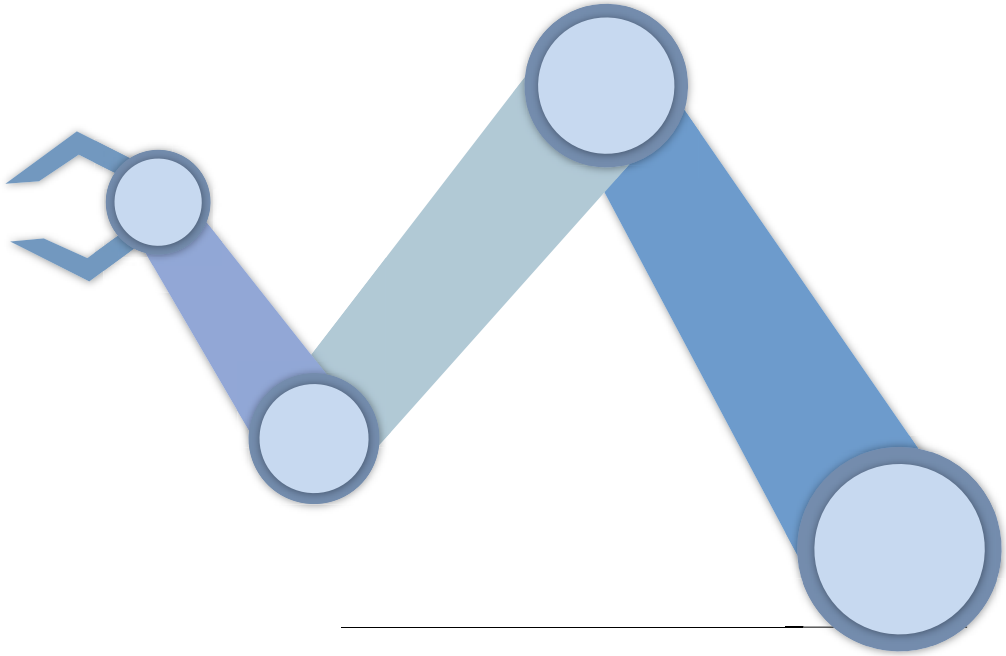


ロボットSI検定

3級 公式テキスト

FA・ロボットシステムインテグレータ協会

FA & Robot System Integrator Skill Proficiency Test

sier

FA & Robot System Integrator

序

今日、産業用ロボットの利活用はドイツ、アメリカ、中国をはじめ全世界において注目を集めています。ロボットを利活用することで人手不足の解消、作業の高効率化や過酷環境・危険作業からの解放、ロボットだからこそ可能な高精度な作業や品質の安定化の実現など様々な効果が期待できます。ロボットを利活用することで、これまでのものづくりの世界が今、大きく変化しつつあります。

ただしロボットは、単体では生産現場に全く寄与できません。関連装置などと一緒に、システムの中に組み込まれたロボットシステムとなって、初めて大きな効果が期待できるのです。このロボットシステムの構築には周辺装置だけでなく、システムの設計やロボットの動作教示（ティーチング）など、システムインテグレーション（SI）と呼ばれる一連の作業が不可欠となります。

本書は、ロボットシステムインテグレーションを行う上で必要となる基礎知識と、ロボットの基本操作に関して理解を得ることを目的としてまとめたものです。必要な知識の習得レベル・技能の習熟レベルを測定するための検定試験である「ロボットSI検定」の公式テキストであり、3級レベルに対応しています。

これからロボットシステムインテグレーションに携わろうという方々の入門書となることを期待して作成いたしました。

ロボットSI育成プログラム全体像※1

レベル1	基礎講座※2	SIを行うにあたりどのような知識が必要かを知る
レベル2	SI検定3級	基礎知識の定着と基本操作技能を習得する
レベル3	SI検定2級	システムの基本設計技能を習得する
レベル4	SI検定1級	総合的なシステム提案能力を習得する

※1　レベル区分・内容に関しては今後の検討状況に応じ変更になる可能性があります。
※2　ロボットシステムインテグレータ基礎講座として実施しています。検定ではありません。

2020年4月

FA・ロボットシステムインテグレータ協会

ロボット SI 検定 3 級 公式テキスト

目 次

序 …… 1

1 はじめに

1.1 本テキストについて …… 7
1.2 ロボットシステムインテグレータの役割 …… 7
1.3 ロボットおよびロボットシステムの安全について …… 9
1 産業用ロボットシステムの安全制御 …… 9
2 産業用ロボットシステムへの機能安全の導入 …… 9

