

# ロボットシステムインテグレータの スキル読本 [第一版]

Reference Book of Robot System Integrator's Skills



## はじめに

本書は、2017年6月に第一版が策定された「ロボットシステムインテグレータ(ロボットSier)スキル標準」で規定するスキルと関連する内容を中心として、その概要を解説したものである。つまり、ロボットシステムインテグレータの業務を理解するために、ロボットを使用した機械システムの導入提案から設計、組立など一連のプロセスに関わる事柄について、体系的に説明を行ったガイドブックとして見る事ができる。

これからこの分野に関わろうと考えている方を対象読者として想定し、まず初めに知っておきたいという知識を効率的に学べるよう、1テーマを原則見開き2ページの分量として要点をまとめており、順不同でどの項目からでも読み進められるような構成としている。そのため、既にこの分野に関わっている方にとっても、これまで自身の業務では触れてこなかった部分について本書から補完するといった使い方も可能である。

本書の原稿は、実際にロボットシステムインテグレータとして業務を行っている企業のほか各分野の専門家などが分担で執筆を行ったものであるが、執筆者は特に実務上の観点で知っておくべき内容に重点を置いて記載するよう心掛けたものである。なお、本書はあくまで各テーマにおける導入部分の知識を解説することを目的としているため、より専門的かつ高度な内容に関しては、既に数多く存在する専門書などを参照いただきたい。

本書を一つのきっかけとして、ロボットシステムインテグレータの業務に関心を持ち、この分野に参画しようとする方が増えることにつながれば幸いである。

経済産業省 製造産業局 産業機械課 ロボット政策室  
一般社団法人 日本ロボット工業会

2018年5月31日 第一版発行



# INDEX

## 01. 組織体制

システムインテグレータとシステムエンジニアリング	2
プロジェクト管理概要	4
プロジェクト管理手法	6
ロボットシステム事業におけるコンプライアンス	8
特許権等の侵害に関する調査・対策	10
アフターサービス	12
仕様書作成	14
営業技術	16

## 02. 生産技術

生産技術概論	18
--------	----

## 03. 安全／品質対応

リスクアセスメントとリスク低減策	22
品質保証(品質マネジメント)	26

## 04. 機械設計

機械設計・製図	30
CADによる設計	32
エンドエフェクタ(ロボットハンド)の設計	34
適切な駆動機器の選定	36
適切なセンサの選定	38
ロボット用架台の設計	40
ロボット用スライダの設計	42
ロボット用治具の設計	44
ポジショナーの設計	46

## 05. 電気設計

電気設計	48
制御盤の設計	50

## 06. ロボット制御

用途別のロボットタイプ対応	52
ロボットシステムのシミュレーション	54
力覚センサの活用	56
コンベアトラッキング	58
産業用ロボットの制御プログラム	60
ロボットのティーチング	62

## 07. 画像処理

画像処理	64
------	----

## 08. システム制御

モーションコントロール	66
タッチパネル画面作成	68
FAにおけるネットワーク	70
PLCプログラミング	72
ミドルウェア・情報連携(IoT)	74

## 09. 電気配線

電気配線	76
LAN工事	78

## 10. 機械組立

機械組立	80
配管	82
組立精度評価	84

○参考・引用文献一覧	86
○執筆者一覧	87

コラムには実務上参考になる話が掲載されています。

### ▶ コラム

仕様作成の際、現地調査で物理的調査をする場合、以前は写真や動画を撮り必要箇所の寸法を測っていた。この場合、機械の動作していない休日の調査しかできないといった時間的制約の問題や、調査時の寸法の抜け漏れ、基準の取り方や複数人での調査の手間などの問題がありコストに跳ね返っていた。

これに対し、近年では三次元スキャナを用いて工場内設備をスキャンする事ができ、これにより調査の抜け漏れが皆無になる上、調査精度が飛躍的に向上している。時間的にも早く、調査も1~2人程度で可能なため、その有用性が認められ始めている。

三次元スキャナの初期投資は現状1,000万円近くかかる。しかし、調査漏れによる再調査や調査ミスによるモノの干渉などによって起こる、設計製品の影響手戻りや現地での現物によるトラブルは、コストだけでなく納期や顧客の信頼性低下にもつながってしまう。新しい技術を用い、これまでと違う仕様作成の精度UPや効率化を図ることが求められ始めている。

※本誌記載の会社名・製品名等は各社の商標または登録商標です。



# 1. システムインテグレータとシステムエンジニアリング

システムインテグレータは、ロボットなどFA機材を最大限に活かし、エンドユーザの望む自動化を実現することにより、製造業を底支える事業体である。

## 生産設備投資とシステムインテグレータ

本来、製造業の自動化設備投資は、生産規模拡大への対応、生産製品品質の安定化、納期短縮、生産原価の低減など、生産の能力や効率の向上を目的として行うものである。一方、自動化設備投資側は、その工場の立地、資金力や技術力、これまでの発展経緯、今後の企業計画など、たとえ同じ業種で同じ製品を製造している工場であっても状況は様々である。

効果の高い設備導入により強い競争力を生み出すためには、そのエンドユーザにとって最適な自動化は何か、これを見極めることが最重要ポイントである。導入設備稼働後も競争力維持のためには、引き続き改良改善活動も必要である。

この役割を担うのがシステムインテグレータとなる。消極的には、指定された機材を使用してエンドユーザの要求仕様を忠実に実現するという姿勢も考えられるかもしれないが、最近のように厳しい国際競争の中で強さを産み出す最適解に到達するためには、図1に示すように、機器ベンダ側ともエンドユーザ側とも課題を共有し、協業体制の中心的な役割を果たすことが理想である。従来のどちらかという機器ベンダとエンドユーザの板挟みで利幅の薄い仕事に追いつめられがちな傾向から脱して、ロボットなどの機器の供給者には製品企画に対する情報発信力をつけ、エンドユーザに対してはコンサルティング能力も発揮できるような付加価値の高い職種として発展することが期待される。

## システムインテグレータとエンドユーザの強調と合意形成

ロボット革命イニシアティブ協議会の成果として公表された「プロセス標準 (RIPS)」は、このwin-win-winの関係、特にエンドユーザとシステムインテグレータ間で両者納得のいく仕事を進めるための手順、スキル標準はそれを進めるにあたってシステムインテグレータが備えるべきスキルを標準化したものである。

システムインテグレータはこれら標準を参照し、エンドユーザから明確な目標仕様と的確な情報提供を得て、使い慣れた機器やサービスを駆使して生産設備を完成、妥当な対価で納入する、という仕事ができればよいのであるが、現実には様々な阻害要因がある。ここでは現状でありがちな阻害要因を挙げながら、システムインテグレータの役割を分析してみることにする。

生産設備システムの自動化商談は、エンドユーザからシステムインテグレータに、自動化の目的、生産対象製品と生産規模、部品の供給方法、設置レイアウトなどの概略目標仕様を提示することから始まる。プロセス標準では引き合いから企画構想に至る準備フェーズであるが、実はこの段階でのシステムインテグレータとエンドユーザの協調による合意形成がその後の展開を大きく左右するのである。

エンドユーザの自動化の目的は、設備設計の方針を決めるものであるが、最近では「このあたりで生産能力の充実をはからないといけないうらう」という危機感が先行し「ロボットの導入を考えている」「IoTを活

用したい」といった手段が語られるだけ、あるいは「ともかく現状で考えられる最良の案を持ってこい」という丸投げで顧客の目的が明確に示されない引き合いも増えている。目標が明確でなければ、優れた生産設備など実現できるはずもない。もちろん明確な目標が提示されないことが問題であるが、システムインテグレータは生産設備構築のプロフェッショナルとして、エンドユーザが目指すべき方向を見つけてそちらに誘導する能力も必要である。

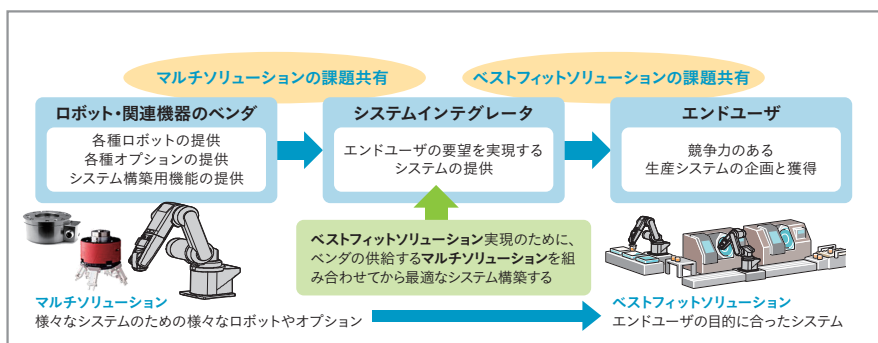
図2に自動化設備の仕様構想と設計に必要な諸元を示す。企画構想は、顧客の要望を整理して目標仕様を明確にしてこれを実現することを目的とした設備構想を明示するプロセスである。ここでエンドユーザとシステムインテグレータの合意を形成できれば受発注の契約を経て、次の設計に進む。合意形成に至るプロセスでは、図2のシステム設計のブロックに示した「顧客と協議する事項」で、目標を達成するために、妥協を求めたり譲歩したり、あるいは挑戦的な課題設定をしたり、試行を前提としたり、緩急交えた真摯な協議が必要となる。

なお、ここでいうシステムインテグレータとは、システムエンジニアリングを担当する事業体を意味しており、必ずしも独立した一企業ということではない。複数の企業が協業体制を組む場合もあれば、エンドユーザの1部門の場合も、設備機器ベンダのエンジニアリング部門の場合もある。

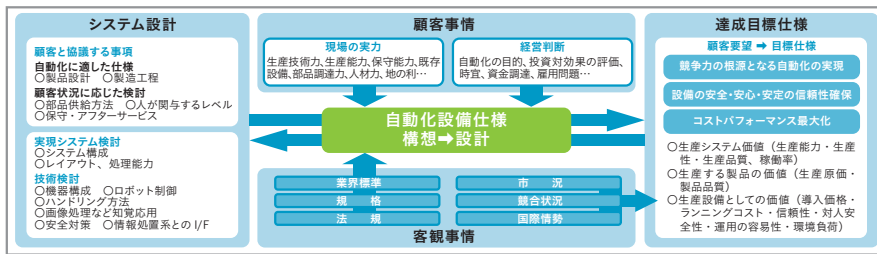
## 技術としてのシステムエンジニアリング

### 1. 合意形成のためのバリューエンジニアリング

先の合意形成のためには多くの取捨選択が必要で、このプロセスは工学的には生産技術を基軸とした生産設備のバリューエンジニアリングに相当する。バリューエンジニアリングとは、言い換えればコストパフォーマンスの最大化である。コストが制約されている場合は、その範囲内で目標機能性能 (パフォーマンス) を







最大化にする努力で、目標仕様(パフォーマンス)が設定されている場合は、それを実現するためのコストの最小化努力になる。通常は、コスト側もパフォーマンス側も何らかの妥協が必要となる。合意形成とはコスト側とパフォーマンス側の両者納得のいく折り合い点を見つめる努力をすることである。

現在の生産技術の問題は個別技術に細分化され、生産を概括的に捉える体系に乏しいことである。生産設備システム設計の妥当性を評価したり、無駄を排除したり、冗長性と柔軟性を評価したり、というのは、体系として学習するのではなく、システムインテグレータのノウハウとして蓄積されているはずである。このノウハウの優劣がシステムインテグレータとしての優劣を決するものでもある。

合意形成に至った場合も至らない場合も受発注に進むかどうかは、事業的判断に委ねられる。システムインテグレータ側から見ると、納得のいく合意形成に至らなければ、商談辞退になるが、将来に向けたチャレンジと捉えるべき場面もある。合意形成に至った場合でもその後の技術リスクやビジネスリスクへの配慮を加味する必要もある。エンドユーザ側にもこの裏返しと同様の事業判断が必要となる。

## 2. 目標実現のためのシステムエンジニアリング

設計製造から引き渡しまでの全ての実務は、合意形成された目標実現、すなわち目標仕様を所定のコストで実現するための活動でこれに必要な技術の総称がシステムエンジニアリングである。

システムエンジニアリングはプロセス標準を参照した工程で、スキル標準で展開されている技術を駆使する活動なので、それぞれの解説を参照していただきたい。標準的に語れないのが、想定内、想定外の阻害要因の発生への対応である。エンドユーザ側がシステムインテグレータ側一方の手落ちもあるかもしれないし、双方の共同責任かもしれない。双方に全く想定外のこともあるかもしれない。明確な一方の手落ちの場合はもちろん手落ち側が善後策の責任を負うことになるが、計画や工程がしっかりしていればなおさらのこと、仕様、コスト、納期な

どいずれかへの影響は免れない。そのため多くの解決には相手方の理解と協力が必要となる。量産事業よりも個産事業では多く発生することで、これはシステムインテグレータの事業が概ね個産製造である以上、本質的な事業リスクでもある。

いずれにせよ、いち早く状況・情報を開示してベストな善後策を迅速に実施する。仕様、コスト、納期などに係る変更がやむを得ず必要になる場合は契約内容を修正合意することも必要である。善後策の適切さは契約変更へのダメージの大小で評価される。ここも技術力の差が大きく出るところである。いずれにせよ、受発注双方の風通しを良くしておく努力は、技術鍛錬と同等以上に必要なことである。

## ロボット・関連機器ベンダとの関係

生産技術の所在は、日本が高度成長期や安定成長期にあった30年近く前までと比べて、エンドユーザからシステムインテグレータや生産設備業者にシフトしている。国際競争が激化しているため、生産現場に余力がなくなっており、ロボットなど生産設備の最新技術を適用したものづくり技術は、システムインテグレータに委ねる傾向が強くなっている。もちろんシステムインテグレータもそれぞれ得意とする分野を確立する必要があるが、様々なバリエーションをこなしていくうちに、ノウハウやスキルが蓄積され、生産技術の専門家としての地位が確立される。

ロボットメーカーにとって最終的な需要顧客はエンドユーザである。しかし、直接的に生産設備用機材としてのロボットの優劣を判断する顧客としてシステムインテグレータを意識する傾向は増々強くなっている。例えば、ロボットの製品企画において「使いやすさ」を考える上で、日常的な操作や点検上での「使いやすさ」ということでは、製造現場の作業者を想定するが、プログラムの組みやすさ、ティーチングの容易性、さらにはシステムの設計製造の時間短縮やコストダウン、アフターサービスのしやすさなど、広い意味での「使いやすさ」という点では、直接的な恩恵を受けるシステムインテグレータの意見を尊重することとなる。最近ロボッ

トメーカー各社では、システムインテグレータとのパートナーシップを標榜したゆるやかな組織化をはかっているが、ここには、具体的なシステム商談での協業体制づくりという直接的な目的に加え、製品企画に反映できる有効な情報チャンネルとしての期待もある。いずれにせよ、このような体制の有無にかかわらず、システムインテグレータが生産技術の専門家として、ロボットメーカーに対して強く要望や不満を提示することはロボットを生産財として強化し価値向上することにつながる。あらゆる自動化機器についても同様で、システムインテグレータの取捨選択が生産財産業の強化の一環であることを強く意識すべきであると考え。

## システムインテグレータの事業価値向上への期待

現在全国にロボットを適用する生産システムインテグレータは、およそ1,000社ほどと推定している。ロボットのアプリケーションを中心としたロボット熟達企業から、本業は何らかの専用機メーカーながら時としてロボットも応用するという企業まで、ロボットの適用形態は様々である。また、食品業界全般の自動化を得意とする企業から画像処理など突出した得意技術を中心とした企業まで、技術的守備範囲も様々である。

企業規模としては、毎回異なるシステム商談に小回りを利かせて柔軟に対応できるような、10人から200人位までの小規模企業が圧倒的多数である。しかし、最近では、ロボット活用ニーズ拡大と製造業の国際競争激化に伴い下記の現況変化がある。課題も多いが、課題を克服することによりさらに成長する機会でもある。今後の日本の製造業の活性化には自動化を担うシステムインテグレータの活躍が不可欠である。

### ロボットシステムエンジニアリングの課題

#### 【現況】

- 自動化要望作業の多様化・複雑化
- 自動化に熟達していない顧客が増加
- 情報処理系との連携仕様が增加
- 価格・納期の厳しい商談の増加

#### 【課題】

- システムインテグレータの収益性改善
- 生産自動化専門家人材の確保と育成
- 臨機応変な相互補完協業体制
- 新鮮な技術情報の獲得
- 正確な、規格や関連法規情報の獲得
- 良質な営業チャンネルの確保
- 事業上のリスクヘッジ手段の獲得

## 2. プロジェクト管理概要

ロボットシステムを導入する際、顧客からは当然「納期」「品質」を求められる。一方、Sierとしては「コスト」が重要となる。これらを満たすためにプロジェクトでは作業範囲を明確にし、その進捗状況を管理する必要がある。プロジェクト成功のいかにプロジェクトの健康状態の把握と、問題発生時の早急な対処にかかっている。その為にも状況の可視化と共有がプロジェクト成功において非常に重要となる。

### プロジェクト管理の必要性

ITと比較し、FAでは今までプロジェクト管理手法が定義されていなかった。

定義されていないがゆえに管理項目や範囲が管理者によって統一されていなかった。

そのため適切なプロジェクト管理が行われず、プロジェクトの状況（進捗、コスト、リスクなど）が正しく把握できていないといったことが発生していた。

プロジェクトとしては、目標（ゴール）を明確にし、そこに到達するまでの過程をきちんと管理していく必要がある。

### プロジェクト管理項目

#### 1. 作業範囲

プロジェクト開始時に、まずプロジェクト計画書を作成し、プロジェクトとしての作業範囲を明確にする。

プロジェクト範囲をWBS (Work Breakdown Structure) などの手法を用いてブレイクダウンし、受託範囲とその作業内容及び、そこで作成される成果物に対し顧客の合意を得ておく必要がある。

特に前後工程との連携がある場合など後々責任範囲で問題とならないよう、事前の合意が重要となる。

#### 2. スケジュール(進捗)

マスタスケジュール及び、詳細スケジュールを作成し、進捗状況の可視化を行う。

##### ①マスタスケジュール

全体を俯瞰でき、各マイルストーンを設定した大分類スケジュール。

##### ②詳細スケジュール

WBSで洗い出された作業を進捗管理が行えるレベルまで項目を再分化したスケジュール。

詳細スケジュールは、各作業順序・購入品や外部加工品の納期・社内リソースなどを考慮し、日別・週別にて作成する。ここでは、後々想定外の追加作業が発生

し、スケジュール遅延リスクを軽減するためにも、できる限り詳細に作業項目を洗い出すことが重要となる。

この詳細スケジュールを基に、定期的（日別・週別・月別）に進捗状況の確認を行う。進捗の遅れや作業に問題がある場合には早急に適切な対処を行う。

#### 3. コスト管理

当初想定費用に対し、発生コスト（見込みコスト）の管理を行う。費用の内訳として、大きく分けて「労務費」「購入品費」「経費」が挙げられる。

**労務費**：実際の作業工数（社内・社外委託）

**購入品費**：装置に使用する部品などの購入費用

**経費**：出張費用（宿泊交通費）、物流費、販売管理費など

※実際の計上科目は各会社の会計基準によって異なる。

プロジェクト運営においては、作業工数の増加や、不具合に対する緊急対応、追加での部品手配など、突発的に発生するコストが考えられるため、それも見越したコスト計画が必要となる。

#### 4. 品質管理

品質は仕様定義や設計といった上流工程で作成することが重要（フロントローディング）。

##### 品質定義パターン

- ①運用まで含めた品質
- ②装置を連結しての品質
- ③装置単体での品質
- ④部品精度としての品質
- ⑤ドキュメントの品質

といったように、上流工程にて検証内容を予め定義し、一つずつ品質条件を満たしていく必要がある。

#### 5. 要員管理

スケジュールを考慮して体制を確保す

る必要がある。適材適所にて、各役割に応じた人材の選定が必要となる。

またプロジェクトの進捗状況によって、要員の増減が発生するが、状況に合わせた要員計画を行う必要がある。

##### 対応例

- ①作業の割り当てを見直す
- ②要員の追加を行う
- ③スケジュールを調整する

#### 6. リスク管理

プロジェクトに支障をきたさないために、予めリスクの洗い出しを行い、その影響と対策を講じておく必要がある。

この洗い出したリスクに対し、顕在化の兆候を管理し、顕在化した際の影響を最小限に抑えることが重要である。

リスクが顕在化した場合は、課題として対処することとなるが、顕在化したタイミングでの対処で良いのか、または予め対処して芽を摘んでおく必要があるのか判断が必要となる。

いずれにしても、リスクに備えておかないということは課題を放置しているのと同じことである。リスクは「顕在化していない課題」と捉え、事前にリスク対策もしくは顕在化した際の対策方法の検討を行っておく必要がある。

### プロジェクト管理の実行

プロジェクト状況確認は日々実施するのが有効なことはいうまでもない。

しかし、確実にプロジェクトメンバーの時間を奪うことにもつながってしまう。プロジェクト管理ツールなどを活用し、日々の確認は朝会などにてできるだけ短時間で簡潔に行うことを推奨する。その上で、機械・電気・制御のリーダーにて週次で進捗会議を行うと良いであろう。

朝会や進捗会議では、問題が発生している作業を把握し、できるだけ早い段階で対処を行うために情報の共有を行うとともに、事前に作業状況を把握しておくことにより、問題の発生を未然に防ぐこ

とが可能となる。

進捗会議では、プロジェクト状況の確認とともに、情報の共有を行い、目標（ゴール）に向けて意識の共有を図ることが最も重要である。

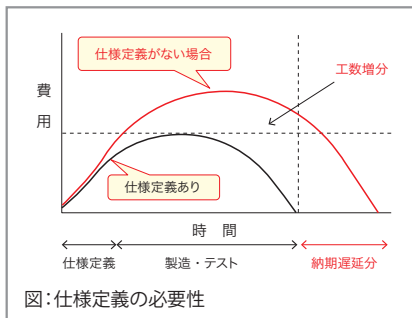
### 仕様定義の重要性

プロジェクト開始時に上記内容を明確にすることにより、目標（ゴール）を明確にする。この中で、顧客要件や運用方法を明確にし、予め合意を得ておくことにより、システム導入時の認識違いを軽減する。

仕様定義を行わない、もしくはおざなりに実施した場合、追加で作業手戻り対応が発生し、結果的に費用も期間もかかってしまうことが考えられ、顧客・Slerともに大きなリスクとなる。

#### 仕様定義内容

- 顧客要件取りまとめ・その実現方法
- システム実現性の検証
- 具体的なシステム構想設計
- 業務運用の確認
- 全体費用算出



### 運用確認の重要性

ロボットシステムはあくまでも「ツール」である。システム導入にあたり、目標（ゴール）の設定と、その目標（ゴール）までの到達方法を想定することが最も重要であり、設計時の機能を満足していれば良い訳ではない。

そのためには運用の定義が要となる。このシステムをどのように運用するかを仕様定義にて明確にしておかないと、せっかく導入したシステムが「使えないシステム」となってしまう可能性がある。或いは、ある部分は自動化されたとしても、その前後工程で人手から脱却できず、結局人員削減にならないといったようなことも起こり得る。

システム導入にあたっては、どのように運用されるのかを視野に入れ、設計に反映させることが重要である。

#### 運用における確認ポイント（例）

- 運用体制は？
- 段取り替えの頻度は？
- システムをとめることは可能か？
- 治具交換の方法は？
- どのような人が作業するのか？
- ワークセット・取り出し方法は？
- 前後工程との連携は？
- 繁忙期、閑散期の体制の違いは？
- メンテナンス性は？
- トラブル時の運用は？

### 分割検収の考え方

今までのロボットシステムの導入では分割検収の概念がなく、システム完成時の一括検収が一般的であった。これに対し、分割検収を適用することは、Slerの資金負担軽減が見込まれるだけではない。分割検収を行わない場合は仕様はまだ明確になっていないタイミング（企画構想）での契約となるがゆえに、必然的にリスク分の費用を盛り込まざるを得ないことになってしまいます。仕様定義工程とそれ以降の工程を分割検収とすることは、顧客にとっても十分メリットがあると考えられる。

※分割回数はプロジェクト規模によって判断となるが、仕様を明確にするためにも2回以上の分割を推奨する。

	推奨		
	小規模プロジェクト	中規模プロジェクト	大規模プロジェクト
①仕様定義		1回目	1回目
②機械設計／購入品	一括		2回目
③製造／テスト		2回目	3回目

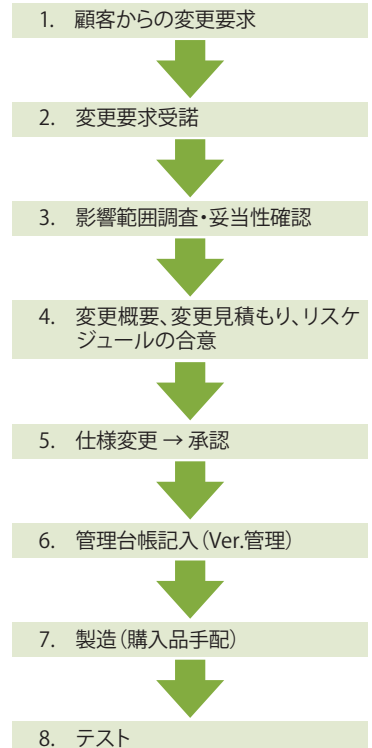
※プロジェクト規模はプロジェクトの特性による。

### 仕様変更の考え方

本来、既に設計プロセス以降の実作業に入ったタイミングでは、安易な変更要求は基本的には受け入れるべきではない。しかし変更の理由から、どうしても対応せざるを得ない場合もあり、その場合には適切な変更管理を行い、運用の実現性及び、プロジェクト管理への影響を最小限に抑える努力をする必要がある。

また、変更対応はたとえ簡単な対応であっても現場レベルでは行うべきではない。安易な対応が、他機能との連携において齟齬を生み、更にドキュメントとの不整合の原因となる可能性があるためである。仕様変更の際には必ず変更管理を行い、関係者合意のもと変更対応を行う必要がある。

#### 仕様変更手順（例）





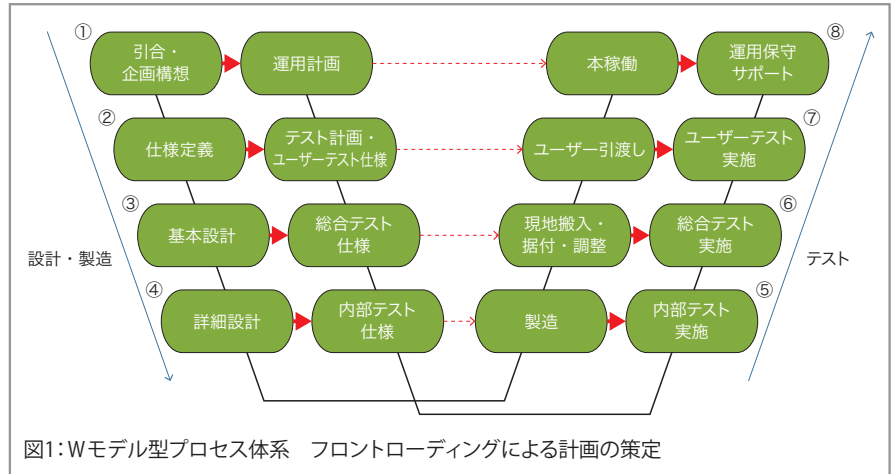
## 3. プロジェクト管理手法

プロジェクト管理に対する考え方のガイドラインとして、またプロジェクトを円滑に進めるための具体的な管理手法として、RIPS (ロボットシステム導入プロセス標準) が定義されている。ロボットシステムの導入では、このRIPSの考え方を活用し、顧客・Slerが齟齬なく円滑なシステム導入作業を推進することが重要である。

### 導入プロセス標準とは

ロボットシステムの導入においては、標準的な導入プロセスを管理する手法が定義されていなかった。そのため顧客との合意形成が曖昧で、導入終盤になって認識の食い違いが発覚し、導入したシステムの変更や追加改修といった手戻りが多々発生していた。

これらを軽減させるため、またドキュメントの平準化により、定義項目の漏れをなくし、本来の目的に合ったロボットシステムを導入するための手順として、RIPS (Robot system Integration Process Standard) が定義された。



### 作業プロセス(工程)

RIPSでは各作業工程を下記のように定義している。

各作業工程にて作成したドキュメント(成果物)を基に顧客の合意を得ながら作業を進めて行く流れとなる。

右記工程一覧(表1)の中で、最も重要となる工程は仕様定義である。

企画構想での見積仕様(見積もり前提条件:顧客要件まとめ、構想案、運用イメージなど)を受け、より詳細に導入するシステムを定義し、必要に応じて見積もりの補正を行う。

また併せて、このタイミングでユーザーテスト仕様書としてシステム運用を考慮した、顧客による最終検証項目を定義し、システム導入プロジェクトの目標(ゴール)を明確にする。

※本来の目標(ゴール)はシステムを活用し、想定した効果が得られるまで。

作業工程		概要	主なドキュメント
準備フェーズ	引合	顧客内にて自動化要望取りまとめ。 ⇒ それを基にしたシステムイメージ提案。	ご提案書
	企画構想	要望の要件化。構想イメージ作成。 見積もり前提条件を明確化。 全体概算見積もり提示。	見積仕様書
設計フェーズ	仕様定義	構想イメージ(詳細)作成及び、要素技術検証の実施。 要件の確定。実運用に則した検証項目の策定。	納入仕様書 ユーザーテスト仕様書
	基本設計	構想イメージ(詳細)からの各機能のユニット化。 ロボットや必要部品の調達。	各種設備仕様書
	詳細設計	基本設計を受けて、各ユニット内容を具現化。	
製造フェーズ	製造	詳細設計を基に、加工・組立・配線・プログラミングなどの実作業。	—
	内部テスト	組み上がったロボットシステムの内部動作確認。また、顧客による出荷前立会検査。	内部テスト報告書
テストフェーズ	総合テスト	実際の顧客先使用環境での動作確認。 ⇒ Sler側の最終確認となる。	総合テスト報告書
	ユーザーテスト	顧客による最終検証(実運用に則した検証)。	ユーザーテスト報告書
稼働後	運用保守サポート	定期メンテナンスを含む保守サポート。	作業報告書

表1:導入プロセス一覧

## ドキュメントでの運用定義

ロボットシステム作成において、各種設備仕様書はもとより、システム導入の最終目標（ゴール）を実現するために必要なドキュメントについて解説する。

設備系のドキュメントは構築するうえで必要性に迫られ作成するが、運用系のドキュメントは、その作成がおざなりになっていることが多い。構築したロボットシステムがどのように運用されるかを事前に想定することによって、より導入効果の高いロボットシステムの構築を行う必要がある。

※設備仕様書に関しては後述。

ドキュメント	目的	主な定義内容
見積仕様書（納入仕様書）	<ul style="list-style-type: none"> <li>●顧客からの自動化の目的や要求事項から、条件や範囲、システム概要を明確にし、見積もりを行うための前提条件を合意する。</li> <li>●設備の機能はもとより、実際の運用にてどのように使用されるかも考慮する。</li> </ul> ※納入仕様書は、見積もり仕様書の内容を更に詳細に記載したものとなる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・システム概要・イメージ</li> <li>・導入の目的・背景・経緯</li> <li>・要求事項・実現方法</li> <li>・想定運用など</li> </ul>
ユーザテスト仕様書	<ul style="list-style-type: none"> <li>●納入仕様書と対になる資料。納入仕様書にて定義された顧客要件が満たされているかを、顧客が「運用面」を踏まえ確認するためのチェックシート。</li> <li>●仕様定義フェーズにてテスト項目を立案し、ユーザテストフェーズにて実際にテストを実施する。この検証の合格を以って要件が満たされていると判断されて、初めて本番に移行する。</li> </ul>	実運用にて想定しうるテストケース <ul style="list-style-type: none"> <li>・正常系</li> <li>・異常系（対処方法含む）</li> </ul>

表2:運用系ドキュメント概要

## セキュリティの考え方

ロボットシステム導入の際、不用意なPCの接続やUSBメモリなどによるデータのやり取りにより、多くの脅威に晒されることとなる。また、IoTの普及により、サイバー攻撃や、ウィルスの脅威が高まることも予測される。

以下のリスク例は、セキュリティに関し明確な規約（ルール）がなかったり、導入の際に接続したPCのOSアップデートやパターンファイル更新などの管理が曖昧であったり、USB接続などによる外部からの容易な接続などが主な原因と考えられる。また、そもそも工場設備は、業務用端末と比較し脆弱性を抱えていることも挙げられる。

セキュリティの脅威が考えられるものに関しては、セキュリティ管理者の選任、規約の確立、ネットワーク環境での考慮、運用の徹底など事前に対策を行い、被害の水際での対応及び、被害発生時の影響範囲の最小化と迅速な復旧を前提とした対策を行うことが重要である。

### 工場でのウィルス感染などによるリスク例

- 設備が稼働できなくなる  
⇒ 生産停止、納期遅延（製品のリスク）
- 不良品の発生  
⇒ 廃棄、リコール（製品のリスク）
- 誤作動による安全性の低下（安全のリスク）
- 実績データの改ざん（分析データのリスク）

## 保証の考え方

ロボットシステム導入にあたっては、予め稼働後の保証内容についても定義しておく必要がある。

### 主な保証内容（例）

- 保証期間について
- 免責事項
- 支給いただいたワークサンプルと実際のワークとの相違に起因する場合
- その他、実費請求となるもの
  - ・不適當な修理・改造・移動又は取扱い上の不注意による障害
  - ・火災・水害・地震その他不可抗力による障害
  - ・摩耗による消耗品の交換
  - ・使用条件外（仕様外）の使用による障害

## 保守・メンテの考え方

導入したシステムは「売り切り」ではない。稼働後のシステム運用保守についても予め定義しておく必要がある。保守作業に関して、顧客作業を明確にし、確実に実施していただくことで安定した稼働を実現し、それでもなおトラブルが発生した時の保守サポート手段についても予め合意を得ておく必要がある。

### 顧客作業（例）

- 日々の運用前点検（エア確認、電圧確認など）
- フィルター清掃（定期実施）
- 消耗品交換（定期実施）
- グリスアップ（定期実施）

### サポート契約（例）

#### ①定期サポート契約

##### サポート内容

- 定例会の実施
- 障害・トラブルの一次切り分け
- 操作・運用方法などに関する問い合わせ
- 定期点検

##### サポート条件

- サポート期間（契約期間）
- サポート範囲
- サポート対応時間帯
- オンサイトでの対応可否

#### ②スポット対応

都度契約

## リスクアセスメントの考え方

### →03 | 安全／品質対応：

- 1.リスクアセスメントとリスク低減策参照。

# 4. ロボットシステム事業におけるコンプライアンス

真摯に事業を推進しているにもかかわらず、法に触れる行為があると事業体そのものの存続にかかわることとなる。知らずにそこに陥らないための注意を記載する。

## ロボットシステム事業に関連する違法

意図的に法令を逸脱するのはまさに犯罪行為だが、真摯な事業体でも知らずに法令に触れてしまう事件は多く発生している。ここでは日常的な業務遂行過程でうっかりして陥ることがある違法行為について取り上げる。

社会の複雑化により事業リスクも多種多様になっている。そのため企業コンプライアンス（企業の違法）体制を整え、社員の違法教育にも力を入れる企業も増えてきた。企業内違法体制として専門部隊の設置が理想であるが、専門人員が確保できる企業の方が少ないであろう。会社法、労働法などについては総務・経理部門の職責に直結した違法問題で、業務ルールとして確立されていると思われるが、それ以外で日常的に多くの部門が遭遇する違法問題は意外と多いものである。本節では、**独占禁止法**、**著作権**、**個人情報保護法**、**輸出管理**の4つの分野で知らずにうっかり陥る違法行為について解説する。

## 独占禁止法（独禁法）

### 独占禁止法の概要

独占禁止法はAに示すように、①私的独占、②不当な取引制限、③不公正な取引方法の禁止を定めたもので、公正で自由な競争を促進し、国民経済の民主的で健全な発達を促進することを目的としたものである。世界各国で独占禁止法は個別に制定されているが、源流は同一のものでこれらの骨子は各国共通である。

### システムインテグレータと独禁法

私的独占は、優位な立場にある事業者による行為なので、大きなシェアを持つ企業や取引金額が市場に及ぼす影響が大きな企業が対象になるため、大多数のシステムインテグレータは無縁であろう。

不当な取引制限と不公正な取引方法については、企業の大小や職種を問わずシステムインテグレータでも抵触する可能性がある。

### 不当な取引制限（カルテル）違反

カルテル違反では中小企業に対しても実際に高額な課徴金が課されている。入札に際して入札者同士で価格の申し合わせをする談話がカルテル違反であることは良く知られているが、実は申し合わせにまで至らない価格情報交換だけでもカルテル違反の可能性がある。例えば同業2社間で現状の製品価格を具体的に提示して最近厳しいので値上げを考えている、という会話があると、たとえそれが飲み会の立ち話であっても、第三者から見るとその2社間の価格協定が疑われることとなる。具体的な金額提示が無ければ辛うじてセーフの可能性はあるが、いずれにせよ**同業者間での具体的な価格の話題は大変危険である**。価格の協定はもつての外だが、以下の行為でも全て独禁法違反に問われることとなる。

- ① 会話はしたが実際に値上げをしなかった（情報交換だけでも違反）。
  - ② 第三の同業社が黙って聞いていて情報を共有化した（合意したとみなされる）。
- 業界団体や同業者組合などでの情報交換の場も要注意で、以下は団体での違反行為になるが、課徴金は団体の構成員に課せられる。
- ① 各社の生産量、出荷額などを公開しあうこと。（会社ごとの数値の公開は不可）。
  - ② 価格一覧表や価格標準の設定（価格協定に相当する）。

なお、業界団体や同業者組合では、事業に必要な様々な情報流通は当然、認められている。業界団体が実績情報などを各社から収集することは認められていて、情報公開にあたって、個々の事業者別に公表しない限り問題はない。

### カルテルの摘発

飲み会の立ち話でも違反が摘発されることは実際にある。独占禁止法には、課徴金減免制度（リニエンシー）が存在する。これは違反者がカルテルの事実を公正取引委員会に自ら申告することにより、課徴金を減免される制度である。最初に申告すれば100%、二番目で50%、三番目で30%の課徴金が減免される。最近

各企業とも違法は厳しく問われるようになってきているので、例えば、その場に居ただけで思わずカルテルに巻き込まれてしまった場合などは、善後策としてリニエンシーを適用することも多くなっている。

### 不公正な取引方法

こちらにも、日常的に思わずやってしまうことが含まれているが、難しいのは不適正かどうかの判断である。「この部品はこのメーカーから〇〇円で買え」と不適正な価格を強制すればアウト。「これとこれと一緒に買え」はオプションならまだしも必然性がなければアウト。「あそこからは部品を買わない、あそこからは仕事を受けない」は同業者で結託したらアウト。このあたりはシステムインテグレータは被害者にも加害者にもなりそうである。不適正、と思ったら専門家に相談していただきたい。

### A：独占禁止法の概要

#### 独占禁止法：

正式名称＝私的独占の禁止及び公正取引の確保に関する法律

#### ①私的独占

**排除型私的独占：**不当な低価格販売や排他条件付き取引などによる排他的営業行為  
**支配型私的独占：**優位性を保つ事業者の株式取得、役員兼任などの支配的地位濫用

#### ②不当な取引制限（カルテル）

他の事業者と共同して対価を決定し、又は出荷数量、適用技術、製品種別、使用設備取引先などの制限を決めるなどの行為により競争を実質的に制限する

#### ③不公正な取引方法

他事業者と共同した取引拒絶、再販売価格の拘束、正当な理由のない差別的対価、不当販売、不当高価格販売、抱き合わせ販売など、公正さを欠く取引方法

## 著作権法

マニュアル作成、原稿執筆、プレゼンテーション実施などで、文章、グラフ、図表など様々な素材を用いるが、基本的に他人の作った著作物を素材として使用する場合は許可が必要である。

### 著作権の基礎

著作権関連の言葉の解説をBに示す。単なる表やグラフは事実や事象を表現し



ているだけで思想や感情が入っていないので著作物ではないとされているが、コメントが書き込まれた表やグラフ、複数のデータを比較のために1枚のグラフにまとめたもの、さらに表やグラフをレイアウトしたプレゼンテーションシートになると、作成意図が反映されるので著作物になる。

著作権は原則として著作者の死後50年で消滅する。ただし、キャラクターなどの場合商標登録など他の知財として保護されていることもあり、要注意である。

### 思わずやってしまう著作権法違反

日常ありがちなのは、新聞や雑誌の記事を無断でコピーして配布や回覧をする、これは完全に著作権違反である。新聞紙面や雑誌の各ページの著作権は新聞社や雑誌社に維持されている。社内で自社の掲載された新聞記事のコピーを回覧したい場合は、新聞社に許可を得る必要があり、各新聞社には許可窓口が設置されている。テレビ番組をプレゼンテーションでそのまま流す、これも引用のルールに従っていなければ違法となる。

### 違法にならない引用のルール

人の著作物を自分の著作の中で以下のルールに従って引用することは、著作権法で認められている。

- ①他人の著作物を引用する必然性があること。
- ②かぎ括弧をつけるなど、自分の著作物と引用部分とが区別されていること。
- ③自分の著作物と引用する著作物との主従関係が明確であること。
- ④出所の明示がなされていること。

が引用のルールである。基本的に、オリジナルを改変せず、正当な範囲で、公正な慣行に従う引用であれば、著作権者の許可は不要である。

また、一般に周知させることを目的として、行政機関などの名義で公表された広報資料は、出所を明示することだけで行政機関に無断で使用して構わない。

### 雑誌などへ投稿した原稿の著作権

自分で書いた原稿を雑誌などに投稿する場合に、著作権譲渡を要求されることもあるが、譲渡してしまうとその後は自分の原稿ながら自分で流用できなくなる。これまで、多くの学術論文誌では、著作権譲渡が慣行的に行われていたが、最近減ってきたようである。

著作権譲渡しなければ、投稿原稿の文章や図などの再利用は一向に構わない。一方、自分の原稿が掲載され出版された雑誌をコピーして配布するのはどうであろうか。実はこれは違反になる。原稿は自分の著作物であっても、ページレイアウトがされ、イラストが入れられた

り、ヘッダ・フッタがデザインされ、別の著作物となっているからである。

### B：著作権関連事項の解説

**著作物：思想又は感情を創作的に表現したものであって、文芸、学術、美術又は音楽の範囲に属するものをいう。**

書物、文章、音楽、絵画、建築、図形、映画、コンピュータプログラムは著作物である。単なる集計表のように、思想又は感情の表現がないものは著作物ではない。

**著作者：著作物を創作する者をいう。**

資金提供者や企画担当者は著作者とはならず、あくまでも創作行為に関わった者である。例えば映画だと、制作、監督、演出などを担当した者は著作者となる。

**著作権：著作物を使用する権利。**

上演・演奏・上映・口述権、公衆送信権、翻訳・翻案権、展示・頒布・譲渡・貸与権、(著作物を出版する権利)著作隣接権、(著作者であることを主張する権利)著作人格権。

**著作権者：著作権を有する者をいう。**

著作物が生まれた時点では著作者が著作権者であるが、著作権は譲渡ができるため、著作者と著作権者が異なることがある。

## 個人情報保護法

情報化社会が進むにつれて、個人の権利や利益を容易に侵害される危険性が高まり、現実には大量な情報の漏洩事件も発生した。そのため日本では個人情報保護法が2003年(平成15年)に成立している。当初は取り扱う個人情報(C)が5,000人分以下の事業所は適用外であったが、2017年(平成29年)からは全ての事業所に個人情報保護法が適用されている。

SNSサイトのように外部の個人情報を扱う業種でなくとも、**従業員の個人情報を管理していれば個人情報保護法の適用対象となる**。従って日本全国で個人情報保護法適用外になる事業所はほとんどない。

### 事業者が守るべきルール

- ①取得・利用(勝手に使わない)
  - ・利用目的を特定し、その範囲内で利用
  - ・利用目的の通知あるいは公表
- ②保管(無くさないように厳重に保管)
  - ・漏洩対策
  - ・従業員・委託先への安全管理徹底
- ③提供(勝手に人に渡さない)
  - ・第三者への提供には本人同意が必要
  - ・提供時の記録(いつ、何を、誰が、誰に)を一定期間保管する
- ④開示請求への対応(迅速&真摯)
  - ・個人情報提供者からの開示請求対応
  - ・苦情などへの迅速&真摯な対応

### 第三者への提供と委託

特定の作業を委ねるために、個人情報を第三者に提供する場合、例えば、名簿を印刷するために外部の印刷業者に名簿を渡す、といった場合は第三者への提供ではなく業務委託である。この場合は本人への同意などは必要ではないが、その代わりに業務委託先の管理監督義務

が発生する。

### C：個人情報とは

#### 個人情報：

特定の個人を識別することができるもの、例えば「氏名」、「生年月日と氏名の組合せ」、「顔写真」「個人識別符号」など。

#### 個人識別符号：

- ①データ化された身体的特徴：DNA、顔認証データ、虹彩、声紋、歩行態様、手の静脈、指紋・掌紋など
- ②公的な識別番号：旅券番号、基礎年金番号、免許証番号、住民票コード、マイナンバーなど

## 輸出管理(外為法、輸出令)

ロボットや生産機械も大量破壊兵器や通常破壊兵器の製造に使用されたり、これら兵器に転用されないように国際的な取り決めに従って輸出管理されている。本来、輸出にあたって許可が必要な貨物を無許可で輸出すれば外為法違反に問われ、現在でも年間数件のペースで、警告、輸出禁止の行政処分、悪質な偽装であれば実刑を伴う判決も発生している。

輸出管理にはリスト規制とキャッチオール規制が存在する。

### ロボットに関するリスト規制

輸出にあたって経産省の許可が必要な製品の仕様(輸出管理規制該当品)が法令のリストに明記されている。ロボットに関しては現在Dに示す7種類が該当品である。製造業用途で設計されているロボットではほとんど無関係であるが、③が気になるところである。ただし2017年12月に国際的な取り決めで③の削除が決まっており、日本の法律では1年遅れて削除される予定である。①も粉塵爆発対策などの特殊設計品の輸出で該当する可能性がある。

### キャッチオール規制

こちらは、製品の仕様を問うのではなく、出荷先と用途を問うもので、ロボットシステムの輸出では要注意となる。システムを輸出する場合に、できる限りその最終需要者と用途を調査することが義務付けられており、兵器製造に使用される可能性があれば許可申請が必要となる。万が一、要注意国で兵器製造に使用されているシステムが日本からの出荷であることが判明したら、キャッチオール規制違反、すなわち輸出時に本当に十分な調査をしていたかどうかが問われることとなる。

### D：リスト規制されているロボット

- ①防爆構造を備える(塗装用を除く)
- ②5,000グレイを超える放射線照射に耐える能力を有する
- ③高度な3次元画像処理能力を備える
- ④高度30,000mを超える空間で稼働
- ⑤センサを備え250N以上の力で水中作業ができる
- ⑥引火点566度を超える圧力油で作動
- ⑦核爆発級のEMPに耐えて稼働する

# 5.特許権等の侵害に関する調査・対策

Slerによる産業財産権(特許権や意匠権など)の侵害行為は、Sler自身の責任問題に留まらず、取引先(エンドユーザなど)への差止請求や損害賠償請求などといったリスクに発展することがある。

また、Slerが自ら保有する製品や技術を産業財産権として権利化し、有効活用することは、競合他社との差別化につなげることができる。

## 調査・対応能力の必要性

Slerがロボットシステムを設置・実装し、或いは、エンドユーザがロボットシステムを使用する中で、数多くの産業財産権が関わっている<sup>[1]</sup>。そしてその対象は、ロボット本体の構成やロボットコントローラの制御技術のみならず、ロボットシステムの作業工程、ティーチング方法、構成部品・材料に関する技術や製品のデザインなど、多岐にわたる。

他人の産業財産権を侵害する行為は特許法などで禁止されており、罰則も規定されている。このため、数多くの企業ではコンプライアンス規定の中で、知的財産の保護を遵守事項として掲げている。

仮に、侵害行為であることをSlerが知らなかったとしても、権利者は、Slerやエンドユーザに対して、販売や使用の差止めや損害賠償を請求する可能性がある。

したがって、ロボットシステムを設計・提案する中で、他人の特許権や意匠権などを事前に調査し、権利侵害に対するリスクを低減させることが肝要である<sup>[2]</sup>。また、知財リスクを低減する社内体制の構築や知財調査能力の向上に取り組むべきである。

[1] 産業財産権は、特許権、実用新案権、意匠権、商標権からなる。特許、意匠の調査と同様に、実用新案及び商標の調査も重要となるが、本稿では実用新案及び商標についての説明を割愛する。

[2] 調査を尽くしたとしても、リスクを完全に取り去ることは困難である。したがって、取引先との契約では、調査した範囲、調査結果、Sler自身のスキルやリソースなどを考慮しつつ、他者権利の侵害に関する残存リスクの取り扱いを合理的に定めておくことも重要となってくる。

## 産業財産権の種類と保護対象

知的財産権の一部である産業財産権は、技術を保護する特許権及び実用新案権、デザインを保護する意匠権、ロゴや製品名を保護する商標権からなり、我が国では特許庁への出願・登録手続きを以って、効力(排他的な実施権・使用権)が発生する。

## 特許法における技術の保護

特許法では、「発明」を「自然法則を利用した技術的思想の創作のうち高度のもの」(特許法2条1項)と定義し、「産業上利用することができる発明」(特許法29条1項)を保護対象としている。

## 意匠法におけるデザインの保護

意匠法では、「意匠」を「物品の形状、模様若しくは色彩又はこれらの結合であつて、視覚を通じて美感を起させるもの」(意匠法2条1項)と定義し、「工業上利用することができる意匠の創作」(意匠法3条1項)を保護対象としている。

