
視覚障害者や人工手足使用者のための新しい MCF センサを使った 義肢システムの開発

Development of artificial limb utilizing new MCF sensor for visual handicapped people and
used artificial hand or foot

1081012

研究代表者 福島大学 共生システム理工学類 准教授 島田邦雄



【研究の目的】

視覚障害者にとって、日常生活で歩いたり、座ったりなどの基本的な動作の際に、ステッキ等を使って物に触れるという基本動作が必要不可欠である。また、事故や怪我等により不運にも手や足等が無くなり、義手や義足を身につけて生活しなければならない人達があり、人間の五感がない人造の義肢である。どちらの両者の場合にも、物に触れて感じ取るという触覚や、触れた物の温度を感じ取る温覚等の感覚は皆無であり、健康な人間と同じくこれらが感じ取れる生活を望んでいる。

そこで、本研究では、申請者が開発した MCF ゴムを適用することによって人間の触覚に近い新しい義肢システムの一連の開発を行い、人間と機械の調和を図る実験的研究を行った。

【研究の内容、成果】

1. MCF ゴムの開発と改良

まず MCF ゴムの製法について説明する。ニッケル粉 (123, 平均長 $3\sim 7\mu\text{m}$) と、銅粉 (MF-D2, 平均長 $8\sim 10\mu\text{m}$), MF (50wt%, ケロシンベース) からなる MCF をシリコンオイルゴム (SH9550) に混合し、対向するネオジウムの永久磁石 (表面磁束密度約 0.56T)

と厚さ 1mm の非磁板の間に挟んで磁場下で硬化させて作成する。また、最適な組成として Ni: 3g, Cu: 3g, MF: 4g, SH9550:10g である。また、寸法は $11\text{mm}\times 16\text{mm}\times 0.5\text{mm}$ である。

一方、改良型 MCF ゴムは、MCF をシリコンオイルゴム (SH9550) に混入する段階で、導電性ペースト (SH-3A, A 剤と B 剤の 2 液からなる) をある割合で加えた後に磁場をかけ、硬化させる。ここで、Ni:2g, Cu:2g, MF:4g, SH9550:10g, A 剤:1.5g, B 剤:1.5g の混合割合で、同じ永久磁石で硬化し寸法も同じである。図 1 に、MCF ゴムと改良型 MCF ゴム共に、SEM により得られた結果から類推されるネットワーク状に形成されたクラスタ構造のモデルを示す。

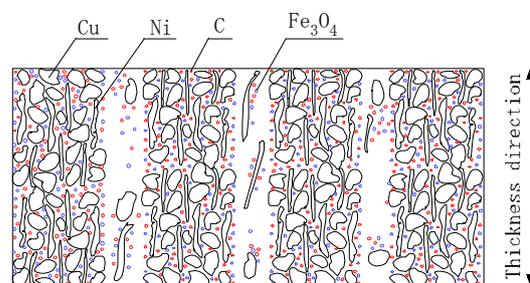


図 1 改良型 MCF ゴムのクラスタモデル

2. 導電特性

MCF ゴムに電極を押し付け圧力を印加すると通電するが、そのときの押し付け力と電気抵抗

の関係調べた実験装置の概略図を図2に示す。MCF 導電性ゴムの微小変形における精密測定を実現するために卓上旋盤を使用した。圧力測定用のロードセルは、ゴムを固定する電極用金属板の片側に固定した。これに対向させて他方の電極用金属板にてゴムを挟み込み、この電極用金属板をロードセルに接触させて、旋盤のチャックに取り付けた。旋盤のダイヤルを回すことにより動かす。これにより、MCF 導電性ゴムに圧力が掛かり、圧縮変形していく。その変形量は卓上旋盤のレールに装着している CCD レーザ変位計により精密に測定した。また、MCF 導電性ゴム両側の電圧を測り電気抵抗値を得た。

