

場合、AICのような評価値はそれぞれのモデルにいちおう付けられるわけです。その集団を見て判断する。

もしそういうモデルの集団が尤度で評価できる性質のものなら、それで比較すればよい。データをモデルに合わせるといふ操作が入っていれば、AICで比較すればよいということでしょう。しかし、最も重要なことは新しいモデルの提案です。

**堀田** 生物学では実験は無限にはできないので、次に何の実験をすべきかを考えます。普通は、自分の興味に応じて次の実験をするわけですが、どんな可能性が残っていて、それをどういう順序で実験

していくかを考えるときに、何か基準がいろいろある。それは、先生のおられることと似ていると思うのです。

**赤池** 私は、最近の情報空間のモデリングにはまったく疎いのですが、生物学のモデリングは、それに近いのではないのでしょうか。いろいろな情報があって、それをどうクラス分けして整理すると、全部を探し当てられるか。これは今いちばん新しい領域です。検索のプログラムなどもこれですね。昔はどうにもならなかったものが、今はある程度まとめて拾ってこられます。ですから、技術的な問題が大きいと思います。具体的に問題

の内容を提示して、情報研究者と協力すれば、成果が出るのではないのでしょうか。  
**堀田** 生物学は今やゲノムの時代で、遺伝子を全部数え上げることができるようになり、原理的には1つ1つの遺伝子について実験ができる時代です。昔は、一部を見て全体を理解するのが科学だと思っていたのですが、ゲノムは逆で、何かわからないが全部を見てしまう。しかし、そのすべてについて実験することはできない。どういう学問をしたらよいのか、生物学者の悩みの種なのです。

**赤池** データが無数にある。そのときに、いちばん大事なものは、何が欲しいかですね。目的意識が明確ならば、それによって見方が決まってくるわけです。ですから、モデリングでは、それをどうとらえるかという知的な部分が肝腎です。

#### 4研究所が合同して新しい成果を

**赤池** サイエンスをやるときには、目的意識をはっきりさせないと、何も出てきません。あれに使おう、と思っていけば、いろいろな可能性が見えてきます。その体制があるかどうか問題ですね。

**堀田** 理論的思考に強い人が必要で、今の生物学にはそれが欠けていると思うのです。ゲノムの時代の生物学は、下手をすると「分子生物学」になってしまう。元来、博物学を脱したのが生物学の革命だったはずなのに、1つ上のレベルの博物学になりかねない。これをどうしたらよいか。生物学者だけでは解決できないと思いますね。

統数研、遺伝研、極地研、情報研が一緒になって情報・システム研究機構ができたきっかけは、法人化という外からの圧力ですが、仕方がないから一緒になりました、というのではなく、積極的に何かを生み出したい。その何かのイメージとして、例えば生物学のこんな事情があるのです。

**赤池** いちばん心配なのは、今の世の中はすぐ目に見える業績をあげないと、生きにくいシステムになっています。それで果たして、新しい分野を切り開く余裕があるのかどうかということですね。と

## 新しい科学の「かたち」

### 樋口知之

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 統計数理研究所副所長

ICT革命が進むなかで、科学の方法論が変容しつつある。自然科学においてはシミュレーションの役割が増大してきた。シミュレーションは通常、研究対象の基本方程式群を計算機に実装するために数理モデルに変換した、いわゆる「シミュレーションモデル」の開発から始まる。それが時間的に変化するものであれば、初期条件、境界条件などを与えて計算を進め、得られた結果から科学知を発見していく。これは、演繹的推論と呼ぶフォワード思考（順問題解決）であり、ほとんどの研究領域における王道とされてきた。一方、統計科学においては、研究対象の理解のために、現象を支配している関係式や経験則を、観測や計測データから推定していく。帰納的推論と呼ぶバックワード思考（逆問題解決）がそこでは王道である。帰納的推論を行うには、対象そのものを基礎方程式群などの積み上げによって実体的にモデル化するのではなく、対象の機能自体を模倣する「数理モデル」を構築する。従来、このようなアプローチの活用は限られていたが、複雑な対象から大

