

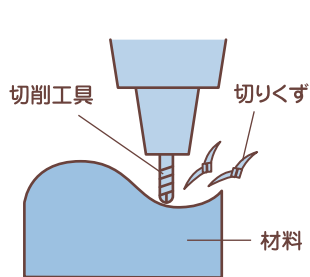
金属に手を加え、目的の形状を作り出す 「除去加工」「成形加工」「付加製造」の3加工法

私たちの身の回りには、金属を加工して作られた物がいたるところにあふれている。例えば、自動車には金属を加工して作られた部品が数多く搭載されている。また、現代社会に欠かせないパソコンやスマートフォンにも、多くの金属部品が組み込まれている。シンプルな形状から複雑な形状まで、小型サイズのものから大型のものまで、金属加工を通じて作られた物は数限りなくある。

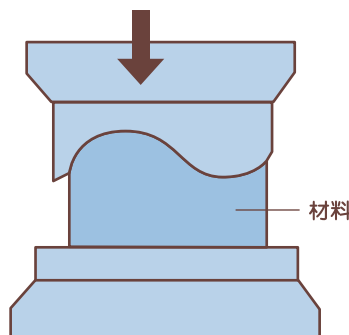
「加工」を辞書で調べると「細工すること」「原材料に手を加えること」など出てくる。つまり、金属加工とは端的に言えば、金属の原材料に何かしらの手を加えることを指す。金属に手を加えることで、目的の形状を作り出したり新たな機能を付加したりできる。

金属加工の方法にはさまざまな種類がある。中でも、目的の形状を作り出す方法は大きく①除去加工②成形加工③付加製造——の3種類に分けられる。

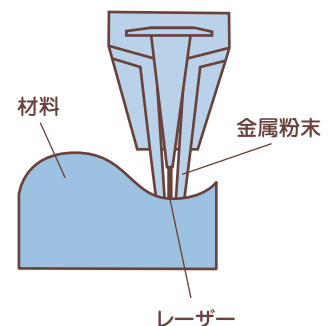
除去加工は、金属の材料から不要な部分を取り除いて目的の形状を作る加工法だ。また、成形加工は金型などを使い、金属材料から不要な部分を取り除くことなく目的の形状を作り出す。付加製造は、材料を接合するなどして目的の形状を作り上げる。除去加工は「材料を取り除く加工」、成形加工は「材料の形を変える加工」、付加製造は「材料を付け加える加工」と考えると違いが分かりやすい。



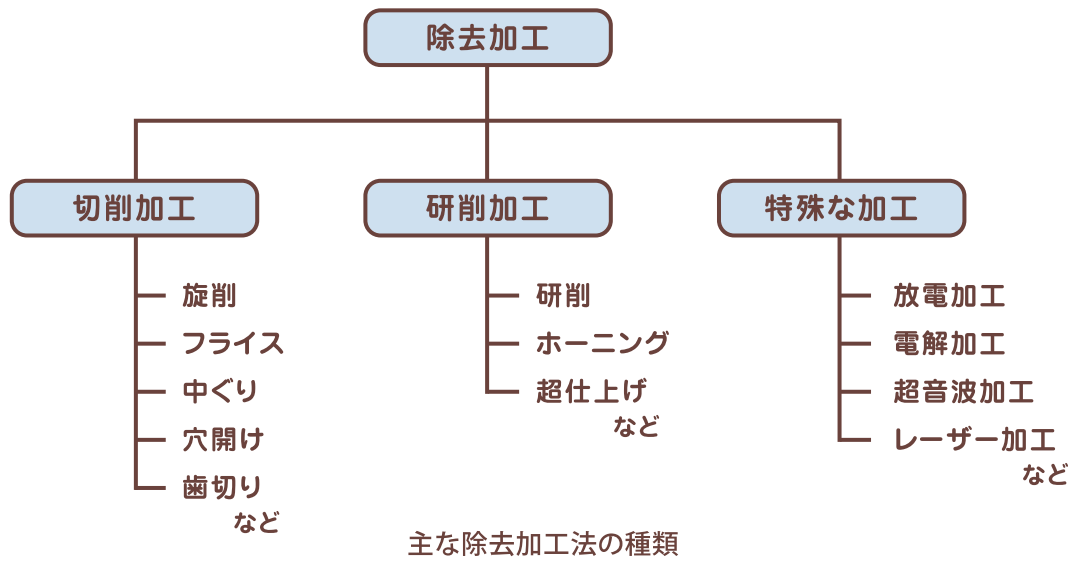
除去加工



成形加工



付加製造



1 除去加工

一般に、工作機械とは除去加工をする機械だ。日本工業規格 (JIS) では「切削や研削、または電気やその他のエネルギーを使って金属の工作物から不要な部分を取り除き、目的の形状に作り上げる機械」と定義している。ただし、後述の塑性加工や鋳造などの成形加工をする機械も、広い意味で工作機械と呼ぶこともある。

除去加工は大きく①切削加工②研削加工③特殊な加工——の3種類に分けられる。切削加工とは非常に硬い金属素材でできている切削工具を使い、金属材料を削り出すこと。代表的な加工法には、旋削加工やフライス加工が挙げられる。

研削加工は砥石(といし)と呼ばれる工具を使い、より高い精度で金属材料を加工すること。主に仕上げの工程で使われる。また、特殊な加工とは、切削工具や砥石ではなく電気エネルギーや光エネルギーなどを使い、金属材料を加工する方法だ。代表的なものには電気エネルギーを加工に使う放電加工や、レーザーを加工に使うレーザー加工が挙げられる。この他、化学反応を応用して材料を除去する加工法もある。

本書では「はじめての工作機械編」の欄で除去加工用の設備を詳しく紹介している。

2 成形加工

成形加工は大きく①塑性加工②鋳造③焼結——の3種類に分けられる。塑性加工は、金型を使って金属材料に外から力を加え、材料を変形させて目的の形状を作る加工法だ。加工時に切りくずを出さず、材料のロスが少ないのが特徴だ。代表的な加工法にプレス加工や鍛造加工がある。これらの加工を担う設備は「はじめての鍛圧・板金機械」の欄で詳しく紹介している。

また、鋳造は熱で溶かした金属材料を金型の中に流し込み、冷やして固めることで目的の形状にする。鋳造加工で作った製品のことを鋳物と呼ぶ。焼結とは、金属粉末を高い温度で焼き固めて目的の形状を作り出すことだ。

3 付加製造

付加製造は「アディティブ・マニファクチャリング (AM)」とも呼ぶ。除去加工や成形加工とは違い、金属や樹脂の材料を薄く重ねて、積み上げていく加工法だ。「3Dプリンター」がイメージしやすい。

