

# 工作機械



機械工場における各種工作機械

光和商事(株) 荒木 巍

H18.7.21

## 工作機械の基本性能

**工作機械**: 機械を構成する部品を一般的には切削加工して製作する機械。**旋盤、フライス盤、ボール盤、形削り盤、研削盤、中ぐり盤、歯切り盤**など様々な種類がある。一般に加工対象物もしくは刃のどちらかを回転させ、両者の相対位置を制御することで目的の形状に加工する。加工対象物としては、金属、木材、プラスチックなど。刃としては、ドリル、エンドミル、バイトなど。近年では、相対位置の制御を自動化することで、生産効率を高めたNC加工を行う工作機械が主流。

表13-1 工作機械に要求される項目

精度	幾何精度、運動精度、動的応答性、静剛性、動剛性、熱剛性(低熱変形)
能率	高除去率(高速切削、重切削)、短切削時間
柔軟性	多機能化、複合化、数値制御
信頼性	剛性、部品点数、動作状態「見える化」、異常内容の「見える化」
安全性、操縦性	切削時モニタリング、非接触測定システム
保守容易性	工具寿命、切りくず処理、軸受メンテナンスフリー(グリース給油)
経済性	待機時消費電力削減、設置スペース(大きさ)
環境対応	潤滑油消費量、消費電力、騒音対策

表13-2 工作機械の種類

名 称	英 語 名 称	工 具	備 考
旋盤	Lathe	バイト(tool bit)	外径切削
フライス盤	milling machine	フライス(milling cutter)	平面切削
ボール盤	drilling machine	ドリル(drill)、リーマ(reamer)	穴あけ
形削り盤	shaping machine	バイト(tool bit)	平面切削
研削盤(注1)	grinding machine	研削砥石(grinding Wheel)	
中ぐり盤	boring machine	バイト(tool bit)	内径切削
歯切り盤(注2)	gear cutting machine	ホブカッター(hob cutter)ほか	歯形切削
ブローチ盤	broaching machine	ブローチ(broach)	特殊形状加工(2次元)
マシニングセンタ	machining center, CNC milling machine	各種工具	
複合加工機	Turning mill	複合加工機は通常の工作機械より生産性は2割以上向上するが、価格は2割高い。メリットは大きく三つ;(1)生産リードタイムの削減、(2)加工精度の向上、(3)複雑形状のワークに対応可能	

注1: 研磨には「研磨盤」「ホーニング盤」がある。

2: 「ホブ盤(gear hobbing machine)」「歯車形削り盤(gear shaping machine, gear shaper)」がある。



図13-1a 複合加工機

# 旋盤

**旋盤** (lathe) : 被切削物をモータを用いて回転させ、バイトと呼ばれる工具で切削する。主に「外丸削り」、「中ぐり」、「穴あけ」、「ねじ切り」、「突切り」と呼ばれる各加工を行う

表13-3 各種旋盤

•普通旋盤	もともと標準的な旋盤
•卓上旋盤	小型の旋盤であり、作業台などの上に据え付けて使用される。「ベンチレース」とも呼ばれる
•正面旋盤	比較的大型の主軸が作業者の正面を向いた旋盤
•立旋盤	主軸が上を向いた旋盤。
•タレット旋盤	タレット式の刃物台を持った旋盤
•倣い旋盤	倣い装置によって形状の複製を可能にした旋盤



図13-1 旋盤のバイト

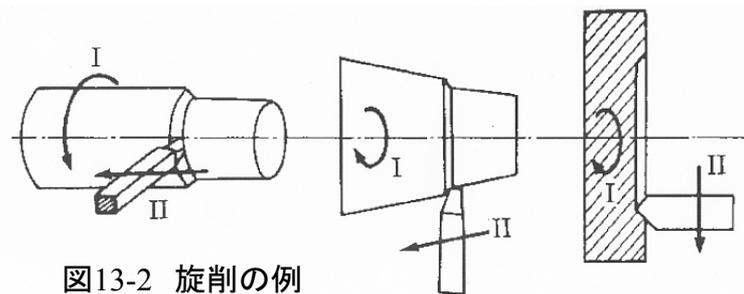


図13-2 旋削の例

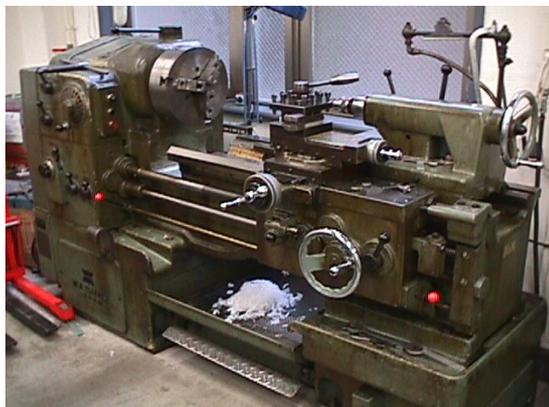


図13-3 旋盤(旧 & 新)

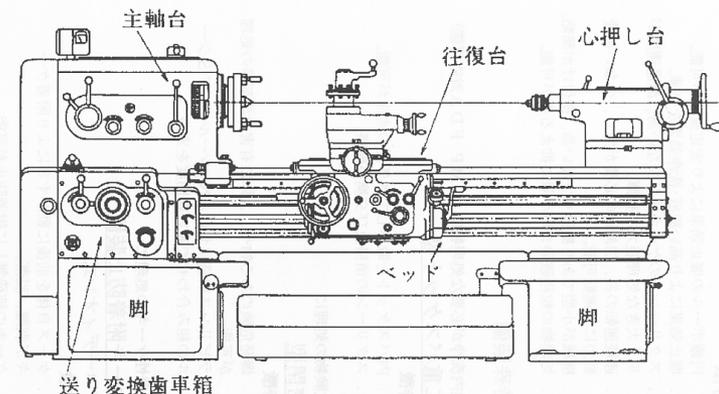


図13-4 旋盤の構造

# フライス盤

フライス盤 (Milling machine) は、フライスと呼ばれる工具を用いて平面や溝などの加工を行うものである。主軸の先端に取り付けた工具に回転を与え、対象物はテーブル上に固定し、工具またはテーブルを工具の回転中心軸と垂直の方向へ動かして切削する。

