

論文

電磁波シールドニット素材のアパレル製品への応用技術

吉野 学*¹⁾ 山口美佐子*²⁾ 松澤咲佳*¹⁾ 池上夏樹*¹⁾ 天早隆志*³⁾ 臼井万寿雄*³⁾

Development and evaluation of the electromagnetic shielding knitted clothing

Manabu YOSHINO, Misako YAMAGUCHI, Emika MATSUZAWA,
Natsuki IKEGAMI, Takashi AMAHAYA and Masuo USUI

Abstract A study was carried out into the production of knitted clothing with electromagnetic shielding and the method of measuring electromagnetic shielding. The knitted fabrics with the electromagnetic shielding were made of electric conduction thread. A T-shirt was then sewn using these fabrics. This T-shirt was fitted to a mannequin, along with a receiving antenna and the electromagnetic shielding of the T-shirt was thus measured. As a result, differences such as the coat's length and the height of the collar had an effect on the shielding greater than that of electromagnetic shielding of fabrics themselves. Thus, evaluation of the electromagnetic shielding of the clothing found that not only measurement of the fabric but measurement in the way the fabrics are worn is important. In order to develop clothing with electromagnetic shielding, it is necessary to take the garments shape into consideration.

Keywords Electromagnetic shielding, Knitted clothing, Measurement, T-shirt, Fabrics

1. はじめに

広範囲に普及している電波利用電子機器から放出される電磁波によって、周辺機器の誤動作の発生等が懸念されている。電磁波の人体への影響は明確にされていないが、消費者の安全への要望は高く、これらの対策のために、電磁波シールド効果を持ったアパレル製品の開発が期待されている。

従来の電磁波シールド布は、織物を主として、カーテン、エプロン等に用いられており、ニット生地を使ったものは少ない。一方、電磁波シールド性評価については、生地が円筒形になった場合など、アパレル製品としての計測を行った報告はほとんどない。

前報¹⁾では、アパレル製品化に向けて、電磁波シールド性とニット生地の設計条件との関係を検討した。本報では、この知見をもとに試作したニット生地を用い、アパレル製品を作製すると共に、その電磁波シールド性を検討するため、アパレル製品の電磁波シールド性の計測方法を考案した。

2. 実験方法

*¹⁾ ニット技術グループ *²⁾ ニット技術グループ (現アパレル技術グループ) *³⁾ 電子技術グループ

2.1 電磁波シールドアパレル製品の試作

2.1.1 電磁波シールドニット生地

前報¹⁾の銀めっき糸を使用したニット生地の設計条件と電磁波シールド性の関係から、高い効果をもたらす設計条件でニット生地を試作した。試作生地の設計を表1に示す。試作したニット生地は、整理・仕上時の熱と機械力による銀めっき糸のダメージを少なくするため、ソービング後、張力のかからない連続式乾燥を行い、幅出しセットは丸編生地の内部に幅出しロールを入れ、セット温度を110℃で行った。

表1 ニット生地の設計

編機ゲージ	株式会社福原精機製作所製シングルジャカード丸編機 SEC-MINI 28ゲージ
使用糸	綿/ポリエステル糸 197dtex (30 ^S) を銀めっき繊維 47dtex で覆ったカバリング撚糸
より数 (ねん糸機)	S 430回/ｍ (株式会社カキノキ製 KWD型カバリング撚糸機使用)
編地組織	平編, 変化組織, 総かの子

(変化組織: ニットとウェルトを市松に配置した浮き編)

2.1.2 アパレル製品の試作

上記の試作ニット生地を用いて、ニットの代表的なアパレル製品であるTシャツを作成した。着用したときの開口部の電磁波シールド性に及ぼす影響を考慮して、そで丈、

えり丈の異なるものを試作した。そでは、半そでと長そでとし、そで口形状は同一にした。えり丈は、丸首とハイネックとし、ハイネックは、丸首を基準に、5cmの高さを加えた。その他のサイズについては、成人男子平均サイズを基準とした。

