科会、2013年10月。
- [5] 日本学術会議、報告『大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準：経済学分野』、経済学委員会 経済学分野の参照基準検討分科会、2014年8月。
- [6] 日本学術会議、報告『大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準：地域研究分野』、地域研究委員会 地域研究基盤整備分科会、2014年9月。
- [7] 日本学術会議、報告『大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準：歴史学分野』、史学委員会 史学分野の参照基準検討分科会、2014年9月。
- [8] 日本学術会議、報告『大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準：政治学分野』、政治学委員会 政治学分野の参照基準検討分科会、2014年9月。
- [9] 日本学術会議、報告『大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準：地理学分野』、地域研究委員会・地球惑星科学委員会合同 地理教育分科会、2014年9月。
- [10] 日本学術会議、報告『大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準：文化人類学分野』、地域研究委員会 人類学分科会、2014年9月。
- [11] 日本学術会議、報告『大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準：社会学分野』、社会学委員会 社会学分野の参照基準検討分科会、2014年9月。
- [12] 日本学術会議、報告『大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準：心理学分野』、心理学・教育学委員会 心理学分野の参照基準検討分科会、2014年9月。
- [13] 日本学術会議、報告『大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準：地球惑星科学分野』、地球惑星科学委員会 地球惑星科学大学教育問題分科会、2014年9月。
- [14] 日本統計学会75周年事業委員会、『21世紀の知識創造社会を支える統計科学とその周辺』、2006年。
- [15] 日本学術会議、提言『ビッグデータ時代における統計科学教育・研究の推進について』、数理科学委員会 数理統計学分科会、2014年8月。
- [16] 統計関連学会連合 理事会・統計教育推進委員会、統計教育大学間連携ネットワーク 質保証委員会、『統計学の各分野における教育課程編成上の参照基準』、2014年8月。

- [17] 筑波大学大学院ビジネス科学研究科・青山学院大学大学院国際マネジメント研究科・同志社大学大学院ビジネス研究科、平成 17-18 年度法科大学院等専門職大学院形成支援プログラム「ビジネススクール教育の質保証システム開発」最終報告書、2007 年 3 月。
- [18] 日本学術会議、提言『ビッグデータ時代に対応する人材の育成』、情報学委員会 E-サイエンス・データ中心科学分科会、2014 年 9 月。
- [19] National Science Foundation, Report: International Assessment of the US Mathematical Sciences (Odom Report), 1998年。
- [20] 閣議決定、「科学技術イノベーション総合戦略 2015」、2015 年 6 月。

## <参考資料 1> 数理科学委員会統計学分野の参照基準検討分科会審議経過

平成 26 年

- 11 月 21 日 日本学術会議幹事会 (第 205 回)  
分科会設置
- 12 月 26 日 日本学術会議幹事会 (第 206 回)  
委員の決定

平成 27 年

- 1 月 16 日 統計学分野の参照基準検討分科会 (第 1 回)  
日本学術会議の分野別参照基準の考え方の確認、統計学分野の参照基準の基本的な方針に関する議論
- 2 月 24 日 統計学分野の参照基準検討分科会 (第 2 回)  
統計学分野の参照基準の章立て、役割分担の決定
- 4 月 17 日 統計学分野の参照基準検討分科会 (第 3 回)  
統計学分野の参照基準の素案の検討
- 5 月 21 日 統計学分野の参照基準検討分科会 (第 4 回)  
統計学分野の参照基準の素案の検討
- 7 月 9 日 統計学分野の参照基準検討分科会 (第 5 回)  
シンポジウムをふまえての分科会案のとりまとめについて
- 9 月 1 日 統計学分野の参照基準検討分科会 (第 6 回)  
分科会案の承認
- 10 月 1 日 数理科学委員会 (第 2 回)  
分科会案の承認
- 11 月 27 日 大学教育の分野別質保証委員会 (第 4 回)  
報告「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準統計学分野」について承認

