

# 統計学分野の教育課程編成上の参照基準

平成 22 年 8 月 20 日

統計関連学会連合 理事会  
同 統計教育推進委員会

## 参照基準 策定者

(役職は 2009 年度時点)

### 統計関連学会連合理事会

理事長	美添 泰人	日本統計学会	青山学院大学
理事	椿 広計	応用統計学会	統計数理研究所
	渡辺 美智子	応用統計学会	東洋大学
	白旗 慎吾	日本計算機統計学会	大阪大学
	水田 正弘	日本計算機統計学会	北海道大学
	大橋 靖雄	日本計量生物学会	東京大学
	佐藤 俊哉	日本計量生物学会	京都大学
	菊地 賢一	日本行動計量学会	東邦大学
	山岡 和枝	日本行動計量学会	国立保健医療科学院
	岩崎 学	日本統計学会	成蹊大学
	狩野 裕	日本分類学会	大阪大学
	馬場 康維	日本分類学会	統計数理研究所

(学会名 50 音順)

### 統計教育推進委員会

委員長	田栗 正章	応用統計学会	大学入試センター
委員	水田 正弘	日本計算機統計学会	北海道大学
	折笠 秀樹	日本計量生物学会	富山大学
	山口 和範	日本行動計量学会	立教大学
	渡辺 美智子	日本統計学会	東洋大学
	林 篤裕	日本分類学会	九州大学
	今泉 忠	連合理事会	多摩大学
	岩崎 学	連合理事会	成蹊大学
	岡太 彬訓	連合理事会	多摩大学
	竹村 彰通	連合理事会	東京大学
	田村 義保	連合理事会	統計数理研究所
	椿 広計	連合理事会	統計数理研究所

(学会名 50 音順)

### 協力者

大森 裕浩	東京大学
角間 辰之	久留米大学
鈴木 和幸	電気通信大学
柳井 晴夫	聖路加看護大学

(氏名 50 音順)

## 要 約

21 世紀の知識創造化社会において、統計学は多くの分野で役立つと認識されるようになった。特に、コンピュータの急速な進展に伴う技術革新が目覚ましい社会においては、複雑で大規模なデータや非線形でダイナミックな現象に対処可能な、新たな統計学を創成する必要がある。

現代社会におけるこれらの重要な課題に対処するため、諸外国においては研究者育成のための統計教育システムはもちろんのこと、初等教育段階からの広汎な統計リテラシー涵養のための教育システムも整備されつつある。

これに対して、現時点での日本の統計教育のシステムは、極めて脆弱と言わざるをえない。しかし、平成 20～21 年に公表された新学習指導要領では、小学校 3 年生の「算数」から高等学校の「数学 B」までの、各学年で履修する“統計”の内容は、履修の順序や“確率”との関係も含めて、かなりよく考えて策定されている。したがって、それとの円滑な接続を図るためにも、高等教育段階における統計教育について検討を行い、統計関連学会連合として一定の基準を示すことは、喫緊の課題である。そこでここでは、大学の学士課程における統計教育について考えるが、初等・中等教育や大学院教育との接続についても考慮しながら検討を進める。

近年の、不確定性を伴う複雑で大規模な情報に対処する素養を育成するためには、教養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等について考える必要がある。そこで、これらの教育における「統計学分野の教育課程編成上の参照基準」（以下、「参照基準」）を策定する。

さて、ここで考える「参照基準」とは、“各大学の教育課程編成に当たって、学生に求める価値観・倫理観や基本的な素養（知識・能力・スキル）を教育目標として定め、そのために必要な学習内容・学習方法を具体的に検討する際に参照されるべき基準”と考える。その際、統計学分野に関連する具体的な職業生活を想定し、それを支える基礎を如何に培うかという観点も視野に入れて検討を行う。

統計学は分野横断的な性質を有しており、近年では程度の差こそあれ、どの学術分野においても必須の学問になりつつある。また、社会においても、統計学はさまざまな分野で貢献している。このような状況を考慮し、「参照基準」の策定に際しては、大学基礎科目や統計学を専門とする課程に対する基準だけでなく、統計学に関わりをもつ分野における「参照基準」も策定する。

また、参照基準の具体的な構成要素については、統計教育の分野の広汎性や、現行の統計教育システムの脆弱性等を考慮し、ある程度具体的に示すことが必要かつ有益と考えた。具体的には、(i) 当該分野の理念、(ii) 到達目標（身に付けるべき知識・能力・スキル）、(iii) 目標を達成するための教育内容・評価方法の例、の 3 項目とする。

本「参照基準」は、次のような構成になっている。まず第 1 節では、策定に際しての基本的考え方をまとめた。第 2 節では、参照基準の基礎となる“統計学の考え方・ポイント”について記述した。すなわち、“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”ことを述べた。そして、演繹的論理のみの教育、データの記述の域を出ない教育では十分ではないことを述べた。最後の第 3 節は、統計学に関わりをもつ 8 つの分野に焦点をあて、上述した 3 項目からなる「参照基準」を与えた。ここで、8 つの分野とは、1. 大学基礎科目分野、2. 心理学・教育学分野、3. 経済学分野、4. 社会学分野、5. 経営学分野、6. 数理科学分野、7. 工学分野、8. 医学・薬学分野、である。

この「参照基準」は、各大学・大学院の教育課程編成の際や、社会での各種教育プログラムのデザイン・実施・評価の際、また統計の各分野の学位が表象する性質・基準について知りたいと思っただけの際等に、有効に活用できるものと考えている。

# 目 次

1. 「統計学分野の教育課程編成上の参照基準」策定に際しての基本的考え方 .....	1
2. 統計学の様々な分野における参照基準の基礎となる“統計学の考え方・ポイント” .....	3
3. 統計学の各分野における教育課程編成上の参照基準について .....	4
3.1 大学基礎科目としての統計教育の参照基準.....	4
3.2 心理学・教育学分野における統計教育の参照基準.....	6
3.3 経済学分野における統計教育の参照基準.....	8
3.4 社会学分野における統計教育の参照基準.....	10
3.5 経営学分野における統計教育の参照基準.....	12
3.6 数理科学分野における統計教育の参照基準.....	14
3.7 工学分野における統計教育の参照基準.....	16
3.8 医学・薬学分野における統計教育の参照基準.....	18

## 1. 「統計学分野の教育課程編成上の参照基準」策定に際しての基本的考え方

21世紀の知識創造化社会において、統計学は、データの収集・情報の抽出・帰納的推論・科学的決定等を必要とするあらゆる分野で役立つと認識されるようになり、急速な発展を遂げつつある。特に、20世紀後半からのコンピュータの急速な進展に伴う技術革新が目覚ましい社会においては、ゲノムデータ・画像データ・自然／人工災害データのような、複雑で大規模なデータを解析するための新たな統計学を創成する必要がある。さらに、病気の診断／予後予測・金融工学等の問題に対しては、非線形でダイナミックな現象に対処可能な方法を開発する必要もある。

これらの問題は現代社会における重要な課題であり、諸外国においては活発に研究が行われている。また、そのために必要となる研究者育成のための統計教育システムはもちろんのこと、初等教育段階からの統計リテラシー涵養のための教育システムも整備されつつある。すなわち、多くの諸外国においては、社会における統計的考え方・公的統計の重要性や、統計分析の必要性が広く認知されている。

これに対して日本では、生命科学や経営学等の分野において顕著のように、現時点での統計教育のシステムは極めて脆弱と言わざるをえない。このような状況を打開するためには、初等教育から高等教育に至るまでの統計教育を一貫して考え、そのために必要な教育システムを整備することが喫緊の課題である。ここでは、大学の学士課程における統計教育について考えるが、初等・中等教育や大学院教育との接続についても考慮しながら検討を進める。