2.2 電磁波シールド性試験

2.2.1 人体モデル

人体モデルは、電磁波シールド材を被覆して立体的電磁波シールド性を評価するために、箱形、楕円柱、マネキンの3種類の形状を作成し、内部に受信アンテナを挿入した。箱形は、段ボールで大小2種類(大:700×450×205mm, 小:315×240×220mm)のものを作成した。楕円柱は、成人男子サイズの中空楕円柱(短径240×長径390×高さ870mm)を段ボールで作成した。マネキンは、一般に、接続部等に金属を用いており、電磁波シールド性に影響を及ぼす。このため、金属を使用せずに、発泡スチロール、ウレタン、木材、生地、塩ビパイプを使って作成した。作成したマネキンは、成人男子等身大のサイズで、受信アンテナを挿入するため、胴体部分に矩形空洞があり、上衣、下衣の着脱が可能な構造とした。

2.2.2 試験試料

(1)銅箔シールド材

基礎データを得るために、シールド性が高い銅箔を用い、試作ニット生地との比較試験を行った。銅箔は、箱形、楕円柱の2種類の人体モデルを使用した。箱形では、全面被覆し、楕円柱では、すそ(短径240×長径390mm)、えり(直径130mm)、そで(直径130mm)の開口部が電磁波シールド性に与える影響を評価するため、必要に応じて開口部を設けた。また、丈による違いを見るため、すそが開いた楕円柱で、丈43, 63, 83cmの3種類について比較した。

(2)試作ニット生地

平編の電磁波シールド試作ニット生地を用いて、銅箔の場合と同様に、楕円柱モデルで丈の影響を計測した。また、ニット生地で作成したTシャツについてはマネキンに着用させて計測した。

(3)電磁防護服

強電磁界環境下での安全対策用に電磁防護服(Richard Tell Associates, Inc.製 KW-Gard™)が開発されている。これは、ステンレススチールファイバーを織った生地で作られているもので、頭部から足先まで完全に覆ったものである。この服をマネキンに着用させて計測した。この時、開口部として、頭部をはずしての計測も行った。

2.2.3 電磁波測定条件と電磁波シールド性の評価

電磁波シールド性を評価するために、電波暗室内に設置した図1に示す装置を使用して、送信アンテナから放射した電磁波を、人体モデル内部の受信アンテナで検出し、そ

の電界強度を測定した。また、無遮蔽条件での電界強度は、人体モデルを使用せずに、受信アンテナだけで測定した。

電磁波シールド性の評価は、人体モデルをシールド材で覆った時の電界強度と無遮蔽条件との差から評価した。計測に用いた機器および試験条件は以下のとおりである。

(1)電波暗室

米国連邦通信委員会(FCC)、情報処理装置等電波障害自主規制協議会(日本:VCCI)等の規格に準拠し距離3mでのEMI(電磁障害)測定が可能な部屋を用いた。測定は、吸収体を床面に設置し、国際電気標準会議(IEC61000-4-3)に準拠したイミュニティ試験環境とした。

(2)使用機器

- ①送信アンテナ:CHASE製パイログアンテナ CBL-6140A
- ②信号発生器:ROHDE&SCHWARZ製 SMY01
- ③パワーアンプ:KALMUS製 MODEL 7200LC-CE
- ④受信アンテナ:協立電子工業(株)製アクティブダイポールアンテナ KBA-625(周波数範囲:230~1000MHz, ノイズレベル:25 dBμV以下, 測定電界強度:最大90 dBμV/m以下)
- ⑤測定器:ヒューレットパッカード製 EMI レシーバー 8546A

(3)基本計測条件

基本計測条件として、計測周波数および送受信アンテナ間距離を次のように設定した。

- ①計測周波数:230, 400, 600, 800, 1000MHz
- ②送受信アンテナ間距離:1, 2, 3m
- ③送信アンテナの出力設定

測定器において最大のダイナミックレンジがとれるように、送信出力を調整した。送信アンテナ高さは157cmとし、送受信アンテナ間距離とその時の信号発生器設定値は次のとおりである。