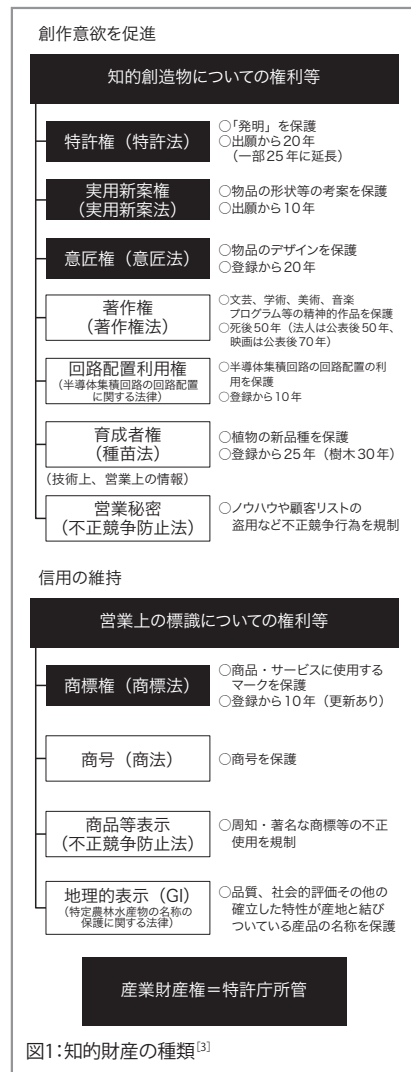


図1:知的財産の種類<sup>[3]</sup>

[3] 出典:平成29年度知的財産権制度説明会(初心者向け)テキスト(特許庁)

## 調査目的

調査目的によって、対象となる調査範囲や調査時期は異なるが、次の調査ができる環境を整え、将来的には、担当部署・担当者を設置して、これらの調査を継続する体制を構築することが望まれる。

## 他者の権利を侵害していないか確認する

Slerが設置・実装するロボットシステムが、他者の特許権(本項では意匠権も同様)を侵害していないかを確認することを目的とした調査である。現在、有効となっている特許権と今後権利化される可能性のある特許出願が調査対象となる。また、製品の輸出が予定されているのであれば、必要に応じて、輸出先となる国の特許権を対象とした調査を行う。

問題となる特許権が発見された場合には、設置・実装するロボットシステムの設計変更などが必要となる場合があり、多くの手戻りが発生するため、構想設計などの段階で調査を実施することが望まれる。

## 自社技術の権利化要否を確認する

Sler自身が創作した技術が、特許権として権利化できるかどうかを確認することを目的とした調査である。特許公報のみならず、出願時に公になっている技術全般が調査対象となる。

出願前に公表してしまうと、新規性が失われて登録できなくなるため、製品化・顧客提案・公表などといった新規性を喪失する前に出願手続きしておく必要がある。このため、公表前段階での調査が求められる。

## 自社の権利を侵害する第三者がいないか確認する

自社の技術などが特許権として権利化された場合には、展示会、市場、インターネットなどで競合する他社の製品動向などを調査し、自社の特許権を侵害していないかを日常的に監視することが望まれる。



## 調査の進め方

少数かつ簡単な検索式による調査であれば、無料で利用できる調査ツールを用いて、国内の特許を調査することができる。なお、米国・ヨーロッパ・中国といった各国でも無料の調査ツールが解放されている。

### 特許情報プラットフォーム(J-PlatPat)による検索<sup>[4]</sup>

独立行政法人工業所有権情報・研修館(INPIT)が運営する特許、実用新案、意匠及び商標などの産業財産権関連の工業所有権公報などを無料で検索・照会可能なデータベースである。

[4] 工業所有権情報・研修館  
特許情報プラットフォームJ-PlatPat  
<https://www.j-platpat.inpit.go.jp/web/all/top/BTmTopPage>

### 使用するデータベースの選択と検索式の選定

調査の目的に応じて、使用するデータベースを選択して、検索式を定める。たとえば、J-PlatPatの特許・実用新案検索(図2)では、キーワード、特許分類、出願日や登録番号などをキーとして検索を行うことができる。



図2: J-PlatPat「特許・実用新案検索」の検索画面

検索式として、キーワードや特許分類などの検索キーを指定する。キーワード検索では、検索結果の表示にてキーワードをハイライト表示させることができるなどのメリットがある。しかし、技術的に無関係な検索結果(ノイズ)を多く含み、同じ意味を持つ他のキーワードはヒットしないため、検索漏れを生じるなどのデメリットもある。

こういったノイズや検索漏れを最小限に抑えるためには、特許分類を利用した特許調査が有効である。日本の特許公報検索で利用できる主な特許分類を表1に示す。

表1: 日本の特許公報検索で利用できる主な特許分類

分類の種類	概要	分類の例
<b>国際特許分類</b> (International Patent Classification, IPC)	国際的に統一された技術分類なので、外国の特許文献も同じ分類で検索できる。	B25J 9/06: プログラム制御されるマニプレータで多関節の腕により特徴づけられるもの
<b>FI (File Index)</b>	IPCをベースとして、技術を細展開した分類。たとえば、日本が特に進んでいるような技術などは細分化されている。	B25J 9/06@C: 平行リンク式垂直多関節型マニプレータ
<b>Fターム</b>	FIを所定技術分野毎に種々の技術観点から細区分したもので、機械検索性に開発された検索インデックスとなっている。	テーマコード 3C707: マニプレータ 観点(英字) 2桁と数字2桁 AS13: 塗装、シーリング BS12: 6自由度のもの

### 侵害しているかどうかの判断

他人の特許権で、侵害しているかどうかの判断が必要な場合には、権利の存続期間や特許料納付状況をみて権利の有効性を確認するとともに当該特許権の保護範囲と、実施しようとしている技術の対比を行う。

特許発明の技術的範囲(保護範囲)は、特許請求の範囲の各請求項(「クレーム」といいます。)の記載を基準に定められる(特許法70条1項)。

原則として、特許発明の技術的範囲に属するか否かは比較対象となる物(プログラムを含む)や方法が、クレームに記載された構成要件(発明を特定するためにクレームを分節させた構成要素をいう。)をすべて具備しているか否かで判断される。比較対象が特許発明の構成要件を一部でも欠いている場合には、原則として特許権侵害は成立しない<sup>[5]</sup>。

しかし、特許製品の部品のよう、一部の構成要件を欠いている場合であっても、特許発明の実施にのみ使用する物の製造、販売行為など、実施行為の予備的・補助的な行為は、間接侵害として扱われることがある(特許法101条)。

[5] 一部の構成要件が異なる場合であっても、最高裁が判示した5つの要件を充足する場合は、例外的に均等侵害として扱われる(最高裁平成10年2月24日第三小法廷判決)。

### 障害となる他社特許権などを発見したときの対応

調査・検討の結果、他者の特許権(本項では意匠権も同様)を侵害していることが判明した場合は、次のいずれかの対策によって障害を取り除く必要がある。侵害するか否かの判断は、時に高度な専門知識が要求されるため、必要に応じて、外部専門家(弁護士・弁理士など)の見解を取り付けるべきである。

### 設計変更の検討

侵害行為を継続させないため、製造・開発をいったん中止し、権利範囲から外れるように設計変更などを行う。また、後に争いがあつたときに備え、設計変更をいつ・どのように行ったのかを記録として残しておくことが望まれる。

### 正当な実施権原の取得

権利者が製造・販売する特許発明の実施品を購入し、あるいは、権利者との交渉により実施権(ライセンス)の許諾や特許権の譲受(移転)を受けることで、正当な実施権原を得られないか検討する。また、交渉に先立って、交渉が失敗したときのリスクをあわせて検討する。

### 先使用権の有無の確認・検討

特許権者が特許出願をする前から、Sler自らが特許発明にかかる技術を発明し、実施していたような場合は、先使用による通常実施権(特許法79条)があり、法令で定められた範囲で、当該特許発明を引き続き実施することができる。この場合、後に争いがあつたときに備え、先使用にかかる証拠を残しておくことが望まれる。

### 特許権などの有効性の検討

特許発明は、その審査の過程で、特許の有効性に影響を与える先行技術文献などを見落とし、誤って登録されてしまうことが時々ある。そういった、瑕疵のある特許発明は特許無効審判(特許法123条1項)で無効とすることができ、特許権者は特許権を行使することができない(特許法104条の3第1項)。

そこで、特許発明の出願時に存在した国内外の先行技術文献を幅広く調べ、特許の有効性に影響を与える資料を調査することも、時には有効な解決策となりえる。



# 6.アフターサービス

ロボットを長く安定して稼働させるためには、定期的な点検や部品の事前交換などアフターサービスが重要になる。

## ロボット活用～アフターサービスの流れ

工場の生産性向上を目的にロボットを活用した生産設備が多く導入されている。導入までには従来作業の分析・実現性検証（技術・品質）・投資効果を判断し、装置設計・部品製造・組立て・配線・調整を経て生産設備として稼働する。稼働後は部品の製造が終了するまで長期的に動き続ける。

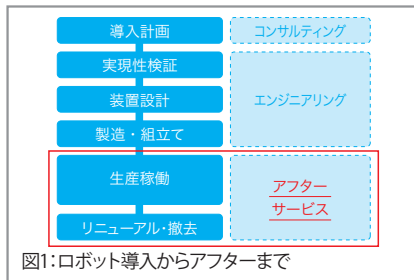


図1: ロボット導入からアフターまで

## アフターサービスの必要性

稼働中のロボットには人が近づくことができないため、部品の劣化や寿命など故障要因を見つけることは非常に難しい。突発的な故障によってロボットが停止し生産できなくなる場合が起こるが、故障内容によっては事前に検知することも可能である。日頃からロボット状態を把握し、必要なタイミングで必要な事前措置をとって生産を安定化させるのがアフターサービスの基本となる。

アフターサービス期間は稼働開始からリニューアルまたは設備撤去までの長期間となる。オペレータや設備保全担当者、メーカー側担当者に変更になる場合も多く、サービスの引継ぎ事項が曖昧になったり技術レベルが変動することで、サービスの品質にも影響を及ぼすので、長期的な保全計画を作っておく必要がある。

- ロボットに使用している部品の状態を知っておく
- 稼働状態から壊れやすい部品を抽出しておく
- 必要によって予備部品を在庫する
- 故障する前に部品を交換する

- 故障した場合に迅速に復旧する
- 計画的にメンテナンスを行う

## アフターサービスの主な内容

### 1. 日常点検

生産開始前や生産終了時に異常履歴で異常が発生していないか、ガタや異音が出ていないかなど目視レベルで確認する。

### 2. 定期点検

1年または所定時間稼働時にロボット内部の状態を点検する。点検結果をもとに部品交換を実施する。

ロボット本体 点検項目 (●: 実施項目)	高負点検	軽点検	普通点検	精密点検
	稼働750時間	稼働1500時間	稼働3000時間	稼働6000時間
外観点検	●	●	●	●
アース線の確認	●	●	●	●
JOG動作確認	●	●	●	●
バックアップバッテリー点検	●	●	●	●
電圧測定	-	-	-	-
製造年月確認	●	●	●	●
ガタの確認	●	●	●	●
油脂(グリース・オイル)潤滑の確認	●	●	●	●
駆動音・振動・位置ズレの確認	-	-	-	-
電磁ブレーキ動作確認	-	-	-	-
モータ絶縁抵抗の確認	-	-	-	-
電磁ブレーキ動作電圧確認	-	-	-	-
モータ絶縁抵抗の確認	-	-	-	-
タイミングプリー機付状態確認	-	-	-	-
タイミングベルト外観点検	-	-	-	-
タイミングベルト張力確認	-	-	-	-
機構部のガタ確認	-	-	-	-
ロボット本体内部の点検	-	-	-	-
特殊環境機種点検(クリーン/ミスト)	-	-	-	-
機内ケーブルの点検	-	-	-	-
ケーブル補給	-	-	-	-
シリコングリースの塗布	-	-	-	-
機内ケーブル導通確認	-	-	-	-
ロボット背面コネクタの確認(汚れ、異音、接続等)	-	-	-	-
ロボット本体各部ネジおよび着付ボルトの増締め	●	●	●	●
メカ駆動部と本体カバーのこすれ確認	●	●	●	●
原点位置の確認(必要時のみ再設定実施)	-	-	-	-
関節動作範囲のJOG動作確認	-	-	-	-
点検後の動作状態確認(エージング運転)	●	●	●	●
クリーン度測定(製作所持点検時)	-	-	-	-
精度の測定	-	-	-	-

表1: 定期点検項目の例

### 3. 予防的部品交換

明らかに故障の影響がでる部品については、長期生産停止期間や定改修期間に計画的に部品を交換することで、生産を安定化させる。

### 4. オーバーホール

長期間の稼働により複数の部品に劣化や磨耗が見られる場合は、主要部品を一度に交換することで、ロボットを最適な状態に戻す。オーバーホール時期は使用条件によって決定する。

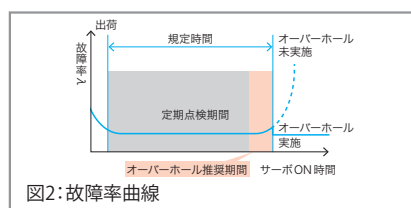


図2: 故障率曲線

### 5. オンコール修理

稼働中にロボットが故障した場合は緊急(オンコール)修理となる。人による代替措置や生産調整が必要になる場合がある。予備部品の在庫や使用者と最寄りのアフターサービス拠点との日頃の情報交換が大切である。



### 6. メーカ持込み修理

故障ロボットの代替機(在庫機・遊休機)がある場合は、生産を優先させるため正常なロボットに載せ替えを行う。故障ロボットについてはメーカに持込み、一定期間中に修理の上使用者に返却される。

使用者は修理済みロボットを在庫機とするか、生産停止のタイミングで元に戻す。複数の同じタイプのロボットを使用している場合や生産停止を極力無くす場合はこの方法をとる。

### 7. リニューアル

長期間使用したロボットを新しいロボットに切り替えることで、生産性(処理能力・精度)の向上や機能拡張性(外部機器との接続拡張・IoT化)の向上ができる。

- 故障頻度を減らし生産安定化
- 高性能化による設備能力向上
- 対象品種の追加や設備の改造
- 機械安全性の向上

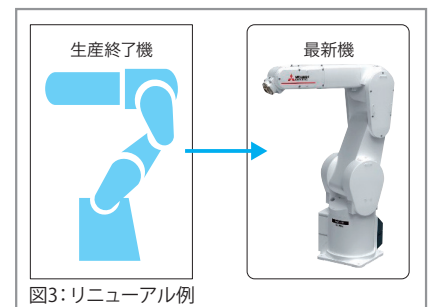


図3: リニューアル例

上記以外にも定期的なグリスアップや清掃作業などを行うことで、ロボットを安定して稼働させることができる。

## ロボット主要部品と故障傾向

### ロボット主要部品

主要部品は駆動源・駆動伝達部品・配線・制御機器となる。この中で常に動いている駆動源や駆動伝達部品の故障の発生頻度が高くなる。

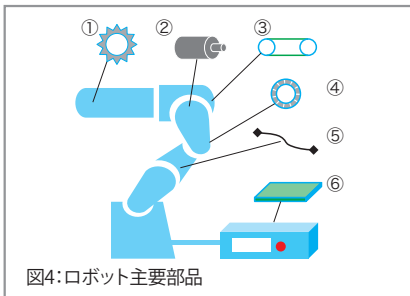


図4: ロボット主要部品

主要部品	故障状況
1 減速機	磨耗・割れ
2 モータ・エンコーダ	電氣的故障
3 ベルト	磨耗・切れ
4 ベアリング	磨耗・焼け
5 配線	断線・被覆剥がれ
6 基板	部品故障

表2: 主要部品の故障傾向

### 故障診断項目

目視・触診・計測などにより故障診断を行う。項目によって動作中に診断する場合や停止中に診断する場合がある。

診断項目	主な原因
1 異常音	締結緩み・磨耗
2 振動	締結緩み・磨耗
3 位置ズレ	干渉による変形
4 異常電流値	負荷増大
5 ガタつき	締結緩み・破損
6 グリス漏れ	シール破損
7 被覆破れ	配線保持具破損
8 断線	配線と駆動部接触

表3: 診断項目による主な原因

### 故障要因の分析

故障部品と診断項目より、寿命・部品劣化・外的要因のどれによるものかを分析し、再発防止を行う。例えば寿命の場合は部品交換サイクルを早くするために使用時間と交換時期を設備保全担当者が把握したり、部品劣化は使用環境を改善したり、外的要因はロボット周辺機器を再調整する。

正常に動作しているロボットの場合、部品の寿命時間が近くなると故障率が高くなる (MTBF: 平均故障間隔)。部品の寿命を把握しておくことで、正常動作中に部品交換を計画的に行うことができる。

ロボットが周辺装置と干渉したり、設計以上の負荷をかけた場合、寿命前に部品が故障する場合がある。外部からの見た目では判断しにくいため見過ごすことが多く、後に突発的な故障として設備が停止する可能性がある。

## サービスに必要な項目

### 1. 技術者の育成

基礎教育・安全教育による知識習得や技能教育による技術力向上を行い、サービス技術者の育成を行う。

- 労働安全衛生法に基づくロボット特別教育
- ロボット基礎教育 (仕様・構造)
- 部品交換作業要領
- 修理後の評価方法 (復旧の基準)
- 機械・設備安全に関する知識
- ロボット周辺機器の知識 (ハンド・空圧機器・ビジョン・センサなど)

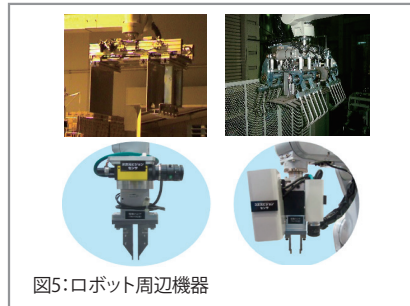


図5: ロボット周辺機器

### 2. 部品の在庫

故障率の高い部品についてサービス会社側で在庫を持つことで、故障発生から復旧までの時間を大幅に短縮することができる。また、ロボット使用者も緊急毎に対応するため部品在庫を持つことも必要である。

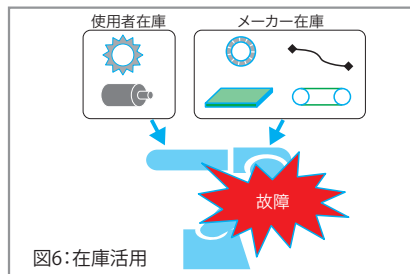


図6: 在庫活用

### 3. サービス拠点

使用者に近い場所にサービス拠点があるのが望ましいが、全国をエリア分けして拠点を設置している体制もある。

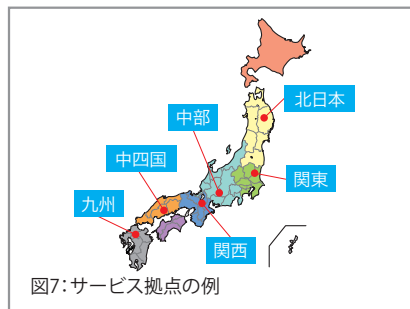


図7: サービス拠点の例

### 4. サービス体制

多機種のロボットに対応できる技術者の配置や夜間・休日にも対応できる体制が必要である。

- マルチサービスエンジニア
- 24時間365日サービス受け付け

### 5. 保守用マニュアルの整備

機種毎に日常点検項目・定期点検項目・保守部品リスト・修理の方法などが記載されたマニュアルを整備し、修理時の間違いの防止や修理作業の効率化を行う。

### 6. 故障データの蓄積と活用

修理を行った際の故障データ (異常内容・該当部品・復旧方法・復旧時間など) を各サービス拠点で共有化し、故障時の速やかな対応に活用する。

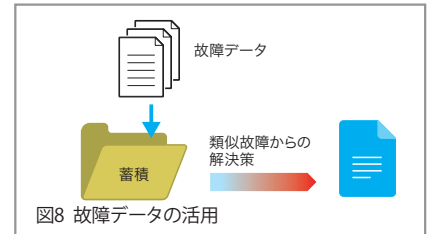


図8: 故障データの活用

## 予防保全

ロボットに故障が起こる前にメンテナンスを行い、突発的な生産停止を防ぐ必要がある。(予防保全)

### 準備

- 年間点検スケジュールの設定
- 部品交換時期の設定 (工場定休日)

### 実行

- 定期点検 (状態把握、異常診断)
- 消耗部品の交換 (正常状態の維持)
- 清掃 (異物除去、視認しやすく)

### ツール

- 稼動状態の設備内表示 (表示器)
- 稼動状態の常時監視 (リモート監視)

## 将来のアフターサービス動向

ロボットの急速な市場拡大に伴い、今後リモートメンテナンスの活用が増加が予想される。稼動中のロボットにIoT機器を接続しサービス会社のメンテナンス部門で常時 (状態) 監視を行い、故障原因をAIで分析することで、TBM (時間計画保全) からCBM (状態監視保全) に移行し、最適なタイミングで最寄拠点からメンテナンスや修理を行うサービス形態の導入が期待される。

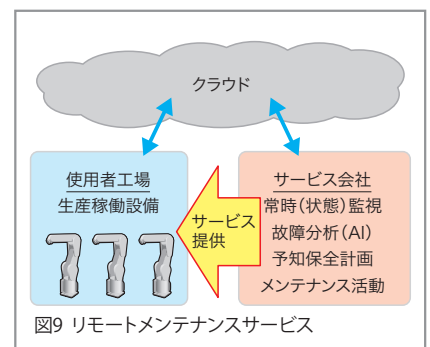


図9: リモートメンテナンスサービス

# 7.仕様書作成

ロボットシステム導入作業では、顧客要件の明確化に始まり、どのようなシステムを構築するのか、また更には装置毎の具体的な仕様（機能・仕組みなど）を記載したものなど、様々な目的での仕様書が必要となる。これらを作成することにより、システム構築の際のトラブルを軽減する。また、導入後のメンテナンス時の対応においても、仕様書は必要不可欠となる。

## 仕様書とは

システムインテグレートする上での仕様とは、顧客の要求に対し、機械、システムの機能、構造、性能、精度や仕組みを数値、文書化したものをいう。仕様は、顧客のニーズをシステム設計・製造する上での、顧客とシステムインテグレータが合意した重要条件や取り決めとなるので、抜け漏れないよう数値や共通の言葉で記入する。

仕様を作る上で、顧客との打合せ根拠や証拠を書類で残しておくことも必要である。

仕様書は顧客が作成してもシステムインテグレータが作成しても構わないが、一般的にはシステムを熟知しているシステムインテグレータが作成する。

仕様は顧客とシステムインテグレータ間の責任や費用を明確にする重要なやり取りとなる。

顧客の要求事項や考え方、双方のイメージを具体的に、かつ3次元CADやシミュレータを用いてビジュアル化し、可能な限り詳細合意を得る事が重要である。

特に使用機器、購入品メーカーや型式は1社指定せず、同等品や同機能品で複数ものを選定できるようにしておくことで、コストや納期の比較や競争ができ、システムインテグレートする上で大変有利である。

最終の姿を詳細に記述し、曖昧な表現は避けるようにする。仕様書において、顧客のシステム導入先の現地調査が必要な場合には、調査できること、できないことを明確にしておく必要がある。

また、仕様は要件の取り決めであるため、設計段階、製造段階、最終段階で確実に仕様がフォローされたものになっているか確認を行う必要がある。仕様の抜け漏れがなく、確実なモノづくりの提供は顧客の信頼を得る事にもつながる。

## 仕様定義内容

### 準備フェーズ

見積前提条件として、見積仕様書を作成する。

### 見積仕様書

推奨される記載項目は下記の通りである。

〈全体〉

- システム概要
- 導入の目的・背景・経緯
- システムイメージ
- 設置レイアウト
- 処理対象（ワーク概要）
- 処理プロセス
- 顧客要求事項及び実現方法
- 想定運用
- 作業工程と役割分担

〈装置〉

- 基本仕様
- ユーティリティ仕様及び設置環境
- 製品サイズ・重量・材質
- タクトタイム（サイクルタイム）
- 装置塗装色  
塗装箇所・塗装色番号・塗装方法
- 装置各部の機能及び構造
- 画像処理仕様
- 操作方法

〈その他〉

- 支給品・貸与品
- 安全衛生
- プロジェクト日程
- 納品物件（完成図書）
- 検収条件
- 保証

※準備フェーズでは、概要レベルで見積仕様書を作成する。これを基に設計フェーズにて、詳細化した納入仕様書を作成する。

※また、製作者向けに、見積仕様書を基に、設計条件の他、工事条件、装置仕様条件などを記述した製作仕様書を作成する。

## 設計フェーズ

設備仕様書の内訳として、次の各仕様書を作成する。

### 機械設計仕様書

機械設計（工程・構造など）の機器・方式などを定義する。また、予備実験（要素技術検証）を行った際には、その結果も含む。

- 装置基本構成
- 設計基準（設計根拠など）
- 装置レイアウト（完成イメージ）

### 図面一式

全体レイアウト図を始め、組立図などの設計図面一式を「承認図」として顧客からの承認を得る。

- 全体レイアウト図  
全体組立図と顧客側の周辺に配置する台車、制御盤、他工程装置、通路、付帯コンベアなどを記入したシステム全体図
- 全体組立図  
各ユニットの部分組立図全てを組み合わせた、装置全体の組立図
- 部分組立図  
各ユニットにフォーカスした組立図

### 電気設計仕様書

電気設計における基本的な項目を定義する。

- システム全体配置図
- 電気系統図・信号系統図
- 装置概観図
- 配置図
- 部品表
- 設計根拠
- 制御盤・操作盤などの外形寸法図及び配置図
- 回路図（電源系統図、信号系統図、ネットワーク系統図含む）
- I/Oマップ（DIO、CC-Linkなど、物理的接続が発生するもの）



## ● 配線仕様

### 制御設計仕様書

制御設計における基本的な項目を定義する。

- 処理内容
- 動作フローチャート
- タイミングチャート
  
- PC
  - 画面一覧及び画面遷移
  - 画面構成
  - プログラム仕様
- タッチパネル
  - 画面一覧及び画面遷移
  - 画面構成
  - プログラム仕様
- ハンディターミナル
  - 画面一覧及び画面遷移
  - 画面構成
  - プログラム仕様
- PLC
  - グローバルリレー
  - 制御内容及びプログラム一覧
  - プログラム仕様

## ● ロボット

制御内容及びプログラム一覧  
 ティーチングポイント  
 プログラム仕様

### 画像処理仕様書

画像処理（検査・計測など）の機器・方式などを定義する。  
 また、予備実験（要素技術検証）を行った際には、その結果も含む。

- 概要
  - どの工程で、何台のカメラを使用し、何を検査するのかなど
- 処理内容
  - カメラの設置条件や判定基準
- 詳細設計
  - 画像処理は、市販品のパッケージを使用することが多い。その場合、詳細設計書は作成せず、基本設計書での評価結果（環境やパラメータ）を装置上で再現する。
  - ライブラリを使用してPCベースでスクラッチ開発する場合は、通常のソフト開発と同様に、詳細設計書を作成する。

## 部品表

装置の詳細設計が完了し、対象装置を構成する外販購入部品及び、加工製造品について、それぞれの部品の一覧を記載したリスト。

装置組立に当たり、本リストを基に外販部品、加工部品を手配する。また、その入荷状況の管理にも使用する。

- 購入品リスト
  - 対象となる装置の、購入可能な「汎用部品」を記載
- 加工品リスト
  - 汎用購入品とは別に、金属や樹脂類を加工して製作する部品
- その他
  - ※部品表において、メンテナンスを考慮し、保守対象部品は別途わかり易く記載しておく。

## 部品図

各部分組立図で、機械加工が必要となる個別図面。

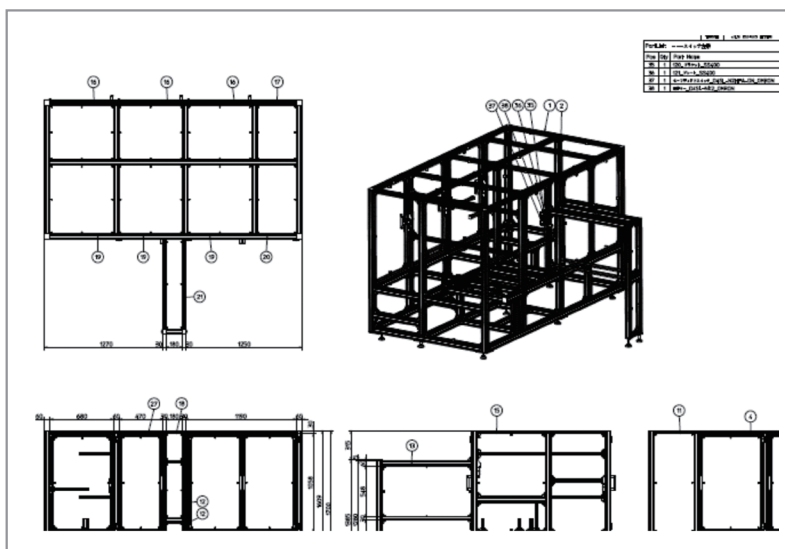


図1:全体組立図(サンプル)

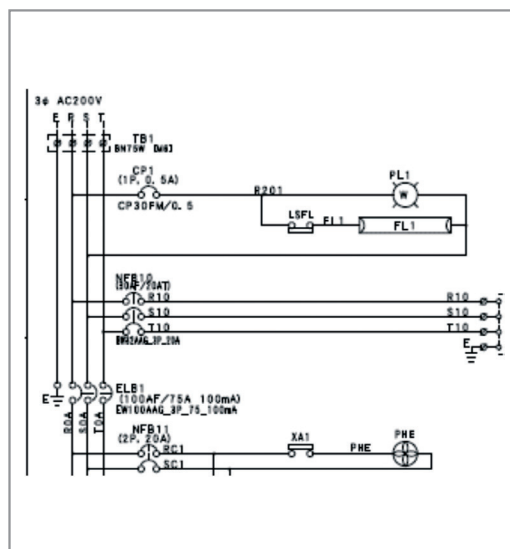


図2:回路図(サンプル)

## ▶ コラム

仕様作成の際、現地調査で物理的調査をする場合、以前は写真や動画を撮影必要箇所の寸法を測っていた。この場合、機械の動作していない休日の調査しかできないといった時間的制約の問題や、調査時の寸法の抜け漏れ、基準の取り方や複数人での調査の手間などの問題がありコストに跳ね返っていた。

これに対し、近年では三次元スキャナを用いて工場内設備をスキャニングする事ができ、これにより調査の抜け漏れが皆無になる上、調査精度が飛躍的に向上している。時間的にも早く、調査も1~2人程度で可能なため、その有用性が認められ始めている。

三次元スキャナの初期投資は現状1,000万円近くかかる。しかし、調査漏れによる再調査や調査ミスによるモノの干渉などによって起こる、設計製作品の影響手戻りや現地での現物によるトラブルは、コストだけでなく納期や顧客の信頼性低下にもつながってしまう。新しい技術を用い、これまでと違う仕様作成の精度UPや効率化を図ることが求められ始めている。

## 8. 営業技術

ここでは、ロボットシステムインテグレータの営業の役割、受注までの流れ、受注前に営業が取りまとめるコストの算出方法、仕様書の書き方、事前検証について説明する。

### ロボットSler 営業の役割

ロボットシステムインテグレータの営業はBtoBの営業ではあるが、既に姿、形が決まったものを販売するわけではなく、打ち合わせを繰り返し、満足のいく仕様、能力、機能、価格を提案して安心し、任せらるという信頼を顧客から得ることが大事なミッションである。

つまり企業の顔となり受注を獲得し、自社の売上、利益を左右させる大事な役目であることを最初に述べておく。姿、形のないものを販売するという点でよく似た業種で「ハウスメーカー」や「工務店」の営業がある。

ご存じのように、ハウスメーカーの営業は、顧客と出会い、そこで顧客に自社の紹介や扱っている住宅の説明などを行う。顧客の希望・要望やニーズなどを聞き出し、次回の提案に繋げる。一度の提案で契約が決まることはほとんどない。

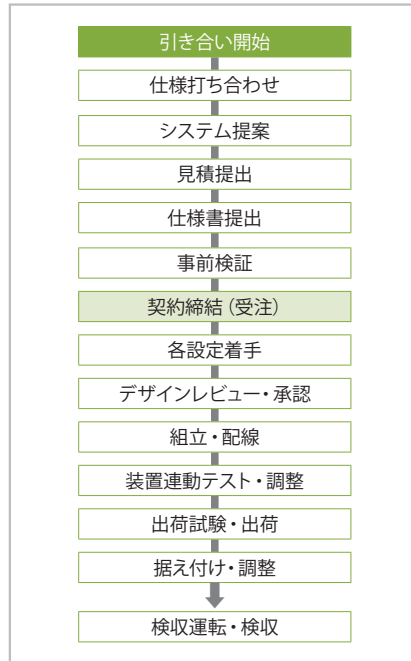
住宅ローンを含め、かなり大きな金額が動くため顧客も契約にはより慎重になる。顧客の話を聞いて何度も提案を繰り返していくこととなるのである。

これをロボットシステムインテグレータに置き換えてみよう。

顧客と出会い自社の紹介をし、過去の実績や得意技術領域を説明する。顧客の希望・要望つまり能力、機能、装置スペースなどの要望事項、ニーズを聞きだし提案をする。当然一度の提案では契約は決まることがなく、更に打ち合わせを繰り返し、受注までのプロセスを踏んでいく。以上のように、「住宅」と「ロボット装置」は個人で購入するか企業が購入するかの違いはあるものの購入する際のコストは同じで一生に一度の買い物であるという気持ちで、商談に望んでいるということ踏まえて対応する必要がある。

### 引き合いから受注、検収までの流れ

ここでは、引き合い（商談）開始から受注、検収までの一般的なケースの流れを説明する。



引き合いから受注までは、案件のボリューム感、難易度で期間は左右されるが一般的には約2~3ヶ月、長い案件では6ヶ月の期間を要する場合もある。

その間に営業では、他社競合情報、顧客予算感、顧客決裁者（キーマン）などの情報収集に努め、自社が有利に受注できる情報を聞き出すこととなる。

また、必ず現地視察を行って現状の作業状況を把握することも大事であるので、必ず現地視察を実施し、商談を進めていくべきである。

### コスト積算、見積りの仕方

見込み製造原価+利益ということが一般的な見積り金額となる。

ここでは、引き合い開始からロボット装置を製作し、検収が上がるまでに係る技術作業項目、外注費について説明する。

よく、「この装置を1千万円でやってくれませんか?」という顧客から依頼の話を聞くが、金額、受注が先行し、見込み原価の試算がどんぶり勘定になり、結果的に採算性悪化に陥るケースが多々あるので、しっかり見込み製造原価の試算は行うべきである。

### 技術費(工数)の見込み原価

#### 受注前

- ①お客様の要望（仕様）を確認する為の打ち合わせの見込み工数
- ②構想検討、見積仕様書作成の見込み工数

#### 機械設計

- ①システムレイアウト図作成の見込み工数
- ②各装置の組立図、部品図面作成の見込み工数
- ③エアー回路図作成の見込み工数

#### 電気設計

- ①制御盤、操作盤の図面作成の見込み工数
- ②電気回路図面作成の見込み工数
- ③ケーブル図面作成の見込み工数

#### PLCソフト作成

- ①プログラム作成の見込み工数
- ②タッチパネルの画面作成の見込み工数
- ③上位通信、外部装置との通信プログラム作成の見込み工数
- ④生産情報管理、エラーログに関する見込み工数
- ⑤駆動機器のパラメータ、プログラム作成の見込み工数

#### ロボットプログラム

- ①ロボットプログラム作成の見込み工数
- ②ロボットティーチング作業の見込み工数
- ③ビジョンカメラ、力覚センサのプログラム作成の見込み工数

#### 機械組立・配管

- ①機械組立の見込み工数
- ②エアー配管作業の見込み工数
- ③電気配線の見込み工数

#### 電気配線、制御盤組立

- ①制御盤組立、配線作業の見込み工数
- ②各装置の機内配線の見込み工数
- ③周辺ケーブル作成、繋ぎ込みの見込み工数

#### 社内調整、デバッグ

- ①組み上がった各機器の確認見込み工数
- ②I/Oチェックの見込み工数
- ③メカ調整の見込み工数
- ④動作試験の見込み工数
- ⑤客先立会と立会後の動作試験の見込み工数

### 出荷準備

- ①解体作業の見込み工数
- ②清掃・梱包作業の見込み工数
- ③積み込み作業の見込み工数

### 現地据付

- ①荷降ろし作業の見込み工数
- ②搬入、横引き作業の見込み工数
- ③据付、配線作業の見込み工数

### 現地立上調整

- ①I/Oチェックの見込み工数
- ②メカ調整の見込み工数
- ③動作試験の見込み工数
- ④検収運転の見込み工数
- ⑤操作説明の見込み工数
- ⑥生産立会の見込み工数

### 完成図書

- ①保守資料作成の見込み工数
- ②操作説明書作成の見込み工数
- ③提出図面準備の見込み工数

### 部材、購入品手配

- ①資材、調達による手配業務の見込み工数

### その他

- ①営業マンの見込み工数
- ②設計でリスク性の高い項目の予備工数
- ③事前検証の見込み工数

## 外注費の見込み原価

### ロボット

- ①用途に適したメーカーと型式の費用
- ②必要なオプション(カメラ、力覚センサ、通信機器、機能オプションなど)の費用

### 各機構

- ①制作する各機構ごとの機器構成に応じた加工品、購入品の費用(センサも含む)

### 制御盤、操作盤、中継盤

- ①PLC、その他購入品の費用
- ②制御盤、操作盤の費用
- ③ケーブル費用
- ④必要な電材の費用

### 輸送

- ①必要な車輛の大きさ、台数の費用

### 現地据え付け

- ①場所、日程に応じた交通費、宿泊費の費用
- ②重機必要時のレンタル費用
- ③床養生が必要な場合の養生費用
- ④荷降ろし、横引きが自社で対応できない場合はその費用

### 現地立上調整

- ①場所、日程に応じた交通費、宿泊費の費用
- ②事前検証で必要な加工品、購入品の費用(借用品除く)
- ③打ち合わせで発生する見込みの交通費、宿泊費

## 技術費のレートについて

技術費の1時間あたりのレートについては各ロボットシステムインテグレータごとで異なるが、基本的な考え方としては労務費+経費(家賃等の原価になる経費)を入れたレートで試算することが一般的である。

## 仕様書/契約書、工程表について

構想、見積りを提出し、ほぼ合意を顧客から取りつけた後に導入する装置の仕様書を提出する必要がある。

ここでは仕様書という言い方をしているが、顧客によっては見積り条件書であったり、契約書という名称で呼んでいる場合もある。

呼び名はさておき、大事なことは「顧客はやって当たり前のこと」が我々システムインテグレータでは当たり前でないことも多々存在する。

この仕様書に装置の内容や作業範囲などを記載してお互いの同意を取ることが目的である。

仕様書に必要な記載事項に関しては

→01 | 組織体制:

7.仕様書作成 参照。

## 事前検証の大切さと手法

構想、見積り、仕様書に関しほぼ顧客から承認を得たが、装置能力や構想段階でのハンドで本当にうまくいくかなど、まだ心配ごとが多い場合は、事前検証を行うべきである。

心配ごと、つまりリスクを含んだまま受注し制作途中で「うまく装置が動かない」、「要求どおりの能力が出ない」といった問題が発生してしまうと納期遅延や想定原価をオーバーし採算性に大きく影響がでる。顧客もリスクを抱えたまま依頼

することは避けたいと考えているはずであるので、有償/無償は顧客との交渉となるが、事前検証は実施するべきである。また、ロボットメーカーにはロボットの貸し出しを実施しているメーカーもあるので、相談をするべきである。ここでは、事前検証で行う作業について説明をする。

### ロボットシミュレーション

- ①タクト予想を事前に確認するためのシミュレーションを実施
- ②シミュレーション用にロボットプログラムを作成
- ③作成したロボットプログラムを使用してロボットシミュレータでタクトを確認

### エンドエフェクタの試作

- ①検証用にエンドエフェクタ(ロボットハンド)を試作する
- ②ツメは3Dプリンタによる試作品も活用可能
- ③ワーク条件(種類)によって部品交換も検討

### 検証用治具の制作

- ①検証用にワーク治具を試作する
- ②ツメは3Dプリンタによる試作品も活用可能
- ③ワーク条件(種類)によって部品交換も検討

### 検証用ロボットの準備

- ①ロボットの設置と製作したエンドエフェクタを取り付け検証用ロボットの準備
- ②製作した治具を設置

### 実機検証

- ①作成したエンドエフェクタ、治具を使用して正常に動作できること、タクトを確認
- ②予定した検証条件を確認しながらデータを記録

## 導入後はロボット装置が営業マン

当然であるが装置導入後、満足する仕様で安定稼働ができていない装置を導入すれば、リピート商談もあるし、設備投資計画の際は、真っ先に声をかけをいただける。

受注前は、顧客と接する営業の対応が非常に大事であるし、当然であるが導入後も装置の状態を確認して、問題点などないかの確認も重要となる。

導入した装置はロボットシステムインテグレータの営業マンとして活躍するので、顧客の満足する装置を必ず導入する必要がある。

## ▶ ロボットのティーチング作業3日間だけお願いしたい。の落とし穴

よく、こんな商談が舞い込んできます。「現在、新規で制作中の装置で○○のロボットメーカーのティーチング作業を3日間お願いしたいができませんか」と。

リピート機やロボットのための乗せ換え後のティーチング作業であれば、過去に実績もあり心配はいらないと思いますが、新規の場合、どこで制作したのかわからないロボットハンドのメカ機構の強度や再現性、PLCとの制御連携、要求タクトなどリスクが必ず付いて回ります。また新規装置の場合は、ティーチング作業が予定日より遅れてしまい、他の予定とバッティングしたり、聞いている内容よりかなりボリュームもあるティーチング作業の場合もありますので、しっかり詳細仕様をお聞きしてから引き受けるという手順をとりましょう。



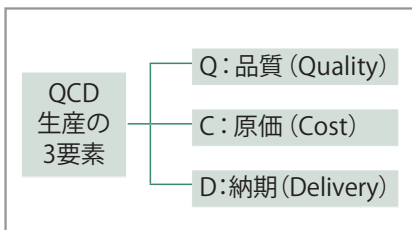
# 1-1. 生産技術概要

生産技術は生産プロセスのムダを排除し、最適なプロセスを作り上げるための技術である。生産技術の基礎を知ることによって、顧客に対しムダのない最適なシステムを提案することができるようになる。本節では、生産技術を理解するための基礎知識と用語の解説を行う。

## 生産技術とは

生産技術とは、製品を生産するプロセスにかかわる技術のことである。製品技術・製造技術といったことばと比較するとわかりやすい。製品技術・製造技術は、より良い製品を作るためにいかに製品を設計するか、どのような材料を使用するか、どのように加工し組み立てるかといった製品単体に着目した技術である。これに対し、生産技術はよりよい生産プロセスを生み出すための技術である。

それでは、よりよい生産プロセスとはいかなるものであろうか。製造業では、QCD管理が重要であるといわれる。Q (Quality:品質)、C (Cost:コスト)、D (Delivery:納期)の管理のことである。よりよい生産プロセスとは、このQCDがバランスよく管理された最適なプロセスのことである。従って、生産技術とはQCDが最適化された最善のプロセスを生み出すための技術であるといえる。中でも特にコスト削減に注目して生産技術ということばが使用されることが多い。



## 生産技術と生産管理

JISの定義によると、生産管理とは「定められたQCD (Quality, Cost, Delivery) または、人・物・金・情報を駆使し、需要予測・生産計画・生産実施・生産統制を行う手続きや活動」である。

一般的にもものづくりの生産プロセスは、商品企画設計⇒生産立ち上げ⇒製造・加工⇒検査・出荷となるが、生産管理はこれらの全プロセスにおけるQCD最適化のための管理といえる。生産技術はこの生産管理のために用いられる技術であるといえる。

なお、このプロセスの中でも、製造・加工⇒検査・出荷という部分に着目した管理手法は工程管理といわれる。

## 生産技術の目的

生産技術は、QCDに着目した最適な生産プロセスを生み出すための技術であるが、中でもムダ・ムリ・ムラ(3M)や7つのムダを排除することが重要であるといわれる。7つのムダは、トヨタ生産方式で提唱されているものであり、①つくりすぎのムダ、②手持ちのムダ、③運搬のムダ、④加工そのもののムダ、⑤在庫のムダ、⑥動作のムダ、⑦不良をつくるムダである。いかにしてこのムダを発見し、

解決するかが生産技術の根幹である。

## コストの構造

コスト削減を行うためには、まずコストの構成要素を知る必要がある。まず、会社の利益(営業利益)は、売上から製造原価と営業費(販管費)を減じたものである。

生産技術が対象とするコストは、製造原価の部分である。製造原価はさらに、製造直接費、製造間接費に分かれ、それぞれさらに材料費、労務費、経費に分けることができる。いかにこれらコストを削減するかが生産技術の課題である。

利益(営業利益) = 売上 - 製造原価 - 営業費(販管費)

製造原価		製造直接費	
		材料費	原料費、買入部品費など
	労務費	直接作業賃金	
	経費	外注加工費、特許権使用料など	
製造間接費		材料費	燃料費、消耗品費、消耗工具費など
		労務費	間接作業賃金、事務員賃金など
		経費	減価償却費、水道光熱費、賃貸料など

図1: 製造原価の構造

## トヨタ生産方式とは

「異常が発生したら機械がただちに停止して、不良品を造らない」という考え方(自動化)と、各工程が必要なものを、流れるように停滞なく生産する考え方(ジャスト・イン・タイム)の2つの考え方を柱として確立された生産方式。

### <自動化>

- <自動化>とは、通常の加工が完了したら、機械が安全に停止することと、万一、品質、設備に異常が起こった場合、機械が自ら異常を検知して止まり、不良品の発生を未然に防止することである。それにより、後工程には、良品だけが送られる。
- 加工完了時に、自動で止まるのと、異常があれば機械が止まって<アンドオン(異常表示盤)>で知らせるので、作業者は安心してほかの機械で仕事ができ、また、異常の原因追求と再発防止も容易である。その為、作業者が多くの機械を受け持つことができるため、生産性も上がり、異常を改善し続けることで、工程能力も向上する。

### <ジャスト・イン・タイム>

- 注文を受けたら、なるべく早く生産ラインの先頭に生産指示を出す。
- 組立ラインは、どんな注文がきても造れるように、全ての種類の部品を少しずつ取りそろえておく。
- 組立ラインは、使用した部品を使用した分だけ、その部品を造る工程(前工程)に引き取りに行く。
- 前工程では、全ての種類の部品を少しずつ取りそろえておき、後工程に引取られた分だけ生産する。

トヨタ自動車HPより作成

## 重要な概念①(生産性と生産効率)

生産性とは、JISの定義によると「投入量に対する産出量との比」であり、生産性＝産出量 (output) / 投入量 (input) の式で表すことができる。よく耳にする労働生産性は、生産量 (生産金額) / 労働量 (従業員数) で表され、どれだけ少ない人で最大の生産量をあげたかを分析する。その他、分母に投入資本を置いて、どれだけ小さな資本で最大の生産量をあげたかを分析したり、分母に原材料使用量を置いて、どれだけ少ない原材料で最大の生産量をあげたかを分析したりする。また、すべての要素を分母に置く全要素生産性ということばも近年用いられている。

効率とは、JISの定義によると「目的のために有効に利用した量と、消費したすべての量とのエネルギー的面での比率」である。従って、生産効率は、製品を生産する際に、投入したすべてのエネルギーのうち、有効に利用されたものがどれだけの割合を示すものである。よって、この値が100%を超えることはない。

生産性と生産効率は似た概念であるが異なるものであり、生産性は高いが生産効率が低いという場合も存在する。例えば、時間あたり非常に多くの製品が生産されているが、中身を分析すると実は不良品の検査や対応にかなりの労力が割かれている、などという場合である。

$$\text{効 率} = \frac{\text{出力(有効エネルギー)}}{\text{入力(投入エネルギー)}}$$

$$\text{生産効率} = \frac{\text{出力(入力労働力ロス)}}{\text{入力(労働力)}}$$

## 重要な概念②(標準時間)

工程管理や作業管理を行う際に、「標準時間」という概念が重要となる。標準時間とは一定の熟練度をもつ「標準的な作業者」が、決められた「標準の作業方法」と設備を用いて決められた「標準の作業条件」のもとで、既定された品質の製品を生産するために、通常の努力を払い一定の仕事をおこなう場合の作業時間に、適切な「余裕時間」を加えたものである。

標準時間を設定することにより、日々の作業時間を標準時間と比較することができる。これにより、標準時間とどの程度乖離があるのかを知り、その原因はなぜかを考え、カイゼンにつなげることが可能となる。

## 重要な概念③(稼働率と可動率)

稼働率とは、JISの定義によると「人又は機械における就業時間若しくは利用可能時間に対する有効稼働時間との比率」である。1日の作業時間に対して、そのうちの何時間が生産に対して有効な作業時間であるかの比率を表している。ただ、一般的な使用方法として、分母となる1日の作業時間は標準の作業時間(定時)であるとし、繁忙期など定時を超えて作業する場合に「工場の稼働率125%」などと表現する場合もある。

これに対し、可動率は「必要とされるときに設備が使用中又は運転可能である確率」である。故障で停止する時間が

少なければ少なくなるほど可動率100%に近づく。

## 重要な概念④(設備総合効率)

設備総合効率とは、生産システムに投入した生産設備を効率よく使っているかどうかを表す指標のことである。設備総合効率は、時間稼働率と性能稼働率および良品率を掛け合わせたものである。

設備総合効率を向上させるためには、停止ロス(故障、段取り時間、立ち上げ立ち下げ時間)、性能ロス(空転、チョコ停、速度低下)、不良ロス(不良手直し、修正)をいかに少なくするかがキーポイントとなる。

$$\text{標準時間} = \text{作業時間} + \text{余裕時間} \text{ (または、作業時間} \times (1 + \text{余裕率}) \text{)}$$

作業時間	正味時間	実質的な作業時間
	段取時間	機械の金型の取替えや準備時間など
余裕時間	作業余裕	注油や手入れなど当該作業における不可避の遅れ
	職場余裕	材料待ち、連絡待ちなど管理方式に依存するもの
	用達余裕	手洗い、水飲みなど
	疲れ余裕	疲労にもとづく遅れ

