

## 高位機種でも欧米に迫る

日本の工作機械業界は、中位機種から高位機種まで広く展開することで発展を遂げてきました。かつて欧米メーカーの独壇場とされていた宇宙・航空といった高位機種でも存在感を増しています。

### 日本の工作機械業界は中～高位機種に強み

工作機械は、加工精度と価格によって低位機種から高位機種まで市場が分かれています。日本の工作機械業界は、中位機種から高位機種まで幅広い分野に値ごろ感のある価格で展開することで発展を遂げてきました。

低位機種は加工精度への要求はさほど高くありませんが、安価なことが求められ、主に一般部品の加工に使われます。量産機とも呼ばれ、市場規模も最大です。中国はNC装置を搭載していない低位機種を大量生産することで世界最大の生産国となりました。

中位機種は自動車や電機などの高品質な部品を生産するために使われ、相当程度の精度と値ごろ感が求められます。日本メーカーが強い分野ですが、韓国、台湾といった新興勢が力をつけて脅威となりつつあります。

### 高位機種でも欧米勢に迫る

かつて高位機種は欧米工作機械メーカーの独壇場でした。

中上位～高位機種に強いドイツは日本と生産額で2位を争っています。ドイツの工作機械業界は産業革命以来の長い伝統、高い技術とブランド力、革新的な発想で日本の好敵手であり続けてきました。「インダストリー4.0」を標榜する国のバックアップも受けています。イタリアは繊維業界向けなどニッチ分野に強く、米国は宇宙・航空・医療機器など最高レベルの加工精度が求められる分野で強みを見せています。

欧米勢はIoT、AIなどIT技術を活用して高機能化を進めています。ただ、日本勢も宇宙・航空向けといった先端分野で新製品を発表し、欧米勢に迫る勢いを見せています。

#### NC装置

NC工作機械はNC装置と工作機械本体で構成される。NC装置は、コンピュータでモータを制御し、素材を思い通りの形状に加工する。NC工作機械の頭脳部ともいえる。NC装置を搭載していない工作機械は手動となる。

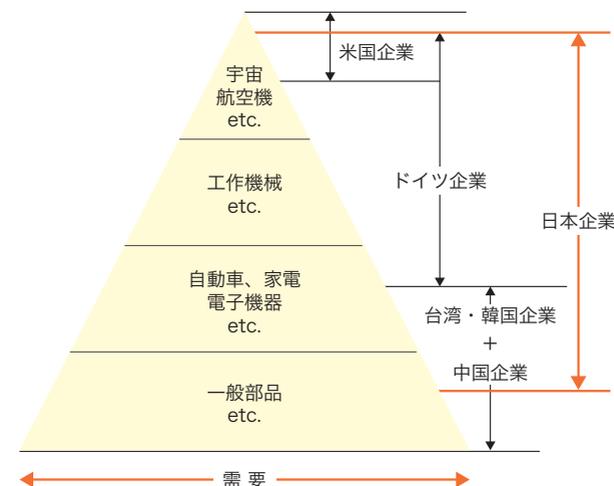
#### 産業革命

18世紀中頃イギリスで始まった蒸気力の利用、工場の普及などの産業・社会構造の変化を指す。これを機に、生産活動の中心は農業から工業へ移行した。

#### インダストリー4.0

ドイツで政府や産業界が主導する製造業の国家プロジェクト。製造業におけるIT活用を主眼に置いている。

### 主要工作機械生産国・地域の国際的位置付け（イメージ）



出典：機械振興協会経済研究所（一部表記修正）

### 米国の工作機械メーカーのマシン



ベベルギヤ（傘歯車）加工機



マシンの内部

写真のマシン「Phoenix 280G」は自動車、航空、宇宙他、様々な用途のベベルギヤ（傾斜のある傘のような形の歯車）を加工する。

出典：グリーンソン

## マシニングセンタ

マシニングセンタは、フライス盤をベースに開発された工作機械です。切削加工、研削加工など、通常は複数の工作機械に分かれる加工工程を1台に集約できます。

### 工作機械のマルチプルプレーヤー

工作機械で材料を加工し、製品に仕立てていくには、複数の工程を経る必要があります。工具も必要な加工に応じて使い分けます。そのため、工程ごとに材料を動かして設置・固定し、工具もセッティングする必要があるため、手間がかかりがちです。

マシニングセンタは、こうした**工程の複雑さや手間の低減が可能**な工作機械です。**フライス盤**をベースに開発された工作機械で、NC装置を組み込み、工具の自動交換装置（ATC）を備えることで、**工程間の工具の交換を自動化して複数の加工を1台でできる**ようにしています。これにより、加工工程ごとに工具を換える必要がなくなり、材料を他の工作機械に移動させる回数も少なくできるため、段取りにかかる時間を節約できます。また、材料の向きや傾きも工程ごとに自動的に調整する機能がある機種では、材料の設置・固定から加工が終わるまで人の手が不要です。

このようにマシニングセンタを導入することで複数の工程を集約かつ自動化できるため、**加工に必要な人員を抑える**ことができ、また、1台の使用方法を習熟すればよいので**人材育成にかかるコストや手間も省く**ことができます。

