

汎用ピッキングにおける現在の課題

－ グリッパと多指ハンドについての考察 －

RRIマニピュレーション講演会2026【マニピュレーションとPhysical AI】

多品種ピック小委員会

三菱電機株式会社先端技術総合研究所 ロボティクス技術部 原口 林太郎

2026/09/08

三菱電機株式会社

1. Physical AI でのマニピュレーションで 用いられているハンドについて

今後, ヒューマノイド+多指ハンドは当たり前でしょうか…

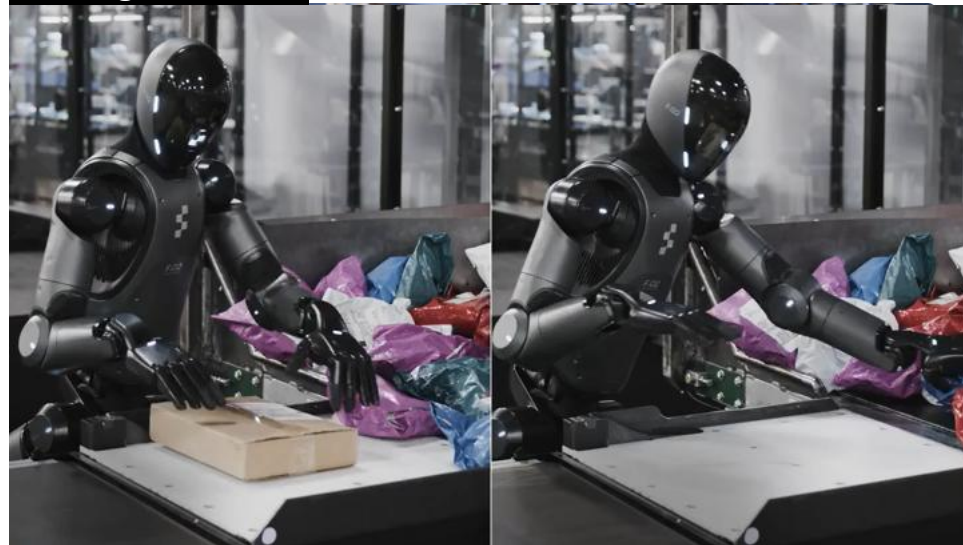
多指ハンド事例

Mentee robotics



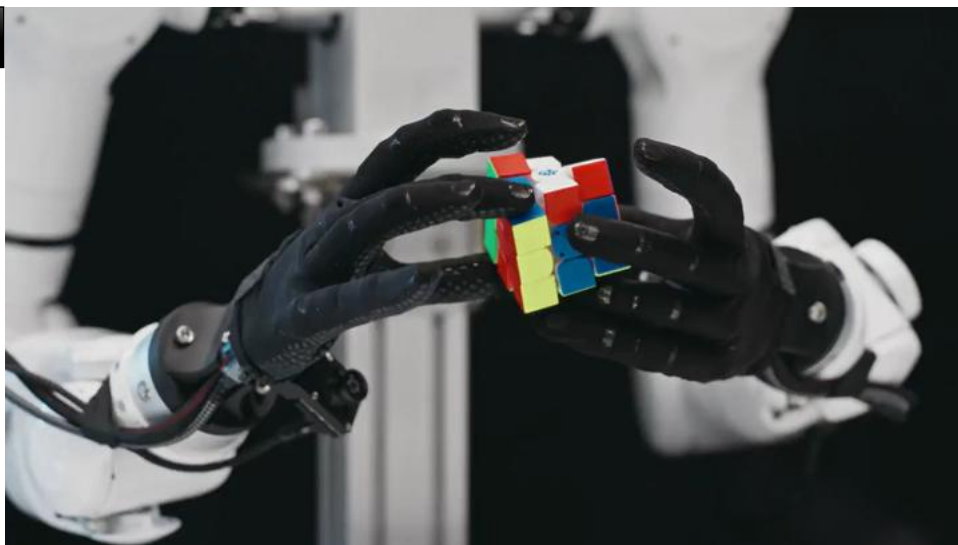
引用元 : [Two MenteeBots in a Warehouse Task \(Edited version\)](https://youtu.be/QumzgbjciQ?si=0l52qnqcj5xDjcTi)
<https://youtu.be/QumzgbjciQ?si=0l52qnqcj5xDjcTi>

