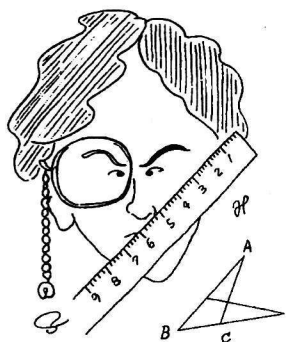


やさしい ノモグラフの作り方(1) ——ものさしとコンピュータ——

住友化学工業株式会社 鈴木 誠 二*



古代人の知恵………

ストーン・ヘンジは偉大なノモグラフ

ロンドンから西南へ200キロ程行ったソールズベリ平原というところに、ストーン・ヘンジ (Stonehenge) と呼ばれる遺跡がある。この遺跡は西暦紀元前2000年から1500年ぐらいの間にできたものだといわれている。

中央に、重さ数10トンもある大きな石が立ち並び、その回りには56個の穴が等間隔に掘られ、この円の四隅には石が置いてあって、さらにその一辺からは外側に道が伸びており、その中にも石が一つ置いた形をとっている。

このストーン・ヘンジ、いったい古代人はどのようにして作ったのかということとともに、果し

*すずき せいじ：新鋭事業部長補佐
〒103 東京都中央区日本橋2-7-9, TEL. 03 (278) 7415

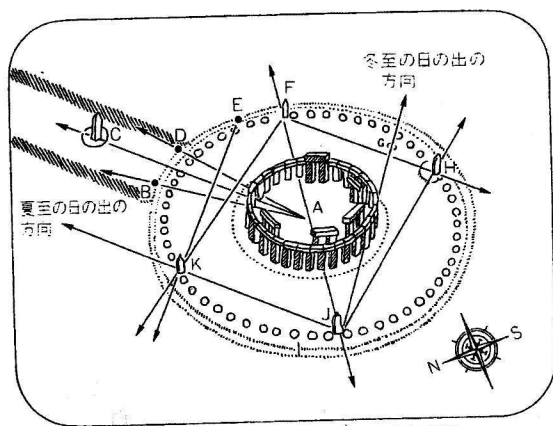


図1 ストーン・ヘンジの復元図

て何のために作られたものかということが謎になっている。ところが、最近になってこれが古代の天文台の跡ではなかろうかということがわかってきた。

図1にストーン・ヘンジの石の復元図¹⁾を掲げたが、一説によれば、古代人は、このストーン・ヘンジを使って夏至の日や冬至の日ばかりではなく、月食や日食までも予言していたという。

太陽の回りを公転しているこの地球の位置を、太陽座標系の中で求めようとする膨大な計算をして、春分の日、すなわち、黄道と赤道が交わる昇交点 (つまり、太陽から見たおうし座の方向) から、どれだけずれているかというややこしい計算をしなければならない。ところが、このストーン・ヘンジは、太陽の光線を直定規 (ものさし) とし、太陽の昇る位置とその光の射込む方角から、地球の天文学的な位置をたちどころに知ることができるのだ。これこそまさにコンピュータに匹敵するものさしといえよう。

このように、難しく、やっかいで、見ただけでも頭の痛くなるような計算を、平面的に図式表示をして、直線の定規を使い、与えられた複数の独立した変数に対して、計算の結果をたちどころに求めてしまうグラフを「ノモグラフ」という。私は、このストーン・ヘンジこそは、古代人が考え出した偉大な「ノモグラフ」だと思う。

「ノモグラフ」とは

ノモグラフというのを辞書で調べてもなかなか載っていない。が、一般的には、数関係の図式表示をしたものをノモグラフといい、直定規 (もの

工業材料

さし) などを使って与えられた独立変数の値に対する従属変数の値が読み取れるようになっているグラフのことをノモグラフと読んでいるようだ。

とにかくこのノモグラフ、計算機がなくても定規一つでややこしい計算の答えがたちどころに出てしまうという便利なもの。難しいプログラムは必要ないし、誰でもが、簡単に利用でき、しかも、結果が早いので、刻々と状況が変化する製造現場などでは大変役に立つ。作り方も、非常に簡単なので、一つ基本形がわかれば、いろいろと応用が効く。

そこで、このノモグラフの簡単な作り方について紹介し、金型の製作や、プラスチックの成形に役立つものを作ってみよう。

ノモグラフの作り方

ご存じの方も多いと思うが、まず、ノモグラフというのは、どのように使うかということを紹介しよう。

図2²⁾は、プラスチック軸受の摩耗量を推定するノモグラフである。

例えば、この図は、軸受にかかる荷重と摺動速度とから、プラスチックの累積摩耗量を求める場合に使われる。一般に、この時の数式は、次式で表される。

$$W = K \cdot P^a \cdot V^b \cdot T$$

ここで、 W : 累積摩耗量、 P : 荷重、

V : 速度、 T : 時間

を表す。

いま、荷重 $P = 4 \text{ kg/cm}^2$ 、摺動速度 $V = 20 \text{ m/min}$ とする時、摩耗量が 5μ になるまでの累積時間を求める。つまり、軸受の寿命を求めようというわけだ。

① まず、荷重 $P = 4 \text{ kg/cm}^2$ の点Aと、速度 $V = 20 \text{ m/min}$ の点Bをとり、これを結んで点Cを見いだす。

② 点Cと摩耗量の $\mu = 0.005 \text{ mm}$ の点Dを結ん

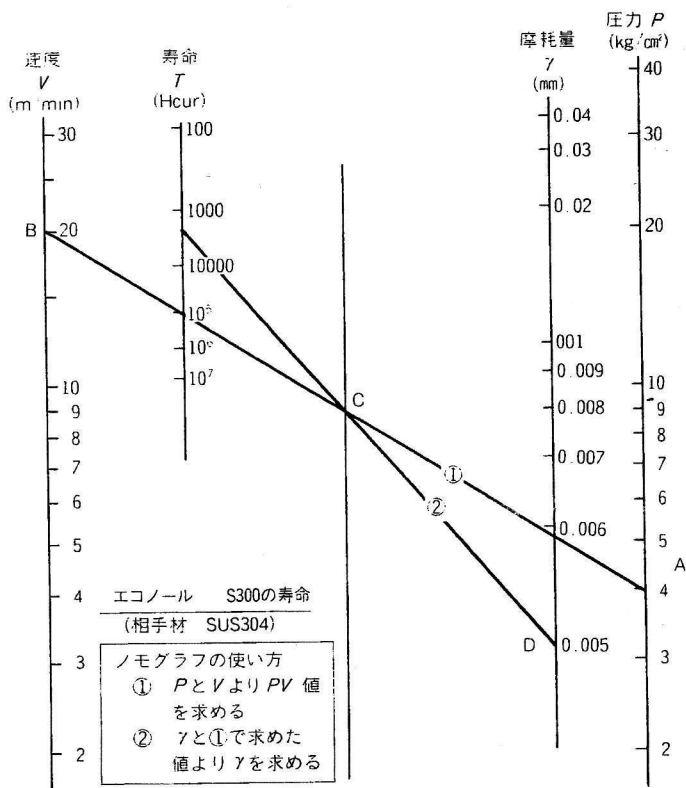


図2 摩耗量を推定するノモグラフ (エコノールS300の寿命)