### 自動化ニーズがある現場で導入が進む

マシニングセンタで正確に加工するには、加工手順を加味した上で製品を設計し、プログラミングするなど事前準備が必要です。そのため、導入当初は作業員の教育の手間がかかることに加え、導入コストが高価になりがちなため、生産量が多い、多品種少量生産であるなど、**自動化のニーズが高い製造現場での導入**が進んでいます。

#### フライス盤

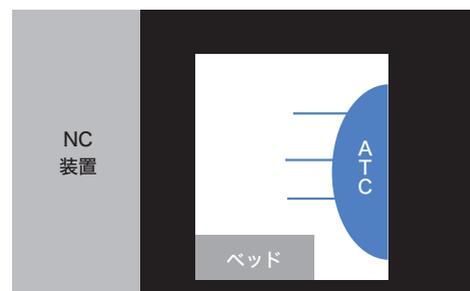
旋盤と並んで代表的な工作機械で、フライス工具と呼ばれる工具を回転させて材料を切削加工する。平面・曲面・溝などの加工ができ、板状・ブロック状の材料の加工に適している。

### ▶ 主なマシニングセンタの種類

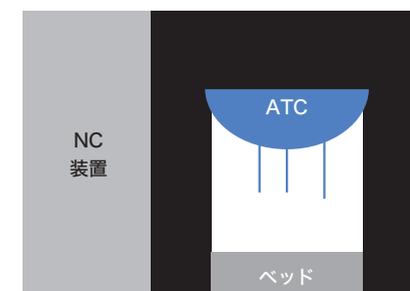
種類	概要
横型マシニングセンタ	工具を地面に対して水平方向に取り付けるマシニングセンタ。材料・製品の搬送を自動化しやすい、切りくずの処理でトラブルが起きにくいなどの特徴があり、大量生産に適している
立型マシニングセンタ	工具を地面に対して垂直方向に取り付け、上方から材料を削るマシニングセンタ。横型に比べてコンパクトにでき、加工状況を上から把握できるメリットがある一方、搬送の自動化や切りくずの処理が難しいため、多品種少量生産に適している
門型マシニングセンタ	正面から見た形が門に見えることから「門型」と名付けられた、立型と同様に上方から材料を削るマシニングセンタ。大型の材料の加工に適している

出典：各種資料を基に著者作成

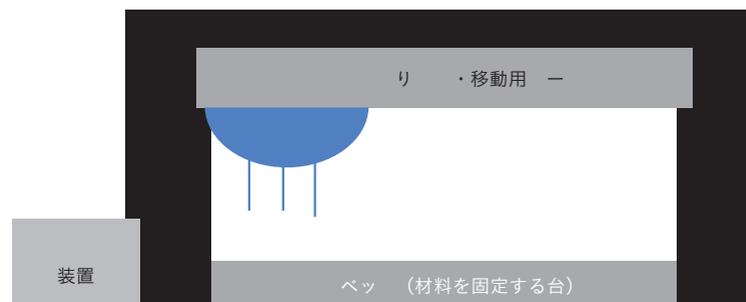
### ▶ 横型マシニングセンタの構成図



### ▶ 立型マシニングセンタの構成図



### ▶ 門型マシニングセンタの構成図



出典：著者作成

## 計測装置、制御ソフトウェア

工作機械の正確性を担保するためには、工具や材料の位置が正しく、設計図通りに製品が作れるか確認するための計測装置や、設計データを正しく理解して工作機械に指示を出す制御ソフトが欠かせません。

### 工作機械の五感である計測装置

試作・生産した製品が設計図通りにできているか確認するには、計測が欠かせません。また、設計図通りに作り続けられるようにするには、工作機械のモニタリングを行って正しく稼働しているか確認する必要があります。

工作機械の五感とってよい「計測装置」は、センサやプローブ、スキャナといった、モノの状態を外側から計測できる機器を内蔵した装置です。生産量が多かったり、複雑な形状であったりすると、人の手では限界があるため、計測装置による計測の自動化が不可欠です。

専用の装置として工作機械に隣接して設置される機外測定装置と、工作機械の内部に設置して加工中に計測できる機内測定装置・機上測定装置があります。

### 工作機械の頭脳である制御ソフト

工作機械の頭脳とってよい「制御ソフト」は、NC装置に欠かせないもので、入力された設計図やデータ、NCプログラムを分析して、モータなどに工具や材料の位置などを指示します。また、計測装置から得られた情報を制御ソフトにフィードバックすることで、より正確なものづくりが可能となります。

制御ソフトに入力されるNCプログラムは、NC装置に備え付けられた操作盤で入力するほか、CAD（コンピュータ作図）によって作成された図面データを基に、CAM（コンピュータ支援製造）によってパソコンで作成します。NCプログラムは、JIS（日本産業規格）で標準化されたもののほか、工作機械メーカー独自のものもあります。

#### CAD

Computer Aided Designの略で、パソコンなどを利用し、設計や作図を行う設計方法。また、そのためのシステムを指す場合もある。平面図・断面図を作図する2次元CADと、立体の製図を行う3次元CADがある。

#### CAM

Computer Aided Manufacturingの略で、CADで製図されたデジタル図面を基にNC工作機械の加工プログラムを作成すること。また、そのためのシステムを指す場合もある。

