

ソフトロボティクス

平井 慎一

立命館大学ロボティクス学科

<http://www.ritsumei.ac.jp/~hirai/>

特殊講義I 2022/4/14

ソフトロボティクス Soft Robotics

ロボットシステムがもつ物理的柔軟性の活用に関する新しい研究分野

生体システムのもつ「やわらかさ」に注目し、
生体システムの価値観に基づいた自律する
人工物の創造を目指す

柔らかい材料を積極的に用いて新しい機能を発現する
ロボットに関する研究

特殊講義I 2022/4/14

ソフトロボティクス Soft Robotics



SIG Soft Robotics

Special Interest Group on Soft Robotics



特殊講義I 2022/4/14

IEEE Int. Conf. on Soft Robotics



2018年 第1回 イタリア・リヴォルノ

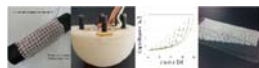
特殊講義I 2022/4/14

ソフトロボティクス研究室

柔らかい材料を積極的に用いて新しい機能を発現するロボットに関する研究を幅広く進めています



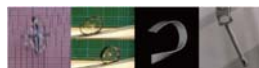
食品マニピュレーション



ソフトセンサ



空気圧システム



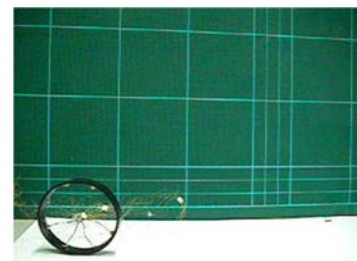
ソフトコンタクト



生体力学モデリング

特殊講義I 2022/4/14

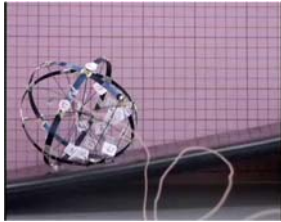
円形ソフトロボット



Sugiyama and Hirai, Crawling and Jumping by a Deformable Robot, IJRR, 25-5/6, 603-620, 2006

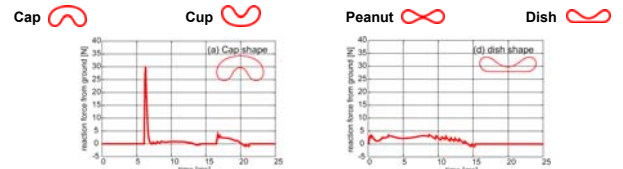
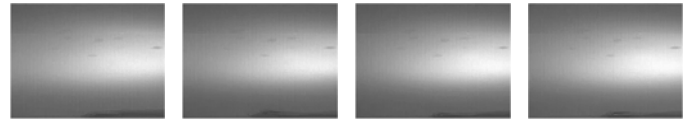
特殊講義I 2022/4/14

