

令和 6 年 6 月 27 日現在

機関番号：32618

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K13828

研究課題名（和文）吸水を利用した天然繊維の疲労特性の向上に関する研究

研究課題名（英文）Study of Fatigue Property of Natural Fiber by Water Absorption

研究代表者

加藤木 秀章（Katogi, Hideaki）

実践女子大学・生活科学部・准教授

研究者番号：00625296

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：繊維製品のSDGsに寄与する天然繊維を用いた布地の疲労に関する研究について調べる必要がある。羊毛繊維、絹繊維、綿繊維は特徴ある構造や親水性を有しており、吸湿後の天然繊維を用いることで布地の機械的特性が改善する可能性がある。そこで、本研究では水分を含んだ天然繊維を用いた布地の疲労特性に関する研究を行った。その結果、吸湿後の絹繊維や羊毛繊維をはじめとした動物繊維を用いた布地の疲労寿命は比較的良好であった。しかし、植物繊維である綿繊維を用いた布地の疲労寿命においては、未湿潤の場合と比べ低下した。そのため、吸水させた天然繊維を用いた布地の組織が疲労寿命に影響を及ぼすことを示唆することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

繰返し負荷中の被服材料の疲労特性および疲労メカニズムを明らかにし、天然繊維の吸水性を利用して繊維製品の寿命を向上させることにある。本研究結果は、疲労特性に優れた次世代の被服材料の設計・開発に寄与することができ、吸水後の天然繊維を用いた布地の疲労に関する知見を取得することができる。

研究成果の概要（英文）：We should be examined the study on fatigue property of cloth using natural fiber for SDGs of fiber products. Wool, silk and cotton fibers as natural fiber has special structure and hydrophilicity. Mechanical properties of the cloth using natural fiber will be improved by wet treatment. So, study on fatigue property of cloth using natural fiber after wet condition was investigated for improvement. As a result, cloths using wool and silk fibers have good fatigue life after wet condition. But fatigue life of cloth using cotton fiber at dry condition was longer than that of the cloth using cotton fiber at wet condition. Therefore, the fatigue life of cloth using natural fiber was probably affected by structure in the cloth because wool, silk and cotton fibers absorbed moisture.

研究分野：被服材料

キーワード：繊維 疲労 耐久性 吸水

1. 研究開始当初の背景

世界の衣服市場は、2025年で約300兆円規模になることが予想¹⁾されており、拡大傾向にある。繊維生産量も同様に増加傾向が示され、全繊維の30%が天然繊維である。依然として、天然繊維は利用され続けており、その生産量は2007年から2017年までほとんど変化していない²⁾。天然繊維は独特な性質や構造等により、優れた吸水性や肌触り、着心地を有する繊維製品の材料である。天然繊維の疲労に関する研究報告例では、丹羽ら³⁾が繰返し変形後の羊毛の繊維物および編布の風合い劣化やくたびれ現象について明らかにしている。研究代表者は、断面形状を考慮した植物繊維の疲労試験や、自作の試験機を利用して定荷重試験を行ったところ、繰返し引張負荷により繊維表面から発生したき裂から疲労破壊に至ることを明らかにした^{4,5)}。疲労特性についての研究は、サトウキビ繊維や亜麻繊維と石油由来のエポキシ樹脂を用いた複合材料に関する報告^{6,7)}がなされているが、近年の繊維製品の材料としての天然繊維の疲労特性に関する研究報告例はほとんど見当たらない。天然繊維を用いた繊維製品においては、日常の着脱や運動による繰返し引張負荷・伸縮等が生じ、長期耐久性である疲労特性が重要となり、その向上に関する知見も必要となる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、天然繊維(植物繊維や動物繊維)を用いた繊維製品の材料の疲労特性を明らかにした上で、吸水時の疲労特性やその向上に関わる知見を取得することにある。繊維の疲労に関する研究においては、繰返し負荷が繊維製品の着心地などの風合いや耐久性に影響を及ぼすことが報告されている。そこで、吸水の有無による布地の静的引張試験や疲労試験、表面観察による結果から比較・検討し、疲労特性を明らかにする。本研究は、疲労特性に優れた次世代の繊維製品の設計・開発にも寄与する。

3. 研究の方法

材料は、絹繊維、綿繊維、毛繊維を用いた各布地を利用し、吸水時の疲労について検討するため、絹繊維、綿繊維、毛繊維を用いた各布地の疲労試験では、試験前にデシゲーターを利用して吸湿の調整(24時間、93%RH)を行った。未処理および湿潤環境を施した綿繊維、毛繊維、絹繊維を用いた各布地の静的引張試験も実施し、比較・検討後に疲労試験の条件を決定した。静的引張試験機には、万能試験機を用い、疲労時の破壊にかかわる知見を取得するため、疲労試験後の各布地を観察した。試験環境は室温で実施し、標点間距離は100mmとした。疲労試験機には、電磁式疲労試験機(EMT-5kNV-50 株式会社島津製作所)を用い、繰返し周波数は10Hzとし、標点間距離は100mmとした。各試験後、各布地の表面観察も実施し、比較・検討も行った。