さて、ここで言う「統計学分野の教育課程編成上の参照基準」（以下、「参照基準」）とは、“各大学の教育課程編成に当たって、学生に求める価値観・倫理観や基本的な素養（知識・能力・スキル）を教育目標として定め、そのために必要な学習内容・学習方法を具体的に検討する際に参照されるべき基準”と考える。参照基準の具体的な構成要素については下で述べるが、“基本的な素養”については、統計学分野に関連する具体的な職業生活を想定しながら、職業人として具備すべき専門知識や倫理等も含めて、長期にわたる職業生活を支える基礎を如何に培うかという観点も視野に入れて、参照基準の策定を行った。

このような基本的な考え方に基づいて策定された「参照基準」は、各大学・大学院の教育課程編成の際に参照してもらうことはもちろんであるが、社会における各種の教育プログラムのデザインや、その実施・評価に関わる人々の役に立てってもらうことも企図している。また、これから大学で学ぼうとする人々や、卒業生を雇用しようとする人々が、専門分野の学位が表象する性質と基準について知りたいと思った場合にも、役に立つと思われる。しかしこれは、教育課程編成における各大学の自主性・自立性を縛るものではなく、各大学はそれぞれの考えに基づいて取捨選択を行うことが重要である。

「参照基準」の策定は、基本的には、以上のような考え方に基づいて進められた。しかし、統計学分野に関しては、他の多くの学術分野とは多少異なる要素を考慮する必要がある。周知のように、統計学は分野横断的な性質を有しており、特に近年のグローバル化社会・情報化社会においては、程度の差こそあれ、どの学術分野においても必須の学問分野になりつつある。さらにまた、社会の中においても、統計学はさまざまな分野で貢献している。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り、また製薬会社には、professional biostatisticianを置くことが要請されている。

このような状況に鑑みた場合、統計学分野の「参照基準」は、大学学士課程における教育課程編成の範囲内で考えるだけでは不十分であり、上述したように大学院や社会との接続を念頭に置いた「参照基準」を策定する必要がある。また、学士段階における教育課程編成のための「参照基準」の策定についても、大学基礎科目や統計学を専門とする課程に対する基準だけでなく、統計学に関わりをもつ分野における「参照基準」を策定する必要がある。

以上をふまえて、第3節では、大学基礎科目としての統計教育に加えて、統計学とかなり深い

関わりをもつと考えられる人文科学、社会科学、自然科学の各分野における教育課程編成のための「参照基準」を策定した。具体的には、次の分野についての基準を策定したが、これ以外にも、例えば理学一般、環境科学、農学のように、統計学と関係が深い重要な分野もある。

1. 大学基礎科目分野
2. 心理学・教育学分野
3. 経済学分野
4. 社会学分野
5. 経営学分野
6. 数理科学分野
7. 工学分野
8. 医学・薬学分野

また、参照基準の具体的な構成要素については、以下のような項目とした。ここで、統計教育の分野の広汎性や、現行の統計教育システムの脆弱性等を考慮した場合、学習内容はある程度具体的に示すことが必要かつ有益と考えたため、かなり具体的な例示を取り入れている。

- (i) 当該分野の理念
- (ii) 到達目標（身に付けるべき知識・能力・スキル）
- (iii) 目標を達成するための教育内容・評価方法の例

なお、統計調査や実験により収集された情報の保護についての倫理規定（特に人間を対象として取得したデータの利用規程等）、これらの情報の二次的利用のためのデータ提供についての倫理規定、統計法の統計情報保護に関する規定等については、それぞれの分野において、適切に教育される必要がある。

## 2. 統計学の様々な分野における参照基準の基礎となる“統計学の考え方・ポイント”

現代社会においては、統計的なものの考え方や統計分析の手法が極めて重要となっている。すなわち、近年の情報化社会においては、我々はさまざまな不確実性に直面するため、多くの統計的判断を行うことが必要となる。つまり、我々はさまざまな場面において、リスクを最小にする迅速な決断を迫られることが少なくない。これに対処するためには、「読み、書き、ソロバン（計算）」に加えて、一人一人が統計的な考え方（統計リテラシー）をもつことが不可欠である。

このような素養を涵養するためには、初等・中等教育段階から現実のデータに日常的に接し、不確実性の概念について繰り返し訓練することによってはじめてその感覚が養えるものである。すなわち、実際のデータを素材に、教科横断的にそれを十分活用するような教育が行われる必要がある。平成21年3月に公表された新たな高等学校学習指導要領においては、必修科目の「数学Ⅰ」に“データの分析”という項目が規定されている。また、この準備のために、小学校では“数量関係”の領域の中で第3学年から、また中学校では“資料の活用”の領域の中で“統計”の学習を行うことが、それぞれの学習指導要領に規定されている。

このように、今回公表された新学習指導要領では、小学校3年生の「算数」から高等学校の「数学B」までの、各学年で履修する“統計”の内容は、履修の順序や“確率”との関係も含めて、かなりよく考えて策定されている。これは、“統計的素養”が現代に生きる者にとって必須のリテラシーであることが認識されつつあることの現れと考えられよう。

では、高等教育段階における統計教育はどうあるべきだろうか。近年の複雑な大規模情報に対処する素養を育成するためには、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等について考える必要がある。これらはいずれも大学・大学院で行われるべき教育である。現状では、自然科学や工学をはじめ人文科学・社会科学等の研究者が、必要に応じて教育を行っているが、その内容は多様で、必ずしも十分な統計教育が実施されているとはいえない。この解決のためには、統計学の専門家が、それぞれの分野の研究者と連携して教育にあたるのが重要である。

さて、統計学の考え方の大きな特徴は、その科学的推論の第一段階において、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である。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誤りによる損失を最小にするような規則を見つけ出す（不確実性の数量化）。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てしまった段階からは、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。

このように、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。しかるに現在の大学における統計教育では、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しか行われていない例が少なくなく、統計学の本質をよく理解した教育・研究者による教育が必要とされている。

以上、大学の学士課程における教育課程編成のための「参照基準」策定の基礎となる“統計学の考え方・ポイント”について述べてきたが、最後に社会における統計教育について、簡単にふれておく。まず、前述した社会に対する統計リテラシー教育のためには、新聞・テレビ等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できる記者・科学コミュニケーター等の育成が必要であり、大学教育においてもこのことを意識すべきである。次に、もう1つの社会に対する広い意味での統計教育は、産官学の全分野の研究者との共同研究・技術開発である。第1節の冒頭で述べたように、統計学はかつてないほどの広がりを見せており、社会のあらゆる分野において統計学の重要性は今後ますます増大すると考えられるが、このための方法論を提供することは統計学の使命である。

### 3. 統計学の各分野における教育課程編成上の参照基準について

#### 3.1 大学基礎科目としての統計教育の参照基準

##### 3.1.1 当該分野の理念

統計学は、自然科学、人文科学、社会科学さらには生命科学のあらゆる学問領域において、データに基づく実証研究を科学的に行うための学問体系である。仮説の発見・構築や検証のための調査、実験、観察研究の過程で得られるデータに基づいて正しく推論を行う力は、すべての学問分野で必要とされている。科学技術創造立国を目指すためには、科学教育・数学教育・情報教育を強化すべきであるが、これら3つに共通して必要であるものが統計教育である。そこで、大学基礎科目としての統計教育においては、調査・実験によりデータ収集を行う際の計画を適切に立て、データから有用な情報を正しく取り出し、現状の特性をまとめると同時に新知見獲得の契機を見出すという統計的思考力の育成が重要である。この際、諸専門科目への円滑な接続に配慮する必要がある。

##### 3.1.2 到達目標(身に付けるべき知識・能力・スキル)

どの学部においても、基礎科目としての統計学習得においては、身近な現実のデータを取り上げ、それを基にまず課題や問題を正しく理解する必要がある。そして、標本調査・実験・観察研究の基礎知識をもって、適切なデータ収集方法、データの基本的なまとめ方や表現方法を活用できる能力が求められる。そのためには、母集団と標本、標本誤差の知識や不確実な事象の起こりやすさを表わす確率(分布)の知識の習得も求められる。このような到達目標のためには、次のような能力が必要である。

