

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 1 日現在

機関番号：14602

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350075

研究課題名(和文)寝装用およびインテリア用繊維状充填材料の性能評価

研究課題名(英文)Evaluation of Performance and Material Properties of Bedding and Upholstery Use

研究代表者

米田 守宏 (Yoneda, Morihiro)

奈良女子大学・生活環境科学系・准教授

研究者番号：20158538

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では寝装用およびインテリア用繊維状充填材料の性能評価について以下の検討を行った。(1)高湿環境下での合成繊維および再生繊維からなる短繊維集合体12種の繰り返し圧縮・回復挙動について検討した。(2)寝装用およびインテリア用途のポリウレタンフォーム材料8種等を試料として、圧縮・回復特性および圧縮粘弾性特性の測定を行った。(3)有効熱伝導率の測定に基づく、低体積分率における繊維集合体の保温性の評価法に関する検討を行った。(4)市販の椅子張り地試料の風合いを明らかにするため、基本力学特性を計測した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we investigated the performance and the material properties of wadding materials for bedding and upholstery use. Following results are obtained. (1) Repeated compression and recovery behaviors under high humidity condition were investigated for the fiber assemblies made of twelve kinds of synthetic and regenerated fibers. (2) Compression and recovery property and compressive viscoelastic property were investigated for eight kinds of polyurethane foam for bedding and upholstery use. (3) Heat retaining properties of fiber assembly in low fiber volume fraction were investigated based on effective thermal conductivity. (4) Basic mechanical properties of fabrics for upholstery use were measured using KES-FB system in order to obtain fabric hand.

研究分野：被服材料学

キーワード：繊維集合体 フォーム材料 圧縮・回復特性 圧縮粘弾性 有効熱伝導率 椅子張り地 基本力学特性
風合い

1. 研究開始当初の背景

繊維状充填材料は衣料用途、寝具用途、インテリア用途等、生活必需品を用途として多用されている。そのため繊維状充填材料に対する性能評価は、個々の用途ごとに個別の性質・性能に対して行われている。とくに近年では、機能性新素材が多く出現しており、例えば吸湿発熱性をもつ繊維充填材料も見られるが、これらの性能はいまだ十分に明らかになっていない。以上のような個別の性質・性能評価法に代わり、性質・性能の評価を系統的に行うことは、これら製品の設計/製造を効率的に行い、高品質な製品を生産するために重要な課題であると考えられる。そこで本研究は繊維状充填材料の性能評価について、用途を寝装用およびインテリア用に絞り、構造、物理的性質、測定方法の諸点から検討を行おうとするものである。そして、人間に快適性をもたらすこれら性能を解明することにより、機能製新素材をも視野に収めた性能設計法を確立する。

2. 研究の目的

2 - 1. 3次元繊維塊材料の測定法の開発

繊維塊のような3次元バルク材料の測定には(平面状材料と異なる)特別な工夫が必要とされる。これは、通常、布の力学特性測定装置の標準的な測定条件が平面状材料向けに設定されているためである。圧縮をはじめとする各種力学特性測定装置および熱・水分移動特性測定装置において、繊維塊材料の測定を容易にする測定条件、アタッチメントの開発を行う。またこれまでふとん綿試料に対して適用し成果を得ることのできた圧縮粘弾性に関わる測定・評価手法を、各種用途の充填材料に拡張して適用することにより、その有効性を検討する。衣料用途およびインテリア用充填材料の高湿環境下での圧縮測定を可能とするための加湿槽を開発する。

2 - 2. 椅子張り地、クッション用張り地の風合い、物性、耐久性

椅子・クッション用張り地の力学的性質(引張り、曲げ、せん断、表面、圧縮特性)と熱・

水分伝達特性、通気性について明らかにする。さらに繰り返し、圧縮変形をうけたときや繰り返し摩擦を受けたときの耐久性について明らかにする。椅子・クッション用張り地の曲面形成能等も検討し、ウレタンやチップ等の単独の場合と組み合わせを変化させたときなど、繊維充填材料を変えたときの張り地と繊維充填材料との関係を明らかにする。

