

新しい機構を持ったアシストスーツと、その人間工学設計 — 3D プリント自動設計アシストスーツ —

1. 背景

アシストスーツ(エクソスケルトン)は、人体に装備することで、身体能力の向上や負担の軽減を行う装置のことである。かつてアシストスーツの多くはモーター駆動などで体をアシストし、外部にエネルギーソースを持つものがほとんどであったが、近年では非電動式(パッシブ式)のアシストスーツが登場し始めた。

しかし、既存のパッシブ式は重量物の持ち上げ補助が主で、歩行動作を補助するものはあまり存在していない。また、既製品では個人の体格差(パーセンタイル)への対応とアシスト効果の両立が難しく、その効果をより高めようとすると、専用設計が必要となり、コストが増大するという課題があった。

2. 目的

本プロジェクトの目的は、非円形歯車を用いた独自の機構により、バッテリー等の電源を用いないパッシブ式でありながら、実用的な歩行アシストを実現するスーツを開発することである。従来の装置が抱えていた個人最適化の不足という課題に対し、数理モデルに基づき身体データから最適な歯車形状や装具形状を導き出す自動設計ソフトウェアを開発することで解決を図る。

さらに、3D プリンターを活用することで、「片足約 4,000 円という低コスト」と「専用設計」の両立を目指し、パーキンソン病患者の歩行支援など、実用的な移動支援インフラとしての可能性を提示することを目的とする。

3. 開発の内容

図 1 は開発したアシストスーツ、「Mechanical Suits」である。このアシストスーツは、図 2 のソフトウェア「Mechanical Suits Generator」で自動設計されており、身体パラメータ等を入力することで、個人の体格や歩行特性に合わせて、3D プリンター用のデータを出力できる。

Mechanical Suits は、脚の上下運動のうち、振動や熱として、最終的に失われてしまうエネルギーを、バネに蓄え(回生)、脚を前に出すエネルギーとして利用する(力行)ことで、アシストを実現する、電気やモーターを必要としないアシストスーツである。

Mechanical Suits は、図 3 のように歯車とバネを用いたアシストスーツであるが、円形歯車では、フックの法則と呼ばれるバネの線形法則があり、アシストの特性を線形(直線)以外に変更することが困難である(図 4)。



