

研究論文

投影面積率の測定方法に関する研究

田中俊嗣^{*1}、浅野春香^{*1}

Study on the Measurement of Projection Area Ratio

Toshitsugu TANAKA^{*1} and Haruka ASANO^{*1}Mikawa Textile Research Center^{*1}

網地の投影面積率測定の基礎データを取得するとともに、試料前処理不要な測定法の確立を目指した。白色モノフィラメント製網地において試料前処理の影響が大きくなることを確認し、前処理不要な測定法について検討を行った。ローカル閾値法を適用することで白色モノフィラメント網地の2値化を従来の手法と比較して正確に行うことができ、前処理不要な測定手法を確立する手がかりを得た。

1. はじめに

産業資材用繊維製品の製品設計では、知識と経験を活用し、多種類の試作と評価を繰り返して最適な製造条件を求めるという人海戦術的な方法が用いられる。このような状況下では、製品設計や品質管理のために試作品評価の迅速化が求められている。

網地の投影面積率(充実率)は、単位面積中に網地が占める割合で定義され、土木・建築分野では耐風設計の指針となる。投影面積率の測定法は様々あり、目合いの細かい合成繊維網地などでは画像解析法を用いることが多い。三河繊維技術センターの投影面積率撮影法では、試料前処理として網地画像と背景とのコントラストを強調するために、試料表面を黒色マーカーで着色している。しかし、この試料前処理は、多くの時間が掛かる上、着色が困難な網地もあり、その対応が求められている。そこで本研究では、投影面積率測定に関する基礎データを取得した上で、前処理不要な測定法を確立することを目標として、2値化閾値算出法の適応性などを検討した。

2. 実験方法

2.1 投影面積率の基礎データの取得

「改訂 風荷重に対する足場の安全技術指針」¹⁾では、画像解析により投影面積率を求めるとされているが、具体的な試験方法は規定されていない。そこで本研究では、まずデジタルカメラ(ニコン社製 E5400)を用い、白色の高周波蛍光灯による透過照明で8cm×6cm(2592ピクセル×1954ピクセル)の処理面積で画像を撮影した(図1)。次に、撮影したカラー画像をNTSC加重平均法で8ビットグレースケール画像に変換し、輝度ヒストグラムの

計算を行った後、大津の判別分析法²⁾(以下、大津法)で2値化を行い、投影面積率を求めた。画像解析には画像解析ソフトウェアであるImageJを用いた。

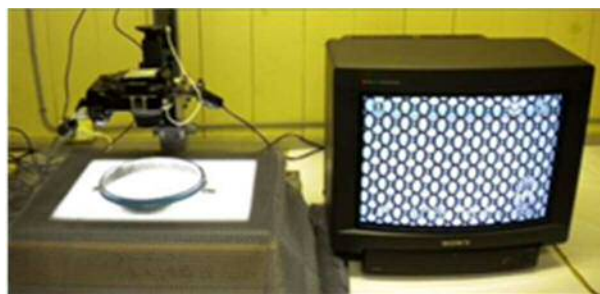


図1 投影面積率測定装置の外観

2.1.1 投影面積率の測定精度の検証

投影面積率の基礎データを取得するうえで、測定装置の精度を見積もる必要がある。表1のような寸法を持つ黒色の四角形試料を各3枚用意し、2.1の方法で投影面積率の平均値(n=3)及び標準偏差を求め、計算値と比較した。

表1 標準試料

	標準試料の寸法	計算値(%)
標準試料①	2cm×2cm	8.3
標準試料②	3cm×3cm	18.8
標準試料③	5cm×5cm	52.1
標準試料④	7cm×5cm	72.9

2.1.2 処理面積が投影面積率に与える影響

表2の試料④を用いて、画像解析時の処理面積を4分割(4cm×3cm)、16分割(2cm×1.5cm)、64分割(1cm×0.75cm)、256分割(0.5cm×0.375cm)と変化させたときの投影面積率の平均値(n=4)及び標準偏差を求め、処理面積が投影面積率に与える影響を調べた。

*1 三河繊維技術センター 産業資材開発室(現製品開発室)

2.1.3 試料前処理が投影面積率に与える影響

表 2 に示す網地を試料とした。試料の前処理は、白色背景と試料とのコントラストを向上する目的に試料表面全面を黒色マーカーで着色することとした。前処理有無の投影面積率を大津法により求め、試料前処理の有無が投影面積率に与える影響を調べた。