1m:-60dB, 2m:-54dB, 3m:-50dB

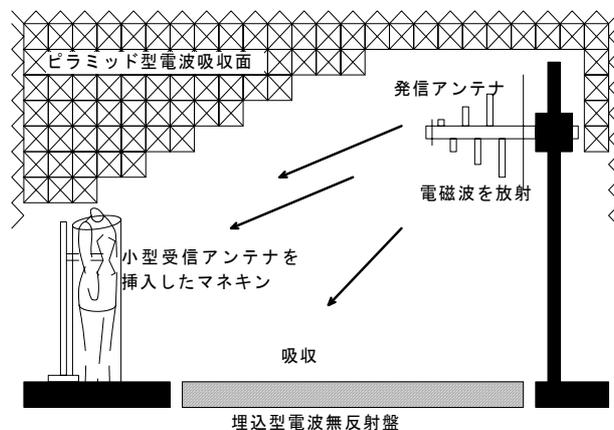


図1 アパレル製品の電磁波シールド性計測方法

3. 結果と考察

3.1 生地 of 電磁波シールド性

試作したニット生地の電磁波シールド性は、前報¹⁾と同様に同軸管法を用いて計測した(図2)。高い電磁波シールド性を得るためのニット生地として①編地密度を高くする ②導電性糸の接点確保できる編組織 ③導電性糸を広げて表面積を多くするなどの条件で試作したものであり、最もシールド性の低い1GHzにおいても、一般にシールド性があると言われている30dB以上であった。また、変化組織、総かの子、平編の順でシールド性が高いことがわかる。

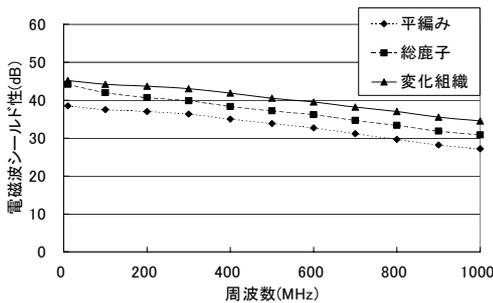


図2 生地 of 電磁波シールド性

3.2 立体的電磁波シールド性の基本計測

3.2.1 人体モデル形状の影響

銅箔を用いた楕円柱の実験では、230MHzを除いて、周波数が高いほどシールド性が低い傾向であった(図3)。一般的には、電界成分としての電磁波は100MHz以上程度の場合、高周波ほどシールド性が低くなる傾向にある。

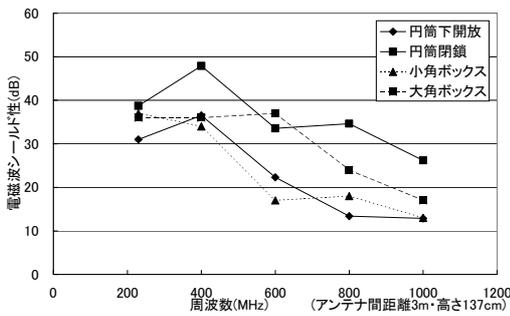


図3 形状の違いによる電磁波シールド性

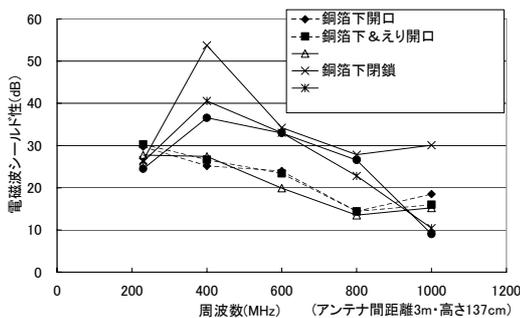


図4 開口部の影響(アンテナ間距離3m)

