



Title	分子マシンを用いた皮膚感覚の再現
Author(s)	坂本, 鈴之助
Citation	平成30年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書. 2019
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/71955">https://hdl.handle.net/11094/71955</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

## 平成30年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書

ふりがな 氏名	さかもと すずのすけ 坂本 鈴之助	学部 学科	工学部応用自 然科	学年	1年
ふりがな 共同 研究者氏名	なかの しょうた 中野 翔太	学部 学科	基礎工学部	学年	1年
					年
					年
アドバイザー教員 氏名	森島 圭祐	所属	機械工学専攻		
研究課題名	分子マシンを用いた皮膚感覚の再現				
研究成果の概要	研究目的、研究計画、研究方法、研究経過、研究成果等について記述すること。必要に応じて用紙を追加してもよい。(先行する研究を引用する場合は、「阪大生のためのアカデミックライティング入門」に従い、盗作剽窃にならないように引用部分を明示し文末に参考文献リストをつけること。)				
<p>1.はじめに</p> <p>.近年 AI 技術の発展により、大阪大学基礎工学部石黒研からジェミノイド、ソフトバンクからペッパー君など、人に近いアンドロイドが登場している。しかし、人間の皮膚のように物理的に手で触ってものを感じ取るセンシング技術は未だない。</p> <p>今までにはない柔軟で自由な形をとれるセンサ技術の確立はアンドロイドの体表部のセンサに関わるセンシング技術のさらなる発展につながる。またそれだけでなく、遠隔医療等における手術の際にデータを遠隔地にいる医者に送信しAR技術などと融合させることでさらなる成果を見込むことができると思われる。</p> <p>私たちは皮膚のように圧力、温度などを数値化できる構造を、分子ロボットを用いて実現するための研究を行うことにした。そして、その実現のための基礎研究としてセンサー部分となるシートの部分をDNAオリガミで作成することにした。</p> <p>さらに研究成果を国際生体分子ロボットコンテスト BIOMOD で発表し入賞することを目標に掲げた。BIOMOD (International Bio-molecular Design Competition)とは、BIOMOD Foundation (米国カリフォルニア州 NPO) が主催する国際学生大会で、世界各国の大学生が生体分子に関する実験プロジェクトを立ち上げ、その内容・研究成果・発表の仕方などを競い合う大会である。</p> <p>2.研究計画</p> <p>5月 チーム結成</p> <p>6月 アイディア出し</p> <p>7～8月 実験</p> <p>8月26日 BIOMOD2018 国内大会</p>					

9月 実験

10月 動画、web ページ作成

10月 27日～28日 BIOMOD2018@UCSF

### 3.実験方法

作業，実験は共に原田研究室をお借りし，多田隈助教のご指導の下行った。

5～7月は図書館などでブレインストーミングを行い，実験は8～10月にかけて可能な限り毎日作業を行った。目標は分子マシンを用いた皮膚感覚の再現開発だったが，インプット、アウトプット、およびそれらをつなぐインターフェースのナノスケールのロボットの開発が難しいと判明した。

故に視点を変え、皮膚感覚を乗せれるようなシート構造をDNA折り紙を用いて作成を目指した。目標とした研究手順は以下のとおりである。

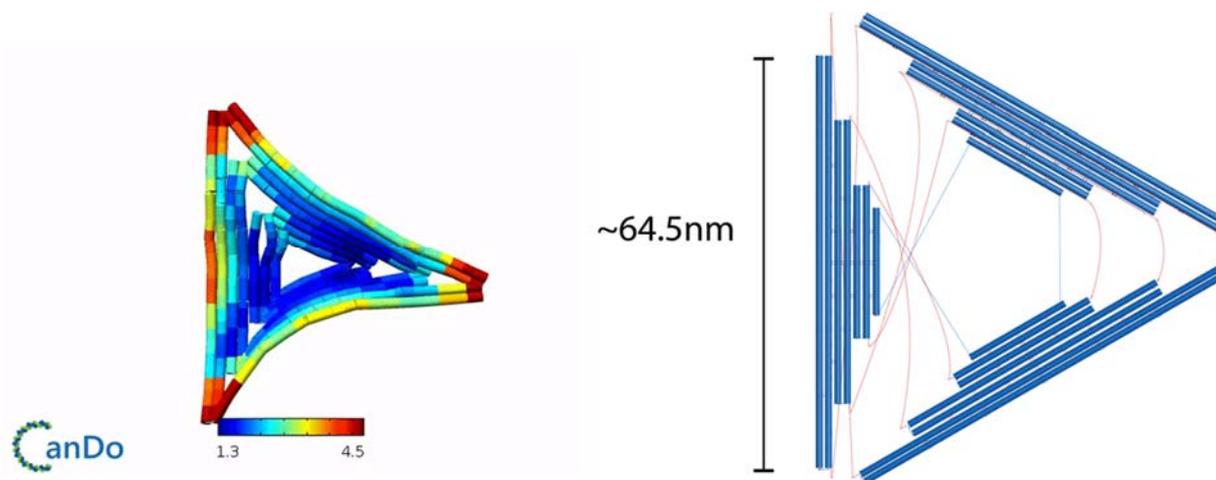
1. シート構造を群ロボットの概念を用いてナノロボットの構造を決定し、**cadnano** というソフトウェアを用いて設計、DNAを発注する。
2. DNAが目標とする構造体にうまく組みあがっていくような条件を探す。
3. 条件が決まった後，実際に構造体が出来上がったかAFMを用いて観察する。

