

微視構造がスポーツウェア素材の力学特性に与える影響

富岡 宏隆^{*1}, 松田 昭博^{*2}, 田中 宏和^{*1}, 島名 孝次

Effect of microstructure on mechanical characteristics of sportswear fabrics

Hiroataka TOMIOKA^{*1}, Akihiro MATSUDA, Hirokazu TANAKA and Takatsugu SHIMANA

^{*1} University of Tsukuba, Tennodai 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki, Japan

In this study, the effect of microscopic structure on mechanical characteristics of stretch fabric was evaluated to design fabric easier and more reasonable. Stretch fabric has anisotropic and hyperelasticity because of its microstructural effect. In order to obtain the macroscopic mechanical characteristics of the fabric, uniaxial tensile test was conducted. Also, the deformation of the yarn was recorded by the microscope to reveal the effect of microscopic structure on the macroscopic mechanical characteristics. The recorded video was analyzed with motion image analysis software TEMA (Photron Ltd.). From the analysis result, microscopic strain and the angle between warp and weft yarn were obtained. Comparing microscopic strain with macroscopic strain, the microscopic behavior of stretch fabric was clarified.

Key Words : Anisotropy, Stiffness, Tensile Properties, Fabrics

1. 緒 言

近年の競泳用水着などのスポーツウェアには高い伸縮性を有している織物や編み物素材が使用されている。しかし、それらの素材は金属等の連続で等方的な材料ではなく、微視的に縦糸と横糸を織ったものである。そのため、微視的な縦糸・横糸同士の構造や構成繊維により素材の力学特性は影響を受ける。

従来は、1軸引張試験等の材料試験を行うことで、その力学特性を評価している。しかし、素材設計を考える上では、微視的な力学特性と織り方などの相互作用が巨視的な力学特性に与える影響を正確に把握することで、より合理的かつ省力的な素材設計が可能となる。そこで、伸縮性繊維素材の設計方法の改善を目的として、繊維の微視構造と巨視的な力学特性の関係性について検討した。

2. 引張試験と微視ひずみの測定

微視的構造の変化と巨視的な応力ひずみの対応を調べるため1軸引張試験を行った。図1に試験機の外観を示す。試験片は、競泳用水着に用いられる織物素材で平織素材およびヨコ二重織素材である。一本の縦糸もしくは横糸はポリウレタンの心線(スパンデックス)にナイロン製の繊維(カバリング糸)複数本を巻きつけて作られている。スパンデックスとは、ポリウレタン製の弾性繊維に広く用いられる呼称であり⁽¹⁾、カバリング糸とはスパンデックスに巻きつき、被覆している繊維を指す。試験片寸法および繊維配向角の定義を図2に示す。試験片の寸法は50mm×80mmの長方形とし、厚みは0.25mmである。引張方向は試験片の長手方向とし、長手方向の両端各15mmを試験機に固定した。図2に示すように引張方向に対する縦糸の角度を繊維配向角 θ とした。試験片は3種類作成し、 θ が0度および45度と90度となるものである。試験速度は1mm/sとした。

また、前述の1軸引張試験と同時に、試験機に据え付けられたマイクロSCOPE(ライカマイクロシステムズ社製)によって動画を撮影した。撮影した映像は、画像解析ソフトウェア(Photron社製 TrackEye Motion Analysis: TEMA)により、微視構造におけるひずみや角度を計測するために用いた。本解析ソフトウェアを用いて縦糸・横糸の表面の凹凸部の輝度重心をAからIの計測点として追跡し、計測点間の距離や角度を計測した。AからFの

^{*1} 学生員, 筑波大学 (〒300-0006 茨城県つくば市天王台 1-1-1)

^{*2} 正員, 筑波大学 (〒300-0006 茨城県つくば市天王台 1-1-1)

E-mail: s1320947@u.tsukuba.ac.jp

計測点は平織, G から I はヨコ二重織の試験片に設けた計測点である. θ が 0 の時の計測点と縦糸の模式図を図 3, 図 4 に示す. 図 3 が平織, 図 4 がヨコ二重織である. カバリング糸の影響を調べるために同一カバリング糸上の 2 点である” A と B”, ” D と F”, ” G と I” および” J と K” から, カバリング糸上のひずみと心線とカバリング糸の角度を計測した. カバリング糸に応力が生じて試験片の特性に影響を与えている場合, カバリング糸上のひずみと心線とカバリング糸の角度に変化がみられるはずだからである. また, 織物素材の変形は, 縦糸・横糸の屈曲に起因する成分と繊維の伸びに起因する成分に分けて考えることができる⁽²⁾. そこで, 繊維の伸びの影響のみを調べるため, 屈曲の少ない, 縦糸・横糸の交差点付近の” A と C”, E と F”, I と J” および” H と K” の 2 点間距離を計測した.

