

# 1. 機械設計・製図

システムインテグレータが機械部分をどの様に設計し、設計したものをいかに製図により表現し製作者に伝えるかは、システム構築の為に、不可欠且つ大変重要な能力である。「ものコストと品質の80%は設計で決まる」といわれるほど設計はシステム構築にとって重要な作業である。よって基礎知識をしっかりと身につける必要がある。

## 機械設計とは

システムインテグレータの機械設計とはワーク（製品）を作るために機械システムの要求をユーザから聞き取り、その要求を満足するように、環境や規制などの制約条件の下システムを理論立てて作るという作業プロセスをいう。

その基本設計作業プロセスは、下記の3つからなる。

### 1. 構想設計

製品を作るための機械の機構や構造を考え（構想）、システムの機能を満足する仕様を決める。これをシステム構想といい、この段階で要求事項（機能、機構、概略の大きさ、機械要素など）を折り込む必要がある。

### 2. 基本設計

3Dモデル化や図面化し加工、組立のし易さ、精度の出し易さを検討する。

### 3. 詳細設計

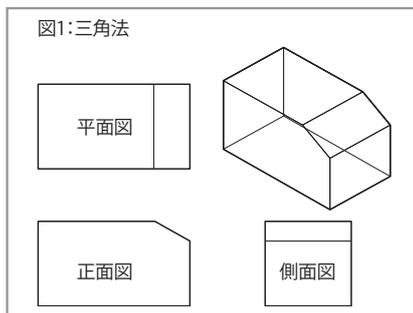
具体的な強度計算及び剛性のための応力タワミ解析シミュレーションなどを行う。

## 機械製図とは

機械製図とは、その設計したアイデアを具体的に形にするためのユニットや部品を、どの様に加工し組み立てていくかを明確に製作者に指示する図面を作成する作業である。

機械製図は、3次元の物体を2次元で表し、日本では見た方向から見える絵を見た方向に描く三角法が用いられている（下図参照）。

図1:三角法



形状を明確に表し、これに寸法や加工、熱処理など製作に必要な事項を記入し図面を完成させる。

図面は、JIS規格に則り描いていく必要があり、詳細は資格検定制度である機械製図作業職種で述べられている。

製図は従来手書きでドラフターを使用して行われていたが、今日では、2次元や3次元CAD（コンピューター支援による製図）を使用して作図が行われている。

JISに則った図面を読むことを、読図（どくず）といい、製作者側は製図者の意図を理解する読図力が必要である。

## 設計の為の知識

機械設計のために必要な知識として、機械工学（力学、材料力学、機構学、機械材料、加工、工作知識、締結機械要素、伝動機械要素、駆動方法、配管、接合方法、機械製図）はもちろんであるが、電気・電子工学、情報工学、さらには特許

や法規などに関する知識も必要となる。

## 設計妥当性検証

設計者は設計したものが正しく機能するか妥当性検証をする必要があり、その能力も必要となる。

システム構築のフローでは、設計図面をもとに、材料を加工し部品製作し、メーカー購入品と組み合わせて機械（ユニット）を作り、機械（ユニット）を組合わせてシステムを完成させる。

その後、電気配線や各種配管を行い、動作テストを行ってユーザ要求性能や仕様にもとづき設計した機能、性能が満たされているか、その性能のバラツキが許容値内を満足しているかの検証を行うこととなる。

条件が満たされていない場合は、設計時の何が原因であるか設計根拠（計算、シミュレーション）を分析し、原因をつきとめて、設計値に原因を反映し再度検証を行い、妥当性を検証することとなる。

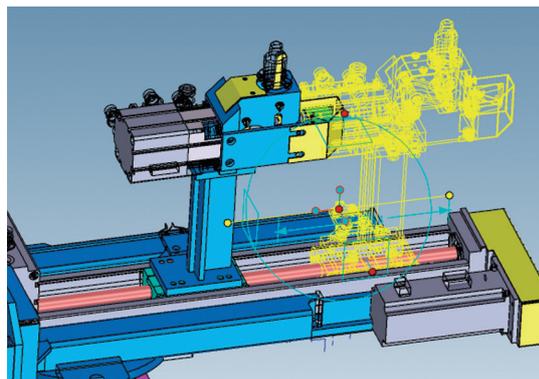


図2:3次元機械設計モデル例

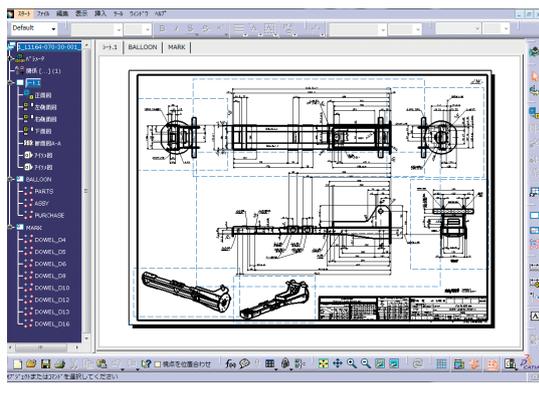


図3:2次元機械設計図例

## 図面構成

機械設計図面は、構想図、組立図、部品図、員数表の4種類で構成される。

### 構想図

ものの大きさ、求める性能、使用機器を記入する。

### 組立図

製品と機械との関係を表すととも各部品図の部品がどの様に結合されているかを表す。

部品図の番号や、購入部品のメーカー、型式番号、数も記載する。

## 部品図

部品の材質、材料寸法や接合方法(溶接、接着)や機械加工に関する詳細方法を詳しく表す。

製作数も明記する。部品番号は組立図内の組付け部品番号と一致させなければならない。

### 員数表

部品番号にもとづき、部品名称、メーカー、型式、材質、製造数または手配数を明記する。

組立図の図番と一致しておく必要がある。

## 注意点

機能、コストなどを検討しながら最適設計を行う。

安全率の考慮しすぎは、材料や構造のスベックオーバーをまねくため注意が必要である。

購入品やユニット選定をする場合も、与えられた仕様を満足できないことが判明したら、より良い構造・機構の再検討を行い、仕様変更や再構想をする必要がある。

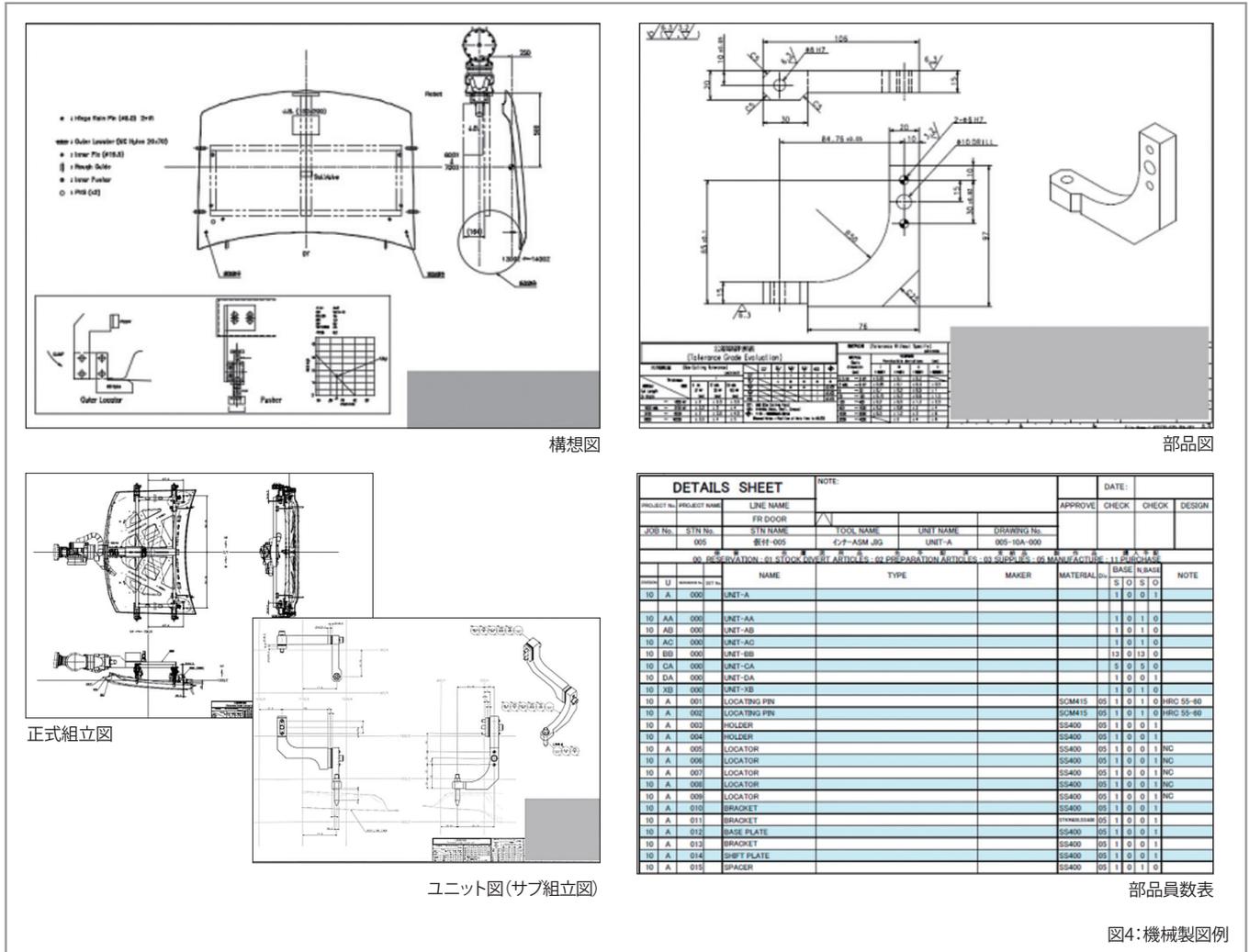


図4: 機械製図例

## 設計の重要性

システムインテグレータは、基礎的な機械設計知識をつけることはもちろん必要であるが、その知識をベースにして、コストと品質と安全性を常に意識して設計することは、最も重要である。

『ものコストと品質の80%は設計で決まるといっても過言ではない』と言われる。まず、コストを意識するということは、材料種類やサイズを小さくすることだけでなく、部品形状をシンプルに且つ製作(製缶、加工、組付け)し易くすることも考えつつ、部品点数を少なくすることでユニット化した後の故障やトラブルが減る。

“全てのモノには理由がある”と言われるが、身近なモノを改めて見てみて欲しい。そのモノは、デザイン性の考慮は除いて、機能に対して合理的な大きさや形状、仕組み、さらには動きをしているだろうか? そのような目で、機械構造物に限らず建築構造物などを見た場合に、『自分だったら、あのような設計はしない』と思うようになってこそものづくりの設計の奥深さが分るのではないだろうか。

ものづくりは、構想イメージに始まり、それを具現化する設計製図には時間がかかる。納期を気にしながら進めることになるが、“妥協の産物”にならないようにしたい。

設計したものを、いかに図面で伝え、自分の意のモノを作っているだろうか? システムとしてインテグレートして全体を通して見た時に、細かいところのこだわりは、ものづくりの分かる“本物の設計者”にしか分からないかもしれない。

## 2.CADによる設計

以前はドラフターといわれる製図手書きのためのツールを用いて紙に製図をしていたが、現在はCADといわれるコンピューター上の設計支援ツールを用いて製図を行うのが一般的である。CADには2次元のものと3次元のものがあり、近年は3次元が主流となりつつある。さらにはCADで応力などの事前検証まで可能となってきている。CADはシステムインテグレートにおいて必須のツールである。

