

(株)熊谷組 正会員 藤本 広一
同 上 正会員 大塚 孝夫
同 上 正会員 上野 正高

1. はじめに

NATM計測においては、計測結果を迅速に整理し、これによって地山の動向をすばやく正確に把握することが重要である。しかしながら計測データはこれを取り囲む様々な諸因子、計測誤差のためにばらつきを伴う。

したがってこれらのばらつきのあるデータを平滑化し、地山の全体的な動向を知る必要がある。またデータを平滑化して近似曲線を得ることは、変位速度あるいは変位加速度を求めるという面からも意味があると思われる。ここでは、パソコンを用いて最小自乗法、スプライン関数によるデータの平滑化を試み図形処理し、これらの比較を行った。

2. データの平滑化の定式化

(1) 最小自乗法による近似

データ F_k ($k=1, 2, 3, \dots, N$) を m 次多項式 (1) 式で近似する。

$$S(x) = \sum_{j=0}^m a_j x^j \quad (1)$$

係数 a_j ($j=1, 2, \dots, m$) は (2) 式より求める。

$$\sum_{j=1}^m a_j \sum_{k=1}^N x_k^j x_k^i = \sum_{k=1}^N F_k x_k^i \quad (i=0, 1, 2, \dots, m) \quad (2)$$

(2) B-スプライン (fundamental spline) による近似

データ F_k ($k=1, 2, \dots, N$) を B-スプラインの線形結合 (3) 式で近似する。

$$S(x) = \sum_{i=1}^{n+m} C_i \cdot N_{mi}(x) \quad (3)$$

ここで $N_{mi}(x)$ は正規化された m 階 ($m-1$ 次) の B-スプラインであり、(3) 式に必要な節点は $\xi_1, \dots, \xi_{n+m}$ である。係数 C_i ($i=1, 2, \dots, n+m$) は (4) 式より求める。

$$\sum_{i=1}^{n+m} C_i \sum_{k=1}^N N_{mi}(x_k) N_{mj}(x_k) = \sum_{k=1}^N F_k \cdot N_{mj}(x_k) \quad (j=1, 2, \dots, n+m) \quad (4)$$

最小自乗法による近似の場合、次数を高くすると近似曲線が振動する場合があることが知られている。スプライン関数は局所的なふるまいをする性質があり、ある小区間でふるまいは他の区間でふるまいにあまり影響せず振動が生じにくい特徴がある。ただし節点の選び方によつて近似の精度が大きく左右される。また各スプラインに支持されるデータが少なすぎると一つずつ振ればならない。(Schoenberg-Whitneyの条件)。いずれの近似方法を用いた場合も微分曲線あるいは2階微分曲線は、(1)、(3)式より容易に得ることができる。

3. 処理例および考察

今、最小自乗法の場合は最高5次の多項式とする。スプライン近似の場合は、区間数が最高6区間、各区間の次数が3次、両端節点は4重節点とする。また節点の決定には内部の節点を移動することによって残差の自乗和を減少させる方法を用いた。

例として内空変位の経時変化図について以上述べた方法でデータの平滑化を行った場合を示す。図-1はデータを折れ線で近似した場合であり、図-1, bは、各データ間の勾配をプロットしたものであり変位速度を示す

図である。図-2a、図-2bは、それぞれ同じデータを最小自乗法で近似した場合の経時変化図およびその変位速度図であり、図-3a、図-3bは同様にスプライン近似したものである。

なお計算時間は、折れ線近似、最小自乗近似、スプライン近似の順に加速度的に増加し、必要にふじた近似方法を用いるべきであると言えよう。

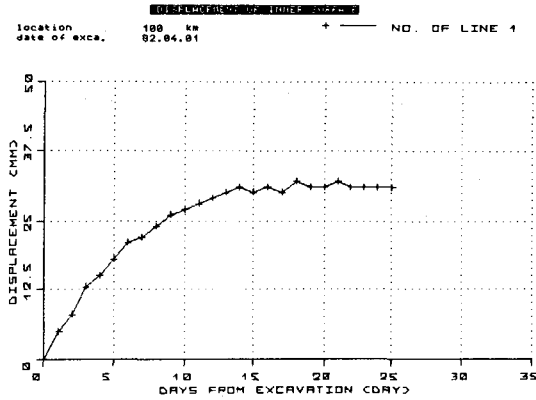


図 - 1 (a)

