医療情報処理19－2
（1977. 10. 14）

生体情報処理の手法

篠崎国雄　（日本光電・計装部）

✡はじめに　　生体より得られる情報には実にさまざまなものがある。心電，脳波，ＡＰ，ＢＳＲなどのような生体電気現象だけでも数多くのものがあるが，その他にも，血圧，脈波，呼吸などの物理的現象や，血液，尿などの化学的なもの，更には，Ｘ線，超音波などを利用して得た画像などまさに多種多様である。

今回はこの内,生体電気現象で主に利用されている下記の手法について説明する。

(I) 加算平均　　(II) 分散　　(III) ヒストグラム
(IV) 相関係数，相関関数　　(V) パワスペクトル　　(VI) クロススペクトル

〔語句の説明〕

(i) 定常性

十分長い時間について考えた時，横軸（時刻）をどこで切っても一定の統計的な性質に変化がないこと。

(ii) エルゴード過程

確率過程において，そのアンサンブル平均と時間平均が等しいと考えられる性質であり，数式で示すと次のようになる。

$$\lim_{N\to\infty}\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} im = \lim_{T\to\infty}\frac{1}{2T}\int_{-T}^{T} i(t)\,dt$$

(I) 加算平均

ＢＳＲやＳＶＲのような極めて微弱な情報は，単に高感度の増幅器があるだけでは十分には得られない。なぜなら目的とする信号よりもそれ以外の信号の方が大きくそれらに信号がうもれている場合がほとんどである。そこで，目的とする信号以外を雑音と見た時，雑音が目的の信号と無関係に発生し，かつ雑音分は互いに独立であるとみなし得る場合には，統計で用いられている加算平均の手法が充当でき，信号と雑音の比（一般にS/Nと書く）を信号に同期して加算した回数Ｎの平方根$\sqrt{N}$倍改善できる。

今生体より得られた信号$Ii(t)$が，必要とする信号$Si(t)$と雑音$ni(t)$との和で表わせ，かつ$ni(t)$は無限回加算平均したら零となると仮定し　$Ii(t)=Si(t)+ni(t)$

更に$Si(t)$は常に一定の形で得られ，Ｎ回加算したら$N\times Si(t)$となると仮定する。そこで，雑音分だけに着目し，Ｎ回加算平均後の波形$Zi(t)=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} ni(t)$　と原波形$ni(t)$とを比較してみる。それにはパワの平均を考えるのが簡単である。

$$\langle Z^2i(t)\rangle=\langle\left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} ni(t)\right)^2\rangle=\frac{1}{N^2}\langle\left(\sum_{i=1}^{N} ni(t)\right)^2\rangle$$　$\langle\,\rangle$は平均を意味する記号とす

$$=\frac{1}{N^2}\langle\left(\sum_{i=1}^{N} n^2i(t)+\sum_{j,k=1}^{N} nj(t)\,nk(t)\right)\rangle \quad ;\ j\neq k$$

仮定より後ろの項は零となり，前の項だけとなり

$$\langle Z^2i(t)\rangle=\frac{1}{N^2}\langle\sum_{i=1}^{N} n^2i(t)\rangle=\frac{1}{N^2}\sum_{i=1}^{N}\langle n^2i(t)\rangle=\frac{1}{N^2}\cdot N\langle n^2i(t)\rangle=\frac{1}{N}\langle n^2i(t)\rangle$$

よって$Zi(t)$のパワは$ni(t)$のパワの$\frac{1}{N}$となり，電圧はその平方根で$1/\sqrt{N}$となる。

(II) ヒストグラム

ヒストグラムの内，主なものには，インターバルヒストグラム，ドウェルタイ

ムヒストグラム，レイテンシィヒストグラムなどがあるが，tをどのようにとるかが違う程度で，ほゞ似ているので紙面の都合上，インターバルヒストについてのみ説明する。

右図(a)のようにパルスとパルスの間の時間t_1，t_2，t_3，……を測定し (b)のように横軸に時間を縦軸にその累積度数をとったものであり，図(b)のA点について云うと，tjという時間々隔でパルスが発生した回数がNk回あったという事である。

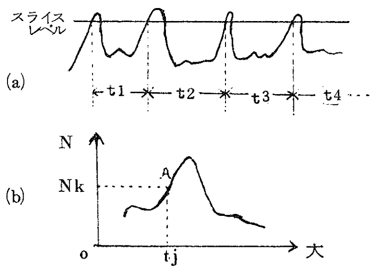

図1　インターバルヒストグラム

(Ⅲ)分散

得られたデータのバラツキの程度を表わす方法の一つとして考えられたのが，分散である。

今 一群のデータが得られた時，その平均値を$\bar{x}$，個々のデータをXiとするとその分散σ^2は

$$\sigma^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(xi-\bar{x}) \cdots\cdots (1)$$

