

研究論文

再生材を用いたカバードヤーンの編成性に関する研究

山内宏城^{*1}、廣瀬繁樹^{*2}、池口達治^{*2}、石川茜^{*2}

Study for Knittability of Covered Yarn Using Recycled Materials

Hiroki YAMAUCHI^{*1}, Shigeki HIROSE^{*2}, Tatsuharu Ikeguchi^{*2},
and Akane Ishikawa^{*2}Owari Textile Research Center^{*1*2}

撚糸加工によりステンレス線に再生材から成るカバー糸をカバリングしたカバードヤーンについて、製造条件の違いが糸の編成性に及ぼす影響を調査した。カバー糸の撚り数を増やすと糸の摩擦力ははじめ減少したが、のちに増加した。カバー糸の撚り数を増やすと、糸の平均表面摩擦係数 MIU は減少する一方、表面粗さの平均偏差 SMD は増加した。カバー糸に再生材を用いた場合においても糸の編成性に大きな影響は見られなかった。糸を丸編地に編成することができたが、斜行の発生や風合いについて新たな課題が確認された。

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人の動きに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。その道具としてスマート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。繊維産業は特に環境負荷の大きい産業と言われており、環境対応は必須のものとなっている。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(e-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。一方でニットは伸縮性に優れており、ニットを利用したe-テキスタイルの研

究開発に取り組んでいく必要がある。これと同時に環境に配慮したモノづくりも考えていく必要がある。サステナビリティに対応したニットのe-テキスタイルを開発することができれば、衣料品及び非衣料品分野におけるニットの利用が更に拡大することが見込まれる。

そこで、本研究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、再生材を用いたニット向け導電糸の開発を目指す。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)することで金属糸を保護したカバードヤーンを試作した。そしてカバードヤーンの製造条件の違いが編機での編みやすさ(編成性)に及ぼす影響を調査した。カバー糸には再生ポリエステル糸を使用し、撚り数や種類の違いが編成性に及ぼす影響を調べた。編成性の評価は、糸の摩擦力、表面摩擦/粗さ特性及び曲げ特性を測定して行った。

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φ0.04を使用した。再生材から成るカバー糸には、ペットボトルから作られた再生ポリエステル糸であるさいせい#50(構成83dtex 1×3、織度278dtex)((株)フジックス製)及び、使用済み衣料品等から作られた再生ポリエステル糸であるキングスターECO ミシン刺しゅう糸 120/2(構成135dtex 1×2、織度285dtex)((株)フジックス製)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、ポリエステル糸のキングポリエステル

^{*1} 尾張繊維技術センター 素材開発室(現産業科学技術課)^{*2} 尾張繊維技術センター 素材開発室

#50(構成 78dtex 1×3、織度 255dtex)及びキングスターミシン刺しゅう糸 120/2(構成 135dtex 1×2、織度 270dtex)((株)フジックス製)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(オゼキテクノ(株)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。

表 1 カバードヤーンの製造条件

糸	使用したカバー糸	カバー糸撚り数(回/m)
試作糸①	さいせい #50	500
		750
		1000
		1250
比較糸①	キング ポリエステル #50	1000
試作糸②	キングスターECO ミシン刺しゅう糸 120/2	1000
比較糸②	キングスター ミシン刺しゅう糸 120/2	1000

2.2 カバードヤーンの性能評価

作製したカバードヤーンの編成性について調べるため、糸の摩擦力と表面摩擦/粗さ特性、曲げ特性を測定した。

糸の摩擦力は、編成性測定機 KS-2(杉原計器(株)製)を用いて測定した。編成性測定機は編成時の糸の張力に影響を及ぼす因子(糸を繰り出す際の摩擦力、糸と編針及び糸同士の摩擦力、糸の曲げかたさ)を総合的に評価することができる。測定条件は糸の走行速度 25m/min、7 ゲージの編針を 2 本使用し、糸の交差回数は 1 回とした。測定は 3 回実施した。

糸の表面摩擦/粗さ特性(平均表面摩擦係数(MIU)及び表面粗さの平均偏差(SMD))は、粗さ/摩擦感テスター KES-SESURU(カトーテック(株)製)を用いて測定した。MIU の測定では、摩擦子に 10mm 角ピアノワイヤセンサーを用い、静荷重を 50gf、試料の移動速度を 1mm/sec とした。SMD の測定では、接触子に 0.5mm 粗さセンサーを用い、静荷重を 10gf、試料の移動速度を 1mm/sec とした。MIU、SMD とともに測定は 3 回実施した。