で寿命を表す線の見盛を読む。

③ この場合の点Dは対数目盛となっているので、求める値はca. 2,000hrになる。

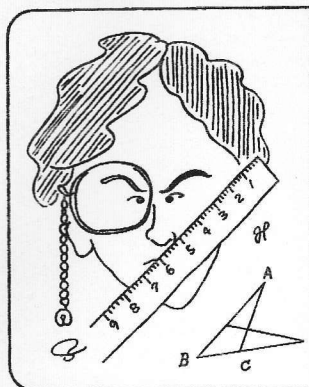
また、このグラフを使い、寿命の代わりに運転時間を使えば、運転の間にどれだけの摩耗が進むかを推定することもできる。

ここでは、目盛のとり方が荒いので、有効数字としては一桁となっているが、必要とする精度に応じて目盛を決めれば、十分実用に足る。

これだけでも、ノモグラフが、いかに有用であるかが理解いただけたものと思う。次回から、こうしたのもグラフをどうやって作るかを勉強していくことにしよう。

参考文献

- 1) 古在由秀「天文学のすすめ」講談社現代新書
- 2) 鈴木誠「工業材料」Vol. 31, No. 6
- 3) 白石順一郎「射出成形用金型」(日刊工業新聞社) P133



ノモグラフを作って仕事を楽しもう

やさしい ノモグラフの作り方(2)

住友化学工業株式会社 鈴木 誠 二

どうして、答えが一直線になるのか

ノモグラフは幾何学の応用であり、平面図形におけるいろいろな関係式を知ると、これをノモグラフに適用することができる。この場合、平行線の関係を利用している。図1に示すようにX-Y座標軸上に任意の3直線r, t, sを考え、そのどれにも交わる1本の直線を描く。3本の直線との交点をそれぞれR (X₁, Y₁), T (X₂, Y₂), S (X₃, Y₃)とし、その各点からそれぞれ座標軸に平行に直線を引くと、次の関係が成り立っていることが分かる。

$$\frac{Y_3 - Y_2}{X_3 - X_2} = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{Y_3 - Y_1}{X_3 - X_1}$$

この関係は次の行列式に置き換えることができる。ここで、X₁, X₂, X₃がすべて定数ならば、r, s, tは全てY軸に平行な直線となるのである。

$$\begin{vmatrix} Y_1 & X_1 & 1 \\ Y_2 & X_2 & 1 \\ Y_3 & X_3 & 1 \end{vmatrix} = 0$$

更に詳しいことについては解説書もあるので参考にされたい。

ここでは、それよりも、実際にノモグラフを作ることの頭にいれて、どうして直線でよいのかを理解されたい。

図2に、簡単なたし算の法則を示した。お歳を召した方なら誰でも知っている、計算尺の原理だ。

(a)は、A+B=Cの関係にある計算の答えがもとまる図である。A=2の時、B=2であれば、

B尺の2の点に相当するA尺の値を読むと、4という答えが得られる。同様にしてB=4であれば、C=6となる。

では、ここでA尺、B尺を離してみるとどうなるだろうか？。(b)は、左右に同じ量だけ離れた場合の様子を示した。(a)では、A尺とB尺をずらして、A尺の2とB尺の0とを併せたが、今度は離れているので、A尺の2と、B尺の0とを線で結び、C尺上の点をpとする。そしてp点にB尺の2だけ上乘せすればよい。A尺の2とB尺2とを結ぶと、ちょうどC尺上の交点qが、B尺の2に相当する。(a)では、A尺の目盛りを読んだが、ここでは、C尺の目盛りを読む。C尺の目盛りは、A尺、B尺の目盛りの半分になっているので、答えの4がでる。

今度は、ずらして離れた(c)ではどうなるだろうか？、この場合も(b)の場合と同様で、A尺の0とB尺の0とを結び、C尺の0とする。C尺の目盛りは、A尺、B尺の半分にする。

こうすれば、A尺の2と、B尺の3とを結べば、C尺の5となる。

では次に、A尺とB尺との目盛りの大きさが違うときはどうなるだろうか？

この時は、C尺に換算されるA尺、B尺の量が等しくなるようにC尺の位置をずらす。A尺とB尺の目盛りの比率がa:bであれば、A尺とB尺との距離がa:bとなるような位置にC尺をとればよい。

こうすることによって各変数を示す目盛りの位置を決め、それぞれを変数の範囲に応じて目盛ってやればC=A+Bの計算の結果を容易に求めるノモグラフを作ることができる。

*すずき せいじ：新規事業部長補佐

〒103 東京都中央区日本橋2-7-9, TEL. 03 (278) 7415

和を求めるときはこれで十分であるが、複数の独立変数のかけ算や、割り算が出てくる実際の計算にはこれだけでは何の役にもたない。

それではかけ算や割り算の場合を考えてみよう。ご存知のようにかけ算や割り算は、対数をとればたし算、ひき算に変換することができる。したがって、A尺、B尺を対数目盛りになれば、和を求めるときと全く同じようにできる。計算尺のかけ算の場合と全く同じである。

例えば、 $C = A \times B$ は両辺の対数をとれば、 $\log C = \log A + \log B$ となる。従って、A、B、Cの代わりに、それぞれの対数 $\log A$ 、 $\log B$ 、 $\log C$ を考えてやれば、さきに述べたような方法で、容易にノモグラフを作ることができる。

logC尺の位置

logC尺の位置は、次のようにして決める。

まず、logA尺に、 $\log M = m$ と $\log N = n$ をとる。そして、logB尺のうえにも、 $\log M = m'$ 、 $\log N = n'$ をとる。次に、 m と n' とを結び、 m' と n とを結んで、この2本の直線の交点を通り、logA尺、logB尺に平行線を引けば、これがlogC尺となる。

logA尺とlogB尺の目盛りの大きさは必ずしも同じでなくともよい。目盛りの縮尺によってlogC尺の位置をずらせば良いことは、さきにたし算の場合に考えたA尺、B尺の目盛りの大きさが異なるときと同じである。

実際には、図3に示すように $M = 1$ 、 $N = 10$ のようにとれば、容易にlogC尺の位置を決めることができるが、平行線を引くのには、2点を求めればよいから、 $M = 10$ 、 $N = 100$ の場合をもう一度行

