

New Tightness Factorによる織物構造の解析

村山 和弘、住友 理恵*、宇佐美 幸*、油屋 直子*、安喰 功*

*山形大学地域教育文化学部

Analyses of weave structure on the new tightness factor

Kazuhiro Murayama, Rie Sumitomo*, Kou Usami*, Naoko Aburaya* and Isao Ajiki*

*:Faculty of Education, Art and Science, Yamagata University

Abstract

We verified experimentally the relationship between new tightness factor and weight, thickness, air permeability, air content and cover factor under the plain, twill and sateen fabrics. The results were as follows.

- (1) New tightness factor can apply to the plain, twill and sateen fabrics to consider the interlocking yarns. The factor can make use of the application for fabric structure.
- (2) Fabrics can classify light and heavy on weight 130g/m^2 , thin and thick on thickness 0.3mm under the factor in the experiment.

Key Words

new tightness factor, cover factor, air permeability, air content

1. 緒言

日本において1999年秋にすべての種類の繊維・糸の太さの基準が国際単位テックスに改正された⁽¹⁾。それまでは、綿繊維（綿糸）、麻繊維（麻糸）、羊毛繊維（毛糸）および化学繊維等によってそれぞれ太さの基準が異なり、綿番手、麻番手、メートル番手（共通式）のように繊維・糸の種類によってその基準が違っていた。したがって、その糸でできた布の構造を統一的にあらわすことは困難であった。しかし、すべての繊維・糸の太さを国際単位テックスで表すことができ、布の構造も統一した基準で比較が可能になる。

布地の構造を定量的にあらわすには、一般にcover factor⁽²⁾が用いられているが、この数値は、平織に限られ、織物の相対的な構造の違いを示すものであり、さらに斜文織や朱子織には適用できないなどの利便性に欠ける点がある。1994年に、A. Seyamと Aly El-Shiekh⁽³⁾は、新しく布地の面積に対する糸の占める面積の比を示す値として、new tightness factorを発表した。New tightness factorは、cover factorと異なり、布地に対する糸の面積の割合で表すもので、他の布と比較しなくとも、布の充実度を知ることができる。そして、new tightness factorは、平織、斜紋織、朱子織のいずれの織り方にも適用できるため、実際に使われている布の90%以上の布に適応することになる。

New tightness factorは、布地の面積に対する糸の占める面積の比を表す新しい値であり、まだ一般的には広く用いられていない。しかし、その利便性から、広く用いられることが期待され、さらに検証する必要がある。そこで、本研究は、様々な布について、new tightness factorを測定し、布の特性（重さ、厚さ、通気度、含気率、cover factor）との関係を検証することを目的とする。

2. New tightness factorについて

布地の面積に対する糸の占める面積の比を表すとき、従来はcover factorが用いられてきた。Cover factorは、織物の糸密度と糸の太さによって決まる値であり、次式で求められる。

$$n_1\sqrt{T_1} + n_2\sqrt{T_2} \quad (1)$$

n_1 ：縦糸密度（縦糸の本数/cm）

n_2 ：横糸密度（横糸の本数/cm）

T_1 ：縦糸の太さ（tex）

T_2 ：横糸の太さ（tex）

Cover factorの値が大きいほど密な布であり、小さいほど疎な布である。その値は、他の布地と比較した際の相対的な大小を表すものである。又、cover factorは平織の布のみに適応する値である。

本研究において検証するnew tightness factorは、布地を平面に照射したとき、理論的に糸が隙間無く詰まっている状態を100%とし、実際に糸が占める面積の割合をパーセンテージで表したものである。平織だけでなく、斜文織や朱子織にも対応するため、実際に使われている布の90%以上に適応する。

