

令和 5 年 5 月 7 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2022

課題番号：21K18004

研究課題名（和文）身体運動に追従するウェアラブルメタマテリアルの動的デザイン手法の研究

研究課題名（英文）Reserach on Dynamic Design Method for Wearable Metamaterial Following Body Movement

研究代表者

村松 充（Muramatsu, Mitsuru）

東京大学・生産技術研究所・特任助教

研究者番号：90794173

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）：3Dプリンティングとも呼ばれるAdditive Manufacturing（AM）という新しいものづくりの手法と、プログラムを用いた設計支援を組み合わせ、身体に装着するプロダクトのデザイン手法を探索することを目的に研究を行った。AMの特徴を活かし、微細な構造を組み合わせることで部分毎に柔らかさ、変形特性の異なる素材のような振る舞いを実現できる。これを用いて変形する身体に追従する構造要素を探索した。身体の装着を想定し曲面や曲線を基本とした構造を、動的な変形をシミュレートしながら設計できるツールを開発した。また、一体で造形しながら手の指のように変形する構造等の設計、試作を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我々の身体は一人ひとり異なるものであり、常に動き続けているものである。衣類をはじめ、眼鏡など身体機能を補完するもの、近年はスマートウォッチのような小型のコンピューターを身に付けるのが一般的になっている。本研究で探索・開発を行った3Dプリンティングによる身体装着デバイスの設計手法は、これまでにないウェアラブルデバイスの開発につながる事が期待される。従来のデバイスでは難しい人体の複雑な動き・状態のセンシングや、快適な装着感の実現、ロボット等複雑なシステムによる人間拡張等の可能性を上げることが期待される。

研究成果の概要（英文）：The aim of this research is to investigate a new approach to designing wearable products using Additive Manufacturing (AM), a novel production method commonly known as 3D Printing, through practical application. AM technology provides the capability to fabricate intricate shapes that would be difficult or impossible to produce using traditional mass production techniques. The complexity of these shapes enables the creation of parts with controlled softness or deformation, achieved by incorporating small, intricate structures within the part. This research focuses on exploring design elements that enable the creation of wearable parts that conform to the movements of the human body. To accomplish this goal, a design tool was developed to create surface and curved shapes with the ability to simulate deformation. Additionally, a structure was prototyped that mimics the deformation of a human finger.

研究分野：デザインエンジニアリング

キーワード：ウェアラブルデザイン メカニカルメタマテリアル Additive Manufacturing コンピュータショナルデザイン

1. 研究開始当初の背景

Additive Manufacturing (付加製造技術、以降 **AM**) は、大量生産を前提とした多くの生産技術と異なる特徴を持つ技術である。この製造方法の特徴のひとつは、一般的な製造方法である切削加工や注型などの方法に比べて複雑な造形が可能な点である。この特徴を生かし、弾性変形構造やヒンジなどの機械構造を含んだ形で造形することで、変形特性のコントロールや、変形によって機能を持たせる事などが試みられている。これらは、単一素材ありながら機械的に特殊な変形をする素材のように振る舞うためメカニカルメタマテリアルとも呼ばれる。部分毎に変形特性を変えることが可能であり、プログラマブルに設計可能なマテリアルとして様々な分野への応用が期待されている。

もうひとつの特徴は、設計データから一つひとつ異なる形状の部品を作成可能な点である。この特徴から個人に合わせてユニークな形状をもった製品を比較的安価且つ短時間で製作する舛方カスタマイゼーションの試みも行われている。同様に3次元計測技術も発展しており、人体計測データをもとに個人に合わせた形状設計を行う義肢装具製作プロセスのデジタルトランスフォーメーションも研究されている。

昨今、コンピューターが小型化し身体に身に着けて使うデジタルデバイスが一般に普及してきているが、基本的なデザイン方法は腕時計や眼鏡、服といった既存の装身具の延長であり、ファブリックを基本とした構成や装着方法は長く変わっていない。本研究は、コンピューターによるプログラマブルな設計と **AM** という新しいものづくりの手法を組み合わせ、新しいウェアラブルのあり方を、実践的デザイン研究を通じて探索するものである。

