数値解析法講座 6
基礎編
関数近似・曲線近似・代数方程式の解

伊藤　剛*

1. 関数近似

（1） 関数近似とは

関数近似とは，複雑な関数を簡単な関数で近似することである。たとえば，ある関数を Tayler 級数の有限項で展開したものは，その関数を有限のべき級数で近似したことになる。しかし，電子計算機を使う場合，くみこみ関数として三角関数や対数・指数関数などがくみこまれているので，関数近似の知識がなくともほぼ計算ができる。関数近似を学ぶ理由は，いまでは計算の基礎知識として必要で，実用上はその知識なしですませられることが多い。電子計算機の中で，関数近似式により，くみこみ関数の計算をしてくれている。

だからといって，関数近似の知識は，いまでは不必要だと断定するのは少し早すぎる。将来，何に役立つようになるかも知れない。

（2） 最良近似（Minimax Approximation）

次に示すように，maximum を minimum にする近似であるからこの名が生れた。すなわち，原関数 $f(x)$ を $p(x)$ で近似するのに，両者の差（誤差）の最大値 $M(f, p)$ を最小にしたものを $f(x)$ の minimax 近似という。

$$M(f, p)=\max_{a\leq x\leq b}\{f(x)-p(x)\} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

この問題を解く前に，実は，$M(f, p)$ を最小にするような $p(x)$ なる関数が存在するだろうか，また存在するとしても，それがただ一つであるだろうかという，一意性の証明が必要である。ここでは，その証明は専門書[1]にゆずり，省略して先にすすむことにする。

さて，これからは minimax 近似式を1実変数の多項式に限定する。

minimax 近似多項式について，いろいろな定理がある。

* 正会員　工博　近畿大学教授 理工学部土木工学科

［定理—1］ minimax 近似多項式 $p(x)$ に対し，原方程式 $f(x)$ との差 $|f(x)-p(x)|$ が最大値をとる点 x を偏差点という。$p(x)$ が n 次の多項式であれば，偏差点は少なくとも $n+2$ 個あり，偏差点の符号の変化は $n+1$ 回ある。

この証明は文献 1）にゆずる。

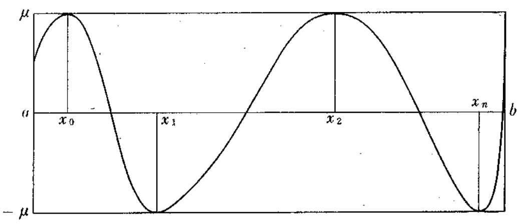
［定理—2］ 区間 $[a, b]$ で連続な関数 $f(x)$ をたかだか n 次の多項式 $p(x)$ で近似させようとする。両式の差，

$$\varphi(x)=f(x)-p(x) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

が次の性質をもつならば，$p(x)$ は n 次の minimax 近似多項式である。すなわち，区間 $[a, b]$ に $(n+2)$ 個の点 $x_0, x_1, \cdots, x_{n+1}$ があり，しかもこの順にあるとし，かつ

$$\varphi(x)\equiv f(x)-p(x)$$

の絶対値が，これらの点であい等しく，最大で，符号が交互に正負になっているとする。すなわち



図—1　誤差曲線・$\varphi(x)=f(x)-p(x)$

$$|\varphi(x_0)|=|\varphi(x_1)|=\cdots\cdots|\varphi(x_{n+1})|=\mu \cdots\cdots\cdots (3)$$