• 立フライス盤、横フライス盤、卓上フライス盤、プラノミラー (Planomiller) などの形式がある。



図13-5 超大型プラノミラー



図13-6 立フライス盤

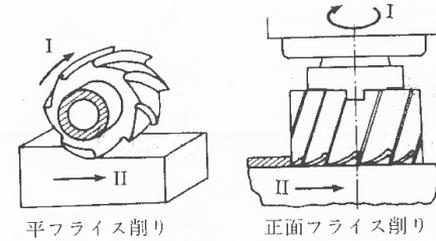


図13-7 フライス削り



図13-8 フライスカッター

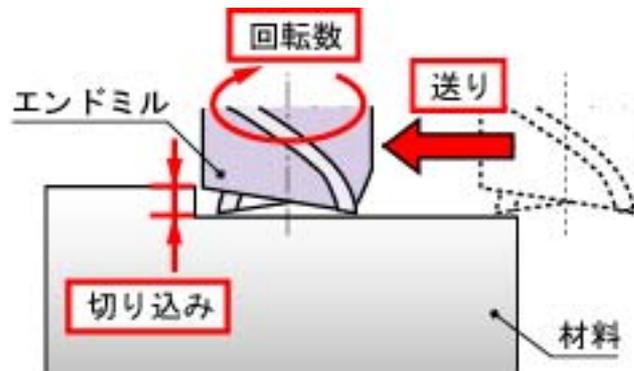


図13-9 エンドミル

# ボール盤

**ボール盤(Drilling machine)**: 穴をあけるための工作機械。台状のテーブルに加工する素材を置き、主軸に取り付けたドリルまたはリーマ(Reamer)などの切削工具を回転させることで加工を行う。

穴あけ、座ぐり、きりもみ、皿もみ、リーマ通し・ねじ立て・中ぐり・もみ下げに使用される。

表13-4 各種旋盤

卓上ボール盤	小型のボール盤であり、作業台上に据付けて使われる。主に穴径13mmまでの加工が可能。
直立ボール盤	床に直接据え付けられるボール盤で、一般的なもの。穴径50mm程度まで。
ラジアルボール盤	コラム(主柱)を中心に主軸頭の旋回などできる構造のもので、工作物が大きい場合に使われる。
多軸ボール盤	多数の主軸のあるボール盤で、同時に何箇所もの穴あけ加工が可能。多量生産などに適した専用のもの。
多頭ボール盤	一つの台に、直立ボール盤あるいは卓上ボール盤のコラムから上の部分を数台並べたものである。各主軸頭は、それぞれ単独に操作される。
深穴ボール盤	深い穴をあける専用のボール盤
ガーダボール盤	大型の工作物の加工に適したボール盤
タレットボール盤	タレット式刃物台を持ったボール盤
数値制御(NC)ボール盤	NC制御装置を付けて加工の自動化を図ったボール盤

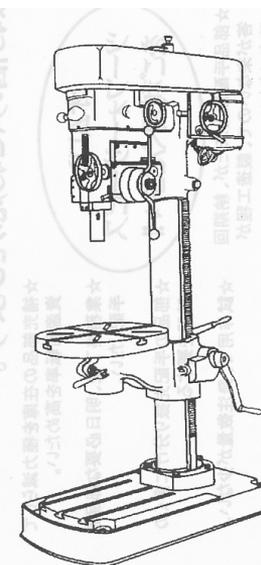


図13-10 ボール盤

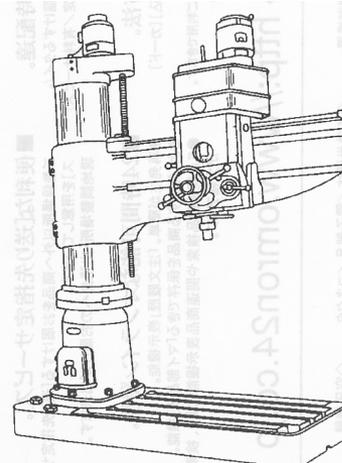


図13-11 ラジアルボール盤

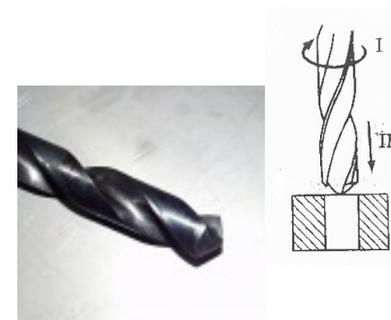


図13-12 ドリル

## 形削り盤

形削り盤 (Shaping machine): テーブルに固定した工作物に直線送り運動を行い、バイトに直線切削運動を与えて平面加工を行う工作機械。切削の基本形式から見て、平削り盤、立て削り盤なども同形式の工作機械といえる。



