

|      |   |
|------|---|
| 1920 | — 1919 真空管の散乱雑音 (Schottky)                      |
|      | — 1922 側波帯 (Carson)                             |
|      | — 1924 電信速度と帯域 (Nyquist-Küpfmüller)             |
| 1930 | — 1928 { 抵抗体の熱擾乱雑音 (Nyquist)<br>通信路容量 (Nyquist) |
|      | — 1936 { FM の発明 (Armstrong)<br>尖頭値の理論 (Landon)  |
| 1940 | — 1939 PCM の発明 (Reeves)                         |
|      | — 1942 予測と渦波の理論 (Wiener-Kolmogoroff)            |
| 1950 | — 1948 通信理論 (Shannon)                           |

表 1: 通信工学における統計的方法の発展

よく知られているように2次元分布  $(x, y)$  があって、その標本値を  $(x_i, y_i)$ ,  $i=1, 2, \dots, N$  とすれば、標本値  $x_1, x_2, \dots, x_N$  と  $y_1, y_2, \dots, y_N$  との間の相関の度合は、相関係数  $\rho$  によってあらわされる。

$$\rho = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}}$$

ここで立場を変えると、この相関係数は変量  $x$  の中に変量  $y$  がどの程度含まれているかを示す一つの係数とみることができる。このような考えにもとずいて、いわゆる雑音の中に、信号分がどれだけ含まれているかを求めることができる。その一例が予測と渦波の理論であって、この理論が相関係数を時系列にまで拡張した相関関数を中心として展開されていることは良く知られている。同じくこの相関係数にもとずく理論に信号検出の理論がある。信号検出の理論はレーダの基礎をなすものであるが、最近では宇宙開発に伴って、宇宙的規模での通信や観測に重要な役割を果たしている。その一例として1961年3月~5月に米国とソ連で行われた金星のレーダ観測があげられる。もちろん、これらの成果は低雑音増幅器や大口径のパラボラアンテナ、大出力送信管等の技術の開発が前提条件ではあるが、系統全体の設計への基礎に相関にもとずいて信号を検出するという考え方が、検出理論によって最も効果的に実現されていることを見逃すことはできない。

以上簡単であるが、通信工学において統計的方法が問題解決の必須の手段となって来ていることを述べた。今後とも多数の数学者の協力が要請されている事実が御理解頂ければ幸いである。

## 統計的にみた交通問題

林 知己 夫

### Statistical Approach for Traffic Control

Chikio HAYASHI

一般の人々においても交通に対する関心が高く、混雑の問題、事故の問題など喧しい。統数研で行っているマスコミ効果 (EF) 調査で、この様子をみよう。交通の問題に非常に関心のあるものが

ずば抜けており、教育の問題をも越え、一方、憲法の問題に対する関心はずっと低い。さらに関心あるといえるだろうを加えると、殆んど 90% 前後となって、最近ではなみなみならぬ関心の程度を示している。

我々は、およそ 10 年位前から交通問題を統計的に取扱うことを行っている。人出処理の問題からみよう。まづ両国花火の人出処理の問題をとりあつかった。人の流れをどう取扱ったらよいかのモデルを考えるために実地調査を 2 年間にわたり行ない、そのモデルを考えた。また、新瀧弥彦神社の混雑における事件をもとにして、「もちまき」と混雑緩和のモデルを作成し、危険の構造分析を行ない既に発表をして

「関心が非常にある」もの%

|       | 1962 |    | 1963 |    | 1964 |
|-------|------|----|------|----|------|
|       | 春    | 秋  | 春    | 秋  | 春    |
| 交通の問題 | 70   | 60 | 54   | 49 | 66   |
| 教育の問題 | 44   | 43 | 37   | 42 | 41   |
| 憲法の問題 | 9    | 15 | 9    | 12 | 13   |