表 2 網地試料

	色	素 材	目 合 い
試料①	白	PE モノフィラメント	
試料②	青	PE モノフィラメント	4mm 目
試料③	青	PE モノフィラメント	2mm 目
試料④	黒	Ny マルチフィラメント +樹脂加工	

2.2 前処理不要な測定法の検討

2.2.1 黒背景法による撮影法の検討

試料前処理の目的は、白色背景に対する網地の像コントラストを強調することにある。そこで、試料①について黒色背景を用いて画像を撮影、大津法で 2 値化を行う手法を検討した。(以降、黒背景法)

2.2.2 閾値算出法の検討

PE モノフィラメントラッセル網(白色、9mm 目合い)に対して、グローバル閾値法として Mode 法、Kittler 法、大津法の 3 種類を、ローカル閾値法として平均値法、Phansalker 法、Souvola 法の 3 種類で 2 値化を行い、投影面積率の平均値($n=5$ 、前処理なし Mode 法のみ $n=4$)と標準偏差を求めた。また、前処理を行い大津法で得られる投影面積率と比較した。

3. 実験結果及び考察

3.1 投影面積率測定の基本データの取得

3.1.1 投影面積率の測定精度の検証

標準試料を用いた投影面積率の計算値と測定値の比較結果を図 2 に示す。標準試料③までは計算値と測定値の差は 1%程度であったが、標準試料④では計算値と

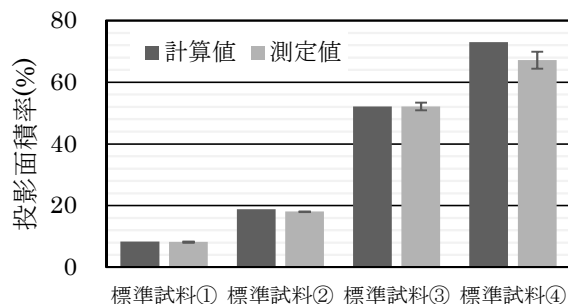


図 2 投影面積率の計算値と測定値の比較

の差は 1%程度であったが、標準試料④では計算値との差は大きく、約 5%の差を生じた。また、標準試料④では標準偏差も他の試料と比較して大きくなった。撮影画像を見ると、画像中の「白飛び」が標準試料④で発生しており、誤差が大きくなる要因となっていると考えられる。

3.1.2 処理面積が投影面積率に与える影響

試料④に関する結果を図 3 に示す。64 分割($1\text{cm} \times 0.75\text{cm}$)までは投影面積率及び標準偏差はほとんど変化しない。しかし、256 分割($0.5\text{cm} \times 0.375\text{cm}$)では平均値に大きな差は見られないものの、標準偏差が非常に大きくなった。また分割画像を見ると、64 分割までは処理面積中に網地の 1 循環組織が含まれるが、256 分割では含まれなかった。このことから、投影面積率測定においては処理面積中に網地組織の 1 循環以上が存在することが、バラツキの少ない測定を行うために重要であった。

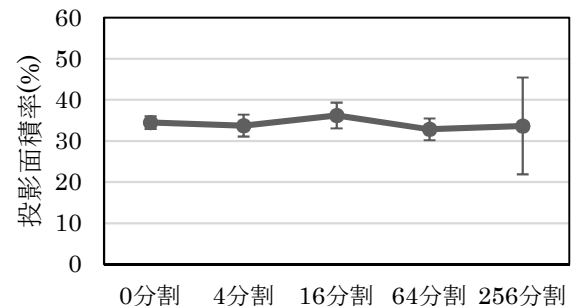


図 3 処理面積と投影面積率の関係

3.1.3 試料前処理が投影面積率に与える影響

前処理有無での各試料の投影面積率を表 3 に示す。また、前処理有無の撮影原画像及びその大津法での 2 値化画像を図 4、5、6、7 に示す。

表 3 前処理有無での投影面積率(平均値・標準偏差)

	前処理なし(%)	前処理あり(%)
試料①	16.2 ± 0.6	21.1 ± 0.1
試料②	24.5 ± 0.3	24.9 ± 0.3
試料③	38.8 ± 0.4	38.3 ± 1.1
試料④	35.9 ± 2.2	34.5 ± 1.6

表 3 を見ると、試料②、③、④では試料前処理有無で投影面積率はほとんど変化しておらず、また 2 値化後画像からも網地領域を正確に抽出できている。これは、前処理を行わなくても輝度ヒストグラムが双峰性を保っているためと考えられる。試料③の輝度ヒストグラムを図 8 に示す。