### 5.研究内容、結果

#### 1 設計

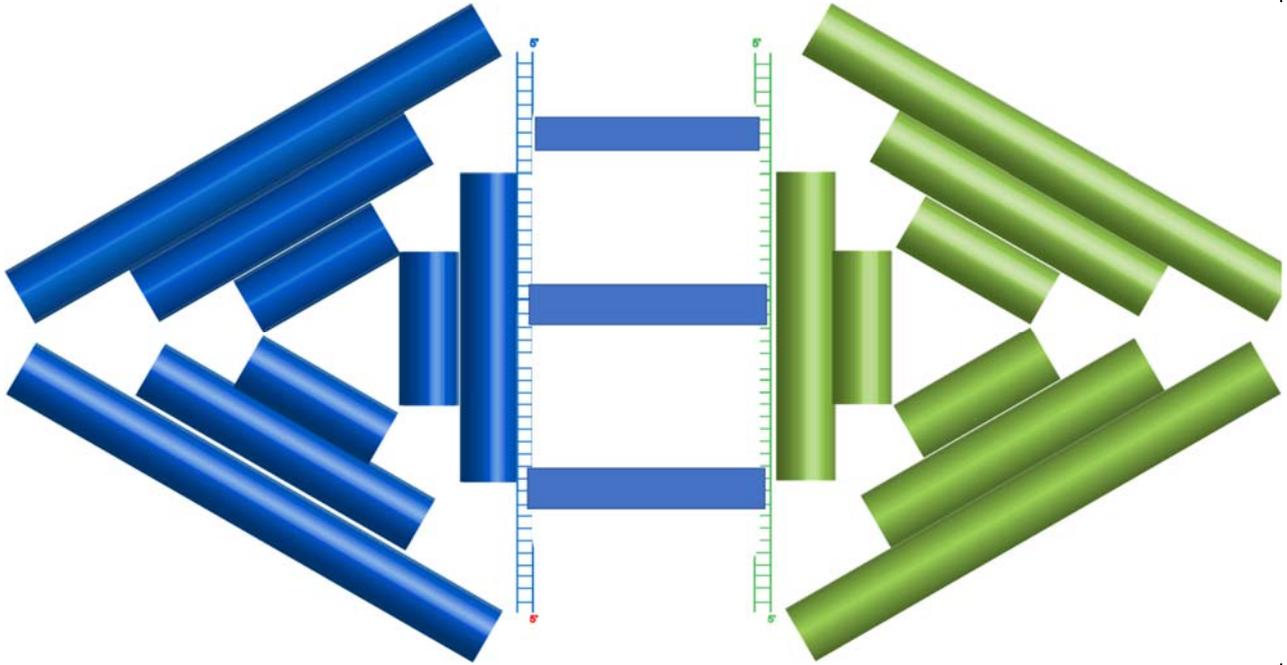
まずシート状の構造を作るために群ロボットの概念を用いて最小単位を設計した。

群ロボットを用いた理由はシートに柔軟性を持たすためである。またセンサーを付けるときに都合がよいためである。

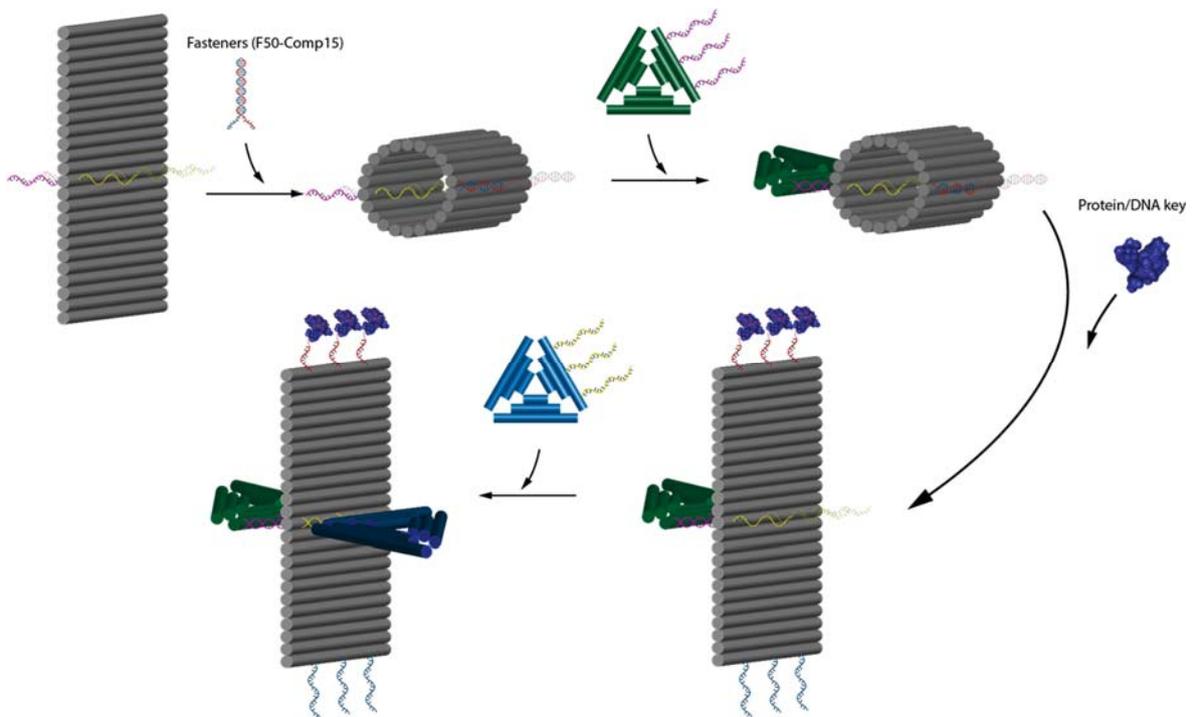


上図のような設計で CanDo を用いて解析した結果熱力学的に安定した構造であることが分かった

次にこれをシート状にするために三角形のナノ構造体同士を結合させポリマー化させる必要がある  
ので以下のように三辺それぞれを結合できるように設計を改良した。



最終段階としてシートにセンサーなど拡張機能を持たせるための機構を考えたのだが先行研究として  
ある中国の研究の設計[3]を用いて実現した。



右図が中国の研究の設計でこれを我々が開発した三角形のナノロボットに連結させることで上図の  
ようなポリマー上のシートを設計した。これで右図のシートの部分に拡張性を持たせることができ目  
標である皮膚感覚センサーの基盤となる構造が設計できた。

## 2.実験

実験の手順は以下のようにおすすめした

- ①三角ナノロボットの生成
- ②設計した連結機構の確認をするために一辺だけに連結構造を作りダイマー化
- ③結合部位をすべての辺にしポリマー状にした
- ④シートの作成と三角形との連結