### ▶ 主な計測装置・制御ソフト

	名称	概要
計測装置	センサ	音・光・温度・圧力などを人や機械が扱いやすい信号に変える装置。主として、工作機械の稼働状況を把握するために使われる
	プローブ	針状のものを測定対象に近づけることで、物理的、電気的、機械的特性を測定する装置。主として、製品の状態を測定するために使われる
	スキャナ	レーザなどを測定対象に当て、得られた画像情報をデータに置き換える装置。大型の製品でも短時間で測定できるのが特徴
制御ソフト (プログラム)	Gコード	日本産業規格（JIS）で定義されたNC装置のプログラムの一つで、主に材料の位置決めや方向指定、工具の位置指定などに使われる
	Mコード	日本産業規格（JIS）で定義されたNC装置のプログラムの一つで、主に他プログラムの停止や工作機械に内蔵された装置のオン・オフといった補助的な用途で使われる

出典：各種資料を基に著作作成

### ▶ プローブの例（Hexagon「低接触圧プローブ IRP4042\_Fr6」）



出典：(株) キャプテン  
インダストリーズ

プローブ先端の球状の部分加工した部品に押し当て、加工後の状態を計測している。

## サポート体制の充実とデジタル化の重要性

停止すると甚大な損失を被る生産ラインでは、工作機械にトラブルが生じた際、素早く対応するサポート体制も重要です。コロナ禍で衛生面に配慮した生産現場の構築が求められており、デジタル化も加速しています。

### サポート体制の重要性

工作機械は、商社を通してユーザーに販売されることもあれば直販されることもあります。いずれにせよ、**販売して終わりのビジネスではありません**。生産現場で使用される工作機械は、故障すると多大な損害になります。自動車の生産ラインの場合、1分間稼働停止すると、2万ドルから5万ドル程度の損失が発生するとの試算もあります。ユーザーから見ると、**良い工作機械とは高性能なことに加えて故障が少ない機械、万一故障した場合は速やかにサポートを受けられる機械**なのです。

故障や部品消耗といったトラブル発生時のサポート体制も、日本メーカーの強みです。

日本の工作機械メーカーは、**サポート体制の充実**に意欲的に取り組んできました。例えばヤマザキマザックは、トラブル発生時のオンラインサポート、365日24時間稼働のワールド**パーツセンター**といったサポート体制を整えています。こうした取り組みが、「多少高価格でも安心」という評価につながっているのです。

### コロナ禍でデジタル化が加速

工作機械業界は、大手メーカーを中心にデジタル化に熱心に取り組んできましたが、**コロナ禍でその流れが加速しました**。生産現場の効率化、人手不足の解消、熟練工の技能承継といった面での自動化・省人化ニーズに、衛生面に配慮した生産現場の構築、感染を避けるためのITを駆使した商談などのニーズが加わったのです。大手メーカーの中には、**デジタルツイン技術**を使って工作機械の加工プログラム作成の効率化を図ったり、**テスト加工**を行ったりしている企業もあります。

#### パーツセンター

故障や部品消耗の際、素早くユーザーに部品を届ける体制も重要である。

#### デジタルツイン技術

IoTを使った技術の一つで、コンピューター上のサイバー空間（仮想空間）に、実際に存在する設備や建物などを基にした「現実と対をなす双子」を再現する。従来のシミュレーション技術より「再現性」「リアルタイム性」で優れている。

#### テスト加工

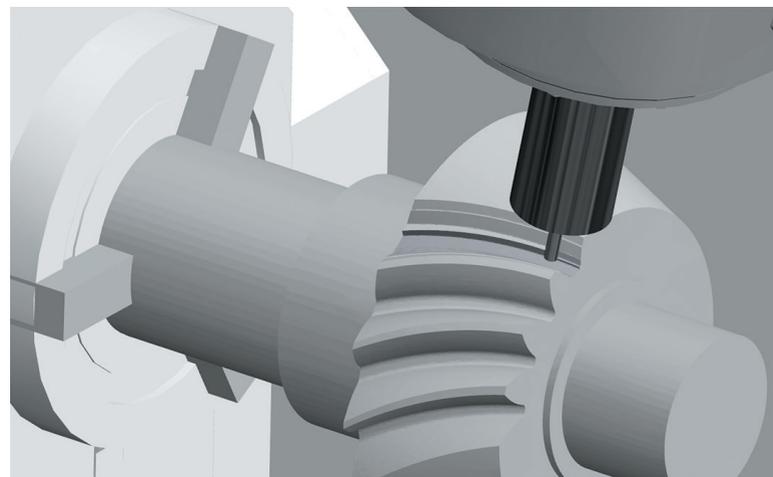
工作機械を実際に導入する前に、実機で加工精度などを確認する作業。

### デジタルツイン技術を使ったテストカット

#### ●実機でのテストカット



#### ●デジタルツインテストカットのイメージ



出典：DMG森精機



実機でテスト加工しようとするのと待たされることもありますが、デジタルツイン技術ならコンピューター上の仮想の工作機械で早くテストができ、実機と比べても誤差精度は数%です。

## DMG 森精機、先端分野を強化

DMG 森精機は、2009年から資本業務提携していた、森精機製作所と独ギルデマイスターが経営統合して誕生した世界最大級の工作機械メーカーです。連結受注高の約9割が外需のグローバル企業です。