Figure AI



引用元 : [Scaling Helix - Logistics](https://youtu.be/lkc2y0yb89U?si=7xlUpK1bznSSS8YS)
<https://youtu.be/lkc2y0yb89U?si=7xlUpK1bznSSS8YS>

Genesis AI



引用元: [GENE-26.5: Advancing Robotic Manipulation to Human Level](https://www.genesis.ai/blog/gene-26-5-advancing-robotic-manipulation-to-human-level)
<https://www.genesis.ai/blog/gene-26-5-advancing-robotic-manipulation-to-human-level>

グリッパ事例

Galbot



Galbot : Galbot-G1
展示会にて撮影



AGIBOT

智元 AGIBOT LONGCHEER

全球首个平板量产质检工段全覆盖机器人作业直播
World's First Livestream of Humanoid Robots Across a Full Tablet Production Inspection Line

Day 4 / Total 6 Days



机器人作业总直播时长
Total Live Operation Time
36:53:02

产线累计产量 件/pcs
Cumulative Line Output
10238

机器人作业总数 件/pcs
Total Robot Tasks Completed
37897

机器人作业成功率
Success Rate
99.984%

[引用元 : AGIBOT Livestream Day 4: 8](#)

[AGIBOT G2 Robots Working Together in Real Factory](#)

<https://www.youtube.com/live/77tlgvqx1Ys?si=kkeKfJBE1P7j-rbv>

グリッパ事例

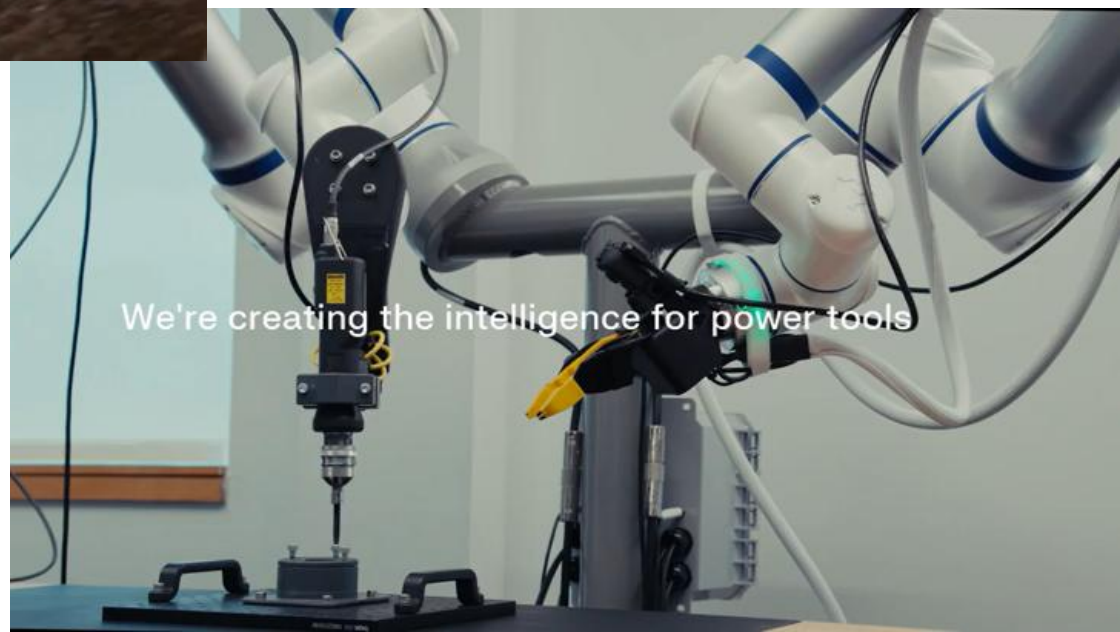
Generalist AI



引用元 : Generalist AI :
[A Conversation about Improvisational Intelligence](https://youtu.be/hPtdSUKig0E?si=KpjUosSqwmHRgqfS)
<https://youtu.be/hPtdSUKig0E?si=KpjUosSqwmHRgqfS>