## ＜参考資料２＞ 公開シンポジウム「学士課程教育における統計学分野の参照基準を考える」

日時 平成27年7月9日（木）13:30～17:10

会場 日本学術会議 講堂

主催 日本学術会議数理科学委員会統計学分野の参照基準検討分科会

後援 統計関連学会連合、日本数学会、日本応用数理学会

司会 田栗正章

（日本学術会議連携会員、日本学術会議数理科学委員会統計学分野の参照基準検討分科会副委員長、  
千葉大学・大学入試センター名誉教授）

開会挨拶 13:30～13:40 竹村彰通

（日本学術会議連携会員、日本学術会議数理科学委員会統計学分野の参照基準検討分科会委員長、  
東京大学大学院情報理工学系研究科教授、滋賀大学データサイエンス教育研究推進室長）

基調報告 13:40～14:00 北原和夫

（日本学術会議特任連携会員、日本学術会議大学教育の分野別質保証委員会委員、東京理科大学大学  
院科学教育研究科教授、東京工業大学・国際基督教大学名誉教授）

「学術会議の分野別参照基準の考え方」

部会報告 14:00～14:40 竹村彰通（統計学分野の参照基準検討分科会委員長）

「統計学分野の参照基準案について」

講演 14:40～15:10 須江雅彦（総務省統計研修所所長、統計情報戦略推進官）

「社会のためのデータサイエンス力の高い人材育成」

休憩 15:10～15:30

パネルディスカッション 15:30～17:00

パネリスト

岩崎 学（成蹊大学理工学部教授）

大橋靖雄（中央大学理工学部教授）

須江雅彦（総務省統計研修所所長、統計情報戦略推進官）

竹村彰通（統計学分野の参照基準検討分科会委員長）

田辺隆人（株式会社NTTデータ数理システム取締役）

森田康夫（日本学術会議第三部会員、東北大学高度教養教育・学生支援機構総長特命教授、東北大  
学名誉教授）

総括討論 17:00～17:10 田栗正章（統計学分野の参照基準検討分科会副委員長）

（肩書はシンポジウム開催時のもの）

## <付録>統計学の歴史

統計学には、ものを数え上げて整理する側面と、その結果に基づいて対象とする現象の背後にある構造を解明しようとする側面がある。これを歴史的に見てみると、最も古い統計資料は、木に刻みつけられた原始人の印であり、史実に残っている古い統計記録としては、紀元前31世紀頃古代エジプトでピラミッド建設のために行われた統計調査などがある。このような古代の統計は、基本的にはすべての人やものを数え上げることであり、為政者が国力の現状を把握して課税や徴兵のために役立てることが、その主たる目的であった。

16世紀に入り、ヨーロッパでは、国家状況の系統的・体系的記述を目的とした国状学が發展し、17世紀半ばにはドイツ大学統計学派により、国状学（国勢学）は学問的に整備された。それは、国家の安寧に関わる顕著事項を記述するという、今日の公的統計の内容に近いものであった。

一方イギリスでは、1662年にグラントが「死亡表に関する自然的及び政治的諸観察」を著し、市販の莫大な量の死亡明細を数枚の表に縮約した。そして、それらから自然に導かれる観察結果を、いくつかの簡潔な箇条書きに要約し、種々の病気による相対死亡率や、ロンドンの都市部と田園部に分けた人口増加率のような有用な結果を導き出している。このようにグラントは、「統計」が単なる数え上げではなく、大量のデータを要約して有用な情報を抽出し、それから自然的・社会的法則を発見し、将来の指針を決定できるという統計学の考え方の有用性を実証して見せたのであり、これが近代統計学の始まりと考えられる。

ここで、不確実性の認識の歴史的变化について考えてみる。有史以来、すべての自然現象は曖昧なものではなく、前もって決定された特質を持っていると考えられてきた。それは、少なくとも原理的には、世界におけるあらゆる認知がこれらの法則から演繹され、またこのような法則を発見できる可能性を信じることを意味していた。