糸の曲げ特性は、純曲げ試験機 KES-FB2-A(カトーテック(株)製)を用いて測定した。糸の使用本数は 10 本、曲げ曲率 K は $\pm 2.5\text{cm}^{-1}$ とした。測定は 3 回実施した。

2.3 カバードヤーンの編成

実際に編機で編成してその編成性を確認するため、試作糸の試編みを行った。編成には試作糸①(カバー糸撚り数 1000 回/m)を用い、筒編機 NCR-EW(英光産業(株)製)、9 ゲージで編成した。

3. 実験結果及び考察

3.1 カバードヤーンの外観

作製したカバードヤーンについて、その一部の外観を図 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。

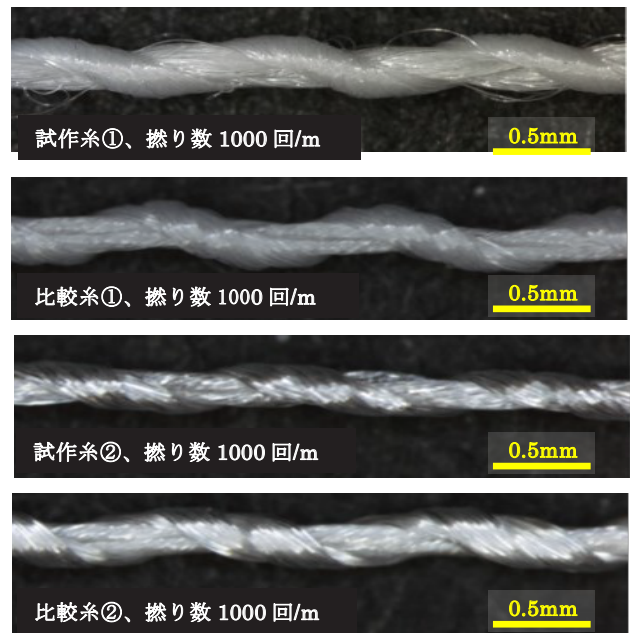


図 1 作製したカバードヤーン

3.2 カバー糸の撚り数が糸の編成性に及ぼす影響の評価

作製したカバードヤーン(試作糸①)について、カバー糸の撚り数の違いが糸の摩擦力に及ぼす影響を確認した。カバー糸の撚り数がカバードヤーンの摩擦力に及ぼす影響を図 2 に示す。

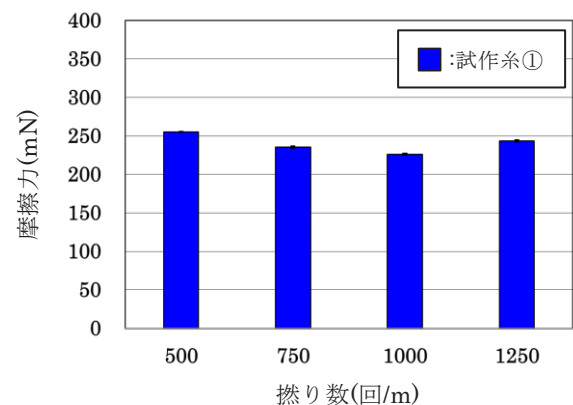


図 2 撚り数の摩擦力への影響

カバー糸の撚り数を増やすことで試作糸①の摩擦力は撚り数 1000 回/m までは減少し、その後は増加した。撚り数 500 回/m の糸と比較して、撚り数 1000 回/m の糸の摩擦力は 11% 小さくなった。先の研究⁷⁾においてもカバー糸の撚り数を増やすと糸の摩擦力がはじめ減少しその後増加する傾向が確認されたが、今回も同様の傾向であった。カバー糸の撚り数を増やすことにより、芯材を覆うカバー糸の巻き量は増加した。このとき糸の表面形状が変化するのに伴って接触面積が減ることで、摩擦力は低下したものと考えた。しかし、撚り数 1000 回/m を越えるとカバー糸の影響が現れるようになり、カバー糸の巻き量が多くなることによって糸が曲げにくくなるなどの弊害を伴うことで糸の摩擦力が増加に転じたものと推測した。

