

## 世界初！生きた皮膚で覆われたロボット ～修復能をもつ培養皮膚付きロボットの開発に成功～

### 【発表のポイント】

- ◆培養された皮膚によって覆われた指型ロボットの作製に成功した。
- ◆立体物を被覆する培養皮膚を作製する手法を明らかにした。
- ◆作製した皮膚につけた切り傷がコラーゲンシートを貼ることで修復することを示した。

### 【発表概要】

東京大学大学院情報理工学系研究科の竹内昌治教授、河井理雄大学院生（研究当時：修士学生）を中心とした研究グループは、人の皮膚細胞から作製される「培養皮膚（注1）」を利用し、細胞由来の生きた皮膚を持つ指型のロボットを開発しました。

ヒューマノイドなどのロボットは従来シリコンゴムで被覆されることで人間らしく柔らかい皮膚を備えてきました。しかしロボットが従来人間の行っていた仕事を代替していく中、シリコンゴムには自己修復やセンシング、廃熱（発汗）など人間らしい能力を備えていないという課題が残っています。

本研究では人の皮膚細胞を体外で培養することで作製される「培養皮膚」をロボットの被覆素材として活用することで、修復能力など人間らしい機能を備えた肌を持つ指型のバイオハイブリッドロボット（注2）を作製することに世界で初めて成功しました。

本研究で開発された培養皮膚付きロボットの作製に関わる要素技術である培養皮膚は、将来のヒューマノイドロボットの被覆材料のみならず、義手・義足分野や皮膚を対象とした化粧品や医薬品の開発、移植素材としての再生医療分野等での活用が期待されます。

本研究成果は、2022年6月10日（米国東部夏時間）に米国科学誌「**MATTER**」のオンライン版に掲載されます。

### 【発表内容】

AI技術の発展によりロボットが担う仕事の範囲は広がりづけています。従来は閉ざされた工場で決まった仕事を繰り返していたロボットは、今や私たちの生活圏内に人間のような形で現れ、様々なサービスが行われています。

先が読めない人間社会でロボットがヒトと協働する時、ロボットは人間やロボット自身を接触から守るために皮膚のような柔らかい外装を持つことが求められています。さらに、そのような柔らかい外装は細かな裂傷を負いやすいため、自己修復能力を持つことが期待されています。周囲環境との接触によって柔らかい外装が負う小さな傷は放置することで大きな裂傷に繋がりますが、ロボットが傷を負うたびに回収して修理を施すのは非常に大きなコストがかかるからです。

本研究では人の皮膚から単離された細胞を培養し、増殖させる事で作製した「培養皮膚」を用いて立体物を被覆する手法を開発し、生きた皮膚で纏われた世界初のロボットを作製しました。

図1に培養皮膚に被覆されたロボットの作成手法を記載しています。図1Aに示すように骨格となるロボットは3関節の指形状をしており、中心部を通るワイヤーをモーターが引くことで関節運動を行います。指型ロボットの周囲で真皮組織をゲル化させると真皮組織が激しく収縮し、指型ロボットをぴったりと被覆する培養皮膚が形成されます。また、その後

に培養真皮組織表面全体に表皮細胞を播種し培養を進めることで表皮層が形成され、培養皮膚組織が作製されます（図 1B）。

図 2A が示すように指型ロボットは形成された培養皮膚を破壊することなく関節運動を行うことが可能であり、また培養皮膚表面には撥水性のある表皮の層が形成されていることが確認できます（図 2B、C）。

また、指型ロボットを被覆する培養真皮組織は傷つけられてもコラーゲンシートを傷口に貼ることで修復することができます。メスを用いて作られた傷口にコラーゲンシートを貼ると 7 日間ほどの培養でコラーゲンシートに真皮細胞が移動し、傷口の接着強度が強まることが本研究で確認されました。修復された指型ロボットは再び関節運動を行うことが可能であり、傷口部分が一体化していることも確認できます。

本研究で開発された培養皮膚ロボットの作製技術は、修復性や人間らしさを活かした産業への活用他、皮膚を対象とした化粧品や医薬品の開発、移植素材としての再生医療分野での活用も期待されます。

### 【発表雑誌】

雑誌名：「Matter」オンライン版 2022 年 6 月 9 日公開

論文タイトル：Living skin on a robot

著者：Michio Kawai, Nie Minghao, Haruka Oda, Yuya Morimoto, Shoji Takeuchi\*

DOI 番号：10.1016/j.matt.2022.05.019

### 【注意事項】

日本時間 6 月 10 日（金）午前 0 時（米国東部夏時間：9 日（木）午前 11 時）以前の公表は禁じられています。

### 【発表者】

竹内 昌治（東京大学 大学院情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻 教授）

ニエ ミンハオ（東京大学 大学院情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻 助教）

河井 理雄（東京大学 大学院情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻 修士学生  
（研究当時））

### 【用語解説】

（注 1）培養皮膚

人やその他動物の皮膚細胞を体外で増殖・培養して作製された皮膚組織のこと。従来は皮膚の研究や化粧品や医薬品の試験モデル、重度のやけどや傷への移植素材として用いられている。生体内の皮膚と同じく真皮細胞とコラーゲンからなる“真皮層”と、内部組織の水分量を保ち周囲の有害物質を通さないバリア機能を持つ“表皮層”の二層から構成される。

（注 2）バイオハイブリッドロボット

筋肉や皮膚、感覚組織など生体組織を素材として組み込んだロボットのこと。その動作効率や修復能力、高感度識別能力を活かした産業への活用、または医薬品、食品、化粧品などの開発や、移植医療分野への活用が期待されている。