内部が空洞のものやうねった水管など、切削加工では作れない形状にも対応できるのがAMの大きな特徴だ。本書では「付加製造 AM技術」で詳しく紹介している。



ひと目で分かる工作機械



工作機械はマザーマシン あらゆる機械や部品を作り出す

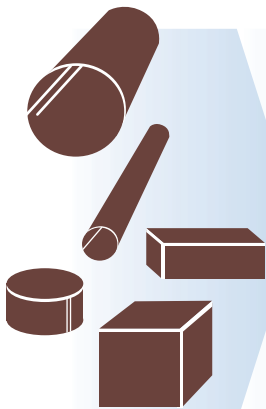
工作機械とは、金属や非金属の材料から要らない部分を削り取り、必要な形を作り出す機械だ。工作機械を使って作られる部品は、自動車や航空機、電子機器など、私たちの身の回りのさまざまな製品に使われる。

世の中には自動車をはじめ、カメラや時計、医療機器などさまざまな機械があるが、工作機械はこうした機械と何が違うのだろうか。工作機械は「機械を作る機械」「マザーマシン(母なる機械)」と呼ばれ、あらゆる機械やその部品を作る出すことができる。これが、他の機械にはない工作機械

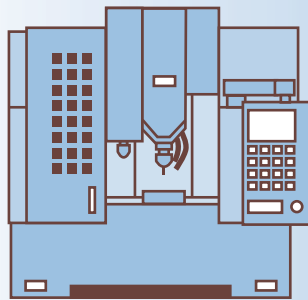
ならではの大きな特徴と言える。

一般的に工作機械そのものが人の目に触れる機会は多くはない。しかし、その性能の良しあしが、工作機械で作られられる製品の競争力も左右する。そのため、一国の工業全体に与える影響は非常に大きい。実は、日本の工作機械技術は世界でトップクラス。生産量は1982年から27年もの間、世界第1位を維持した。その後、首位を中国に明け渡したものの、現在も世界トップレベルの生産量を誇る。

材 料



工作機械



機械部品

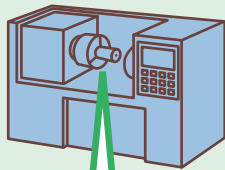


最終製品



どうやって削る？

切削加工は、刃物である切削工具を工作機械に取り付け、材料を削る加工法だ。削り方に応じて、旋盤やマシニングセンタ、研削盤などさまざまな種類の工作機械がある。

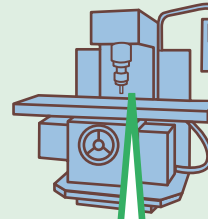
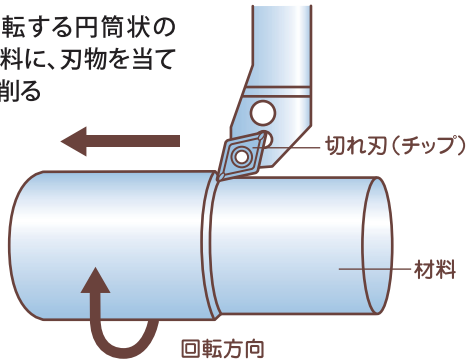


旋削加工

使う機械

- 旋盤
- ターニングセンタ

回転する円筒状の材料に、刃物を当てて削る

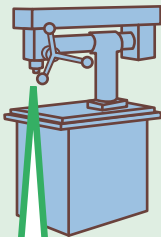
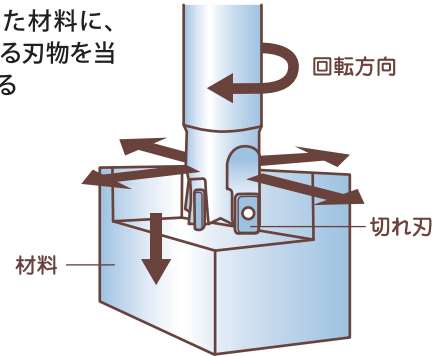


フライス加工

使う機械

- マシニングセンタ
- フライス盤

固定した材料に、回転する刃物を当てて削る

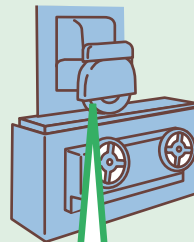
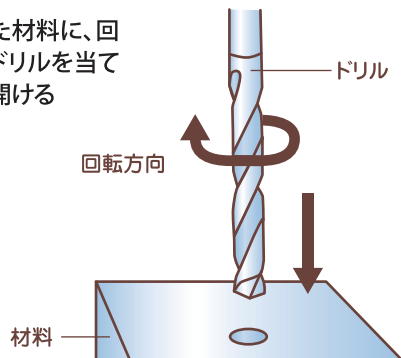


穴加工

使う機械

- マシニングセンタ
- ボール盤

固定した材料に、回転するドリルを当てて穴を開ける

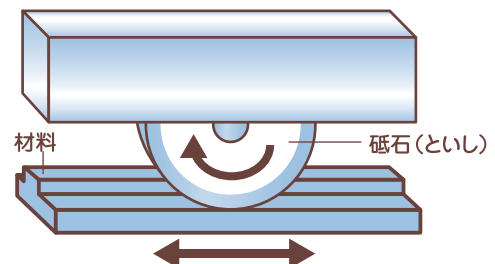


研削加工

使う機械

- 研削盤

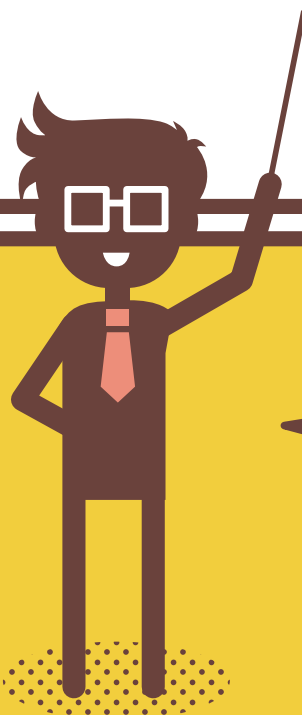
固定した材料か回転する材料に、回転する砥石(といし)を当てて削る



天才少年 セッサ君の 初心者でも分かる

かんたん 切削講座

天才少年 セッサ君
切削加工のことならなん
でも知ってる天才少年。
彼の講座は常に定員オ
ーバー。立ち見客もでる
大人気ぶりである。



今日の時間割だよ。

- 1限目 旋削加工
- 2限目 穴加工
- 3限目 フライス加工
- 4限目 研削加工
- 5限目 5軸加工
- 6限目 AM技術
- 課外授業 IoT

講座を始める前に、気をつけたい

削り方・5つの基本ポイント

ポイント

① 材料を正しく取り付ける

削る力が加わっても材料が動かないように、正確かつ確実に材料を取り付けることが大切なんだ。

ポイント

② 的確に刃物を選び、正しく使う

加工すべき材料の形状や種類は一つだけではないよね。だから、削りたい物に合わせて、最適な形状や角度、材質の工具や砥石(といし)などの刃物を選び、正しく使うことが大事だよ。