図 1: 本プロジェクトで開発したアシストスーツ「Mechanical Suits」

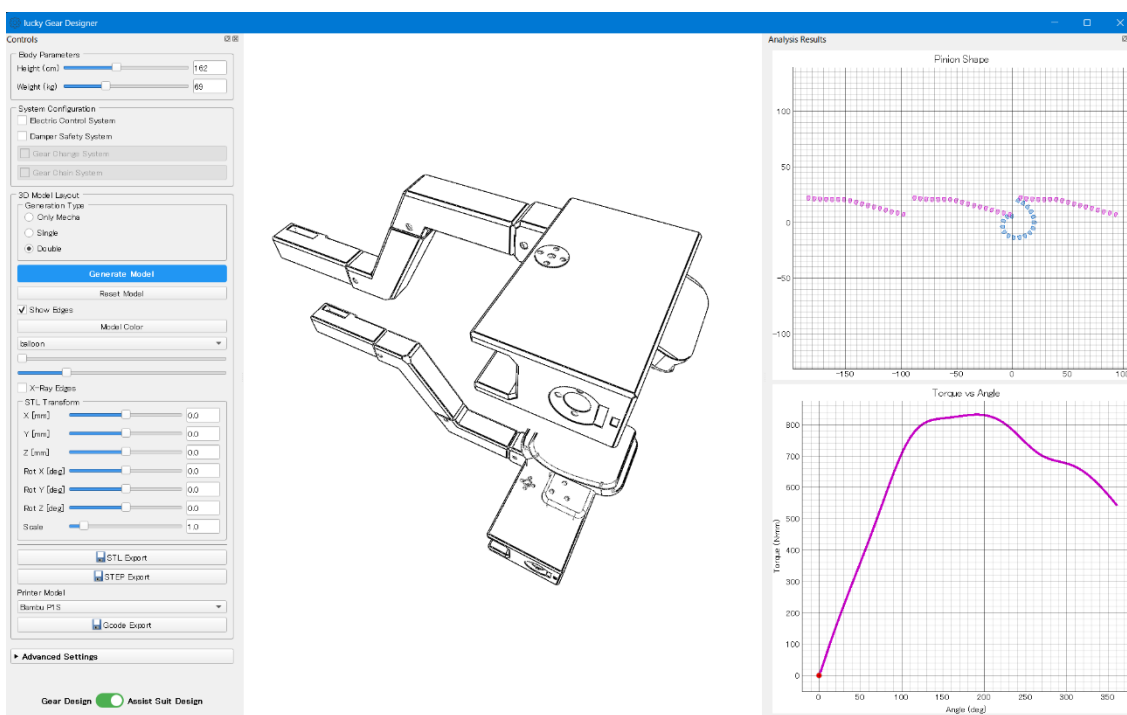


図 2: Mechanical Suits Generator

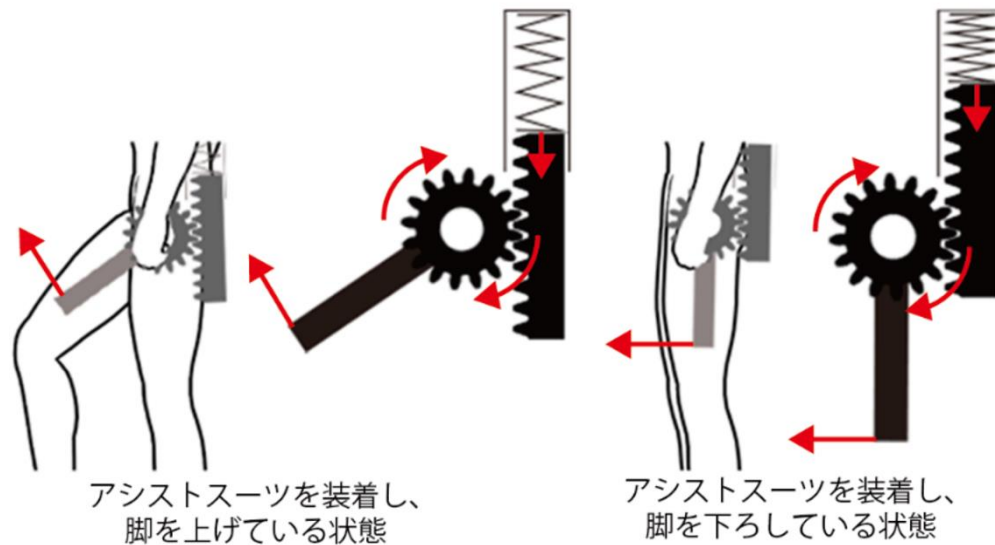


図 3: Mechanical Suits の作用

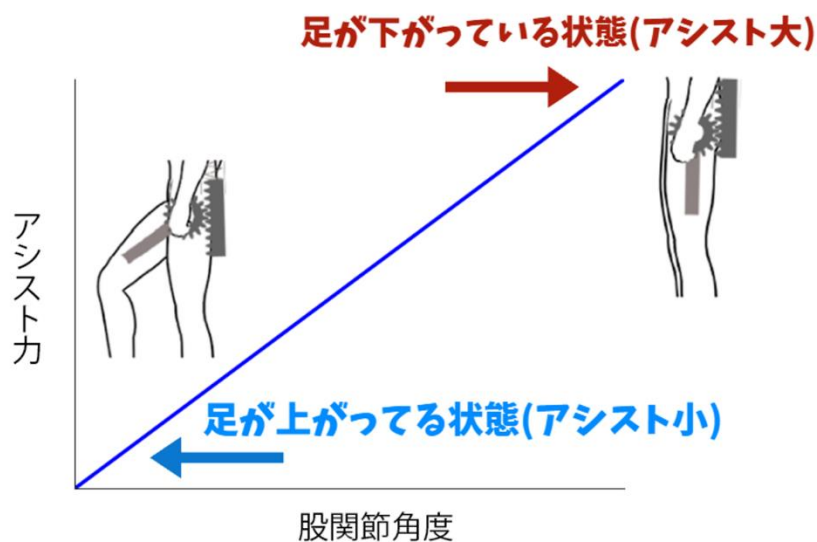


図 4: 円形歯車式 Mechanical Suits のアシスト特性(トルクプロファイル)

このアシスト特性を自由に設計するために、本プロジェクトでは非円形ピニオン&曲線ラック歯車を用いる(図 5)。これにより、アシスト特性を図 6 のように自由度の高い非線形型(曲線)に出来る。

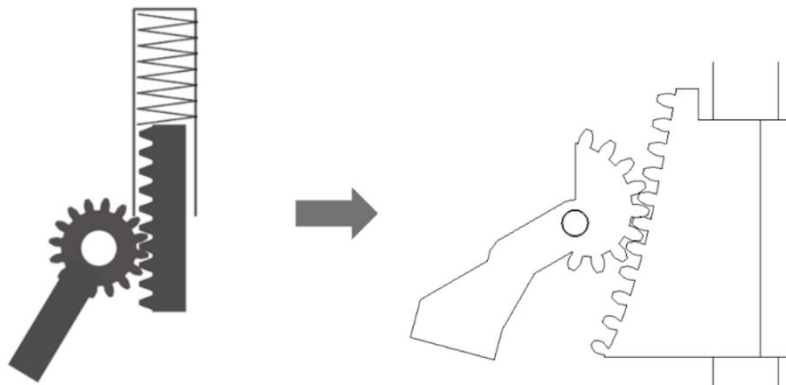


図 5: 円形ピニオン&ラック歯車(左)と、非円形ピニオン&曲線ラック歯車(右)

