

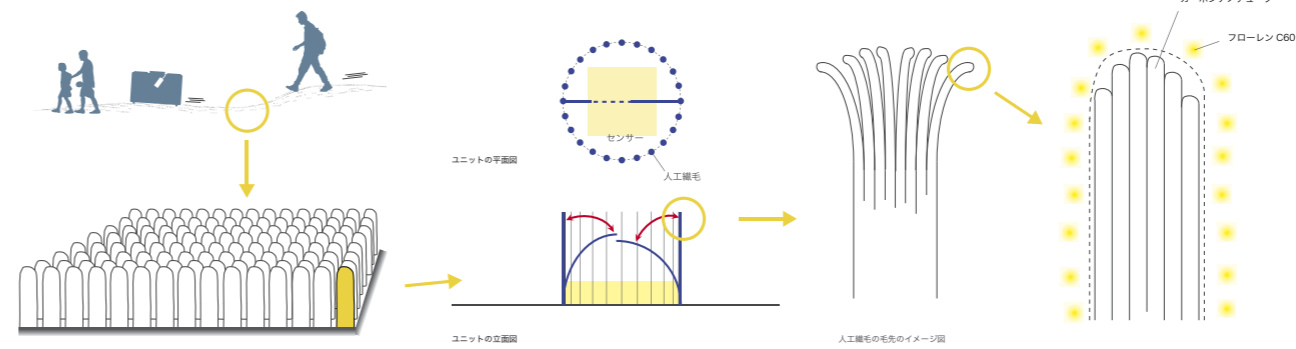
優秀賞

東北大学 大学院 五十嵐太郎研究室

# Ciliazation -ride on the thousand hairs-

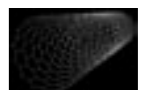
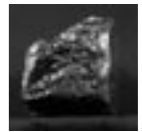
小野優太・須藤春香・鐵真孝

車輪ではなく人工繊維毛を使って移動する交通システム。  
 繊維毛は細胞小器官のひとつで、推進力を生み出す有効打と次の有効打の準備として繊維毛を元の位置に戻す回復打を繰り返す運動で移動する。このシステムでは、ナノレベルの原理まで利用して作られた人工繊維毛を群とし、1ユニットの中でバケツリレーのように繊維毛の上に乗ったものをスライドさせることで物体の移動を実現する。  
 この仕組みは、ヤモリのように壁面を移動することも可能で、垂直方向にも自在に移動することができる。

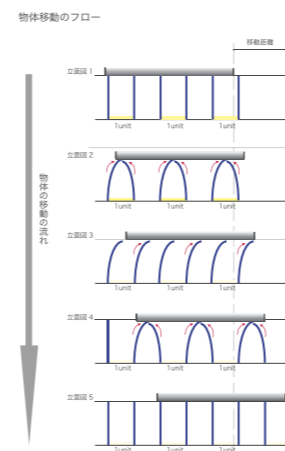


壁面に artificial cilia を埋め込む。artificial cilia はナノレベルの原理まで利用してつくられた人工繊維毛を群とし、ひとつひとつのユニットをデジタルテクノロジーによって制御することで、人や物が動くことをサポートする移動システムである。

artificial cilia の構成物質



### アクチュエータを利用した人工繊維毛の相互作用



artificial cilia はアクチュエータとして動き物体の運搬を可能にする。アクチュエータとは、入力されたエネルギーを物理運動に変換し、機械・電気回路を構成する機械要素である。1 ユニットの中である移動をサポートするために選ばれた人工繊維毛は相互に受け渡しを行い、物を押し挙げたり、下げたりしながらバケツリレーのように上に乗ったものをスライドさせる。

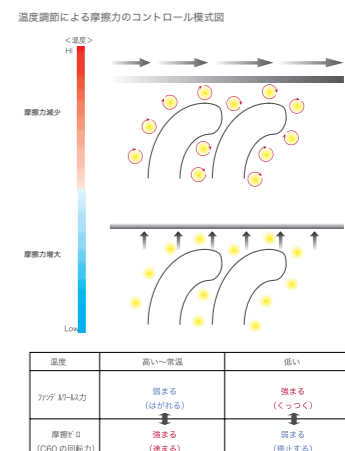
上記はアクチュエータと人工繊維毛を利用して研究開発が進んでいる事例である。人工繊維毛ひとつと全体としての動きの両方をコントロールすることが可能であり、物を運搬したり、足の代わりに自らを移動させるなどの働きをする。

### 人工繊維毛の構成物質の特性を利用した摩擦のコントロール



artificial cilia の表面には、パチンコ玉を並べたように板を置いて押すことができる原理をナノレベルで応用している。板となる部分には 1 層の結合が強く、層同士の結合が弱いグラファイト（グラフェンシート）を利用し、パチンコ玉の役割を果たすのは、室温で個体構造を持ち回転するフラーレン C60 という物質である。この原理によって摩擦ゼロの状態をつくり出し移動をサポートする。