引用元 : Generalist - Towards Machines with a
Thousand Hands

<https://generalistai.com/blog/towards-machines-with-a-thousand-hands>



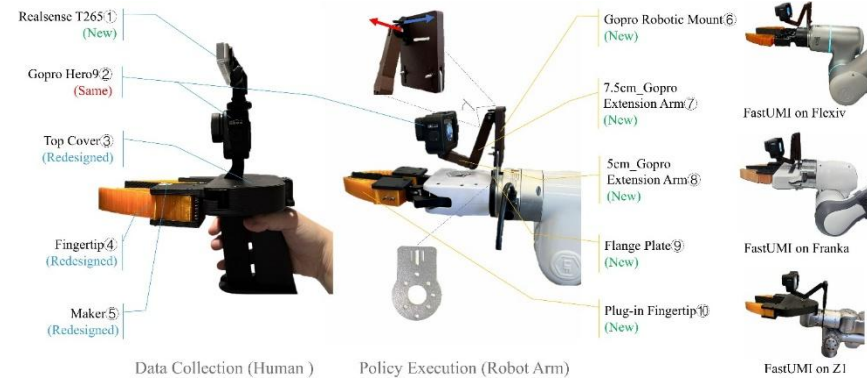
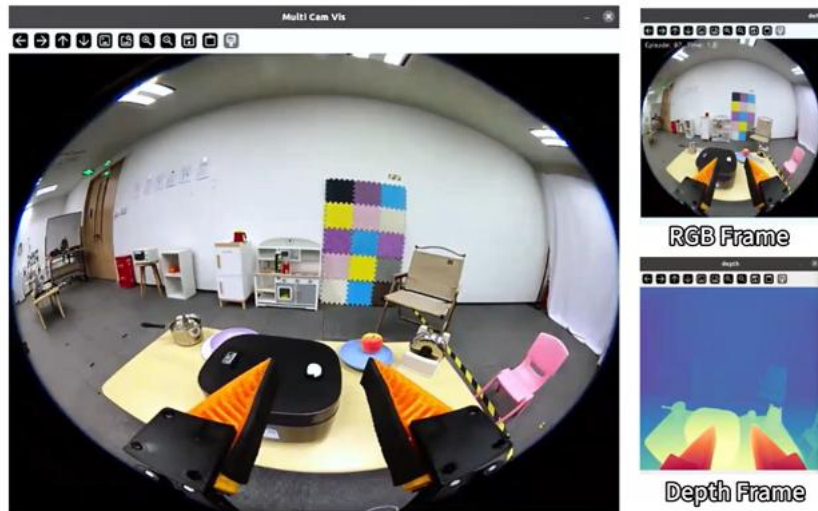
We're creating the intelligence for power tools

なんでヒューマノイドなのに多指ハンド使わないの!?

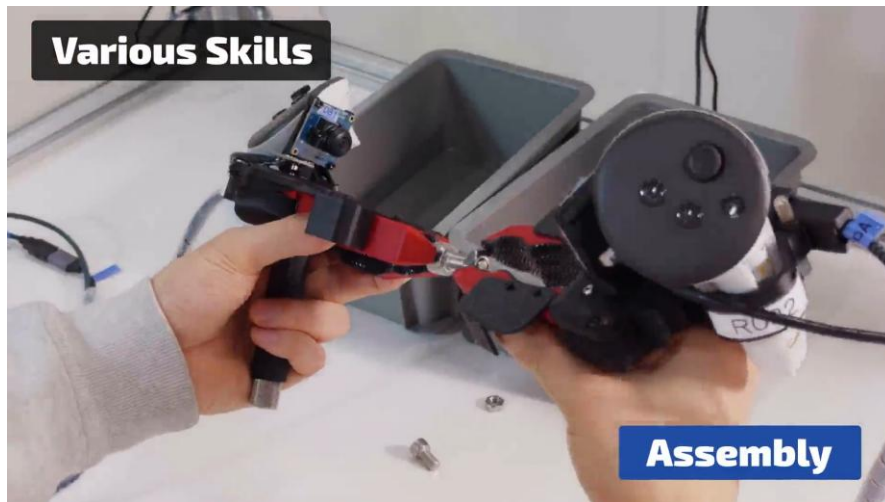
- a. ハンドそのもののコスト
グリップ ~数十万円
多指ハンド 数十万~数百万円

