

# 能動的な手指運動による指背腱膜の伸び率を測定するシミュレータの開発

小池 亮太郎<sup>†</sup> 早川 博章<sup>††</sup> 相原 威<sup>†, ††</sup>

<sup>†</sup> 玉川大学大学院工学研究科 <sup>††</sup> 玉川大学工学部

## 1. はじめに

指の屈曲・伸展運動は、いずれも腱や腱膜、靭帯が指を覆うようにして複雑なネットワークを形成し、互いに協調して成る。この運動の中心にある指背腱膜は重要な組織であり、それをシミュレートするためにいくつかの研究が存在する。しかし、組織が手指運動に対してどれだけ寄与しているのかの定量的な測定については研究されてこなかった。そこで本研究では、能動的な手指の運動に対し、指背腱膜を構成する腱群の伸び率を測定することができるシミュレータの開発を目的とする。

## 2. シミュレータの概要と実装

シミュレータは入力に各指関節の角度データと骨モデル、腱モデルを要する。さらにモデルの位置や固有のパラメータを設定し、基底時と単位フレーム当たりの伸び率を出力する流れとなっている。これらの一連の流れを図1に示す。

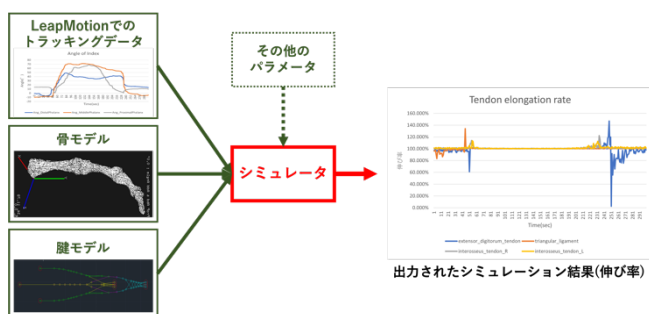


図1. シミュレータの一連の流れ

指背腱膜は通常、指の背側を DIP 関節から MCP 関節を覆うように展開されている。この指背腱膜は、3つの筋腱、すなわち、指伸筋腱、骨間筋腱、虫様筋が関与する。これらの筋腱の運動をさらに円滑にするために矢状索、骨間筋腱膜、支靭帯、三角靭帯の4つの補助組織が存在する[1]。シミュレータにおいて指背腱膜モデルの形状はこれらの組織のうち、指伸筋腱、三角靭帯、左右の骨間筋腱を含むモデルを作成し実験した。作成したモデルと各名称を図2に示す。

シミュレータ内での各組織の挙動は、腱・腱膜は弾性紐および布として表現されている。弾性紐は、腱の持

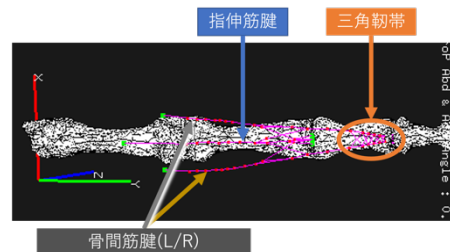


図2. 作成した指背腱膜のモデルと各名称  
つ最小可動単位をパーティクルとし、パーティクル間の拘束条件を設置することで表現される。パーティクルの位置は Verlet 法[2]で決定され、弾性紐の拘束条件は Thomas が発表したプログラムを参考にシミュレータへ実装した[3]。

## 3. まとめ

本シミュレータは具体的に以下の3つを実現した。

- (1). 任意の骨モデルの位置・形状から、腱モデルの伸び率を測定できるシミュレータの開発
- (2). 手指が回転運動を行う際に発生する滑り・転がり運動などの複雑な運動モデルの実装
- (3). 手指のトラッキングデータを骨モデルに反映させ解析をする仕組みの実装

本シミュレータは、骨と腱の間で発生する衝突の挙動について、摩擦やモデルの滑りによるシミュレーション結果の不確実性に関連した様々な課題が残っている。また、手指の運動をより詳細に表すには、回内・回外運動や中指以外の指の解析を行い調査すべきである。以上のような問題の解決と、新たな機能の実装が今後の展望として考えられる。

## 参考文献

- [1] 上羽康夫, “手 その機能と解剖”, Vol.6, pp.191, 2017
- [2] L.Verlet, “Computer “Experiments” on Classical Fluids.I.Thermodynamical Properties of Lennard-Jones Molecules”, Phys.Rev.,Vol.159, No.98, pp.98-103, 1967
- [3] Thomas Jakobsen, “Advanced character physics”, IN PROCEEDINGS OF THE GAME DEVELOPERS CONFERENCE 2001, 2001