$$\varphi(x_i)\times\varphi(x_{i+1})<0$$

$$|\varphi(x)|\leq\mu \text{ in } a\leq x\leq b$$

になっているとき，この $p(x)$ なる関数が n 次の minimax 近似多項式である。

［定理—2］の証明は次のとおりである。

もし，$p(x)$ が minimax 近似でないとすれば，別に n 次の minimax 近似式 $q(x)$ があるはずである。それについて

$$|\psi(x)|=f(x)-q(x) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

をつくれば

$$\max|\psi(x)|<\mu$$

である。そうすると

$$s(x)=\varphi(x)-\psi(x)=q(x)-p(x)$$

はたかだか n 次の多項式であり，上述のことから

$$-\mu<\psi(x_j)<\mu$$

だから，$s(x_j)$ は $\varphi(x_j)$ と同符号で交互に正負となる。

ゆえに，$s(x)$ は (x_j, x_{j+1}) 間に零点をもつ。したがって，n 次の多項式 $s(x)$ が少なくとも $(n+1)$ 個の零点をもつという矛盾を生ずる。ゆえに，$s(x)=0$ でなければならず，$p(x)$ は $q(x)$ と同じものであった（こ

れで証明終わり)。

さて[定理—2]を使えば，minimax 近似多項式が求められるはずである。ここで未知数は多項式

$$g(x)=a_0+a_1x+\cdots a_nx^n \cdots\cdots(5)$$

の係数 $a_0\sim a_n$ の $(n+1)$ 個，偏差点 $x_0\sim x_{n+1}$ の $(n+2)$ 個と μ の $(2n+4)$ 個に対し，方程式のほうは

$$\left.\begin{array}{l}\text{偏差点 } x_i \text{ において：}\\ \qquad f(x_i)-\sum_{j=0}^{n}a_jx^j=(-1)^i\mu\\ x_i \text{ で極値をとるので：}\\ \qquad f'(x_i)-\sum_{j=0}^{n}a_j(x^j)'=0\end{array}\right\}\cdots\cdots(6)$$

ただし $i=0, 1, \cdots, n+1$

なる，それぞれ $(n+2)$ 個ずつの方程式を得る。ゆえに式 (6) を解けば，所要の値がことごとく求められ，多項式が決定されるはずである。しかし，実際には式 (6) は高次の連立方程式となって，解くことは不可能に近い。

実際に minimax 近似多項式を求めるには，まず以下に述べるような方法で第1近似式を求め，その係数を修正していって，より精度の高い minimax 近似式を見つけていくという方法がとられている。

(3) 第一近似式

第一近似式としては，それと原式との差（誤差と呼ぶ）

$$f(x)-p(x)$$

が，少なくとも $(n+2)$ 個の極値をもつような形をしていないと不便である。

第一近似式を求める方法としては，Chebyshev 展開（チェビシェフ展開）と，くりこみ法（Maehly 法，メーリー法）との2つがよく使われる。

a) Chebyshev 展開

Chebyshev の多項式を使う展開式である。Chebyshev の多項式とは

$$T_n(x)=\cos(n \operatorname{arc} \cos x),\ T_0(x)=1 \cdots\cdots(7)$$

で定義され，次の関係が成立つ。

$$\text{直交性：}\int_{-1}^{1}\frac{T_r(x)T_s(x)}{\sqrt{1-x^2}}dx$$

$$=\left\{\begin{array}{ll}0,\ r\neq s & \text{のとき}\\ \dfrac{\pi}{2},\ r=s,\ s\neq 0 & \text{のとき}\\ \pi,\ r=s=0 & \text{のとき}\end{array}\right\}\cdots\cdots\cdots(8)$$

$$\text{漸化式：}T_{n+1}(x)=2xT_n(x)-T_{n-1}(x)\cdots\cdots\cdots(9)$$

また，n 次の多項式の中で，$-1\leqq x\leqq 1$ における絶対値の最大値を最小にするものは

$$y=2^{-(n-1)}T_n(x)\cdots\cdots\cdots(10)$$

なる多項式である。この性質は重要である。

式 (7) と (9) とを組合わせると $T_n(x)$ の具体的な式が得られる。すなわち

n	$T_n(x)$	
0	$T_0(x)$	$=1$
1	$T_1(x)$	$=x$
2	$T_2(x)=2xT_1(x)-1$	$=2x^2-1$
3	$T_3(x)=2xT_2(x)-T_1(x)$	$=4x^3-3x$
4	$T_4(x)=$	$=8x^4-8x^2+1$
5	$T_5(x)=$	$=16x^5-20x^3+5x$
…………		…………

