計算尺に關する一工夫

服　部　信　一

(1) 總　說

計算尺には棒狀，圓板狀及び圓壔狀の三種の型式があるが何れに於てもその精密度は目盛された部分の全延長に比例するものである。圓壔狀のものはその側面に螺線形に目盛を施すのであるから，精密度は高いが構造が複雜になる。棒狀のものは構造及び使用法が簡單である爲に一般に使用されて居る。その全長は取扱の便宜上，50c m. 位が最も長いものであらう。隨つてその精密度は略々 0.1% で，1 に近い方に於ては四桁，9 に近い方に於ては三桁の計算に使用出來る。併し吾々は屢々 0.01% の精密度の計算を必要とする事がある。それ故計算尺の精密度を 0.01% 位迄あげる事が出來ると，1 に近い方で五桁，9 に近い方で四桁の計算に使用出來るから便利であると思ふ。

棒狀計算尺に於て，その目盛の部分を n 等分して之を n 段に目盛し，一段の場合と殆ど同樣に計算を行ふ事が出來る。* 併しこの際どの段の數字が求める答であるかは，大體答の見當がついて居る場合でないとわからない。筆者はどの段の數字が答であるかを示し且同時に答の位取りを知る簡單な裝置を工夫した。

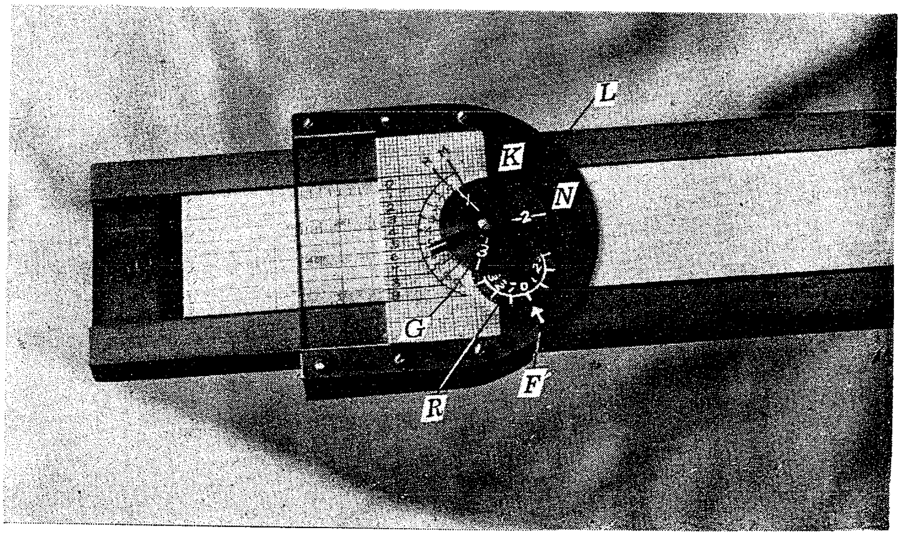
長さ 50c.m. の計算尺に於て，$n=10$ とすればその精密度は約 0.01% になるから，この場合に就て略圖を書いて見るると第 2 圖及び第 3 圖の樣になる。幅を出來るだけせまくする爲に，滑尺一本で固定尺をも兼ねる樣にした。

(2) 裝置の說明

第 2 圖 (a) に於て A, B, C, D, S, T, L は普通の計算尺に於ける，$A, B, C, D, S, T. L$ 尺と同じ目盛である。(b) は滑尺を裏返しにして差込んだ圖で，E には 1 より 10 迄の數に對する對數を 10 等分して之を 10 段に目盛してある。今後之を E 尺と呼ぶ。第 3 圖は，答のある段と位取りを示す裝置で，試作せるものゝ寫眞が第 1 圖である。K は一本の指針で，N を軸として L なる圓板上に於て，L 圓板を廻轉する事なしに自由に廻轉し，任意の位置にとめる事が出來る。L 圓板には 120° の間隔に三本の矢印 1, 2, 3 がきざんで

* 二段に目盛されたものに，Albert Nestler "Präcision" といふ計算尺がある。

ある。L も亦 N を軸として廻轉し，L を廻轉すると，之と一緒に K なる指針が廻轉する。R なる圓板は圖に示す様に12等分して，0, 1, 2, 3, 4, 5 及び $\bar{1}$, $\bar{2}$, $\bar{3}$, $\bar{4}$, $\bar{5}$, の數字がきざんである。R は齒車によつて L と連絡し，L が一回轉すると R は $\frac{1}{4}$ 回轉する樣になつて居る。



