

研究論文

再生材を使用した導電性ニットの柔軟性向上に関する研究開発

石川茜^{*1}、田中利幸^{*1}

Study for Enhancing the Texture of Conductive Knit Fabric Using Recycled Materials

Akane ISHIKAWA^{*1} and Toshiyuki TANAKA^{*1}Owari Textile Research Center^{*1}

撚糸加工によりステンレス線に再生材から成る糸をカバリングした糸を使用して導電性ニットを編成し、カバー糸の種類や芯材の太さがニットの風合いに及ぼす影響を調査した。カバー糸にポリエステル加工糸、芯材にステンレス線 $\phi 0.03$ を用いると曲げ剛性を最も減少させることができ、従来品より柔軟性の高いニットができた。また、バージン材と比較しても編地の風合いに大きな影響は見られなかった。さらに試作したカバードヤーンは無縫製横編機でニット帽を問題なく編むことができた。

1. はじめに

私たちは日々の生活において織物や編物(ニット)、組紐といった繊維製品を利用している。糸を交差させながら作る織物や組紐とは異なり、ニットは編針で糸を屈曲させることで編目を形成し、これを連ねていくことで作られている。ニットは一般的に伸縮性に優れ、人体のような複雑な形状においても追従しやすいといった特長がある。近年は工業用編機の飛躍的な進歩により編成可能な製品の領域も広がってきており、ニット製品の利活用は非衣料品の分野においても拡大している。

近年、Well-being の実現に向けた取り組みが活発に行われている。実現のための道具としてスマートテキスタイル(e-テキスタイル)が挙げられ、医療・介護やスポーツなどの分野で急速に研究開発が進められてきている。スマートテキスタイルは繊維業界において今後の成長が期待されている分野であり、社会実装への取り組みが急速に進められていくものと考えられる¹⁾。

一方、近年ではサステナビリティへの対応が重視されており、サーキュラーエコノミーやカーボンニュートラルの実現に向けた活動が活発に行われている。繊維産業は環境負荷の大きい産業と言われており、環境対応が求められている。繊維 to 繊維リサイクルなど廃棄繊維製品の再資源化技術が注視され、取り組みが進められている²⁾。

当センターはこれまでに織物を利用したスマートテキスタイルの研究開発に取り組み^{3)~6)}、近年ではその実用化も進んでいる。しかし、生地風の風合いが硬く動きづらいため、衣服材料へ展開するには柔軟性を向上させる必

要があった。先の研究⁷⁾ではニットから成る e-テキスタイルへの使用を念頭に置き、撚糸加工により導電性の芯材を再生材から成るカバー糸で被覆(カバリング)することで保護したカバードヤーンを作製し、編成性を向上させた。そこで、本研究では同様の構造のカバードヤーンを使用した導電性ニットの柔軟性向上を目指した。カバー糸の種類や芯材の太さの違いが導電性ニットの曲げ変形に対する柔軟性及びニットの風合いに及ぼす影響を調査した。

2. 実験方法

2.1 カバードヤーンの作製

カバードヤーンの芯材にはステンレス線 $\phi 0.04$ または $\phi 0.03$ を使用した。再生材から成るカバー糸には再生ポリエステル糸を使用した。マテリアルリサイクル品のミシン糸(さいせい#50、(株)フジックス製)及び、ケミカルリサイクル品の刺しゅうミシン糸(キングスターECO ミシン刺しゅう糸 120/2、(株)フジックス製)、マテリアルリサイクルとケミカルリサイクルの混合品であるポリエステル加工糸(ECOPET®、帝人フロンティア(株)製)を使用した。また、比較用として、バージン原料から成るカバー糸には、ポリエステル加工糸(織度 83dtex、帝人フロンティア(株)製)を使用した。カバードヤーンの作製には、意匠撚糸機トライツイスターON-700NF-III ((株)オゼキテクノ製)を使用し、芯材をカバー糸でダブルカバリングする構造とした。カバードヤーンの製造条件を表1に示す。

