



Interactive Systems Design Laboratory
Faculty of Symbiotic Systems Science
Fukushima University
福島大学
共生システム理工学類
インタラクティブシステムデザイン研究室

産業用ロボットのためのロボットハンド

2021/9/3 福島大学 衣川 潤

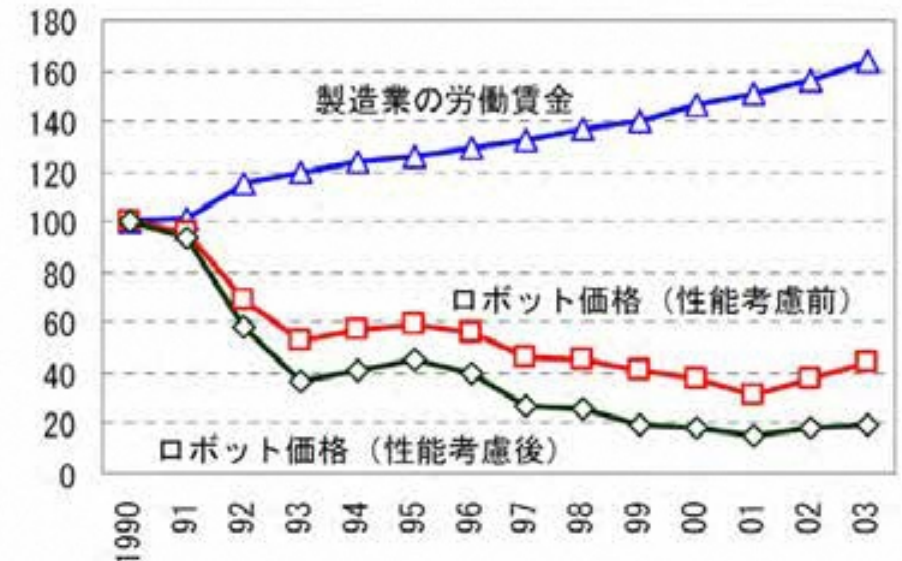
はじめにおことわり

- ◆本講演の内容は、東北大学小菅研の研究グループでの成果であり、すべてを私が行ったわけではありません。

産業用ロボットに求められること

- ◆ 産業用ロボットの開発目的は,
 - 単純な反復作業や危険な作業, 劣悪環境下での作業からの労働者の開放
- ◆ 近年では,
 - 生産性や品質の向上にニーズの比重が置かれてきた
 - 「ムリ・ムダ・ムラがない生産」
- ◆ 生産の効率化
 - 高効率化
 - 省スペース化
 - 低コスト化
 - 適用範囲の拡大 (汎用性)
 - 完全自動化範囲の拡大→より器用に
 - 分業範囲の拡大→人との共存

資料4 産業用ロボットの価格指数 (米国)



(出所) UNECE、IFR、National Robot Associations、
Bureau of Labor Statistics Data より第一生命株式部作成

第一生命経済研レポート2006.3より抜粋

産業用ロボットの課題

◆ 汎用性の不足

- 変種変量生産へ対応するための工程変更柔軟に対応するためには専用の治具やエンドエフェクタが必要
- パーツフィーダ等の周辺装置が高額

◆ システムインテグレータが必要

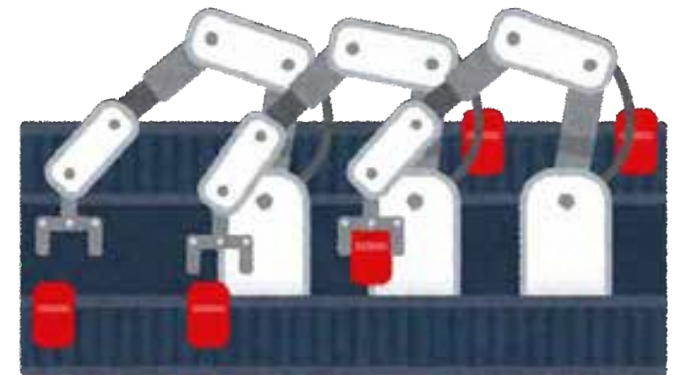
- 生産システムを構築するためのスキルが必要
- セットアップやティーチングに時間がかかる

◆ 運転するためには柵が必要 (～2013年12月)

- 大きなスペースが必要

◆ 状況判断が必要な作業への対応

- 繰り返し作業は得意だが、都度判断して柔軟に動作を変えるためには作業遂行のためのコツをロボットの動作計画に組み込むことが必要



エンドエフェクタの重要性

- ◆「簡単に使えて、周辺設備不要で、汎用性の高いロボット」の実現には
 - 直接対象物と接触する**エンドエフェクタ**が重要な役割を果たす
- ◆ エンドエフェクタ
 - グリッパ
 - 構造が単純，軽量，低コスト ⇔ **汎用性が低い**
 - 多指ハンド
 - 汎用性が高い，多機能 ⇔ **複雑な構造，高コスト**

ユニバーサルマニピュレーション

低自由度かつ汎用的なエンドエフェクタが実現できれば、
自動化可能な作業工程を拡大することができる



Gripper

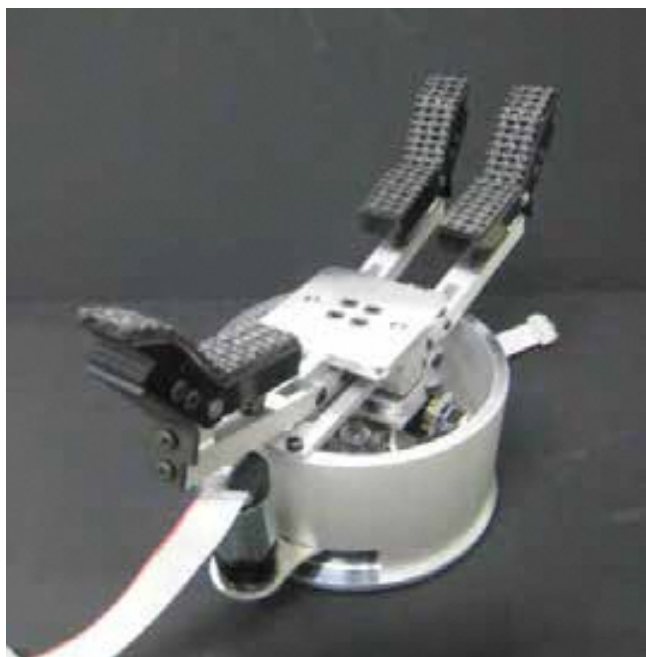
http://www.tbk-hand.co.jp/schunk_jpn/



DLR-Hand II
<http://www.dlr.de/>

◆iGRIPP (Integrated Gripper for Power and Precision Grasp)

- 多様な部品や道具を用いる作業の自動化を目的とする低自由度多機能ロボットハンド



小菅一弘, 千葉玄明, "低自由度多機能ロボットハンド iGRIPP", 第13回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2012)

◆iGRIPPで実現可能な把持形態

- 円筒状対象物の握力把持
- 小型対象物の精密把持
- 板状対象物の精密把持
- 大型対象物の両手を用いた把持

小菅一弘, 千葉玄明, "低自由度多機能ロボットハンド iGRIPP", 第13回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2012)



