

ロボットハンドガイドブック

基礎編

Rev1 2025.3.13

ロボット革命産業IoTイニシアティブ協議会（RRI）
マニピュレーション委員会



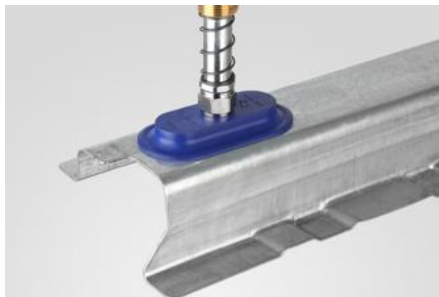
ロボット革命・産業 IoT イニシアティブ協議会
Robot Revolution & Industrial IoT Initiative

- ・作成方針
- ・全体構成
- ・本編
 - ・吸着ハンド
 - ・2指ハンド
 - ・ソフトハンド
 - ・ベルヌーイグリッパ
- ・まとめ

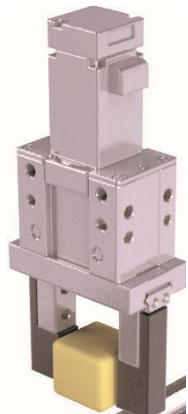
- ・執筆者
- ・ご協力いただいたメーカー様
- ・情報活用とコピーライト

①市場投入されている代表的ハンドを選定.

②選定 4 種類ハンド.



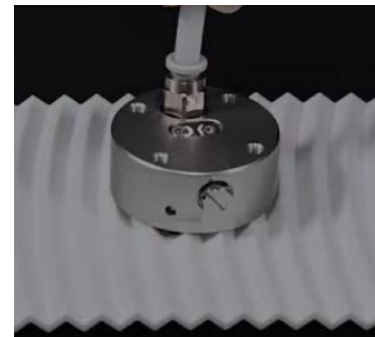
吸着パッド利用ハンド
(吸着ハンド)



2 指開閉ハンド
(2 指ハンド)



ソフトハンド



ベルヌーイグリッパ

③原理, 特長, システム例, 利用上の注意点, 事例を紹介.

④代表的ハンドの種類・特徴を設計者/ユーザが俯瞰できる環境を実現.

⑤販売企業等からの情報修正に機敏に対応して随時内容更新.

⑥ユーザなどからのニーズ・事例紹介を積極的に収集.

	吸着	2指	ソフト	ベルヌーイ
原理	①	⑥	⑪	⑯
特長	②	⑦	⑫	⑰
システム例	③	⑧	⑬	⑱
注意点	④	⑨	⑭	⑲
事例	⑤	⑩	⑮	⑳

○全体構成② [⑩](#)

○まとめ [⑳](#)

○ご協力いただいたメーカー企業リスト [㉑](#)

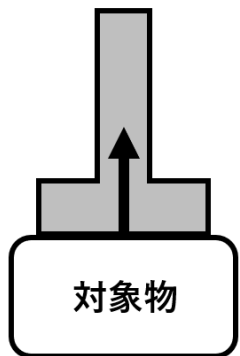
○情報活用とコピーライト [㉒](#)

上記数字をクリックすると該当する部分にジャンプ

- 「原理」「特長」部分にハンドの概要を纏めた。
- 「システム例」の部分に制御を含めたシステム構成を記述した。
- 「注意点」には
各種ワーク対応の観点、安定把持の観点、速度の観点、
位置決め・組み立ての観点、重量物対応の観点、
環境の観点、保守の観点
から、実際に使う際に注意すべき点を纏めた。
- 「事例」や「ニーズ」等充実させたいが、まだまだ不十分。
みなさまからの情報をお待ちしております。

[【目次に戻る】](#)

対象物に密着させた吸着パッドから空気を吸引する事でパット内に負圧を発生させ、パットが対象物に吸い付く力で対象物を持ち上げる。これを「把持」と称する。



一般タイプ



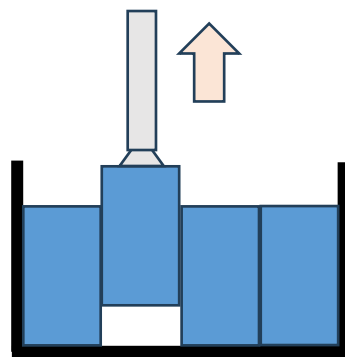
ベローズタイプ



長円フラットタイプ

[【目次に戻る】](#)