で表わされる。この式からも分る通り 分散とは得られたデータと平均との差の2乗を計算し，それらを寄せ集めたものの平均である。更に平方根をとったものを標準偏差と呼ぶ

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=}^{n}(xi-\bar{x})^2} \cdots\cdots (2)$$

(1)及び(2)の式は離散的データに対する式であったが，生体より得られるデータは主に連続する曲線x(t) であるのでxiの代りにx(t)を用い，和$\sum$の代りに積分$\int$を用いて (1)式は

$$\sigma^2 = \frac{1}{T}\int_0^T\left\{x(t)-\overline{x(t)}\right\}^2 dt$$ と表わせる。

(Ⅳ)相関関数，相関係数

ある2つの変動間になんらかの相関性がないかどうかを調べることは，医学においても有意なことが多く，時として重要な因果関係を見いだすことがある。

(i)相関係数

あるz変数X，Yの間に相関性があるかないかを，定量的に表現しようとするものが相関係数である。

今，得られた観測値xi，yi の各々の平均値を$\bar{x}$,$\bar{y}$とすると

xi，yi の標準偏差は

$$\sigma x = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(xi-\bar{x})^2}, \qquad \sigma y = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(yi-\bar{y})^2}$$

であり，相関係数Pは

$$P = \frac{C}{\sigma x \cdot \sigma y} \qquad \text{ただし} \quad C = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(xi-\bar{x})(yi-\bar{y})$$ 〔共分散〕

で定義される。ここでPの値をみた時

P＞0のとき　正の相関　　P＝1のとき　正の完全相関

P＝0のとき　無相関

P＜0のとき　負の相関　　P＝-1のとき　負の完全相関

と言う。

(ii) 自己相関々数

エルゴード過程に従がう連続曲線の時間々隔を変数とみて相関性を論ずることができる。これが自己相関々数である。式で書くと次のようになる。

$$Øxx(I) = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{2T}\int_{-T}^{T} x(t)\,x(t+I)\,dt$$

自己相関の主なるところは，周期成分とランダム成分の分離がはかられるということと，偶関数でかつ I=0の時が最大となることである。

(iii) 相互相関々数

変動する2つの曲線 x(t), y(t) 間の相関性をみるのが相互相関々数であり，式で書けば次のようになる。

$$Øxy(I) = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{2T}\int_{-T}^{T} x(t)\,y(t+I)\,dt$$

(V) パワスペクトル

生体より得られた信号が，どのような周波数成分をどの程度含んでいるかを知るのが，パワスペクトルである。信号 x(t)は横軸に時間をとって表現されるが，パワスペクトルは横軸に周波数をとって表現される。

信号 x(t) を周波数に分解する　即ち周波数スペクトルを求めるには，x(t)をフーリェ変換すれば良く，更にパワを求めるには，2乗して時間で平均をとれば良い。

式で書けば次のようになる。

$$\Phi(w) = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{2T}\left|X_T(jw)\right|^2 \qquad \text{ただし}\begin{cases} X_T(jw) = \int_{-T}^{T} x_T(t)e^{-jw\tau}\alpha t \\ x_T(t) = \begin{cases} x(t) & |t| < T \\ 0 & |t| > T \end{cases} \end{cases}$$

パワスペクトルを『原波形の自己相関々数のフーリェ変換』としても求められる。

$$\int_{-\infty}^{\infty}\left\{\frac{1}{2T}\int_{-\infty}^{\infty} x_T(t)x_T(t+I)\,dt\right\}e^{-jw\tau}\alpha t$$

$$= \frac{1}{2T}\int_{-\infty}^{\infty} x_T(t)e^{jw\tau}\,dt\int_{-\infty}^{\infty} x_T(t+I)e^{-jw\tau(\tau+I)}$$

$$= \frac{1}{2T}\cdot X_T(-jw)\cdot X_T(jw) = \frac{1}{2T}\left|X_T(jw)\right|^2$$

(VI) クロススペクトル

生体の一部に刺激を加えた時，他のある場所でどのような反応を起こし，その間に介在したものの周波数特性がどうであるかを調べるのに都合の良いのが，クロススペクトルである。ただし系が線形系であること，及び定常性が条件である。クロススペクトルは数式としては，2つの変数のそれぞれのフーリェ変換の積の時間平均として求められるが，一方，相互相関々数Øxyのフーリェ変換としても求まる。

$$\Phi xy(w) = \lim_{T\to\infty}\frac{X_T(-jw)\,Y_T(jw)}{2T}$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} Øxy(I)e^{-jw\tau}dt$$

（以上）

参考文献：紙面の都合上　当日配布します。