- ・ 統計学の役割と公的データの活用能力
- ・ 記述的統計解析スキル
- ・ 推測的統計解析スキル
- ・ 統計解析の結果判断能力と分析スキル

以下に、それぞれの項目について具体的に述べる。

##### (1) 統計学の役割と公的データの活用能力

統計学の歴史やこれまでの社会的役割を概観し、現在の統計学の役割と統計学を学ぶ意義を理解する。また、民主的な社会における情報基盤としての公的統計に関する調査の重要性を理解する。統計データ活用のために公開されている統計データを正しく読み取り、さらには2次的に活用できる能力を養成する。

##### (2) 記述的統計解析スキル

このスキルを身に付けるための学習アプローチとして、データの構造を理解するために有用な記述的アプローチの大枠を理解する。まず、基本的な分布の概念を理解し、不確実性を伴う現実の事象をデータのばらつきで捉え、ばらつきを分布で特徴付けるための一連の技法(ヒストグラムや箱ひげ図、散布図、時系列グラフ等の統計グラフ、さらに各基本統計量の概念)とその活用方法を理解する。

##### (3) 推測的統計解析スキル

推測的スキル習得のためのアプローチでは、まず、標本と標本誤差の概念を身につけ、推測統計の仕組みとその役割を理解する。特に、標本調査における無作為標本の意義、実験計画における無作為化の意義を理解する。さらに、因果への言及に必要な条件や観察研究における交絡の問題を理解する。

##### (4) 統計解析の結果判断能力と分析スキル

上記の知識・能力を基に、他者が作成した統計や統計グラフ、統計を活用した報告について、情報を適切に読み取る力を身に付ける。特に、種々の情報が氾濫する現代の社会生活におい

て、統計的知識に基づいて各自がより賢い情報の取捨選択と判断を行うことにより、自身の行動をリスク管理する力を養成する。コンピュータによる実データの分析スキルや、乱数を使用した簡単なシミュレーション実施スキルも身に付けることが望ましい。

### 3.1.3 目標を達成するための教育内容・評価方法の例

大学基礎科目としての統計教育については、以下の内容を目安とする。

#### ① 統計学の歴史、役割、公的統計

社会における統計の活用事例を紹介しながら、統計学の歴史とその役割を示す。そのうえで、学生が統計を学ぶ意義を理解するとともに、学習のためのモチベーション向上を図る。また、統計調査への参加の意義や国勢調査をはじめとする公的統計への参加の重要性を認識する。

#### ② 興味ある事例紹介、公的統計データの紹介と活用

マスコミの世論調査、製造業を中心とした品質管理、臨床研究における推測統計の事例に加え、マーケティング・スポーツ・自然現象等学生が関心をもちやすい事例を紹介することが望ましい。また、国や地方公共団体が作成している統計データを紹介し、必要に応じ2次的に学生が活用できるようにする。

#### ③ 記述的統計解析法

データにおけるばらつきの概念を紹介し、そのうえで記述的アプローチによる手法を中心とした統計的手法の役割を学習する。具体的な記述統計的手法の内容としては、下記のものを含むものとする。

度数分布表、棒グラフ、ヒストグラム、基本的な分布、箱ひげ図、散布図、時系列グラフ、平均値、中央値、最頻値、分散、標準偏差、四分位点、範囲、四分位範囲、

変動係数、ジニ係数、歪度、尖度、相関係数、回帰直線

上記内容については、計算方法よりはその活用方法や活用の際の留意点を中心として教授し、他者の統計利用方法に対する批判的分析力の向上を重視する。また、実データによる事例を用い、統計の現実感を実感できる内容とすることが重要である。

#### ④ 推測的統計解析法

推測的アプローチに関しては、標本調査や実験における推測の流れを紹介し、実際に実験等を通してその役割と基本的考え方を示す。特に、標本分布の概念の理解を通じ、標本誤差についての正しい理解を促す。また、区間推定や統計的検定の仕組みを紹介し、そこにおける誤差や誤り（過誤）のコントロール方法を示す。さらに、予測の手法としての単回帰モデルについて説明する。

#### ⑤ 解析結果の解釈、実データの分析

因果についての考察を行う際の注意点と、観察研究の限界を紹介し、無作為化実験の意義を示す。この際、実例を使いながら交絡の概念を理解させることが望ましい。

#### ⑥ 実データのコンピュータを活用した分析実習

統計的手法や概念の理解を促進するため、上記の③、④、⑤に対しては、コンピュータを活用した実データの分析と結果のグループ討議の機会をできるだけ設けることが望ましい。

#### [評価方法]

大学基礎科目としての統計教育において育成すべき能力を評価するに当たっては、上記の教育内容に関する理解をレポート、試験等で評価する。

## 3.2 心理学・教育学分野における統計教育の参照基準

### 3.2.1 当該分野の理念

心理学・教育学関連の学部においては、観察対象である個人の行動傾向の観測データ・刺激への反応測定データ・学習記録データに基づいた統計解析や統計モデルの構築が要請される。

心理学分野では、人間のさまざまな場面における反応や行動傾向を規定する要因の理解・評価や、その解明のための統計解析や、因果関係を明らかにするための統計解析が求められる。特に、計量心理学や認知心理学では、実験を計画し、データを収集し、統計分析することが求められる。

教育学分野における統計の活用は、心理学の場合ときわめて類似している、特に、教育心理学での学習や能力測定のためのテスト理論においては、統計解析が必要とされる。また、教育社会学・教育行政学では、地域に関するデータ・県別データ・世帯データ等の公的データを活用した統計解析が必要である。

人間の行動傾向や反応傾向に関する統計データの整備・充実が、人間が日々の生活を営み成長する上で大きなメリットとなることへの理解が進むことも重要である。

### 3.2.2 到達目標(身に付けるべき知識・能力・スキル)

統計解析能力を兼ね備えた、心理学または教育学関連学部の卒業生としてのセンスを有する人材は、心理学または教育学全般に関する知識、測定対象となる分野に関する知識、そして統計学に関する知識・統計解析能力が求められる。この到達目標のためには、次のような能力が必要である。

- ・ 測定対象への理解と、測定方法・測定水準および分析手法についての知識
- ・ 仮説構築、データ収集、多元的判断力を研究サイクルとして扱えるスキル
- ・ 教育学での古典的テスト理論と現代テスト理論の理解

以下に、それぞれの項目について述べる。

#### (1) 測定対象への理解と、測定方法・測定水準および分析手法

測定対象への理解と、測定方法・測定水準および分析手法への理解が重要であり、特に、測定している数値への理解が重要である。これについては、数値の分類としての量的変数と質的変数の区別が重要であり、それぞれに適用できるこの分野特有の分析手法を対応づけて理解する必要がある。例えば、点相関、級内相関係数、カイ2乗値、ノンパラメトリック検定等への理解と活用スキルが必要である。

#### (2) 仮説構築、データ収集、多元的判断力を研究サイクルとして扱えるスキル

帰納的アプローチによる仮説構築やモデル理解のための数理能力、データを扱える情報処理的能力、多次元的判断力等の習得が重要で、特に、事象の背後に潜む多次元的構造を探る能力が求められる。このための計量的な手法としては、反復測定を含む実験計画法、因子分析法、多変量ロジスティックモデルの理解とそれらの活用スキルが重要である。

#### (3) 教育学での古典的テスト理論と現代テスト理論の理解

教育学に関しては、さらに古典的テスト理論と現代テスト理論の理解が必要で、特に項目反応理論の理解が重要である。そのための基礎として、正規分布やロジスティック分布等の理解が重要である。

