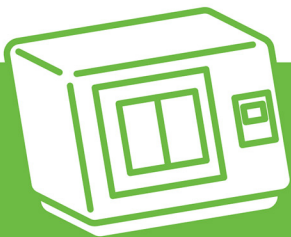
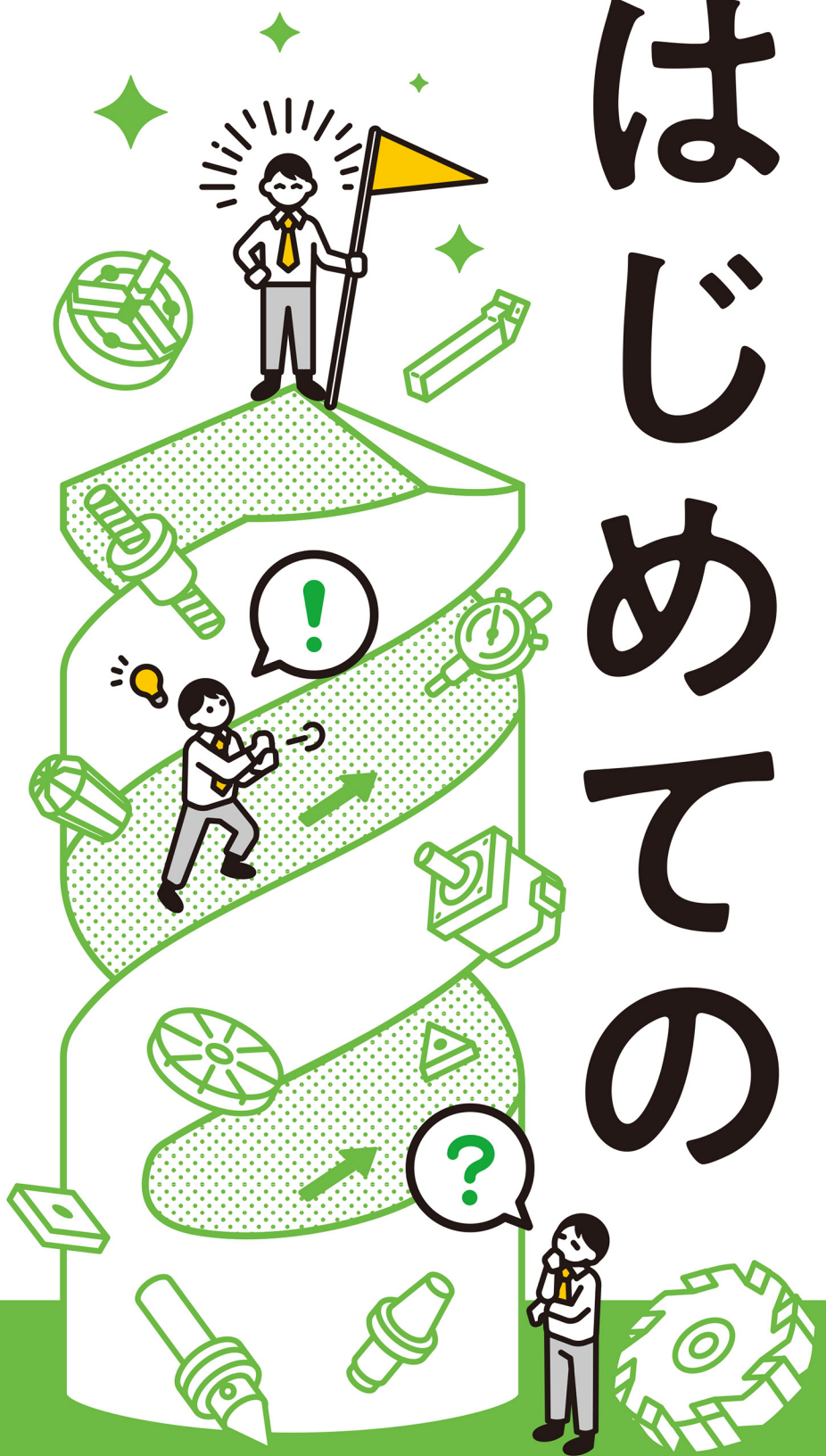