- b. データ取得にかかるコスト
データ取得用のデバイスの価格

よく見るデータ収集



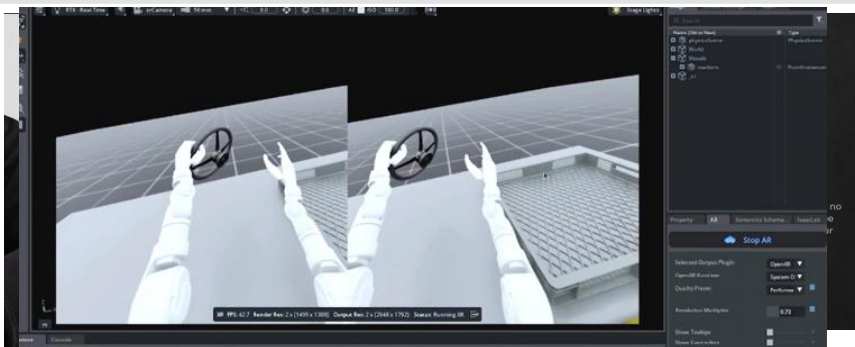
引用元:FastUMI
<https://www.fastumi.com/>



引用元: YUBI: Yielding Universal Bidigital Interface for Bimanual Dexterous Manipulation at Scale
<https://yubi.airoa.io/>

2指ハンドで人の操作を学習：シンプルな機構

多指ハンドでのデータ収集



引用元: MANUS Metagloves Pro Haptic – Haptic Data Gloves for Teleoperation & VR

<https://www.manus-meta.com/products/metagloves-pro-haptic>

MANUS Metagloves Pro Haptic | 高精度ハンドトラッキング 触覚フィードバック VR/XR データグローブ | 海外ハードウェアの購入代理店ならUNIPOS(ユニポス)

<https://www.unipos.net/products/manus-metaglove-pro-haptic/>

引用元:TactGlove DK3 | フルハンド触覚 ハンドトラッキング連携 ハプティックグローブ | 海外ハードウェアの購入ならUNIPOS(ユニポス)

<https://www.unipos.net/products/tactglove-dk3/>



引用元:Where Motion Meets Touch | Official release of Wuji Glove 1.0

https://youtu.be/NE5FytzRz_E?si=0u2JFhtsxRMTR6Ya



関節位置情報 + 触覚情報 + 触覚フィードバック
多指ハンドを使いこなす情報を取ろうとすると, デバイスが高価に...
データセンタでの投資額が激増する.



引用元 : 35台のヒューマノイドがデータ収集 J-HRTI関東データファクトリーの現場
35 Humanoids Collect Data: Inside the J-HRTI Data Factory
https://youtu.be/PZ_s_oBwKQw?si=UURQG4uK_GUmM5bx

多指ハンドだが, コントローラ操作
-> 把持の機能をコマンドとして実行

2. グリッパと多指ハンドの比較 整理

グリッパ：2指ハンド

ただし,これまで紹介したような, 2指+AI というよりは,
従来のフィンガ設計を頑張るような2指ハンドをイメージしています.

グリップの利点

項目	内容
構造	比較的単純。多くは 1自由度 、開閉動作のみ
制御	開閉位置・把持力を指定すればよく、制御が容易
信頼性	機械構造が単純なため故障しにくい
速度	開閉動作が速く、サイクルタイムを短くしやすい
コスト	多指ハンドより一般に安価
保守性	部品点数が少なく、メンテナンスが容易
産業実績	長年使われており、導入事例・周辺機器・ノウハウが多い
剛性・把持力	空圧式や油圧式では大きな把持力を得やすい

