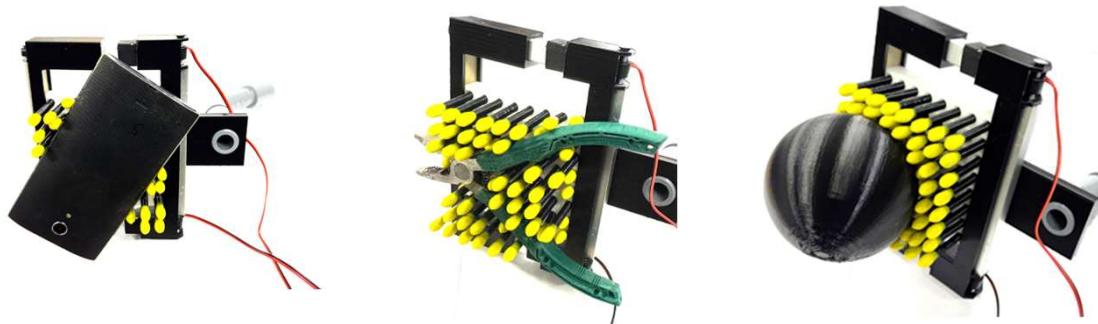


かんたん機構でしっかりキャッチ！ 未来の万能グリッパー

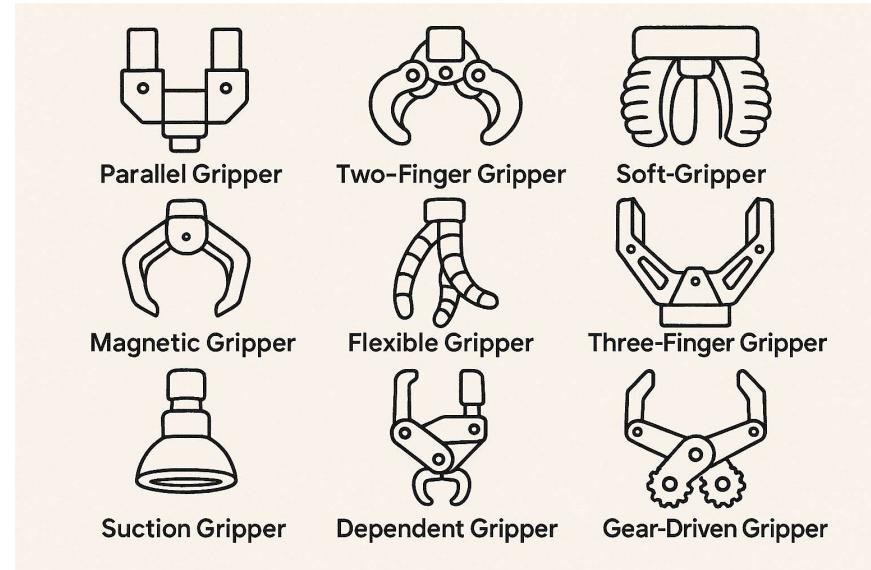


東京理科大学 創域理工学部 機械航空宇宙工学科
教授 竹村 裕

2025年11月11日

グリッパーとは？

- ・ロボットアームの先端に取り付けられ、物体を掴む・保持する役割を持つエンドエフェクタ(終端装置)の一種
 - ・グリッパーの種類と特徴
 - ✓ 空気圧グリッパー
 - ✓ 電動グリッパー
 - ✓ 吸着グリッパー(真空・粘着式)
 - ✓ マグネットグリッパー
- 様々存在



グリッパーの形状の例

グリッパーへの要求は？

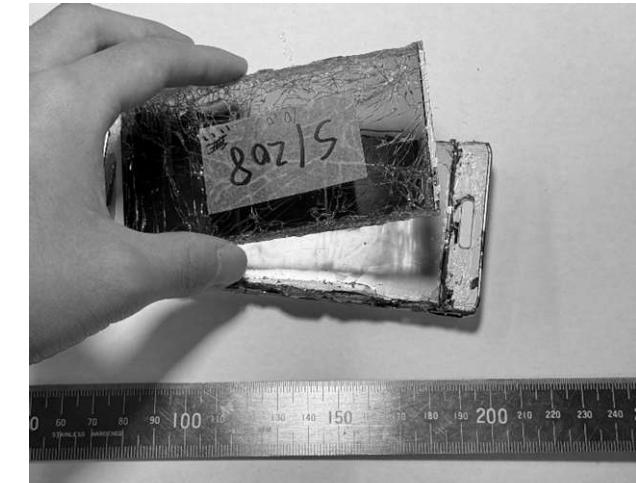
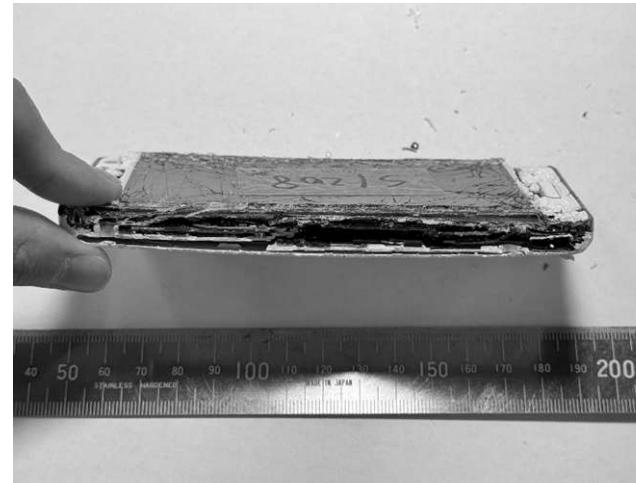
- ・ 対象物に関する要求
 - ✓ 把持できる可搬重量, 形状・材質・表面状態, 耐久性
- ・ 作業に関する要求
 - ✓ 把持力・接触面・爪/パッド,
 - ✓ 精度・繊細さ, 作業速度と制御精度
 - ✓ 多品種対応・生産切替
- ・ 環境・性能に関する要求
 - ✓ 防塵防水性能, 高剛性・高耐久性
- ・ 協働ロボットに関する要求
 - ✓ 安全な把持力



