

生きた皮膚を持つロボットの顔 ——皮膚支帯構造に着想を得た、ロボットへの皮膚組織固定手法を開発——

発表のポイント

- ◆培養皮膚組織を人工物へスムーズに固定するアンカリング手法を開発しました。
- ◆このアンカリング手法により、生きている皮膚に覆われた顔型の構造体として一体化が実現し、アンカーを移動させることで笑顔を作り出すことに成功しました。
- ◆環境に優しい素材でできた、生体同様の感覚や自己修復能を持つソフトロボットとしての活用の他、美容・医療分野での応用が期待されます。



生きた皮膚をもつ顔型構造体（左）と笑う顔ロボット（右）

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と河井理雄（現ハーバード大学博士課程）ら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顔型のロボットを開発しました。

本研究では、人間の皮膚支帯（注2）構造から着想を得ることで生体組織と人工物とを接着する手法を考案し、この手法を用いることでスムーズに接着された顔型のロボットが作製できました。本研究で開発した培養皮膚ロボットの作製技術は、生体機能を有する人型ロボット（ヒューマノイド）開発への活用の他、しわの形成メカニズムの理解など美容・整形医療分野での応用も期待されます。

発表内容

これまで、ヒューマノイドなどのロボットは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、ロボットが人間のように人間らしく仕事を進めるようになりつつある今、シリコンゴムを使う限りは自己修復やセンシング、排熱（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。

我々の研究グループではこれらの課題に対して、人の皮膚細胞から作られる培養皮膚をロボットスキンにするというアプローチのもと、生きている皮膚組織に被覆された指型ロボットな

どを開発してきました(関連情報参照)。しかし、皮膚組織をロボットの被覆素材にしようとする
と、皮膚組織をロボットへスムーズに固定する方法を考える必要があります。私たちの皮膚
が下の肉との間で滑らないことからわかるように、皮膚は皮下組織とスムーズに面で接着され
ています。従来の研究において生体組織を人工物に固定する際は突起上のアンカー構造を用い
て組織の端点のみを引っ掛ける構造が取られてきましたが、突起が突き出る形状のアンカー構
造はロボットのスムーズな見た目を阻害し、動きの干渉となることもあります。

人体においては、“皮膚支帯”と呼ばれるコラーゲンを主成分とする網目状の繊維構造が皮
下組織に存在し、皮膚組織の皮下組織への固定において重要な役割を果たしています(図 1)。
また、この組織は筋肉の動きの皮膚への伝達にも役立っており、特に顔においては表情筋によ
るスムーズな表情の形成に貢献しています。本研究ではこの皮膚支帯から着想を得て、人工物
をV字に貫通する穴の内部で皮膚組織をゲル化させ固定する“穴型アンカー構造”を開発し、
これを用いて生きた培養皮膚に覆われた顔型の構造体を作製しました(図 2)。また、アンカー
構造による皮膚組織への動力伝達のデモンストレーションとして、モーターの動力が穴型アン
カーを介して皮膚に伝達されることで笑うことができる顔型ロボットを開発しました(図 3)。

本研究成果は、人のような見た目と能力を持つソフトロボットの開発に加え、シワの形成や
表情の生理学の解明、化粧品開発や薬剤効能解析のモデル、移植素材としての活用など医療分
野、環境に優しい生体素材を用いた人工物の製造分野への活用・発展が期待されます。