A. Seyamと Aly El-Shiekh⁽³⁾は、糸の最大密度、つまり一完全組織内に理論的に隙間無く詰まっている糸の量を、織物の縦糸と横糸の交錯状態を考慮し、幾何学的に(2)、(3)の式で表した。

$$tm = e / \{(e-i)\pi d / 4 + 2id\} \quad (2)$$

e ：一完全組織の糸の数

i ：一完全組織の交錯の数

d ：糸の直径

よって、織物の構造を示すnew tightness factor (T)は(3)式で求めることができる。

ただし、添字1, 2は縦及び横を示す。

$$T = (ta_1 + ta_2) / (tm_1 + tm_2) \quad (3)$$

ta ：一完全組織内に実際に糸が占める量

tm ：一完全組織内に理論的に糸が占める量

従来用いられてきたcover factorと、本研究において検証するnew tightness factorは、同じように布地の面積に対する糸の占める面積の比を表す値であるが、以上のような違いがある。

3. 実験方法

3-1 試料布地

本研究で使用した布地は市販のものであり、表1に示す。

表1 試料諸元

サンプル名	材 質	織物の種類 (組織名)	縦糸の太さ (tex)	横糸の太さ (tex)	縦糸密度 (本数/cm)	横糸密度 (本数/cm)
◆ W-W-1(p)	毛	平織	25.6	22.5	27	27
■ W-PP-1(p)	ポリプロピレン	平織	53.6	24.3	12	15
▲ W-C-1(p)	綿	平織	15.1	15.3	27	27
× W-S-1(p)	絹	平織	8.9	25.7	43	37
* W-N(6)-1(p)	ナイロン	平織	8.8	8.9	23	16
● W-N(66)-1(p)	ナイロン	平織	7.6	7.9	23	17
+ W-Ace-1(p)	アセテート	平織	8.9	12.6	20	29
Ⓟ W-P-1(p)	ポリエステル	平織	9.3	9.4	20	16
Ⓡ W-R-1(p)	レーヨン	平織	8.2	15.2	21	14
Ⓥ W-V-1(p)	ビニロン	平織	22	20	26	23
▽ W-Po-1(p)	ポリノジック	平織	17.3	16.5	34	22
⊙ W-Ac-1(p)	アセテート	平織	8.9	12.6	20	29
○ W-Cu-1(p)	キュプラ	平織	16.2	15	30	34
△ W-W-14(t)	毛	4/1斜文	92.5	90.5	18	22
□ W-W-13(t)	毛	4/4斜文	42	41.1	27	21
◇ W-W-12(t)	毛	2/2斜文	95.5	94.3	12	15
▼ W-W-22(t)	毛	1/2斜文	73.2	68.5	15	16
┃ W-C-7(t)	綿	3/1斜文	95.8	55.7	28	18
● W-S-6(s)	絹	2飛5枚朱子	4.5	4.8	127	45
■ W-C-22(s)	綿	2飛5枚朱子	10.2	11.5	73	43

注：以下の図表中のサンプルの識別は、サンプル名の最初の記号で示す。

サンプル名において、最初の文字は織物（W：Weave）か編物（K：Knitting）を示し、次の文字は材質を、最後の数字1は関西衣生活から販売しているものであり、その他の数字は任意とする。また、平織（p：plain）13種、斜文織（t：twill）5種、朱子織（s：sateen）2種である。なお、W-W-12は毛フラノ、W-C-7は綿デニム、W-S-6は絹サテンである。