2 システムインテグレータに求められる技術

2.1 機械設計 …… 13
1 機械設計とは …… 13
2 機械製図とは …… 13
3 設計のための知識 …… 14
4 設計妥当性検証 …… 14
5 図面構成 …… 15

2.2 電気設計とは …… 16
2.2.1. ハードウェア設計 …… 16
1.電気設計で行うこと／2.電気仕様の確認／3.動力系配線図／
4.制御系配線図／5.盤設計
2.2.2ソフトウェア設計 …… 19
2.3 ロボット制御とは …… 20
1 ロボットの制御プログラムとは …… 20
2 タイムチャート …… 20
3 動作とフローチャート図 …… 21
4 ロボットの安全 …… 22
5 ロボットでよく行われる制御 …… 22
6 プログラムの作成、編集 …… 22
7 マルチ・タスク制御 …… 23
8 ロボットプログラムの命令 …… 23
2.4 ロボットのティーチング …… 24
1 特別教育 …… 24
2 ティーチング作業 …… 24
3 ティーチング作業時の安全 …… 25
4 ロボットの座標系 …… 25
2.5 機械組立 …… 28
1 機械組立とは …… 28
2 組立作業の実務の流れ …… 29
2.6 配管 …… 30
1 配管とは …… 30
2 配管を選ぶ …… 30
3 配管サイズの呼び方 …… 31
4 主な配管（固定部）の接続について …… 31
5 主な配管（可動部）の接続について …… 31
6 配管径の統一による組立コストダウン …… 32
7 配管作業に使用する工具 …… 32

2.7 電気配線 …… 34
1 電気配線とは …… 34
2 電線の種類と端子 …… 34
3 接地（アース） …… 35
4 配線ダクト …… 36
5 資格の種類 …… 37

3 ロボットシステムの構成について

3.1 メカ機構 …… 39
1 安全柵 …… 39
2 コンベヤー …… 39
3 駆動機器（シリンダ、モータ） …… 40
4 センサ …… 42
3.2 電気、制御機器 …… 44
1 制御盤 …… 44
2 PLC …… 44
3 操作盤 …… 45
4 タッチパネル …… 45
5 各種スイッチ …… 46
3.3 産業用ロボットの種類、ハンド …… 49
1 ロボットの種類 …… 49
2 ロボットコントローラ …… 49
3 ロボット架台 …… 50
4 エンドエフェクタ …… 50
5 シミュレーションソフト …… 52

3.4 その他の機構・機器 …… 53
1 パーツフィーダ …… 53
2 ストッカー …… 53
3 インデックステーブル …… 54

4 産業用ロボット単体の知識

4.1 産業用ロボットのメカニズム …… 55
1 垂直多関節型ロボット …… 55
2 水平多関節型ロボット …… 56
3 直交型ロボット …… 56
4 パラレルリンク型ロボット …… 56
4.2 産業用ロボットの制御方式と動作方式 …… 57
1 産業用ロボットの制御方式 …… 57
2 ロボットの動作方式 …… 58

5 本テキストで解説する実習システムについて

5.1 実習システムの構成機器 …… 61
5.2 構成機器の目的、説明 …… 62
5.3 構成機器を製作する場合（材質、外形寸法） …… 63
5.4 構成機器の配線 …… 64
1 ロボットの入力回路配線 …… 64
2 カラーセンサ台配線 …… 65
3 操作スイッチパネルの配線 …… 65

6 ロボットの実習

6.1 ロボットによるピック&プレイス …… 69
1 経由点 …… 70
2 退避点 …… 71
3 教示作業時の注意点 …… 72
6.2 ロボットプログラムの作成 …… 73
1 ロボットプログラムとは …… 73
2 フローチャートの書き方と考え方 …… 73
6.3 ロボットへの入力信号 …… 75
1 どのようにロボットは周辺機器の入力を受け取っているか …… 75
2 入力機器の種類 …… 77
6.4 ロボットによる外部機器の制御 …… 82
1 どのようにロボットは信号を出力しているのか …… 82
2 アクチュエータの種類 …… 83
3 電磁ソレノイドの構造と原理 …… 83
4 出力信号を利用したプログラム …… 85