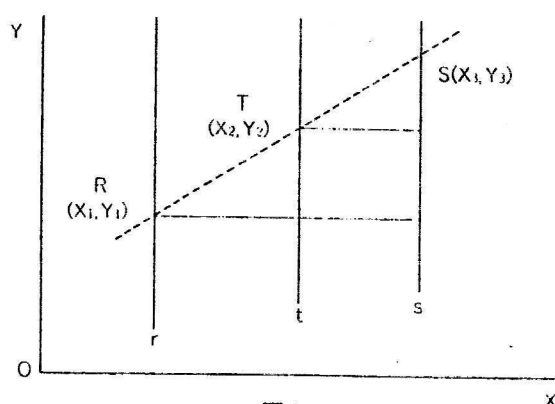


図1

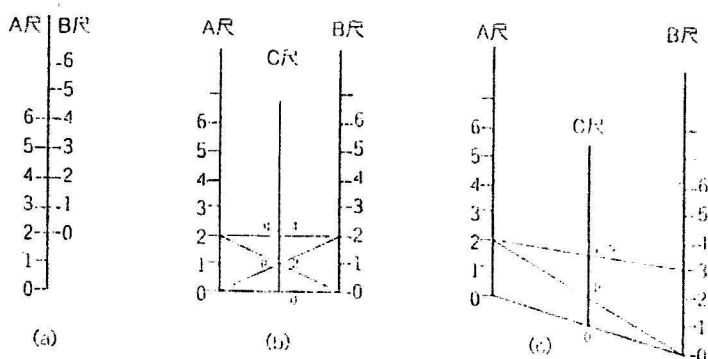


図2

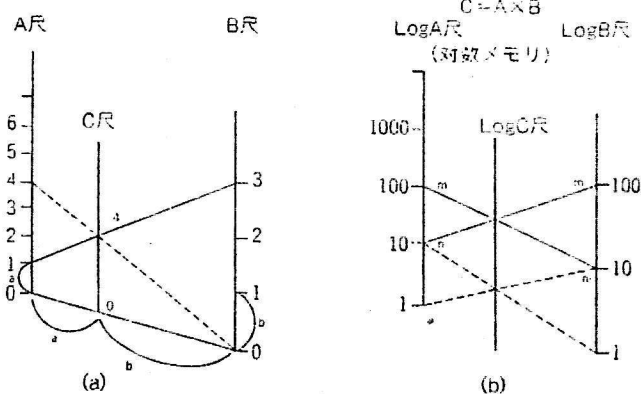
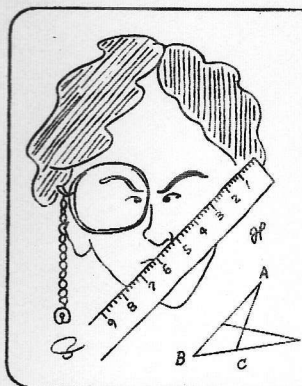


図3

ない、その交点を求めて、この2点を結べば、正確に平行線が得られる。

(以下、次号)



ノモグラフを作って仕事を楽しもう

やさしい ノモグラフの作り方(3)

住友化学工業㈱ 鈴木 誠 二

割り算の場合 (図1)

かけ算の場合と全く同様にして、割り算の場合でも $\log C$ 尺の位置を決めることができる。

いま、 $C=A/B$ であれば、両辺の対数は、 $\log C = \log A - \log B$ となる。そこで、 $\log A$ 尺と $\log B$ 尺をとるために適当な間隔を置いて2本の平行線を引く。これに対数目盛りをとって、 $\log A$ 尺と $\log B$ 尺にする訳であるが、この時、 $\log A$ 尺と $\log B$ 尺の大きさを変えることに注意する。目盛りの縮尺が同じ場合には、次の $\log C$ 尺を求めるときに交点が得られず、 $\log C$ 尺の位置が決まらない。

まず、 $\log A$ 尺のうえに、 $\log M=m$ 、 $\log N=n$ をとる (例えば、 $M=10$ 、 $N=100$ とする)、 $\log B$ 尺のうえには、 $M'/N'=M/N$ の関係にある M' 、 N'

にたいして、 $\log M'=m'$ 、 $\log N'=n'$ をとる ($M=10$ 、 $N=100$ のときは、 $M'=1$ 、 $N'=10$ となる)。して、今度は、 m と m' とを結び、 n と n' との直との交点 p を求める。この交点 p を通過して、 $\log C$ 尺、または、 $\log B$ 尺に平行な直線を引けば、それが $\log C$ 尺となる。図からもわかるように、割り算の場合には、 $\log C$ 尺は、 $\log A$ 尺と $\log B$ 尺の外側くる。しかしいろいろなノモグラフを作っていると、どうしても $\log A$ 尺と $\log B$ 尺の間、 $\log C$ 尺をとってなくてはならないような時がある。このうなときには、 $\log B$ の向きを逆にすればよい。まり、 $\log C = \log A + (-\log B)$ の関係を想定すればよいわけだ。図形をコンパクトに仕上げようする時、見栄えをよくしようとするときには、の方法が多いに役にたつ。