図2: 標準時間の構成

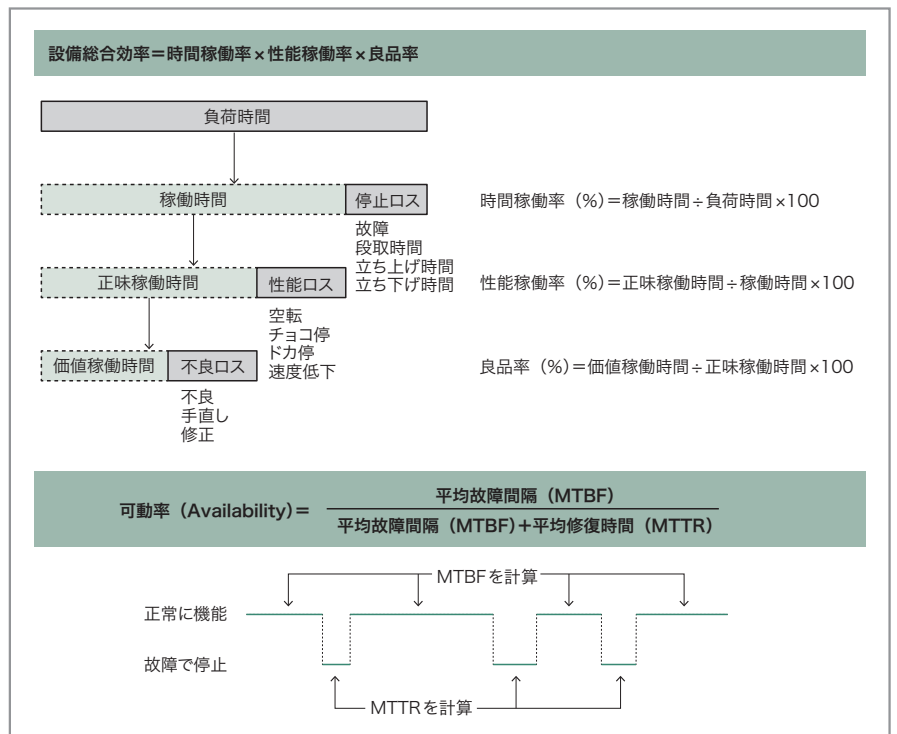


図3: 稼働率と可動率

### ④ カイゼンのためのヒント

カイゼンを行う際のヒントになる原則として、3SとECRS (日本語の頭文字をとってナナトヤとも呼ばれる)がある。

3S	simplification	簡素化
	standardization	標準化
	specification	専門家

ECRS	Eliminate (排除)	ナクス
	Combine (結合)	ナガラ
	Rearrange (並び替え)	トリカエ
	Simplify (簡素化)	ヤサシク

# 1-2. 生産技術概要

生産技術は生産プロセスのムダを排除し、最適なプロセスを作り上げるための技術である。生産技術の基礎を知ることによって、顧客に対しムダのない最適なシステムを提案することができるようになる。本節では、IEの基本である工程分析のやり方と費用対効果に関し解説を行う。

## IE (Industrial Engineering)

IEとは生産工学と呼ばれるものであり、米国IE協会は、「IEとは、人・モノ・設備の総合されたシステムの設計・改善・確立に関するもので、そのシステムから得られる結果を明確にし、予測し、かつ評価するために、工学的な解析・設計の原理や方法とともに、数学・物理学・社会科学の専門知識と技術とを利用する」としている。

生産管理を行う上で、どのように現在の生産システムを分析し、どのように改善するかを学問的アプローチから考察するものである。工程分析、動作研究、稼働分析、時間研究などが代表的なIEの研究対象である。ここでは、生産システムの現状分析を行う基礎となる工程分析に関して紹介する。

## 工程分析

工程分析とは、材料が製品になるまでの工程を分析することである。

### 1. 工程分析の目的

製品の流れを明確にすることにより、改善点を発見することである。

### 2. 工程分析の手法

一般的に、工程図記号を使って図表化し、各工程の作業内容、使用機械、治工具、所要時間、運搬距離などを調査、記録する。

### 3. 工程図記号

工程図記号はJIS Z8206に規定されている(図1参照)。基本的には工程を次の4つに分類し、フロー図を作成する。

#### ● 加工

原料、材料、部品または、製品の形状、性質に変化を与える過程

#### ● 運搬

原料、材料、部品または、製品の位置に変化を与える過程

#### ● 検査

原料、材料、部品または、製品の量や品質を検査し、ロットの合格、不合格、または、個品の良・不良を判定する過程

#### ● 停滞

原料、材料、部品または、製品が、計画に反して滞っている、または、計画により蓄えられている状態

上記4工程のうち、付加価値を生み出しているのは「加工」工程のみである。

## 4. 工程分析のやり方

### ① 工程分析の目的を決める

まず「工程分析」の具体的な目的を決める。

例えば、工程全体の工数をへらす、運搬を見直すなど。

### ② 工程分析の対象を決める

問題点のある製品または作業員を選ぶ。例えば、生産量の多い製品、工数が多い製品や作業員など。

### ③ 工程を4種類に分類しフローを作成。

工程を、「加工」「運搬」「検査」「停滞」に分類し、工程図記号を使用して工程の内容をわかりやすくする。

### ④ 時間、距離などを調査して記入。

### ⑤ カイゼン点を把握する。

※記入に関しては、「工場管理」2017年1月号掲載の図2簡易フォーマット参照。

## 5. カイゼンのポイント

付加価値を生み出しているのは「加工」工程であるので、それ以外の工程の割合をいかに減らすかがポイントとなる。

要素	記号名称	記号	読み方	内容
加工	加工	○	まる	原料、材料、部品、製品の形状、性質に変化を与える過程。唯一、価値を高める工程。
運搬	運搬	○	こまる	原料、材料、部品、製品の位置を変化させる過程を表す。□を用いることもある。
停滞	貯蔵	▽	三角形	原料、材料、部品、製品を計画により貯えている過程。
	滞留	◇	ディー	原料、材料、部品、製品を計画とは異なり滞っている状態。
検査	数量検査	□	四角形	原料、材料、部品、製品の量または個数を計って、その結果を基準と比較して差異を知る過程。
	品質検査	◇	ダイヤ	原料、材料、部品、製品の品質特性を試験し、その結果を基準と比較してロット、個品の良・不良を判定する過程。

図1: 工程図記号と記入例

〈製品工程分析での簡易フォーマット〉

工程の説明	距離(m)	時間(秒)	工程記号				備考	工程順に
			加工	運搬	停滞	検査		
寸法検査		3	○	⇒	▽	◇		部門間、他社との境界を表す
台車で運搬(検査場へ)	25	30	○	⇒	▽	◇		
仕掛品置き場		3時間	○	⇒	▽	◇		運搬(リフトで500kg×50m)
作業台まで運搬	10	15	○	⇒	▽	◇		
検査(マーキング)		3	○	⇒	▽	◇		仮置き(設備前に3時間)
台車で運搬(倉庫へ)	25	30	○	⇒	▽	◇		
仕掛品置き場		3日	○	⇒	▽	◇		加工(施盤で30秒/個)
台車で運搬(作業台へ)	10	15	○	⇒	▽	◇		
梱包作業		5	○	⇒	▽	◇		検査(/ギスで寸法)
台車で運搬(受入へ=外注出し)	15	25	○	⇒	▽	◇		
仕掛品置き場		3時間	○	⇒	▽	◇		部門間、他社との境界を表す
リフトで運搬(車へ)	20	40	○	⇒	▽	◇		
加工(WJ加工)		8	○	⇒	▽	◇		
リフトで運搬(受入へ)	20	40	○	⇒	▽	◇		
仮置き		2時間	○	⇒	▽	◇		
台車で運搬(NC班へ)	35	60	○	⇒	▽	◇		
仕掛品置き場		1日	○	⇒	▽	◇	受入検査は現地で実施	
加工設備まで運搬	15	30	○	⇒	▽	◇		

※工場管理 2017年1月号「解説 IEの手法 1.工程分析」より作成

図2: 簡易フォーマット例



## 費用対効果分析

費用対効果とは、かけた費用に対して、どのくらい効果があるかをいう。コストパフォーマンスといわれることもある。

費用対効果を算出する場合には、一般的に費用便益分析法が使用される。費用・便益分析法は、製造ラインに対して、費用をかける場合とかけない場合のそれぞれについて、一定期間の便益額、費用額を計算し、費用と便益の価格を比較することにより分析、評価を行う方法である。

### 1. 一定の期間とは

一定の期間とは、例えば設備を購入する場合は、その費用を何年で回収したいかという期間となる。固定資産には減価償却期間（法定耐用年数）が設けられており、会計処理上はこの減価償却期間に応じ毎年減価償却がなされることとなるので、これを費用回収の期間と置くことが一般的である。もちろん、便宜上さらに短い期間を設定し費用効果を計算しても問題はない。

なお、減価償却期間は法律で定まっており、同じような設備でも何を製造する設備かで変動するため都度確認が必要である。

### 2. 便益額とは

便益額は、費用をかけたことによる効果の総額であり、費用をかけることにより増えた利益と節約できた費用の総和となる。

効果には、金額で表すことが容易な定量的な効果と、金額で表すことが難しい定性的な効果がある。

定量的な効果としては、生産数の増加による利益の増加、工数削減による人件費の減少などが挙げられる。

定性的な効果としては、従業員の満足度の向上や安全性の向上などが挙げられる。

通常費用対効果の算出では、定量的な効果が主に用いられるが、定性的な効果も何らかの方法で金額に換算し利用することも可能である。

定量的効果 (例)	生産数増加 人件費削減 省スペース 省エネ
定性的効果 (例)	社員満足度向上 顧客満足度向上 品質向上 重労働軽減 危険作業代替 熟練作業代替

### 3. 費用額とは

費用額を考える場合、設備を購入するのであればその購入額が考えられる。また、そのために他の設備や環境に改造を行うのであれば、これも費用となる。

忘れてはならないのは、設備を入れたことにより増加するランニングコストである。例えば、保守メンテナンスのコストや、増加する電気量、スペースが余計必要となるのであればその賃料も計算するべきであろう。

### 4. 例

例えば、新たなシステムを導入する場合に、以下のような便益と費用が考えられるとする。

便益	生産数増加による利益増 100万円/年 工数削減による人件費減 300万円/年 品質向上による廃棄コスト減 100万円/年
費用	システム購入費用一式 2,800万円 保守メンテ費用 80万円/年 増加電気費用 20万円/年

この場合、投資回収期間を7年と置いた場合は、便益3,500万円（(100万+300万+100万）×7年）、費用3,500万（2,800万+（80万+20万）×7年）となり、プラスマイナス0となる。

ということは、7年以上の期間での費用回収を考えている場合は投資に見合うが、7年以下での費用回収を考えている場

合は投資に見合わないということとなる。

## システム製作コストの正しい査定

費用対効果の分析は仮定の上に成り立つものであり、その基礎となっている金額がぶれると大きく結果が異なってしまう。特にシステムの費用は大きなウェイトを占めることとなる。

1-7営業技術でも触れているが、正しい金額を算出するためには、正確な（妥当性のある）設備査定をする必要がある。

そのためには、製品（ワーク）の生産プロセス（工程設定）設定を正しく行う事と、各工程の要件（目的）を理解し、適正な能力と機構の機器を組合わせた構想で過剰な設備にならないような設備提案をする事が必要となる。

また、生産するために不確定な製造要素がある場合には、実験、検証を行う事が必要である。これらを基本として、

- 機械設備コスト査定
  - 制御機器査定
  - 制御プログラム査定
  - 実験、検証コスト査定
  - 仮設、輸送、本据付コスト査定
  - 立上げトライ コスト査定
  - ロボットティーチングコスト査定
  - 帳票（取扱説明書、検査証など）のコスト査定
  - 生産サポートコスト査定
  - エンジニアリングコスト査定
- を行い、さらに販売管理費と利益を考慮して販売価格を決定する必要がある。

### ④ IEのさまざまな分析手法

本章で述べた以外に、IEには様々な分析手法が存在する。興味のある方は、下表を参考にさらなる学習を行っていただきたい。

分類	分析方法	分析の狙い			手法の概要
		品質確保	設備効率	人的効率	
時間分析	ストップウォッチ法	○	○	○	ストップウォッチによる作業時間分析
	WS (Work Sampling) 法	○	○	○	ランダムな瞬間観測による状態分析
	WF (Work Factor) 法		○	○	高精度な標準時間設定
	標準時間見積資料法	○	○	○	整備された資料に基づく標準時間設定
	VTR法	○	○	○	設備稼働状況や長時間の作業分析
工程	有効動作分析（作業・動作）	○	○	○	有効作業と無効作業の作業分析
	工程分析	○	○	○	物の加工の流れ分析
	From-Toチャート	○	○	○	工程の相互関係の明確化
効率	流れ分析（流れ線図）	○	○	○	設備配置や工程の合理化
	レイティング法		○	○	作業者の作業速度の評価
稼働分析	バランス・ロス分析	○	○	○	作業時間の不均衡によるロス時間分析
	マンマシンチャート	○	○	○	人と機械の時間的経過の関連性の分析
	設備稼働分析	○	○	○	設備稼働時間の要因分析
	生活分析	○	○	○	作業内容の定量的分析
	チョコ停分析	○	○	○	チョコ停の現象と原因分析
レイアウト	PM分析		○	○	設備ロスの要因分析
	マシン・チャート	○	○	○	自動機の機構相互間の動作時間分析
	PQ分析	○	○	○	製品種類別の生産量の分析
製品	アクティビティ相互関係分析	○	○	○	職場の相互関係（近接性）の分析
	MH（マテハン）分析	○	○	○	運搬、取扱いコストの分析
品質	運搬活性分析	○	○	○	物の移動し易さの分析
	生産性評価の分析		○	○	設計段階での組立加工難易度の分析
物流	QC手法	○	○	○	問題解決手法（主に数値データ）
	新QC手法	○	○	○	問題解決手法（主に言語データ）
技能	工程長（LT）分析			○	製造工程長の内容分析
	流動数分析（曲線）			○	各工程における仕掛数推移の分析
習熟曲線	技能棚卸分析		○	○	技能レベルの把握
	習熟曲線		○	○	未経験者の習熟期間を定める

MONOist記事 福田祐二「実践! IE:方法改善の技術」より (<http://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1001/12/news089.html>)

# 1-1. リスクアセスメントとリスク低減策

ロボットシステムが、システムのライフサイクルを通じて、安全に使用できるためには、Sler自らがリスクを想定し低減策を講じなければならない。そのための策として、ここではリスクアセスメントとリスク低減策について紹介する。

## はじめに

Slerは、顧客から依頼されたロボットシステムを構築し、提供する。その際、ロボットシステムは人と協働して作業をおこなうことも考慮して、人に対して危害を加えることがないように設計・開発する必要がある。つまり、Slerは構築するロボットシステムに対して、十分な安全対策を施さなければならない。

国内法においても安全に対する規制が存在する。産業用ロボットシステムに関わる法規制としては、労働安全衛生法や労働安全衛生規則が代表的なものとして存在する。労働安全衛生法における機械関係の規制の原則としては、産業用ロボットについては、周囲に物理的な柵などを設けることを基本としていた。しかし、コンピュータ制御技術の向上により、信頼性の高い制御が可能となり、新たな制御機能を付加することによる安全方策である「機能安全」の国際規格が制定されたことから、現在では適切な安全関連システムを有しているロボットシステムについては、柵などを設けることなく労働者と協働で作業を行うことを認めている。

また、労働安全衛生規則において、危険業務として産業用ロボットの操作業務（第三十六条 第三十二号）、教示等における安全要件（第百五十条の三）、運転中の危険の防止要件（第百五十条の四）、検査等の安全要件（第百五十条の五）、点検の実施（第百五十一条）などが規定されている。

## 安全確保の方法

人の作業を支援し、作業の効率化を図るため製造現場では「産業用ロボット」が普及し、現在は人と協働で作業をする協働ロボットの導入が始まっている。また、ロボットの活躍の場は今や製造現場から介護現場や、直接個人の生活の質を向上させる目的で「生活支援ロボット」として活躍を始めている。産業用ロボットや生活支援ロボットを含むロボットシステム

を構築する場合は、十分に安全の確保に努めることが絶対の条件である。

ロボットシステムに存在するリスクは、システムの用途、性質、装置の複雑さ及び人間とロボットとの相互作用のあり方によって、ロボットシステム固有に存在する。そのため、ロボットシステムを提供するSlerは、ロボットシステムを構成するロボットや各構成要素が、ロボットシステムのライフサイクルを通じて、安全に使用できるための対策を講じなければならない。ここでは、ロボットシステムに対する安全確保の方法としてのリスクアセスメント手法、並びにリスクアセスメントの結果に基づいて実施するリスク低減策について紹介する。

## ロボットシステムの安全性評価とリスクアセスメント

ロボットなどの機械類を開発するための安全指針としてはISO/IEC Guide 51 (JIS Z 8051) “Safety aspects-Guide lines for their inclusion in standards” (安全側面－規格への導入指針)が存在する。この規格は、機械的要素を持つ製品又はシステムに存在するリスクを減らすことを目的に制定された指針であり、この指針の下に、リスクアセスメント活動を規定したISO 12100 (JIS B 9700) “Safety of machinery-General principles for design-Risk assessment and risk reduction” (機械類の安全性－設計のための一般原則－リスクアセスメント及びリスク低減)が位置づけられている。産業用ロボットの安全規格ISO 10218-1 (JIS B 8433-1)「ロボット及びロボティックデバイス－産業用ロボットのための安全要求事項－第1部：ロボット」及びISO 10218-2 (JIS B 8433-2)「ロボット及びロボティックデバイス－産業用ロボットのための安全要求事項－第2部：ロボットシステム及びインテグレーション」、並びにISO 13482 (JIS B 8445)「ロボット及びロボティックデバイス－生活支援ロボットの安全要求事項」では、それぞれISO 12100 (JIS B

9700)に基づいてリスクアセスメントを行うことを求めている。

Slerは構築するロボットシステムに対してリスクアセスメントを実施し、リスクを許容できるまで低減しなければならない。また、ロボットシステムを構成するロボットを、ロボットシステムに要求される仕様に基つき選定しなければならない。

## リスクアセスメント活動

ロボットシステムを対象としたリスクアセスメント活動とは、①システムを構成するロボットや他の構成要素、それらの関係を明確にする。②対象とするロボットシステムを使用する人、周辺の環境を含めた使用場所、使用方法、並びに予想することができる誤使用（合理的に予見できる誤使用）を明確にし、③ロボットシステムのライフサイクル中にロボットシステムの使用者や周囲の人に対して発生が想定される危害、財産への損害、または環境への悪影響をリスクとして洗い出し、④その原因（危険源）を識別して洗い出したリスクごとにその大きさを見積り、その大きさが受け入れ可能なレベルにあるのか否かを評価するまでの一連の活動をいう。

リスクが受け入れ可能なレベルにない場合には、可能になるまでリスク低減策の検討を繰り返す（図1）。

## ロボットシステムの決定

どのようなロボットシステムを構築するかをコンセプトとして明確にしなければならない。コンセプトをまとめるにあたり、5W1Hに沿って、「何ために（why）」「どのような（What）」ロボットシステムを作り、「いつ（When）」「どこで（Where）」「誰が（Who）」「どのように（How）」ロボットシステムを使うかを考えることも一つの方法である。

コンセプトを明確にすることは、ロボットシステムのユースケースを特定し、制約・制限を明確化する作業であり、図1における機械類の制限の決定に該当する。特に、「どのようなロボットを選定するか」につい

ではSlerは構築するロボットシステムに対する要求を分析して選定する必要があり、顧客の要求を満足するロボットシステムの構築のためには十分な分析に基づいて選定する必要がある。「誰が使用するのか」については作業者の経験、能力などを明確に示し、使用者を制限する必要がある。また、「どのようにロボットを使用するのか」を明確にする場合には、正しいロボットの使い方のみならず、合理的に予見できる誤使用についても明確にする必要がある。また、動力源についても明確にしておくことは大切な情報となる。開発者側から「どのように使用してほしい」といった使用方法を定義してもよい。Slerは顧客と構築するロボットシステムについてしっかりと合意しておかなければならない。

### 危険源の同定

Slerは、対象とするロボットシステムに存在するリスクとその原因を実際の運用状況を想定しながら洗い出すことが大切である。

リスクとその原因を網羅的に洗い出すために、関係者（ロボットメーカ、Sler、

顧客）によるブレインストーミングは効果的な方法である。ロボットシステムのライフサイクルの各フェーズにおける使用状況を考え、リスクを列挙するとともに、機械、電気、熱、電磁的ノイズ、使用材料及び物質、人間工学原則、使用環境など、その他、人や物体に影響を及ぼすエネルギーなどの危険源に注目する手法も効果的である。また、「使用者が怪我を負う」などを頂上事象に置いて、その原因を網羅的に洗い出すFTAやロボットシステムと人との相互作用についてシステムティックに分析するSTAMPなどの手法も効果的である。

ISO 12100 (JIS B 9700)、ISO 10218-1 (JIS B 8433-1)、ISO 13482 (JIS B 8445)の付属書には、危険源が例示されているので参照することが望ましい。

### リスクの見積り

リスクの見積りとは、「危害のひどさ」と「発生頻度」をそれぞれ定量的に表し、リスクの大きさを「見える化」することである。例えば、(リスク) = (危害のひどさ) × (発生頻度)の式を使って目安としての

リスクの大きさを定量的にあてはめるなどの方法がある。リスク見積りの方法としては、表1に例示した5×5マトリクス法や積算法（ハイブリッド法）などが提案されている。

### リスクの評価

リスクの評価とは、リスクが受け入れられるレベルにまで低くなっているか否かを評価することであり、受け入れられるレベルにまで至っていない場合には、「リスク低減策を実施する必要がある」と判断することである。このため、Slerは、リスク評価に先立ち、リスク低減策の必要性を判断する「リスク評価表」（表1参照）を準備しておくことが必要である。

リスクの見積り結果をリスク評価表にあてはめてリスクを評価し、低減策の必要性を判断する。リスク点数は、発生頻度が低いと推定してリスク点数が低くなった場合でも、万が一そのリスクが顕在化した場合に重大な危害に至る可能性があると判断した場合は、低減策を検討することもあり得る。

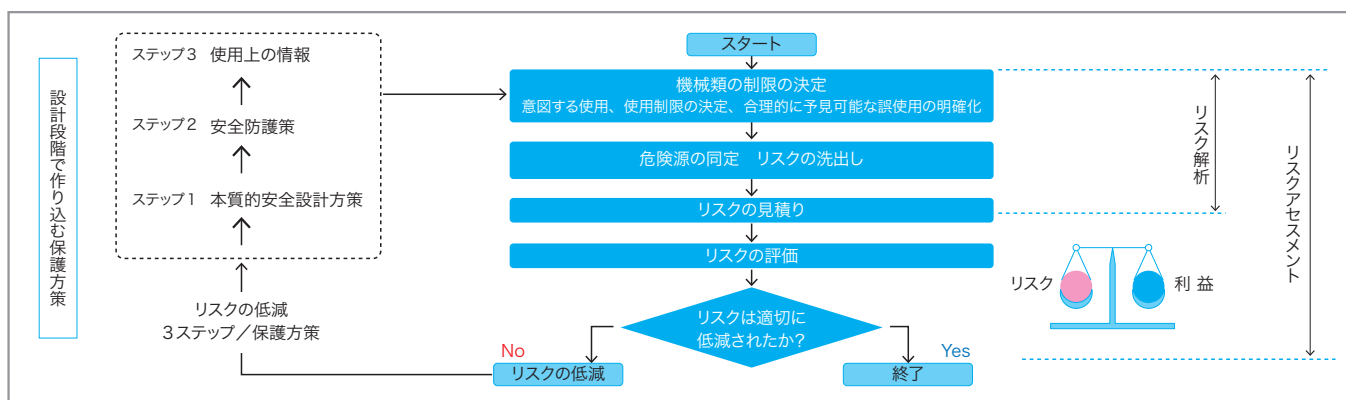


図1: リスクアセスメント及びリスク低減策 活動プロセス

発生頻度 危害のひどさ		5	4	3	2	1
		しばしば発生する	ときどき発生する	まれに発生する	発生しそうにない	起こり得ない
5	死亡	25	20	15	10	5
4	重大傷害 (恒久的な傷害)	20	16	12	8	4
3	中度傷害 (通院治療で回復)	15	12	9	6	3
2	軽度傷害 (応急手当てで回復)	10	8	6	4	2
1	無傷 (一時的な痛み)	5	4	3	2	1

■ リスクは高く、受け入れられない  
■ リスクを下げる対策が必要である。技術的対策が困難な場合は警告表示及び管理的対策を講じる  
■ リスクは十分低いので、特別な対策は要求しない

表1: リスク評価表(例) (5×5マトリクス法)



# 1-2. リスクアセスメントとリスク低減策

ロボットシステムが、システムのライフサイクルを通じて、安全に使用できるためには、Sler自らがリスクを想定し低減策を講じなければならない。そのための策として、ここではリスクアセスメントとリスク低減策について紹介する。

## リスクの低減策

リスクアセスメントの結果、リスクレベルが受け入れ可能なレベルにまで十分低くなっていない場合には、リスク低減策を講じる必要がある。

リスク低減策には、「本質的安全設計方策（ステップ1）」、「安全防護策（ステップ2）」、「使用上の周知（ステップ3）」の優先順位がある。これを「3ステップ法」と呼ぶ。

ステップ1でリスクの危険源（危険状況）が除去可能性を検討し、危険源を除去できるのであれば、その対策を実行することで低減策は終了となる。

ステップ1におけるリスク低減策としては、危険エネルギーを減らす（負荷を減らす）方法としては、質量、速度、電圧、温度、圧力など負荷エネルギーを下げる、切傷防止に対して鋭端部や機械的な金属バリをなくす、挟み込み防止に対しては、隙間を小さく/大きくするなどがある。また耐性を強化する（強度を上げる）方法として、負荷に対する十分な余裕を持つなどの手段などが考えられる。しかし、ステップ1で危険源を除去できない場合には、ステップ2に移行し、危険源が危害に至るストーリー（危険事象）を断ち切るための設計による対策を検討する。

- ①危険源が存在することによる危害の顕在化を防止する、
- ②危害の発生頻度を低下させる、

- ③危害が顕在化した場合でも危害の程度、影響を緩和するなどの優先順位で考える。

これらのリスク低減策は、安全関連制御システムにより実現される。安全関連制御システムの構成に対しては国際規格で要求があるため、設計の際には国際規格への適合が必要となる。ステップ2におけるリスク低減策の例としては、センサにより範囲内に人が侵入したことを検知した際のシステムの停止などがある。

リスクアセスメントのステップ2で導出された安全防護策のなかには機能安全の対象となるものが含まれる場合がある。機能安全とは「モニタリングなどの監視機能や安全のための制御機能（安全機能：safety functionといわれる）を付加することにより許容できるまでリスクを低減させる安全方策」の1つである。

設計対応でも十分にリスクが低減できない場合には、使用者にリスクが残留していることを伝え、使用者にリスク低減策の実施を委ねることになる（ステップ3）。

使用者に伝達する情報のことを「使用上の情報」という。例としては、警告文の表示・警告ラベル貼付、取扱説明書・メンテナンスマニュアルの準備と記載、必要なトレーニングの実施、保護具の着用、適切な保全間隔の設定、使用者の制限として資格制度の導入などが考えられる。

## 検証

ロボットシステムもしくはロボットシステムの運用に対する安全要求規格は、まだ十分に成熟しているとはいえない。このためSlerは構築するロボットシステムに対して、リスクアセスメントを実施してリスクを低減させるための対策を安全要求として明確にすることが大切である。

設計でのリスク低減策を設計仕様書に記載し、仕様のとおりロボットを開発した後は、ロボットが意図したとおりに機能することを検証する。検証とは「正しくものをつくっているか？」の確認作業である。

ISO 13482 (JIS B 8445) では、リスク低減策に応じて検査、実地試験、測定、運転中の観察、回路図の検査、ソフトウェアの精査、タスクに基づいたリスクアセスメントのレビュー、並びに配置図及び関連文書の精査といった検証手段が推奨されており、またISO 10218-1及び-2 (JIS B 8433-1及び-2) では、これらの検証方法に加えて、仕様書及び使用上の情報の再確認という検証手段が推奨されている。これらの手段、あるいはこれらの手段の組合せにより、設計仕様項目のすべてを確認し、所定の機能が得られない場合には、設計、製造の適切なフェーズにフィードバックしなければならない。

### 【参考文献】

- ISO/IEC Guide 51 (JIS Z 8051) "Safety aspects-Guidelines for their inclusion in standards" (安全側面－規格への導入指針)  
 ISO 12100 (JIS B 9700) "Safety of machinery-General principles for design-Risk assessment and risk reduction" (機械類の安全性－設計のための一般原則－リスクアセスメント及びリスク低減)  
 ISO 10218-1 (JIS B 8433-1) 「ロボット及びロボティックデバイス－産業用ロボットのための安全要求事項－第1部：ロボット」  
 ISO 10218-2 (JIS B 8433-2) 「ロボット及びロボティックデバイス－産業用ロボットのための安全要求事項－第2部：ロボットシステム及びインテグレーション」  
 ISO 13482 (JIS B 8445) 「ロボット及びロボティックデバイス－生活支援ロボットの安全要求事項」

## ▶ ロボットの安全に関する国際規格について

ロボットシステムを構築するにあたり、構成要素であるロボットが安全であることは最低限の要求であるといえる。ロボットの安全に関する国際規格としては、産業用ロボットの国際規格であるISO 10218-1、-2やサービスロボットの国際規格であるISO 13482がある。

産業用ロボットの国際規格ISO 10218は現在改訂作業が行われており、最近の技術やロボットと人との関係を反映し、人との協働作業における安全の確保について議論されている。ISO 10218-2ではロボットを含むロボットシステムやシステムインテグレーションについての安全要求が記載されており、Sler必読の国際規格といってもいいであろう。

また、最近では人へのサービスの提供を目的としたサービスロボットが、工場内で作業員の補助として使われるなど、活躍の範囲も広がり需要が高まっている。

サービスロボットの国際規格ISO 13482は、日本が主導して2014年に制定された国際規格で、現在はJIS B 8445としてJISになっている。また、サービスロボットのタイプに応じて、以下の3つのJISが制定されている。

### ① JIS B8446-1「生活支援ロボットの安全要求事項－第1部：マニピュレータを備えない静的安定移動作業型ロボット」

これは、自律移動型のサービスロボットの規格であり、警備や案内、掃除などのサービスを提供するサービスロボットの安全要求を規定している。

### ② JIS B8446-2「生活支援ロボットの安全要求事項－第2部：低出力装着型身体アシストロボット」

これは、人に装着する身体アシスト型のサービスロボットの規格であり、立つ、座る、歩く、走るなどの運動のサポートや体重支持や上肢支持などの姿勢保持のサポート、運搬、上げ下ろし、把持などの物体操作などのサービスを提供するサービスロボットの安全要求を規定している。

### ③ JIS B8446-3「生活支援ロボットの安全要求事項－第3部：倒立振り制御式搭乗型ロボット」

これは、人の移動をサポートするタイプのサービスロボットの規格であり、倒立制御を行う一人乗りのサービスロボットの安全要求を規定している。

産業用ロボットもサービスロボットも人と協働して動作をするといった観点からの安全確保が重要であり、上記の規格への適合性が安全確保では必要となる。

## ▶ 機能安全について

機能安全とは、システムを構成する要素や部品の故障リスクなどを算出し、そのリスクを減らすような安全装置を「機能」として実装することで安全性を高める考え方のことである。

機能安全に関する国際規格としては、IEC 61508が最上位規格として存在する。

この規格では故障をランダムハードウェア故障とシステムティック故障に分類し、安全を担保するための機能(安全機能)の故障に対する安全性能を安全度水準(SIL: Safety Integrity Level)として規定している。

機能安全は本質安全と対比されて説明されることがある。

例えば、作業者とロボットが協働して作業をする場合、ロボットの出力を低出力として、ロボットと人が接触しても、人に対して危害が生じないことが本質安全であり、本質的安全方策の一つと言える。一方、センサーによる監視をシステムに設置して、人との衝突を回避、許容できるまで衝突の衝撃を制御するような保護装置により安全を確保することが機能安全を導入した安全制御による方策といわれる。

最近では、本質安全化はロボット本来の能力を損なう場合が多いため、必要ときには十分な能力を発揮できるように、制御により安全を確保することが求められている。特に、ロボットシステム化によって複雑で高度な制御を安全に実現するには、従来の単純なインタロックだけでは対応できず、機能安全を導入した安全制御システムが不可欠となっている。

機能安全の国際規格としては、分野別の規格として

自動車の機能安全規格 ISO 26262

原子力では IEC 61513

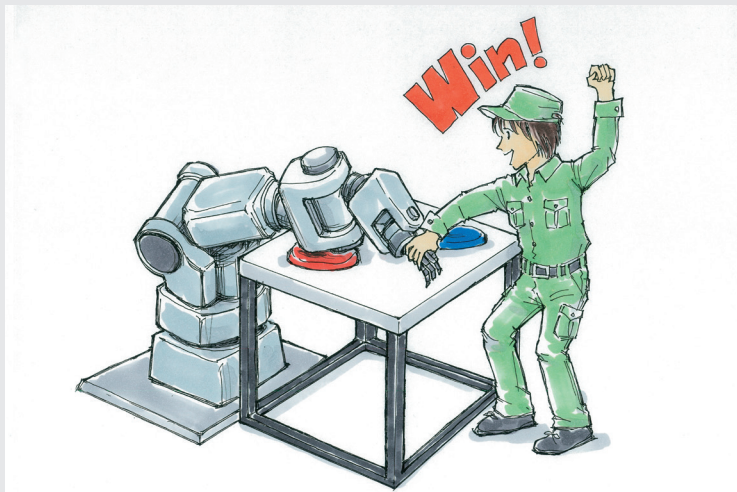
鉄道では IEC 62278、IEC 62279

機械類では IEC 62061

などが存在している。

今後はますます機能安全の考え方は当たり前のものとなると考えられており、いままで機能安全の対象とならないと思われる分野でも関連した国際規格の策定がはじまっている。

### 【本質安全】



出力のエネルギーを下げることで、安全を確保する。

### 【機能安全】



センサのような「保護装置」を用いて、安全を確保する。



## 2-1.品質保証（品質マネジメント）

Slerは、ロボットシステムに求められる性能、安全性、信頼性などの仕様を満たしたロボットを作り出さなければならない。このためのプロセスの確定と遵守によって確実なものとする品質保証について解説する。

### はじめに

Slerは、顧客から依頼されたロボットシステムを構築し、提供する。その際、提供するロボットシステムが顧客の要求する品質を満足していることを保証するためには、品質保証を実施しなければならない。

品質保証とは、「品質に関する要求事項が満たされているという確信を与えることに焦点を合わせた品質マネジメントの一部」と品質マネジメントシステムの国際規格ISO 9001で定められている。

品質については、上記規格において「対象に本来備わっている特性の集まりが、要求事項を満たす程度」であり、特性には、物理的、感覚的、行動的、時間的、人間工学的、機能的などの種類がある。また、定量的・定性的のいずれでもありうる、と定められている。簡単にいえば、品質とは考えている対象が顧客の求める要求をどれだけ満たしているか？ということであり、品質保証は、顧客が求める要求を満たしていることに確信を与える活動のことである。

品質マネジメントには、大きく2つ「品質管理」と「品質保証」からなり、平たくいえば、品質管理はしっかりと品質を作り込む活動であり、品質保証は品質が満足レベルであることを保証するための活動ということができる。

### 品質保証を行うにあたって

ロボットシステムの導入を計画している組織は、ロボットに求める性能のイメージを持っている。Slerは、ロボットシステムを導入する組織（顧客）が求める性能に合致したロボットシステムを構築するために、顧客の要望を調査して要求を抽出し、仕様を決定し、設計・開発しなければならない。Slerは、構築するロボットシステムの設計から製造、組立、試験、納入までのプロセスを確定し、プロセスに則った活動により、顧客の要求を満足するロボットシステムを構築することが重要である。この一連のプロセス活動のなかで顧客の要

求を満足していることの確証を得る活動がSlerの行う品質保証活動となる。品質保証活動の要素を以下に解説する。また図1にメーカー系Slerの品質保証活動プロセスフローの例を示した。

### プロジェクト計画

ロボットシステムを開発・製造するにあたり、ロボットシステムの仕様を5W1Hの手法などを用いて整理したものを「コンセプト」という。ロボットシステムの開発では、コンセプトを明確にすることが重要である。コンセプトを実現するために、以下の要素を含めたプロジェクト計画書を策定する。プロジェクト計画書は開発・製造者間での共通理解として維持していく。プロジェクト計画には協力会社による支援部分を含めるとともに、技術力及びプロジェクト管理能力を評価して、必要な力量を伴った協力会社を選定することが大切である。

- プロジェクトの定義（目的と位置づけ）
- プロジェクトの開発スケジュール（終了条件を含む）
- 本プロジェクトのインプットと成果物
- ロボット開発の管理計画（進捗、品質、リスク、課題、変更 諸々の管理）

### 品質計画

製品の品質に影響する複数の活動要素について、適用する範囲と方法を定めたものを品質計画という。Slerが既にISO 9001認証を取得している場合には、認証された品質マネジメントシステムの適用を検討する。ISO 9001認証を取得していない場合には、ISO 9001に要求されている各項目を参考に、適用する範囲と方法を計画する。また、協力会社の支援を得ている間は、Slerの品質マネジメントシステムを協力会社に適用させるか、協力会社が有するシステムの適用を認めるかの判断が必要である。

### 文書管理

仕事のやり方を文書化することにより、ルールが確立する。これにより複数の人

が同一作業に関わった場合でも、決めたとおりに仕事を行うことができる。また、開発のなかで作成した各種文書は、プロジェクトの活動を説明する証拠になり得るため、開発のライフサイクルの各フェーズにおいて何を文書化するかプロジェクト計画書の中で定義しておくことが望ましい。文書には文字や図、写真、ビデオなどがあり、紙媒体のみならず電子データで記録しても良い。中身の詳しさは、組織の実情に合わせて決めて良い。複数のチーム員間で使いやすい文書にするためには、組織の大きさ、仕事の種類、仕事の複雑さ、仕事のつながりの複雑さ、仕事をする人々の能力などを考えて記載粒度などを決めても良い。

### 変更管理

開発・製造中の不適合、出荷した後の機能追加、クレームやヒヤリ・ハット、購入先の部品変更などを契機として、ロボットの設計変更が発生する場合がある。変更は確定しているベースラインに対して実施すべきである。変更する場合には、影響を分析して、ロボットシステムに対してリスクアセスメントを実施しなすこと、ベースラインの確定に関わった関係者に変更を通知して承認を得ることが重要である。再リスクアセスメントは変更による影響に焦点を当てることが多いが、特にソフトウェアの場合には、影響の範囲が予想外におよぶことがある。またSlerは、どの時点から変更を反映させるのかを決定することが重要である。

### 製造管理【設置管理】

ロボットシステムの構築では、システム固有の品質を確保しなければならないことが多い。特に安全性に関しては、ロボットシステムに対してリスクアセスメントを実施し、設計仕様に反映させた上で対策を実施することになる。

設計仕様は、基本設計、詳細設計など、システムのライフサイクルの各フェーズにおいて段階的に専門家に意見を求めて設計審査、検証を行って開発を進めて



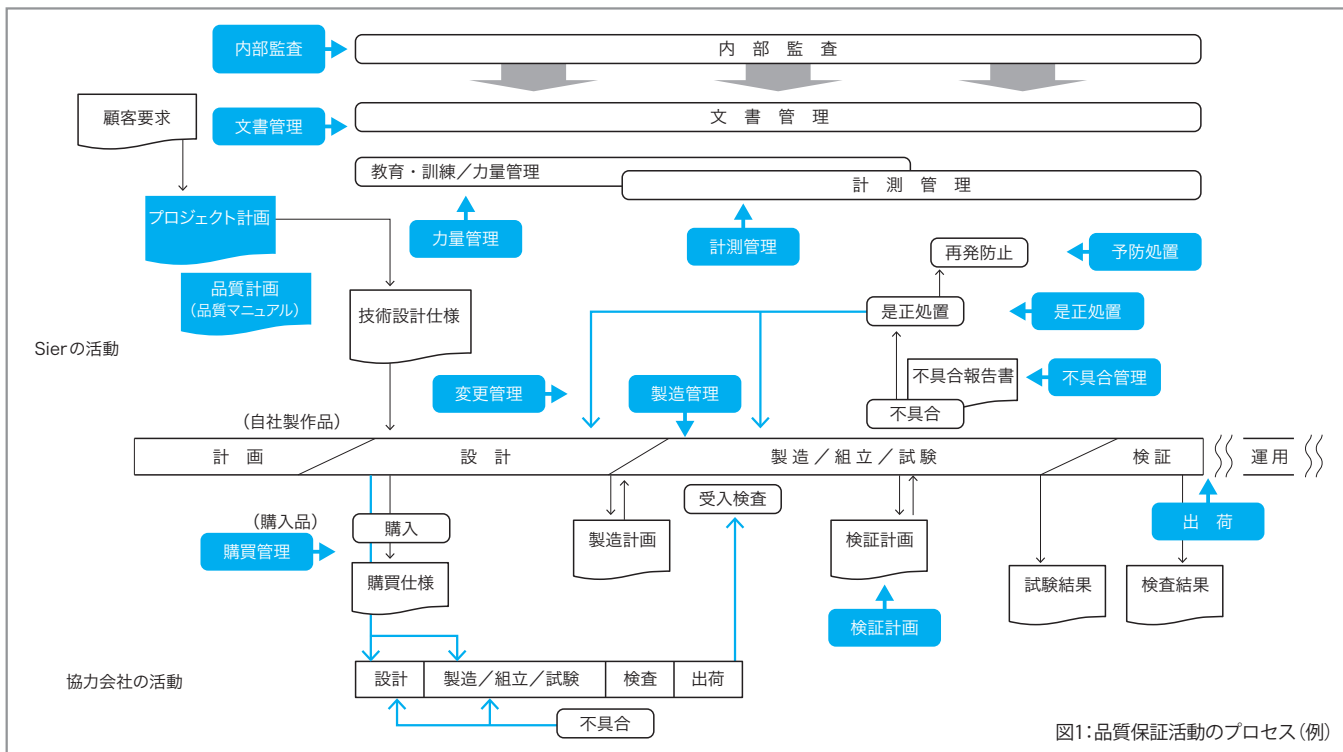


図1: 品質保証活動のプロセス(例)

いくと手戻りの発生を少なくできる。購入品を含めたロボットシステムの設計が承認されると製造〔・設置〕段階に移行するため、設計で確定した特性が製造〔・設置〕に必要な製造〔・設置〕図面、部品表、作業指示書、作業手順書などに反映され、製造〔・設置〕するロボットシステムに確実に作り込まれることを検証しなければならない。

### 購買管理

協力会社（購買先）は明確な基準に則って選定する。設計から協力会社に依頼する場合、あるいはSierの設計を基に製造を依頼する場合、カタログ品を購入する場合など、依頼内容を購買仕様書に定める。適用する品質システムやSierでの受入検査方法についても定め、責任分界点を明確にしておくが良い。特にロボットの選定ではロボットシステムに要求される性能や品質を精査して行う必要がある。

### 計測管理

ロボットシステムの品質を証明するのに必要な測定に使用した測定機器は、国際標準や国家標準に従い校正（または精度確認）をする。国際標準や国家標準がない場合は、自分で校正（または精度確認）の方法を決めて実施しても良い。この場合には、どのような基準で校正（または精度確認）を行ったかを記録として残す必要がある。個々の測定機器は校正状態が、使用者にわかるようにしておくなければならない。

校正の際に、測定機器の精度が規格を外れていることがわかったら、その測定機器を用い計測した結果に問題がないかどうかを調べ、結果は記録に残さなければならない。ロボットシステムに影響が及んだ可能性がある場合には、顧客に迷惑をかけないように適切な対策をとらなければならない。

### 検証計画

設計仕様のとおりロボットシステムが開発されていることを確認する行為を検証という。ロボット自体の検証の方法としては、「ロボット及びロボティックデバイス—生活支援ロボットの安全要求事項」(ISO 13482)では、検証は検査、実地試験、測定、運転中の観察、回路図の精査、ソフトウェアの精査、タスクに基づいたリスクアセスメントのレビュー、並びに配置図及び関連文書の精査試験が記載されている。また、「ロボット及びロボティックデバイス—産業用ロボットのための安全要求事項」(ISO 10218)では、前述の事項に加えて仕様書及び使用上の情報の再確認を検証の手段としている。Sierはロボットシステムに対して設計仕様のとおりシステムが開発されていることを開発の各フェーズにおいて、事前に定義された検証計画に基づいて確認する必要がある。

検証によって得られた結果は再現性を有していなければならない。検証目的、検証設備・装置、検証手段、検証場所、環境、検証回数、検証条件、手順を定めた検証計画により検証条件を確定させる必要がある。

検証によって、システムに要求される品質がロボットシステムに作り込まれたことを確認することになる。

### 不適合管理

製造工程中の検査、あるいは検証中に、要求とおりの品質が得られない場合には、不適合と判断する。不適合が発生した場合、不良品の状況を確認する責任者、不良品の処理方法（供給業者への返却、再加工、修理、そのまま使用する特別採用）を判断する人、不良品の処理を行う責任者についてルール化し文書にしておくことが必要である。また、不適合の処置を実施する場合には、記録として、発生状況と不適合の内容、対策処置判断、特別採用の場合にはその判断理由を記録に残しておくなければならない。発生した不適合の再発を防止する処置を是正処置と言い、不適合は発生していないが、同様な事象が発生することが予見される場合に未然に防ぐための処置を予防処置という。是正処置も予防処置もルール化し文書にしておくことが必要である。

ロボットシステムを構築した後に、システムの運用中に現場で発生した不具合（ヒヤリ・ハットや故障、異常事象）に対する処置に対しても、工場内の不適合管理と同様な管理が必要であり、取決め内容を文書化しておく必要がある。不適合が安全の確保を脅かす事象であった場合には、不具合の検出手段を決定し、アラート情報などで使用者に正しく早急に伝えることが大切である。

## 2-2.品質保証（品質マネジメント）

Slerは、ロボットシステムに求められる性能、安全性、信頼性などの仕様を満たしたロボットを作り出さなければならない。このためのプロセスの確定と遵守によって確実なものとする品質保証について解説する。

### 内部監査

自らの組織の仕事が、決めた品質管理計画に基づいて実施されていることを定期的に（年1回など）確認、決めたプロセスに問題がないかを自ら確認する必要がある。確かめた結果、仕事の仕方がうまくいっているとの結果が出なかった、あるいはこのままでは予定どおりの結果が出ないことがわかった場合には、必要に応じて、仕事のやり方の修正、設備の調節や整備、是正処置、再発防止などの対策を実施する。

### 品質保証と品質管理

品質保証はロボットシステムが設置された後にお客様の要求が満足していることを保証することである。それに対し、品質管理はお客様の要求を満足するロボットシステムを作り上げるとともに、不良なロボットシステムを可能な限り作らないように、設計方法、製造方法や生産ラインを管理、改善する活動になる。

品質を保証するにあたっては、品質管理も密接に関係しており、品質保証は品質管理の一部ともいえる。

### 力量管理

ロボットシステムに要求される品質を作り込むためには、必要な施設、設備に加えて、技術を持った人材の確保と配置が重要である。業務ごとに必要な力量を定義し、評価することで、十分な力量を持った人に業務を担当させなければならない。対象となる作業者が現在有している経験と技能と考慮しつつ、その人に対してさらなる知識を身に着ける教育、技能を向上させる訓練を計画し、研修を実施することで、目標とするレベルにまで引き上げ、維持する必要がある。Slerとしては、自社内の人材のみならず協力会社の人材を含めてロボットシステム構築に関わるメンバー全員を力量の管理、確認の対象にする必要がある。力量の確認には、教育や訓練を行った記録、技能を評価した記録、経験を示す記録に基づくことが必要である。

### PDCAサイクル

ロボットシステムの利用者の求めるロボットシステムを開発・製造する品質活動がうまく機能しているかを定期的に確認するために、P（計画）D（実行）C（確認）A（処置）サイクルを回すことが一般的である。開発・製造する製品に応じた品質計画を作成（P）し、設計、製造を開始（D）し、内部監査により、計画したとおりの管理ができていることを確認（C）し、必要な処置を反映（A）することで、組織として活動する品質保証機能の健全性を確認する。また、設計、製造中も顧客要求を基に設計仕様に盛込み（P）、設計、製造を開始（D）し、試験・検査で作り込みの状況を確認（C）し、不具合などがあれば設計、製造に戻して処置をする（A）という活動の中に小さなPDCAが存在する。PDCAサイクルを回すことで、継続的にプロセスを改善していくことが大切である。

### 品質マネジメントシステムの国際規格：ISO 9001について

品質保証活動は、品質マネジメントの中で行われる活動である。品質マネジメントの国際規格としてISO 9001があり、QMSと略されることがあります。他にも環境マネジメントシステムの国際規格ISO 14001（EMS）や情報セキュリティのマネジメントシステムの国際規格ISO 27001（ISMS）などがあるが、ISO 9001は最も普及しているマネジメントシステムの国際規格で全世界170か国以上、100万組織以上が認証を取得している。

業種や業態を問わず、あらゆる組織が利用することができ、また、認証を取得することができる。

ISO 9001では、

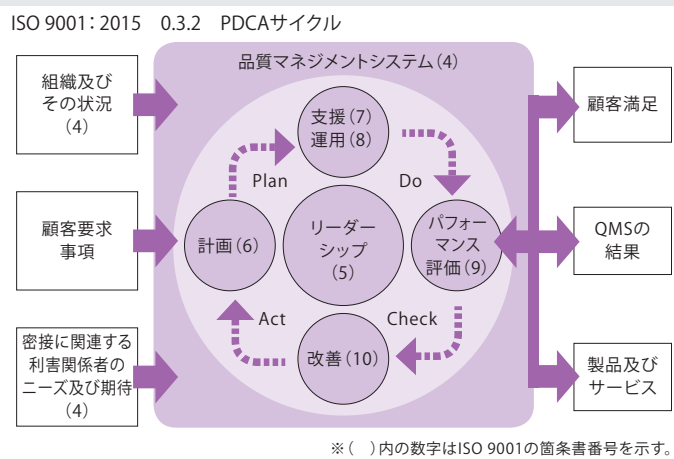
- ①一貫した製品・サービスの提供
- ②顧客満足の向上

の2点を実現するために必要な組織として、実施すべき品質マネジメントシステムの要求を定めている。

ISO 9001を実施することで、

- ①業務効率の改善や組織体制の強化
- ②法令順守（コンプライアンス）の推進
- ③仕事の見える化による業務継承の円滑化
- ④KPI（キーパフォーマンス指標）の管理
- ⑤リスクマネジメント
- ⑥継続的な改善による企業価値の向上
- ⑦海外企業を含む取引要件の達成