グリップの欠点

項目	内容
器用さ	人間の指のような細かい操作は苦手
対象物の形状	把持面が必要で、不定形物・柔軟物・複雑形状には弱い
持ち替え	把持後に手の中で姿勢を変える「インハンドマニピュレーション」は困難
汎用性	ワークが変わると爪の交換や治具設計が必要になりやすい
接触点	基本的に2点または2面接触のため、安定把持できる形状が限られる
微細作業	小さな部品の姿勢調整や工具操作には限界がある

多指ハンドの利点

項目	内容
器用さ	複数の指で物体を包み込む、つまむ、回すなどの操作が可能
汎用性	形状や大きさが異なる物体に対応しやすい
把持安定性	多点接触により、複雑形状の物体を安定して保持しやすい
インハンド操作	物体を持ったまま回転、位置変更、持ち替えが可能
人間環境との親和性	人間用に設計された道具、容器、部品を扱いやすい
遠隔操作	人間の手の動きを模倣するテレオペレーションに適する
研究用途	強化学習、模倣学習、触覚制御などの研究に有効

多指ハンドの欠点

項目	内容
制御難度	自由度が多く、制御対象が複雑
コスト	機構・センサ・制御装置が増えるため高価になりやすい
故障リスク	関節、ワイヤ、ギヤ、アクチュエータなど部品点数が多い
保守性	調整・校正・修理に専門知識が必要
把持力	小型化すると、2指グリップほど大きな把持力を出しにくい場合がある
速度	単純な開閉動作ではグリップより遅くなることが多い
導入難度	対象物認識、接触制御、力制御、学習データなどが必要になりやすい
耐環境性	粉塵、油、衝撃、繰り返し荷重のある現場では注意が必要

グリップと多指ハンドの比較

比較項目	グリップ(2指)	多指ハンド
代表的自由度	約 1自由度	約 8～24自由度
機械構造	単純	複雑
制御	容易	難しい
導入コスト	低～中	中～高
保守性	高い	低～中
故障リスク	低い	比較的高い
高速動作	得意	やや不利
高把持力	得意	設計による
多様な形状への対応	限定的	得意
柔軟物・不定形物	苦手な場合が多い	比較的対応しやすい
インハンド操作	困難	可能
量産ライン適性	高い	条件付き
研究・サービスロボット適性	中	高い

3. グリッパと多指ハンドの選択にいての考察

	手	腕	根幹	費用と時間
グリッパ	指形状の最適設計	単純動作	・最適設計ノウハウ ・設計ライブラリ	・設計 ・製作
	単純形状	・腕の自由度を活かした器用な把持 ・多腕による自由度, ストロークの拡張	・腕自由度の確保 ・腕操作ライブラリ ・AI 基盤モデル	・ライブラリ・モデル構築(認識, 腕) ・学習 ・<u>双腕H/W</u>
多指ハンド	指の自由度で多様な把持形式を実現	単純動作	・指自由度の確保 ・把持機能と指操作ライブラリ ・AI 基盤モデル	・ライブラリ・モデル構築(認識, 手) ・学習 ・<u>ハンドH/W</u>
	指の自由度を活かした器用な操作	・腕の自由度を活かした器用な把持 ・多腕による自由度, ストロークの拡張	・指自由度の確保 ・腕自由度の確保 ・AI 基盤モデル	・モデル構築(認識, 手, 腕) ・学習 ・<u>ハンド, 双腕H/W</u>

	手	腕	根幹	費用と時間
グリッパ	指形状の最適設計 従来のアプローチ	単純動作	- 最適設計ノウハウ - 設計ライブラリ	- 設計 - 製作
	単純形状 UMI,YUBIのアプローチ	- 腕の自由度を活かした器用な把持 - 多腕による自由度, ストロークの拡張	- 腕自由度の確保 - 腕操作ライブラリ - AI 基盤モデル	- ライブラリ・モデル構築(認識, 腕) - 学習 <u>双腕H/W</u>
多指ハンド	指の自由度で多様な把持形式を実現 ハンドを命令で操作	単純動作	- 指自由度の確保 - 把持機能と指操作ライブラリ - AI 基盤モデル	- ライブラリ・モデル構築(認識, 手) - 学習 <u>ハンドH/W</u>
	指の自由度を活かした器用な操作 究極的な目標?	- 腕の自由度を活かした器用な把持 - 多腕による自由度, ストロークの拡張	- 指自由度の確保 - 腕自由度の確保 - AI 基盤モデル	- モデル構築(認識, 手, 腕) - 学習 <u>ハンド, 双腕H/W</u>

