

検撚機による羊毛繊維の摩擦係数に関する研究

児 玉 恒 雄

(1990年10月2日 受理)

Studies on the Frictional Coefficient of Wool Fiber by Using a Twist Counter

Tsuneo KODAMA

Abstract

Yarns composed of fibers with different frictional coefficient were prepared by washing wool plain fabrics (muslin) under various conditions.

Method of measuring the number of twists (N_S) in the above yarn after a tension is applied till the fibers begin to slip was studied by using a twist counter. Moreover, the relation between the number of twists (N_S) and the frictional coefficient were studied and the results were as follows:

1. The number of twists (N_S) were obtained from the difference between the original number of twists and the number of untwists (N_R). From the measurement of the number of untwists (N_R) the following can be concluded.
 - (a) The more tension applied to the yarn the more difficult it was to distinguish the difference in the frictional coefficient.
 - (b) The lower the speed applied to untwist the yarn the more distinct difference in the frictional coefficient was obtained.
2. The product from the number of twists (N_S) and the frictional coefficient was nearly constant.

I 緒 言

繊維の摩擦係数は、繊維の紡績性、紡績糸の強力利用率、布の風合などに関係する重要な性質であり、また特に、羊毛繊維においては、摩擦係数方向差 (Differential Frictional Effect) が、フェルト化あるいは洗たくにおける収縮の重要な目安となるので、摩擦係数の測定について、以前から傾斜法¹⁾、付着一滑り法²⁾、ベルト掛け法³⁾、撚り掛け法⁴⁾、引抜法⁵⁾⁶⁾ など多くの方法が検討されている。しかしながらこれらの測定法を見ると、傾斜法、付着一滑り法、ベルト掛け法の3法は、それぞれ方法は異なるが、1本の繊維と摩擦対照との間の摩擦力を測定す

る方法であり、また、撚り掛け法は、2本の繊維を撚り合わせ、そのうちの1本を引き抜く力を、引抜法は、織物あるいは圧力を加えた繊維束から1本の繊維を引き抜く力を測定する方法で、これらの方法はいずれも「繊維」が取り扱いの対象になっており、実験に多くの手数を要するのが実情である。それ故、本報告では「繊維」よりも取り扱いの易しい「糸」を使用して摩擦係数を比較する方法について検討した。

糸としては羊毛を取り上げたが、羊毛繊維のスケールは洗たくなどの際、損傷を受け摩擦係数が変化する⁷⁾ことは良く知られているので、羊毛織物（モスリン）を洗剤の濃度、種類などの条件を変えて洗浄し、繊維の摩擦係数の異なった糸を作製し、試験糸として使用した。本報告では、この羊毛織物から作製した糸に張力を掛けながら撚りをほどこく時、繊維間の滑りが始まるときの糸の撚り数（以下撚り数 N_S ）を測定し、傾斜法で測定した摩擦係数と比較検討した。この際、撚り数 N_S の測定には検撚機を使用した⁸⁾が、測定方法、測定条件などについて詳細に検討したところ、検撚機を使用して得られる撚り数 N_S が、摩擦係数と密接な関係を有することがわかったので、本報告では、検撚機による撚り数 N_S の測定法および撚り数 N_S と摩擦係数の関係について報告する。

II 実 験

1. 試料（試験糸）の作製

本報告では、羊毛織物（モスリン）を洗剤の種類、濃度を変えて、種々の洗浄条件で洗浄し、得られた洗浄布⁸⁾のたて糸を試験糸として使用した。

1-1 羊毛織物（モスリン）

試験糸の作製に使用した羊毛織物（モスリン）の性質を表1に示した。試験糸の作製に際しては、羊毛織物（モスリン）を40 cm×40 cmに切断し、図1に示すようにたて方向に20 cmの間隔を示す6ケの印を付して使用した。

