

## 通信工学における統計的方法

宮 川 洋  
(東 大 工 学 部)

## Statistical Methods in Communication Engineering

Hiroschi MIYAKAWA

(Faculty of Engineering, University of Tokyo)

通信系の最も簡単なモデルとして図 1 が考えられる。このモデルでは送信者と受信者があり、この両者が伝送路で接続され、一つの通信系を構成している。通信は具体的には送信者が情報を担なうところの信号を送出し、受信者は伝送路を通じて送りとどけられた信号の中から情報を抽出する

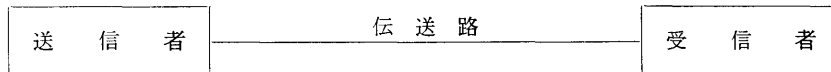


図 1: 通信系のモデル

ことによって行われている。ここに述べられたことを最も能率よく実現するにはどうすればよいかということが通信工学の根本的課題であり、これらを解決することを目的として、通信工学にいくつかの分野が生じて来た。この通信工学も現在 100 年以上の歴史を有しているが、第 2 次大戦後の通信工学における特に顕著な傾向は、上記の通信系のモデルの確率論的な取り扱いである。まず送信側で送り出す信号は決定的なものではなく、確率的なものであって、数学的にはある集合の中からの一つの標本にほかならならないことが広く認識されるようになって来た。

表 1 は電気通信工学において統計的なものの考え方が、どのように導入されて来たかを示す年表である。まず 1910 年代の後半から 1920 年代の前半にかけて電気通信に本質的な制限を与えている真空管の放射雑音、抵抗体の熱擾乱雑音の機構とモデルが明らかにされると共に、いわゆる信号は周波数領域では有限の帯域を占有していて、単なる線スペクトルではないこと、また各々の回線はそれぞれ周波数領域で重ならない様に配置する必要があることが明らかになった。これらはスペクトルの概念の確立とみることができる。1930 年代にはそれまでの振幅変調以外に、周波数変調、パルス変調等の新しい方式が導入され、ついで第 2 次大戦中のレーダおよび自動制御機器の発達により、いわゆる雑音理論および予測と伊波の理論が確立し、さらにこれらを背景にシャノンの通信理論が展開されるに至った。

現今では、上に述べたように確率・統計の考え方は通信工学の基礎の理解に必須のものであって、これらの分野の理解なしには、今後の通信工学の諸問題を解決して行くことは不可能とさえなっている。ここでは、これらのすべてについてふれることはできないので、特に統計においても一つの中心的な概念である相関という考えが通信工学でいかに重要な役割を果しつつあるかを述べたい。

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) 通信路容量 (Nyquist)
	— 1936 { FM の発明 (Armstrong) 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