

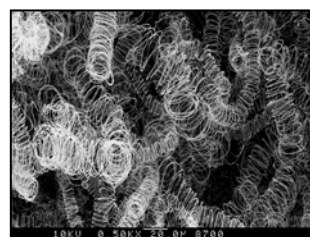
1) まえがき

本年度は、文部科学省知的クラスター創生事業、岐阜大垣地区クラスター「ロボティック先端医療クラスター」(平成16-20年度)の中で、サブタイトル「CMC 触覚センサーとその応用」のもとに研究を行った。また科研費「基盤研究(B) (平成19-20年度)」のなかで、「人間の皮膚感覚を持つ CMC 人工皮膚の開発と人間型ロボットへの応用」について研究を行った。研究内容および成果の概要は、以下の通りである。

2) 研究概要

2.1) 高性能カーボンマイクロコイル (CMC) の開発と特性評価:

実用に供する高感度・多機能型触覚・近接センサ素子を開発するため、センサー素子原料となるカーボンマイクロコイル (CMC) の高性能化(超弾力性 CMC, 長尺 CMC など)、高純度・高分散性の検討及びその大量合成技術の開発を行った。反応条件の最適化により超弾力性 CMC (右図) の平均収率6-9g/バッチが得られた。これは目標値の2-3倍である。



超弾力性 CMC

2.2) CMC センサー素子の製品化技術の開発

マトリックス中への均一分散・配向技術の開発、環境因子による特性評価、繰り返し応力下での特性評価と耐久性評価、分布型センサー素子の開発と特性評価などを行った。特に、素子の製品化において、CMCの均一分散、素子中への気泡の均一分散性、環境因子などが微妙に作用して、素子の安定性や特性の再現性に大きな影響を及ぼすことがわかった。

2.3) センサ信号回路・処理・表示・駆動・制御システムの開発

センサ信号の処理、表示、駆動・制御システム (特に触覚・近接センサーに関する) の開発 (特に6項) を行い、デモ機を作成した。



小型実用化モデル機

2.4) CMCセンサを装着した内視鏡支援ロボットアームの試作機の開発

ロボットアームの内視鏡ホルダ部への CMC 接触センサーの装着、センサー素子の最適化、信号回路及駆動回路・制御回路の検討を行い、試作機を作製し、特性評価・問題点の抽出・改良を行った。又、より実用機に近い小型のロボットアームを試作 (右上図)、デザインの検討を行った。また、ロボットアーム用触覚センサー素子の試験機 (右下図) の設計・試作及び試運転を行い、最適のセンサー素子及びそのシステムの設計・試作・特性評価を行った。



ロボットアーム用触覚センサー特性評価装置

2.5) 分布型センサーシステムの開発

医療用への汎用的な応用を目的として、電極の本数を最小限にするように設計を行い、試作と展示会でのデモを行い、注目された。

2.6) 大型医療診断用装置用 CMC 近接・接触センサー素子の開発

大型医療診断用装置用 CMC 近接・接触センサー素子及びそのシステムの設計・試作・試運転と

特性評価を行った。試作したデモ機(2機)を種々の展示会で実演を行ったが非常に注目された。特に、近接センサー素子特性に及ぼす環境因子(温度、湿度など)、対象物の大きさ、絶縁物の挿入の影響などを明らかにし、実用化への目途を立てた。又近接センサーを装着したスライド式ドアーを設計・試作・試運転・デモンストレーションを行い、医療器具以外への幅広い応用の可能性をアピールした。