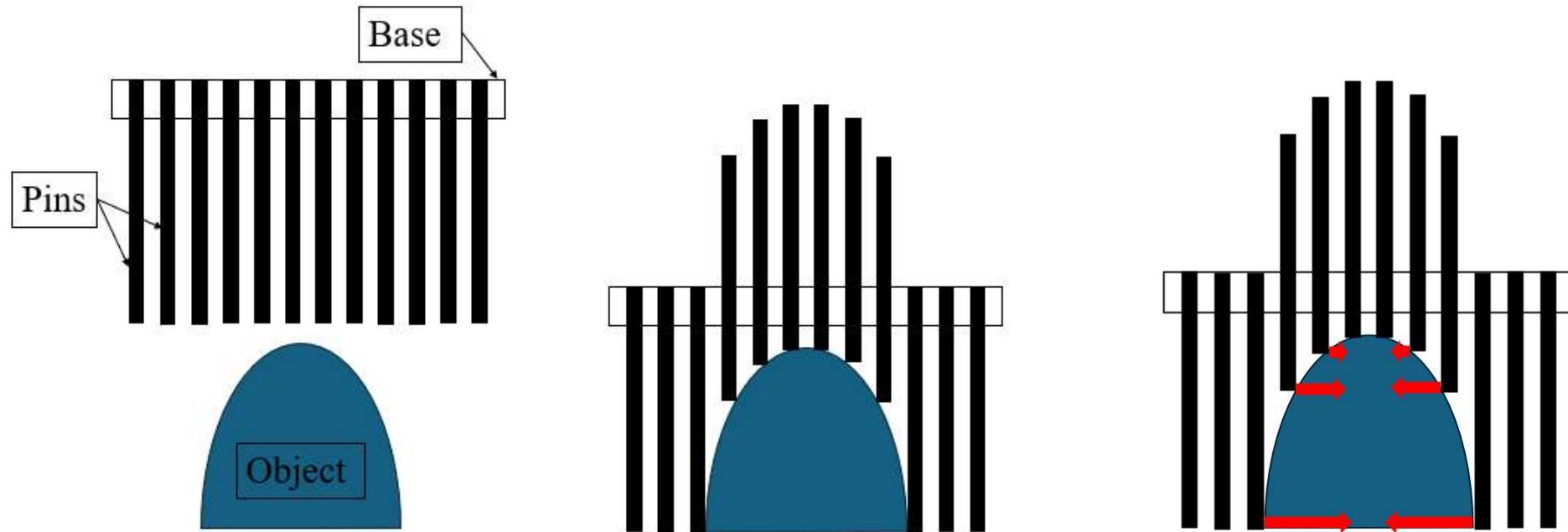
開発のきっかけ



高度循環型システム構築に向けた
廃電気・電子機器処理プロセス基盤技術開発



新グリッパーのアイデア

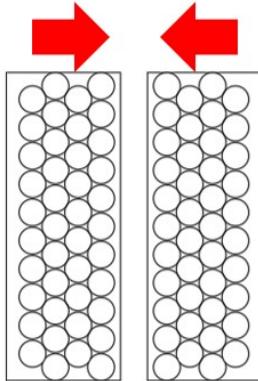


- 💡 多数配置されたピンが把持対象の外形を捉える
 - 形状, 破損具合, 複数点設置, 位置決め精度に依存しない
- 💡 何らかの方法で把持力を加える

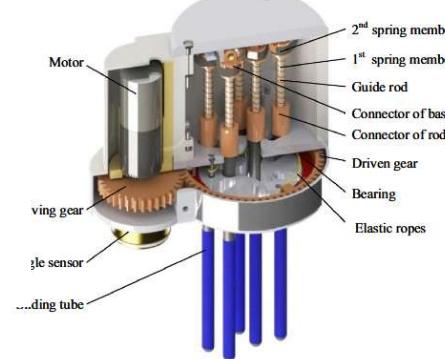
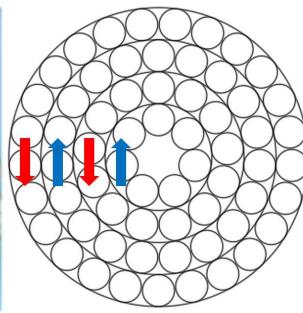
既存のピン型グリッパー



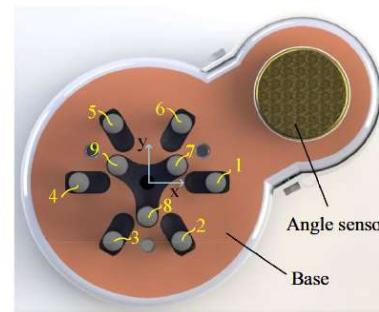
(Scott, 1985)



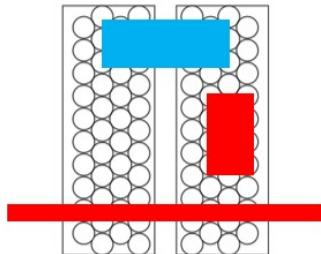
(Mo et al., 2018)



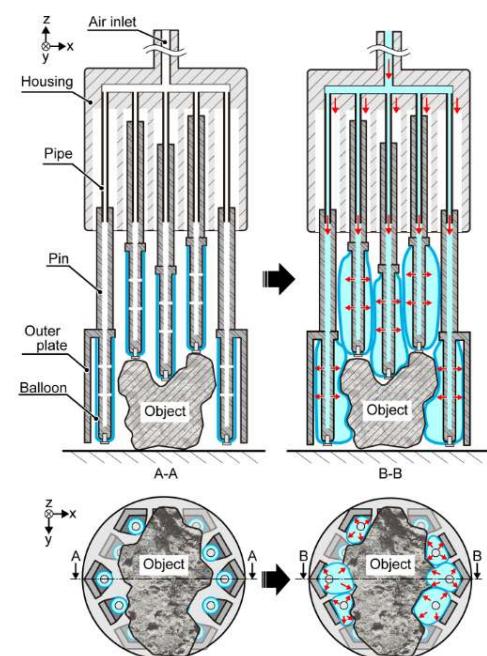
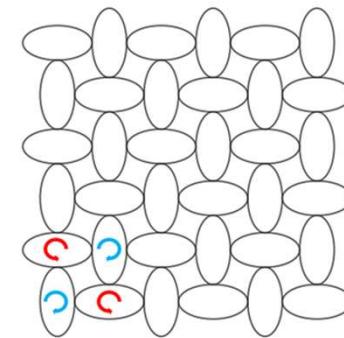
(b)