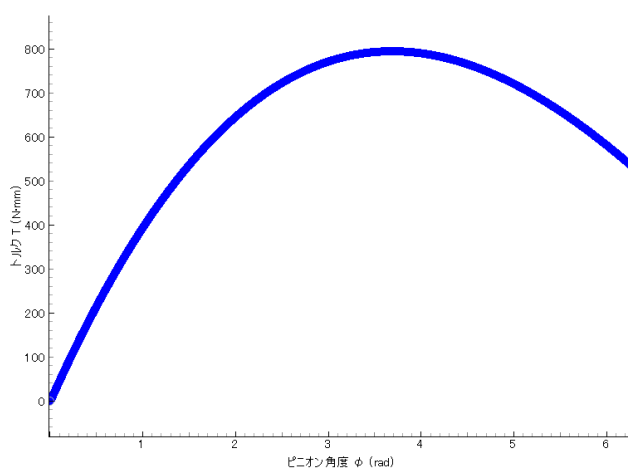


図 6: 非円形歯車式 Mechanical Suits のアシスト特性(トルクプロファイル)

また、本プロジェクトでは、非円形歯車のような、特殊歯車自体を設計する為のツールも作成している(図 7)。これは直感的かつ、理論的に正しく、破綻の発生しづらく、自由度の高い歯車設計ツールである。

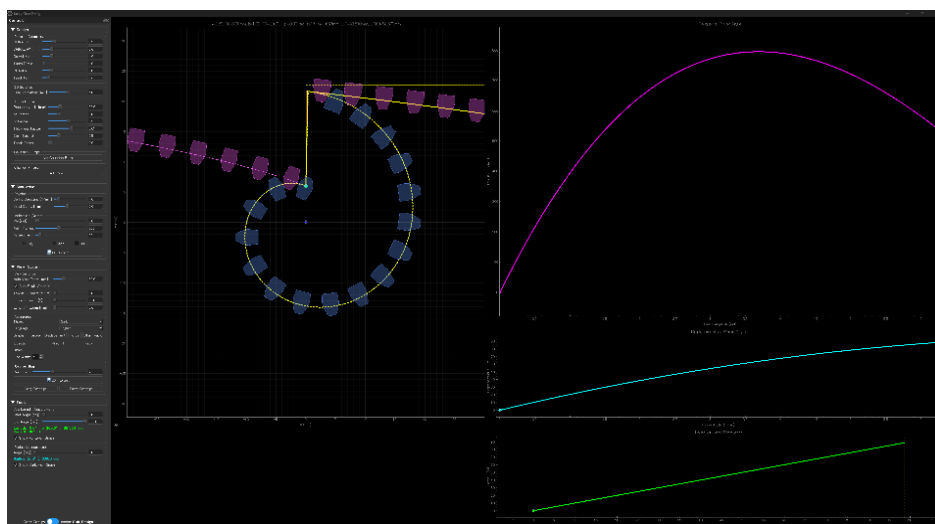


図 7: 特殊歯車設計ツール

4. 従来の技術(または機能)との相違

現在のアシストスーツは、モーター駆動の「アクティブ式」か、バネ等の反発力のみを利用する「パッシブ式」に大別される。アクティブ式は制御性が高いが高価で重量があり、パッシブ式は安価で軽量だが、バネの線形法則(フックの法則)に縛られ、歩行のような複雑なトルク変化を要する動作には不向きであった。Mechanical Suits は、非円形歯車機構により、パッシブ式でありながらアクティブ式のように自由自在なトルク制御(非線形アシスト)を実現した点が決定的に異なる。

さらに、従来はコストの壁となっていた「個人に合わせた専用設計」を実現し、他のアシストスーツと比べても効果を最大化している。また、自動設計と 3D プリントを組み合わせたこの専用設計生産エコシステムは、従来の大量生産品とは根本的に異なる製造プロセスを確立している。

5. 期待される効果

Mechanical Suits は歩行のエネルギー効率を劇的に改善し、平地歩行を自転車のように「楽でスピーディな移動手段」へと変える効果がある。また、ハードウェアをソフトウェアのように扱うアプローチにより、ソフトウェアと 3D プリンターと汎用的な部品さえあれば、世界中どこでも安価(片足 4,000 円程度)に製造・複製が可能となる。これにより、経済的な理由でアシストスーツを利用できなかった層や、パーキンソン病患者のリハビリテーションなど、医療・福祉分野への「技術の民主化」が期待される。

6. 普及(または活用)の見通し

Mechanical Suits は、歯車やバネのパラメータを変更するだけで、階段昇降やランニングなど、多様な用途に即座に対応可能である。将来的には、ユーザーが自宅や近隣のファブ施設で、自身の身体データを入力して「移動インフラ」をダウンロードして出力する、という新しい流通モデルの先駆けとなる。導入コストと効果の不釣り合いにより普及が停滞していた産業用途においても、本システムの「超低コスト・高効果・専用設計」という特徴は強力なソリューションとなり、広範な普及が見込まれる。

7. クリエータ名(所属)

村木 雄太(九州大学 芸術工学府)