



林知己夫先生の研究の一側面（2）

多次元データ解析から分類へ、 そしてデータの科学に向けて

統計数理研究所・名誉教授 大隅 昇*

1. はじめに

林知己夫先生が2002年8月6日の早朝に他界されてから早くも2年半余が過ぎた。まさに光陰矢のごとくである。幸いにも今回ここに、誌面をいただいたことで改めて先生の偉大な業績を見直す機会を得た。しかし限られた紙幅の中で先生の膨大な業績を述べることはできない。またそのすべてを理解できるものでもないが、先生の書かれたものをなぞることで思想の断片を筆者の視点から紹介したい。

まず、いくつかの異なる言葉を用意しよう。これは林先生を語るためのキーワードと言ってよい。一つは「多次元データ解析」であり、もう一つはそれに対峙する「多変量解析」である。さらに、「調査の科学」「分類」そして「データの科学」、これらがここで林先生を語るうえで必要

とされる言葉といえるだろう。時の流れの中で考えるなら、多変量解析への一つのアンチテーゼとして、多次元データ解析の重要な要素としての「数量化法」の登場がある。これと並行して、データ（調査データ）があつての分析方法論の開発であり調査であるという「調査の科学」の独特的思想形成がある。さらにこれらを総合的に包括し、その上位に位置づけるものとしての「データの科学」(data science)がある。データの科学は、いわば林先生の研究の集大成として位置づけられるものと考えられる。しかしこの集大成を完結させることなく、その道程の半ばにして先生は西方の彼方に行かれてしまった。まことに無念の一語に尽きる。

ここでは上に挙げたキーワードに従って、林先生の思想、とくに晩年熱心に主張されていたデータの科学に至るまでの過程を筆者の視点から記してみたい。

2. 多次元データ解析と多変量解析は異なるもの

林先生の日頃の主張によると、多変量解析と多次元データ解析は似て非なるものであった。多変量解析 (multivariate

*おおすみ・のほる 1940年神奈川県生まれ。72年文部省（現・文部科学省）統計数理研究所へ入所。79年理学博士取得。85年同調査実験解析研究系助教授を経て、91年から教授。2004年3月退官。専攻は統計数理、多次元データ解析、データ科学。主著に『統計的データ解析とソフトウェア』『記述的多変量解析法』など

analysis) とは多くの場合、数理的な制約としての線形性仮定や、推論を簡便化するための確率分布の想定(例えば、正規分布を仮定)がある。林先生の持論は、次のようになる。単なる記述統計学の枠を拡げて確率を導入して推定・検定による推論(inference)に向かった先が数理統計学であり、このパラダイムの中で確立される方法論はいたずらに精緻化され数学的な形式論に陥るおそれがある、実際に多変量解析の研究はこのような方向で進んできたことが真に必要とされる統計的データ解析(SDA: statistical data analysis)から遊離した原因である。また、いわゆる(狭い意味の)科学的方法論を目指すあまり、理論と仮説・検証、(統計的)モデル化を指向するモデル選択やモデリング的な方向に流れ、結果として、本来は現象解明にもっとも寄与すべき“データ”から乖離したところでの些末な議論となっていると警鐘を発していた。

先生にとっては、多変量解析とはガウス分布(正規分布)に基づく複雑な算術操作にすぎず、あまりに制約が多く実用に耐えないもの、せいぜい論文作成の装置に過ぎないと考えておられたようだ。「木を見て森を見ず」の議論があまりに多いと嘆いておられたことを思い出す。

3. 現象解明のための数量化 —データの科学の幕開け—

一般に「林の数量化理論」と言われているが、実は先生は多数のご著書の中では単に「数量化」と書かれていることが

多い。また、数量化のⅠ類、Ⅱ類、Ⅲ類、Ⅳ類、Ⅴ類、Ⅵ類といった呼称は、飽戸弘先生の命名によるもので、後述するように林先生はこれとは異なる「外的基準の有無」と「尺度構成の概念」に従って分類されている。