円筒状対象物の握力把持
小型対象物の精密把持



板状対象物の精密把持



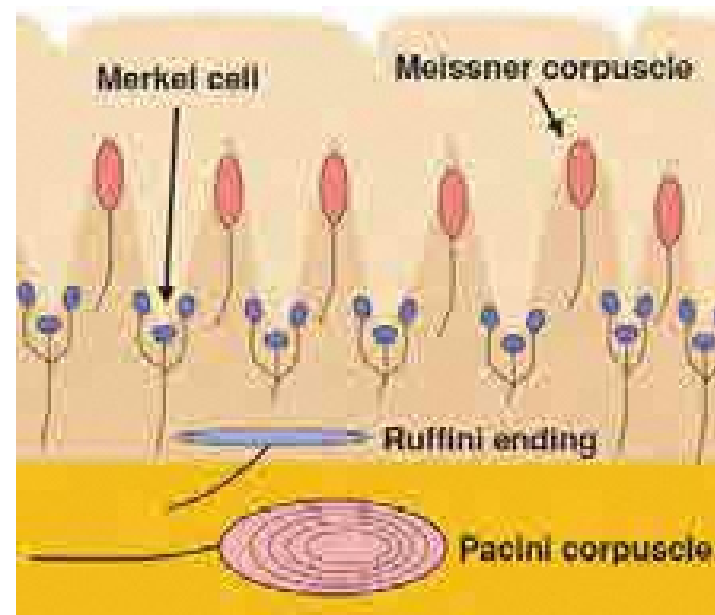
大型対象物の両手を用いた把持

人間の手

- ◆ 硬い骨格の周りが柔軟な皮膚で覆われた**内骨格構造**
- ◆ 皮膚の下にある多数の受容器が**触覚・圧覚・痛覚・温覚・冷覚**などを受容
- ◆ 皮膚に覆われ，機械的な**コンプライアンス**がある



The Human Hand



人の指の皮膚構造[*]

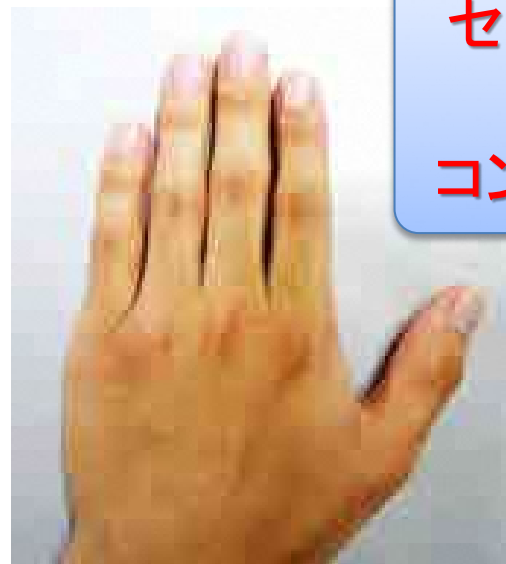
[*]岩村吉晃:”ヒト触覚受容器の構造と特性“, 日本ロボット学会誌

内骨格型多機能指モジュールのコンセプト

- ◆ 自動化可能な作業工程をより拡大するために，人間の手の**感覚機能**や**機械的特性**に着目した内骨格型多機能指モジュールの開発



iGRIPP



The Human Hand

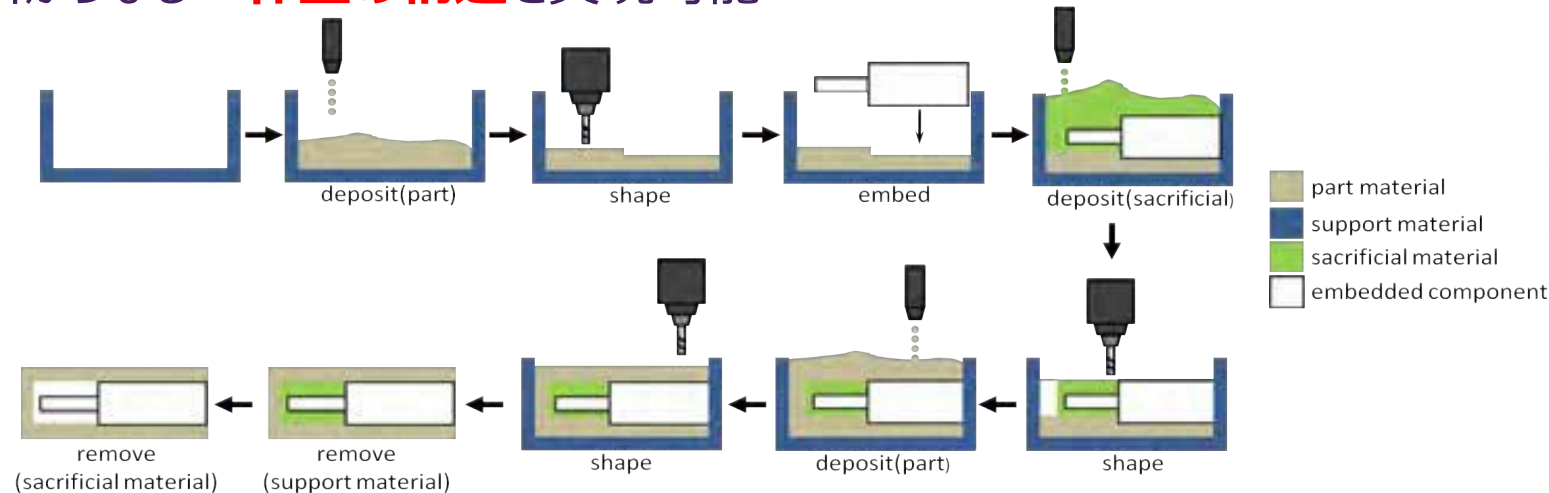
センシング機能
+
コンプライアンス

内骨格型多機能指モジュールの製作手法

◆SDM(Shape Deposition Manufacturing)^[*]

➤ **材料の堆積と切削を繰り返す**ことにより, 3Dモデルを製作する方法

- 部品の**埋め込み**が可能^[**]
- 構造体内部に空洞や通路を含む**複雑な形状**の加工が容易^[**]
- 異種材料からなる**一体型の構造**を実現可能^[**]