- 最も歴史があり,構造が簡単.
- 平らで滑らかな吸着しやすい平面を持つ対象物に最適.
- 多くの種類のパッドが市販されており,これを組み合わせてハンドとして仕立てる.
- 指に比べて把持の速度が速い.
- 多指ハンドのように対象物を把持するための周囲のすきまが必要ないため,例えば段ボール箱に箱物がびっしり詰められたような状態でも把持が可能.
- 置く側での高密度の充填にも有利であることが多い.
- 正確な位置決めは不要.
- 柔らかく/変形しやすい対象物にも対応可能であることが多い.



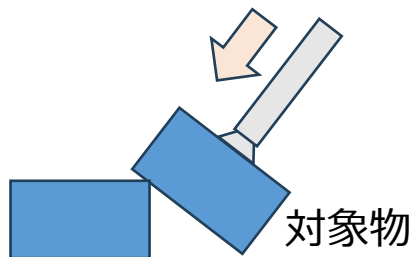
びっしり詰められた箱

[【目次に戻る】](#)

吸着ハンド・システム例①

- ・カメラを用いて把持可能な平面を認識し、その平面に対して鉛直方向から吸着パットをアプローチさせて対象物に密着させる。
- ・吸着パットを対象物に接触させた後に、負圧発生装置を用いてパットに負圧を発生させて対象物を吸着して把持する。

3Dカメラ 



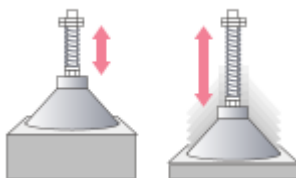
対象物へのアプローチ

吸着ハンド・システム例②

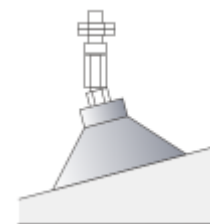
- ・ベローズタイプのパットを使う／バッファを使う事で接触時の高さ誤差及び対象物への緩衝に対応出来る。首振り機構によって傾斜面にも対応できる。
- ・パットが対象物に吸着すると負圧が発生する。これを内圧をセンサで検知する事で吸着完了を判定できる。
- ・吸着に失敗したことを検知した場合はリトライすることが多い。
- ・吸着パット内の圧力を継続して監視する事で対象物が外れたことを検知できる。



ベローズタイプパット



バッファ付きパット



首振り機構付きパット

吸着ハンド・システム例③

- ・負圧発生装置には、工場や倉庫などに常備される正の空気圧を利用して負圧を発生するエジェクタが多用される。
- ・対象物によって空気の漏れが予想される場合はブロー（掃除機のようなもの）等の大流量の装置を使う場合もある。真空ポンプを使って直接負圧を発生させるものもある。
- ・目的位置まで対象物を運んだら真空を解除して対象物を離す。



エジェクタ（負圧発生器）

[【目次に戻る】](#)

【各種ワーク対応の観点】

- ・基本的に上からのアプローチになるため横方向からしか対象物にアクセスできない状況には適さない。
- ・対象物によっては空気のリークが大きく吸着可能な重量が低下する場合がある。事前の実験が望ましい。

