

Title	ブラシ状カーボンナノチューブを用いたヤモリテープに関する研究
Author(s)	前野, 洋平
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/58353
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	前野洋平
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 24199 号
学位授与年月日	平成 22 年 9 月 22 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科機械工学専攻
学位論文名	ブラシ状カーボンナノチューブを用いたヤモリテープに関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 中山 喜萬 (副査) 教授 澁谷 陽二 教授 高谷 裕浩

論文内容の要旨

本論文では生物模倣技術として注目されるヤモリ足裏を模倣した繊維状粘着剤・ヤモリテープとして、ブラシ状カーボンナノチューブ(CNT)を材料に用いた人工的にヤモリテープを作製、接着力と形状から接着の影響因子を特定、接着メカニズムを明らかにし、汎用粘着剤と同等の接着力を実現したものである。

第1章では、ナノテクノロジーの発展と、ナノサイズの炭素繊維であるCNT、バイオミミクリーとしてのヤモリテープの機能について述べた。

第2章では、本研究で扱う重要な素材となるCNT構造、特徴、合成方法、用途、これまでに理解されている成長メカニズムについて概説した。

第3章では、ヤモリテープの実現を目的として、接着機構から生み出される機能、解決できる汎用粘着剤の課題について述べた。次いで、人工的にヤモリ足裏構造を模倣する材料を選定するため、これまでに作製されている人工ヤモリテープの接着力を評価し、人工ヤモリテープの可能性、実現のための手法について述べた。

第4章では、人工ヤモリテープとして現段階で最も可能性の高い材料であるブラシ状CNTsについて、合成方法、装置について説明した。また、人工ヤモリテープとしての接着力向上を目的に、合成条件を変えることにより、形状の異なるブラシ状CNTsを作製した。

第5章では、ヤモリ接着に適したブラシ状CNTsの特定を目的とした。第4章で作製したブラシ状CNTsの接着評価により、接着に影響を及ぼすブラシ状CNTsの形状因子について抽出し、繊維形状による接着への効果について述べた。

第6章では、接着メカニズムの解明目的として、CNTの接着を理論的に考察するため、孤立したCNTのAu, SiO₂表面への接着力を測定し、CNTの接触時の形状、表面の化学的影響、その特性を詳細に報告する。次いでブラシ状CNTsで得られる最大の接着力を算出し、改善の可能性について述べる。また現段階のブラシ状CNTsで生じている接着不良の原因について述べた。

第7章では、接着挙動と繊維構造の相関把握を目的として、ヤモリ接着メカニズムにおける凝集の効果について理解するために、微小束状のブラシ状CNTsの接着評価を行った。得られた応力-歪み曲線によりCNT束の変形挙動について考察し、影響因子から通常粘着剤とは異なる傾向を持つことを述べた。これらの傾向はブラシ状CNTsがヤモリ構造を十分に模倣できていないことが問題であった。

最後に第8章では、総括を行った。

生物模倣技術として注目されるヤモリ足裏を模倣した繊維状粘着剤、ヤモリテープ、は従来とは異なる接着機能を持つことから次世代の接着テープとして期待されているが、現在では未だ接着力不足であり、また接着機構の詳細が明らかになっていない。本研究では、ブラシ状カーボンナノチューブ(CNT)を材料として人工的にヤモリテープを作製、接着力と形状から接着の影響因子を特定、接着機構を明らかにし、汎用粘着剤と同等の接着力を実現したものである。主な成果を要約すると以下のとおりである。

- (1) 種々の層数・直径を持つブラシ状CNTを作製してせん断接着力の評価を行うことにより、人工ヤモリテープの作製法、テープ設計方法を確立した。接着力の序列はJKR理論に基づく層数・直径効果のみに依存するわけではなく、CNT剛性における屈曲、CNT同士の凝集防止効果をバランスよく満たすことにより接着力が汎用の粘着剤と同等の値まで向上した。
- (2) 孤立したCNT先端と被着体表面との接着力計測において、接着時のCNT先端形状、被着体の表面エネルギーの影響を調べ、これまでシミュレーションによる計算でしか得られていなかったCNTのハマカー定数を実験的に計測し、影響因子から接着力向上の手法を確立した。接着力とCNT断面積に直線的な依存性が見られることから、CNTと被着体表面は平面-平面接触をとることを確認した。またAu, SiO₂の2表面について孤立CNTの接着力の大小はハマカー定数に依存することを見だし、ヤモリテープはこれまでに報告されている結果とは異なり、被着体の表面エネルギーの影響を受けることを明らかにした。
- (3) 孤立CNTの先端接着力は6.84nNと非常に高い値を示すことを明らかにした。孤立CNTの接着力をもとに、ブラシ状CNTにおいて期待される最大接着力を算出した結果、実験で得られた接着力は全CNTの1%の寄与しかなく、接触本数を上げることが接着力向上への不可欠な課題であることを明らかにした。
- (4) ブラシ状CNTのせん断接着力はCNT長が長くなるほど上昇し、CNT長は表面凹凸吸収のためだけに必要なのではなく、弾性コンプライアンスを向上させる柔軟層として作用していることを明らかにした。また引張り速度が遅くなるほど配向性が上昇し、せん断接着力が上昇する傾向が見られた。これにより、繊維を傾斜とすることによる接着力向上の着想を得た。

以上のように、本論文では、新しい素材のCNTを用いて生物模倣技術であるヤモリテープを人工的に作製可能であることを明らかにし、CNT接着機構に関する知見を深めることにより生物模倣接着への道を拓いた。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。