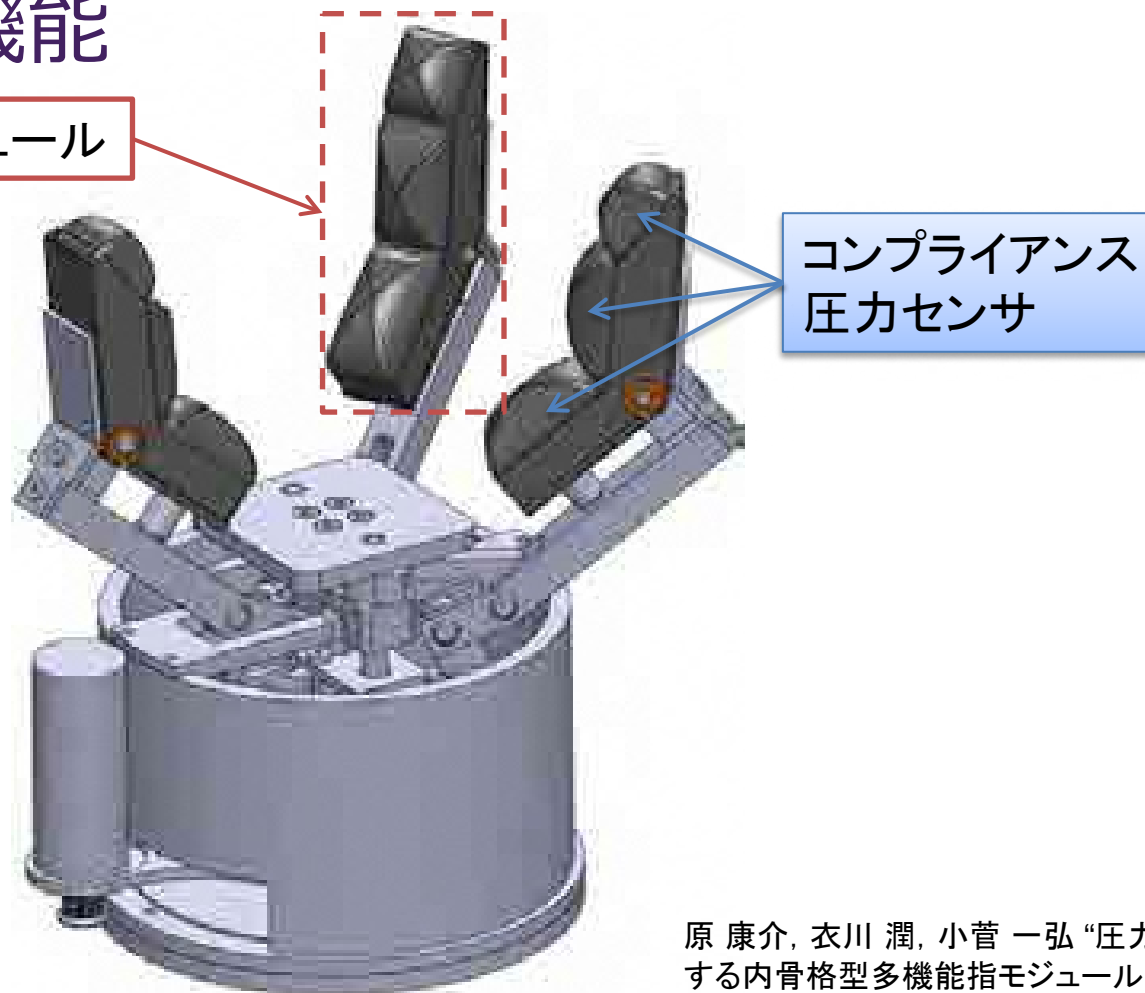
[*] Merz, R., Prinz, F.B., Ramaswami, K., Terk, M, and Weiss, L.E., "Shape Deposition Manufacturing," Proceedings of the Solid Freeform Fabrication Symposium, The University of Texas at Austin, Aug. 10-12, 1996

[**] Cham, J.G., Pruitt, B.L., Cutkosky, M.R., Binnard, M., Weiss, L., and Neplotnik, G., "Layered Manufacturing with Embedded Components: Process Planning Issues," Proceedings of the 1999 ASME DETC/DFM Conference, Las Vegas, NV, Paper DETC99/DFM-8910, Sept 12-15, 1999.

内骨格型多機能指モジュールの構造と機能

◆ 指モジュールの構造と機能

内骨格型多機能指モジュール

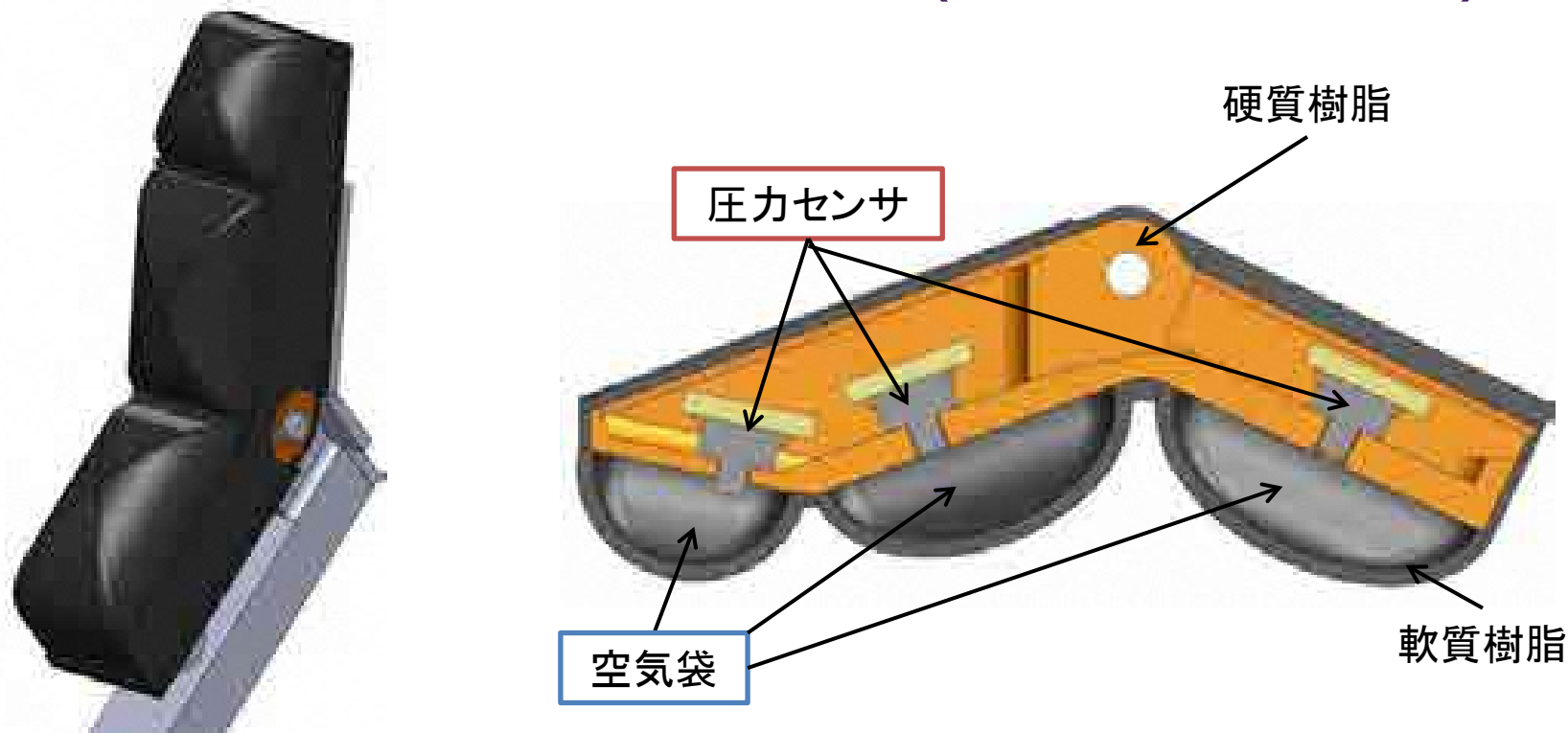


原 康介, 衣川 潤, 小菅 一弘 “圧力センサを内蔵する柔軟な皮膚を有する内骨格型多機能指モジュール” 第14回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2013) 予稿集 pp.1166-1169