いる(植松, 研究所の Annals)。交通制御の問題では、単一交叉点における信号制御と車両の待ち時間の関係を明らかにし、もっとも能率のよい信号制御の統計的方法を考え、日比谷交叉点における調査を用いて、その有効性を検討した。その結果、青赤信号間隔を一定にしたとき、大手町一田村町方面の青信号を 8 秒長くすることによって、混雑を 1/3 にすまることが明らかにされた。わづか 8 秒の問題であるが、結果として大きな差の出ることには、非常に興味がある。また、系統式信号についても、最も能率のよい信号制御方法を考えた。これらについては、植松によって、研究所の Annals, 彙報, また科学読売—1963, 6月号—に発表されている。このほか、交通事故の問題、とくに、踏切事故, 国鉄責任事故, 保安設備と事故, 災害と事故, 新幹線における事故の予測等の問題をあつかい、成果が発表されている(青山, Annals および国鉄の報告, 林, 国鉄の報告)。また、自動車ドライバーの訓練方法(石田), 通勤問題(植松), 輸送量の調査(林, 志村, 高倉)等についても研究が行なわれている。通勤問題は最近行なったものである。一寸興味のあるところを話してみよう。東京都 23 区のうち、西・南西部を対象として調査を行なってみた。18 歳以上は約 3500 人、そのうち通勤(学)者は 2000 人、そのうち都心(中央, 千代田, 港)部に通勤(学)するもの約 700 人、副都心(新宿, 渋谷)へは約 280 人であった。その人々に通勤(学)コースをいくつか書いてもらい、それに対して利用順位をつけさせ、また各コースに対して、運賃, 所要時間, 歩行時間, 乗換数, 所要時間の変動, 混雑度(大, 中, 小), 疲労度(大, 中, 小), 待ち時間(長, 中, 短)を記入させた。これらを要因群と名づけておく。利用の順位を 1 位とそれ以外にわけると、そうすると、各コースはこの利用という外的基準によって分類されることになる。こうした上で、各コースの要因群から、この外的基準が最もよく弁別されるように数量化を考えるのである。なお以下では、それ以外では第 2 位のみをとりあげることにした。すなわち、1 位と 2 位との弁別を考えることにした。この方法を見よう。第  $i$  要因を symbolic に  $x_i, y_i$  ( $x_i$  は利用順位第 1 位のコースの第  $i$  要因での反応を示す,  $y_i$  は第 2 位のコースの第  $i$  要因での反応を示すものとする) とあらわし、 $x_i - y_i = z_i$  とおき、 $z = \sum_i \alpha_i z_i$  ( $R$  は要因数  $\alpha_i$  はウエイトを symbolic にあらわす) をつくり、 $\max P_r\{z > 0\}$  になるように  $\alpha$  をきめるのである。この代用として  $\max Q^2, Q^2 = \bar{z}^2 / \sigma_z^2$ : ただし  $\sigma_z^2$  は  $z$  の分散,  $\bar{z}$  は  $z$  の平均: になるようにするのである。要因は一般的に言えば、アイテム・カテゴリー反応であるので、 $x_i - y_i$  をアイテム・カテゴリーによって示し、数量化によって  $\max Q^2$  になるようにアイテム・カテゴリーを数量化せば望ましいのである。こうした結果、なかなか面白い結果が出ている。とくに、通勤(学)者を収入や通勤距離でわけたとき、さらに妙味が出てくる。

なお、弁別的な中率は 80% 前後で相当効率のよいものである。すなわち 1 位, 2 位, とは要因群から相当はつきり分けられる。つまり、1 位, 2 位の利用決定は、要因群からのみされているとしてもよく的中しているということが出来る。さて、2 万円以下の月所得者は 10 分間を 10 円で買う

とすれば、2~4万円の月所得者は10分間を20円で買う、4万円以上だと10分間を84円で買ふことになる、ことが出てきている。それだけの差で通勤の時間を大切にすることになる。疲労度の段階でみると、2万円以下では1段階は0円、つまり、疲労1段階では金を出さないのである。一方、2~4万円では1段階を23円、4万円以上だと1段階97円で買うことになり、高額所得者になるほど疲労しないことに高い金を払うことになる。距離でみると、近距離通勤者では10分間62円、遠距離通勤者では10分間49円となり、遠距離のものは、近距離のものにくらべ10分間当りあまり金を出さない。つまり、遠距離のものではすでに時間がかかっているのに、10分間程度の短縮には金をあまり出さないが、近距離のものでは10分が大切になることが知られる。疲労度でも同じ傾向で、近距離のものが1段階の疲労軽減に高い金を出すことが見られている。このほかくわしい分析が行われており、通勤(学)コース選択の種々相も(人の類型分けとともにどう変るか等も含めて)解析されている。