さて，Chebyshev 展開とは，まず区間 $[a, b]$ を一次変換

$$t=\frac{2x-(a+b)}{b-a}\cdots\cdots\cdots(11)$$

して $[-1, 1]$ と直し，$t=\cos\theta$ とおき，Fourier 展開すると

$$f(t)=f(\cos\theta)=\sum_{n=0}^{\infty}a_n\cos n\theta=\frac{1}{2}a_0+\sum_{k=1}^{\infty}a_kT_k(x) \cdots\cdots\cdots(12)$$

が得られる。係数 a_k は一般に

$$a_k=\frac{2}{\pi}\int_{-1}^{1}\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}f(x)T_k(x)dx\cdots\cdots\cdots(13)$$

で表わされ，n が大きくなると急に小さくなる性質がある。式 (12) を $k=n$ までで打切ると，誤差は打切られた最初の項

$$T_{n+1}(x)=\cos\{(n+1)\cos^{-1}x\}\cdots\cdots\cdots(14)$$

に近似され，この式は 1 と −1 との間で振動し，$n+1$ 回0になる。この性質は minimax 近似に類似の性質であり，Chebyshev 展開が第一近似に使われるゆえんである。

b) くりこみ法（Moehly 法）

前と同様，一次変換により区間を $-1\leqq x\leqq 1$ に直し，$f(x)$ の Taylor 展開を十分な項までする。すなわち

$$f(x)=\sum_{n=0}^{N}a_nx^n\cdots\cdots\cdots(15)$$

つぎに順次高次から，この例では x^N の項を次のようにして消す。つまり式 (15) に

$-a_NT_N/2^{N-1}$，ただし，T_N=Chebyshev の多項式を加えると x^N の項が消える。これにより打切り誤差は増すが許容範囲ならばさしつかえない。この手順を繰り返してゆくと，式 (15) を所要の誤差の範囲内で項数を格段に少なくすることができる。M 次の項まで下げられたとすれば，そのときの誤差は

$-a_{M+1}T_{M+1}(x)/2^M$，ただし T_{M+1}=Chebyshev の多項式となる。

このようにして，なるべく項数の少ない近似式をつくるやり方を，くりこみ法という。

以上，2つの方法で，かなりよい第一近似式を得る。これをそのまま minimax として使うこともできる。

いま第一近似式が得られたとして，その各項の係数を

$a_i'(i=0, \cdots, n)$ 極値を $(-1)^j\mu_j'$，そのときの x の値(偏差点)を x_j とする。これらは第一近似式が与えられれば，みな既知数である。そして次式が成立っている。

$$\sum_{i=0}^{n}(a_i'\cdot x_j^i)-f(x_j)=\pm(-1)^j\mu_j'$$

$$j=0, 1, 2, \cdots, n+1 \cdots\cdots(16)$$

求めようとする minimax 近似多項式についても，同じ x の値で極値 $(-1)^i\mu$ をとると考えてよいので次式が成立つ。

$$\sum_{i=0}^{n}(a_ix_j^i)-f(x_j)=\pm(-1)^j\mu$$

辺々差引きすると，$a_i=a_i'+\Delta a_i$ とおいて

$$\sum_{i=0}^{n}(\Delta a_i)x_j^i+(-1)^i\mu=(-1)^i\mu_j'$$

$$j=0, 1, 2, \cdots, n+1 \cdots\cdots(17)$$

この $\Delta a_i, \mu$ に関する連立一次方程式を解くと，$\Delta a_0, \Delta a_1, \cdots, \Delta a_n, \mu$ の値を求めることができる。すなわちさらに精度のよい係数 $a_i(i=0, 1, \cdots, n)$ が得られた。この計算を繰り返すと，minimax 近似多項式が求められる。

