

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：13801

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26630155

研究課題名(和文)CNT歪センサを用いたウェアラブル人体動作計測システムの開発

研究課題名(英文)Wearable sensing system using a CNT strain sensor for human motion detection

研究代表者

三村 秀典(MIMURA, HIDENORI)

静岡大学・電子工学研究所・教授

研究者番号：90144055

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：長尺紡績性多層カーボンナノチューブ(MWCNT)配向リボンと高分子弾性樹脂から形成される新規ストレッチャブル動歪センサ(以下CNT歪センサ)を開発した。試作したCNT歪センサは測定装置の限界である29 Hzの動作周波数に追従した。さらに、ヒトの体にフィットするコンプレッション生地(生地)の表面の指の結合ラインに沿ってCNT歪センサを組み込むことにより、装着感の少ないデータグローブを試作した。このデータグローブを評価するため、繊細な指使いが必要とされるピアノ演奏時の「指運動動作」の検出を試みた。組み込まれたCNT歪センサは各指の関節の曲がり具合を検出することができた。

研究成果の概要(英文)：We have developed novel stretchable dynamic strain sensors (CNT strain sensors) which are composed of a multi-wall carbon nanotube (CNT) ribbon and elastic polymer. The CNT sensor demonstrated that its resistance variation closely corresponded with the temporal changes in applied strain. The CNT sensor exhibited the excellent rapid response of 29 Hz, which was the limit of the measurement system. We also have developed the data gloves with less wearing burden by incorporating the CNT strain sensors along the finger joint lines on a surface of the thin compression fabric gloves. To evaluate these prototype data gloves, test measurements of finger motions during a piano performance requiring subtle finger movement were conducted using the data gloves. The CNT sensors in the data gloves successfully detected the degree of bending of each finger joint.

研究分野：工学

キーワード：歪センサー 人体動作 カーボンナノチューブ ウェアラブル

1. 研究開始当初の背景

ヘルスケア産業のとりわけ予防医療では健康の自己管理が基本であり、そのためのデバイスや支援システムが切望されている。病院外での生体計測と蓄積した生体計測データの分析技術はキー技術の1つである。このためには、生体情報を本人が負担を感じることがなく、非侵襲、無拘束、無意識のうちに常時簡便に収集するセンサシステムが必要である。本研究者のグループは、挑戦的萌芽研究(平成24~25年度、異方性配向CNTシートを用いたウェアラブル歪センサの研究、課題番号24656227)で、極めて簡単に数十m以上のウェブにすることができるカーボンナノチューブ(CNT)を用いて、異方性配向CNTを製作し、世界に先駆けてカーボンナノチューブ(CNT)歪センサを開発した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、挑戦的萌芽研究(平成24~25年度、異方性配向CNTシートを用いたウェアラブル歪センサの研究、課題番号24656227)で開発したCNT歪センサを改良し、衣類に組み込み、着用感に優れた完全なウェアラブルセンサシステムを試作し、包括的な人体動作の計測手法の開発を行い、新たなヘルスケア産業の創出の萌芽とすることである。

3. 研究の方法

CNT歪センサの特性を向上させるため、CNTセンサのナノ構造変化の可逆性をアシストする弾性マトリクス樹脂システムを改良する。マトリクス樹脂には低弾性かつ低損失の特性を持つゴム状の「エラストマー樹脂」を用いる。エラストマー樹脂は、被着材への接着のし易さ、耐久性、耐加水分解性、耐薬品性を考慮し、ポリカーボネート系ウレタン樹脂(In-house segmented polycarbonate-urethane, PCU)、およびPTMG系ウレタン樹脂(In-house segmented tetramethylene ether glycol/slycol, PTMG)を用いる。このように製作したCNT歪センサの29Hzまでの追従性を測定する。また、薄手のコンプレッション生地を用いた手袋を試作し、生地表面の指関節位置にCNT歪センサを組み込んだこれまでにない、装着感のないデータグローブを試作する。

4. 研究成果

図1にCNT歪センサの構造を示す。CNT歪センサは、CNTシートのCNT繊維束の配向方向に垂直になるように電極を設置した。複数のCNT繊維からなるCNT繊維束の周囲がエラストマー樹脂層によって被覆・複合化されている。CNT繊維束の周囲のエラストマー樹脂は、CNTシートとエラストマー樹脂との過度な含浸による膨潤を防ぐために数10 μ mの厚さに調整した。また、デバイスの収縮過程の挙動を安定させるため、CNT繊維束周辺の工

ラストマー樹脂とは別に、弾性率アシスト樹脂層を設けた。図に示すように、CNT歪センサは、引き伸ばした時にセンサの抵抗が増大する特性を持つ。

図2に開発したCNT歪センサの3Hzと29Hzにおける歪や変位による抵抗変化を示す。抵抗変化は、歪や変位に極めて良く追従していることがわかる。測定装置の限界である29Hzにおいても、図に示すように、良好な歪センサ特性を示すことが分かった。

図3に試作したデータグローブ外観を示す。試作したデータグローブを評価するため、繊細な指使いが必要とされるピアノ演奏時の「指運動動作」の検出を試みた。組み込まれたCNT歪センサは各指の関節の曲がり具合を検出することができる。図4に未熟練者と熟練者のピアノを演奏した際の指運動動作の、ある時間におけるデータを示す。熟練者は未熟練者に比べて、指の曲がりが少なく滑らかな指運動動作をしていることが分かる。

以上のように、挑戦的萌芽研究(平成24~25年度、異方性配向CNTシートを用いたウェアラブル歪センサの研究、課題番号24656227)で開発したCNT歪センサを改良し、衣類に組み込み、着用感に優れたウェアラブルセンサシステムを試作し、人体動作の計測として、ピアノ演奏時の指運動動作の検出を行い、指運動動作の検出が可能なことを確認した。