4. 研究成果

未吸湿および吸湿後、最大応力90%の条件での羊毛繊維および絹繊維、綿繊維を用いた各布地の疲労寿命について図1~3に示す。各布地の疲労試験結果より、羊毛繊維を用いた布地が絹繊維および綿繊維の場合と比べ、最も疲労寿命が長くなった。また未吸湿時の羊毛繊維を用いた布地の疲労寿命は30万回程度となった。吸湿させた場合、羊毛繊維を用いた布地の疲労寿命は未吸湿の場合と比べ長くなった。絹繊維を用いた布地の場合では、布地を吸湿させることで疲労寿命が未吸湿の場合と比べ大幅に長くなった。しかしながら、綿繊維を用いた布地の場合、吸湿時の疲労寿命は未吸湿時の場合と比べ短くなった。一般的には、綿繊維の構成材料としてセルロースが主に構成されており、親水性を示すことが知られている。また動物繊維はタンパク質で構成されており、羊毛繊維は特殊な表層の特徴を持ち、吸湿性を示すことも知られている。そのため、吸湿が布地の疲労特性に影響を及ぼしたことが考えられる。

吸湿・疲労試験後の綿繊維および羊毛繊維を用いた各布地の破壊様相の一例を図4,5に示す。疲労試験後の綿繊維を用いた布地の破壊では、たて・よこ方向で構成されている組織で引き裂かれていることがみられた。また、試験片の長手方向の糸が破断し、糸の引き抜けもみられ、繰返し負荷除荷中においてたて・よこ方向に綿糸で構成されている布地の組織が疲労寿命に影響を及ぼしていることを示唆している。

羊毛繊維を用いた布地の場合、たて・よこ方向に糸が構成されている組織では糸間隔が大きくなっていることがみられていた。一般的には、動物繊維の破断ひずみは植物繊維の場合よりも大きいことが知られており、上述のように、羊毛繊維および綿繊維ともに吸湿することも知られている。しかしながら、繰返し負荷除荷中の羊毛繊維を用いた布地の組織内部の大きな糸間隔に違いが生じていた。そのため、繰返し負荷除荷中において構成されている組織内部の摩擦が繊維を吸湿させることにより疲労寿命に影響を及ぼしたものと考えられ、大変有意義な知見を取得することができた。

本研究では、湿潤後の天然繊維を用いた布地の疲労の向上に関する研究に寄与する知見取得のために湿潤前後の布地の疲労特性について調べた。その結果、以下のことがわかった。繰返し負荷除荷の疲労試験を実施したところ、絹繊維や羊毛繊維をはじめとした動物繊維を用いた布地の疲労特性は比較的良好であるものの、布組織の構造が起因し、破断にいたることがわ

かった。また湿潤させることで疲労特性が向上することも確認できたものの、植物繊維である綿繊維を用いた布地の疲労特性においては、未湿潤の場合と比べ低下した。そのため、吸水させた布地の組織が疲労寿命に影響を及ぼすことを示唆することができた。

参考文献

- 1) 金田, 繊維学会誌, Vol.75, pp.P-118-P-130, 2019.
- 2) 日本化学繊維協会 HP, <https://www.jcfa.gr.jp/>.
- 3) 丹羽ら, 繊維機械学会誌, 29, pp.T171-T182, 1976.
- 4) 加藤木ら, 日本複合材料学会誌, 41, pp.47-54, 2015
- 5) 加藤木ら, 日本複合材料学会誌, 41, pp.25-32, 2015
- 6) Vedrtnam et al., Compos. B Eng., 175, 2019
- 7) Malloum et al., J. Compos. Mater., 53, pp.2927-2939, 2019.

