

## 数量化理論の形成過程に関する研究

## The Historical Study of the Formation of Hayashi's Quantification Theory

94M20321 森本 栄一

指導教官 木本忠昭・梶 雅範

## SYNOPSIS

Chikio Hayashi, the research fellow of the Institute of Statistical Mathematics (ISM), first formulated in 1950's a new statistical theory known as the Quantification Theory. The Theory consists of four new statistical methods to obtain quantitative indices from qualitative data.

The author has analyzed the process of theory formation historically. It has been shown that the theory was formulated to solve concrete problems for a social survey and the most important impetus for the theory development were the following social factors: the postwar reform of ISM, especially the establishment of a new department, the Department of Social Sciences, to which Hayashi belonged, and the reform of the statistics in Japan by the occupied forces, the General Headquarters of the Supreme Commander for the Allied Powers (GHQ/SCAP).

Hayashi must analyze the data obtained by a survey conducted under the supervision of GHQ/SCAP. The analysis of the data required Hayashi to go beyond the framework of the traditional mathematical Statistics. The new theory has opened the new discipline of statistics for a survey known as the data analysis.

## 第1章 研究の背景と目的

## 1.1 研究の背景

第二次世界大戦後、日本における統計学研究は大きく発達した。その統計学研究の中の重要な成果の一つとして、統計数理研究所を舞台とする林知己夫の数量化理論(Quantification Theory, 1950年代)と、赤池弘次の情報量規準 AIC(Akaike Information Criterion, 1973)があげられる。

数量化理論は質的なデータに科学的(客観的)な数値を付与することに初めて成功し、その後の統計学の適用範囲を大きく広げた。

戦前からの統計学研究は、第二次世界大戦後、連合国軍最高指令官総司令部(GHQ/SCAP)の占領政策の要請による日本の統計改革の影響を受け、新たな展開に向かうこととなる。

統計数理研究所も戦後制度的改革が行われるが、理論的色彩が強かった数理統計学の研究対象のみならず、具体的な社会問題にも取り組む制度的基盤が確立された。

これら新しい研究動向の先駆けとなったのが、林知己夫が取り組んだ社会的問題であり、その問題を解決する過程の中から形成されたのが数量化理論であった。

## 1.2 研究の目的

数量化理論の歴史的記述に関しては、林知己夫自身による記述を始めとして、幾つかの数量化理論のテキストで、イントロダクションとして紹介されているだけである。

一方、統計学史としては、官庁統計・経済統計学の側面からの分析と、数理統計学の側面からの分析があるが、これらは主に明治期から第二次世界大戦終戦までの内容で、戦後に関しては殆ど触れられていない。

その他、戦後の GHQ/SCAP による統計制度改革に関する研究と、統計的品質管理の導入過程に関するものもあるが、当時の統計学研究全体の中での位置付け、他の統計学研究分野とのつながりは明確にされていない。

本研究では、以上の観点を踏まえて、数量化理論の形成過程を歴史的に追ひ、その研究が生まれるに至った経緯と、その形成を支えた背景を明らかにする。そして、戦後の統計学の発展過程の中にその歴史的位置を与えることを目的とする。

## 第2章 戦前の統計学研究と統計数理研究所設立

## 2.1 戦前の統計学研究

明治以来、第二次世界大戦終戦まで、日本の統計学には他の諸科学と同様に「輸入と模倣」に始まる主に2つの大きな研究の流れが存在した。一つは、官庁統計・経済統計学の流れと、もう一つは数理統計学の流れである。

前者の官庁統計・経済統計学は、近代国家形成のためにその行政上の必要性から導入された「ドイツ社会統計学」に始まった。このように最初に日本に導入された統計学は、その後、経済学と共に展開され、その位置付けも経済学の一分野として定着していった。

一方1935年前後を境に、これとまったく独立な新しい統計学の日本への導入が起り始めた。それは、近代確率論を吸収した数学者達による、Fisher や Neyman などに代表される「イギリス数理統計学」の導入であった。近代確率論、特に Mises の Kollektiv(集団)においては、戦後林知己夫がこれを学び、数量化理論の確率論的基盤となるものとして極めて重要であった。