球形ソフトロボット



特殊講義I 2022/4/14

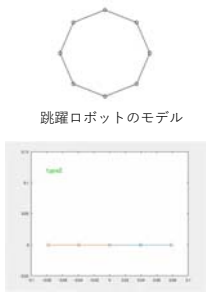
変形による跳躍



Matsuyama and Hirai, IEEE ICRA, 2007

特殊講義I 2022/4/14

変形による跳躍

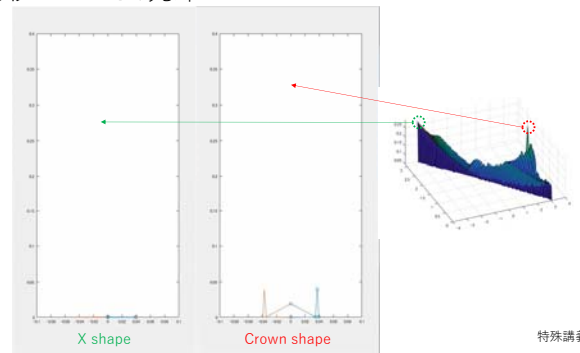


計算過程

Matsuno and Hirai, RoboSoft 2020

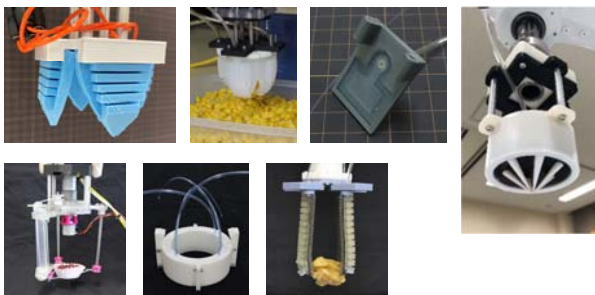
特殊講義I 2022/4/14

変形による跳躍



特殊講義I 2022/4/14

ソフトハンド



特殊講義I 2022/4/14

ロボットに関する誤解

産業用ロボットの基本的な原理は、Devolの**教示再生**に関する特許以来、約60年に渡って変わっていない。教示再生では、**周辺環境を整える**ことが必要であり、製造環境を整えることができる多くの工程で自動化が進んでいる。一方、環境を整えることが困難な工程では自動化が進んでいないのが現状であり、このような工程の自動化には、新たな技術イノベーションが必要になると考える。

RSJ 2013 OS 「製造業用ロボットにおける技術イノベーション」の趣旨説明

特殊講義I 2022/4/14

ロボットに関する誤解



<https://courrier.jp/news/archives/98090/>
「ロボットのアームで弁当のおかずはつかめない」

三次元的な位置決め装置

作業を実行するためには周辺機器が必要
対象物を持つためにはグリップが必要

ハードウェア全体をシステムとして動かす



ハードウェア+ソフトウェア+運用が必要

特殊講義I 2022/4/14

ソフトハンド



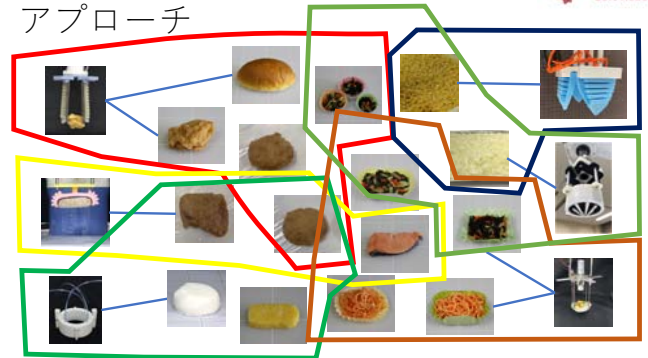
特殊講義I 2022/4/14

SIP 実証実験室



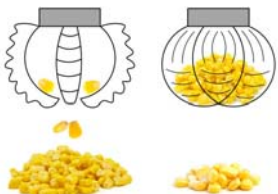
特殊講義I 2022/4/14

アプローチ



特殊講義I 2022/4/14

包み込みグリップ

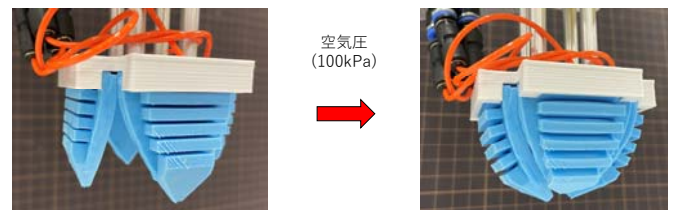


Kuriyama et al., IEEE RoboSoft 2019



特殊講義I 2022/4/14

包み込みグリップ



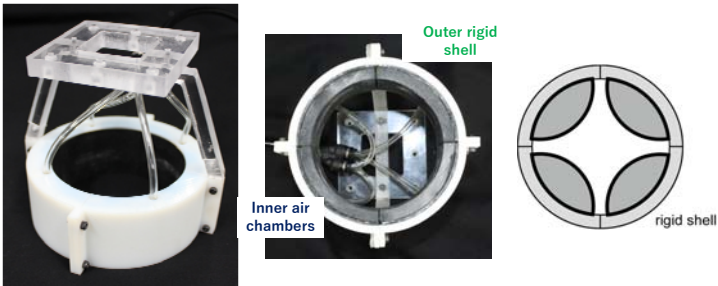
空気圧
(100kPa)