### CADとは

CADとはコンピューターを用いて設計すること、または支援ツールにより製図を行うシステムのことをいう。

システムインテグレーションには機械製図用CADと電気、制御製図用CADが使われる。

使用されるCADでは、2D(2次元)・3D(3次元)CADがある。X、Yで描くものを2Dといい、基本的な製図のレイアウトとして正面図、側面図、平面図を描く。

X、Y、Zで描くものを3D(3次元)という。

主に2次元CADはものを製作するための製図をする際に用いられ、3次元はデータモデルとしてもものイメージや形状を正確に表す際に用いられる。

### 注意事項

CAD設計をする際に同一のCADソフトかつ同じバージョンで行われていれば問題ないのであるが、違うソフトやバージョンの場合は図面確認をする際に以下のような問題が出てくるので注意が必要である。

- 機能が使えない(履歴属性や部品情報がない)。
- 各部品モデル要素が一体で部品単位にならない。
- 形状変更ができない。
- モデルデータが欠落している。

従って、複数の企業間でCADデータをやり取りする場合は、データをどのような型式フォーマットで行うか事前に確認しておかないと受け取ったデータでは変更ができなかったり、見ることもできない可能性があるため注意が必要である。

### CADと製図技能

CADは製図ツールである。

設計者が、設計した部品をどのような加工し組立て製作したいかを正確に表現し、相手に間違いなく伝えるためのツールである。

従って、製図手法を用い図面を作成することとなる。

製図は、JISで規格化されており、規格に準じて図面を作成する必要がある。

製図にあたっては、基本技能として国家資格の機械プラント製図技能、電気製図技能が必要である。

### 種類

FA、ロボットシステム設計用としての機械CADソフトウェアは以下の様なものが参考として挙げられる。

#### 2D CAD

AUTO CAD

#### 3D CAD

・曲面やウネリ形状に強いハイエンド

CATIA (Dassault Systems)

Creo (PTC)

NX (SiemensPLM)

I-DEAS (SiemensPLM)

・ミッドレンジ

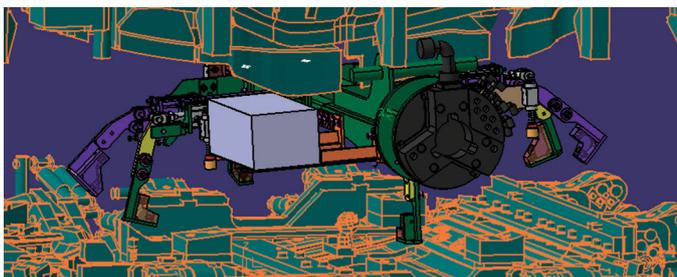
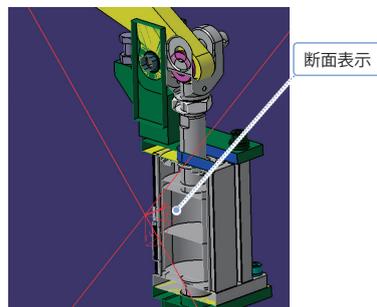
Solid Works

Inventor (Auto Desk)

I-CAD/SX (富士通)

Iron Cad (クリエイティブマシン) など

図1:3D CAD機能例



周辺設備との兼ね合いを見ながら設計



厚みを持たない面(サーフェース)データやワイヤーデータ。ソリッドデータが普及した今では、基準線や参照データとして使われる。

## 特徴

3D CADのデータ作成方法には以下のようなものがある。

### ・ソリッド

板厚を表現するものに使用できる。ただし、データが重くなる。

### ・サーフェース

板厚を表現しない自由曲面の表現設計などに使用する。

### ・ワイヤー

データは軽い、角や端面の線表現のみとなる。

また、線のみなので向こう側の隠れた線も見えるため見づらくなる。

3D CADにはデータが大きく動作が重くなりがち、自由曲面に強いCAD、データが小さく動作が軽いCADがあるため、目的と描きたいものにより選定する必要がある。

導入コストは、ハイエンドCADは高額で概ね300万円～100万円/ライセンス、ミッドレンジは70～30万円/ライセンスの様であるが、契約形態によって価格は異なる。それ以外のコストとして、年間のサービスマンテナンス、バージョンアップ費用が必要となる。

## 選定

### 2D CAD

[メリット]

- ・価格的に安価。
- ・手書き製図していた設計者の代替ツールとして手軽に利用。

[デメリット]

- ・奥行き、厚さ方向を設計者が理解しておく必要がある。

### 3D CAD

[メリット]

- ・重心や重量が正確に分かる。
- ・斜め方向の空間的な計測が可能。

[デメリット]

- ・回転やスライドを表現する場合、各パーツの位置決めをする拘束機能を必要とするため、2Dと比較し時間がかかる。

## その他知っておく事項

CADデータをやり取りする場合、データファイルフォーマットが存在する。DXF(多くのCADソフトとやり取りが可能)やDWG(AutoCadのフォーマット)などである。

その他、3次元CADではソフト毎にフォーマットが存在するが、やり取りする場合IGES、STEP、STLなど中間フォー

マットがあり、それらを介してデータのやり取りをすることができる。

## 注意点

3D CADにてソリッド設計をする上での注意事項として以下の様な点がある。

- 二つの部品をボルトやリベット締結する場合、二つの部品の穴が相違していても表面から見えないため気付かないことがある。
- 二つの部品間に極小隙間が空いても気付かないことがある。
- データの基準点のとり方。

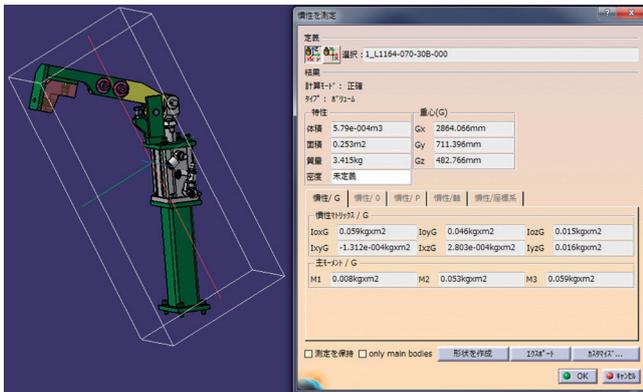
## 電気CAD

機械CADと同様にコンピューターによる製図支援ソフトである。

機械CADと違い、電気製図用に特化され開発されたソフトウェアであるため、制御盤、操作盤、分電盤や電気工事の配線や電気制御ソフトロジックを効率的に作図することができる。

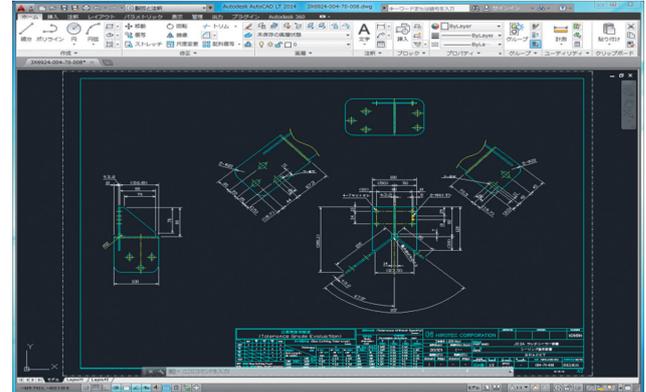
電気図面で使用する記号や機器、配線、保護配管がテンプレートやシンボルでコマンド化されており、正確かつ早く綺麗に図面を作成することができるのが特徴である。

図2:3D CAD例



質量、重心の測定

2D CAD例



## 3D CADとCAE

従来、ドラフターといわれる製図手書きのためのツールを用いて紙に製図していたが、2D CADによる設計が主流になり、近年の設計製図は3Dが主流になっている。

3D CADを用いて、モデル化されたデータを活用してCAE(コンピュータ技術を活用した製品設計、製造工程設計の事前検討支援)を行うことができる。

以前は、工学的に簡易計算を行い、おおざっぱな妥当性により、構造設計を行っていた。しかし近年、SI業務においても機械故障やトラブルを避けるため構造解析や応力解析シミュレーションは必須となってきている。大きな、静的な力、動的な力、および衝撃の力などを受ける部品や構造物は亀裂や破壊が起こることが考えられるが、設計時に事前にどれだけの応力がかかるか把握し、許容値内で設計することは非常に重要である。従来は実物による検証をしない限り詳細を把握することは困難であったため、限界設計をするためには試作と試験を繰り返す必要があり、期間とコストを多く費やしていたのである。

近年、3D CADとCAEシミュレーションソフトが連携できる事により実物による試作をしなくても精度のよい解析ができるようになってきた。但し、3Dモデルの作成の仕方によっては大きく実際と懸け離れた結果になるため注意が必要である。

## 3. エンドエフェクタ(ロボットハンド)の設計

ロボットが対象製品を移載する際に、マニピュレータの先端に取り付けられるのがハンドである。扱う対象物がどのようなものであるかによって使用するべきハンドの形状は異なる。どのような場合にどのようなハンドを用いるべきかを理解することはシステムインテグレータとして必要な知識である。

### ロボットハンドとは

ロボットシステムにおいて、ロボットマニピュレータ先端に取り付け対象製品を移載するものをハンドまたはエンドエフェクタという。

指または爪でクランプしたりチャックして掴むものや、へら状のもので対象製品をすくったり、真空吸着や磁石で対象製品を吸着するものがある。

ハンドは対象物の質量、形状、硬度、材質などにより通常専用設計される。

指や爪の駆動源としては電動、圧縮エア、真空エア、油圧、ロボット動作を応用した機械的駆動などがある。

### 何ができるか

ものを掴んで対象物の移載、回転、傾け、破壊(握りつぶし)ができる。

駆動方法によって、軟らかいものには優しく掴むこともできる。

また、掴んでいるものがズレてはいけないものには油圧や機械の倍力機構などを応用して強く掴むことや変形、破壊(握りつぶし)することもできる。

### どんな時にどう使うか

#### 把持ハンド

対象物をクランプし持ち上げる。

#### すくいハンド

対象物の底面隙間に差し入れ持ち上げる。比較的对象物にダメージを与えない。

### 種類

ロボットハンドには一般的に以下の様なものがある。

#### 把持ハンド

指や爪をエアシリンダや電動モータの駆動を用いて物体を挟んで掴むハンドをいう。

- 2本指掴み  
2本の爪や指を平行又は回転させて物体を掴む
- 3本指掴み  
3本の爪や指を120度間隔で配置し物体を掴む。2本指に比べ、物体を掴む際に安定するが、駆動機構が複雑になるためコストアップになる。
- 複数指掴み  
比較的大きい物体を掴んだり抱えたりする場合4本以上の爪や指を設置する。

#### すくいハンド

ショベルによるすくい上げ。

物体が軟らかい場合や、崩れ易く脆く掴めない場合、または傷つき易い様な場合、物体下に板状の爪を差し入れすくい上げる。

すくい上げた後、ハンド上で物体の位置がズレない工夫が必要である。

#### 吸着ハンド

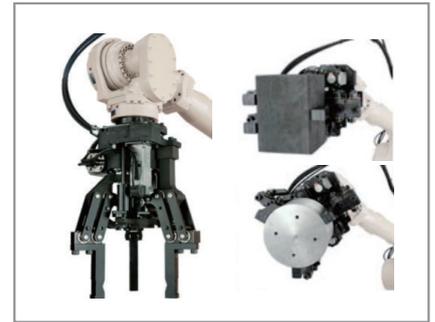
- 真空エアによる吸着  
真空発生器による真空エアを真空パッドにより吸着させて物体を運ぶ。物体に穴が開いていなければ(真空エアが抜けなければ)何でも吸着できる。
- 磁力による吸着  
主に電磁石による電流の入切で物体を吸着させる。鉄やニッケルコバルトは吸着できるがアルミや銅は吸着できない。またステンレスはオーステナイト系は吸着できずフェライト系やマルテンサイト系は吸着できるので注意が必要である。磁石は平面に直角に確実に吸着しないと吸着力が著しく下がるので注意が必要である。