内骨格型多機能指モジュールの構造と機能

◆指モジュールの内骨格構造

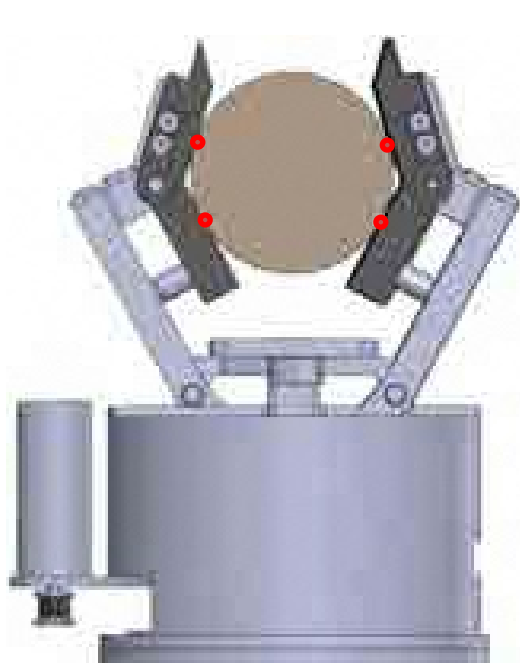
- 硬質樹脂からなる内骨格：硬質のポリウレタン樹脂(UR3490 A/B)
- 軟質樹脂からなる皮膚：軟質のポリウレタン樹脂(UR5801/UR5850)



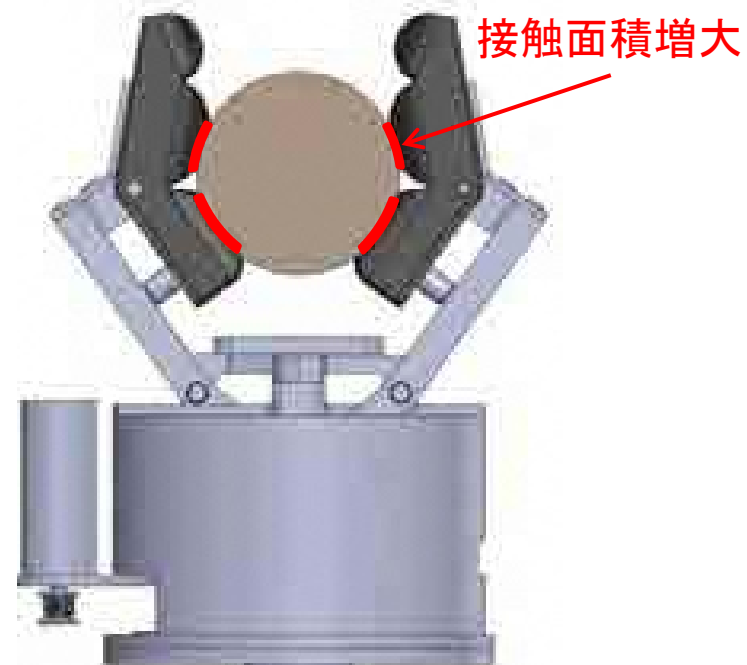
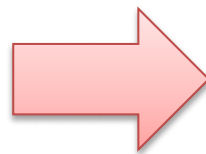
内骨格型多機能指モジュールの構造と機能

◆柔軟性を有する圧力センサの利点

- 指腹部が物体の形状に合わせて変形するため、**接触面積が増大しロバストな把持**が可能
- 把持対象物に加える力を分散できるため、**壊れやすい物体の把持**が可能

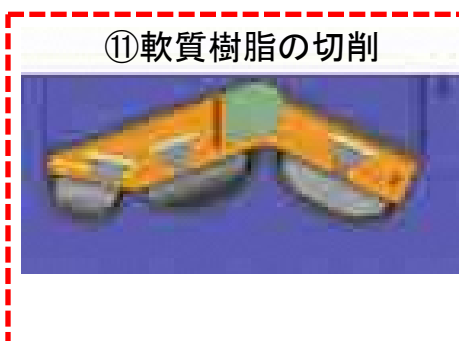
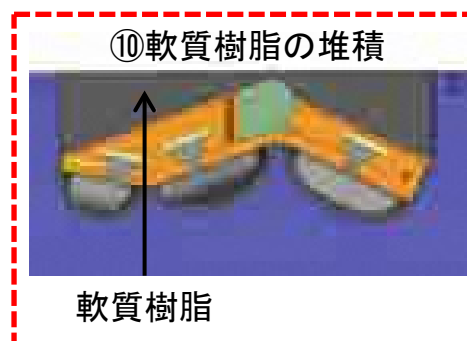
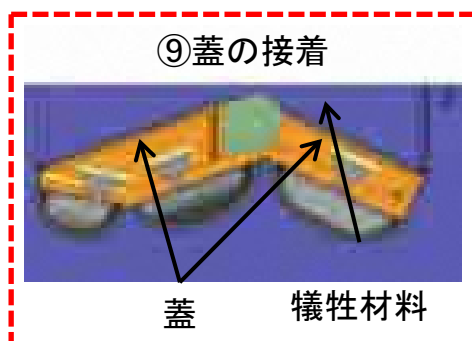
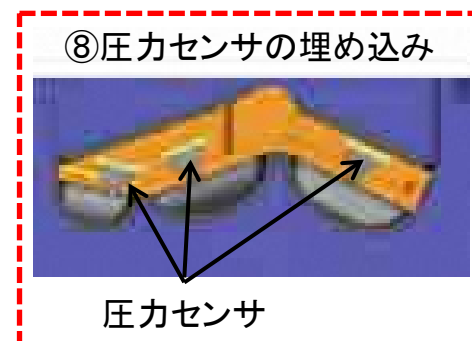
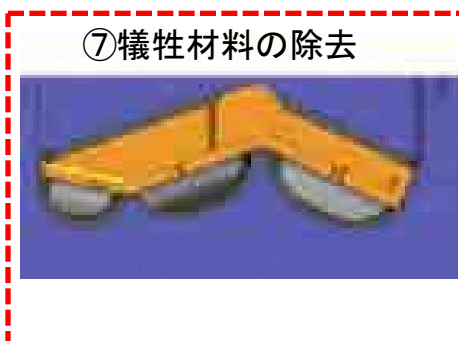
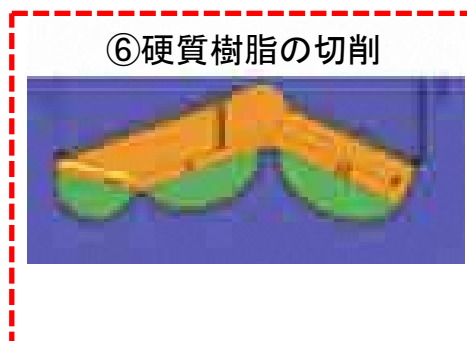
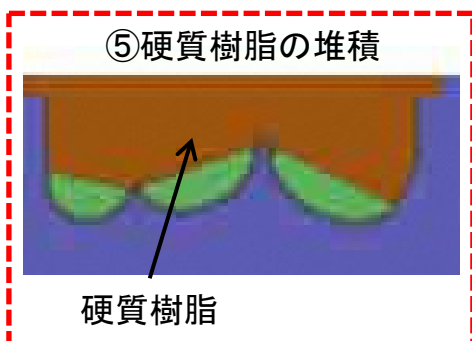
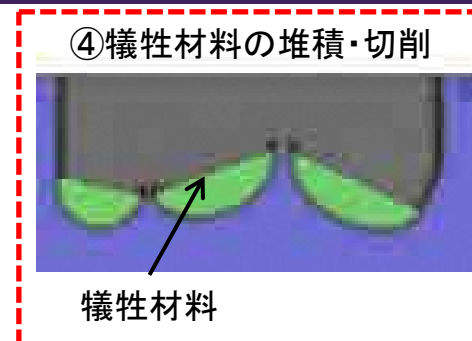
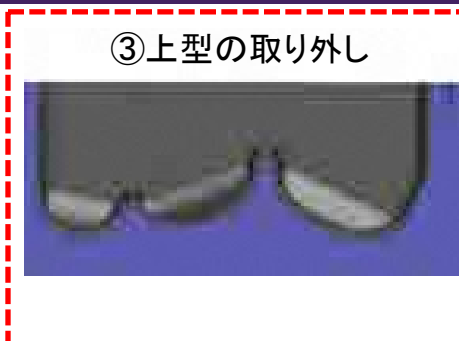
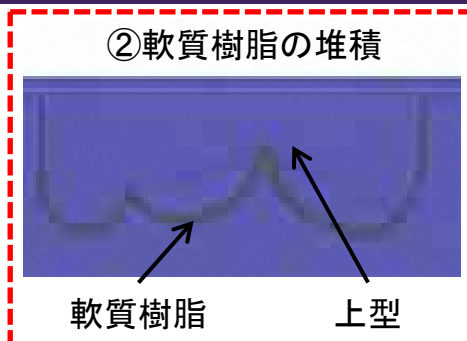
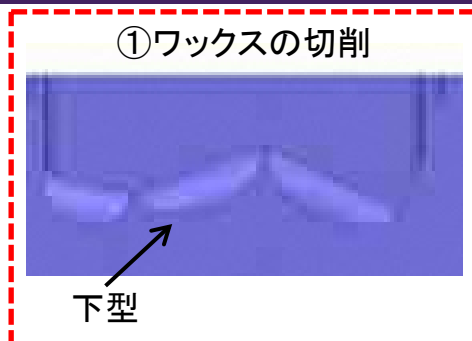