数理統計学の初期の研究状況の中で、1941年2月に研究者の交流を推進するために「統計科学研究会」が結成された。また翌年には、北川敏男を教授とする初の数理統計学の講座が九州帝大理学部数学科に開設された。それ以後、この2つが数理統計学研究の中心地となった。

一方、これら数理統計学の研究者達は、戦況が悪化していく中で、戦時動員体制に組み込まれていった。彼らは、兵器行政本部の嘱託となり、陸軍兵器行政本部を始め、九州造兵廠、横須賀海軍工廠、東洋ベアリング桑名工場(モデル工場として)などの軍事工場で兵器生産に統計的方法を応用する問題に取り組んだ。

この他にも、戦前の統計学研究として、次の4つの特質すべき独創的研究があった。(1)「サンプリング理論」に関する亀田豊治郎の研究。(2)「投票に関する数理解析」に関する掛谷宗一(1886-1947)の研究。(3)「輸送問題」に関する掛谷宗一の研究。(4)「社会現象の統計的解析」に関する寺田寅彦(1878-1935)の研究。

また、1930年代石田保士(東芝)の電球製造工程における統計的方法の研究も、特筆すべきものである。

## 2.2 統計数理研究所の設立

1942年の日本軍によるフィリピン・コレヒドール要塞の占領をきっかけに、数理統計学者と軍部との関係が緊密になっていった。要塞の中から、暗号解読用のIBM計算機(大阪造兵廠で確認)が出てきたことに、軍部がショックを受けたことによるものであった。

この事件の後、数理統計学者の戦時動員が本格的に始められた。これは陸軍兵器行政本部長の小池陸軍中将が、兵器行政本部の嘱託であった山内二郎(電気試験所第三部長)を通して始めたものであり、兵器生産に統計的方法の導入し品質管理を行うという意図であった。

このような数理統計学者の仕事が認められて、かねてから念願の研究所設立へと向かうことになったのである。1943年11月には、「統計数学を中心とする統計科学に関する研究所の設立」が学術研究会議の建議として提出された。それまでは、学術研究会議の建議だけで設立になった機関の例はなく、建議のみで設立された最初で最後の例となった。翌年の1944年6月5日に勅令385号をもって文部省統計数理研究所が発足された。発足時の組織は、理論研究部と応用研究部の2研究部体制で、その下に各研究課が置かれた。

## 第3章 戦後の統計改革と統計学研究の再出発

### 3.1 戦後の統計改革

第二次世界大戦後、GHQ/SCAPは日本政府に対し、統治のための資料の一つとして多くの政府統計を提出させた。しかし、日本政府より提出された統計資料は信頼できるものが極めて少なく、日本の統計行政に対する不信を高めた。これは戦争によって統計制度が破壊したことにもよったが、戦前までの統計資料そのものに幾つかの問題点があったことによるものであった。

その結果、政府内でも統計制度改善への模索が始まった。これと並行して、大学の経済学部にも所属する教授達の間でも、統計制度改革への取り組みが始まった。1946年5月に「日本統計研究所」が設立され、ここを中心に外部から政府の統計活動に協力することになった。その協力のもと、政府は1946年12月に行政委員会として「統計委員会」が設置し、翌年3月26日には「統計法」(法律第18号)を公布した。

このような、統計委員会を中心とする日本の統計制度及び統計体系再建の活動に、極めて重要な影響を与えたものがライス統計使節団の活動であった。

以上のように、日本の統計制度の再建及び改革は、大内兵衛を委員長とする統計委員会と、ライス統計使節団の二人三脚の形で進められていった。そして、この改革をきっかけに、明治以来日本に定着してきた「官庁統計・経済統計学」の研究も、サンプリングの導入という形で大きく影響を受けるものとなった。