### 特徴

最近のハンドは、掴む対象製品を特化した専用ハンドではなく何でも掴める汎用ハンドのニーズが増えている。

例:

- 3指把持ハンドの3指中の1指が回転し2本になるもの。



(以上、不二越ハンド参照)

<http://www.nachi-fujikoshi.co.jp>

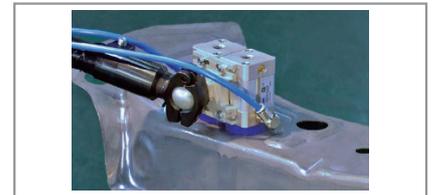
- 真空エアのパッドが多数付き、吸着した部分のみで持ち上げるもの。吸着しないパッドからは、エアがもれない特殊構造になっている。



- スポンジ内に真空エアを入れ湾曲した対象製品でも形状に沿って持ち上げるもの。



- 磁力ハンドは電磁石が一般的だが、エアシリンダ内に磁石を内蔵し着脱できるもの。



(上記3例はシュマルツ参照)

<http://www.schmalz.co.jp>

## 選定

設計にあたって以下のことを考慮する必要がある(詳細は別表参照)。

- 対象物の質量  
質量の大小や重心位置も合わせて考慮する必要がある。
- 対象物の形状  
形状のうねりや曲面や凸凹の複雑さ。
- 対象物の形状種類  
形状が多種になると、困難になる。
- 対象物の柔軟性
- 環境異物
- 搬送スピード
- ロボット許容能力

## 注意点

次のような注意点がある。

- ハンドの把持力による対象物のダメージ
- 把持対象物の質量に対するハンド・エンドエフェクタ把持面積が少ない事によるダメージ
- ハンド・エンドエフェクタの質量イナーシャによるロボット許容を超えた過負荷
- 吸着ハンドパッド部のゴムへの異物化見込みによる対象物へのダメージ

## 応用

その物体しか把持できないものを専用ハンドといい、色々な物体を把持できるものを汎用ハンドという。

汎用ハンドは非常に技術力が必要で物体の特徴が揃わないと達成できない。ロボットを活用する際、物体其々に専用ハンドを作った場合、ハンドの持ち替

えをすることでできる作業が増える。この持ち替え作業のことを、ツールチェンジという。

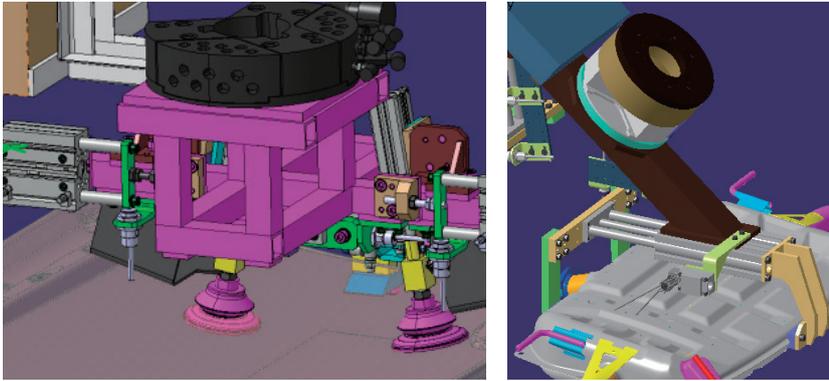
ツールチェンジをする際には一般的にオートツールチェンジャ(略称ATC)を用いる。

ツールチェンジすることでロボットのできる作業は大幅に増えるが、持ち替える都度時間が必要となる。

ツールチェンジャはユニット化し専門メーカーが販売しており、ロボットの可搬に合った種類が存在する。

ツールチェンジャの機能として、ハンドの脱着機能の他にエアや制御線を接続する機能がある。また、メーカーによりオプション機能として動力電源や溶接電源、冷却水、油圧を接続できる機能を追加できるようになっている。

ハンド、エンドエフェクタ例



オートツールチェンジャ例



<http://www.turck.de/en/challenge-tool-changer-2597.php>

		把持	真空エア	磁力
対象物	質量	重量物向き	軽量向き	軽量向き
	形状	優	優	劣
	形状種類	劣	優	劣
	硬度	硬い物向き	万能	硬いもの向き
環境	異物	劣	劣	劣
	保守性	優	・フィルター目詰り ・パッドの磨耗、破れ	・切粉砂鉄など汚れ除去 ・経年弱磁による交換
	搬送スピード	優	劣	劣

### ▶ ハンドの奥深さ

ハンドは奥深い。ロボットの可搬能力の考慮は当たり前であるが、『何を把持するのか』を考えなければならない。

ハンドが把持する製品よりハンド自体の質量が大幅に大きかったり、イナーシャが大きいとロボットの可搬能力のほとんどをハンド自体で費やしてしまうこととなる。本質は、製品の加工や移動であることを考えることが重要である。

また、何でも掴めるハンドというと、人間の5本指の様なものや海洋生物のタコの脚(手)が思い浮かぶのではないかと。しかし、人工的に作るためには動作はもちろんであるが触覚に変わる検知機能も備えておかななくては掴む事ができず、開発するハードルは非常に高い。何でも掴めるハンドの開発コストは非常に高く、一般製造業で使用されるにはオーバースペックであり、開発されても普及しないのが現状のようである。そのため、現在普及しているハンドといわれるものは、掴む対象物に特化したハンドになっている。

空想やアニメの世界の様なロボットや手(ハンド)を作るということは技術はもちろんであるが、生物学も研究し要素を見極めないと現実化できない。しかし、サイズやコストが現実的なものであろうか…ハンドの課題テーマは尽きない。

# 4.適切な駆動機器の選定

システムインテグレーションを行う際には何らかの駆動機器を扱うこととなる。どのような駆動機器を選ぶかにより完成するシステムの品質やコストが大きく異なる。どのような駆動機器が存在し、どのような動力があるかをしっかり把握し、場面場面に応じて適切な駆動機器を選定することはシステムインテグレータにとって非常に大切な能力である。

## 駆動機器とは

ある目的（クランプ、移載など）のために行う動作を外部の動力源を使用してその目的を完遂させる為の機器（アクチュエータともいう）。

人間が腕を動かすのに筋肉が必要ないようにハンド、搬送機、治具などがアームを動かすためには、アクチュエータとよばれる駆動機器が必要となる。

産業用ロボット周辺設備のアクチュエータとして求められる条件は次のようなものである。

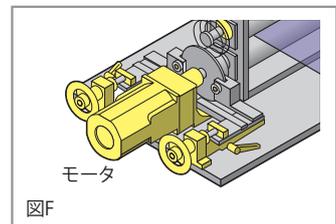
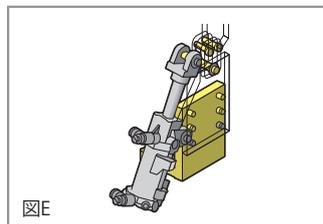
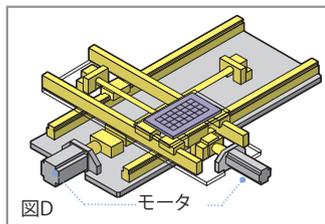
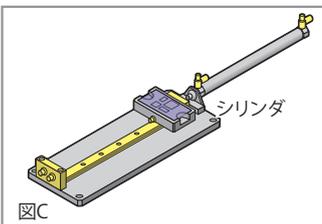
- ①軽量、コンパクトかつ高出力
- ②応答性がよい
- ③安価である
- ④取り扱いが楽

代表的な駆動機器には回転（旋回）型と直動（直進）型がある。

- 回転型の代表はモータ 図A
- 直動型の代表はシリンダ 図B

アクチュエータの配置と動力伝達機構の一例

- 直動
  - 直動アクチュエータ直結 図C
  - 回転アクチュエータの動きをラック・オピニオン、ボールネジなどで直動に 図D
- 回転
  - 直動アクチュエータ直結 クランプなど 図E
  - 回転アクチュエータ直結 図F



## 動力の種類と特徴

### 電力駆動

通常は交流電源を動力源とする。単相100V、単相・三相200V、単相・三相400Vなどを使用する。

電力を使う駆動機器はモータが多い。ただ現在の電動シリンダは直流電源を使用する。

いずれにしても工場側の電源は交流なので、直流電源は元の交流電圧を変換し直流に整流した上で使用する。

### 空気駆動

圧縮空気を動力源とする。機器にはシリンダ、エアーモータ、バキュームなどがある。

動力源は工場側に設置されたコンプレッサーから使用する設備まで鋼管により配管されている。通常使用圧力は0.5MPa (5kgf/cm<sup>2</sup>)が多い。

### 油圧駆動

エアーでは得られない出力が必要な場合、油圧ユニットを使用して大きな出力を得る。

穴明け、ヘミング、圧入、プレスなどに使用する。

通常使用圧力は、  
3.5MPa (35kgf/cm<sup>2</sup>)、  
7MPa (70kgf/cm<sup>2</sup>)、  
14MPa (140kgf/cm<sup>2</sup>)、  
21MPa (210kgf/cm<sup>2</sup>)、  
50MPa (500kgf/cm<sup>2</sup>)、  
70MPa (700kgf/cm<sup>2</sup>) などとなる。

ただ最近は油圧ユニットの油漏れや騒音、振動などによる環境への悪影響により使われることが少なくなっている。

## 重力

重力を駆動源とするということは、すなわち駆動機器を使用しない、ということである。シューター（滑り台）やカラクリなどがそれにあたる。

## 動作における駆動機器選定のポイント

### 1. クランプや小さなスイング動作

エアー源はあるか？ エアー源があればエアーシリンダを使う。

エアーを使えない環境では、小出力のモータ（電動シリンダ）を使う。

シリンダのボア径、電動シリンダの出力計算は、クランプするのに必要な力、あるいは動かす物の重量によって行う。

例えば、クランプ力が50kgf必要としたら、シリンダ先端（力点）と支点の距離が1、支点からクランプ点（作用点）までの距離が2だとしたら、シリンダを0.5MPaで使用した場合、φ50のシリンダを使う（出力は約100kgfなので）。

### 2. 物を上下に動かす場合

（ストローク1,000mm以下）

動かす物の重量とガイド部の摺動抵抗を合計した負荷の2倍の出力を出せるシリンダを選定する。

### 3. 物を水平に動かす場合

（ストローク1,000mm以下）

直線ガイドが必要になり、メタルガイドとボール（ベアリング）ガイドの2種類がある。

メタルの場合、0.1～0.2、ボールの場合、0.05程度の摩擦係数となるので、動かす物の重量×摩擦係数で求められる力の2倍程度の出力となるシリンダを選定する。

4. 上記2、3でストローク1,000mm以上の場合。

ストロークが長くなるとシリンダも長くなる。そうするとシリンダ自体が自重でたわんだりする弊害が起こり、またシリンダの配置にも苦労することになる(シリンダを配置する為にはストローク×2倍のスペースが必要である)。

そこでストロークが長い直線運動にはモータを使用することが多くなる。モータは回転運動なので、回転を直線運動に変換する機構が必要になる(ボールネジなど)。

出力は上記(2)(3)と同様負荷の2倍の出力になる様計算する。

### 5. 回転角が90° 以上の場合

上記(1)の中で回転角が90°以上になる場合、ラック&ピニオン、チェーン+スプロケットを使ってシリンダで駆動させる場合と小さいモータや電動アクチュエータを使う場合がある。

出力計算方法は(1)と同様である。

### 6. 重量物の回転

シリンダのボア径がφ200以上になってしまうような重量物を回転させる場合、モータを使用した方がよい。

## 動力源の選定ポイント

### 空気駆動か電気駆動か？

上記の通り単純なクランプやφ200以下のシリンダが使える所ではエアーの方が良い。その理由は、エアー機器の価格が電動機器に比べて安いことによる。

しかし、エアー機器もφ200以上になると高価になり、設計上スペースを探すのが難しくなる。そうするとモータである。

また単純な往復運動であれば、シリンダで充分だが、多点位置決めが必要で、しかも停止精度が0.1mm以上必要というような条件の場合、シリンダでは不可能で、サーボモータを使うことになる。