(Fu et al., 2017)



(Mo et al., 2017)



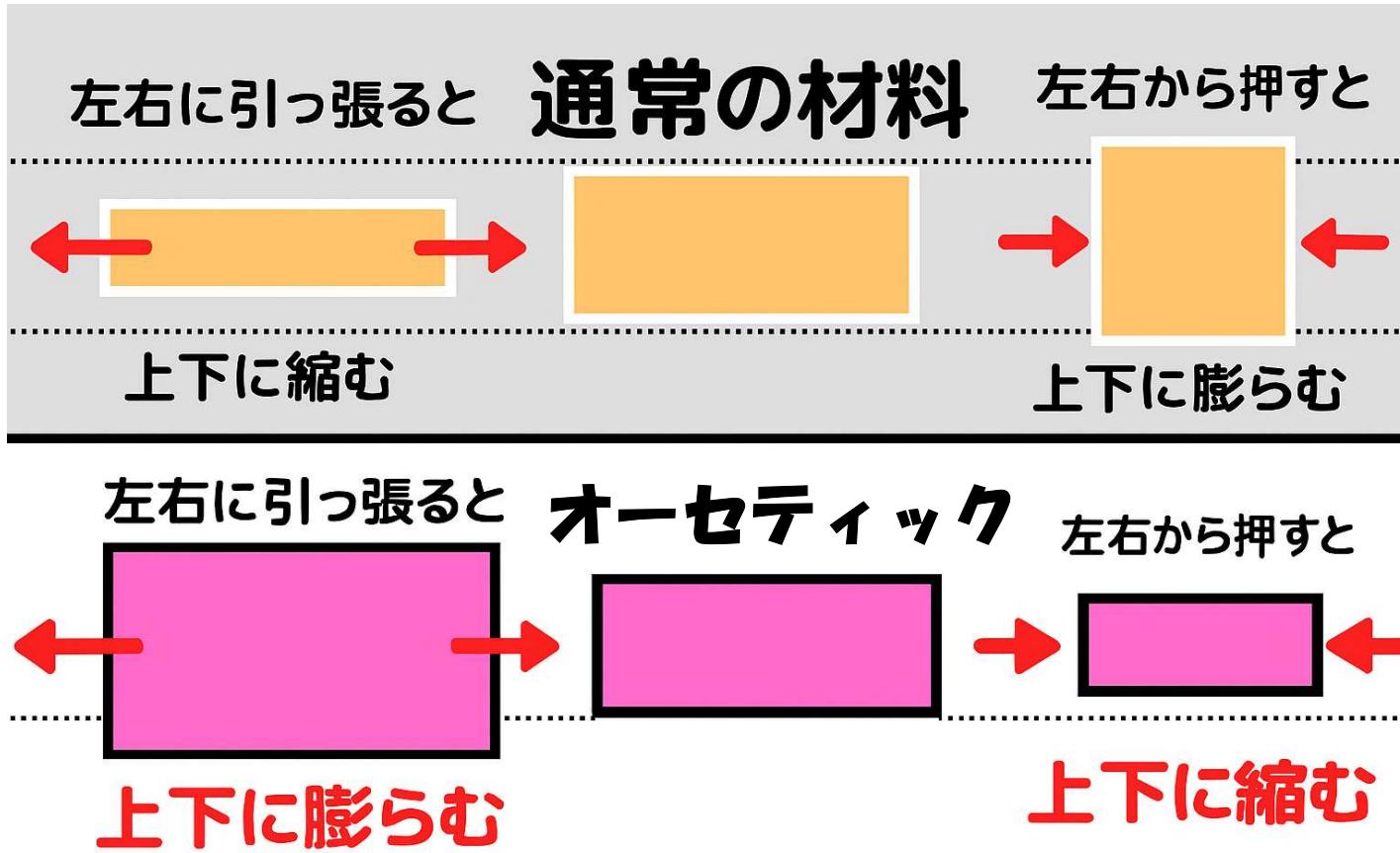
(Kemmotsu et al., 2023)

Fu, H., Yang, H., Song, W. et al. A novel cluster-tube self-adaptive robot hand. *Robot. Biomim.* **4**, 25 (2017). <https://doi.org/10.1186/s40638-017-0082-2>