^{*1} 尾張繊維技術センター 素材開発室

表 1 カバードヤーンの製造条件

	カバー糸	芯材	撚り数 (回/m)	スピンドル回転数 (rpm)	織度 (dtex)	
試料①-1	ミシン糸 (278dtex)	ステンレス線 (φ0.04)	SZ1000	1500	740	
試料①-2				2500	750	
試料①-3				3500	740	
試料①-4				5000		
試料②-1	刺しゅうミシン糸 (285dtex)			1500	730	
試料②-2				2500	760	
試料②-3				3500		
試料②-4				5000		
試料③	ポリエステル加工糸			ステンレス線 (φ0.03)	3500	270
試料④	(83dtex)	240				
試料③'	バージンポリエステル	270				
試料④'	加工糸 (83dtex)	240				
従来品	ポリエステル (167dtex)	サンダロン® (アクリル 167dtex×2)	SZ900	—		890

2.2 導電性ニットの作製

筒編機 NCR-EW (英光産業(株)製)、11 ゲージまたは 16 ゲージを使用して丸編地を作製した。無縫製横編機 MACH2S 12G((株)島精機製作所製)で総針編成により平編地、針抜き編成によりニット帽を作製した。

2.3 導電性ニットの性能評価

作製した導電性ニットの柔軟性について調べるため、導電性ニットの曲げ特性を測定した。純曲げ試験機 KES-FB2-A(カトーテック(株)製)を用いて、曲げ剛性を測定した。試料は 20cm 角の編地または糸 10 本を用いて、曲率は $\pm 2.5\text{cm}^{-1}$ とした。測定は 3 回実施した。

3. 実験結果及び考察

3.1 スピンドル回転数による柔軟性の変化

先の研究⁷⁾では撚り数 1000 回/m でダブルカバリングしたカバードヤーンは糸走行時の摩擦力が最小となった。そのため、撚り数を 1000 回/m に固定し、撚糸機のスピンドル回転数の違いが、導電性ニットの柔軟性に及ぼす影響を確認した。導電性ニットは無縫製横編機で総針編成により編地した 20cm 角の平編地を使用した。

作製したカバードヤーンの織度を表 1 に示す。ミシン糸を使用したカバードヤーンの織度はスピンドル回転数が 2500rpm のときは 750dtex だが、それ以外は 740dtex となった。一方で、刺しゅうミシン糸を使用したカバードヤーンの織度はスピンドル回転数が 1500rpm のときは 730dtex だが、それ以外は 760dtex となった。撚り数は同一のため、織度も同一になると推測していたが、回転数によっては太くなったり細くなっ

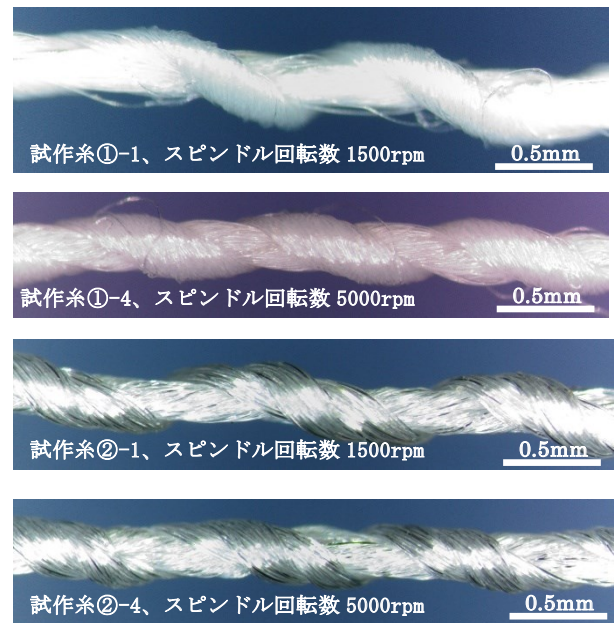


図 1 作製したカバードヤーン

たりすることが分かった。

作製したカバードヤーンの一部の外観を図 1 に示す。芯材がカバー糸によって被覆されている状態を確認した。また、スピンドル回転数が 1500rpm の場合、撚りが緩く入っており、試料①-1、試料②-1 のどちらもふくらみのある糸になっている。一方で、5000rpm の場合撚りがきつく入っており、試料①-4、試料②-4 のどちらも引き締まった糸になっていることが分かった。以上により、スピンドル回転数はカバードヤーンの撚りの引き締め具合に影響を与えていると考えられる。

カバー糸にミシン糸を使用した場合のスピンドル回転

数の違いが導電性ニットの曲げ剛性に及ぼす影響を確認した(図 2)。曲げ剛性が大きいほど生地は曲げにくく、小さいほど曲げ柔らかいということを示している。スピンドル回転数が増加することで撚りの締まりが強くなり、曲げ剛性が増加すると予想したが、大きな影響はないということが分かった。