このほかに、戦後の統計改革が、品質管理の分野でも進められた。

戦後GHQ/SCAPは、日本の電話通信機器の故障の多さに悩まされ、品質管理の改革のために統計的品質管

理(Statistical Quality Control, SQC)を本格的に導入することとなった。

1946年にはGHQ/SCAP, CCSのW.S.Magillによって、日本電気玉川工場(モデル工場)で品質管理の指導が行われ、統計的品質管理の導入が始められた。また、1946年5月に設立された日科技連でも、1949年にQC研究会が組織され、品質管理への取り組みが始まった。特に1950年、W.E.Demingを招聘して行われた日科技連での品質管理の講習会は、日本への統計的品質管理の本格的な導入のきっかけとなるものであった。

これと同様に社会調査の分野でも、サンプリングの考え方が取り入れられ、新たな展開を迎えることとなった。

戦後日本の社会調査の全般の管轄に当たったのは、1946年初頭に設立された、POSR(Public Opinion and Sociological Research Unit)であった(John C.Pelzel(責任者)、Herbert Passin他。1948年からDevison)。

各世論調査機関は、POSR指導・監視の下、サンプリングを実際の世論調査の場に導入していくことになった。このように、社会調査における標本調査法導入が、新聞社などの世論調査で試み始められるが、全国規模の本格的な導入例となった調査に、1948年8月の「日本人の読み書き能力調査」があった。POSRのJohn C. Pelzelの依頼によるものである。

この調査のサンプリングは層別3段無作為抽出法で、統計数理研究所の林知己夫によってデザインされたものであった。しかし、この調査はサンプリングに限らず、その後の社会調査法の一つの基礎を作るものとなった。

### 3.2 統計数理研究所の制度的改革と戦後の役割

1946年4月、統計数理研究所は、それまでの理論研究部、応用研究部を、それぞれ基礎理論研究部、自然科学研究部に移行させた。そして、新たに社会科学研究部を設立し、戦後の社会的問題にも対応できる研究所の体制を整えた。

社会科学研究部には、社会調査に関わる様々な問題が持ち込まれたが、その先駆けが、林知己夫の取り組んだ具体的な社会調査の問題であった。その中から、問題を解決する過程で開発されたのが「数量化理論」であった。

### 3.3 統計的研究対象の変化と研究者側の受けとめ方

第二次世界大戦後、GHQ/SCAPによる標本調査法の導入を始めとする統計改革の影響を受け、日本側の研究者の間で今後の統計学の方向性をめぐって、様々な議論が飛び交わされた。

特に数理統計学の研究者はGHQ/SCAPによる標本調査法導入の影響を受け、広く数理統計学の普及活動を行った。その影響もあり、その後、推計的(推測統計的)手法は官庁統計のみならず、あらゆる専門分野に应用された。

その一方、このような統計学の研究状況に対し、官庁統計・経済統計学の研究者グループから強い批判の声が上がった。

一方、統計数理研究所内でも同じく論争がおきた。この論争は、研究所を2つに割るもので、「Bayes理論」(基礎理論研究部)と「データ分析中心のSampling」(社会科学研究部)を主張するグループと「精密標本理論」(自然科学研究部)を主張するグループとの論争であった。この論争は、「Bayes理論」(基礎理論研究部)と「データ分析中心のSampling」(社会科学研究部)のグループの主張を認める所長裁定で取束した。以後「精密標本理論」を主張した自然科学研究部は大幅に縮小され、林知己夫

を中心とする「統計数理」という考え方が広く受け入れられるようになった。

## 第4章 数量化理論の形成とその影響

### 4.1 理論における背景

林知己夫は、1942年に東京帝国大学理学部数学科卒業後、軍務につき、弾道計算を始め、米軍機の空襲パターン、上陸作戦、米軍航空機の生産台数の予測などの仕事に携わった。