一方、白色の試料①は、試料前処理の有無で値が大きく異なっていた。また、2 値化後画像を比較すると前処理なしでは網地領域が正確に抽出できておらず、過小

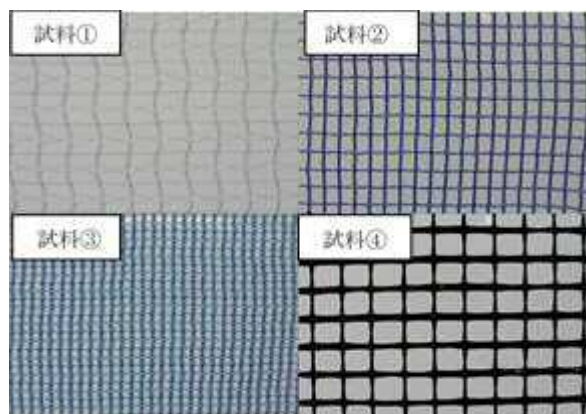


図 4 前処理なしの原画像

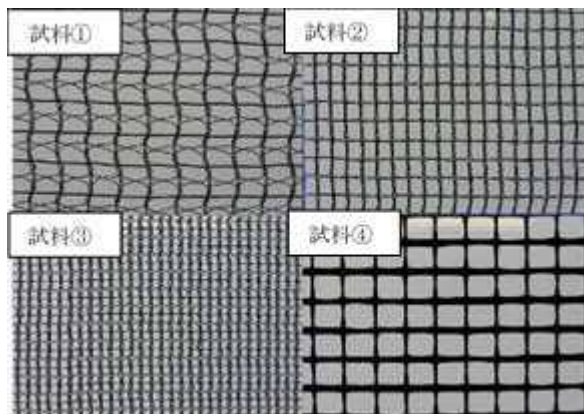


図 6 前処理ありの原画像

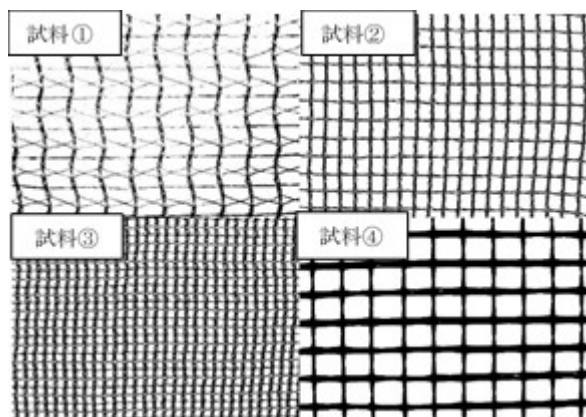


図 5 前処理なしの 2 値化画像(大津法)

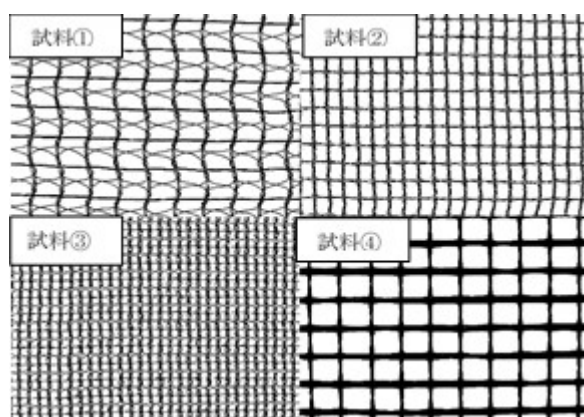


図 7 前処理ありの 2 値化画像(大津法)

に評価されていることが分かった。これは、撮影時に白色の透過照明を使用しているため、白色網地と背景のコントラストがつかず、輝度ヒストグラムが単峰性を示すためと考えられる。これらの結果から、特に試料①のような白色網地について、前処理不要な測定手法を確立する必要があることが分かった。

3.2.1 黒背景による撮影法の検討

試料①を前処理なしで、黒背景法により撮影した時の 2 値化前後の画像を図 9 に示す。黒背景法で撮影する場合、撮影時の露出調整が上手くいかず、画像に「白飛び」が発生した。このため 2 値化が上手くいかず、網地を正確に抽出できなかった。

3.2.2 閾値算出法の検討

検討した閾値算出法で得られた投影面積率を表 4 に、示し、前処理なし試料の 2 値化後画像の拡大図を図 10 に示す。前処理ありの試料は、今回検討したすべての手法で概ね同一の値を示し、有意差も見られなかった。