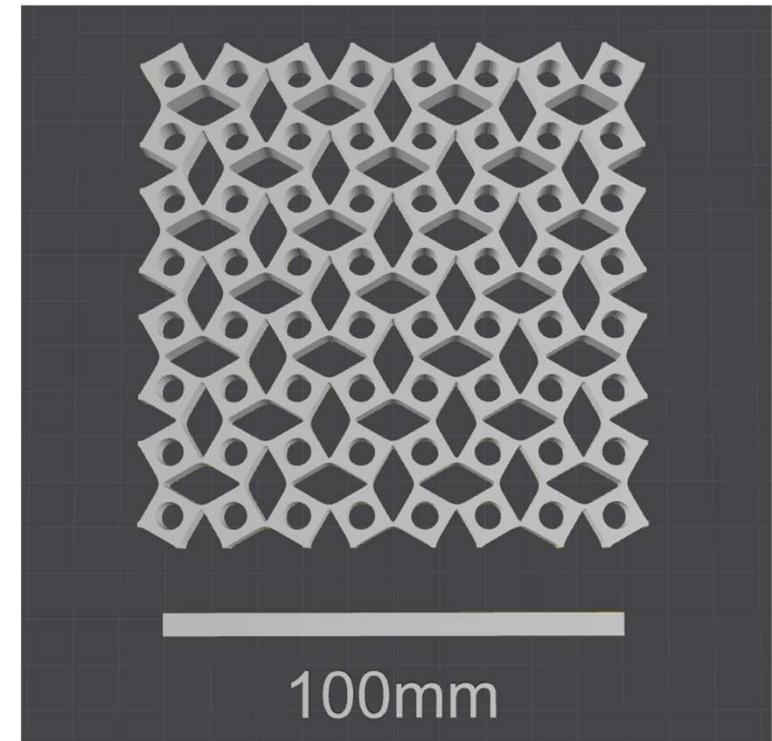
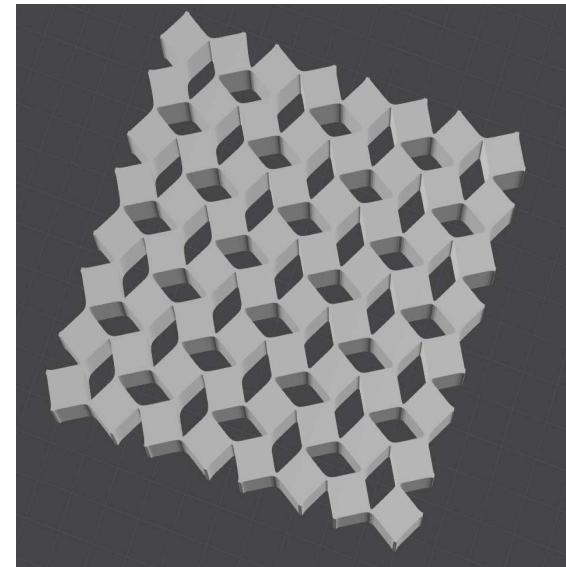
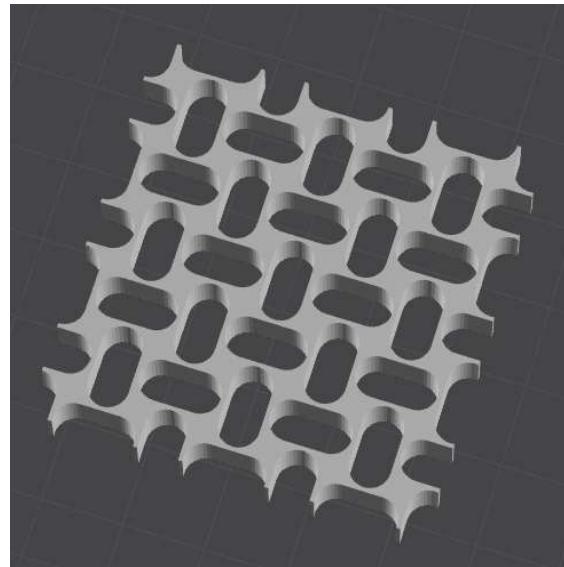
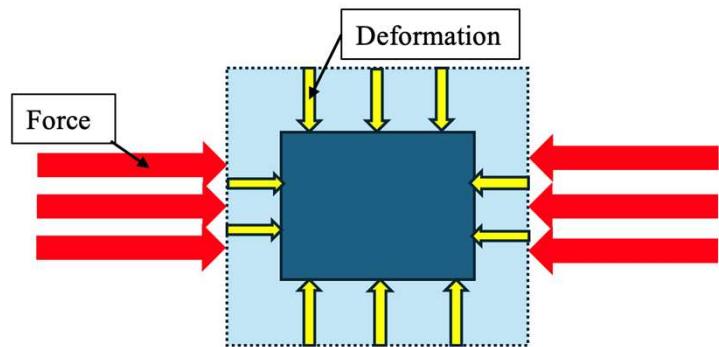
Mo, A., Fu, H., Zhang, W. (2018). A Universal Gripper Base on Pivoted Pin Array with Chasing Tip. In: Chen, Z., Mendes, A., Yan, Y., Chen, S. (eds) Intelligent Robotics and Applications. ICIRA 2018. Lecture Notes in Computer Science, vol 10985. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97589-4_9

Kemmotsu, Y., Tadakuma, K., Abe, K., Watanabe, M., Konyo, M. and Tadokoro, S., Balloon Pin Array Gripper: Mechanism for Deformable Grasping with Two-Step Shape Adaptation, 2023 IEEE International Conference on Soft Robotics (RoboSoft) (2023), DOI: 10.1109/RoboSoft55895.2023.10121917.

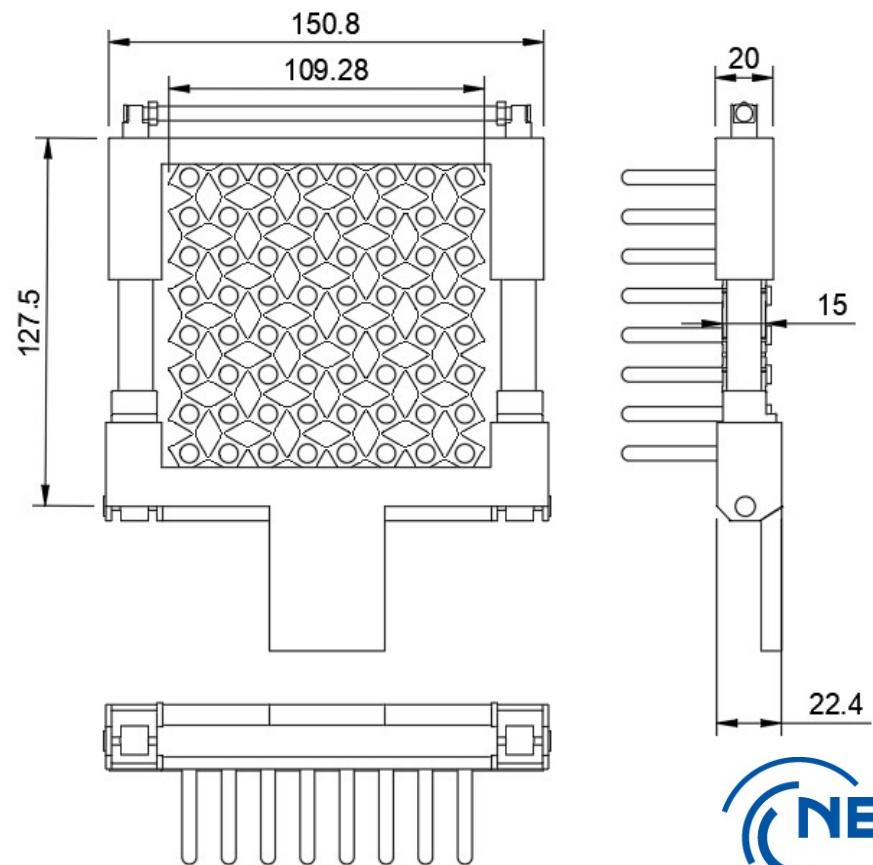
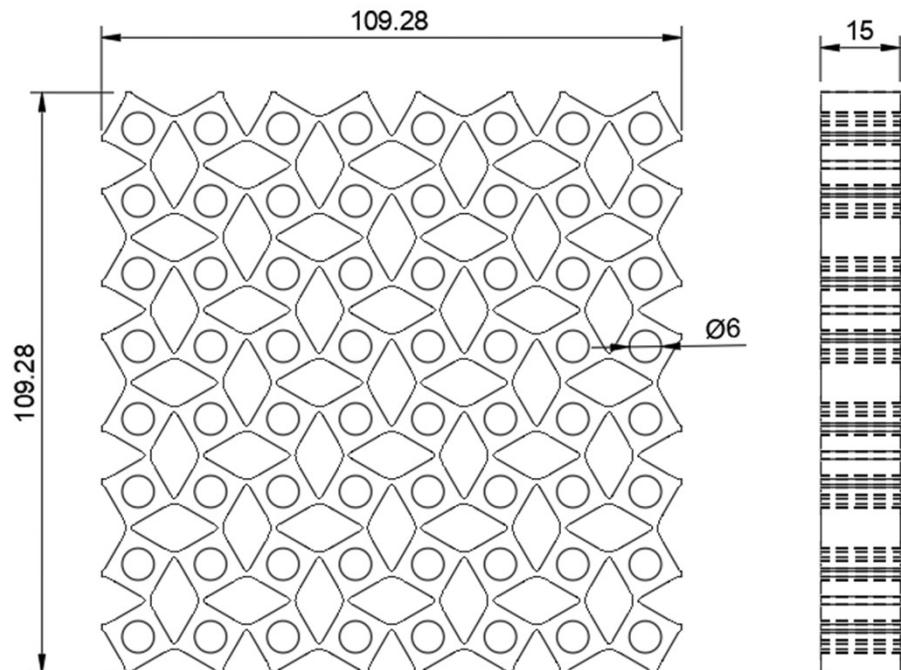
オーセティック構造とは