金属指の場合



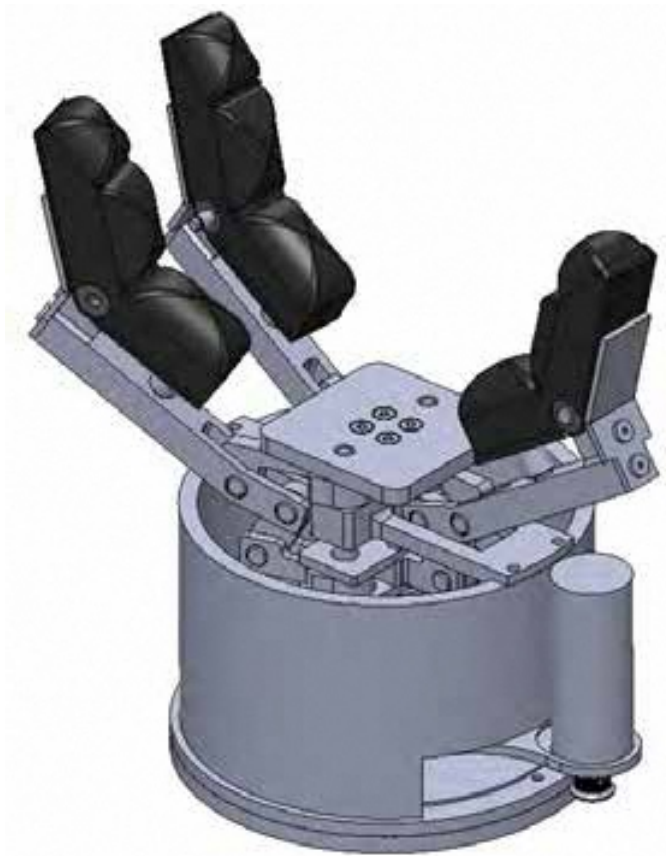
内骨格型多機能指モジュールの場合

内骨格型多機能指モジュールの製作過程



内骨格型多機能指モジュールの製作

◆製作した指モジュールの外観

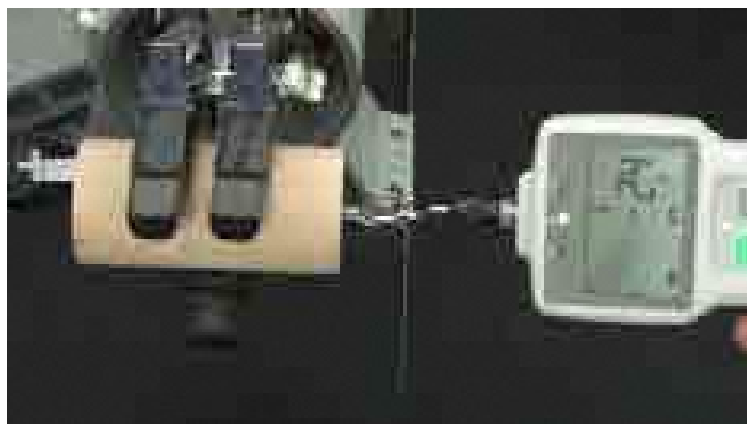


把持のロバスト性の評価実験

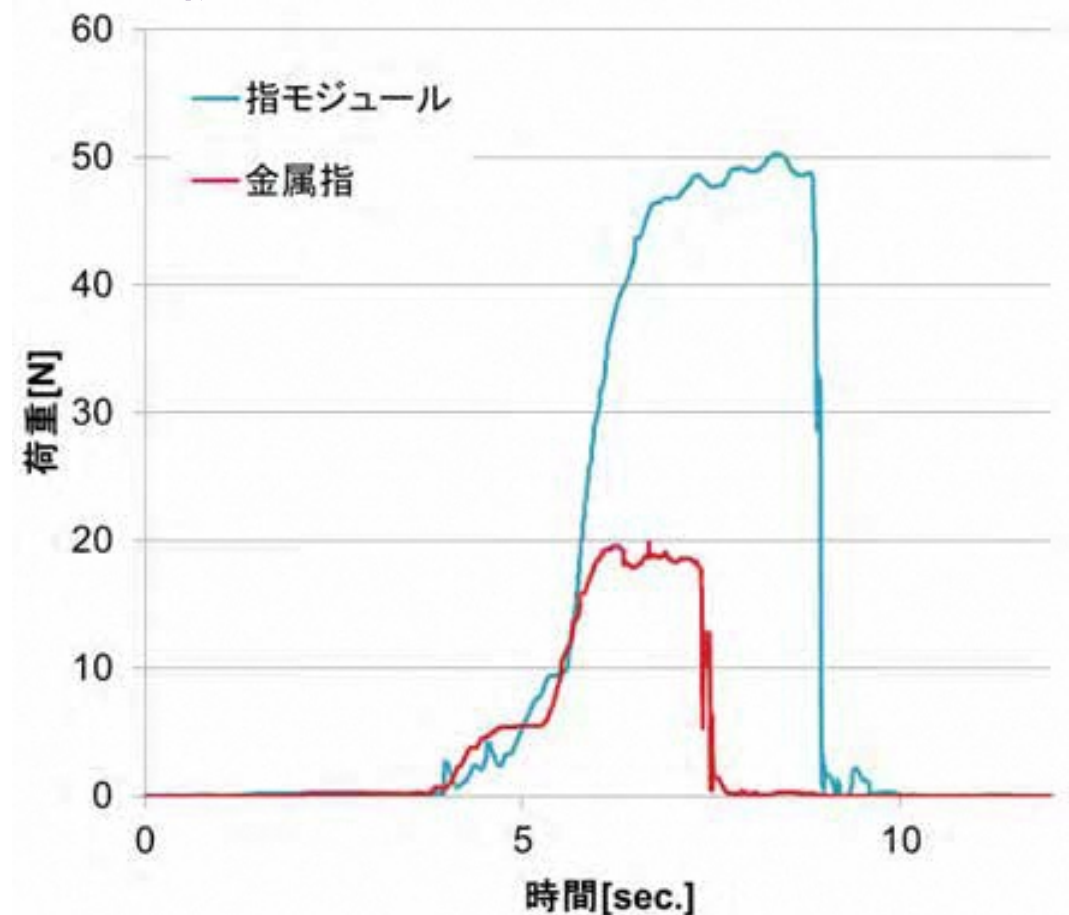
◆ 金属指と内骨格型多機能指モジュールの比較



金属指

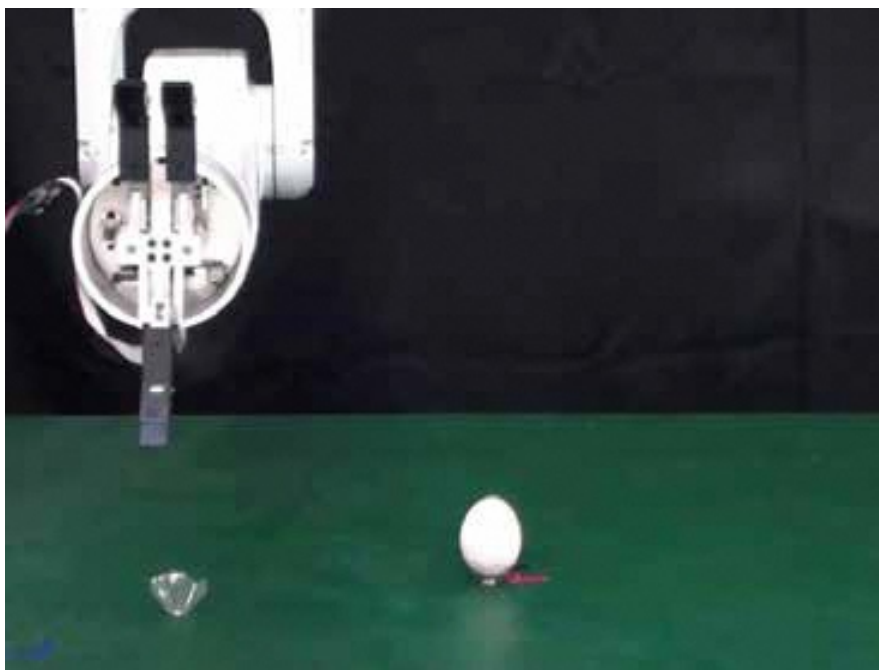


内骨格型多機能指モジュール



原 康介, 衣川 潤, 小菅 一弘 “圧力センサを内蔵する柔軟な皮膚を有する内骨格型多機能指モジュール”
第14回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2013) 予稿集 pp.1166-1169