第 1 圖

（3） 原 理

掛算 $a\times b$

a なる數の對數の指標を I_a, 假數を m_a,

b なる數の對數の指標を I_b, 假數を m_b, とする。

$$\log a = I_a + m_a$$

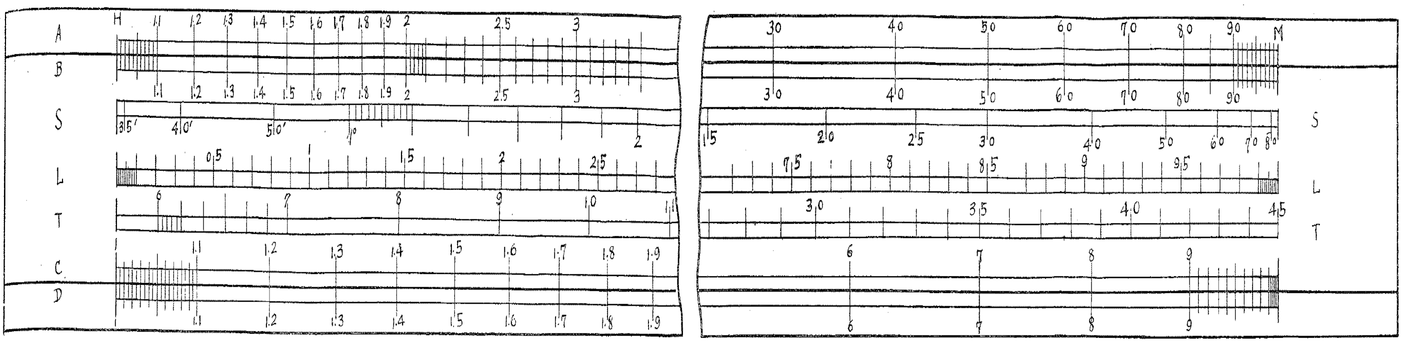
$$\log b = I_b + m_b$$

$$\left.\begin{aligned} m_a &= p\left(\frac{1}{n}\right)+\alpha \\ m_b &= q\left(\frac{1}{n}\right)+\beta \end{aligned}\right\}$$ を滿足する p, q 及び α, β を求めれば

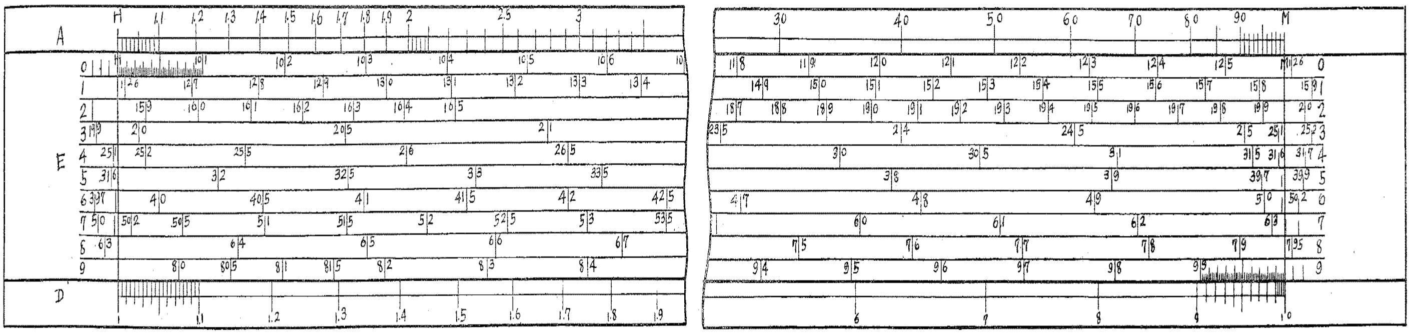
p は a の目盛がある段を示す數にして，α は a の目盛が H より右方にある隔りを示す數である。（目盛の施してある全長を L とすれば αL は a の目盛が H より右方にある長さを與へる。）

