



Konishi Satoshi

小西 聡

理工学部 教授・RARAフェロー

1991年東京大学工学部電気工学科卒業、1993年東京大学大学院工学系研究科電気工学博士前期課程修了、1996年同大学院工学系研究科電気工学博士後期課程修了。博士(工学)。1996年立命館大学理工学部専任講師、1999年同大理工学部助教授、2006年より現職。専門はセンサ・マイクロマシン研究。立命館大学バイオメディカルエンジニアリング研究センター長、立命館先進研究アカデミーRARAフェロー、国際会議IEEE・MEMS2007実行委員長、Transducers2023組織委員長等を務める。滋賀医科大学、ブリュッセル自由大学、ブリティッシュコロンビア大学等で客員教授、カリフォルニア工科大学客員研究員、京都大学連携教授、ハーバード大学・オブザーバー等の実績を有する。

- 1) Satoshi Konishi, Fuminari Mori, Yugo Kakehi, Ayano Shimizu, Fumiya Sano, Kodai Koyanagi, "Active tactile sensing of small insect force by a soft microfinger toward microfinger-insect interactions", Scientific Reports, Vol. 12, Article number: 16963 (2022).
- 2) Satoshi Konishi, Yugo Kakehi, Yuto Hori, "Directional touch sensing for stiffness singularity search in an object using microfinger with tactile sensor", Scientific Reports, Vol. 12, Article number: 21374 (2022).
- 3) Satoshi Konishi, Akiya Hirata, "Flexible Temperature Sensor Integrated with Soft Pneumatic Microactuators for Functional Microfinger", Scientific Reports volume 9, Article number: 15634 (2019).
- 4) Satoshi Konishi, Takeshi Hashimoto, Tsubasa Nakabuchi, Takatoshi Ozeki, Hiroki Kajita, "Cell and tissue system capable of automated culture, stimulation, and monitor with the aim of feedback control of organs-on-a-chip", Scientific Reports, volume 11, Article number: 2999 (2021).
- 5) Satoshi Konishi, Shingo Ishibashi, Shiho Shimizu, Keita Watanabe, Rodi Abdalkader, Takuya Fujita, "Openable artificial intestinal tract device integrated with a permeable filter for evaluating drug permeation through cells", Scientific Reports, volume 13, Article number: 11519 (2023).

サイバー・フィジカルの橋渡しとなるマイクロマシン

生物と機械の共同作業でミクロの世界に触れる

物理空間とサイバー空間を繋ぐセンサやマイクロアクチュエータの研究に、主に生体を対象として取り組んでいます。マイクロマシンには、環境から情報を取得するセンサと、環境に対してアクションを起こすマイクロアクチュエータがあります。私たちのマイクロマシン研究では、マイクロフィンガーが感知した情報を人間に伝える拡張現実システム「触れる顕微鏡」と、細胞を培養する際にセンサなどを組み込んで一体化させたサイボーグならぬ「細胞ーグ」を主に開発しています。マイクロマシンは半導体技術から発展したMEMS技術を活かして小さなマシンを実現しており、バイオチップやウェアラブル機器など生体とも相性が良い。地球上の人類のさまざまな身近なツールに組み込まれて活躍するマイクロマシンは、人類の宇宙進出と共にその活躍の場が宇宙へも広がると考えられます。

生体と接触可能な柔らかなマイクロマシン



図1: マイクロハンドと人間の指(前景)、独自開発した操作システム(背景)

マイクロフィンガーはシリコンゴム製で大きさ数mm、厚さ100 μ m程度と小さく、力覚センサや温度センサなどが組み込まれ、出力密度の高い圧力を使った人工筋

肉で動きます。全体が柔らかく生体に触れても安全です。オペレータの動きをモーションキャプチャによって伝える一方、オペレータは対象の情報を映像と触覚ARで受け取ります。内視鏡手術のような低侵襲医療への応用だけでなく、細胞組織を自在に掴んだり放したりできるため再生医療研究にも活用されています。

組織を触診して硬さの分布を調べることができ、将来的には体内で腫瘍を直接検出することを目指しています。ヒトの指よりずっと小さな生物と接触を図ることも可能です。私たちはマイクロハンドでダンゴムシの脚に触れ、数mN程度の力を測定することに成功しました。

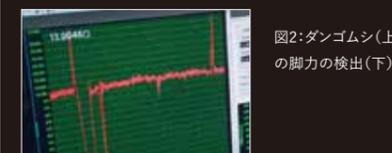


図2: ダンゴムシ(上)の脚力の検出(下)

コンピュータで自動制御可能な細胞システム

細胞培養系に計測機能や刺激機能を組み込むために、センサやマイクロアクチュエータの技術を導入する研究を進めてきました。細胞をモニタリングした情報をもとに薬剤刺激や電気刺激を与えるコンピュータ制御可能な細胞システムの構築に取り組んでいます。細胞組織を搭載したバイオチップをコンピュータと繋いで、ロボットシステ

ムと同様に制御しています。細胞に投与する試薬量を自動調整して代謝活動を制御するなど実績を積んでいます。

さらに、薬剤に対する反応を調べるために人工の腸管の開発にも実績をあげています。本研究内容は、宇宙で植物などの生体を培養する際にも親和性の高い技術として期待できます。



図3: 小腸の再現を目指し、人工筋肉で開閉を可能とした環状構造マイクロマシン

マイクロマシンの秘めるポテンシャルの探求

地球でよく生きるための技術は人類と共に宇宙に進出し、宇宙での暮らしにも貢献すると期待しています。マイクロマシンの活躍の舞台は生体だけにとどまらないでしょう。対象にやさしく触れられる小さなマイクロフィンガーは、探査ローバに搭載すれば、ヒトがアプローチしづらい小さな対象に対する高性能な探査ツールになり得ます。エ

ネルギー消費が少ないことも利点となるでしょう。人工筋肉で動くマイクロフィンガーを多数並べて搬送コンベアに応用した実績があります。生体内で搬送機能を担う繊毛のようなものです。

JAXAが打ち上げ予定の月極域探査ミッションLUPEXではローバで月レゴリスを採取する予定と聞いていますが、繊毛マイクロマシンでサンブ

ルリターンシステムを作るのはどうでしょう。マイクロフィンガーはたくさん生えているので、一部が壊れたとしても搬送機能が損なわれにくく、グループワークで冗長性のあるシステムを作れると思います。小型で柔らかく精巧なマイクロマシンの利点を活かして引き続き応用の幅を広げたいと考えています。