しかし、自然についての決定論的法則に対する探求は、論理的にも実際的にも困難を伴うことが、19世紀の中頃に表面化したため、これにかわるべき、偶然性のメカニズムに基づいたモデルに関する研究が開始された。具体的には、三つの重要な發展が、相異なる研究分野でほぼ同時期に起こったが、それらはケトラーの社会学及び生物学の現象記述のための確率論の使用、メンデルの偶然性の技法を導入した遺伝法則の定式化、及びボルツマンの熱力学の第2法則の統計学的解釈である。これらはいずれも、自然界においては偶然性が本質的に伴うものであるという前提に基づくものである。

このような、統計的法則が決定論的法則にとってかわるという考え方には抵抗が大きかったが、次第に「自然界には、本質的に不確実性が存在し、このため確率論的な言葉で表現される自然法則を必要としている」との考え方が受け入れられるようになってきた。

19世紀になってからは、統計学はデータの解釈のための方法として、また意思決定のためにデータから情報を抽出する方法として、新しい意味をもち始めた。国家運営に必要な公的統計の作成を進化させるとともに、人間集団の社会的・経済的特性の予測、政府が採

用した法制の影響、社会福祉の推進の政策決定、破局的な結果に対する保険契約システムの開発、等々の問題における最大の障害は、不確実性である。すなわち、原因と結果との間の一対一対応が欠如していることである。

統計学は、このような不確実性の下において、賢明な意思決定を行うための科学として発展してきた。

次に、近代以降において、統計学が果たしてきた歴史的役割について概観する。1809年ガウスは、天文学に関わる観察研究を契機に「誤差論」を公表し、計測誤差のあるデータへのモデル当てはめの方法としての最小二乗法を提案し、それが線形推定量としては最良であること、誤差分布としての正規分布の優れた性質を明らかにし、今日の線形推測論の基礎を確立した。ベルギーの天文学者・数学者であるケトレーは、1835年に著書「人間について」を刊行し、人間に関する現象の中に法則を発見するためには多くの数を観察すべきであることを主張した。また平均の重要性を唱え、犯罪数や犯罪割合に関する社会的法則などを発見し、統計学が社会にとって有用であることを示した。この頃から、各国において定期的な国勢調査が行われるようになり、国政レベルでも、統計学の果たすべき役割は大きくなっていった。

ケトレー以降の近代統計学の流れの中では、まず経済学と計量生物学が統計学の主要な対象分野であった。

ゴルトンは相関や回帰の概念を提唱し、現在記述統計学とよばれている分野の礎を築くと共に、1883年に複雑な事実を要約し合理的討論を支援する「統計科学」の創生を提案した。これを受けてカール・ピアソンは、個々の現象の時間順序・関連性の詳細な観察、その種のデータの総合により現象に適切な経験法則を付与、その経験法則の妥当性の検討、必要に応じて事実を分類するといった実証科学に必要なプロセスを提案し、1892年にこのプロセスを「科学の文法」と名付けた。このプロセスを支援する記述統計学的方法としてのヒストグラム、標準偏差、相関図（散布図）、相関係数を提案した。更に、カール・ピアソンは、1893年にはモーメント法を1900年にはカイ二乗適合度検定を提唱し、記述統計学と推測統計学を結びつけようとした。これらの統計的方法は、計量生物学（生物統計学）の創生に直接寄与した。また、1904年には計量心理学の創生など計量科学の20世紀以降の創生に繋がった。統計的方法は、その後様々な科学の発展に大きく寄与した。

1899年にギネスビールに入社したゴセットは、自社のビールの生産性と品質の改善のために1908年に $t$ 分布を発見し、その後7年間にわたりギネスでは $t$ 統計量に基づく最適化活動が行われた。しかし、この論文は、その後多くの革新的な統計理論を生み出す源にもなった。推測統計学の発展は、1920～30年代におけるロザムステッド農事試験場におけるフィッシャーの研究に端を発している。フィッシャーは、最尤法の発展などに貢献した。この頃、コルモゴロフにより公理的確率論が提唱され、その後の統計理論の発展に大きな影響を与えた。また、ネイマンやエゴン・ピアソンは、仮説検定や信頼区間の理論を確立し、現代統計学の発展に寄与した。これらの理論研究は、抜き取り検査や標本調査といった応用研究とほぼ併行して行われていた。これらの研究は、ワルドに引き継がれ、逐次推論や統計的決定理論へと発展した。統計的決定理論、サベイジらが復興したベイズ統計学