2. 曲線近似

(1) 曲線近似とは

実測データはばらばらに得られるのが普通であるが，これを簡単なべき級数（もちろんせいぜい5次式ぐらい）やその他の多項式で近似することができるならば，非常に便利である。たとえば，水路において水深と断面積との関係が簡単な式で表わされると，計算機にかけて計算する場合に都合がよい。ここで注意すべきことは，近似しようとする曲線に無理のない形のものを選ぶことが大切で，複雑な変化をするものを直線式にあてはめようとしたり，周期のある関係のものを二次曲線にあてはめようとするようなことをしてはならない。

(2) 最小自乗法

一番簡単な直線式のあてはめから説明する。x, y との関係が次のような直線であてはめられる場合（グラフに書いてみて確かめられた場合），一次式であてはめられると仮定する。

$$y=a+bx$$

そして，実験・実測などにより，n 個の $x_1, x_2, \cdots x_n$ の値に対し，$y_1, y_2, \cdots, y_n$ が求められたとする。

$$y_i=a+bx_i \qquad i=1, 2, \cdots, n \cdots\cdots(18)$$

最小自乗法の原理によれば

$$\sum_{i=1}^{n}(a+bx_i-y_i)^2$$

を最小にするよう係数 a, b をきめればよい。すなわち

$$\frac{\partial}{\partial a}=0, \quad \frac{\partial}{\partial b}=0$$

とすれば，規準方程式と呼ばれる a, b の一次式が2つ得られ，それを解けば a, b の値が求められ式 (18) が決定される。二次式にあてはめる場合も，多次の式でも同様である。

$$y_i=a+bx_i+cx_i^2+\cdots\cdots(19)$$

となれば，$(a+bx_i+cx_i^2+\cdots-y_i)^2$ を最小にするため

$$\frac{\partial}{\partial a}=0, \quad \frac{\partial}{\partial b}=0, \quad \frac{\partial}{\partial c}=0$$

として各係数が求められる。もし，x, y の関係が $x=0$ のとき $y=0$ ならば，はじめから

$$y=bx+cx^2 \cdots\cdots(20)$$

とおくべきである。最小自乗法による曲線のあてはめはあまり機械的に計算すると意外な失敗を招く。事前にあてはめるべき式の形を確かめておくことが肝要である。

(3) 調和解析

周期性の曲線へのあてはめに使われる。この場合，周期があらかじめ，わかっていなければならない。たとえば港の潮位と時間との関係のように，潮汐は月と太陽の引力によるものであり，引力の周期はわかっている。

いま周期を p とすれば

$$f(x)=a_0+a_1\cos\frac{360°}{p}x+a_2\cos\frac{360°}{p}2x+\cdots$$
$$+a_n\cos\frac{360°}{p}nx+\cdots+b_1\sin\frac{360°}{p}x$$
$$+b_2\sin\frac{360°}{p}2x+\cdots+b_n\sin\frac{360°}{p}nx+$$
$$\cdots\cdots(21)$$

で表わされる。つまり，Fourier 級数で表わされる。

一般には，係数が 12 個の場合が用いられている。すなわち

$$y=a_0+a_1\cos\frac{360°}{p}x+a_2\cos\frac{360°}{p}2x+\cdots$$
$$+a_6\cos\frac{360°}{p}6x+b_1\sin\frac{360°}{p}x$$
$$+b_2\sin\frac{360°}{p}2x+\cdots+b_5\sin\frac{360°}{p}5x$$
$$\cdots\cdots(22)$$

そして，x の値を次のように等間隔にとり，そのときの y の値を観測する。

$$x=0, \ \frac{p}{12}, \ 2\frac{p}{12}, \cdots\cdots 12\frac{p}{12} \cdots\cdots(23)$$