# 工作機械

# はじめの

副読本  
改訂22版





# 「加工」って何？

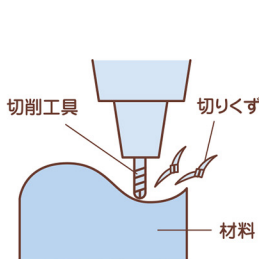


## 金属に手を加え、目的の形状を作り出す 「除去加工」「成形加工」「付加製造」の3つの加工法

私たちの身の回りには、金属を加工して作られた製品があふれている。自動車やスマートフォンには、金属を加工して作られた部品が数多く搭載されている。

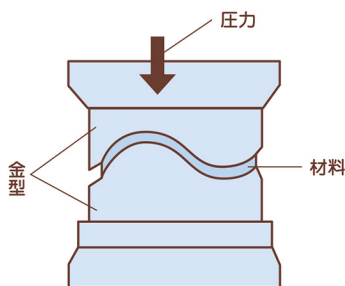
「加工」を辞書で調べると「細工すること」「原材料に手を加えること」など出てくる。金属加工とは分かりやすく言えば、金属の原材料や素材に何かしらの手を加えて目的の形状を作り出すことを指す。

金属加工の方法は多岐にわたるが、大きくは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。目的の形状を作るためのプロセスがそれぞれ異なる。除去加工は「金属材料から要らない部分を取り除く加工」、成形加工は「金属材料に強い圧力を加えて変形させる加工」、付加製造は「金属材料を付け加えて立体的な形状を作り出す加工」とイメージすると違いが分かりやすい。



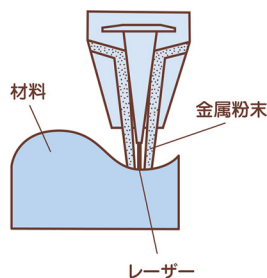
### 除去加工

材料から要らない部分を取り除く加工法



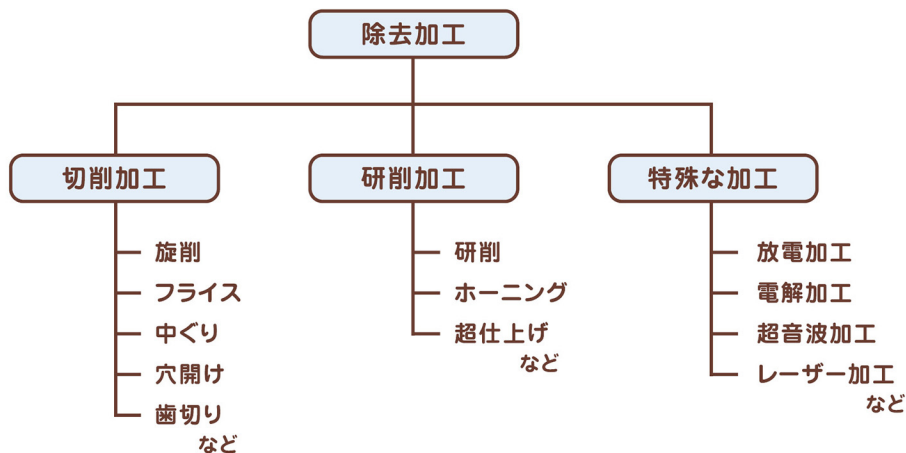
### 成形加工

材料に強い圧力を加えて変形させる加工法



### 付加製造

材料を付け加える加工法



主な除去加工法の種類

## 1 除去加工

上の図にあるように、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、非常に硬い金属材料でできた切削工具を刃物として使い、加工対象の金属材料を削り取って目的の形状を作る加工法。代表的な加工法には旋削加工やフライス加工がある。

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加工法。主に仕上げの工程で使われる。

特殊な加工とは、電気エネルギーや光エネルギーを使って金属材料を加工する方法だ。電気エネルギーを使う放電加工やレーザー光を使うレーザー加工などが代表的な加工法に挙げられる。

本書では「はじめての工作機械」(74~116ページ)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

金属材料の外から強い圧力をかけ、材料を変形させて目的の形状を作る加工法。塑性は「そせい」と読む。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。本書では「はじめての塑性加工機」(160~176ページ)で塑性加工用の設備を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に流し込み、冷やして固めることで目的の形状を得る加工法。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)」とも呼ばれる。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。AM用の代表的な設備には3Dプリンターがある。

内部が空洞になった物やうねった水管など、除去加工では作れない形状も造形できる。本書では「付加製造 AM技術」(178~182ページ)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 あらゆる部品を作り出す

工作機械とは、主に金属の材料から要らない部分を削り取り、目的の形状を作り出す機械だ。工作機械で作られた部品は、自動車やスマートフォン、航空機など、私たちの身の回りのさまざまな最終製品に使われる。

