

リアル感を具現化するデザインCAD用データグローブの開発 (第2報)

河西伸一, 清水誠司, 佐野正明, 串田賢一, 清弘智昭*, 持丸正明**, 杉田良雄***

Development of The Data-Glove for Design-CAD which Embodies a Real Feeling

Shinichi KASAI, Seiji SIMIZU, Masaaki SANO, Kenichi KUSIDA,
Noriaki KIYOHRO, Masaaki MOTIMARU and Yoshio SUGITA

要 約

昨今、コンピュータにおいて三次元データを取り扱うことが増えてきた。そこで、電気粘性流体 (ERF) を用いて、反力を表現でき、人間に安全、小型かつ軽量のデータグローブの開発を進めたに、次の①、②について検討をした。

- ①引き出し式力感構造の原理と基礎データ収集のため、ERFで満たした中に電極を設置し、布 (スクリーン印刷用の紗) を電極間に挟み、布を引き上げる時の抵抗力について実験を行った。
- ②データグローブの開発のため日本人の標準的なサイズを把握するため、57人の手の39項目の寸法から主成分分析を行い、バウンダリ・ファミリーを導いた。

これらの結果より、リアル感を具現化するデザイン用データグローブを構築するために必要となる布の引っ張り抵抗力と日本人の標準的な「手」のサイズが得られた。

Abstract

Dealing with 3-dimensional Data by using a computer has increased. Then, we furthered development of a Data-Glove on Safe for man, small and lightweight by Electro Rheological Fluid (ERF). Examination of the following ① and ② was performed.

- ①For the principle of the feeling structure of drawer type power, and basic data collection, an electrode was installed in the inside filled with ERF, cloth (screen-stencil) was inserted between electrodes, and it experimented about the characteristic of the power when pulling up cloth.
- ②In order to grasp Japanese standard size for development of a data glove, factor analysis was performed from the size of 39 items of 57 persons' hand, and the Boundary family was drawn.

From these results, the cloth which is needed in order to build the data glove for a design which embodies a real feeling pulls, and the size of "hand" of resistance power and Japanese standard was obtained.

1. 緒 言

近年のコンピュータハードウェア、CAD及びCG等のグラフィック系ソフトウェアは共にめざましいスピードで技術革新が進んでいる。

また、三次元CAD/CAEソフトウェアの普及やデザイナーを対象としたCG系のソフトウェアなど業務と密接なつながりがあるソフトウェアの開発も同様の状況である。

しかし、コンピュータを利用するときのユーザインタ

ーフェースは、キーボード、マウスでの入力主流であり、三次元データ等を扱うときも利用者が二次元のマウスとキーボードを駆使してデータを築いている。

このような状況で、実際にこれなどを使用するデザイナー等の感想として、「今までの五感で感じながらの創作にはほど速く、創作意欲がわかない」と言った声が多くあり、特に、県内の宝飾品デザイナーでは、CGやCADの利用が少ない現状にある。

そこで、新たなユーザインターフェースとして、データ入力用のグローブをベースに、ERFを用いて軽量、小型かつ安全に反力を体感できるシステム開発を目的として、本年度は図1に示した、物体が曲がる時に内側と外側で移動距離に差が生じることを利用し、容器にERFで

*1 山梨大学

*2 産業技術総合研究所

*3 ワイエス電子工業(株)

満たした中で電極に布（スクリーン印刷用の紗）を挟み、布の動きを制御することによって、物体が曲がる力を抑制し、指を曲げる時に抵抗感を与えるシステムを考案した。これは図2に示すように、ERFの粘度発生原理は微粒子の分極によりクラスターが形成されるためである。そこで、布のメッシュ間にクラスターを形成させて、布を動かす抵抗力によって、図1の力を導くことを考案した。このために、容器をERFで満たした中に電極を入れ、かつ電極間に布を挟み、布の移動により力が発生する特性について図3の様な試験器により各条件で布の引っ張り抵抗力を測定した。