【安定把持の観点】

- ・パッドから空気がリークすると把持力を失う。しわが発生しやすい対象物（ビニール袋等）や空気が透過しやすい対象物にはそれぞれに対応したパッドを使うと良い。



袋物向け吸着パッド（しわによるリーク対応）

吸着ハンド・注意点②



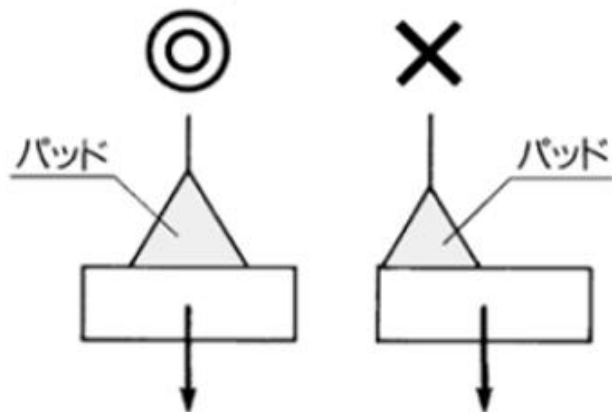
しわ発生を抑制する他のパット例

* 食品分野でのお弁当に入っている醤油の小袋等でも、しわによるリークや袋自体の折れ曲がり等の課題がある。

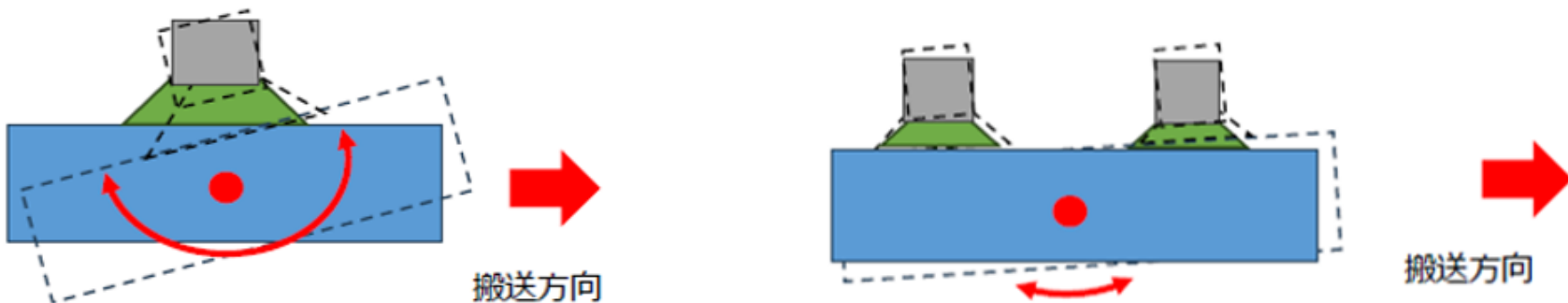
これに対して、「袋の材質を変える」というロボットに優しい周囲の改良の工夫が行われている例もある。

吸着ハンド・注意点③

- 吸着パッドはモーメントに弱いため、対象物の重心位置を考慮して吸着位置を決めた方が良い。



- 搬送時に対象物が揺れる恐れがある場合は、吸着パッドを複数個使用するのが良い。



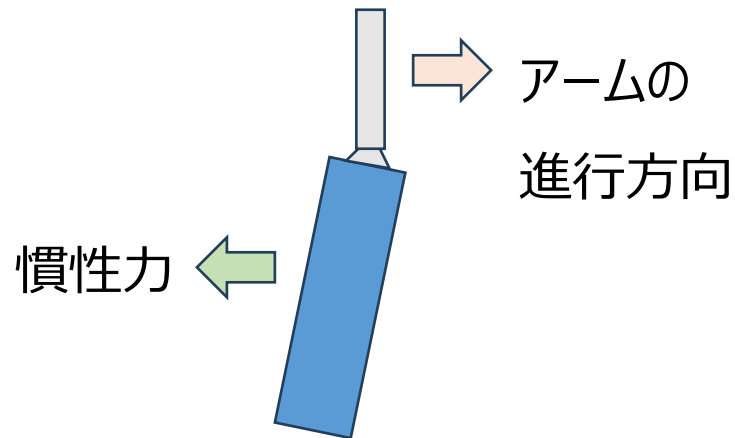
- ・対象物がたわむ恐れ場ある場合も吸着パット複数個使用するのが良い。



- ・停電やエア源のトラブルなどで空気圧力が低下してワークが落下する場合があります。こうした事態を考慮して、人体や機械装置に障害や損傷を与えない様対策をしておくが良い。

【速度の観点】

- ・対象物によっては高速搬送が苦手. 下記のような細長い対象物を把持した場合に, 加減速時の慣性力や遠心力によって対象物を振り飛ばす危険性がある.



【位置決め・組み立ての観点】

- ・パッド単体では2指のような位置決めができないため,組み立てには向かない (2指の特長の部分を参照下さい) .
- ・パット自身が柔らかく反力に弱いため,力のかかる挿入などにも向かない.