### M&Aにより世界最大級の工作機械メーカーへ

1948年に繊維機械メーカーとして出発した森精機製作所（当時）が工作機械に転じたのは1958年のことです。業界では後発ですが、1999年に就任した創業家の森雅彦社長の強いリーダーシップの下、国内外でM&Aを繰り返して業容を拡大しました。

2009年に工作機械世界大手の独ギルデマイスター（以下、DMG）と資本業務提携を結び、2013年に社名をDMG 森精機に統一。2016年にDMGと完全経営統合して、世界最大級の工作機械メーカーとなりました。

DMG 森精機のウェブサイトによると、販売・サービス拠点は、世界44か国111拠点、2021年12月期の地域別連結受注の85%を海外が占めます。生産拠点は日本の2事業所のほか、ドイツ、イタリアなどの欧州各国、米国、中国など、海外に複数拠点を有し、全世界で生産・販売・サービスを提供する体制を築いています。

### ハイエンド路線のグローバル企業

DMG 森精機の特徴は、ハイエンド製品に強いことと外需比率が高いことです。主力は5軸加工機、複合加工機、横型マシンングセンタなどの高付加価値品で、コロナ禍の2021年12月期でも受注単価は約4000万円と高水準でした。

DMGと統合したこともあり、特に欧米市場に強みを持っています。現時点で中国市場は受注の約1割しか占めていませんが、半導体やインフラ関連向けを中心にハイエンド工作機械へのニーズが高まっています。DMG 森精機は、上海近郊に5軸加工機工場を新設する予定です（2023年稼働見込み）。

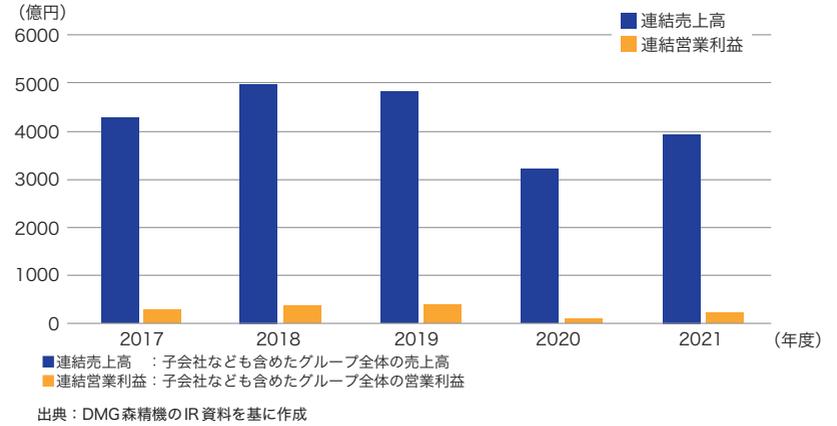
#### 独ギルデマイスター

独ギルデマイスターは1870年創業の老舗で、工作機械のブランド名「DMG」で知られる欧州最大の工作機械メーカーだった。森精機とは製品ラインの重複が少なく、DMGは欧州、森精機は日本と北米に強みを持っていた。

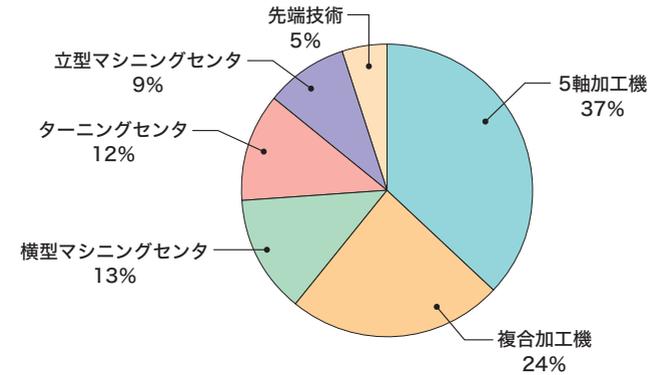
#### ハイエンド製品

最先端の工作機械は、かつて欧米勢の得意分野だったが、DMG 森精機は航空宇宙向けといった先端分野でも新製品を発表している。複合加工機にアディティブマニュファクチャリング（3Dプリンターの一種）を融合したレーザ金属積層造形機はその一例である。

### 連結業績推移



### 製品別受注比率（2021年12月期）



### ONE POINT

#### 工程集約・自動化・DX化を推進

DMG 森精機は、工程集約・自動化・DX化を進め潜在顧客を掘り起こすことにより、安定的に営業利益を10%出すことを目標に掲げています。2020年にはウェブ会議システムを使った工作機械の出荷前の立ち合い確認を開始、2021年にはデジタルツイン技術を使った工作機械のテスト加工を始めています。

DMG 森精機のユーザー向けのポータルサイト「my DMG MORI」は、ユーザーの保有機の情報を一元管理し、遠隔修理復旧サポートも依頼できるという利便性の高さから、ユーザー数が2020年12月末で約4万に達しています。

## 海外生産で先鞭をつけた ヤマザキマザック

ヤマザキマザックは、日本の工作機械メーカーで初めて海外に生産拠点を築いた先取の精神と技術力の高さで知られています。規模・技術力の両面で世界トップクラスですが、創業以来非上場を貫いています。