言葉で表現しようとするとなかなか理解しにいが、 $\log C$ 尺の位置を決めるのにややこしい制は何もないので、実際に数値を使って図形をか

た方が良く理解できる。

こうして、答えを求める直線位置はわかったので、次は答え大きさを求める目盛りのとり方について解説する。

目盛りのとり方

ノモグラフは、通常対数目盛をとることが多いので、与えられた範囲で対数目盛りをとる方法について考えてみたい (図2参照

例えば、 $\log 10$ と $\log 1$ を L 目りでとることを考える ($L=10$

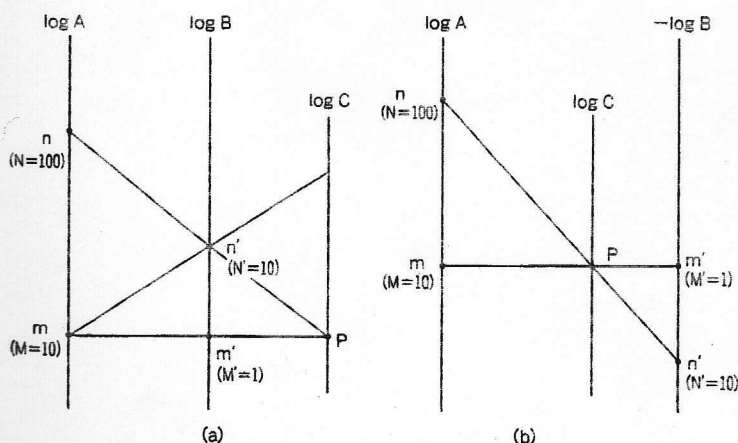


図1 割り算の場合

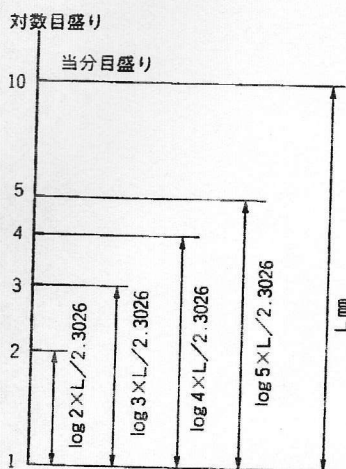


図2 対数目盛りのとりかた

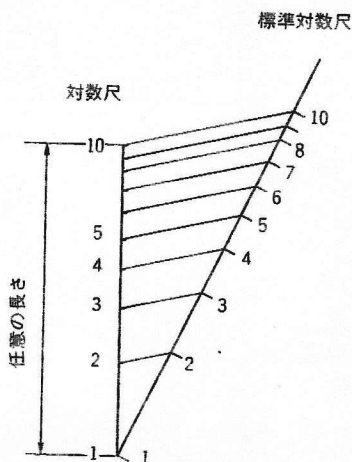


図3 一般的対数尺のとりかた

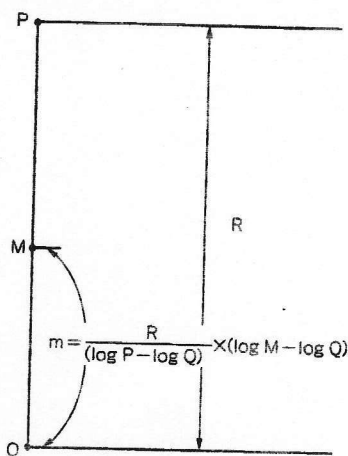


図4 任意の幅の間の対数目盛り

考えれば100ミリの間にこの目盛りをつけることになる。

まず、対数目盛りに対する当分目盛りの倍数 k を求める。 L 目盛りを $\log 1$ から $\log 10$ まで等分するのであるから、 k は次式のごとくなる。

$$k = \frac{L}{\log 10 - \log 1} = \frac{L}{2.30259}$$

この k を用いて、任意の目盛り M に対する当分目盛りの位置を計算で求めると、 1 を基準にとれば、

$$m = k \times (\log M - \log 1) \\ = k \times \log M$$

となり、 $\log 1$ より m だけ離れたところに M を目盛ってやればよい。こうして 1 から 10 までの目盛りを求めることができる。 10 から 100 までは、この目盛りを L だけずらしてやればよい。すなわち、

$$\log (M \times 10) = \log M + \log (10) \\ = m + L$$

の関係にある。 100 から 1000 も全く同じように考えることができる。

実際には、 L の大きさがいろいろと変わることになるので、任意の L にたいして対数目盛りがとれるようにしなければならない。そのための簡便な方法としては、図3に示すような方法がある。

予め適当な長さにした 1 から 10 までの対数尺を作っておき、目盛りをとろうとする対数尺の長さ

L に応じて、各目盛りごとに平行線をひいて位置を決める方法である。

たいていの場合は、これで間に合う。とくに、 $\log A$ 尺と $\log B$ 尺は、それぞれ独立しており、実際の値に合わせて縮尺を決め、目盛りの大きさを決めればよいのであるからほとんど苦勞せずに描くことができる。しかしながら、複雑な式の場合とか、答えになる $\log C$ 尺の場合はこうはいかない。 $\log A$ 尺と $\log B$ 尺との位置関係によって、縮尺も変われば、基準となる値がいつも 1 や 10 であるとは限らない。ある時は、 25 であったり、また、ある時は 400 であったりするわけだ。

そこで、もう一度、図4のように任意の幅 R の間に、 P と Q 点がある場合を想定し、これに対数目盛りをとるために、任意の点 M の対数目盛り上の位置を求める式を次に示す。

$$m = \frac{R}{\log P - \log Q} \times (\log M - \log Q)$$

この式を用いて、点 Q を基準にし、 m の位置に点 M をとっていく。こうすれば、答えの大きさを求めるための $\log C$ 尺は容易に目盛ることができる。

では、次回からは、実際にノモグラフを作ってみよう。



ノモグラフを作って仕事を楽しもう

やさしい ノモグラフの作り方(4)

住友化学工業株式会社 鈴木 誠 二

これまでの3回の解説で基本的なノモグラフはできる。

では、とりあえず、簡単なものからとにかく作ってみることにしよう。

PV=nRTのノモグラフ

この式は誰もが知っているボイル・シャルルの法則である。中学生の頃は随分頭を痛めたものであるが、この式の中にある3つの状態変数P、VおよびTについてノモグラフを作る。nについては、比例定数と考えてここでは便宜的に $n=1$ としておく。したがって、 $PV=RT$ P 圧力(atm)、V 体積(ℓ)、T 温度($^{\circ}\text{K}$)、R 気体定数 0.082 となる。

以下、手順にしたがって説明する。

1. P、V尺の位置(図1)

※すずき せいし：新規事業部長補佐
〒103 東京都中央区日本橋2-7-9、TEL.03 (278) 7415

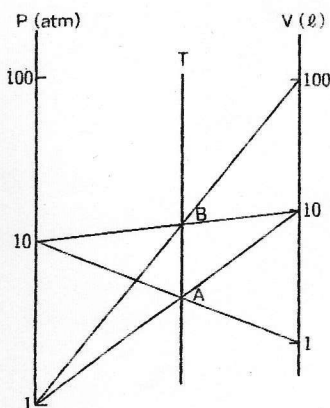


図1 T尺の位置の決め方

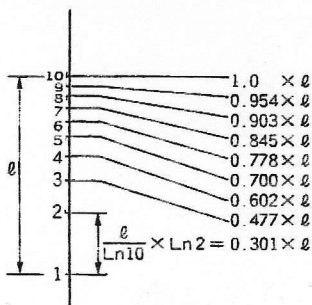


図2 P尺、V尺の対数目盛り

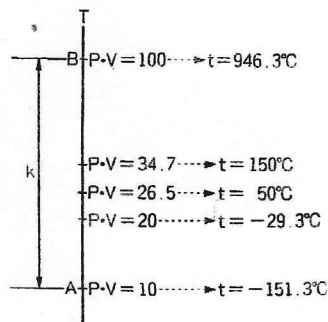


図3 T尺の目盛りのとり方

P、Vのもの差しの位置は任意に決めることができる。2本の線を適当な間隔で平行に取る。ただし、両者の間隔を余り大きく取るとTのもの差しの尺度が小さくなりすぎ誤差が大きくなるので、注意が必要である。また、逆に間隔が小さすぎるとT尺の位置がやや不正確になる。どの程度にするかは何度か作り直して見る必要がある。

2. T尺の位置(図1)

P尺、V尺の位置を決めたら次にT尺の位置を決める。T尺の位置は、P尺、V尺の尺度に関係するので、まず、P尺、V尺の上に基本となる目盛りを取っておく。通常は、1、10、100を等間隔で目盛る。P尺、V尺の尺度は同じであっても、また、異なってもよい。ここではP尺の尺度をやや大きく取ってある。