掲載画像提供企業 …… 86

1 はじめに

1.1 本テキストについて

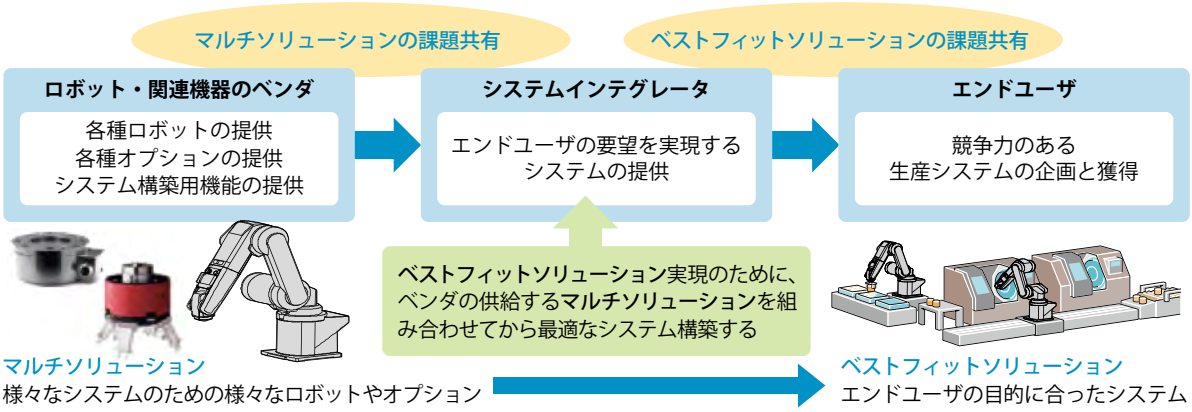
本テキストは、ロボットシステムインテグレータとしてロボットシステムを作り上げるために必要な技術である、システム設計、電気設計、組立・配線、ロボット制御の各技術について、総合的な内容をまとめて解説したものです。

本テキストと合わせてロボット実習装置を活用しながら学習することで、上記の技術の理解が深まります。

なお、本テキストはロボットメーカに依存しない共通の内容としてまとめてあります。ロボットメーカ固有の操作方法やプログラミング方法については、別冊のロボットメーカ別テキストを用意しています。こちらを参照していただくことで、ロボットメーカ別の内容が理解できるようになっています。

1.2 ロボットシステムインテグレータの役割

ロボットメーカが販売する「産業用ロボット」には、ものをつかむためのハンドは付いておらず、動き方もプログラムされていません。そのため、企業が単独で自社の生産ラインに適合するように、ロボットシステムを構築することは難しい場合が多くなっています。



出典：経済産業省「ロボットシステムインテグレータのスキル読本」

ロボットシステムインテグレータの役割

製造業において、ロボットシステムをはじめとする自動化設備投資とは、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す。

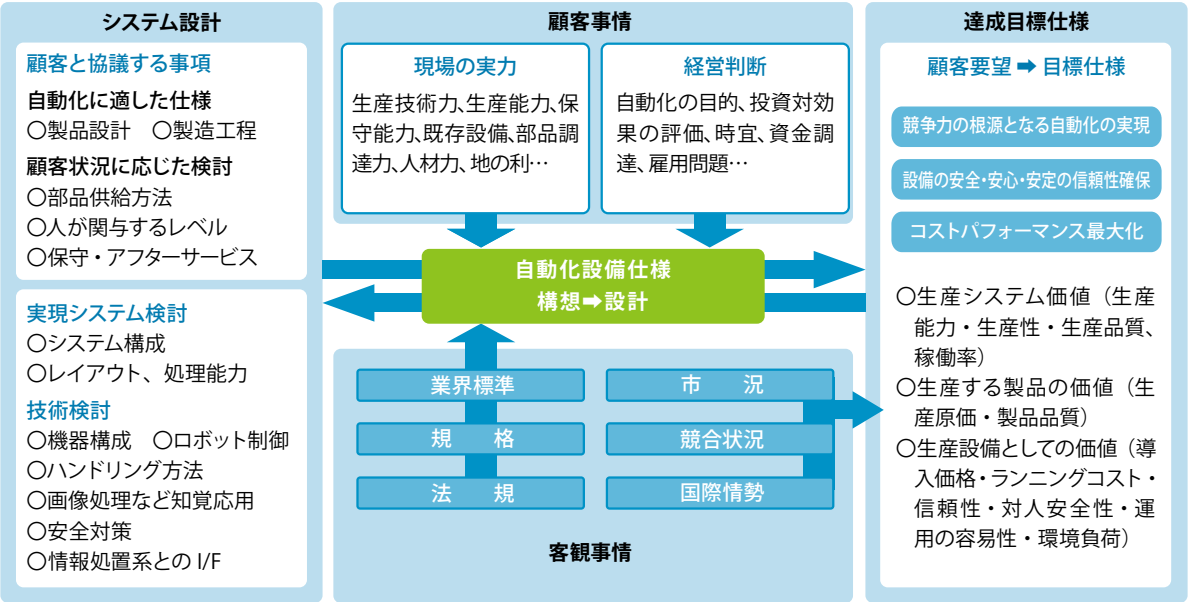
効果の高い設備導入により強い競争力を生み出すためには、その企業にとって最適な自動化は何か、これを見極めることが最重要ポイントです。導入設備稼働後も競争力維持のためには、引き続き改良改善活動も必要です。

