

- 5) Hasegawa, M. and Yano, T. (1984) *Proc. Japan Acad.*, 60B, 389-392.

ノンパラメトリックなハザード関数の推定

鎌倉稔成

系列事象の統計的解析では、強度関数 (intensity function), あるいはハザード関数が重要な役割を演ずる。ハザード関数は信頼性理論の分野では故障率関数と呼ばれており、パラメトリック、ノンパラメトリック、数々の推定法がある (Singpurwalla & Wong, 1993)。よく用いられるのはワイブル分布、ガンマ分布、レーリー分布などのパラメトリックなモデルを仮定してそのパラメータを推定するといったかたちでハザード関数を求める方法である。ハザード関数をノンパラメトリックに求めるのは、密度関数をノンパラメトリックに求めるのと同程度のむずかしさがある。通常は、累積ハザード関数を推定することが多い。累積ハザード関数の推定量としては、Nelson の推定量、Perterson の推定量がよく使われている。ハザード関数そのものの推定方法としては、actuarial estimates, kernel estimates, などがあり、漸近理論の研究もある。ここでは、ノンパラメトリックに滑らかなハザード関数の推定を行う問題を考える。滑らかなハザード関数を推定する方法としては、Klotz (1982) が滑らかな生存時間分布関数の推定に用いた B スプラインの利用が考えられる。この他、Akaike (1980) の Bayes モデルの利用も 1 つの方法といえる。本小稿では B スプラインによるハザード関数の推定を議論する。

スプライン関数は区分的な多項式であり、プロットされた点を通る滑らかな曲線を得るために用いられており、種々の応用が考えられている (市田・吉本, 1979)。ここでは、基準化された B スプラインを用いる。Klotz (1982) では 2 階の B スプラインを用いており、滑らかな生存時間分布関数の推定を行うにはさほど問題はないが、ハザード関数の推定には 2 階の B スプラインでは十分とはいえない。尤度計算には B スプライン関数の積分が必要になるが、これは簡単には表現されない。筆者が数式処理プログラム REDUCE 3 を用いて $\int_0^x N_{k,r}(u)du$ の計算を行った結果を記述する。たとえば、2 階の B スプラインでは次のようになる。

- i) $x \leq \tau_k$
0
- ii) $\tau_k < x \leq \tau_{k+1}$
 $(\tau_k - x)^2 / 2(\tau_{k+1} - \tau_k)$
- iii) $\tau_{k+1} < x \leq \tau_{k+2}$
 $-(\tau_{k+2}\tau_{k+1} + \tau_{k+2}\tau_k - 2\tau_{k+2}x - \tau_{k+1}\tau_k + x^2) / 2(\tau_{k+2} - \tau_{k+1})$
- iv) $\tau_{k+2} < x$
 $(\tau_{k+2} - \tau_k) / 2$

第 3 研究部

医学データ解析における不適切問題の解法

田 辺 國 士

肺内ガス交換機能解析に登場するある不適切問題の統計的解法を与えた。問題は被験者の呼気に含まれるガスの分圧を測定し、この情報から肺内での換気・血流比 r の分布を推定することである。分布を換気血流比 r の対数 $R = \log r$ の密度函数 $p(R)$ で表現するとき、定常ガス交換における拡散平衡に関する物質保存の原理から、観測値 d と密度函数 $p(R)$ の間に

$$(1) \quad d = K(p) + \varepsilon$$