- ⑧品質保証による社会的信頼や顧客満足の向上が期待できる。また、認証を取得することで組織が上記を満足していることを第三者により検証されていることをアピールすることができる。ISO 9001ではPDCAサイクルを回し、継続的な改善に努めることを推奨している。



## 【参考文献】

ISO 9001 (JIS Q 9001)「品質マネジメントシステム—要求事項」

ISO 13482 (JIS B 8445)「ロボット及びロボティックデバイス—生活支援ロボットの安全要求事項」

ISO 10218-1 (JIS B 8433-1)「ロボット及びロボティックデバイス—産業用ロボットのための安全要求事項—第1部:ロボット」

ISO 10218-2 (JIS B 8433-2)「ロボット及びロボティックデバイス—産業用ロボットのための安全要求事項—第2部:ロボットシステム及びインテグレーション」

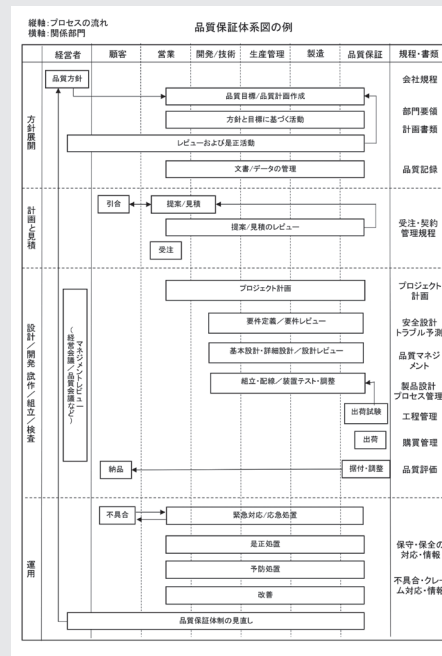
## 品質保証体系

お客様のニーズを満たすロボットシステムを提供するためには、

- ・お客様のニーズを的確にとらえ、それを設計に反映すること
- ・設計されたロボットシステムを適切に製造・設置するための、製造・設置方法を定めること
- ・設計仕様、製造方法を決められたとおりに作業を行い、良品の判定基準に従い検査を行うことなどが必要となってくる。

これらを満足するためには、組織内で一連の活動を横断的に俯瞰し、各工程で実行されるプロセスに対し一貫した管理が必要になってくる。この管理においては、組織内それぞれの部門が果たすべき役割とそのつながりを明確にしていく必要がある。この組織内それぞれの部門が果たすべき役割とそのつながりを品質保証体系と呼び、これはISO 9001をはじめとする品質マネジメントの国際規格、業界の要求やお客様の要求に適合するように確立して実行していく。

この品質保証体系は、一般的には品質保証体系図でその概要を示す。横軸に関係部門、縦軸にプロセスの流れを配置する。この体系図では、各部門の責任やインターフェースを明確にすることが必要であり、さらにはフィードバックの経路も示されていることが必要である。この時、社内標準や帳票を追記して運用するケースもある。

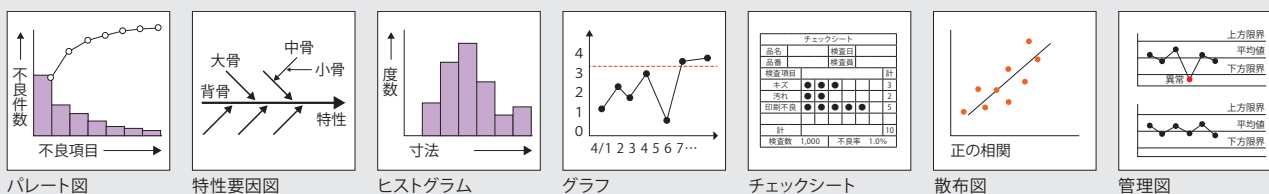


## QC七つ道具

QCとはQuality Controlの略で品質管理のことであり、工程における品質管理の手法として「QC七つ道具」がある。

日本の製造業はダントツに高い生産性と品質を持つようになった。これは、数えきれないほどの改善を日々積み重ねていった結果でもある。この改善の活動においては、現場の人々が自主的に集まり、解決すべき課題に対してデータを取り、解析し、技術やコストなどの多方面から検討した結果、対策を実施するQCサークル活動も重要な役割を果たした。そのQCサークルや製造工程において使われている手法が「QC七つ道具」である。これは、「経験、勘、度胸」に頼らない、データに基づく評価・解析手法であり、以下の統計的手法となる。

「①パレート図 ②特性要因図 ③ヒストグラム ④グラフ ⑤チェックシート ⑥散布図 ⑦管理図 + 層別（やり方）」



このQC七つ道具は、工程の問題解決には欠かせない道具となっている。

## 5Mの管理

品質管理を行う際には、いろいろな観点があるが、工程内のばらつきや問題発生の原因究明などに用いられる5Mを紹介する。ばらつきが大きくなり、製品の規格値を超えてしまうと不良になってしまう。不良の発生を抑えるためにも次の5つの特性の管理が重要になってくる。

1. 人材 (Man) : 品質に関わるすべての関係者
2. 設備、機械 (Machine) : 設備、機械の追加、変更、修理など
3. 材料、原料、部品 (Material) : 材料、変更、部品に関わる各種変更
4. 方法 (Method) : 作業手順、条件、管理方法など
5. 検査、測定 (Measurement) : 検査測定方法、機器、検査測定者の変更

これらの5つの特性は英語で表現すると、いずれも頭文字がMとなるので5Mと呼ばれている。

この5Mの管理を実施することにより、ばらつきの少ない安定した状態の工程を維持することが可能になる。



# 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

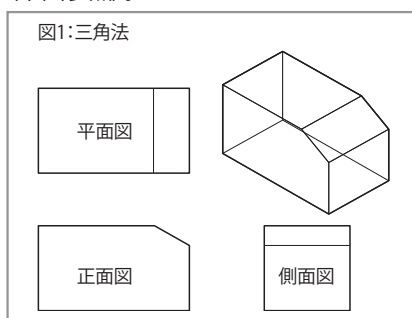
具体的な強度計算及び剛性のための応力タワミ解析シミュレーションなどを行う。

## 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。

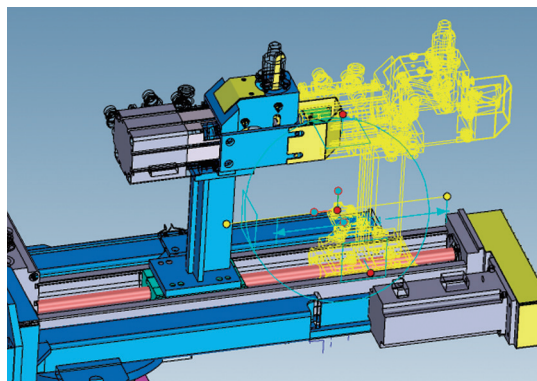


図2:3次元機械設計モデル例

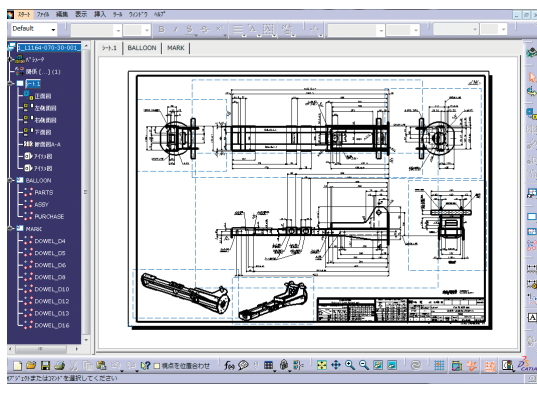


図3:2次元機械設計図例

## 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。

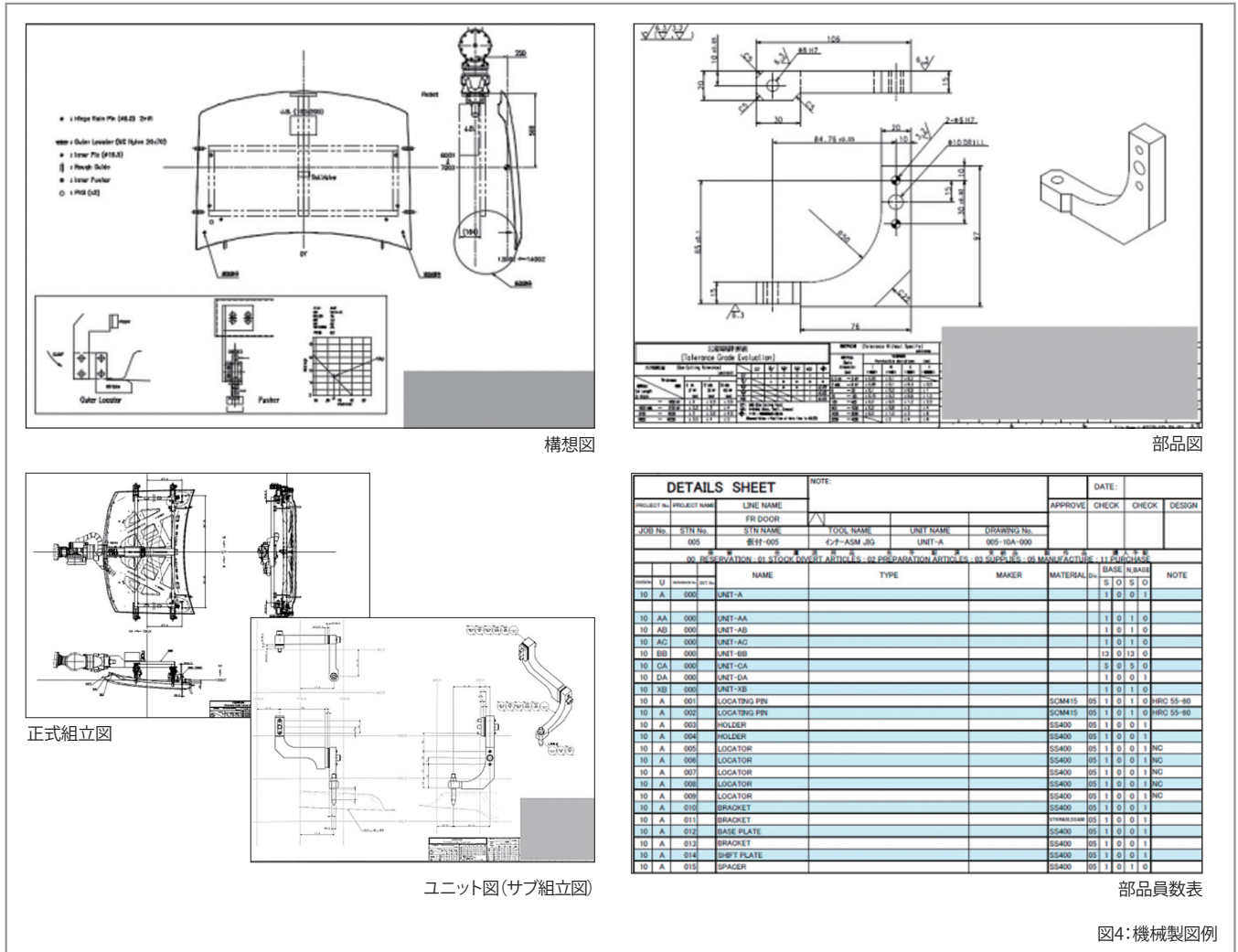


図4: 機械製図例

## 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

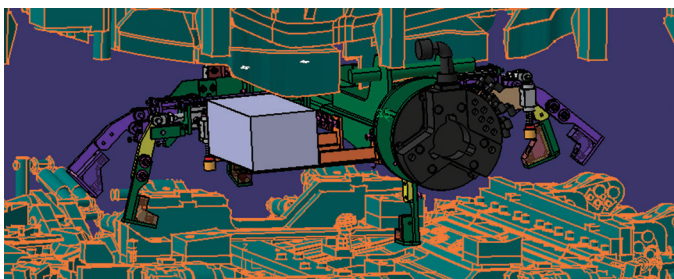
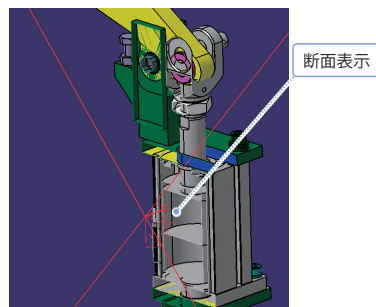
Solid Works

Inventer (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。

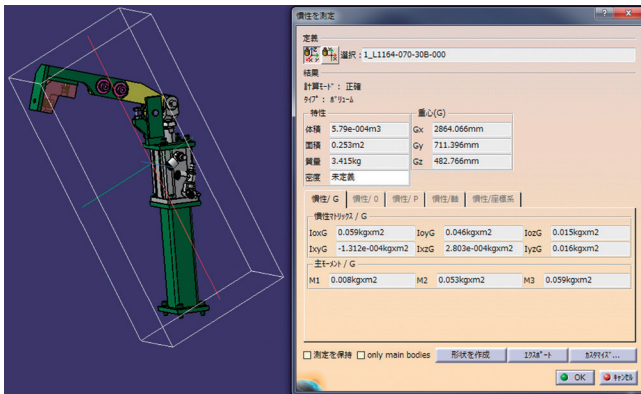
## 電気CAD

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。

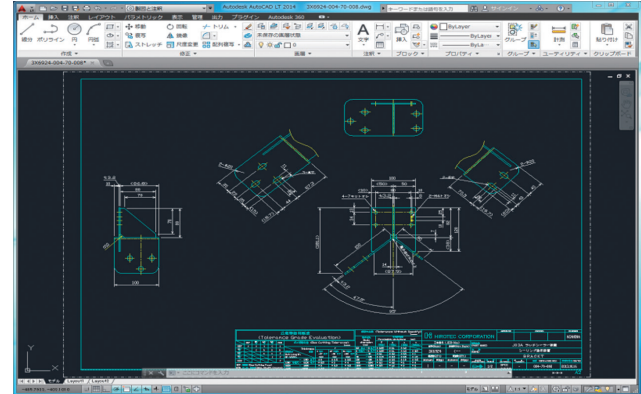
電気図面で使用する記号や機器、配線、保護配管がテンプレートやシンボルでコマンド化されており、正確かつ早く綺麗に図面を作成することができるのが特徴である。

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

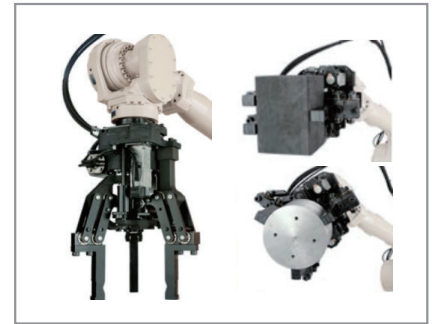
- 真空エアによる吸着  
真空発生器による真空エアを真空パッドにより吸着させて物体を運ぶ。物体に穴が開いていなければ (真空エアが抜けなければ) 何でも吸着できる。
- 磁力による吸着  
主に電磁石による電流の入切で物体を吸着させる。鉄やニッケルコバルトは吸着できるがアルミや銅は吸着できない。またステンレスはオーステナイト系は吸着できずフェライト系やマルテンサイト系は吸着できるので注意が必要である。磁石は平面に直角に確実に吸着しないと吸着力が著しく下がるので注意が必要である。

## 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:

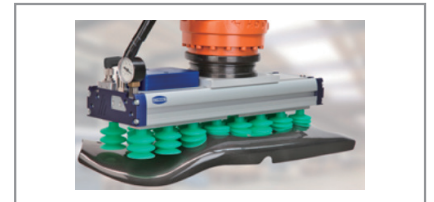
- 3指把持ハンドの3指中の1指が回転し2本になるもの。



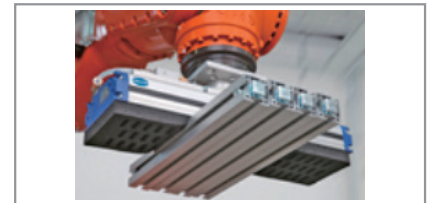
(以上、不二越ハンド参照)

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

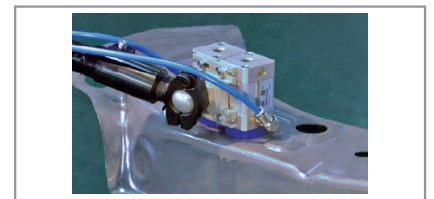
- 真空エアのパッドが多数付き、吸着した部分のみで持ち上げるもの。吸着しないパッドからは、エアがもれない特殊構造になっている。



- 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。

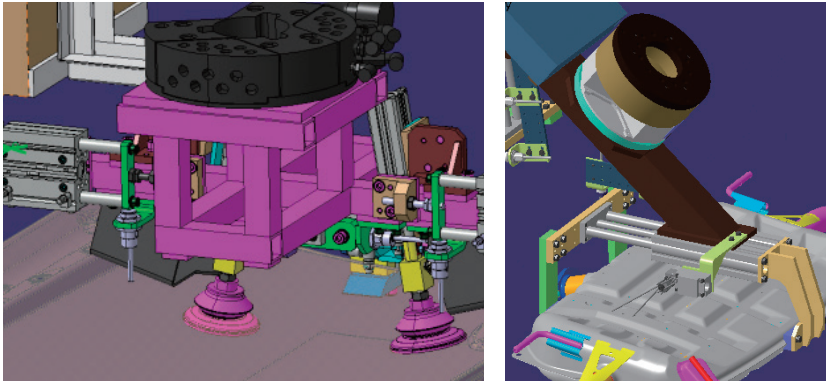
ツールチェンジをする際には一般的にオートツールチェンジャ（略称ATC）を用いる。

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。

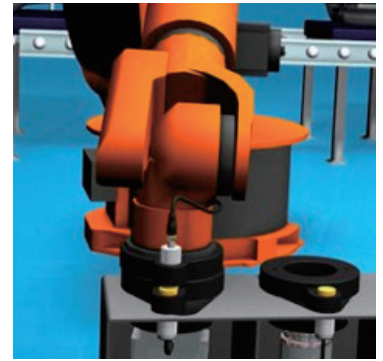
ツールチェンジャはユニット化し専門メーカーが販売しており、ロボットの可搬に応じた種類が存在する。

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。

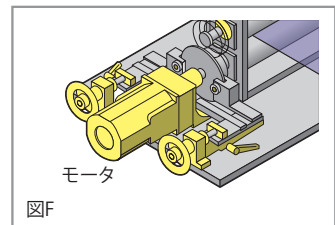
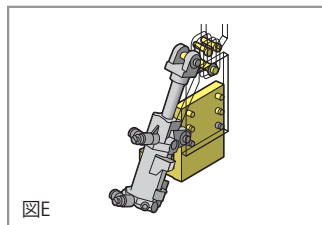
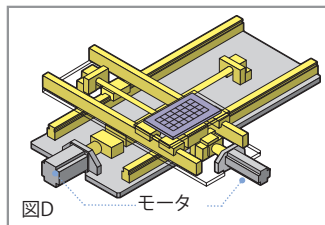
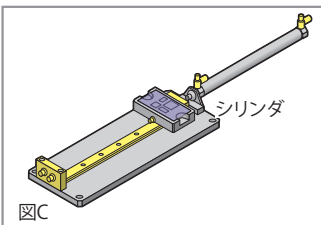
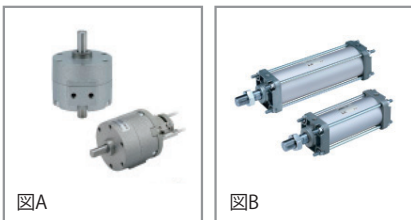
- ①軽量、コンパクトかつ高出力
- ②応答性がよい
- ③安価である
- ④取り扱いが楽

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きている。

## 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、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+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際には、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)。

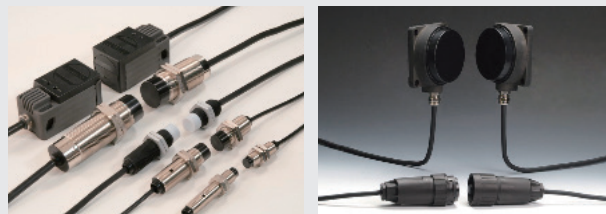
ケーブルが繋がってなくても、電源供給ができ、センサの検出出力が取り出せるのである。これを使用することにより、走行台車が走行中にケーブルを引きずる様な処理をする必要がなくなり、ケーブルに関するトラブルを減らす事ができる。

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

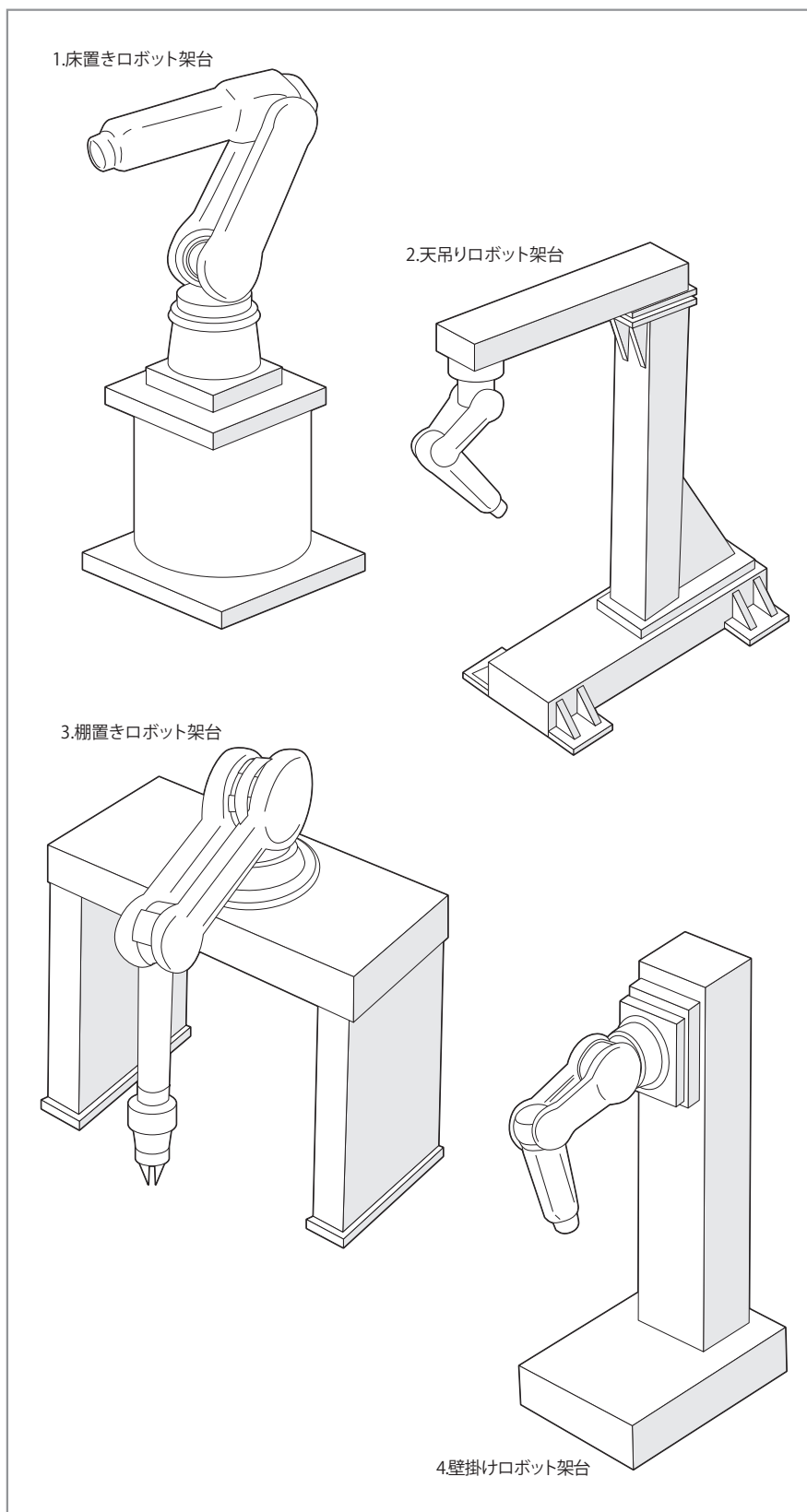
棚置き型ロボット用の架台。比較的大型のロボットで取付座より下方の動作範囲が広いロボットに用いる。門型形状になることが多く、架台下の床面を有効活用できる。

#### 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。

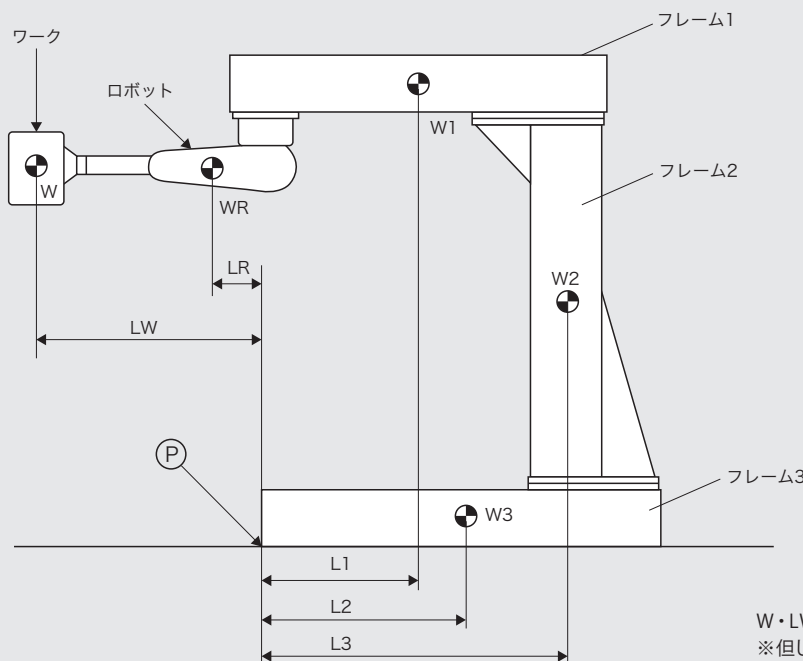
ロボットの架台への取付部に位置決めがなされておらず、ロボットを交換するとティーチングデータが使えなくなった。ロボット架台は、適切な位置決めを施工しなければならない。

## 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。

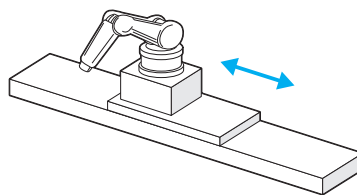
### 旋回動作付きスライダー

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。

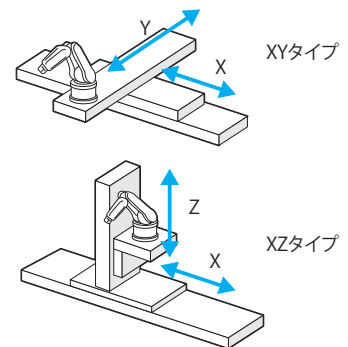
## ロボットスライダーの種類

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

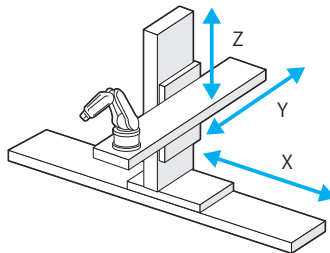
1. 1軸スライダー（地上走行）



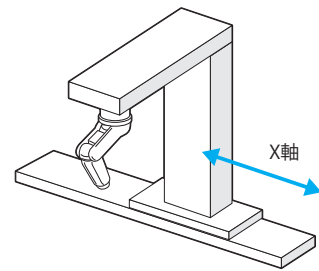
2. 2軸スライダー（地上走行）



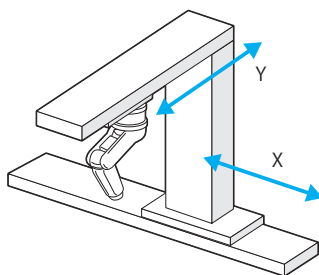
3. 3軸スライダー（地上走行）



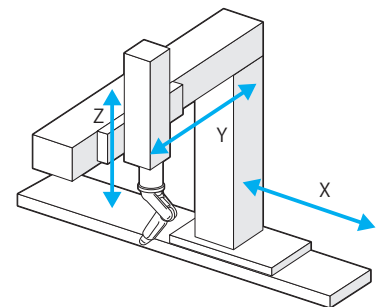
4. 1軸スライダー（天吊り）



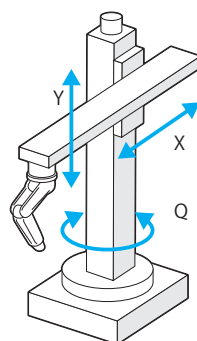
5. 2軸スライダー（天吊り）



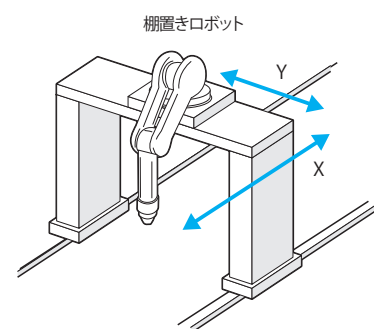
6. 3軸スライダー（天吊り）



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。

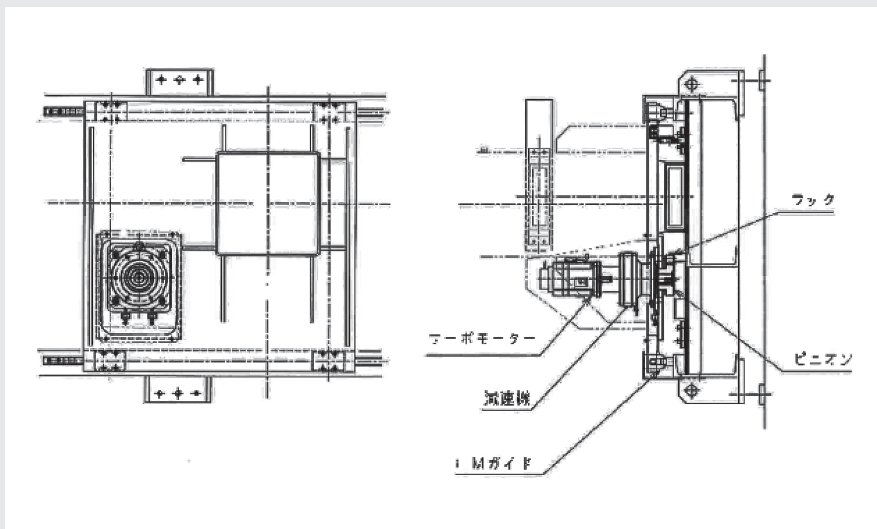
### 6. ケーブルなどが断線する。

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

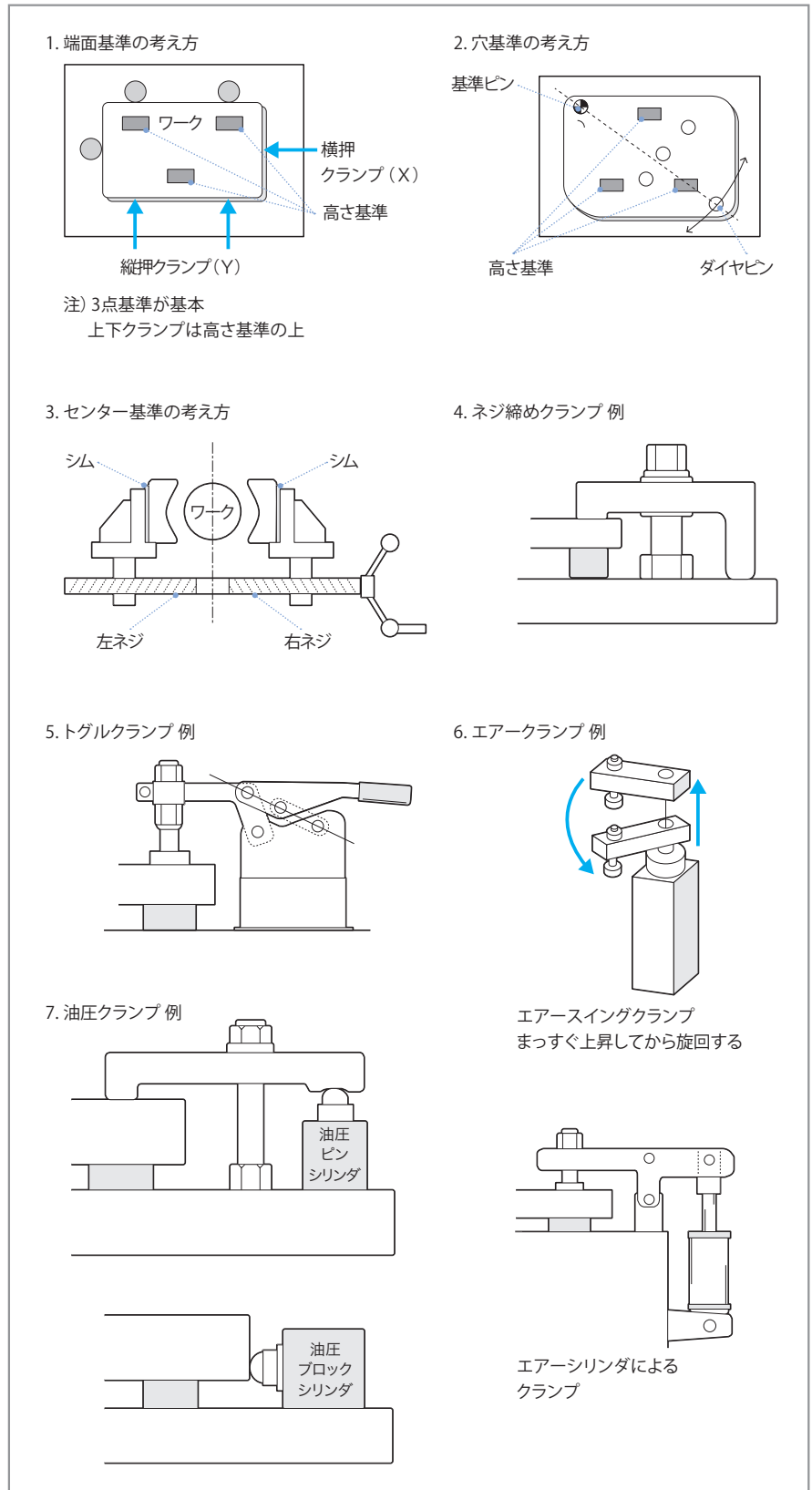
スポットロボット治具はすべてのパーツを位置決めし、クランプする。スポットガンのアクセスができるような工夫が必要となる。

### 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。

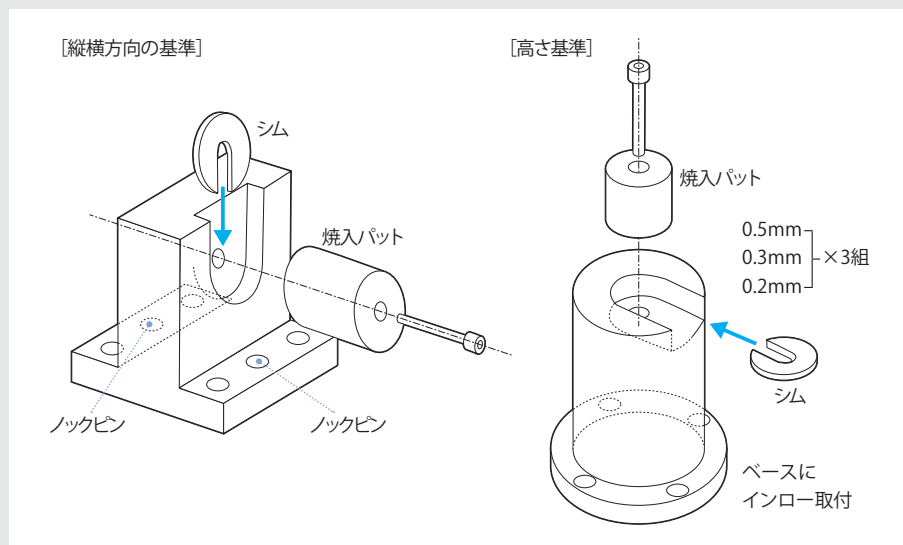
### 4. 溶接時に治具が壊れた。

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、X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

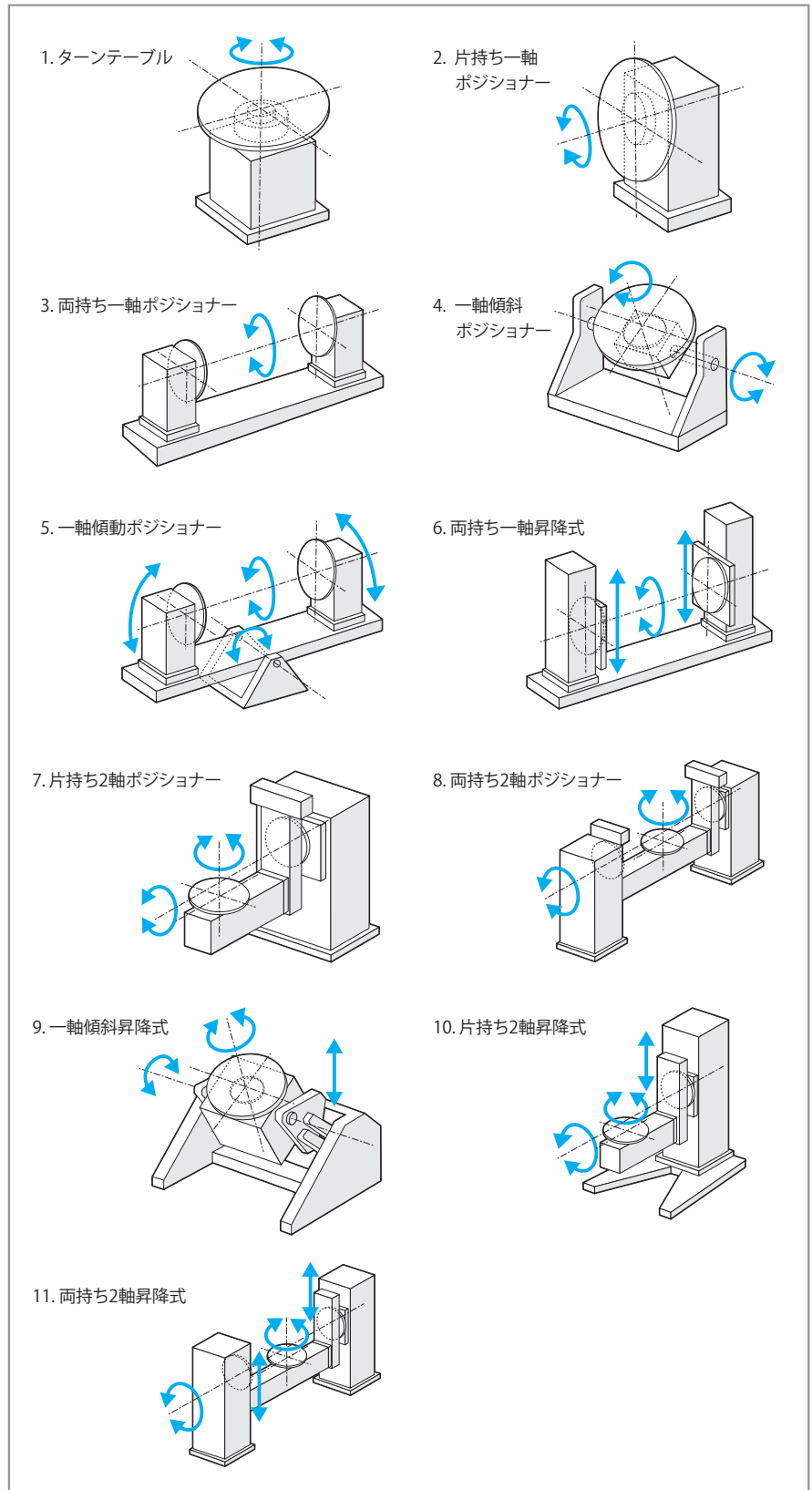
良質な溶接作業を行うためには、下向きの姿勢を確保することが重要である。また、姿勢を変えるだけの用途であるならば、位置決め機能だけで満たされるが、ボスの溶接作業など対象物を回転させながら溶接する場合には速度制御が必要となる。さらに角パイプのフランジ溶接などを行う場合には、直線部はロボットが動作して溶接し、角R部はポジショナーが回転するとともに、ロボットも移動する必要がある。したがってロボットとの協調制御が必須となる。

### 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。

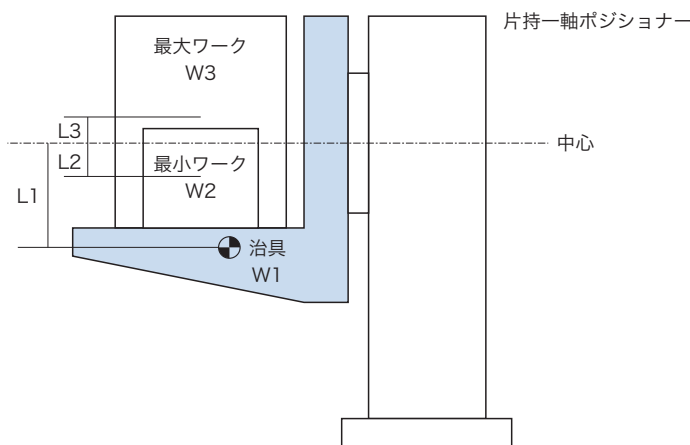
5. 回転時にしゃくり動作する。

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、 $T3=W3 \times L3$   
 $T = |T1+T2| \text{ 又は } |T1+T3|$

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、 $Tg \text{ max}$

出力軸換算ブレーキトルク、 $TB$   
 $T < T0 < TB$



# 1. 電気設計

電気は目に見えないものである。しかし、非常に危険なものでもある。感電による死亡事故や漏電による火災が発生する可能性もある。電気設計をする際にはまず危険な部分をいかに排除するかを検討する必要がある。

また、操作スイッチや表示灯など常に機械を操作する人の利便性、また保守作業、定期的な調整の際の作業性を考慮した設計にする必要がある。また様々な規則や規格を遵守する必要もあり、それらの知識が求められる。

## 電気設計で行うこと

電気設計の担当者が行う作業としては下記のような作業がある。

### 1. 電気仕様の確認

電線の色、径、使用機器、電線番号など詳細な仕様の確認決定を行う必要がある。

### 2. 動力系配線図の設計

主に200Vや100Vの交流を使用した電気回路のことをいう。

直流でも高圧であったり電流が多い場合にも“動力系”ということもある。

### 3. 制御系配線図の設計

リレー回路やPLC（プログラマブル・ロジック・コントローラ）の配線など、センサやランプ、マグネットスイッチなどの機械を制御するための配線図である。

### 4. 盤設計

盤とは制御盤、操作盤、分電盤、中継ボックスなどを指す。

中に入れる機器のレイアウトやスイッチ、ランプの位置を示す。

操作性、運用面を含めエンドユーザと入念な打ち合わせが必要である。

### 5. コネクタやピンサイン

ケーブルなどをコネクタで接続する場合のコネクタの各ピンがどの信号であるか、またコネクタの形状などが書かれた図面。

## 電気仕様の確認

電気は目に見えないため危険である。そこで細かな部分まで仕様を決め、それに沿った配線、機器選定、作業を行う必要がある。下記はその一例となる。この仕様は導入企業が明確に決めている場合もある。

### 1. 電線の色

電圧の系統で電線の色を分ける場合が多い。一例であるが、AC200V：黄色、AC100V：赤色、DC：青色というように分けることで危険度が一目で分かるようにする。

### 2. 電線の太さ

流れる電流を計算し、発熱による損傷がないよう電線の太さを決定する。

### 3. 電線の線番号の決定

図面中の配線を行う電線には必ず“線番”といわれる記号を記述する。実際の電線には一般的にマークチューブにその線番を印字し、端子の圧着部分に取り付ける。

### 4. 盤の決定

制御盤、操作盤の位置、大きさ、防水などの仕様を機械設計者、エンドユーザと決定する。

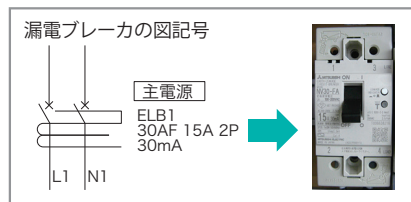
### 5. 各機器の決定

ブレーカやPLC、スイッチやランプなどの使用する機器をエンドユーザの仕様に合わせ決定する。エンドユーザの仕様がない場合、装置に適切な機器を選定し承認を得る。

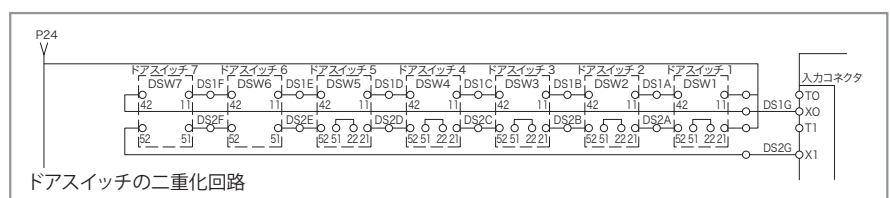
## 動力系配線図

動力系配線図は高圧の電気を扱うため、まず電気の流れを切る機器の配線を考える。これは異常な電気の流れを検知し、その回路を切断し安全を確保するためである。

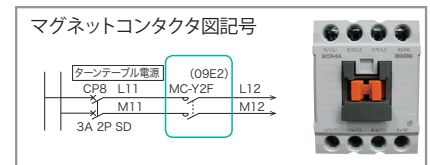
機器としては「漏電ブレーカ」、「配線用遮断器（ノーヒューズブレーカ）」、「サーキットプロテクタ」などがある。



制御機器の指令によってモータなどの機器をオン／オフするための機器を選定記述する。このとき、機器に流れる電流を考慮し、接点の容量を決める必要がある。また、電気が流れた瞬間は突入電



流という大量の電気が一瞬流れる。この突入電流を考慮した選定が必要となる。機器としては「電磁接触器（マグネットコンタクタ）」、「電磁開閉器（マグネットスイッチ）」などがある。



これらの他に電圧を下げる「トランス」やノイズの侵入を防ぐ「ノイズフィルター」、交流から直流に変換するための「スイッチングパワーサプライ」などを選定し記載する。

## 制御系配線図

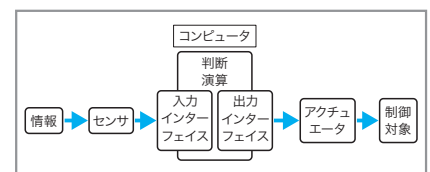
制御系配線図はスイッチやセンサなどの信号をPLC（プログラマブル・ロジック・コントローラ）やリレー回路に配線し、ランプ、リレーやマグネットコンタクタなどで装置を動作させるための径路を図面にしたものである。サーボモータのコントローラやロボットのコントローラとの信号の接続や、ネットワークの接続なども含まれる。

### 入力信号

機械に取り付けられたセンサやスイッチなどコントロール機器に情報を与える信号。

### 出力信号

PLCやロボットなどのコントローラが入力信号などからの情報を元に演算し、コンベアを動作させたり、他のコントローラに一指示を出したりする信号。



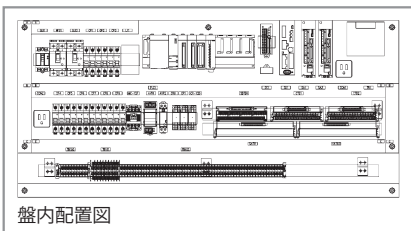
## 安全回路

非常停止スイッチを押した際や安全柵の安全プラグなどの回路。安全回路には安全リレー（セーフティリレー）や安全PLCが使用される。安全リレーや安全PLCは、異常が発生した場合にそれを検出する機能を有している。また、スイッチやセンサの動作不良を検出するために一つのスイッチの接点を2つ使用し、この2つが違う動作をした際に異常とする機能や、同じ意味の出力信号を2つ出し、この2つが同じ動作でない場合には動かないような回路を組む。これらは「安全カテゴリ」として「B」、「1」、「2」、「3」、「4」と5段階のレベルがあり、「ISO13849-1」の要求事項および指定構造で規定されている。

## 盤設計

制御盤、操作盤のスイッチ、ランプ位置、ケーブルを通すダクトの位置などを設計する。

制御盤では発熱した熱を逃がすためのファンや通気口の位置、機器間の隙間、ノイズの影響、漏電ブレーカなどの操作性を考慮し設計する。

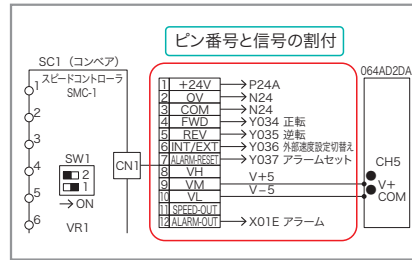


操作盤では画面、ランプの見えやすさ、スイッチの操作性を考慮する必要がある。特に非常停止スイッチの高さは人の手でとっさに操作できるように会社や工場の規定で細かく決められている場合がある。



## コネクタやピンアサイン

コネクタを使用する場合にコネクタのピンの番号とそれに取り付ける信号の内容を記載する必要がある。



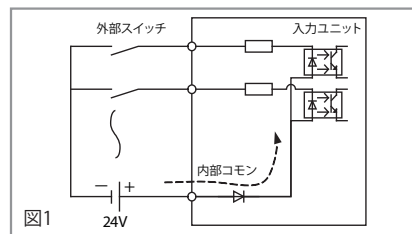
## シンク接続とソース接続

PLCやロボットコントローラの入力（IN）と出力（OUT）は一般に直流電源を使用する。直流電源はプラス極（+）とマイナス極（-）で構成され+極から一極に電流が流れる。