まず多次元データ解析(多次元データ分析: multidimensional data analysis)ではどう考えるか。林先生は、そもそも多次元的で複雑な現象を何らかの形で記述して見せるには、確率分布モデル(例: 正規分布)や線形構造を仮定した中で議論することには無理があると言うのである。この点で多変量解析とはまったく異なる世界を考えることが肝要ということになる。モデル化や数式化は後からついてくるものであり(単純な分析技法の問題ではなく)、まず必要なことは“データに依拠した独自の考え方や方法論”的誘導が重要であるとの主張である。この典型例が数量化(quantification)の考え方であり、その具体的な一連の方法論が「数量化法」(quantification methods)である。ここらの発祥の経緯や歴史については、森本による詳しい報告がある([10])。

まず疑問は次のようなことがある。数量は与えられたもの、また計量されるものとし、しかも数理的な(制約)条件のもとに作られた手法をデータに当てはめることが、そもそもおかしいのではないかとの主張である。つまり、「本来、数(数量、数値)はあらかじめそのものに内在するのではなく、目的を達成するために科学的に与えるものであり、そのための道具」「目的に応じてふさわしく与えるもの」

であるという立場をとるのである。つまり生の測定データ(数値とは限らない)の示す意味表現と、分析に用いるために必要とする数値とは峻別して考えるべきとの見方もある。

さらに数量化で重要なことは、「線形である」あるいは「線形として説明できるものではなく、「線形にする、いかにして線形にできるか」、そのような数の与え方があり得るのか、またそうあるようなデータの収集法はいかに工夫すべきかにあるという。この考え方には、いわゆる多変量解析的な発想とはまったく異なる方向である。元来は非線形の事象が多いのであるから、それをなるべく扱いやすい線形にすること、併せて実験の計画を工夫し、その現象解明に適したデータの取得法と解析法を通じて問題を解明する筋道を明らかにするという立場である(これが発展的にデータの科学につながる)。

形式論的にいえば、たとえば数量化法Ⅰ類は一般化重回帰分析モデルである。数量化法Ⅱ類も判別分析の変形として定式化される。さらにもっとも広く利用されている数量化法Ⅲ類も質的データの主成分分析型手法という言い方が可能である。フランスのベンゼクリ(Benzécri、後述)が提案したように、分割表という多次元データ表についてピアソンのカイ二乗統計量による独立性検定を裏側から見るという着想から得た対応分析による定式化もあるだろう。しかしこうした単純なアナロジーによる展開は林先生がもっとも嫌ったことである。ベンゼクリは自分とはまったく異なる視点から、対応分析

すなわち数量化法Ⅲ類と同等の手法に到達したことは稀有なことである、しかし考え方があまりに狭く、“数量化”としてのより広い展開を図ることはなかったことが残念である、というのが林先生の見方であった。

単純な例をみよう。いま、ある調査質問の選択肢として「非常に満足」に5を与える、以下同じように「満足」=4、「わからない」=3、「あまり満足でない」=2、「まったく満足でない」=1と付与したとしよう。こうしたアприオリに与えた、大きさに意味のない形式的な数値(ここでは順序尺度)を使った四則演算、例えば平均値を出すとか、あるいは因子分析を行うなどの行為は正しいのだろうか。数量化法はこれに疑問を呈し、数値はア prioriに与えるべきではない、ましてや線形性をこうした名目的な数値には想定はできない、むしろ「数量」は現象を代表する(説明するであろう)データに基づいて作られるもの、つまり数理的には新たな座標空間を作り出すことにあると考えるのである(この点でも多変量解析では、始めに座標系を与えそれが存在することから出立することと反対の立場にある)。

数量化法におけるもう一つの特徴は、「外的基準のある場合」とそうでない、つまり「外的基準のない場合」を分けて考えることにある。データ分析つまり多次元データ解析を考えるうえで重要な要素である。この観点から数量化の各手法を整理することで、いわゆる数量化法が体系化されるのである。例えば、「外的基準

のある場合」として数量化法Ⅰ類、Ⅱ類が、「外的基準のない場合」としてⅢ類、Ⅳ類、Ⅴ類、そしてⅥ類が位置づけられるわけである。ここらの詳しいことは林先生が執筆された多数の著書にあるので、それを参照していただきたい(たとえば林[1]、[5])。ここでもっとも重要なことは、数量化の核心は「数のないもの(質的データ)を測定で探査し、これに数量を与えてデータ解析(分析)し、その現象についての特有の知見を得ること」にあるという視点にある。これを単純に、数量化法の○類という手法を使ったらこのような結果となったという形式的な言い方で括った議論が多いことに問題がある。方法論だけを切り取って眺めるものではなく、社会調査であれば、調査の実験計画(設計)に始まり、標本抽出と具体的な調査方式(データの集め方)、調査票と設問作成、そして実査を経て取得したデータ(回答)のデータ分析(もちろん、集計だけでなく数量化法を用いた分析)という“一連の思考の流れ”の中に数量化の精神が生きているのである。この点で、世の中には未だ数量化法への正しい理解が浸透していないと思われることが多々あるのは残念なことである。