図13-13 形削り盤

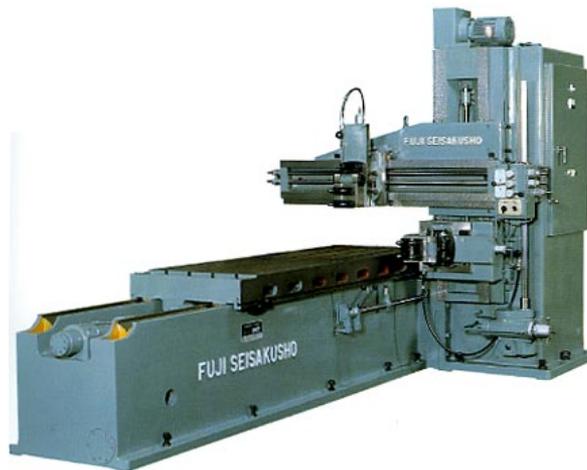


図13-14 平削り盤

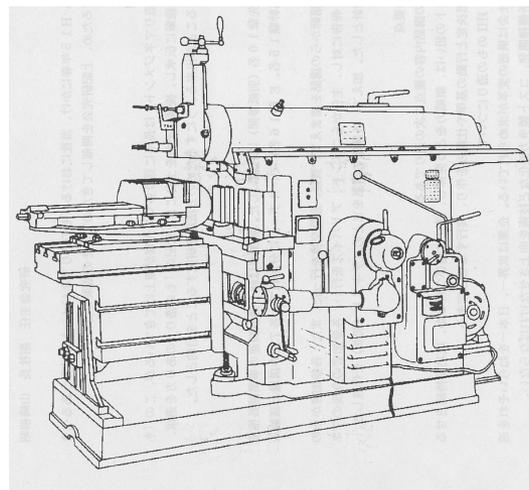


図13-17 形削り盤の構造

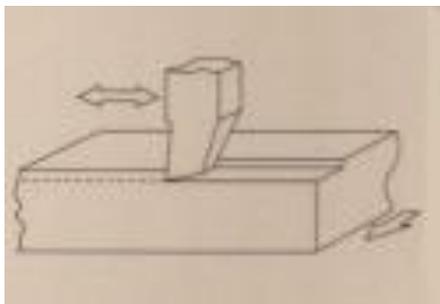


図13-16 形削り盤の加工

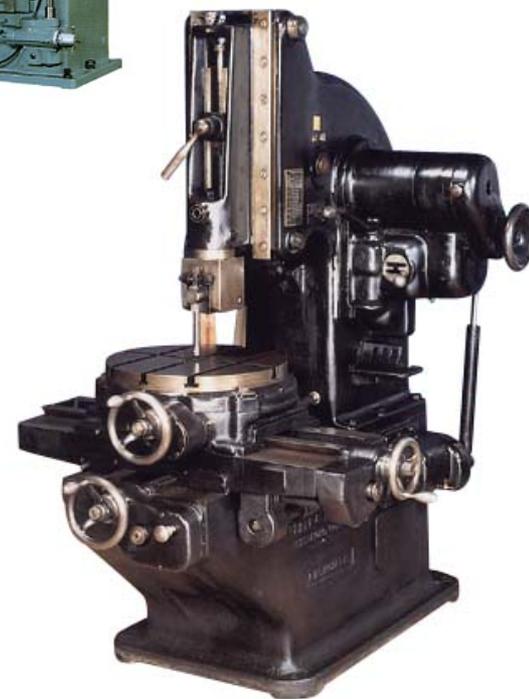


図13-15 立て削り盤

## 研削盤

**研削盤:** 高速度で回転する研削砥石を使用して工作物を削る加工機械。これは、バイトやフライスなどの刃物で削れないような硬い材料の加工に使われるだけでなく、普通の硬さの材料に対しても、旋盤やフライス盤などで前加工した後を最終的に仕上げ、よりいっそう精度の高いものにするために使われている。

円筒形工作物の外周研削用の円筒研削盤、平面仕上げ加工をする平面研削盤、丸い穴の内面仕上げ加工をする内面研削盤などの種類がある。



図13-18 研削盤



図13-19 万能研磨盤での作業状況



図13-20 研削砥石

## マシニングセンタ

**マシニングセンタ**(machining center, CNC milling machine) : 複合的な加工を行なう工作機械の一種。おもに切削加工を目的としている。多数の切削工具を有し、コンピュータ数値制御(CNC)により加工工具の交換、機械加工を自動で行う。いわゆるフライス盤の進化系といわれるもので、CNCを搭載したフライス盤とも言える。

マシニングセンタには、大きく分けて立型と横型があり、ワークを削る主軸が鉛直方向のものを「立型」、水平方向のものを「横型」と言う。マシニングセンタと、工作機械の顔とも言われる旋盤との大きな違いは、マシニングセンタ(フライス盤)は刃物を回転させてテーブルに固定してある被削物を削るもので、旋盤のように被削物を回転させて削るものとは異なる削り方をするもの。



図13-21 CNC加工機



手前には工具が取り付けられていない主軸とATCアームが、その奥にはツールマガジンに収納されたメントリカッタとエンドミルが見えている。工具交換時にはATCアームが180度回転し、主軸に保持されている工具をツールマガジンに収納されている工具と交換する。



工具は番号のついたツールポケットに収納されている。必要に応じて主軸への取り付けを行うために、あらかじめ次の工具が交換位置に移動される。通常この動作は前の工具で加工が行われている間に完了するようになっている。写真の工具は手前からエンドミル、メントリカッタ、フェイスミル。

図13-22 ATC(工具自動交換)

## 工作機械の歴史

- 1889 池貝鉄工所創業、旋盤2台を製作
- 1895 芝浦製作所、旋盤および平削盤を製作
- 1905 大隈麵機商会(現オークマ)、陸軍砲兵工廠の注文で工作機械の製造を開始
- 1950 日立精機、大戦後初のタレット旋盤を開発
- 1951 日本工作機械工業会(略称:日工会=にっこうかい)創立。(1978年に社団法人となる)
- 1952 池貝鉄工所、国産初の倣い旋盤を独自開発、大河内記念賞受賞
- 1953 三菱重工、国産初の量産用トランスファマシンを開発
- 1955 日産自動車、日立精機および東芝から自動車産業用の全工程トランスファマシンを導入
- 1958 富士通信機、NCフライス盤を開発、大阪国際見本市に展示
- 1959 津上製作、小型超精密円筒研削盤を開発
- 1967 東芝機械、NCプロペラ翼加工機を完成
- 1968 国鉄(大宮工場)、池貝鉄工、富士通が工作機械21台を制御する群管理システムを完成
- 1970 シチズン時計、小型精密旋盤を開発
- 1975 ディスコ、ダイシングソー(半導体ウェハー切断装置)を開発、市販開始
- 1980 富士通ファナック等、大容量バブルメモリとカスタムLSIをもったCNCを開発、機械学会賞を受賞
- 1982 日本の工作機械産業の生産額は米国を抜いて世界一となる。以降世界一を継続
- 1999 森精機、複合加工対応CNC旋盤で日刊工業新聞社新製品賞受賞
- 2006 牧野フライス、立型MC(V99)について、機械工業デザイン賞-日本工作機械工業会賞を受賞