この+極と一極の接続方法の違いで「シンク（Sink）」と「ソース（Source）」の接続方法がある。日本国内と海外では、この「ソース」と「シンク」の接続が逆になるケースが多いので注意が必要である。

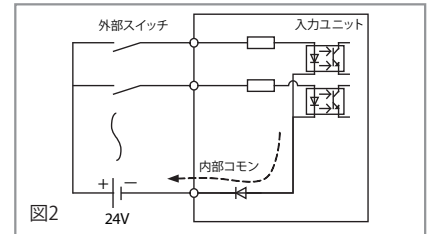
### ソース入力（日本で多い接続：図1）

入力ユニットのコモンが外部電源の「+」極と接続されている。そして「-」極と入力端子の間にスイッチやセンサを配線する。電流が入力ユニットのコモンの端子台から入り、スイッチやセンサの方向に流れる。



### シンク入力（海外で多い接続：図2）

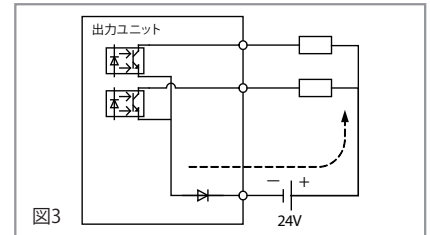
入力ユニットのコモンが外部電源の「-」極と接続されている。そして「+」極と入力端子の間にスイッチやセンサを配線する。電流がスイッチやセンサから入り、コモンの端子台の方向に流れる。



### シンク出力（日本で多い接続：図3）

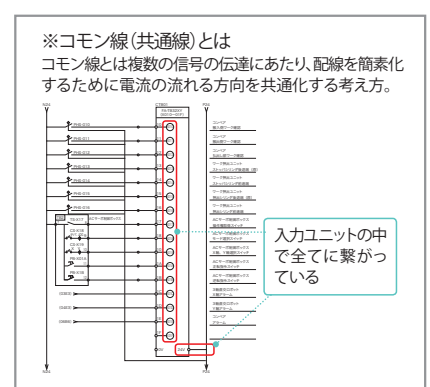
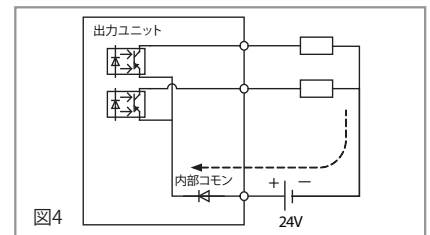
出力ユニットのコモンが外部電源の「-」極と接続されている。そして「+」極と出力端子の間にランプやリレーなどの負荷を配線する。

電流が出力ユニットの負荷側から入り、コモンの端子台の方向に流れる。



### ソース出力（海外で多い接続：図4）

出力ユニットのコモンが外部電源の「+」極と接続されている。そして「-」極と出力端子の間にランプやリレーなどの負荷を配線する。電流がコモンの端子台から入り、負荷の方向に流れる。



## 電源について

日本では商用電源（電力会社が一般に販売している電源）の電圧は基本的に一般家庭向けが100V（ボルト）、工業用が200Vとなっている。商用電源は交流電源であり「AC」で表現され、「AC100V」、「AC200V」と記載する。AC200Vでは電灯に使用される「単相AC200V」とモータの電源に多く使用される「三相200V」がある。海外では「AC110V」～「AC120V」、「AC220V」～「AC240V」が一般的で、日本は世界的に見て電圧は低く設定されている。

また、工場の設備でよく使用される制御用電源は「DC24V」である。センサやリレーなどほとんどの産業用機器の直流電源は「DC24V」で使用されている。工場で使用されるアナログ電圧用電源は「0V～10V」が多く使用されている。また、位置決め用のパルス信号やパソコンのボード関係では「DC5V」が一般的である。

装置内では「三相AC200V」をトランスで「AC100V」に降圧して使用したり、「スイッチングパワーサプライ」という機器を使用し、「DC24V」や「DC5」に変換して使用する。

## インターロックとフェールセーフ

危険を回避する考え方、「インターロック」は条件がそろっていないと動作させない考え方である。車ではブレーキを踏んでいないとエンジンがかからないような制御がこれにあたる。機械の扉が開いていると自動運転ができないようにする。

「フェールセーフ」は間違った操作をした際や障害が発生した際も安全を確保する機能である。安全リレーを使用し、接点が溶着しても運転しないような回路を組み、危険を回避することなどをいう。

## 2. 制御盤の設計

さまざまな装置が動作する為には、その中に使用されている機器を制御する必要がある。その制御を行うための部品やコントローラを集めた物が制御盤である。装置が正しく動作するためには、正しく設計された制御盤が必要である。システム構築後に思わぬ不具合を招かぬよう、ノイズや熱、湿気などに十分注意する必要がある。

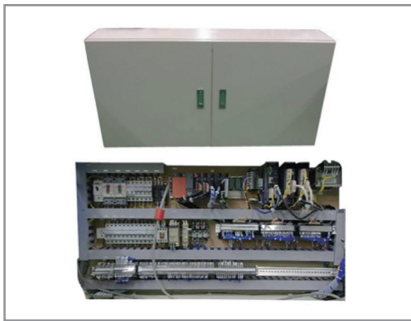
### 制御盤とは

制御盤とは一般に装置を制御するためのコントローラや電気をオン/オフさせるリレーなどを取り付けられた板、または箱のことをいう。

制御盤の中には装置を動作させるための電気機器が入っており、それらが配線されている。

精密な電機機器が入っているため、粉塵や水、熱を嫌い、それらの対策を行った設計が必要である。

装置には制御盤以外にも、装置を人が操作する操作盤、配線を途中で分岐したり、つなぎ変えたりする分電盤などがある。



### 制御盤の中に入っているもの

制御盤でよく使用される機器を記載する。また、図面中には名称でなく簡略化した文字記号で書く場合が多く、その記号も記載する。

機器名称	文字記号
漏電ブレーカ	ELB
ノーヒューズブレーカ	NFB
サーキットプロテクタ	CP
ノイズフィルタ	FL
シーケンサ	PLC
スピードコントローラ	SC
低圧コンデンサ	C
ステッピングドライバ	SD
サーボアンプ	SA
電源トランス	TR
サービソコンセント	CON
電磁接触機	MC
スイッチングパワーサプライ	AVR
リレー	CR
中継端子台	TB
換気扇付ルーバ	FAN

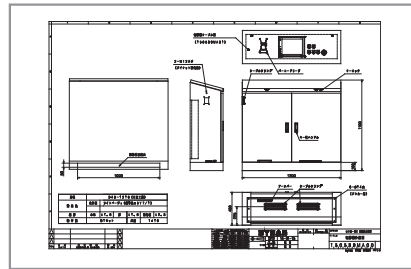
これらは代表的な機器であり、また文字記号も各事業所によって異なる。

### 制御盤に関する図面

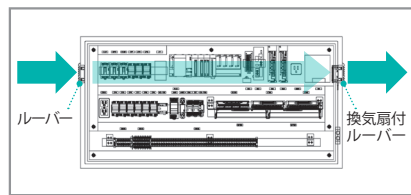
#### 制御盤 外形・配置図

制御盤の外形と中の機器がどのように取り付けられているかを記載したのが下記の図面である。

外形図は外部から主電源のオン/オフがしやすい位置にブレーカが取り付けられているかなどに注意する必要がある。



配置図は各機器の発熱により他の機器に影響が出ないように、空気の流れが勘案された配置になっている必要がある。吸気口、換気ファンの位置関係が重要となる。



また、ノイズの出やすい機器とノイズの影響を受けやすい機器を分離するなどノイズ対策も重要な配置要素となる。

その他、調整や確認が定期的に必要なであったり、電池交換が必要な機器はなるべく手の届きやすい場所に配置するなどの考慮も必要となる。

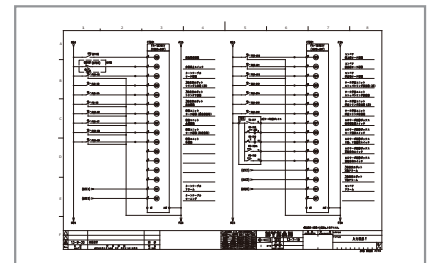
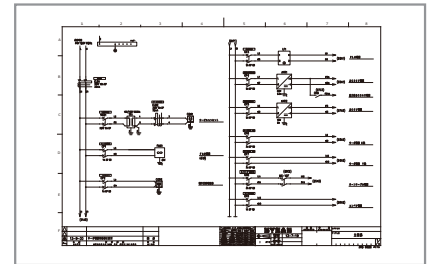
#### 配線図

制御盤内の機器の配線内容を記載した図面である。

図面に記載する電気図記号は「JIS C0617」の規格で決められた記号を使用することが一般的であるが、事業所やメーカー独自で決められた記号を使用する場合もある。

大きく分けて220Vや100Vの商用電源

系を記載した部分と、直流DC24Vを中心にした制御系を記載した部分がある。



### 制御盤以外の電気用盤

#### 配電盤

配電盤とは、特に高電圧の電気を工場やビルで受け各フロアやエリアに分ける役割を行う。

#### 分電盤

分電盤とは、工場などではあるエリアでそれぞれの装置に電気を分岐して供する盤をいう。よく工場の壁に取り付けられている。

#### 中継盤

装置などの中で、同じ電気の系統だが、長さを延長したり、故障時に途中で配線の取り外し取り付けが簡単にできるように、途中で配線を分離するためのもの。

#### 操作盤

装置を操作するスイッチやランプがついたもの。最近はスイッチやランプがタッチパネルに置き変わったものが多い見られる。





## 電気に関する規格

電気の分野は目に見えない危険が沢山潜んでいる。そのため、規格にて機器の仕様や互換性を統一し、安全面や作業方法など確保されている。

規格は世界的に統一されているものから国や事業所で決められている場合があるが、基本的には世界規模の規格に準拠している。

### 【IEC】

(International Electrotechnical Commission、国際電気標準会議)

電気・電子分野を対象にした国際的な規格。1906年に制定され、2017年4月時点で正会員と準会員含め83ヶ国が参加している。

世界的な規格には、電気、通信分野を除く他の全ての分野を対象にした規格を扱っている「ISO (International Organization for Standardization、国際標準化機構)」がある。

また、通信分野の国際標準規格を定めた「ITU-T (International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector、国際通信連合の電気通信標準化部門)」がある。

### 【JEC規格】

(Japanese Electrotechnical Committee)

電気学会が定める規格。日本での電気分野の標準規格である。

### 【JEM規格】

(Japan Electrical Manufacturers' Association)

日本電機工業会が定める規格。電力・産業用電機機器、家庭向け電気機器の設計、製造、試験、使用などにかかわる規格。

### 【EN規格】

(European Norm)

欧州標準化委員会と欧州電気標準化委員会、欧州通信規格協会が発行する欧州の統一規格。

### 【ANSI規格】

(American National Standards Institute)

米国国家規格協会が定める規格で、電気・電子に関する規格は電子工業会(EIA)や電気通信工業会(TIA)が作成したものをANSIが承認し規定している。

### 【NFPA79】

全米防火協会が規定している。産業用機械及び装置に対しての電氣的な規格であり、安全面を重要視したものととなっている。

## スイッチの操作方向

スイッチやレバーの取付方向と操作内容が一般的には下記のようにになっている。

### 【垂直に取付】

上方向：オン、増加

下方向：オフ、減少

### 【横取付】

右方向：オン、増加

左方向：オフ、減少

### 【回転操作】

時計回り：オン、増加

反時計回り：オフ、減少

これは人間工学に基づき【JIS規格】のJIS Z 8907 (人間工学的要求事項)にて推奨されている。

上下取り付けの場合、何かが落下してスイッチに接触した場合、停止や切れる側に働くよう考慮されている。

このような考え方を「フェールセーフ」という。

## 電気設計のポイント

制御盤を設計する際に注意すべきポイントがいくつかある。下記にそれらを記述する。

### 1. ノイズ

電気機器はノイズを嫌うが、また、それらを発生させる源でもある。ノイズを発生する機器としては動力系のモータが代表的であるが、電源がオンとなった際に突入電流といわれる大きな電流が流れる機器などからもノイズが発生する。

ノイズの影響を避ける方法として、①動力用電線と制御用電線を離して配線する。②アースを確実に配線する。③ノイズフィルターなどを多用する。④ノイズを嫌う機器を金属で覆う。などの対策がある。

### 2. 熱

電気機器は熱を嫌うが、熱の発生源でもある。特に高電流を流す機器は熱が多く発生する。トランスやサーボアンプなどがこれに該当する。

制御盤にはこの熱を放出するよう空気の流れを作る換気扇やルーバーを付けるが、熱が発生するものを上部につけ換気扇をその近くに、ルーバーをその対角につけるなどの工夫が必要である。

### 3. 湿気

電気機器は熱と共に湿気も嫌う。湿気が多い場所に設置する場合はルーバーや換気扇は防湿タイプを使用する。

### 4. サービスコンセント

コントローラなどの調整を行う際に制御盤内にAC100Vのコンセントをつけておくことがよくある。パソコンなどを使用する際、他から電源を取らなくても良いように最初から付けておくとう便利である。

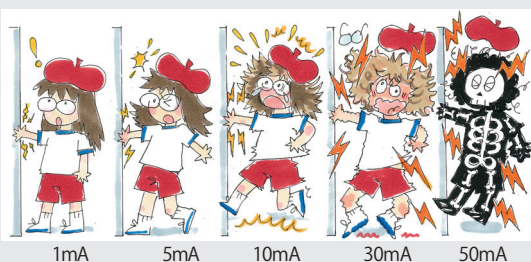
## ▶ 漏電ブレーカ

漏電ブレーカ (遮断器) とは、過電流や短絡保護だけでなく、電気の漏れを検出するものである。

電気の漏れとは電線以外に電流が流れてしまうことで、人や他の機器に異常をもたらす場合がある。電流が一定値 (定格感度電流値) を超えると遮断装置が電路を遮断する。

人体に電気が流れてもすぐにブレーカが落ちるように、一般的に定格感度電流が30mA、定格動作時間0.1秒以下のものを使用する。30mAという数値は、人体が耐えうる事ができる最大電流値である。

漏電ブレーカはこのように非常に大事な役目があるので、いつでも正常に動作しなければならない。そのため、漏電ブレーカが正しく働かどうかを確認するためにテストボタンがついている。このテストボタンを押すと、擬似的に漏電状態を作って漏電遮断器の動作を確認することができる。



1mA	ピリッと感じる
5mA	ビリビリと指や腕にいたみを感じる。
10mA	痙攣を起こし、接触状態からはなれることが困難になる。
30mA	強い痙攣を起こし、失神や血圧上昇をまねく。長時間の感電は、死亡することもある。
50mA	強烈なショックを受け、短時間でも死亡する可能性が高くなる。

# 1.用途別のロボットタイプ対応

自動化をする際に使用されることの多いロボットであるが、その種類により適した用途が異なる。実際のシステムを構築するにはロボットを使用する必要があるかどうかを判断し、使用する場合には状況に適したロボットを選択する必要がある。また、近年話題となっている人協働ロボットに関してもその特徴をしっかりと把握し提案を行う必要がある。

## ロボットとは

ロボットとは、『センサ』『知能・制御系』『駆動系』の3つの要素技術(ロボットの3条件)を有する知能化した機械システム』といわれることが多い(平成18年5月経済産業省「ロボット政策研究会 報告書」)。視覚・聴覚・触覚などの感じる部分があり(センサ)、その情報を元に考え(知能・制御系)、手や足などが動く(駆動系)機械ということとなる。この定義はかなりロボットを広く捉えたものであり、自動掃除ロボットやコミュニケーションロボットなどのサービスロボット、さらには自動運転機能付き自動車やドローンなどもロボットの範囲に含まれることとなる。

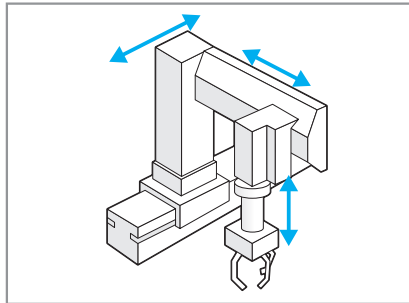
これに対し、産業用に使用されるロボットに関してはより限定的な定義が存在する。日本工業規格(JIS)の定義では、「産業用ロボット(産業用マニピュレーティングロボット)とは、自動制御によるマニピュレーション機能又は移動機能をもち、各種の作業をプログラムによって実行できる、産業に使用される機械」(自動制御とはセンサで状態を検知し、自動で動作を制御することをいい、マニピュレーション機能とは人間の腕や手に類似した多様な動作機能のことをいう)とされる。特定の作業のために作られた専用機と違い、プログラミングによって作業内容を変更できる多様性を持った機械であることが大きな特徴である。ただし、その分特定の作業に特化された専用機と比べ複雑性が増し、若干スピードが遅くなったり精度が低くなるのが通常である。

本項ではシステムインテグレータが最も多く接することとなる産業用ロボットを対象とする。

## 機構別に見たロボットの種類

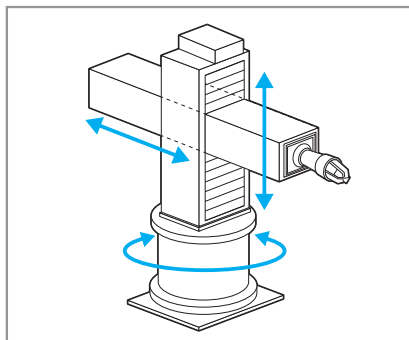
産業用ロボットは機構の仕組みによって主に下記のように分類される。それぞれ長所、短所があるため実際の現場では様々な種類のロボットが組み合わせられてラインが構成されていることが多い。

### 1. 直角座標ロボット



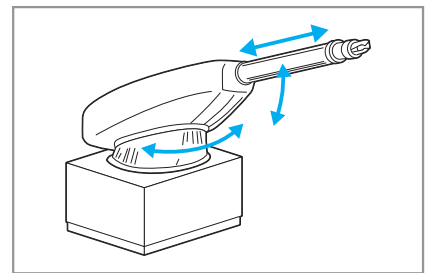
腕の機械構造が、3つの直進ジョイントをもち、それらが直角座標形式であるロボット。構造的に高精度の位置決めに向いているが、設置面積に比して作業範囲が小さくなるのが欠点である。可動式の門型の3軸で位置決めし、エンドエフェクタが上から吊り下げられるタイプのもはガントリーロボットと呼ばれる。可搬質量はその構造上大きく、重いものにも対応できる構造である。

### 2. 円筒座標ロボット



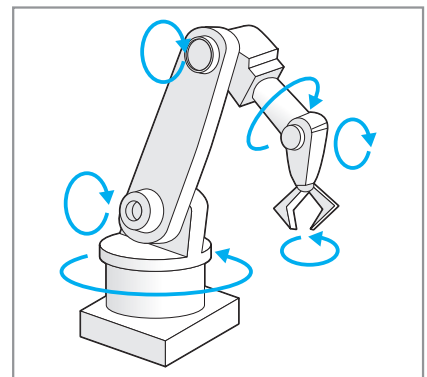
腕の機械構造が、少なくともひとつの回転ジョイントとひとつの直進ジョイントをもち、これらが円筒座標形式であるロボット。直角座標ロボットより設置面積の割に大きな作業空間がとれる。

### 3. 極座標ロボット



腕の機械構造が、ふたつの回転ジョイントとひとつの直進ジョイントをもち、それらが極座標形式であるロボット。円筒座標より広い作業空間を確保できるが、位置決め用の3軸を動かすことによりアーム先端の姿勢が変化するので姿勢保持の制御が複雑になる。鉛直面内に円筒座標より広い作業領域が確保できる。天井や壁などに取り付ける極座標ロボットでちょうど振り子のように見える振り子ロボットと呼ばれるものもある。

### 4. 垂直多関節ロボット

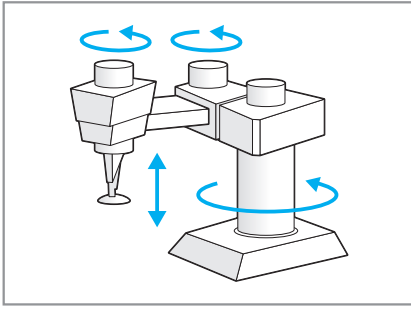


腕の機械構造が、3以上の回転ジョイントで構成されているロボット。より人間の腕構造に近い構造をもっているため、関節をそれぞれ肩関節、肘関節と呼んだり、関節間の部分を上腕・前腕と呼んだりすることもある。設置面積の割に大きな作業空間がとれる。廻り込み動作も可能となる。ハンドリングや塗装、溶接、組立など広い用途で使用されている。

	専用機	ロボット
特徴	特定の作業を繰り返す装置	プログラムにより作業内容の変更ができる装置
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>高精度、高スピードの作業が可能</li> <li>取扱が容易</li> </ul>	再プログラミングにより様々な作業を担当可能
デメリット	特定の作業しか行う事ができない	<ul style="list-style-type: none"> <li>プログラミングが必要なため、インテグレーションコストがかかる</li> <li>高精度、高スピードの作業には不向き</li> </ul>

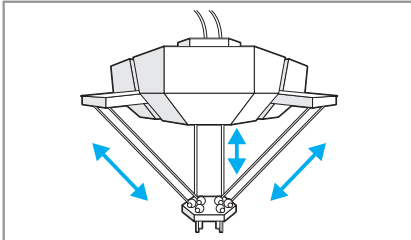
専用機とロボットの比較

## 5. 水平多関節ロボット



腕の機械構造が、並行軸のふたつの回転ジョイントと直進ジョイントをもつロボット。スカラロボットも含まれる。水平面内における並進力に対しては剛性が低く、垂直方向の力・モーメントに対しては剛性が高い。組立作業用途向けに開発されたロボットであり、電機分野における組立工程で広く使用されている。ただ、その性能の良さから組立以外の分野でも用いられている。

## 6. パラレルリンクロボット



ベースとメカニカルインタフェースとの間の機械構造に複数の動力伝達経路をもつロボット。アクチュエータを協調させて動かす必要があり、より制御が複雑である。高速動作が得意であるが、可搬質量は少ない。小物の移動に使われることが多い。

## 人協働ロボット

近年、人協働ロボットということばが多く用いられるようになってきている。産業用ロボットは労働安全衛生規則150条の4に基づき基本的に安全柵が必要とされており、人とロボットが同じ空間でしりなしに働く姿は想定されていない。人協働ロボットと表現するときは、この安全柵なしで人と同じ空間で働くことができるロボットを指すことが多い。

### 80W規制の誤解

労働安全衛生規則の定義する産業用ロボットから昭和58年の通達で定格出力（駆動用原動機を二以上有するものにあつては、それぞれの定格出力のうち最大のもの）が80W以下のロボットが除外された。これは当時のモータ性能から80W以下であれば危険性が低いと判断されたためと考えられる。しかし、現在のモータ性能では80W以下でも十分危険であり、80W以下であれば安全であるとはいえない。また、労働安全衛生法は労働災害防止のための管理措置を定めており、リスクアセスメントに努力義務を課すなどしている。80W以下のロボットを使用したからといって、これらの義務を逃れるものではない。80W以下のモータを使用しているからといって人協働ロボットということとはできない。

### 2013年安衛則150条の4解釈改正

安全柵を要求する安衛則150条の4の解釈が2013年に改正され、以下の場合に人とロボットの協働作業が可能となった。

- ①リスクアセスメントにより危険のおそれが無くなったと評価できるとき
- ②ISO規格 (ISO 10218-1: 2011及びISO 10218-2: 2011) に定める措置を実施した場合

近年ロボットメーカーより発売されている「人協働ロボット」の多くは2番目のISO規格に則った製品である（一部ISO規格に則っていない製品も人協働ロボットとして販売されている場合があるので注意が必要である）。ISOに則った製品であればメーカーの指示する使用条件に基づき使用すれば問題がないとされているので、リスクアセスメントが容易となる。逆にISOに則っていない製品であれば残留リスクを厳格に見極め厳格なリスクアセスメントを行いリスク低減措置をとらなければならない。

### 人協働ロボットの用途

人協働ロボットの利点は人と同じ空間で作業できることであるので、安全柵を設けるスペースがない現場や、昼間は人が作業し、夜はそのスペースにロボットを置いて作業させるといった人との交代作業が要求されるような現場に適している。

しかし、自動化による生産性向上は、単なる作業の代替ではなく工程自体の見直しや効率化によって実現されることが多い。人協働ロボットを入れて人の作業をそのまま代替させることが最善なのか、工程自体を見直し人とロボットを分離した形での自動化が最善なのか各現場においてしっかりと見極める必要がある。

## 産業用ロボットの歴史

### <黎明期>

産業用ロボットの歴史は古く、1962年にアメリカで商品化された産業用ロボットが日本に紹介されたのが1960年代の後半である。東京オリンピックを契機として戦後に別れを告げ年率10%という高度成長が始まった時代である。当時の産業用ロボット技術は直交・極座標・円筒座標系の単純な機械構造で、駆動は油圧/空気圧、制御はシーケンス制御によるという原始的なものではなく、自動車のスポット溶接作業など一部の市場を形成するに留まった。

### <実用化の開始>

1974年スウェーデンのASEA社が電気駆動/マイクロプロセッサ制御による垂直多関節型ロボットIRB-6を発表した。対象物への回りこみ性が向上し、産業用ロボットの新しい分野への応用が可能となった。1977年に安川電機が可搬質量10kgの電機駆動/マイクロプロセッサ制御垂直多関節型ロボットL10を開発。アーク溶接分野を開拓した。

### <飛躍的な発展>

1980年が日本の「ロボット普及元年」と呼ばれる。1980年は日本の自動車生産台数が世界一になった年であるが、ロボットの世界でも電気式多関節ロボットの製品化という大きなムーブメントが醸成された年であった。山梨大学の牧野教授が組立作業用に必要な方向選択性のある剛性を持つSCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) ロボットをマイクロプロセッサ制御、DCサーボモータ駆動によって実現した。以後SCARAロボットは世界の組立ロボットの定番の地位を確立する。また、不二越もスポット溶接用電気式多関節ロボットを製品化するなど、各社が電気式多関節ロボットの製造を開始した。

その後、物流分野や半導体ウェハ搬送用のロボット、簡易な製造用の小型ロボットなどが開発され、ロボットの応用範囲は大きく広がった。このようにして、日本は世界一のロボット製造国かつ利用国となり、一時は「世界で稼動するロボットの2/3は日本製」といわれるまでになったのである。

### 欧米でロボットが普及しなかった理由

アメリカで開発されたロボットであるが、欧米での利用はあまり進まなかった。原因の一つとしては、欧米人はロボットを日本人のように好感を持って受け入れていないということがいわれる。これは、人を創造できるのは神のみであるというキリスト教的世界観も影響しているようである。確かに欧米では「ターミネーター」のようにロボットが敵と描かれることは少なくなく、また、「ロボットに職を奪われる」という工場労働者の抗議も目立つ。日本のようなロボットは友達という感覚が薄いようである。



## 2. ロボットシステムのシミュレーション

ロボットシステムシミュレーションは、ロボットシステム実機を設置する前に予めどのような問題が起こるかをコンピューター上で確認をすることである。実機の製作前に予め問題を把握することで手戻りを防止し、無駄なコストを削減することができるとともに、納期も短縮することができる。シミュレーションソフトでできること及びその限界を知ることはシステムインテグレータにとって非常に重要である。

### ロボットシステムシミュレーションとは

ロボットシステムシミュレーションとは、ロボットシステム実機を設置する前に予めどのような問題が起こるかコンピューター上で確認をすることをいう。

各設備の配置（レイアウト）の機能や妥当性、ロボットやその周辺の設備を含めた全体の動作、また動作をさせた際の時間など、問題を事前に把握し解決しておく事は作業上非常に有用である。

また、ロボットの動作をさせるための教示プログラミングもシミュレーターで行うことができ、実機製作前にプログラムの問題把握をすることが可能となる。

シミュレーションソフトウェアは各ロボットメーカーに応じたロボットコントローラと同一の機能を持っている。従って、実機でプログラミングやティーチングをすることなく、コンピューター画面上でオフラインプログラミング（通称：OPL）をすることができる。

### 何ができるか

コンピューター上で以下のような作業を行うことができる。

- ロボット動作リーチ（作業対象物に動作エリアが届くかどうか）確認
- ロボット動作時の周辺設備との干渉確認
- 複数台でのロボット作業をさせる際の静的はもちろんのこと、動作中の干渉確認
- オフラインティーチング
- ロボットプログラミングの妥当性確認
- 完成プログラムやティーチング動作パスの実機へのアップロード
- 実機ロボットコントローラからプログラムダウンロードしたデータのコンピューター画面での確認
- ロボット動作時間の確認
- ロボット動作姿勢の各軸の余裕の確認など

### どんな時にどう使うか

以下のような場合に使用される。

- 機械設計で各設備やロボットハンドなどのエンドエフェクターの3Dデータを作成後、データのXYZの各基点を合わせ配置する。
- 各メーカーから出されている対象ロボットのキネマティクスが付いたロボット3Dモデルを用い、同様に基点に合わせて配置しレイアウトする。
- ロボットの動作基点座標にロボットハンドやエンドエフェクタを合わせ動作させる。

### 種類

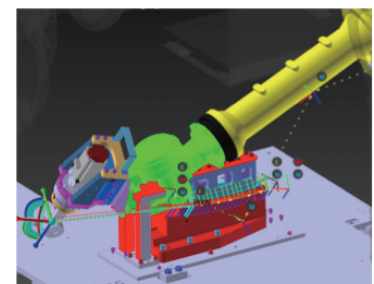
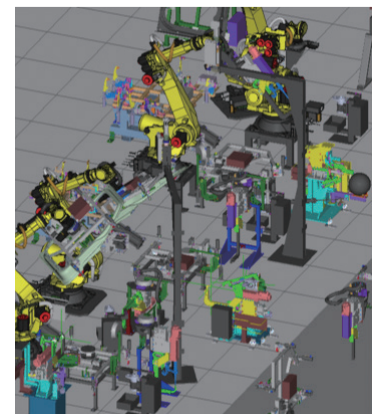
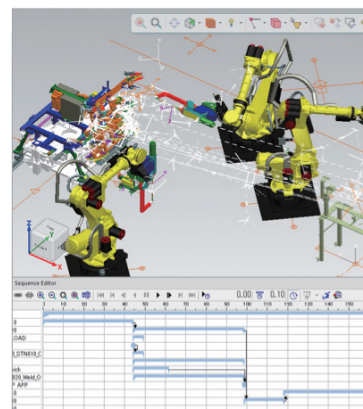
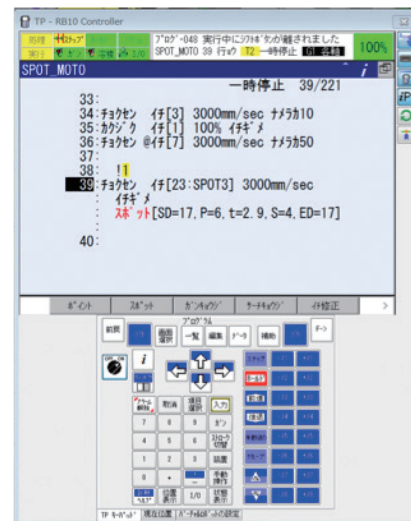
ロボットメーカー独自のソフトウェアは以下のようなものがある。

ファナック：ROBOGUIDE  
安川電機：MOTOSIM  
川崎重工業：K-ROSET  
三菱電機：MELFA Works など

それ以外にメーカーに依存しないシミュレーションソフトウェアとして以下のようなものがある。

TECNOMATIX社：ROBCAD  
DASSAULT社：DELMIA  
SIMENS社：PROCESS SIMULATE など

図1:システムシミュレーション例



## 特徴

最近のソフトウェアの特徴として以下のようなものが挙げられる。

- ロボットティーチペンダントが表示され実機と同じロボットティーチングができる。
- シミュレーション動作が実機と一致。
- 稜線やポイント配置しておけば最短、最速、最適な動作を自動生成する。
- 干渉やロボット動作範囲オーバーすると表示で知らせてくれる。
- 周辺機器の標準テンプレートが準備されている。
- 簡単な図形であれば、CADソフトがなくてもシミュレーションソフトで作成可能。

## 選定

ソフトウェアの選定は以下のような特徴を把握して行う必要がある。

### 各ロボットメーカー専用ソフトウェア

- メーカーに特化されているため汎用性はない。
- ソフト操作は各メーカー毎に学ぶ必要がある。
- 原則ロボット購入ユーザで無いと提供されない。
- 比較的安価である。
- ロボットメーカーオプションにも対応している。
- 他のソフト(3D CAD、設備シミュレーター)とのダイレクト連携が基本的にできない。

### 汎用ソフトウェア

- どのロボットメーカーでも基本的に対応可能であるため汎用性がある。
- ソフト操作を覚えればどのロボットメーカーでも基本的に同様である。
- ロボットタイプ別にロボットキネマティクスRCSを都度購入する必要がある。

- 比較的高価である。
- メンテナンス契約が必要である。
- 他の3D CADソフトとのダイレクト連携ができるものもある。
- ロボットプログラムが実機に正しく反映されないことが稀にある。

## その他のシミュレーション種類と特徴

ロボットシミュレーションソフトの他に生産ラインシミュレーションソフトがある。これは、他の設備と連携したシミュレーションが行えるものである。

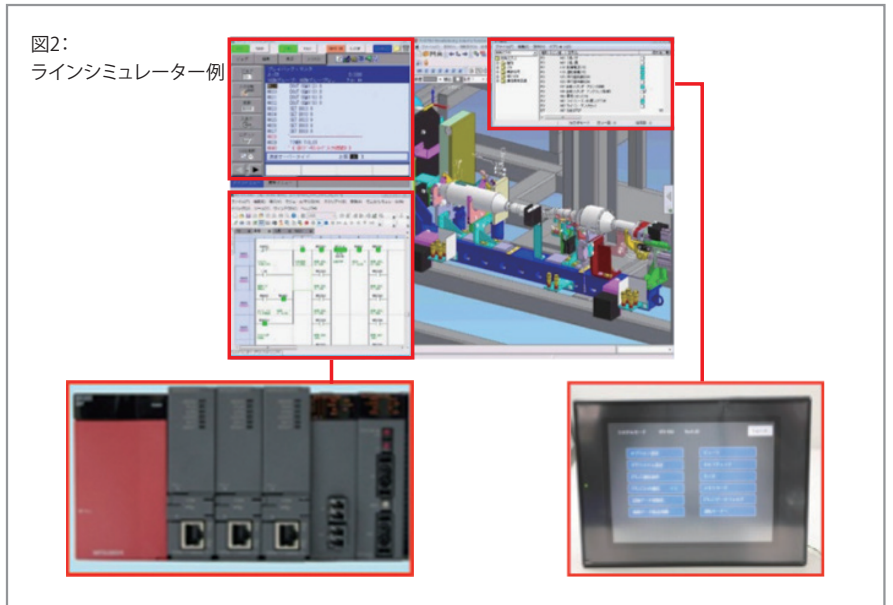
具体的には、

- ①機械3D CADソフト
  - ②PLCロジック シミュレーションソフト
  - ③ロボット シミュレーションソフト
- の3つを連携させ、ロボットシステムやロボットを導入した生産ラインの動作・プログラムの妥当性シミュレーションを実機を製作する前に行うことができるものである。

## 注意点

- 以下のような点に注意する必要がある。
- シミュレーションによる結果の正確性と実機一致度は評価する必要がある。
  - ・動作時間
  - ・動作中の位置ズレ
  - CAD機能はあるが、周辺機器を正確に3Dモデル化する場合はCADソフトで設計しなければならない。
  - 数台のロボットを同時動作させる場合は応答処理限界があり、スムーズに作動画が描画されないなどの課題がある。
  - シミュレーションは同一のロボットマニピュレータでもロボットコントローラ毎に違うため注意が必要。
  - 自重落下のシミュレーションはできない。
  - 各メーカー独自のソフトライセンス規定があり、ソフト共有することは原則できない。企業毎、グループ毎、工場毎、パソコン毎など、ライセンスがどこまで許容されているかを確認する必要がある。

図2: ラインシミュレーター例



## コラム

ロボットだけのシミュレーションではなくシステムとしてのシミュレーションができれば、ロボットシステムインテグレートする上で実機を作らなくても問題が把握できるため、コスト、納期の面で大変役に立つ。

しかしながら、そういったニーズはあるものの、課題が多く著しい進化がなされていともではいえないのが実情である。その背景として、一部の海外メーカーでは積極的に推進されているようであるが、ロボット数十台規模のシステムのラインシミュレートするためのコストは数千万円かかるといわれており、投資に見合った効果が本当にあるのか疑問とされていることがある。また技術的課題として、各シミュレータの持っているタイムスタンプの一致が挙げられる。時間が合わないことには、ロボットと周辺設備の動作時間が一致せず、サイクルタイムのシミュレート精度信頼性に影響してしまう。また、技術面だけでなくラインシミュレーターとロボットシミュレーター、PLCシミュレーター同士を接続することへのお互いの利得もあるようだ。

ユーザサイドからも、機械設計の3D CAD、ロボットメーカーのシミュレーター、PLCメーカーのシミュレーターをラインシミュレーターソフトで動作するためには準備に時間がかかり、実機設計製作するに匹敵するほどの時間を費やすため、メリットを見出せないといった声も聞かれる。

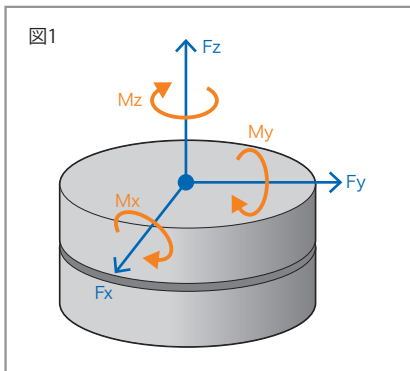
ものを作る前に課題を確認、解決し、短納期且つ効率よく低コストでものづくりを行うことは日本の製造業が世界で競争力を維持するためには必要である。そのためにも、ぜひ総合メリットを業界で共有して、一部の利害に囚われず、業界全体で環境構築を行い、世界のものづくり産業をリードする体制を整えていくべきであろう。

## 3. 力覚センサの活用

力覚センサを用いることで、ロボットに人のような力感覚を与えることができ、今までロボットでは自動化が難しかった作業の自動化が可能となる。力覚センサをシステムインテグレーションの現場で有効に活用するためにその機能と限界を知ることが重要である。また、力覚センサを有効に活用するためにツールやワーク側への工夫をすることも忘れてはならない。

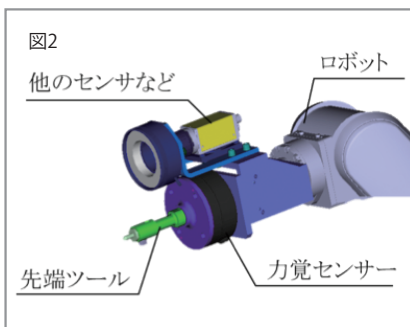
### 力覚センサとは

力覚センサは、複数方向の力やモーメントを同時にリアルタイムに検出することができるセンサである。



力覚センサは、ロボットシステムをインテグレートする際にロボットのエンドエフェクタに取り付け、外力や反力（力、モーメント）を検出するのに使用する。

繊細なセンシングを実現するためには、ワークに接触するツールやハンドの直近にセンサを取り付ける必要がある。センシングに不要な機器はロボット側に取り付ける。



### どんな時にどう使うか

熟練作業者の感覚に頼った作業や精密な作業といった、従来のティーチング作業やビジョンセンサなどの非接触センサで自動化が難しい作業に適している。

### 何ができるか

力覚センサ情報を用いて、ロボットに人の手のような感覚を持たせることができる。今までのロボットでは難しかった微小な力加減を必要とする作業が実現できるようになる。

例えば、精密な嵌め合いやギアなどの位相合わせなどの部品組立作業、研磨作業やバリ取りなどの仕上げ作業、押し付け力管理、重量測定による品種判別作業など幅広く応用することができる。

### 特徴

力覚センサの特徴として以下のようなものが挙げられる。

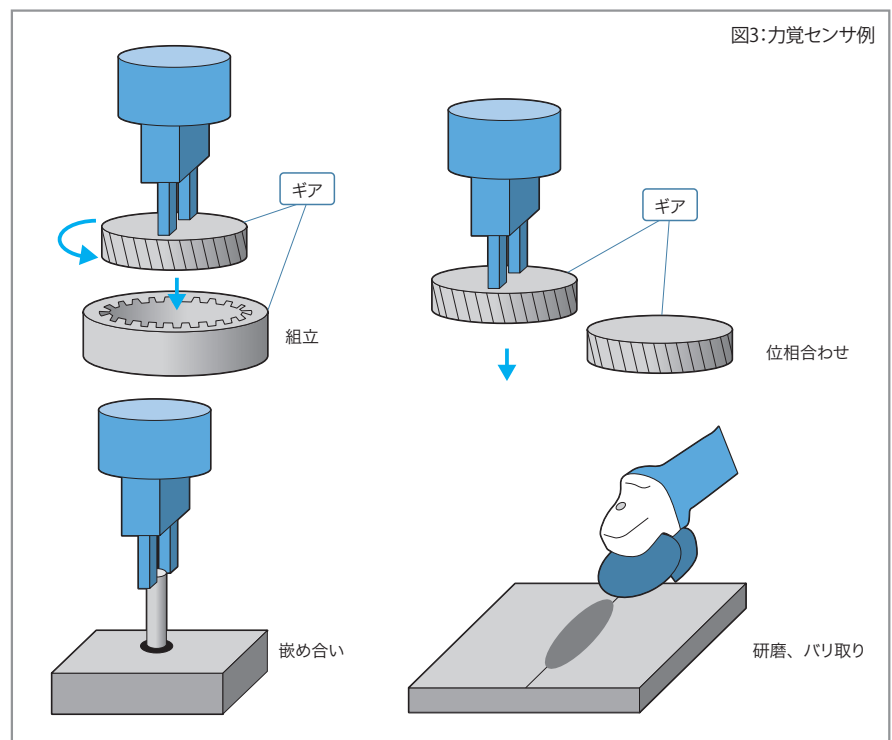
- 一般的にセンサ内部にアンプや演算用のマイコンが内蔵されており、小型で軽量の構造になっている。
- 力成分3軸方向（ $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ ）とモーメント成分3軸方向（ $M_x$ 、 $M_y$ 、 $M_z$ ）を同時に検出でき、静的・動的両方の測定ができる。

- 応答性の高いものが求められており、一瞬の変動を検出することが可能。
- 出力形式には、USBやRS422、Ethernet、Analogなど様々な形態がある。

### 種類

メーカーによって力を検出する原理構造や外形サイズ、定格荷重などが異なり、様々なタイプが存在する。

参考	ロボット
原理構造	半導体歪ゲージ式、光学式、静電容量型など
検出軸数	3軸、6軸など *主流は6軸タイプ
外径サイズ	Φ10mm、Φ80、Φ200mmなど
定格荷重	USB、RS422、Analog、Ethernetなど
出力形態	10N、200N、1000N、2500Nなど
電源	ロボットコントローラ供給、内部電源、外部電源など
防塵防水	IP65など





## 選定

ロボットによる力覚制御機能はロボットのオプション機能として準備されており、ロボットメーカーによって使用可能な力覚センサのラインアップが用意されていることが一般的である（一部、使用するセンサは問わないロボットメーカーも存在する）。

力覚センサ選定にあたっては、採用を検討している作業に“どの程度の負荷がかかるか”や“どの程度の繊細さが必要か”をまず想定し、センサの定格荷重や計測分解能といった仕様と照らし合わせて選定する必要がある。

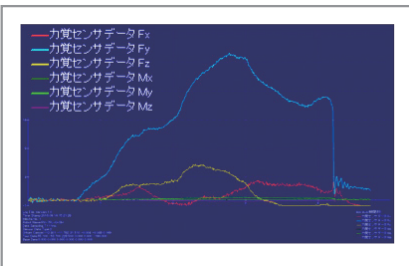
特にモーメント成分の定格荷重は、力成分の定格荷重に比して小さいことを考慮する必要がある。

## モニタリング

一般的にロボットメーカーの力覚制御オプション機能の一部に力覚センサのデータをモニタリングできる機能があり、ティーチペンダントやロボットコントローラへ接続したPCの専用ソフトから見ることができる。

取得できるデータには力覚センサの生データや座標変換後のデータ、位置指令などがあり、数msの周期でサンプリングされる。

取得したデータは、リアルタイムにデータを見ることもできるし、ログデータとしてCSVファイルに出力することも可能である。この機能を有効に利用することで、対象作業への力のかかり具合を分析することができ、力覚制御パラメータ調整や作業状態の確認をすることができる。

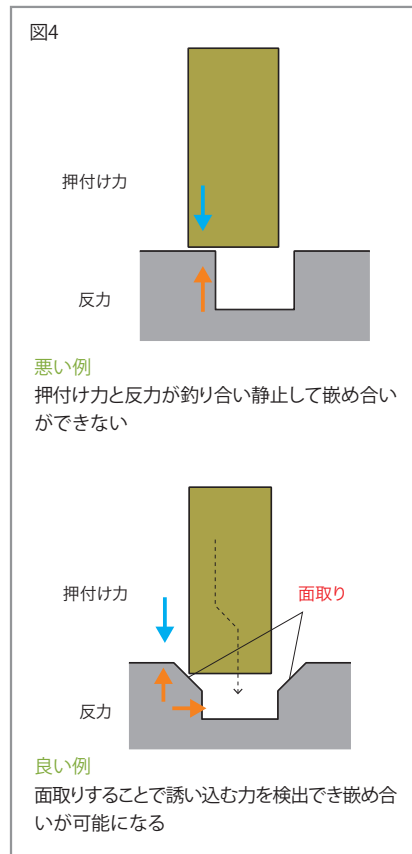


力覚モニタ			
力検知設定値	現在値	最大値	
Fx:	0.000	0.000	0.000
Fy:	0.000	0.000	0.000
Fz:	0.000	0.000	0.000
Mx:	0.000	0.000	0.000
My:	0.000	0.000	0.000
Mz:	0.000	0.000	0.000

オフセットキャンセル      最大値リセット

## ツールやワーク側の工夫

力覚センサを使用しても、難しかった作業が簡単に自動化できるわけではない。力覚制御はあくまで力覚センサで検出した力成分を基に制御を行うため、センサで上手く力を検出しやすいようにワークやツール・ハンド側の形状に工夫を施すことも必要となってくる。対象作業にどのような力がかかり、どのように動作させたいのかを、人の作業を分析しながら把握し、設備設計やプログラムに落とし込んでいくことがロボットシステムインテグレータとしての重要な役割となる。



## 注意点

### ①パラメータ調整

力覚制御のパラメータは、接触するワークの材質・サイズ・重量により大きく変わってくる。

特に、力覚センサの応答性感度に当たるパラメータは設定値が高いほど力覚制御の応答性が高くなり、上げすぎると接触時に過敏に反応してしまい動作が不安定になる（危険な場合があるので注意）。作業の最初は応答性感度を低く設定し、現象を確認しながらパラメータを調整していく必要がある。

### ②噛み付き現象

精密な嵌め合い作業を行う場合、ワークの挿入時に摩擦などの要因によりワーク同士が噛み合っ動かなくなる噛み付き現象が発生することがある。この場合、力覚センサ上は指令値と反力が釣り合った状態となり、作業途中で静止してしまうこととなる。

### ③作業時間は長くなる

力覚制御を使用し、人作業を自動化して置き換える場合、微小な力をセンシングしながらロボットを制御するため作業時間は基本的に長くなる。そのことを十分に考慮した工程やシステムを検討しなければならない。

## コラム

近年、力覚センサの性能の向上や低価格化とロボットの力覚制御機能が普及してきている。ロボットに人のような力感覚を与えることができるため、いままでのロボットでは自動化が難しかった作業を対象に適用が広がっている。

ただ、そういう話を聞くと、一見、人のように何でもできそうな感じがするが、実際は何でもできるわけではない。あくまで力覚センサで検出した力成分を基にロボットが制御できるのであって、思ったような力が検出できない場合や検出できる力が微小な場合、ノイズの影響を受けたりする場合は望んでいる動作にならず、作業を中断してしまうこともある。

またシステムとして考えると、人のような柔軟性や臨機応変な判断ができるわけではなく、システムとしてのロバスト性や信頼性が十分とは言えない場合もあったり、作業時間は人に比べると遥かに遅く設備の工程設計を大幅に見直す必要が出てくる場合もある。

上記のような課題に対して、力覚センサでは、肌触りのような繊細な感覚を検出できる高感度な力覚センサも登場してきているようである。制御機能では、AI技術を力覚制御に応用して作業時間を高速化したり、外部のノイズ影響をキャンセルするステップを不要にする取組みなども報告されている。

そういった多くの期待と課題の両面があるのが現状であり、今後の更なる技術の進歩に大いに期待したい。

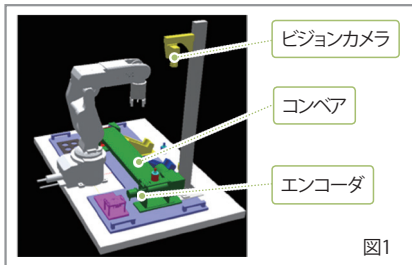
## 4. コンベアトラッキング

コンベアなど製品を移動させる装置からロボットが製品を取る場合、通常はその製品をストッパーや位置決め機構にて止め、コンベアを停止し、製品の位置を一定にしてからロボットに取得させる。しかし、早く製品を取得したい場合にはコンベアを止めずにコンベアの早さと同じ速度でロボットが製品を追いかけ取得させる。これがコンベアトラッキング技術である。

### コンベアトラッキングとは

産業用ロボットでの「トラッキング」とは「追従する」という意味で使用される。「コンベアトラッキング」とはコンベアの移動距離、速度を知るためのセンサを取り付け、コンベアの速度と同じ速度でロボットを動作させ、コンベア上の製品を取得するなどの動作をさせることである。

コンベアトラッキングにはガイドで製品の動く横方向を制限する場合（コンベアトラッキング、又はセンサトラッキング）と製品の位置を制限せず、上からビジョンカメラで見て位置を把握する場合（ビジョントラッキング）がある。



### ビジョントラッキング

「ビジョントラッキング」とはコンベアトラッキングに画像を認識するカメラを使用し、特定の製品の位置や向きを認識させ、その情報とエンコーダの情報からロボットが追従し製品を取得する技術である。