### 世界トップクラスの工作機械メーカー

ヤマザキマザックは、1919年、山崎定吉氏が名古屋市に創業した製量機メーカーの山崎鉄工所に端を発します。1927年に工作機械の製造を始め、1960年代前半、他のメーカーに先駆けて欧米市場へ本格的に進出して成功しました。技術力の高さにも定評があり、高度なプログラミング知識がなくても操作可能なNC工作機械や複合加工機など画期的製品を次々に開発し、規模・技術の両面で、世界でもトップクラスの工作機械メーカーとして知られています。

また、ヤマザキマザックは、創業以来非上場企業を貫いています。非上場を貫くのは、株価動向を意識することなく顧客や市場に目を向け、思い切った戦略を展開できると考えているからです。

### 日本メーカー初の海外生産に成功

ヤマザキマザックの特徴は、日本の工作機械メーカーの中で初めて海外生産に乗り出した先取の精神と技術力の高さにあります。1962年に工作機械メーカーとしては日本初の対米輸出を開始し、1974年には業界に先駆けて海外工場（米ケンタッキー工場）稼働に成功しました。その後もイギリス（1987年）、シンガポール（1992年）、中国（2000年）に相次いで生産拠点を築き、世界約90か所にサポート拠点を展開することで、生産・販売・サービスの三位一体で世界中のユーザーのニーズに細やかに対応しています。生産現場で長く使われる工作機械は、トラブル時に素早く問題解決できることも非常に重要なのです。

#### 金属3Dプリンター

デジタルデータを基に一層ずつ金属材料を積み重ね、対象物を作る装置。主に医療、航空・宇宙分野で使われている。

#### M2M

Machine-to-Machineの略で、人が介在せずに機械同士で情報をやりとりすること。以前からエレベーターの遠隔監視などに使われていたが、通信技術の向上やセンサの価格下落、センシング技術の発達で利用が加速している。

### ▶ ヤマザキマザックの複合加工機「INTEGREX」



複合加工機は、従来複数台を要した機械加工プロセスを1台で完結できることから、生産リードタイム短縮と生産コスト削減が可能となる。

出典：ヤマザキマザック



愛知県に本社があり、国内工場5か所、海外工場5か所、世界約90か所にサポート拠点を展開するグローバル企業です。

### ONE POINT

#### コロナ禍でクラウド接続が進展

技術面では、金属3Dプリンターと工作機械を組み合わせたハイブリッド複合加工機を開発するなど、世界トップクラスのマシンを次々に発表しています。

工作機械のクラウド接続も進めています。ヤマザキマザックは、2019年に工作機械の監視やサポートをネット経由で行う「Mazak iCONNECT™」の提供を開始しました。ユーザーは無料でマニュアルをダウンロードしたり、パーツの注文履歴を確認したりできます。有料のM2Mサービスに加入すると、マシンの遠隔診断や稼働状況監視などができます。コロナ禍もあり、事業継続性という観点から加入するユーザーが増えています。

## 世界の工作機械メーカーの勢力図

世界の工作機械メーカーを概観すると、自国企業があまり育っていない中国、大手企業がほぼ姿を消したドイツに対して日本が健闘しています。かつて世界最大の生産国だった米国の有力大手は、数えるほどとなりました。

### 国内企業が十分に育っていない中国

世界の工作機械需要をけん引する最大の生産国の中国ですが、家電製品やスマートフォンのように自国の工作機械メーカーが世界的メーカーに育ったかという点でもありません。中国政府は工作機械を重視し、「中国製造2025」でも重点分野としていますが、中国国内で高位機種を生産しているのは外資系企業が中心で、中国メーカーが得意としているのは主に低～中位機種にとどまっているのが現状です。

世界2位の生産国、ドイツも順風満帆とは言い難い状況です。日本と並ぶ工作機械大国ではありますが、「企業」の観点から見ると、最大手だったギルデマイスター（DMG）は2016年に森精機と経営統合し、日本のように大手企業が競争力を保っている状況にはありません。ただ、特定分野に強みを持つ中堅企業は多数生き残っています。NC装置メーカーではシーメンスやハイデンハインといった有力企業を擁しています。

### 多士済々の日本

日本は、生産高では3位に後退したものの、品質とサービス面では依然として世界最高水準との評価を得ており、DMG森精機、ヤマザキマザックといった総合大手からニッチ企業まで多数の企業が健在です。対照的なのが米国です。かつては世界最大の生産国でしたが、業界再編の中で有力メーカーが解体や倒産、現在の有力メーカーは、「低価格」を前面に打ち出しているHaas、ベベルギヤに強いグリーンソンなど、数えるほどとなりました。

韓国や台湾などのアジア勢は、低～中位機種を主力とし、値ごろ感を前面に打ち出して一定のシェアを確保しています。

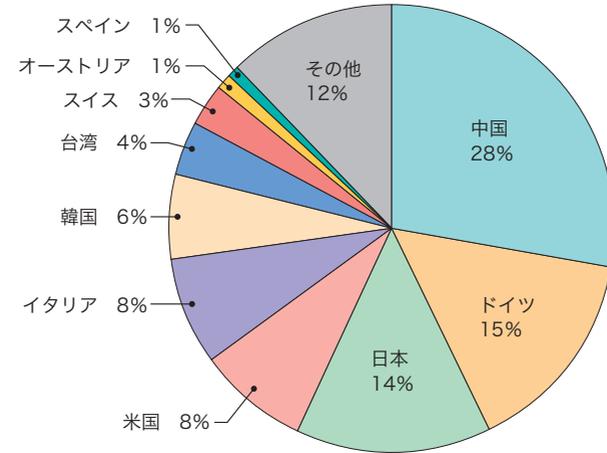
#### 中国製造2025

2015年に発表された中国の産業政策。「次世代情報技術（5Gなど）」「高度なデジタル制御の工作機械・ロボット」など、10の重点分野と23の品目を掲げ、製造業の高度化を目指す。中国建国100周年を迎える2049年に「製造強国のトップとしての地位を確立」との目標を提示。技術覇権を争う米国は警戒心を強めている。

