

ストレッチ性・熱収縮性を付与した電磁波シールド織物の開発

安田篤司^{*1}、鹿野 剛^{*2}、三輪幸弘^{*3}

Development of electromagnetic radiation shield cloth that gives stretch or heat contraction

Atsushi YASUDA^{*1}, Tsuyoshi SHIKANO^{*2} and Yukihiro MIWA^{*3}

Owari Textile Research Center, AITEC^{*1*2*3}

ケーブル・ハーネス用電磁波シールドスリーブを対象とした、めっき繊維を用いたストレッチ性・熱収縮を有する電磁波シールド基材用織物糸の開発を目的に、素材、糸の構造・撚数等の撚糸条件等とストレッチ性・熱収縮性及び電磁波シールド効果について検討した結果、撚数が増加すると伸縮率・熱収縮率が減少し、撚セットを行うことで伸縮率・熱収縮率は更に低下することを見出した。また、熱収縮糸の熱収縮による電磁波シールド性への影響を評価したところ、熱収縮率が高い程電磁波シールド性能が向上する結果となった。また、これらの知見をもとに電磁波シールド織物を作製し、伸長率で 20%～170%、熱収縮率 10%～25%で電磁波シールド効果が 40～50dB ある織物が得られた。

1. はじめに

近年、コンピュータ等電子機器の高速化に伴い、電子基板からの発熱量が増加している。熱による障害を回避し、電子機器を安定的に動作させるため、いかにして効率よく基板から発生した熱を筐体外に放出させるかが課題となっている。一般的な熱対策として、基板等からの電磁波ノイズが漏れない程度の大きさの通気口を穿け、電動ファン等を用いて強制的に筐体内の空気を筐体外に排出させることで、基板からの熱を筐体外に排出している。そのため、筐体内の通気性の確保が、電子機器の熱対策の重要なポイントとなっている。筐体内の通気性を確保するため、障害となる物として、基板に接続しているケーブルやハーネスが挙げられる。最近では細いケーブルや、すだれ状の物も現れているが、通常は複数のケーブル・ハーネスを束ねることで筐体内の通気性を確保している。

また、電子機器の筐体内では電磁波ノイズの問題があり、基板に接続しているケーブルは電磁波ノイズを発信あるいは受信するアンテナの役割を果たす場合があり、電子機器の信頼性向上のため、ケーブルやハーネス用電磁波シールド対策を行っている物もあるが、電磁波ノイズはノイズ発生源に近づく程強く影響を受けるようになるため、ケーブル等を束ねることで、ノイズの影響を受けるようになることが懸念されている。電磁波シールド対策を施したケーブルも存在するが、ケーブル自体太くなる、筐体内の通気性を損なう恐れがあるばかりかコスト増となるため、一般向きの電子機器用として薄くてケーブルに密着して、筐体内の通気性を損なわない電磁波シールド素材が求められ

ている。

ケーブル用電磁波シールド素材としてスリーブ状の物とテープ状の物があるが、スリーブ状の物は、ケーブル等にかぶせるだけで電磁波シールド効果が得られるため作業性はいいが、シールド素材として金属繊維が用いられているため硬く、また、ケーブルに固定するための治具も必要となるため、ケーブルに装着するとかなり太いものとなる。またテープ状の物はケーブルに巻き付けることで密着させることは可能であるが、隙間を空けないように巻き付けしないと電磁波シールドの効果はない等作業性の面で問題がある。そこで作業性の点でテープより優れているが、ケーブルに密着しないスリーブ状の電磁波シールド材において、柔軟性及びストレッチ性や熱収縮性を付与してケーブルに装着すると細くなる材料を開発する方法について検討した。

柔軟性については金属繊維を合成繊維に金属めっきした物に置き換えることや、シート状の織物・フィルムに直接金属めっきすることで達成は可能であるが、金属めっきしたものは基材の形状変化で容易に剥離するため、ストレッチ性や熱収縮性は無い。そのため、金属めっき繊維とストレッチ糸・熱収縮糸とを撚糸技術を用いて組合せ、柔軟で熱収縮性またはストレッチ性を有する電磁波シールド織物を開発する研究を行った。