1-2 洗剤

試験糸の作製に使用した4種類の洗剤の組成を表2に示した。

1-3 試験糸

表1 羊毛織物（モスリン）の性質

織物組織	糸の太さ（番手）		糸密度（本/cm）		厚さ (mm)
	たて	よこ	たて	よこ	
平 織	48 (単糸)	48 (単糸)	26	24	0.320

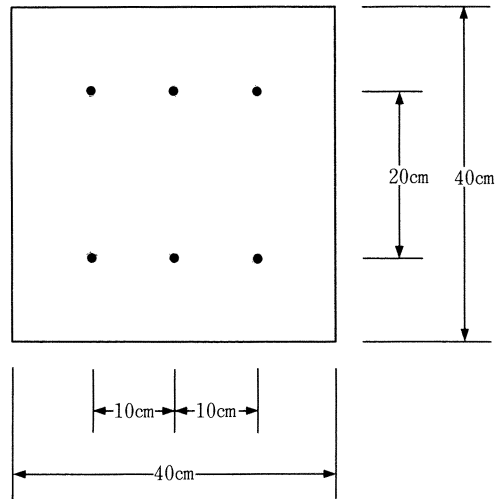


図1 試験糸作製用羊毛織物（モスリン）

表2 洗 剤 の 組 成

種類 (略号)	中 性 洗 剤	弱アルカリ性洗剤	粉 石 け ん	
	(L)	(H)	(S)	(Z)
組成など	AS, LAS 硫酸ナトリウム	AOS, LAS 硫酸ナトリウム ケイ酸ナトリウム アルミノケイ酸ナ トリウム 蛍光増白剤 酵素	脂肪酸ナトリウム 炭酸ナトリウム	脂肪酸ナトリウム
組 成				
界面活性剤含有量 (%)	27	25	60	99

AS; アルキル硫酸ナトリウム

AOS; α-オレフィンスルホン酸ナトリウム

LAS; 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム

表3に示したA～H8通りの作製条件（洗浄条件）で羊毛織物を洗浄して得られた洗浄布のたて糸を試験糸として使用した。なお、試験糸の作製条件を示すA～Hの記号を以後作製した試験糸の記号としてそのまま使用した。

2. 試験糸の評価

2-1 収縮率の測定

試験糸作製時の羊毛織物（モスリン）の糸の収縮率は次のようにして測定した。

羊毛織物を洗浄後、洗浄前に付けた6ケの印（図1）を基準に図2のような線を引いて糸に

表 3 試験糸の作製条件——羊毛織物（モスリン）の洗浄条件

試験糸の作製条件		A	B	C	D	E	F	G	H
洗 剤	種 類	粉石けん (S)					中性洗剤 (L)	弱アルカリ性洗剤 (H)	粉石けん (Z)
	濃度 (wt%)	0	0.05	0.10	0.15	0.30	0.15		
洗浄温度 (℃)		20±1							
洗浄時間 (min)		100							

洗浄機器など；一槽式自動洗たく機(日立製作所(株)10 L 型)を使用して浴比 1 : 40(負荷布使用)，標準水流(水道水)にて洗浄。洗浄後，脱水(3 分)→すすぎ(5 分)→脱水(4 分)の後乾燥。

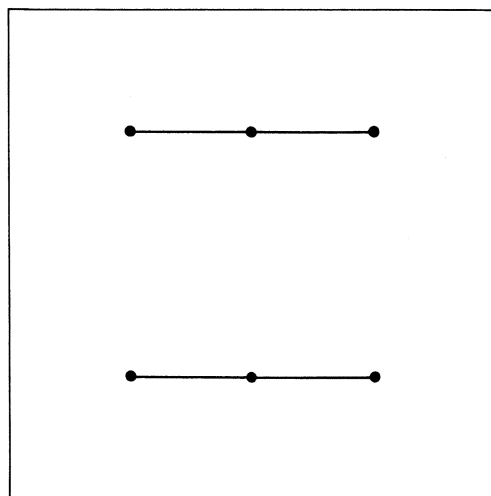


図 2 糸の収縮率の測定

印を付けた後，たて糸を取り出して印の間の長さを測定し，次式(1)に従って，糸の収縮率を計算した。

$$\text{糸の収縮率}(\%) = \frac{\text{洗浄後の印の間の長さ}(\text{cm})}{\text{洗浄前の印の間の長さ}(\text{cm})} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

なお，糸の印の間の長さの測定は，織縮み率測定法⁹⁾ に準じて行なった。

2-2 繊維の摩擦係数の測定¹⁾⁷⁾

傾斜法(ライダー法)により行なった。滑り台として市販の亚克力樹脂板，また摩擦対照としては，0.2 g の白金ライダーを使用して，順スケール方向(μ_w)と逆スケール方向(μ_a)の摩擦係数を測定した。

2-3 撚り数 N_S の測定

撚り数 N_S (糸に張力を掛けながら撚りをほどこす時、繊維間の滑りが始まる時の糸の撚り数) を求めるために、本報告では次に示す撚り数 (①) と解撚数 (②) を測定し、両者の差を