ともあれ数量化法は、精緻なモデリングを前提としそれにデータを合わせるという分析姿勢に対する駁論であり、この点で大方の統計家の考え方とは大いに異なる立場にある。こうした精神が本来の統計学・数理統計学の分野からは正しく理解されなかつたように感じる。同時にこのことが、晩年の「データの科学」へ

の熱い思いとなって現れたようにも思う。

4. ベンゼクリ教授との邂逅 一対応分析と数量化法Ⅲ類一

フランスに、ベンゼクリ(J.-P.Benzécri)という研究者がいる。彼は1960年代初期に(1962年頃)、レンヌ大学で始めてAFC (Analyse des factorielle correspondances、いわゆるcorrespondence analysis: 対応分析)という方法を言語学のデータに適用した事例を発表し、これこそがフランスにおけるデータ解析(analyse des données)の原点であると宣言するのである。ここで従来の数理統計的アプローチを痛烈に批判し、パリ第6大学における彼の個性的な講義



林先生とベンゼクリ教授、
1979年

ぶりは広く知られるところとなった。講義だけではなく、多数の著書の中で(それも専らフランス語による)、フランス流のデータ解析の思想を主張してきた。AFCは実は数量化法Ⅲ類と同じではないかとの指摘があるものの確かめようがない。林先生は、ベンゼクリは本当に実在するのか、ブルバキと同様に研究者集団ではないのかとまでいわれ探偵もどきの探索までされた。しかしそれも、1979年に林先生とベンゼクリ教授との始めての出会いが実現し、一つの節目を迎える。前年

の1978年に、日本学術振興会(JSPS)の支援による日仏科学協力セミナーが開催され、この席で、参加者一同が始めてベンゼクリ教授に会う機会を得る。そして両雄は次の年の初顔合わせとなるのである。ベンゼクリ教授は自らの著書の中で、「遠い東洋の国に、自分よりもはるかに早く、同じようなことを考える研究者がいたとは驚きであり、また敬服に値する」と述べている([12] 他)。こうして、フランス圏はもとより広く欧州圏で数量化法Ⅲ類が対応分析と同等の方法であることが知られることとなった。しかし林先生は、数式の同等性はあっても根底にある思想や哲学は全く異なると主張される。事実、フランスでは対応分析は定性データの主成分分析といった方向で議論が展開する。AFCの数理は理屈好きのフランス人らしく、実に詳細かつ緻密に調べられている(Benzécri [11] 他多数)。しかし、林先生の言う“質的データ”全体に対して俯瞰的でありかつ首尾一貫した“数量化”という独創的な発想とは次元を異にするのである。林先生の質的情報の分析に対する先見性は希有であり、またこの思想があるがゆえに広く海外に知られるようになった。

5. データ解析を巡る日仏研究交流と国際交流

周知のように「データ解析」(DA : data analysis)、とくにEDA(探索的データ解析)は、ジョン・テュウキー博士(J. Tukey)が1960年代の初期、つまりAFCの登場と

ほぼ同時期に提唱した考え方である。林先生は早くからEDAに注目し先生の考えるデータ解析に相通じるものがあるが、いかにも限られたデータ(とくに量的データ)しか頭にないようだと言っておられた。先生の考えるデータ解析とは実務・応用に密接に繋がった現象解析解明の手段としての活きた方法論であり、また数量化の思想に依拠したものであらねばならなかった。