特に、近年では、量的研究に加えて、質的研究が重要となってきているので、そこでの統計的手法の適切な活用スキルも求められている。

### 3.2.3 目標を達成するための教育内容・評価方法の例

心理学・教育学分野における統計教育については、以下の内容を目安とする。

#### ① 探索的アプローチのためのデータ要約に関する統計手法

大規模なデータを要約して表現するためには、次の項目についての学習が必須である。

平均値、中央値、最頻値、相関係数(積率相関、ファイ相関、点相関、順位相関)、  
偏相関係数、級内相関係数

② 推測的アプローチのための推測統計の基礎

各種の確率分布や、標本平均等の標本分布に関する理解が必須である。項目としては、次のようなものが挙げられる。

2項分布、ポアソン分布、正規分布、カイ2乗分布、 $t$ 分布、 $F$ 分布、正規性の検定、平均値の差の検定、等分散の検定、相関係数の有意性検定、ノンパラメトリック検定(度数の差の検定等)

③ 仮説構築力育成のための実験計画法の基礎

項目としては、次のようなものがある。

分散分析、1元/多元配置、共分散分析

④ 多次元的判断のための統計解析法

質的変数も含む多次元データの分析に関する項目が重要であり、学習項目としては次のようなものが挙げられる。

相関係数行列、偏相関行列、主成分分析、重回帰分析、判別分析(2項ロジスティック分析)、多変量ロジスティックモデル(1母数、2母数、3母数)、因子分析、構造方程式モデル(共分散構造分析、パス解析、確証的因子分析)

⑤ 心理学分野と関係した統計的手法

比較判断の法則等の心理学的尺度構成法、学習・記憶/思考・問題解決学習の計量に関する認知心理学的方法、反復測定を含む分散分析、ベイズ理論とその応用

⑥ 教育学分野と関係した統計的手法

テストの信頼性、妥当性等を扱う「古典的テスト理論」と、項目反応理論や適応型テスト等を扱う「現代テスト理論」からなるテスト理論における統計手法の適切な理解が重要であり、学習項目としては、次のようなものが挙げられる。

真値、テストの信頼性、妥当性、妥当性と信頼性の関連、アルファ信頼性係数、級内相関係数、項目反応理論(1母数モデル、ラッシュモデル、2母数モデル、3母数モデル)、テスト特性曲線、情報関数、コンピュータテスト、一般化可能性理論、識別度、困難度、最尤推定、周辺最尤推定、フィッシャー情報量、ベイズ階層化モデル

[評価方法]

心理学・教育学分野の統計教育において育成すべき能力を評価するに当たっては、上記の教育内容に関する理解をレポート、試験等で評価する。

### 3.3 経済学分野における統計教育の参照基準

#### 3.3.1 当該分野の理念

経済学分野においては、刻々変化する経済の状況に関する情報を理解して、ミクロ・マクロの両面から経済社会を学ぶ必要がある。そのために、経済学分野における統計学は、ミクロ経済学やマクロ経済学といった経済理論と併せて主要な科目として位置づけられている。特に、経済分析のための統計的方法という側面が強調される際には「計量経済学」とよばれており、これは現実経済のデータを用いて経済理論の検証や経済予測を行うために必要不可欠なデータ・サイエンスである。また、過去と現在のデータから未来を予測しようとする経済時系列の統計分析も重要であり、特にファイナンスにおいては、金融時系列データを用いた資産選択やリスク評価・管理を行う計量ファイナンスとして重要な位置を占めている。このように、経済学では、基礎となる経済統計やデータを基に、説明・予測のため統計学を用いた帰納法推論が重要である。また、実証分析を行うための演習や分析のための統計学の数学的理論の学習も求められる。

#### 3.3.2 到達目標（身に付けるべき知識・能力・スキル）

経済学分野においては、マクロ経済指標・世論調査・金融時系列等における確率的変動を考慮したうえで、政策・景気判断・投資・経営に関連する意思決定や金融・保険におけるリスク管理・評価等を行うエコノミスト・人材の育成が強く求められている。このような到達目標のためには、次のような能力が必要である。

- ・ 経済データの活用と表現に関する能力
- ・ 事象の確率的な構造を理解する能力
- ・ 仮説検証能力
- ・ 統計ソフトウェアを活用した大規模データの計量経済分析の能力

以下に、それぞれについて述べる。

##### (1) 経済データの活用と表現に関する能力

さまざまな経済データ（官庁統計・金融統計等）に関する知識を習得し、十分に理解したうえで、数値および図を用いれば、時間的・空間的に相異なる複数の視点から経済の現状を要約できる。経済データには、さまざまな官庁統計や金融統計のデータがあり、それらがどのように作成されて何を記述しているかを理解することが、経済現象の理解とその適切な分析には必要である。近年では、さまざまな官庁統計のマイクロデータ（匿名データ）が公開されつつあり、このようなデータを扱う際の情報倫理的側面を含め、今後はこれまで以上に経済統計に関する正しい理解と、その活用能力が重要になってきている。

##### (2) 事象の確率的な構造を理解する能力

データを、確率的変動の伴う事象が実現する標本として捉えることにより、その確率的な性質・構造を記述したり、その構造の統計的な推定を行うことが可能となる。経済データを用いて経済理論に基づく仮説の検証や経済予測を行うためには、現実経済を経済理論に基づいて統計モデルとして抽象化できる能力が必要となる。

##### (3) 仮説検証能力

経済データを用いることにより、ミクロ的・マクロ的経済現象の背後にある構造に関する仮説や、経済理論から導かれる仮説に関する統計的な検定を行うことができる。統計的推定や仮説検定の理論は、測定誤差等の確率的な変動をもつ経済データから得られる統計モデルに関する情報・証拠を抽出するために、モデルと経済データとを結び付ける枠組みを提供する。そのためには、経済データから得られる統計モデルに関する情報・証拠を抽出することのできるスキルが必要となる。

##### (4) 統計ソフトウェアを活用した大規模データの計量経済分析の能力

ICT を活用して収集した大規模な経済データの計量経済分析は、統計ソフトウェアの利用な

くしては、ほとんど不可能である。現実の経済データを用いて統計的推定や仮説検定を行うためには複雑な計算が必要であり、ソフトウェアを駆使する方法を実習することで、さまざまな統計モデルを推定し、それに基づいた予測やシミュレーションが可能となる。

### 3.3.3 目標を達成するための教育内容・評価方法の例

経済学分野における統計教育については、以下の内容を目安とする。

#### ① 経済データの活用と表現手法

基礎的な統計理論に加えて、経済学に付随する国民経済計算や経済統計の内容として物価指数・ジニ係数等も含めた、次のような項目が挙げられる。

記述統計（母集団と標本、標本平均、中央値、分位点、標本分散、標本共分散、相関係数、散布図、時系列プロット、国民経済計算、ジニ係数、物価指数）

#### ② 事象の確率的な構造を理解するための方法

まず、基礎的な確率変数についての知識に関しては、次のような項目が挙げられる。

確率論（標本空間と事象、確率、条件付き確率、ベイズの定理）、確率変数と確率分布（分布関数、確率密度関数、期待値、分散、共分散、ベルヌーイ試行、2項分布、ポアソン分布、一様分布、正規分布、 $t$ 分布、カイ2乗分布、 $F$ 分布）

また、標本分布論、区間推定、仮説検定、モデルの検証に関しては、次のような項目が挙げられる。

標本分布論（標本平均の分布、大数の法則、中心極限定理）、推定（点推定、区間推定、信頼係数）、仮説検定（有意水準、検定力、適合度検定、独立性の検定）、回帰分析（最小2乗法、決定係数、重相関係数、回帰係数に関する仮説）