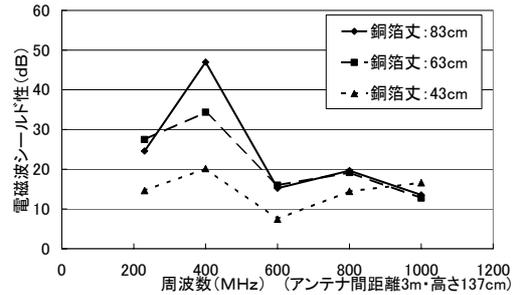


図5 銅箔丈の違いによる電磁波シールド性

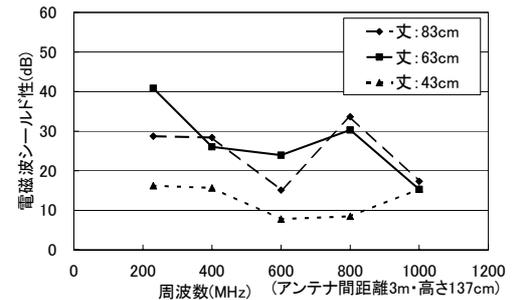


図6 ニット生地丈の違いによる電磁波シールド性

しかし、230MHzで低いのは、シールド材の形状による共振の影響が考えられる。大小2種類の箱形銅箔で電磁波シールド性を計測(図3)した結果では、周波数が高いほどシールド性が低い傾向であった。このことから、形状によるシールド特性の違いがあるものとする。

また、楕円柱の開口部を銅箔で閉じた下閉鎖と、下を開口した場合のシールド性の差が大きい(図4)。下閉鎖で、えり、そで口の開口によるシールド性の低下はあるが、下開口の方が大きく低下した。下開口のものは、さらにえり、そで口を開口しても大きな低下は見られない。すそを想定した開口部は、サイズが最も大きいため、電磁波が進入しやすかったものとする。

3.2.2 丈の影響

楕円柱を使用した銅箔では、丈が43cmの場合、ほとんどが20dB以下である(図5)。丈43cmは、63, 83cmとの差が大きく、丈63cm以上必要であることが予測できる。平編ニット生地の同様な実験でも、周波数ごとの特性は異なるものの、丈43cmでは、銅箔と同様にシールド性が低い結果(図6)であった。

3.3 アパレル製品の電磁波シールド性

3.3.1 ニットTシャツの電磁波シールド性計測

マネキンを使用したTシャツの場合も、周波数が高くなるに従ってシールド性が低下し(図7)、1GHzでは10dBまでシールド性が低下した。生地での計測では、編地組織によるシールド性の差(図2)が明確であるが、Tシャツの場合は、この差は少ない。アンテナ間の距離を変えて、えりに近いところからの電磁波の放射であるアンテナ間

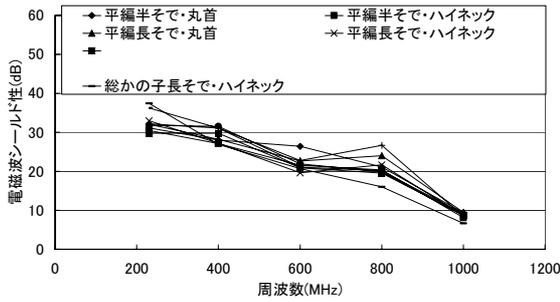


図7 試作Tシャツの電磁波シールド性(アンテナ間距離 3m)

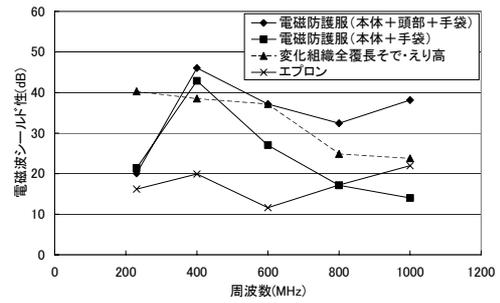


図8 試作Tシャツの電磁波シールド性(アンテナ間距離 1m)