ポイント

③ 最適な切削条件で加工する

工作機械は刃物を動かす速度やどれだけの切り込み量を入れるかなど、いろいろな条件を設定することができるんだ。削りたいものに合わせ、最適な条件で加工する必要があるね。

ポイント

④ 良質な切削油を使う

材料を削ると切りくずが出るし、材料と刃物の摩擦で熱も発生する。こうした切りくずの排除や熱を冷ますのに使う切削油も、用途に合った物を使う必要があるんだ。

ポイント

⑤ 切削で生じやすい現象を知る

切削加工では、工作機械や刃物、加工対象の材料に起こるひずみや、切削熱による膨張などが原因で、正しい寸法や表面精度が得られないことがある。こうしたことを常に頭の中に入れておくと、より一歩進んだ加工ができるようになるよ。

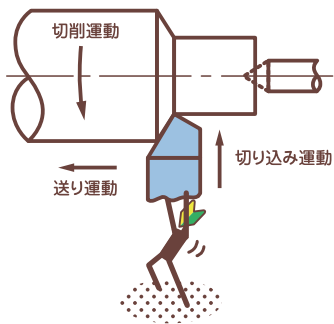
加工する材料や刃物を正確に動かして要らない部分を削り取り、求める大きさや形状に仕上げる加工方法を切削加工と言うよ。切削加工は一般的に、切りくずを出さない他の加工方法よりも高い精度が得られるんだ。求める大きさや形状に加工したければ、上のポイント1~5に気をつけよう!



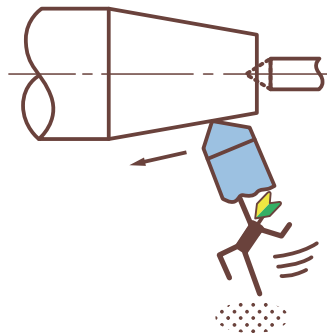
1 限目 | せん さく か こう 旋削加工

旋削加工

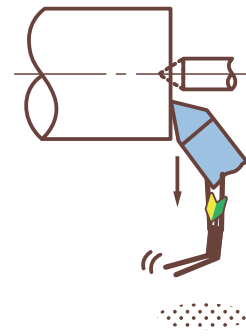
a 外丸削り



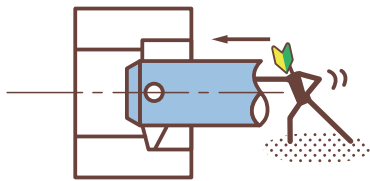
b テーパー削り



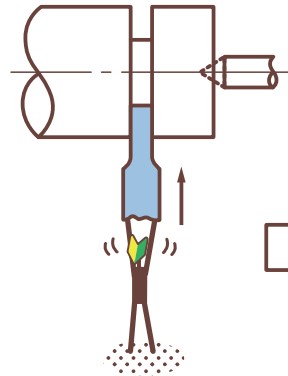
c 端面削り



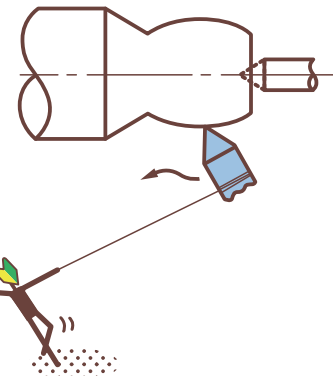
d 中ぐり



e 突切り



f ならい削り

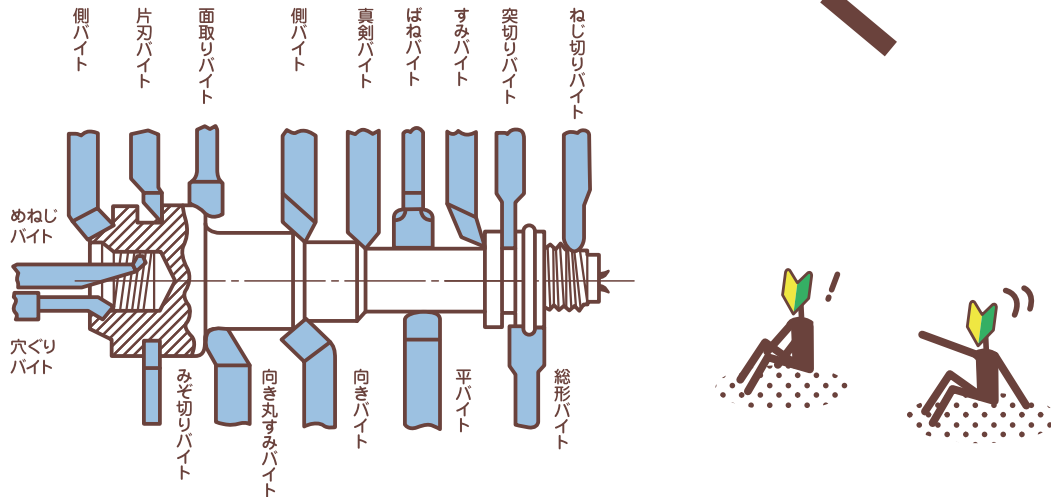


上の図を見てほしい。工具を当てる深さや角度を変えることで、**a** から **f** まで幅広い形を作ることができるんだ。**a** のような円筒形だけではなく、**b** のような先細りの形状、**d** のように穴を広げて図面通りの寸法に合わせる中ぐり加工も簡単にできるよ。

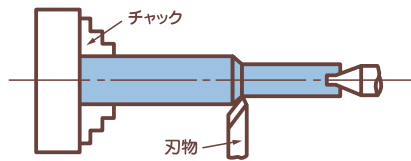
旋削加工には、主に旋盤という機械を使うよ。丸い物を削るのに向いているんだ。バイト（旋削用工具）と呼ばれる工具に、削りたい材料を回転させながら当てることで、求める形を作っていくよ。

1 限目 | せん さく か こう 旋削加工

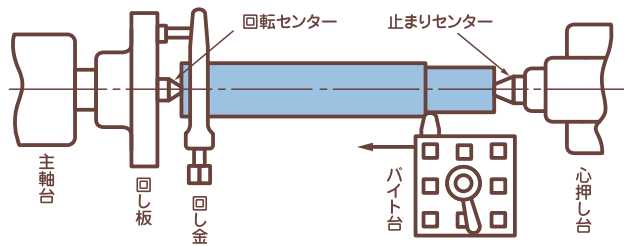
いろいろなバイト作業



チャックによる 取り付け方式



センター支持作業図



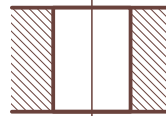
旋削加工では、チャックやセンターなどの取り付け具を使って材料を固定するよ。チャックは比較的短い円筒の材料の加工に使う。もし、チャックに長めの材料を取り付けたければ、たわみを防ぐために、チャックで把握していない方の端面をセンターで支えると良いよ。一方、比較的直径が小さくて細長い材料を加工する時は、両端の中心をセンターで支えるんだ。でも、支えただけだと材料は回転しない。だから、回し金などの補助保持具も必要だね。

