

令和 5 年 10 月 23 日現在

機関番号：13601

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K14032

研究課題名（和文）クッション性を持ちかつ衣類として着用可能な Spacer 織物の新規設計手法の確立

研究課題名（英文）Establishment of a new design method for a spacer fabric with cushion properties

研究代表者

朱 春紅（ZHU, CHUNHONG）

信州大学・学術研究院繊維学系・准教授

研究者番号：80773100

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000 円

研究成果の概要（和文）：高齢者の転倒による骨折で寝たきりや心肺機能低下、さらに死亡に至ることが生じる。そのため、転倒時の衝撃を軽減するため、クッション性を持った生地の開発が重要である。先行研究では三次元円形断面構造織物の設計方法を開発したが、構造上において樹脂リッチが発生し、より優れた構造設計が必要だと考えられる。

そのため、本研究は汎用のジャカード織機でも製織することの可能なハニカム断面構造三次元織物の設計方法を提案した。ハニカム構造に着目し、セルのサイズや厚み、糸の織度等をパラメータとし、数種類のサンプルを製織し、樹脂と複合・成形してから、圧縮特性を評価し、各パラメータの影響を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は高齢者等転倒時の衝撃を軽減するため、クッション性を持った生地の開発に関する研究である。現在のジャカード織機を用いて、断面がハニカム形状で、異なるセルサイズの三次元テキスタイルを設計、製織した。さらに、これらのテキスタイルを用いて、ポリウレタン樹脂と複合して複合材料を作製した。クッション保護性を評価するため、圧縮試験を行ない、セルサイズや厚みなどがクッション性に及ぼす影響を明らかにした。本研究で提案したテキスタイルを着用すれば、高齢者等の転倒による衝撃を軽減することが考えられる。

研究成果の概要（英文）：Fractures caused by falls in the elderly can lead to bedridden, impaired cardiopulmonary function, and even death. Therefore, it is important to develop a fabric with cushioning properties in order to reduce the impact when falling. In previous research, we developed a design method for fabrics with a three-dimensional circular cross-section structure, but resin richness occurs in the structure, and it is thought that a better structural design is necessary. Therefore, in this study, we proposed a design method for three-dimensional honeycomb cross-sectional structure fabrics that can be woven even with a general-purpose Jacquard loom. Focusing on the honeycomb structure, several types of samples were woven using parameters such as cell size, cell thickness as well as thread fineness, and after being composited and molded with resin, the compression characteristics were evaluated, and the effects of each parameter were clarified.

研究分野：テキスタイル工学

キーワード：三次元テキスタイル 中空ハニカム構造 クッション性 圧縮特性 複合材料

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

高齢者は神経系の加齢変化などによって転倒が多発している。転倒すると骨折で寝たきり、慢性硬膜下血腫による心肺機能低下、さらに死亡に至ることが生じる。そのため転倒による衝撃を軽減し、身体を保護するクッション性のある衣服の開発は重要である。一方、膝当て、腕当てなどはスポンジ、ポリウレタンなどの充填材を使ってクッション性を与えている。しかし、これらは曲げにくく、体にフィットしない、また通気性が悪く、特に暑熱環境では蒸し暑い不快感を与える。

そこで、テキスタイルを用いたクッション材の研究が多数行われている。その中では、たて編機を用いてクッション性のあるスパーサーファブリックを開発することが多い。通気性は改善されるが、体にフィットしにくく、衣服としては使えない。不織布積層法を用いてのクッション保護具開発も行われていたが、縦方向での力学特性が低いため、実用に至らなかった。

申請者は今まで特殊構造を持つ三次元テキスタイルの開発方法を検討し、一般の織機でも複雑なT字構造などの設計、製織が可能になった。また、本申請の先行研究として、クッション材用三次元中空円形構造織物を開発し、円形構造複合材料の耐衝撃性への影響を検討した。その結果、直径が小さいほど材料の耐衝撃性が高く、クッション材として使用することが可能となった。しかし、中空円形構造織物複合材料においては、樹脂リッチが発生し、性能に影響すると考えられる。

2. 研究の目的

本研究は中空円形構造織物が成型時の樹脂リッチについて構造の改善を目指し、自然界の蜂の巣から発想を得て、形状につよいハニカム構造をクッション材の基本構造とし、その織物の設計、製織、及び複合材料化、さらに構造が圧縮特性に及ぼす影響を検討することを目的とする。本研究を実施することで、ハニカム構造織物がクッション材としての応用可能性を検討し、クッション保護具の設計手法を提案する。