汎用マニピュレーションに向けて

	手	腕	根幹	費用と時間
グリッパ	指形状の最適設計 単 $\times n =$ 汎	単純動作	・最適設計ノウハウ ・設計ライブラリ	・設計 ・製作 $\times n$
	単純形状	・腕の自由度を活かした器用な把持 ・多腕による自由度, ストロークの拡張 汎	従来, 主に取り組まれてきたアプローチ ・腕自由度の確保 ・腕操作ライブラリ ・AI 基盤モデル	・ライブラリ・モデル構築(認識, 腕) ・学習 ・<u>双腕H/W</u>
多指ハンド	指の自由度で多様な把持形式を実現	単純動作	・指自由度の確保 ・把持機能と指操作ライブラリ ・AI 基盤モデル	・ライブラリ・モデル構築(認識, 手) ・学習 ・<u>ハンドH/W</u>
	指の自由度を活かした器用な操作	・腕の自由度を活かした器用な把持 ・多腕による自由度, ストロークの拡張	・指自由度の確保 ・腕自由度の確保 ・AI 基盤モデル	・モデル構築(認識, 手, 腕) ・学習 ・<u>ハンド, 双腕H/W</u>

汎用マニピュレーションに向けて

	手	腕	根幹	費用と時間
グリッパ	指形状の最適設計	単純動作	- 最適設計ノウハウ - 設計ライブラリ	- 設計 - 製作
	単純形状	- 腕の自由度を活かした器用な把持 - 多腕による自由度, ストロークの拡張	Physical AI で 取り組まれるアプローチ - 腕操作ライブラリ - AI 基盤モデル	- ライブラリ・モデル構築(認識, 腕) - 学習 - 双腕H/W
多指ハンド	指の自由度で多様な把持形式を実現	単純動作	- 指自由度の確保 - 把持機能と指操作ライブラリ - AI 基盤モデル	- ライブラリ・モデル構築(認識, 手) - 学習 - ハンドH/W
	指の自由度を活かした器用な操作	- 腕の自由度を活かした器用な把持 - 多腕による自由度, ストロークの拡張	- 指自由度の確保 - 腕自由度の確保 - AI 基盤モデル	- モデル構築(認識, 手, 腕) - 学習 - ハンド, 双腕H/W

素早く多様なモノに対応する, という観点では, Physical AI に期待が集まる
既存のアプローチ(グリップ+フィンガ設計)にはもはやメリットはない?

でも, あなたのやりたいことに, そこまでやる必要ありますか?

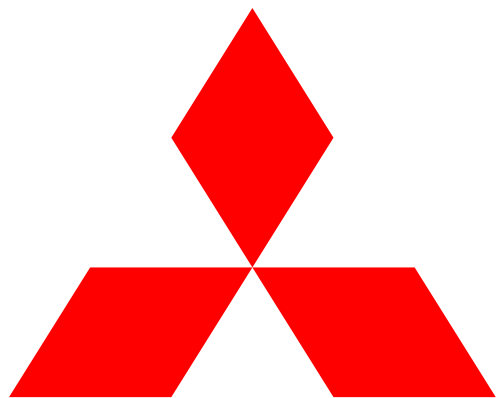
AI的な手法では, 冗長にハンド, アームの自由度(あるいはセンサも)を
準備しておくことが求められる.

一方, 産業用途では, 特に, コスト面での最適化が求められる.

特定のターゲットに対して, コストも含めた最適化をかけるニーズは
今後残るはず

本考察では, 極端な条件で 2指と多指を比較したが,
実際のところ, その間の領域(2, 3自由度, 3指, 4指...)と基盤モデルの組み合
わせなども考えられる.

何の観点(コスト, 時間, 多品種)で, どの範囲について(扱うモノの範囲)の
最適化を行うのかを明確にする必要がある.



**MITSUBISHI
ELECTRIC**

Changes for the Better