いま $\theta=30°$ とおけば，次の 12 個の式を得る。

$$y_1=a_0+a_1\cos\theta+a_2\cos 2\theta+\cdots$$
$$+b_1\sin\theta+\cdots+b_5\sin 5\theta$$
$$y_2=a_0+a_1\cos 2\theta+a_2\cos 4\theta+\cdots$$

$$\left.\begin{array}{l} \quad +b_1 \sin 2\theta + \cdots + b_5 \sin 10\theta \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ y_{12} = a_0 + a_1 \cos 12\theta + a_2 \cos 24\theta + \cdots \\ \quad + b_1 \sin 12\theta + \cdots + b_5 \sin 60\theta \end{array}\right\} \cdots\cdots(24)$$

これを解いて 12 個の係数 $a_0, \cdots, a_6, b_1, \cdots, b_5$ を求めれば式 (22) の形がきまる。実際の解法では三角関数の直交性を利用する。

三角関数 $\sin\theta, \cos\theta$ が直交性をもつとは次の関係が成立する性質があることをいう。

$x_k = k\pi/N$ $(k=0, 1, 2, \cdots, 2N-1)$ の場合

$$\left.\begin{array}{ll} \sum_{k=0}^{2N-1} \cos ix_k \sin jx_k = 0 & \text{(いつでも)} \\ \sum_{k=0}^{2N-1} \cos ix_k \cos jx_k = \sum_{k=0}^{2N-1} \sin ix_k \sin jx_k = 0 & \\ & (i \neq j \text{ のとき}) \\ & = 1 \\ & (i = j \text{ のとき}) \end{array}\right\} \cdots\cdots(25)$$

この関係を利用すれば，式 (25) の各式にまず a_0 の係数（この場合 1）を乗じて辺々あい加えれば

$$y_1 + y_2 + \cdots + y_{12} = 12a_0 \cdots\cdots(26)$$

となり，a_0 が求められる。次に各式に順次 a_1 の係数 $\cos\theta, \cos 2\theta, \cdots\cdots, \cos 12\theta$ を乗じて辺々加えれば，右辺は a_1 以外の項はみな 0 となり，a_1 が求められる。

このようにして割合に簡単に係数が決まり，式 (22) の表示式が決まるわけである。

実際の調和解析では，周期が何かの方法であらかじめ与えられていなければならない。また，前に説明したように $x=0, \frac{p}{12}, \frac{p}{6} \cdots\cdots p$ のときの $y_1, y_2, \cdots y_{12}$ の値が知れることを前提としている。たとえば潮汐の場合を例にとると，1 時間ごとの潮位を観測したとする。それは，$x=0, \frac{p}{12}, \frac{p}{6}, \cdots p$ のときの y の値ではない。たとえば普通，潮汐を生ずる一番大きな要素は，月による半日周期潮であるが，その周期は 12,421 時，すなわち 12 時間 25 分である。ゆえに，潮汐を約 1 時間 2 分ごとに観測しなければ $p/12$ ごとの潮位が求められないわけである。実際には，1 時間ごとの観測潮位をある決った回数だけ観測し，それの平均値がちょうど $p/12$ ごとの観測値の近似値になるようにする。これらの手法については専門書[3] を参照せられたい。

3. 代数方程式の解

(1) 二次方程式の根

$$x^2 + 2bx + c = 0 \cdots\cdots(27)$$

の根を，$b=1\,000$, $c=1$ の場合に解いてみる。在来の公式を用い，まず一つの根 x_1 を求める。

$$x_1 = -b - \sqrt{b^2 - 4c} \fallingdotseq -2b \cdots\cdots(28)$$

次に

$$x_2 = c/x_1 \cdots\cdots(29)$$

から求める。答は次のとおりである。

$$x_1 = -2\,000,\ x_2 = -0.000\,5$$

第二根を求めるとき，ここにあげた例のように，いわゆる桁落ちによる誤差を防ぐよう注意が肝要である。

(2) 高次代数方程式の根（Newton-Raphson 法）

高次代数方程式 $f(x)=0$ の根を求めるのに，まず適当な近似値 x_0 をとり，$x_1 = x_0 + \Delta x$ をよりよい近似値と考え，これを求める方法である。以下，同様な計算をすすめると，$x_2, x_3, x_4, \cdots$ と精度の高い近似値が得られてゆく。