数量化法とくに数量化Ⅲ類(パターン分類)が国際的にも広まるとともに、またベンゼクリ教授との接点もできたことで、フランス圏の研究者グループから林先生を招きたいとの声が起り1979年にそれが実現する。当時、INRIA (Institut National de la Recherche en Informatique et en Automatique) のディディイ教授(Diday)他、ベンゼクリ派の研究者団が隔年にベルサイユで開催してきた「データ解析と情報学」(Data Analysis and Informatics)の国際研究集会の招待講演者として林先生が招かれたのである。無礼を省みず申せば、先生の英語のトークは決して上手ではない。しかも哲學的な含意の多い話しがある。しかし発表後は拍手で溢れ遠い東方の国のカリスマの登場を歓迎する声で満ちた。数量化の思想はフランスのデータ解析に相通じるものであるとの評価がなされた瞬間である。

先生はその後、ベンゼクリ教授の日本招聘を何度も働きかけたが実現せず、彼の弟子の一人、ルウ教授(M. Roux)が来日することとなる。これを契機にフランス圏の多数の研究者との交流が始まる。

ルバール (Lebart)、ジャンブ (Jambu)、ディディイ (Diday)、ナカシュ (Nakache)、エスクフィエ (Escoufier) 等々、フランスのデータ解析を先導してきた人達であり、またベンゼクリ派の門下生を含む多数の研究者との長い交流が続くのである。とくにルバール教授とは、国民性の国際比較調査や様々な共同研究など深い絆が築かれた。また彼をはじめ多数の研究者が日本を訪れ、我々もこの恩恵にあずかり、いまも二国間の深い研究交流が続いている。

先生はこうした人脈を大切な資産とし、様々な活動を展開された。とくに日本学術振興会 (JSPS) とフランス国立科学研究中心 (CNRS) との支援による日仏科学協力セミナー開催を、1987年(東京)と1992年(モンペリエ)の2度にわたり実現することとなる。先生はこうした学界活動にも常に精力的に取り組まれ、我々をたえず叱咤激励してきた。

6. 分類学研究からデータの科学へ

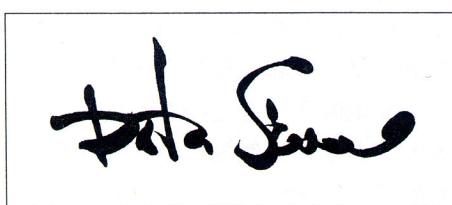
林先生の国際的な研究交流はフランス圏の研究者から、英国、イタリア、ドイツ、ポルトガル、そして東欧圏諸国と拡がる。そのきっかけの一つが「分類学研

究」である。「“分類”はあらゆる科学における基本的な思考操作である」というのが林先生の持論であり、実際に数量化を考えるうえでも分類操作の重要性を強調されてきた。分類研究があちこちの国に拡がり、とくに北米分類学会と英國分類学会の発足以後、フランス・ベルギー圏、ドイツ、イタリア、スロベニア、ポーランド等に次々と分類学会が設立された。我々も分類学会を作ろうと先生が言いだし、まず1983年に研究会を発足させ、その後1991年に学会組織とし現在に至っている。その後、国際分類学会連合 (IFCS : International Federation of Classification Societies)への参加、そしてIFCS国際会議 (第5回大会、1996年、神戸) の開催となる。ここで先生は始めて「データの科学」についての基調講演を行いその理念と重要性について述べた。それは先生の考える探索的データ解析の一つの発展形であり、何よりもデータこそが現象解明の礎であり、それをいかに取得し解析するかを独自に考えることこそが原点であるとするものである。

7. データ解析の里程碑—「データの科学」

林先生のデータの科学の主張は哲学的かつ思想的な深い示唆があるようにみえる。しかし筆者は、必ずしもそうとは限らない、元来はデータ解析のきわめて応用的かつ実践の場における具体的な指針を自らが範として示そうとしたのではないかと考えている。

「データの科学」について述べる前に、



筆による「data science」の文字

この言葉がどのような経緯で誕生したかを述べておこう。実はこの語源は第2回日仏科学協力セミナー(1992)の論文集発刊に関わっている。フランス側の代表エスクフィエ教授と我々(林先生、筆者)とが、論文集の表題や序文を議論する中で生まれた言葉が“data science”である(論文集は“Data Science and its Applications”となった)。先生は、これに日本語の「データの科学」をあてられたのである。またこの論文集の発刊にあたり、数量化に関わる用語(英語表記)を始めて「数量化法(quantification methods)」で統一したいと提案され少なくとも以後の英文の表記はこれで統一されるようになった。