ついで、P尺の1とV尺の10とを結びこの直線と、P尺の10とV尺の1とを結んだ直線との交点をA点とする。A点はPとVの積が10であることを示す。同じようにしてPとVの積が100となる点Bを求める。すなわち、P尺10とV尺100とを結びこの直線と、P尺1とV尺100とを結んだ直線との

交点がB点となる。

A点とB点を結んだ直線がP尺、V尺と平行になっていればこれがT尺となる。

3. P尺の目盛り、V尺の目盛り (図2)

P尺の目盛りとV尺の目盛りは通常の対数目盛りを取ればよい。1と10との間の長さを ℓ mmとすれば、任意の目盛りMの位置は目盛り1の位置を0としてここからの距離mが次のようにして決まる。

$$m = -\frac{\ell}{\ln 10} \times \ln(M)$$

M=2からM=9までとれば、P尺ができたことになる。更に目盛りの細かいところをとるならM=1.5, M=2.5ととっていく。

4. T尺の目盛り (図3)

T尺の目盛りは $P \cdot V = 10$ と $P \cdot V = 100$ に対応する点、A点、B点が分かっている。従って、これをT値に換算して目盛っていけばよい。

すなわち、

$$T = \frac{P \cdot V}{0.082}$$

$$t(^{\circ}\text{C}) = T(^{\circ}\text{K}) - 273.2$$

であるから、A点は -151.3°C 、B点は 946.3°C に相当している。 $P \cdot V = 20, 30, 40, \dots$ に対して対数目盛りを取り、これを $t^{\circ}\text{C}$ に換算して、目盛りを入れるのは、P尺、V尺と同じであるが、これでは、 t の目盛りが端数となって実用的でない。

そこで、 $t = 50, 100, 150, 200, \dots$ に対する目盛りをとる。つまり、 $t = 50$ であれば、 $P \cdot V$ の値は、26.5となるので、A点とB点の間に次のようにしてこの点Cを求めることができる。

$$x = \frac{k}{\ln 100 - \ln 10} \times (\ln 26.5 - \ln 10)$$

ここで、 x : A点からC点までの距離、 k : A点とB点との距離

同じようにして、 $t = 100$ に対しては、30.6、 $t = 150$ に対しては、34.7の値に対して目盛りをとる。一般的には、任意の $t^{\circ}\text{C}$ に対して

$$x = \frac{k}{\ln 100 - \ln 10} \times (\ln X - \ln 10)$$

によって t の位置がもとまる。ただし、ここで

第37巻 第13号 (1989年10月号)

→

図4 $PV = Rx(273 + t)$ のノモグラフ(1)

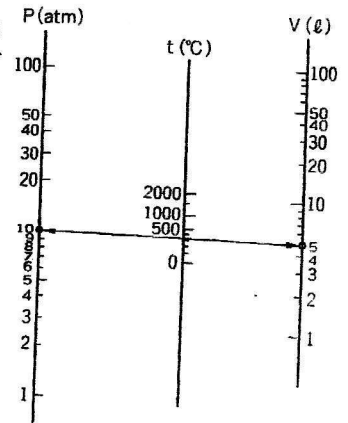
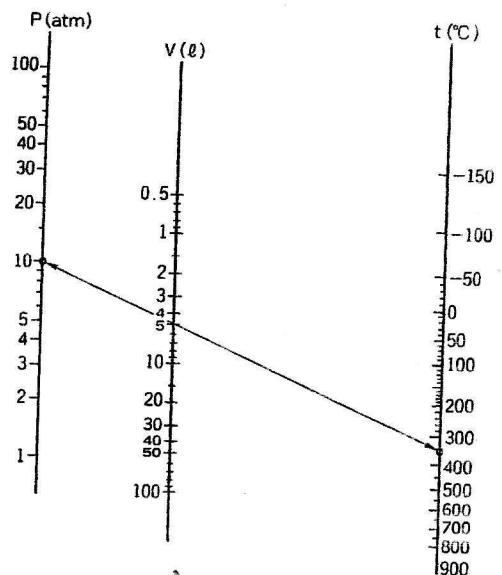


図5 $PV = Rx(273 + t)$ のノモグラフ(2)

$t(^{\circ}\text{C})$ の尺度を大きくするため、V尺の向きを逆にした。
P=10atm、 $t=350^{\circ}\text{C}$ のとき、Vは5.0ℓとなる。計算値は5.11ℓとなる。



$X = 0.082 \times (t + 273.2)$ である。 x がマイナスの時は、 $P \cdot V$ の積が10以下の時である。この時には、目盛りをA点より下側にとればよい。

こうして作ったノモグラフを図に示した。図4は、これまでの手順で描いたものである。基本的にはこれでよいのだが、温度を $t^{\circ}\text{C}$ に換算すると尺度が小さくなりすぎて実用的でない。そこで、 t 尺を拡大するために図5では、V尺を逆向きにとって t 尺を外側に持ってきた。こうすることによって目盛りを拡大することができる。例題でも分かるように、このノモグラフでは誤差が2%程度で、驚くほどの精度である。

こうした工夫がノモグラフの醍醐味である。



ノモグラフを作って仕事を楽しもう

やさしい ノモグラフの作り方(5)

住友化学工業(株) 鈴木 誠 二*

型設計に役立つノモグラフ

精密成形用の金型では、成形圧力による型の変形が問題になる。成形品各部の基本寸法に狂いを生ずるだけでなく、肉圧も変わり、さらには、バリの発生を伴うことになる。とくに成形圧力による受け板のたわみ量 (δ , mm) は、次の式で計算される (図1)¹⁾。

$$\delta = \frac{5PbL^4}{32EBh^3}$$

ここに、

P = 成形圧力 (ただし型内の平均圧力) (kg/cm²)

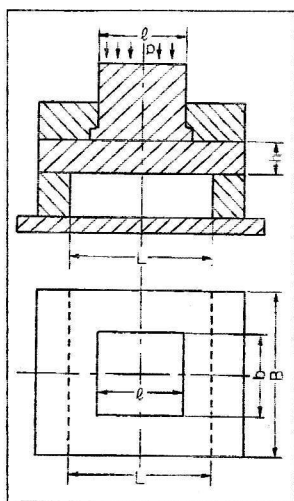
b = 成形圧力を受ける部分の幅 (mm)

L = スペーサーブロックの間隔 (mm)

B = 金型の幅 (mm)

E = 金型鋼材の横弾性係数 (ヤング率)

$$= 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$



*すずき せいじ:
新規事業部長補佐
〒103 東京都中央区日本橋
2-7-9,
TEL. 03 (278) 7415

図1 可動側型板
(受け板)のたわみ¹⁾

h = 受け板の厚さ (mm)

この式に基づいて計算される可動板のたわみを求めるノモグラフを描いたものが図2である。今回は、このノモグラフをつくる手順について考えてみたい。

1. PL⁴の値

これまで何度か述べた方法にしたがって PL⁴の値を求める図表をつくる。実際の P の値が 400 ~ 1,000 程度、L の値が 20 ~ 400 程度と想定して、2 つの平行線上に適宜 P 線には、500 と 1,000 の値を、L 線には 100 と 200 の値をほどよい間隔で入れる。

