

医療福祉ロボット実用化研究

研究代表者 藤江 正克
(創造理工学部 総合機械工学科 教授)

1. 研究課題

近年、低侵襲医療と介護・福祉の促進に伴い、種々のロボットにて医療支援と福祉支援をする取り組みが盛んである。藤江正克研究室では、医療支援と福祉支援のロボット技術は共通の基盤技術から形成されるという理念の下、様々な医療支援ロボット・福祉支援ロボットの技術開発に取り組んでいる。本研究室の実用化プロジェクトとして、「本態性振戦抑制ロボット」の開発があり、本態性振戦抑制ロボットは上肢に装着することにより、機械的拘束を与え、装着者のふるえを抑制する。そこで、本態性振戦患者の振戦を抑制する効果の高い上肢装具を設計するために、前腕で粘性の影響が大きい部位を装着部位とする設計指針を提案した。本年度はその対案された「設計方針」を研究成果として次節より報告する。本項では、「本態性振戦を抑制する上肢装具の設計に向けた前腕の粘弾性分布測定」の背景、特徴、及び課題点を下記に述べる。

本態性振戦は、人体の一部あるいは全身に現れる不随意にして律動的な振動と定義される振戦の代表的な疾患である。本態性振戦は筋肉を随意的に活動する運動を行う際に伴って表出するため、日常動作の遂行に多大なる影響を及ぼす問題がある。そこで本研究室では、本態性振戦疾患患者のふるえを低侵襲に抑制可能とする装着型ロボットの開発を進めている。振戦の抑制は装具の物理的拘束によって行っているため、ロボット装具の本来の目的である振戦抑制を実現するためには、ロボット装具が人体にフィットしている必要がある。ロボット装具と人体の間に隙間が発生しているなどロボット装具が人体にフィットしていない場合、振戦が抑制できない問題がある。そこで本研究室では、人体生体軟組織の変形特性に着目し、最も変形しにくい部位を選択するよう定量的な装具形状設計を目指している。

2. 主な研究成果

生体軟組織が振動など時間依存性のある刺激に対する応答により測定される粘弾性を動的粘弾性と呼ぶ。本研究の目的は、生体軟組織の動的粘弾性分布を測定し、動的粘弾性分布の個人差を明らかにすることである。本研究は振戦抑制の機械力学的モデル (Fig. 1) 検討により、変位と力の位相差 δ を粘弾性のパラメータとして振動の抑制の程度を評価を行う。

2.1 粘弾性計測手法

本手法では変位と力の位相差 δ を測定するために、外部から装置を用いて変位の強制振動を発生させ、その時の前腕からの反力を計測することで、変位と力の位相差を算出する。

2.2 計測装置

Fig. 2 に示す x, y, z 軸において、 x - y 平面上での圧子の位置を変更しつつ、 z 軸方向に前腕への押込みを行うために、本実験では直行する 3 つのリニアアクチュエータとボールねじから成る 3 軸マニピュレータ (Fig. 2) を用いた。