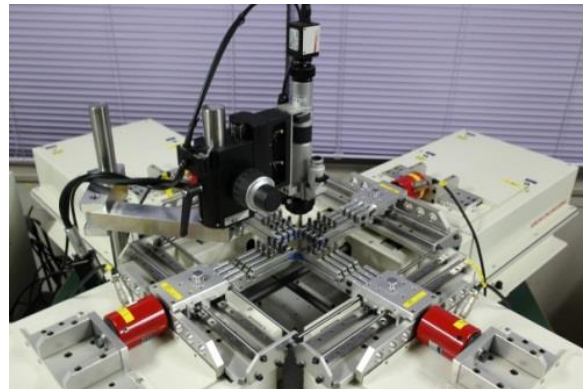


Fig.1 Test machine and microscope

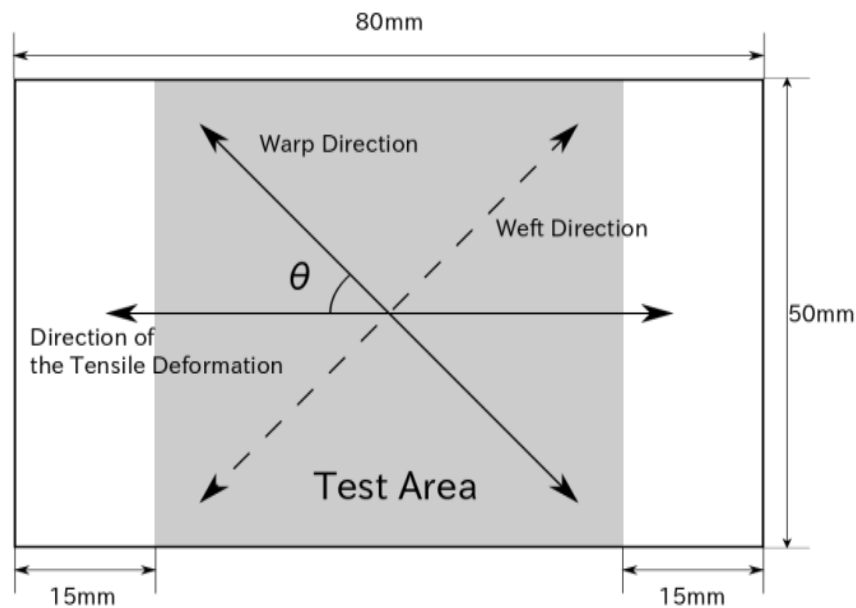


Fig.2 θ and specimen

3. 試験結果

1 軸引張試験の結果を図 5, 図 6 に示す. 図 5 が平織, 図 6 がヨコ二重織である. 1 軸引張試験の結果, ひずみが大きくなるに従い剛性は大きくなった. 図 5, 図 6 から剛性の変化は繊維配向角 θ が 0 度と 90 度の場合に, ひずみ 0.5 で始まり, ひずみ 1 までの範囲で起きていることがわかる. 同様に繊維配向角 θ が 45 の場合はひずみ 0.8 から 1.5 で剛性の変化が起こっているのが読み取れる. また, 1 軸引張試験のひずみと各々の画像解析結果を比

較・検討した。図7, 図8に $\theta=0$ のカバリング糸と引張方向の角度を, 図9, 図10に $\theta=0$ のカバリング糸のひずみを, 図11, 図12に $\theta=0$ の時の縦糸・横糸の交差点における変位を, それぞれ示す。奇数番号の図が平織, 偶数番号の図がヨコ二重織である。また, 微視構造におけるひずみを微視ひずみ, 1軸試験から得られたひずみを巨視ひずみと区別し説明する。

図7, 図8から, 縦糸のカバリング糸の角度は, 一様に引張方向に近づき, 微視ひずみと同様に巨視ひずみ 0.4 から 1.0 の区間で変化量を増した後, 値が一定になった。このことから, 剛性の変化が完了する巨視ひずみ 1.0 までに, カバリング糸と繊維の角度が小さくなっている。

図9, 図10から, 繊維配向角 θ が0度の縦糸のカバリング糸のひずみは, 巨視ひずみ 0.5 から 1.0 の区間で変化量を増し, その後値が一定となった。このことから, 試験片の剛性が増している区間でカバリング糸にかかる応力が増している。

図11, 図12から, 繊維配向角 θ が0度の場合, 巨視ひずみ 0.5 から急速に距離が伸び, E-F では巨視ひずみ 1.0, A-C では巨視ひずみ 0.8 から全く伸びなくなっている。このことから, 剛性が増加し始める巨視ひずみ 0.5 以下の範囲では, 繊維の伸びは小さい。

