

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3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

Shin'chi KASAI, Seiji SIMIZU, Masaaki SANO, Kenichi KUSIDA
Masaaki MOTIMARU, Noriaki KIYOHURO 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事例が増えてきた。しかし、現在は二次元のマウス、キーボード等のマンマシンインターフェースを用いて三次元データを作成している。これらの、コンピュータの入力方式に不慣れたクリエイターらは創作活動にコンピュータ活用できない状態にある。

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、装着感時に違和感を感じさせないための小型かつ軽量の三次元入力用データグローブの開発を進めた。

- ①前報で報告した、布の引っ張り特性を基に、指の力を拘束する機構について検討を行い、設計・作製して抵抗力について実験を行った結果、力の発生が確認できた。
 - ②指が発生するトルクについて、実測を行い各指のMP関節から指先までのトルク値が分かった。
- 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の基礎データが得られた。

Abstract

Dealing with 3-dimensional Data by using a computer has increased. However, 3-dimensional Data is produced now using man-machine interfaces, such as a 2-dimensional mouse and a keyboard. For this reason, there is a little creation which used computer by creator et al. and then, we furthered development of a Data-Glove on Safe for man, small and lightweight by Electro Rheological Fluid (ERF).

- ①The mechanism which was reported above and which cloth pulls and restrains the power of a finger on the basis of the characteristic is examined, and as a result of experimenting about power, generating of power has checked a design and production.
- ②About the torque which a finger generates, it surveyed and the torque value from MP joint of each finger to the finger point was found.

We obtained the basic data for Data-Glove for Design-CAD which embodies a real feeling from these experimented result.

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技術革新がめざましいスピードで進んでいる。

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進んで来ている。

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二次元のマウスとキーボードを利用者が駆使してデータを築いている。

このような状態で、実際に使用するデザイナー等の感想としては、「今までの五感で感じながらの創作にはほど遠く、創作意欲がわからない」と言った声を聞くことが多くあり、特に、県内の宝飾品デザイナーは、CGやCADの利用が少ない現状である。

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

* 山梨大学

** 産業技術総合研究所

*** ワイエス電子工業㈱

つ安全に反力を体感できるシステム開発を進め、本年度は図1に示すように、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、ERFで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、指に力の感覚を与える機構を考案した。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。前報では、この考案した機構を実証するために、ERFで満たした容器に電極を設置し、電極を動く布に電界を印加した時の布に加わる抵抗力について各種の実験を行った。

そこで、本報ではそれらの結果を基に、力を発生するために必要となる構造の検討及び作製を行い実験を行った。

また、人間の指の発生トルクについて実測を行った。

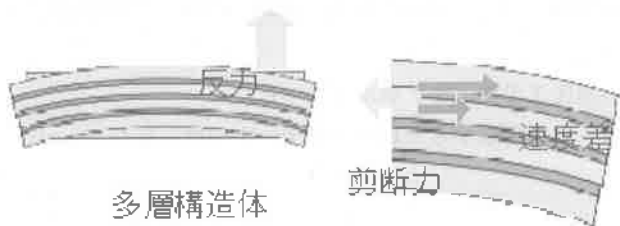


図1 力を表現する原理

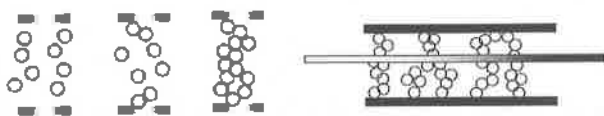


図2 力を表現する原理

2. 構造

図1の原理を実現する時に、曲げた時に電極ギャップが一定の間隔を保つ必要がある。これは電極間のショートを防ぐのは基より、電極間の電界を制御するために必要になるためである。そこで、図3に示すような構造とした。

この構造は、外側をシリコンゴムで成型し、電極、布を配置して、ERFを注入し封印する構造である。また、構造物の中央に溝を設け、絶縁性の球を設置することにより、曲げた時の電極間隔を保つ構造とした。