2. 実験方法

2.1 試料

めっき繊維として平成 17 年度研究で作製した銀めっき

^{*1} 尾張繊維技術センター 開発技術室 ^{*2} 尾張繊維技術センター 開発技術室（現産業労働部 地域産業課）

^{*3} 尾張繊維技術センター 応用技術室

繊維の内、めっきの密着性の良好な結果が得られた糸 164dTex 及び市販の銀めっき糸 164dTex を用いた、ストレッチ糸としてポリウレタン 78dTex、ポリブチレンテレフタレート（以下 PBT）83dTex、ポリオレフィン系弾性糸 78dTex を用い、熱収縮糸としては、アクリル系の熱収縮糸を用いた。

2.2 糸構造と撚糸方法

めっき糸自体は伸縮しないため、芯にストレッチ糸や熱収縮糸を用い、その周りにめっき糸を巻き付けたカバードヤーンの構造とした。

2.2.1 ストレッチ糸使い電磁波シールド糸の撚糸方法

ポリウレタンを芯糸とした場合の撚数を 800 回/m、1200 回/m、1600 回/m、2000 回/m、2400 回/m の 5 段階、PBT、ポリオレフィン系弾性糸を芯糸に用いた場合の撚数を 400 回/m、600 回/m、800 回/m、の 3 段階とした。撚糸については合撚糸機（ツイストワインダ TW-D（株）カキノキ製）を用い、芯糸にめっき糸を巻いただけのシングルカバードヤーン（SCY）と中空スピンドル式意匠撚糸機（トライツイスター ON-700-NFIII オゼキテクノ（株）製）を用い、めっき糸の撚り方向と逆の方向にポリエステル糸 83dTex をめっき糸と同じ撚り回数巻いたダブルカバードヤーン（DCY）を作製した。ポリウレタン等の弾性糸を撚糸する場合は、伸縮性を発現させるため延伸した状態で撚糸するのが普通である。そのためポリウレタン糸、ポリオレフィン系弾性糸については延伸倍率を 3 倍として撚糸した。

2.2.2 熱収縮糸使い電磁波シールド糸の撚糸方法

熱収縮糸使い電磁波シールド糸の撚数としては、400 回/m、600 回/m、800 回/m の 3 段階とした。なお、熱収縮糸使い電磁波シールド糸は製品として使用する時に熱収縮が発現する必要があるため、撚セットができない。そのため、中空スピンドル式意匠撚糸機（トライツイスター ON-700-NFIII オゼキテクノ（株）製）を用い、めっき糸の撚り方向と逆の方向にポリエステル糸 83dTex をめっき糸と同じ撚り回数巻いた DCY として撚りの戻りを止めることとした。

2.3 性能評価方法

SCY については、乾熱 100℃、90 分のヒートセットを行って使用した。

2.3.1 糸物性の評価

ストレッチ糸使い電磁波シールド糸については JIS L1013 の収縮性 A 法による伸縮伸長率を、熱収縮糸使い電磁波シールド糸については JIS L 1013 乾熱収縮率 B 法を参考に 120℃、5 分熱処理後の熱収縮率を用いて評価した。なお PBT 糸は撚糸後に高温の熱処理を行うことで、伸縮性が発現する。そのため 100m を総にとり、5 分間煮沸し

て評価を行った。

2.3.2 製織性の評価

蛭田式包含力試験機を用いて試験糸に 784mN の荷重をかけ、摩擦子の回転数を 80rpm で 500 回摩擦した時の、糸表面の状態を観察することで評価した。

2.3.3 電磁波シールド織物の物性評価

経にポリエステル糸 164dTex を芯糸にめっき糸を 400 回/m、めっき糸と逆方向に 400 回/m 巻いてダブルカバードヤーンを用い、緯にストレッチ糸使い電磁波シールド糸及び熱収縮糸使い電磁波シールド糸を用い、織組織を 1/3 斜文織、経密度 1260 本/m、緯密度 1929 本/m の規格で製織し、ストレッチ織物は JIS L1311 の伸長率 A 法で緯方向の伸長率で評価した。また、熱収縮織物については 120℃、5 分の乾熱処理後の緯方向の熱収縮率で評価した。

2.3.4 電磁波シールド性能の評価

電磁波シールド性能は、ネットワークアナライザ（8753A 型 ヒューレットパッカード製）を用い、50mm×150mm×3mm のアクリル板の上にストレッチ織物及び熱収縮織物を両面テープで貼り付け、遠方界プラスチックシールド材評価器に取り付けて 0.3kHz～1GHz の範囲の周波数での電界強度の減少をアクリル板だけの測定結果と比較して評価した。

