わたくしの技術体験

起毛効果ノモグラフ

加 藤 雅 樹

1. は し が き

起毛毛羽発生量の定量的表現は困難である。筆者はさきに Double-Action Napper に対する新しい起毛理論を発表し¹⁾、その中で起毛機の変速機能によって生ずる、起毛針先と布面との接触回数および起毛力それぞれの相乗積が、各変速機能に対応して示す起毛毛羽発生量の数値計算的傾向と、実際の起毛操作における経験的な視覚上判断による起毛毛羽発生量との相似性から、前者のデータに基づきその傾向図を作成した。

本稿では起毛効果(起毛毛羽発生量)のノモグラフ作図法をのべ、その比較量を推定しようとする。

2. ノモグラフ作図データ

Double-Action Napper の一般的操作において、布面の起毛毛羽発生量の変化は、布の走行速度に対する変速機能と Counter Pile Roller (CPR, かき針)へのトルク変化をもたらし変速機能との組合わせによって支配される。

筆者の起毛理論^{1,2,3)}からすれば、一般の正常な起毛操作では、同一針布ロールに2つの差動運動が同時に作用している。すなわち、針布ロール・シリンダ・ベルトバンドの3者によるもの(RCBトルクとする)と、他は針布ロール・シリンダ・布の3者によるもの(RCCトルクとする)とである。

RCBトルクによって得られる針布ロールの回転数は、RCCトルクによって得られる同一針布ロールへの回転数よりも大きい。しかし起毛針先は布面につかかっている、スリップはしていない⁴⁾。そこで前者の回転数がベルトバンドによって与えられるが、ベルトバンドと針布ロールプリーとの間でスリップしていることになる。それ故CPRはRCCトルクによって得られる後者の回転数だけしか回転しない。この両トルクによって得られるCPR回転数の差を起毛力とする。

実際の起毛機で、ノモグラフ作図に必要なデータをあげ、また誘導計算法をのべる。なお起毛機の伝動機構を図1に示す。以下上記両トルクはRCB, RCCと略す。

Nomography of Raisting Effect

MASAKI KATO

前・K. K. 加藤染工場社長

Fig. 1 Diagram of Raising Machine

針布ロールの直径	$2(r'-a)$	$2\frac{5}{16}$	58.7mm
針布の高さ	a		10.0mm
針布ともの針布ロールの半径	r'		39.4mm
針布ロールプリーの直径	$2r$	$3\frac{7}{8}$	98.4mm
針布ロールの本数	N	24	
シリンダ回転数 (rpm)	n	100	
主軸中心針布ロール中心間	R	$14''$	355.6mm
(ベルトバンドや布は針布ロールプリーや針布ロールに対して多角形状に囲繞しているので、厳密に考えれば、 R の数値をベルトバンドでは $R'=351.6$ mm、布では $R''=354.5$ mmと使い分ける必要がある。)			

布がシリンダ全体を囲繞しているとしての長さは、

$$2\pi + 2RN\sin\frac{\pi}{N} \quad 2475\text{mm}$$

布送り：

A_1 の直径	$11\frac{3}{16}$	284.2mm
A_5 "	$15\frac{3}{16}$	385.8mm
B_1 "	$11''$	279.4mm
B_5 "	$7''$	177.8mm
段車の径落ち	$1''$	25.4mm
ドローロールの直径	$6\frac{9}{16}$	166.7mm

歯車比 $C/D=23:128=0.1797$

A - B 段車による布走行速度 (S):

A ₁ - B ₁	95.73 n	mm/m
A ₂ - B ₂	114.7 n	"
A ₃ - B ₃	138.0 n	"
A ₄ - B ₄	166.8 n	"
A ₅ - B ₅	204.0 n	"

CPR:

M ₁ の直径	$14\frac{1}{2}$	368.3mm
M ₆ "	$10\frac{3}{4}$	273.1mm
N ₁ "	$8\frac{13}{16}$	223.8mm
N ₆ "	$12\frac{9}{16}$	319.1mm
段車径落ち	$\frac{3}{4}$	19.05mm

歯車比 $O/Q=32:130=0.2462$

M-N 段車によるベルトバンドの回転数 (n'):

M ₁ - N ₁	0.4053 n
M ₂ - N ₂	0.3540 n
M ₃ - N ₃	0.3102 n
M ₄ - N ₄	0.2730 n
M ₅ - N ₅	0.2399 n
M ₆ - N ₆	0.2108 n

RCBによるCPRの回転数 (Y₁):