カバー糸に刺しゅうミシン糸を使用した場合のスピンドル回転数の違いが導電性ニットの曲げ剛性に及ぼす影響を確認した(図 3)。スピンドル回転数が増加するに伴い、曲げ剛性が増加する傾向があった。カバー糸である刺しゅうミシン糸の撚り数は Z570 回/m であり、一方ミシン糸の撚り数は Z400 回/m であったため、刺しゅうミシン糸の撚りが強く、硬い糸となっている。カバー糸が硬いため、ダブルカバリングした際に曲げ剛性に与える影響が大きく、スピンドル回転数を増加させたときの曲げ剛性の増加が大きくなった。

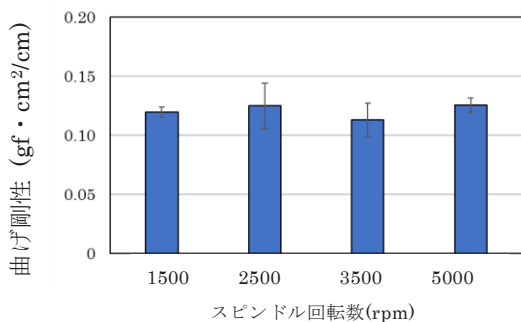


図 2 ミシン糸を使用した場合のスピンドル回転数による曲げ剛性への影響

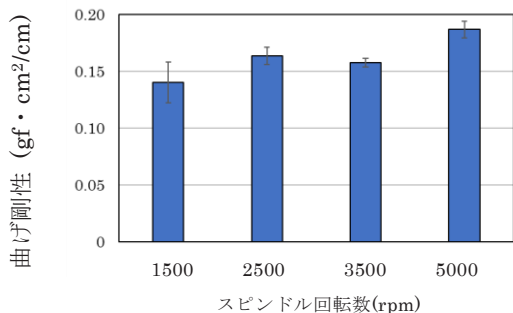


図 3 刺しゅうミシン糸を使用した場合のスピンドル回転数による曲げ剛性への影響

3.2 カバー糸及び芯材の種類による柔軟性の変化

カバー糸の種類と芯材の太さの違いが導電性ニットの曲げ剛性に及ぼす影響を測定した(図 4)。ポリエステル加工糸をカバー糸に使用すると、スピンドル回転数が 2500 回/m 以下では、カバードヤーンが均一に作れなかった。そのため、以下の実験ではスピンドル回転数を 3500 回/m にしてカバードヤーンを作製した。導電性ニットは試料①-3、試料②-3、従来品については、筒編機

11 ゲージを使用し、試料③、試料④は 16 ゲージを使用して編成した丸編地を使用した。

従来品と比較して、試料①はウェール方向 29%減少、コース方向 28%減少、試料②は変化なし、試料③はウェール方向 63%減少、コース方向変化なし、試料④はウェール方向 64%減少、コース方向 43%減少した。試料④は試作した 4 つの試料の中で最も柔軟性の高い導電性ニットであることが分かった。

試料①から③を比較すると、カバー糸の種類による比較ができる。カバー糸は刺しゅうミシン糸>ミシン糸>ポリエステル加工糸の順に織度と撚りの強さが小さくなっている。これが影響し、試料②、試料①、試料③の順に柔軟性の高いニットができた。

また、試料③と試料④を比較すると、芯材の太さによる比較ができる。試料④は試料③よりもコース方向の曲げ剛性が 65%減少した。試料③を使用して作製した導電性ニットの拡大写真を図 5 に示す。編目同士をつないでいる部分が直線的になっていることが分かった。これは芯材にステンレス線を使用していることにより、糸の柔軟性がないことが影響していると考えられる。そして、コース方向に曲げるときには、編目同士をつないでいる直線部分を曲げることになるため、芯材が細い試料④はコース方向に対する曲げ剛性が特に減少した。

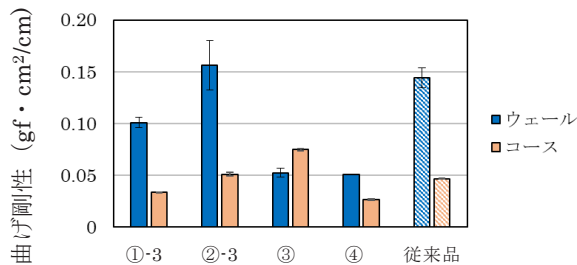


図 4 曲げ剛性への影響



図 5 拡大した導電性ニット(試料③)

