

課題番号	Q22D-02
課題名 (和文)	褥瘡予防に向けた浮腫に対する力フィードバック手法の検討
課題名 (英文)	Force Feedback Method for Edema to Prevent Bedsore
研究代表者	所属 (学部、学科・学系・系列、職位)
	先端科学技術研究科 電気電子システム工学専攻 3年
	氏名 宮元 大地
共同研究者	所属 (学部、学科・学系・系列、職位)
	工学部 電子システム工学科 教授
	氏名 五十嵐 洋
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位)
	氏名
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位)
	氏名
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位)
氏名	

#### 研究成果の概要 (和文)

本研究では、力と浮腫の関係に対し、反力による明確化を目的として浮腫シミュレータに対する検証実験を実施した。研究成果として、浮腫シミュレータに対する圧力が減圧されたときにバネ項のパラメータが増加する傾向が確認され、浮腫がない場合と比べて明確な差異が確認された。用意した浮腫シミュレータのうち、最も重症度が高いケースにおいて、上記の傾向と反する傾向が確認されたため、今後の研究において精査を行い他のパラメータとの関連性について検討を行う。

#### 研究成果の概要 (英文)

In this research, the experiment was conducted to clarify the relationship between edema and reaction force. As a result, it was confirmed that the parameter of the spring term tended to increase when the depressurization pressure for the edema simulator. The difference was distinct if edema or not. Among the edema simulators, reverse tendency was confirmed in the highest severity case. We will conduct a close examination in a future study to examine the relevance of other parameters.

## 1. 研究開始当初の背景

日本において、2025年の介護事業計画遂行に必要な従事者数に対し、約35万人もの担い手が不足している。加えて、介護業務において褥瘡予防は、体位変換などの力作業が多いことに加え、適切な予防方法や判別に必要なパラメータが多岐に及ぶことより知識的な負担も要求される。

しかし、CYBERDYNE社のHALに代表されるパワードスーツや介護用ベッドなどの装置では、パワーアシストが可能である一方で、頻度や必要度合の判別には従事者の判断が必要となる。このことより、褥瘡の知識面に対する負担減少を図るには現行の装置では不十分と言える。

## 2. 研究の目的

褥瘡は圧力及びせん断力により皮膚に力が印加され続けることによって発生する。これらの力は一意に決定づけられるのではなく、栄養状態や皮膚の湿潤などの複合的要因を持って複雑に構成される。本研究では構成されるパラメータの一つとして浮腫に着目する。

浮腫は、認定看護師制度でも皮膚のアセスメントの一つとして学習する。一方で、時々刻々と変化するため、正確な状況を得るためには定期的なモニタリングが必要となる。

本研究では、力と浮腫の関係に対し、反力による明確化を目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1) 機構の構成について

図1に示す測定機構は、動力として日本パルスモータ社製のリニアアクチュエータを使用し、測定対象の浮腫のサンプルとして京都科学社製の浮腫シミュレータを使用する。加えて、浮腫シミュレータを垂直に設置する固定具の計3つの要素により構成される。また、駆動部として、φ6のアルミシャフトを使用し、リニアアクチュエータにより力の印加を行う。