2 限目 | あな か こう 穴加工

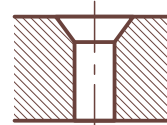
穴加工は、円形の穴開けや座くりなどをするときを使う加工法だよ。削りたい材料を固定して、ドリルを回転させながら真っすぐ動かすことで穴を開けていくんだ。一般的に穴加工にはマシンニングセンタやボール盤を使う。もちろん旋盤でも穴加工はできるけど、その場合は材料が回転し、固定されたドリルが真っすぐに進んでいくよ。



穴加工



穴開け

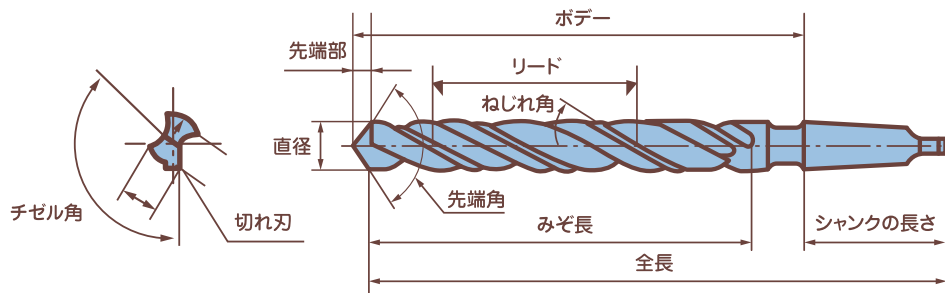


面取り



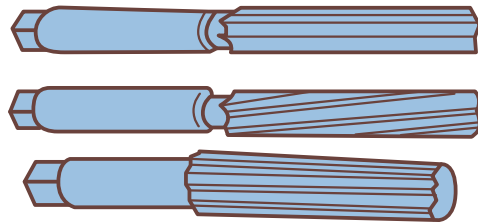
座くり

ドリル各部の名称



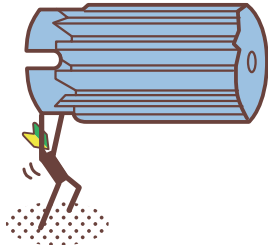
上の図を見てほしい。穴開けに使うドリルは、切りくずを排除する溝が付いているのが特徴なんだ。ドリルに使われる材質や構造、シャンク（柄）の部分の形状、溝のねじれ、長さ、用途などでさまざまな種類に分けられるんだ。例えば、ドリルの構造で分類すると、ボディとシャンクが一体のソリッドドリルや刃先のチップを交換して使う刃先交換式ドリル、刃部を交換して使うヘッド交換式ドリルなどがあるよ。

2 限目 | あな か こう 穴加工



各種リーマー

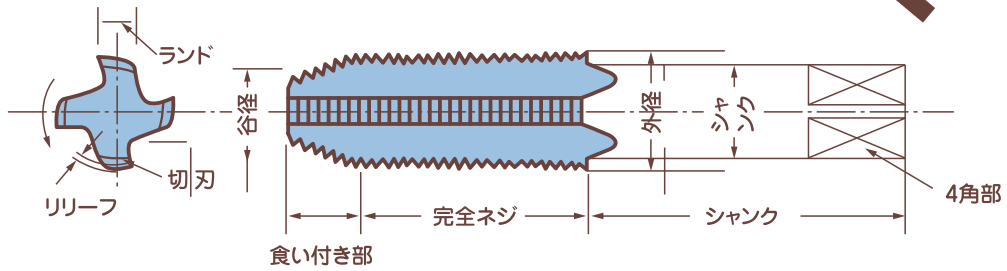
タップを使えば、ねじ穴を作ることができるんだ。



リーマーはドリルで開けた下穴を高精度に仕上げするための工具だよ！

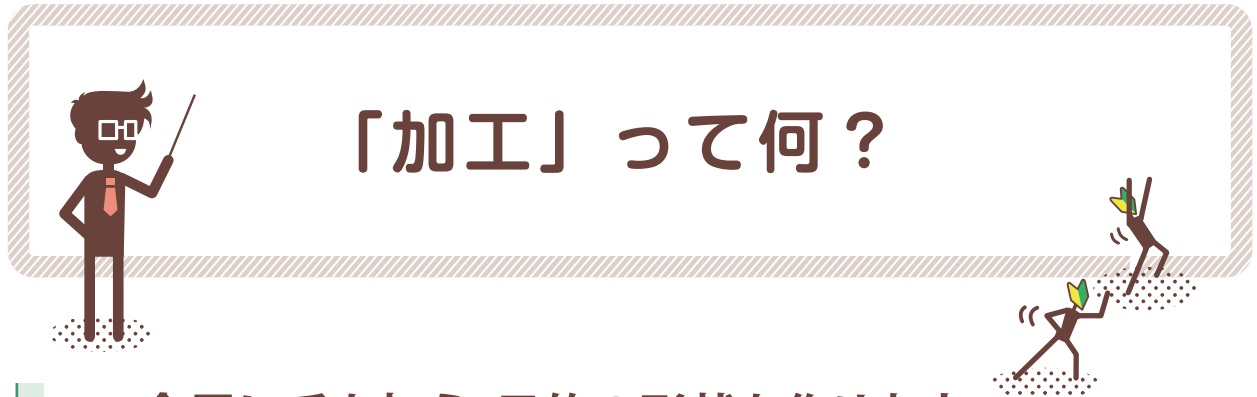


タップ各部の名称



ドリルを使った加工では、穴が深くなればなるほど、切りくずの排出が難しくなる。そのため、ドリルをいったん戻して切りくずを取り除いてから再び加工するんだ。でも、油穴付きドリルを使えば、切りくずを排除するための切削油を刃先から放出でき、切りくずの排出がスムーズになるよ。この他、深い穴を開ける時にはガンドリルという特殊な工具を使うこともあるんだ。





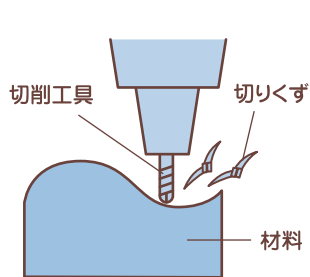
金属に手を加え、目的の形状を作り出す 「除去加工」「成形加工」「付加製造」の3加工法