3.3 パージン材の曲げ変形に対する比較

柔軟性が高くなった試料③、④について再生材を用いた導電性ニットとパージン材を用いた導電性ニット(試料③'及び④')の曲げ剛性に及ぼす影響を測定した(図 6)。試料③はパージン材(試料③')と比較してウェール方向は変化がなかったが、コース方向の曲げ剛性が 15%増加

した。試料④はバージン材(試料④')と比較してウェール方向、コース方向ともに変化がなかった。カバードヤーンの曲げ剛性を測定した結果では、試料③と④ともにバージン材と大きな変化がなかったため、試料③の曲げ剛性が増加した理由は、編地編成時の糸の張力管理や、編地の巻取りの張力管理などが十分でなかったことが原因として考えられる。

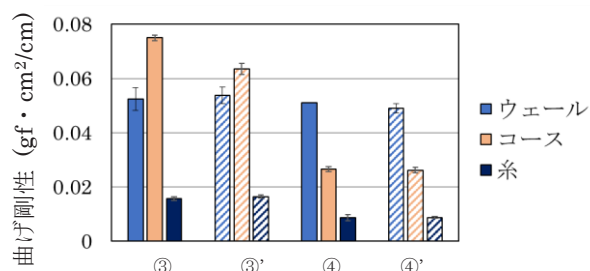


図6 バージン材との比較

3.4 無縫製横編機での導電性ニットの試作

試料③を用いてニット帽を無縫製横編機で試作した(図7)。試料③を4本引き揃えて編成したニット帽と、表糸に毛糸、裏糸に試料③を使用してプレーティング編で編成したニット帽を作製した。ニット帽の編成では目移し等の操作が必要となるため、平編みに比べて糸にかかる負担は大きい、どちらも目落ちや糸が切れることはなく、編むことができた。



図7 無縫製横編機で試作したニット帽
(左: 4本引き揃え、右: プレーティング編)

4. 結び

本研究の結果は、以下のとおりである。

(1) 撚糸加工によりステンレス線に再生材から成る糸を

ダブルカバリングしたカバードヤーンを用いて、導電性ニットを作製し、カバー糸の種類や芯材の太さの違いが導電性ニットの柔軟性に及ぼす影響を調査した。

- (2) カバー糸に撚り数の多い刺しゅうミシン糸を使用した場合、スピンドル回転数の増加に伴い、曲げ剛性が増加する傾向があった。
- (3) カバー糸にポリエステル加工糸、芯材にステンレス線φ0.03を使用することで、従来品と比較してウェール方向は64%、コース方向は43%の曲げ剛性を減少させることができ、柔軟性の向上した導電性ニットができた。
- (4) バージン材と比較して、カバー糸に再生材を用いると、導電性ニットの柔軟性に違いが現れたが、カバードヤーンの柔軟性に大きな影響は見られなかったため、編地編成時に原因があると考えられる。
- (5) 作製したカバードヤーンは無縫製横編機を用いてニット帽を問題なく編むことができた。

文献

- 1) 牛島洋史: 繊維学会誌, **79**(2), 55(2023)
- 2) 大松沢明宏: 繊維学会誌, **79**(3), 93(2023)
- 3) 池口達治, 堀場隆広: 愛知県産業技術研究所研究報告, **6**, 132(2007)
- 4) 島上祐樹, 堀場隆広, 田中利幸, 池上大輔, 榎堀優, 間瀬健二, 川部勤, 水野寛隆, 鈴木陽久: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **2**, 94(2013)
- 5) 堀場隆広, 池口達治, 島上祐樹, 青井昌子, 三浦健史, 川部勤, 加藤稲子, 榎堀優, 間瀬健二, 水野寛隆, 鈴木陽久: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **2**, 116(2013)
- 6) 島上祐樹, 堀場隆広, 田中利幸, 宮本晃吉, 榎堀優, 間瀬健二, 川部勤, 清水卓也, 柳澤理子, 水野寛隆, 鈴木陽久: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **5**, 122(2016)
- 7) 山内宏城, 廣瀬繁樹, 池口達治, 石川茜: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **13**, 92(2024)