#### ③ 計量経済学に関連した方法

計量経済学と関連した項目としては、次のようなものが挙げられる。

重回帰分析（最小2乗法、多重共線性、ダミー変数、季節調整法）

#### ④ 発展的な内容

より進んだ学習項目としては、次のようなものがある。

回帰係数の線形制約に関する仮説検定、グレンジャー因果性検定、誤差項の相関と分散不均一性（仮説検定、一般化最小2乗法）、同時方程式モデル（構造方程式、誘導形、識別性、2段階最小2乗法）、パネルデータのモデル（固定効果、変量効果、ハウスマン検定）、質的変量モデル（最尤法、ロジットモデル、プロビットモデル）、切断回帰モデル、サンプル・セレクションモデル、ポアソン回帰モデル、継続時間分析、ベイズ・モデル、時系列分析、一般化積率法

#### ⑤ 統計ソフトウェアを活用した大規模データの計量経済分析

計量経済学に関連した内容や発展的な内容を習得するために、実データを取り上げ、計算統計学等の基礎知識を基に、コンピュータを活用する実習の機会を設けることが望ましい。

#### [評価方法]

経済学分野の統計教育において育成すべき能力を評価するに当たっては、上記の教育内容に関する理解をレポート、試験等で評価する。

### 3.4 社会学分野における統計教育の参照基準

#### 3.4.1 当該分野の理念

社会学系の学部においては、調査に基づくデータの収集とその後の分析が統計解析の基本となる。また、人や組織の行動や活動の観察記録からのデータに基づく統計解析もしばしば要請される。そこで、一般的な統計リテラシー教育に加え、調査に関する種々の事項、および観察研究による因果へのアプローチの方法とその限界を知ることが、この分野で優先して学習すべき内容となる。一方で、ICTの発展に伴う社会変容を評価するための実験として、無作為化実験に基づく評価研究も行われており、無作為化の役割を理解することも必要である。

現在、調査環境の悪化が多方面から指摘されているが、被調査者に調査の意義を理解してもらったり、調査実施者の調査実施に関する自覚等を促す意味でも、統計や調査に関する教育の充実が望まれている。同時に、調査における倫理についての教育を行うことも重要である。統計の充実が社会生活を営む上での大きなメリットになるとの理解が進むことが求められる。

#### 3.4.2 到達目標(身に付けるべき知識・能力・スキル)

社会学部においては、調査データに基づく統計解析ができる人材の育成が求められるが、そのための学部卒業時での到達目標としては、次の能力の習得が挙げられる。

- ・ 調査に関する基本的な事項についての知識
- ・ 具体的な問題解決のための統計解析スキル

以下に、それぞれについて具体的に述べる。

##### (1) 調査に関する基本的な事項についての知識

調査の意義、調査実施に関する事項、他者が実施した調査結果を批判的に読み取る能力が必要である。具体的には、無作為抽出の意義を知り、調査の設計から実施までの流れを理解することが求められる。統計理論に関しては、標本誤差を正しく理解し、調査結果に基づき正しい統計推測が行える能力が求められる。この際、連関・相関と因果の違いを正しく理解し、因果へのアプローチとしての無作為化について理解することが重要である。加えて、調査倫理についての理解も必要である。

##### (2) 具体的な問題解決のための統計解析スキル

統計的な知識、考え方、技能を、それぞれの関心分野における実際の問題あるいは実際に近い問題に適用し、問題の発見・明確化、問題解決方法の策定、得られた結果の検討等について、主体的に経験することを通して、それぞれの分野での統計の利用が会得できるようになることが重要である。できれば、何らかの調査の実施経験をもつことが望まれる。

またこの関連分野では、量的データのみならず、質的データも大きな比重を占めており、質的データの取り扱いや、分析方法の習得についても力を注ぐ必要がある。

#### 3.4.3 目標を達成するための教育内容・評価方法の例

社会学分野における統計教育については、目的に応じた統計調査の企画・設計・実施・分析・報告書の作成等の枠組みを理解できるようになる必要があり、以下の内容を目安とする。

##### ① 調査の基本的事項

調査の基本に関するもので、資料やデータの収集から分析までの諸過程に関する基礎的な事項を含む。具体的には、次のような項目が挙げられる。

社会調査の目的、調査方法論、調査倫理、調査の種類と実例、国勢調査等の官庁統計、  
学術調査・世論調査等の調査票調査の事例紹介

##### ② 調査設計と実施方法

調査によって資料やデータを収集し、分析しうる形にまで整理していく具体的な方法を習得する必要がある。具体的には、次のような項目が挙げられる。

調査目的と調査方法、調査方法の決め方、調査企画と設計、仮説構成、全数調査と標本調査、無作為抽出、標本サイズと誤差、サンプリングの諸手法、質問文・調査票の作り方、調査の実施方法（調査票の配布・回収法、インタビューの仕方等）、調査データの整理

### ③ 基本的なデータ分析

公的統計や簡単な調査報告・論文が読めるための基本的知識に関する内容の習得が必要である。具体的には、次のような項目が挙げられる。

単純集計、度数分布、代表値、クロス集計等の記述統計におけるデータやグラフの読み方、それらの計算や作成のしかた、さまざまな質的データの読み方と基本的なまとめ方、相関係数等の基礎的統計概念、因果関係と相関関係の区別、擬似相関の概念

### ④ 社会調査に必要な統計学

統計的データをまとめたり分析したりするためには、基礎的な統計学的知識が必要である。具体的には、次のような項目が挙げられる。

確率論の基礎、基本統計量、検定・推定理論とその応用（平均や比率の差の検定、独立性の検定）、標本抽出法の理論、属性相関係数（クロス表の統計量）、相関係数、偏相関係数、回帰分析の基礎

### ⑤ 発展的な内容：量的データ解析の方法

社会学的データ分析で用いる基礎的な多変量解析法について、その基本的な考え方と主要な計量モデルを習得しておくことが望ましい。具体的には、重回帰分析を基本としながら、他の計量モデル（例えば、分散分析、パス解析、ログリニア分析、因子分析、数量化理論等）の中から若干のものをとりあげる。

### ⑥ 社会調査の実習

調査の企画から報告書の作成までにわたる社会調査の全過程を、実習を通してひととおり体験的に学習するもので、量的調査でも質的調査でもよい。具体的には、次のような項目が挙げられる。

調査の企画、仮説構成、調査項目の設定、質問文・調査票の作成、対象者・地域の選定、サンプリング、調査の実施（調査票の配布・回収、面接）、インタビュー等のフィールドワーク、フィールドノート作成、エディティング、集計、分析、仮説検証、報告書の作成、アプリケーション・ソフトを利用した量的データの統計的分析の実習、質的データの分析や事例研究を行う実習

### [評価方法]

社会学分野の統計教育において育成すべき能力を評価するに当たっては、上記の教育内容に関する理解をレポート、試験等で評価する。特に、調査実施の経験は教育目標達成のために重要なポイントとなる。

### 3.5 経営学分野における統計教育の参照基準

#### 3.5.1 当該分野の理念

経営学系の学部においては、企業経営全般について学習するが、特に経営戦略の立案、実施、評価、改革のプロセスの理解が重要である。経営での問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・質的データに基づく統計分析が必須である。市場データや顧客データ等のビジネスにおけるデータの収集とその後の分析が統計解析の基本となる。また、財務データ等の組織の行動や活動のデータに基づく統計解析もしばしば必要となる。そこで、基礎的な確率論を含む一般的な統計リテラシー教育に加え、記述的統計分析手法に関する種々の事項とその活用方法・限界を知ることが、この分野で優先して学習すべき内容となる。一方で、ICTの発展に伴い、データのデジタル化やデータ爆発ともよべる環境での迅速な経営意思決定を行える統計分析を理解することも求められる。さらに経営戦略評価のための実験として、無作為化実験に基づく経営戦略評価研究も行われており、無作為化の役割を理解することも求められる。