ファンデルワールス力は、電気的に中性である分子と分子の間に働く弱い引力で管状構造のような役割を果たし、分子（電荷密度のかたまり）によって起こる。その分子量が大きくなると吸着力が強くなり、温度が高くなると吸着力が弱くなるという特徴がある。



「artificial cilia」において摩擦力のコントロールを実現するために、本提案内容における artificial cilia の素材、構造、仕組みのもとでファンデルワールス力と摩擦力の異なる質の特性を温度の点から比較してある。両者は反対の性質を持っていることがわかる。

つまり、artificial cilia の温度調節を緩やかに制御することにより、様々な摩擦力の分布状態をつくりだすことが可能になると考えられる。

各人工繊維毛では常温時にフラーレン C60 が回転するため通常は上段のように、摩擦係数をゼロの状態に近づけることができる。逆に摩擦力を発生させたい時は、温度調節によって、フラーレン C60 の回転が減少するまで人工繊維毛の温度を低下させればよい。

これにより、artificial cilia はアクチュエータとしてだけでなく、摩擦の制御というこれまでになかった仕組みとして機能することが可能である。

## artificial cilia の活用例

私たちが提案するこの artificial cilia は、車輪に多くを依存してきたこれまでの移動社会に新たな可能性を示すものである。そして車輪という仕組みの中では得る事が困難な価値を網羅的に補えるような「新しい仕組み」こそが私たちの提案したいものである。この活用例はその一部分ではあるが、様々なアイデアを並列することでその可能性を示す事を意図して製作した。

No.01 耐震効果

No.02 壁際輸送

No.03 絶対安全

No.04 落とし物アピール

No.05 繊維毛シール

No.06 自動排水

No.07 高負荷移動

No.08 録圧機能

No.09 ヤモリグローブ

No.10 トレーサビリティ

No.11 床ナビ

No.12 コソドロホイホイ

No.13 ディレクション・フリー

No.14 配置記憶室

## Ciliazation -ride on the thousand hairs-

### 車輪でもロープでもない、新しい移動方法。

#### 車輪から繊維へ 移動方法のパラダイムシフト

紀元前より今日まで、各産業の発達は車輪なくしてはあり得ない。エレベーターやエスカレーターなど画期的な垂直移動の仕組みも車輪を応用した滑車の技術にもとづいている。しかし、今後、様々な技術の発達により、私たちにもたらされる移動の価値は、車輪ではない別のアプローチによって作りだすことが可能になるのではないかと考えられる。私たちは別のアプローチとして「繊維」に注目する。繊維は生命が誕生した時から使われている移動手段である。

#### 繊維を利用した移動のメカニズム

繊維は細胞小器官のひとつで、細胞の遊泳に必要な推進力を生み出す。消化活動推進力を生み出す有効打と、次の有効打の準備として繊維を元の位置に戻す回復打とを繰り返す運動で、水泳の平泳ぎのような動きをし、ゾウリムシなどの繊維虫の遊泳はこの運動により動く。多細胞生物では運動が神経支配を受ける例もあり、ろ過摂食時の食物輸送のほか、体液循環、排出物や生殖産物の移送、経路の清掃などの役目を担う。繊維1本ずつの動きが連動することによって、全体の動きが構築され、生物が行う根源的な動きの仕組みである。

#### 人工繊維による移動技術 [artificial cilia]

私たちの提案する『artificial cilia』は、これまで私たちを支えてきた車輪や滑車による移動とは全く異なる質の移動をもたらすものである。その「移動」はアクチュエータを利用した人工繊維の相互作用と、人工繊維の構成物質の特性を利用した摩擦コントロールの2つの技術に基づいて実現される。

#### 人工繊維実現のための技術

入力されたエネルギーを物理運動量に変換し、機械・電気回路を構成する機械要素をアクチュエータと言う。

次ページに示した図はアクチュエータと人工繊維を利用して研究開発が進んでいる事例である。人工繊維ひとつずつと全体としての動きの両方をコントロールすることが可能であり、物を運搬したり、足の代わりとして自らを移動させたりするといった動きをする。

前述したように、本提案ではいくつかの人工繊維と1つのセンサーで移動システムとしてのユニットを形成している。繊維の運動による移動の方向性の自由を確保するために1ユニットの形状は円とし、人工繊維は円周上に対に配置されている。センサーは円の中央に配され、かけられた負荷や方向を感知し、人工繊維の動きを制御し連動させる。

