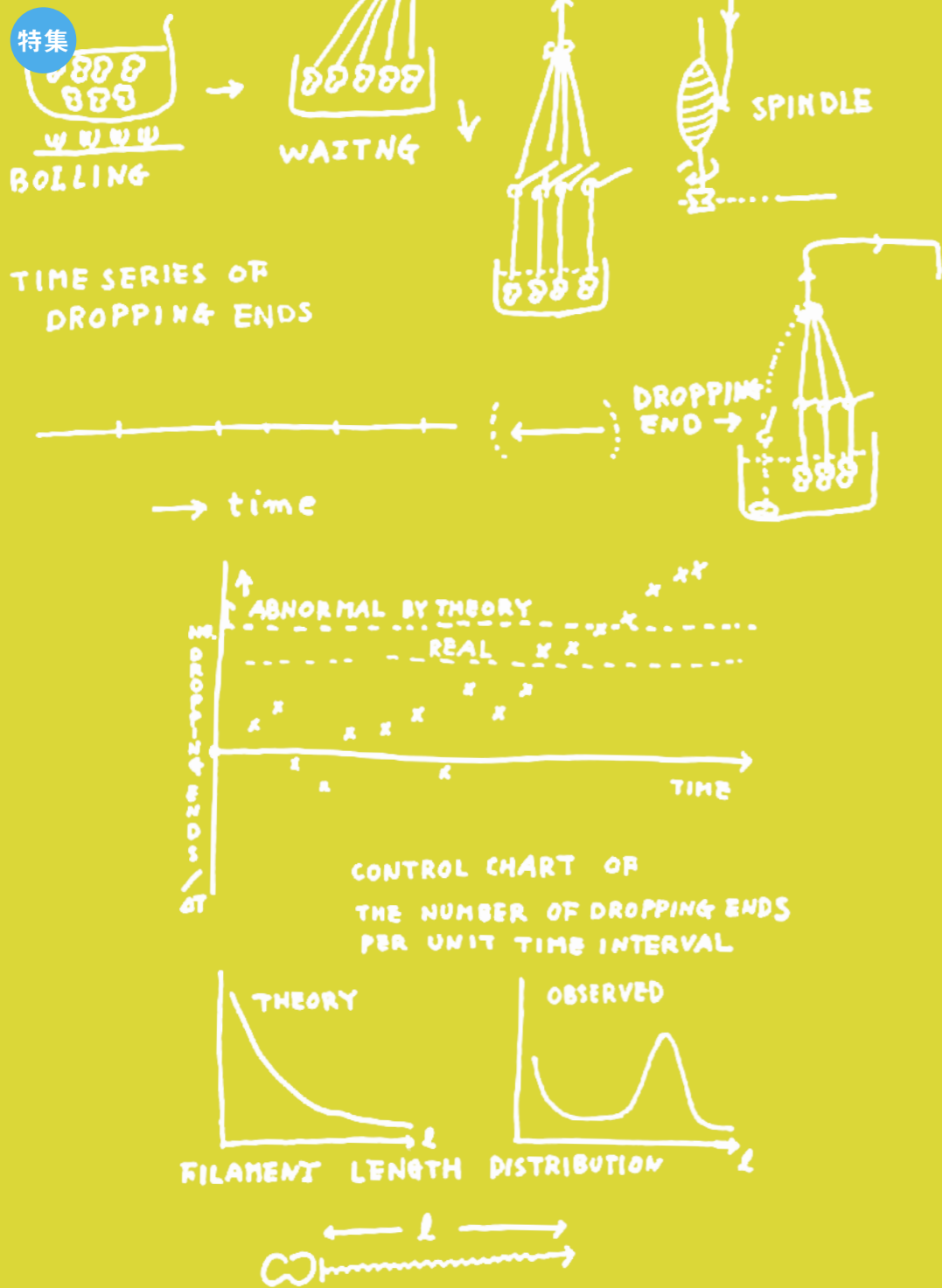


統計科学は今日、データを扱うあらゆる研究分野に浸透し、科学的研究のための方法論を提供している。多様なデータと知識を結びつけてモデルを構成し、モデルにもとづいてデータを生み出したシステムを理解し、予測や新たな知識発見を行う。「モデリング」と「予測」。この重要な概念を統計学の中心に据えたのが赤池博士（総研大名誉教授）であった。以来30年余、大量データの生成に伴って科学研究のスタイルが変化しつつあるなかで、赤池統計学はさらに応用分野を広げている。2006年12月には、その功績に対して京都賞が贈られた。この特集では、Part1「赤池統計学の源流」で研究の足跡をたどり、Part2「赤池統計学の展開」では赤池博士の薫陶を受けた研究者たちの活動を紹介します。Part3「赤池弘次博士に聞く」では、堀田凱樹・情報・システム研究機構長との対談を通して、赤池統計学の真髄に迫る。

# 赤池統計学の世界



生糸操糸工程の管理図法を記した赤池博士のメモ（21ページ参照）

## Part 1 赤池統計学の源流

# 実世界との接点が生み出したパラダイム転換

北川源四郎

総合研究大学院大学教授 統計科学専攻 / 情報・システム研究機構 統計数理研究所長

赤池情報量規準AIC、ベイズ型情報量規準ABICに代表されるように、赤池統計学は統計学にパラダイム転換をもたらした。数多くの研究は現実の問題を解決するという必要性から生まれた。その思想と研究の流れを追う。