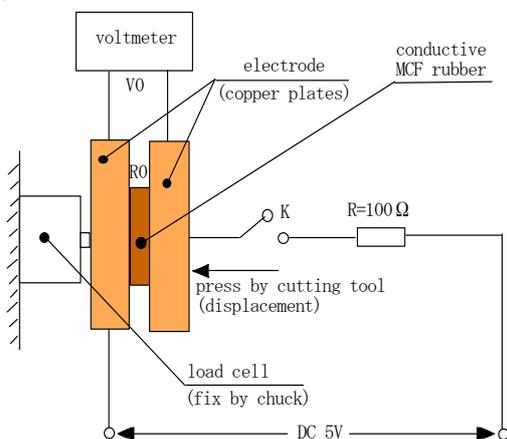


図2 導電特性を調べる実験装置概略図

MCF ゴムと市販の感圧導電性ゴムとの感圧導電性を比較した結果を図3に示す。

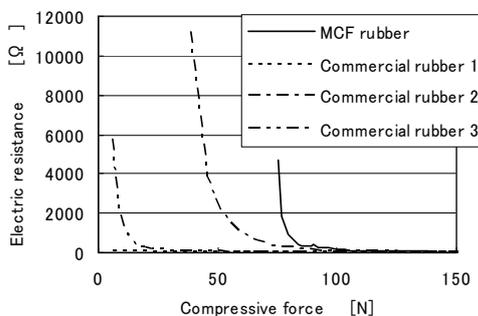


図3 MCF ゴムと市販の感圧導電性ゴムの導電特性の比較

また、この測定における電気が流れはじめるときの臨界押し付け力に対する電気抵抗値を表

1に示す。

MCF ゴムの場合、押し付け力が75Nを超えると、電気抵抗は急激に数百Ωになり、スイッチング効果があることが分かり、触覚センサとして使用できる。また、改良型MCF ゴムの場合、図4に示すように、改良前のMCF ゴムや市販の感圧導電性ゴムよりも小さい10N以下で通電することになり、感度が導電性ペーストを加えたことで大幅に改善される。

表1 MCF ゴムと市販の感圧導電性ゴム、改良型MCF ゴムの感圧導電性の比較

	Compressive force(N)	Resistance(Ω)
MCF rubber	75.5	4700
Commercial rubber 1	6.53	52.5
Commercial rubber 2	38.1	11200
Commercial rubber 3	5.7	5780
Improved MCF rubber	0.294	335

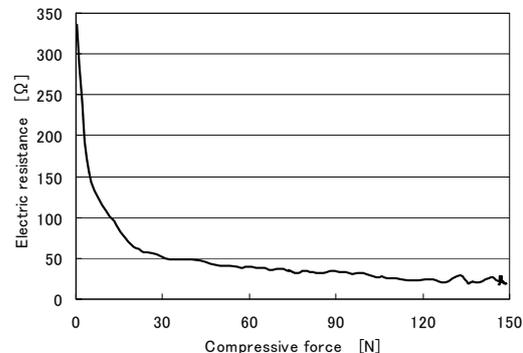


図4 改良型MCF ゴムの導電特性

3. 引張特性

MCF ゴムを触覚としての機能性を有する人工皮膚や触覚センサへ実用化する際には、MCF ゴムの力学的特性を調べておく必要がある。図5に、伸張変形と伸張力の関係から得られるヤング率 E についてMCF ゴムの厚さ δ を変えた場合を、永久磁石を用いてMCF ゴムを硬化させた時と硬化させない時を比較して示す。ここで、後述する図6(a)による実験装置を使用した。磁場硬化ありと磁場硬化なし共にMCF

ゴムの厚さが増すにつれヤング率が減少する。また、磁場硬化ありのほうが磁場硬化なしよりもヤング率が大きい。これは、前述した MCF ゴム中のクラスタに起因するものである。

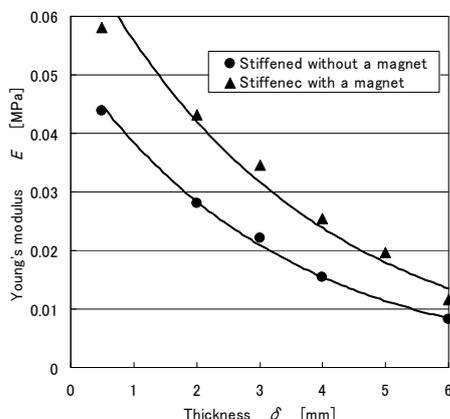


図5 ヤング率と MCF ゴム厚さの関係

4. 引張下での導電特性

MCF ゴムを搭載する場合には、MCF ゴムを引っ張った状態での MCF ゴムの導電性について現実的な課題となる。そこで、それを調べる実験装置の概略図を図6に示す。