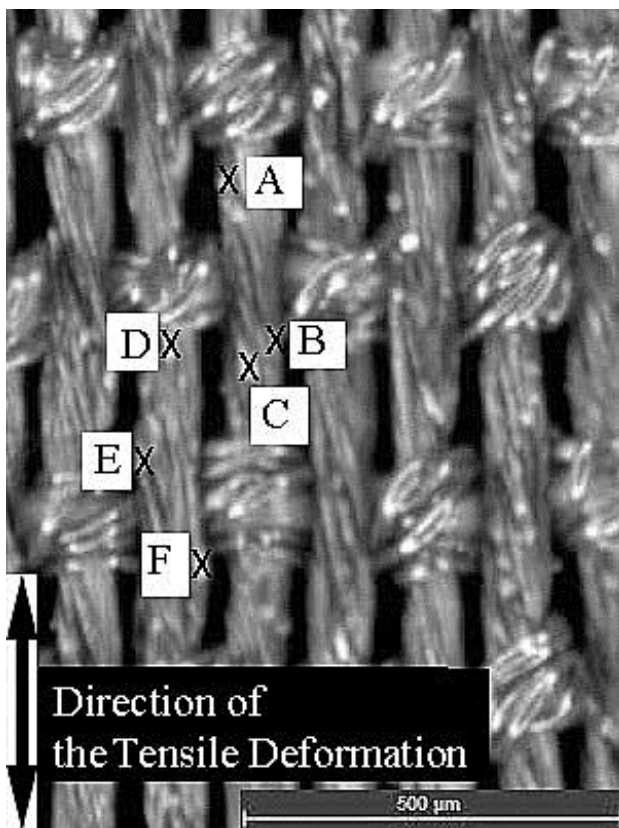


Fig.3 The position of tracking points ($\theta=0$, plane weave)

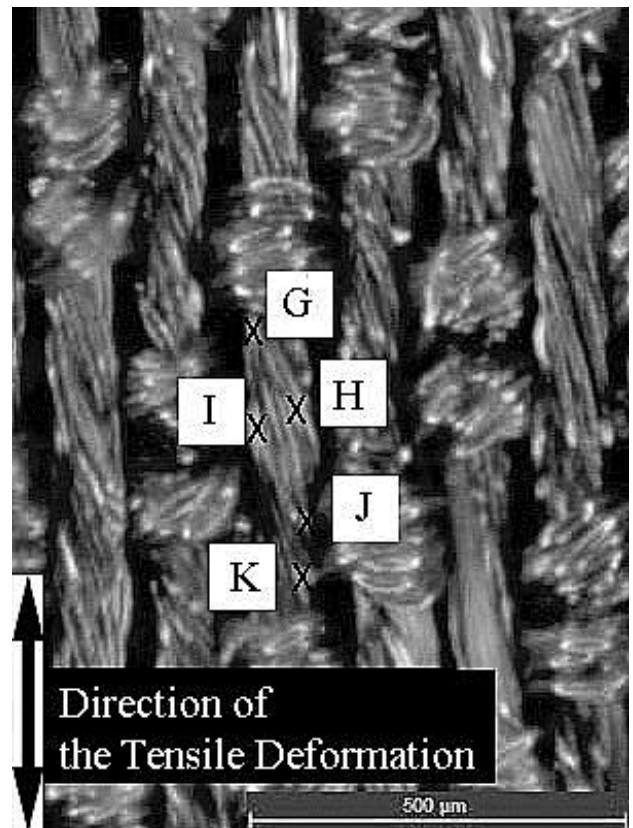


Fig.4 The position of tracking points ($\theta=0$, double weave)

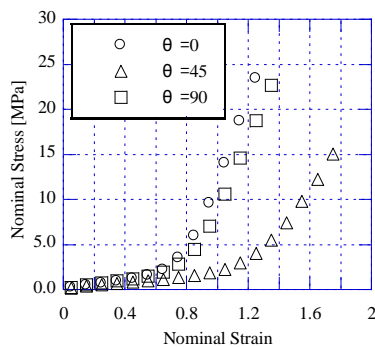


Fig.5 Nominal strain and stress (plane weave)

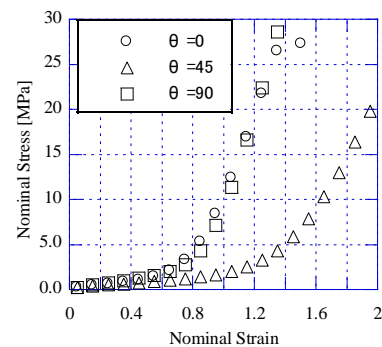


Fig.6 Nominal strain and stress (double weave)