こうしたロボットを使用した機械システムの導入提案・設計・構築などの役割を担うのがシステムインテグレータとなります。

ロボットメーカにとって最終的な需要顧客はユーザです。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、ロボットシステムインテグレータを意識する傾向はますます強くなっています。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しますが、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も尊重することとなります。

最近のロボットメーカ各社では、ロボット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ますが、ここには、具体的なシステム商談での協業体制作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ります。

いずれにしても、このような体制の有無にかかわらず、ロボット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ります。あらゆる自動化機器についても同様で、ロボット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す。



出典：経済産業省「ロボットシステムインテグレータのスキル読本」

ロボットシステムインテグレータが考慮すること

1.3 ロボットおよびロボットシステムの安全について

1 産業用ロボットシステムの安全制御

ロボットのシステムインテグレータが産業用ロボットを導入してロボットシステムを構築する場合、ロボット本体が具備する安全機能を利用して、周辺機器や外部の保護装置類を接続することが基本です。

例えば、ロボット本体の基本安全機能である保護停止を実現するため、外部保護装置を含めた安全制御系（インタロックシステム）を構成して、人がロボットに接近するとロボット可動部が停止する仕組みとします。そのため、安全確認型インタロックの運転許可信号の生成用として、人の接近をオフ信号で出力する安全確認型センサを選択します。

2 産業用ロボットシステムへの機能安全の導入

従来の電磁リレーを用いるインタロック構成は、安全関連部と非安全関連部がハードウェアとして分離していましたが、接点が電子式装置に置き換わり、ソフトウェアが関与するようになって、機能安全機器を導入して制御システム全体をフレキシブル化、高機能化することが可能となってきました。

一方、機能安全規格の側面として、安全性の定量的評価の考え方が入っていることが挙げられます。

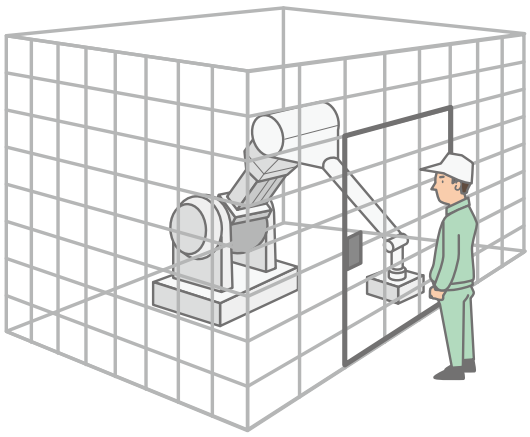
危険側事象の発生確率を信頼性の観点から数値として算出できるので、例えば、安全確認型センサと危険検出型センサのそれぞれの安全性能を同じ尺度（危険側故障確率）で論じることができます。すなわち、危険検出型センサであっても強力な診断機能が付与されれば、故障時に危険側に推移する確率を下げることが可能となります。

このように、選択できる保護装置が増えてフレキシブルなシステム構成が可能となることで、新しいシステム構成が提案されてきています。例えば、産業用ロボットと人とのワークの授受のアプリケーションを想定すると、ロボットを従来の柵（固定ガード）で囲って人が柵内に進入するときは特定の入口（可動ガード）のみとし、進入時はロボットが停止してワークを授受する構成（**図1-1**（a））が基本です。