3-2 試料の作製

重さ、厚さ、new tightness factorを測定する際に用いる試料は、測定法方上、10cm×10cmの大きさに3枚ずつ裁断する。

通気度を測定する際に用いる試料は、試験機の規格に合わせ、20cm×20cmの大きさに3枚ずつ裁断する。

3-3 重さの測定法

自動天秤を用い、10cm×10cmに裁断したサンプルを、一種類につき三枚ずつ測定し、1㎡当たりの重さを算出する。

3-4 厚さの測定法

布厚さ測定機を用い、10cm×10cmに裁断したサンプルを、一種類につき三枚ずつ測定する。

3-5 通気度の測定法

布は繊維間と糸間の間に空隙を持ち、多孔性のために、布の表裏面に空気の圧力差があるとき、布を通して空気の流れが生じる。布を通しての空気の流れやすさを通気度という。

通気度試験機を用い、一定面積の布を一定時間に、一定圧力の下で通過する空気量 (cc・/cm²・sec) を通気度として測定する。

通気度試験機の原理は、布の規定の面積を通して空気が垂直に透過する空気流量を、規定の圧力差で、規定時間中に試験片を通過した時の空気量で測定するというものである。

3-6 含気率の測定法

布は、それを構成している繊維や糸どうしの中に空気を含むことができる空間を有し、この空間に空気が保持される。これを含気性という。含気性を示す値として、含気率が用いられる。

含気率は、以下の式によって求められる。

$$\text{含気率 (\%)} = (\text{繊維比重} - \text{見かけの比重}) / \text{繊維比重} \times 100$$

$$\text{見かけの比重} = \text{材料の重さ (g/m}^2\text{)} / \text{材料の厚さ (m)}$$

ただし、繊維の比重は規定の値を用いた。

3-7 New tightness factorの測定法

3-7-1 糸の太さの測定

10cm×10cmの大きさに裁断したサンプルの縦糸と横糸を10本ずつとり、それぞれの重さを測定し、縦糸と横糸の太さを国際基準のチェックスで求める。

3-7-2 布の密度の測定

サンプルに1cm×1cmの印をつけ、縦、横それぞれの拡大写真を、顕微鏡に取り付けたUSB PCカメラを用いて撮影し、1cm中の糸の本数を数えることで、縦糸密度と横糸密度を求める。

3-7-3 糸の直径の算出

糸の直径 (d) は、次式で求められる。

$$d \text{ (cm)} = 0.00357 \times \sqrt{\text{糸の太さ (tex)} / (\Phi \times \rho f)}$$

Φ：パッキングファクター

ρf：繊維の比重

これらから (2)、(3)式を用いて new tightness factor の値をもとめた。

4. 結果及び考察

4-1 相関係数

相関係数とは、2変数間の関係の強さをあらわす係数である。散布図を描き、new tightness factor と各項目との相関係数を算出し、その有意差検定をおこなった。その結果を表2に示す。通気度の厚地において5%有意水準で有意性はなく、相関がないが、それ以外については、1%有意水準で有意であるとの検定結果を得た。

New tightness factor は、布の重さ、厚さ、cover factor との間に強い正の相関があり、通気度や含気率といった布の保温性を示すものに対しては強い相関が見られなかった。

4-2 重さとの関係

New tightness factor と重さとの関係を、図1に示す。その結果、軽い(薄い)布と重い(厚い)布の中で、それぞれにほぼ比例関係が見られる。重さ130g/m²以上を重い布とし、軽い布と重い布とを分けてグラフを作成した。ほぼ比例関係を示した。このことから、重い布は

表2 New Tightness factorとそれぞれの要因との相関係数

	全 体	薄 地	厚 地
重 さ	0.417**	0.782**	0.877**
厚 さ	0.277**	0.788**	0.399**
通 気 度	0.382**	0.557**	0.011
含 気 率	0.387**	0.484**	0.325**
	全 体	平 織	斜文・朱子織
cover factor	0.733**	0.855**	0.877**

**：1%有意水準，*：5%有意水準

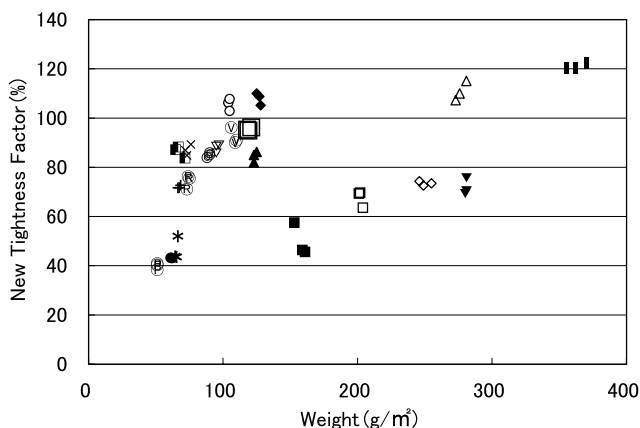


図1 New Tightness Factorと重さの関係
(参照：図中の記号（マーク）は、表1のサンプル名を示す。)