【重量物対応の観点】

- ・対象物の重量を上回る吸着力を確保できるだけの面積の平滑平面が必要。
*吸着力は吸着面積に比例する。
- ・複数のパットを使って把持力を増加させて使用することもある。



複数パットを使った例

【環境の観点】

- ・油膜が存在すると横に滑ることもある。
- ・横滑りを防止するために特殊リブを備えた吸着パットもある。
- ・切削, 鋳物, 溶接等の現場では切削液, 切り粉, 粉塵等の遺物が侵入する恐れがあるので、カバー等を設けた方がよい場合がある。

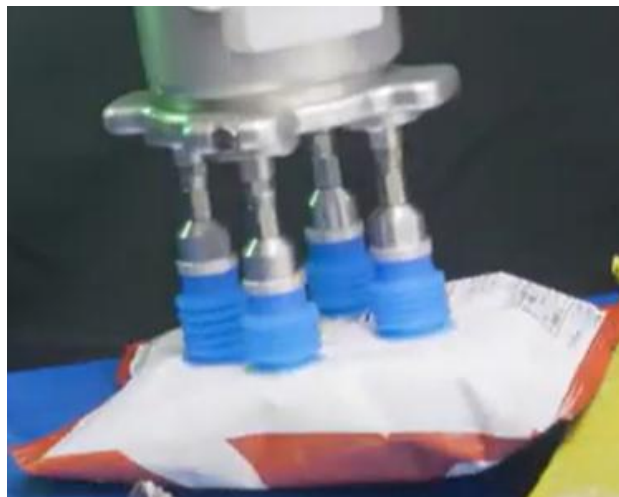


滑り止め特殊リブを備えた吸着パットの例

【保守の観点】

- ・パッドに付着したほこり等で密着度が低下するため定期的な清掃が望ましい。
- ・パッド寿命は対象物によって異なるため事前の実験によって頻度を決定した上で定期交換することが望ましい。
- ・定期点検時、以下を確認して、必要に応じて交換するのが良い。
 - a) 傷, 打痕, 摩耗, 腐食
 - b) エア漏れ (管継手、プラグ部分の増し締めも効果的)
 - c) 接続したチューブのよじれ、つぶれ、ねじれ
 - d) 接続したチューブの硬化, 劣化

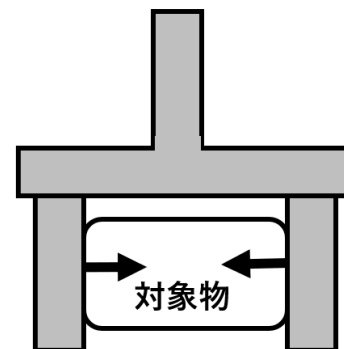
[【目次に戻る】](#)



[【目次に戻る】](#)

2指（多指）ハンド・原理

2指（もしくは3指／4指などの多指）
 を空圧もしくは電動の単一の駆動源で駆動し、
指で側面から対象物を把持する。



電動 2 指ハンド



空圧駆動 3 指ハンド

[【目次に戻る】](#)

- ・比較的構造が簡単.特に開閉するだけのものは価格面で有利.
- ・指先を適切に設計することでself alignment（指を閉じることで対象物を指の中心に位置決めする）や form closure（表面の凹凸を利用して、少ない把持力で持ち上げる）等を実現できる.専用ハンドになるが、低コストで性能向上が可能となることが多い.
- ・対象物によっては内側把持をすることがある.この場合は瓶等の内側に指を入れて外向きに開くことになり、側面ではなく上面からのアプローチになることが多い.
- ・指の位置や力を制御するものもある.

*** Self alignment、Form closure 等の具体的な考え方・事例に関しては、応用編（組立）を参照下さい。**

[【目次に戻る】](#)

- ・カメラによって対象物を認識し,把持点を決定してアプローチする.
- ・self alignmentを使う事で,対象物をハンドの中央に寄せることが出来るため対象物の初期的な位置誤差を補正することができ,組み立てのように置く側の位置精度が要求される場合に有利になる.
- ・空圧もしくは電動駆動を用いて把持力一定で把持するケースが多い.対象物を傷付けない・落とさない・搬送中に降り飛ばさない等を考慮して予め把持力を設定することが多い.
- ・把持力を検知可能な特殊ハンドを使って非常に柔らかいものを把持するハンドもある.
- ・目標位置まで対象物を運んだら指を広げて対象物を離す.