3. 結果および考察

3.1 糸構造と撚糸方法

カバードヤーンの撚糸方法と糸の伸縮率、及び熱収縮率の関係を明らかにするために、400 回/m、600 回/m、800 回/m の 3 段階、ポリウレタン糸では 800 回/m、1200 回/m、1600 回/m、2000 回/m、2400 回/m の 5 段階の撚数で SCY、DCY を作製し、伸縮伸長率及び、熱収縮率を測定した。その結果を図 1、図 2 に示す。ストレッチ糸、熱収縮糸共に撚数が増加するにつれて、伸縮伸長率、熱収縮率が減少する傾向があり、伸縮伸長率について SCY よりも DCY の方が高くなることが分かった。

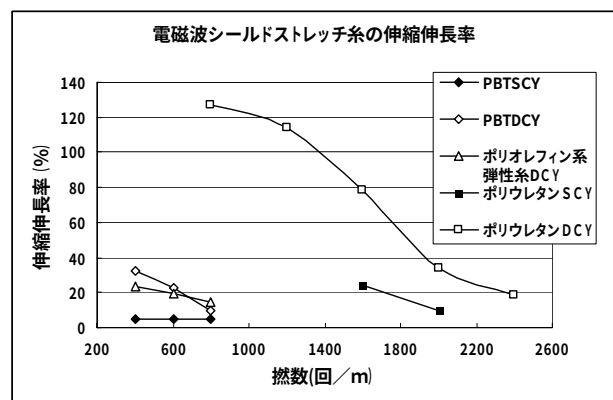


図 1 電磁波シールドストレッチ糸の伸縮伸長率

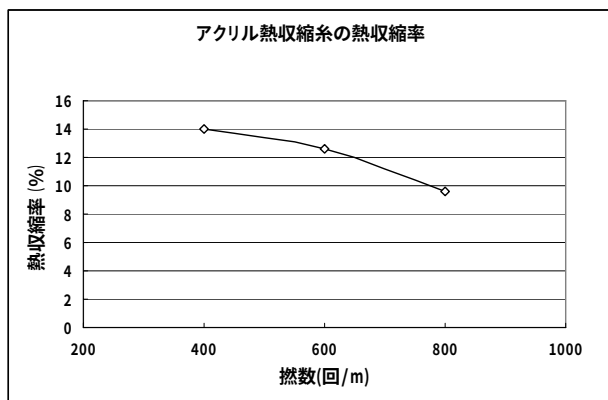


図2 電磁波シールド熱収縮糸の熱収縮率

カバードヤーンは芯糸にめっき糸が巻き付いた構造となっているため、捻数が増えるにつれて捻のピッチが小さくなる。芯糸が伸長・収縮するとそれに追従してめっき糸の捻のピッチが変化する。糸でストレッチ性を発現させるためには、捻糸後にその糸が収縮することが重要で、めっき糸の捻ピッチが小さいと芯糸が収縮しても、めっき糸追従範囲が小さくなり、結果として収縮できない。逆にめっき糸の捻ピッチが大きい場合は、芯糸が過度に収縮すると、めっき糸はダブついた状態となり、伸ばすことが可能になると考えられる。

また、DCYがSCYより伸縮伸長率が高いのは、SCYは撚りの戻りを防ぐため、100℃の熱処理を行ったためと考えられる。

3.2 糸の製織性の評価

蛭田式包合力試験機を用いて試験糸に784mNの荷重をかけ、摩擦子の回転数を80rpmで500回摩擦した時の、糸表面の状態を観察した。蛭田式包合力試験機は、糸を回転する摩擦子で摩擦し、糸が破断した時の摩擦子の回転数により、糸の製織性を評価する試験機であるが、今回の糸は破断しないと思われるので、糸の製織するに十分と判断できる摩擦子の回数を回したあとの糸表面の状態の変化を調べた。その結果を図3に示す。写真では分かりにくいですがSCYは摩擦によりめっき糸が移動し、DCYは移動しなかった。また、摩擦による毛羽の発生については、製織するに影響を及ぼす程ではなかったが、捻数が多い方が少なくなる傾向が見られた。