3. 研究の方法

3 - 1. 繊維状充填材料の測定方法および測定条件に関する検討

米田は繊維状充填材料の物理測定のために必要な装置の試作、治具の製作、測定条件の検討等を行う。ここで物理測定項目として、主として圧縮・回復特性、熱・水分移動特性、通気性、繰り返し圧縮・回復による疲労試験を採り上げる。米田らは、繊維塊の圧縮特性測定(含む繰り返し圧縮・回復測定)に関してはKES-G5 万能圧縮試験機を用い、アクリル製円筒治具を用いた計測方法を確立している。また同装置および治具を用いて圧縮応力緩和測定が可能であることを確認しており、圧縮クリープ測定に関しては別に試作したKES 圧縮クリープ試験機を用いて測定可能であることを確認している。これら圧縮粘弾性に関わる測定・評価手法をふとん綿以外の各種充填材料にも適用して測定を行う。圧縮特性測定に関しては、比較的厚めのシート状充填材料の標準的な試験法が未だ確立されていない。これには、KESシリーズの中の布の標準的な圧縮測定に用いられるKES-FB3 試験機を利用して、ギャップ間隔を大きく設定し、さらに圧縮子移動速度の高速化等の厚め試料向けの対策を行う必要がある。このため多少の装置の設定変更および治具製作のための作業が必要であると予想される。また、椅子用充填材料は実際には高湿環境で用いられることが多いことから、高湿環境のもとでの物性を測定するための高湿度実験槽の試作装置の検討をあわせて行う。繊維塊の熱移動特性に関しては藤本ら、繊維塊その他充填材料の熱・水分伝達特性、通気性に関しては中西

らの先行する研究があるため、これらを参考にしつつ測定可能な状態を実現する。

3 - 2 . 椅子・クッション用張り地の力学特性、熱・水分移動特性の分析

井上は椅子・クッション用張り地の力学的性質（引張り、曲げ、せん断、表面、圧縮特性）と熱水分伝達特性、通気性について明らかにする。さらに繰り返し、圧縮変形、表面摩擦を受けたときの耐久性について明らかにする。さらに充填材料が張り地に包まれた場合の曲面形成能等を検討する。また、熱伝達特性、通気特性も分析して、椅子・クッション用張り地と衣服用布地との相違点を明らかにする。あわせて充填材料と表皮材料の適合性についても検討する。

椅子・クッション用張り地の性能の主観的評価は布の透湿性、通気性から生じる快適性の感覚や美しい曲面を作る可能性に係る評価である。さらに繰り返し、圧縮変形、表面摩擦を受けたときの主観的評価も行う。充填材料に関しては透湿性、通気性に関わる快適性についての官能評価を湿度、温度が異なる条件下で評価者により手触りにより評価する。さらに、圧縮変形を受けた場合の試料についても同様の評価を行う。

また、実際に代表的な布を使用して充填材料の厚みや枚数を変えて曲面を形成し、美しく曲面が形成されているかどうか消費者により、視覚的に評価する。中綿やダウンのモデル的に作製した材料を用いて透湿性、通気性に関わる快適性について手触りにより同様の評価を行う。圧縮状態、加湿状態の試料についても同様に行う。

4 . 研究成果

(1)高湿環境下における合成繊維・再生繊維集合体の繰り返し圧縮特性の解析

本研究では、実使用時を考慮した高湿環境下での、合成繊維および再生繊維からなる短繊維集合体（12種）の繰り返し圧縮・回復挙動について検討し、その挙動を標準条件（20℃，65%RH）における結果と比較した。繊維集合体の圧縮試験には KES-G5 圧縮試