栗山 他, 包み込みグリップによる粒状食品把持量の安定化,
ロボティクス・メカトロニクス講演会 2020

特殊講義I 2022/4/14



シェルグリッパ



Wang, Kanegae, and Hirai, Circular Shell Gripper for Handling Food Products, Soft Robotics, 2020

特殊講義I 2022/4/14

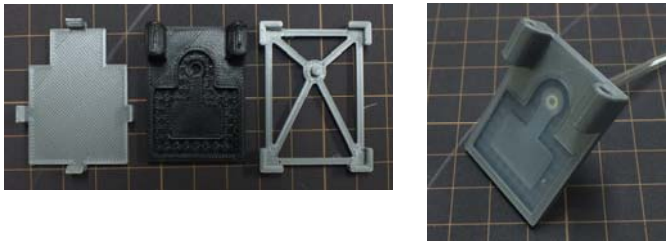
シェルグリッパ



ホクレン 近江度量衡株式会社

特殊講義I 2022/4/14

シェルグリッパ



鐘江 他, きゅうりの箱詰め作業を目的とした接着レス薄型平面シェルグリッパの開発, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2020

特殊講義I 2022/4/14



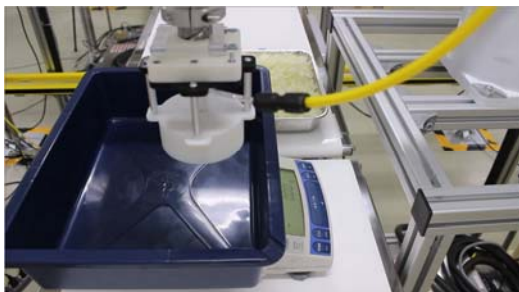
シェルグリッパ



きゅうりの棘を模したモデルヘグリッパを押し当て耐久性を評価 10000回の動作を確認

特殊講義I 2022/4/14

ニードルグリップ



4 倍速

Wang et al., Journal of Robotics and Mechatronics, 2021

特殊講義I 2022/4/14

バインディングハンド



Binding Hand

Okada et al., IEEE RoboSoft 2019

特殊講義I 2022/4/14

掬い込みバインディングハンド

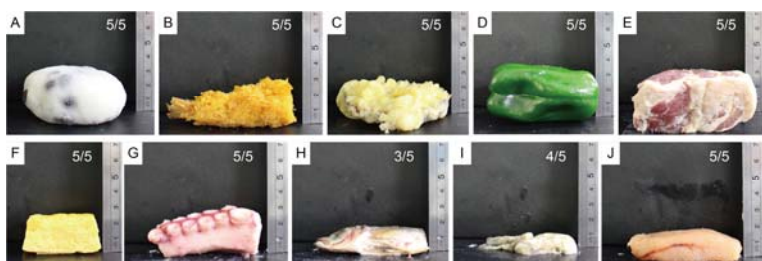


Wang, et al., A Scooping-Binding Robotic Gripper for Handling Various Food Products, Frontiers in Robotics and AI, 2021

特殊講義I 2022/4/14



掬い込みバインディングハンド



特殊講義I 2022/4/14

グリップの評価

	ndrig P2 グリップ	R02グ グリップ	psOFTG RIP	幅広グ グリップ	厚状シム ムグリップ	平裏シム ムグリップ	バイン ディング	掬い込 みバイン ディング	ndrig P2 グリップ	R02グ グリップ	psOFTG RIP	幅広グ グリップ	厚状シム ムグリップ	平裏シム ムグリップ	バイン ディング	掬い込 みバイン ディング	形状分類
別紙	5	5	5	5	0	0	0	0	5	5	5	5	5	0	0	0	1
えび巻	5	5	5	5	0	0	4	5	5	5	5	5	5	0	0	0	1
フライ	5	5	5	5	0	0	0	0	5	5	5	5	5	0	0	0	1
OPナード	5	5	5	5	0	0	0	0	5	5	5	5	5	0	0	0	1
かまぼこ	5	5	5	5	0	0	0	0	5	5	5	5	5	0	0	0	2
ゆで卵	5	5	5	5	0	0	0	0	5	5	5	5	5	0	0	5	2
ゆで卵半 身	5	5	5	5	0	0	0	0	5	5	5	5	5	0	0	5	2
ミニトマト	5	5	5	5	5	0	0	0	5	5	5	5	5	0	0	5	2
ピーマン	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	2
大根	5	0	5	5	5	0	0	0	5	5	5	5	5	5	0	5	2
から揚げ	5	5	5	5	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	0	2
アヲコ肉 類	5	5	5	5	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	0	3	2
あじ	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	5	5	5	5	0	0	3
まぐろ	0	5	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	0	0	4