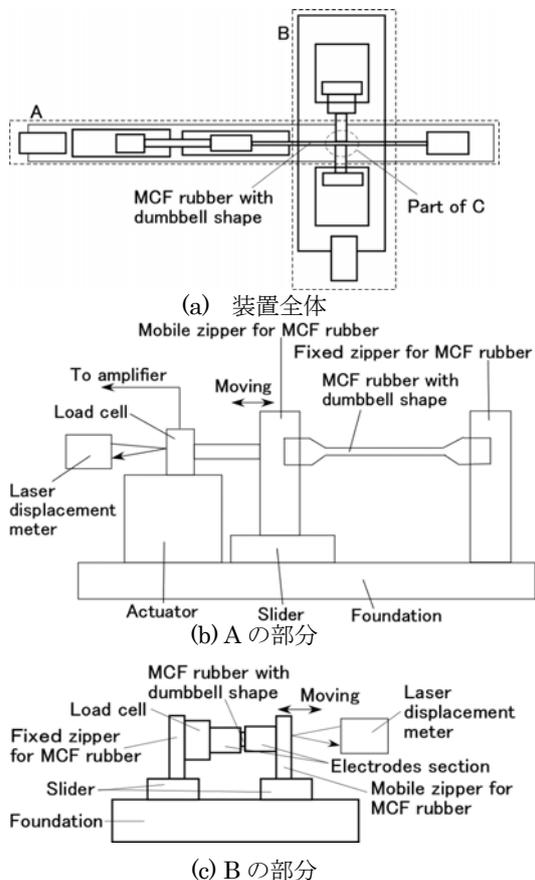


図6 引張下での導電特性を調べる実験装置概略図

アクチュエータにより MCF ゴムを一定の引張ひずみで引っ張る A 部と、その MCF ゴムの両側面を電極にて挟電気抵抗を測定する B 部とからなる。引張ひずみを与えた時の、押し付け力に対する電気抵抗の変化について図7に示す。

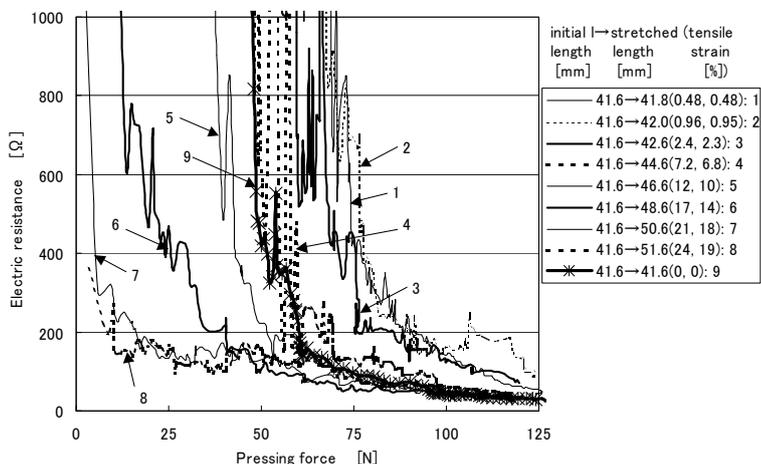


図7 引張下での導電特性

引張ひずみが非常に小さい時には、押し付け力に対する電気抵抗は、引張無しの人に比べて、大きくなるが、ある程度の引張ひずみ以上では、押し付け力に対する電気抵抗が、引張無しの人に比べて、逆に小さくなり、さらにそれ以上の押し付け力では電気抵抗が一定になる。これは、皮膚がつばった時に感じる痛覚と同じ現象を表しており、人工皮膚により近い。

5. MCF ゴム触覚センサ

MCF ゴム、改良型 MCF ゴムを使って、図8に示すように金属導線を接続して触覚センサをについて、図9に示すように作成した。義肢等にこれを搭載する場合には、図10に示すように、マトリックス配置にする。