験機を用いた。得られた結果は以下の通りである。

高湿環境下での圧縮エネルギーWC は標準条件より小さいかほとんど等しい。高湿環境下での回復エネルギーWC' は標準条件とほとんど等しいか、あるいは非常に小さい。繰り返し圧縮・回復曲線の6回目のサイクルを線形化法により解析し、圧縮時の指数 n_F および回復時の指数 n_B を用いて、各素材の圧縮・回復挙動の特徴を検討した。その結果、高湿環境下において吸湿性をもつキュブラ繊維集合体の回復性がポリエステル繊維集合体よりも悪いことを実験的に捉えることができた。また、線形化法による解析が、繊維集合体の圧縮・回復挙動の把握に有効性を持つことを確認した。

KES-G5 圧縮試験機と試作した加湿装置の組み合わせにより、高湿環境下での繊維集合体の圧縮特性を捉えることができた。寝装用およびインテリア用充填材料の実使用時には、高い湿度環境が想定されるため、本研究で得られた結果は実用的に重要な意義があるものと考えられる。

(2)インテリア用緩衝材料に用いられるポリウレタンフォームの圧縮・回復挙動および圧縮粘弾性特性

インテリア用および寝具用として広く用いられている市販のポリウレタンフォーム材料8種を試料として、圧縮・回復特性および圧縮応力緩和特性、圧縮クリープ特性の測定を行い、緩衝材料としての力学的特性の特徴を検討した。

ポリウレタンフォーム材料の圧縮・回復挙動は次の3通りに分類される。圧縮変位量・ヒステリシスの小さい高反発フォーム、変位量・ヒステリシスの大きい低反発フォーム、その中間に位置するフォームである。低反発フォームの圧縮・回復曲線の特徴として、圧縮時の応力 - 歪み曲線が折れ曲がり上に凸な形状を示すこと等が捉えられた。フォーム材料の圧縮応力緩和はべき関数型の式で表示される。一方、フォーム材料の圧縮クリープ挙

動には様々なタイプのものがあった。

ポリウレタンフォームは椅子用充填材料としてきわめて多用される材料であるが、その圧縮特性に関する系統的な研究はこれまでなかった。本研究では、市販のフォーム材料の圧縮特性および圧縮粘弾性特性を、繊維集合体の研究で開発した測定技法を用いて捉えることができた。とくに、寝具用充填材料として注目されている低反発ポリウレタンフォーム(商品名:テンピュール)の力学的特徴(応力-歪み曲線が折れ曲がる)が把握できたのは貴重な知見であると考えられる。

(3) ポリエステル系モノフィラメント集合体の圧縮・回復挙動

椅子用充填材料の新素材として注目されているポリエステル系モノフィラメント集合体(商品名:プレスエアーおよびエアーウィーブ)8種を試料として、圧縮・回復特性および圧縮粘弾性特性の測定を行い、ポリウレタンフォーム系の材料との比較・検討を行った。ポリエステル系充填材料は、ポリウレタンフォーム系充填材料と比較すると、弾性回復力が高く、高反発性の素材である。ポリエステル系充填材料は、中実材料と中空材料の二つに大別されるが、比較した結果、中空素材より中実素材のほうが同じ荷重に対して変位量が大きい。以上より、中実素材は中空素材よりも柔らかい材料であるといえる。一方、圧縮粘弾性試験については、ポリエステル系充填材料は、一般に変形を生じさせるためには大きな荷重が必要であり、圧縮応力緩和試験および圧縮クリープ試験を実施しても1時間程度の測定時間の範囲内で著しい変化は認められなかった。これら材料の圧縮粘弾性試験を行うためには今後測定条件の検討が必要である。

(4) 有効熱伝導率測定に基づく繊維集合体の保温性の評価および設計

寝装用およびインテリア用充填材料の機能性の一要因として保温性が重要である。本研究では有効熱伝導率の測定に基づく、低体積

分率における繊維集合体の保温性の評価法および設計法に関する検討を行った。用いた試料はポリエステル系短繊維集合体3種、および、キュプラ短繊維集合体1種である。KES-F7サーモラボ熱特性測定装置を用いて、低体積分率における有効熱伝導率を0.01-0.4%の範囲で測定し、有効熱伝導率曲線を求め、非線形回帰分析を行った。その結果、繊維集合体の有効熱伝導率に対する寄与が最も大きいのはガス伝導成分であり、次いで繊維伝導成分であることが判明した。輻射伝熱成分は本体積分率の範囲内で無視できるほど小さい。以上の知見は、繊維集合体の保温性の合理的な評価/設計に役立つ。