3.3 カバー糸の撚り数が糸の表面摩擦/粗さ特性に及ぼす影響の評価

作製したカバードヤーン(試作糸①)について、カバー糸の撚り数の違いが糸の表面摩擦/粗さ特性に及ぼす影響を確認した。カバー糸の撚り数がカバードヤーンの平均表面摩擦係数(MIU)に及ぼす影響を図 3 に、表面粗さの平均偏差(SMD)に及ぼす影響を図 4 に示す。

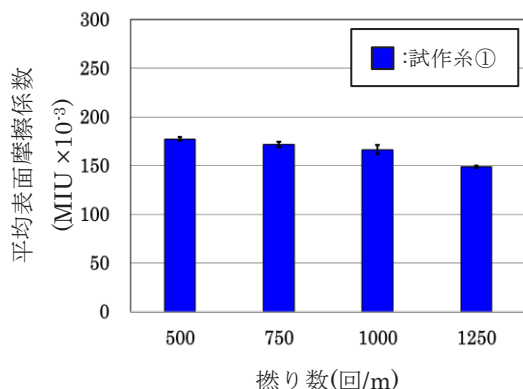


図 3 撚り数の平均表面摩擦係数への影響

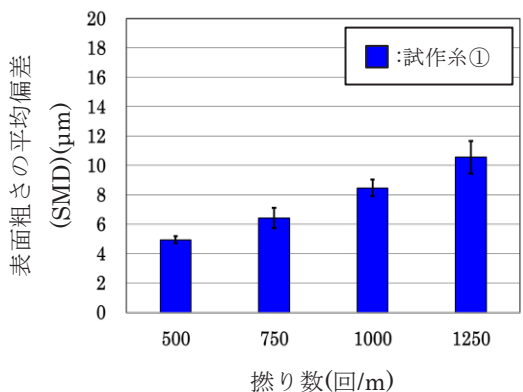


図 4 撚り数の表面粗さの平均偏差への影響

カバー糸の撚り数を増やすことで試作糸①の MIU は減少し、糸の表面は滑りやすくなる傾向にあった。撚り

数 500 回/m の糸と比較して、撚り数 1250 回/m の糸の MIU は 16% 小さくなった。一方で試作糸①の SMD はカバー糸の撚り数が増えるのに伴い増加する傾向にあった。撚り数 500 回/m の糸と比較して撚り数 1250 回/m の糸の SMD は 114% 大きくなった。SMD の結果からはカバー糸の撚り数が増えるのに伴い糸表面の凹凸が大きくなることが確認された。MIU と SMD の結果から、カバー糸の撚り数が増えると糸表面の凹凸が大きくなって糸の接触面積が減少し、滑り性が向上することで糸の編成性にとっては有利に働いているものと推測した。

3.4 カバー糸の撚り数が糸の曲げ特性に及ぼす影響の評価

作製したカバードヤーン(試作糸①)について、カバー糸の撚り数の違いが糸の曲げ特性に及ぼす影響を確認した。カバー糸の撚り数がカバードヤーンの曲げ剛性(B)に及ぼす影響を図 5 に示す。

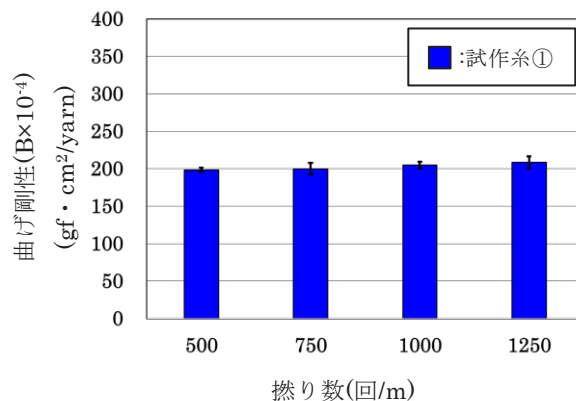


図 5 撚り数の曲げ剛性への影響

カバー糸の撚り数を増やすと試作糸①の B には僅かな増加が見られる程度であり、大きな変化はなかった。カバー糸の撚り数を増やすことでカバー糸の巻き量が増えて糸は太くなる。糸が太くなることで B が大きく増加して曲げにくくなり、糸の編成性にとっては不利に働くようになるものと考えていた。しかし、今回得られた結果は想定していたよりも B の増加の程度が小さく、糸の編成性に及ぼす影響は小さいものであったと推測する。図 2 に示したように、カバー糸の撚り数の増加に伴って糸の摩擦力が減少後に増加へと転じた原因として、B の増加のほかに糸を繰り出す際の摩擦力が影響していたことも考えられる。今後は糸を繰り出す際の摩擦力の評価も含めて更なる検証を進めていく。