[【目次に戻る】](#)

【各種ワーク対応の観点】

- ・市販ハンドは指の開閉駆動部分のみ。指は自分で設計する必要がある。指の設計を請け負ってくれるハンドメーカーもある。

【安定把持の観点】

- ・指の設計がキー。ワーク形状にフィットすることを考えた設計が必要。

【具体的な手法,事例は応用編：組み立てを参照下さい】

- ・停電などで対象物が落下する場合がある。こうした事態を考慮して、人体や機械装置に障害や損傷を与えない様対策をしておくが良い。

【速度の観点】

- ・指の開閉に要する時間を考慮する必要がある。
- ・高速搬送時の降り飛ばしを考慮した指の設計が必要。

【位置決め・組み立ての観点】

- ・正確な位置決めを可能とする指の設計が必要.
- ・反力がかかる挿入などを行う場合は,外力に対する安定性を考慮した指の設計が必要.

【重量物対応の観点】

- ・重力を考慮した指の設計が必要.

【環境の観点】

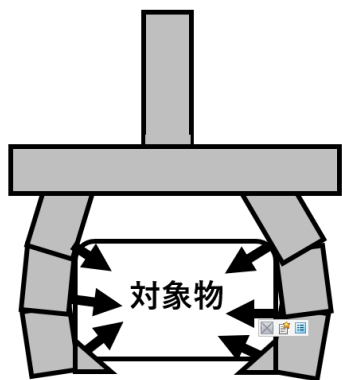
【保守の観点】

[【目次に戻る】](#)



[【目次に戻る】](#)

- ・空圧をかけることで指の外側の空気室が伸長して指が内側に曲がり,柔らかい指で対象物を包むように把持する.空圧を解除すると剛性で元に戻る.
- ・内側の空気室から空気を抜いて負圧にすることで内側に曲げるものもある.
- ・空圧で駆動する人工筋肉によって指を曲げるものもある.



正圧駆動
ソフトハンドの例



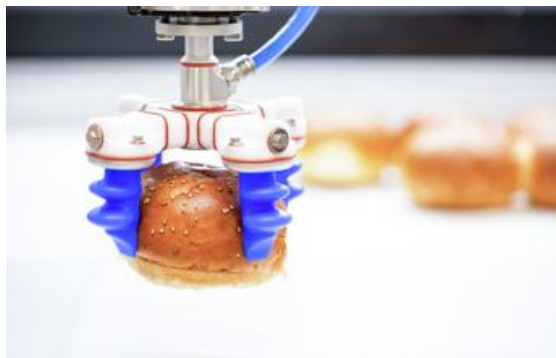
負圧駆動
ソフトハンドの例



人工筋肉駆動
ソフトハンドの例

[【目次に戻る】](#)

- ・複雑な形状や不規則な形をした対象物や壊れやすい対象物を優しく包むことができる。
- ・指が柔軟なため、衝撃を受けても破損しにくい。
- ・簡単な圧力調整で対象物の把持設定ができる。
- ・特定の対象物専用のハンドではなく、複数の対象物を把持したい場合に用いることが多い。



[【目次に戻る】](#)

- ・カメラで対象物を認識し、アプローチする。
- ・把持位置に来たら、空圧によって指を閉じて把持する。指が柔らかいので、ワーク位置のバラツキに対する吸収しるが大きい。
- ・把持完了位置は把持状態での空圧値によって決まる。この値は対象物によって経験的に決めることが多い。把持対象物の中の最も小さいワークに合わせて値を決める考え方もある。
- ・目標位置まで対象物を運んだら、2指と同様に指を開いて離す。



ソフトハンドの動作の例

[【目次に戻る】](#)

【各種ワーク対応の観点】

- ・指の太さが原因でバラ積されたワークの隙間に指が入り辛いものもある。事前に検証しておくことが望ましい。
- ・鋭利なワークは苦手であることが多い。

【安定把持の観点】

- ・バラ積等の各種状態で、指の間の空間に対象物をうまく引き込むことができる確率が不透明。事前の検証が望ましい。

【速度の観点】

- ・指の開閉に要する時間は電動2指よりも早いものが多い。
- ・下支え効果で比較的重い対象物にも対応できるが、指の剛性が低いため高速な搬送の場合に降り飛ばしてしまう可能性がある。事前の検証が望ましい。