どnew tightness factorが大きいとはいえないものの、軽い布と重い布のグループに分けると、そのグループ内においては、ほぼ、重い布ほどnew tightness factorが大きいといえる。

軽いグループの布は、布を構成する糸が軽く、重いグループの布は、布を構成する糸が重い。軽いグループの布の中でも、糸の量が多く密度が大きくなれば、new tightness factorと重さは共に大きくなる。しかし、糸が軽いため、new tightness factorが大きくても、重いグループの布ほど重くはならない。また、重いグループの布の中でも、糸の量が少なく密度が小さければ、new tightness factorと重さは共に小さくなる。しかし、糸が重いため、new tightness factorが小さくても軽いグループの布ほど軽くはならない。よって、二つに分かれてほぼ比例関係が表れたと考えられる。

また、new tightness factorと重さの相関係数を算出したところ、new tightness factorと全サンプルの重さの相関係数は0.417となった。しかし、new tightness factorと軽い布の重さとの相関係数は0.782、重い布の重さとの相関係数は0.877となり、強い正の相関があるということがいえる。このことから、軽い布と重い布とに分けたグループ内で、new tightness factorとの相関があるといえる。

4-3 厚さとの関係

New tightness factorと厚さとの関係を図2に表した。その結果、重さの場合と同様に、厚さ0.3mm以上を厚い布とし、薄い布と厚い布の中で、それぞれにほぼ比例関係が見られる。薄い布と厚い布とに分けてグラフを作成したところ、重さの場合よりは、ばらつきが多く見ら

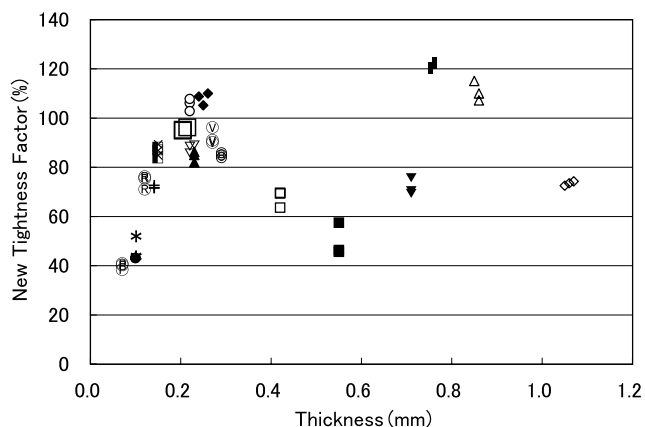


図2 New Tightness Factorと厚さの関係
(参照：図中の記号(マーク)は、表1のサンプル名を示す。)

れるものの、ほぼ比例関係を示した。このことから、厚い布ほどnew tightness factorが大きいとはいえないものの、薄い布と厚い布のグループに分けると、そのグループ内においては、ほぼ、厚い布ほどnew tightness factorが大きいといえる。

薄いグループの布は、布を構成する糸が細く、厚いグループの布は、布を構成する糸が太い。薄いグループの布の中でも、糸の量が多く密度が大きくなれば、new tightness factorと厚さは共に大きくなる。しかし、糸が細いため、new tightness factorが大きくても、厚いグループの布ほど厚くはならない。また、厚いグループの布の中でも、糸の量が少なく密度が小さければ、new tightness factorと厚さは共に小さくなる。しかし、糸が太いため、new tightness factorが小さくても薄いグループの布ほど薄くはならない。よって、二つに分かれてほぼ比例関係が表れたと考えられる。