① 試験糸の撚り数 (以下撚り数 N_0)

② 試験糸に張力を掛けながら撚りをほどこす時、繊維間の滑りが始まるまでにほどこした撚り数 (以下解撚数 N_R)

撚り数 N_S とした。〔式(2)〕

$$\text{撚り数 } N_S = \text{撚り数 } N_0 - \text{解撚数 } N_R \quad \dots\dots\dots (2)$$

なお、撚り数 N_0 および解撚数 N_R の測定には、大栄科学精機(株)製検撚機MM-2型を使用した。本報告では回転速度を自由に変更出来るように、モーター部を改造し、回転速度制御用のコントローラーを付けて使用した (図3)。

なお、この装置の回転速度制御範囲は 33~480 rpm である。また、撚り数 N_0 、解撚数 N_R とも測定回数は30回とした。

2-3-1 撚り数 N_0 の測定

通常の撚り数測定法¹⁰⁾に従ったが、解撚-加撚法で行なった。なお、本報告では、糸長 (図3の L) 10 cm、荷重 (図3の W) 2 g、解撚速度 330 rpm とした。

2-3-2 解撚数 N_R の測定

図3の検撚機に試験糸をセットし (糸長 $L=10$ cm)、所定の荷重 (図3の W) を掛けて、所定の速度で糸の撚りをほどこしながら、解撚数と糸の伸び (図3の目盛 S の数値) の関係を読み取り (図4)、糸の伸びが急に増加し始める解撚数を解撚数 N_R として読み取った。なお、解撚数 N_R は、本来、図4の a 点の解撚数とすべきだと思われるが、 a 点は正確に読み取り

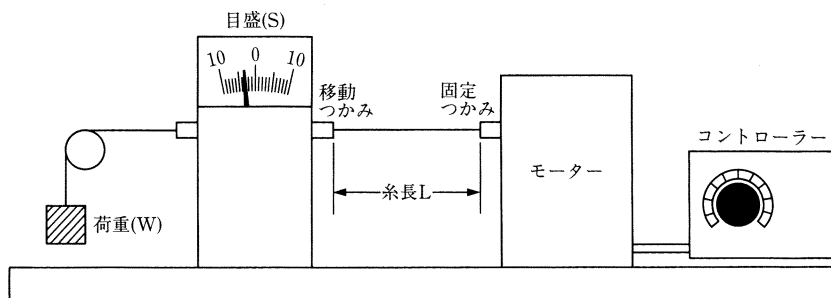


図3 検撚機

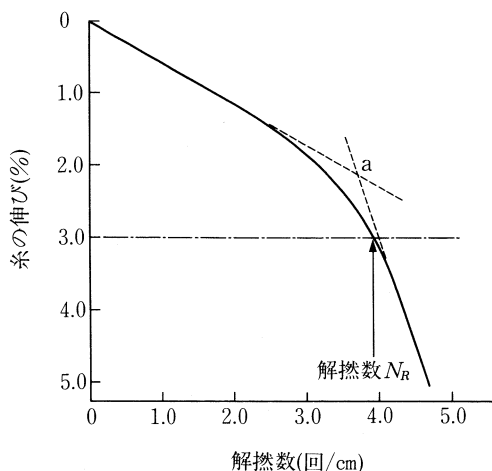
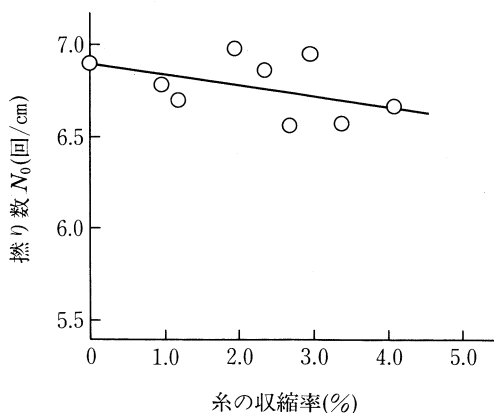


図4 解撚数と糸の伸び

図5 糸の収縮率と撚り数 N_0

難しいので、本報告では、伸び率が3%に達する解撚数を解撚数 N_R とした。

Ⅲ 結 果

1. 試験糸の種類と撚り数 N_0

A～H 8 種類の試験糸について、撚り数 N_0 を測定した結果を表4にまとめた。また、図5は参考までに撚り数 N_0 と収縮率（試験糸作製時のたて糸の収縮率）の関係をまとめたものである。洗浄前（収縮率＝0%）の撚り数 N_0 が最も大きく、収縮率が大きくなるほど撚り数 N_0 が低下していることがわかる。これは、収縮率が大きいほど糸の中の繊維の移動が大きく、従って撚り数の低下も大きくなるためだと思われる。