私たちの身の回りには、金属を加工して作られた物がいたるところにあふれている。例えば、自動車には金属を加工して作られた部品が数多く搭載されている。また、現代社会に欠かせないパソコンやスマートフォンにも、多くの金属部品が組み込まれている。シンプルな形状から複雑な形状まで、小型サイズのものから大型のものまで、金属加工を通じて作られた物は数限りなくある。

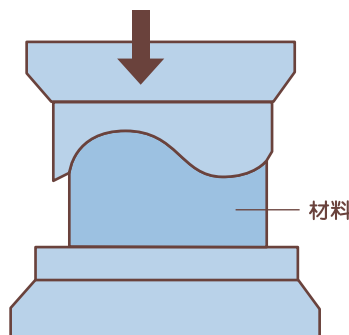
「加工」を辞書で調べると「細工すること」「原材料に手を加えること」など出てくる。つまり、金属加工とは端的に言えば、金属の原材料に何かしらの手を加えることを指す。金属に手を加えることで、目的の形状を作り出したり新たな機能を付加したりできる。

金属加工の方法にはさまざまな種類がある。中でも、目的の形状を作り出す方法は大きく①除去加工②成形加工③付加製造——の3種類に分けられる。

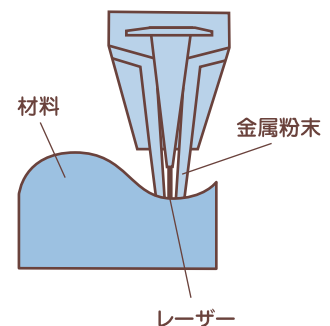
除去加工は、金属の材料から不要な部分を取り除いて目的の形状を作る加工法だ。また、成形加工は金型などを使い、金属材料から不要な部分を取り除くことなく目的の形状を作り出す。付加製造は、材料を接合するなどして目的の形状を作り上げる。除去加工は「材料を取り除く加工」、成形加工は「材料の形を変える加工」、付加製造は「材料を付け加える加工」と考えると違いが分かりやすい。



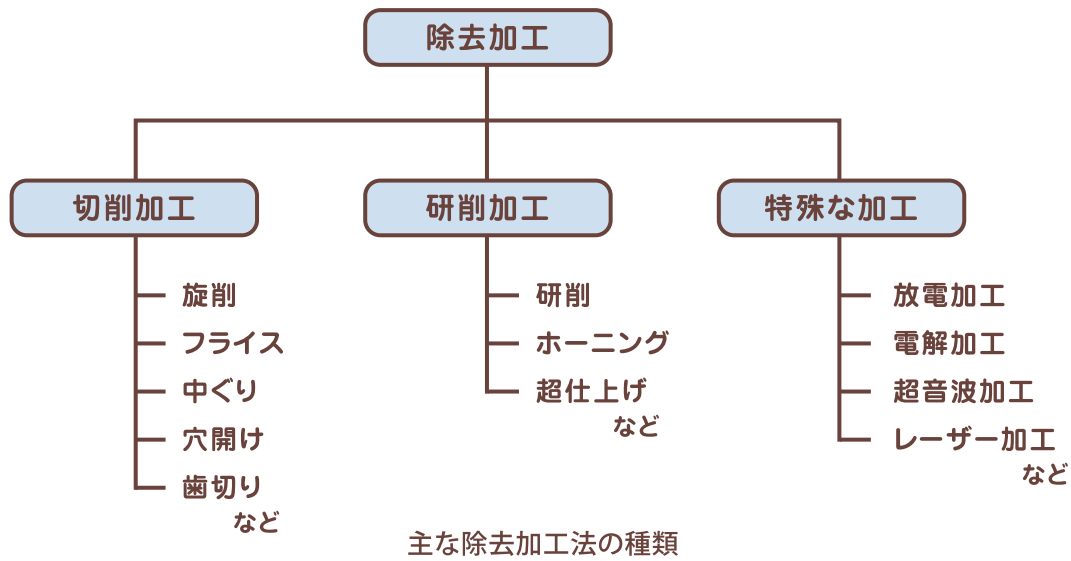
除去加工



成形加工



付加製造



1 除去加工

一般に、工作機械とは除去加工をする機械だ。日本工業規格 (JIS) では「切削や研削、または電気やその他のエネルギーを使って金属の工作物から不要な部分を取り除き、目的の形状に作り上げる機械」と定義している。ただし、後述の塑性加工や鋳造などの成形加工をする機械も、広い意味で工作機械と呼ぶこともある。

除去加工は大きく①切削加工②研削加工③特殊な加工——の3種類に分けられる。切削加工とは非常に硬い金属素材でできている切削工具を使い、金属材料を削り出すこと。代表的な加工法には、旋削加工やフライス加工が挙げられる。

研削加工は砥石 (といし) と呼ばれる工具を使い、より高い精度で金属材料を加工すること。主に仕上げの工程で使われる。また、特殊な加工とは、切削工具や砥石ではなく電気エネルギーや光エネルギーなどを使い、金属材料を加工する方法だ。代表的なものには電気エネルギーを加工に使う放電加工や、レーザーを加工に使うレーザー加工が挙げられる。この他、化学反応を応用して材料を除去する加工法もある。

本書では「はじめての工作機械編」の欄で除去加工用の設備を詳しく紹介している。

2 成形加工

成形加工は大きく①塑性加工②鋳造③焼結——の3種類に分けられる。塑性加工は、金型を使って金属材料に外から力を加え、材料を変形させて目的の形状を作る加工法だ。加工時に切りくずを出さず、材料のロスが少ないのが特徴だ。代表的な加工法にプレス加工や鍛造加工がある。これらの加工を担う設備は「はじめての鍛圧・板金機械」の欄で詳しく紹介している。

また、鋳造は熱で溶かした金属材料を金型の中に流し込み、冷やして固めることで目的の形状にする。鋳造加工で作った製品のことを鋳物と呼ぶ。焼結とは、金属粉末を高い温度で焼き固めて目的の形状を作り出すことだ。

3 付加製造

付加製造は「アディティブ・マニファクチャリング (AM)」とも呼ぶ。除去加工や成形加工とは違い、金属や樹脂の材料を薄く重ねて、積み上げていく加工法だ。「3Dプリンター」がイメージしやすい。

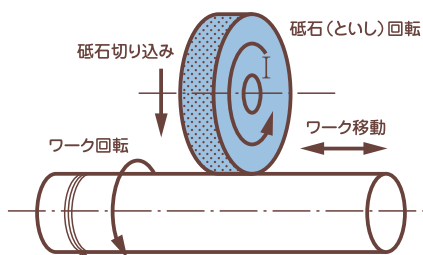
内部が空洞のものやうねった水管など、切削加工では作れない形状にも対応できるのがAMの大きな特徴だ。本書では「付加製造 AM技術」で詳しく紹介している。