【位置決め・組み立ての観点】

- ・指が柔らかくハンドとワークの位置関係が定まりにくいため、位置決めや組立には向かない。

【重量物対応の観点】

- ・速度の観点と同様に指の剛性を考慮しておく必要がある。
- ・人口筋肉型では比較的重い対象物を把持できる。

【環境の観点】

- ・ワークの表面状態の影響を受けやすい(油膜、濡れ性等)。
- ・過剰な空気圧設定で使用すると製品寿命を短くしてしまう可能性がある。

【保守の観点】

- ・把持部や駆動部にゴムや樹脂を多用しており、定期交換を考える必要がある。
- ・指の寿命は対象物によって異なるため、事前に検証によって定期交換頻度を決定することが望ましい。
- ・食品を想定した場合、分解清掃が必要になることもあるので注意が必要。
- ・食品を想定した場合、FDAなどの承認の取得が必要。
⇒応用編（惣菜）を参照下さい。

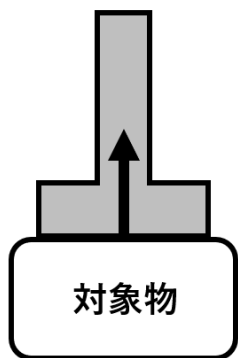
[【目次に戻る】](#)



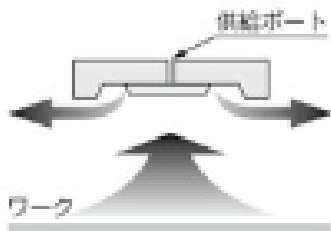
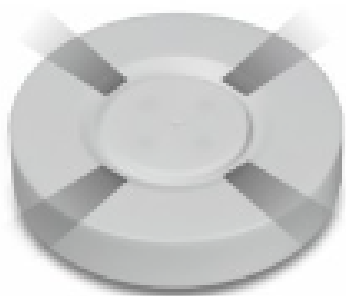
[【目次に戻る】](#)

ベルヌーイグリッパ・原理

・供給された空気がノズルから放射状に噴き出され、対象物との隙間から大気中に放出される。グリッパと対象物との隙間の空気が外周に引っ張られる事で中心部分に負圧が発生し、それに伴う吸着力で対象物が吊り上げられる。



エアを放射状に吐出



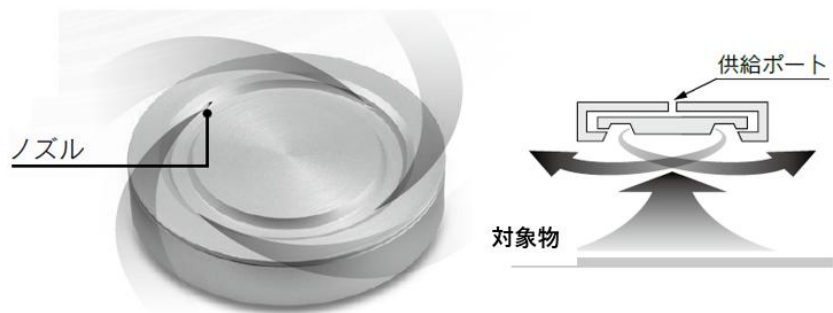
ベルヌーイグリッパの動作原理



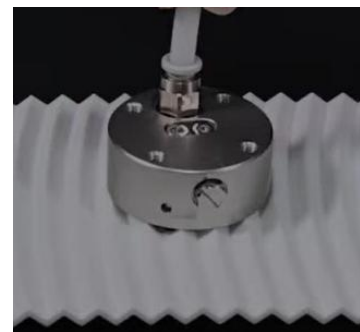
ベルヌーイグリッパの例

[【目次に戻る】](#)

- ・非接触での吸着が可能.
- ・表面に凹凸がある対象物にも対応可能.
- ・紙のように空気が浸透する対象物にも対応可能.
- ・旋回流を発生させる流体的な工夫によって吸着力を増加できるポテンシャルがある.
- ・ストッパやガイドを設ける等の機械的な工夫によって吸着を安定化することができる.