図13-23 池貝鉄工所の旋盤初号機



図13-24 小型精密旋盤  
シチズン時計

# 工作機械の市場

(単位:百万円)

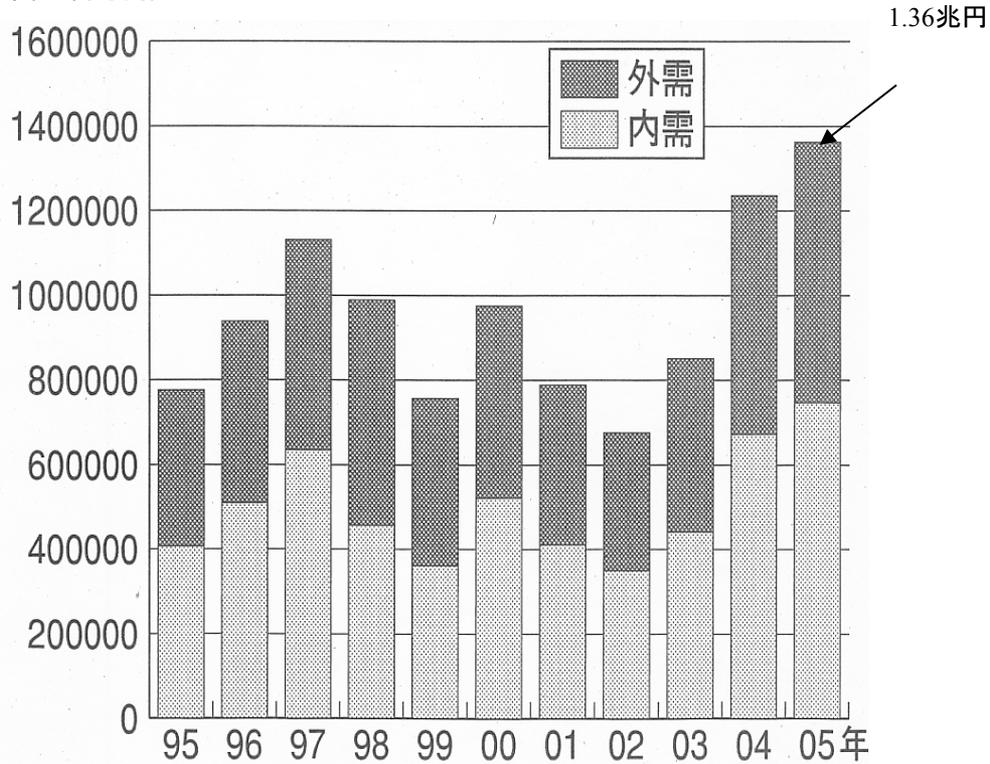
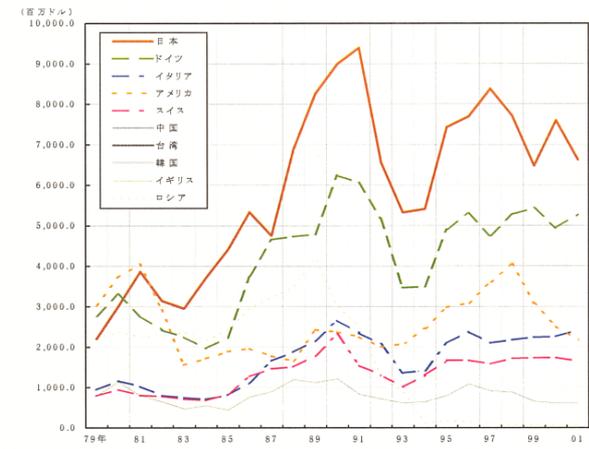


図13-25 工作機械の受注動向(暦年)  
日本工作機械工業会



出典: American Machinist, Gardner Publication 統計資料より作成

図13-25a 主要国の工作機械生産額

## 工作機械の仕向け先:

内需;自動車、中小企業一般機械(含、金型産業)、電気・精密機械(含、半導体、液晶製造装置)

外需;新興市場(中国、インド、東欧)、北米(需要回復)、ヨーロッパ(底打ち感)

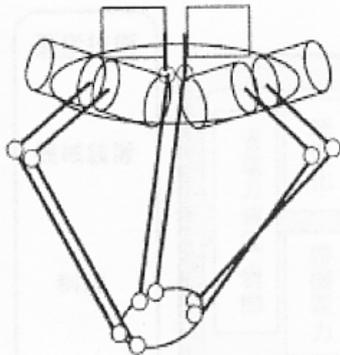
主要工作機械メーカー

表13-5 主な工作機械メーカー

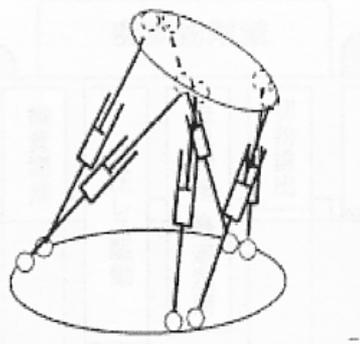
主 要 12 社 *1	06年度受注計画*1(億円)	特 記 事 項 (主力製品など)
オークマホールディングス	1780	岐阜県可児工場に新棟を建設する。旋削機能付5軸MCを2006年春発売
森精機製作所	1575	複合加工機NTシリーズ、2タレット旋盤
牧野フライス製作所	1300	中国・インド工場を増強、立型、横型、5軸マシーニングセンタが主力
日平トヤマ	750	自動車用専用機(トランスファマシ、MC機械)が得意
ソディック	730	放電加工機が中心事業
OKK(大阪機工株式会社)	370	2006年5月に大型マシーニングセンター組立工場完成
ツガミ	355	精密工作機械、精密測定器、精密工具を製造・販売
岡本工作機械製作所	340	タイ工場を増強、砥粒加工機(各種研削盤)メーカー
エンシュウ	230	MC機械のほか高出力半導体レーザ加工機が主力製品
滝沢鉄工所	240	複合CNC旋盤TNR-Seriesを発売
東芝機械	360	非球面プラレンズ金型向け超精密加工機を開発、門型MC機械等が得意
三菱重工業	480	滋賀県栗東工場に50億円投資(06年)
ヤマザキマザック(非上場?)		岐阜県美濃加茂第2工場を稼働、新複合加工機 INTEGREGX
ジェイテクト(旧豊田工機)		環境対応型円筒研削盤GL20を発売
その他のメーカー		アマダ、テクノワシノ(CNC)、西島(CNC)、三井精機、日立精機、ファナック