生卵のピックアンドブレース

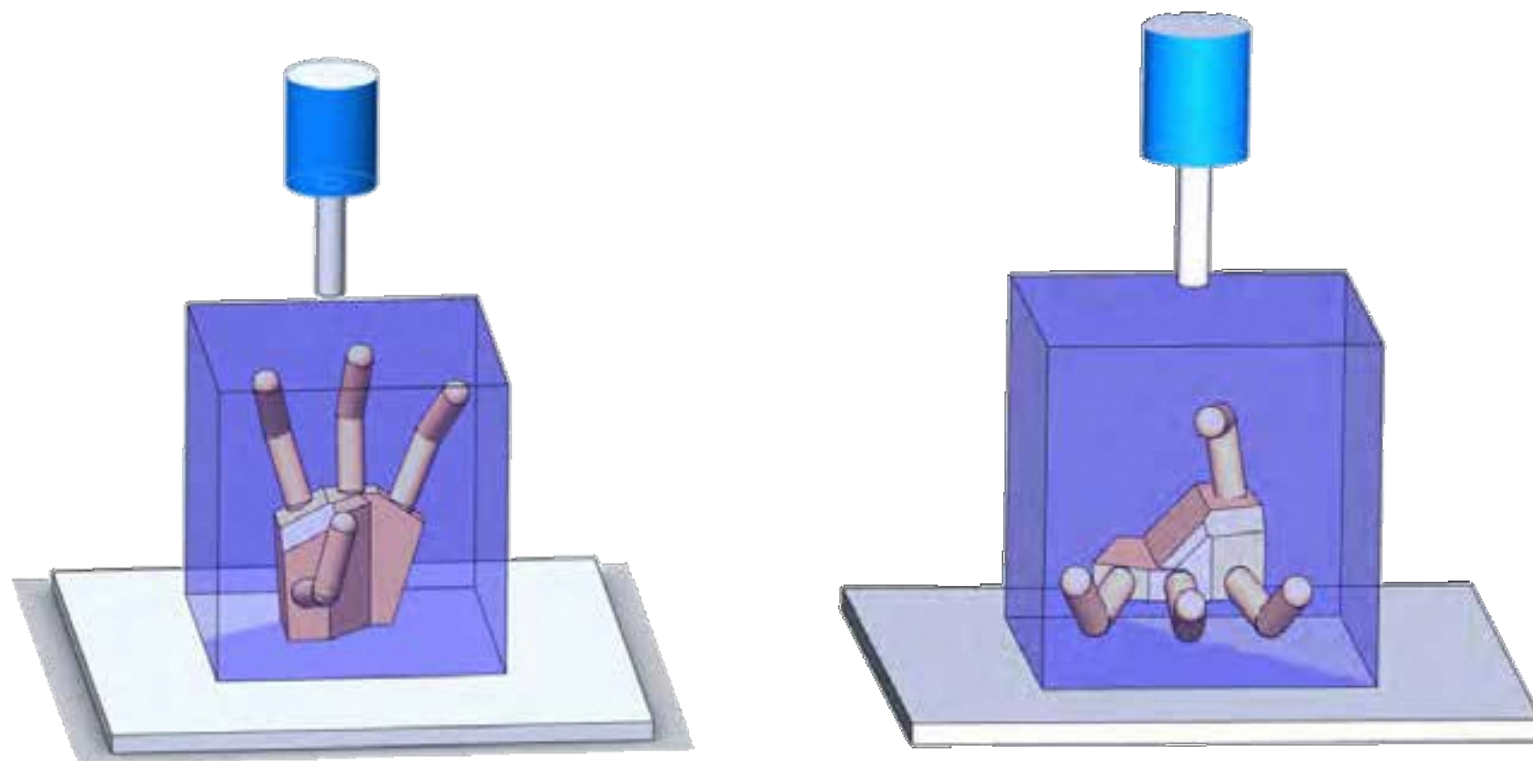


金属指



内骨格型多機能指モジュール

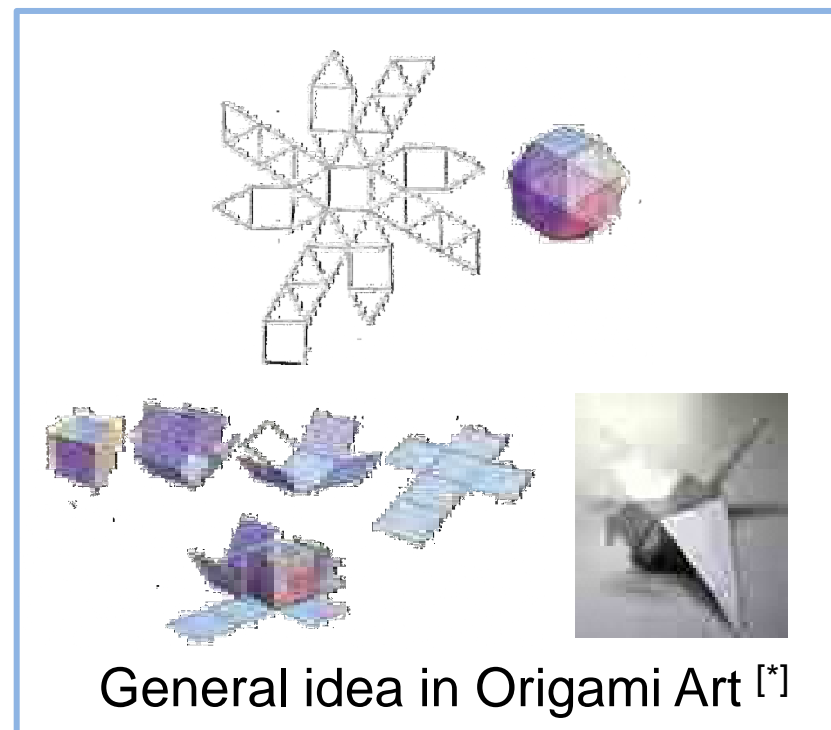
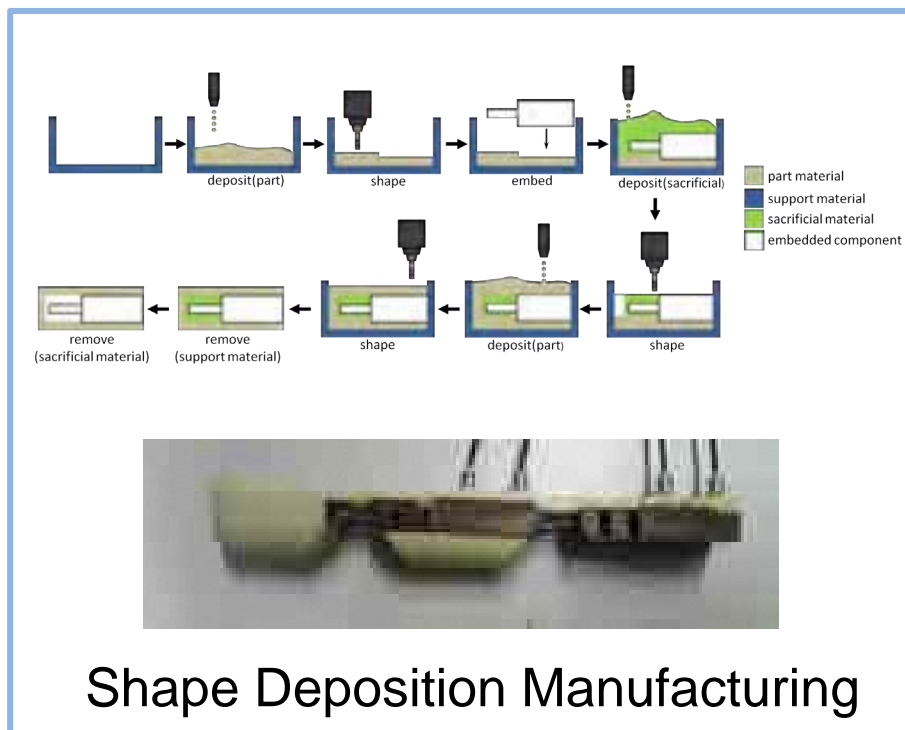
SDMを用いた統合型ハンドの製作の限界



Shape Deposition
Manufacturing
(2.5次元の製作手法)