#### ベベルギヤ

円錐形の歯車のことで、2つの歯車を直角に交差させて、2軸間で回転を伝達する。エンジンやモーターの回転出力を直角方向に伝えるために、多くのマシンで使われている。

### 国・地域別 工作機械生産額シェア（2020年）



中国	生産高は世界首位だが、国内企業は低～中位機種に強みを持つメーカーが中心。中国政府は工作機械を産業政策上の重点分野としているが、高位機種を生産しているのは主に外資系メーカー
ドイツ	日本と並ぶ工作機械大国。ただ、かつて最大手だったDMGは森精機と経営統合。中堅メーカーは健在。有力NC装置メーカー、シーメンスを擁する
日本	規模では3位になったが、技術力・サービスでは世界最高水準の高評価。多数の企業が市場をうまくすみ分ける
米国	かつては世界最大の生産国だったが、今や有力メーカーはHaasとグリーンソンの2社
イタリア	隠れた有力機械生産国。工作機械では繊維機械向けなどに強み
韓国、台湾	韓国、台湾は低～中位機種に強み
スイス・オーストリア	特定分野（精密機械など）、高位機種に強い欧州勢

注：切削型と成型型の合計。世界の総生産額は680.2億ドル  
 出典：生産額シェアはGartner Intelligence。コメントは著者作成

### ONE POINT

#### イタリアの工作機械!?

ファッションやグルメの印象が強いイタリアですが、意外や意外、欧州ではドイツに次ぐ工作機械の生産国です。あまり工作機械のイメージは湧かないでしょうが、日本同様、資源に恵まれない国なので、ミラノなど北部を中心に機械産業が盛んなのです。価格競争を避けるために得意な繊維機械などに的を絞るなど、戦略も巧みです。さすがブランド大国ですね。

## 工作機械の自動化・知能化

熟練者をはじめとして人材難が深刻化する一方で変種変量生産が一般的になる中、工作機械を自動化したり、知能化したりして、人手不足をカバーする技術開発が進んでいます。

### 工作機械の自動化

近年のものづくりを俯瞰すると、少子高齢化に伴う労働人口の減少が熟練者を中心に進んでいる一方で、市場の変化に素早く・無駄なく対応でき、製品を必要な数だけタイムリーに生産・供給できる**変種変量生産**に取り組む機運が高まっています。

#### 変種変量生産

生産する製品の種類や生産量を、需要の変動に応じて柔軟に変化させる生産手法。生産ラインを頻繁に変更するのは難しいため、複数種類の製品を生産できるようにするのが一般的だが、人手で柔軟性を確保している面があるため、自動化が難しく、生産性向上のハードルが高い。

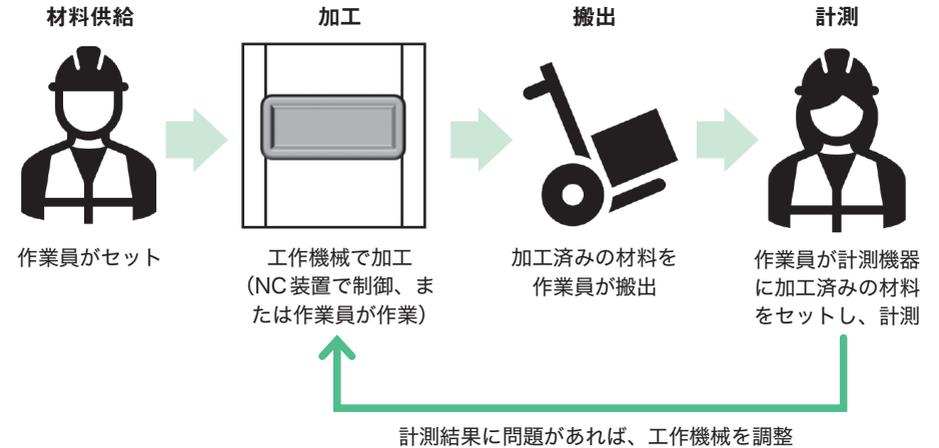
### 自動化には工作機械の知能化が重要

自動化するに当たって問題となるのが、**人の判断・行動が必要なことを減らす**ということです。例えば、加工の出来栄の計測を自動化した場合、異常の検知まではできても、工作機械自身がどのような行動をすればいいのか判断できなければ、人の手で工具の調整などを行う必要があります。