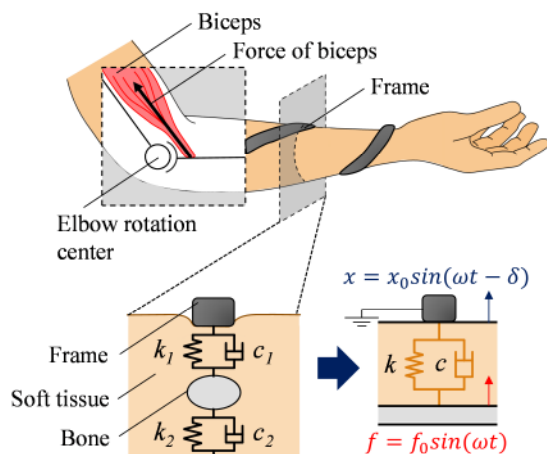


Fig. 1 Model of vibrated soft biological tissue

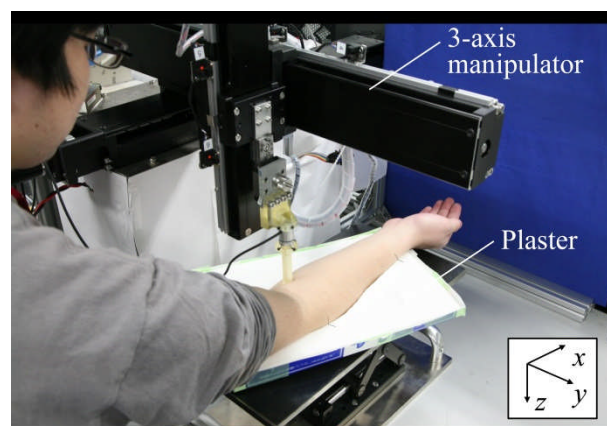


Fig. 2 3-axis manipulator

2.3 計測手順

- Fig. 3 に示す測定点上において、圧子を z 軸方向へ下げていく。
- 人体に接触したら圧子を下げるのを中止し 1[s] 静止する。ここで接触判定として、ノイズによる値の変動の影響を受けず確実に接触したことを判定するために、反力 0.1[N] とした。
- 低速度 3.6[mm/s] で反力が 2.5[N] になるまで押し込む。
- 2.5[N] に達したら、その位置で 4[s] 静止する。その位置を原点とし、振幅 0.3[mm]、周波数 4[Hz] の変位の強制振動を 8[s] 行う。
- 振動を停止し、1[s] 静止したあと圧子を $-z$ 軸方向へ上げていく。
- 対象部位の測定範囲内の計測が終わるまえ、a~e を繰り返す。

2.4 超音波画像

得られた分布と前腕の解剖学的構造を比較するために、測定部位における人体の内部構造を、超音波画像診断装置(SonoSite, SonoSite M-Turbo)により観察した。超音波プローブの接触による人体の内部組織の変形を防止するために、前腕を水の中に浸し、その上から超音波プローブで撮像する水浸法を適用した。実験装置と腕の配置を模式図で Fig. 4 に示す。