旋回流による吸着力増加の例



凹凸有る物品の吸着例

[【目次に戻る】](#)

- ・カメラを使って対象物を認識し,アプローチする.
- ・吸着位置に来たら空気の噴流による負圧を発生させ対象物を吸着する.
- ・この時,距離センサの情報を使ってグリッパと対象物の距離を実測することもある.
- ・吸着完了の確認は距離検出や発生負圧検出によって行うことができる.
吸着時の距離・発生負圧は事前に検証しておくことが望ましい.
- ・目標位置まで対象物を運んだら,空気の供給を停止して負圧を解除することで対象物を離す.



圧力センサ取り付けの例

[【目次に戻る】](#)

【各種ワーク対応の観点】

- ・対象物の表面状態によっては吸着可能な重量が異なる可能性がある。事前の検証が好ましい。
- ・たわみ易い紙のようなものは吸いついて自励振動が起きる可能性がある。必要に応じて振動抑制カバー等を使うのがよい。

【安定把持の観点】

- ・ストッパやガイドを設ける等、把持後の横滑り防止の工夫が必要。
- ・旋回流を用いる場合は対象物回転防止の工夫が必要。

【速度の観点】

- ・加減速等に対応した安定把持を考えておく必要がある。

【位置決め・組み立ての観点】

- ・対象物の位置決めが出来ないので組立には向かない。

【重量物対応の観点】

- ・他に比べて重い対象物には不向き。吸着力は対象物との距離によって変化する。距離による性能特性を事前に考慮する必要がある。
- ・粘着性のある対象物が容器の底に粘着してしまうケースへの対応も考慮した方がよい。

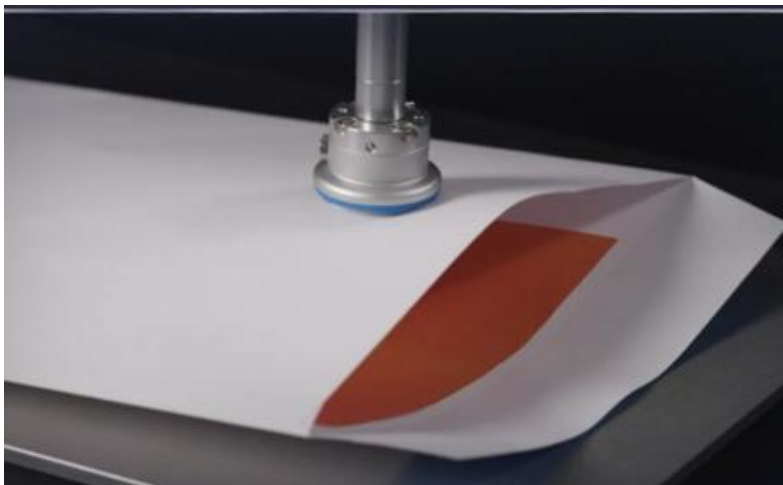
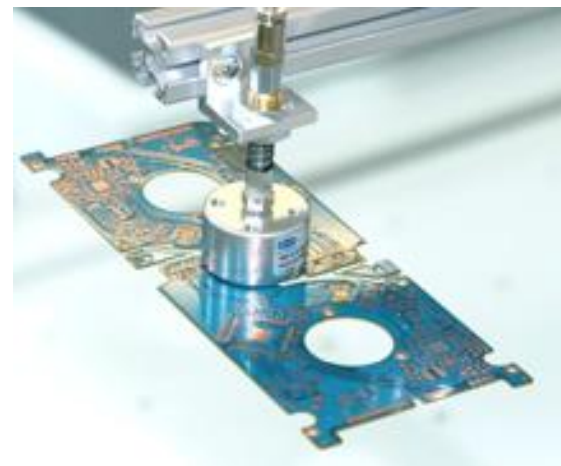
【環境の観点】

- ・吹き出す空気によって周囲のものを吹き飛ばす可能性がある。これに対して、噴出した空気を上向きに導く工夫のグリッパを活用する対応策もある。
- ・圧縮エアの清浄度によっては経時的に詰まりを起こすことがある。エアフィルタ、エアドライヤ、ミスとセパレータ等を設置し空気清浄度を管理した方がよい。