こうして生まれたデータの科学の根幹は後述するようにならなかったところに、今の統計学・統計的データ解析の世界の混沌と閉塞感がある。この危機的状況をいかに打破して先に進むかの摸索の道筋を、データの科学として実践的に示されたかったに違いない。

では、林先生の考える「データの科学」の理念とは何であろうか。その主張は1990年代に入ってからの先生の多くの著作に書かれている。書かれたものを時間軸にそって眺めると、初期のやや曖昧な考え方(例えば[4])が次第に整理され熟成された形(思想)として体系化されてきたことがわかる。これを一つの形「データの科学」(2001,[1])として著したが、これはデータの科学を完成させるための一つの通過点であった。しかしいまとなっては先生の考え方を知るただ一つの著

書となった。

先生は、統計学・統計的データ解析は、その出発点では意味ある役立つ内容であったが、時間を経るにつれて形式論に走ってしまった、その原因是「データを以って現象を解明する、知って分かる」という基本精神を忘れたことにある、というのである。科学性を求めるあまりに些末な狭い議論となってしまったこと、形骸化したことへの批判であり統計学や調査の科学を本来の姿に戻すための新たなパラダイムの提案を行うことであるというのがその骨子である。

では具体的にどう考えるか。まず、「データの科学」とは“データによって”現象を理解すること、解明することである。データの科学は統計学、データ解析、分類、その他の諸手法の総括的な概念であり、また調査の科学(社会調査による社会現象の解明)を包含し、その上位に位置づけられるものであると言う。この姿を他の科学的方法論との関係、社会事象・行動科学などとの関係までを含めて先生は図1のように表した(これは文献[2]にあるもの、その後も何度か書き替えられ最終には[1]にあるようになった)。その基本要素だけを拾って、やや短絡的ではあるが筆者なりに模式化したものが図2である。

こうしたパラダイムの中で「データの科学は、複雑で曖昧な現象を扱う科学、よって“探索的かつ発見的な”性格」をもつものであり、必然的に模索し探りながらものごとを理解しようというのである。それを進めるうえで“3つの要素”(相、