### 記述統計学から推測統計学へ

過去のデータや経験にもとづく将来予測や意思決定。われわれが日々何気なく行っているこのような行為は、人類がその進化の過程で獲得してきた知的な情報処理機能である。統計学はこのような人類のさわめて知的な営みを定式化したものといえる。しかしながら、確定的世界観にもとづく知的な営みがニュートン力学によって数理的方法として確立したのとは対照的に、複雑で偶然を伴う実世界をデータにもとづき科学的に把握するための方法論の歴史は比較的浅く、確率的思考は遅れて世に出てきた。

ゴルトンが遺伝の研究から類似性の指標となる相関係数の概念を見だし、K.ピアソンがあらゆる現象が科学の対象となりうることを主張して「科学の文法」を提唱したのは19世紀も末のことである。K.ピアソンたちは、観測データから

さまざまな現象を分布としてとらえる記述統計学を確立した。これに対して、20世紀に入るとフィッシャーたちは、現象を表現するモデルを仮定し、厳密に設計された少数の実験データからモデルを得る推測統計学を進めた。この実験にもとづく科学的方法論の確立によって、生物、医学、薬学、経済、心理、調査、品質管理などの複雑な現象の解析や管理において著しい成果が得られてきた。こうして近年に至るまで、理論科学と実験科学が科学的方法論の双壁を成していたといえる。

### 情報量規準AICへの軌跡

20世紀後半になると、現実の問題が複雑化・多様化する中で、「真のモデル」の存在を前提とする、従来の統計的推論の枠組みはしだいに現実とそぐわないものとなってきた。1973年、赤池氏は将来のデータを予測する状況を想定し、もっとも良い予測値を与えるモデルを求

めるための規準AIC（Akaike Information Criterion）を提案し、統計学の歴史に偉大な足跡を残すこととなった。

情報量規準へ至る道には3つのポイントがあった。まず、第一は「予測」の視点である。従来の統計推論が、自然科学の目的とする「真理の探究」に対応して、「真の」モデルの推定をめざしたのに対して、将来の予測のために「良い」モデルを求めることをめざしたのである。真のモデルをめざす立場と、予測のための良いモデルをめざす立場には大きな隔たりが存在する。真のモデルの推定をめざして得られたモデルが、予測のために良いモデルとはいえないのである。

第二は、予測の問題を「分布」としてとらえるという立場である。赤池氏は1968年には予測誤差分散の推定量としてFPE（最終予測誤差）規準を提案し、時系列モデルの次数選択の自動化に成功していた。しかし、予測誤差の大きさに拘るかぎり、時系列モデルの推定は実用化できても、一般の統計的モデルの評価規準は得られなかった。赤池氏は、予測の問題は「値」ではなく「分布」としてとらえるべきことに気づき、モデルの良さを予測分布の近さで評価することにした。

第三は、その分布の近さを測る尺度として、カルバック-ライブラー（K-L）情報量を用いたことである。K-L情報量はボルツマンのエントロピーとも密接に関連する。ただし、K-L情報量には真の分布とモデルの分布が必要であり、そのままでは統計的モデルの評価には利用できない。赤池氏は、K-L情報量（の本質的部分）をデータによって不偏推定したものが、

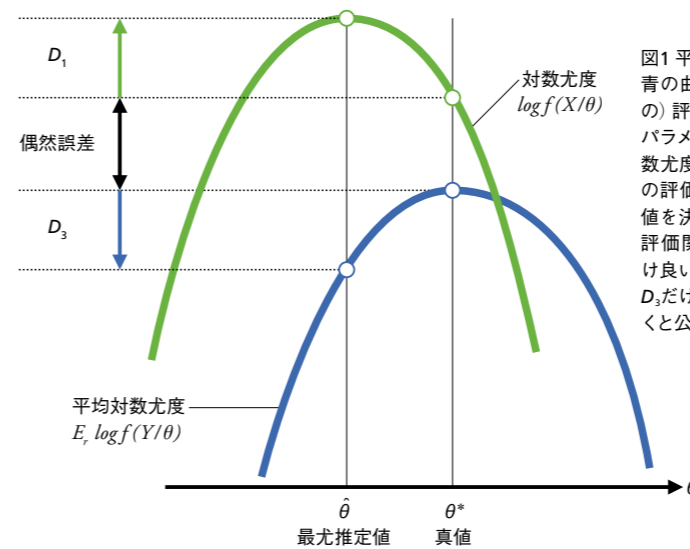


図1 平均対数尤度と対数尤度の関係  
青の曲線（平均対数尤度）は（未知の）評価関数。その最大点が、最適なパラメータを決める。緑の曲線（対数尤度）はデータから推定した見かけの評価関数。その最大点が最尤推定値を決める。最尤推定値は見かけの評価関数によれば、最適値より $D_1$ だけ良いが、本当の評価基準によれば $D_3$ だけ悪い。 $D_1+D_3$ を対数尤度から引くと公平な評価ができるようになる。