3. 研究の方法

研究を設計・製織、複合材料の作製及び評価に分けて進める。

(1)三次元ハニカム構造織物の設計・製織

今回は一般の織機でも製織可能な三次元ハニカム構造織物を提案し、その設計方法を検討する。図1にはハニカム構造を示し、それぞれ複数個の六角形を重ね、三層(3L)、四層(4L)と定義する。ここで、セルユニットは6つの壁で形成された長さ l とした正六角形である。セルの高さ h は $2/\sin \theta$ から求めることができる。

図1(a)の構造をもとに、よこ方向に沿った断面図を図2(a)に示す。平織りを使用し、接続部のセルサイズ c は l と同じであった。

製織にはジャカード織機を使用した。たて糸にはポリエステル紡績糸(50tex)を使用し、織密度は24.0本/cmとした。よこ糸にはポリエステルフィラメント糸(13.5tex×2)を使用し、織密度は42.5本/cmとした。図2(b)に l が4.5mmの場合の三層サンプルの断面図を示す。この他に、図1(b)に示す4層織物も作製した。よこ糸の織度が圧縮特性に及ぼす影響を検討するために、原糸の1.5倍(13.5tex×3)および2倍(13.5tex×4)のよこ糸を用意し、生地を作製した。織物サンプルは、層数とよこ糸の太さに基づいて、 $nL-fW$ として定義した。ここで、 n は層数、 L は層、 f は元のよこ糸と比較したよこ糸の織度、 W は緯糸を表す。たとえば、3L-1Wは、13.5tex×2のよこ糸を用いた3層の生地を指す。本研究は6種類のハニカム構造織物(3L-1W、3L-1.5W、3L-2W、4L-1W、4L-1.5W、4L-2W)を製織した。

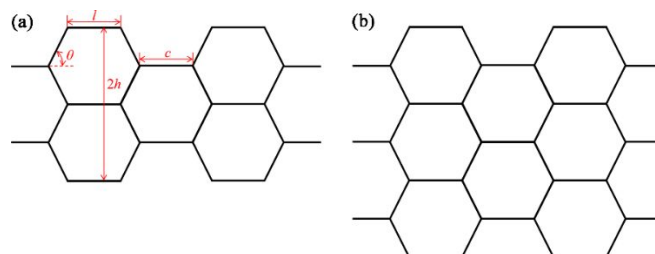


図1. 提案したハニカム構造. (a)三層構造、(b)四層構造

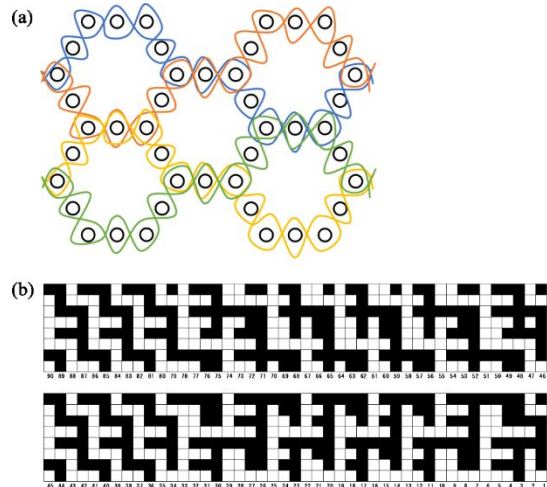


図 2 . (a)三層構造織物の断面図、(b)組織図

(2) 複合材料の作製及び評価

製織した三次元八ニカム構造織物は、ポリウレタン樹脂を用いて複合材料に成形した(図 3)。その後、材料のクッション性を評価するため、圧縮試験を行なった。材料の厚みの 80%まで圧縮し、その力-変位から、応力-ひずみ曲線を作成し検討した。評価パラメータとして、ひずみが 65%になった時の圧縮応力 ($CV_{65\%}$)、圧縮プロセスにおける吸収されたエネルギー (EA) 及び圧縮レジリエンス(CR)を用いて評価し、よこ糸の太さや層数が圧縮特性に及ぼす影響を検討した。さらに圧縮のメカニズムも解明した。