2.7) 人間感覚を持つ弾力性人工皮膚の開発と特性評価

3. 研究成果の発信

3.1) 原著論文

- 1) Controllable synthesis of carbon microcoils/ nanocoils by catalysts supported on ceramics using catalyzed chemical vapor deposition process, S. Yang, X. Chen, T. Katsuno and S. Motojima, **Mater. Res. Bull.**, 42(3), 465-473(2007).
- 2) Grafting of polymers onto carbon microcoil surface by ligand-exchange reaction of ferrocene moieties of polymer with polycondensed aromatic ligands of the surface, H. Morihashi, Y. Nishida, Y. Takahashi, K. Fujiki, T. Yamauchi, N. Tsubokawa and S. Motojima, **Polymer J.**, 39, 175-180(2007).
- 3) Grafting of polymers onto carbon microcoil surface by use of carboxyl groups on the surface and electric properties of conductive composites prepared from silicone rubber with the polymer-grafted carbon microcoil, H. Morihashi, Y. Takahashi, Y. Nishida, K. Fujiki, T. Yamauchi, N. Tsubokawa and S. Motojima, **Polymer J.**, 39, 404-410(2007).
- 4) Relationship of a carbon microcoil and carbon microcoil tactile sensor element in electrical properties, T. Katsuno, X. Chen, S. Yang and S. Motojima, **Diamond and Related Mater.**, 16, 1000-1003(2007).
- 5) Influence of CVD conditions on the growth of carbon microcoils with circular cross-sections, X. Chen, S. Yang, Y. Kato and S. Motojima, **Mater Lett.**, 61(14-15), 2900-2903(2007).
- 6) Synthesis and morphology of carbon microcoils produced using methane as a carbon source, S. Yang, M. Hasegawa, X. Chen and S. Motojima, **Carbon**, 45(7), 1592-1595(2007).
- 7) Effect of compressive and tensile strains on the electrical resistivity of carbon microcoil/silicone-rubber composites, K. Yoshimura, K. Nakano, T. Miyake, Y. Hishikawa, C. Kuzuya, T. Katsuno, S. Motojima, **Carbon**, 45(10), 1997-2003(2007).
- 8) Novel tactile/proximity sensors made of vapor grown carbon microcoils(CMCs), X. Chen, S. Yang, H. Natuhara, T. Sekine and S. Motojima, **IEEE, The Second International Conference on Sensing Technology** (2007/11/26-28, New Zealand).
- 9) Application of CMC sensors in medical robotics autonomous system, X. Chen, S. Yang, H. Natuhara, K. Kawabe, T. Takemitsu and S. Motojima, **IEEE, The Fourth International Conference on Computational Intelligence, Robotics and Autonomous Systems** (2007/11/28-30, New Zealand).
- 10) Preparation of carbon microcoils by catalytic methane hot-wire CVD process, X. Chen, M. Hasegawa, S. Yang, Y. Nitta, T. Katsuno and S. Motojima, **Thin Solid Films**, 516(5), 714-717(2008).
- 11) Preparation of single-helix carbon microcoils by catalytic CVD process, S. Yang, I. Ozeki, X. Chen, T. Katsuno and S. Motojima, **Thin Solid Films**, 516(5), 718-721(2008).
- 12) Catalytic effects of various metal carbides and Ti compounds for the growth of carbon nanocoils (CNCs), S. Yang, X. Chen, N. Kikuchi and S. Motojima, **Materials Letters**, 62(10-11), 1462-1465(2008).

3.2) 学会発表：31件

3.3) 依頼講演：31件

3.4) 新聞発表/紹介：35件

3.5) 著書

- 1) “カーボンマイクロコイル(CMC)の創製と物性”、元島栖二、陳 秀琴、「ナノカーボンハンドブック(Handbook of Nano Carbon)」(分担執筆、エヌ・ティー・エス)、pp.775-781 (2007/7/17 発行)。

- 2) “カーボンマイクロコイル (CMC)を用いた高感度触角・近接センサー”、元島栖二、陳 秀琴、「ナノカーボンハンドブック(Handbook of Nano Carbon)」(分担執筆、エヌ・ティー・エス)、pp.782-788 (2007/7/17 発行).
- 3) “カーボンマイクロコイルの GHz 領域の電磁波吸収特性”、元島栖二、「ナノカーボンハンドブック(Handbook of Nano Carbon)」(分担執筆、エヌ・ティー・エス)、pp.794-801 (2007/7/17 発行).
- 4) 「ミクロな世界へズームイン」(文献出版)、阿達直樹、岩永浩、元島栖二(2007/9/30 発行).
- 5) “カーボンマイクロコイル (CMC) の電気特性”、元島栖二、「最新 導電性材料 技術大全集【上巻】—設計・配合から応用事例まで—」(分担執筆、技術情報協会)、pp. 346-356(2007).
- 6) “カーボンマイクロコイル (CMC) に見る自己組織化現象”、陳 秀琴、元島栖二、「自己組成化ハンドブック」(分担執筆、エヌ・ティー・エス)、(2008 発行予定).
- 7) “カーボンマイクロコイルの GHz 領域の電磁波吸収特性”、元島 栖二、「電波吸収体の技術と応用 II」(分担執筆、シーエムシー出版)、pp.166-188(2008). (16「次世代電磁波吸収体の技術と応用展開」の普及版)