\*1: 日刊工業新聞 2006.5.24による (06年度)

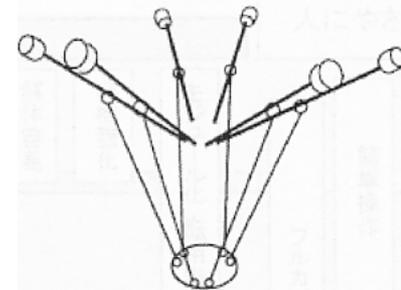
環境規制	ダイオキシンなどの大気環境基準対策として非塩素系切削油剤への切り替え、油剤使用量の削減などが進行中。カバーをかけたミスト拡散防止、騒音防止などの配慮が求められている
リニアモータ駆動	リニアモータは歯車やボールねじ等の駆動伝達媒介を省くことができ、高推力・高加速が達成できる。今後は超精密加工機への利用が多くなると期待されている
パラレルメカニズム	従来の工作機械の案内機構である直線X,Y,Zの3次元の動きを合成して案内する方式から、加工の目的位置へ直接移動できるパラレルメカニズムの工作機械の案内機構への応用が進められている。駆動部の軽量化が可能となり、駆動エネルギーも少なくて済む
超精密加工機	半導体、光学素子、金型向けになど数十ナノメートルの加工精度が求められるようになっている。加工精度検出、検出量の経時変化、主軸振れ、防塵などの技術が必要



屈曲型パラレルメカニズム



伸縮型パラレルメカニズム



スライド型パラレルメカニズム

図13-26 パラレルメカニズムの基本構造例

# キーワード

マザーマシン	工作機械は「機械を作る機械」であることから、こう呼ばれる。産業製品の製造に不可欠の機械で、その中心はMC機械
5軸制御MC	普通の3軸制御MCに回転2軸を付加したもの。工具姿勢を任意に保つことが可能となり、よりフレキシブルな形状の加工や工具にとって最適な姿勢での加工が可能となる
複合加工機	回転切削型MCに研削加工・溝加工を加えた加工機、旋盤に穴あけ加工を付加した加工機は開発済み。今後は旋削・ミリングに研削、歯切り、レーザ、光造形等の加工を1台に取り込んで、一度のワーク取り付けで完成品のできる複合加工機が期待される
光造形	CADといわれる立体デザインシステムを使ってコンピュータ上で3次元のデータを入力し、そのデータ通りに樹脂積層の中に紫外線レーザーを照射して形状を作っていく造形技術
トランスファーマシン	加工箇所が多く複雑な形状をもつ自動車エンジン部品などを、1つの加工機から次の加工機へと自動的に伝送して連続加工する高能率の大量生産用自動加工機

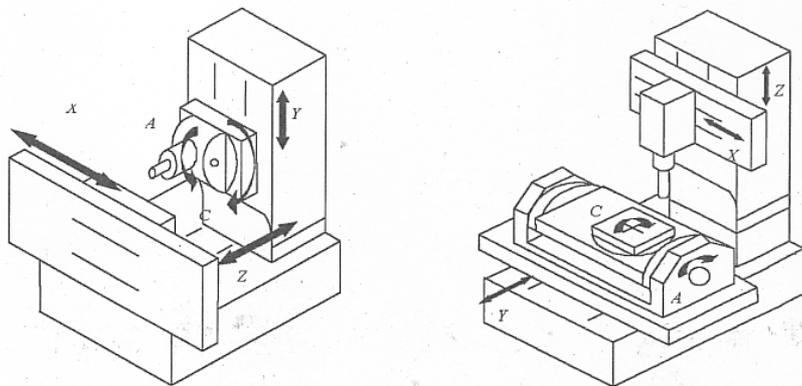


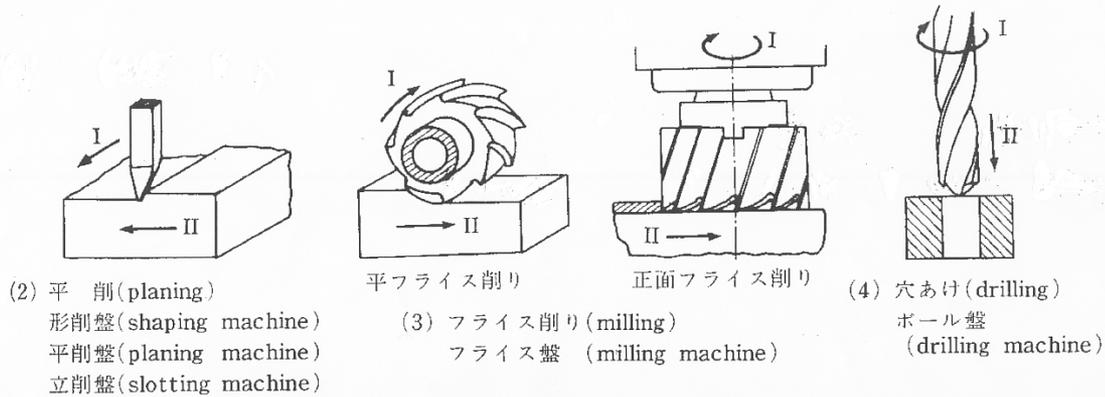
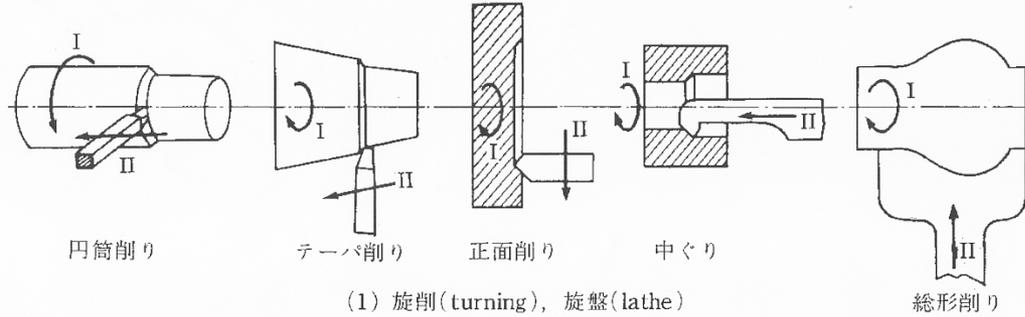
図1 主軸旋回形5軸MC(左)とテーブル旋回形5軸MC(右)

