

まえがき

統計解析では、回帰分析を始めとして厳密にモデルを立て、それを規定するパラメータに関する推論を行うことが多い。そうすることによって曖昧さを省き、明快な解析の筋道が立てられるからであろう。しかしそれに対しては、自分の問題にはそんな仮定は当てはまらなないと、初めから懐疑的になってしまう人も多いだろう。たとえば、広い範囲で直線回帰が当てはまる応用問題などありえないし、そもそも興味があるのは説明変数の増大に応じて応答変数が増加傾向にあるとか、それが説明変数のどのあたりで顕著になるのかといった事柄であることも多い。つまり知りたいことと、手に入る統計モデル、あるいは解析ソフトの間に大きな乖離があることはしばしばある。

これに対し、単調性だけを仮定する単調回帰は応用上魅力的であるが、Bartholomew が一連の論文で数学的に面白く、難しい問題として展開してしまったために今一つ馴染みが薄く、応用の広がりが見られない。その問題について本書では、最適性の議論から導かれる累積和を基にする方法を展開している。累積和に基づく方法は極めて簡便で分布論も容易であるために、1 元配置、2 元配置、分割表、交互作用解析など様々な応用が広がる上、最適性の議論から出発しているため統計的性質が良い。この方法はさらに凸性 (convex) や S 字性 (sigmoid) のような形状制約に系統的に拡張でき、応用対象がますます広がる。面白いことにこれらの形状制約にはそれぞれ興味ある変化点モデルが対応し、形状特性のとくに強まる点が示唆されることも応用上極めて有益である。品質管理における累積和管理図や、品質工学で有名な田口玄一氏の累積法は累積和に基づく方法の先駆けであるが、本書ではその最適性を明らかにするとともに様々な拡張が行われている。

本書のもう一つの特徴は交互作用解析である。交互作用とは、狭義には 2 元配置分散分析モデルにおける 2 因子間の相互作用を指すが、実は分割表の関連度分析、正準相関分析、コレスポンデンスアナリシスなど多くの興味ある統計解析は広い意味での交互作用解析である。たとえば回帰分析も、応答変数が順位や順序分類である場合は、まさに説明変数との間の交互作用解析と見なされる。このように交互作用解析はデータ解析の中心課題であるにも関わらず、世の中で不当に軽く扱われているように思われる。1 元配置モデルでは、多重比較法や単調性解析など多様な手法が提案されているのに対し、交互作用解析は総括的な F 検定や χ^2 検定に留まっていることが多い。交互作用は一般に自由度も大きいので、総括検定では結局データの詳細は分からずじまいとなる。何故、交互作用解析の研究が立ち遅れているのかは不可思議ですらある。おそらく、分散分析の初期のテキストにおいてなされた、繰返しのない 2 元配置では交互作用は解析できないとか、交互作用が検出された場合はセル平均で母平均を推定するといった誤った解説が訂正されないままにきているのではないかと思われる。本書では、世の中の通念には囚われず、実問題の目的に応じて様々な交互作用解析法を開発し応用する。交互作用に関連しては、分散分析モデルにおける制約式の問題点も露わになる。制約式についてはいまだに学会誌や、多くの成書が無頓着であったり、さらには誤った記述さえ見られるというはなはだ残念な状況にある。線形推測論の基本にも関わることなので、整理しておきたい。

累積和や交互作用解析の面白い応用例については、すでに広津 (2018) においていろいろ紹介しているが、本書ではその理論的背景についてももう少し詳しく説明したい。事例のみを対象とすることは継承するが、章立てではより構成的に、2 標本問題、1 元配置、2 元配置、経時測定データ、分割表の順とする。1 標本問題は、2 標本問題におけるいわゆる対応のある t 検定 (1.2.1 項) が、実質 1 標本問題として処理されるのでそこで説明する。分割表 (離散データ) について総括検定に留まらず、通常計量値で行われている要因分析を導入する方針も引き継いでいる。全体として単なる手法の羅列ではなく、実問題に対処するアプローチの提示を目指して

いる。よくある、手法ありきで分かりやすい例題を付すという形式ではなく、本書の場合はまず興味ある問題があって、それを統計的アプローチで解決するという姿勢を貫いている。現場では既存の手法にデータを合わせるのではなく、先に解決したい実問題があって適切な手法を探すという当たり前のことに対応するためである。そのため、従来の数理統計書に慣れた読者には最初違和感があるかも知れないが、読み進めば応用統計書本来の道筋を辿っていることが理解されることと思う。

類書にある説明はなるべく簡略化し類書にないトピックスによりページを割く、というよりむしろ多くが新規なアプローチの提案である。興味ある実問題があって、それに答える適切な方法がないときに手法の開発から始めるということを貫いた所産といえるかもしれない。開発した手法は計算アルゴリズムにも興味のあるものが多く、今後の発展のためにできるだけその説明も加えた。しかし、その多くはすぐ使える計算プログラムとして提供しているので、実務的な応用に主たる興味がある場合にはアルゴリズムは読み飛ばしても一向に差し支えない。その方がむしろ、実問題に対処するアプローチが話としてスムーズにつながるかもしれない。なお、開発したアルゴリズムを具体的な計算プログラムに仕上げる際には研究室の若手や、外部の多くの研究仲間の助けを借りていることを記して謝辞に替えたい。とくに鶴田陽和氏には本書に合わせて AANOVA programs library (<http://chirotsu01.d.doood.jp>) の整備をお願いしている。

竹内啓先生には学生時代から今日に至るまで、様々に議論をしていただいた。そもそも本書執筆を強く勧めて下さったのも先生であり、心から謝辞を申し述べたい。最後に鎌倉稔成委員長を始めとする編集委員の方々に大変お世話になった。不注意なミスが減り少しでも読みやすくなったとすればそのおかげであり、感謝申し上げたい。

2021 年 12 月

広津千尋