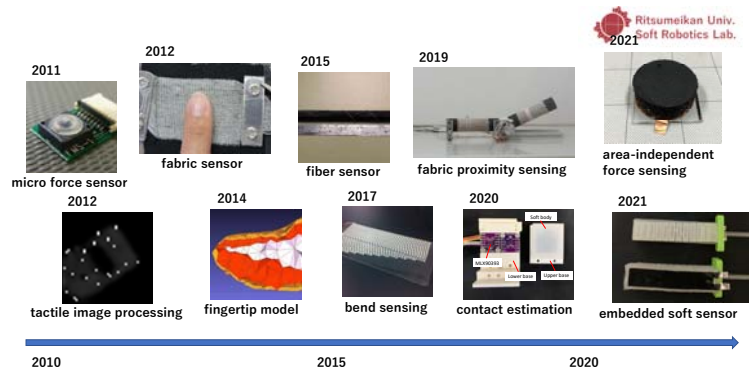
特殊講義I 2022/4/14

触覚センシング



材料特性や表面特性を感知

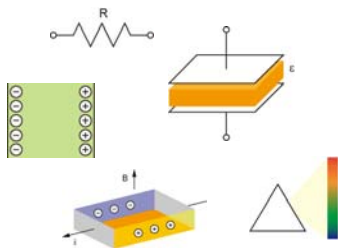
特殊講義I 2022/4/14



特殊講義I 2022/4/14

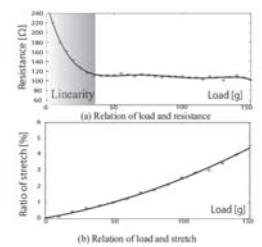
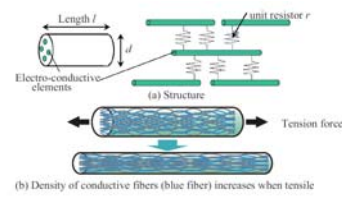
センシング方式

- 電気抵抗
- 静電容量
- 圧電効果
- 磁気
- 光（画像）



特殊講義I 2022/4/14

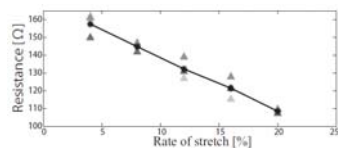
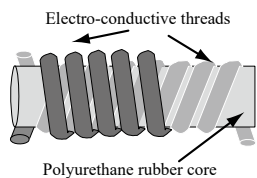
導電糸センサ