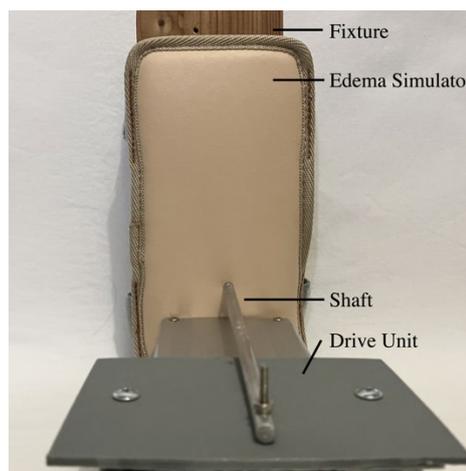


図1 Measuring device

### (2) 浮腫モデルの算出手法

図2に示すように、アクチュエータから力を印加したあと力の印加を停止することで浮腫シミュレータにかかる圧力を除圧する。この関係より以下の式が導出される。

$$D\dot{x} + K(x_0 + x) = f \quad \dots \text{式1}$$

除圧時に浮腫シミュレータに与えられた力はアクチュエータに対して変位 $x$ を与え、復元力により初期値 $x_0$ が0[mm]となる反力を与える。また、浮腫の圧痕は重症度によって、押下前と同じ状態に戻るまでの時間が異なる。このことより、速度 $\dot{x}$ が変化すると推測される。よって、 $x$ および $\dot{x}$ より算出されるダンパ項(D項)およびバネ項(K項)を浮腫モデルとして算出する。

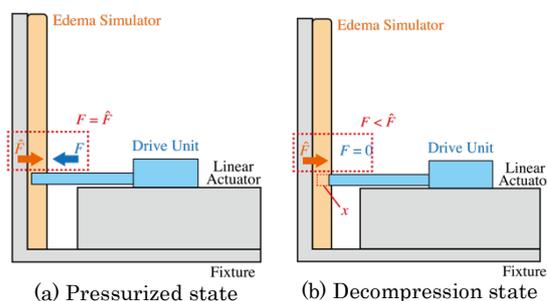


図2 Applied force and reaction force

### (3) 実験手法

浮腫の判別方法の一つとして、約10秒間で5[mm]押下した際の圧痕により判別を行う手法が一般的に行われている。図3に示すように、上記の判別手法

を参考として、Control 区間において目標が初期位置から-5[mm]の位置となるように PID 制御を行い、除圧後の Test 区間において浮腫モデルが導かれる。式 1 の  $f$  を 1[N]となるよう減圧し、減圧後約 10 秒間の変位および速度変化を取得し、最小二乗法によって各モデルが算出される。

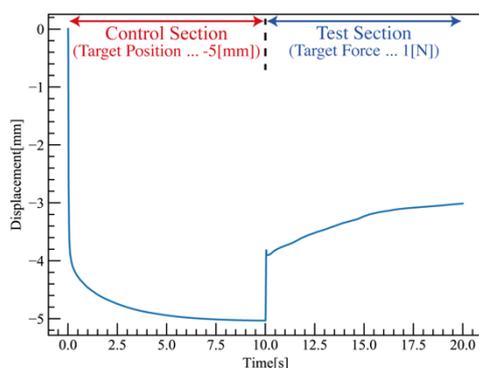


図 3 Control image

#### 4. 研究成果

本実験は、Nomal(浮腫なし)、1+、2+、3+、4+の 5 つの重症度に対して各 3 回ずつ検証を行う。除圧後の変化に基づき取得した D 項および K 項のパラメータの平均値を表 1 に示す。

算出された D 項のパラメータは、各重症度間でのばらつきが大きく、相関を確認することは困難であった。しかしながら、表 2 に示すように、同一実験条件下でもばらつきがある場合とない場合が存在する。実験環境の影響が、変位と比べて速度変化に影響を及ぼしていると推測されるため、今後の研究では誤差が生じづらい実験環境の構築が必要となる。

次に K 項のパラメータを確認する。表 1 より、浮腫の重症度の増加によるパラメータの増加が確認された。特に、浮腫が発生していない Nomal は、軽度な浮腫との差が明確であり、浮腫の有無の判別が可能であると推測される。しかしながら、重症度 4+の場合は重症度 3+の場合と比べて K 項が減少しており、D 項同様、実験環境の再構築を実施した上で、K 項やその他のパラメータによる要因の検討を行う。

表 1 Result of measured edema model

	D	K
Nomal	0.006079	-0.911268
1+	0.001602	-0.310179
2+	0.008011	-0.252358
3+	0.005828	-0.245322
4+	0.008305	-0.248305

表 2 Reproducibility and measured edema model

	2+ : D	2+ : K	4+ : D	4+ : K
1st	0.009948	-0.245858	0.008420	-0.244332
2nd	0.006993	-0.252329	0.008120	-0.246485
3rd	0.007092	-0.248888	0.008374	-0.254099