経営に関する統計データの充実が、日々変化する社会・経済環境下で経営を行う上での大きなメリットとなることへの理解が進むことが求められる。

#### 3.5.2 到達目標(身に付けるべき知識・能力・スキル)

経営系学部においては、データに基づく経営に関する問題解決能力を有した人材の育成が求められるが、そのための学部卒業時での到達目標としては、次の能力の習得が挙げられる。

- ・ データの統計解析に関する能力
- ・ 具体的な問題における統計解析能力
- ・ 統計的意思決定に関する知識
- ・ マーケティングに関するデータ活用スキル

以下に、それぞれについて具体的に述べる。

##### (1) データの統計解析に関する能力

市場データ、顧客データ、トランザクションデータ、財務データ等の幅広い領域でのデータの統計的な収集に関する知識・統計的な活用と、分析結果等を批判的に読み取る能力が求められる。

##### (2) 具体的な問題における統計解析能力

基礎的な統計の知識、考え方、技能を、それぞれの関心分野における実際の問題あるいは実際に近い問題に適用し、問題の発見・明確化、問題解決方法の策定、得られた結果の検討等について、主体的に経験することを通して、それぞれの分野での統計の利用を会得できるようになることが重要である。

##### (3) 統計的意思決定に関する知識

統計的意思決定に関しては、基礎的な確率の理解が必要である。データに基づく統計的意思決定方法の理解と手法の活用能力に加えて、不確実な場面での統計的意思決定についても理解する必要がある。そのためには、決定木やベイズ決定理論等を理解する必要もある。

##### (4) マーケティングに関するデータ活用スキル

マーケティングに関しては、特にマーケティング・リサーチが重視されてきており、計量モデルの理解とともに POS データ等の大規模なデータを扱うスキルの習得が必要である。消費者動向等の市場データ収集にあたっては、調査倫理の知識も必要となる。

#### 3.5.3 目標を達成するための教育内容・評価方法の例

経営学分野における基礎的な統計教育については、さまざまな分野での目的に応じた統計分析が行えるように、企画・設計・実施・分析・報告書の作成等の枠組みを理解できるようになる必要があり、以下の内容を目安とする。

### ① データ収集に関する基本的事項

企業を取り巻く経営環境を理解するためのデータ収集に関する教育が必要であり、資料やデータの収集から分析までの諸過程に関する基礎的な事項も含めることが必要である。項目としては、次のようなものが挙げられる。

データ収集の目的、調査方法論、調査倫理、調査の種類と実例、市場調査等の調査票・調査の事例紹介、仮説構成、無作為抽出、標本サイズと誤差、サンプリングの諸手法、質問文・調査票の作り方

### ② 基本的なデータ分析

公的統計や簡単な調査報告・論文が読めるための基本的知識、および統計データをまとめたり分析したりするために必要な基礎的な統計学的知識の習得が必要である。具体的には、次のような項目が挙げられる。

単純集計、度数分布、代表値、クロス集計等の記述統計におけるデータやグラフの読み方、それらの計算や作成のしかた、基本統計量や相関係数等の基礎的統計概念、因果関係と相関関係の区別、確率論の基礎、正規分布等の基礎的な分布、平均と分散、検定・推定理論とその応用（平均や比率の差の検定、独立性の検定）、標本抽出法の理論、相関係数、偏相関係数、回帰分析の基礎、相関係数行列

### ③ 量的データ解析の方法

データ分析で用いる基礎的な多変量解析法について、その基本的な考え方と主要な計量モデルを習得する必要がある。重回帰分析や主成分分析を基本としながら、質的変数を説明変数とする回帰分析や分散分析、数量化理論等の中から若干のものをとりあげる。

### ④ 意思決定のための方法

基本的な知識としてのリスクとリターンの学習が基礎となる。また、決定木の理解が必要となる。具体的な項目としては、次のようなものが挙げられる。

確率変数の和の期待値・分散、条件付き確率・条件付き期待値の計算、標本平均・標本分散を用いたポートフォリオ、意思決定の基準、ベイズ決定理論

### ⑤ マーケティング

マーケティング・リサーチでは商品や消費者等が対象であり、そのための解析手法の習得が必要である。具体的には、次のような項目が挙げられる。

クロス表の分析、主成分分析・クラスター分析・判別分析等の多変量解析手法、機械学習でのモデル化

### ⑥ 演習

統計手法の活用が経営での問題解決に役立つことを理解するために、演習等を通して実際の事例を経験することが必要である。また、実際の中で重要である調査倫理についても、演習を通じて理解することが必要である。

### [評価方法]

経営学分野の統計教育において育成すべき能力を評価するに当たっては、上記の教育内容に関する理解をレポート、試験等で評価する。

### 3.6 数理科学分野における統計教育の参照基準

#### 3.6.1 当該分野の理念

統計学的方法的基礎は、数理統計学を中心とする数学的な理論として整備されている。特に、推測統計学は確率論を基礎としている。このため、数学科等の数理科学に関わる学科（以下、数理関連学科）における統計教育は、今後とも基本的な重要性をもつものである。

純粋数学の多くの分野では、演繹的な思考に基づく厳密な論理展開が本質的であるが、統計学ではデータに基づいて不確実性を評価することが重要であり、帰納的な思考方法がより本質的である。したがって、数理関連学科における統計教育においても、このような統計学の性格を反映した教育を行うことが重要である。

統計学の重要性の増大は、コンピュータの発展とも密接に関連している。紙と鉛筆の時代から、コンピュータを駆使した大規模計算の時代へと時代は大きく変わっている。統計教育においてはコンピュータ等の情報機器の利用も欠かすことができない。

多くの数理関連学科では、数学教員の育成も担っており、これらの教員が初等・中等教育において“データの分析”等の統計の内容を教えることになる。したがって、数理関連学科における統計教育においては、教員養成の観点も重要である。この際、統計を教える教員が、上述した統計学の性格を十分理解した上で、教員にとっても生徒にとっても興味をもてる統計教育を行うことが重要である。

#### 3.6.2 到達目標(身に付けるべき知識・能力・スキル)

数理関連学科において、学部卒業時に求められる統計の知識・技能としては、次のような能力が挙げられる。

- ・ 高度な数理的手法を現実の諸問題に応用できる能力
- ・ 大規模データの情報処理能力
- ・ 不確実性を定量的に評価し、統計的に妥当な結論を導く能力
- ・ 統計処理の結果をわかりやすく伝える能力

以下に、それぞれの能力について具体的に述べる。

##### (1) 高度な数理的手法を現実の諸問題に応用できる能力

社会の情報化に伴い、数理的な素養を備えた人材が社会から求められるようになってきている。例えば、保険分野は伝統的に数理関連学科出身者の活躍してきた分野であるが、近年では金融分野全体で数理的な素養が必要とされている。また情報処理分野においても、情報検索技術等で高度な数理的手法が応用されるようになっており、数学が必要とされている。医薬分野や生物学の分野でも数学が必要とされている。

##### (2) 大規模データの情報処理能力と確率・統計の内容を理解する能力

上記の分野で必要とされる数理的な素養は、確率・統計の内容であることが多い。金融分野では特にその傾向が強いし、情報処理分野においても統計モデルが用いられることが多い。その際、自ら大規模なデータをコンピュータによって処理できる高度な情報処理能力が求められる。このように、数理関連学科出身者には確率・統計の技能及び情報処理能力が求められている。主に純粋数学を学んで卒業する学生についても、その中で養われた論理的思考力を生かしながら、数理的手法を現実の諸問題に応用できる能力が要求される。したがって、数理関連学科の学生は学部教育において確率・統計の内容を一通り身につけておくことが必要である。

##### (3) 統計処理の結果をわかりやすく伝える能力

以上のような、数理的および統計的な分析能力に加えて、それらの分析結果を必ずしも数理的な概念に慣れていない者にもわかりやすく伝える能力が要求される。分析結果を平易な例を用いて説明したり、グラフ等に可視化する能力も重要である。また、数理関連学科を卒業