Ho et al., IEEE Sensors J., 13(10), 2013

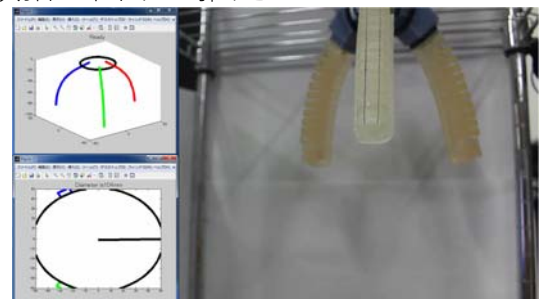
計測範囲 ~ 2%

ダブルカバリング構造



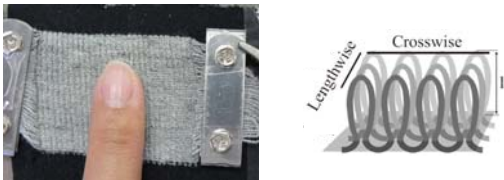
計測範囲 ~ 20%

柔軟指の曲げの推定

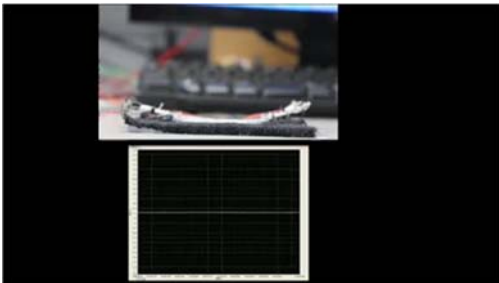


Matsuno et al., IEEE RCAR 2017

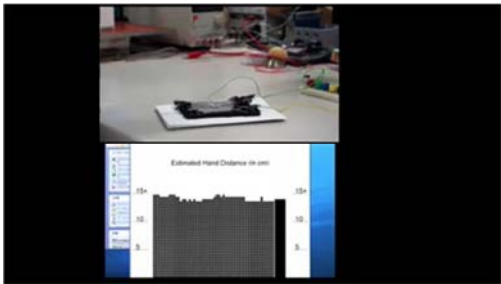
布地センサ



布地センサ：接触センシング



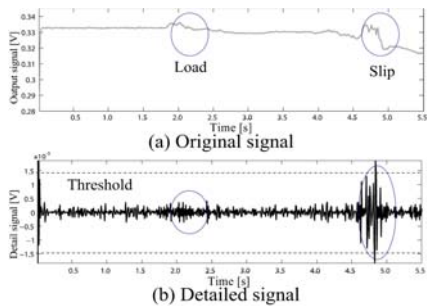
布地センサ：近接センシング



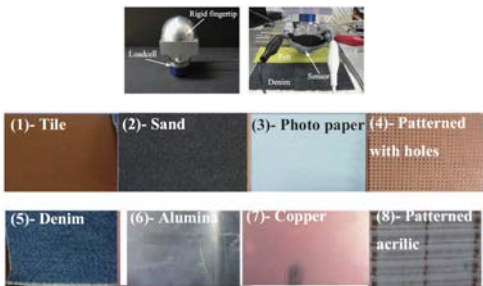
滑りの検出

ウェーブレット変換
高周波成分の振幅

Van Ho and Shinichi Hirai
Robotics: Science and Systems VII
pp.129-136, 2012

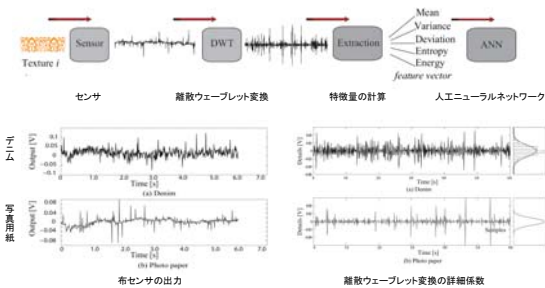


表面テクスチャーの識別

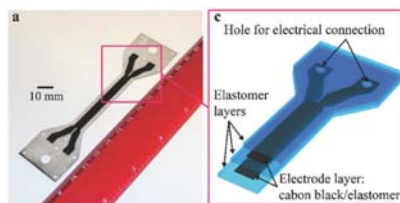


Ho, Makikawa, and Hirai, IEEE Sensors Journal, 2013

表面テクスチャーの識別



ソフト歪みセンサ



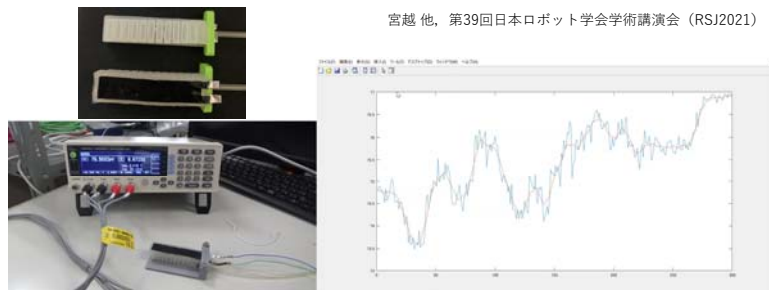
新竹 純 (電気通信大学)