終戦後は、末綱恕一教授の下、近代確率論の研究を始めた。まず林の目に止まったのが、Richard von Mises(1883-1953)のKollektiv(集団)であり、これから等確率母集団構成の確率的世界観を確立した。これは、林が数量化理論を形成する時に、その確率的基盤を与えるのもであった。

また、末綱研究室の「談話会」で報告された小平邦彦報告の「ゲームの理論」にも特に感銘を受けた。この考え方は、仮釈放の問題を解決する中で、最初の数量化理論を定式化する時の重要な柱となる考え方であった。

### 4.2 社会調査から数量化理論形成へ

数量化理論形成の発端は、第二次世界大戦後、刑法学者である西村克彦との仮釈放問題における共同研究からであった。

戦後社会の混乱期においては、国内の犯罪も増加し、刑務所も受刑者で過剰状態であった。そのため、各刑務所は早急な仮釈放制度の確立に迫られていた。

共同研究は、再犯可能性と受刑者の特性を調査するところから始められた。一方アメリカでの研究に、ハーバード大学のJ.Gluckの仮釈放の研究があった。Glueckの方法は、事前に受刑者の特性項目を数多く調査しておき、再犯者とそうでない者とで有効な調査項目を $\chi^2$ 検定で選別する。そして、選別した項目に対し-2, -1, 0, 1, 2, ... という点数(Likert Scale)を与えて、これに項目選択した時の $\chi^2$ 値に乗じたウエイトをつけて和をとり、総合点とするという方法であった。

林はGlueckの用いたLikert Scaleの直線性や+-という方向性が、成り立たないと感じ、まず指標づくりから始めなければならないと認識した。この認識の転換が、数量化理論形成の出発点であった。

彼らの決定した調査項目は、ほとんど全て定性的な項目であり、これをどう処理するか問題であった。林はその後、仮釈放の成功と失敗を予測するのであるから、この時的的中率 $p$ を最大にするように、質的な調査項目に数量を与えればよいと考え、これを定式化させた(1950)。

続いて定式化された数量化理論は、「日本人の読み書き能力調査」が発端であった。

GHQ/SCAPは、戦後日本の民主化政策の一環の一つとして、CIE教育課のR.K.ホール海軍少佐を中心に、日本語の公用語をローマ字にしようとした。

そのため、まず日本人の言語能力の実態像を把握する調査が、POSRのJohn C.Pelzelの指示で行われることとなった。林知己夫は、この調査に中央企画管理分析委員の統計担当として、携わっていたが、W.E.Demingによって持ち込まれた資料をもとに、日本全国民の読み書き能力に対して、同質と考えられるサンプルを抽出するサンプリング計画(層別3段抽出法)を作成した。これにより全国273地点から15才~64才までの成人男女21,008名が選出され、1948年8月に読み書き能力に関するテストが行われた。

林は、読み書き能力に影響を与える要因を分析する中で、読み書き能力の得点が最も精度良く予測できるように、各要因を数量化するという問題に帰着させ、これを定式化した(1951)。

三番目に定式化された数量化理論は、国鉄の保線区員調査が発端であった(1951)。この調査は、国鉄総裁室業務運営調査室の依頼によるもので、社会学者・心理学者との共同研究で行われた。

この調査は線路の保守作業の質と能率の向上のために、作業員の人間関係を調べるものであった。そのため、新宿保線区の24線路班の各班員に対し、一班づつ(各班平均15人程度)集合調査が行われた。また工手長及び保線区長・分区長についても調査が行われた。

分析を担当していた林は、各人が如何なるグループを形成しているか、それを明らかにする問題に取り組む中で、測度の概念によって作業員を分類することを考え、これを定式化させた(1951)。

最後に定式化された数量化第III類は、日冷の商業デザイナーでもあった武蔵野美術大の佐藤敬之輔との、輸出向け缶詰のラベルデザインにおける共同研究が発端であった(1955)。

当時、缶詰のラベルデザインは、伝統的に富士山や芸者の絵が描かれたものが中心であった。そのため、これを輸出向けにも対応させるにはどうデザインを変えたらいいかが課題であった。