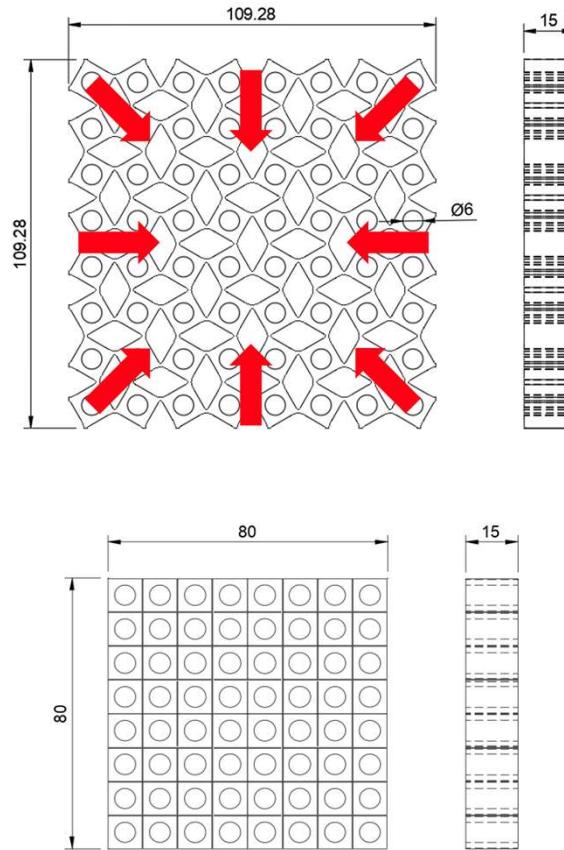
オーセティック構造の利用



オーセティック構造のピン配置



オーセティック+ピン型グリッパー

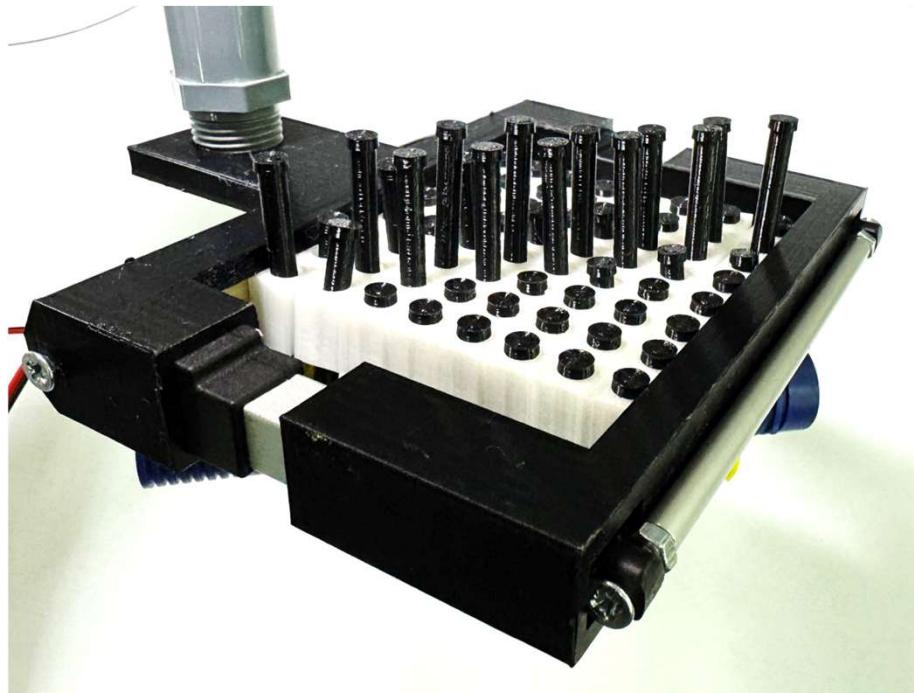


<アクチュエータの性能>

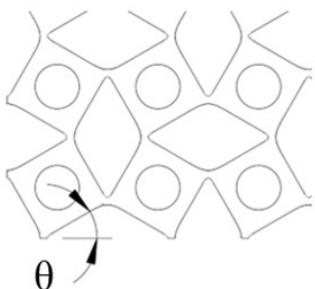
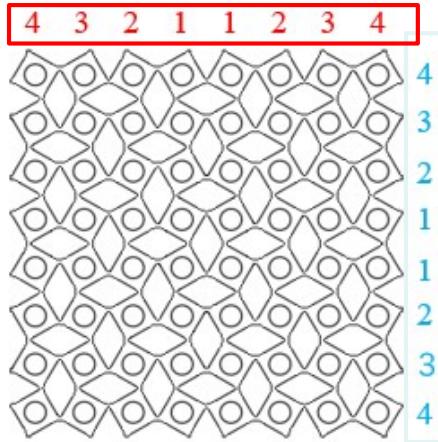
| Stroke | Input Voltage | Max Force | Max Speed (no load) | Mass | Closed Length |
|--------|---------------|-----------|---------------------|------|---------------|
| 50 mm | 12 V | 80 N | 6.5 mm/s | 56 g | 152 mm |