2. 解撚数 N_R の測定法について

解撚数 N_R の測定値に関しては、測定条件、特に糸に掛ける荷重（図3の W ）と解撚速度の2つの要因が大きく影響すると思われるので、これらの点について検討した。

2-1 解撚数 N_R に対する荷重の影響

A～H 8 種類の試験糸について繊維の摩擦係数の測定結果を表4に示したが、このうち摩擦係数の平均値に差のある試験糸Aと試験糸Dを選び解撚数 N_R に対する荷重の影響を検討した。解撚速度を 33 rpm とし、10, 15, 30, 50 g の4種類の荷重について検討した結果を図6に示した。なお、試験糸Dの荷重 50 g の条件では、測定時に糸の切断が認められた（試験糸の作製条件から考えて劣化が原因だと思われる）ので、図には測定値を示さなかった。図6から明らかなように荷重が軽いほど解撚数 N_R の値は大きくなり、試験糸AとDの差も広がって、摩擦係数の影響があらわれ易くなることがわかる。しかしながら、図7（図中の曲線は

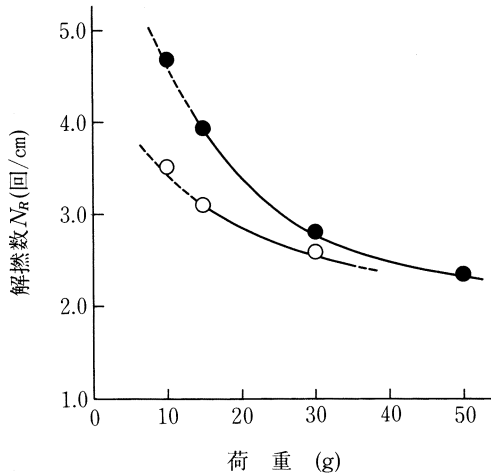


図6 解燃数 N_R に対する荷重の影響
●；試験糸 A，○；試験糸 D
解燃速度；33 rpm

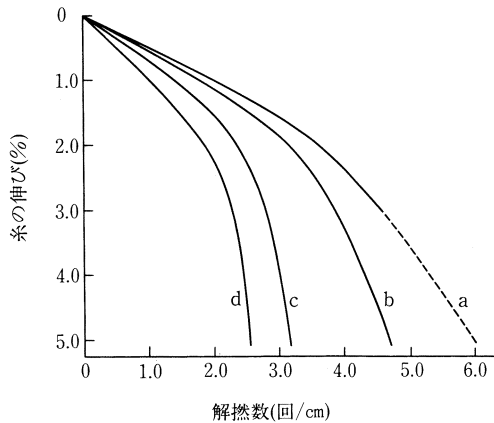


図7 解燃数 N_R に対する荷重の影響
荷重, a;10 g, b;15 g, c;30 g, d;50 g
解燃速度；33 rpm,
試験糸の種類；A

測定回数30回の平均値)に示したように荷重が軽くなるにつれて糸は伸び難くなり、荷重の軽い 10 g の条件では糸の伸びが途中で止まる場合が見られ、(図7、曲線 a の点線部分は、糸の伸びがこの範囲で止まる場合があったことを示す。)完全に目盛(図3の S)が振り切れるまで伸びたのは、測定30回中13回にすぎなかった。これはおそらく、解燃速度も関係すると思われるが、本実験の装置では、荷重 10 g では軽すぎて不適当だと思われるので、以後の測定はすべて、目盛が振り切れるまで伸びる荷重 15 g の条件で行なった。

2-2 解燃数 N_R に対する解燃速度の影響

次に糸の解燃速度の影響について検討した。2-1でも述べたように、荷重との関係で考える必要があるが、解燃速度は解燃数 N_R に大きな影響を持つと思われる。ここでは、荷重を 15 g として、解燃速度を 33, 75, 150, 330 rpm と変えて試験糸 A と E について検討した結果を図8に示した。解燃速度が速くなると解燃数 N_R の値は増加するが、試験糸 A と E の差は小さくなり、摩擦係数の影響はあらわれ難くなることがわかる。一方糸の伸び易さについて言えば、すでに述べたように解燃速度 33 rpm では、全部の実験で糸が完全に伸びて目盛(図3の S)が振り切れたが、解燃速度が速くなるにつれて糸が伸び難くなり伸びが途中で止まる割合が増え、330 rpm では、試験糸 A で測定30回中11回に達した。従って、解燃速度は出来るだけおそい方が好ましく、本報告では、使用した装置の下限の回転速度 33 rpm で行なった。