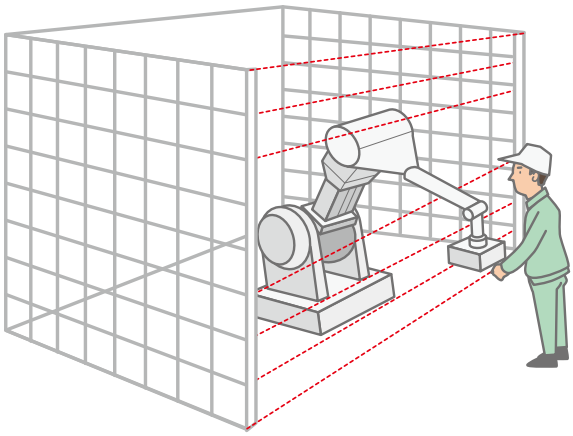
ロボット自動運転中の人との隔離を基本とするため、単純なインタロック機能で機能安全を実現できます。次に、ワークの受け渡しを稼働中のロボットの可動範囲内で行う場合は、特定の入口を経由して行う場合は協働運転と見なすことができ、安全関連部の制御系の構成が重要となります。例えば、図1-1（b）のように光線センサ（ライトカーテン）の一部を無効化して人に近接する場合、このセンサとの連携から近接時のロボット動作を限定するための制御が行われます。

そのため、停止機能だけでなくロボット動作に関わる制御（位置、速度、力など）が限定範囲で機能的な安全制御系となります。

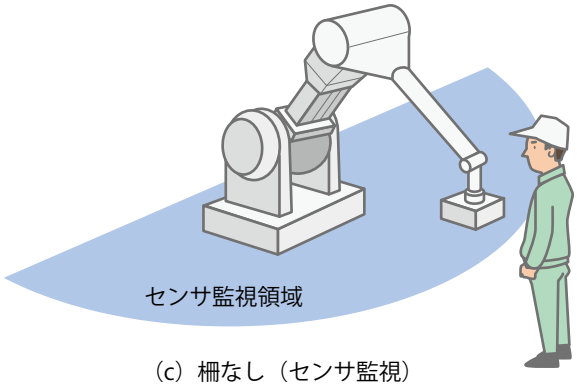
さらに、フレキシブルな構成として柵なし環境での協働運転（図1-1（c））を想定すると、ワーク受け渡し場所は固定する必要はなくなりますが、その実現条件として、ロボット可動部と人との距離（速度）を常時モニタするいわゆるバーチャルフェンス機能を構築しなければなりません。このよう



（a）柵あり（可動ガード付き）



（b）開口部あり（光線センサ）



（c）柵なし（センサ監視）

出典：厚生労働省「機能安全活用実践マニュアル　ロボットシステム編」

図 1-1：産業用ロボットとのワークの授受のシステム構成

な監視のためのセンサには、赤外線、レーザー、電界、超音波、内界センサ（エンコーダなど）など様々な適用が考えられ、安全制御の高機能化に伴う機能安全の安全制御への導入は必然ともいえます。

補 足

産業用ロボットに関する安全の基本知識に関しては、中央労働災害防止協会「産業用ロボットの安全必携―特別教育用テキスト―」を参照ください。

2 システムインテグレータに求められる技術

この章では、ロボットシステムを構築するために必要な技術領域と、各技術領域で何を設計する必要があるかを説明します。

システム設計とは、エンドユーザの要望を実現するロボットシステムを設計することであり、ロボットシステムは機械設計、電気設計（ハードウェア／ソフトウェア）、ロボット制御設計、機械組立、配管、配線といった工程を経て完成します（**図2-1**）。