して、初等・中等教育の数学教員となる者にも同様の力量が要求される。データに基づく批判的な思考能力の育成という観点から、生徒が興味のもてるいきいきとした統計内容の教育のできる教員が求められる。

### 3.6.3 目標を達成するための教育内容・評価方法の例

ここでは、数理関連学科の専門課程における統計教育について考える。大学基礎科目の入門的な統計教育の履修を前提としたとき、この分野の統計教育については、以下の内容を目安とする。

#### ① 推測統計の基礎

推定、検定、標本分布論等、伝統的な推測統計の論理構成をカバーする。それに加えて、ベイズ法や大規模なベイズモデルに基づく推測等についても理解することが望ましい。推測統計の前提としては、体系的な確率論の教育も重要である。

#### ② 線形モデルと多変量解析

重回帰分析、最小2乗法、分散分析等の線形モデルは、数学的には線形代数の応用である。また主成分分析、統計的グラフィックス等の手法の多くも線形代数を用いることによって体系的に理解することができる。したがって、数理関連学科においてはこれらの手法の数理的な背景を含めて十分な内容を扱うことができる。またコンピュータを用いれば、かなり大規模なデータについて手法を実際に適用し、理解を深めることができる。さらに進んだ内容として、情報処理分野への応用の観点からは、データマイニングや機械学習の一部の手法も扱うことが望ましい。

#### ③ 発展的な内容

より進んだ教育として、推測統計および線形モデルの2つを基礎とする次のような分野の教育が望まれる。

多変量推測統計：多変量分布論、因子分析、グラフィカルモデル、等

時系列解析：自己共分散、自己回帰移動平均モデル、非定常モデル、等

実験計画法：無作為化、一部実施要因実験、交絡、等

#### ④ 確率論、確率過程論との関連分野

確率論、確率過程論（マルコフ過程、ランダムウォーク等）の知識は、例えば金融分野等で必要とされている。さらに、統計的な観点からは、マルコフ連鎖に関する知識、モンテカルロ法やシミュレーションの方法等も重要である。解析的な解が求められない場合でも、これらの手法を駆使して数値的な解を導く計算統計的方法を習得することが望ましい。

#### [評価方法]

数理科学分野の統計教育において育成すべき能力を評価するに当たっては、上記の教育内容に関する理解を試験によって評価するとともに、統計計算の実際的な問題についての計算機演習結果のレポートを併用して評価を行う。

### 3.7 工学分野における統計教育の参照基準

#### 3.7.1 当該分野の理念

工学分野においては、各専門分野独自の技術開発力を有する人材を系統的に育成することはもちろん、我が国産業界の競争力向上に対する責任も果たさなければならない。このためには、統計方法を活用し、データに基づく問題解決能力を育成することが重要である。特に、製品・サービスを社会に提供する一連のプロセスの中で、データに基づいて実証的に意思決定する能力を身に付ける必要がある。事実、1980年代後半の米国では、日本による統計的実験計画法を用いた効率的情報収集とそのデータ分析に基づく技術・製品パラメータの最適化等の品質管理技術が活用されており、それが当時の日本の産業競争力の源泉の1つであった。しかし、我が国産業界が当時注力した品質管理的問題解決が、現在の工学部教育では体系的に教育されていない。

平成20～21年に公表された初等・中等教育における次期の学習指導要領では、統計教育はおおむね、初等的統計的品質管理で前提となる事実に基づく管理・改善の根幹を教育するものとなっている。一方、工学部卒業生は、それら基本的問題解決能力をもつ国民のリーダーとして、一連のモノづくりプロセスにおいて自部門の“統計的問題解決”に技術的責任をもてる人材として、系統的に育成される必要がある。

#### 3.7.2 到達目標(身に付けるべき知識・能力・スキル)

工学分野においては、製品企画、製品設計、生産技術、工程管理といった一連のモノづくり・サービスづくり企業活動が主要な活動の現場となる。したがって、工学部の卒業生には、それらの活動を有効にするために必要な基礎統計数理能力が求められる。これらの能力は、具体的には次の3つに分類できる。

- ・ 問題発見能力
- ・ 設計情報に関わる意思決定能力
- ・ 製品・サービスを実現するプロセスを実装する能力

これらの能力を獲得するためには、市場・工程情報の系統的収集とデータ解析、管理図法等の時系列解析についての必要なスキルを教育することが必要である。特に、統計ソフトウェアに支援されたデータ分析スキル、ならびに、技術者として事実に基づく意思決定が可能となる基礎知識を卒業生全員が有することが望ましい。これらについて多少具体的に述べると、次のようになる。

##### (1) 問題発見能力

顧客調査等を活用し、開発すべき技術・製品の市場における潜在的価値を認知する能力が必要である。

##### (2) 設計情報に関わる意思決定能力

適切な実験を計画・実施し、製品・サービスに必要な機能、質を実現するためのシステムを選択し、製品・サービスの適切な設計を行う能力が必要である。

##### (3) 製品・サービスを実現するプロセスを実装する能力

工程実験やプロセス管理技法を活用して、与えられた設計情報を、プロセス(工程)で、ばらつきの少ない製品・サービスとして実現する能力が求められる。

#### 3.7.3 目標を達成するための教育内容・評価方法の例

工学分野における統計教育については、以下の内容を目安とする。

まず、工学諸分野に共通の基本技能については、以下のような教育内容が考えられる。

- ① 適切な事例学習を用いたQC七つ道具のような基本的な問題解決のための統計方法と、事実に基づく問題解決型ストーリーの進め方の学習

パレート図、特性要因図、チェックシート、ヒストグラム、散布図、グラフ、管理図、

層別、問題解決ステップと各ステップにおける留意事項

② 統計的推論とその活用の実践的な学習

確率・条件付き確率・ベイズの定理、不確実性のある状況での意思決定の方法、決定木による意思決定、検定・区間推定等の古典的統計推論、計量値の検定・推定の種類と適用範囲

③ 相関分析と回帰分析の活用

相関分析、時系列データの相関（レベルの相関と差分[動き]の相関）、偏相関係数、最小2乗法、単回帰分析と重回帰分析（偏回帰係数の意味、総合効果と直接効果）、統計ソフトウェアの支援に基づくモデル選択による要因の絞り込み

④ 実験計画法の基本

実験計画法の目的、実験の仕方（フィッシャーの3原則）、繰り返し、無作為化、ブロックング、因子の種類・水準、1元配置実験

⑤ 統計的発想支援技法

新QC 七つ道具の使い方、活用事例等（親和図法、連関図法、系統図法、マトリックス図法、マトリックス・データ解析法(主成分分析と因子分析の結果の解釈)、アロー・ダイアグラム法(PERT)、PDPC 法)

次に、工学諸分野で必要に応じて教育すべき技能については、以下のような内容が考えられる。

⑥ 顧客価値の発見に関わる統計的スキル

顧客指向の統計的ものの見方・考え方、顧客満足の実現に資する顧客調査の基本的考え方と方法、データの取り方・まとめ方（母集団と標本、サンプリングと誤差、基本統計量、サンプリングの種類《2段、層別、集落、系統》と性質）、製品に付与すべき品質の定義と考え方、調査に基づく見分け方（Kano Model）、要求品質と品質要素（認知品質と機能品質）とのギャップ分析、要求品質展開、計数データ分析の基礎（分割表型データの分析、Kano モデルに関する判断を可能とする方法）

⑦ 製品設計に関わる統計的スキル

設計品質の実現と信頼性の確保、品質機能展開の役割、品質保証と再発防止、未然防止の意味、耐久性、保全性、設計信頼性の定義と基本的な考え方、信頼性特性値の定義と統計的評価（Mean Time Between Failure、B10 ライフ）、信頼性手法の基本（FMEA、FTA とその見方）、バスタブ曲線の見方、応用実験計画法（多因子実験を中心に）、交互作用を含む2元配置実験、直交表実験、ロバストパラメータ設計