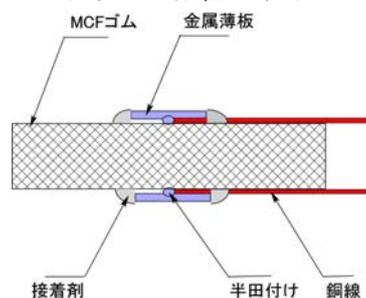


図8 MCF ゴム触覚センサの回路図

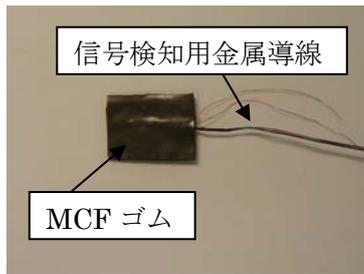


図9 MCF ゴム触覚センサ

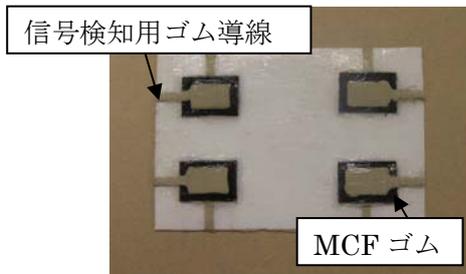


図10 マトリックスのMCF ゴム触覚センサ

上記の MCF ゴム触覚センサを図 1 1 に示す義肢の指に搭載し、図 1 2 に示す義手に搭載したときの図 1 3 に示す触覚特性について調べた。

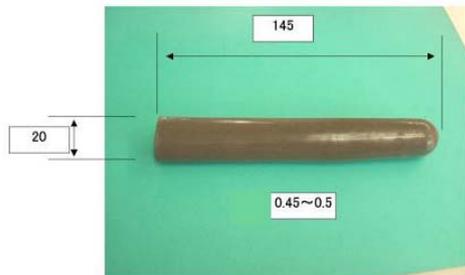


図11 義肢における指のMCF ゴム

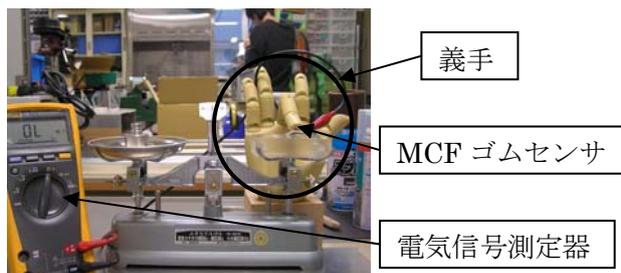


図12 義手における触覚特性を調べる実験装置概略図

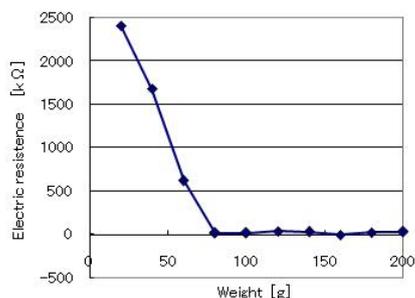


図13 義手における触覚特性

また、図 1 4 に示す盲人用杖に搭載、作成した。(a)は中身のシステムである。

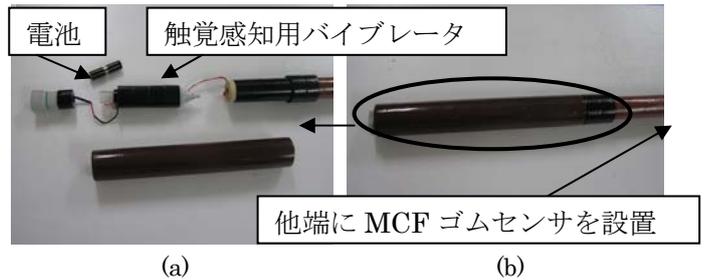


図14 MCF ゴム触覚センサを搭載した盲人用杖

[今後の研究の方向, 課題]

視覚障害者や人工手足使用者のための義肢(手, 足, 指等)や盲人用杖に MCF ゴムによる触覚センサを搭載することにより, より人間の感触に近い義肢や杖を作成することができた。今後は, 電子回路を搭載した電気システムの回路設計を行う必要がある。

[成果の発表, 論文等]

論文発表

1. 島田邦雄, 鄭 耀陽: ハプティックロボットセンサの MCF ゴムにおける伸張状態下での導電性に関する研究, 日本機械学会論文集, 74 巻, 744 号, B 編, pp.1748-1754 (2008.8)
2. 島田邦雄, 鄭 耀陽: MCF ゴムにおける伸張特性に関する基礎研究, 日本機械学会論文集, 74 巻, 747 号, B 編, pp.2287-2294 (2008.12)
3. 島田邦雄, 鄭 耀陽, 橋本直幸: ハプティック MCF ゴムセンサにおける力学的特性と導電性, 日本 AEM 学会誌, 17 巻, 1 号 (2009.3), 印刷中

学会発表

1. 鄭 耀陽, 島田邦雄, 橋本直幸: MCF 導電性ゴムの引張特性に関する研究, M&M 2008 材料力学カンファレンス, OS0807 (2008.9)
2. 橋本直幸, 島田邦雄, 鄭 耀陽: MCF ゴムと市販の感圧導電ゴムの比較, M&M 2008 材料力学カンファレンス, PS04 (2008.9)