PL⁴の線の位置は次のようにして求める。

- (1) まず、P = 1,000 と L = 100 とを結ぶ。この直線(i)は PL⁴ = 1,000 × 100⁴の値を表す。
- (2) 次に、この値になる、P = 500 の時の L の値を求めると L = 119 になる。そこで、L 線上の L = 119 の位置を対数目盛りのとり方で求める。この点と P = 500 とを結ぶ直線(ii)を求める。
- (3) 直線と直線との交点 A₀ は、PL⁴の値を示す直線上にあるので、この点 A₀ を通る P 線、L 線に平行な直線を求めるとこれが PL⁴を表す直線となる。

- (4) A₀ は、PL⁴の点であるが、式中の定数を掛けて A₀ = 7440.5 を求めておく。同じようにして、P = 500 と L = 200 を結んだ直線(iii)と PL⁴線との交点 B₀ の値 59,523.8 を求める。

こうして PL⁴線は 5 PL⁴ / (32E) の値を目盛れば良いことになるが実際にはこの中間値は要らないので ℓ_1 としておく。

$$2. \frac{5 \cdot PL^4}{32 \cdot E \cdot B} \quad (\dots\dots\dots \ell_2 \text{ とする})$$

- (1) この関係は、割り算であるので、B と答え

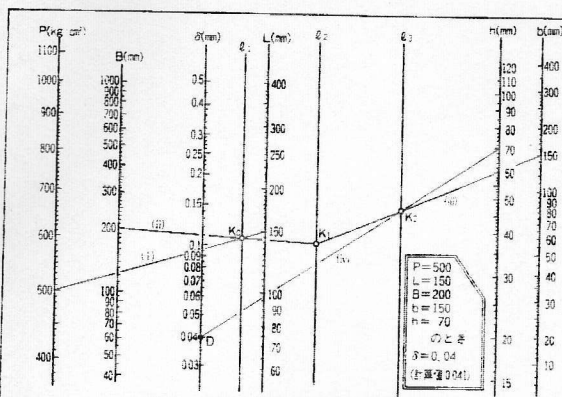


図2 可動板たわみ計算図表

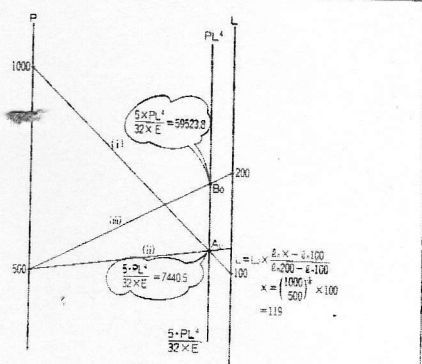
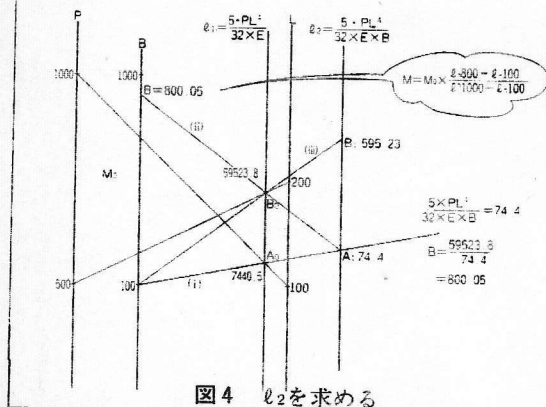
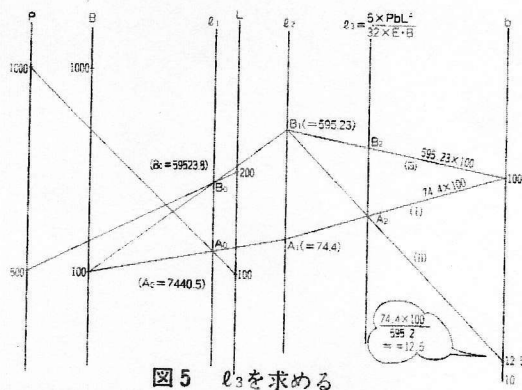


図3

図4 e_2 を求める図5 e_3 を求める

の位置は e_1 を挟んで両側にくる。Bの値が50～500程度であるのでこれらの点がセンターにくるように想定して代表値を2点選ぶ。ここでは100と1,000をとる。

(2) ついで、 $B=100$ と A_0 とを結び直線(i)を得る。この直線は e_2 の値としては74.4に相当している。そこで、点 $B_0=59523.8$ に相当するBの値を計算すると $B=800.05$ が得られる。

(3) この800.05の点をB尺の上にとって、 B_0 とを結び直線(ii)を得る。そして、直線(i)との交点を A_1 し、 A_1 を通るBに平行な直線を描けばこれが求める L_2 となる。

(4) e_2 も e_1 同様中間値であるので、特に目盛りをとる必要はないが、次の作業のために2点が必要となるので $B=100$ と B_0 とを結んで e_2 上に B_1 を求めておく。

$$3. \frac{5 \cdot P \cdot b \cdot L^4}{32 \cdot E \cdot B} \quad (\cdots \cdots e_3 \text{ とする})$$

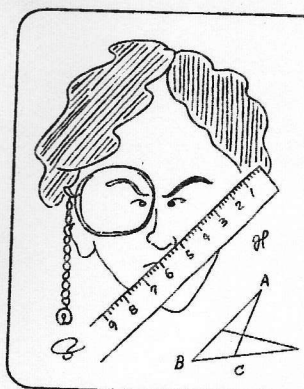
e_3 は $e_2 \times b$ であるので e_2 の2点とb上の2点から求めることができる。 e_2 上の2点は A_1 と B_1 とし、b上の2点は $b=100$ と次式によって求めた12.5とする。

$$\frac{74.4 \times 100}{595.2} = 12.5$$

- (1) b尺上に100と12.5の対数目盛りをとる。
- (2) A_1 と $b=100$ とを結んで直線(i)を求める。この直線は、 74.4×100 の値となる。
- (3) つぎに、 B_1 と $b=12.5$ とを結んで直線(ii)を求め、この2直線の交点を A_2 とする。
- (4) そして A_2 を通して e_2 に平行な直線を引くとこれが求める e_3 である。 e_3 上にも、やはり、 B_1 と $b=100$ とを結んで(直線(iii)) B_2 を求めておく。(次号につづく)

参考文献

- 1) 日本金型工業会編、プラスチック射出金型設計基準(i), (ii)1977, p. 92



ノモグラフを作って仕事を楽しもう

やさしい ノモグラフの作り方(6)