### 電気式アクチュエータの選定ポイント

#### インバータかサーボか？

どちらも多点位置決めは可能だが、停止精度と滑らかな動作が必要ならサーボモータである。

インバータモータの場合、立ち上がりトルクは定格トルクの200%だが、サーボモータの場合、300%になるのでス

ムズな動きを求めるならサーボモータを選定する。

## 回転軸及びガイド部の設計方法

### 回転軸の選定

#### ● モータと回転物が直結の場合

モータ軸径と同等の径にする。

#### ● 減速機を使用する場合

減速機の出力軸径以上の径にする。

### 直線ガイドの選定

動く物の重量によってガイド部の大きさを選定する。

#### ● 上下移動の場合

2本の丸ガイドを使用することが多い。重心がガイドの間に設定できればメタルガイド(オイレスブッシュ)で良いが、偏心する場合は、リニアモーションベアリングを使用する。ガイド径はフルストロークした時の横荷重を想定し、たわみが0.2mm以下程度になる様に選定する。

#### ● 水平移動の場合

通常はLMガイドと呼ばれるリニアモーションベアリングを使用する。移動させる物体の荷重によりサイズを選定する。

通常設備に使用するシリンダ、モータの用途別一覧表

駆動機器	動力源	用途	特記事項	種類	備考	価格
シリンダ	空気駆動	クランプ	—	—	エアー源が無い場合 電動シリンダも有る	電動シリンダはエアーシリンダと比べて現状では2~3倍
		スイング(主に縦回転で90度以下)				
		シフト小物(0~50kg程度)				
		ストローク(0~1,000mm)				
		回転(回転角90度以下)				
モータ	電気駆動	シフト大物(50kg以上)	単なる往復	AC	最近では滑らかに動かしたい場合、単なる往復でもサーボモータを用いることが多い	通常のACモータの場合、インバータを使用することになるが、調整工数を考えるとサーボでも価格に差は無い
		シフト大物(50kg以上)	多点位置決め	ACサーボ		
		ストローク(1,000mm以上)	単なる往復	AC		
		ストローク(1,000mm以上)	多点位置決め	ACサーボ		
		回転(回転角90度を超えるもの)	単なる往復	AC		
		回転(回転角90度を超えるもの)	多点位置決め	ACサーボ		
		搬送機(軽量物の搬送、コンベアなど)	一方方向	AC		
搬送機(重量物の搬送、ロボット移動など)	多点位置決め	ACサーボ				

## 適切な駆動機器を選定する際の課題

### 【水平移動する搬送装置を設計する場合】

空気圧駆動のシリンダや電動モータどちらを使う場合でも搬送装置を停止させるためにはストッパーを設ける。シリンダやモータの能力は、本文にある様に必要な駆動力の2倍程度の出力を持たせるが、これが大きすぎると、ストッパーのブラケットやそのブラケットが取り付けられているフレームがたわんで、所定の停止位置が出ない、という現象が発生することがある。またそれが繰り返されることで、ブラケットやフレームが破損したり、それが重大な事故につながる恐れもある。とにかくストッパー部及びシリンダ、モータの取付け部の強度計算を確実にしておくことが必要だ。

### 【垂直に回転する装置を設計する場合】

特に重量が50kgf以上の大きなものをシリンダやモータを使って回転させる場合、1と同様にストッパーに当たった際、回転しているアーム状のものの強度、ストッパーブラケットの強度、シリンダ取付ブラケットの強度をしっかりと計算しておかないと、アームやブラケットが破損することがある。特にシリンダ先端にはその推力が働き、シリンダ後端にはその反力が働くので、力のかかり方を理解して設計しないとイケない。これはいくら3Dで設計しても、構造解析しても力のかかり方を理解して正しい値を入力できなければ、正しい答えは得られない、ということである。駆動機器は選定できても、それを取り付けるブラケットやフレームの強度を正しく設計できなければ、何の意味もない。機械設計の永遠の課題であろう。

## 5.適切なセンサの選定

FAシステムを構築する際、さまざまなセンサを使用してモノの位置や状態を検出し、衝突防止や動作順番を作るための信号を取り出すこととなる。システム構築においてセンサは不可欠であり、その種類及び特徴を把握し、最適なセンサを選定する能力はシステムインテグレータにとって非常に重要である。

### センサとは

システムインテグレータが知識として知っておくべきセンサとは、モノの動作（例えば前進、後退）やモノの有り無しなどを検知検出し、電気的に信号を発するものをいう。

また、状態（スタート位置から、どれだけ動いたか）を検出するセンサは間隔や距離を測定できたり、任意の位置で電気信号を発するものがある。

システムインテグレートするには、さまざまなセンサを使用してモノの位置や状態を検出し、衝突防止や動作順番を作るための信号を取り出すこととなる。そのため、システムインテグレータはセンサの特徴や使い方を十分に知っておく必要がある。

### センサの種類

センサには、主に下記のようなものがある。

- リミットスイッチ (LS)
- 近接センサ (PXS)
- 光電センサ (PHS)
- リードスイッチ (LLS)
- 圧力センサ (PS)
- 流量センサ (FS)

- レーザーセンサ (LZS)

など

### 特徴

#### リミットスイッチ (LS)

ヘッドの部分のレバーを物理的に動作物で一定角倒すことで本体内部の有接点スイッチが接触通電し、電気信号が取り出せるシンプルなスイッチである。FA業界では一番普及しており、価格的には安価である。安全用として内部の接点が二つあるモノもある。

ヘッドの部分が、ローラーレバー型、プランジャー型、ひげ型、ワイヤーアーム型、プラスチックアーム型など多種有り、ヘッドのみ取り替える事が可能で、方向も90度毎に付け替え可能である。

#### 近接センサ (PXS)

動作物や被検出物を非接触で検出できるため、センサや検出物の磨耗やダメージを受けない。そのため、多く使用されている。

検出距離が一般的には、  
 $\phi 30\text{mm}$ センサ  $\Rightarrow$  10mm  
 $\phi 18\text{mm}$ センサ  $\Rightarrow$  5mm  
 $\phi 12\text{mm}$ センサ  $\Rightarrow$  2mm  
 $\phi 8\text{mm}$ センサ  $\Rightarrow$  2mm

である。近年検出距離が大きくなっている。価格は、リミットスイッチよりは高価であるが、近年はリーズナブルな価格で販売されている。

無接点のため溶着が起こらない。但し、高電流溶接や高電圧接点の入切、サーボモータなどのノイズの影響を受けることがある。

#### 光電センサ (PHS)

動作物や被検出物を非接触で検出できるため、センサや検出物への磨耗やダメージを与えない。

検出距離が概ね2,000mm~5,000mmと大きく取れることが使用のメリットとなるが、金額は近接センサより高くなる。

遮光量によって検出するため、液体やガラスなどいろいろなモノが検出できる。

距離を検出できるものや色を検出できるものがあり、比較的容易に取り付けることができる。

検出方法により以下のように分類できる。

#### ● 透過型

投光器、受光器を設置して光を検出物が遮る事で検出する。検出距離が長く取れ形状、材質、色に関係なく検出できる。

#### ● 回帰反射型 (ミラー反射型)

センサから発光して反射板から跳ね返ってくる光を検出する。

反射板とセンサの間に検出物が通過することにより、光が遮られることで検出できる。

長距離検出ができるが反射板の調整が必要である。透過型に比較し安価。

#### ● 拡散反射型

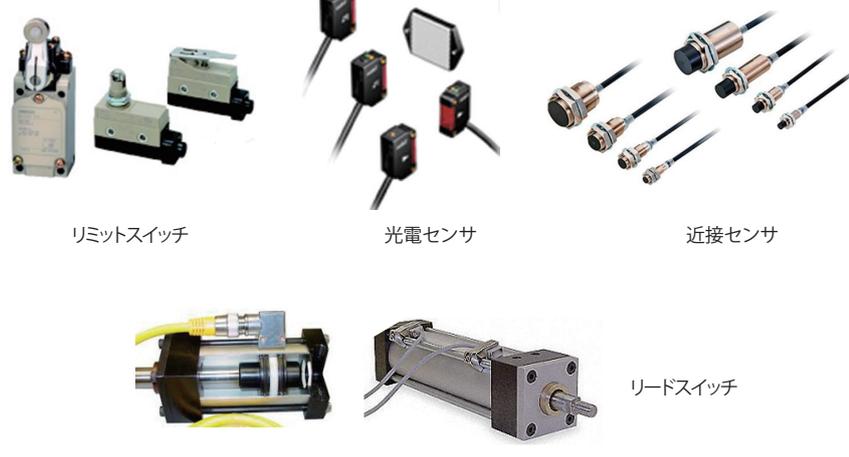
検出物に光を直接照射し反射光をセンサで受光して検出する。

センサだけの設置で検出できるためスペースや配線は簡単だが、検出距離が他のものに比べて短い。

#### ● 距離検出型

スポット光を照射して角度の違いを受光することで距離検出をする。小さいものも精度よく検出できる。

例



リミットスイッチ

光電センサ

近接センサ

リードスイッチ

## リードスイッチ (LLS)

シリンダセンサともいわれ、シリンダのチューブに取り付け、ピストンに埋め込まれた磁石を検出することで出戻を検出する。

## 圧力センサ (PS)

気体や液体の圧力変化を感圧素子にて電気信号に変換しアナログ信号を出したりON/OFF信号を出すもので、電子式と機械式がある。

従来は、安価な機械式が多く使われていたが、信頼性が低く寿命が短いため、現在は電子式が主流となっている。絶対圧と大気圧を基準とするものと任意圧力(差圧)を基準とするものがある。

## 流量センサ (FS)

流量センサーは、気体や液体が単位時間でどれだけ流れるかを検出するものである。体積で検出する体積流量式と、質量で検出する質量流量式があり、FA業界で使用される気体用流量センサは、質量流量方式が主流で熱式、コリオリ式、渦式の3つがある。

## レーザーセンサ (LZS)

レーザーを投光し、受光部で検出する。レーザーは小スポットである為狭い隙間からの照射による物体検出や計測ができる。距離や厚み計測の出来るものはレーザー変位計と呼ばれる。CMOSでの受光位置や、光の反射時間により検出物の位置検出ができ反射型と透過型がある。また検出物の表面の影響を受けにくい、安定した検出ができるのも特徴である。但しホコリや、汚れの付着に弱い弱点がある。また2次元的に帯状に照射でき幅や高さを検出できるレーザーセンサもあり、センサーを検出物に連続に当て動かせばスキャンでき3次元的な測定も可能である。

## 特殊なセンサ種類と特徴

### 角度センサ

軸など回転角度を検出できる。

### 液面センサ

油圧使用時の作動油などの液面を検出し減り量を検出する。

### 注意点

#### リミットスイッチ (LS)

有接点であるため、接点が溶着してしまうと通電状態になる。従って、安全上の考慮が必要である。

#### 近接センサ (PXS)

シールド型、非シールド型があり検出領域が異なるため、埋め込んで使用する場合はシールド型を使用する。

2つ以上並べて使用する場合、相互干渉があり、最小設置ピッチが指定されているためメーカー各社の干渉距離を確認しておく必要がある。

検出材料により検出可否があるため、選定時は注意が必要である。

#### 光電センサ (PHS)

投光、受光で検出しているため、検出面の汚れが検出能力に影響する。

#### リードスイッチ (LLS)

ストロークが短い(概ね10mm)シリンダの場合ピストンに埋め込まれた磁石磁界が出戻共に影響し検出できないため、リードスイッチでなくピストンロッドを介した動作物で別のセンサで検出する。