量かつ多面的なデータが得られるようになった今日では、その出番は比較にならないほど増えてきている。

その代表例が近年におけるロボティクスの著しい発展である。かりに、悲しい顔を見たら相手を元気づけるようなロボットを作りたいとする。演繹的な方法論では、目の生理機能から始めて、信号伝達、脳での信号処理の理解、そして運動方程式にもとづいたロボット制御まで、すべての素過程を積み上げていくことになり、目的の達成まではなかなか至らない。そこで、機能のモデル化を優先し、入力データと出力データの関係を近似した数理モデルを構築するという手法をとっている。

このようなアプローチの重要性に最も早く気づいたのが赤池先生であった。「我々が追求する真理は、現在の知識に依存するという意味で相対的な、対象の一つの近似を与えるモデルによって表現されるようなものに過ぎない」（『時系列解析の実際II』朝倉書店、1995）と看破している。ベスト（真理）を求める一元的価値観が西洋的思想とするなら、ベストをイメージしつつもベターを志向し続ける、多元的価値観を重んじる東洋的思想といえよう。

一元的価値観、大量消費戦略が社会・環境問題において綻びを見せている現在、未来の地球を担う若者にはぜひ赤池思想を学び、真理の探究にとどまらない新しい科学を開拓してほしい。

んでもない人が出てこない。

**堀田** それが難しい。合理化だ、人件費削減だ、という流れに対応しながら本質を見失わないようにしたいものです。

**赤池** 違う分野が接触するのは非常によいことですが、それだけでは

**堀田** 完全に同じ研究をしているところが一緒になっても、縮小するだけ。全然違うことをしているけれど接点があるものが協力し合うのがよいのではないかと、こういう組み合わせになったのです。なんとか先生方がつくられた伝統をさらに発展させて、法人化が新しいものを生み出すようにしたいと思います。

情報・システム研究機構では今、ライフサイエンスの統合データベース作りという活動をスタートさせました。ライフサイエンスのデータベースは、ゲノム、タンパク質、代謝、病気などについて独立に作られてきて、酵素や遺伝子の呼び方までそれぞれ違うのです。まずは辞書作りが必要です。そして、多様なデータベースをつなげるプラットフォームを作

り、そこに皆で知識をはり付けていけば、大きな百科事典ができるはずですが、これも機構だから可能な仕事で、幸い、4つの研究所があるので、あと4～5年経つと何か見えてくるかもしれません。