ビジョンセンサには取得するワークの形状と取得する位置を予め記憶させる。

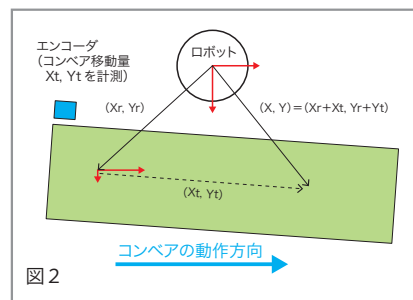
コンベア上でワークが流れてくるとビジョンカメラが、そのワークを認識し、ロボットのX、Y座標に変換し、ロボットに伝える。ロボットはエンコーダからの情報を元にビジョンカメラからのワークのX、Y座標の情報をシフトしていく。

ロボットの稼働範囲にワークが流れてくるとロボットはワークの動きに同期しコンベア上に移動し、ワークを取得する。

この動作にはロボットの演算する能力が必要であり、コンベアの速度が早い場合やワークの数が多い場合にはロボットが追従しきれず、取りこぼしが発生することとなる。

### キャリブレーション

ロボットシステムにコンベアを取付け、トラッキング（追従動作）機能を実現するには、コンベア上のワーク位置がロボットにとってどの位置にあるかを計算する必要がある。

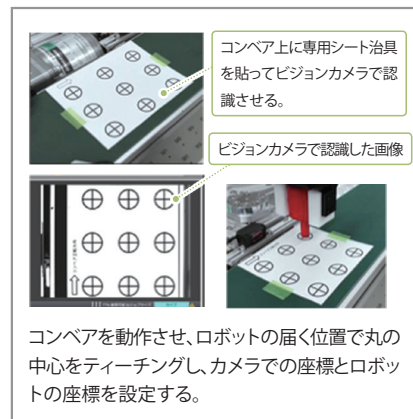


コンベアが動作すると、コンベアに取り付けられたエンコーダからパルス信号が出力され、その信号をロボットが受け取り、自分の座標系に補正を行い、その位置に移動する。

図2では、製品の現在位置が  $(X_r, Y_r)$  でコンベアが動作した際のエンコーダからの信号による補正データが  $(X_t, Y_t)$  とするとロボットが動作すべき位置は  $(X, Y) = (X_r + X_t, Y_r + Y_t)$  となる。

この計算をするためにはエンコーダからの信号とコンベアの移動距離の関係を設定する必要がある。この設定を行う事を「キャリブレーション」という。

また、ビジョンカメラを使用する場合、ビジョンで撮像した画像の位置とロボットの座標を合わせる必要があり、これも「キャリブレーション」という。



### 必要な機器

コンベアトラッキングに必要な機器には以下のようなものがある。

#### 1. コンベア

ビジョンカメラを使用しない場合はガイド（製品が横方向にずれない為の機構）が必要である。製品の流れる量やロボットの負荷によって速度を変更できるような可変速制御のできるコンベアが適している。

#### 2. エンコーダ

回転をオン、オフの信号でコントローラに伝えるセンサの一種である。

コントローラはそのオン/オフをカウントし、どれだけ動いたかを計算する。

#### 3. トリガー用センサ

エンコーダでカウントし始めるタイミングを取ったり、ビジョンカメラで撮像するタイミングを取るために使用する。ビジョンカメラで撮像する場合、このセンサを使用せず、一定時間毎に撮像し、認識させる場合もある。

#### 4. ビジョンカメラ

製品を認識するためのカメラ。コントローラ内蔵タイプが多く、製品の形状を記憶させ、その形状に近い物体を探す方法が一般的によく使用されている。

カメラ自体の画素数と正しく認識するための機能で性能と価格が決まる。

#### 5. ビジョン用照明

製品を認識しやすくするための照明。ちらつきが少ないLED照明がよく使用される。また、製品の色や光沢によって照明の色を変える場合がある。また、影を作らないような工夫が必要である。外光の影響を受けやすくカバーで覆う場合もある。

#### 6. キャリブレーション治具

ビジョンカメラとロボットの座標系を合わせるために使用する治具。最初の設定時に使用するが、定期的にキャリブレーションを行うことで誤差の発生をなくす事が可能となる。

#### 7. キャリブレーション用製品

形状が一定でない製品の場合、最初のキャリブレーションを行った製品を保存



し、再度確認する際にこれを使用すると誤差の発生の原因を把握しやすくなる。

### メリット

コンベアトラッキングを利用すると下記のようなメリットがある。

- ①コンベアを止める、動かすといった時間が必要なく、装置の動作時間が短くなる。
- ②位置決め治具が必要なくなり、装置を簡素化でき、多品種生産がしやすくなる。
- ③品種切替の際、ガイド部のみで済み、容易に段取り替えができる。

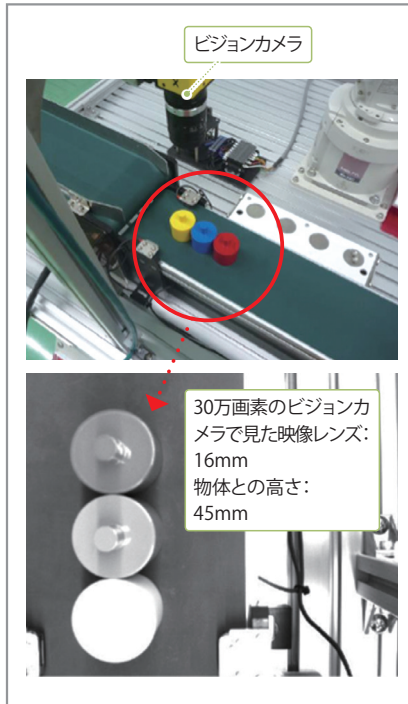
### ビジョントラッキングの精度に影響する項目

ロボットによるビジョントラッキングは動いているワークを取得した後、そのワークを決められた場所に決められた状態で置く必要がある。その置く場所に応じた取得する精度が必要となってくる。

ここではロボットがビジョントラッキングでワークを取得する精度に影響する項目を記述する。

#### 1. カメラの解像度

ロボットが正確にワークを取得するためには、ワークの輪郭を正確に認識する必要がある。例えば、ワークを沢山流すためにコンベアの幅を広くするとビジョンカメラを高い位置に取り付けると全体を見ることができなくなる。ただ、カメラの位置を高くすると1画素あたりの認識する面積が広くなり、全体的にボヤけた画像となってしまう位置の認識精度は悪くなる。そこで画素数を大きくするとデータ量が増え、ビジョンカメラの処理速度の早さが求められ、高価になってしまう。



#### 2. 照明

自動装置の画像処理カメラでは外光を極端に嫌う。太陽光は時間や季節によって照度や色彩、方向が変わり非常に不安定である。また、蛍光灯は人の目には気にならない程度のチラツキがあり、このチラツキがカメラで取得する画像に大きく影響する。

一般的にビジョントラッキングで使用する照明はLED照明を使用し、外光を遮断するためカメラ、照明、視野範囲をカバーで覆う。また、製品の色や光沢によって照明の色を選択し、輪郭などの特徴を見やすくする工夫を行う。

#### 3. エンコーダ

エンコーダはコンベアの動作を正確にロボットに伝える役目をする。エンコーダ自体では誤差は発生しないが、エンコーダに取り付けたローラーとコンベアのベルトの滑りが発生することで進行方向に誤差が発生する。また、コンベアのベルトが新品の場合としばらく使い続けることで発生する「初期伸び」という現象で誤差が発生する可能性がある。定期的に調整をする事が推奨される。

#### 4. 処理速度

ビジョンカメラで画像を処理するCPUの速度やそれを伝える通信方法により処理速度がコンベアの数やロボットの速度に遅れを発生させることがある。

製品の位置の認識と良否判定を同時に行ったり、カメラの判別している状況をモニタ表示したり、取得した画像結果をファイルとして保存する場合、処理速度が低下する事がある。この場合、ロボットがコンベアの動作に追いついていけず、ずれが発生する可能性がある。

### 誤差の発生

コンベアトラッキングは長い期間使用していると次第に位置がずれていくことがある。「位置のずれが発生する原因」

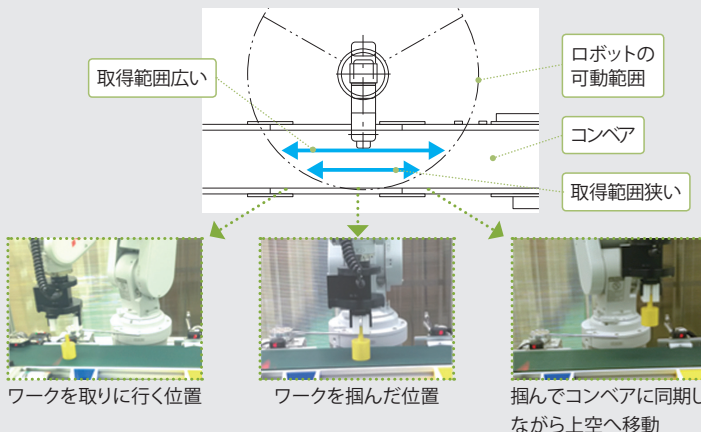
- ①ベルトの伸び、蛇行
- ②エンコーダのローラーの磨耗
- ③ローラーの滑り

上記のような原因により位置ずれが発生することがあるため、定期的なメンテナンスが必要となる。

他に画像処理の画像をモニタリングすることで処理が負担になり誤差が発生する場合もある。

#### コンベア上の取得範囲

ロボットの可動範囲は平面で考えると円形がほとんどである。ロボットとコンベアの位置関係によっては取得できる範囲が狭くなってしまうことがあり注意が必要である。また、コンベアの動作速度が速い場合、ロボットは追従を始めても自分自身の可動範囲外になる可能性がある場合、取得動作をあきらめ、次のワークを取りに行く動作をする。コンベアを流れるワークが多い場合には何度もあきらめてしまい、取得数が低下する場合がある。



#### ビジョントラッキングとハンド

ビジョントラッキングの際にワークを認識し、どのようにロボットが把持するかを決める必要がある。

把持する方法には主に、平行ハンドなどで「掴む」場合と真空を使用し「吸着する」場合がある。



平行ハンドで掴む場合



吸着ハンドで吸着する場合 (ソーセージ)



# 5.産業用ロボットの制御プログラム

産業用ロボットを動作させるには移動する位置とその位置にどのようにして移動するのか、その位置で何をするのかを指定する制御プログラムが必要である。制御プログラムではロボットがどのような順番で動作するのか、外部との機器と動作のタイミングをとるのかなどを考える必要がある。また、ロボットの頭脳であるコントローラが高度になり、単なる動作を教えるだけでなく、演算やIoTなどに利用される通信なども行えるようになってきている。ロボットSlerには、これらの機能を把握し、使いこなせる能力が求められている。

## ロボットの制御プログラムとは

一般的に産業用ロボットは移動させたい位置を記憶(教示)させて、その位置へどのようにして移動するか指示(制御プログラム)するティーチングプレイバック方式で動作させる。

制御プログラムはロボットの種類やメーカー、業界毎に詳細は異なるが、大別すると次のパターンに分ける事ができる。

1.位置データと命令データが独立しており、移動命令や入出力の処理、繰り返しや条件分岐などの命令を組み合わせプログラムを記述する方法。各メーカーで少しずつ記述方法は違うが、Basic言語やC言語と同じような記述方法が主流である。

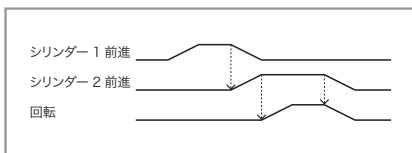
2.ティーチングを行いながらその場所に応じて動作するかを指定する方法。移動する位置にロボットを移動させ、その場所に移動する速度や入出力の条件などを設定して記憶させる。

## タイムチャート(タイミングチャート)

タイムチャート(タイミングチャートとも言う)とは横軸に時間、縦軸に動作または信号のオン/オフを記述した図をいう。

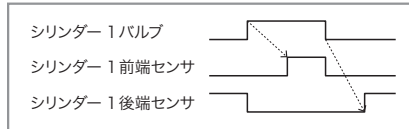
停止もしくはオフしている状態と動作もしくはオンしている状態を線で表現したものである。

機械のシリンダやモータなどの動作を時間に沿って表現する場合、加減速時間があり、それを考慮して斜めの線を記述することがある。



機械設計担当者は移動距離や速度を考えながらそれぞれの機器の動作を考え、全体の時間を検討する。

物の動作からセンサのオン/オフで記述する場合は加減速時間は考慮せず、縦に垂直に線を記述する。



この際、シリンダのバルブをオンさせた際、そこからシリンダが前進端に行き切った状態で前端信号がオンするため時間のずれが発生する。

制御設計担当者は物の動作から信号のオン/オフをこのタイムチャートに記述し、プログラムを考える際の材料とする。

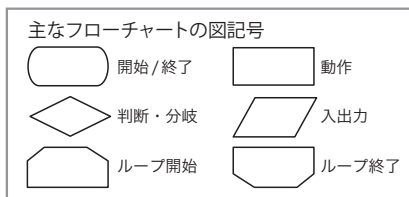
## 動作とフローチャート図

ロボットプログラムは一般的にロボットの動きに沿った記述が行われる。

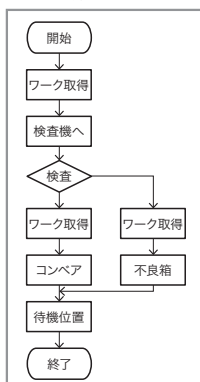
「Aの位置へ移動する」→「掴む」→「Bの位置へ移動する」→「離す」→「元の位置へ戻る」、といった動作の順番に記号を記述する。

このような実際の動きの順番やプログラムの動作順序などを記号を使用し視覚的に分かりやすくした図で表現する。これをフローチャート図という。

フローチャート図は動作や分岐判断を表す図記号とそれらの動作の流れを表す矢印で記述される。



フローチャート図はロボットや装置の動作の順番を記述する際だけでなく情報処理の分野や事務などの作業フローを記述する際にも使用される。



記号については「JIS X 0121:1986情報処理流れ図・プログラム網図・システム資源図記号」で規定されている。

記号については「JIS X 0121:1986情報処理流れ図・プログラム網図・システム資源図記号」で規定されている。

## ロボットの安全

ロボットは非常停止スイッチや安全柵に取り付けられた安全スイッチなどを入力信号として受け、ロボットプログラムと関係なく、ロボットを緊急停止させたり、サーボを切ることができる。

それとは別に他の機器との干渉をセンサで検知したり、他の機器からの信号を確認し、ロボットを止めたり、他の機器へ動作しないよう指令を出したりするロボットのプログラムを記述する必要がある。

これらは標準の安全機能とは別に設備毎にロボットプログラムを作成する人が考え記述する必要がある。

## ロボットでよく行われる制御

ロボットは使用目的に応じて様々な処理を行う。

### ピック&プレース

特定の場所からワークを取り、指定された場所に移動し置く一連の動作をいう。

### 外部入力による処理

センサやPLCからの信号をロボットは入力信号として受け取り、プログラムにてその信号のオンかオフで動作を変化させる。

### 出力信号による外部制御

モータやPLCなどをロボットの外部出力信号に接続し、ロボットのプログラムからその出力信号のオン/オフを制御することで外部の機器を動作させる。

### 変数による演算

ロボットのプログラム中で四則演算や論理演算を行いその答えからロボットの動作回数や動作ポジションを変更することが可能である。入出力信号などと連携し、外部の状況に応じロボットの動作を変化させることが可能である。

### 外部機器からのデータ処理

外部機器からの入力信号をロボットプログラムが数字や文字のデータとして受け取り演算することができる。そのデータをロボットの座標データとして処理をしたり、位置の補正値とすることが可能である。

## プログラムの作成、編集

ロボットのプログラムを新規で作成したり、既存のプログラムを編集するには二通りの方法がある。

### 1. ティーチングボックスから入力、編集を行う

入力方法はメーカーにより大きく違う場合がある。キーにより1文字ずつ入力する場合と画面に表示されるコマンドを選択する方法がある。

### 2. パソコンのソフトウェアを使用しプログラムの作成や編集を行う

最近では同じソフトウェアでシミュレーションもできるようになっており、ロボットがなくてもプログラムの作成と動作確認が可能である。編集ソフトウェアはロボットメーカーがそれぞれ独自の物を出している。ロボットのコントローラとUSBやイーサネットで接続し、プログラムや位置データのダウンロード(パソコンからロボットのコントローラに送る)したりアップロード(ロボットのコントローラからパソコンに送る)を行う。

## マルチ・タスク制御

ロボットのコントローラでは複数のプログラムを同時に実行することが可能である。同時に同じ関節のモータを複数のプログラムで制御することはできないが、モータを動作させるプログラムとセンサを常に監視するプログラム、ロボットの動作とセンサを監視し、その状況に合わせて外部の機器を動作させるプログラムなど、複数のプログラムで別々の処理をさせ、効率的に周辺機器とロボットを動作させるプログラムを作ることが可能である。

## ロボットプログラムの命令

ロボットのプログラムの命令には次のようなものがある。

### 移動命令

指定した位置へ移動させる命令。直線補間や円弧補間で移動する。

### 速度命令

移動する速度を指定する。実際の速度(mm/分)や指定の速度のパーセンテージ(%)で指定する。また、加減速を指定する命令も用意されている。加減速を調整することでタクトや停止位置精度に影響をおよぼす。

### 入出力命令

外部と信号やデータの受け渡しを行う命令。信号のオン/オフやRS-232C、イーサネットなどでのデータ通信を行う命令などもある。

### 繰り返し処理命令

同じ処理を指定した回数、または無限に繰り返す命令。

### 分岐、ジャンプ命令

指定した条件の結果を元に、次の動作を選択し実行する。検査後不良品を捨てるなどの処理を行う。

### 演算命令

四則演算や三角関数などの演算以外に位置データを演算する命令など、ロボット特有の演算命令も用意されている。

### その他専用命令

溶接ロボットやパレタイズングロボットなどある作業を専門とするロボットにはその作業に特化した命令が用意されている。

## 標準ロボット言語「SLIM言語」

各ロボットメーカーでロボットを動作させるプログラム言語が異なっている。そこでロボット工業会が中心になって標準言語が作成された。これを「SLIM (Standard Language for Industrial Manipulators) 言語」という。

1992年にJISに制定されたが、各ロボットメーカーが新たに開発する機能に追従できず、依然としてそれぞれのメーカー独自のプログラム言語が使用されている。SLIM言語はBASIC言語に似た記述方法であり、SLIM言語をベースに独自の命令を追加しているメーカーもある。

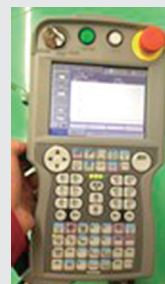
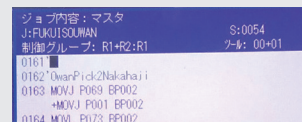
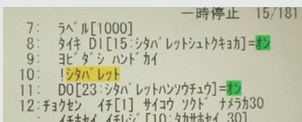
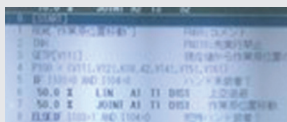
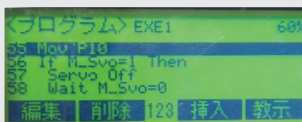
### SLIM言語の例

- 1 「MOVE L,P001,P002」  
現在の位置からP001を経由してP002へ移動する。
- 2 「MOVE C,P001,P002」  
現在の位置からP001を経由してP002へ円弧を描いて移動する。
- 3 「GOHOME」  
現在位置からホーム位置へ移動する。

## バッテリーによるデータの保持

現在、ほとんどの産業用ロボットは位置データやプログラムデータをバッテリーで記憶させている。バッテリーでの保持期間は1年間としているメーカーが多く、バッテリーがなくなってしまった場合データが消える、もしくは部分的に消えてしまう場合がある。その際は全ての調整を再度やり直す必要がある。バッテリーの交換はこまめに行うことを推奨する。

## メーカー毎のティーチングペンダントとプログラムの違い





# 6. ロボットのティーチング

現在の産業用ロボットの多くはプログラムと位置データで構成されている。人間が決めた位置へどのように移動するか、移動した後に何をするかを教える必要がある。そのロボットが動くべき位置をロボットに教える作業がティーチングである。ティーチングはロボットの可動範囲の中に入って行うことが多く、この作業を行うには労働安全衛生法に定められた教育を受ける必要がある。ロボットを扱うにはまずティーチング作業の内容を正しく把握し、安全に作業することを学ぶ必要がある。

## ティーチング作業

### ロボットが動作するには

ロボットは予め教えられた動作を実行する機械である。ロボットに動作を教えるために、制御内容と作業する位置(姿勢)を定める必要がある。

制御内容は「プログラミング」により定められる。ロボットが作業する位置(姿勢)をロボットに教えることを「教示作業」という。教示作業には、「ティーチング方式」と「マニュアル数値入力方式」がある。

「ティーチング方式」はロボットの現在位置(姿勢)を、ロボットに利用できる形式で覚えさせる。

「マニュアル数値入力方式」はロボットの位置姿勢を表す数値を直接入力する。マニュアルデータ入力方式(Manual Data Input)の頭文字よりMDI方式と記される。

ロボットと周辺機器の位置が判っていればMDI方式が便利と考えられるが、ロボットと周辺機器の位置は組立作業などによりズレが発生するため、通常ティーチング方式が多く利用されている。

3D CADの普及に伴い、予め大まかな数値をMDI方式で入力しておき、微調整のみをティーチングで行う場合が増えている。

装置内に人が入れない場合や、装置の位置情報と実際の位置にズレが少ない場合、求められる位置精度が粗い場合、部品が位置ズレ無く供給される場合などにMDI方式が有効である。

ロボットが、装置内の補助装置となる場合、例えば半導体装置のようなウエハの印刷が主目的となる場合には、搬送役のロボットは粗い位置精度でも装置が停止しないよう、装置全体が構成されている。

### 教示作業の手順

具体的な教示作業は次のような順序で行う。

#### ①プログラム作成

教示内容を保存するためのプログラムに名前を付けて保存する。

#### ②ロボットを教示位置に移動

ティーチングボックスを使ってプロ

ラムで使用したい位置にロボットを移動させる。

#### ③教示位置の記憶

ティーチングボックスを使って名前を付けて、現在の位置(姿勢)を覚えさせる。

#### ④ロボットを次の位置に移動

ロボットを次に記憶する位置に移動させ、その点を記憶する。

#### ⑤必要な作業点数を教示

作業に必要な教示を全て①～③のように行う。

## ティーチング作業時の安全

### 1. 操作権の考え方

ロボットには「操作権」という考え方がある。メーカーにより「制御権」など他の表現もあるが、同じ内容を指している。ロボットが工場内で使われる時、必ずしも操作する場所からロボットが直接見えるとは限らない。このような時に、ロボットの教示作業やメンテナンスでロボットを触ろうとロボットの作業範囲内に入った時に、外部から誤ってロボットを起動できないようにする必要がある。

ロボットにコントローラの操作パネル、ティーチングボックス、パソコンなど、複数の機器が接続されていても、同時にロボットに対する操作(運転、サーボオンなどの動作指令)が有効な機器を1つに制限する。この時、この限られた1つの機器が「操作権を得ている」状態という。

操作権には優先順位がある。順位の高い順から、「ティーチングボックス」、「ロボットコントローラ」、「外部機器からの操作」となっている。

ロボットの動作範囲内で作業する可能性が高いティーチング作業者の安全のために、ティーチングボックスの操作権取得操作が最優先される。次いで、ロボットコントローラのパネル操作が優先される。これはシステムトラブル時などに単体動作を行うためである。

反対に、停止やサーボオフなどロボットを停止させるような操作は安全上操作

権がなくても行えるようになっている。

### 2. サーボ電源

ロボットの各軸はサーボモータと呼ばれるモータで動作させている。教示を行うモードにした際はサーボ電源はオフとなっている。これは作業者の意思と関係なくロボットが動作することを防ぐためである。

教示作業を行うには、「操作権」を有効にした後にサーボ電源をオンにする必要がある。このサーボ電源をオンにするためには「デッドマンスイッチ」をオンにする必要がある。

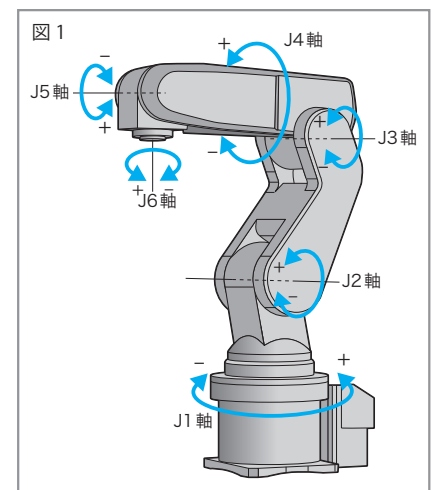
「デッドマンスイッチ」は3ポジションスイッチとなっており、力をかけていない時はオフ、適度に力をかけている時はオン、強く力をかけるとオフとなるスイッチである。これは操作する人がサーボ電源をオンにする意思を持って軽く力を入れてサーボ電源をオンにし、もし危険を感じた際に手を離したり、恐怖を感じ強く力を入れた場合にサーボ電源がオフとなるような構造になっている。

教示作業時に発生する事故が多いため数多くの安全装置が使用されている。

## ロボットの座標系

ロボットをティーチングする際、座標系を選択し操作する。座標系には、関節座標系・直交座標系・ツール座標系などがある。

### 1. 関節座標系

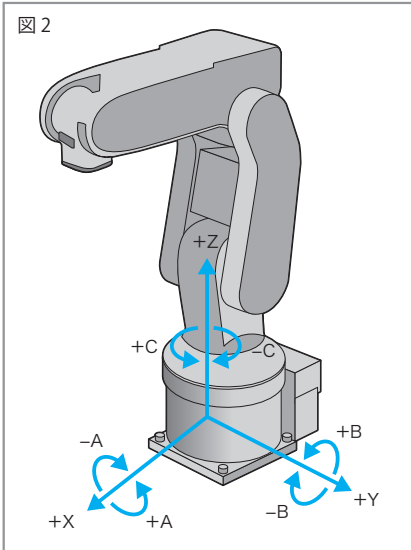




ロボットの各関節の回転角度を値とする座標系のことをいう。6軸多関節型ロボットの場合、関節座標は6個の要素で成り立っており、図1のように表される。

## 2. 直交座標系

図2



直交座標系とは互いに直交している座標軸を指定することによって定まる座標系のことをいう。例えば点P=(50, -10, 20)の点は、X軸の+方向に50、Y軸の-方向に10、Z軸方向の+方向に20示した位置となる。(図2)

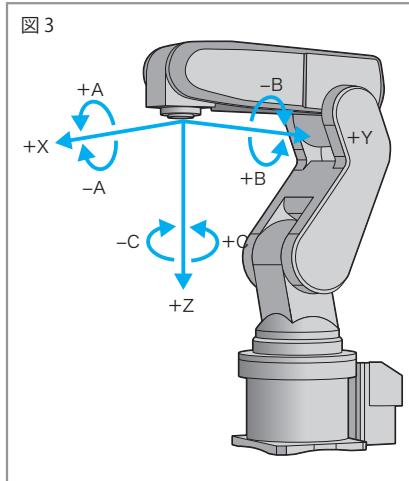
## 3. ツール座標系

ツール座標系とは、ロボットのハンド先端を原点とした直交座標系のことをいう。ハンドの向きに対する前進・後退動作を行うため、ハンドの向きを変えずに動作させることができる。

6軸多関節ロボットの場合、ツール座標は直行座標と同じく6個の要素で成り立っており、座標値を(0, 0, 0, 0, 0, 0)のように表記した場合は、先頭からそれぞれ

図3のX、Y、Z、A、B、Cを表している。

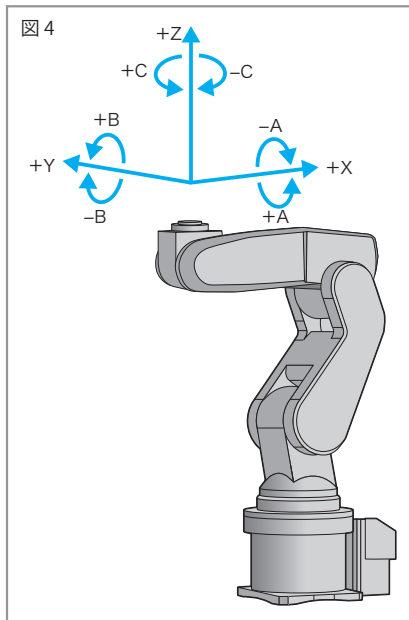
図3



ハンドが下を向いている場合は、図3のような座標軸の向きになる。

また、ハンドが上を向いている場合は、図4のような座標軸の向きになる。

図4



## 教示作業に関する関係法令

教示作業時に守らなければならない関係法令には次のようなものがある。

労働安全衛生規則第36条第31号、第150条の3、第151条などでは次のような手順を踏むように規定されている。

### 1. 作業規定の作成(第150条の3)

産業用ロボットの種類、構造、作業方法に見合った作業規定を作成し、これを遵守するように自主管理を行う。

### 2. 直ちに運転を停止できる措置を講じる(第150条の3)

教示中に危険を察知したならば直ちに可動領域内にいる教示者か、外部にいる監視者などにより産業用ロボットを緊急に停止できるようにする。

### 3. 作業中である旨の表示(第150条の3)

教示作業中であることを明示し、教示者以外には産業用ロボットの操作を行わせないようにする。

### 4. 特別教育の実施(第36条 第31号)

教示者には、産業用ロボットの基本的な構造、危険の源泉、回避方法などを教育する事により、災害防止のために必要な知識、技能を習得させる。

### 5. 作業開始前の点検等(第151条)

作業を開始する前には決められた点検を実施する。点検に漏れがないよう、予めチェックリストを作成しておく。

その他「ロボットシステムインテグレータに要求されるシステム構築における機能安全に関する知識」の資料がロボット工業会のホームページに掲載されている。  
[http://robo-navi.com/webroot/sier\\_download.html](http://robo-navi.com/webroot/sier_download.html)

### ④ ティーチング作業中の安全確保 「デッドマンスイッチ(イネーブルスイッチ)」

デッドマンスイッチ(イネーブルスイッチ)とはJIS B8433(産業用ロボット-安全性)によると、「あらかじめ定められた位置で保持されている間に限り、ロボットの作動を可能にするための手動操作装置」と定義されている。ティーチングボックス背面についているイネーブルスイッチは2ポジションスイッチと3ポジションスイッチがあり、最近は3ポジションスイッチが搭載されている物が多く存在する。

この3ポジションスイッチは中央についているレバーの状態を、①握っていない状態、②半分程度握った状態、③完全に握った状態の3パターンに区別する。イネーブルスイッチは②の状態でもオン、それ以外ではオフの判定になる。写真は右側に倒しているが、左側に倒しても同様の操作が行える。

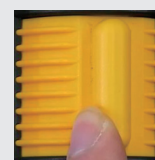
なぜ、維持しにくい半分程度握り込んだ状態がオンなのか、それは人間工学に基づいた安全のための発想によるものである。

人間は、物を握った状態で驚いたときは、強く握るか、落としてしまうかのどちらが多いといわれている。すなわち、ロボットを操作して物や人にぶつかりそうになり驚いたときに、意識せずとも止めることができるように、②の状態がオンの状態だと決められているのである。

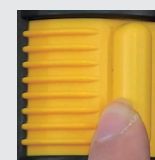
デッドマンスイッチ



握っていない状態



半分程度握った状態



完全に握った状態

# 1.画像処理

ロボットにカメラという目が搭載されることにより、システムインテグレーションの幅が大きく広がっている。近年、多くのシステムに画像処理が利用されるようになってきているが、それと同時に画像処理が原因の不具合も多く発生している。画像処理の最新の技術を学ぶとともに、注意点をしっかり把握することはシステムインテグレータにとって非常に重要である。

## 画像処理とは

画像処理により、カメラから得られる映像の特徴を捉え形状（文字や形）を識別する検査や、位置、向きなどを認識することができる。通常ロボットと対象物までの位置をプログラムする必要があるが、画像認識によって汎用的に自動運用することができるようになる。

## 画像処理に必要な機材

### カメラ(カメラレンズ/カメラ基盤)

カメラは主にCMOSカメラとCCDカメラがある。高速化や高解像度ではCCDが有利であり、価格ではCMOSが有利といわれている。さらに白黒カメラとカラーカメラがあり、色相変化をとらえる場合はカラーカメラを用いる。これらのカメラは、使用する環境や機能、性能、コストなどを考慮して、デジタルチップを搭載したセンサ基盤とレンズを選定する。カメラ自体の機能としては、撮影対象物を画像として2次元の細かい画素（ピクセル）として出力する。

### 画像処理ソフト/画像処理装置

カメラから出力された画素を入力し、様々な処理を行うのが画像処理ソフトまたは画像処理装置となる。画像処理では入力した画素から色や輝度を区別し、色や線形、文字、物体などの抽出や認識を行うことができる。これらの機能を用途に合わせて組み合わせ、物体の位置や、ラベルの有無、形状の整合性などを出力する。

### 照明

カメラや画像処理を用いる場合一番重要な要素が照明である。特に利用する環境に外光が入ったり、対象物が鏡面や凹凸がある場合に光の反射や影の映り込みによってカメラや画像処理が正しく動かない場合がある。そのような場合は、①画像処理を利用する環境の照明を調整する、②画像処理用の照明を用いて画像処理に最適な状態にする、③外乱を遮断する遮光壁を用いるなどの調整を行う。

## 画像処理に関する注意事項

### 画素数

画像処理は画素数によって精度と処理速度が変化する。画素数が多ければ処理精度が上がるが、速度が遅くなる傾向がある。また高解像度、高速化を図るほど高価になるのでコストに合わせて機材を選定する。

### ゆがみ補正

カメラは設置位置によって撮影範囲が変わる。対象物との距離が近いと撮影範囲は狭く、遠い距離は撮影範囲を広くすることができる。しかしながら遠い距離は画素数が粗くなるため精度が悪くなる場合がある。

そこで、広角レンズを用いると距離を変えずに撮影（センシング）範囲を広げることができる。しかしながら広角レンズを用いると画像が歪曲して見えてしまう。これを補正する技術がゆがみ補正になる。

ゆがみ補正により、ゆがんだ画像を正しい形状にすることができるが、あまり広い角度を補正すると補正率が下がり逆に精度が落ちる可能性がある。撮影対象物との距離、使用するカメラ、画像処理、精度、速度の関係性を考えて適正に選定、構築することが必要である。

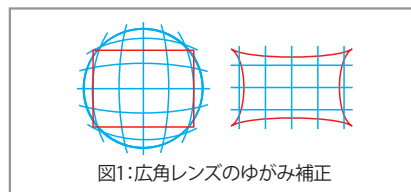


図1:広角レンズのゆがみ補正

## 光について

画像処理は所定の光源により精度や速度が向上する。特に下記の環境に留意する必要がある。

- 窓が無く一定の照明。
- 窓がある場合は窓から離れた場所で使用するか、遮蔽壁を設置。
- 蛍光灯などの波長に影響する場合がある。
- 波長域が被る場合、環境外の波長域、例えば赤外線波長を使用して干渉しないようにする。

## 画像ブレ

対象ワーク（部材）がベルトコンベアなどで高速に動く場合、カメラと画像処理の能力が低いと、画像ブレが発生し正しく画像処理が動作しない場合がある。そこで、対象ワークの許容速度や運用速度から最適な画像処理速度を計算して画像ブレを防ぐ様に設計、製造する。もしくは予めベルトコンベアの移動速度と同期させてカメラを動かすことで画像ブレを軽減させる手法もある。

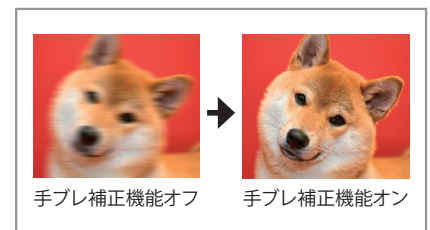
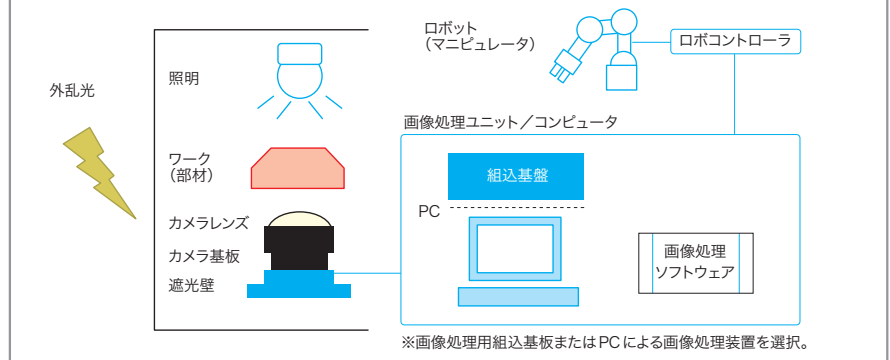


図2: 画像処理に必要な機材





## 産業製造業の主な用途

画像処理はカメラから得られる映像の特徴を捉え形状(文字や形)から識別したり、検査や位置、向きなどを認識することができる。また、レンズのゆがみや色の变化を補正したりディスプレイ表示や3次元的に距離などの計測を行うこともできる。

### バーコード・QRコード読取

バーコードとは帯状の白黒の模様パターンでデータをコード化したもの。光学センサを用いたバーコードリーダを用いて非接触で読み取ることで商品情報を認識することができる。さらに情報量の多いQRコードがある。



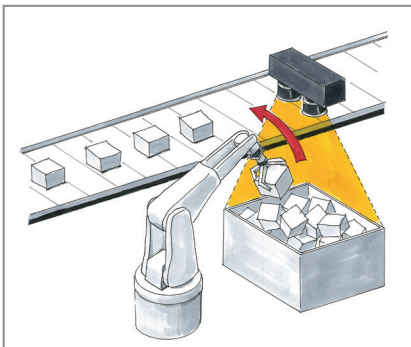
### ラベル検査

ワーク(商材)のラベルの日付や印字、ラベルずれなどを画像処理で自動検査する。ボトルなど丸いワークは回転させたり、複数の方向にカメラを設置するなどの工夫が必要である。



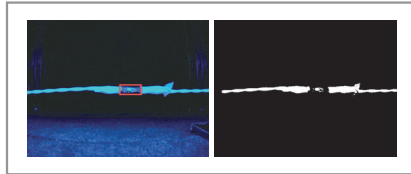
### ピッキング

マニピュレータロボットがワークを掴む動作(ピッキング)を行うために、ワークの形状や位置・向きを正確に認識する画像処理が有効である。一般的にはワークが流れてくるベルトコンベアに画像処理装置用カメラを設置するか、マニピュレータの先端にカメラを設置する。特にワークとベルトコンベアなどの台座が区別できる様な色分けを行うことが重要である。



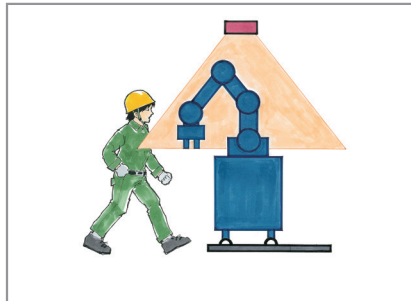
### 外観検査

ワークの欠損や黒点、曲がりなどの形状検査を画像処理で行う。ワークの寸法が大きい場合や、ワークとカメラの距離が遠い場合にはカメラの解像度が粗く精度が落ちる場合がある。その場合はカメラの解像度を高解像度にするか、複数のカメラを設置して分散させて画像処理を行う事も可能であるが、コストや高速な画像処理専用装置が必要となる。



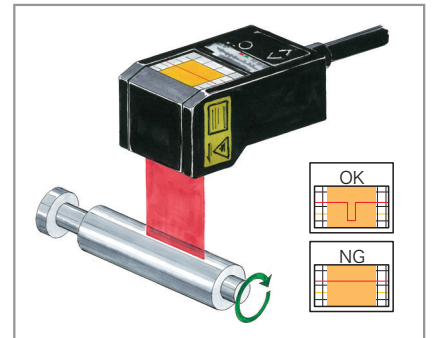
### 侵入検知

ロボットは通常安全柵などを設けて作業者の安全を確保するなどの安全基準がある。しかしながら最近ではロボットとの作業を協調・協同行う作業の要望が増えてきており、低速や低トルクのロボットの場合は安全柵なしで運用を可能にするなどの安全基準の緩和が進んでいる。この場合の安全確保の一方策として、作業者がロボットに近づいた場合にロボット動作を低速にしたり、停止させ、離れた場合は動作を再開させるなどといった制御を画像処理を用いた侵入検知で実現することがある。



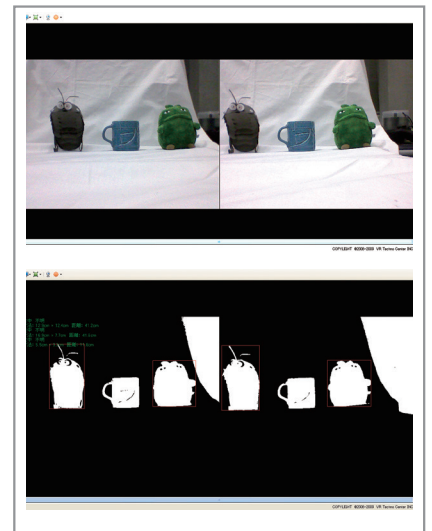
### ライン検査

画像処理による検査は、鏡面などのワークであると照明が反射してしまうため不得意であるが、ラインセンシングにより凹凸などの検査や刻印などの検出が可能である。



### 3次元認識(ステレオビジョン)

2つのカメラを用いてワークの寸法やワークまでの距離を計測する事ができる。これを利用し、ロボットがワークに対し様々な方向や距離から最適なピッキングを行うことが可能となる。最近では双腕ロボットのビジョンセンサに用いられている。



### コラム

先日自動車樹脂部品加工メーカーの機械設備に外観検査ロボットシステムを納めた。

対象部品も事前に借用し社内検証は問題なく、納品後の受入れ検査もOK。しかしながら1週間後に正しく動かないとの連絡が入った。現場を見ると外観検査ロボットと加工設備の間に対象部品を滑り落とすためにあらたにトイがつけられており、これが外観検査ロボットの撮影内に映ってしまい誤検知していた。そこで検査範囲を狭めてトイが映らないように修正し正常に動くようにした。しかしながら機械を稼働させるとさらなる問題として、機械設備の振動がトイを伝わり外観検査ロボットに共振してしまったため、またまた誤検知してしまった。その他にも工場内に入る窓からの日射の影響を受けて誤検知することがあった。どうも日射角度が影響しており試験中は影響がなかったが運用するうちに四季の変化で日射角度が変化して影響してしまったようだ。画像処理を導入する際にはぜひ環境やまわりの設備の影響(異物、照明、振動)に気を付けて。

最近特に外観検査の依頼が多くなってきた。ただロボット設備を扱うS I企業でも画像処理はまだ難しいとか、高価だからなど断念(敬遠?)されてきた。実際今までの画像処理は専用機を活用し専門的な技術者でないと正しく判断できなかったが、最近ではスマートフォンで顔認識や文字認識、物の認識までできてしまう。特に若者が顔認識による画像加工をインターネットに投稿する時代になってきた。先日ある工場ではスマートフォンで振動したら撮影、光ったら撮影して異常を検知するなど手軽に生産カイゼンを行っている。今後画像処理技術もより手軽に使えるようになってくるが高度な技術による高性能な画像処理の専門技術者とアイデア勝負で簡単に画像処理を使いこなす利用者が現れるなど益々画像処理の可能性が高くなるのではないだろうか。

ぜひ、画像処理を身近で使ってみてほしい。



# 1. モーションコントロール

モーションコントロールは複数のモータを制御する技術である。複数台のサーボモータを組み合わせた装置を製作する際にはモーションコントロールの知識が必須となる。モーションコントロール技術の高いシステムインテグレータは高い技術力を持ったシステムインテグレータであるといえるほど重要な技術である。

## モーションコントロールとは

モーションコントロールとは、その名の通りモーション（動作）をコントロール（制御）することである。

FA分野におけるモーションコントロールとは、主としてサーボ動作の制御を行うことを指し、この制御に関する演算処理を行うデバイスをモーションコントローラという。

あらゆる機械は、電気を与えると電気を運動エネルギーに変換し動作するモータで動いている。モーションコントロールとは、つまりそのモータ（電動機）を制御することである。モータにはモータ本体を制御するモータドライバがあり、そのドライバに対しパルス信号（一定の幅を持った電気信号の波）を出力し制御するモータコントロールボードがある。それらを全てコントロールするのが、モーションコントローラなのである。

## なぜモーションコントローラが必要？

産業用ロボットは様々な動作を±0.1mm以下の精度で制御することができる。それを可能にしているのがモーションコントローラである。

例えばロボットに円を描くような動作をさせる場合、複数のサーボモータを1パルス単位の非常に繊細な精度で同調制御する必要がある。一見簡単に動作しているように見えるものでも実際には非常に複雑な演算処理を実施しているのである。そういった演算処理が必要なロボット含め、複数のサーボモータの同調制御や位置決め制御などの複雑な演算処理をPLCの代わりに演算処理してくれるのがモーションコントローラである。

また、モーションコントローラは、通常サーボモータに付帯する機器であるが、他にもコンベアの制御、多軸ロボットの軸制御、位置決め制御、工場内に様々な制御設定が散在しているような装置など、

それらを緻密にコントロールするためにもモーションコントローラが必要となる。

モーションコントローラは、精密加工、ロボット、巻線機、半導体製造機などを製作する際、必ず必要となる。

## モーションコントローラができること

- 正確な多軸制御
- 位置決めコントローラではできない輪郭制御
- トルク制御
- 作業ヘッド（ハンドなど）と機構の同調、同期

などがあげられる。

## 実際どういった場面で使用する？

ロボットのモーションコントローラは基本的にロボットコントローラに内蔵されているため、PLCに取り付けるようなコントローラを別途購入する必要はない。

モーションコントローラは、自社で複数台のサーボモータを組み合わせた装置を製作する時などに必要となる（下図参照）。

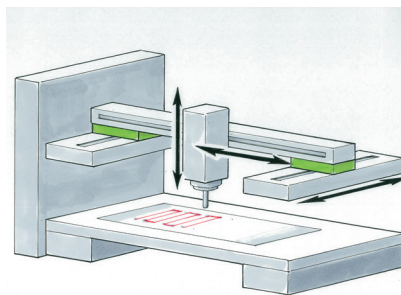
例えば、複数のサーボモータを連携させた搬送装置などである。こういった精密な搬送装置は複数のロボットを連携させたソリューションにおいては必須となるため、自動的に大規模なロボットソリューションを製作する時にはモーションコントローラを活用する必要がある。

## モーションコントローラの種類と特徴

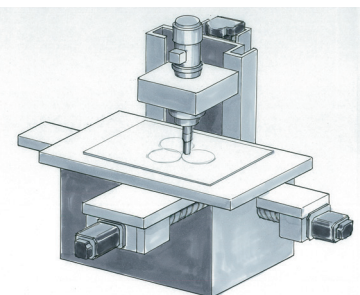
モーションコントローラは、基本的にサーボモータを販売しているメーカーが提供している場合がほとんどである。サーボモータはそれぞれのモータ毎に1パルスあたりの回転率などが異なるため、自社のサーボモータに対応したコントローラを提供しているのである。

### 複数のサーボモータを使用した装置例

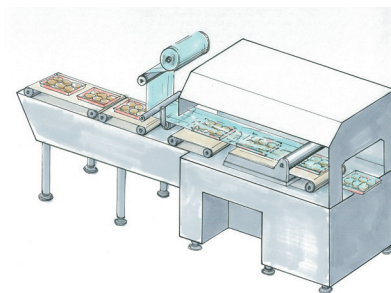
シーリング



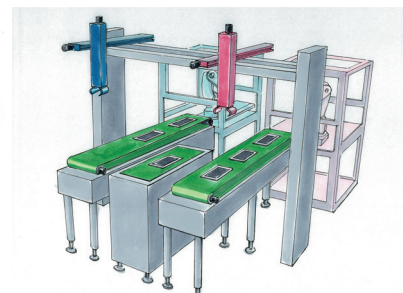
X-Yテーブル



ピロー包装機



搬送装置



三菱電気サイト ([www.mitsubishielectric.co.jp](http://www.mitsubishielectric.co.jp)) などを参考に作成

そうしたメーカーが提供するモーションコントローラの中にもいくつか種類が存在し、スペックによってできることが異なる場合が多い。

各製品のわかりやすい違いとしては、演算処理用CPUの性能などがあげられる。CPUが高性能なものになれば演算処理にかかる時間が短くなるため、モーション制御が高速で実施できるようになる。

また、処理できる量も増えるため、高性能なモーションコントローラは一つのコントローラで制御できるサーボモータの数が多い。一般的に2軸~32軸の範囲で制御できる軸数が異なる。