起毛する場合にM-N段車のベルトは「たすき掛け」にする。RCBによるCPRの回転数を求める差動計算は次式による(図2)。

$$Y_1 = -\left\{ (n+n') \frac{R'}{r} + n' \right\} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$Y_1 = -(714.6 + 8.146 n')$$

M-N各段車の変速に対応するCPRの回転数はつぎのようになる。

Fig. 2 Planetary Train

M ₁ - N ₁	1044.8
M ₂ - N ₂	1003.0
M ₃ - N ₃	967.3
M ₄ - N ₄	937.0
M ₅ - N ₅	910.0
M ₆ - N ₆	886.3

RCCによるCPRの回転数 (Y_s):

$$Y_s = -\left\{ (n-n'') \frac{R''}{r'} - n'' \right\} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$Y_s = -(899.8 - 9.998 n'')$$

ただし $n'' = S/2475$

(n'' は布がシリンダ上の針布ロール全体を囲繞している円とみなしての布の回転数)

	n''	Y _s
A ₁ - B ₁	3.868	-861.1
A ₂ - B ₂	4.634	-853.5
A ₃ - B ₃	5.576	-844.0
A ₄ - B ₄	6.739	-832.4
A ₅ - B ₅	8.242	-817.4

起毛力 (Y₁ - Y_s):

起毛力は前述したように (Y₁ - Y_s) であらわす。

Table 1 Magnitude of raising, (Y₁ - Y_s)

	Y _s	A ₁ -B ₁	A ₂ -B ₂	A ₃ -B ₃	A ₄ -B ₄	A ₅ -B ₅
Y ₁		-861.1	-853.5	-844.0	-832.4	-817.4
M ₁ -N ₁	-1044.8	-183.7	-191.3	-200.8	-212.4	-227.4
M ₂ -N ₂	-1003.0	-141.9	-149.5	-159.0	-170.6	-185.6
M ₃ -N ₃	-967.3	-106.2	-113.8	-123.3	-134.9	-149.9
M ₄ -N ₄	-937.0	-75.9	-83.5	-93.0	-104.6	-119.6
M ₅ -N ₅	-910.0	-48.9	-56.5	-66.0	-77.6	-92.6
M ₆ -N ₆	-886.3	-25.2	-32.8	-42.3	-53.9	-68.9

CPR針先の接触回数 (C):

起毛している場合CPRはY_s回転しかまわっていないのは上述の通りであるが、このとき針布ロール針先の或る1点(円周上の1点と考えた場合であるが、針布ロール上の法線と考えてもよい)の布単位長当り単位時間に対する接触数(C)の計算をする。シリンダn回転中に起毛針先の或る1点がシリンダの最外側に出る回数(t)は?

(この場合Y_sの符号は考えない)

$$t = Y_s + n \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\therefore C = t/S \quad \dots\dots\dots (4)$$

起毛効果は起毛力とこの接触数との相乗積であらわすが、最終的にはその実数で示さず、相互の比較量を求めようとするので、CはA-B段車の変速に応じた接触率に直しておいた方が計算に便利である。すなわち、

A ₁ - B ₁	A ₂ - B ₂	A ₃ - B ₃	A ₄ - B ₄	A ₅ - B ₅
% 100.0	82.80	68.14	55.68	44.88

表1の起毛力にそれぞれ接触率を乗ずれば、起毛効果は表2によって示される。

Table 2 Raising effect, $(Y_1 - Y_3) \times \text{contact} (\%)$

	$A_1 - B_1$	$A_2 - B_2$	$A_3 - B_3$	$A_4 - B_4$	$A_5 - B_5$
%	100.0	82.80	68.14	55.68	44.88
$M_1 - N_1$	183.7	158.4	136.8	118.3	102.1
$M_2 - N_2$	141.9	123.8	108.3	95.0	83.3
$M_3 - N_3$	106.2	94.2	84.0	75.1	67.3
$M_4 - N_4$	75.9	69.1	63.4	58.2	53.7
$M_5 - N_5$	48.9	46.8	45.0	43.2	41.6
$M_6 - N_6$	25.2	27.2	28.8	30.0	30.9

起毛効果の傾向比率：

$A_1 - B_1$ と $M_1 - N_1$ との組合わせによる最高値を100%として、表2を%によって示せば表3となる。

Table 3 Tendency of raising effect, (%)

	$A_1 - B_1$	$A_2 - B_2$	$A_3 - B_3$	$A_4 - B_4$	$A_5 - B_5$
$M_1 - N_1$	100.0	86.2	74.5	64.4	55.6
$M_2 - N_2$	77.2	67.4	59.0	51.7	45.4
$M_3 - N_3$	57.8	51.3	45.7	40.9	36.6
$M_4 - N_4$	41.3	37.6	34.5	31.7	29.2
$M_5 - N_5$	26.6	25.5	24.5	23.5	22.7
$M_6 - N_6$	13.7	14.8	15.7	16.3	16.8