これらのことにより、電磁波シールド熱収縮糸、電磁波シールドストレッチ糸はSCY・DCYでも製織は可能と判断できるが電磁波シールド材として見ると、めっき糸が摩擦で移動すると織物での電磁波シールド特性にバラツキが生じる可能性があるため、SCYでは糊付等でめっき糸を固定する必要があることが分かった。糊付処理は糊の

乾燥や、糊を落とす工程で熱を加える必要があり、ストレッチ性等の性能に影響を及ぼすと思われるため、DCYが製織するのに最適な糸構造と判断した。

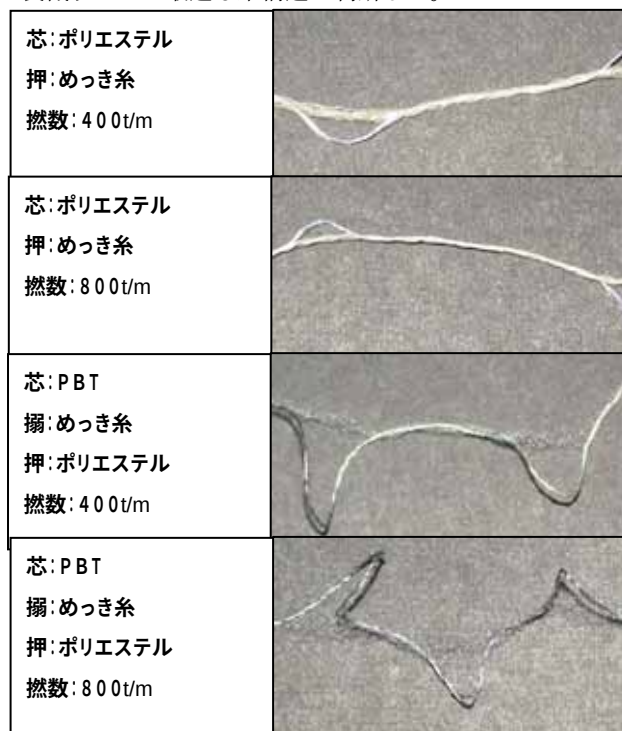


図3 電磁波シールドSCY、DCYの製織性試験後の状態

3.3 電磁波シールド織物の物性評価

経にポリエステル糸 164dTex を芯糸にめっき糸を 400 回/m、めっき糸と逆方向に 400 回/m 巻いてダブルカバードヤーンを用い、緯にストレッチ糸使い電磁波シールド糸（ウレタン：2000 回/m・1600 回/m、PBT：400 回/m、ポリオレフィン系弾性糸：400 回/m）及び熱収縮糸使い電磁波シールド糸（アクリル熱収縮糸：400 回/m）を用い、織組織を1／3斜文織、経密度 1260 本/m、緯密度 1929 本/m の規格で製織し、収縮率、熱収縮率を調べた。ウレタンについては製織後に 175℃で熱処理を行った物、及び中温でアイロンがけを行った物についても調べた。その結果を図4、図5に示す。

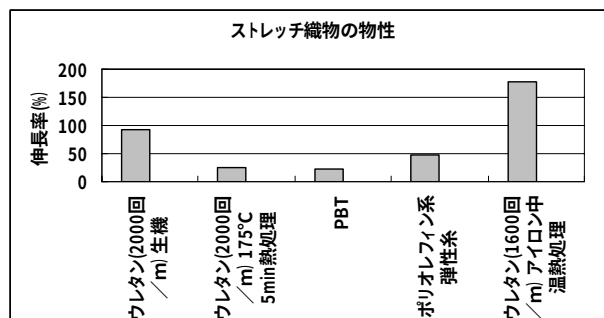


図4 ストレッチ性電磁波シールド織物の伸長率

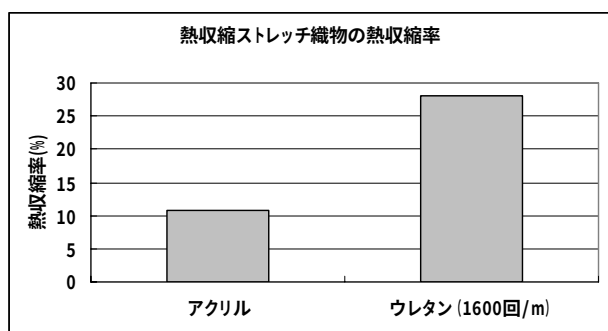


図5 熱収縮性電磁波シールド織物の熱収縮率

糸と織物では、織物の伸長率・熱収縮が同等かやや低くなると思われるが、アイロンがけをした 1600 回/m ウレタンは糸の状態よりも織物の方が縮む結果となった。これはアイロンがけをすることにより、織物は更に収縮するため、伸長率が糸よりも大きくなったと思われる。また 175℃、5 分で熱処理したウレタンは糸の伸長率が糸より大きくならなかったのは、熱処理温度が高すぎたため、伸長率が悪くなったと思われる。