3. 試験糸の種類と解燃数 N_R

2-1および2-2で検討したように、測定条件として最適だと思われる荷重 15 g, 解燃速度

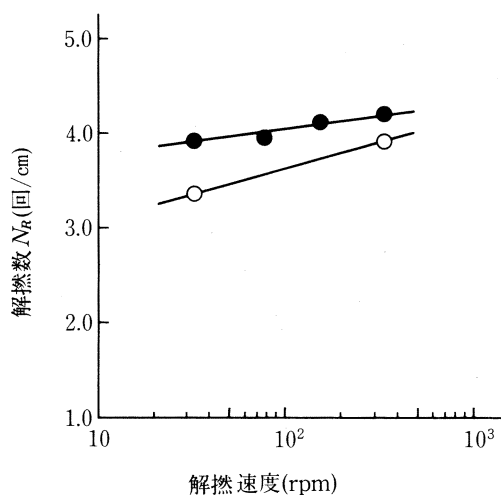


図8 解撚数 N_R に対する解撚速度の影響
 ●；試験糸A，○；試験糸E
 荷重；15 g

33 rpm の条件で，A～H 8 種類の試験糸について解撚数 N_R を測定した結果を表4に示した。

4. 試験糸の種類と撚り数 N_S

A～H 8 種類の試験糸について撚り数 N_0 と解撚数 N_R から撚り数 N_S を計算し表4にまとめた。

5. 撚り数 N_S と繊維の摩擦係数

羊毛繊維の摩擦係数としては，N. Gralén ら¹¹⁾ が検討しているように，順スケール方向／

表4 試験糸の種類と摩擦係数，撚り数，解撚数

試験糸の種類		A	B	C	D	E	F	G	H
摩擦係数	逆スケール方向 (μ_a)	0.41	0.41	0.36	0.35	0.35	0.40	0.34	0.32
	順スケール方向 (μ_w)	0.29	0.31	0.29	0.30	0.30	0.29	0.27	0.27
	平均値 (a)	0.35	0.36	0.33	0.33	0.33	0.35	0.31	0.30
撚り数 N_0 (回/cm)		6.6	6.8	6.9	6.6	6.9	6.5	6.7	6.8
解撚数 N_R (回/cm)		3.9	3.8	3.4	3.1	3.3	3.2	3.2	3.2
撚り数 N_S (回/cm) (b)		2.7	3.0	3.5	3.5	3.6	3.3	3.5	3.6
(a) × (b)		0.95	1.08	1.16	1.16	1.19	1.16	1.09	1.08

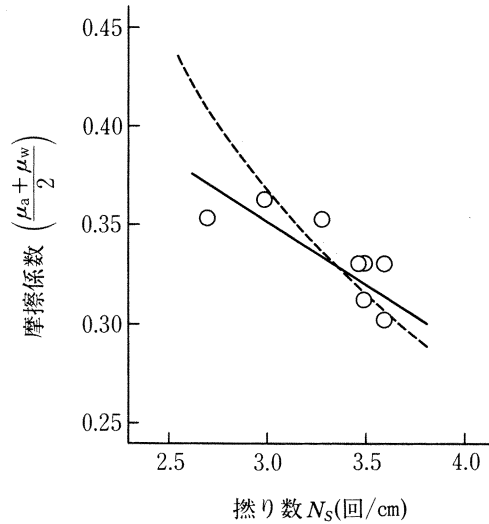


図9 撚り数 N_S と摩擦係数

順スケール方向、順スケール方向／逆スケール方向、逆スケール方向／順スケール方向、逆スケール方向／逆スケール方向の4種類の組み合わせがあるので、本報告のように、糸の撚り数 N_S との関係を検討する場合は、これら4種類の摩擦係数を考える必要があると思われるが、ここでは、傾斜法⁷⁾で測定した2種類の摩擦係数（順スケール方向と逆スケール方向）の平均値との関係について検討した。