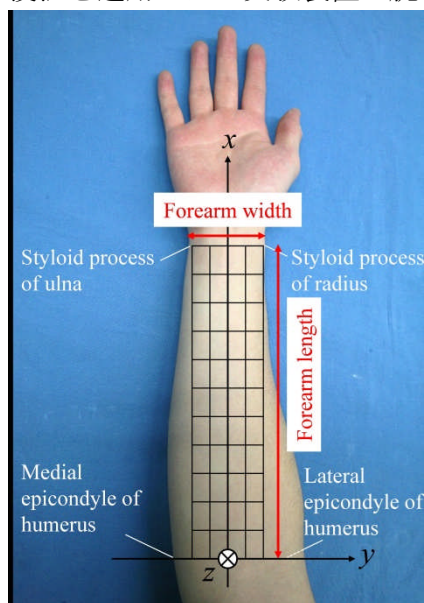


Fig. 3 Measured point of forearm

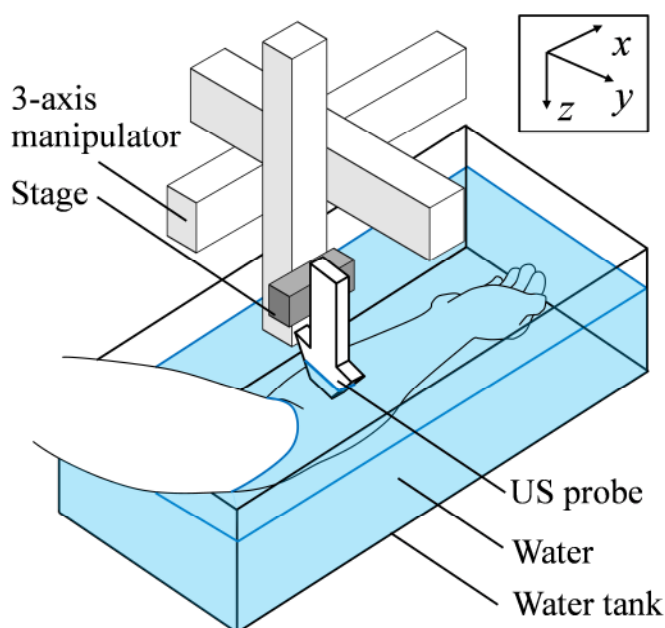


Fig. 4 Overview of measuring ultrasound image experiment

2.5 計測結果

計測された位相差の分布を前腕上にマッピングしたものを Fig. 5 に示す．位相差が大きく計測された部位を黒く，位相差が小さく計測された部位を白く示している．3 被験者における全体的の傾向として，前腕近位部において位相差が小さく，遠位部において高い傾向が見られた．前腕の全測定点において超音波画像診断装置を用いて内部構造を撮像した．近位部では大きな筋肉群を厚い腱膜が覆う特徴が見られ，遠位部では皮下組織下に腱や細い筋肉など，細かい内部構造が多い特徴が見られた．実験により得られた粘弾性分布と超音波画像診断装置を用いた結果の比較を行った結果，全体的な傾向として，大きな筋肉群が厚い腱膜に覆われる構造が観察された近位部では位相差が小さく，細かい内部構造が多く観察された遠位部では位相差が大きく計測された．以上より，腱膜が厚い近位部は個人差に対するロバスト性が高いという利点があるが，位相差が低く拘束部位には向かない．遠位部は位相差が高く拘束部位として適しているが，動的粘弾性分布に個人差が表れるため，実測を経て個人の分布を明らかにする必要がある．ここから，装具設計においては，まず超音波診断により腱膜の位置を観察することで，動的粘弾性を測定する範囲を絞り込み，個人ごとに得られた分布に対してオーダーメイドする手法が提案できる．

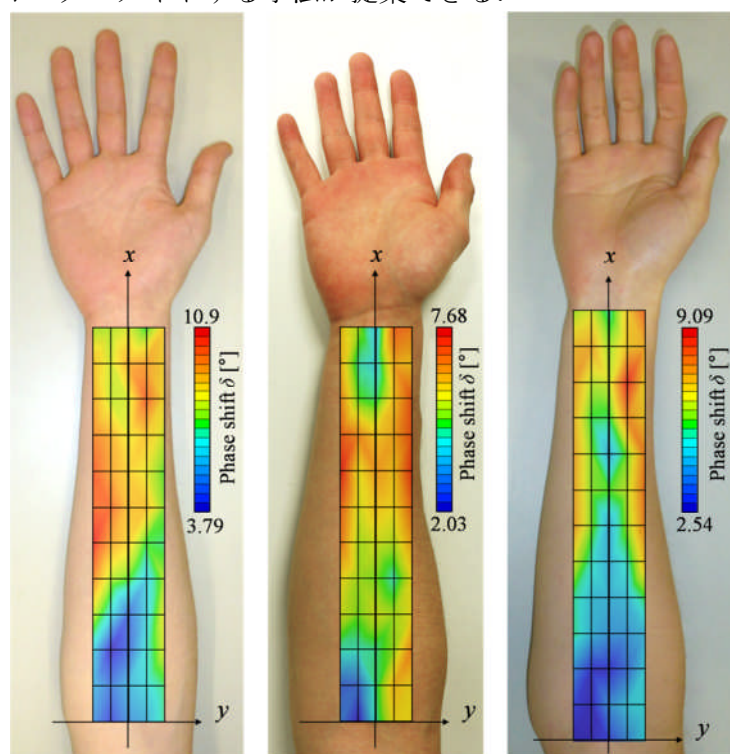


Fig. 5 Results of phase shift in forearm

3. 研究業績

3.1 学術論文

川崎 基資，築根 まり子，松本 侑也，關 雅俊，小林 洋，宮下 朋之，藤江 正克，振戦を抑制する上肢装具の設計に向けた前腕の粘弾性分布の測定, Vol. 3, No. 1, pp. 31-42.