Jun Shintake et al., Advanced Materials Technologies, 2018



ソフト歪みセンサによる曲げ計測

宮越 他, 第39回日本ロボット学会学術講演会 (RSJ2021)

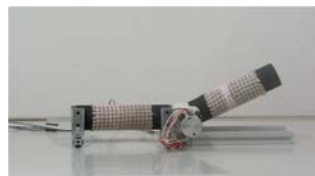
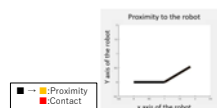
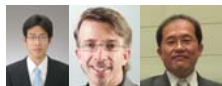


Fabric-based Proximity/Contact Sensor

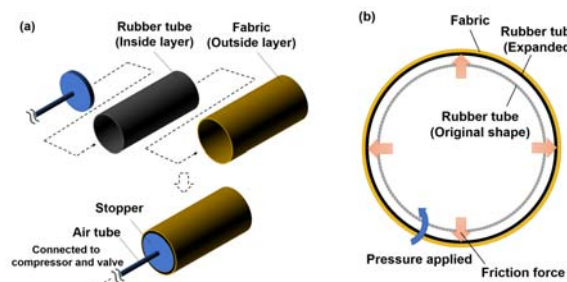
Sensor made of conductive fabric
Can detect approaching/contacting objects



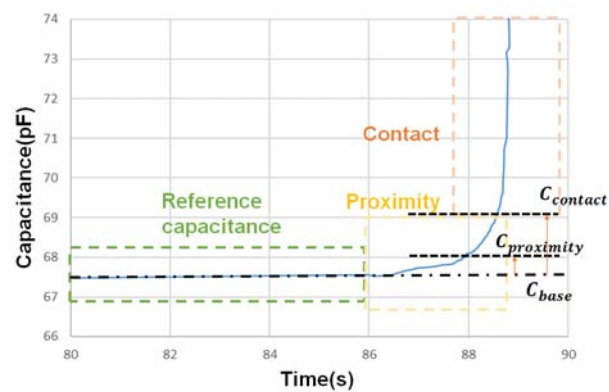
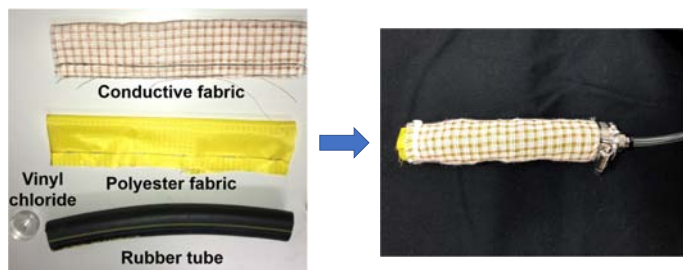
Can cover curved surfaces of rigid/soft robots
Applicable to safety sensors of robots

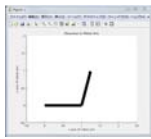


Variable Stiffness Link with Fabric Sensor



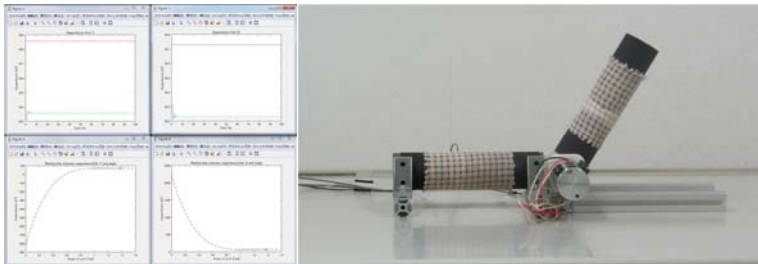
Variable Stiffness Link with Fabric Sensor





Matsuno et al., IEEE RAL, 4(2), 2212-2219, 2019

■:Proximity
■:Contact
—:Measured
—:Reference

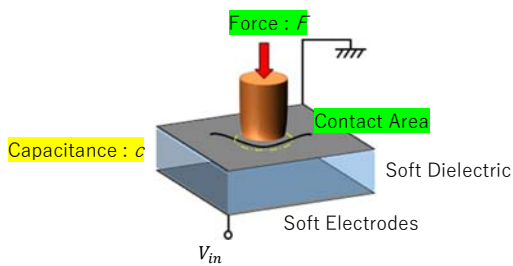


Adaptive Update of Reference Capacitances in Conductive Fabric Based Robotic Skin