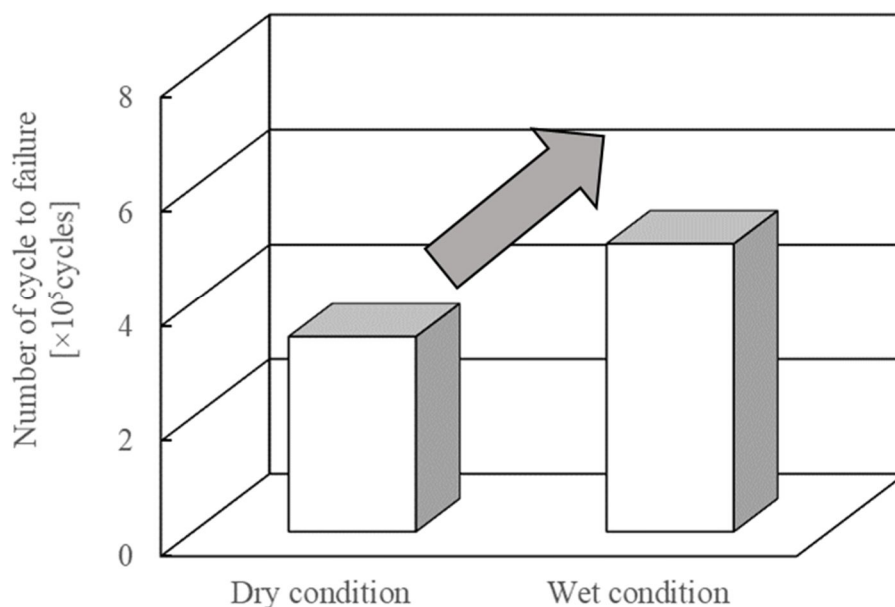


図1 羊毛繊維を用いた布地の疲労寿命(最大応力 90%の条件)

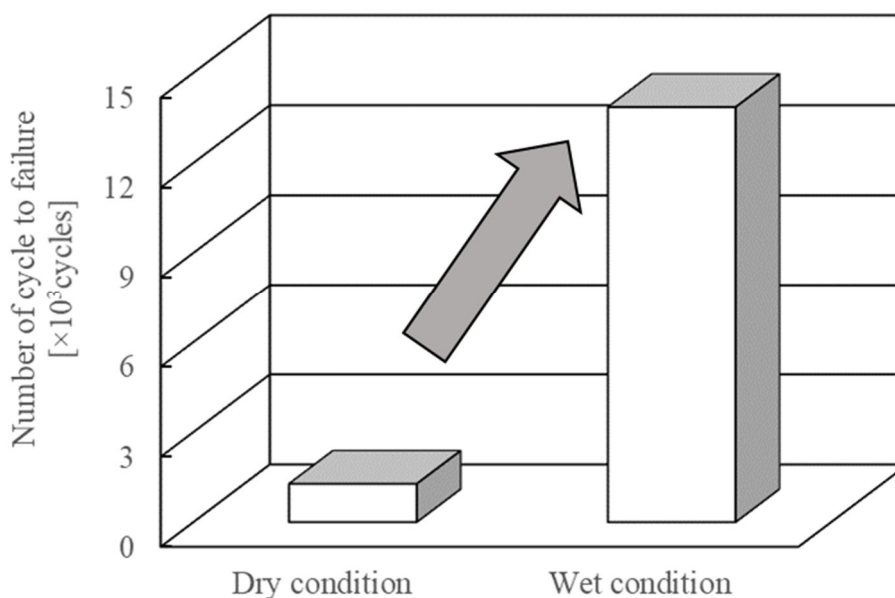


図2 絹繊維を用いた布地の疲労寿命(最大応力 90%)

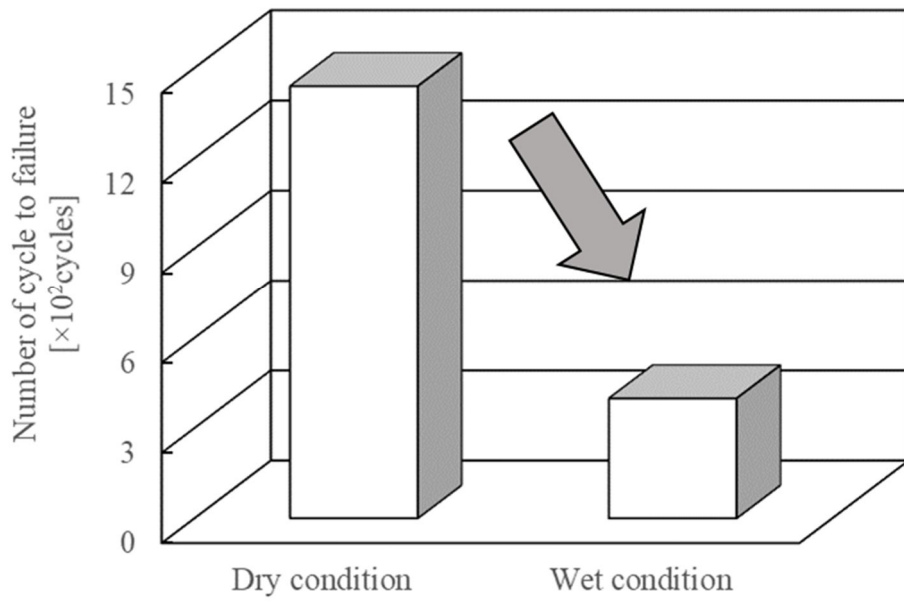


図3 綿繊維を用いた布地の疲労寿命(最大応力 40%)