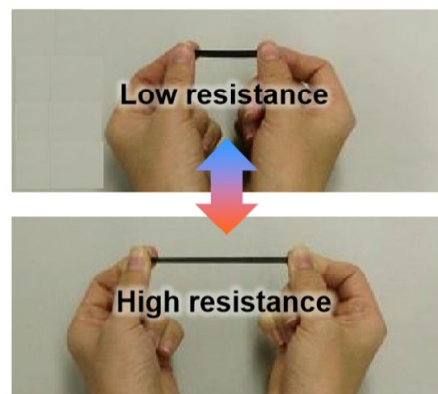
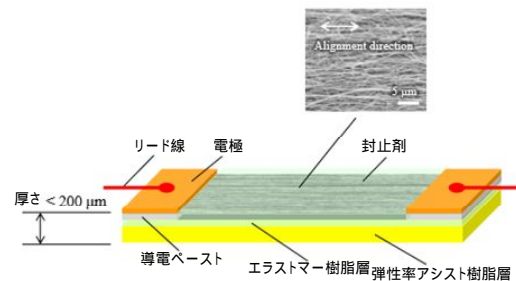


図1 開発したCNT歪センサの模式図とCNT歪センサの動作。歪センサを引き伸ばした時にセンサの抵抗

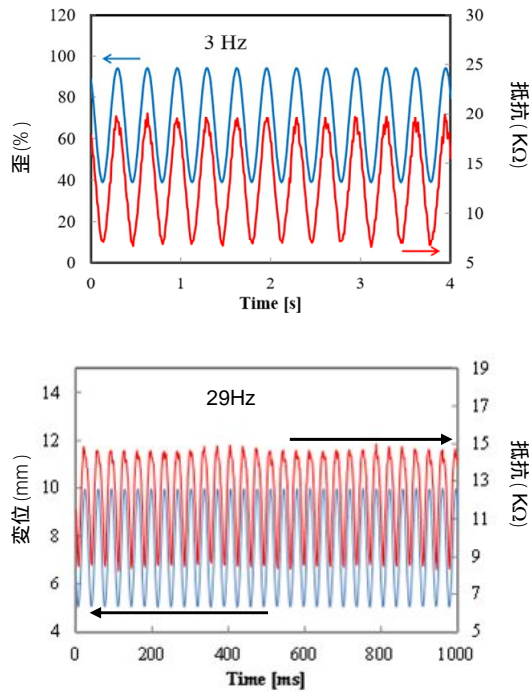


図2 開発したCNT歪センサの3Hzと29Hzにおける歪や変位における抵抗変化



図3 試作したデータグローブ外観

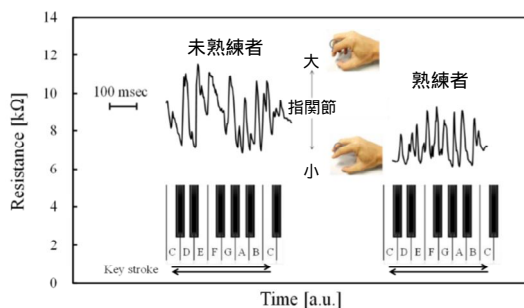


図4 未熟練者と熟練者のピアノを演奏した際の指運動動作のデータ

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1件)

1. K. Suzuki, K. Yataka, Y. Okumiya, S. Sakakibara, K. Sako, H. Mimura, and Y. Inoue, Rapid-Response, Widely Stretchable Sensor of Aligned MWCNT / Elastomer Composites for Human Motion Detection, ACS Sensors、査読有、2016、DOI:10.1021/acssensors.6b00145

〔学会発表〕(計 6件)

1. Y. Inoue, K. Sako, T. Inoue, V. Premalal, T. Nakano, H. Mimura, K. Suzuki, Y. Okumiya, K. Yataka, S. Sakakibara, Fast-response aligned-carbon nanotube / polymer large-strain sensor、Inter. Conference on Diamond and Carbon Materials, September 9, 2015, Maritim Hotel BAD HOMBURG, Germany
2. 佐孝佳祐、三村秀典、中野貴之、井上翼、一方向配向CNTによる導電性CNT/樹脂複合材料、第41回炭素材料学会年会、2014年12月8日、福岡県大野城市まどかぴあ
3. 柴田欣樹、中野貴之、三村秀典、島村佳伸、後藤健、小笠原俊夫、井上翼、一方向配向CNT/エポキシ複合材料の電気特性、第41回炭素材料学会年会、2014年12月8日、福岡県大野城市まどかぴあ
4. 菊地貴裕、三村秀典、井上翼、石川健太郎、中西太宇人、下口賦、中野貴之、第41回炭素材料学会年会、2014年12月8日、福岡県大野城市まどかぴあ
5. 林航平、中西太宇人、石川健太郎、下口賦、三村秀典、中野貴之、井上翼、第41回炭素材料学会年会、2014年12月8日、福岡県大野城市まどかぴあ
6. 柴田欣樹、中野貴之、三村秀典、島村佳伸、後藤健、小笠原俊夫、井上翼、高配向長尺CNT/樹脂複合材料の電気伝導特性、第75回応用物理学学会学術講演会、2014年9月19日、北海道大学

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：

発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

三村秀典 (Mimura Hidenori)
静岡大学・電子工学研究所・教授
研究者番号：90144055

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

井上 翼 (Inoue Yoku)
静岡大学・総合科学技術研究科・准教授
研究者番号：90324334