⑧ プロセス管理に関わる統計的スキル

管理図法によるプロセス管理と改善（プロセスの統計的管理状態と Shewhart 管理図の基本思想、管理図の種類と適用範囲、管理図法の使い方、工程能力と工程能力指数の活用）、時系列解析（Box-Jenkins 流時系列解析の基本とソフトウェアによる分析実習）

[評価方法]

工学分野の統計教育において育成すべき能力を評価するに当たっては、上記の教育内容に関する理解を試験によって評価するとともに、実践的問題についての計算機演習結果のレポートを併用して評価を行う。可能ならば、グループ毎に与えられた問題の統計的解決についてプレゼンテーションを行い、それを評価することも望ましい。

### 3.8 医学・薬学分野における統計教育の参照基準

#### 3.8.1 当該分野の理念

医学・薬学分野の最大の特徴は、その研究対象が人間であるという点である。したがってそれに伴う種々の論点、例えば研究遂行上での倫理的な配慮や個人情報の秘匿、個々人あるいは民族の多様性に起因して必然的に生じる個体差や民族差の適切な把握等に、特に注意を払う必要がある。近年では“客観的な証拠に基づく医療”（Evidence-Based Medicine ; EBM）の考え方の世界的な普及に伴い、特にその担い手としての資質が要請される。

医学・薬学をはじめとする生命科学分野での統計教育は、医学部、歯学部、薬学部、看護学部、保健医療学部、理学部・農学部（生物学）等の諸学部できわめて重視され、多くの大学では大学基礎科目として行われていると同時に、専門教育でも実施されている。生命科学分野における統計は、医学統計、医療統計、臨床統計、医薬統計、生物統計、バイオ統計、計量生物等さまざまな名称でよばれている（以下「医薬関連統計」と呼ぶ）。米国をはじめとする諸外国では、医学・薬学分野における統計は Biostatistics と称されていて、1950 年頃より独立した学科として存在している大学が多い。

医学・薬学分野における統計教育には、医師・看護師・保健師・薬剤師等を目指す学生のためのもので、「医薬関連統計」の専門家（biostatistician）を養成するためのものがある。いずれの場合も、考え方や手法において医薬関連分野に特徴的な内容が要求される。

#### 3.8.2 到達目標(身に付けるべき知識・能力・スキル)

ここではまず、「医薬関連統計」のセンスを有する医学部・薬学部卒業生を養成するための統計教育について述べる。ここでの到達目標において必要とされる能力は、以下のようなものである。

- ・ 医学論文や研究計画書の記載事項を読み取る能力
- ・ エビデンスに基づき適切な治療や対処法が選択できる能力
- ・ 統計ソフトウェアの利用や出力結果の解釈ができる能力
- ・ 「医薬関連統計」の専門家とのコミュニケーションを図る能力

以下に、それぞれの能力について具体的に述べる。

##### (1) 医学論文や研究計画書の記載事項を読み取る能力

まず、基礎的な確率・統計を習得しておく必要がある。その上で、研究計画法の正しい理解と習得が重要であり、臨床試験等の実験研究における研究計画の作成（適切なエンドポイントの選択、インフォームドコンセントの取り方、症例数の設計等）や、疫学調査等の調査観察研究の方法論（研究法の選択、偏りを回避する手立て、標本調査の方法）に関する基礎的な知識も欠かせない。また、検定及び信頼区間の考え方に関する正しい理解も必要となろう。

##### (2) エビデンスに基づき適切な治療や対処法が選択できる能力

書物や論文に記載された客観的な証拠（エビデンス）の強さが読み取れなくてはならない。そのためには、データの分析に用いられた各種統計手法に対する正しい理解が必要となる。さらには、それが自らの関わる問題にどのように適用可能であるかの判断が要求される。臨床試験での結果はある意味理想的な状況下でのものであり、それと実際の医療現場との距離感を意識しながら適切な治療や対処法を選択しなくてはならない。

##### (3) 統計ソフトウェアの利用や出力結果の解釈ができる能力

「医薬関連統計」分野に限らずデータ解析は統計ソフトウェアによって行われるのが普通であるが、計算結果の妥当性の担保（バリデーション）のためにもこの分野での標準的なソフトウェアの使用は必須で、それは実習などを通じて習得が図られるべきである。特に医薬分野で特有な統計手法を実際にソフトウェアを使って実行する力およびコンピュータの出力を正しく読み取る能力が要求される。

#### (4) 「医薬関連統計」の専門家とのコミュニケーションを図る能力

医学・薬学分野の研究には、「医薬関連統計」の専門家の関与が必須であり、医学・薬学の専門家と「医薬関連統計」の専門家との会話が必要となる。そのためには自分の関わる問題を専門外の生物・医療統計専門家にわかりやすく説明し、コミュニケーションを図る能力が必要とされる。

次に、「医薬関連統計」の専門家の教育についても触れておく。これら専門家の養成は基本的に大学院レベルの教育によってなされるであろうが、上述した諸分野に対する深い理解が要求されることに加え、コンサルテーションの技法も身に付ける必要がある。そのためには、最低限の生命科学の基礎知識を習得しておく必要がある。研究対象は人類共通のものであるが故に必然的に国際的な視野は必要である。

### 3.8.3 目標を達成するための教育内容・評価方法の例

「医薬関連統計」の基礎知識をもつ医学・薬学系の卒業生を養成するための教育内容については、以下のような内容を目安とする。そのレベルは授業時間数等によりさまざまであろうが、少なくともこれらについて必要最小限の知識は必要とされる。また、コンピュータの利用を伴う演習を交えることにより実践力を養うべきである。

#### ① 確率・統計の基礎

大学基礎科目レベルの記述統計学の基礎を身に付ける。特にデータの集計法およびグラフ表示法に習熟する必要がある。不適切な集計やグラフ表示を見抜く力の涵養も重要である。その上で、確率と確率分布の基礎ならびに分布の特性値について学ぶ。それらの基礎の上に立ち統計的検定の基本概念、パラメータの点推定と区間推定に関する基礎的な知識を身に付ける。特に、標準的な線形モデル（分散分析や回帰分析）に関する理論の習得と実践は不可欠である。

#### ② 研究計画の方法

研究には、臨床試験等の実験研究と疫学調査等の観察研究とがあり、それらの特徴の把握と両者の違いの理解は極めて重要である。実験研究に関しては、臨床試験の方法論として、エンドポイントの選択、必要参加者数の設計、各種ランダム化、データのモニタリング等の習得が必要である。観察研究については、疫学方法論としての各種標本調査法、ケース・コントロール研究、コホート研究等の基本の学習が要求される。

#### ③ 解析の方法

大学基礎科目の統計で学習する正規分布に基づく推定・検定に加え、「医薬関連統計」に特徴的な解析手法を習得することが必要とされる。ノンパラメトリック法、カテゴリカルデータ解析、経時測定データ解析、不完全データへの対処法等はその例であり、これらの各手法の実践のための統計ソフトウェアの活用は、実習等を通じて身に付けておく必要がある。

#### ④ 発展的な内容

さらに大学院レベルでは、生存時間解析、多変量解析、因果推論の統計的方法のほか、QOL 評価論、薬物動態論、毒性統計学、数理生態学、遺伝統計学、バイオインフォマティクス、薬剤疫学等多種多様な分野の学習ならびに実践が必要となる。医学・薬学分野の発展は急であり、常に最新の情報に接する必要がある。

#### [評価方法]

医学・薬学分野の統計教育において育成すべき能力を評価するに当たっては、上記の教育内容に関する理解をレポート、試験等で評価する。