筆者はこれまで、この比率を片対数グラフにプロットしてみると、実用にさしつかえない程度にほぼ1直線上にのり(図3)、起毛毛羽発生量(起毛効果)の傾向図とした。

RCCによるベルトバンドの回転数(n''')：

M-N段車にベルトをかけず自由にしておけば、RCCによってベルトバンドが回転する。この場合は $Y_1 = Y_3$ となり、次式より n''' を逆算すれば、RCCによるベルトバンドの回転数が求められる。すなわち、

$$Y_3 = -(714.6 + 8.146 n''')$$

Fig. 3 Tendency of Raising Effect by CPR

とすれば、

$$\begin{matrix} A_1 - B_1 & A_2 - B_2 & A_3 - B_3 & A_4 - B_4 & A_5 - B_5 \\ n''' & 17.98 & 17.05 & 15.89 & 14.46 & 12.62 \end{matrix}$$

さきには起毛力をRCBおよびRCCによる針布ロールの回転数の差によって求めたが、針布ロールに連働している同一ベルトバンドの回転数の差($n' - n'''$)によっても求めることができる(表4)。

Table 4 Magnitude of raising, ($n' - n'''$)

$n' \backslash n'''$	$A_1 - B_1$	$A_2 - B_2$	$A_3 - B_3$	$A_4 - B_4$	$A_5 - B_5$
n'''	17.98	17.05	15.89	14.46	12.62
$M_1 - N_1$	40.53	22.55	23.48	24.64	26.07
$M_2 - N_2$	35.40	17.42	18.35	19.51	20.94
$M_3 - N_3$	31.02	13.04	13.97	15.13	16.56
$M_4 - N_4$	27.30	9.32	10.25	11.41	12.84
$M_5 - N_5$	23.99	6.01	6.94	8.10	9.53
$M_6 - N_6$	21.08	3.10	4.03	5.19	6.62

表4は表1に代わるもので、それぞれ接触率を乗じ、 $A_1 - B_1$ と $M_1 - N_1$ との組合わせによる最高値を100%として表示すれば表3と同一のものとなる。

3. ノモグラフの作図法

図4のように下端をそろえて、A・M・D・E線をこの順に4・4・10 cm離して、それぞれ10・10・12・10 cmの平行線を引く。D線下端とE線上端を結んでS線を引く。A・M・D線の下端を0とし、上端をそれぞれ25・50・30として、等分目盛となるよう別々に分割してI・Ⅲ・Vの目盛をつける。E線は上端を0とし、下端を100として等分目盛をつける。これらは1mm目方眼紙を使うと便利である。

A-B各段車の変速に応じたRCCによるベルトバンドの回転数(n''')をA線上I目盛に求め、その右側にA-B段車の添字数を打ちこみII目盛とする。

同様にM-N各段車の変速に応じたベルトバンドの回転数(n')に相当するM線上III目盛の右側にM-N段車の添字数を打ちこみIV目盛とする。

つぎにIIの①目盛とIVの①目盛とを結び、延長してD線との交点を求める。(この交点の数値は $A_1 - B_1$ と $M_1 - N_1$ との組合わせの場合の回転数の差を示している。)表3よりこの組合わせによる起毛効果の%を見出し、E線上のVII目盛にこれを求めて、前記のD線上の交点とを結び、S線との交点にA-B段車の添字①を打ちこむ。(この場合の起毛効果は100%である。)

順次 $M_1 - N_1$ と $A_2 - B_2$ ・ $A_3 - B_3$ ・ $A_4 - B_4$ ・ $A_5 - B_5$ との組合せ、すなわちIV目盛の①とII目盛の②・③・④・⑤のそれぞれとを結び、D線上の交点とE線上の各組合せに応じた起毛効果の%の目盛とを結び、S線との交

Fig. 4 Nomography of Raising Effect (original)

点にそれぞれA - B段車の添字数②……⑤を打ちこみVIの目盛とする。

以上で起毛効果ノモグラフはできあがったのである。

例えば、 $A_2 - B_2$ と $M_3 - N_3$ とを組合わせた場合の起毛効果 $\%$ を求めようとすれば、つぎのような手順をとる。IIの②とIVの③とを結び、延長してD線との交点を求め、これとVIの②とを結び、延長してE線との交点が求める起毛効果 $\%$ である。この場合IIとVIは必ず同一番号をとらねばならない。