また、「手」自体の機能や動きを掴むため日本人の平均的な「手」の各部の寸法を計測し指の関節の動き、位置関係を明らかにした。

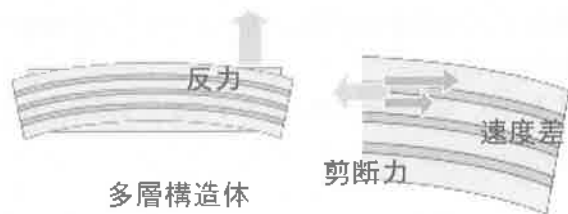


図1 力を表現する原理

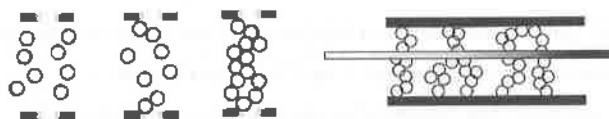


図2 力を表現する原理

2. 実験方法

2-1 布の引っ張り抵抗力の測定

図1に示した原理を実証するために、布の引っ張り抵抗力について、図3に示した装置により布を垂直方向に一定スピードで引き上げ、布に生じる抵抗力をロードセルによって計測を行った。

2-1-1 印加電圧特性

印加電圧を0~5kVまで変化させ、布を一定速度で引き上げた時の抵抗力を計測した。

2-1-2 メッシュ特性

布のメッシュ（1インチに何本糸で織られた布かを示す単位（図4））を100,180,250,350メッシュについて布を一定速度で引き上げた時の抵抗力を計測した。

2-1-3 電極間ギャップ特性

図5に示した電極間のギャップを0.5mm,1mmとした2種類について、布を一定速度で引き上げた時の抵抗力を計測した。

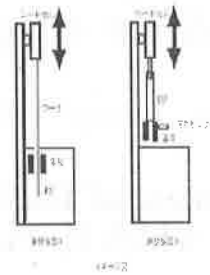


図3. 実験システム

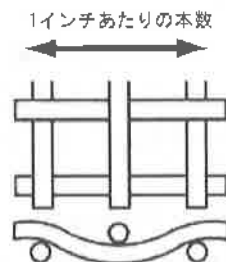


図4 布のメッシュ

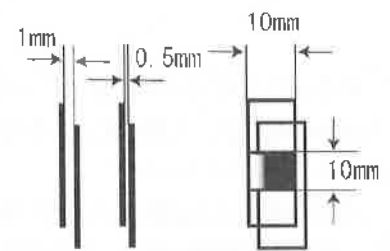


図5 電極構造

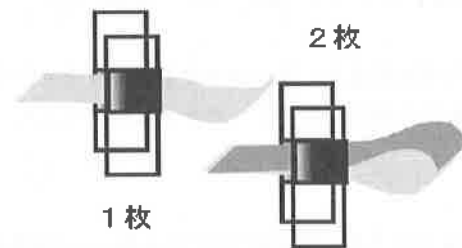


図6 布の枚数

2-1-4 枚数特性

図6に示すように電極間に布を1枚もしくは2枚を挟み布を一定速度で引き上げた時の抵抗力を計測した。

2-1-5 ERFの種類特性

ERFには、分散系と均一系（液晶系）の2種類があり、各々に特徴を持っている。そこで、本機構に適したERFの種類を明らかにするために両系で、布を一定速度で引き上げた時の抵抗力を計測した。

2-2 「手」の形状測定

「手」にリアル感を伝えるためには、「手」について分析が必要がある。「手」の寸法及び関節中心を人体計測及びMRIを用いて計測をした。

2-2-1 「手」寸法計測

「手」の寸法測定は、生命研のマニュアル(生命工学工業技術研究所,1994)を基に、21~61歳(平均年齢33.8)の男性35名、女性22名の計57名の右手を、図7のような25アイテムを計測し、また、図8の計算により推測した14アイテムから、主成分分析を行い、標準的な日本人のパウラダリ・ファミリーを導いた。