リードスイッチはノイズを受ける場合があるため、大電流回路やモータ近辺で使用する場合、確認をすると共に型式選

定時の注意が必要である。

### 圧力センサ (PS)

低圧(1MP未満)と高圧(1MP以上)のセンサがあり、一定圧検知や測定だけでなく脈動やサージ圧(瞬間的な高圧)が発生することを考慮しておく必要がある。

### 流量センサ (FS)

圧力センサ同様、脈流、激流の時の考慮が必要。

また、対象流体(液体、気体)のきれいさの注意が必要。

さらに、流体内のゴミやセンサをつまらせる原因になるものは清掃できるものかどうか注意が必要である。

### レーザーセンサ (LZS)

レーザー光を使用しているため、レーザー光のクラスを確認し人体に影響がないように選定しなければいけない。

### 全体

どのセンサもケーブルの出し方が選定できる。

- ①ケーブルが直接本体から出ているもの。
- ②本体にコネクタがついているもの。
- ③300mmのケーブルの先にコネクタがついているものがある。

ケーブルの長さを選定する必要がある。直接ケーブルの出るものの弱点は、ケーブルが切れると繋ぐ処理をしなくてはならないことである。

### ▶ リモートセンサ

センサはACまたはDC電源を必要とするため、基本的にはケーブルが繋がっていないと電源供給ができないが、リモートセンサといわれるものがある(写真参照)。

ケーブルが繋がってなくても、電源供給ができ、センサの検出出力が取り出せるのである。これを使用することにより、走行台車が走行中にケーブルを引きずる様な処理をする必要がなくなり、ケーブルに関するトラブルを減らす事ができる。

ただし、走行中は、センサ検知はされていないため注意が必要である。

### ▶ センサと測定器

システムインテグレートにおいて特にレーザーセンサを活用する際は、センサなのか測定器なのかということを理解しておく必要がある。測定器は『ある量を基準にして、その量と比べて値を出す』ものである。一方、センサは『特定の目的のために量的に物を捕らえるための方法、手段を用いて値を出す』ものをいう。

よって、FAにおいてセンサの出す値は、目安の値なので値の精度に対しては厳しく問われない。一方、測定器は基準値と比較した値なので、その値は周囲の環境(温度や振動など)を考慮して基準値との誤差を厳しく管理し、定期的に誤差を校正する必要がある。



<http://www.b-plus-kk.jp/product/>

## 6. ロボット用架台の設計

現在販売されているロボットアームには、様々な形状や構造のものが存在している。そのアームを固定するフレームがロボット架台となる。使用するロボット、対応する作業に応じて、ロボット架台もまた様々な形状が存在し、対象作業に対して適切なロボットを選定し、最適な姿勢を検討したのち、その姿勢を維持し、固定する構造物を設計せねばならない。これらのロボット架台設計能力はロボットシステムの構築において必要不可欠である。

### ロボット架台とは

ロボット架台とは、ロボットを搭載して固定する構造物である。ロボットを固定する姿勢には床置き、天吊り、棚置き、壁掛けなどがあり、また搭載するロボットの重量、ロボットの作業速度や作業内容などによって形状、構造、安全計数などが異なる。特に高速で動作するロボットや可搬重量の大きい場合には強度だけではなく、揺れや撓みに十分注意せねばならない。

#### 床置きロボット架台

もっともポピュラーなロボット架台。ロボットの取付座が下に位置する形状である。ティーチングがわかりやすい利点があるが、有効動作範囲はロボットを中心としたドーナツ状となり、大きなワークには不向きとなる。

#### 天吊ロボット架台

天井からロボットを吊り下げた様な姿勢になるロボット架台。ロボットの取付座が上になる。半球に近い動作範囲があり、平面的に大きな動作範囲が必要となる作業に適している。

#### 棚置きロボット架台

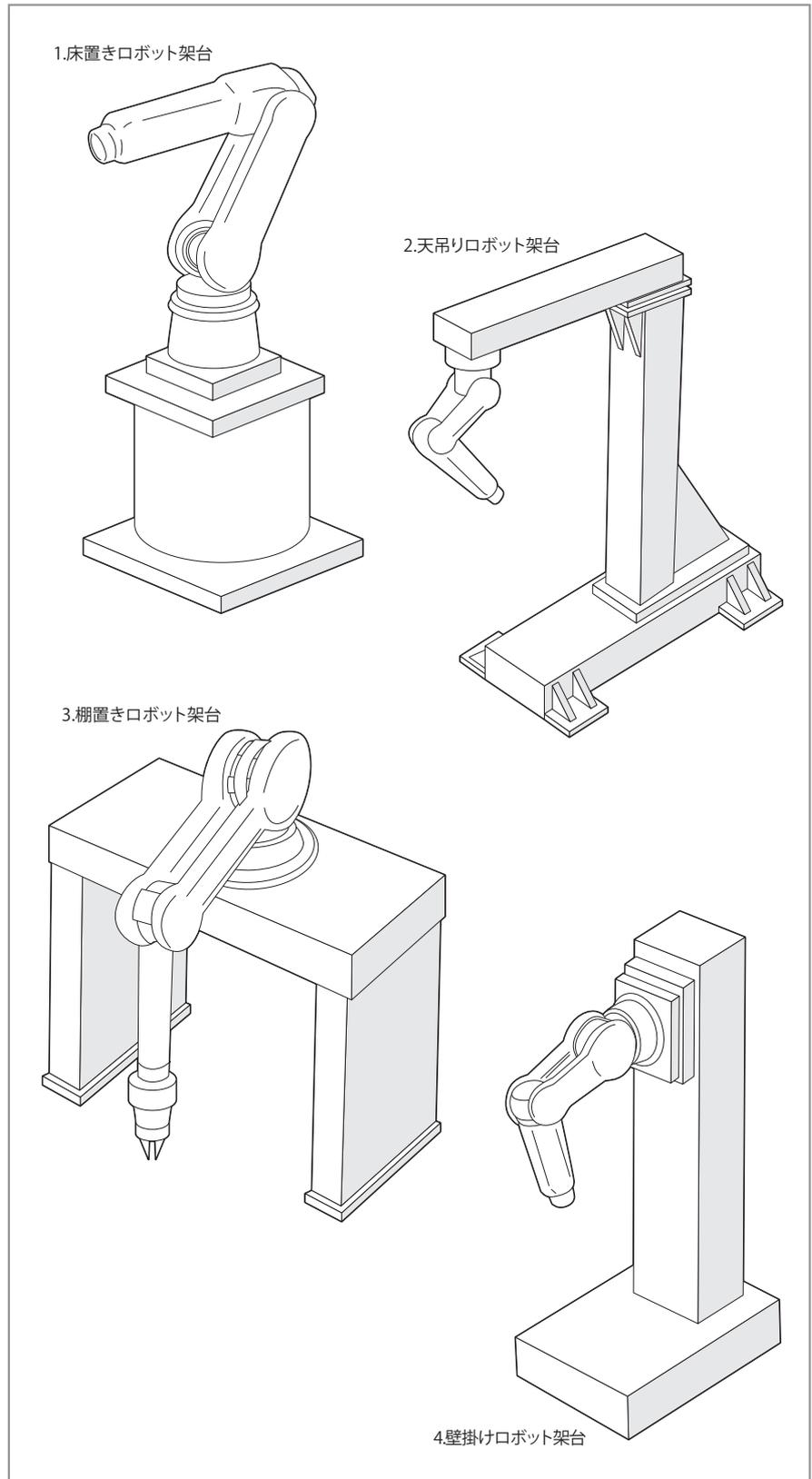
棚置き型ロボット用の架台。比較的大型のロボットで取付座より下方の動作範囲が広いロボットに用いる。門型形状になることが多く、架台下の床面を有効活用できる。

#### 壁掛けロボット架台

ロボットを壁に掛けかけたような姿勢になる架台。設置場所の天井が低く、天吊りレイアウトが不可能な場合などに採用する。

### 治具の位置決め及びクランプ手段

1. 床置きロボット架台
2. 天吊りロボット架台
3. 棚置きロボット架台
4. 壁掛けロボット架台



## ロボット架台設計上の注意事項

### 1. 必要動作範囲の検討

対象作業における対象ワークに対するロボットの作業姿勢を検討し、ロボット機種と設置姿勢を決定する。

### 2. 架台高さの検討

対象ワークの設置高さ決定後、対象作業範囲を検討し、適切な架台高さを決定する。この場合、ロボットツール、ハンドなどによりロボット有効動作範囲が変化することに注意すること。

### 3. 必要強度の検討

ロボット架台の必要強度はロボットの重量に対する強度にとどまらない。搬送対象物やロボットツールの重量、加減速時の加速度、揺れや撓みに対する考慮が必要となる。

### 4. 重心位置の検討

基本的な考えとして、ロボットは様々な形状の架台に取り付けた状態で自立せねばならない。アンカーはズレ止めと考えるべきである。また、上記3.と同様、搬送物やロボットツールの重量、加減速時の加速度に対する考慮が必要である。

### 5. ロボットと架台の位置決め

万一ロボットが故障した場合などには、ロボット本体の取り換えが必要となる。その場合再現性を確保するために、架台とロボットの位置決めが必要となる。位置決め手段はノックピン、端面当

てなど、ロボットによって異なるため、メーカー推奨を参照すること。

### 6. メンテナンス性の考慮

特に天吊り、棚置き、壁掛けレイアウトを採用する場合、ロボット自身のメンテナンスを行うための作業台、梯子などを備えた構造を設計することが望ましい。

### 7. 配線、配管の経路

ロボットの制御ケーブル、ロボットハンドやツール用のケーブル、ホース類、溶接ロボットのケーブルやコンジット、ガス、水、エアなどのホース類をどう設置、施工するかを考慮し、予め経路などを備えた構造にすることが望ましい。

### 8. 適切なロボット架台とは

当然のことながら、ロボット架台はロボットを搭載するものであるが、その強度はロボットの自重に耐えられれば完結するものではない。搭載するロボットの最大可搬重量のものをそのロボットの先端に固定し、さらに最大速度での加減速に耐える必要がある。また、揺れや撓みをどれだけ許容できるかを客観的に判断し、それに応じた固有振動数、撓み量を満足する構造計算が必要となる。

GLにアンカーボルトで固定するのはあくまでもズレ止めと考え、固定前でも転倒しない構造の設計を目指すべきである。

### 2. 動作させると揺れる。

剛性不足でロボット動作時に揺れる。停止後すぐに次動作ができず、サイクルタイムを要求されるロボットシステムの構築には致命傷となる。

### 3. 振動する。

特にグラインダーがけロボットの作業時、または溶接ロボットのウィービング動作時などに、ロボットが架台ごと揺れて適切な作業ができない。強度的な耐力や剛性とは異なる固有振動数の検討が必要となる。試運転時に不具合が見つかった場合、止むを得ず架台にウェイトを追加して固有振動数を変える対策もある。