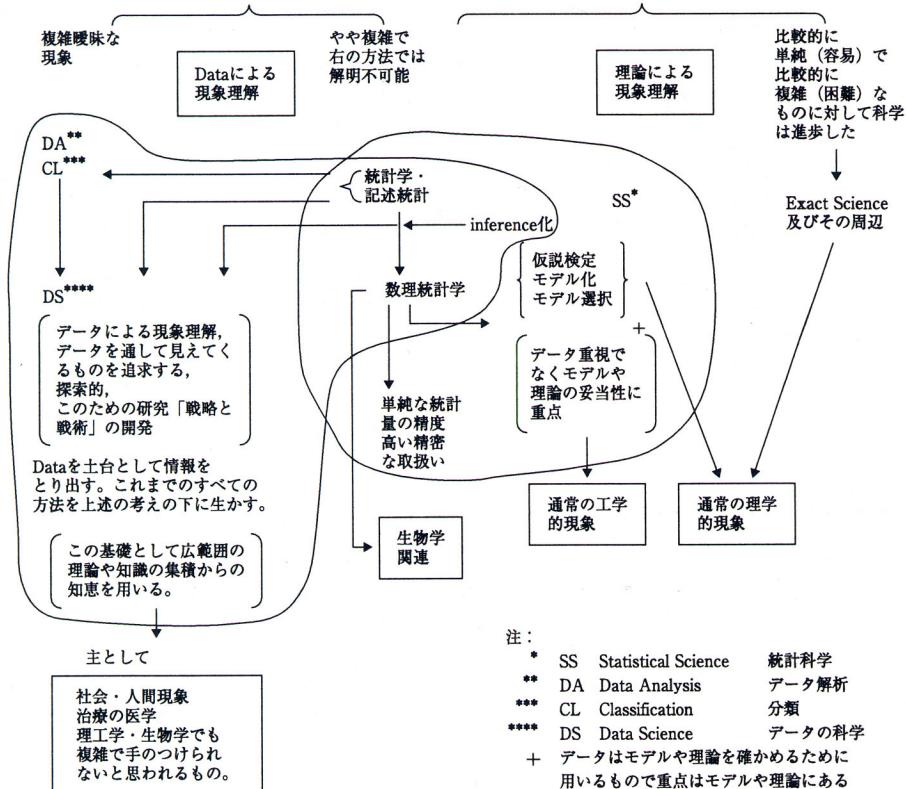


図1 科学的方法論の中の統計的方法

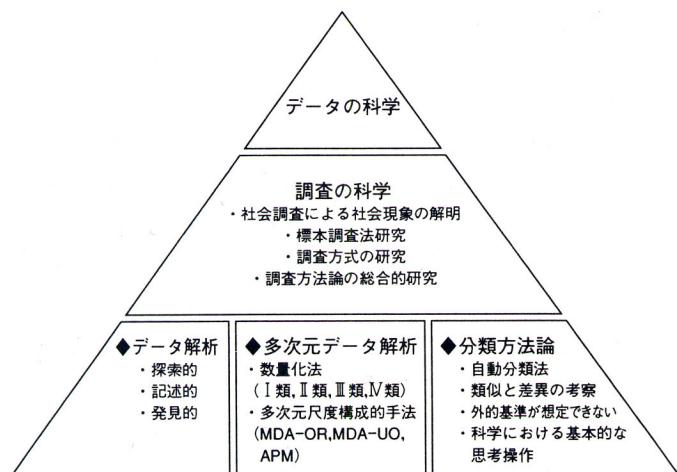


図2 「データの科学」の位置づけ

phase)を考えることが重要であるともいいう。これはきわめて実用的な発想であり、要約すると以下のようになる(図3)。

- ①計画的なデータ取得計画
(design of experiments)
- ②具体的なデータ収集法
(data collection mode)
- ③現象解明に適した解析手法の開発
(analyzing)

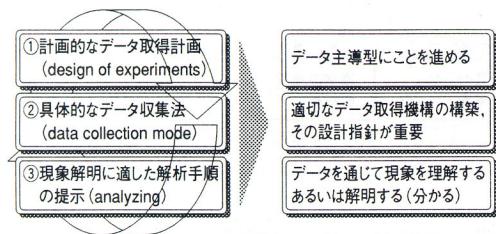


図3 研究の3つの要素

①は、例えばどのような(調査)設計でデータを取得するかという基本的な行為をいう。どのような調査であれ実験であっても、当該考える現象の解明にとって必要なことはデータ取得計画、実験の計画である。②は、その計画に従って具体的にどうデータを取得するか、その方式(モード)を決ることである。例えば、調査(社会調査・世論調査)で言えば、いわゆる調査方式(モード; survey modes)を決ることである。実は欧米とくに米国における調査法研究では、この調査方式の体系的な研究が徹底している(たとえばGroves他 [13])。日本国内では、優れた枠母集団、たとえば住民基本台帳や選挙人名簿などの標本抽出枠が利用できた

ことで、標本調査法と調査方式が不可分の関係にあり、これを分けて考える必要がなかった。例えば、(対象)母集団を代表する枠母集団とみなせる住民基本台帳を標本抽出枠として、層化2段比例無作為抽出で計画標本を作り、調査員の訪問による留置自記式調査を行う、などと説明がなされる。ここでいう層化2段比例無作為抽出は統計的な(確率的な)「標本調査」(標本抽出)に関わることであり、留置自記式とは「調査方式」に関わることであるが、これらが混然となっており、あまり両者(標本調査、調査方式)を分けて意識する必要はなかった。しかし、電話調査やインターネット調査では、それでは済まないことが分かってきた。とくに統計的推論が難しい非確率的アプローチの場合には、単に定性型調査という枠だけでは説明できなくなってきたのである(ここらの詳細は大隅 [7]、[8])。こうした実状をみると、“データ収集方式が肝要”という林先生の指摘は、正に先見の明というべきことで、長年の調査法研究の鋭い洞察と豊かな経験・知恵から生まれたに違いないのである。また、データ収集は高いスキルと経験を必要とする知的行為であり決して軽んじてはならぬという戒めも多少なりとも調査現場を知る者には尤もなことである。③は、取得したデータに基づいていかに分析を行うか、データに内在する性質を探る具体的な方法・手法の提案を行うことである。集計分析や高度の多次元データ解析手法を“工夫”することである。「工夫する」とは、既存の手法をそのまま適用すること