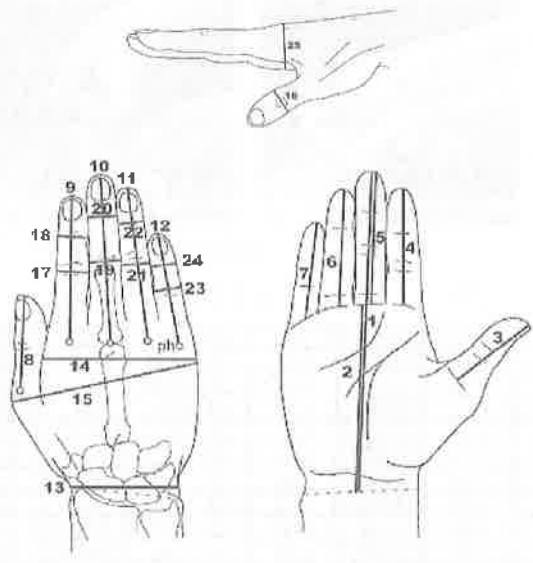


図7. 計測箇所

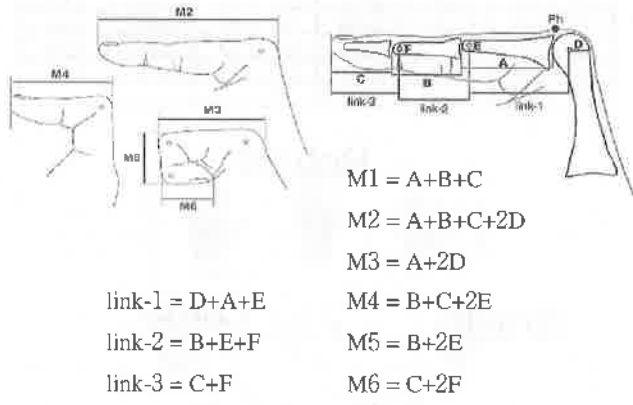


図8 リンク計算法



図9 MRI撮影用固定治具

2-2-1 MRIによる関節観察
 感触を「手」与えるためには、手、指の拘束場所を推測する必要がある。「手」を開いた状態、握った状態等をMRIにより断層写真を撮影し関節の動きを観察した。MRIの撮影には約15分の間、手を動かすことができないため、紙粘土により図9に示すような固定治具を作製して、手を固定して撮影をした。