### 4. ロボット位置が高くメンテナンスできない。

天吊りや棚置き、壁掛けレイアウトを採用する場合、梯子、足場などを備え、容易にメンテナンスできる架台を設計しなければならない。

### 5. ロボットを交換するとデータが使えなくなった。

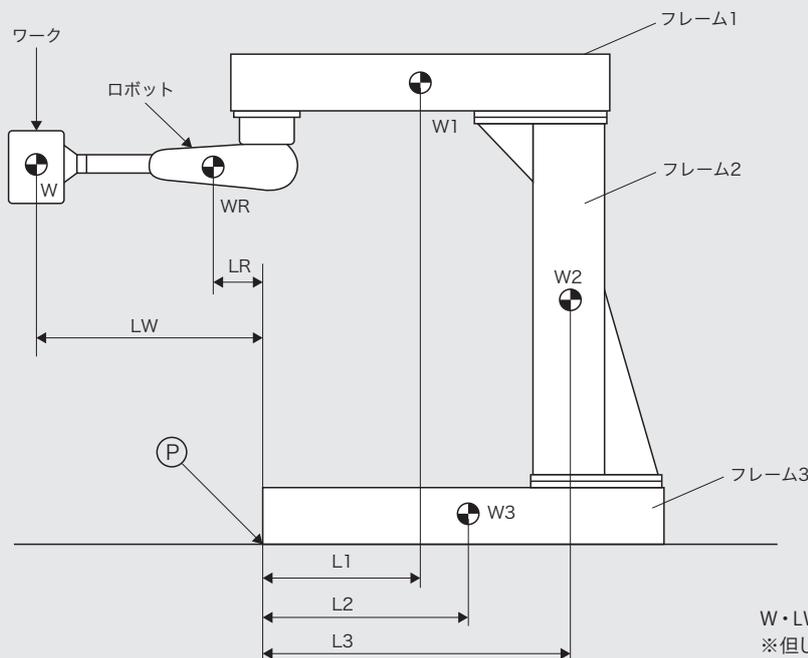
ロボットの架台への取付部に位置決めがなされておらず、ロボットを交換するとティーチングデータが使えなくなった。ロボット架台は、適切な位置決めを施工しなければならない。

## 主な不具合内容とその対策

### 1. 自立していない。

重心位置の計算が不適切で自立できない。またはロボットがものを持った場合、あるいは搬送動作させると転倒する。

### ◎ 自立したロボット架台の計算例 (天吊り式ハンドリングロボット)



上図の前後方向の転倒については◎周りの転倒モーメント計算となる。

ワークの重量	W
ロボットの重量	WR
フレーム1の重量	W1
フレーム2の重量	W2
フレーム3の重量	W3
ワークのモーメントアーム	LW
ロボットのモーメントアーム	LR
フレーム1のモーメントアーム	L1
フレーム2のモーメントアーム	L2
フレーム3のモーメントアーム	L3

$W \cdot LW + WR \cdot LR < W1 \cdot L1 + W2 \cdot L2 + W3 \cdot L3$  である事  
※但し、上記計算には加速度に対する計算は含んでいない。

# 7. ロボット用スライダーの設計

現在、人間に例えるなら「腕」しか商品化されていない産業用ロボットを用いて様々なものづくりを行う場合、腕の届く範囲で対象となるものづくりが完結するならば問題にはならないが、その範囲を超える場合にはロボットスライダーを作り込まねばならない。

ロボットスライダーとは、腕の移動装置であり、人間に例えるところの足腰の役目を果たすものである。それを設計する能力はロボットシステムの構築において必要不可欠である。

## ロボットスライダーとは

ロボットスライダーとは、ロボットの動作を拡大するためのアームの移動装置である。直行動作を行うもの、旋回動作を行うものなどがあるが、ロボットの負荷軸で制御するものが主流となってきている。

### 地上走行スライダー

ロボットの取付座が下向きになっているスライダーである。定置式のロボット架台が動くイメージ。ティーチングがわかりやすい利点があるが、動作範囲はロボット正面側に特化することとなる。

### 天吊走行スライダー

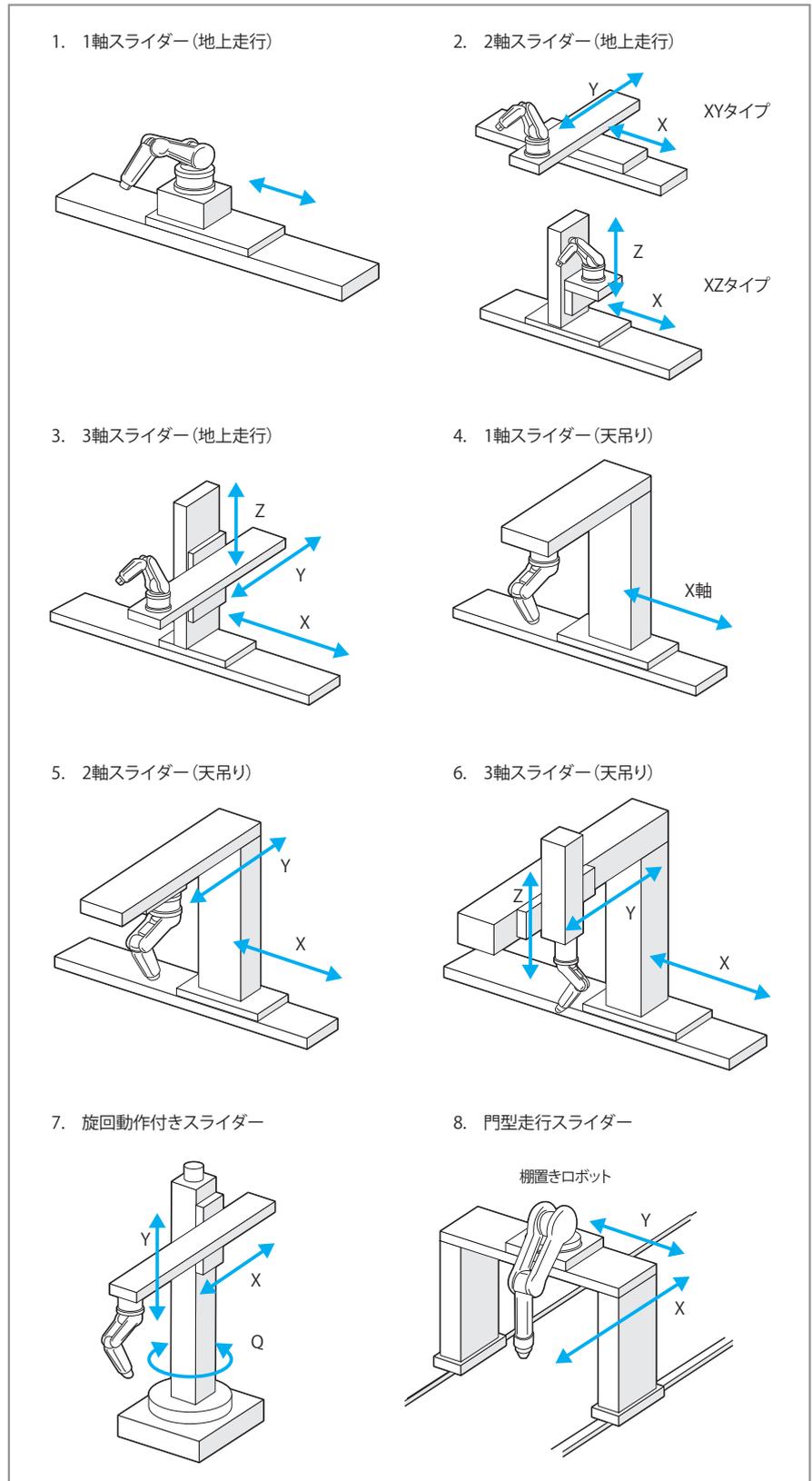
ロボットは自身の1軸目を中心とし、半球に近い動作範囲がある。したがって天吊りレイアウトをとればロボット取付座面の中心から半球形状以上の下向き姿勢が取れ、さらにロボットスライダーと組み合わせることでより大きな動作範囲を確保できることになる。

### 旋回動作付きスライダー

ロボットが作業する対象ワークやポジションナーが放射線状にレイアウトされた場合などには、ロボットスライダー自身を旋回させる必要が生じる場合がある。

## ロボットスライダーの種類

1. 1軸スライダー（地上走行）
2. 2軸スライダー（地上走行）
3. 3軸スライダー（地上走行）
4. 1軸スライダー（天吊り）
5. 2軸スライダー（天吊り）
6. 3軸スライダー（天吊り）
7. 旋回動作付きスライダー
8. 門型走行スライダー



## スライダー設計上の注意事項

### 1. 必要動作範囲の検討

対象作業における、対象ワークに対するロボットの作業姿勢を検討し、スライダーの必要ストロークを検討する。

### 2. 駆動方式の検討

スライダーの駆動方式は主にラック&ピニオンかボールねじ駆動を選定する人が多い。ラック&ピニオン方式はストロークに制限がないという利点があり、ボールねじ駆動は高い精度を実現できるという特徴がある。

### 3. 必要速度の検討

対象作業におけるサイクルタイムや必要動作速度から、スライダーの必要走行速度を検討する。

### 4. 構造体重量の検討

スライダー各軸毎に、稼働させる構造物やロボット、ケーブルなどの総重量を計算する。

### 5. イナーシャの計算

上記3.4.の検討結果を満足させ、スライダー各軸がMAXスピードに達するまでの時間を設定し、そのイナーシャを算出する。

### 6. モータの選定

上記3~5までの検討および計算を行った後、すべての項目を同時に満足できるモータの出力を計算する。荷重変動がな

く到達速度が高い場合はイナーシャの計算が最重要となり、上下に動作する昇降軸などは重量負荷が重要となる。また、いずれの場合も停止時に発生する回生を適切に処理できる機能が必要である。

### 7. ガイドレールの選定

移動する構造物の総重量、最高速度、予想される一日の移動距離、求められる対応年数などからガイドレールの番手、個数などを選定する。

### 8. ケーブルベアの選定

スライダーに取り付くロボットなどの機器に対し、供給する必要がある電源、通信、エア、水などのユーティリティ用のケーブル、ホース、チューブなどのレイアウトを検討し、ストロークや速度に対応したケーブルベアを選定する。

### 9. 適切なスライダーとは

当然のことながら、ロボットスライダーの設計時、ロボットの作業姿勢を検討後、最低限必要なストロークで設計することがコスト的には有利である。しかし、人間による作業において、正しい作業を行う場合正しい姿勢が重要とされるように、ロボットにも対象作業において適切な作業姿勢が存在する。すなわち、「アームが届けばそれでよい」という事ではない。

## 主な不具合内容とその対策

1. 動作時、過負荷エラーとなる。または、予定の時間で設計速度に到達しない。

出力不足。イナーシャの計算が適切か？ガイドレール部、ケーブルベアなどの抵抗を考慮しているかを検証する必要がある。

### 2. 停止制度が悪い。

ラック&ピニオン駆動の場合、バックラッシュ調整を適切に行う。減速機自身や、減速機とモータの接続カップリングのバックラッシュ、ロストモーションなどにも細心の注意が必要である。