しかし、④は連日連夜にわたる実験をしてもシートを丸めることができずに最後まで達成できなかった。

①結果は成功し図1のようにAFM撮影できた

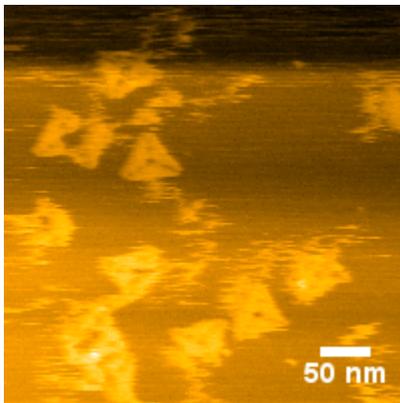


図1

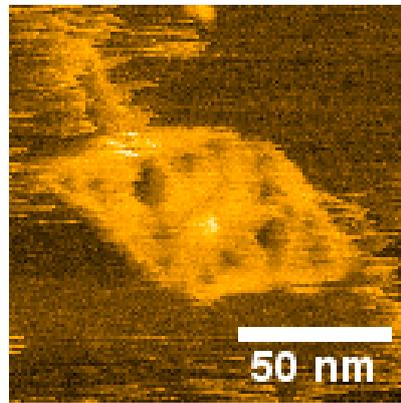


図2

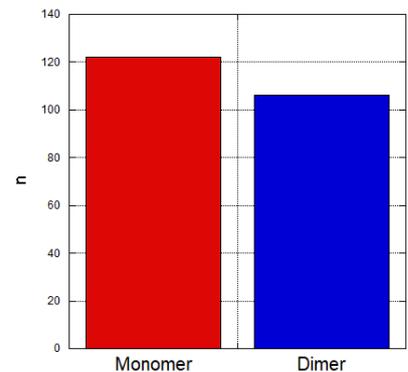
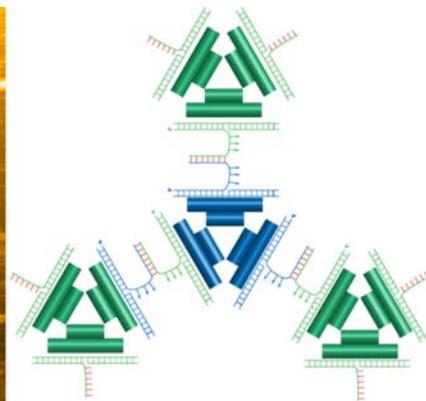
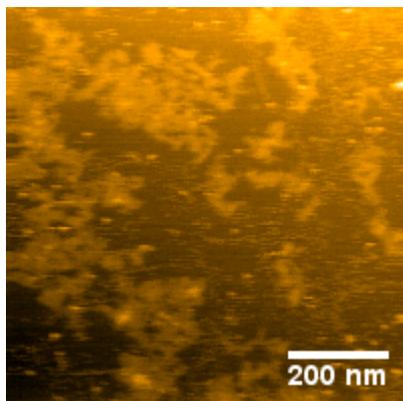


図3

②これもうまくいき図2のようにAFM撮影ができた、ただどれくらいの割合で結合しているか確認したかったので解析した結果図3のような割合になった。まだ収率が低いので改善の余地はある。

③ポリマー化したところ以下のようにシートが作成できた。



最終目標である④までは到達できなかったものの十分な成果を出すことができた。我々の基礎研究で得られた結果を利用していくことで皮膚センサーだけでなくドラッグデリバリーシステムなど様々なものにも活用できる。

### 3.謝辞

本研究を行うにあたり、大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻の森島圭祐教授、大阪大学蛋白質研究所蛋白質化学研究部門の原田慶恵教授、多田隈尚史助教ならびに森島研究室の皆様には様々なご指導・ご鞭撻をいただき、さらに実験器具をお借りしました。この場をお借りして深くお礼申し上げます。

### 4.大会結果

10月27日～28日にかけて、アメリカ・カリフォルニア大学サンフランシスコ校において行われたBIOMOD2018という国際大会に出場した。大会には世界各地から多くの大学のチームが出場しており、どのチームも魅力的で個性豊かなプレゼンテーションを行っていた。

この大会では参加者の前で行う研究成果に関する10分の英語のプレゼンテーションと質疑応答、事前に提出する研究成果をまとめた3分間のYouTube動画とwebページを総合的に評価して、総合成績の金賞・銀賞・銅賞を決定する。「Team HANDAI」として参加した我々は銅賞を獲得した。

英語での発表はなれなかったが、それでも様々な人とコミュニケーションをとることができとてもいい経験になった。

Team HANDAIの作成したYouTube動画とwebページのリンク

<https://handaibiomod2018.github.io/wiki/#sec4>

<https://www.youtube.com/watch?v=1UM4DO-iYUw>

### 5.参考文献

[1] BIOMOD JAPAN 2018 分子ロボティクス <http://www.molecular-robotics.org/bimod-japan-2018/>

[2] BIOMOD 公式ホームページ <http://biomod.net/>

[3] Li, S., Jiang, Q., Liu, S., Zhang, Y., Tian, Y., Song, C., Wang, J., Zou, Y., Anderson, G. J., Han, J.-Y., et al. (2018) A DNA nanorobot functions as a cancer therapeutic in response to a molecular trigger in vivo. *Nature Biotechnology*, 36, 258–264.