この問題に対し林は、作業員の並び替えを行った経験から、ラベルデザインと被験者の同時の並び替えを考え、これを定式化させた(1956)。

### 4.3 研究体制の確立

以上のような研究は、理論部門(林知己夫)、実施部門(西平重喜、当初は林)、計算部門(石田正次)の分業体制で行われた。この体制が数量化理論の形成の土台となるばかりでなく、その後の統計学研究の一つの研究体制の形となった。

### 4.4 数量化理論の体系化とその定着過程

1947年の仮釈放の共同研究から始まった数量化理論の形成は、1956年のラベルデザインの共同研究から定式化された数量化第III類の定式化をもって一通りの完成となった。しかし、数量化理論の4つの方法論は、その位置付けにおいてまだ明確ではなかった。

すでに林は、社会調査における共同研究や、精密標本理論派との論争を通して、従来の記述統計学でも、推測統計学でもない、「統計数理」という考え方を確立していた。それと共に、数量化理論の各方法論も、応用研究として利用され始める中で、その位置付けが明らかとなり、それが外的基準の有無という形で結びついた。またその考え方においても、定性的な項目のみならず定量的な項目であっても、要因分析の整合性及び予測の精度の観点から数値を与え直すという立場に展開していた。

この位置付けに基づき、1964年飽戸弘は数量化理論の4つの方法論をそれぞれ第I類から第IV類と命名した。数量化理論が応用研究として利用される場合に、極めて重要な役割を果たすものが、計算機と統計プログラムパッケージであった。数量化理論の計算が、高次元線形計算を用いるからである。そして、これが当時の計算機の水準に応じて、それなりの計算法の発展を促進し、計算機そのものの発達的重要性を認識させた。

このような計算機の発達とともに、1970年以降の統計プログラムパッケージの発達は、その利用に大きな窓を開くものであった。日本で統計プログラムパッケージと

して知られている代表的なものに SPSS, BMDP, SAS があげられる。

その中でも、特に SPSS は、文科系の研究者や学生に統計的データ処理に関わるきっかけを広く提供したという意味で、このパッケージの影響は大きかった。数量化理論の計算プログラムは、統計数理研究所の駒澤勉教授によって開発されたものがこれに移植され、利用者の増大と共に応用範囲が飛躍的な拡大につながった。

数量化理論の応用分野は、さしあたり次のような応用研究があったことは確認できた。

医学分野への最初の応用は、小児疾患に対する数量化第 II 類を適用した崎野 (統数研)・巷野 (東大医学部小児科) の研究であった (1953)。また選挙予測に関しては、第 I 類と第 II 類を組み合わせた林・高倉 (統数研) の研究があった (1964)。W.E.Deming は選挙予測に批判的であったのに対し、この研究は対称的である。また生物分類への最初の応用に、野生イネ属に対し、その形態的特性を数量化第 III 類で分類した高倉の研究があった (1961)。

これ以外に「日本人の国民性調査」も数量化理論の影響を強く受けた。

この調査は、読み書き能力調査から 5 年後の 1953 年に、初めて実施された。その後、5 年ごとに、調査を重ね、1994 年には第 9 回の調査を実施するに至った。その間には国内調査にとどまらず、国際比較のための海外調査も行われた。

数量化理論は、第 1 次調査から分析法の一つとして用いられてきたが、1971 年に行われたハワイ調査を契機に、国民性調査は質的な展開を遂げるようになった。そのきっかけを与えたのが第 III 類であった。調査結果を数量化第 III 類で分析したところ、日系人と日本人との間に、回答の関連性の間に差異があるということが明らかになったのである。

これをきっかけに分析法の研究開発は、数量化第 III 類の有効性により、それまでの確証的データ解析 (confirmatory data analysis) から、探索的データ解析 (exploratory data analysis) にその重点が移っていった。