【添付資料】

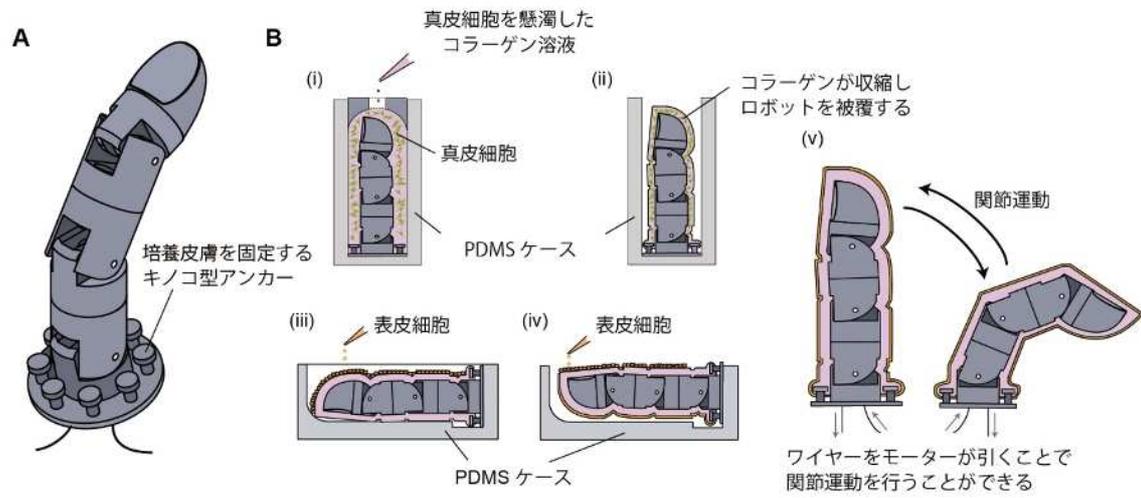
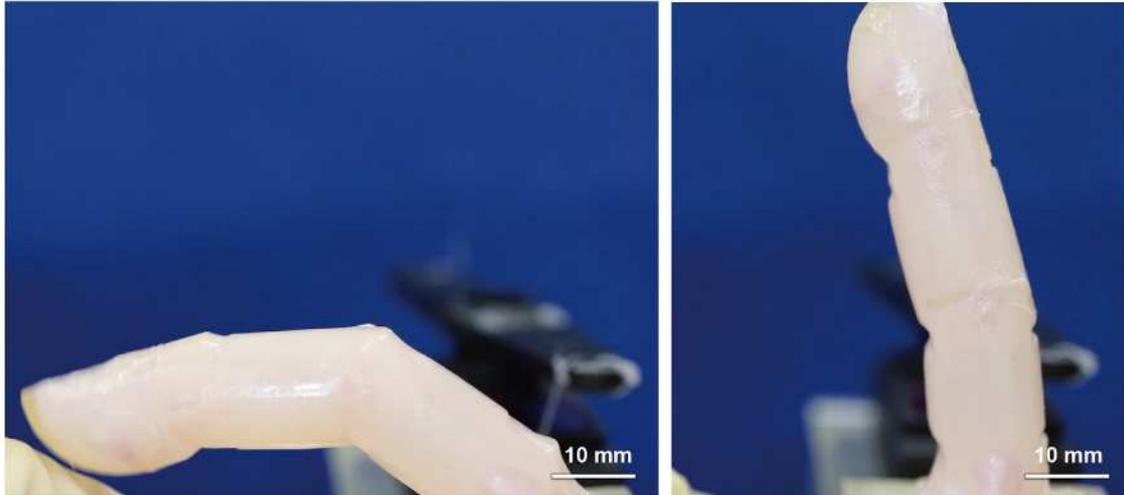
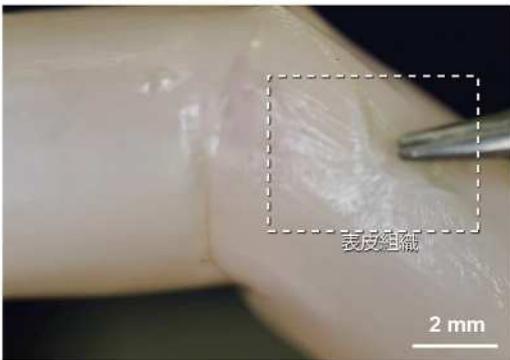


図 1. (A) 指型ロボットの設計 (B) ロボットを被覆する培養皮膚の形成手法。真皮細胞を含んだコラーゲン溶液を培養すると激しく収縮し培養真皮組織を形成する性質を利用し、指型ロボットをぴったりと被覆する培養皮膚組織を作製する。

A 培養皮膚に被覆された指型ロボットの関節運動



B 作製した培養皮膚組織に表皮組織が背されていることがピンセットを用いて確認できる



C 表皮が形成された皮膚組織は撥水性を持ち水をはじく

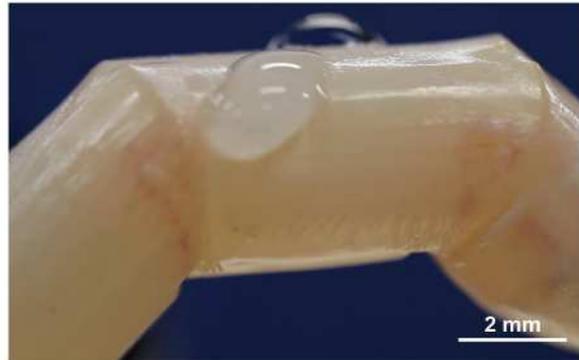


図 2. (A) 培養皮膚に被覆された指型ロボットの関節運動。作成したロボットは皮膚を破壊することなく関節運動を行うことができる。(B) 表皮組織の確認。(C) 表皮組織の特性である撥水性の確認