寝装用および椅子用充填材料に要求される快適性能のうち、とくに冬季の使用に際して保温性が非常に重要であるが、繊維集合体の有効熱伝導率測定に基づき、伝熱機構を考慮した保温性の評価法および設計法を確立することができた。本方法は、繊維状断熱材料一般の保温性の評価に応用可能な成果であると考えられる。

(5) 椅子張り地の力学特性・物理特性と風合いおよび快適性との関係

椅子張り地の風合いと快適性との関係を明らかにすることを目的として、市販の椅子張り地試料89種を使用して、布の基本力学特性をKES-FBシステムを用いて計測し、初期熱流束最大値 q_{max} を冷温感テスターで計測した。さらに、椅子張り地として使用する際に必要な耐久性について検討するため、同試料に対して繰り返し圧縮・回復試験(30回)を実施した。

椅子張り地の素材は、織布、添毛織り布、皮革の3種のタイプに分けられるが、それぞれの力学的な特徴について検討を行った。添毛織り布はつぶされ易いが反発性が悪く、織り布はつぶされにくく反発性がよいという特徴が見られた。皮革は織布よりもさらにつぶされにくく反発性がよいことがわかった。素材のタイプに応じて使い分けが必要である。一方、椅子の風合いに関連すると考えられる

接触冷温感評価、布の滑らかさ評価、布の圧縮柔らかさ評価、布の快適性の4項目について官能試験を実施し、人間に適合する椅子張り地の基本的な物性と官能評価との関係を調べた。

以上、椅子張り地単独の力学特性に関してその特徴を把握することができたが、椅子張り地は通常、充填材料と組み合わせた形で使用される。そこで、実用的には、椅子張り地と充填材料からなる複合系の力学的挙動に関する検討が今後必要であると考えられる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計7件)

1. 中島 千恵, 米田 守宏: 高温環境下における合成繊維・再生繊維集合体の繰り返し圧縮・回復特性の解析, *Journal of Textile Engineering*, 査読有, Vol.60, No.1, 2014, 15-21

2. 米田 守宏, 中島 千恵, 井上尚子: インテリア用緩衝材料に用いられるポリウレタンフォームの圧縮・回復特性および圧縮粘弾性特性, *繊維製品消費科学*, 査読有, Vol.55, No.11, 2014, 61-68

3. 米田 守宏, 角有沙子: 布の厚さおよび低温側境界条件が布の接触冷温感評価値に与える影響, *Journal of Textile Engineering*, 査読有, Vol.61, No.1, 2015, 1-11

4. 米田 守宏: 夏用および冬用紳士服地の摩擦変動曲線と表面粗さ曲線の相関解析, *Journal of Textile Engineering*, 査読有, Vol.62, No.2, 2016, 17-26

5. 井上尚子, 鷲崎ハイジ, 上甲恭平, 高橋勝六: 衣服の保温性に関わる布の吸湿速度, *日本家政学会誌*, 査読有, Vol. 64, No. 11, 2013, 695-704

6. 井上尚子, 上甲恭平, 高橋勝六: 衣服の保温性に関わる布の吸湿に伴う温度上昇の動的

分析, *日本家政学会誌*, 査読有, Vol. 65, No. 10, 2014, 575-585

7. 須田成美, 河田敏勝, 上甲恭平, 井上尚子, 高橋勝六: 衣服の保温性のための詰め物による放射熱移動の遮へい性, *日本家政学会誌*, 査読有, Vol. 67, No. 1, 2016, 14-22

[学会発表](計17件)