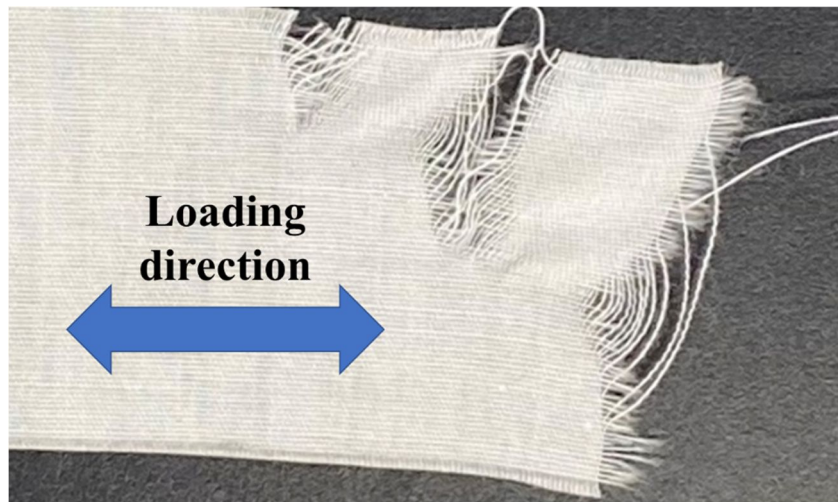


図4 湿潤時の綿繊維を用いた布地の破壊の一例(疲労後)

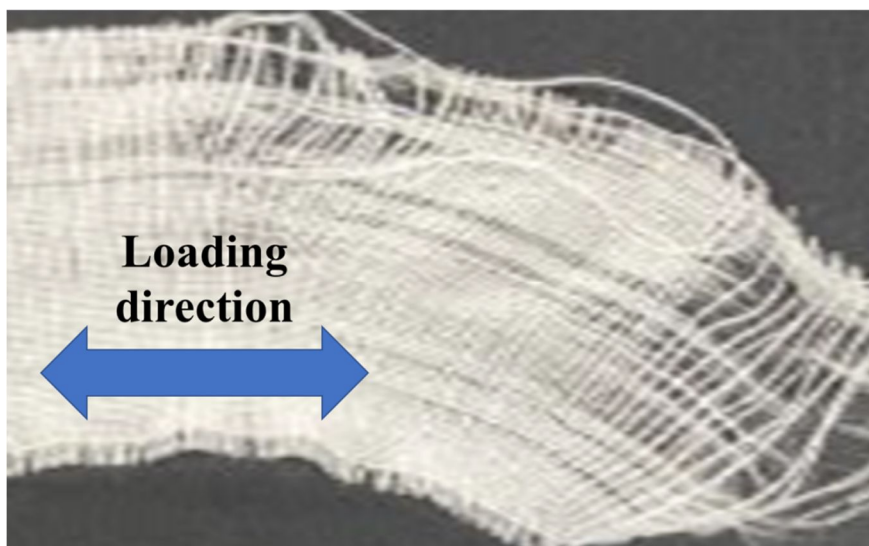


図5 湿潤時の羊毛繊維を用いた布地の破壊の一例(疲労後)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 加藤木秀章
2. 発表標題 湿潤後の絹織布の疲労耐久性の評価
3. 学会等名 第15回日本複合材料会議
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 加藤木秀章
2. 発表標題 繰返し引張負荷を受ける布の力学的耐久性評価
3. 学会等名 日本繊維製品消費科学会2023年度年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 加藤木秀章
2. 発表標題 天然繊維燃糸を用いた織物布の長期耐久性の評価
3. 学会等名 日本材料学会複合材料部門委員会第29回グリーンコンポジットWG会合および研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 加藤木秀章
2. 発表標題 天然繊維糸で構成された布の耐久性に関する研究
3. 学会等名 日本材料学会部門合同研究会GCWG 燃糸力学小委員会/確率過程応用研究分科会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 加藤木秀章
2. 発表標題 湿潤状態における毛織物の疲労耐久性評価
3. 学会等名 日本家政学会第74回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三浦南, 加藤木秀章, 恒川弥子
2. 発表標題 毛糸の強度評価および疲労挙動
3. 学会等名 日本家政学会若手の会2021年度若手学術交流会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 萱沼美咲, 加藤木秀章, 恒川弥子
2. 発表標題 天然繊維を用いた布の寿命評価
3. 学会等名 日本家政学会若手の会2021年度若手学術交流会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤木秀章, 恒川弥子
2. 発表標題 綿織物の疲労耐久性評価
3. 学会等名 日本家政学会第73回大会
4. 発表年 2021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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------