2. 研究の目的

本研究では、物体の特性をプログラマブルに設計可能なメタマテリアルと、身体計測データに基づいた形態生成によって、身体にフィットし、運動や生体情報の計測、感覚拡張等を実現する新しいウェアラブルシステムの開発を行う。プロトタイプ開発を行いながら要素技術開発を進め、デザインの手法・プロセスの体系化を目指す。

メカニカルメタマテリアルの研究は現在様々に行われているが、ソリッド(塊)内に微細構造を充填または置き換える方式が一般的である。造形装置の特性から内部構造はミリメートルスケールで作られるため、求める材料特性を得るにはこれらを充填するだけの体積が必要となる。本研究では、身体への装用を想定し、サーフェス(曲面)をベースとしたメタマテリアル開発を行う。しなやかな変形や伸縮を伴う布は、動的な身体に沿うサーフェス状構造として優れたものであるが、本研究では、**AM** によるメカニカルメタマテリアルによる、身体装着のための新しいサーフェス構造の探索を目指す。

身体計測データを用いた設計は、補聴器や義肢装具の分野ではマスカスタマイゼーションが実現した事例もあり、服飾の分野でも社会実装されているが、静的な形状データを利用するものである。本研究では、身体の外形形状を動的な変形を伴うものとしてモデル化することを目指す。一般的な **CAD** システムでは剛体の設計を前提としており、動的なもの、特に弾性変形を形状設計のパラメータとして扱わない。本研究では伸縮や曲げなどの変形を行うメタマテリアル構造、取得した身体計測データの双方を時間変化するものとして扱い、変形、運動を確認しながらデザイン可能なシステムを開発することを目的とする

3. 研究の方法

本研究では、プロトタイプ制作を行いながら、デザイン手法や要素技術開発を推進する。特定の部位を対象にコンセプトデザイン、デザイン検討を行い、そこで必要となるメタマテリアル構造、形態・パターンの生成手法を開発する。個々のデザインプロセスおよび手法をケーススタディとして記録し、知見をまとめる。

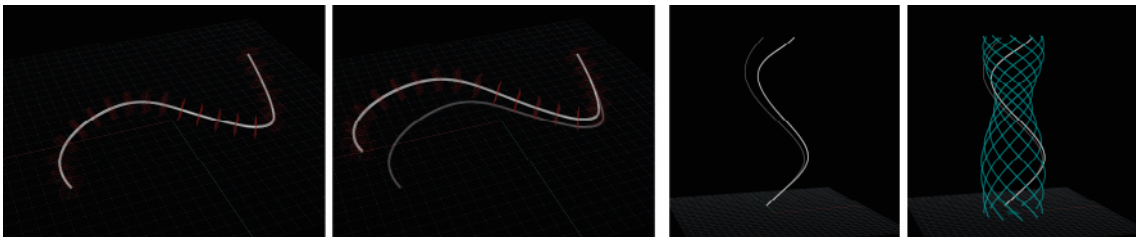
4. 研究成果

4.1. ファイバー状構造のモデリング

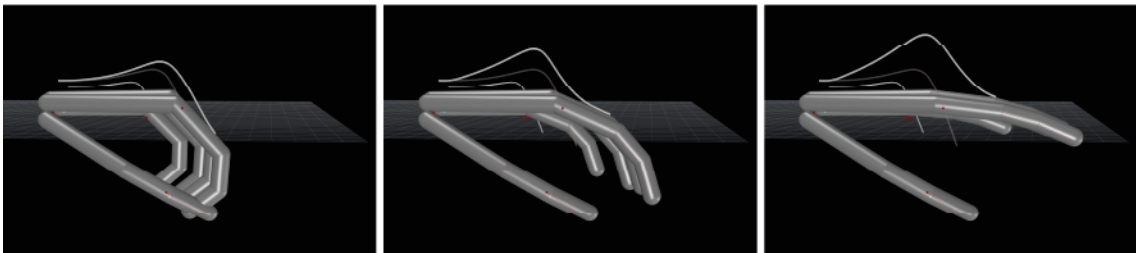
まず、サーフェス状メカニカルメタマテリアルを構成するための基本要素として、3次元曲線をベースに一定の太さを付与したファイバー構造のモデリングを行った。