1. 米田守宏, 角有沙子, 三浦優菜: 布の接触冷温感評価値 q_{max} の布表面構造による予測, 第66回日本繊維機械学会年次大会, 大阪 (2013)

2. 米田守宏, 小川茜, 朱亀早穂: 布の表面粗さ曲線と摩擦変動曲線の相互相関解析に関する考察, 第66回日本繊維機械学会年次大会, 大阪 (2013)

3. 中島千恵, 米田守宏: 高温環境下における合成繊維・再生繊維集合体における繰り返し圧縮・回復特性の解析, 第66回日本繊維機械学会年次大会, 大阪 (2013)

4. Morihiro YONEDA and Asako SUMI, "Prediction of Fabric Warm/Cool Feeling, q_{max} by Surface Structure Parameters", The 42nd Textile Research Symposium at Mt. Fuji (2013)

5. Morihiro YONEDA and Asako SUMI, "An Observation of Contact Pressure Distribution between Rigid Body and Fabric Surface", The 42nd Textile Research Symposium at Mt. Fuji (2013)

6. 米田守宏, 角有沙子, 笹木綾乃, 明田礼音: フィンガーセンサ法を用いた布の接触冷温感の評価に関する研究, 第67回日本繊維機械学会年次大会, 大阪 (2014)

7. 米田守宏, 山本一葉, 仲野かな: 接触子の素材が布の表面摩擦特性に与える影響, テフロン接触子およびシリコンゴム接触子の場合, 第 67 回日本繊維機械学会年次大会, 大阪 (2014)
8. 中島 千恵, 米田 守宏, 井上尚子: インテリア用緩衝材料に用いられるポリウレタンフォームの圧縮・回復特性および圧縮粘弾性特性, 日本繊維製品消費科学会年次大会, 京都工芸繊維大学 (2014)
9. 永松 理沙, 米田 守宏: サーモラボによる透湿防水性布の熱・水分移動特性の評価, 日本繊維製品消費科学会年次大会, 京都工芸繊維大学 (2014)
10. 井上尚子, 丹羽雅子, 米田守宏: 椅子張り地の力学特性と風合い, 日本繊維製品消費科学会年次大会, 京都工芸繊維大学 (2014)
11. Morihiro YONEDA and Asako SUMI, "Investigation on Objective Measurement of Fabric Warm/Cool Feeling by Finger Sensor Method", Proceedings of the International Symposium on Fiber Science and Technology 2014, Tokyo (2014)
12. Morihiro YONEDA and Asako SUMI, "Objective Measurement of Fabric Warm/Cool Feeling by Finger Sensor Method", The 43rd Textile Research Symposium in New Zealand, Christ Church (2014)
13. Morihiro YONEDA and Risa NAGAMATSU, "Heat and Moisture Properties in Clothing System including Breathable Water Proof Fabrics", The 43rd Textile Research Symposium in New Zealand, Christ Church (2014)
14. Takako INOUE, Masako NIWA and Morihiro YONEDA, "Mechanical Properties and Hand Evaluation of Chair Upholstery", The 43rd Textile Research Symposium in New Zealand, Christ Church (2014)
15. 米田守宏, 太田智子, 五艘沙紀: フーリエ空間比較法による布表面摩擦特性の解析と設計, 第 68 回日本繊維機械学会年次大会, 大阪 (2015)
16. 中島 千恵, 米田 守宏, 川原幸乃: キュプラ・ポリエステル短繊維集合体の有効熱伝導率の測定, 第 68 回日本繊維機械学会年次大会, 大阪 (2015)
17. 米田守宏, 徳永五月: 接触子の形状が布の表面摩擦特性に与える影響, 日本繊維製品消費科学会年次大会, 信州大学 (2015)

6. 研究組織

(1)研究代表者

米田 守宏 (YONEDA, Morihiro)
奈良女子大学・生活環境科学系・准教授
研究者番号: 20158538

(2)研究分担者

井上 尚子 (INOUE, Takako)
椋山女学園大学・生活科学部・准教授
研究者番号: 80184753