従来のSDMで複雑な3次元構造物を製作する場合、プロセスが複雑となる

SDMと折り紙の原理を融合した新しい製作手法の提案



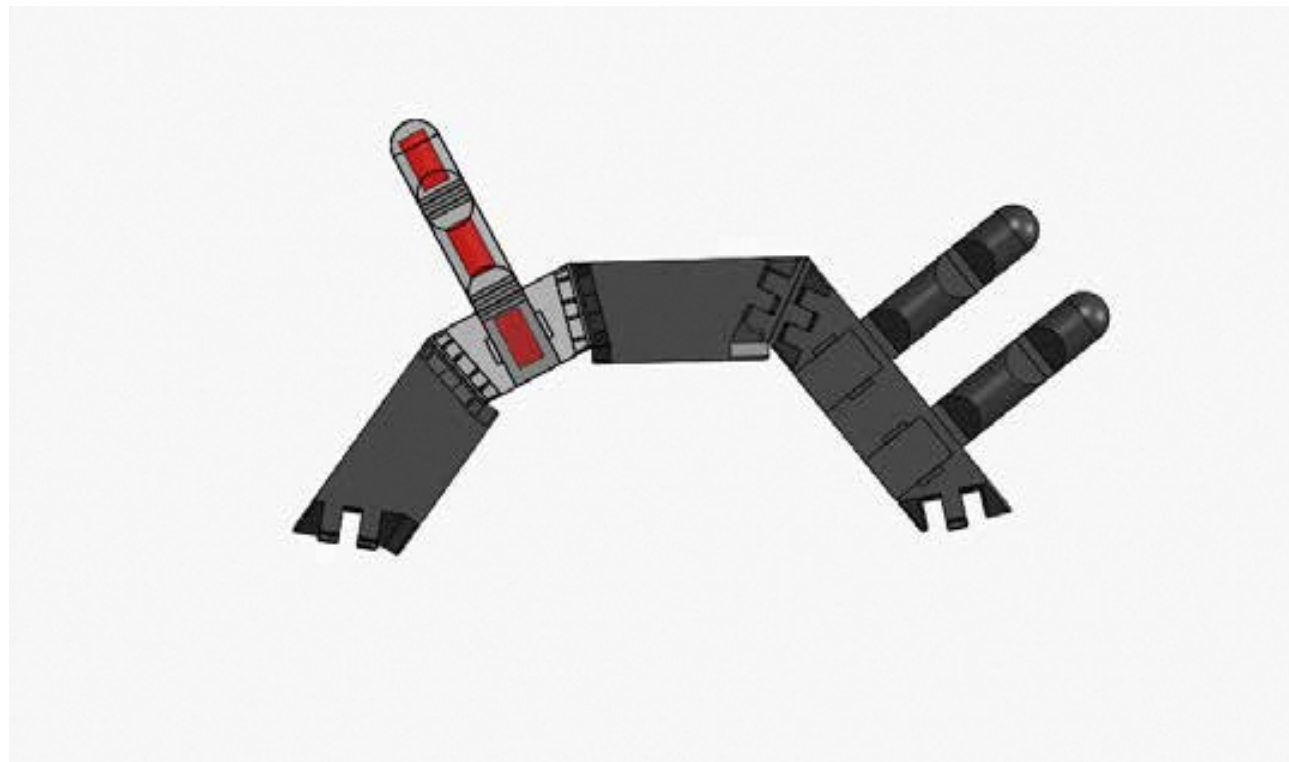
[*] Joseph O'Rourke: ``折り紙の数理'', 近代科学社

SDMでプレート状の構造物を製作し、折り紙の原理を利用
より容易に3次元物体が製作可能

統合型折り紙ハンドのコンセプト

Integrated Plate

駆動機構
センシング機能
機械的コンプライアンス
ヒンジ
etc.