図13-26a 5軸制御



図13-26b トランスファーマシン

# 切削の基本形式



参考図13-1 切削の基本形式

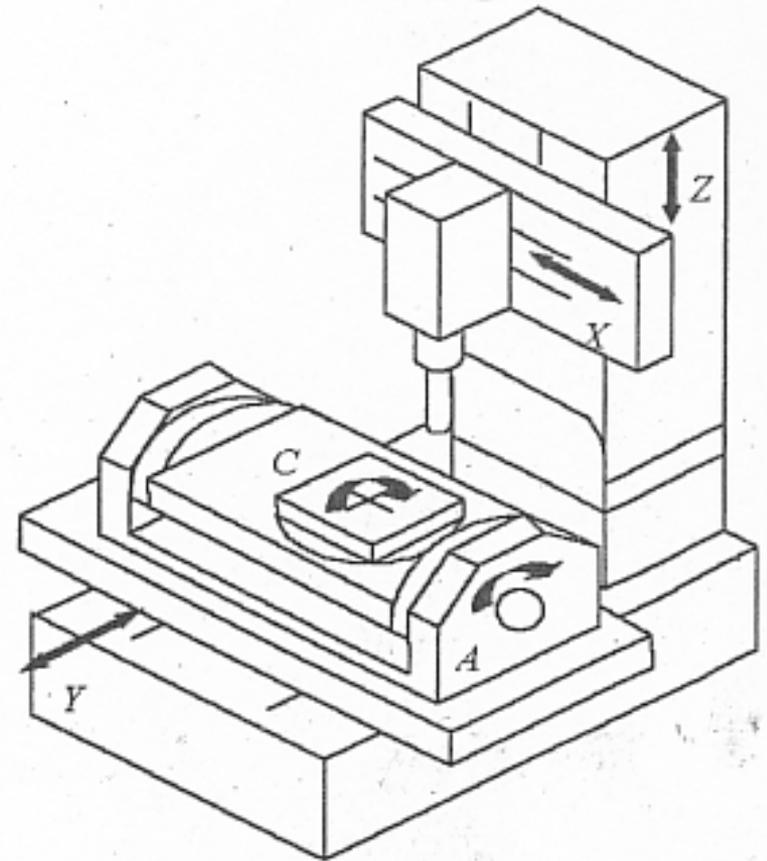