住友化学工業㈱ 鈴木 誠 二*

(前号よりつづく)

$$4. \delta = \frac{5 \cdot P \cdot b \cdot L^4}{32 \cdot E \cdot B \cdot h^3}$$

(図6参照)

h尺のとり範囲を10~100程度と想定して、適当な2点を選び、h尺上に対数目盛りで位置を決めておく。ここでは20と40である。

(1) 3. でもとめたA₂とh=40とを結んで直線(i)を求める。

(2) ついで、次式により、B₂に対応するhの値を求める。

$$A_2 \times \frac{1}{40^3} = B_2 \times \frac{1}{Y^3}$$

$$Y = 80$$

h尺上にh=80を対数で位置決めして、B₂とを結び直線(ii)を得る。

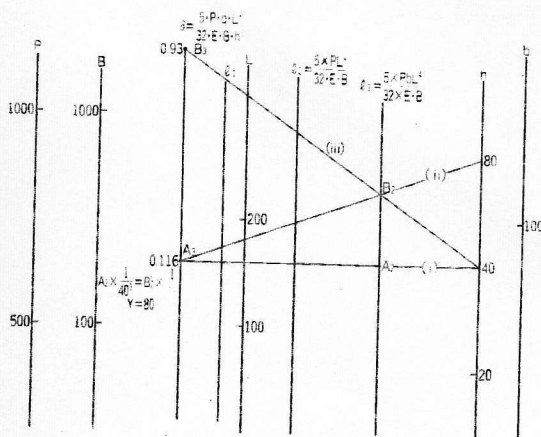


図6 δを求める

(3) 直線(i)と直線(ii)との交点A₃ (δ=0.116)を求め、A₃を通り、l₃に平行な直線を引けば、これがδ尺となる。

(4) l₃に目盛りをとるためにもう一つδ点を、l₃上のB₂とh=40とを結んで点B₃を求める。B₃のδ値は0.93である。

5. 各パラメーターの目盛り

各パラメーターに対して目盛りを入れる。2点の値とその距離が分かれば既に述べた方法で目盛りをとることができる。こうしてできた図が図2(前号)である。使い方については図中に例を示してあるので参考にいただきたい。

ちなみに、このノモグラフから得られた例題の答えが0.04であるのに対して、計算によって求めた値は0.041である。

精密金型の場合にはδ値で0.1mm以下にする必要があるが、このノモグラフを利用すればそのために受け板の厚みをどの程度にしたら良いかなどたちどころに求めることができる。

ノモグラフの威力を感じとって貰うために通常の線図との比較をしてみよう。

次式は遠心力・求心力を求めるものであるが、この式の線図が図1で与えられている¹⁾。これをノモグラフに書き換えると図2のようになる。

$$F = \frac{W \cdot v^2}{g \cdot R}$$

$$= \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot n^2}{g \times 3600} \times R \cdot W$$

ここで

F: 遠心力, 求心力 (kg/cm²)

W: 重量 (kg)

*すずき せいじ: 新規事業部長補佐
〒103 東京都中央区日本橋2-7-9, TEL. 03 (278) 7415

$$F = \frac{Wv^2}{gR}$$

$$= \frac{W\omega^2 R}{g}$$

F: 遠心力, 求心力 kg
 W: 物体の重量 kg
 R: 半径 m
 v: 物体の線速度 m/sec
 ω: 物体の角速度 ラジアン

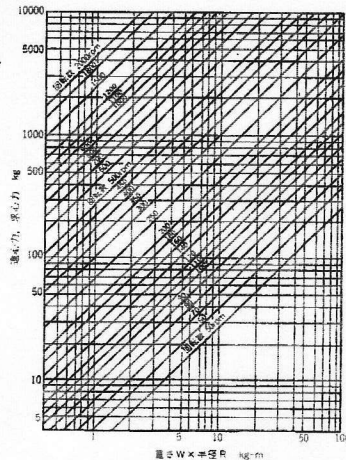


図1 遠心力・求心力を求める線図

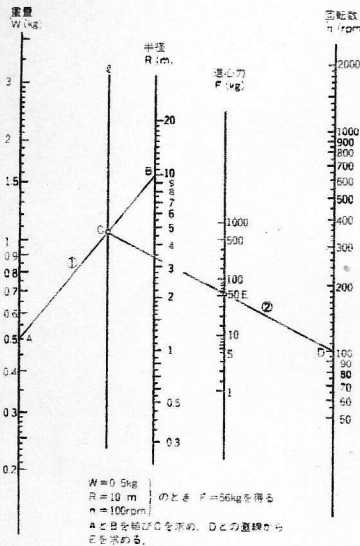


図2 遠心力を求めるノモグラフ

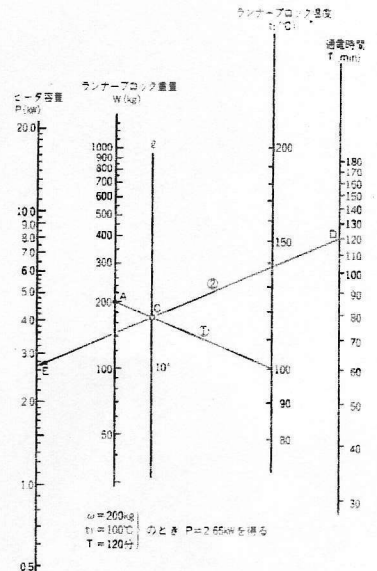


図3 ヒータ容量を求めるノモグラフ

R: 半径 (cm)

n: 回転数 (rpm)

である。ノモグラフにすることによっていかにスマートになるかお分かりいただけます。

金型設計においても様々な計算式が用いられている。既に成書に紹介されているノモグラフもあるが、これまでに学んだ知識を利用して更にいくつかのノモグラフをつくってみたい。

1. ランナーブロックのヒータの容量

ランナーブロックを効率的にヒートアップすることが毎日の成形では製品コストに響いてくる。一般にランナーブロックに与えるヒータの容量は次の式により計算される。

$$P = \frac{\omega c (t_1 - t_2)}{860 \eta T}$$

P: ヒータの容量 kW

ω: ランナーブロックの重量 kg

c: ランナーブロックの比熱 kcal/°C/kg

T: 通电時間(上昇希望時間) min

t1: ランナーブロックの温度 °C

t2: 大気温度 °C

η: 効率 (条件により異なるが0.5~0.7)

いま加熱する材質を高炭素鋼として比熱0.115 kcal/kgとし、調節幅を大きくするために大気温度を0°C、効率は50%として上式をノモグラフ化したものが図3である。(以下、次号につづく)

参考文献

- 1) 兵神装備資料 エンジニアズブック p. 40
- 2) 日刊工業新聞社 射出成形用金型 p. 138



ノモグラフを作って仕事を楽しもう

やさしい ノモグラフの作り方 (最終回)

住友化学工業株式会社 鈴木 誠 二*

(前号よりつづく)