ではなく、その現象解明に必要な独自の手法を生み出すことをいう。数量化法の誕生もこうした過程で登場したのである。

林先生流に言えば、この3要素を有機的に繰り返し“行きつ戻りづ”しながら現象解明に向けて、発見的かつ探索的に進めるというのである(図3)。3つの要素はそのまま読むとひどく当たり前、平易なことのようであるし、実際にそうなのである。しかし上に示したように、最近の統計解析やデータ解析は迷路の中にあって、この大切な3要素を忘れてしまったよう見えるのである。

別の例を挙げよう。最近、新しい調査法と称してインターネット調査が普及している。いわゆるネット調査・ネットリサーチの名のもとに、市場調査の分野などで広く利用されている。そのキャッチコピーは「早い、廉価、使い易い」そして「ゴミのないデータが得られる」「登録者数が多いから代表性がある」といったように、良いことづくめである。さてこれをデータの科学の精神に照らしてみたときどうであろうか。「調査の質」は早い、安い…で測れるのか、ただ登録者数が多ければ本当に代表性が保証されるのか、分析は客観的で科学性が担保されている

のか、どれもが疑問である。上の3要素でいえば、どれもが満たされていない。ネット調査がいう電子的に優れたデータ収集法であるとの主張は、いわゆる調査方式(調査モード)言い換えれば「データ収集法」(data collection)の正しいあり方をまったく誤解したものであって、データの科学の精神に反する行為、誤信そのものなのである。こうしたことからは科学性のあるまとうな現象解明の議論展開は生まれない。林先生は生前に、既にこうした危険性を的確に予見しているのである([1]、[4])。

先生は行年84歳で亡くなられた。もっと生きていただき、今の統計学、行動計量学、そして調査法研究、さらにそれら周辺分野にみられる危機的状況を抜けだし望ましい方向に進むための優れた知恵を与える道筋を示していただきたかった。かえすがえす無念でならない。もはや林先生の理念・思想を正しく受け止め、直接確かめることもできない。浅学非才の身にあっては、先生の理念を乗り越えるにはあまりに目標が遠いところにある。せめてこの機会に林先生の考えるところを些かなりとも伝えることができたとしたら喜ばしい限りである。

【参考文献】

- [1] 林知己夫 (2001)、データの科学、シリーズ<データの科学>1、朝倉書店。
- [2] 林知己夫 (2000)、これからの国民性研究－人間研究の立場と地域研究・国際比較研究から、統計数理、第48巻、第1号、33-66。
[<http://artemis.ism.ac.jp/proc/pdf/48-1-033.pdf>]
- [3] 林知己夫 (2000)、反時代的考察、市場調査 No.244、(2000年7月) 4-17。
- [4] 林知己夫 (1996)、データ解析からデータサイエンスへ－科学としてのデータを語る、デー

タウェアハウスがビジネスを変える、日経BPムック。

- [5] 林知己夫 (1993)、数量化－理論と方法、朝倉書店。
- [6] 大隅昇、L. Lebart、他 (1994)、記述的多変量解析法、日科技連出版社。
- [7] 大隅昇 (2004、2005)、インターネット調査の何が問題か－現状の問題と解決すべきこと－、新情報、Vol.91、1-24およびVol.92、1-20。
[<http://www.sjc.or.jp/paper/files/>]
- [8] 大隅昇 (2002)、インターネット調査の適用可能性と限界－データ科学の視点からの考察－、行動計量学、29巻、1号、20-44。
- [9] 高橋正樹編 (2004)、科学史と科学者－林知己夫氏公開インタビュー－、行動計量学、第31巻、第2号（通巻61号）、107-124。
- [10] 森本栄一 (2005)、戦後日本の統計学の発達－数量化理論の形成から定着へ－、行動計量学、第32巻、第1号（通巻62号）、45-67。
- [11] Benzécri, J.-P. (1976), *L'Analyse de Données, Tome 1: Taxinomie, Tome 2: L'Analyse des Correspondances*, Dunod (second edition).
- [12] Benzécri, J.-P. (1982), *Histoire et Préhistoire de l'Analyse des Données*, Dunod.
- [13] Groves, R. M., Fowler, F. J. Couper, M. P. and others (2004), *Survey Methodology*, John-Wiley.
- [14] Ohsumi, N. (2004), Memories of Chikio Hayashi and His Great Achievement, in “Memorial Session for Chikio Hayashi”, IFCS-2004 Meeting, Chicago, U.S.A.