4 限目 | けん さく か こう 研削加工

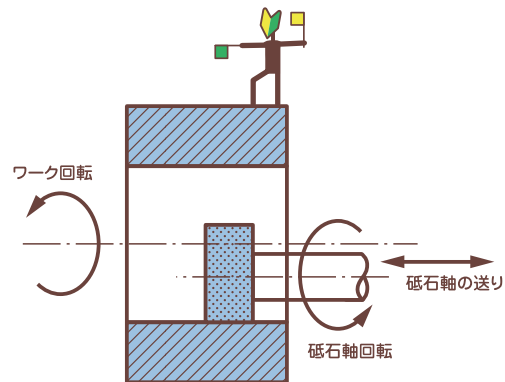


高速で回転する砥石(といし)にワークを当てて、少しずつ削り取っていく加工方法を研削加工と言うんだ。刃物ではなく、砥粒(とりゅう)と呼ばれる硬い粒子を使って削るので、一度にたくさんの量を削り取ることはできないけれど、きれいな面を作ることができるんだ。仕上げのための加工法と言ってもいいね。

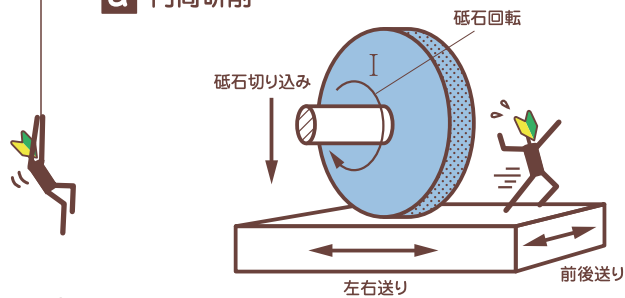
研削加工



a 円筒研削



b 内面研削



c 平面研削

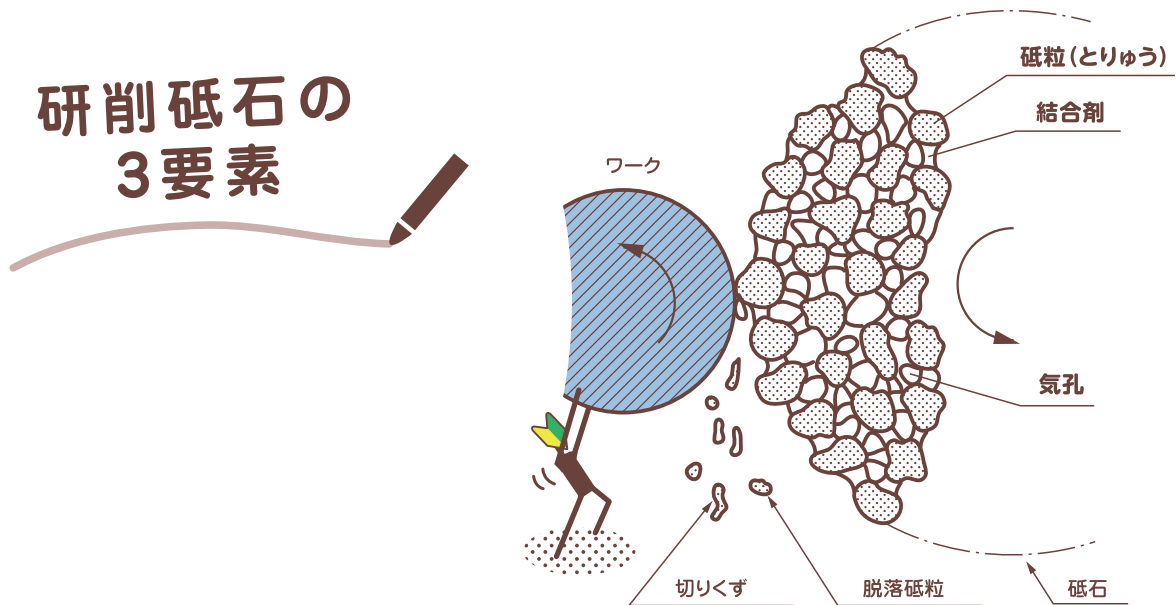
他にも成形研削や端面研削、流動砥粒による研削、砥粒と振動によるバレル研磨などの方法があるんだ。

代表的な研削加工には、上の図のように円筒形状のものを削る**a**円筒研削や、筒の中を削る**b**内面研削、板材やブロックなど角材の平面を削る**c**平面研削の3つの種類があるよ。半導体のチップに使われるシリコンウエハーやセラミックスなどの硬い素材にも研削加工は使われるんだ。

4 限目 | けん さく か こう 研削加工

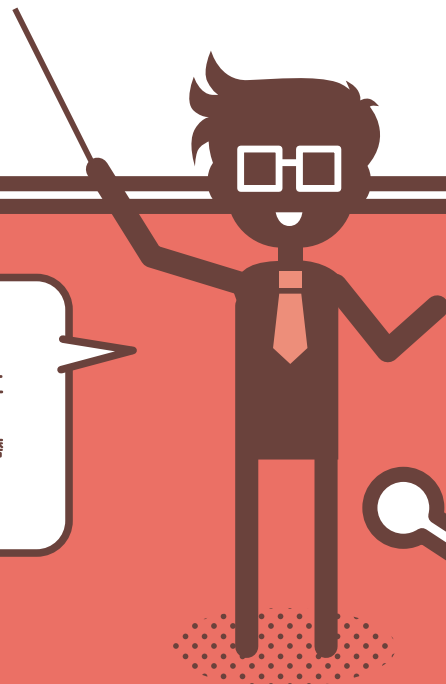


研削砥石の 3要素



研削加工に使う砥石は、砥粒と結合剤、気孔(きこう)の3つの要素で構成されているんだ。砥粒は一般砥粒と超砥粒の大きき2つに分けられる。一般砥粒には主にアルミナや炭化ケイ素などのセラミックスの素材が使われ、超砥粒にはダイヤモンドや立方晶窒化ホウ素(CBN)といった非常に硬い素材が使われるんだ。結合剤は砥粒を結合するためのものだよ。ボンドとも言うんだ。ボンドにも、樹脂を使ったレジンやセラミックスを使ったビトリファイドなどいろいろな種類がある。気孔は切りくずを取り除くための隙間だよ。

a ~ c の他にもいろいろな加工方法があるよ。例えば、削りたいワークの輪郭形状に沿って加工する成形研削や、ねじ形状を加工するねじ研削、歯車形状を加工する歯車研削、砥粒を使って研磨するラップ加工などがあるんだ。

