

氏 名	レコズ ウリス LE COZ ULYSSE
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 1 1 9 7 号
学位授与の日付	令和 7 年 3 月 21 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科 ・ 専 攻	工芸科学研究科 先端ファイブ科学専攻
学 位 論 文 題 目	Study on the geometry design and compression behaviour of weft-knitted spacer structures (横編みスペーサー構造の形状設計と圧縮挙動に関する研究)
審 査 委 員	(主査)教授 佐久間 淳 教授 桑原 教彰 准教授 石井 佑弥 香港理工大学准教授 Yu Annie

論文内容の要旨

本論文は、ニット構造の実用的な設計に関して、特にスペーサーファブリックを対象とした研究を行い、その成果について報告するものである。

まず第 1 章において、本研究の背景と本論文の目的および構成について記している。特に、スペーサーファブリックを設計するための様々な幾何学的モデルを示し、さらにその圧縮挙動を説明するための研究についても示している。

第 2 章では、実験手順の詳細と、本論文で使用する材料および機器について示している。

第 3 章では、スペーサーファブリックに対する厚さ測定法について示している。特に、この材料特有のうねり等に起因する課題に対して、これが正規分布に従うものとして圧縮前のファブリックの状態を記述することで、圧縮の開始点の客観的な定義を可能としている。また、スペーサーファブリックを弾性変形モデルで表現する方法に基づき、大きな圧縮変形の挙動を記述している。特に、スペーサー糸の座屈の平均的な挙動をモデル化した成果について、実験による圧縮挙動の比較から妥当性を論じている。

第 4 章では、スペーサー層に関するいくつかの仮説的な幾何学モデルを提案しており、特にこれらのモデルの圧縮挙動について有限要素解析を用いたシミュレーションによって比較・検証している。この結果、スペーサー糸の変形挙動の記述には、平面内で互いに反対方向に曲がる 2 つの円弧のような圧縮挙動が適していることを明らかとしている。さらに、前で示した二重円弧モデルに関して、はりの変形解析モデルを適用することで、スペーサー糸の圧縮挙動を数理的に解析する方法を示している。ここでは、特に解析により特に得られた圧縮挙動の結果を幾何学的モデルと関連づけることで、スペーサーファブリックの構造パラメータから製品の圧縮特性を予測する方法の実用性を論じている。

最期に結論として、ニット構造のパラメータと簡単な関係式のみにより、その圧縮特性を試験することなく予測できる設計方法のモデルに関する研究成果を包括的に示している。

論文審査の結果の要旨

スパーサーファブリックは、その構造から様々な変形特性を創造できる新たな素材として期待されているが、その構造と製品特性との関連性の解析に課題が多く、この解消による実用的なデザイン方法の確立が求められている。

そこで本博士論文は、ニット構造の実用的な設計に関して、特にスパーサーファブリックを対象とした研究を行い、その成果について報告するものである。

まず、本研究の背景と本論文の目的および構成について記した上で、特にスパーサーファブリックを設計するための様々な幾何学的モデルを示し、さらにその圧縮挙動を説明するための研究についても示している。次に、実験手順の詳細と、本論文で使用する材料および機器について示すとともに、スパーサーファブリックに対する厚さ測定法について示している。特に、この材料特有のうねり等に起因する課題に対して、これが正規分布に従うものとして圧縮前のファブリックの状態を記述することで、圧縮の開始点の客観的な定義を可能とする方法を示している。また、スパーサーファブリックを弾性変形モデルで表現する方法に基づき、大きな圧縮変形の挙動を示している。ここでは、特にスパーサー糸の座屈の平均的な挙動をモデル化した成果について、実験による圧縮挙動の比較から妥当性を論じている。さらに、スパーサー層に関するいくつかの仮説的な幾何学モデルを提案しており、特にこれらのモデルの圧縮挙動について有限要素解析を用いたシミュレーションによって比較・検証している。この結果、スパーサー糸の変形挙動の記述には、平面内で互いに反対方向に曲がる 2 つの円弧のような圧縮挙動が適していることを明らかにしている。この二重円弧モデルに関しては、はりの変形解析モデルを適用することで、スパーサー糸の圧縮挙動を数理的に解析する方法も示している。また、特に解析により特に得られた圧縮挙動の結果を幾何学的モデルと関連づけることで、スパーサーファブリックの構造パラメータから製品の圧縮特性を予測する方法の実用性を論じている。最終的に、ニット構造のパラメータと簡単な関係式のみにより、その圧縮特性を試験することなく予測できる設計方法のモデルに関する研究成果を包括的に示して結論としている。

本論文の基礎となっている学術論文は、レフェリー制度の確立した雑誌に掲載された、次に示す申請者を筆頭著者とする学術論文 2 報である。また、いずれの論文においても、二重投稿等の研究者倫理に反することがないことを確認している。

(基礎論文)

1. Le Coz Ulysse, Ringenbach Pierre, Sakuma Atsushi and Yu Annie, Flattening behaviour of weft-knitted spacer fabrics, *Discover Mechanical Engineering*, 3(1), 44. (2024), <https://doi.org/10.1007/s44245-024-00078-z2>.
2. Le Coz Ulysse, Zhang Yue, Ringenbach Pierre, Sakuma Atsushi and Yu Annie, Mechanical model for the compression of weft-knitted spacer fabrics, *Discover Mechanical Engineering*, 4(1), 22. (2025), <https://doi.org/10.1007/s44245-025-00103-9>.

以上の結果より、本論文の内容は新規性と独創性、さらに学術的な意義に加えて工学的な意義もあり、博士論文としての水準に到達していると審査員全員が認めた。