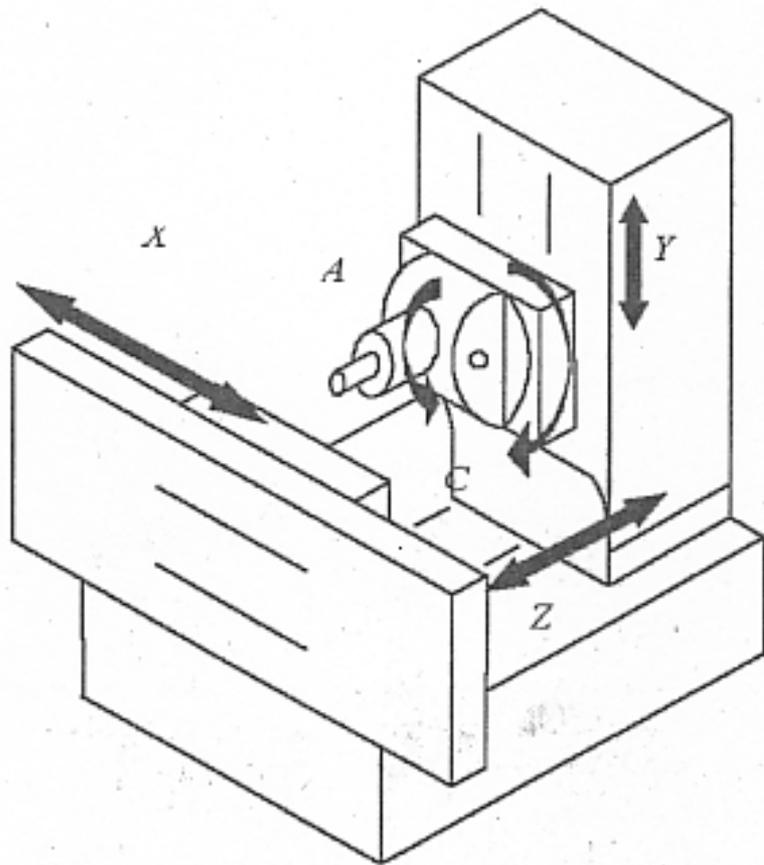
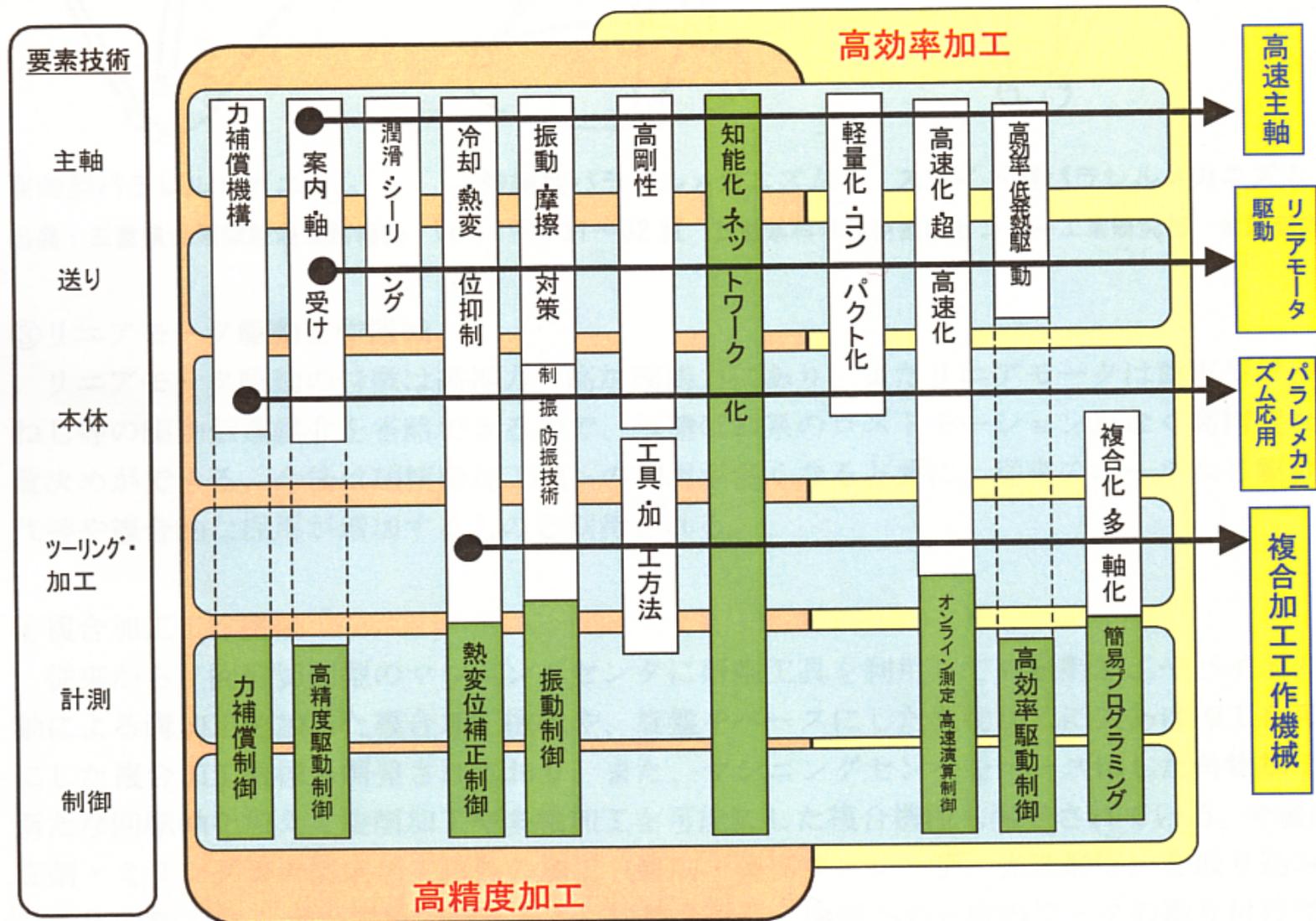
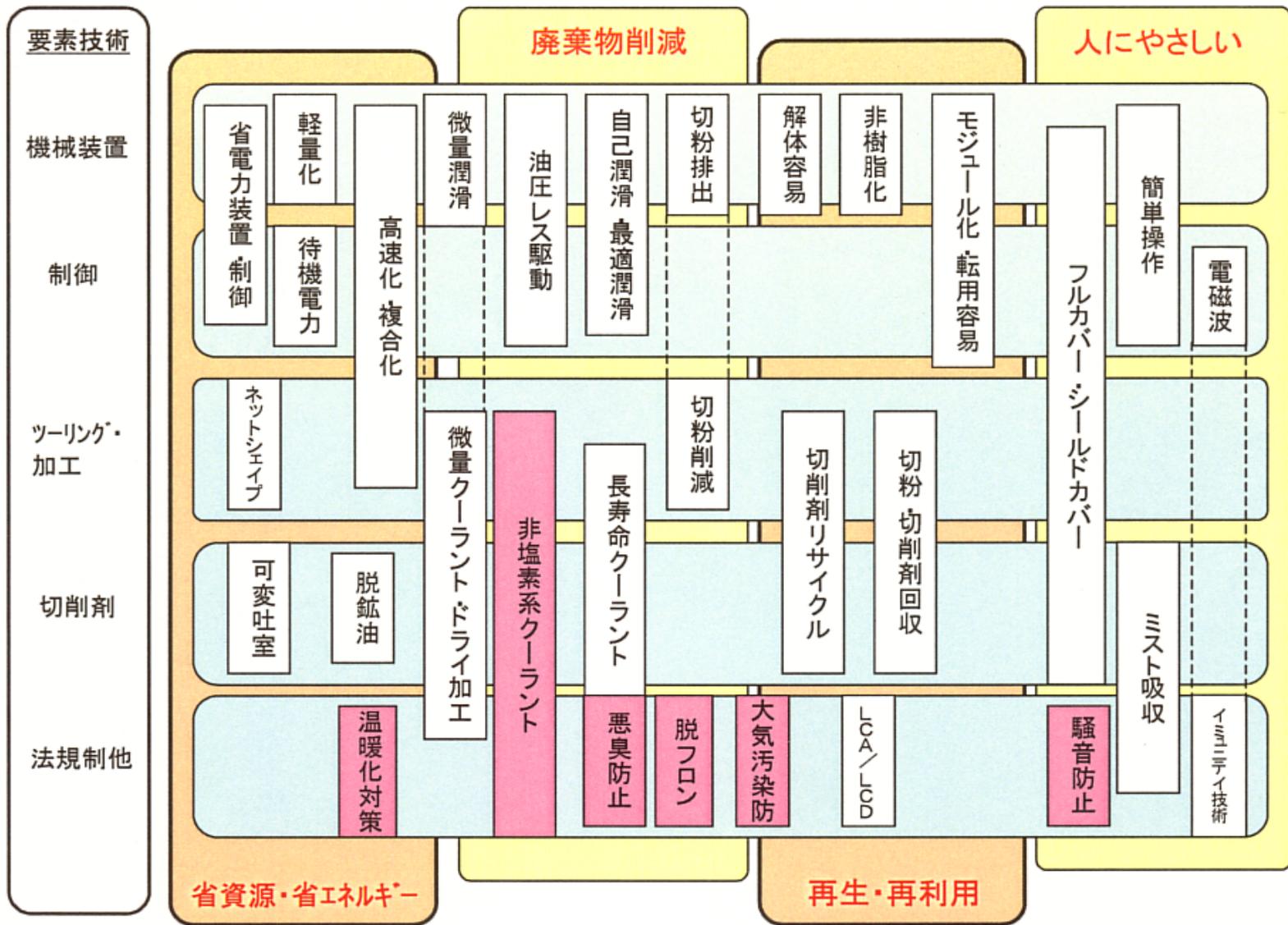