3.5 カバー糸の種類が糸の編成性に及ぼす影響の評価

作製したカバードヤーン(試作糸①と②、比較糸①と②)について、カバー糸の種類が糸の摩擦力に及ぼす影響を確認した。カバー糸の撚り数は 1000 回/m として、カバー糸を変更したときのカバードヤーンの摩擦力の変

化を図 6 に示す。

比較糸①と比べて、試作糸①の摩擦力は 13%大きくなっていた。比較糸②と比べて、試作糸②の摩擦力はほぼ同程度であった。今回比較に用いたバージン原料から成るカバー糸は、再生材から成るカバー糸と比べて繊維度がやや小さいため、比較品として用いることは適切ではないかもしれないが、再生材から成るカバー糸を使用しても糸の摩擦力が大きく増加して糸の編成性に不利に働くことはないと思われた。今回の調査範囲では糸の編成性に大きな悪影響はなかった。

今後は再生材の種類を更に増やして糸の摩擦力への影響を確認していくとともに、糸の編成性に影響を及ぼしていると考えられる糸物性の評価も同時に進めてその相関関係を明らかにしていきたい。

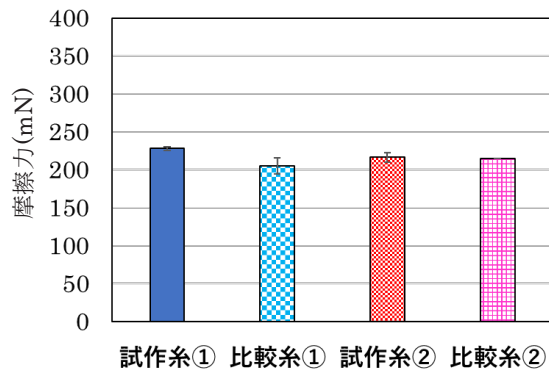


図 6 カバー糸の違いによる摩擦力への影響

3.6 糸の試編みによる評価

撚り数 1000 回/m の試作糸①を筒編機で編成して丸編地を作製した。編成の様子を図 7 に、作製した丸編地を図 8 に示す。

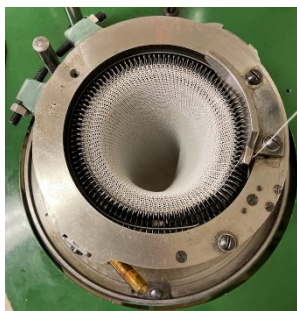


図 7 編成の様子



図 8 作製した丸編地

編成中に糸切れや目落ちなどは確認されず、長さ約 80cm の丸編地を作製することができた。しかし、編地をよく観察すると編目が曲がる品質欠点である斜行が起きていることが確認され、編地の触感(風合い)もやや硬

く感じられた。今後はこれらニットにした際の課題を改善できるように糸の構造や撚糸加工条件を見直していく必要がある。

4. 結び

本研究では、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について、製造条件の違いが糸の編成性に及ぼす影響を調査した。得られた結果は、以下のとおりである。

- (1) カバー糸の撚り数を増やすと糸の摩擦力ははじめ減少したが、のちに増加した。
- (2) カバー糸の撚り数を増やすと糸の MIU は減少する一方で糸の SMD は増加した。
- (3) カバー糸の撚り数を増やしても糸の B は僅かに増加する程度で大きな変化は見られなかった。
- (4) カバー糸に再生材から成る糸を使用しても糸の摩擦力が必ずしも大きく増加することはない、糸の編成性に大きな影響は見られなかった。
- (5) 試作糸を丸編地に編成することができたが、斜行や風合いなどの新たな課題が確認された。

今後の課題として、再生材を用いたカバードヤーンの編成性に関する調査を継続するとともに、ニットにした際の課題を改善できるように糸の製造条件を検討していく。

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, 村井美保, 長崎茜: あいち産業科学技術総合センター研究報告, **12**, 82(2023)