オーセティック構造グリッパー



ピンの移動量の計算



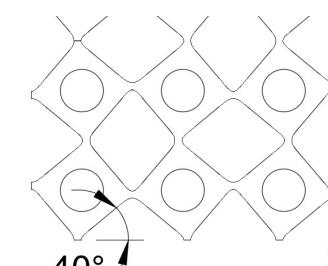
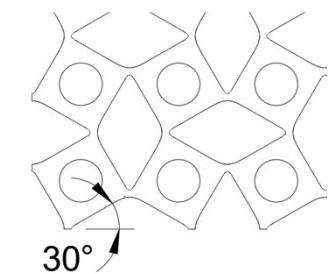
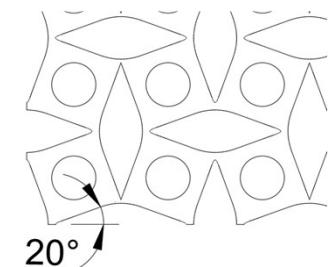
移動量 L :

横方向 x は左図赤字の数字を i に代入
縦方向 y は左図青字の数字を j に代入

$$x = (2i - 1) \cdot l \sqrt{\frac{1}{2}(1 - \cos \theta)(1 - \sin \theta)}$$

$$y = (2j - 1) \cdot l \sqrt{\frac{1}{2}(1 - \cos \theta)(1 - \sin \theta)}$$

$$L = \sqrt{x^2 + y^2} = l \sqrt{\frac{1}{2}(1 - \cos \theta)(1 - \sin \theta) \{(2i - 1)^2 + (2j - 1)^2\}}$$

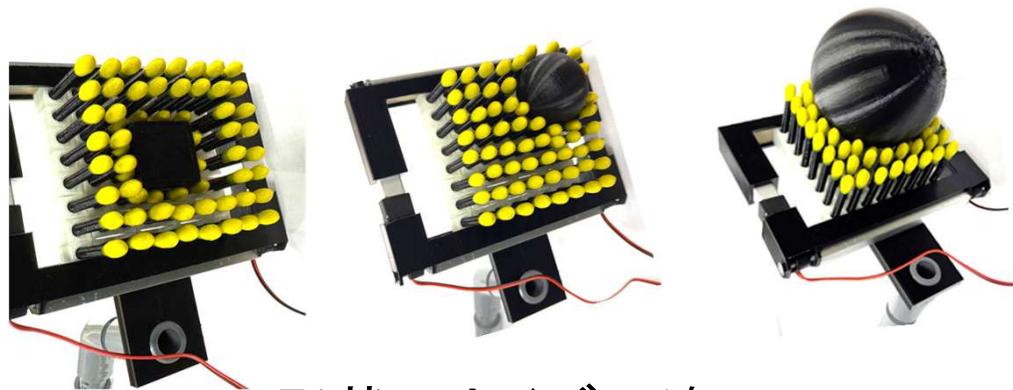


把持能力のテスト

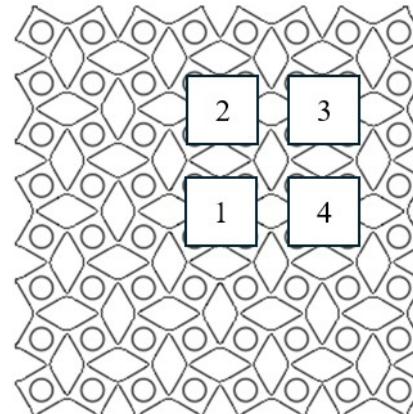
10秒落下がなかったものを成功○

| Grasping Target | Center | Top | Top Right | Right |
|------------------|--------|-----|-----------|-------|
| A Marker | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Pliers | ○ | ○ | ○ | ○ |
| A Square (20x20) | × | × | × | × |
| A Square (30x30) | ○ | ○ | ○ | ○ |
| A Square (40x40) | ○ | ○ | ○ | ○ |
| A Square (50x50) | ○ | ○ | ○ | ○ |
| A Square (60x60) | ○ | ○ | ○ | ○ |
| A Square (70x70) | ○ | ○ | ○ | ○ |
| A Sphere (d20) | ○ | ○ | ○ | ○ |
| A Sphere (d30) | ○ | ○ | ○ | ○ |
| A Sphere (d40) | ○ | ○ | ○ | ○ |
| A Sphere (d50) | ○ | ○ | ○ | ○ |
| A Sphere (d60) | ○ | ○ | ○ | ○ |
| A Sphere (d70) | ○ | ○ | ○ | ○ |
| A Sphere (d80) | ○ | ○ | ○ | ○ |
| A Sphere (d90) | × | × | × | × |