一方、海外においても同じく 1970 年代、新しい理論展開の兆しが見られるようになった。

一つは、アメリカの John W. Tukey (Princeton Univ. and Bell Telephone labo.) の探索的データ解析 (1977) で、それまでの統計量中心の数理統計学のあり方を批判し、データを素直に眺める視点の重要性を説いている。もう一つが、フランスの J.P. Benzecri (パリ 6 大学) の対応分析 (1973) で、同じく検定理論展開中心の数理統計学の不毛性を説いている。彼らは、いずれもデータ解析派で、70 年代以降の計算機発展と共に生まれてきた新しい研究者集団である。

## 第 5 章 数量化理論形成における科学史的検討

### 5.1 数量化理論形成過程の分析視点

科学史的に再度その視点を整理してみると、新理論形成の発端、その理論形成の母胎となった古い理論との関わり、新理論の時代的限界性、新研究が遂行された社会的関係、制度的な要因や特異性等々が注目されるべきであろう。この数量化理論の形成は、一つの新理論形成として、他の理論形成過程と比較して特異性が存在するかどうかなども興味ある課題である。

### 5.2 学説史的検討と歴史的展開

最初に定式化された数量化第 II 類は、戦時中、林が行っていた Bayes 理論による予測の限界を克服する形で定式

化された。Bayes 理論は事前確率に基づく予測という形に制限されるが、これが Mises の Kollektiv と Neuman のゲーム理論との融合により克服され、仮釈放予測という形で定式化されたものであった。

次に定式化された数量化第 I 類は、仮釈放における質的な判別予測から、絶対的な数量の予測という形へ、重相関係数という指標によって定式化されたものであった。三番目に定式化された数量化第 IV 類は、今までの数量化理論の定式化とは質的に違う形で行われた。これはそれまでの質的な判別予測、絶対的な数量の予測ではなく、質的要因によって一次的に分類を行うものであった。

最後に定式化された数量化第 III 類は、第 IV 類と同じく質的要因による分類であったが、質的要因間の相関係数に基づく分類の形で定式化されたものであった。

### 5.3 理論形成の社会的・制度的基盤

数量化理論形成への具体的問題提起を与えた社会調査は、いづれも終戦後の複雑な社会要因によるもので、特に GHQ/SCAP による一連の統計改革からの影響が強かった。

また、当時大学における統計学研究では、理論研究と、実地研究が分離されており、両者の間の研究には接点が少ない。その一方で、戦後の制度改革で、統計数理研究所には、大学に無い理論研究と実地研究の接点となる制度的基盤が確立された。この制度的確立により、それまでにない新しい視点が統計学研究の中に差し込まれ、その中から数量化理論が形成されるに至った。

### 5.4 結論

以上、本研究の結論は次の通りである。

- 数理統計学は、主に品質管理の問題を中心として、その理論的研究を行っていたが、統計数理研究所の制度的改革は、社会調査データという、それまで数理統計学の守備範囲になかった新しいデータを提供するものであった。それに従い、理論研究も新たな展開を迎えることとなり、その一つの現れが数量化理論であった。
- 統計数理研究所の戦後改革、とりわけ社会科学研究部の設立と GHQ/SCAP からの影響は、数量化理論の形成にとって必然の条件であった。
- 統計学研究の中に、社会調査における統計的研究の分野が確立された。また数量化理論は、後にデータ解析と言われる分野への一つの道を切り開くものであった。
- しかし、現段階では学説的に見れば、一つの学説体系としての完結性を有しているというものでは必ずしもない。

### 主要参考文献

- 林 知己夫 (1950). 統計数理的数量化の問題, 統計数理研究所講義録, 6(1-3): 98-119.  
 林 知己夫 (1951). 統計数理的数量化の問題補遺, 統計数理研究所講義録, 6(11): 481-520.  
 林 知己夫 (1956). 数量化理論とその応用例 (II), 統計数理研究所集報, 4(2): 19-30.  
 林 知己夫 (1993). 数量化—理論と方法—, 朝倉書店.  
 駒澤 勉 (1982). 数量化理論とデータ処理, 朝倉書店.