3. 結果

3-1 布の引っ張り抵抗力の測定

3-1-1 印加電圧特性

印加電圧を変化させて測定をした結果を図10に示す。測定結果から印加電圧を上げることにより、布を引っ張る抵抗力が比例的に大きくなることが分かった。

3-1-2 メッシュ特性

布のメッシュを変えて測定をした結果を図11に示す。測定結果からメッシュが細かいほど布を引っ張る抵抗力が単位本数に比例的に大きくなることが分かった。

3-1-3 電極ギャップ

電極ギャップを変えて測定をした結果を図12に示す。測定結果から電極ギャップが狭い方が布を引っ張る抵抗力が距離に反比例して大きくなることが分かった。

3-1-4 枚数特性

電極間に布を挟んだ時の測定結果を図13に示す。図6から分かるように、電極間に2枚の布を挟むと布を引っ張る抵抗力は約4倍と大きくなった。

3-1-5 ERFの種類特性

分散系と均一系ERFの両系での結果を図14に示す。測定結果から分散系のERFでは、同一条件で均一系のERFより布を引っ張る抵抗力は約2倍と大きくなった。

3-2 「手」の形状測定

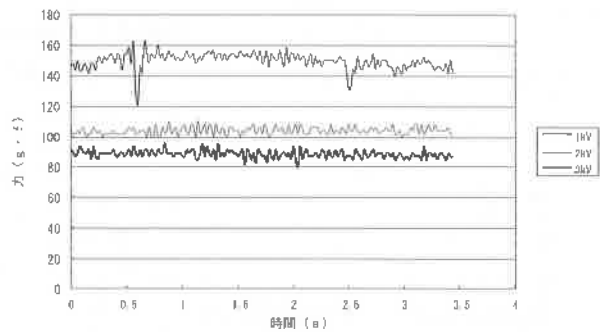
3-2-1 「手」の寸法計測

「手」の寸法計測（計測の様子を図14に示す）を行い、計算したリンク長の39アイテムについての主成分分析（SPSS使用）結果を表1に示す。この結果から第一因子として「手」の長さ起因する因子が抽出され、第二因子として「手」の幅に起因する因子が抽出された。