図9は、表4に示した摩擦係数の平均値と撚り数 N_S の関係をプロットしたものである。多少点がばらついているが、実線で示したように、摩擦係数が減少すれば、撚り数 N_S は増加し、撚り数 N_S は摩擦係数と密接な関係を有することがわかった。また、点線は、撚り掛け法⁴⁾における撚り数と摩擦係数の関係〔式(3)、ただし、 n ；撚り数、 μ ；摩擦係数、 T_1 ；初期張力、

$$n\mu = \ln(T_2/T_1)/\pi\alpha \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$n\mu = K_1 \quad \dots\dots\dots (4)$$

T_2 ；繊維が滑り始めようとするときの張力、 α ；2本の繊維の交角、従って測定条件が同一の場合は式(4)のようにあらわせる。 K_1 ；定数〕が、糸を使用した本報告にも成立すると仮定して、式(4)の n と μ にそれぞれ、撚り数 N_S 、 $(\mu_a + \mu_w)/2$ を入れた式(5)〔ただし、 K_2 の値としては、表4の (a)×(b) の平均値1.11を使用〕の曲線を示したものである。実線と点線を比較

$$(\text{撚り数 } N_S) \times \left(\frac{\mu_a + \mu_w}{2} \right) = K_2 \quad \dots\dots\dots (5)$$

すると、若干差異があるがほぼ同じ傾向を示しており、糸の場合にも、撚り数 N_S と摩擦係数

の積が一定という関係が成立すると考えて良いと思われる。以上の結果から見て、検撚機で測定した撚り数 N_S は、摩擦係数の比較のために使用出来ると考えられるが、撚り数 N_S の測定法については、今後なお検討する必要があると思われる。すなわち、本報告では、糸長を 10 cm として糸長の影響を検討しなかったが、糸を使って撚り数 N_S を測定する場合、糸長は、繊維の長さおよび長さの分布との関連で決められるべきものであり、今後、繊維の長さおよび長さの分布の問題も含めて糸長の影響について検討する必要がある、更に、本報告では、測定の都合上、撚り数 N_0 と解撚数 N_R を別個に測定し、撚り数 N_S を計算したが、紡績糸は撚り数のムラが非常に大きいので、一つの糸で、撚り数 N_0 と解撚数 N_R を同時に測定する方法についても検討する必要があると思われる。

IV 要 約

羊毛織物（モスリン）を種々の条件で洗浄し、繊維の摩擦係数の異なった糸を作製した。この糸を使用して、糸に張力を掛けながら撚りをほどく時、繊維間の滑りが始まるときの糸の撚り数（撚り数 N_S ）の検撚機による測定法を検討し、更に、得られた撚り数 N_S と摩擦係数の関係について検討した。結果は以下の通りである。

1. 糸の元の撚り数および糸に張力を掛けながら撚りをほどく時、繊維間の滑りが始まるまでにはどいた撚りの数（解撚数 N_R ）の2種類の撚り数を測定し、両者の差を撚り数 N_S としたが、解撚数 N_R の測定に関しては、
 - (a) 糸に掛ける荷重が軽すぎると繊維間の滑りがおこり難く、また重すぎると摩擦係数の影響があらわれ難い。
 - (b) 糸の撚りをほどく速度は、おそい方が摩擦係数の影響があらわれやすい。
 などがわかった。
2. 撚り数 N_S は傾斜法で測定した摩擦係数と密接な関係を有し、両者の積は、ほぼ一定値を示すことがわかった。

引 用 文 献

- 1) 繊維学会編；繊維工学便覧，p. 649 (1950)
- 2) M. W. Pescoe, D. Tabor; Proc. Roy. Soc., A235, 210 (1956)
- 3) H. L. Röder; J. Text. Inst., 44, T247 (1953)
- 4) J. Lindberg, N. Gralén; Text. Res. J., 18, 287 (1948)
- 5) E. F. Denby; Text. Res. J., 35, 913 (1965)
- 6) D. R. Cox; J. Text. Inst., 43, 87 (1952)
- 7) 戸張真臣他；織消誌，22 (No. 9), 397 (1981)
- 8) 児玉恒雄；広島女学院大学論集，39, 215 (1989)

- 9) 岩本秀雄他；繊維試験法のすべて（基礎編），p. 47，日本繊維センター（1978）
- 10) 同上，p. 49
- 11) N. Gralén, B. Olofsson; Text. Res. J., 17, 488 (1947)