図 1 主軸旋回形 5 軸MC (左) とテーブル旋回形 5 軸MC (右)

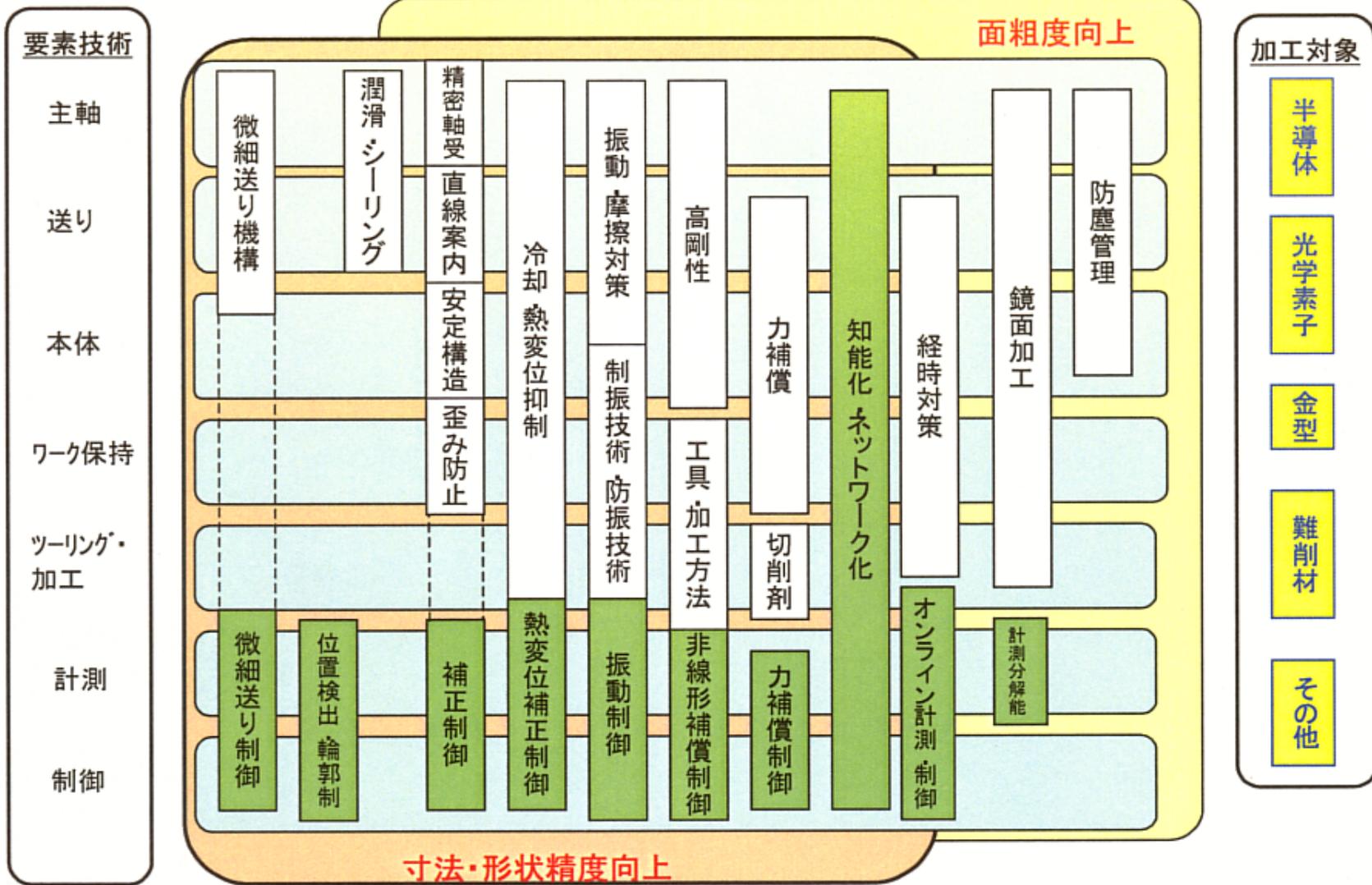
参考図13-2 5軸制御



参考図13-3 高精度・高効率加工の技術俯瞰図



参考図13-4 環境対応型工作機械の技術俯瞰図



参考図13-5 超精密加工工作機械の技術俯瞰図

## 参考資料

1. 日本工作機械史論 長尾克子 日刊工業新聞社 2004.3.30
2. 次世代工作機械に関する特許出願動向調査 特許庁 2003.5.15
3. 日本機械学会会誌 各号
4. 日刊工業新聞記事
5. 各社HP