また、メーカー毎に制御ソフトを作成するためのソフトが異なるが、基本的にはラダーやSFC言語、ST言語などのFA系プログラミング言語で開発を行うことができる。

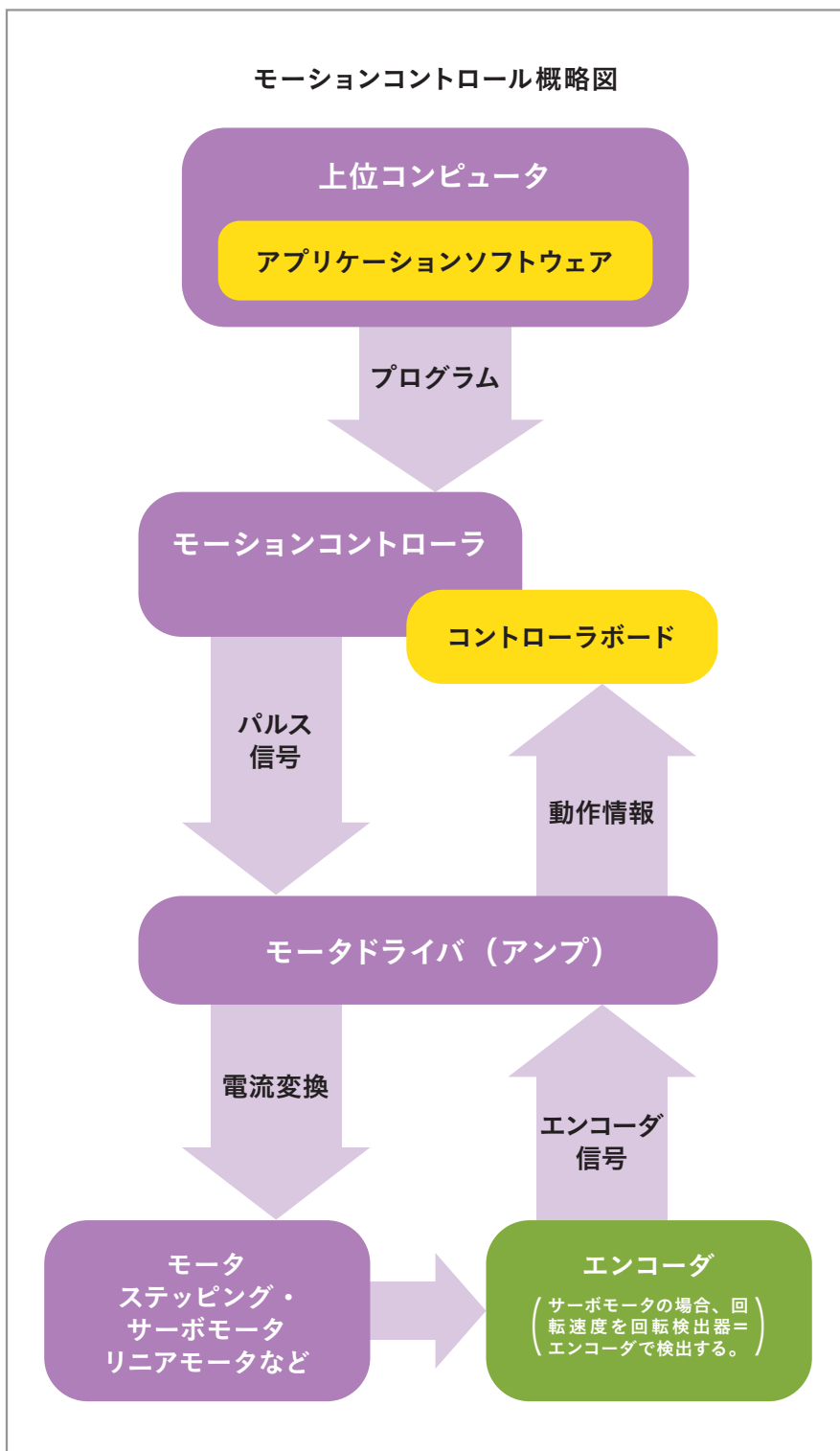
### モーションコントロール技術とは？

モーションコントロールの技術力は実際に数台のサーボモータの制御から始まり、複数台のサーボモータを制御する中で培われていくものである。

サーボ制御は電気だけでなく、機械的な事柄への理解も必要となるため、モーションコントロール技術の高いSlerは高い技術力を持ったSlerであるといえる。

特にサーボモータとロボットを連動させる場合、異なるコントローラ同士で動作を連携させる必要が出てくるため、高い技術力を有しているSlerでなければ実施は困難となる。

モーション制御技術は自動化技術の根幹に位置する技術の一つである。



#### ▶ ステッピングモータ

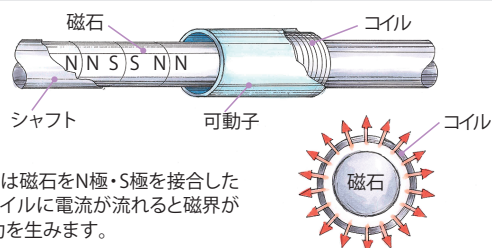
産業用ロボットで幅広く使用されている。垂直多関節ロボット、水平多関節ロボット、直交ロボット、溶接ロボットなど。



日本パルスモーター (<http://www.pulsemotor.com>) より

#### ▶ リニアモータ

動作原理は、永久磁石から発生する磁束とコイルに流れる電流との作用（フレミングの左手の法則）により推力が発生する。



シャフト輪は磁石をN極・S極を接合した構造で、コイルに電流が流れると磁界が発生し推力を生みます。

日本パルスモーター (<http://www.pulsemotor.com>) シャフトモータ特集より作成

## 2. タッチパネル画面作成

以前は産業機器と人間のやり取りにはスイッチやランプ、ブザーなどが活用されていた。現在では、モニタにより装置の状態を表示することができ、運転、停止などの命令をタッチ操作でPLCなどに直接送ることができるタッチパネルが多く利用されるようになってきている。タッチパネルを上手に活用することで現場のユーザビリティを大きく向上させることが可能である。

### FAにおけるタッチパネルとは

スマートフォンの利用が一般化した現代においてはタッチパネルは非常に馴染みのあるインターフェースデバイスである。

タッチパネルはFA業界においても非常に重宝されている。装置の状態を表示できるモニタ機能に加えて、運転、停止などの命令をタッチ操作でPLCなどに直接送ることができるからである。

タッチパネルが活用される前の産業機器は複数のスイッチやランプ、ブザーなどを活用して人間と機械がやり取りをおこなっていた。未だに単機能機器であればそういった機器構成で製作する場合もあるが、現代においてはほとんどの産業機器にタッチパネルが取り付けられている。それほどまでにタッチパネルは優秀なデバイスであり、タッチパネルの画面をうまく作成できる能力はシステムインテグ

レータにとって必須の能力となっている。

### ヒューマンマシンインターフェース

人間が機械を操作する場合、スイッチやボタン、ダイヤル、マイク、マウス、キーボードなどのデバイスを用いて操作する。逆に機械からの情報を受け取る場合、液晶モニタやメーター、スピーカー、ランプなどを介して情報を受けることになる。このような人と機械をつなぐ機器の事をヒューマンマシンインターフェース (HMI) と呼ぶ。FA用タッチパネルは様々なHMI機能を有するデバイスであるため、FA用タッチパネル自体をHMIと呼ぶこともある。

### タッチパネルのメリット

タッチパネルは一つの画面の中に複数のボタンを設置することができる。複数のスイッチを制御盤に取り付けるより

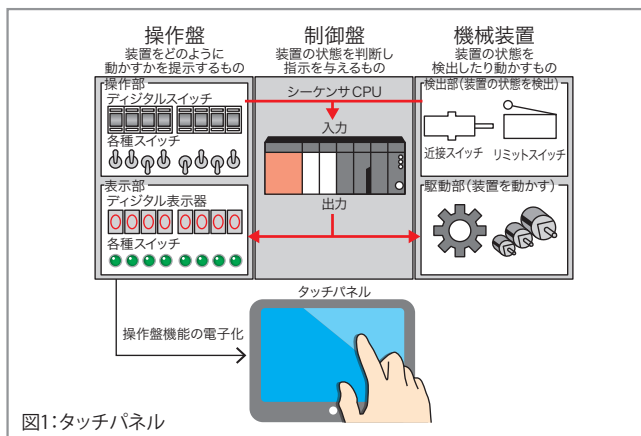
も省スペースかつ省配線で同様の機能を実現できることはタッチパネルの大きな利点である。中でも最大のメリットは、ボタン、表示機などの数量、位置の変更が容易に可能であるという点である。

従来であれば、インターフェースを追加するためには配線を変更する必要があったが、タッチパネルではそれらの変更をソフトウェアの変更のみで実施することができるのである。

また、操作説明などのタッチパネル上に組み込むこともできるため、画面作成能力が高ければ非常にユーザフレンドリーなインターフェースである。

### タッチパネルのデメリット

タッチパネルのデメリットとしては、粉塵環境などでは画面が見にくくなったり、スイッチに比べて信頼性と、押しやすさがやや劣るという点がある。





そのため、非常ボタンスイッチのような重要な機能はタッチパネル上のボタンで実装するのではなく、別途非常ボタンスイッチを設置するのが一般的である。

タッチパネルの不得意とする部分を他の部品で補うことがタッチパネルを活用する上では重要となる。

### タッチパネル選定概要

主要なメーカーのPLCとタッチパネルは違うメーカーの機器であっても接続できることが多いが、タッチパネルを選定する時には、接続先のPLCとタッチパネルが対応しているかどうかを確認する必要がある。また、PLCとタッチパネル間を接続するケーブルもEthernetやシリアル通信などいくつかの接続方法があるため、

それらも同時に検討しなければならない。画面という要素を持つタッチパネルは画面のサイズの選定も影響する。

### タッチパネル選定基準の詳細

タッチパネルの製品スペックはいくつかの要素がある。スペック項目の中でも重要な箇所を抜粋し、下記の表に簡易的にまとめる。

要素項目	要素概要	仕様例	仕様解説
画面サイズ	タッチパネルの画面サイズの事。ディスプレイと同じようにインチサイズで表現される。大規模な装置で複数の表示機器が必要であれば大きな物を選定することになる。	15型	15インチサイズのタッチパネルであることを指す。15型はタッチパネルの中では大型。7インチワイドサイズのものが最も多く使用されている。
解像度	画面上のドット数のこと。解像度が高いほど画面の粒度が高くなり、見やすい画面となる。	WXGA 1280×800	総画素数1,024,000ピクセルの画面。 タブレット端末などと同程度
カラー	タッチパネルはフルカラーのものもあれば、モノクロタイプのものも存在する。モノクロタイプのは廉価なタッチパネルである。	65536色	フルカラーであることを指す。モノクロタイプは明るさは調整できるため、32階調のような表現のこともある。
インターフェース	RS-232、RS422/485、Ethernet、USBなどの接続インターフェース対応しているかどうかを示した項目。	RS-232 ○ Ethernet ×	その他にはSDメモリーカードに対応しているかどうかなどの項目がある。
メモリ	格納用メモリ(ROM)と、動作メモリ(RAM)の二種類があり、ROMはログなどの記録、RAMは動作時の一時保存を行う。	RAM 64MB/ROM 64MB	動作メモリ、保存メモリ共に64MBということ。どのぐらいのデータが保存できるかはデータによる。

#### ▶ タッチパネル

工場内では設備の動作状況確認や動作指示をするため、古くからスイッチやランプ等の操作盤が用いられていた。設備が高機能化するにつれ操作盤は大型化し、ラインの稼働状況のモニタリングや現場作業員への指示の制御用途としてタッチパネルが使われるようになった。当初の産業用タッチパネルは操作盤の置き換えといった使用目的から導入されるケースが多かったが、グラフィック性能や機能が進化するにつれ、画像センサを接続しワークの検査状況をモニタリングしたり、バーコードリーダーを接続し入力端末として使用したり、複数のPLCを繋げてライン全体をグラフィカルに表示するなどパソコンを代替することも可能になった。近年、IoTを導入する製造現場が増加しており、データベースやブラウザと連携できる製品や、動画再生機能、セキュリティ機能、プログラム言語も搭載し、製造現場のスマート化を実現していくにあたり、より一層採用用途の広いツールとなっている。産業用タッチパネルは設備の監視・制御のみならず、設備の情報を自動的に上位と連携するIoT機器としてシステムインテグレータは今後様々な用途でタッチパネルを提案していただきたい。

## 3.FAにおけるネットワーク

機器と機器を接続する場合にはネットワークの知識が必要となる。工場内での通信に対応するために製作されたシステム制御用のネットワークを一般的にフィールドネットワークと呼ぶが、下位のセンサレベルと上位の工場管理レベルでは必要とされる通信特性が異なるため、接続するデバイスの特性毎にネットワークレベルという概念が存在している。それぞれのレベルを意識した理解が必要である。

### システム制御系 (FA) ネットワーク

インダストリー4.0や、コネクテッドインダストリーズといった次世代の生産コンセプトが叫ばれる近年、FAにおけるネットワーク技術はより重要となってきている。

FA分野におけるネットワークは、通常のオフィスなどで使用するものとはその目的や特性が異なる。オフィスではネットワークに接続するデバイスはPCやタブレットなどがほとんどであり、ウェブへのアクセスを主体としている。

それに対して、工場内にはPLC、センサ、モータ、スイッチなど大小様々なハードウェアが存在しており、異なるハードウェア間での通信が想定される。

こうした工場内での通信に対応するために製作されたシステム制御用のネットワークは一般的にフィールドネットワークと呼ばれている。

### フィールドネットワークとは

工場内のネットワークでは、上位サーバーから、末端のセンサまでシームレスで接続できる事が求められる。

下位のセンサレベルでは、オンかオフの瞬間的なビット情報しか扱わないが、高速でリアルタイムの通信を求められる。

逆にコントローラレベルではPLCやPC間で必要な情報を相互にやり取りするための速度や信頼性が優先される。

こういった特性の違いに対応したネットワークがフィールドネットワークである。

特にセンサなど瞬間的な反応を求められる通信では、通常データ通信ではラグが発生してしまう。加えて、オフィスとは違い、工場内では異なるハードウェアが多数存在する。PLC、カメラ、モータドライバ、センサなどの異種デバイスを同様のネットワーク上で制御できれば保守、運用面で非常に便利になる。

それらの工場特有の通信ニーズを実現するためにフィールドネットワークが必要となるのである。

### ネットワークレベル

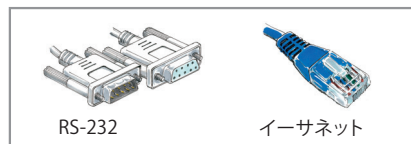
フィールドネットワークには、接続するデバイスの特性毎にネットワークレベルという概念が存在する。レベル毎に対応したフィールドネットワークが存在し、FAネットワークを利用する際には各レベルに合わせたネットワークの選定が必要となる。

### シリアル通信とEthernet通信

現在フィールドネットワークには、大きく分けてシリアル通信で通信を行うフィールドバスネットワークと、イーサネット通信をベースにしたリアルタイムイーサネット (RTE) の二種類がある。

シリアル通信はRS-232などのケーブルを介して機器間で通信を行う通信方式で、リアルタイム通信に優位性を持っているため多くの接続で使用されている。

RTEはイーサネットに準拠したケーブルを使用した通信方式でシリアル通信と同等の通信速度を実現しながら、上位との通信も可能とした次世代の通信方式である。現状、フィールドバスの方が多くのシェアを持っているが、今後インダストリー4.0などの次世代生産方式の拡大に合わせて、イーサネットのシェアが拡大していくことが予想されている。



### 情報系ネットワークレベル

情報レベルとは、EPR (生産管理システム) やMES (生産実行システム)、SCADA (監視システム) などの上位のアプリケーション通信レベルのことを指す。PCやDBとの接続、コントローラとの通信などを行うためLANなどのイーサネットベースでの接続を行う。場合によっては通信プロトコルを製作する必要があるため、プログラミング言語に関する知識を有している必要がある。

### コントロールレベルネットワーク

情報ネットワークとフィールドネットワークの中間に位置する制御ネットワーク。制御装置、下位デバイス間及び上位情報レベルとの情報交換を行い、生産情報をリアルタイムで把握し、コントロールすることができる。具体的にはPC⇄PLC、PLC⇄PLC、PLC⇄T/Pなどの接続に利用することが可能。上位との接続がない場合でも工場用PCと連携して装置を制御することができる。

### フィールドレベルネットワーク

コントローラとインテリジェントな各種機器を接続する用途で主に利用されるネットワーク (例: ロボットコントローラとPLCの接続、サーボアンプとPLCの接続など)。

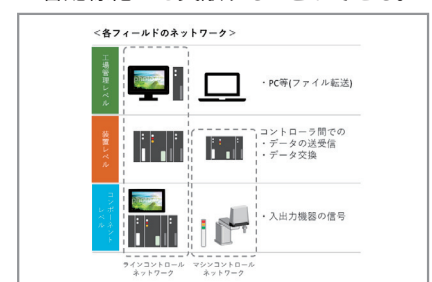
Ethernetベースネットワークは基本的にコントロールレベルで利用されるものが多いが中にはフィールドレベルにも対応可能なものも存在する。

PLCと各種フィールド機器の接続は対応するデバイスを使用する必要があるため、その点には注意が必要である。

### センサレベルネットワーク

センサやアクチュエータなどのコンポーネントとの通信に特化したネットワークがセンサレベルネットワークである。

非常に応答性が高く、設備の制御に悪影響を及ぼす事が無いようになっている。デジタル (オン/オフ) だけでなく、アナログ (温度、電流など) データもシリアル通信を介して送信できるため設備周りの省配線化にも貢献することができる。



## オープンフィールドネットワーク

フィールドネットワークは当初、各機器メーカーが自社独自のものを使用していた。しかし、近年はその技術仕様などが公開され、どのメーカー、ユーザでも自由に使用できるオープンフィールドネットワークが主流となっている。近年のデバイスは様々なオープンフィールドネットワークに対応しており、同様の仕様のネットワーク上であれば異なるメーカーの機器であったとしても通信を行うことができるというメリットがある。

異なるメーカーのPLCとセンサ、モータ類が単一のオープンフィールドネットワーク上で通信できることはシステムインテグレータやエンドユーザにとって大きなメリットとなる上に、メーカーも個別に専用の通信プロトコルを開発する必要がなくなるため、メーカー、ユーザ双方にメリットがある。こうした理由から現在のFAネットワークはオープンフィールドネットワークが主流となっている。それぞれのオープンフィールドネットワークは対応する通信形態（トポロジー）や、通信速度、それらの通信を利用する場所（レベル）が異なる。

それぞれの特徴を理解し、適切に利用することができれば次世代のFAシステム構築に大いに役立てることができる。

### 主要なオープンフィールドネットワーク

オープンフィールドネットワークは様々な企業、団体によって運営されている。それらのフィールドネットワークの中から代表的なものを運営団体別に記載し、合わせてその特徴を簡単に記載する。（下表参照）

名称	管理団体	対応レベル	特徴	ケーブル	最大通信速度 (bps)
CAN (Controller Area Network)	CAN in Automation	センサ	自動車製造業を中心に利用 信頼性が非常に高い	5線ケーブル	50k~1M
DeviceNet	ODVA (略称)	フィールド	配線の自由度が高いCANベース、 信頼性が高い	5線ケーブル	500k
CompoNet	ODVA (略称)	センサ	センサやアクチュエータとのデータ リンクに特化	4線ケーブル	4M
EtherNet/IP	ODVA (略称)	コントロール	ネットワークと連携し様々な機器と 接続可能	Ethernetベース	10M/100M
Modbus	Modbus Organization	コントロール フィールド	通信速度が遅いが歴史があり、実績 が多い。Ethernet版も存在	RS-232C RS-485	19.2k
AS-i	AS-International	センサ	アナログデータのシリアル通信 上位と接続するゲートウェイ有	並行2線専用ケーブル	2.5M
CC-Link CC-Link LT	CC-Link協会	フィールド センサ (LT)	PLCとの連携が容易、高速。 国産規格	独自規格	10M
CC-Link/IE	CC-Link協会	コントロール フィールド	PLCとの連携が容易、超高速通信。 Ethernet対応	Ethernetベース	1G
PROFIBUS	プロフィバス協会	フィールド	高速シリアル通信 欧州で大きなシェア	4線ケーブル光ファイバ	12M
PROFINET	プロフィバス協会	コントロール	高速。PROFIBUS連携可 (ただし、別のプロトコル)	Ethernetベース	10M/100M
EtherCAT	EtherCAT® technology Group	コントロール フィールド	複数のトポロジーに対応。CANベ ース、信頼性が高い30μm伝送の超 高速通信	Ethernetベース	1G
FL-net	日本電機工業会 JEMA	コントロール	国内自動車ユーザ提案規格 国内での使用が多い	Ethernetベース	100M
Mechatrolink-III	Mechatrolink協会	コントロール フィールド	モーション制御に特化 ロボットと容易に連携。国産規格	Ethernetベース	100M

### ① 資格情報について

ネットワークエンジニアには以下資格がある。

**ネットワークスペシャリスト**…平成28年度の合格率が15.4%と難易度の高い国家資格。ネットワークスペシャリストの資格を持つことで、業界内から高く評価を受ける。転職・キャリア・スキルとすべてのアップが見込める。エンジニアとして応用的な知識やスキルを有することを証明し、ネットワークスペシャリストの資格を持つことで、最適な情報システムの開発や運用、保守、要件定義などで中心的な役割や技術支援を行える技能があることを示すことができる。

**情報セキュリティスペシャリスト**…ネットワークエンジニア業界で評価の高い資格。国家資格であり平成28年度で合格率14.9%と難易度は高い。情報セキュリティスペシャリストの資格を取得することで、サイバーセキュリティ対策の分析や調査、評価を行ったり、安全な情報システムの開発、設計、企画、運用などの支援や助言が行えるようになる。

**シスコ技術者認定**…シスコ技術者認定は、世界最大手のネットワーク機器メーカーであるCisco Systems社が認定する業界内での認知度も高い資格。R&S、Security、SP、Wireless、Data Center、Collaborationの6つの認定分野と、エントリー、アソシエイト、プロフェッショナル、エキスパートのレベルに分かれており、エントリーレベルのCCENTや、基礎レベルであるアソシエイトのCCNA、上位資格となるプロフェッショナルのCCNP、最上位資格のエキスパートのCCIEがある。1番取得が望ましい最上位のエキスパートのCCIEは、シスコ技術者認定の最上位資格者として、国際的に一流のネットワークエンジニアとして、多くの企業から評価を得られる可能性がある。

**基本情報技術者**…基本情報技術者の資格は、ネットワークエンジニアだけでなく、ITエンジニアの基礎的な知識を身に付けていることを証明する資格で、国家資格。情報技術に関する基礎的な知識、技能は身に付けていることを証明する。

**LPIC**…Linux技術者認定機関が実施する世界共通のLinux技術者認定のIT資格。LPICの資格を取得することで、国内に多くあるLinux OSを利用している企業から高い評価を得られる可能性があり、転職やキャリアアップに有効。



# 4.PLCプログラミング

工場内のモータ、センサ、コンベア、ロボットなどの大小様々な機械装置は、PLCというコントローラで一括して制御されていることが多い。PLCは制御機器の制御デバイスとして非常に優れた特性を持っているためである。システムインテグレータにとってPLCのプログラミング能力は最重要項目であるといっても過言ではない。

## PLCとは

PLCとは工場環境に対応した特殊なコンピュータである。プログラマブルロジックコントローラの略称であり、従来のリレー回路を用いた電気制御をデジタル的に代替するために開発された制御デバイスで、シーケンサと呼ばれることもある。

PLC一台で複数のモータ、センサ、コンベア、ロボットなどの大小様々なデバイスを同時に制御することが可能である。(ただし、高負荷のデバイスの場合は中間にリレーなどが必要となる場合がある)

工場内で使用されている装置の多くがPLCを用いて制御されており、システムインテグレータにとってPLCのプログラミング能力は最重要項目であるといっても過言ではない。

## なぜ産業機器はPLCを使用するのか？

電気機器の制御を実施することが可能な他のデバイスとして組み込みボード(マイコンボード)がある。しかしながら、工場向け産業機器はその多くがPLCによって制御されている。

なぜなら、PLCが制御機器の制御デバイスとして非常に優れた特性を持っているからである。産業機器の制御において重要視されることは、耐環境性、堅牢性、保守容易性、処理速度、信頼性、応答確実性、プログラミングの容易さなどが挙げられる。PLCはそれらの産業用機器に必要な機能に特化した制御デバイスである。特に堅牢性、信頼性、保守性が非常に高いのが特徴である。

組み込みボードはPLCに比べて部品としてのコストは安価で、信頼性も高く、省スペースでの搭載が可能だが、保守性という点でPLCに劣る部分がある。

組み込みボードは基本的にユーザによるプログラムや回路の変更などができない様になっているがPLCはユーザ側でも制御プログラムの変更、回路の組み換えなどが容易に実施できる。

PLCはそれ一台で複雑な制御と柔軟な対応力を持っているため、一品一様の産業機器の制御デバイスとして非常に優れているのである。

※逆に量産性のある産業機器には組み込みボードが使用されることが多い。

## PLCの種類

PLCは大きく分けて、ブロックタイプとパッケージタイプ の二種類が存在する。ブロックタイプPLCは必要な機能に応じてユニットを追加するタイプのPLCで、パッケージタイプは基本的な機能を統合したタイプのPLCである。基本的にパッケージタイプの方が安価なことが多いが、拡張性と性能ではブロックタイプの方が優れている。

PLCは国内外で30社前後のメーカーが存在する。ハードウェアスペックのメーカーによる違いはそれほどないが(価格による差はある)、それぞれのメーカーによってプログラミング用のソフトウェアや、外部デバイスの対応、相性などが異なる。

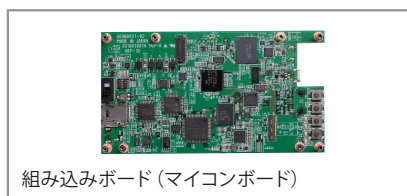
PLCの選定を実施する際は、PLCだけで考えるのではなく、PLCに接続する機器との相性なども考慮する必要がある。



パッケージタイプPLC



ブロックタイプPLC



組み込みボード(マイコンボード)

## ラダー言語(ラダーダイアグラム)

日本におけるPLCソフトウェア開発において最も使用されているプログラミング言語はラダー言語と呼ばれるものである。

ラダー言語は、シーケンス図法という電気回路を図示する手法をもとに開発された言語である。そのため、電気回路に関する知識を有する技術者にとってラダー回路は直感的に理解しやすいものとなっている。PLCを利用する電気系技術者は元々C言語などの英文を利用した開発環境に慣れていなかったため、ラダー言語がPLC開発環境におけるスタンダードになったといわれている。国内の主要なPLCはそのほとんどがラダー言語での開発が可能なので、ラダー言語さえ理解していれば、ある程度どのメーカーのPLCでも利用することができる。だが、システムインテグレータによって得意なPLCというものが必ず存在する。ラダー言語の基本的な部分はどのメーカーも共通だが実行コマンド名や接続方法が異なるためである。

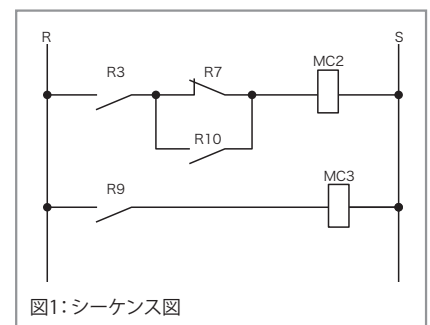


図1: シーケンス図

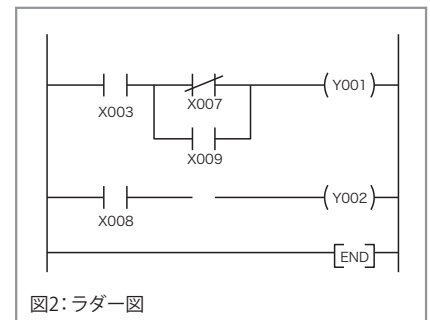


図2: ラダー図

## PLC選定概要

PLCの選定方法はPLCから選ぶか、周辺機器から選ぶかで大きく異なる。

前記したように、産業機器は保守性が非常に重要であるため、工場によっては使用するPLCを一つのメーカーで統一している場合もある。こういった場合はそのメーカーのPLCの中から適切なスペックのPLCを決定することになる。

逆に、使用するロボットやカメラ、ネットワークに合わせてPLCを選定する場合もある。先に使用したい外部デバイスが決定

しているのであればそれに合わせてPLCを決定するというわけである。

納入先のメーカー指定もなく、使用するデバイスも決まっていない場合は、装置を製作するシステムインテグレータが自社の得意とするメーカーPLCを利用したり、中間の技術商社が取り扱っているPLCを利用するということになる。

## PLC選定基準の詳細

PLCの製品スペックはいくつかの要素がある。適切スペックのPLCを選定する

際にそれらの要素を考慮する必要がある。PLCスペック項目の中でも重要な箇所を抜粋し、下記の表に簡易的にまとめる。

要素項目	要素概要	仕様例	仕様解説
入出力点数	PLCに備わっているI/O点数のこと。センサなどを接続できる数に影響するため、非常に重要。ユニットなどで拡張することができる。	入力(X) 16点 出力(Y) 16点	直接的な電気信号を入力する端子が16点、出力する端子が16点搭載されていることを指す。拡張できる点数にも上限がある。
電源	PLCを動作させるために必要となる電源のこと。入出力電源とは異なる場合があるため注意が必要。	AC100V電源 DC24V入力	CPU用の電源は交流100Vだが、I/O入力は直流24Vで入力が必要であるということを示す。
端子台タイプ	I/O端子台のタイプを指す。ネジ式端子台、コネクタ式端子台、バネ式端子台などのタイプが存在する。	ネジ式端子台タイプ コネクタタイプ	日本ではネジ式端子台が主流だが、欧州などではバネ式が主流。ブロックタイプPLCはコネクタであることが多い。
入出力方式	出力はトランジスタ出力かリレー出力か、入出力はNPN方式(シンクロジック)かPNP方式(ソースロジック)かを示す項目。	入力: DC 24Vシンク/ソース 出力: シンク/トランジスタ	入力は直流24VであればNPN、PNPどちらも入力でき、出力はNPNトランジスタ出力方式であることを指す。
プログラム言語	対応している開発言語。ラダー以外にはST言語、FBD言語、SFC言語、IL言語などがある。	ラダーダイアグラム、 ストラクチャーテキスト	ラダー言語、ST言語を使って開発できることを指す。メーカーによって表現が異なる場合がある。
プログラム容量	一つのPLC内で作製できる処理ステップの数を示した項目。	64kステップ	最大64,000工程の処理を行えることを指す。実際は簡易な装置であれば数百ステップほどで制御可能。
デバイス点数	PLCのメモリ上で設定できる内部デバイスの点数を示した項目。内部リレーや、タイマ、カウンタなど様々な内部デバイスが存在する。	内部リレー R 8,000点 タイマ T 200点 カウンタ C 200点	それぞれの内部デバイスの利用可能数を示している。内部のタイマが200点まで利用できるという意味。
搭載ポート	PLCに搭載されている接続ポートなどを示した項目。EthernetやRS-232Cなどの接続ポート。ユニットなどで拡張することができる。	内蔵Ethernetポート 1点	PLCに予めEthernetをつなぐ為のポートが一つ用意されていることを指す。アナログ入出力などを搭載していることもある。
停電保持	時計データなどの永続的に保持しておきたいデータを停電状態で保持できる時間。	保持方法: コンデンサ 保持時間: 10日 (25℃)	周辺温度25℃の条件であれば、通電がない状態でも10日間のデータ保持が可能であることを指す。

# 5. ミドルウェア・情報連携(IoT)

近年、機器と機器の通信や、機器とインターネットとの接続の重要性が増している。しかしながら、生産ラインにはロボットやコントローラ(PLC、画像処理など)や汎用センサなど、様々なベンダによるデバイスが混在しており多様な通信仕様が存在する。また、上位系のアプリケーションにもさまざまな規格が登場し、都度対応すると膨大な開発工数が必要となる。これらの問題を解決するために有用と考えられるのがミドルウェアの活用である。

## 情報連携(IoT)とは

IoTとは、Internet of Things (モノのインターネット)の略称であり、インターネットにハード機器を接続することを意味する。非常に広い意味で使われている言葉であるが、FA現場におけるIoTとは、生産設備をネットワークに接続し、それらの情報を利活用することを指す。

IoTをビッグデータや機械学習などと組み合わせた次世代生産方式であるインダストリー4.0やコネクテッドインダストリーズとして語られることもある。

## IoTにおけるミドルウェアの必要性

今日の工場は、生産設備の稼働率や品質の向上を図り、多種・多世代・量変動などに対応できる設備作りが必要とされている。しかし、生産ラインではロボットやコントローラ(PLC、画像処理など)や汎用センサなど、様々なベンダによるデバイスが混在している。また上位系のアプリケーションを開発する場合、情報を取得すべきデバイスに対してのインタフェースの開発も必要となる。機器ごとにインタフェースを開発した場合、開発費用(おおよそ高額になる)への費用対効果のバランスが崩れてしまう。

そういった場合に活用されるのがミドルウェアである。ミドルウェアを実装することにより、各機器間の通信を統一化し、統一化されたデータ表現の提供が可能となるためPLCと上位系アプリケーション(工程管理システムなど)との接続・連携なども可能となり、より最適化されたファクトリーオートメーション、または多種多様な情報連携(IoT)が可能となる。

## ミドルウェアとは

ミドルウェアとはOSとアプリケーション間の中間処理を行うソフトのことである。

FA分野で言えば、PLCのデータをPCで活用する際にPLCデータをPCで利用できる形式にしてくれるミドルウェアなどが存在する。

## 基盤をWAN環境へ

IoTやミドルウェアの実装により、統合基盤が実現する。メーカーにとらわれず、柔軟でかつ効率的な生産設備の設計が可能となる。

整備されている統合基盤ネットワークは、あらゆるところでその効果効率を上げる。

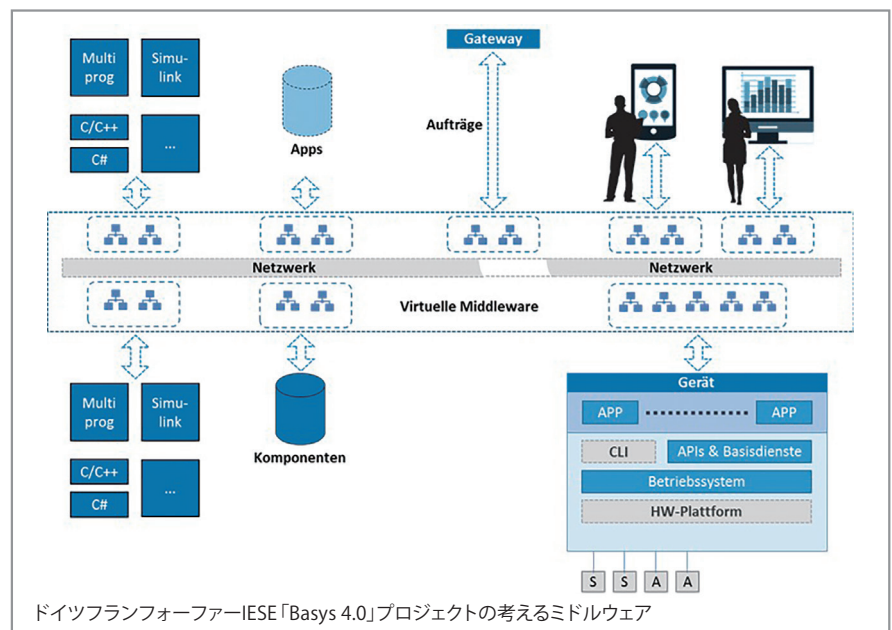
イーサネットプロトコル(TCP/IP)で統合することにより、WAN環境に繋ぎ込むことができる。もちろん安全な通信を確保しなければならない検討事項もでてくるが、利点も多い。

まず、統合基盤システムへ時間や場

所を問わず工場内のリアルタイム情報へアクセスすることが可能となるため、遠隔操作による保全管理体制を整えることができる。

設備の稼働状況をタブレットなどの管理画面からリアルタイムで確認でき、また遠隔工場間でのデータ連携することができるため、ワイヤレス接続されたウェアラブルカメラなどを活用することで、工場内での点検作業や物流倉庫内でのピッキング作業の効果測定や、効率化も図れるようになる。

加工機の遠隔診断を可能にし、故障の予知・予測なども可能となり、稼働停止時間の低減も可能となる。



## ◎ ミドルウェア

FA業界における従来のミドルウェアといえば、OPCサーバといったPLCと接続する通信ミドルウェアやDBMS(Oracle、MySQL)などのOSのラッパーとして動作するものを指していた。

工場のIoT化が進むにあたり、PLCのみならずロボット、CNC、画像機器などの様々な機器を、パソコンのみならずクラウドにも接続する必要性がでてきており、システムインテグレータは開発工数を削減するためのミドルウェアを選択する重要性が増している。

近年ROSに代表されるロボット用ミドルウェア、ロボット用オープンプラットフォームORiN、セキュリティを搭載し組み込み機器でも使用可能なOPC UA、クラウドに接続可能とするゲートウェイ機器などがそれぞれにあたる。

従来はWindows環境下での接続性、拡張性を重視していたが、今後はOSプラットフォーム、相互接続性、セキュリティといったキーワードも選択肢として追加されるため、システムインテグレータは慎重に検討していただきたい。



## ミドルウェアの種類と特徴

代表的なミドルウェアを以下3つ挙げる。

### ①ORiN(オンライン)

ORiNとは、工場内の各種装置に対して、メーカー・機種の違いを超え、統一的なアクセス手段と表現方法を提供する通信インターフェースである。また、ORiN協議会により制定された工場情報システムのための標準ミドルウェア仕様であり、そのアーキテクチャはロボットのみならず、その他のFA機器、データベース、ローカルファイルなど、幅広いリソースを扱うことができ、FA全体に効果がある。

汎用言語(C#, C++など)に対応しており、パソコンから各種FA機器のコントローラを制御したり、情報収集したりすることが可能となり、ソフトウェア開発の工数削減やソフトウェアの再利用性、さらに保守性の向上が期待できる。

### ②OpenRTM-aist

OpenRTM-aistは、ロボットシステムを機械要素ごとにプログラミング作成し

(機械要素: RobotTechnologyコンポーネントと呼ぶ、RTミドルウェアにおけるソフトウェアモジュールの基本単位。以下RTC)、RTCを組み合わせてシステム構築できるソフトウェアプラットフォームである(ソフトウェアプラットフォームとは: ソフトウェアが動作する基盤)。

RTCはC++、Python、Java言語で開発でき、主要OS(Linux/Unix、Windows、Mac OS X)をサポートしている。OpenRTM-aist自体、OS非依存性、言語非依存性を重視し、CORBAのミドルウェアを用いて実装される(CORBA: 異なる製品間で用いる共通プロトコルIIOPなどで通信を行う、特定OSやプログラミング言語に依存しないミドルウェア)。

なお、オープンソース形式でライセンス配布も可能。そのため、バグや脆弱性も発見されやすく、いち早く修正対応することができる。メンテナンスがしやすく、技術者の工数を削減できる。

異なるOSや異なる言語で記述されたRTC同士も連携でき、インターフェースが共通化されているため、モジュールの再利用も容易に可能である。

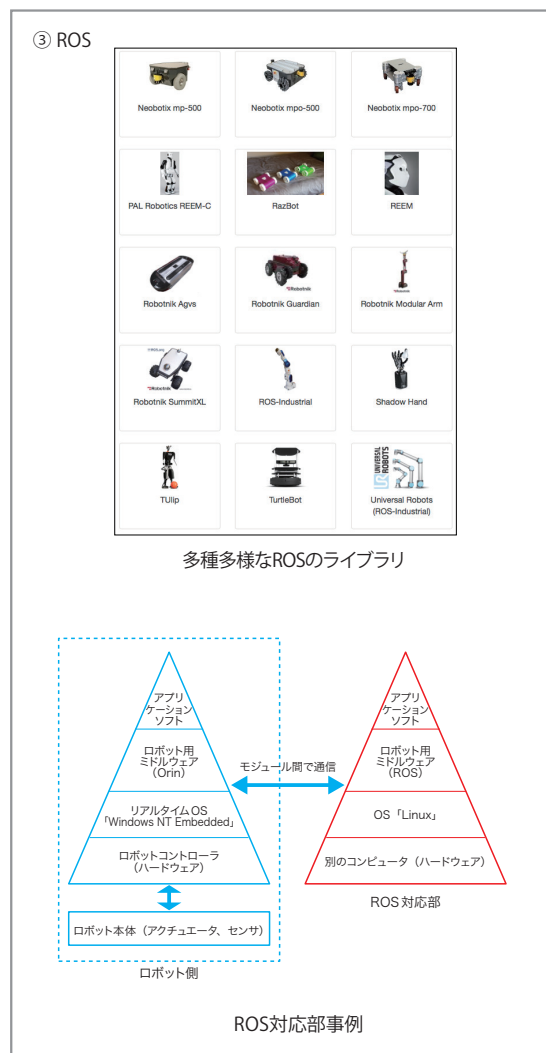
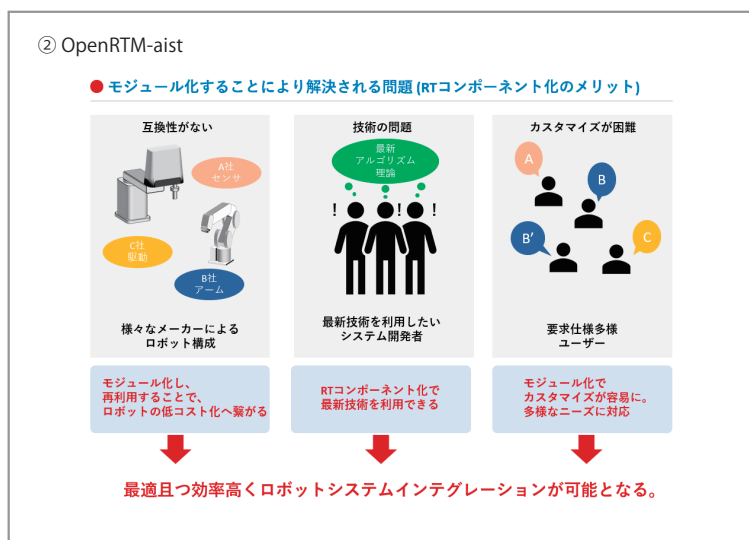
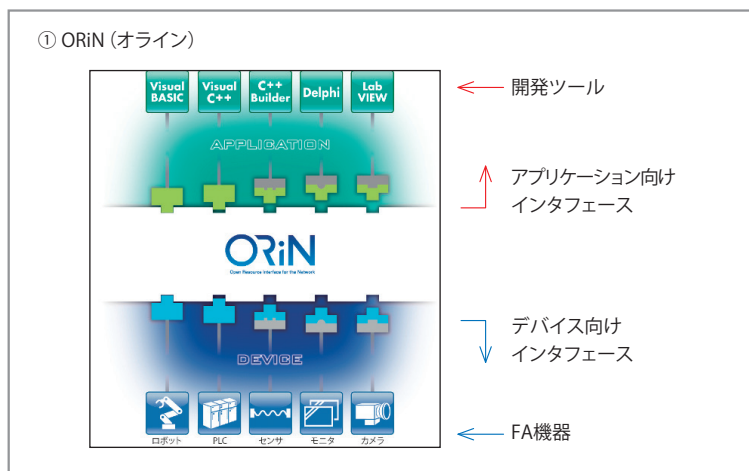
ロボット開発会社での汎用開発環境

や、アカデミックユースとして世界のデファクトスタンダードとなっている。

### ③ROS

ROSは、RobotOperatingSystemの略である。OSというより、ロボット開発用ミドルウェアに近い。オープンソース形式であり、ロボット・アプリケーション作成を支援するライブラリツールとして提供されている。ロボット掃除機「ルンバ」や、ソニーのエンターテインメントロボット「AiBO」などもROSである。

ROSの特徴として、移動・操作・認識などの膨大なライブラリ群の利用機能や、開発者会議・各地での講演会などのコミュニティも充実している。汎用開発環境、アカデミックユースとして世界のデファクトスタンダードとなっている。



# 1. 電気配線

電気は目に見えないが、非常に危険を伴う。これは機器の取付や配線を行っている際は当然だが、施工後にテストを行っている際や完成し運用を始めてからも危険を伴う。漏電による火災や感電事故、保守の際の感電事故、また配線間違いによる誤動作などが考えられる。これらを防ぐために正しい知識と施工する技能が求められる。

## 資格の種類

電気工事の施工を行うための技術や技能を判断するために国家資格や国家試験がある。これは電気が非常に危険であるため、正しくそれらの知識を習得し、評価するために行われている。

### 1. 電気工事士1級、2級

2級では600V以下の一般住宅や店舗の電気工事、1級では2級の範囲と最大500kw未満の工場やビルの工事を行うことができる。この試験は「一般財団法人 電気技術者試験センター」が実施している国家試験である。

### 2. 電気主任技術士(第1種、2種、3種)

工場などの事業用電気設備の工事、維持管理、点検などの監督をするために電気主任技術者を選任しなくてはならないと法律で義務付けられている。この試験は「一般財団法人 電気技術者試験センター」が実施している国家試験である。

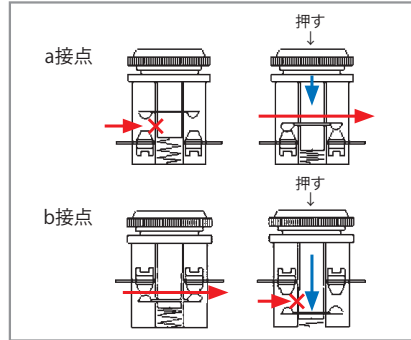
### 3. 技能検定「電気機器組立て、配電盤・制御盤組立て作業」

商用電源を使用し三相誘導電動機を制御する制御盤を組立てる。AC200Vを中心とした配線や制御の技術、技能の程度を測る国家検定である。合格者には1級、2級、3級技能士の称号が与えられる。

### 4. 技能検定「電気機器組立て、シーケンス制御作業」

PLCを用いた配線、プログラミングを使用したシーケンス制御の技術、技能の程度を測る国家検定。合格者には1級、2級、3級技能士の称号が与えられる。

押しボタンスイッチやリレーなどの接点には「a接点」と「b接点」があります。



工場等で使用される機械設備には、作業者の安全を確保するために機械設備を緊急に停止させるための「非常停止スイッチ」が取り付けられている。

この非常停止スイッチの接点は通常b接点で使用される。

a接点の場合、非常停止スイッチに配線されている電線が何らかの事故や故障により切断されると、押されても電気が流れず機能しなくなる。

b接点の場合、回路には常に電気が流れておりコントローラはオンと認識し、この状態を通常とする。非常停止スイッチを押すと電気の流れが切断され、信号はオフとなり、スイッチが押されたことを認識する。

事故や故障の時も切断され、電気が流れずオフになる。コントローラはこの際もスイッチが押された状態と判断し、動作を緊急停止する。



非常停止スイッチ

## 電線の種類と端子

配線をする場合、使用する電線を選択する必要がある。電線の選択方法は会社により仕様で規定されている場合もあるが、作業する人が図面から電線を判断する場合も多くある。

電線は流れる電流の容量、直流・交流の違い、屈曲性、周囲温度などで決まる。これを間違えると電線が発熱し、最悪の場合被覆が溶けてしまい、火災となる可能性がある。

下記の表は用途と使用する電線の種類の1例である。

### 電線種類

IV : 600Vクラスの電気工作物用配線材として最もポピュラーなもの。

HIV : 600Vクラスの電気工作物用配線材。

IVよりも耐熱性に優れている。

VSF : 300Vクラスの電気工作物用配線材。

KV : 100Vクラスの電気工作物用配線材。

### 電線の断面積と電流値

電線のサイズの呼び方は単線とより線で異なる。単線は直径で呼び、単位はミリ、より線は導通部の公称断面積 (mm<sup>2</sup>) で呼び、単位はmm<sup>2</sup> (「スケ」と呼ぶ) である。太さが大きくなるにつれて、許容電流値の値が大きくなっていく。下記はIV線の場合の参考値である。メーカーや被覆の種類によって異なる。

公称断面積 (mm <sup>2</sup> )	許容電流 (A)
1.25	19
2	27
3.5	37
5.5	49

## A接点、b接点と非常停止スイッチ

名称	a接点	b接点
他の呼び方	・メーク接点 ・NO (ノーマリ・オープン) ・常時開	・ブレイク接点 ・NC (ノーマリ・クローズ) ・常時閉
動作	通常は離れており、動作するとつながる	通常はつながっており、動作すると離れる

用途と使用する電線の種類

電線種類	動力回路	電源回路	交流制御回路		直流制御回路		接地線
			共通線	信号線	共通線	信号線	
電線種類	IV HIV	IV HIV	VSF KV		VSF KV		IV
電線色	黒	黄	黄		青		緑
断面積	2s以上	1.25s以上	0.75s以上	0.5s以上	0.75s以上	0.5s以上	2s以上
電線キャップ	有	有	無		無		有(緑色)
圧着端子	丸型	丸型	丸型		Y型		丸型
マークチューブ	白色マークチューブに線番を印字						

## 端子

電線を端子などに接続する際に、電線の先端に「圧着端子」と呼ばれるものを取り付ける。これは電線がより線の場合、すべての銅線が端子台に接触できない可能性があるため、端子に圧着しそれを端子台でねじ締めをすることで確実に接触するようにしている。圧着端子にも用途により形状が様々あり、会社や工場の仕様、安全性、作業性に合わせて選択する必要がある。

圧着端子には、丸型とY型と棒型などがあり、電線の太さによって使用できるものが変わる。



圧着端子のサイズは対応する電線のサイズと端子台のねじのサイズで決まる。また、用途は丸型は動力系などの電圧の高い経路で使用し、Y型は制御系の電圧の低い経路で使用する事が多い。高圧で丸端子を使うのは、ねじを緩めた際に電線の重みで抜け落ちないからである。

### マークチューブ

圧着端子にその電線が何かが分かるように「マークチューブ」を付ける。マークチューブには配線図に記載されている電線の番号を印字する。



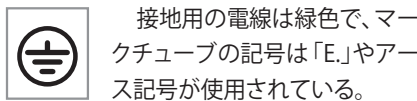
## 接地(アース)

機械設備には金属が沢山使われている。その中に電線を通し電気を流すと、磁界が発生しその磁界により金属に微弱な電気が発生し静電気となる。また、漏電が発生した際も金属に電流が流れ込むこととなる。これらの原因により金属に電気が流れ込むと機械に障害を与

えたり、人が感電する可能性がある。

この機械に流れ込んだ電気を地球(アース)に流してしまうことを接地(アース)という。ほとんどの工場では一次側の分電盤の中に接地用端子台が用意されており、緑色の電線が配線されている。この電線の先端は地中に「接地極」といわれる伝導体を埋め、その極に配線されている。

制御盤や配電盤の中には接地端子台が設けられ、機械の中の様々な機器がこれに配線されている。

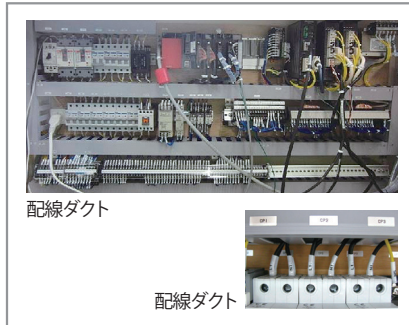


## 配線ダクト

建築業界では「ダクト」とは「空調ダクト」のような空気を通す管のことを指すが、FA業界での「ダクト」とは配線ダクトを示すことが一般的である。電線の整理をしたり、保護の目的で使用される。また、ノイズの影響を受けやすいものについては金属ダクトに入れることもある。