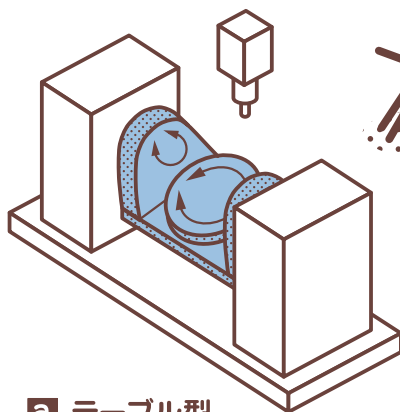


5 限目 | ご じく か こう 5 軸 加 工

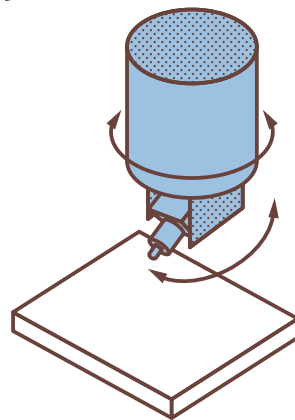


複雑な形状の加工や工程を集約するために、最近は5軸マシニングセンタ(MC)を導入する企業が増えているよ。MCは通常、X、Y、Zの直線3軸で構成されている。これに回転軸や傾斜軸を2軸追加したものを5軸MCと言うんだ。

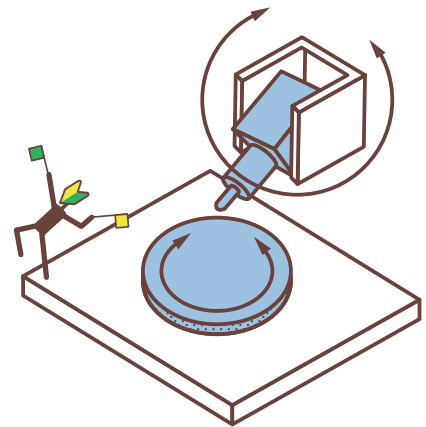
5 軸 MC いろいろ



a テーブル型



b 主軸型



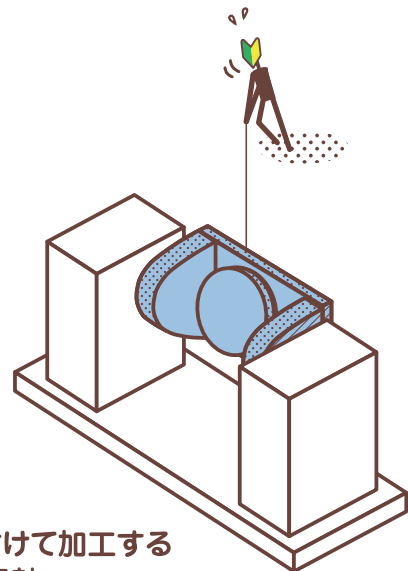
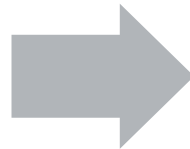
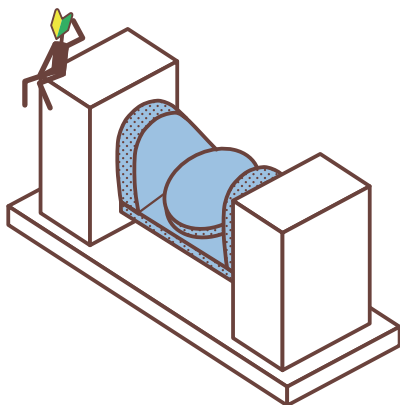
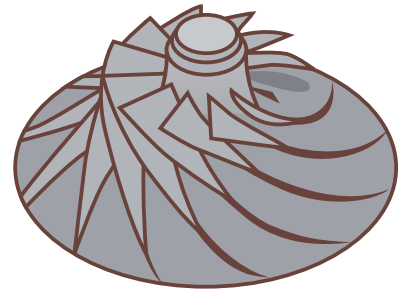
c テーブル+主軸型

上の図を見ると、5軸MCには大きく3つのタイプがあることが分かるね。**a**のテーブル型は、ワークを搭載するテーブル側に回転2軸を追加し、**b**の主軸型は、工具を取り付ける主軸側に2軸を追加したタイプだ。**c**の混合型は、主軸とテーブルにそれぞれ1軸ずつ加えたものだよ。



5 限目 | ご じく か こう 5 軸 加 工

5軸を使った加工方法は大きく2つあるんだ。同時に5つの軸を動かして加工する「同時5軸」と、あらかじめワーク側か主軸側に角度を付けてから、3軸の動きで加工する「割り出し5軸」の2種類だよ。右の図の部品を見てほしい。これは「インペラー」と言って、羽根の部分の滑らかな曲線が特徴だね。実は3軸MCでは、主軸などが加工中にインペラーとぶつかってしまい、加工がすごく難しい。でも、5軸MCで5つの軸を同時に動かして加工すれば、こうした部品も作れるんだ。



あらかじめ角度を付けて加工する
割り出し5軸

5軸MCの良さは、何と言ってもワークを途中でつかみ直さずに複雑な形状を作ることができる点だよ。ジグやバイスなどのワークを固定するための器具の交換の手間や時間を削減できるので、3軸MCよりも効率的に複雑な形状を加工できるんだ。



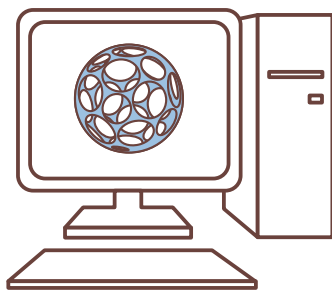
6 限目 | AM 技術



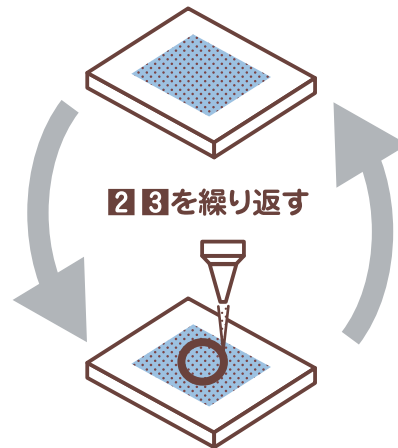
これまで勉強してきた加工法は、工作機械で材料を削り取ることから「除去加工」と呼ばれるんだ。今回勉強する「付加製造（アディティブ・マニュファクチャリング、AM）」は除去加工とは違い、樹脂や金属などの材料を薄く重ねて、積み上げていく加工法だよ。3Dプリンターなどが有名だね。AM技術を使えば、今までにない新しいものづくりができると期待されているよ。