世の中には自動車やカメラ、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、あらゆる機械の部品を作り出せる。これこそが、他の機械

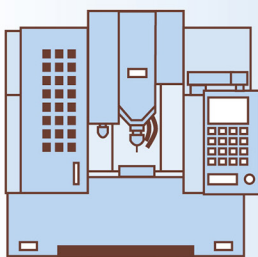
にはない工作機械ならではの大きな特徴だ。

一般的に、工作機械そのものが人の目に触れる機会は少ない。しかし、その性能の良しあしが、作り出される最終製品の競争力も左右するため、一国の工業全体に与える影響は大きい。実は、日本の工作機械技術は世界でもトップクラスで、生産額は1982年から27年間にわたって世界1位の座を維持した。その後、中国に首位を明け渡したものの、今でも世界トップクラスの生産額を維持している。

#### 材 料



#### 工作機械



#### 機械部品



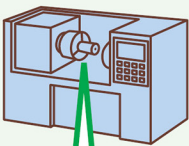
#### 最終製品





## 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、材料から要らない部分を削る加工法だ。代表的な加工法には、旋削加工やフライス加工、穴加工、研削加工などがある。

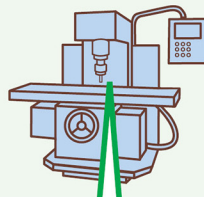
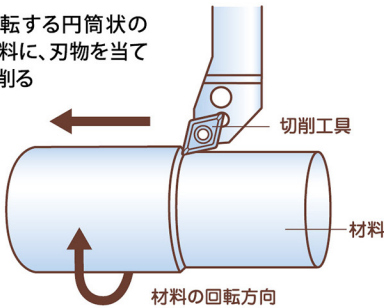


### 旋削加工

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

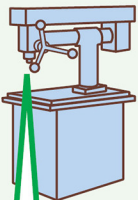
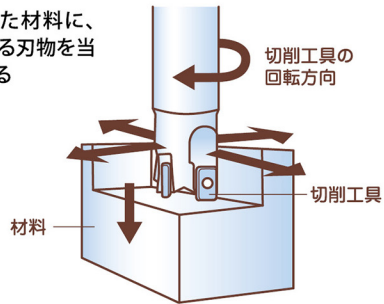


### フライス加工

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

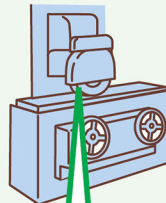
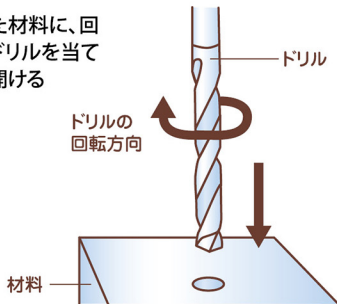


### 穴加工

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

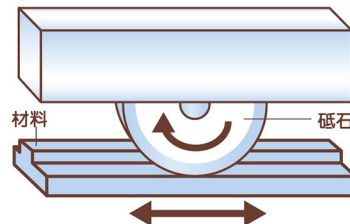


### 研削加工

使う機械

- 研削盤

固定した材料が回転する材料に、回転する砥石(といし)を当てて削る



# フクロウ先生の 初心者でも分かる、

# かんたん 切削講座



フクロウ先生

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 塑性加工

7限目 AM技術

課外授業 IoT

切削加工のことならなんでも知ってるフクロウ。彼の講座は常に定員オーバー。立ち見客も出るほどの人気ぶりである。

講座を始める前に、気を付けたい

# 削り方・5つの基本ポイント

ポイント

## ① 材料を工作機械に正しく取り付ける

材料を刃物で削る時、材料には力がかかる。材料に大きな力がかかっても、材料が動かないよう、しっかりと正確に工作機械に取り付けることが大切なんだ。

ポイント

## ② 最適な刃物を選ぶ

加工したい材料や形状によって、使うべき刃物も変わるんだ。目的の加工の内容に合わせて、最適な形状や材質の刃物を選ぶことが大事だよ。

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、刃物や材料が回転するスピードなどの切削条件をいろいろと設定できるんだ。削りたい材料に合わせ、最適な条件で加工する必要があるね。

ポイント

## ④ 最適なクーラント(切削油剤)を使う

材料を削ると切りくずが出るし、大きな熱も発生するんだ。切りくずを排除し、熱を冷ますためにも、用途に合ったクーラントを使おう。

ポイント

## ⑤ 加工中に生じる現象を知る

加工時に力や熱が発生すると、材料や刃物、工作機械そのものがひずみ、正しい寸法や表面精度が得られないんだ。こうしたことを常に念頭に置きながら加工と向き合えば、一歩進んだ加工ができるようになるよ。

切削工具と呼ばれる刃物を使って、材料から要らない部分を削り取る加工法を切削加工と呼ぶよ。目的の形状を正確に加工したければ、上のポイント①～⑤に気を付けよう!