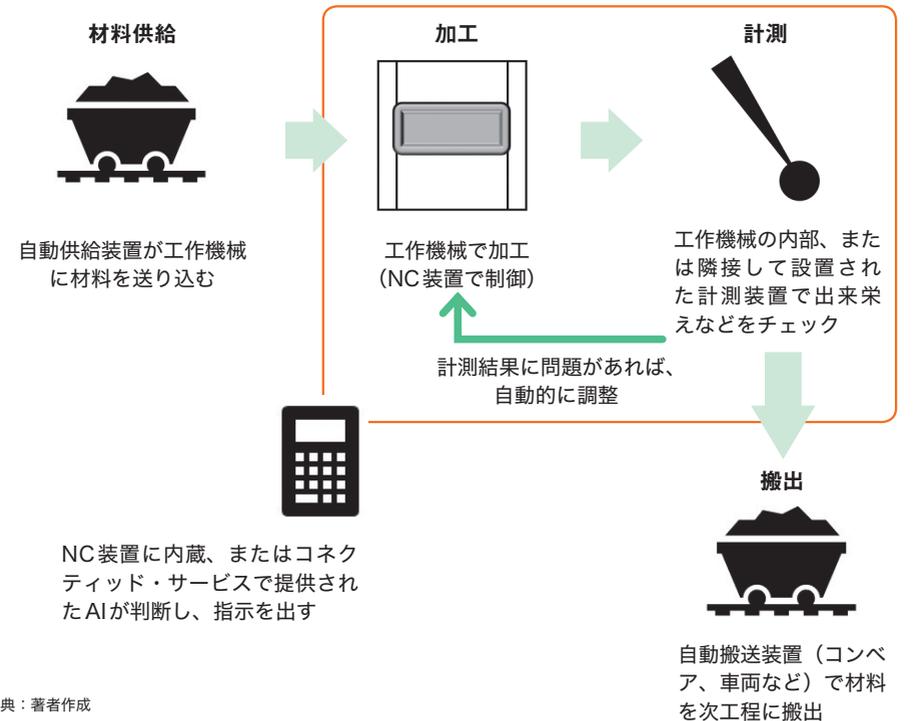
そこで、工作機械に**AIを搭載する**などして**知能化**し、自らの判断で行動できるようにすることで、機械自体が何をしようとしているか自分で判断し、加工速度や角度といった加工の調整を自動で行うことができます。これにより、自動化を高度化させ、人の手を極力介することなく生産が可能となります。

### 自動化・知能化前後の変化（例）

#### ○自動化・知能化前



#### ○自動化・知能化後



出典：著者作成

## 超精密・超大型・複雑形状加工、 非金属の脆性材切削ニーズの高まり

自動化の推進に向けて職人技を工作機械で置き換えるべく、超精密・超大型・複雑形状加工や、セラミックなど非金属の脆性材の切削ニーズが高まっています。

### 超精密・超大型・複雑形状加工のニーズ

従来、高度な職人技が必要な超精密・複雑形状の加工や、工作機械では加工しきれない超大型の材料加工は、熟練した職人の手が必要でした。しかし、職人の数は限られる上に育成が難しいため、工作機械による置き換え・自動化ニーズがあります。

こうしたニーズを受けて近年進められているのが、**工作機械のさらなる加工レベル向上や大型工作機械の性能向上**です。

加工レベルの引き上げ方法として、精度の向上、複数軸加工の実現、3Dプリンター（詳細はP.170コラム参照）の活用が挙げられます。近年の工具や材料を駆動させるメカニズムの技術革新などによって、ナノスケール（1万分の1ミリ以下）の加工も可能となっています。また、複数の加工軸で加工できるようにしたり、3Dプリンターを組み込んで加工方法そのものを変えたりして、複雑な形状の加工が可能となっています。

大型の工作機械は従前からありましたが、近年ではモーターの強力化などによって、大型の材料を高い精度で加工できるようになっています。

### 非金属の脆性材の切削ニーズへの対応

ガラスやセラミックなど、非金属の脆性材の切削加工は以前から行われてきましたが、金属に比べて強度が低く、微細な加工をした場合の破損リスクがありました。

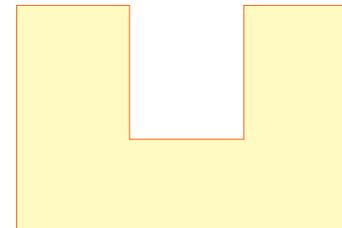
しかし、優れた耐久性・耐熱性・耐食性・絶縁性・視認性といった特性を持つ脆性材が求められる分野が増えてきたことを受け、**超音波振動**を利用して細かく削り、材料のダメージを最小限にすることで脆性材の微細加工を可能とした工作機械が登場しています。

#### 超音波振動

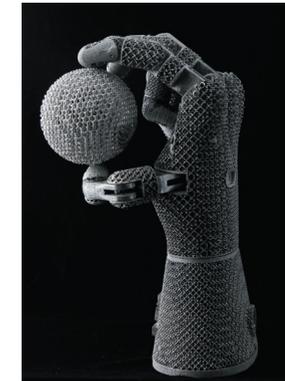
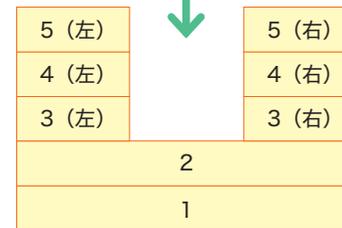
人の耳では聞こえない周波数の音「超音波」で工具を振動させること。作動周波数15キロヘルツ（1秒間の振動回数が1.5万回）～40キロヘルツ（同4万回）の工作機械が実用化されている。