q, β についても同樣である。

第 2 圖

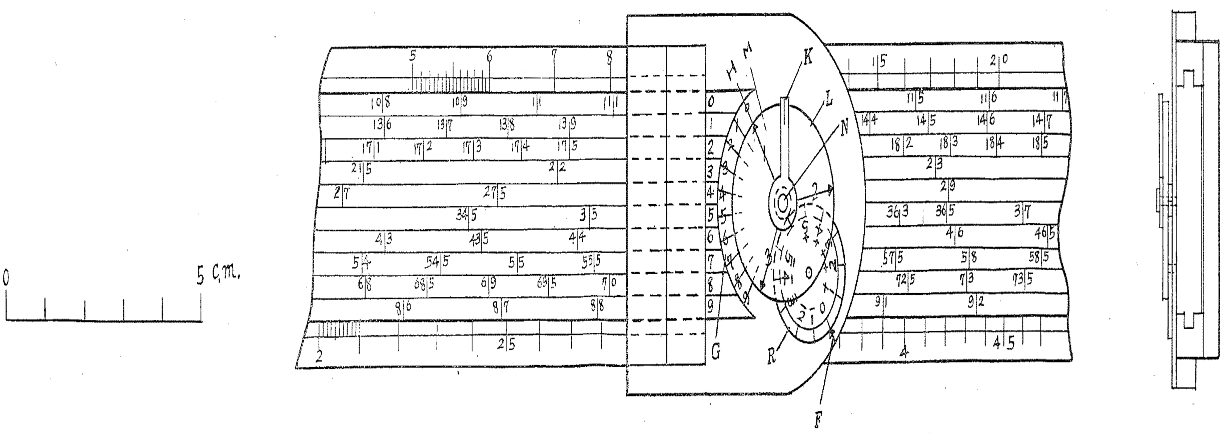


(a)



(b)

第 3 圖



i)　$\alpha+\beta<\dfrac{1}{n}$ なる場合

$$\log a+\log b=(I_a+I_b)+(p+q)\left(\frac{1}{n}\right)+(\alpha+\beta)$$

$(\alpha+\beta)$ は答が H より右方にある隔りを示す數，$(p+q)$ は求める答のあるべき段を示す數である。

ii)　$\alpha+\beta>\dfrac{1}{n}$ なる場合

$\beta=\left(\dfrac{1}{n}-\beta'\right)$ なる β' を求めれば，β' は b の目盛が M より左方にある隔りを與へる數である。

$$\log a+\log b=(I_a+I_b)+(p+q+1)\left(\frac{1}{n}\right)+(\alpha-\beta')$$

割算　$a\div b$

i)　$\alpha>\beta$

$$\log a-\log b=(I_a-I_b)+(p-q)\left(\frac{1}{n}\right)+(\alpha-\beta)$$

ii)　$\alpha<\beta$

$$\log a-\log b=(I_a-I_b)+(p-q-1)\left(\frac{1}{n}\right)+(\alpha+\beta')$$

掛算及び割算をまとめて書けば

i)　$$\log a\pm\log b=(I_a\pm I_b)+(p\pm q)\left(\frac{1}{n}\right)+(\alpha\pm\beta)$$

ii)　$$\log a\pm\log b=(I_a\pm I_b)+(p\pm q\pm 1)\left(\frac{1}{n}\right)+(\alpha\mp\beta')$$

故に $(p\pm q)$ と $(\alpha\pm\beta)$，又は $(p\pm q\pm 1)$ と $(\alpha\mp\beta')$ を求めれば，答を求める事が出來る。

$(\alpha\pm\beta)$ 又は $(\alpha\mp\beta')$ は滑尺と走子との移動によつて之を求め，$(p\pm q)$ 又は $(p\pm q\pm 1)$ は L なる圓板と K なる指針とを回轉する事によつて求められるのである。即ち，最初 G 圓上の p に L 圓板上の矢印1を合せ，後指針 K を H に合せて，L 圓板を左に回轉し指針 K を G 圓上の q に合せれば，L 圓板上の矢印は $(p+q)$ を，指針 K を M に合せて，L 圓板を左に回轉し指針 K を G 圓上の q に合せれば，L 圓板上の矢印は $(p+q+1)$ を指示する。最初 p に L 圓板上の矢印 1 を合せ，後指針 K を q に合せ，L 圓板を右に回轉して指針 K を H に合せれば，L 圓板上の矢印は $(p-q)$ を，M に合せれば $(p-q-1)$ を指示するのである。

$$p \pm q = rn + \begin{cases} s \\ s' \end{cases}$$

$$p \pm q \pm 1 = tn + \begin{cases} u \\ u' \end{cases}$$

なる r 及 t は R 圓板上の目盛と F なる矢印, $s(s')$ 及び $u(u')$ は G 圓上の目盛と L 圓上の矢印 1, 2, 3 によつて求める事が出來る。故に求める答の對數の指標は $(I_a \pm I_b)+r$ 又は $(I_a \pm I_b)+t$ となつて, 之により答の位取りを知るのである。