【保守の観点】

- ・定期点検で以下のことを確認し,必要に応じてグリッパを交換した方が良い.
 - a) 傷、打痕、摩耗、腐食
 - b) エア漏れ（管継手、プラグ部の増し締めも効果的）
 - c) 接続したチューブのよじれ、つぶれ、ねじれ
 - d) 接続したチューブの硬化、劣化
 - e) ストッパ等の亀裂、欠け、摩耗、変形

[【目次に戻る】](#)



[【目次に戻る】](#)

まとめ：選定の基本的な考え方

- ・平滑な面を確保できる場合は**吸着**を選択するが多い。
- ・組立のように、ワークの位置決めが必要であったり、ワークを押し込む等の力がかかる場合は**2指（或いは3指等）**を選択するのが良い。
- ・複雑な形状や不規則な形をした対象物や壊れやすい対象物対象物を優しく包みたい場合に**ソフトハンド**を用いる選択枝がある。
- ・食材等のように平滑な平面が確保できない場合に**ベルヌーイグリッパ**を用いる選択枝がある。

* 但し、それぞれのパットには特性や、環境・速度等、実際に扱う上での各種の注意点がある。各項目を参照しながら最適な方式を選定していただきたい。

[【目次に戻る】](#)

- ・川村貞夫（立命館大学）
- ・西垣戸貴臣（ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会） まとめ

■ (株) ブリヂストン ソフトロボティクスベンチャーズ

<https://www.bridgestone.co.jp/products/softrobotics/column/softrobotics/>
問い合わせ <https://www.bridgestone.co.jp/products/softrobotics/contact/>

■ CKD (株) <https://www.ckd.co.jp/kiki/jp/theme/handling.html> 機器商品技術相談窓口 <https://www.ckd.co.jp/kiki/jp/support/>

■ IDECファクトリーソリューションズ (株) <https://idec-fs.com/srt/> お問合せ窓口 <https://idec-fs.com/form/>

ご協力いただいたメーカー様②

■ニッタ（株） <https://www.nitta.co.jp/product/robothand/>

問い合わせ：

https://www.nitta.co.jp/inquiry/edit/?inquiry_type=1&content_type=18

■OnRobot Japan（株） <https://www.onrobot.com>

担当者：尹（ユン） e-Mail eddie.yoon@onrobot.com

■シュマルツ（株） <https://www.schmalz.co.jp/>

開発課 小川尚希 info@schmalz.co.jp

■SMC（株） <https://www.smcworld.com/ja-jp/>

国内営業部 秋山武史 akiyama.takeshi@smc.com

[【目次に戻る】](#)

- ・本文書は、著作権法および国際条約により保護されています。
- ・個人または会社（または会社に準ずるもの）内部での使用を目的として、文書をダウンロード、印刷、または電子的に閲覧することができます。
- ・本資料の内容の全部又は一部については、私的使用又は引用等著作権法上認められた行為として、適宜の方法により出所を明示することにより、引用・転載複製を行うことができます。
- ・内容の全部又は一部について、ロボット革命産業IoTイニシアティブ協議会に無断で改変を行うことはできません。
- ・ロボット革命産業IoTイニシアティブ協議会はいかなる目的においても使用可能性を保証するものではなく、本文書の内容を使用したいいかなる場合においても責任を負いません。
- ・本文書の使用者は、本文書に記載された内容の使用に関連して発生した全ての要求、請求、訴訟、損失、損害（人身事故による損害を含む）、費用、経費（弁護士費用を含む）について、ロボット革命産業IoTイニシアティブ協議会になんらかの損害を与えないことに同意するものとします。

Copyright © 2025 ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会 All Rights Reserved.

発行者

ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会

〒169-0075 東京都新宿区高田馬場 1丁目 31-18 高田馬場センタービル12階

Tel : 03-6302-1861 E-mail office@jmfri.gr.jp

URL <https://www.jmfri.gr.jp/>

[【目次に戻る】](#)



ロボット革命・産業 IoT イニシアティブ協議会
Robot Revolution & Industrial IoT Initiative