### 1. 配線ダクト

制御盤や分電盤の中で使用されることの多いダクト。樹脂で作られた物が多く両側に穴が開いており、自由に電線の引き回しができるようになっている。



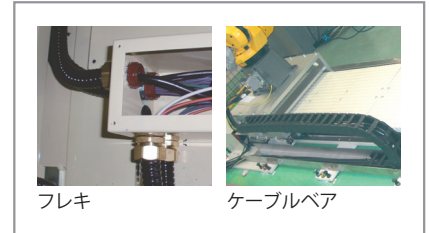
## 2. フレキシブル型配線ダクト

一般に「フレキ」と呼ばれている配線ダクト。自由に屈曲が可能。

### ケーブルチェーン(ケーブルベア)

直線動作をする1軸ロボットやスライダに電線やホースをつなげる場合に使用する。直線動作に追従し屈曲する構造となっており、この中に電線やホースを入れることで整理し、摩擦による破損などを軽減する。

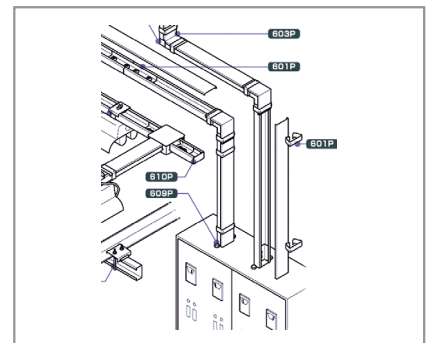
一般的に「ケーブルベア」と表現するが、これは(株)椿本チエインの登録商標であり、各社さまざまな商品名で販売されている。



### 金属ダクト、ケーブルラック

大量の電線を入れる場合や足で踏む可能性のある場所などには金属性のダクトを使用するケースが多くある。

また、天井からぶら下げる場合はケーブルラックを使用することが多くある。



### 配線ダクト内の電線占有率

配線ダクトに入れることができる電線の本数はダクト、管の材質、流れる電気の種類、電線の種類で決まってくる。これは発熱等で絶縁被覆が劣化する可能性等があるからである。

### ねじ式端子台は日本が中心

日本ではY型端子や丸型端子を電線に圧着し、端子台のねじを締めるタイプが主流である。これは日本圧着端子製造株式会社が「圧着端子」を開発、販売しそれに伴い様々な会社が端子台を販売したことで急速に広がっていった。一方、ヨーロッパを中心にクランプ式端子台が主流である。

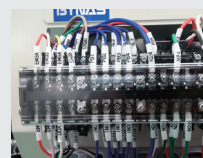
### 配線と電気の流れ方向

ブレーカやリレー、端子台に電線を接続する場合、電気が「上」から「下」に流れるように配線する。一次側が「上」、二次側が「下」になるようにする。

また、横向きに接続する場合は、「左」から「右」に流れるように配線するのが一般的である。

### 電源ケーブルのツイスト

電源用ケーブルを配線する場合、交流のプラスとマイナスの2本、AC100Vや単相AC200Vは電線が2本、三相200Vの場合は電線が3本になる。これらを配線する場合、電線を「ツイスト」することがよくある。「ツイスト」とは双方の電線をねじって束ねることをいう。これはそれぞれから発生するノイズを打ち消し合うようにするためである。また、こうすることで外部からのノイズの影響も低くなる。



ねじ式端子台



クランプ式端子台



電源をツイストして配線



## 2.LAN工事

情報連携 (IoT) の普及する今日、Ethernet対応機器が増加している。それらを繋ぎ込むネットワークの構築には、必ずLAN工事、配線設計が必要となる。FAに求められるLANの特性を確実に理解し適切なネットワークを構築することは現代のシステムインテグレータには必須の技術となっている。

### LAN工事

#### 資格について

LAN工事に関しては基本的に資格の必要はない。ただし、電話線の配線になると工事担任者の資格が必要となる。市販されているモジュラーケーブルを繋ぐ程度では問題ないが、電気工事と同様に増設や配線工事はできないことになる。  
(以下電気工事士法一部抜粋)

#### 第三条

2 第一種電気工事士又は第二種電気工事士免状の交付を受けている者(以下「第二種電気工事士」という。)でなければ、一般用電気工作物に係る電気工事の作業(一般用電気工作物の保安上支障がないと認められる作業であつて、経済産業省令で定めるものを除く。以下同じ。)に従事してはならない。

第十四条 第三条第一項、第二項又は第三項の規定に違反した者は、三月以下の懲役又は三万円以下の罰金に処する。

### 業者依頼内容(現地調査/配線設計)

業者に依頼する際、以下のような選定が必要となる。

ケーブル配線ルートの確保、配線方法は床下、天井配線、モール保護ありかなど、基本的には業者が直接現地調査し選択肢を提示してくれるが、概ねの配線図は描けるように準備しておくべきである。ケーブルの仕様選定(Cat5e/Cat6A UTPケーブル、光ケーブル、産業用ケーブル)、ケーブル本数計算、末端部材(PLC、表示機、PC、ローゼット、モジュラージャックなど)の選定も必要となる。

さらに必要な場合は、配線図/構成図の作成もしてもらうこともできるが、一般的に有料である。

### LANとは

LANとは、建物や工場内にある機械・機器で構成されたネットワークのEthernet配線などを指す。LANは、ロボットや

カメラなどの機器間の通信はもちろん、上位(生産管理などのシステム)システムとの通信環境を構築する際にも、必要となる。工場を最適に自動化するには、こういったネットワークの知識も必要となる。

なお、オフィスで使用するLANと産業用との違いは、産業用は「リアルタイム性」を重視した通信で、さらに安定性確実性が強く要求されることである。

### IoTとLAN

工場のネットワーク化は今後必須要件となると考えても過言ではない。世界中でIoT化が促進されており、日本の工場も例外ではない。

IoTは、製造設備を接続制御するOperational Technology=OTと、組立加工作業工程ラインを自動化するFactory Automation=FAの手段として導入されている。

工場のIoT化では、ITの導入という利点を生かすためにインターネットなどの外部のネットワークへの接続が必要となる。ここでやはり問題となるのが、セキュリティの部分である。クラウドやデータセンターなどに製造ラインで生成されたデータを管理するというようなことは、地方で離れている工場間通信を実現するような場合には適しており、利便性は格段とあがり生産ラインの自動化も大幅に前進する可能性がある。しかし、現実では、有線ならではの信頼・安心感もさることながら、セキュリティ(データの改ざん、紛失、盗聴など)面での問題から実装している工場は余り多くはない。

以下のようなネットワークが工場には存在し、それらをLANで接続する必要性がある。

- 情報系ネットワーク
- コントローラ間ネットワーク
- フィールドネットワーク

ネットワークに関しては別途講じている(「FAにおけるネットワーク技術」参照)

上記ネットワーク間では、オフィス間での通信とは異なり、一定の時間にデー

タ交換を確実に通信させる必要がある。また制御盤・PLC・各コントローラ間となると、数十ミリ秒から数百ミリ秒でのレスポンスが必要となるため、非常に高精度な性能が要求されるので、配線選定にはその点に留意する必要がある。

### 周辺機器・配線の選定

#### 周辺機器において

産業用の機器は振動、ノイズあるいは高温度などの比較的に悪環境下において運用されることになる。工場内においては設置するスペースも制限されることが多く、制御盤内などに取り付け可能なコンパクトなサイズの機器が求められる。ネットワーク周辺機器であるルータ・スイッチ・ハブなども含め、全てに配慮する必要がある。

#### 配線において

配線には、有線LANと無線LANがある。それぞれ特徴、メリット、デメリットを理解した上で敷設するようになる必要がある。

#### 無線LANのメリット

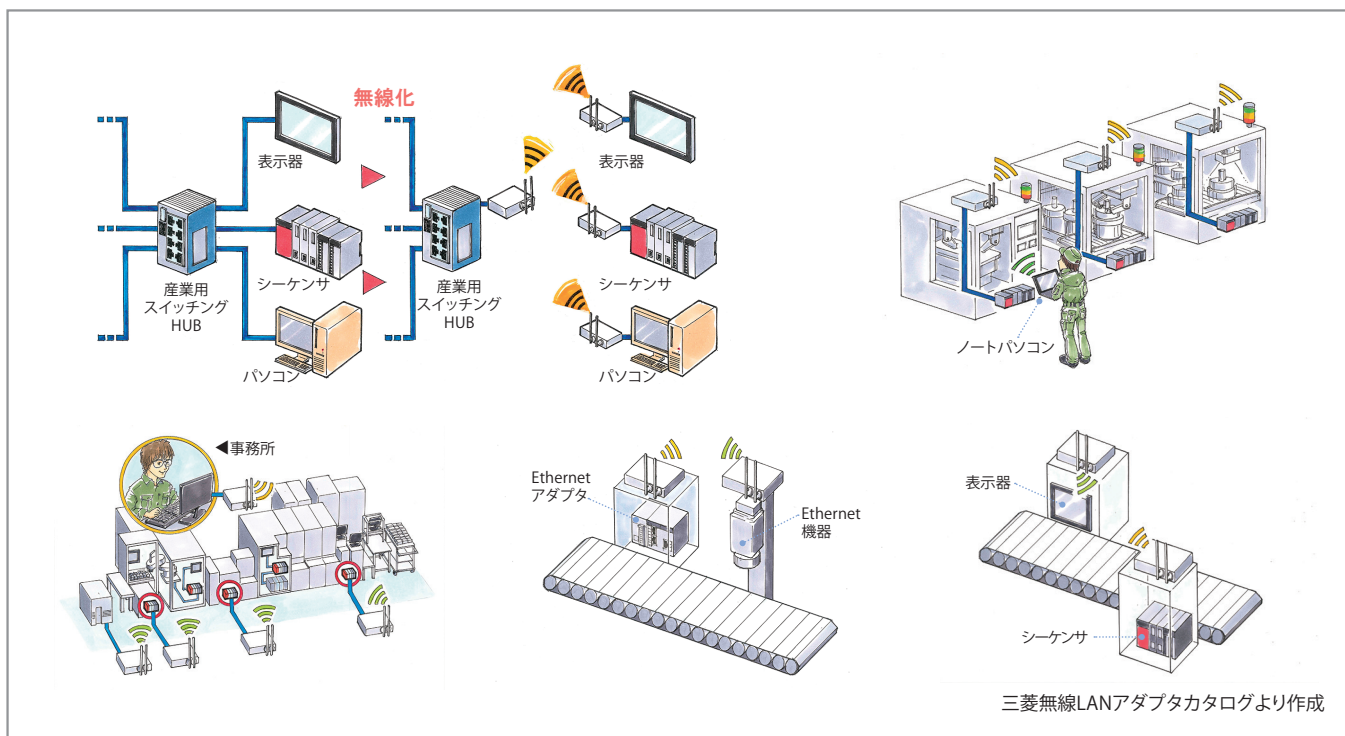
- ケーブルの引き回しを気にせず作業でき、利便性が高い
- 工場内のライン新設、レイアウト変更も柔軟に対応可能
- 配線フリーで、配線工事費を大幅削減できる  
(無線LANの規格として、最も普及しているのはIEEE802.11b)

#### 無線LANの注意点

気を付けなければならないことは、以下のとおり。

- 干渉なく安定的に通信ができるか
- 通信が切断されたり、データが正常に送られない場合、リカバリ処理およびエラー通知が行われること
- 干渉対策がとれること
- 導入コストとランニングコストをできるだけ安くすること(キャリア回線利用の場合のみ)

次に有線LANの説明をする。まず産業用で使用される有線LANは、情報系で使用されるケーブルと同等で、銅線、光ファ



イバーケーブルを状況に応じて使用する。ただ、銅線をコーティングするケーブル、コネクタは悪環境に耐えるものを想定して選定する必要がある。

#### 有線LANのポイント

- 防滴あるいは防水（耐油性）に関し、現場環境にあったものを採用する必要がある。
- 産業ロボット、自動工作機等の可動部に対応するためには耐屈曲性能の優れたものを検討する必要がある。また、可動部には、通常の検査に加えて耐屈曲試験やU字バンド試験によって性能を評価されたケーブルを使用する必要がある。なお、ケーブルはメーカー純正のケーブルを使用すべきである。

- 高周波特性が強い現場にはアルミテープシールドが適用されているものが必要となる。また低周波特性が強い現場には編組シールドなどを施したケーブルを敷設する。

#### FAのLANについて

FAのネットワークを構築するにあたり、以下の点を要件にする必要がある。

- ① 確実な通信の確保
- ② 物理的・電氣的なFA環境への耐久性
- ③ 高速な通信速度保証
- ④ 干渉・到達に対する保証

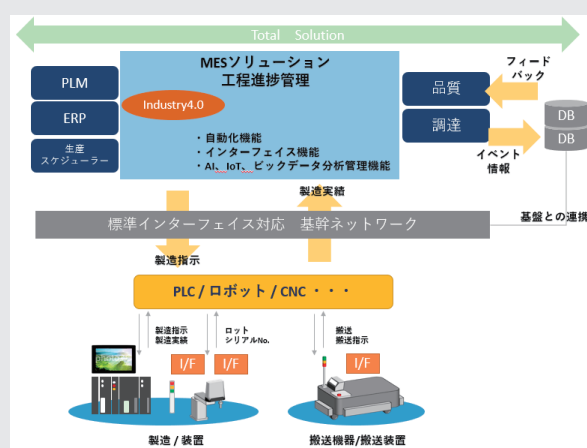
上記の点を踏まえると、無線LANによる実現はハードルが高い。事実、FAの現

場ではやはり無線より有線が採用されていることがほとんどだ。だが、近年工場では多品種小ロットな工場でも省人化を行う傾向にあり、積極的にロボットを導入する企業が増加している。そのため、レイアウトフリーであることを希望する現場が多い。そうすると先ほどあげた通信の要件をできる限り実現する無線環境を提供できるような構成案の提案が望ましい。全て無線環境で構成することは現代の無線技術ではまだまだ困難だが、今後の無線LAN技術の向上に常にアンテナをはり、工場の最適化を考案できるシステムインテグレータであることが大切だと考える。

#### MES

MESとは（エムイーエス：Manufacturing Execution System、メスとも呼称される）「製造実行システム」のことである。MESを導入することにより、製造現場にある設備、原料、仕掛品の製造現状をリアルタイムに把握できる。またさらに生産管理計画に基づいた作業スケジュールを組立てることができる。これらの導入メリットから、FAを検討する際、MESが未導入な工場であれば、本項で説明しているLAN工事を構築する機会などでも、将来的にMESを導入することを視野に入れたシステム構成を検討することを推奨する。

MESはコントローラ間ネットワークの上位に構築されるシステムになり（MESの上位にはERP等計画システムが構築されるケースが多い）、TCP/IPのプロトコルのもと、Ethernet（LAN）で通信を図る。レスポンス性能としては、先ほど述べたリアルタイムで製造現場の状況を管理するシステムであるため、数十ミリから数百ミリ秒の通信速度が求められる。接続先としてはPLCや制御盤が対象となるため、通信をMESに送り込む必要があり、LAN工事の際、無線、有線どちらを採用するにしろ通信速度に注意する必要がある。



# 1. 機械組立

機械設計図・購入品リスト・空圧回路図・電気配線図を読解し、機械がどのような機能があるかを考えながら組立てる仕事。また機械部品は故障することが前提なので、機械保全が容易にできる様にする必要がある。

機械組立作業を行う者は、客先への設備設置・調整完了まで担当することが多いため、設備が動く動作順なども深く認識する必要がある。また機会組立は仕上げ技能士という国家資格もあり確立された仕事である。

## 機械組立とは

機械でも数百グラムの小型の機械から数十トンという大型の機械まで様々な種類があり、組立て方法や留意すべき点は異なることが多い。作業内容として、図面より読み取れる情報をもとに機械を組上げ、その後動作まで確認して性能評価なども担当するという事は共通している。

## 組立に必要な道具

### 六角レンチ

機械組立てでは最も多く使われる工具です。キャップボルトを締結する際に使用する。

### スパナ

六角ボルトを締結する際に使用する。

### ドライバー

+ドライバー・-ドライバーは十字ネジを締結する際に使用する。

### 精密ドライバー

センサ調整などでよく使用される+ドライバー・-ドライバーは十字ネジを締結する際に使用する。

### ノギス

組立てる前に部品精度・寸法を確認する際に使用する。(1/100mm)

### マイクロメーター

組立てる前に部品精度・寸法を精密に確認する際に使用する。(1/1,000mm)

### スコヤ

組立てを行う時に直角を必要とする部分で沿わせて使う道具。

### ピックテスター

回転精度・平行度などを $\mu\text{m}$ で確認する測定器具。

### セラミックゲージ

部品間の隙間や、高さの静的精度確認に使用する道具。

### Vブロック

上面にV字形の溝を付けた金属製の台。丸棒の端面のけがきなどに使用する。

### たがね

金属を加工する工具の一つで、表面を削ったり、凹凸をつけたりするために使用する。

## 組立作業の実務の流れ

### 1. まずは図面でイメージ

「組立て」と言っても多種多様であるため、まずは図面を見ながら頭の中で組立ての流れをイメージする。

### 2. 必要な部品を集める

購入した機器、社内に在庫してある部品の中から組立てに必要な部品を集める。部品の材料はたくさんあるが、用途に合わせて選定する。

### 3. 組立て作業

図面を読解しながら、何も無いところから組立てを行い、ひとつのものを作りあげていく。

### 4. 組立て検査

一通りできあがった後は、図面通り組立てできているか、ミスがないかどうか、精度は指定寸法通りできているかなどを確認する。

### 5. 配線

組立て作業を終えると、エア配管電気配線作業の工程へうつる。

組立て作業者はエア配管・油圧配管を行い、配線作業を空圧・油圧回路に準じて、配線作業者に配線経路を指示する役割もある。

### 6. I/Oチェック補助

配線作業を終えたら、電氣的なチェックを行う。主には電気担当者ですが組立て作業後に配管が間違っていないか、配線経路が適正なのかを確認する。

### 7. 芯出し作業

設備が手動動作により動作するようになると、駆動機器(シリンダ・電動アクチュエータ・ロボット・センサ)の調整を各箇所ごとに行う。

### 8. 自動運転確認

自動運転が可能になると、できあがる製品の出来栄を確認し、部品研磨や、組立て担当者が芯出し治具を製作して専用機の最終仕上げを行う。

### 9. 出荷

お客様の工場・事業所に設備を設置して、機械復元・現地芯出し調整を行い、お客様に利用いただけるようにする。

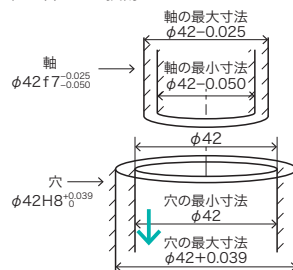
### ○組立における代表的な道具



### ○組立における代表的な作業

#### 嵌合

隙間のある部品に他の部品を組み合わせる技術



#### 芯出し

軸心・平行・水平を確保しながら組立を行う。



モノタロウホームページ  
(www.monotaro.com)より

#### キサゲ

金属平面の摩擦抵抗を減らす目的で製造時の仕上げ工程で施される、微小な窪みを付ける加工である。



キタムラ機械ホームページ  
(kitamura-machinery.co.jp)より



## 10. トレーニング

お客様に使用していただけるようにオペレーショントレーニングを組立て従事者が行うことが多くある。なぜなら、組立て工程から始まり、出荷工程まで携わっているため習熟度が一番高いためである。

## 11. メンテナンス

機械導入後、トラブルや故障があった場合に、客先に駆けつけるのも組立て従事者の仕事の一环である。10での事由もあり、トラブルに対して一番処置が早い人材として出張訪問などもする。



中央職業能力開発協会ホームページ (www.javada.or.jp) より

### 小型設備 組立作業に必要なスキル

小型設備の場合、目では見えない細かな組立て・製品の評価を行う際に、計測機器を使用して組立てを行う。

#### 顕微鏡・3次元測定器の使用

顕微鏡を見ながら部品の傷を確認したり精度確認を行うことがある。

#### ゲージを使用した組立て

セラミック製のゲージや、校正されたゲージピンを使用して組立てを行う。



### 大型設備 組立作業に必要なスキル

大型設備の場合、部品の運搬や設備設置時に必要となる道具・設備を使用する必要がある。

#### 玉掛け・クレーン技術

作業を行うには技能検定を受けたものが行わなければならない。



www.sakaegumi-unyu.co.jpより

#### 測量・レベル出し

設備が図面通りに水平・平行に設置されているかを確認する。



jouyoujuuryou.hamazo.tvより

### 資格制度(国家資格)

#### 仕上げ技能士

各種精密機器や機械部品を最終的な機器や部品に仕上げたり、組立てする際には、工作機械で加工を行い仕上げ、手作業により部品を加工、調整し、精度を高めたりする技能が重要となる。

本資格では、手工具及び工作機械による機械部品の仕上げ及び組立ての技能を測る。

#### 機械検査技能士

各種測定機器などを用いて機械部品の検査を行うもので、製造現場での専門的な検査工程に限らず、共通的な基本

技能として重要なものとなっている。本資格では、機械部品の検査に必要な技能・知識を測る。

#### 機械保全技能士

機械保全是、工場の設備機械の故障や劣化を予防し、機械の正常な運転を維持し保全するために重要で、各種製造現場の共通的な作業でもある。本資格は、機械の保全に必要な技能・知識を測る。

#### 油圧装置調整技能士

油圧装置とは、流体のうち「油」を利用して、その油圧により機器を動かす装置のことで、空気圧装置と同様、様々な機械・設備等に広く用いられている。本資格は、油圧装置の組立てや保全に必要な技能・知識を測る。

#### 玉掛け

重い荷をつり上げるクレーン、今では建設工事だけでなく、いろいろな作業で使われている。

このクレーンのフックに、荷を掛けたり、外したりする作業を玉掛けという。

玉掛け作業の資格は、使用するクレーンの最大つり上げ荷重が1トン以上の場合、技能講習が必要となる。本資格は、つり上げる荷の重量ではなく、使用するクレーンのつり上げ荷重で決まる。

#### クレーン・デリック運転士

クレーンは、工場、倉庫、建設現場などで広く用いられている。また、デリックは、建設現場などで用いられている。

つり上げ荷重が5トン以上の各種クレーン及びデリックを運転するために必要な資格である。

#### 移動式クレーン運転士

つり上げ荷重が5トン以上のトラッククレーン、ラフテレーンクレーン、クローラクレーン、フローチングクレーンなどの移動式クレーンを運転するために必要な資格である。

移動式クレーンは、建設、港湾などの現場で広く用いられている。

## コラム

機械組立とはとても奥が深く、様々な失敗がある。設計者より渡された図面をもとに組み立ててみると部品が足りない、必要な部品がないとよく困ったものである。組間違いをしてしまい、結局組み上げたものをばらして叱られたり、お客様のワークに合わせパワ研磨加工を行ったものの、はりきって磨きすぎて部品精度が入らなくなったりした。

一番印象に残っているのは自身で以前納入した機械のメンテナンスを行いお客様のところに行ったのだが、精度確認するために一度ばらして清掃・確認をしようとした矢先、ボルトが折れ分解できない・組み立てできない様になってしまい先輩に泣きつき対処してもらい一難はさげられたが、メンテナンス時間が1日間しかなかったため、徹夜で作業し目の下にくまを作って翌朝にお客様に引き渡した苦い経験がある。設計を行うようになってからはメンテナンス性を向上するために工具が使えるスペースがあるか?無理な姿勢にならないか?を考慮しながら設計を行えるようになった。

機械組立とは奥が深く、魅力的な職種であると私は感じているし、現場であるのにプロデューサーのような役割で仕事を行うことができるので、たくさんの情報を得ることができる。私も現場に向きメンテナンスや改造工事をいまだに行っており、現場の方の気持ちを忘れないように心がけている。

機械組立という職種に興味がある方は、是非チャレンジしてください。

## 2. 配管

ロボットシステムを構築する上で、配管はほとんどの場合に必要となる。配管部品は交換する事が前提であるので、機械保全が容易にできるように設計することが重要である。

### 配管とは

ロボットシステムは、電気・油圧・空気圧の制御方式を利用した機器で構成され、それぞれの特長を生かしてシステムが構成されている。これらを動かすには各機器間の配管や配線が必要であり、この処理が不十分であると漏れや断線など不具合の原因となる。

配管は、空気やガス・油や水などの流体を流したり、動力やエネルギーを伝えるためのもの。

管は流体の種類と使用環境の圧力によって適した肉厚や材質のものがある。また、管と管をつなぐ管を継手と呼び、接続を延長するだけでなく、曲げたり、分岐したりと役目に応じて様々な種類がある。

#### 特徴

油圧式	油圧ポンプで流体エネルギーを運動エネルギーに変換して動力を得る。小さな装置で大きな力を取り出すことができる。配管が複雑とされる。
空気式	圧縮空気を用いる。基本的には油圧が空圧に置き換わったもので、コスト性に優れている。配管がやや複雑とされる。
電気式	モータなどを用いて、電気エネルギーを運動エネルギーに変換して動力を得る。高い制御性をもつ。配線が比較的簡単とさ

### 配管を選ぶ

配管する材料には、金属管、樹脂チューブ、ゴムホースなどがある。

一般的に、油圧では固定部に鋼管・ユニット間や可動部への配管はゴムホースまたは樹脂ホースを用いる。また、空圧では圧縮機から工場内の主配管部に鋼管・装置内には樹脂（ポリウレタン）チューブを用いる。

#### 1. 金属管

金属管には、鋼管、ステンレス管、アルミニウム管、銅管がある。

一般的に鋼管がよく用いられ、低圧で

は配管用炭素鋼鋼管、高圧用では圧力配管用炭素鋼鋼管を使用する。

#### 2. 樹脂チューブ

耐圧性は落ちるが柔軟性があり、曲げて配管できるため空圧式でよく使われる。様々な材質があるが、一般的にナイロンチューブ（ポリアミドチューブ）、ポリウレタンチューブが使われている。

#### 3. ゴムホース

内側を合成繊維の補強層で覆い耐圧性、外側を耐候性に優れたゴムで覆ったもの。樹脂を代わりに使用したものを樹脂ホースと呼ぶ。

### 配管サイズの呼び方

配管のサイズを示す方法には、A呼称（ミリ系）とB呼称（インチ系）があり、その呼び径（外径サイズ）がサイズ表記に使われる。例えば、6Aと1/8Bは同じ外径（10.5ミリ）を表す。

日本独自の表記で海外では通用しないが、1インチを基準に1/8単位で区切り、その分子を呼び名に「〇〇分（ブ）」と呼ぶことがある。

1インチ以下は1/2Bなど分数で表記し、1インチを基準に1/8単位で区切る。例えば1/8Bは「1分（イチブ）」、1/2Bなら4掛けして4/8Bとなり「4分（ヨンブ）」と呼ぶ。

### 配管作業に使用する工具

ここではよく使用される測定具を紹介する。

#### 1. スパナ、メガネレンチ

ボルトやナットなどを回すことで脱着するために、サイズに合ったものを選び使用する。サイズが合っていないと、スパナ（レンチ）とボルトやナットの間がぐらつき、損傷や固定不足の原因となる。

#### 2. モンキレンチ

ボルトやナットを挟んだり回したりするのに使用する。スパナと異なり、大きさに合わせて口幅を調節できる。

動く側の下あごのほうが弱いため、

下あごの方向に回す。

#### 3. パイプレンチ

管をつかんで回す専用のレンチ。ナット等を脱着する場合などに、管を挟んだり、回したりするのに使用する。

#### 4. ウォータポンププライヤ

物をつかんだり、回したりするのに使用する。開口幅が広く太い管や大型ナットの着脱等にも対応できる。また、柄が長く作業の際に力を込めやすい、独特な角度によりレンチでつかみにくい所もつかむことができるなどの特徴をもつ。

#### 5. チューブカッター（パイプカッター）

管を切断するとき使用する。切りたい部分に刃を当てて回し、何度か回転することで切断できる。銅管、ステンレス管、塩ビ管など幅広い素材を切ることができる。

#### 6. ネジ切工具

オネジ（ボルト側）やメネジ（ナット側）の加工に使用する。新しくネジ加工するほか、ネジが入らない場合やネジ山が緩い場合などに調整するために使われる。手動のものから自動のものまで様々なものがある。

#### 7. TIG溶接機

電極にタングステン、シールドガスにイナートガスを用いた溶接方法で、他の溶接方法に比べ、溶接後の外観がきれいなこと、ブローホールなどの溶接欠陥が発生しにくいことなど品質に特徴をもつ。





## 主な配管(固定部)の接続について

ここではよく使用される配管の接続(継手)について紹介する。

### 1. ねじ込み

管用ねじを用いて接続する方式。主にサイズ2インチ以下、圧力1MPa以下の接続に使われる。他の接続方法と比べて多くの部品を必要とせず経済的な一方、修繕などでのやり直しは困難である。

### 2. フランジ

接続する部分を「つば状」にして、その「つば」と「つば」をボルト・ナットで接続する形式。このつばをフランジという。

低圧から高圧まで、小さなサイズから大きなサイズまで、一般的に最も広範囲に使われている。

### 3. 溶接

バルブと管を直接溶接する方式。高温高圧用やパイプラインなど漏れを完全に防止する場合に使用される。

差込み溶接形は、一般にバルブの溶接端をソケット状にし、ここに管を差込み溶接する。バルブの寸法は2インチ以下の小サイズで使われる。

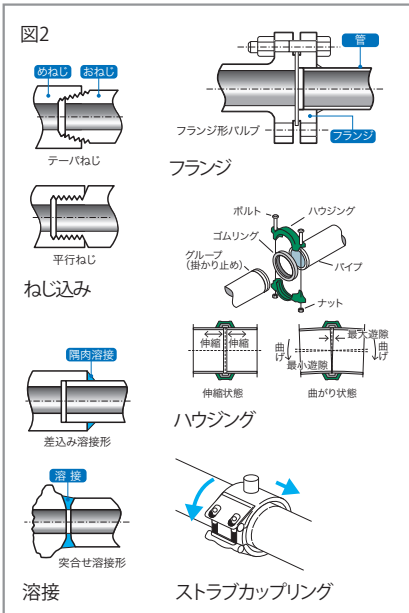
突合せ溶接形は、バルブと管を突合せて、この部分を溶接する形式。バルブの寸法は小サイズから大きなサイズまで適応できる。

### 4. ハウジング

接合する管の端にセルフシールのリップ形ゴムリングをはめ、その上からハウジングを被せボルトナットで締め付ける方式。

### 5. ストラブカップリング

配管のネジ切りや溶接等の加工を必要とせず、ボルトを締め付けるだけでゴムを管に圧着させる方式。軽量でコンパクトなため省スペースでの施工が可能。



## 主な配管(可動部)の接続について

ここではよく使用される配管の接続(継手)について紹介する。

### 1. 回転部向け

動きの速い揺動部や高速回転時にはロータリージョイントなどを使用する。

### 2. 高速ピッキングロボットなど向け

頻りに配管を抜き差しするような箇所には、片手で簡単に脱着することのできるライトカップリングなどを選択する。

### 3. ケーブル・ホースガイド

各工程ごとに供給される複数のケーブルやホースをまとめて保護したり、揃えたりするのにブラレールチェーンなどを選択する。



## 配管径の統一による組立コストダウン

装置組立時に配管の径が異なる場合、それぞれの径に応じた配管および付帯部品を用意する必要があるほか、組立工具も径に応じて異なるなど、組立工数が増えてしまう。

装置のホース配管設計時において、ホースの径を可能な範囲で統一することで、組立工数や部品点数を減らすことができ、組立コストを削減することができる。

また、配管のサイズを可能な範囲で統一することで、保守も容易になる。

なお、流量の問題は装置側で対応する必要がある。

## 空圧装置組立て技能士

技能検定制度で定められた種目に空気圧装置の組立てや保全に必要な技能・知識を対象とした「空気圧装置組立て作業」があり、合格すると「空気圧装置組立て技能士」の称号が与えられる。等級は「特級」、「1級」、「2級」がある。

試験は学科試験と実技試験があり、学科試験では組立法、材料、製図、電気、油圧、安全衛生など多方面の知識を要求される。実技では検出器(センサ)の判定、電磁弁の判定、空気圧機器の判定等を行う「判断等試験」や空気圧回路図の読

図、装置の調整及び保守点検方法、空気圧装置に関する計算等を行う「計画立案等作業試験」が実施される。

## 油圧装置調整技能士

技能検定制度で定められた種目に油圧装置の組立てや保全に必要な技能・知識を対象とした「油圧装置組立て作業」があり、合格すると「油圧装置組立て技能士」の称号が与えられる。等級は「特級」、「1級」、「2級」がある。

試験は学科試験と実技試験があり、学科試験では調整法、作動油、材料、製図、電気、空気圧、関係法規、安全衛生など多方面の知識を要求される。実技では油圧装置の据付け(心出し)を行う「製作等作業試験」や油圧回路図の読図及び作成、油圧装置の運転調整及び故障発見、油圧機器の機能等について行う「計画立案等作業試験」が実施される。

## 安全基準に関する技術上の指針

労働安全衛生法第28条第1項の規定に基づき、産業用ロボットの使用等の安全基準に関する技術上の指針が次とおり公表されている。

### 1. 設置(第3条)

#### 3-1 配置等

(4) 電気配線及び油・空圧配管は、マンプレート、工具等による損傷を受けるおそれのないようにすること。

### 2. 使用(第4条)

#### 4-2-4 教示等の作業開始前の点検

(1) 教示等の作業を開始する前に、次の事項について点検し、異常を認めるときは、直ちに補修その他必要な措置を講ずること。

二 配管からの空気又は油漏れの有無

### 3. 定期検査等(第5条)

#### 5-1 作業開始前点検

(1) 産業用ロボットを用いて作業を行うときは、その日の作業を開始する前に、次の事項について点検を行うこと。

ホ 外部電線、配管等の損傷の有無

## コラム

実際の現場では、設置レイアウトや接続方法が配管回路図に表記されていない場合があり、配管作業従事者に一任されていることも多くある。

空圧・油圧・ガス・水・特殊液の回路図面を読解し、機械の機能・メンテナンス性を考慮しながら配管作業をする必要がある。



## 3. 組立精度評価

機械設計を行い、部品を加工して組み立てる際に部品の加工精度や組立てる際の精度を測定し評価する必要がある。精度を測定するには測定具を所持していることと、それを使用し評価できる能力を持った人材が必要である。

### 機械組立における精度評価とは

機械を組み立てる際の評価には大きく二通りの工程がある。

一つは組み立てる前に加工部品や購入部品の精度を検査し、使用して良いかを評価する工程。二つ目は組み立て途中、または組み立て後に図面指示通り、もしくは想定している範囲内に精度が出ているかを確認する工程である。

精度を評価する人材は図面の見方や測定工具、測定方法などの技術技能が必要である。また、精密測定や大量のサンプルを測定する際には統計をとり傾向を解析するなどの作業も必要である。

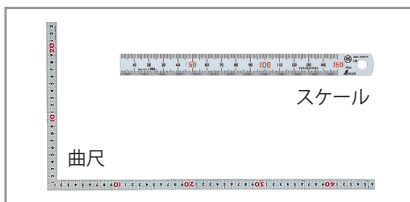
機械組立の精度評価は上記のような測定をし、部品の修正、組立中の調整を行い、設計通りの精度を確保することを目的としている。

### 測定具・測定装置

ここではよく使用される測定具を紹介する。

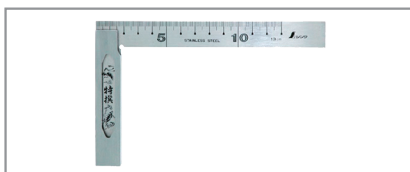
#### 1. スケール、曲尺(かねじゃく)

長さを測定する物。定規とも言われる。スケールが直角に折れ曲った形の物は曲尺又は指金(さしがね)とも言う。1mm単位での測定となる。



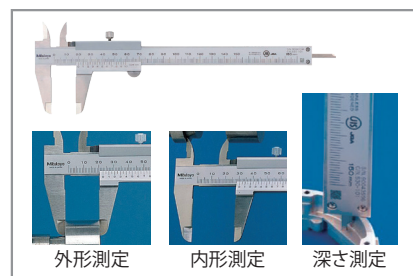
#### 2. スコヤ

直角定規とも言う。直角であるかを直角面を当てて確認する。角度を数値で測定する物ではない。よって工具に分類にする場合もある。線を直角に「ケガキ」をする場合にも使用する。



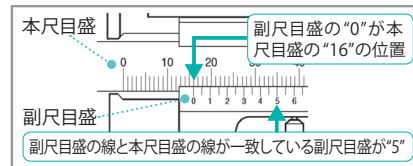
#### 3. ノギス(外側測定、内側測定)

物を外側から挟む外形測定、物を内側から挟む内側測定、段差や深さの測定を行うことができる測定具である。一般的によく使用されている工具で、0.05mm単位での測定が可能なものが多い。



本尺目盛と副尺目盛があり、それが一直線になる場所で寸法を読み取る。

本尺目盛は1mm単位で、副尺目盛は0.05mm単位で刻まれている。



上記の寸法は16.5mmとなる。

#### 4. マイクロゲージ

精密な長さ測定を行う測定具。0.01mmでの測定が一般的。外形測定、内形測定、深さ測定などそれぞれに応じた形状のマイクロゲージがある。

精密であるため、使用するには技能が必要であり、人による差が出やすい。ラチェット機構などにより、個人差が出にくいような工夫がされている。



#### 5. 定盤、Vブロック

定盤とは「ケガキ」や測定を行う際の平面の基準となる物である。これ自体で測定するわけではないが、様々なゲージを使用する際の基準として使用する。

Vブロックも「ケガキ」や測定の基準として使用する。定盤と合わせて使用する事が多く、直角の測定や丸い形状の物を固定する場合に使用する。



#### 6. 隙間ゲージ

接合面などに隙間がどの程度開いているかなどを測定する。厚みの違うステンレスの板がセットになっており、その厚みの板が「入る」、「入らない」で値を判断する。0.01mm単位での測定が可能。



#### 7. ブロックゲージ

測定する寸法の基準となる物。形状は直方体である。これ自体で測定するのではなく、このブロックゲージを基準にして測定を行う。



#### 8. ハイドゲージ

高さを測定する物。一般的に定盤の上に乗せて使用する。

対象物が細い場合など定盤上で安定しない場合Vブロックなどに沿わせて測定する。

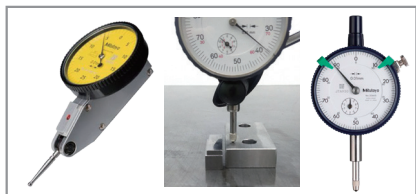


## 9. ダイヤルゲージ

目量0.01mmタイプや0.001mmタイプがある。

また、上下移動を回転動作にするタイプとテコ式タイプがある。

ブロックゲージなどと対象物を比較して使用する。



### 測定の環境について

測定する対象物や測定具の材質によって温度による収縮、膨張を考慮する必要がある。特に0.01mmの測定などは周囲温度が大きく影響する必要がある。

熱による物体の膨張率を「熱膨張係数」という。

材料	熱膨張係数
鉄	11.7
アルミニウム	23.8
SUS304	17.3
ポリ塩化ビニル	80
ゴム	110
炭素繊維	0

膨張係数は、1m当たりで1℃上昇すると何μm伸びるかを表した数値である。測定具が鉄で対象物がアルミニウムだと熱膨張係数が違うため、測定誤差が発生してしまう。

このように温度により長さの測定結果が違ってしまいうため、JIS規格にて標準温度が設定されており、この温度は「20℃」とされている。同じように湿度も「50%」と設定されている。

### 測定具の校正について

測定具は使用していると表面が摩耗したり、曲がったりなどの症状が発生する。測定具が正しく測定できるかを確認する行為を「校正」という。

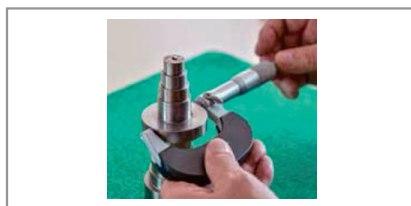
測定具とその使い方により、校正を行う頻度が違ってくる。毎日使用する物であれば始業時と終業時に行うが、不定期に使用するような測定具であればひと月に1度とか半年に1度のように決めて校正を行う。

校正を行うには社内で訓練された校正者を認定し、校正用のマスターゲージなどを用意して行う場合、「一般財団法人 日本品質保証機構」などに委託し校正する場合がある。

### 機械検査技能士

技能検定制度で定められた種目に「機械検査作業」があり、合格すると「機械検査技能士」の称号が与えられる。等級は「特級」、「1級」～「3級」がある。

試験は学科試験と実技試験があり、学科試験では測定法や検査法、品質管理、機械要素、材料力学、製図、電気、安全衛生など多方面の知識を要求される。実技ではマイクロメータやノギス、ハイドゲージ等を使用し、実際の測定を行う。また複雑な形状を測定するための測定方法考案や段取り方法などの能力を測る「計画立案等作業試験」も実施される。



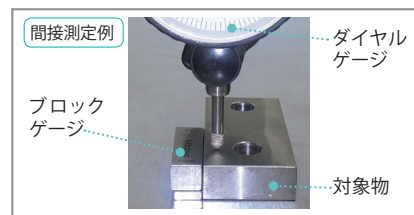
技能検定では「機械検査技能士」に求められる技能要素を次のようにしめしている。

- 測定機器の精度確認及び調整
- 精密測定
- 部品の寸法及び形状の検査

### 直接測定と間接測定

直接測定とはスケールやノギスやマイクロメータのように、測定機器を使用して測定し、そのままの値を測定値とする方法である。

間接測定はブロックゲージとダイヤルゲージを使用して測定するなどのように、ある基準の物と比べて、どの程度数値が違うかで測定する方法である。



### 器差と器差測定

直接測定を行う測定具は使用していくことで摩耗などにより誤差が発生していく。校正を行っても無くならない場合がある。それを「器差」と言う。

ダイヤルゲージ等の場合、対象物を測定する前に、測定する寸法に近いブロックゲージを測定し、ブロックゲージの寸法とダイヤルゲージの値を比較し、その差を記録する。そして対象物を測定した値にその器差を勘案し、実際の測定値とする必要がある。



20mmのブロックゲージをマイクロメータで測定すると20.01mmであった。

$$\begin{aligned} \text{[器差]} &= \text{[測定値]} - \text{[ブロックゲージ]} \\ &= 20.01 - 20 \\ &= 0.01 \end{aligned}$$

よって器差は「+0.01」となる

### 人の感覚と測定

人の指先の感覚は精度の高い測定具となる場合がある。また聴覚などにより隙間の有り無しなどの判断をすることが可能である。機械加工された金属面の粗さを判断する場合、「表面粗さ測定器」と言われる装置が販売されており、接触式の場合、昔のレコード針のようなものを面にあて、それを一方向に動かすことで凹凸のデータを計測する方式である。熟練した人の場合、爪の先や指の腹で面を触ることで測定器と同じ程度の測定を行う人がいる。また、0.01mm～0.05mm程度の段差の場合も爪先や指の腹で触ることで値を言い当てる人がいる。

また、金属と金属をボルトなどで締結したばあいに、面がきちんと当たっているかをハンマーなどで軽くたたき、その音で判断が出来る人がいる。きちんと面同士が接していると「カーン」という甲高い音になるが、隙間があいているとこもったような低い音になる。熟練することでこの音を聞き分け判断を行うことが可能となる。

### メートルの定義

メートルは最初は北極から南極を通して縦に地球を一周する子午線と言われる線の長さの4千万分の1の長さで決められていた。それが1983年の第17回国際度量衡総会で、「メートルは1秒の299792458分の1の時間に光が真空中を伝わる長さとする」と決定された。



01. 組織体制	1	ロボット白書2014 第3章産業用ロボットの現状と課題 (NEDO)
	4	日本ロボット学会 <a href="https://www.rsj.or.jp/compliance/copyright/">https://www.rsj.or.jp/compliance/copyright/</a>
	5	平成29年度知的財産権制度説明会 (初心者向け)テキスト (特許庁) INPIT J-PlatPat <a href="https://www.j-platpat.inpit.go.jp/web/all/top/BTmTopPage">https://www.j-platpat.inpit.go.jp/web/all/top/BTmTopPage</a>
	6	三菱電機製品カタログ
02. 生産技術	1	「工場管理 (解説 IEの手法1.工程分析)」(日刊工、2017年1月号) 坂倉貢司「トコトンやさしい生産技術の本」(日刊工) 菅間正二「生産技術の実践手法がよくわかる本」(秀和システム)
	1-1	本文中に記載
	1-2	本文中に記載
03. 安全／品質対応	2-1	本文中に記載
	2-2	本文中に記載
	4	ミスミ <a href="http://www.misumi.co.jp/">http://www.misumi.co.jp/</a> SMC <a href="http://www.smcworld.com/">http://www.smcworld.com/</a>
	04. 機械設計	
05. 電気設計	1	制御盤組立実習装置「BSC-1500SET」実習テキスト (バイナス)
	2	制御盤組立実習装置「BSC-1500SET」実習テキスト (バイナス)
06. ロボット制御	1	「ロボットハンドブック」(日本ロボット工業会) 「ロボット (特集 人・協調ロボット)」(日本ロボット工業会、2015年3月号)
	4	ロボット学習システム「Robo-Trainer」実習テキスト「応用編」(バイナス)
	6	ロボット学習システム「Robo-Trainer」実習テキスト「基礎編」(バイナス)
	09. 電気配線	
10. 機械組立	1	制御盤組立実習装置「BSC-1500SET」実習テキスト (バイナス)
	2	長岐忠則「これだけ!油圧・空気圧」(技術評論社) 2014 大磯義和「ねじ・機械要素が一番わかる」(秀和システム) 2011 日本ピスコ <a href="http://www.pisco.co.jp/page/GBC2">http://www.pisco.co.jp/page/GBC2</a> 技のとびら <a href="http://www.waza.javada.or.jp/">http://www.waza.javada.or.jp/</a> 日本建設業連合会 設備工事情報シート <a href="http://www.nikkenren.com/kenchiku/setsubi/setsubidata/info/contents/1cons/1p">http://www.nikkenren.com/kenchiku/setsubi/setsubidata/info/contents/1cons/1p</a> 配管のすべてがわかる【配管百科】 <a href="http://www.haikanbuhin.com/blog/post-720/">http://www.haikanbuhin.com/blog/post-720/</a>

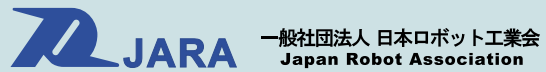


01. 組織体制	1	システムインテグレータとシステムエンジニアリング	(一社)日本ロボット工業会 システムエンジニアリング部会 (三菱電機 FAシステム事業本部 主席技監) 小平紀生
	2	プロジェクト管理概要	ミツイワ (株)
	3	プロジェクト管理手法	ミツイワ (株)
	4	ロボットシステム事業におけるコンプライアンス	(一社)日本ロボット工業会 システムエンジニアリング部会 (三菱電機 FAシステム事業本部 主席技監) 小平紀生
	5	特許権等の侵害に関する調査・対策	(株)安川電機 知的財産部 弁理士 安川優
	6	アフターサービス	三菱電機システムサービス (株)
	7	仕様書作成	ミツイワ (株)
	8	営業技術	(株)バイナス
02. 生産技術	1-1	生産技術概論	(一社)日本ロボット工業会
	1-2	生産技術概論	(一社)日本ロボット工業会
03. 安全／品質対応	1-1	リスクアセスメントとリスク低減策	(一財)日本品質保証機構、監修(独)労働者健康安全機構 池田博康
	1-2	リスクアセスメントとリスク低減策	(一財)日本品質保証機構、監修(独)労働者健康安全機構 池田博康
	2-1	品質保証(品質マネジメント)	(一財)日本品質保証機構
	2-2	品質保証(品質マネジメント)	(一財)日本品質保証機構
04. 機械設計	1	機械設計・製図	(株)ヒロテック
	2	CADによる設計	(株)ヒロテック
	3	エンドエフェクタ(ロボットハンド)の設計	(株)ヒロテック
	4	適切な駆動機器の選定	(株)ウエノテクニカ
	5	適切なセンサの選定	(株)ヒロテック
	6	ロボット用架台の設計	高丸工業(株)
	7	ロボット用スライダの設計	高丸工業(株)
	8	ロボット用治具の設計	高丸工業(株)
	9	ポジショナーの設計	高丸工業(株)
05. 電気設計	1	電気設計	(株)バイナス
	2	制御盤の設計	(株)バイナス
06. ロボット制御	1	用途別のロボットタイプ対応	(一社)日本ロボット工業会
	2	ロボットシステムのシミュレーション	(株)ヒロテック
	3	力覚センサの活用	(株)ヒロテック
	4	コンベアトラッキング	(株)バイナス
	5	産業用ロボットの制御プログラム	(株)バイナス
	6	ロボットのティーチング	(株)バイナス
07. 画像処理	1	画像処理	(株)ブイ・アール・テクノセンター
08. システム制御	1	モーションコントロール	(株)オフィスエフエイ・コム
	2	タッチパネル画面作成	(株)オフィスエフエイ・コム
	3	FAにおけるネットワーク技術	(株)オフィスエフエイ・コム
	4	PLCプログラミング	(株)オフィスエフエイ・コム
	5	ミドルウェア・情報連携(IoT)	(株)オフィスエフエイ・コム
09. 電気配線	1	電気配線	(株)バイナス
	2	LAN工事	(株)オフィスエフエイ・コム
10. 機械組立	1	機械組立	(株)アルファス
	2	配管	(一社)日本ロボット工業会、(株)アルファス
	3	組立精度評価	(株)バイナス



経済産業省

Ministry of Economy, Trade and Industry



JARA

一般社団法人 日本ロボット工業会  
Japan Robot Association

一般社団法人 日本ロボット工業会

東京都港区芝公園 3 丁目 5 番 8 号 機械振興会館 TEL:03-3434-2919