(4) 使用方法

最初 L 圓板上の矢印1を G 圓上の H に合せ, R 圓板上の0なる目盛を矢印 F に合せ, E 尺の H 及 M を A 尺の H 及 M に合せて置く。

掛算 $a \times b = c$

E 尺上の數字 a に走子線を合せ, G 圓上に於て, a のある段の數字に, L 板上の矢印1を左に回轉して合せる。次に E 尺の H を走子線下に持つて來て, 指針 K を G 圓上の H に合せ, 走子線を移動して, E 尺上の b に合せる。次に L 圓板を左に回轉して指針 K を G 圓上 b のある段の數字に合せる。(若し數字 b に走子線を合せた際に走子線が A 尺上の M 點の右に出た時は, E 尺 H の代りに, E 尺の M を走子線下に持つて來, 指針 K を G 圓上の M に合せて後, 走子線を移動し, 數字 b に合せる。L 圓板を左に回轉して指針 K を G 圓上の b ある段の數字に合せる事は前と同じである。) 最後に E 尺をもとの位置に戻して, E 尺の H を A 尺の H に合せれば, L 圓板の矢印が示す段に於て走子線の眞下が求める答 c である。

答の位取りに就ては, a の對數の指標を I_a, b の對數の指標を I_b, R 圓上に於て矢印 F の左側にある數字を r とすれば, c の對數の指標 I_c は

$$I_c = I_a + I_b + r$$

となるから, 之によつて位取りを決定する。

割算 $a \div b = c$

數字 a に走子線を合せ, G 圓上に於て, a のある段の數字に L 圓板の矢印1を左に回轉して合せる。次に E 尺を移動して, 數字 b を走子線下に持つてくる。同時に指針 K を b のある段の數字に合せる。そこで走子線を動して E 尺の H 又は M に合せ, L 圓板を右に回轉して指針 K を H 又は M に合せる。(走子線を H に合せた時は K も亦 H に, 走子線を M に合せた時は K も亦 M に合せる。) 最後に E 尺を移動して E 尺

の H を A 尺の H に合せれば，L 圓板の矢印が示す段に於て走子線の眞下が求める答 c である。

答の位取りは，$I_c = I_a - I_b + r$ なる關係によつて決定するのである。

(5) 誤　差

目盛の施してある一段の長さを l とすれば目盛のある部分の全延長は nl である。目盛を合せる際一回について δl だけ誤差が起るものとすれば，本計算尺に於ては一つの計算について五回目盛を合せる故，起り得る最大の誤差は $5\delta l$ である。實際に於ては相殺するものもある故之より遙に小さい。

y を目盛 x の，目盛1からの隔りとすれば

$$y = nl \log_{10} x = nl\, M \log_e x$$

n : 目盛の段數

l : 目盛せる部分一段の長さ

M : 0.43429…………

$$x = e^{\frac{y}{nlM}}$$

$$\frac{dx}{x} = \frac{dy}{nlM}$$

$n = 10$, $l = 50\text{c.m.}$ $\delta l = 0.01\text{c m.}$ とすれば

$$dy = 5\delta l = 0.05\text{c.m.}$$

$$\frac{dx}{x} = \frac{0.05}{10 \times 50 \times 0.434} = 0.00023$$

故に最大誤差は 0.023 %である。

第2圖及び第3圖に示す様な計算尺を試作して實際に計算を行つて見た所，次頁に示す結果を得た。

最後に種々御教示を仰いだ寺澤先生，拔山先生，玉野技師に厚く御禮を申上げます。尙試作に當つて御盡力下さつた山野眞一氏に感謝致します。

計算した値	計算尺にて求めた値	誤	差 (%)
7.617 × 2.1066 = 16.04597	16.046	+ 0.00003	+ 0.0002
	45	− 0.00097	− 0.0060
	46	+ 0.00003	+ 0.0002
	46	+ 0.00003	+ 0.0002
	46	+ 0.00003	+ 0.0002
2.0031 × 4.5042 = 9.02236	9.0220	− 0.00036	− 0.0040
	30	+ 0.00064	+ 0.0071
	25	+ 0.00014	+ 0.0016
	20	− 0.00036	− 0.0040
	25	+ 0.00014	+ 0.0016
3.1546 ÷ 2.9948 = 1.05336	1.0533	− 0.00006	− 0.0057
	34	+ 0.00004	+ 0.0038
	33	− 0.00006	− 0.0057
	33	− 0.00006	− 0.0057
4.5069 ÷ 7.6145 = 0.591884	0.59189	+ 0.000006	+ 0.0010
	92	+ 0.000036	+ 0.0061
	90	+ 0.000016	+ 0.0027
2.0012 × 4.0011 × 9.5035 × 2.1049 = 160.171	160.16	− 0.011	− 0.0069
	.15	− 0.021	− 0.013
	.16	− 0.011	− 0.0069
	.17	− 0.001	− 0.0006
	.16	− 0.011	− 0.0069
$\frac{3.5124 \times 1.2431}{8.3132 \times 2.7896} = 0.188278$	0.18829	+ 0.000012	+ 0.0064
	31	+ 0.000032	+ 0.017
	29	+ 0.000012	+ 0.0064
	27	− 0.000008	− 0.0043
	28	+ 0.000002	+ 0.0011