### 3. 昇降軸において、上昇時には稼働するが、下降時に異常となる。

回生による異常。同様の異常は水平スライド時の減速停止時にも発生する。

### 4. ガイドレールが壊れる。

ガイドレールの選定ミス。または、計算ミス。複数のブロックを使用する場合には一番負荷が多いブロックで検討する。寿命の計算も同様に行う。

### 5. ケーブルベアが壊れる。

ケーブルベアの選定ミス。ケーブルベアの許容速度や、許容量に注意する。

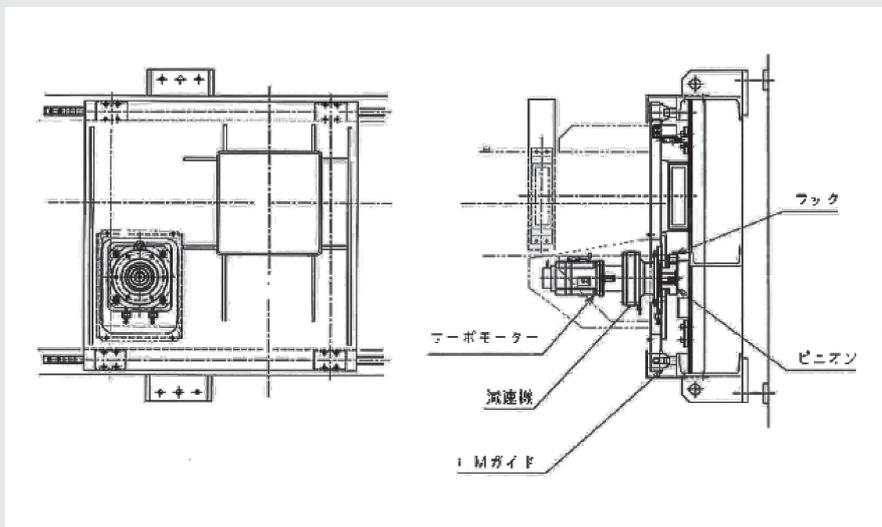
### 6. ケーブルなどが断線する。

ケーブルなどの選定ミス。屈曲性の良いケーブル、ホースなどを選定する。

### 7. 揺れ、撓みが大きい。

特に溶接ロボット用のロボットスライダーは、ウィーピングしながらの動作もあるので固有振動数などの検討も必要。

## ● ロボット走行軸の計算例 (地上走行式、ラック&ピニオン)



### ガイドブロックにかかる負荷

スライドテーブル上の複数のガイドブロックにかかる荷重を個別に算出する。

### 走行スピード

ピニオン径  $\varphi D$

減速機減速比  $i$

モータ定格回転数  $n$

$$V = n \times \pi D \div i$$

### ケーブルベアの選定

ケーブルベア内に収納するすべてのケーブル、ホール類のレイアウトを作図して検討する。

### 走行モータの選定

走行する構造体の重量、到達速度、加速時間からモータの必要出力トルクを求める。

# 8. ロボット用治具の設計

現在様々な用途で活躍しているロボットではあるが、その対象作業を円滑に、また品質を整えるために、治具と言われるものが必要となる。人が何かしらの作業をする場合には左手で対象物を固定し、右手で作業をすることがある。いわば治具とはこの作業における左手の役目を果たしているともいえる。常に寸法通りのものが生産できる治具を設計する能力は、ロボットシステムの構築において必要不可欠である。

## ロボット用治具とは

ロボット用治具とは、ロボットを用いて何らかの作業を行う場合、対象のワークを適切に固定するものである。用途によってワークの固定方法、基準のとり方、材質などが違うが、いずれの治具も品質の整った製品を製造することを目的としている。近年、多品種少量生産に対応する治具の設計が課題となることが多い。

### アーク溶接ロボット用治具

アーク溶接ロボットに用いる治具は主に仮溶接用と本溶接用の2種類がある。仮溶接用の治具はすべてのパーツを位置決め固定することが必須となる。しかし、本溶接時にはクランプなどが邪魔になるため、本溶接治具は極力少ないクランプで位置決めと固定を行う。また本溶接時には裏面からの溶接なども存在するため、治具ベースに溶接トーチが入る穴を開けることもある。

### スポットロボット用治具

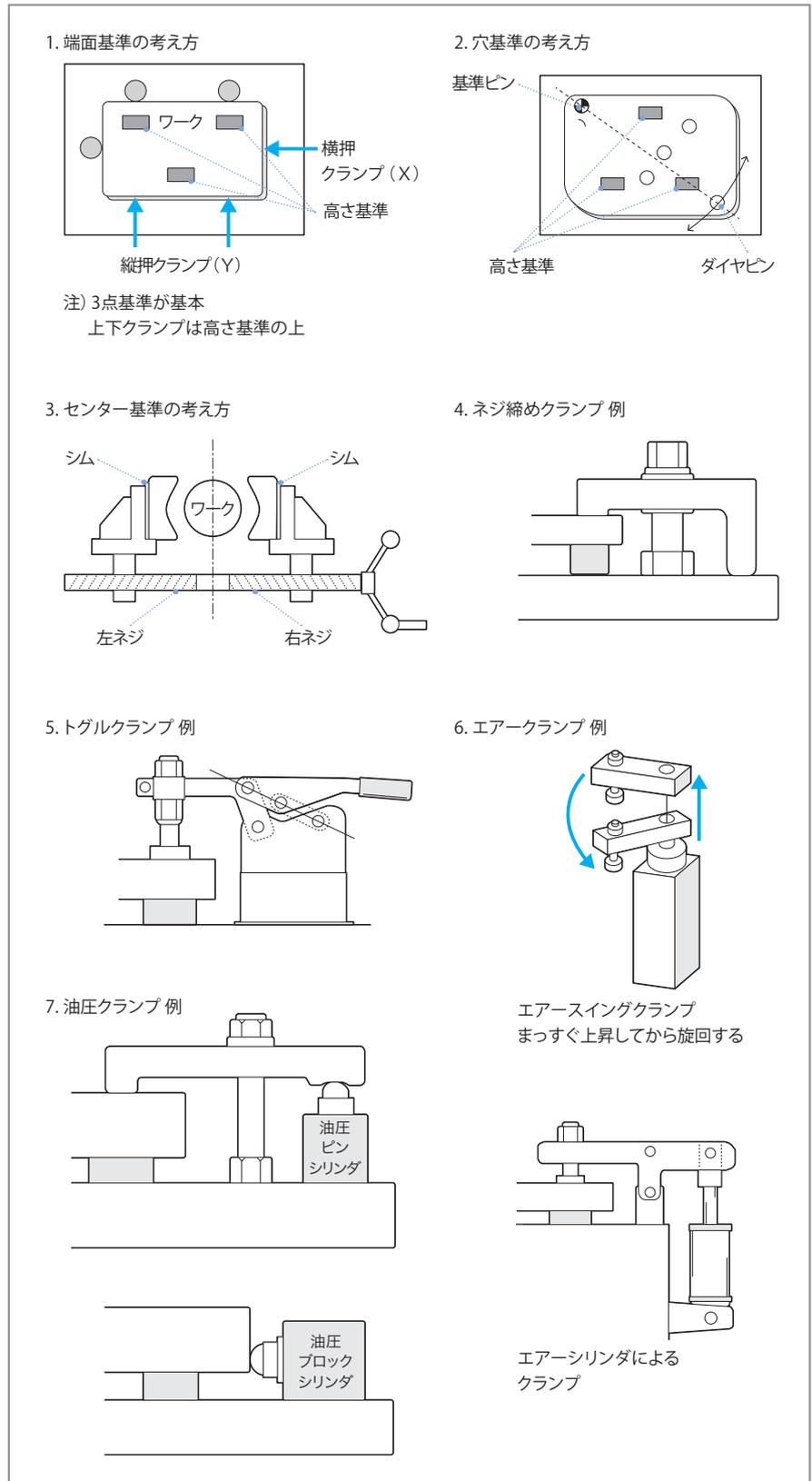
スポットロボット治具はすべてのパーツを位置決めし、クランプする。スポットガンのアクセスができるような工夫が必要となる。

### 加工ロボット用治具

加工ロボット用の治具は特に加工の振動などに耐えうる高剛性のものが要求される。クランプ方式もエア式など反力で位置決めが確保できなくなる方式は避けるべきである。

## 治具の位置決め及びクランプ手段

1. 端面基準
2. 穴基準
3. センター基準
4. ねじ締めクランプ方式
5. トグルクランプ方式
6. エアークランプ方式
7. 油圧クランプ方式



## ロボット治具設計上の注意事項

### 1. ワークの基準の検討

対象ワークの図面より基準を決定する。片側端面基準、センター振り分け基準、位置決め穴基準などが主となる。なお、基準はX、Y、Zの三次元方向に対して存在している。

### 2. ワークの固定方法の検討

対象作業により、ワークの固定方法が異なることが多い。仮溶接などは簡単なトグルクランプ、本溶接には歪みに耐える油圧やねじ締めによるクランプ、スポット溶接にはエアークランプなどがよく用いられる。

### 3. 多品種対応の検討

治具を段取り替えて多品種生産に対応することがある。基準を変える場合、クランパーのストロークなどで対応する場合などがあるが、いずれも段取り替え時間が短く、作業が簡単であることが要求される。

### 4. 耐環境対策の検討

溶接ロボットの場合はスパッタ、ヒュームの対策、加工ロボットは切粉、粉塵などの対策、溶断ロボットは耐熱対策などが必要となる。

### 5. メンテナンス性の考慮

いずれの治具も長年使用していると部分的に消耗することが考えられる。その場合、基準となるブラケットやピンを取り

換えるようなこともある。その場合の基準となるブラケットやピン自身の取付基準を設けるなどして再現性を確保する。

### 6. 配線や配管に対する配慮

いずれの作業でもその治具に取り付いているセンサなどの配線、クランプ用シリンダ用のエアや油圧の配管を適切に保護する必要がある。

### 7. 適切なロボット治具とは

治具は製造するワークの求められる寸法に忠実に設計することが基本であるが、溶接など作業によってワークにひずみを生じるものもある。最適な治具とは、その治具を用いて生産すれば、求められる寸法の製品ができる治具である。

## 主な不具合内容とその対策

### 1. 位置決めが完全ではない。

端面基準で位置決めを行う場合、X方向とY方向の2か所に基準のあたりを設けると、ワークの直角度によって取付誤差が生じる。この場合どちらか一方を面基準とし、もう一方を点当たりなどにする必要はある。

### 2. ピンが基準穴に入らない。

穴基準の治具を設計する場合、2か所の基準穴があっても2本の基準ピンを用いると公差により入らないことがある。基準穴は1つとし、他方の穴には回転方向の位置決めを行うダイヤピンなどを用いてワークの公差に対応する必要がある。

### 3. 作業中にクランパーが動く。

溶接作業時の歪や、加工作業時の振動や加工歪によってワークを固定すべきクランパーがその応力によって逃げる可能性がある。この場合エアなどの圧縮特性がある流体を使用したアクチュエータは使用せず、ねじにより締め付けなどの方式を採用すべきである。高精度を要求される場合には非圧縮性の油圧を用いた場合でもホースの膨らみなどがあることを考慮すべきである。

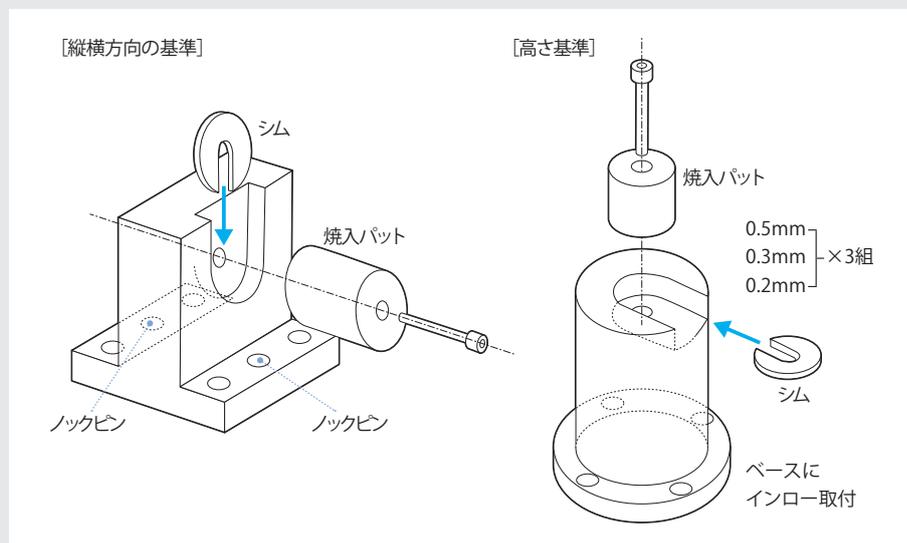
### 4. 溶接時に治具が壊れた。

厚板多層盛り溶接などを行う場合、溶接歪による応力は非常に大きく、歪まないように固定することは不可能である。むしろ治具が変形しないように積極的にクランパーを逃がす構造が求められる。この場合は油圧アクチュエータを用いてリリーフバルブで内圧を逃がし、常に一定圧力でクランプする方式などを採用することが多い。