また、この結果を用いてバウンダリー・ファミリーを図16に示す。

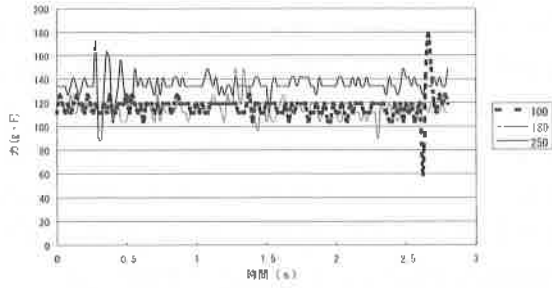
3-2-1 MRIによる関節観察

「手」の関節の動きを推測するためMRIを用いて、手の断層データ（図17）から骨の抽出を行い、骨格の移動を導いた結果を図18に示す。



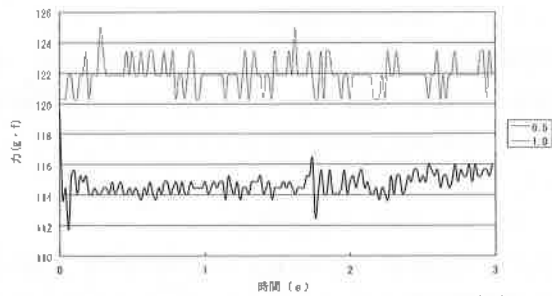
移動速度 5mm/s
350メッシュ

図10 印加電圧特性



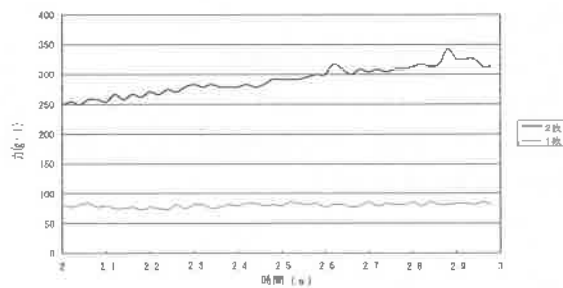
移動速度 5mm/s
印加電圧 5kV

図11 メッシュ特性



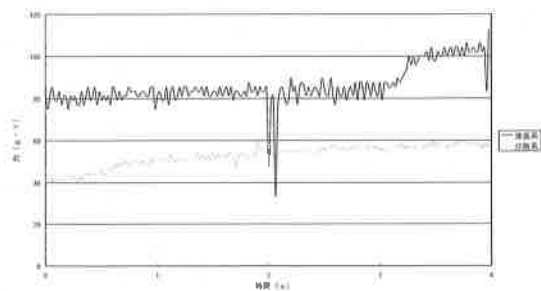
移動速度 5mm/s
印加電圧 3kV
350メッシュ

図12 電極ギャップ特性



移動速度 5mm/s
印加電圧 3kV
350メッシュ

図13 枚数特性



移動速度 5mm/s
印加電圧 2kV
350メッシュ

図14 ERT種類特性

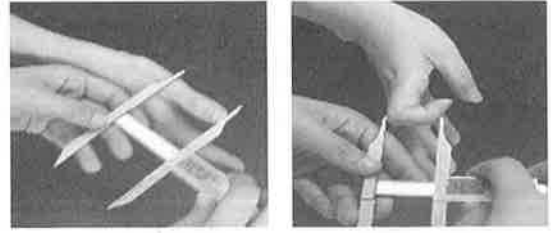


図15 計測の様子

表1 主成分分析結果

Mes. Item	FC1	FC2	Mes. Item	FC1	FC2
1 HNDL	0.800	0.484	21 F2DB	0.289	0.875
2 PLML	0.551	0.541	22 F3DB	0.320	0.851
3 FG1L	0.811	0.346	23 F4DB	0.247	0.804
4 FG2L	0.827	0.426	24 F5DB	0.319	0.850
5 FG3L	0.867	0.347	25 HNDI	0.174	0.792
6 FG4L	0.835	0.388	26 L1P	0.578	0.439
7 FG5L	0.811	0.239	27 L1D	0.822	0.543
8 F1DL	0.619	0.437	28 L2P	0.808	0.277
9 F2DL	0.867	0.235	29 L2M	0.790	0.151
10 F3DL	0.891	0.320	30 L2D	0.491	0.529
11 F4DL	0.888	0.344	31 L3P	0.835	0.333
12 F5DL	0.844	0.251	32 L3M	0.761	0.258
13 WRTB	0.369	0.826	33 L3D	0.632	0.268
14 HNDB	0.456	0.807	34 L4P	0.850	0.350
15 MXHB	0.444	0.767	35 L4M	0.862	0.187
16 F1PB	0.386	0.836	36 L4D	0.803	0.495
17 F2PB	0.295	0.880	37 L5P	0.813	0.296
18 F3PB	0.291	0.898	38 L5M	0.709	0.283
19 F4PB	0.263	0.876	39 L5D	0.675	0.353
20 F5PB	0.264	0.872			

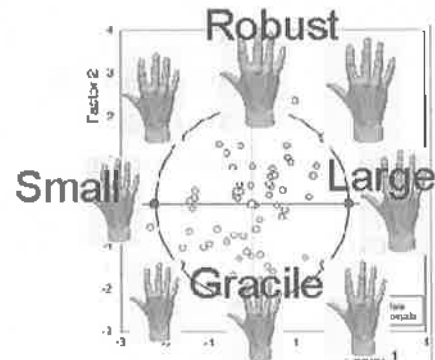


図16 バウンダリー・ファミリー

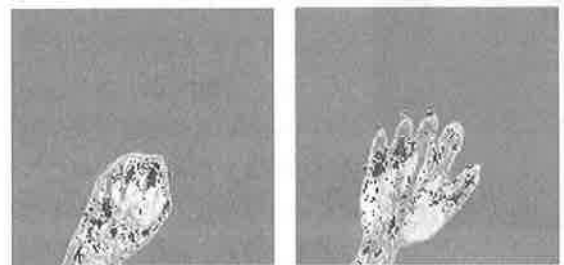


図17 MRI撮影画像

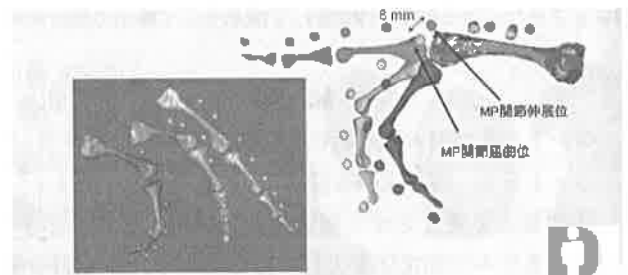


図18 MRI画像の解析結果

4. 考 察

布の引張り抵抗力を、印加電圧、メッシュ、電極ギャップ、布の枚数及びERFの種類ごとに求める実験を行った。

印加電圧を大きくすると布にかかる力が増大するが、これは、ERF内の微粒子が電極間に形成されるクラスターの増加、クラスターを形成する微粒子の分極結合が増加するためと考えられる。