実際の作成中の写真を図4に示す。

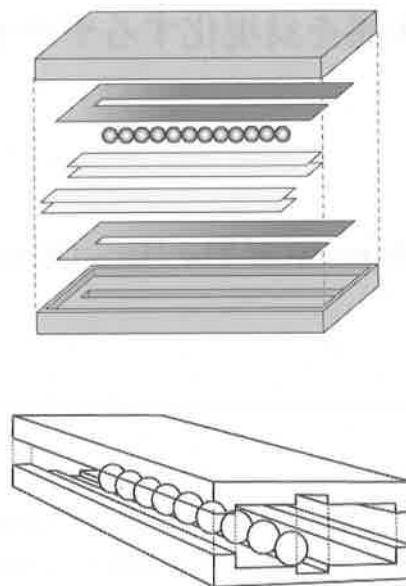


図3 試作構造

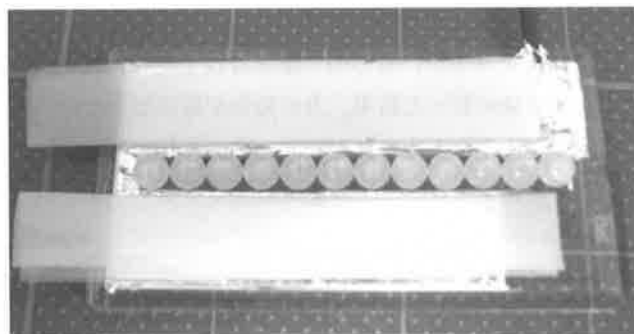


図4 作製した構造

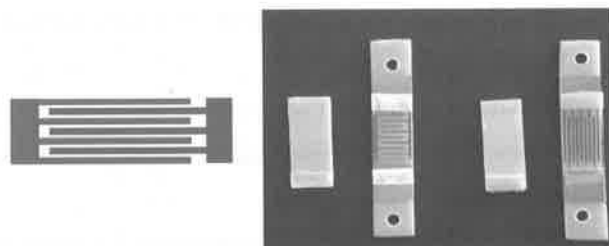


図5 片電極構造

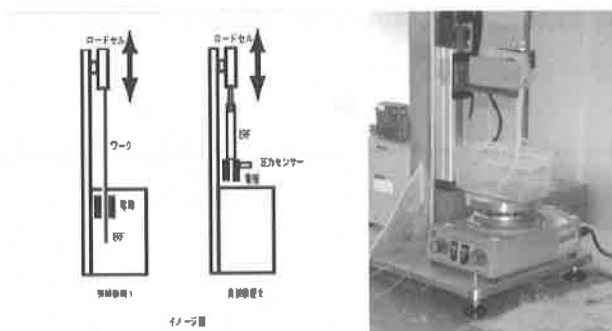


図6 実験システム

3. 実験方法

3-1 布の引っ張り特性

本構造において、電極ギャップを保つことが重要な条件

であるが、大阪大学の古荘らは、ERFを回転運動に適用した際に、片側だけの電極を考案した。我々の考案した構造において適用が出来れば、構造がシンプルになることから、図5に示すような電極を作製し、図6に示すように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。

3-2 実証測定

図3に示した構造にて、試作品を作製した。これを図7のように片側を固定し、反対側をロードセルに取付、ロードセルを一定の速度で上昇させ、試作品の曲げに対する抵抗力と印加電圧について特性を計測した。

3-3 指のトルク計測

指のトルク計測は、今まで正確に計測された文献、データが無いことから、次の方法により実測を行った。

MP関節から指先までのトルクは、PIP関節とDIP関節の角度と大きな関係があることから同関節と指先の力を同時に計測する必要がある(図8)。

そこで、手の動きを死角無く観察ができるモーションキャプチャーシステム(図9)によって、図10の各関節の座標を計測しながら、指先でフォースセンサーを押し、関節角度と力を同時に計測を行った。