ここで扱うファイバー構造は曲線状の細いロッド構造であり、巻きバネなどの形で変形を伴う構造として用いられる一般的な構造要素であるが、AMを用いて作ることで自由な3次元形状を持ったファイバーが造形可能になる。弾性を有するため自由な3次元曲線に造形することが難しい針金等に対し、AMでは初期形状として自由な3次元曲線形状が造形可能である。

本研究では、任意の3次元曲線を入力としてファイバー構造を作成、変形をシミュレーション出来るようなプログラムを制作した。



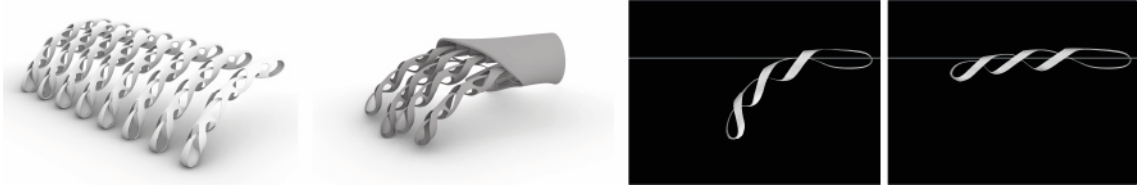
このファイバー構造とモデル化した身体運動と組み合わせて、動きに伴う変形のシミュレーションを行った。



4.2. 弾性変形を行う身体モデルのプロトタイプング

変形に追従するメタマテリアルの基本要素として、前述のファイバーのように曲線をベースにしつつ一定の太さでなく扁平な断面をもったリボン状構造に着目し、さまざまな素材における変形量、変形の仕方を確認するサンプルを作成した。

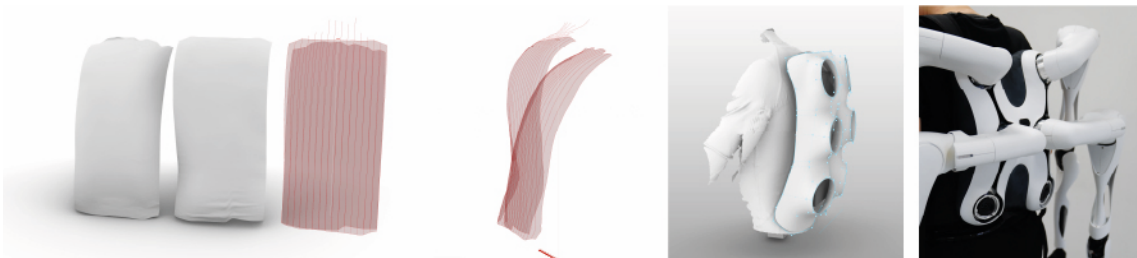
ファイバー状と異なり一方向に対してのみ屈曲変形しやすいリボン形状の特性を利用し、リボンを様々な向きで用いながら、狙った変形を実現するため試作を行った。本研究内では、手の指の動き、変形に着目し、リボン形状を組み合わせることで指の動きに近い変形をする形状を探索した。関節として動く部分は曲げ変形を行い、関節以外の部分では変形が起らないようにするため構造体として合成を持つような形状を探索した。シミュレーションを組み合わせ任意の変形を行う構造を自動生成することが本研究の理想であったが、条件が複雑なため、本研究期間内ではまず手作業にて形状探索を行った。その結果、概ね目的とする変形が実現できた。



4.3. 3D スキャンデータを利用したウェアラブルデバイスの設計

本研究期間内に実施したプロジェクト内にて、背中に背負う形で装着するウェアラブルロボットアームデバイスのデザインに携わった。本プロジェクト内において、背中の形状を 3D スキャンしたものをベースに設計を行った。

背中は肩や背骨の動きによって大きく変形する箇所であるため、背筋を伸ばした状態、曲げた状態でそれぞれスキャンを行い、サーフェスとして単純化するなど動きに伴う変形とそれに追従する設計を試みた。しかしながら、ロボットアームのような高重量なものを保持可能且つ変形可能な構造の開発には至らなかった。



身体にフィットしつつ荷重を支えることは多くのウェアラブルデバイスにおいて要求される要件なので、引き続き研究を行いたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔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
---------	---------