との融合を通じて、現在にいたるまで、多くの分野で大きな役割を果たしてきた。

また、フィッシャーは、系統誤差が蔓延する実験環境の中で如何に効率的に要因効果を検出するかという問題意識の下、実験の繰り返し、要因割付けの無作為化、ブロッキングといった計画技法とデータ解析（分散分析）からなる実験計画法を1930年代に確立し、農業実験に適用した。特に、無作為化は実験環境に存在する系統誤差を偶然誤差に変換し、実験データへの統計モデル適用を可能にした。フィッシャーの実験計画法は、1948年にヒルにより新薬の有効性を評価する臨床試験に適用された。この無作為化比較臨床試験による新薬評価は、アメリカでは1963年以降、日本では1970年以降、新医薬品開発の規制要件となり、1990年代には日米欧三極で医薬品開発に必要な統計的実験の指針が合意された。

一方、1930年代以降、生産性や品質の改善のための産業界における統計的方法の活用が農業分野以外でも盛んとなってきた。1931年ベル研究所のシューハートは、管理図法など統計的品質管理に関するパイオニア的著作を発表し、1939年には管理の3成分として、Plan, Do, Checkのサイクルを提案する。シューハートの影響を受けたデミングは、1950年に、日本の産業界に対して統計的品質管理に関する講義を行うとともに、我が国産業界の品質管理活動を支援した。デミングの我が国における活動の中で生成されたのが、マネジメントのサイクルとしてのPDCAサイクルである。我が国産業界では、1950年代以降統計的課題解決による改善活動が盛んになった。この中で課題解決型QCストーリー（テーマの選定、計画の立案、現状把握、目標の設定、要因解析、対策の立案、効果の確認、歯止めと標準化）と呼ばれる統計的改善活動の標準シナリオが創生されると共に、QCストーリーを支援するQC7つ道具（層別、パレート図、特性要因図、ヒストグラム、散布図、チェックシート、管理図）と呼ばれる基本的な記述統計的方法が、産業界の現場の隅々に事実上の標準として浸透し、戦後の復興と我が国の高度成長を支えた。これらの活動はKAIZENという用語を世界に広めることとなった。1990年以降、海外も急速に日本が成功した改善活動の体系化と製造業以外の分野への浸透を図っている。その中でもっとも有名なのがシックスシグマ活動であり、QCストーリーに当たる課題解決シナリオは、DMAIC(Define, Measure, Analyze, Improve, Control)と呼ばれるものに変容している。QCストーリーに類似した課題解決シナリオとしては、英連邦圏が初等・中等数学教育に導入したPPDAC (Problem, Plan, Data, Analysis, Conclusion)サイクルも著名であり、我が国の初等・中等教育にも影響を及ぼしつつある。

20世紀中盤は、推測統計学の発展が著しかったが、1962年テューキーは、データ解析という概念を提唱した。テューキーは、その後1970年代にかけてベル研究所と共に探索的データ解析、仮説の検証ではなく、仮説をデータから探索することを目的とする統計学を発展させるとともに、その支援を行うソフトウェアの開発を推進した。この中で、データをさまざまな角度から眺め、データの特徴・特異性を見いだすことの重要性を指摘した。この考え方及び提唱された手法は、その後のコンピュータ特にグラフィックスの発展と相まって、データ解析ないしはデータマイニング、機械学習における統計学の役割の重要性を認識させるものであった。20世紀後半から現在まで、計算機志向型統計学、稀な現象の解析、非常に高次元なデータの解析、など統計学はさらに新たな方向に発展を続けている。