人工繊維は用途によって毛のサイズや配置密度は自由に選択できるので、さまざまな場面に対応できる『artificial cilia』では、ある移動をサポートするために選ばれた人工繊維が相互に受け渡しを行い、押し挙げたり、下げたりしながらバケツリレーのように上に乗った物をスライドさせる。この一連の動作の素早い繰り返しにより物体の移動が可能となる。

#### 摩擦のコントロールによる移動

ヤモリはファンデルワールス力を自在に操る事で垂直の壁を自由に動き回ることができる。ヤモリの足裏には50万本の繊維が生えていて、毛先に向かってさらに細い毛に枝分かれしている。その先端は200nmという細さであり、この極細の毛と壁に働く分子間引力を巧みにコントロールすることで自重を支えるに足る摩擦力を生み出し、壁を移動する事が可能となるのである。

先ほど説明した人工繊維のユニットの中の1本をさらに拡大すると、その毛先はファンデルワールス力を利用できるようヤモリの繊維と同じく、毛先の先端に向かって細かく枝分かれするように加工が施されている。

この仕組みにより、これまでは夢物語と思われていた垂直な壁面を登るといった状況も可能となる。



#### 摩擦ゼロの実現

逆に、抵抗をゼロにする事、つまり摩擦ゼロの状態も実現できれば、移動の可能性は大きく広がるはずである。そこで、実際にナノレベルにおいて摩擦ゼロを実現した仕組みを人工繊維に応用する。ここではパチンコ玉を並べた上に板を置いて押すとわずかな力で物を動かすことができる原理をナノレベルで応用している。板となる部分には1層の結合が強く、層同士の結合が弱いグラファイトを利用し、パチンコ玉には常温で固体構造を持ち回転する、フラーレン C60 を用いる。人工繊維の毛となる部分はグラフィシートを筒状にしたカーボンナノチューブを束ねたものとし、その周辺にフラーレン C60 を配置する。

#### 『artificial cilia』の活用例

##### 耐震効果

分子間力によって、物体同士を接合させ、地震時に備えておく。

##### 壁際輸送

壁がどんどんものを吸い付け上下階へと輸送してくれる。

##### 絶対安全

『artificial cilia』の上で転んだとしても怪我をするどころか、むしろクッションとなり身を守ってくれるだろう。

##### 自動排水

ナノスケールの『artificial cilia』は

固体のみならず液体も運ぶ事が可能である。雨の日にできる路上の水たまりは自然と排水溝へと導かれる。トレーサビリティ  
鳥の雛が親鳥の後をついてまわるように、荷物が所有者の後を追跡していく。

##### 床ナビ

目的地を入力するとそこまでの道筋が発光して床に示され、進むべき方向を視認できる。また、身体も目的地方向へと力覚的に誘導される。

##### 配置記憶室

イスや文房具など、インテリアの配置を記憶させておけば、スイッチ一つで初期状態へと復帰できる。

#### 環境の中にある 移動システムと価値

2017年、私たちはより多様な技術によってナノから宇宙まで幅広いスケールを取り扱えるようになるだろう。スケールの異なるアプローチによる移動システムが同時多発的に存在することで、私たちの状況に柔軟に対応した体験をもたらすことができ、それが移動による価値の実現性とその充足感を高めていくことにつながると考える。

2017年、移動システムは環境の中に動きがある。価値は環境の中にある。その相互作用こそが豊かさを実現する。

#### 審査員講評

##### 今村創平氏

実現性は判断できないものの、技術の際立ったユニークさ、また幅広い応用の可能性は高く評価できる。無機質なイメージが伴いがちな移動のテクノロジーを生物が連想されるものにした点も、今後の方向を示しているのではないかと。プレゼンテーションが違反気味ということで評価は分かれたが、その密度では突出していた。機械や未来をテーマとしているなかで、ユーモラスなのもよい。

##### アニール・セルカン氏

内容的には深いものがあるのは認めるが、それを1枚のパネルで見せていないのはフェアではない。しかもその大切なスペースに何故アーキグラムをこれほど大きく扱わなくてはいけないのかも判らない。

##### 四方幸子氏

内容が解説であるブックレットの方に集約されているという問題は残るが、エレベーターを含めて車輪ベースのこれまでの社会自体を問い直すという視点を持っているのは面白いと思う。構想とビジョンという点でも魅力を感じる。

##### 横矢真理氏

荷物が壁にくっつくというところは、エレベーターになにか活かせるのではないかと考えた。豊富なアイデアも面白い。密閉性がないのは気が楽だし、この作品からは、やわらかくてあたたかいイメージが感じられる。

##### 原田豊氏

パネルである程度コンセプトが判るようにしていないのが気になる。説明を読むと中味は濃いと思うのだが、技術サイドからすると、果たしてこういうものができるのか、と疑問を感じる。