### 5. 製品の仕上がり寸法が悪い。

治具ベースや位置決めブラケット、位置決めピンを機械加工し、精度の良い治具を製作しても、ワークの許容精度が大きく、作業における歪などもあり、作業後のワークの寸法精度が許容範囲に入らないことがある。このようなワークに対する治具は、基準パットや基準ピンの取付部に予め一定のシムを挿入しておき、そのシム調整によって結果的に許容寸法内の製品ができる治具に仕上げる必要がある。

### ④ 位置決め基準パットがシム調整できる構造の例



スポット溶接ロボット用の治具などにおいて、板金パーツを位置決めする場合X、Y、Z方向の基準には予め0.5mm、0.3mm、0.2mmのシムを3枚づつ、合計3mmのシムを挿入してノミナル寸法通りの治具を製作する。ロボットで溶接し、溶接後のワーク(歪んでいるワーク)の寸法を測定してシム調整し、溶接後に許容範囲に入るように治具を崩す。

# 9. ポジショナーの設計

正確なものづくりを行う上で作業姿勢は大変重要な事項であるが、それは人手による作業に限ったものではなく、ロボットを用いた作業においても同様である。様々なロボット作業において、適切な作業姿勢を確保するための装置、すなわちポジショナーを設計する能力はロボットシステムの構築において必要不可欠である。

## ポジショナーとは

ポジショナーとは様々な作業を行う上での最適な姿勢、すなわちポジションを確保するための装置である。また、ワークの姿勢を変えることで、ロボットの動作範囲を拡張する効果も生じる。

### 溶接用ポジショナー

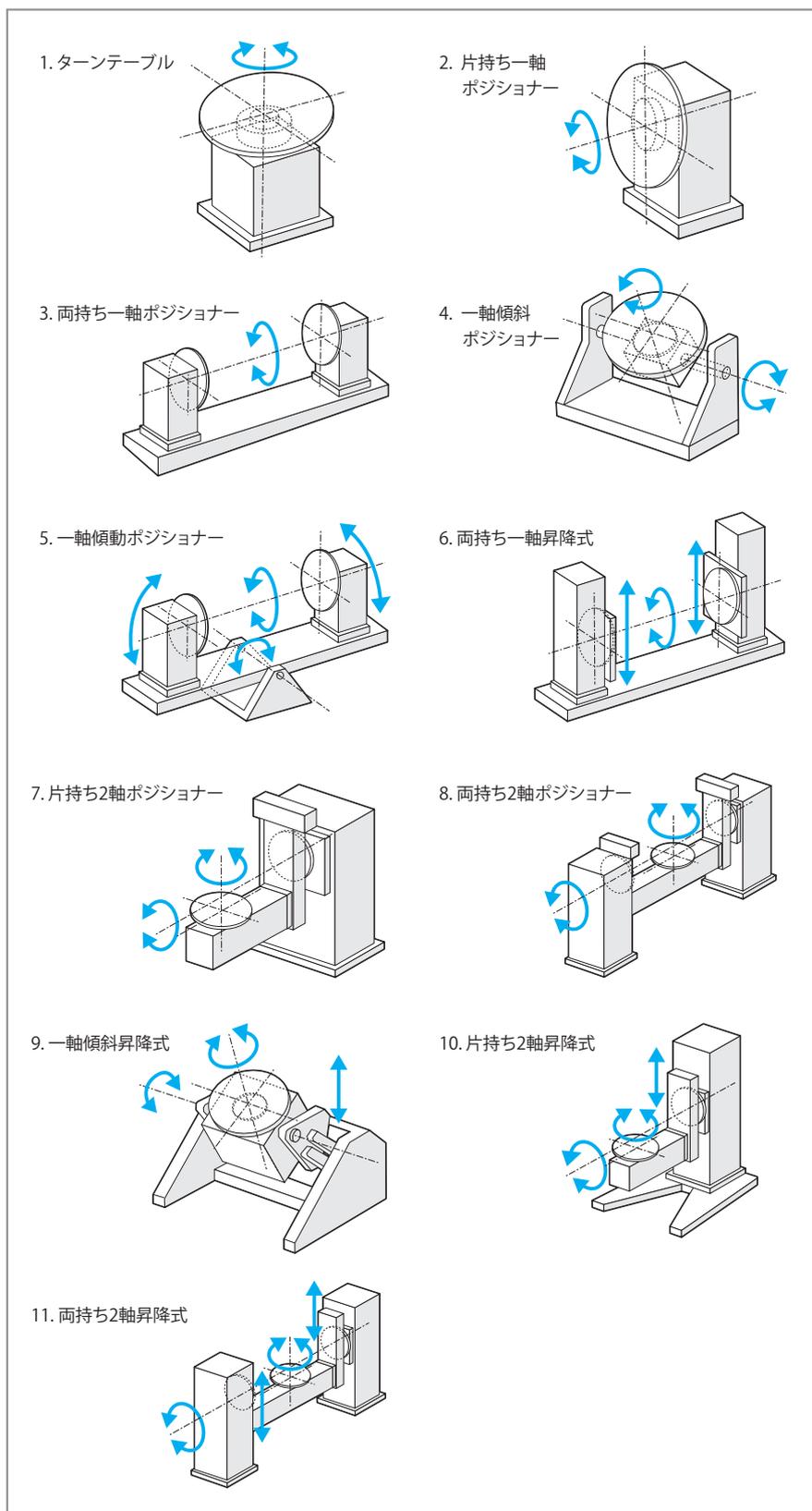
良質な溶接作業を行うためには、下向きの姿勢を確保することが重要である。また、姿勢を変えるだけの用途であるならば、位置決め機能だけで満たされるが、ボスの溶接作業など対象物を回転させながら溶接する場合には速度制御が必要となる。さらに角パイプのフランジ溶接などを行う場合には、直線部はロボットが動作して溶接し、角R部はポジショナーが回転するとともに、ロボットも移動する必要がある。したがってロボットとの協調制御が必須となる。

### 他用途のポジショナー

様々な用途において、作業対象ワークの側面や裏側などの作業を連続的に行うために、ポジショナーを採用することは大変有効である。対象作業に応じて、位置決め制御で完結するものや、速度制御が必要となるもの、ロボットとの協調制御が必要となるものなどがあるが、対象作業を満足するために最低限必要な機能を見極める考察が重要となる。

## ポジショナーの種類

1. ターンテーブル
2. 片持ち一軸ポジショナー
3. 両持ち一軸ポジショナー
4. 一軸傾斜ポジショナー
5. 一軸傾動ポジショナー
6. 両持ち一軸昇降式
7. 片持ち2軸ポジショナー
8. 両持ち2軸ポジショナー
9. 一軸傾斜昇降式
10. 片持ち2軸昇降式
11. 両持ち2軸昇降式



## ポジショナー設計上の注意事項

### 1. 重心位置の検討

搭載する治具、対象ワークのそれぞれの重量と、その重心位置を算出する。

### 2. 回転中心の検討

対象作業をロボットで行うことを想定して、ロボットの動作範囲との兼ね合いを考慮し、ワークの反転や回転動作時の回転中心をどこにすべきかを検討する。

### 3. 必要トルクの計算

上記1.2.の検討からポジショナーの各動作軸の必要トルクを算出する。この場合モーメントアームがマイナスになる負荷もあり得るので注意が必要である。ワークや治具が搭載されていない場合の負荷トルク（ポジショナー自身のアンバランストルク）も必ず考慮すること。最も効率的なポジショナーは、総負荷トルクが、最大のマイナス値になるワークと最大のプラス値になるワークを想定し、その絶対値が等しくなる重心位置関係が最良である。

### 4. 回転速度の検討

製作するロボットシステムの要求されるサイクルタイムからポジショナー各軸の回転速度を決定する。

溶接ロボットシステムに多く見られるポジショナーとロボットを協調させて作業させる必要がある場合は、回転軸心に一番近い作業位置で、その周速が動作の速度を上回る必要があるので注意が必要となる。

### 5. イナーシャの計算

ポジショナーが指定速度に達するまでの時間を、イナーシャの計算にて確認する。ポジショナーとロボットが協調して稼働する必要がある場合は特にイナーシャの計算が重要となる。

### 6. モータの選定

上記1~5までの検討、および計算を行った後、すべての項目を満足できるモータの出力を計算する。

### 7. 減速機の選定

モータの定格回転数とポジショナー各軸の定格回転数の比がその軸に対する総減速比となる。機械構造を決定したのち、減速機の適正減速比を検討し、モータ出力トルクより大きな許容トルクを有する減速機を選定する。

### 8. ブレーキの選定

安全のため、選定した減速機の許容トルクを上回る制動トルクを有するブレーキを選定する。

### 9. 安全なポジショナーとは

各構成部品の詳細な強度計算などは当然のこととして実施するとして、以下の関係が成り立つ駆動系を設計することが望ましい。

総負荷トルク < 出力トルク

出力トルク < 許容トルク

許容トルク < 制動トルク

(いずれも出力軸換算)

(効率を考慮すること)

なお、以下の注意事項を付け加える。

ポジショナーに大型のワークを搭載し、何らかの事情でワークの端部に作業者が乗った時に総負荷トルクが許容トルクを超え、減速機が破損して人身事故となった事例を聞いたことがある。本来、ワークに人が乗ることがあってはならないのであるが、総負荷トルクを検討する場合には、そういった事象を考慮したマージンを見込むべきであるとする。

## 主な不具合内容とその対策

1. ワークを搭載していなければ回るが、ワークを搭載すると回らない。

出力不足か、回転中心の位置が不適切。

2. ワークを搭載すると回るが、空荷では回らない。

出力不足か、回転中心の位置が不適切。

3. プラス負荷時には回るが、マイナス負荷時に異常停止する。

回生による異常。

4. ゆっくり回すと回るが、高速で回すと異常停止する。

イナーシャの検討が不適切。

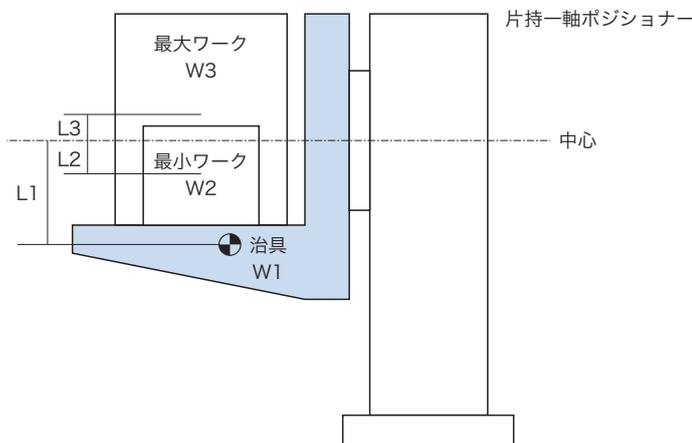
5. 回転時にしゃくり動作する。

ゲイン調整の不適切、または出力不足。

6. 上死点（負荷がプラスからマイナスに移行するタイミング）でがたつく。バックラッシュが多い。

バックラッシュ調整を適切に行う。

### 片持ち一軸ポジショナーにおける計算例



負荷トルク、T  
治具、 $T1=W1 \times L1$   
最小ワーク、 $T2=W2 \times L2$   
最大ワーク、 $T3=W3 \times L3$   
 $T=|T1+T2|$  又は  $|T1+T3|$

ポジショナー出力軸トルク、 $T0$   
歯車減速比、 $K2$   
歯車効率、 $\eta G$   
 $T0=Tg \times K2 \times \eta G$

減速機出力軸トルク、 $Tg$   
モータ出力軸トルク、 $T$   
減速機減速比、 $K1$   
減速機効率、 $\eta g$   
減速機許容トルク、 $Tg \max$

出力軸換算ブレーキトルク、 $TB$   
 $T < T0 < TB$