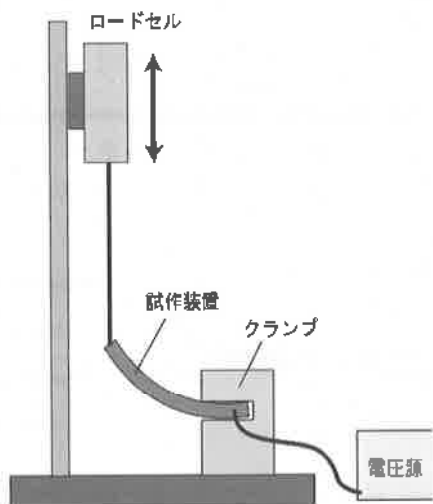


図7 実験システム



図8 トルクとPIP,DIP関節の関係



図9 手のモーションキャプチャ

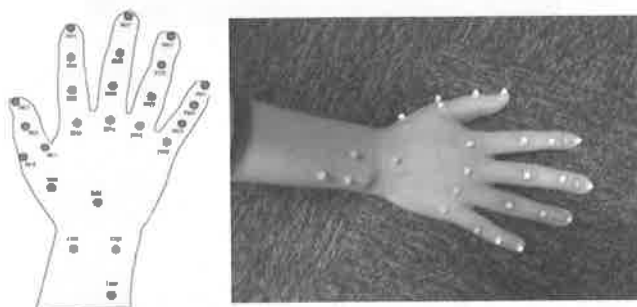


図10 計測関節

3-4 手のCG作成

本システムは、コンピュータ上で感触を感じながらもの作りができるところまでをターゲットとして研究を進めている。そこで、前報の「手」のバウンダリー・ファミリー(図11)のデータを基にCGの作成を行った。

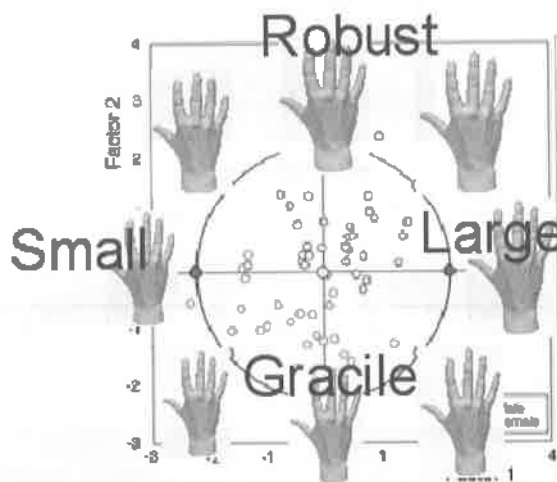


図11 バウンダリー・ファミリー

4. 結果

4-1 布の引っ張り特性

作製した片電極に布を挟み印加電圧を変更した時の測定

結果を図12に示す。

同じ条件で両電極で測定した結果と比較すると、片電極では半分程度の力しか発生することができなかった。

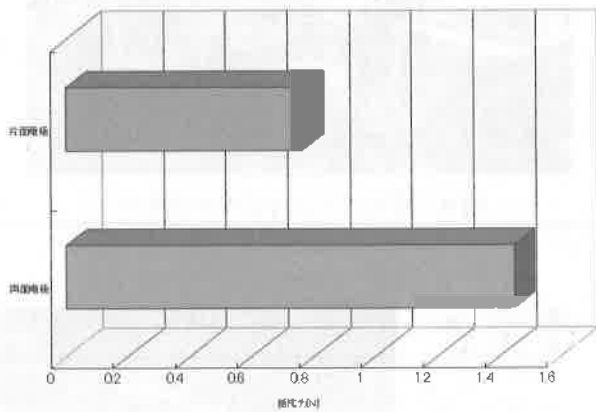


図12 片電極特性

4-2 実証測定

図3に示した構造について、シリコンゴムの種類や厚みを替えて試作品を作製した。(図13~15) この試作品について、図7のように実験を行った結果を図16~18に示す。この結果より、シリコンゴムの素材は、できるだけ柔らかい素材を使用し、曲がりに対して半径が大きくなる様に曲がる内側を厚くすると大きな力が出ることが分かった。