また、new tightness factorと厚さの相関係数を算出したところ、new tightness factorと全サンプルの厚さの相関係数は0.277となり、低い相関となった。しかし、new tightness factorと薄い布の相関係数は0.788となり、強い正の相関があるといえる。又、new tightness factorと厚い布の相関係数は0.399であり、中程度の正の相関があるといえる。このことから、薄い布と厚い布とに分けたグループ内においては、new tightness factorとの相関があるといえる。

4-4 通気度との関係

通気度 (c.c/cm².sec) の測定結果の平均値を図3に示す。

従来の使用されてきたcover factorの場合、cover factorが増加するに従って、通気度は指数関数的に減少すると言われている(『消費科学からみた被服材料学』三共出版⁽⁴⁾)。よって、new tightness factorにおいても同様の結果が予想されたが、new tightness factorが小さくても通気度が低いものや、new tightness factorが大きくても通気度が高いものがあり、グラフにはばらつきがみられた。特にW-C-7はデニムであり、new tightness factorは最も大きく、通気度は最も低いという結果となり、この研究で用いた布地では特異なものとなっている。重さや厚さとの関係の場合と同様に、薄い(軽い)布と厚い(重い)布とに分けてグラフを作成したが、分けられない場合と同様のばらつきを示した。

また、new tightness factorと通気度の相関係数を算出したところ、new tightness factorと

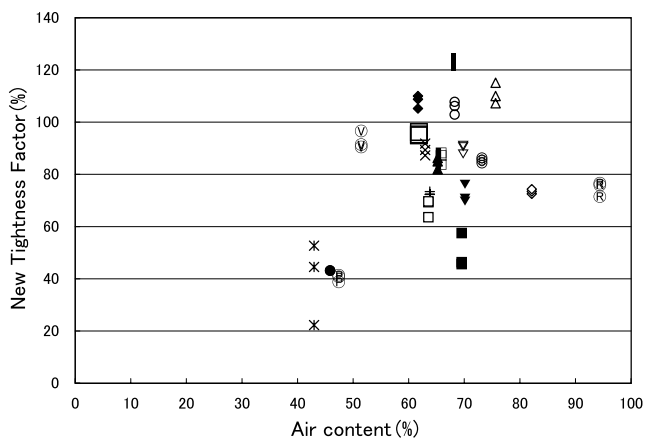


図3 New Tightness Factorと通気度の関係
(参照：図中の記号（マーク）は、表1のサンプル名を示す。)

全サンプルの通気度の相関係数は0.382、薄地の場合0.557、厚地の場合0.011と、全て正の値となった。このことから、new tightness factorと通気度の関係に強い相関は見られないということがわかった。

4-5 含気率との関係

New tightness factorと含気率との関係を、図4に示した。New tightness factorと含気率との相関係数を検定したところ、1%有意水準で有意となったが、強い相関は得られなかった。薄地の布と厚地の布に分けて、グラフ作成と相関係数の算出、検定を行ったが、同様の結果となった。これらのことから、new tightness factorと含気率との間には、強い相関はないものと考えられる。

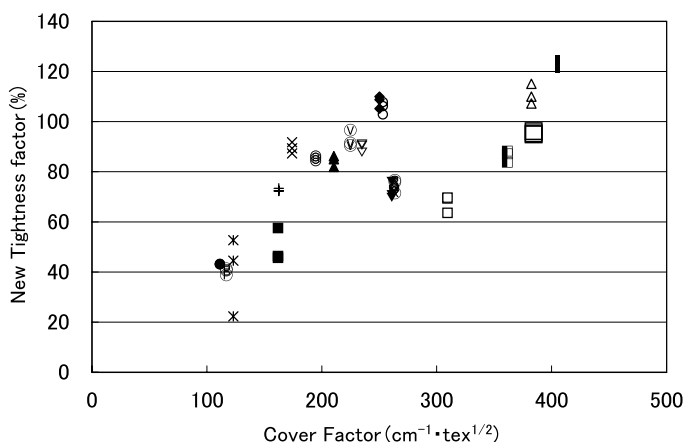


図4 New Tightness Factorと含気率の関係
(参照：図中の記号（マーク）は、表1のサンプル名を示す。)