基本の加工法（粉末床溶融結合）

②材料となる金属粉末をテーブルの上に薄く敷く。



①3次元モデルデータを作る。



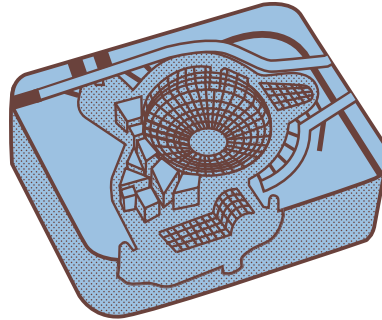
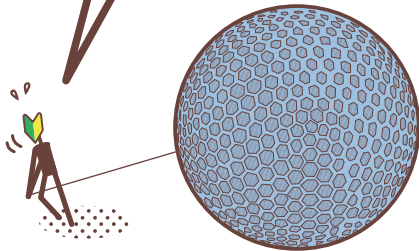
③金属粉末にレーザー光を当てて固める。

④完成

AMの方式はいくつかあるけれども、ここでは粉末床溶融結合（パウダーベッド）方式での立体形状の作り方について説明するよ。まずは3次元CADソフトウェアを使って、目的の形状の3次元モデルデータを作るんだ①。それを3Dプリンターなど積層造形の装置に取り込み、装置内のテーブルの上に材料の金属粉末を薄く敷く②。薄く敷いた金属粉末にレーザー光を当て、金属を溶かして固める③。②と③を何度も繰り返すことで、3次元モデルデータと同じ形状を作っていくよ。

6 限目 | AM 技術

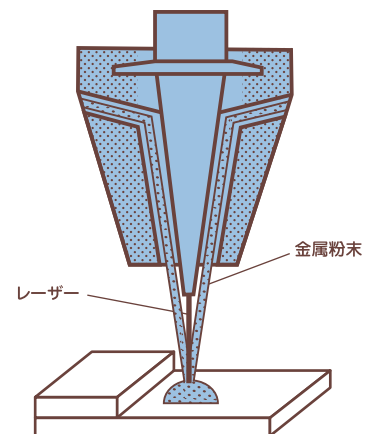
AM技術と切削加工を組み合わせた加工機が、複数の工作機械メーカーから発売されているよ。



内部が空洞のものやうねった水管など、切削加工では作れない形状でもAMなら作れるんだ!



粉末床溶融結合方式の他にも、右の図のようにノズルから金属粉末を噴出すると同時にレーザーも照射して、任意の部分を溶かして固めて積層する指向性エネルギー堆積（レーザーメタルデポジション）という方式もAMにはあるんだ。この方式なら必要な部分だけに金属を足すことができるので、切削加工と組み合わせれば端が欠けた部品の補修などに力を発揮できそうだね。



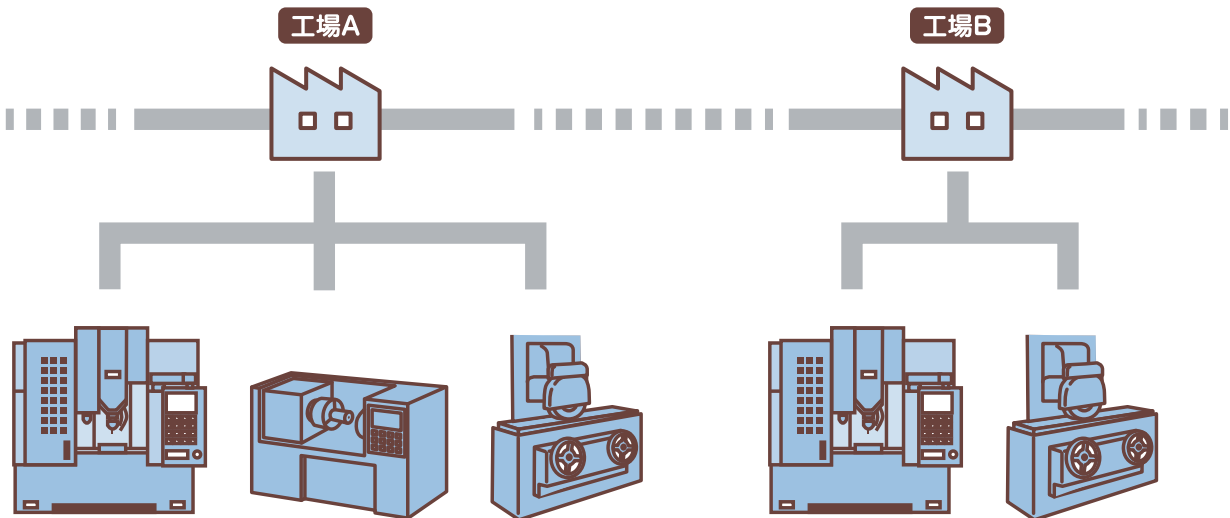
何でも作れる魔法の技術のように見えるけど、課題も多いんだ。一つは加工時間。材料を薄く敷いて積み上げていくため、1つの部品を作るのに多くの時間が必要なんだ。もう一つは精度。AM技術で作った形状は粗くて、基本的には切削加工で仕上げるケースが多いんだ。こうした課題が解決されれば、さらに用途が広がるだろうね。



課外授業



最近、「IoT」という言葉をよく聞くね。IoTは「Internet of Things」の略で「モノのインターネット」と翻訳されているよ。ありとあらゆるものをインターネットに接続するんだ。何だかこれではよく分からないよね。ここではIoTで何ができるのかを勉強していこう。



世界中の工作機械がインターネットでつながったらどうなるんだろう……



IoTは工作機械にはどのように生かせるのだろうか。例えば、機械のあらゆる部分にセンサーを取り付けば、温度や振動などのいろいろな情報を集められる。センサーをインターネットにつなげば、センサーで集めた情報をどこでも、例えば外出先でもタブレット端末などで見られるよ。これなら万が一機械が止まってもすぐに復旧できそうだね。他にも、機械の稼働状況などを細かく把握できれば、それに対して対策も打てる。インターネットを使えば、こうした生産現場でのいろいろな情報を事務所や他の工場とも共有できる。つまり、IoTを使えば今まで以上に生産性を高められるんだ!

課外授業

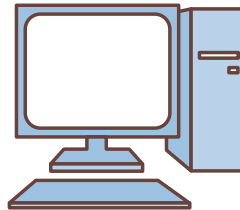
IoT



スマートフォン



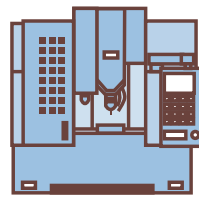
PC



タブレット



いつでもどこでも
機械の状態が見
られるなんてす
ごいね!



IoTなどを生かした技術革新のことを「第4次産業革命」と呼ぶよ。
現在はドイツや米国、日本を中心に、IoTの活用に国を挙げて取り
組んでいるんだ。

マスコミなどの報道もあり、徐々にIoTの認知度は上がっ
ているけど、ハッキングやデータ流出のリスクなどセキュリ
ティー面を不安視する声もあるんだ。そこで、IoT関連の
製品やソリューションを提供する工作機械メーカー各社
は、IT系の企業と手を組んでセキュリティー対策も強化し
ているよ。