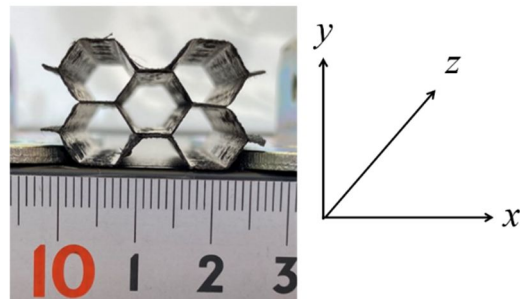


図 3 . 作製したサンプルの写真

4 . 研究成果

今回ジャカード織機を用いて、設計した三次元八ニカム構造織物の製織ができた。また、ポリウレタン樹脂と複合して作製した複合材料は圧縮試験を用いてクッション性を評価した。結果として、よこ糸の太さが太いほど、圧縮圧力 $CV_{65\%}$ 、吸収エネルギーEA が高いことが分かった(図 4、5)。また、3L-fW 複合材の方が 4L-fW よりも高い圧縮特性を示した。その理由は、複合材料の機械的特性に影響を与える重要なパラメーターである繊維の体積含有量であると考えられた。総織り密度が同じであるため、3層複合材の繊維体積含有量は4層布複合材よりも高く、その結果、許容安全応力とエネルギー吸収能力が高くなったと考えられる。

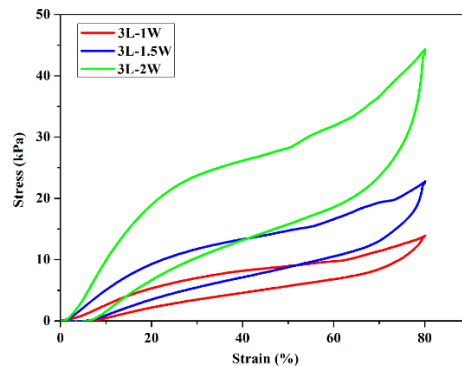


図 4 . 3層構造織物複合材料の S-S 曲線

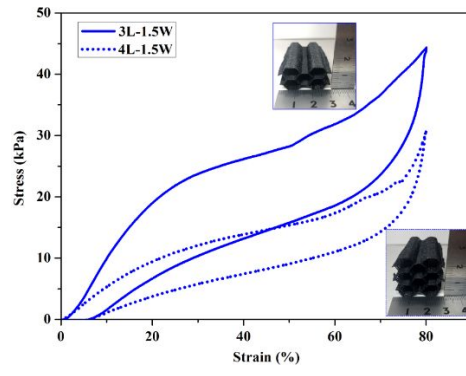


図 5 . 4 層構造織物複合材料の S-S 曲線

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Zhu Chunhong, Mori Tokio, Miyamoto Tatsuhiko, Osaki Sae, Shi Jian, Morikawa Hideaki	4. 巻 29
2. 論文標題 Compression Property of Three-dimensional Honeycomb-structured Fabric Composites	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Composite Materials	6. 最初と最後の頁 373 ~ 385
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10443-021-09965-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Chunhong Zhu
2. 発表標題 Design of three dimensional hollow-structured fabric composites and their compression property
3. 学会等名 2021 China-Japan Academic and Technical Exchange Conference on Composite Materials（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大崎早恵、朱春紅、施建、森川英明、鮑力民
2. 発表標題 格子型サンドイッチ構造の一体化製織方法の検討
3. 学会等名 日本繊維機械学会第73回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大崎早恵、朱春紅、施建、森川英明、鮑力民
2. 発表標題 格子型サンドイッチ構造CFRPの製作
3. 学会等名 2020年繊維学会秋季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Chunhong Zhu, Tokio Mori, Tatsuhiko Miyamoto, Sae Osaki, Hideaki Morikawa
2. 発表標題 Compression property of 3D hollow-structured fabric composites
3. 学会等名 The 9th World Conference in 3D Fabrics and Their Applications (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森斗輝夫、宮本竜光、朱春紅、森川英明
2. 発表標題 八二カム構造三次元織物複合材料の圧縮特性評価
3. 学会等名 繊維学会秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮本竜光、森斗輝夫、朱春紅、森川英明
2. 発表標題 三次元中空織物を用いた熱可塑性複合材料の成形方法の検討
3. 学会等名 繊維学会秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	森 斗輝夫 (Mori Tokio)	信州大学・総合理工学研究科・繊維学専攻 (13601)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	宮本 竜光 (Miyamoto Tatsuhiko)	信州大学・総合理工学研究科・繊維学専攻 (13601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関