○ : Succeeded ; × : Failed



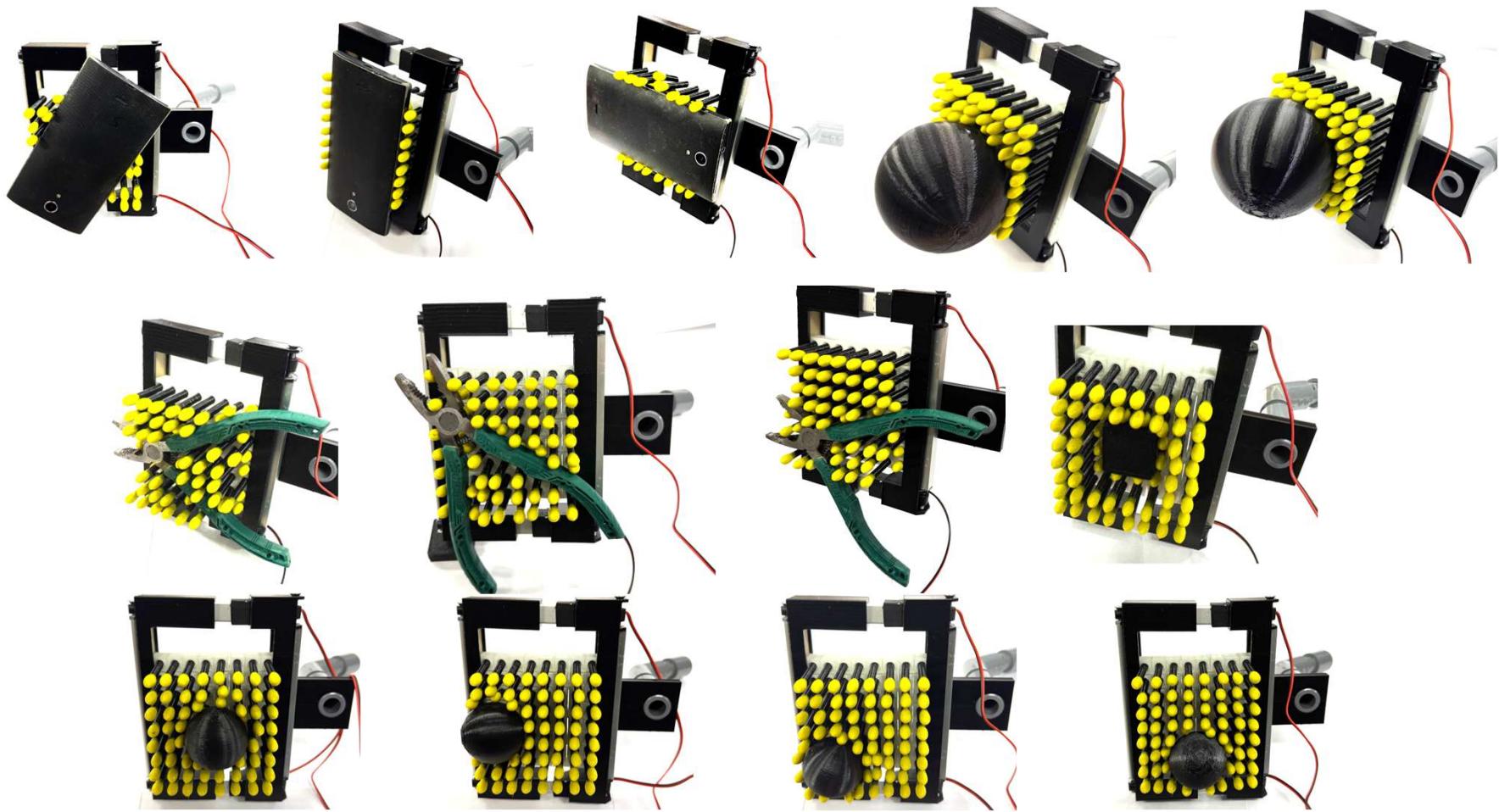
形状, サイズの違い



- 1: Center
- 2: Top
- 3: Top right
- 4: Right

位置情報

把持可能な物体例



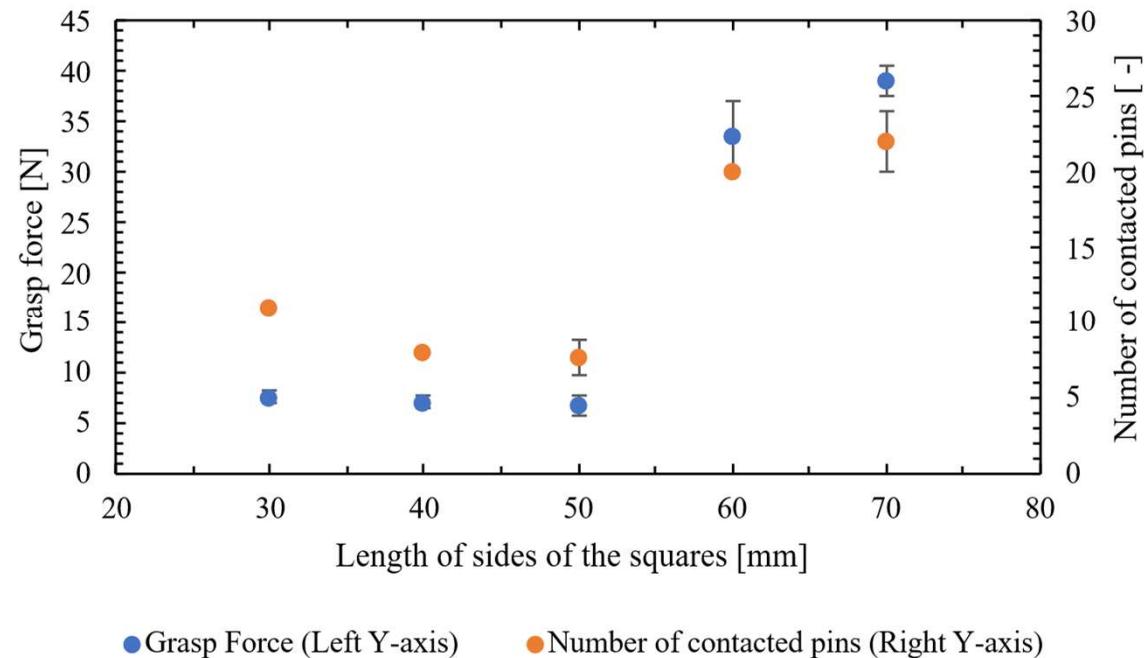


引張試験機
フォースゲージ



把持された物体
(正方形平板)