ノモグラフを作図してしまえば、I・III・Vの目盛は、とくに回転数の実数を必要としなくてもかまわないので、これらを消してすっきりしたものに整理すれば図5のようになる。

このノモグラフはこのままではどの起毛機にもすぐ使えないのは当然で、それぞれの起毛機ごとに作図しなければならない。すなわち、II・IV・VIの目盛を打ち直す必

要がある。

なお各段車変速に応じたベルトバンドの回転数は直接実測によって求めてもよい。ベルトバンドに代わり、最近の起毛機のようにインタルギヤによる駆動の場合には、これに対するタコメータがついてあるので都合がよい。RCCによるベルトバンドの回転数を実測する場合、Pile Roller (PR, なぜ針)でも測り、数値の大きい方をとる(針先の曲っている方向の関係で、CPRでは布との間にスリップがありうる)。接触数(C)は(2)および(3)式より(5)式を求め計算する。

$$C = \frac{1}{S} \left[\{ (n - n'') \frac{R''}{r'} - n'' \} + n \right]$$

$$= \frac{1}{S} \left(\frac{R'' + r'}{r'} \right) (n - n'') \quad \dots (5)^*$$

変速装置が段車によらず、無段変速装置であってもそれには一応段階別の目印があるはずで、それにもとづいて目盛づけすればよい。もし変速機の見印の中間をとり、変速段階を増やすとすれば、それぞれの目印をつけておく必要がある。IIの目盛を変えなければ、VIの目盛も変える必要はなく、変速段階を増やすとすれば、IVの目盛の打ち直しだけになるようにした方が都合がよい。数台の起毛機を連結した連続作業になっている場合、そのうちの1台だけ布走行速度を変速させるわけにはいかないので、上記の方法が適当である。

いわゆる0-pointは当然 $Y_1 - Y_3 = 0$ の場合である³⁾。すなわちRCCによる布走行速度に対応した Y_3 の回転数がそれぞれの布走行速度における0-pointを示している。前記のようにタコメータのついた最近の起毛機では、機械設計上の0-pointより若干のずれが起毛操作中にでるのを明示する。このずれはタコメータのついてない

Fig. 5 Nomography of Raising Effect (finished)

* (5) 式はつぎのようになる。

$$C = \left\{ \frac{2\pi(R'' + r')n}{S} - 1 \right\} \frac{1}{2\pi r'}$$

また接触回数については、布が単位長走行する間に、布上の或る1点を(法線でもよい)CPRが何本通過していったかという考え方をしてもよい。この場合の接触回数(C')は、

$$C' = \left\{ \frac{2\pi(R'' + r')n}{S} - 1 \right\} \frac{N}{4\pi(R'' + r')}$$

となり、2式はそれぞれ中カッコの同一因数にちがった定数が乗ぜられているにすぎない。

起毛力と接触回数とを乗ずる組合せは⁴⁾、4通り得られることになり、いずれも同一因数とちがった定数との積で、既報にしたがって起毛毛羽発生量の傾向図を画くときは、全く同一のものとなる⁷⁾。

ベルトバンド方式の場合でも当然起きており、その起毛機種ごと、起毛操作ごとにちがってでる（ベルトバンド0～3回転程度）^{4,6)}。0-pointの回転数は、機械設計上のものをとるか、前述のように実測によって求めるか、どちらかにきめてから、ノモグラフを作図すればよい。

PR側の摺動効果についても既述と同様の考え方にもとづいてノモグラフができるので、本稿ではその詳細は省略する。

4. む す び

起毛効果を比較するのに既報の片対数グラフによるほか、本稿で提示したノモグラフによるのも一方法である。

今後起毛工程の連続化が増えてくるであろうし、数台による1連内で起毛を完了させようとするれば、事前に織物に応じた変速操作の手順をチェックしておく必要もあろう。そんな場合こうしたノモグラフがあれば、手順に

対する目安をたてるにも便利かと考える。

ノモグラフは計算処理上なかなか便利なものであるが、さて自分で作りだそうとすると億劫である。一度自己の操作している起毛機にあたって、起毛効果ノモグラフを作図してみて、ノモグラフに興味をもていただく一助ともなれば幸である。

文 献

- 1) 加藤雅樹：織学誌, **12** 111, (1956)。
- 2) 加藤雅樹：新訂毛織物仕上法, (コロナ社) p. 254～262, (1969), 東京。
- 3) Kato, M.; *Text. Res. J.* **41** 361, (1971)。
- 4) 加藤雅樹：繊維と工業, **5** 751, (1972)。
- 5) 加藤雅樹：未発表。
- 6) 加藤雅樹：未発表。
- 7) 加藤雅樹：未発表。

(昭和48年2月21日受理)