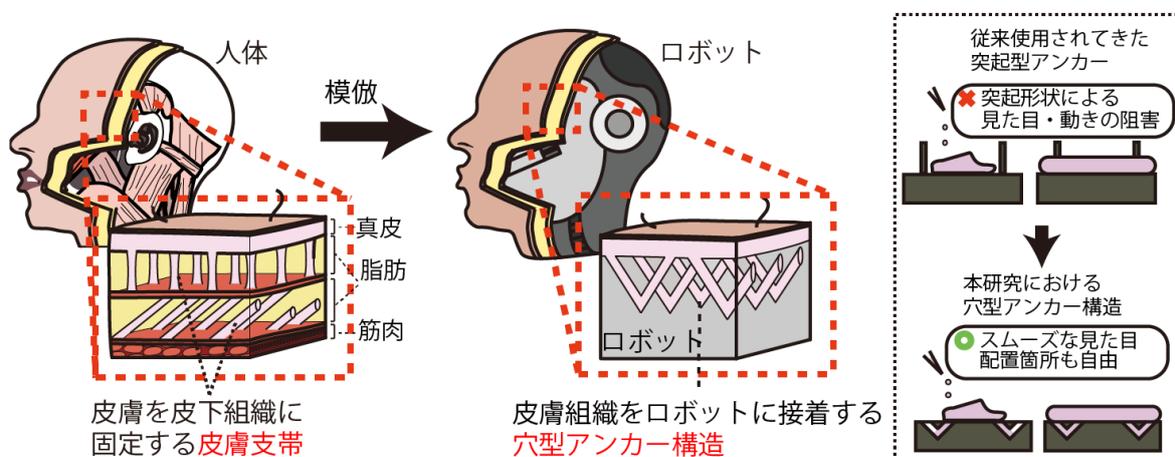


図 1：本研究のコンセプト図。人体の皮膚支帯構造を模倣して、ロボットに培養皮膚をスムーズに接着する
アンカリング手法を開発した。

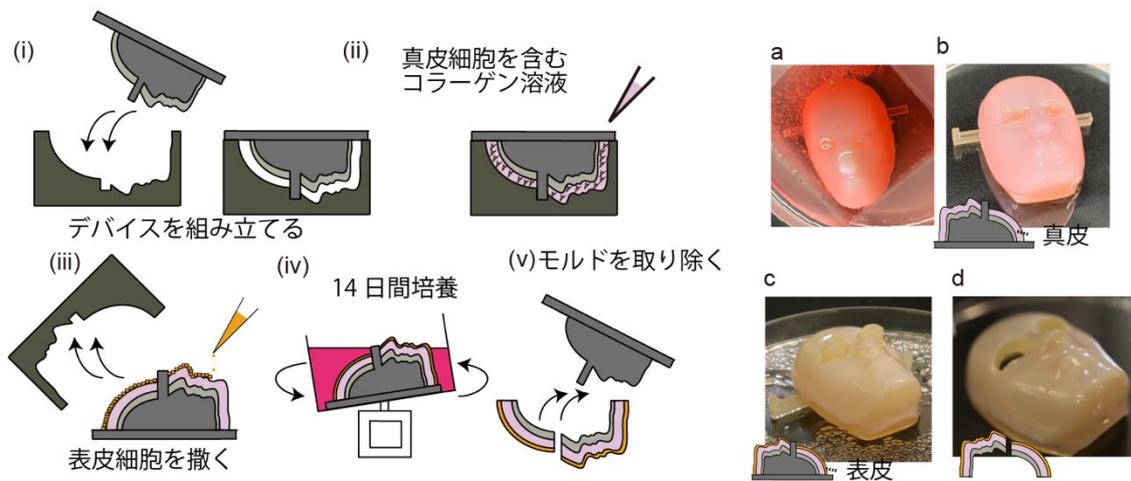


図2：皮膚に被覆された顔型構造体の作成プロセスと写真

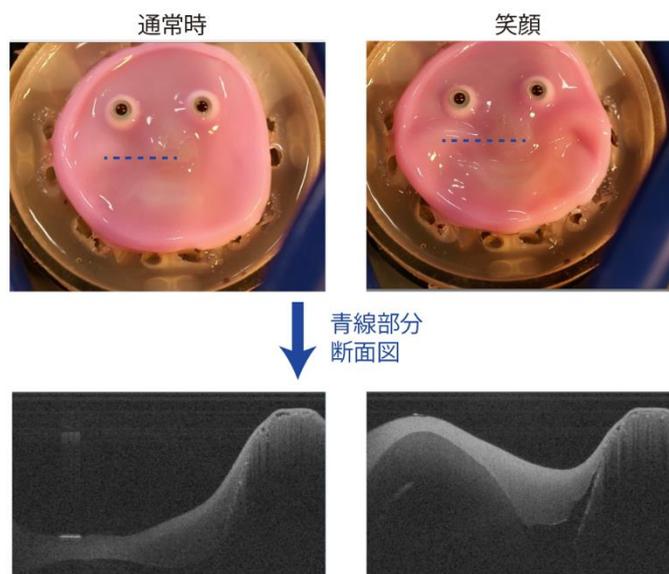


図3：皮膚に被覆された顔型ロボットの動作

○関連情報：

プレスリリース1：「世界初！生きた皮膚で覆われたロボット」（2022/6/10）

https://www.u-tokyo.ac.jp/focus/ja/press/z0114_00019.html

研究グループ構成員

東京大学大学院情報理工学系研究科

竹内 昌治 教授

聶 銘昊 講師

小田 悠加 特任助教

河井 理雄 研究当時：短時間勤務有期雇用教職員

現：ハーバード大学 博士課程

論文情報

雑誌名：Cell reports physical science

題名：Perforation-type anchors inspired by skin ligament for the robotic face covered with living skin

著者名：Michio Kawai, Minghao Nie, Haruka Oda, Shoji Takeuchi*

*責任著者

DOI：10.1016/j.xcrp.2024.102066

研究助成

本研究は、科研費「超高感度センシングを実現するバイオハイブリッドセンサ工学の創成（課題番号：21H05013）」、「シワ付き培養皮膚作製のための屈曲培養システムの開発（課題番号：24K21079）」、リバネス研究費 incu・be 賞の支援により実施されました。

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し、作製される生きた人工皮膚のこと。従来は皮膚の研究や創薬試験、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)皮膚支帯

皮膚と筋膜または骨を結びつける、主にコラーゲンからなる繊維組織。皮膚の下に存在し、皮膚を所定の位置に固定し移動を制限する役割を果たす。