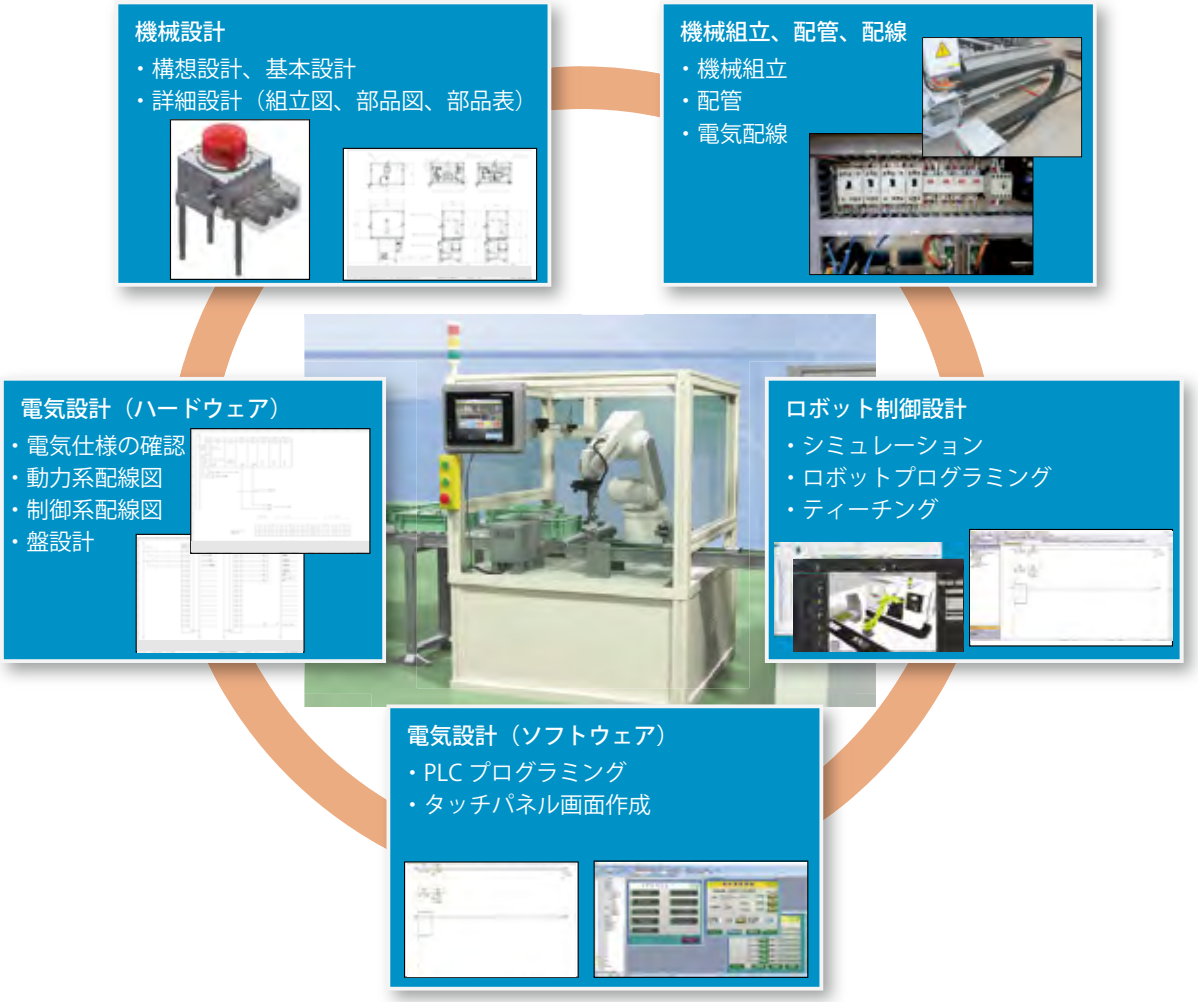


図2-1：システム設計の全体図

ロボットシステムができるまでのフロー

ロボットシステムが出来上がるまでの流れと各技術者が何を設計し、各技術者がどのように連携しロボットシステムを完成させるか理解しましょう（**図2-2**）。

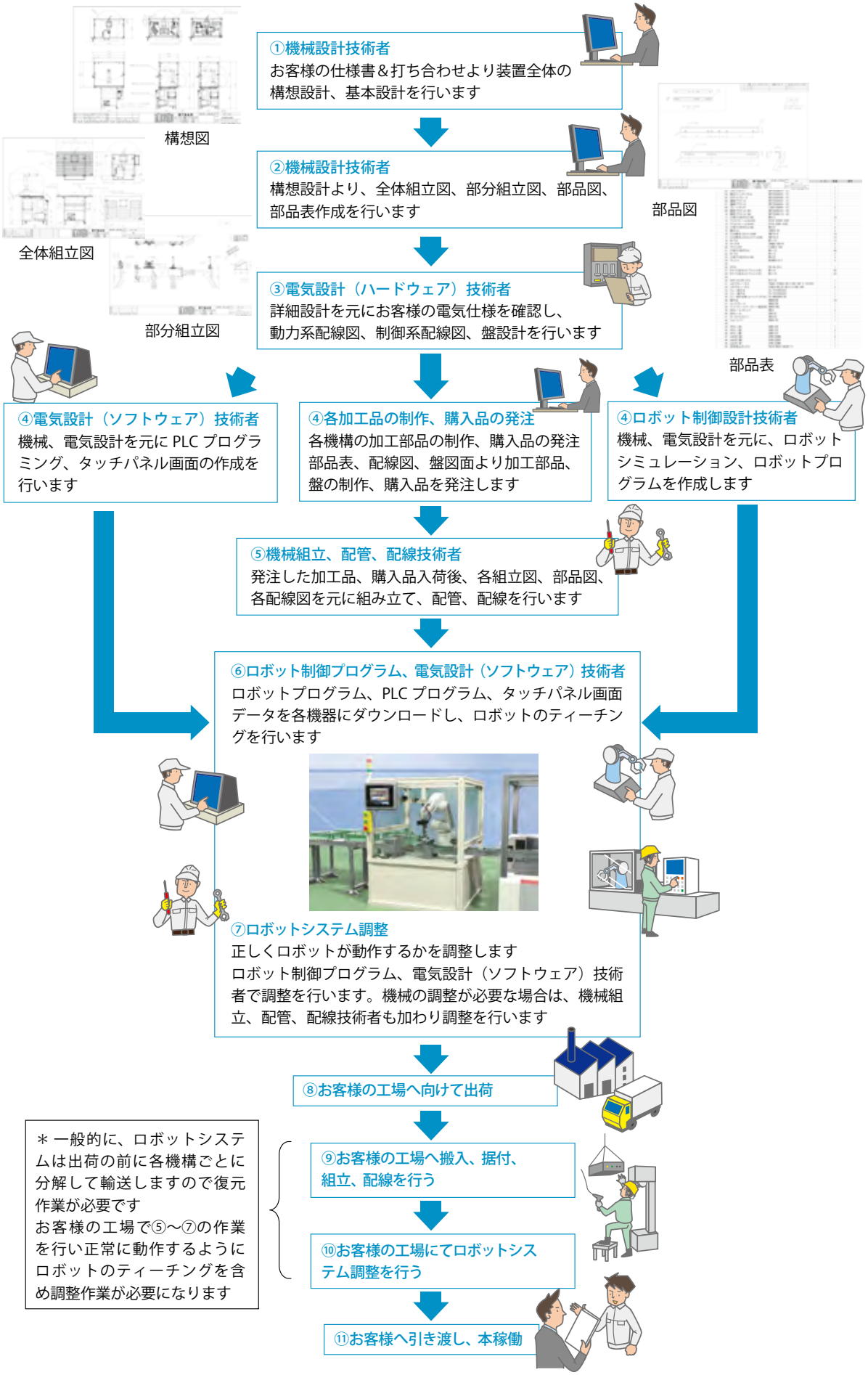


図2-2：ロボットシステムができるまでの流れ

2.1 機械設計

1 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います。その基本設計作業プロセスは、下記の3つから成ります。

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ます。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ります。

2. 基本設計

3Dモデル化や図面化を行い、加工や組立のしやすさ、精度の出しやすさを検討します。

3. 詳細設計

具体的な製作図を作り、強度計算および剛性のための応力解析シミュレーションなどを行います。

2 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、どのよう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す。

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ます（**図2-3**）。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事項を記入して図面を完成させます。

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技能検定　機械・プラント製図（機械製図手書き作業）で述べられています。

製図は従来手書きでドラフターを使用して行われていましたが、今日では、2次元や3次元CAD（コンピュータ支援による製図）を使用して作図が行われています（**図2-4**）。