3.6) 総説など

- 1) 学会誌「セラミックス」表紙、Vol.42、No.4~No.12、4月~12月号まで連載(2007)
- 2) 写真でひもとく未来材料、カーボンマイクロコイル (CMC) の芸術的な世界、未来材料、7 (3)、pp.9-11 (2007) .
- 3) 驚異のヘリカル炭素、未来を変えるカーボンマイクロコイル!!、「その道の達人」派遣事業報告、自然界・生命体に学ぶ 21 世紀のモノづくりの達人、元島栖二、理振協会会報、241 号、pp.8-9(2007).
- 4) Preparation and characterization of carbon microcoils(CMCs), S. Motojima and X. Chen, Bull. Chem. Soc. Jpn., 80(3), pp. 449-455(2007).
- 5) カーボンマイクロコイル(CMC)とその応用、元島栖二、セラミックスデータブック 2007 工業と製品 (工業製品技術協会)、35(89)、pp.207-209(2007/10/19 発行)
- 6) カーボンマイクロコイル(CMC)の開発とその応用、陳 秀琴、元島栖二、炭素、pp.338-344 (2007) .
- 7) カーボンマイクロコイル(CMC)の開発とその応用、元島栖二、ニューカーボンだより (2007)
- 8) カーボンマイクロコイル(CMC)に見る自己組織化、陳 秀琴、元島栖二、自己組織化ハンドブック(分担執筆、エヌ・ティー・エス、(2008 予定)
- 9) カーボンマイクロコイル(CMC)の開発とその将来像、陳 秀琴、元島栖二、無機マテリアル学会誌 (2008)
- 10) CMC のコイリングキラリティ、陳 秀琴、元島栖二、日本結晶成長学会誌 (2008) .

3.7) 受賞

- 1) “カーボンマイクロコイル(CMC) の開発”、陳 秀琴、材料技術研究協会論文賞(2007/4/14)
- 2) “カーボンマイクロコイル(CMC)を用いた触覚・近接センサー、先端医療器具及び人工皮膚の開発”、元島栖二、楊 少明、陳 秀琴、夏原大宗、岐阜大学テクノフェア 2007 優秀出張賞(2007/9/25)
- 3) “Application of CMC sensors in medical robotics autonomous system”、X. Chen, S. Yang, H. Natuhara, K. Kawabe, T. Takemitsu and S. Motojima、CIRAS 2007 Best Poster 賞(2007/11/28-30)
- 4) “カーボンマイクロコイルのガン細胞に及ぼす効果”、藤井麻美、坂井樹里、呉志良、長野功、高橋優三、元島栖二、材料技術研究協会ゴールドポスター賞(2007/12/1)
- 5) “CMC 接近センサー素子の特性評価”、大橋幸治、夏原大宗、勝野高志、河辺憲次、楊少明、元島栖二、材料技術研究協会ゴールドポスター賞(2007/12/1)
- 6) “新規の CMC 圧力センサ素子の作製と特性評価”、澤田徳樹、夏原大宗、楊少明、陳秀琴、元島栖二、葛谷知洋、河辺憲次、材料技術研究協会ゴールドポスター賞(2007/12/1)
- 7) “カーボンマイクロコイルの分散性の検討”、鯖戸梨沙、楊少明、陳秀琴、元島栖二、材料技術研究協会ゴールドポスター賞(2007/12/1)
- 8) “Ni 分散シリカ薄膜を用いたカーボンマイクロコイル (CMC) の合成”、名波雅大、尾関出光、幾原裕美、岩本雄二、河辺憲次、楊少明、元島栖二、材料技術研究協会ポスター賞奨励賞(2007/12/1)
- 9) “人型ロボット用多機能型 CMC 触覚センサーの開発および販売”、夏原大宗、名古屋市新事業支援センター 大学発ベンチャービジネスプラン奨励賞(2008/1/15)
- 10) “FIB を用いた超小型電磁気変換デバイスの作製と電子線ホログラフィによるその場磁場観察”、日本セラミックス協会顕微鏡写真展最優秀賞、JFCC 山本和夫、他 (2008/3/21)