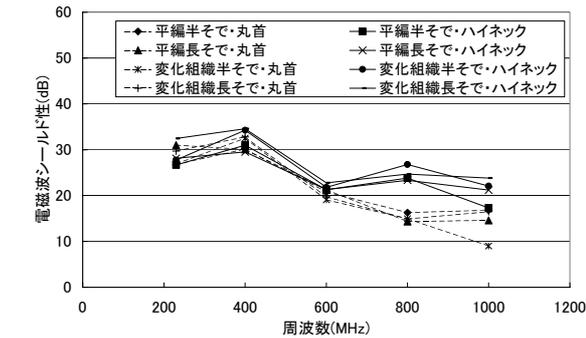


図9 試作Tシャツの電磁波シールド性(アンテナ間距離 3m)

距離 1m では、えり丈の低いものは、周波数が高い部分で、シールド性が低かった (図 8)。このように、条件によっては、縫製パターン形状による電磁波シールド性の違いが計測できることがわかった。

3.3.2 アパレル製品での開口部の影響

Tシャツの計測 (図 7) では、高周波である 1GHz では、シールド性が 10dB 以下と低下が大きく、開口部の影響が大きいと考えられる。1GHz の波長は 30cm で、すそ開口部直径より短く、進入しやすいのではないと思われる。そこで、頭部までシールド材で覆った電磁防護服を使って、開口部として頭部を外した場合との比較を行った。その結果、頭部有りでは、1GHz でも電磁波シールド性の低下は少ないが、頭部無しの場合、800MHz 以上での低下が大きく (図 9)、頭部開口による影響が大きかった。これと同様に、変化組織生地、長そで、ハイネックの T シャツに、さらにすそ下と頭部を覆い計測した。その結果、図 7 の T シャツと比較して周波数が高くても、電磁波シールド性を保っている。電磁防護服と同様に、波長の短い方が、開口部から内部への回り込みが容易だったためと思われる。

一方、OA による電磁波対策として市販されているエプロンを用いて、計測を行った。どの周波数でも 20dB 前後で、低周波側が必ずしも高いという結果ではなかった (図 9)。エプロンは、背部への回り込みが考えられ、周波数が低くても、入り込むためと考える。

以上のことから、アパレル製品の電磁波シールド性は、開口などの形状による影響が大きく、生地シールド性だ

けでなく、着用状態でのシールド性を計測する必要があり、今回使用した計測方法での計測が有効であると考えられる。また、アパレル製品化においては、すそを長くする、えりを高くするなど、開口部を考慮した製品づくりを行う必要があることがわかった。

4. まとめ

アパレル製品での電磁波シールド性を評価するにあたって、基礎資料を得るため、人体モデルとして成人男子サイズの中空楕円柱形状を、銅箔で覆い、えり、そで、すそなどの開口部と丈の影響を検討するため、外から電磁波を放射し、楕円柱内の電界強度を計測した。その結果、すそを想定して下部を開口した場合のシールド性の低下が大きく、そで、えりの開口より影響が大きかった。丈は、長い方がシールド性が良く、丈が 43cm で極端に低下した。この丈の影響は、ニット生地でも同様の傾向であった。

次に、試作したニット生地を使い、そで丈、えり丈の異なる T シャツを作り、アパレル製品としての電磁波シールド性を計測した。その結果、生地特性よりも、開口などの形状による影響が大きかったことがわかった。

電磁波シールド生地のアパレル製品化においては、着用状態でのシールド性の計測が重要であり、開口部の形状などを考慮した製品づくりを行う必要があることがわかった。また、今回考案したアパレル製品での電磁波シールド性計測法も有効であると考えられる。

参考文献

- 1) 吉野学, 山口美佐子, 松澤咲佳, 池上夏樹, 天早隆志, 山田万寿雄: 東京都立産業技術研究所研究報告, 4, 181-182(2001)

(原稿受付 平成 14 年 8 月 1 日)