#### 異端児がいられる空間が必要

**堀田** 私は、数学者にぜひ、生物学に入ってきてほしいと思っています。先生は数学者の中では少し異端児、と申し上げてもよいのではないのでしょうか。普通の数学者は、現場のデータを眺めて研究するというセンスはあまりありませんから。

**赤池** そうでしょうね。

**堀田** 金融などには、数学の専門家がかなり入っていますが、生物学は尻込みされる。先日、東大数学科にセミナーに行つて、「ぜひ天才に来てほしい」と宣伝したのです。

**赤池** 普通の優等生では無理でしょうね。

**堀田** 数学ができるだけではなく、生物を見て、複雑なままにまず理解し、そのうえで生物学者が考えつかないことを考

えつく。そういう人が欲しいのですが、すぐには出てこないかもしれない。

**赤池** わかっている問題の解き方ばかりを教える教育が多すぎますからね。どんなことでも考えれば解けるという経験をさせないとけません。さらに、とんでもないことをやっても大丈夫という空間を確保してやらないと。

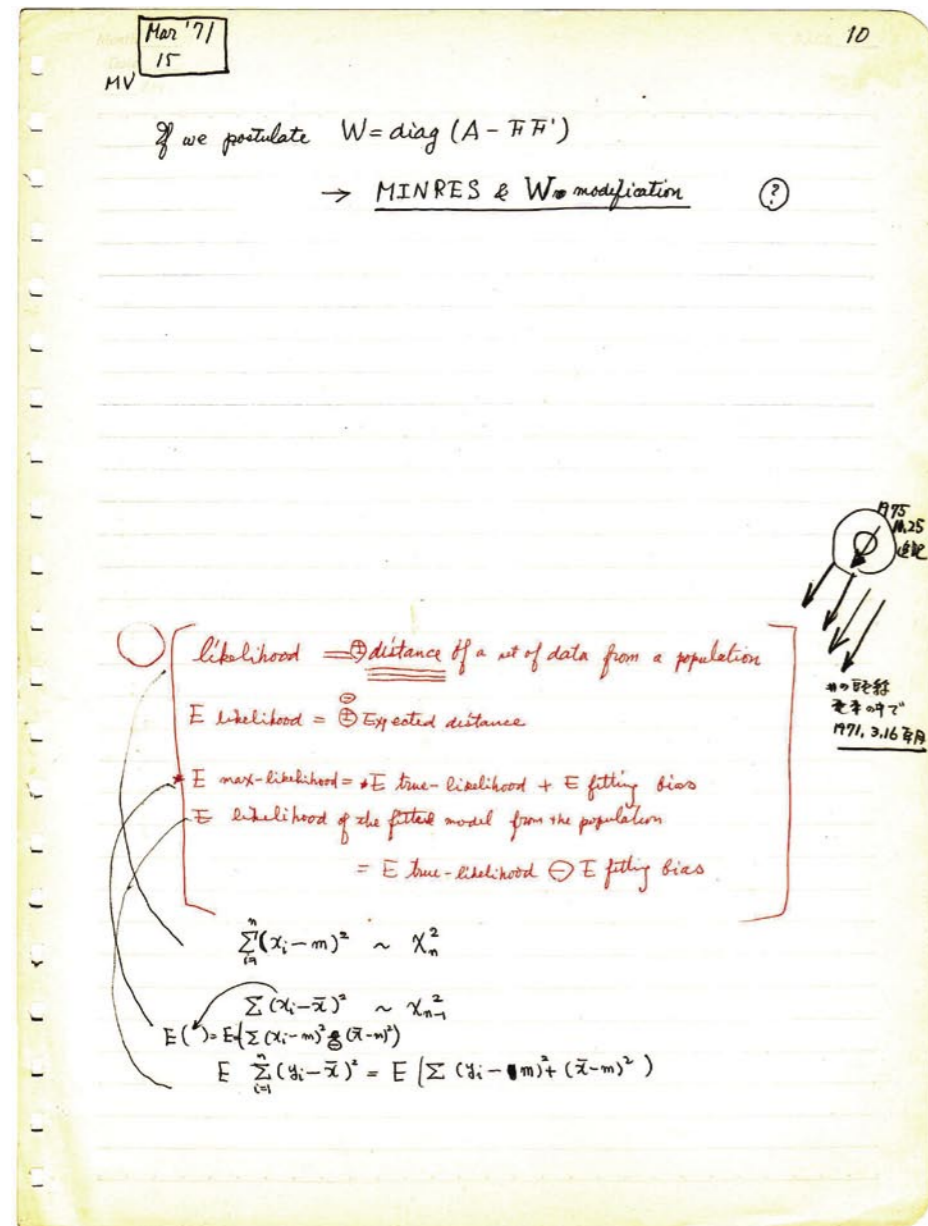
**堀田** 昔なら、ラボ全体としてはきちんとスタンダードな仕事をしていても、その中に異端児がいて、それが次の時代をつくっていくような余裕があったのですが、今はそういう余裕がだんだんなくなっていますね。

**赤池** 楽しくて仕方がないから研究するというでないとね。

**堀田** そのとおりですね。そういう学問をなんとか続けていきたいものです。本日はおもしろく、示唆に富むお話をありがとうございました。

（2007年7月6日、つくば市にて収録）

（構成 古郡 悦子）



対数尤度からAICへの着想を書いた赤池博士のメモ