また、熱収縮織物については、アクリル熱収縮糸使い織物で 10%の熱収縮率であったが、生機のウレタン糸使い織物を 120℃、5 分の熱処理することで 28%収縮することが分かった。

3.4 電磁波シールド性能の評価

アクリル板の上にストレッチ織物(ウレタン：2000 回/m、PBT：400 回/m、ポリオレフィン系弾性糸：400 回/m)及び熱収縮織物(アクリル熱収縮糸：400 回/m)を両面テープで貼り付け、遠方界プラスチックシールド材評価器に取り付けて 0.3kHz～1GHz の範囲の周波数での電界強度の減少をアクリル板だけでの測定結果と比較した。その結果を図6、図7に示す。

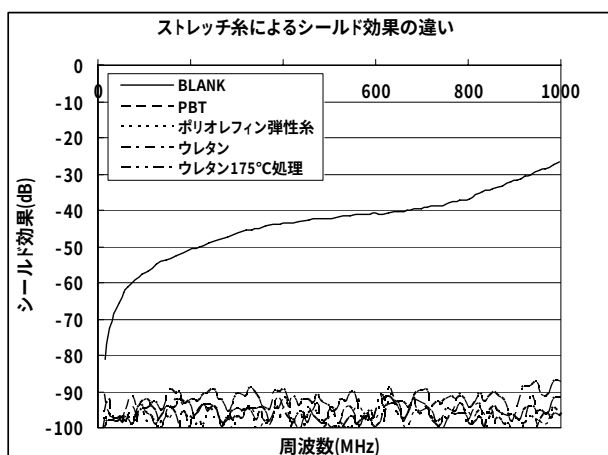


図6 ストレッチ性電磁波シールド織物の電磁波シールド効果

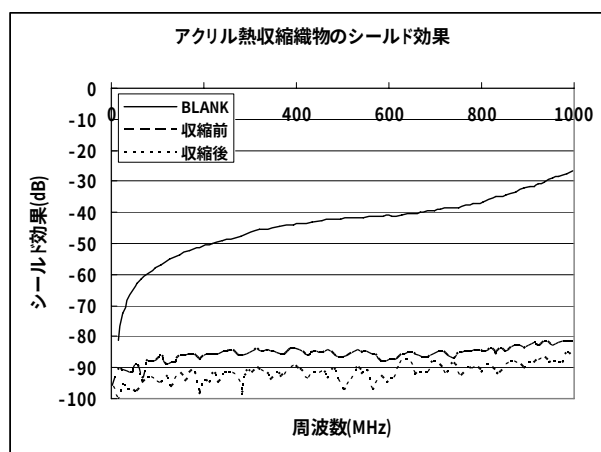


図7 熱収縮電磁波シールド織物の電磁波シールド効果

ストレッチ織物・熱収縮織物で測定値がバラついているのは測定装置の測定限界レベルになっているためである。ストレッチ織物の糸種とシールド効果の関係については分からなかったが、50dB 程度の電磁波シールド効果を有する織物が得られた。また、アクリル熱収縮織物は熱収縮前のシールド効果は 40dB 程度であるが、熱収縮で 50dB に向上することが分かった。このことは熱収縮することにより、シールド材評価器の電波が通過する部分にある織物のめっき糸量が増えたためと考えられ、製品として考えた場合、熱収縮してもシールド効果は変化しないと考えられるので、製品状態で、電磁波シールド効果を測定する必要がある。

3. 結び

素材、糸の構造・撚数等の撚糸条件等とストレッチ性・熱収縮性及び電磁波シールド効果について検討した結果、以下の成果が得られた。

- (1) カバリング糸の撚数によりストレッチ性・熱収縮性を調整可能である。
- (2) 製織するためにはダブルカバードヤーンが有効である。
- (3) 伸長率で 20%～170%、熱収縮率 10%～25%で電磁波シールド効果が 40～50dB ある織物が得られた。