3.2 招待講演

- [1] 藤江 正克, Rehabilitation and Medical Robots in Waseda University, 中原大学 講演
- [2] 藤江 正克, ヘルスケア分野におけるロボット技術の現状と展望, 金沢大学医薬保健研究域保険学系看護科学領域 臨床実践看護学講座 附属健康増進科学センター 教室同門会

3.3 受賞・表彰

小林洋, 日本機械学会奨励賞(研究), 生体の粘弾性特性のモデル化とそれに基づく医療ロボットの制御手法に関する研究, **日本機械学会**

3.4 学会および社会的活動

[1] Naomi Okamura, Mariko Tsukune, Yo Kobayashi, Shigeki sugano, and Masakatsu G. Fujie, Investigation of the Effect of Joint Angle on Muscle Hardness in Static Stretching of the Gastrocnemius, 2015 JSME International Conference on Advanced Mechatronics, 2A1-16, Japan, Dec 2015

[2] Naomi Okamura, Mariko Tsukune, Yo Kobayashi, Masakatsu G. Fujie, Frequency of Regular Exercise Affects the Time until Change in Muscle Viscoelasticity during Static Stretching, Proceedings of the 20th Annual Congress of the European College of Sport Science, Sweden, Jun 2015.

[3] Akira Kato, Yuya Matsumoto, Yo Kobayashi, Shigeki, Sugano, Masakatsu G. Fujie, Estimating a Joint Angle by Means of Muscle Bulge Movement along Longitudinal Direction of the Forearm, 2015 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, Zhuhai, China

[4] Akira Kato, Yuya Matsumoto, Yo Kobayashi, Shigeki Sugano, Masakatsu G. Fujie, Feasibility Study on Joint Angle Estimation by Means of Muscle Bulge Movement Longitudinally along the Forearm, The 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society(EMBC'15), Milan, Italy

[5] 岡村尚美, 築根まり子, 小林洋, 菅野重樹, 藤江正克, 装着型筋硬度計によるストレッチ時の筋粘弾性計測 腓腹筋内側頭・外側頭の筋粘弾性変化の類似性調査, シンポジウム: スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス 2015, A-34, 滋賀県

[6] 岡村尚美, 築根まり子, 小林洋, 稲見崇孝, 川上泰雄, 菅野重樹, 藤江正克, 静的ストレッチによる筋緊張の変化を捉えるための筋硬度計測部位の検討, 第3回看護理工学会学術集会, O5-03, p44, 京都府京都市

[7] 加藤陽, 松本侑也, 小林洋, 菅野重樹, 藤江正克, 前腕皮膚表面形状変化に基づく筋隆起計測位置の決定による手関節角度の推定, 第3回看護理工学会学術集会, O5-03, p44 京都府京都市

[8] 加藤陽, 松本侑也, 小林洋, 菅野重樹, 藤江正克, 長手方向の筋隆起位置変化に基づく手関節角度推定に対し関節負荷が与える影響, 第33会ロボット学会学術講演会, 2J1-02, 東京都北千住, 東京電機大学

4. 研究活動の課題と展望

本研究の結果より, 腱膜が厚い近位部は個人差に対するロバスト性が高いという利点があるが, 位相差が低く拘束部位には向かず, 遠位部は位相差が高く拘束部位として適しているが, 動的粘弾性分布に個人差が表れるため, 実測を経て個人の分布を明らかにする必要があることが示唆された. したがって, 装具設計においては, まず超音波診断により腱膜の位置を観察することで, 動的粘弾性を測定する範囲を絞り込み, 個人ごとに得られた分布に対してオーダーメイドする手法が提案できる. 今後は, 超音波画像診断をより詳細に検討し, 定量的に動的粘弾性分布との関連性が示す. また, 食器を使用する際の条件における動的粘弾性分布を明らかにし, 装具形状の設計を行う.