### 3Dプリンターで「プリントアウト」するしくみ

完成品の設計図



設計図を層別にスライス。



チタン合金粉末を材料に3Dプリンターで造形されたロボットハンドとボール。

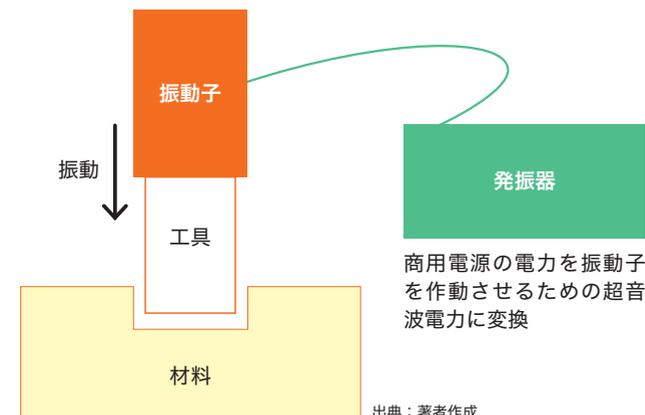
設計図で空白になっているところには材料は積まない。

出典：著者作成

写真出典：Oak Ridge National Laboratory

(<https://www.flickr.com/photos/oakridgelab/6790413239/in/photostream/>)

### 超音波振動のしくみ



超音波によって工具が超高速で動くため、材料に負荷をかけることなく材料を加工できます。

## アナログ面の強みを活かす

アナログ面の強みを活かすことも、高い競争力を保っていくのに重要です。日本の工作機械メーカーは、購入前のユーザーとの綿密な打ち合わせから、購入後のサポートに至るまで、丁寧な対応で高い評価を得ています。

### 価格競争を避けるには

日本の工作機械メーカーが、テレビなどが陥った価格競争を避け、これからも高い競争力を保っていくには、**日本企業ならではのアナログ面の強みを活かすことも重要です。**

工作機械メーカーとユーザーの関係は、購入前から始まります。**ユーザーのニーズに合わせてどのような機能・性能・価格帯の工作機械が必要か**を話し合い、それに基づいて設計し、部材を加工して組み立てていきます。米Haasのように見込み生産を行う企業もありますが、工作機械の基本はユーザーの要望に合わせたカスタマイズです。生産する際は、熟練工が部品を一つ一つ調整しながら組み立てます。韓国や台湾の低～中位機種は、基本的に部品を組み立てるだけなので、まずこの段階で差が出ます。

その典型例が前述したきさげ加工です。きさげ加工は熟練工が手作業で工作機械の部品に多数の細かくぼみをつけ、部品が滑らかに動くようにするというもので、部品の寿命を伸ばし、熱変形を防止するという効果もあります。きさげ加工により、マシンの精度は一段と高められます。生産した後の仕上げ、据え付けでも、機械の高性能化を実現するのに、プロの技が不可欠です。**日本には良い意味での日本的経営が残っており、強みでもあります。**

### 購入後のサポート体制も重要

工作機械は非常に高価な上長期間使用されます。工作機械の不調は生産ラインの停止につながり、莫大な損害を生み出しかねません。購入後のサポート体制といったサービス面も競争力の源泉となります。日本の工作機械メーカーは、**トラブル時に素早くきめ細やかな対応をする**という点でも高い評価を得ています。

#### 日本的経営

やや死語になった感のある日本的経営だが、その特徴は①終身雇用、②年功序列、③企業別組合とされる。工作機械メーカーの場合、不況期でも安易に解雇せず、賃金を下げてでも雇用を守り抜くという姿勢が、熟練工を大事にし、人を長期間かけて育てるというプラス面につながっている。

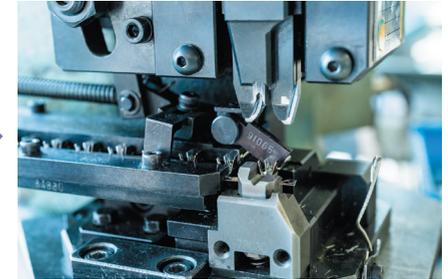
### 日本メーカーのアナログ面での強み

#### ユーザーの要望確認



ユーザーのニーズに合わせてどのようなマシンにするか細かく打ち合わせ

#### 設計・製造



熟練工が部品を一つ一つ調整しながら設計・組み立て

#### アフターサービス



トラブル発生時は素早く駆け付けてきめ細かく対応

#### 納入・据え付け・立ち上げ・検収



ていねいに据え付けた後、情報システムや他の生産設備ときちんと接続されているか確認する（立ち上げ・検収）

出典：各種資料を基に著者作成

### ONE POINT

#### 一筋縄ではいかない「据え付け」

家具ならさほど難しくない据え付けも、工作機械になると一大事です。工作機械は重い・大きい・かさばる・繊細です。商談が成立すると、本当にその工場に搬入できるのか、実見しなければなりません（過去情報に基づいて搬入できると思っていたら、入り口が改装されていて入らなかったという例もあります）。運搬する際も、衝撃を与えないようにプロの運送業者に丁寧に運んでもらい、工場到着後は「限りなく水平に」据え付けないと、故障することもあります。輸出する際は、いくつかのパーツに分けて運び、現場で組み立てますが、これも慣れた人でないとできません。逆に言えば、こうした面倒なところも参入障壁になっているのです。