一方、前処理なしの試料は、グローバル閾値法とローカル閾値法で大きく異なっていた。ローカル閾値法では前処理ありの試料に近い投影面積率を示し、また 2 値化後画像を見ても、ノイズドットが残っているもののグローバル閾値法に比べて網地部分を正確に抽出できている。

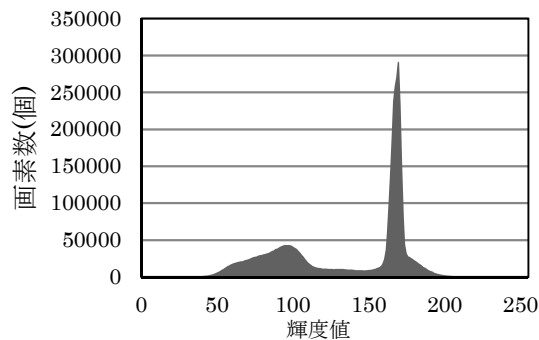


図 8 試料③の輝度ヒストグラム

図 9 黒背景法の 2 値化前後の画像
(右：2 値化前画像、左：2 値化画像)

表 4 検討手法での投影面積率

	前処理なし(%)	前処理あり(%)
Kittler 法(G)	0	20.8±0.8
Mode 法(G)	0	19.5±0.7
大津法(G)	14.2±0.3	19.5±0.7
平均値法(L)	21.6±0.3	20.9±0.8
Souvola 法(L)	21.5±0.3	20.9±0.8
Phansalker 法(L)	21.7±0.3	21.0±0.8

(G) : グローバル閾値法、(L) : ローカル閾値法

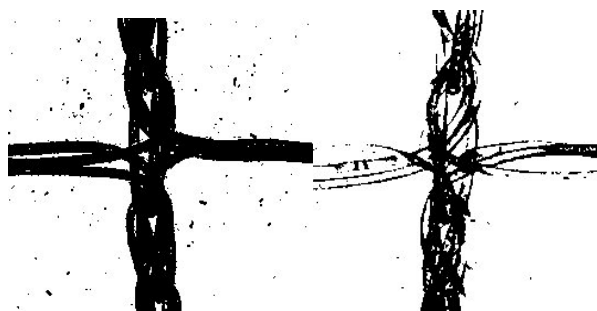


図 10 平均値法(左)、大津法(右)の 2 値化像(前処理な

この理由として、グローバル閾値法とローカル閾値法の 2 値化原理の違いに由来していると考えられる。グローバル閾値法では画像全体の輝度ヒストグラムから単一の閾値を計算しているため、コントラストが低く輝度ヒストグラムが単峰性を示し、2 値化が上手くいかない。しかし、画像全体の輝度ヒストグラムは単峰性を示していても、局所的な輝度ヒストグラムは双峰性を示す場合もあるため、局所的な輝度ヒストグラムから閾値を計算するローカル閾値法での 2 値化が成功したと考えられる。

この結果は、前処理不要な投影面積率測定を行う上でのローカル閾値法の適用可能性を示唆しており、今後はローカル閾値法による 2 値化で現れるノイズドットの影響の検討や、組織、厚みの異なる試料への適用可能性を検討する必要がある。

4. 結び

- (1) 投影面積率測定の基礎データを取得した。また、大津法で解析を行う場合、試料前処理の影響を強く受けるのは白色モノフィラメント製の網地であり、同じモノフィラメント製網地であっても試料に色がついている場合は前処理の影響は少ない。
- (2) 前処理不要な投影面積率測定手法の確立を目指し、黒背景による画像撮影法及び判別分析法に代わる 2 値化手法の検討を行った。黒背景法は画像に「白飛び」が発生して網地部分を正確に抽出できなかった。
- (3) 2 値化手法の検討では、ローカル閾値法を用いると網地部分を正確に抽出することができ、前処理不要な測定法の確立への道筋を立てることができた。
- (4) 今後は、素材や組織の異なる試料への適用や、ノイズドットを選択的に除去するフィルター処理技術について検討する必要がある。

文献

- 1) 一般社団法人 仮設工業会：改訂 風荷重に対する足場の安全技術指針, 1(2), 3(2000)
- 2) 大津展之：判別および最小 2 乗規準に基づく自動しきい値選定法, 電子通信学会論文誌 D, 63(4), 349-356(1980)