把持力テスト



- 接触したピンの数が把持力に影響
- 把持力は6N以上→最大270g程度のスマートフォンの把持が可能
- 1辺60mmから把持力増大

製作

中心部のコア, 周囲のフレーム, ピン (64本)
⇒3Dプリンタで造形可能

<素材> コア:TPU85A(熱可塑性ポリウレタン)
<重量> 363g

視認性/操作性



既存のグリッパーとの比較

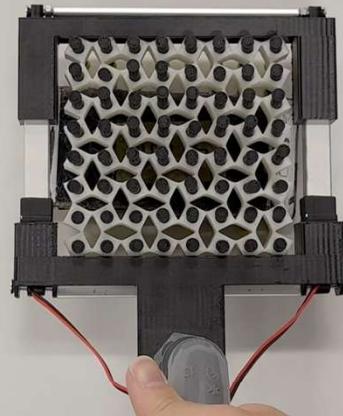
| | 把持力[N] | 機構の単純さ | 位置ズレへの強さ | 角度ズレへの強さ | 外形捕捉能力 | |
|---------|--------|-----------|----------|----------|--------|--------------------------|
| 平行グリッパー | 20 | ○ | × | × | | (Takayama et al., 2010) |
| 吸着型 | 47 | 空気圧 | ○ | ○ | | (Takahashi et al., 2013) |
| 相変化型 | 27 | 空気圧 | × | ○ | △ | (Fujita et al., 2018) |
| ピン配列型1 | - | ○ | × | ○ | ○ | (Scott, 1985) |
| ピン配列型2 | 10 | 回転機構 | ○ | ○ | ○ | (Mo et al., 2018) |
| ピン配列型3 | - | ピンごとの回転機構 | ○ | ○ | △ | (Mo et al., 2017) |
| ピン配列型4 | 5~25 | 空気圧 | ○ | ○ | ○ | (Kemmotsu et al., 2023) |
| 本グリッパー | 6~42 | ○ | ○ | ○ | ○ | |

特徴

- 機構が単純
- 把持能力が高い
- 位置や角度のズレを許容
- 3Dプリンティング可能

割れたスマートフォンの把持

横

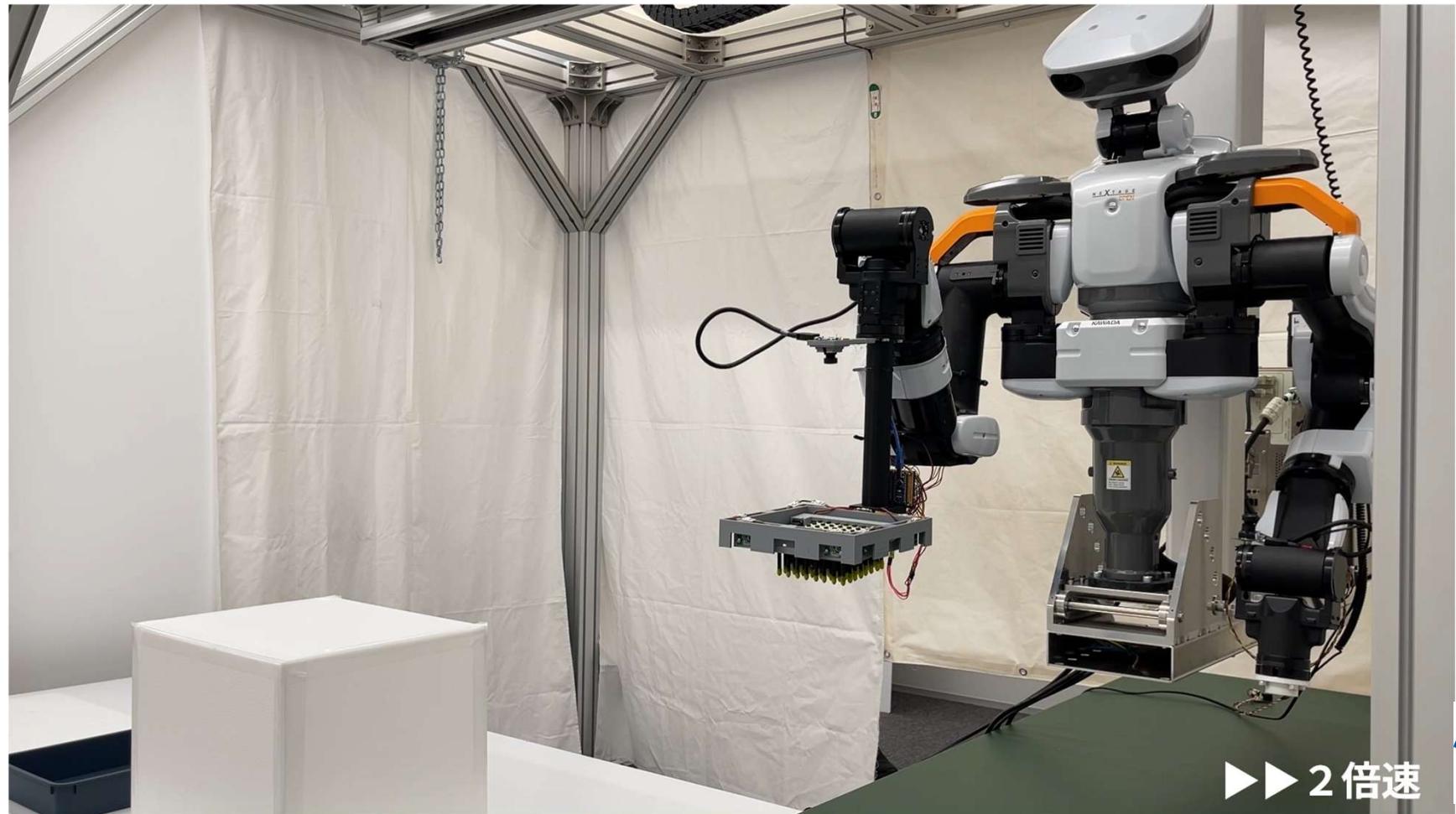


縦



斜め45度

ロボットへの応用



企業への期待

- 機構が単純，把持能力が高い，
- 位置や角度のズレを許容，正確な位置決め不要
- 3Dプリンティング可能なグリッパー
をお探しの企業，ぜひ！

企業への貢献、PRポイント

- 本技術は簡単に製作が可能なため、カスタマイズすることでより企業に貢献できると考えている。
- 本技術の導入にあたり必要な追加実験を行うことで科学的な裏付けを行うことが可能。
- 本格導入にあたっての技術指導等

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 把持装置及び把持ロボット
- 出願番号 : 特願2025-025300
- 出願人 : 東京理科大学
- 発明者 : 竹村 裕, 中嶋 久和巨, 庄司 悠樹

产学連携の経歴

2023年-2027年 再委託

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)

高度循環型システム構築に向けた
廃電気・電子機器処理プロセス基盤技術開発

お問い合わせ先

東京理科大学
産学連携機構

TEL 03-5228-7440
e-mail shinsei_kenkyu@admin.tus.ac.jp