Integrated Plate

folding
→

Integrated Origami Hand

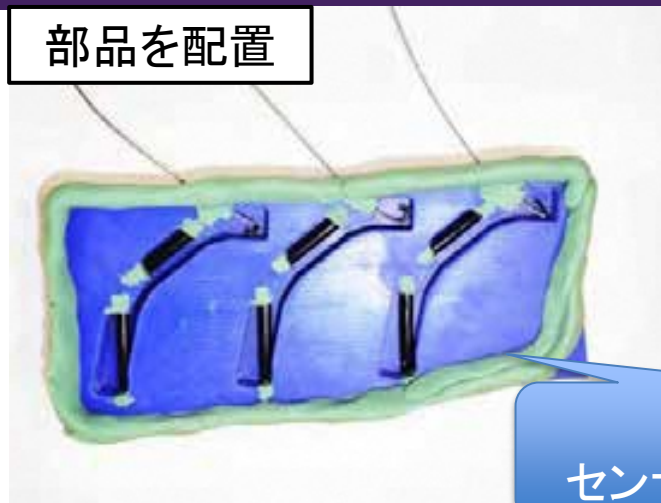
製作プロセス (指)

型を切削



Step1

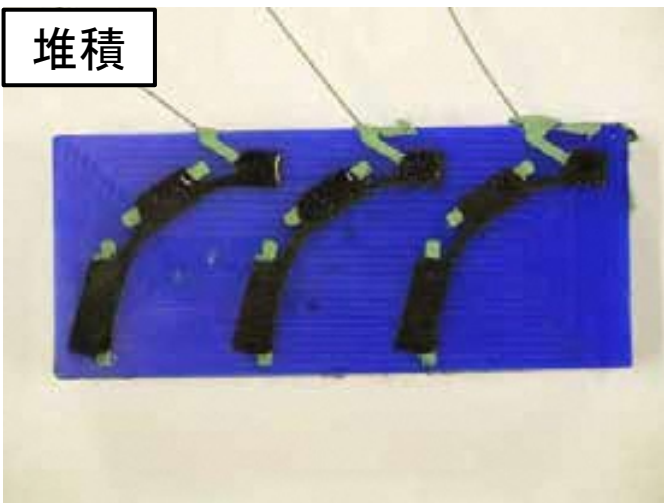
部品を配置



Step2

このStepで
センサの埋め込みが可能

堆積



Step3

取り出し



Step4

衣川 潤, 盧 俊榮, 小菅 一弘
“折り紙構造をもつロボットハンド” 計測自動制御学会論文集
Vol.50 No.1 pp. 41-48

製作プロセス (ハンド)



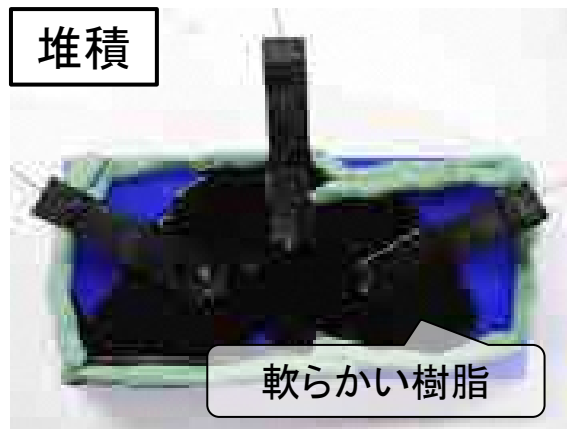
Step1



Step2



Step3



Step4



Step5



Step6

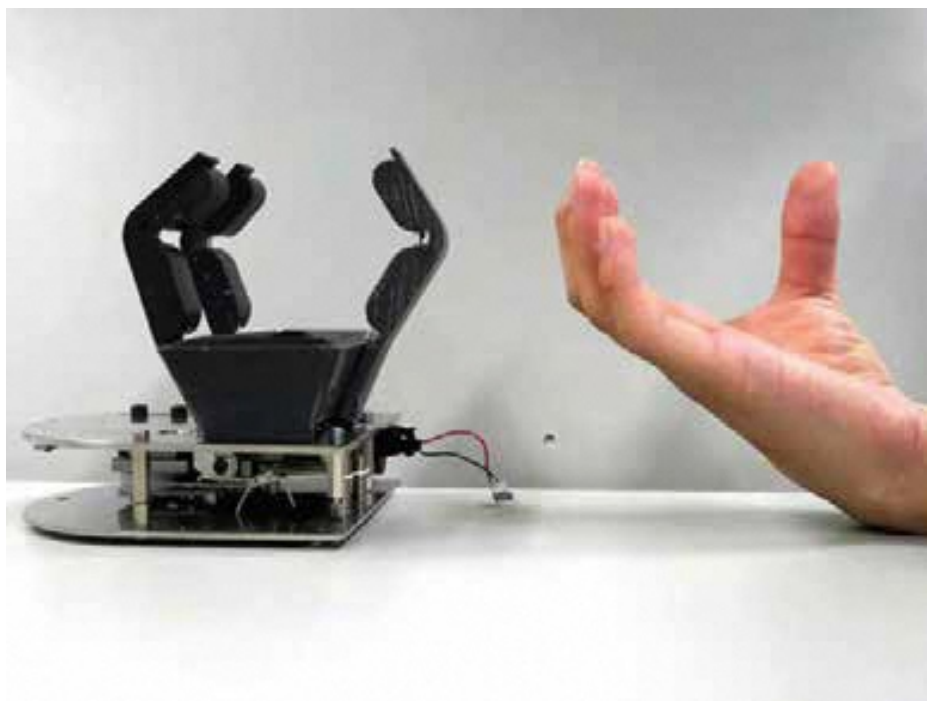
プレートの組み立て(折り畳み)



製作したプレートを折り, ハンドの形状にする

試作した折り紙ハンド

◆折り紙ハンドの動作確認



Origami Hand

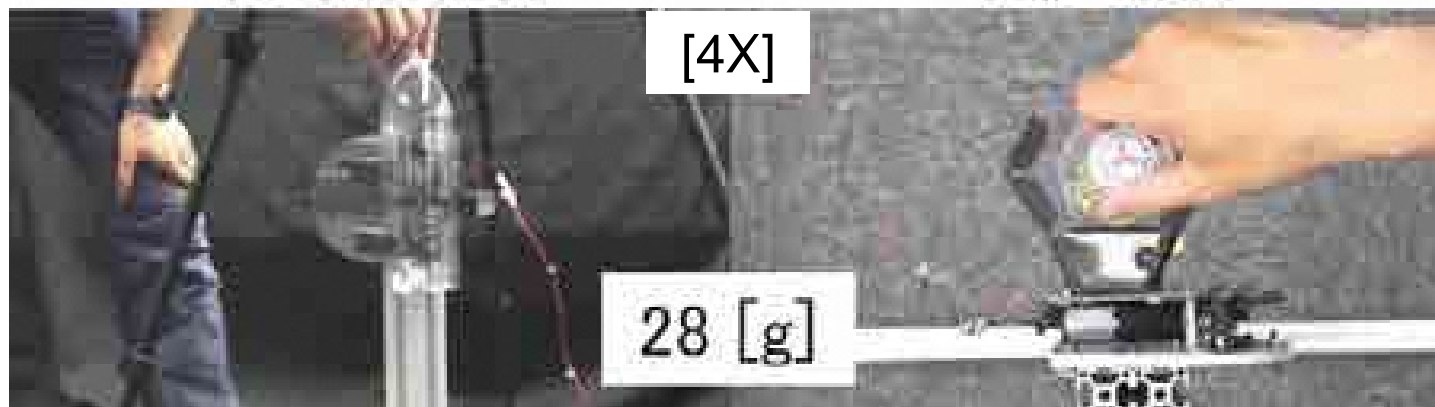


衣川 潤, 盧 俊榮, 小菅 一弘 “折り紙構造をもつロボットハンド” 計測自動制御学会論文集 Vol.50 No.1 pp. 41-48

把持実験

Front View

Top View



Front View

Top View