$f(x)=0$ を x_0 のまわりで Taylor 展開し，二次以上の項を無視すれば

$$f(x_1) = f(x_0 + \Delta x) = f(x_0) + f'(x_0)\Delta x = 0 \cdots\cdots(30)$$

もし，$f'(x_0) \neq 0$ ならば

$$\Delta x = -\frac{f(x_0)}{f'(x_0)} \cdots\cdots(31)$$

$$x_1 = x_0 - \frac{f(x_0)}{f'(x_0)},\ x_2 = x_1 - \frac{f(x_1)}{f'(x_1)} \cdots\cdots(32)$$

この計算を繰り返すと，より精度の高い根の近似値が得られる。Newton-Raphson 法は，$f(x)$ が代数方程式でなくとも使うことができる。

(3) 高次方程式の複素根(Bairstow-Hitchcock法)

次の n 次の代数方程式の複素根を求めることを考える。

$$f(x) = x^n + a_1 x^{n-1} + \cdots + a_{n-1}x + a_n \cdots\cdots(33)$$

まず，これを二次式 (x^2+px+q) で除し，剰余を $(rx+s)$ とする。すなわち

$$f(x) = (x^2+px+q)Q(x) + rx + s \cdots\cdots(34)$$

ただし

$$Q(x) = b_0 x^{n-2} + b_1 x^{n-3} + \cdots + b_{n-3}x + b_{n-2} \cdots\cdots(35)$$

以上，3 式の係数の関係は

$$\left.\begin{array}{l} a_k = b_k + pb_{k-1} + qb_{k-2} \\ r = b_{n-1} = a_{n-1} - pb_{n-2} - qb_{n-3} \\ s = b_n + pb_{n-1} = a_n - qb_{n-2} \\ b_{-1} = 0,\ b_0 = a_0 \\ \quad k = 1, 2, \cdots, n \text{ として} \\ a_k = b_k + pb_{k-1} + qb_{k-2} \end{array}\right\} \cdots\cdots(36)$$

ここで問題となることは，$(rx+s)$ を 0 とするような p, q を求めることに帰する。p, q を独立変数と考えると，

$$\left.\begin{aligned} r(p,q)&=0\\ s(p,q)&=0 \end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(37)$$

これを解くためには，前節の Newton-Raphson 法を使う。いま，p, q を近似値とし，$p+\Delta p$, $q+\Delta q$ を真値と考えると，Taylor 展開して第一項までをとると

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial r}{\partial p}\Delta p+\frac{\partial r}{\partial q}\Delta q+r=0\\ \frac{\partial s}{\partial p}\Delta p+\frac{\partial s}{\partial q}\Delta q+s=0 \end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(38)$$

を得，これから $\Delta p, \Delta q$ を求めることになる。それには式中の微係数を求めなければならない。式 (36) を代入すると

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial b_{n-1}}{\partial p}\Delta p+\frac{\partial b_{n-1}}{\partial q}\Delta q+b_{n-1}=0\\ \left(\frac{\partial b_n}{\partial p}+b_{n-1}\right)\Delta p+\frac{\partial b_n}{\partial q}\Delta q+b_n=0 \end{aligned}\right\}\cdots\cdot(39)$$

となる。

さらに $Q(x)$ を $Q'(x)$ で除して

$$\left.\begin{aligned} Q(x)&=(x^2+px+q)Q'(x)+ux+v\\ Q'(x)&=c_0x^{n-4}+c_1x^{n-5}+\cdots+c_{n-5}x+c_{n-4} \end{aligned}\right\}\cdots(40)$$

ここに

$$\left.\begin{aligned} b_k&=c_k+pc_{k-1}+qc_{k-2}\\ c_{-1}&=0,\ c_0=b_0\\ u&=c_{n-3}\\ v&=c_{n-2}+pc_{n-3} \end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(41)$$

を得る。この式より式 (39) の微係数が求められる。

$$\frac{\partial b_k}{\partial p}=-c_{k-1},\quad \frac{\partial b_k}{\partial q}=-c_{k-2}$$