ランナーでの圧力損失

ランナーの設計ではできるだけ径を小さくすることが必要であるが、径が小さくなると圧力損失が大きくなるので限界がある。この圧力損失は次式で与えられる。ただし、この式は流れをニュートン流体と仮定できるものに適用される。

$$\Delta P = \frac{8 \cdot Q \cdot \eta \cdot L}{\pi \cdot R^4}$$

ΔP : 圧力損失 (kg/cm²)

Q : ゲート部における吐出量 (射出成形機の射出率の 50~70%)

η : 粘度 (ポアズ)

L : ゲートの長さ (cm)

R : ゲート半径 (cm)

このノモグラフを利用すれば、ランナーにおける圧力損失が計算できるほかに、圧力損失を一定の値に抑えるための最小のランナー径、あるいは長さを求めることも容易である (図4 参照)。

隅にRを付けるときの最小コーナー

製品の設計では、内部応力が面と面との接合点すなわち隅に集中する。ひずみを減少させるためには、爪にRを付けて応力を分散する。この時の最小コーナーを求める。

いま、図5のようなカムを考えてこの時の必要Rは次式にしたがって求める。

$$R = T \times r$$

$$r = f(p)$$

$$p = \frac{K \cdot w \cdot T}{W}$$

R : コーナー (cm)

K : 樹脂の強度 (kg/cm²)

W : 最大荷重 (kg)

T : カムの厚み (cm)

w : 肉厚幅 (cm)

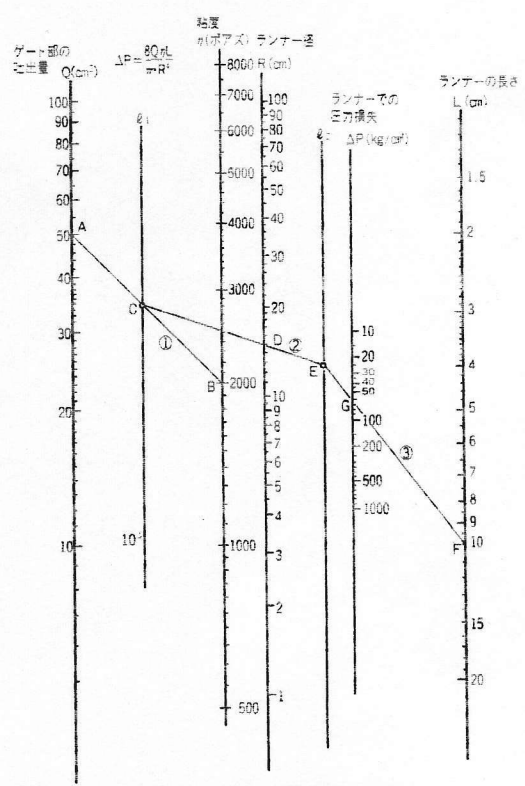


図4 ランナーでの圧力損失を求めるノモグラフ

*すずき せいじ: 新規事業部長補佐
〒103 東京都中央区日本橋2-7-9, TEL.03 (278) 7415

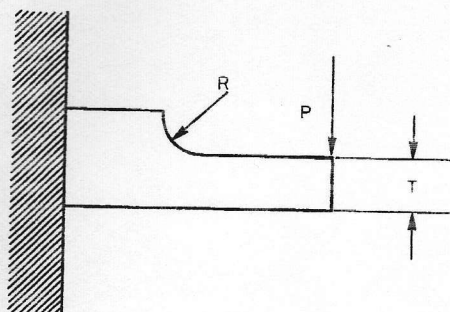


図5 カムの爪 コーナーRの設計

p : 応力係数

r : 応力係数 p によってもとまる値

ただし、応力係数 p によってもとまる値 r は単純な関数では表されていないので、ノモグラフではお互いの対数目盛りをとり両者の対応する値を結んで数値変換をしている。

このノモグラフでは、様々な樹脂の強度を用いて、その樹脂に応じた最小コーナーを求めることができる(図6参照)。

このほかにも金型の設計に役立つノモグラフが紹介されている¹⁾。

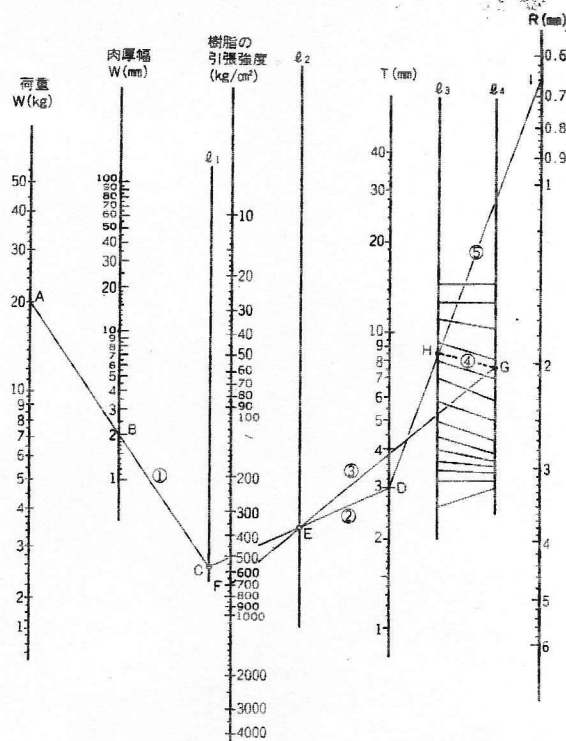


図6 最小コーナーを求めるノモグラフ

おわりに

これまで7回にわたってノモグラフの作り方について解説してきたが、紙面の都合上、十分な説明ができたとは言いきれない。それでも一応、工夫次第で非常に便利なノモグラフができることを感じ取って頂けたのではないかと思います。専門的な解説書²⁾もあるので興味を持たれる方は是非御一読をおすすめしたい。

参考文献

- 1) 日刊工業新聞社 射出成形用金型 p. 138
- 2) ノモグラフに関する参考文献
 - ◎ ノモグラフの理論
 1. 谷村豊太郎:「計算図表学」, 丸善 (1948)
 - ◎ ノモグラフの作成法
 2. 川岸 弘:「化学工業」1961年4月号 44
 - 6月号 48
 - 9月号 57
 - 3. 佐藤一雄:「MOL」昭和45年5月号 59
 - 6月号 63
 - 7月号 50

圖書案内

光センサとその使い方

—種類・特徴・回路技術—

谷 腰 欣 司 著

A5判 220ページ 定価 2,900円

※お求めのさい、消費税
3%をご加算下さい。

日刊工業新聞社

内 容 本書は、光センサの特徴、使い方などについて、基本的な知識がひととおり身につくよう、具体的な事例を数多く取りあげ、わかりやすくまとめた解説書。随所に写真、実験、要点解説など取り入れ、光センサの特性表などの読み方についても理解しやすいよう工夫している。

出版局販売部 (〒102) 東京都千代田区九段北1-8-10
TEL 03 (222) 7131 FAX (03) 262-4603