図13 試作品1

素材：信越化学製KE-14

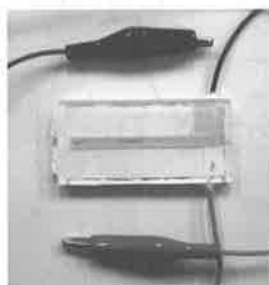


図14 試作品2

素材：信越化学製KE-108



図15 試作品3

素材：信越化学製KE-108

厚み増し

4-3 指のトルク計測

モーションキャプチャーを用いて関節の角度と力の関係を実測した。

図19に計測の様子を示す。この計測により表1に示すように各指のPIP, DIP関節角度とMP関節からのトルクが実測できた。この結果より、親指のトルクが一番大きく、薬指のトルクが一番小さいことが分かった。

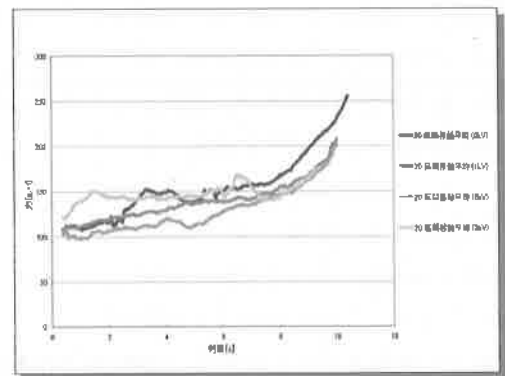


図16 試作品1の結果

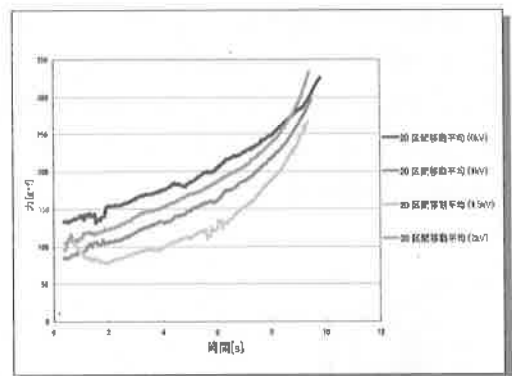


図17 試作品2の結果

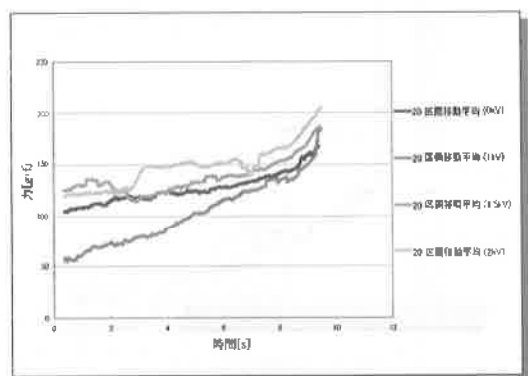


図18 試作品3の結果

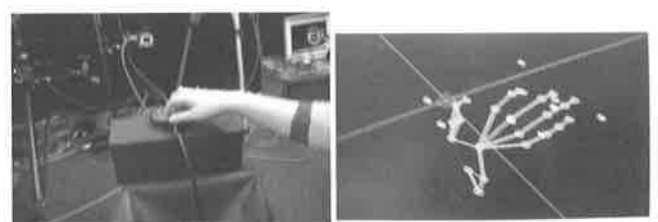


図19 指トルクの実測の様子

表1 「手」のトルク計測結果

	θ	ϕ	Fz	L	トルク(N・m)	
Index	1	32.22	26.71	20.32	84.40	1.72
	2	17.66	12.99	20.05	86.74	1.74
middle	1	61.36	74.04	15.32	90.59	1.39
	2	35.37	88.93	14.09	94.64	1.33
ring	1	63.53	69.04	7.50	63.18	0.47
	2	63.65	75.14	4.82	67.87	0.33
pinkie	1	15.84	66.57	8.37	58.75	0.49
	2	1.55	53.11	7.61	61.88	0.47
thumb	1	25.62	43.99	17.35	108.36	1.88
	2	25.28	47.25	16.31	105.23	1.72