布のメッシュを変化させた場合、細かい布を使用するほど布にかかる力が増大する。これは、ERF内の微粒子が数 μm と微小のため細かいメッシュでは、糸の格子間にクラスターの生成され、糸一本あたりに働く抵抗力が大きくなるためと考えられる。

電極間距離を小さくすると布にかかる力が増大する。これは、電界によって生成されるクラスターの結合力が、単位ギャップあたりの電界量に比例するため、ギャップが小さいほど、抵抗力は増大すると考えられる。しかし、あまり小さくすると絶縁破壊が起こることも考慮しなければならない。

また、電極間に通す布の枚数を増やすと布にかかる力が増大する。これは電極間に生成されるクラスターが布の移動によって一度は破壊されるが、電界はその時点でも印加状態であるため、再生成が起こり重ねあわされた別の布の格子に生成されるため、抵抗力が増大すると考えられる。

分散系と均一系の2種類のERFにより布の引っ張り抵抗力の計測では、分散系ERFの方が大きな抵抗力を発生した。一般的にずり応力は均一系ERFの方が大きな力を発生すると言われているが、本機構では、分散系は球状の微粒子が混入されているのに対し、均一系では棒状の粒子であるため、布のメッシュ格子間にクラスターが十分に形成されなかったためと考えられる。

以上のことから、本機構においては布のメッシュは細かく、電圧ギャップは絶縁破壊を起こさない程度に小さくし、布は電極ギャップ間に応じて挟む数枚を考慮することで、大きな抵抗力を引き出せることが分かった。

「手」の形状測定については、実測及び主成分分析とMRIを利用した骨格の動きについて検証をした。この結果、日本人の代表的な「手」の大きさについてバウンダリー・ファミリーを求めることができた。また、MRIの撮影を解析した結果、「手」を握った時と、開いた時でMP関節が数ミリ移動することが分かり、本機能において想定していた動きよりはるかに大きかったことから、図1の原理に基づくと布の動きが大きくなり、十分に力を引き出せると考えられる。

5. 結 言

ERFを用いた、人間に安全、小型かつ怪量な、データグローブの実用に向けた、布の引っ張り抵抗力について各条件で実験を行い、印加電圧、布のメッシュ、電極及びERFの種類について、本機構に適した条件を得ることができた。また、「手」について代表的なサイズ、骨格の動きについて明らかになったことから、我々が考案している機構において、「手」に力覚を与えるために必要となる布の動きをコントロールするためのデータと日本人の標準的な「手」のサイズが得られた。

謝 辞

本研究にあたり、ご支援頂いた山梨県企画課、また、「手」の測定・分析方法及びMRIによる解析等をご指導頂いた産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究センター河内まき子氏、宮田なつき氏、栗原恒弥氏に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 河西伸一, 清水誠司, 佐野正明 他: 山梨県工業技術センター研究報告, 17, P114-117 (2003)
- 2) 小山清人監修: 電気粘性 (ER) 流体の開発, P39-151 (1999)
- 3) 河内まき子: デジタルヒューマン基盤技術 平成15年度成果報告書, P82-86 (2004)
- 4) 宮田なつき, 栗原恒弥: デジタルヒューマン基盤技術 平成15年度成果報告書, P87-94 (2004)
- 5) 河西伸一, 橋田鉄雄, 佐野正明 他: 山梨県工業技術センター研究報告, 12, P100-103 (1999)
- 6) 河西伸一, 橋田鉄雄, 清水誠司 他: 山梨県工業技術センター研究報告, 11, P.102-105 (1998)
- 7) 河西伸一, 清弘智昭, 本田日出夫 他: 山梨県工業技術センター研究報告, 9, P12-16. (1997)
- 8) 工業技術院・製品科学研究所 編集: 計測のための人体計測マニュアル, P65-66. (1992)