結局，$\Delta p, \Delta q$ の式は

$$\left.\begin{aligned} c_{n-2}\Delta p+c_{n-3}\Delta q&=b_{n-1}\\ (c_{n-1}-b_{n-1})\Delta p+c_{n-2}\Delta q&=p_n \end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots(42)$$

となり，これを解いて

$$\left.\begin{aligned} \Delta p&=\frac{1}{\Delta}(b_{n-1}c_{n-1}-b_nc_{n-3})\\ \Delta q&=\frac{1}{\Delta}\{b_nc_{n-2}-b_{n-1}(c_{n-1}-b_{n-1})\} \end{aligned}\right\}\cdots(43)$$

ただし，$\Delta=c_{n-2}{}^2-c_{n-3}(c_{n-1}-b_{n-1})$

を得，より精度の高い $p+\Delta p$, $q+\Delta q$ を求められる。この法を Newton-Raphson 法と同様にして繰り返せば精度の高い p, q の値が得られ，この値を使った

$$x^2+px+q=0$$

なる二次式から 2 つの複素根（もしあれば）が求められる。

● 基礎編おわり／次回からは応用編がはじまります ●

新刊紹介

日本長柱研究委員会編

HANDBOOK OF STRUCTURAL STABILITY

ユネスコの統計によれば，1968 年に世界で飜訳された本は 36 817 点にのぼり，わが国はそのうちの 2 147 点 (5.8%) を占め，ソ連 (9.8%)，東西ドイツ，スペイン，アメリカに次いで世界第 5 位であるといわれている。

一方，世界で飜訳された本の原書を言語別に分類すると，英語 (37.2%)，フランス語 (13.9%)，ロシア語 (10.3%)，ドイツ語 (10.1%)，イタリア語 (2.5%)，その他 (26%) となっており，日本語の外国語への飜訳は 77 点 (0.2%) にすぎず，言語順では 28 位である。日本語に訳されたもの 5.8%に比べて，いかにもアンバランスである。

しかも，その 77 点の大半が文学書で，わが国の歴史・社会・自然科学等を外国へ伝えるものは微々たるものであり，わが国の経済活動が強力であるだけに，その文化活動の貧弱さの一側面として考えさせられる。

書店の書棚の構造工学関係を眺めても，新旧とりまぜ外国語からの飜訳書がかなりみられるが，日本のオリジナルが外国語に訳されたという話はあまり聞かれない。

このような情況のなかで，昨年(昭和 46 年)日本長柱研究委員会編の英文の大冊である HANDBOOK OF STRUCTURAL STABILITY が刊行された。本書は構造物あるいは要素の座屈についてのデータブックであり，以前から定評のあった弾性安定要覧（同委員会編：1951 初版・1956 改訂）を発展させたものといえる。

本書の編集方針としては，実務における使いよさ，設計用公式図表の正確な収録，1970 年 1 月 1 日までの研究成果や参考文献の網羅などがあげられている。

内容は直線材 (226 ページ)，フレームと曲線材 (147 ページ)，板 (274 ページ)，およびシェル (401 ページ) の 4 部からなり，それぞれ参考文献リストが付されている。弾性安定要覧では総論や各部の概説がかなりのページを占めていたが，本書にはそのようなページはなく，完全なデータブック形式である。

本書は，日本語版がないことから判断すると，英語国のみならず日本も含めた世界中の構造関係の技術者は研究者を利用対象者としているようだ。わが国では，個人的に購入するにはちょっと無理な価格であるが，図書館や構造物関係の設計室・研究室には備えておきたい，ハンドブックである。構造安定問題についてのデータの，現時点までの集大成として，海外においても高い評価を受けるものと思われる。

内容もさることながら，日本語版のないグローバルな出版という本書の意義と将来性に注目したい。

[T]

コロナ社刊，B 5 判・943 ページ，定価 110 ドルあるいは 22 000 円．