4-4 「手」のCG作成

昨年度の「手」の寸法計測より得られた統計的データを基にCGを作成した。作成したCGを図20に示す。

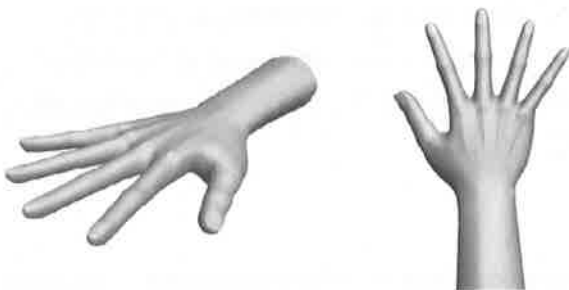


図20 作製したCG

5. 考 察

図1に示す構造について試作品を作る段階で、電極ギャップを均一に保つことが一番の課題となった。そこで、図5に示すように電極が片方だけで、前報で報告した電極に布を挟み込み、布を引っ張った時と同等の特性を得るための実験を行った。この結果を図12に示したが、この方法では、同じ条件で両電極の場合に発生する半分程度の抵抗力が発生した。これは、片電極では布に対して電界は半球状となるため均一に加わらず、ERFのクラスター形成が不均一な構成になったためと思われる。

次に、図3に示すように構造物の中央に絶縁性の球を挟み、試作品が曲がった時でも電極がショートしないような構造として曲げに対する反力を測定した。この結果を図16~18に示した。この結果より曲げ量が多くなると反力が大きくなって行くことが分かった。また、曲がる内側を厚くするとより大きな力が発生することが分かった。これは、内側を厚くすると布の移動距離が長くなり、反力が増加するためと考える。よって、次の試作ではこれらを考慮した構造とすることにより大きな力を発生できる機構が可能となると思われる。

指のトルク計測は、(独)産業技術総合研究所で開発した、「手」の動きをリアルに計測できるモーションキャプ

チャーシステムと小型のフォースセンサーを用いて、各指の関節角度と指先の力について一番大きな力が発生した時の状態を計測し計算を行った。

この結果を表1に示した。この結果より指の曲げるトルクを拘束するために必要となる反力が明らかになった。

CGの作成については、前報の報告で行ったデータを基に表面上の寸法のみ形状となっており、今後は、骨格と関節の位置を考慮し、実際の手の動きを再現する必要がある。

6. 結 言

本研究によりERFを用いた、人間に安全、小型かつ軽量の、データグローブの実用に向けた機構について試作を行い、反力について実験を行った結果、我々の考案した構造において反力が発生することが確認できた。また、各指のトルクを計測したことから、指に反力を感じさせるために必要となる反力(拘束力)が明らかになった。今回、試作した構造では指の曲げ力を拘束するまでの力が発生できなかったが、基本的な考え方が正しいことが分かった。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、資金的にご支援頂いた山梨県企画課並びに担当者様、また、「手」のトルク計測方法や機器の利用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様、宮田なつき様、栗原恒弥様に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 河西伸一, 佐野正明他: 山梨県工業技術センター研究報告, 18, P19-23 (2004)
- 2) 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)
- 3) 小山清人監修: 電気粘性(ER)流体の開発, P39-151 (1999)
- 4) 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)
- 5) 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)
- 6) 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)
- 7) 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, P102-105 (1998)
- 8) 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)