Takahiro Matsuno, Zhongkui Wang, Kaspar Althoefer and Shinichi Hirai

柔軟力覚センサ

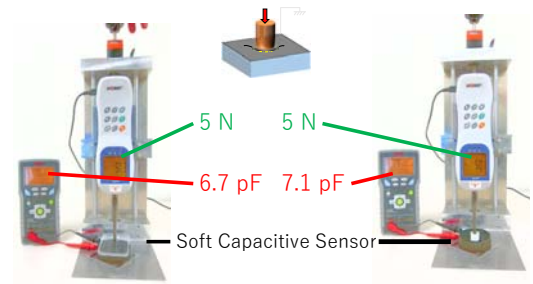
Ritsumeikan Univ.
Soft Robotics Lab.



特殊講義I 2022/4/14

柔軟力覚センサ

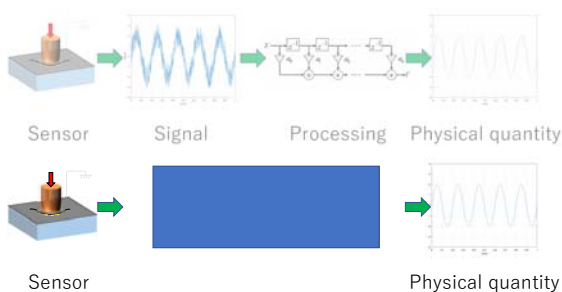
Ritsumeikan Univ.
Soft Robotics Lab.



特殊講義I 2022/4/14

柔軟力覚センサ

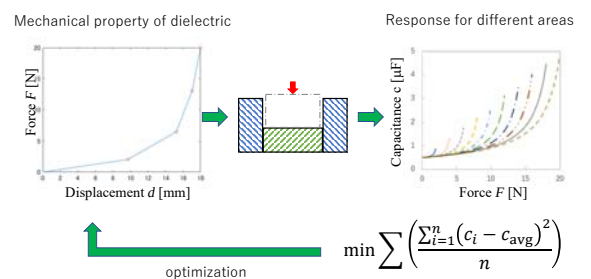
Ritsumeikan Univ.
Soft Robotics Lab.



特殊講義I 2022/4/14

柔軟力覚センサ

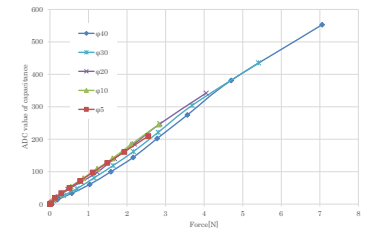
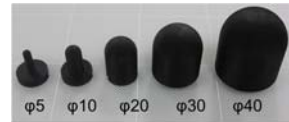
Ritsumeikan Univ.
Soft Robotics Lab.



Matsuno and Hirai, IEEE Robotics and Automation Letters, 2021

特殊講義I 2022/4/14

柔軟力覚センサ



Matsuno and Hirai, IEEE Robotics and Automation Letters, 2021

特殊講義I 2022/4/14

Softness is Opportunities

特殊講義I 2022/4/14

詳しくは

<http://www.ritsumei.ac.jp/~hirai/>

hirai@se.ritsumei.ac.jp



特殊講義I 2022/4/14

レポート課題

ある食材・食品（おかず、麺類、菓子、野菜など）を箱詰めする。食材・食品を定め、その箱詰め作業を実現するロボットシステムを構想し、ハンドやアームの機構や材料、センサや情報処理について検討せよ。



特殊講義I 2022/4/14

レポート課題

レポートは一個のpdfファイルでmanaba+Rに提出
pdfファイル以外は採点対象外
ワードや写真のファイルはpdfに変換し、アップすること
期限 2022年4月28日 0:10 AM



特殊講義I 2022/4/14