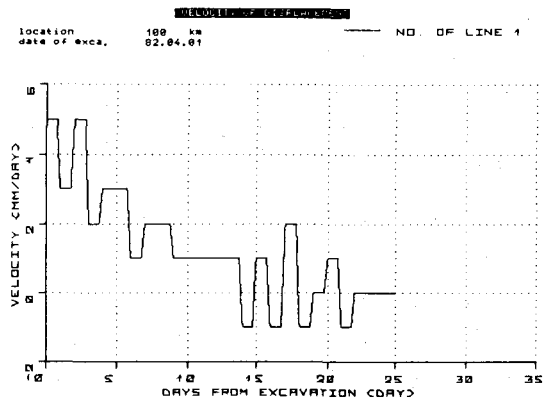


図 - 1 (b)

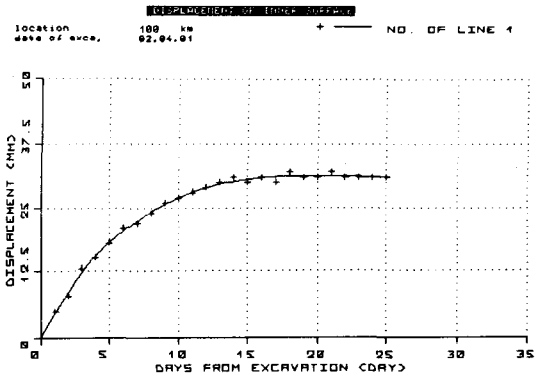


図 - 2 (a)

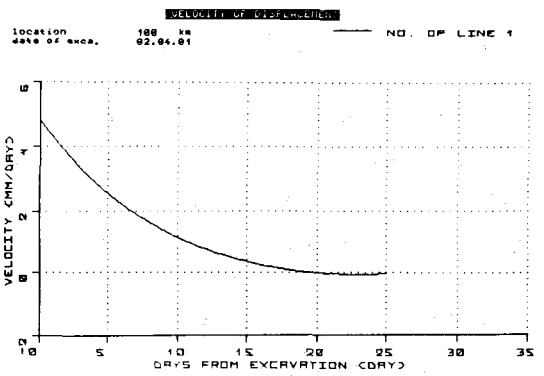


図 - 2 (b)

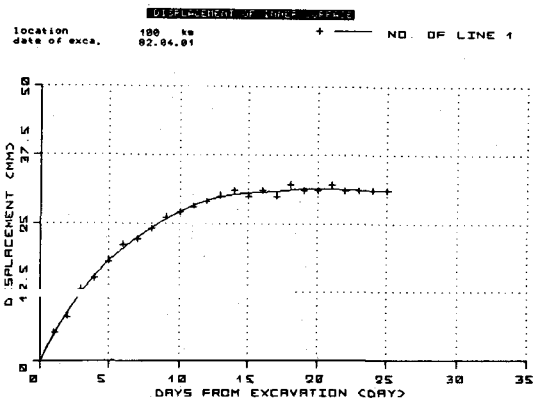


図 - 3 (a)

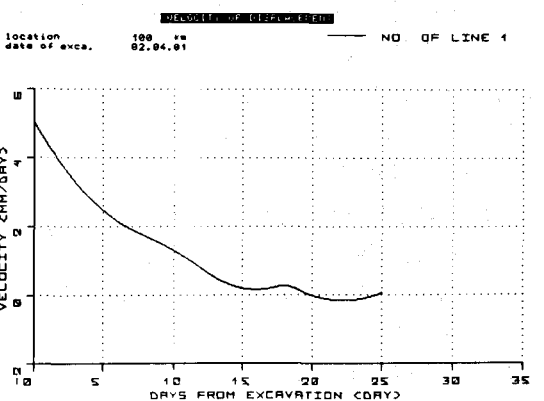


図 - 3 (b)

参考文献：シリーズ新しい応用の数学20「スプライン関数とその応用」市田若三，吉本嘉士市共著，教育出版。