4-6 Cover factorとの関係

New tightness factorと従来用いられてきたcover factorとの関係を、図5に表した。ただし、本来cover factorを用いることのできない斜文織と朱子織についても、平織と同様の方法で算出している。その結果、ほぼ比例関係を示した。new tightness factorとcover factorは、

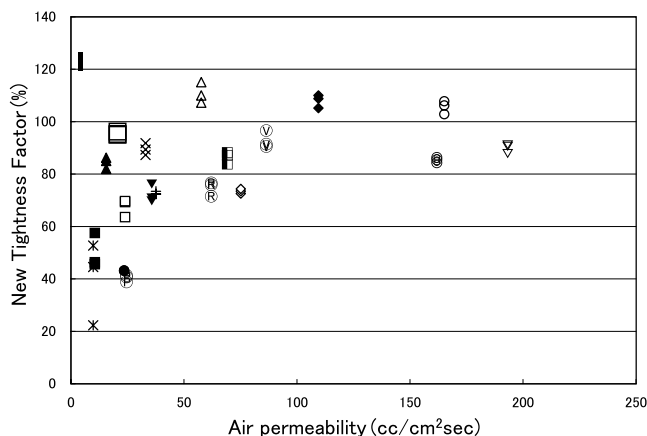


図5 New Tightness Factorとcover factorの関係
 (参照：図中の記号(マーク)は、表1のサンプル名を示す。)

どちらも布地の面積に対する糸の占める面積の比を表す値であるため、ほぼ比例関係が示されたと考えられる。

また、new tightness factor と cover factor の相関係数を算出したところ、new tightness factor と全サンプルの cover factor の相関係数は0.733となり、正の相関があるといえる。又、new tightness factor と平織の布の cover factor の相関係数は0.855、斜文・朱子織の布の cover factor との相関係数は0.877となり、いずれも強い正の相関があるといえる。

5. 結論

(1) New tightness factor と cover factor の違い

Cover factor が適応する布の種類は基本的には平織のみである。斜文織や朱子織についても、式に当てはめることで算出はできるが、糸の交錯や重なりが考慮されていないため、正確な値とは言えない。New tightness factor の場合、平織、斜文織、朱子織のいずれの布にも適応することが判った。

(2) New tightness factor と関連のある要素

本研究で用いた市販の布地において new tightness factor を適用することにより、重さ 130g/m²、厚さ 0.3mm を境にして布地を厚地と薄地とに大別することができる。布地を分けた場合、布地の重さ、厚さと強い正の相関があるということがわかった。しかし、関連があると予想された通気度、含気率とは、特に強い相関は見られなかった。

(3) New tightness factor の有用性

New tightness factor は、布地に対する糸の占める面積の比を表す新しい値であり、まだ一般的に広く用いられてはいない。しかし、平織の場合の new tightness factor の値と cover factor の値の間には、強い正の相関が見られた。斜文織と朱子織の布にも適応するため、ほとんどの布に用いることができる。Factor の値がそのまま布の構造状態を示すので有用⁽⁵⁾であり、広く利用されよう。

参 考 文 献

- (1) (社)日本家政学会編：新版家政学事典、朝倉書店、東京、p659 (2005)
- (2) A.T.C. Robinson and R. Marks: Woven Cloth Construction, The Textile Institute, Manchester, p36-55 (1973)
- (3) A. Seyam and Aly El-Shiekh: Mechanics of Woven Fabrics part IV: Critical Review of Fabric Degree of Tightness and Its Applications, Text. Res. J., 64(11), p653-662 (1994)
- (4) 安喰功、川股浩、村山和弘、吉田清一郎：消費科学からみた被服材科学, 三共出版, 東京, p91 (1999)
- (5) Xiangrong XI and Isao AJIKI: The Relationship Between Jamming and New Tightness Factor on a Seam, 日本繊維製品消費科学会, 44(7), p401-406 (2002)