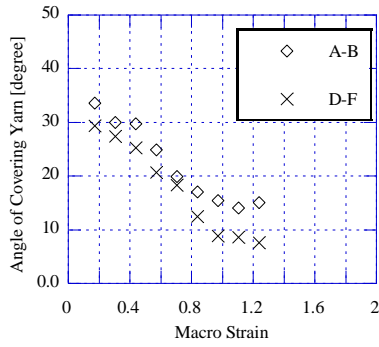


Fig.7 Angle of covering yarn ($\theta=0$, plane weave)

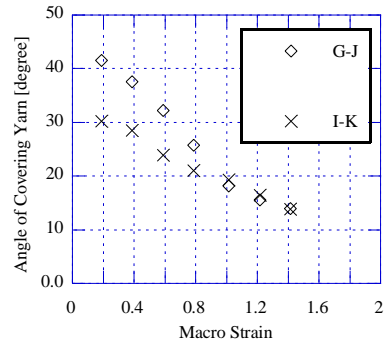


Fig.8 Angle of covering yarn ($\theta=0$, double weave)

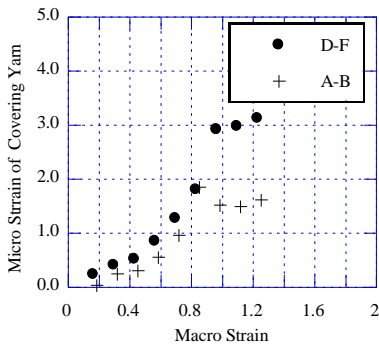


Fig.9 Micro strain of covering yarn($\theta=0$, plane weave)

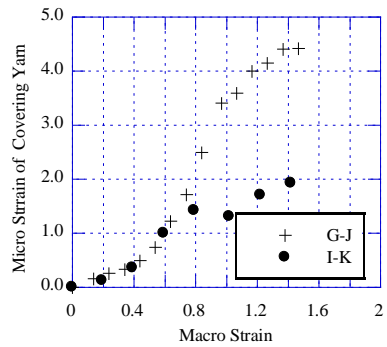


Fig.10 Micro strain of covering yarn($\theta=0$, double weave)

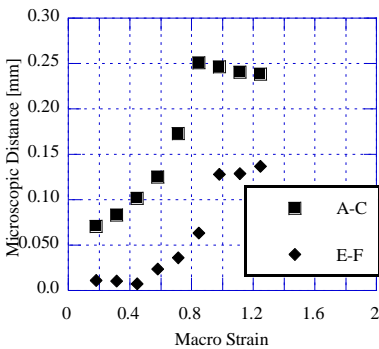


Fig.11 Micro distance at crossing points of yarns($\theta=0$, plane weave)

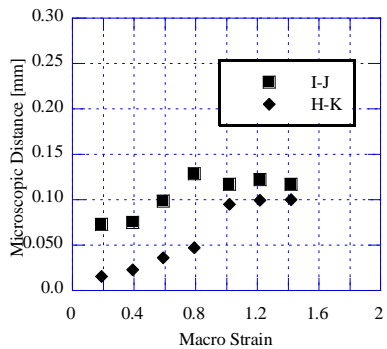


Fig.12 Micro distance at crossing points of yarns($\theta=0$, double weave)

よって、試験片の剛性変化の前に、カバリング糸と心線の角度は小さくなり、カバリング糸に応力がかかり始め、縦糸の変形は小さい。試験片の剛性変化は、試験片の変形に伴いカバリング糸が縦糸の変形を抑制すること、および織物構造の変化が抑制されて縦糸の屈曲に起因する変形成分が減少したことが原因と考えられる。

4. 結 言

本研究では、スポーツ繊維素材の設計方法の改善を目的として、微視構造と巨視的な力学特性の関係性に主眼を置き、以下のことを実施した。まず、巨視的な応力ひずみ関係を取得するため、1軸引張試験を行った。次に、微視構造のデータを取得するため、マイクロ스코プの画像を解析し、巨視ひずみとの関係性の検討および評価を行った。最後にそれらの結果を基に水着に用いられる織物素材について、微視構造の変化と巨視剛性の 変化について関係性を考察した。

以上の結果, 競泳用水着に用いられる織物素材に関して, 微視構造の挙動を明らかにし, 巨視的な応力ひずみ特性との関係性に関して考察した.

文 献

- (1) 岩田 啓次:プラスチック材料講座2 ポリウレタン樹脂
- (2) Bilel Ben Boubaker , Bernard Haussy ,and Jean-Francois Ganghoffer “Consideration of the yarn–yarn interactions in meso/macro discrete model of fabric. Part I: Single yarn behavior” Mechanics Research Communications 34 (2007) 359–370