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す。

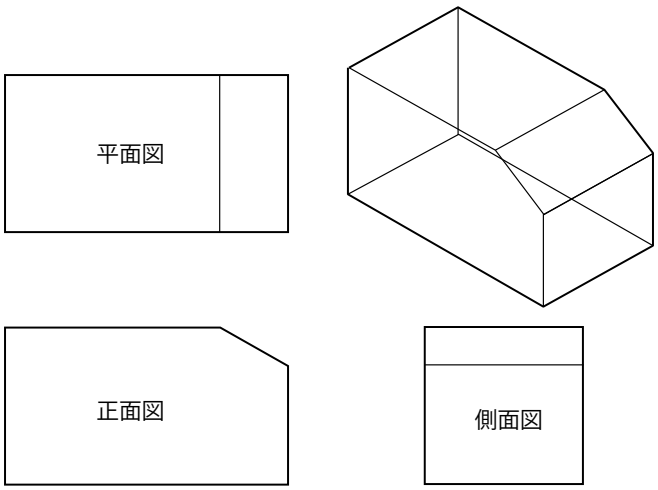
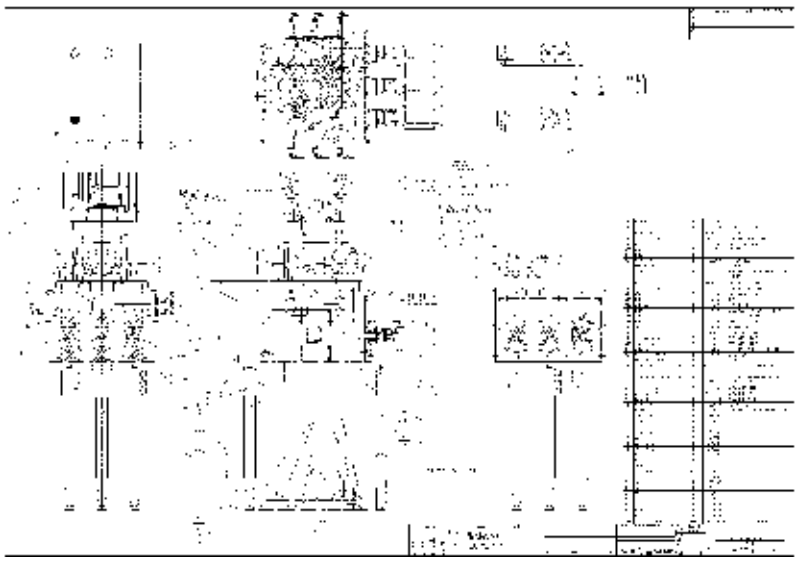


図2-3：三角法

3 次元機械設計モデル例



2 次元機械設計図例

図 2-4：設計図例

3 設計のための知識

システム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）はもちろんですが、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ります。

4 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ります。

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）を組み合わせてシステムを完成させます。

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ります。

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、原因を突き止めて、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ります。

5 図面構成

機械設計図面は、構想図、全体組立図、部分組立図、部品図、部品表の5種類で構成されます（**図2-5**）。

①構想図

ものの大きさ、求める性能、使用機器を記入します。

②全体組立図・③部分組立図

製品と機械との関係を表すとともに、各部品図の部品がどのように結合されているかを表します。部品図の番号や、購入部品のメーカ、型式番号、数も記載します。

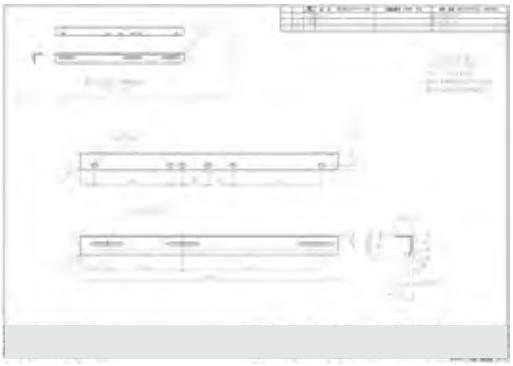
④部品図

部品の材質、材料寸法や接合方法（溶接、接着）、機械加工に関する詳細方法を詳しく表します。製作数も明記します。部品番号は組立図内の組付部品番号と一致させなければなりません。

⑤部品表

部品番号にもとづき、部品名称、メーカ、型式、材質、製造数または手配数を明記します。組立図の図番と一致させておく必要があります。

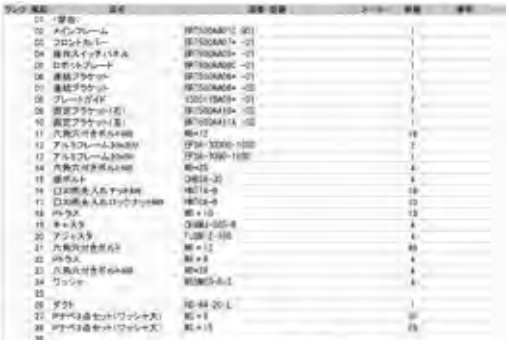
①構想図



④部品図

②全体組立図

③部分組立図



⑤部品表

図2-5：機械設計図面例