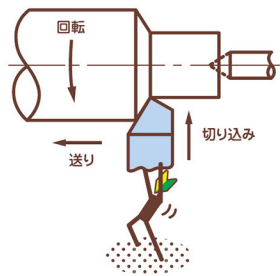


# 1 限目

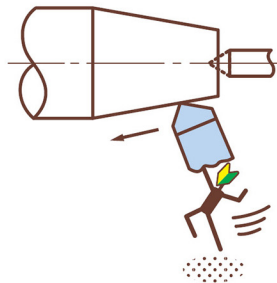
# せん さく か こう 旋削加工

## 旋削加工

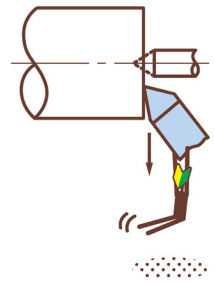
**a** 外周削り



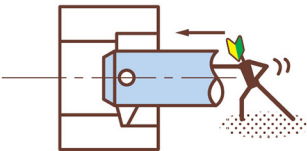
**b** テーパー削り



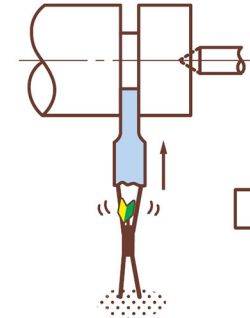
**c** 端面削り



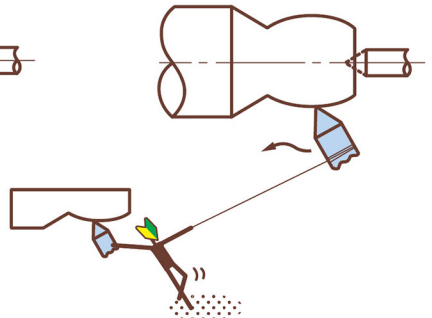
**d** 中ぐり



**e** 突っ切り



**f** ぬい削り



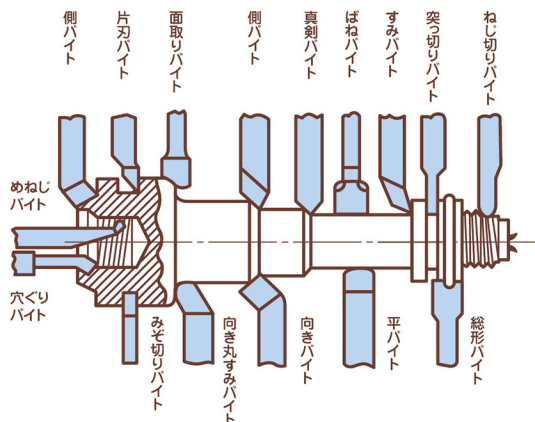
旋削加工は、円筒形状の材料を削るのに向けた加工法だよ。回転する材料にバイトと呼ばれる切削工具を押し当て、目的の形状に加工するんだ。主に旋盤という工作機械を使うよ。

切削工具を当てる深さや角度を変えれば **a** から **f** の組み合わせで幅広い形状を作り出せるんだ。

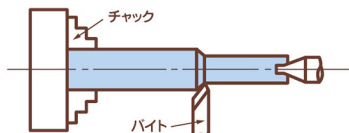




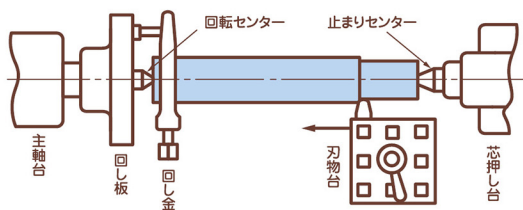
## いろいろなバイト



## チャックの使用イメージ



## センターの使用イメージ



旋削加工では、チャックやセンターと呼ばれる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めの材料を固定するのに使うんだ。比較的直径が小さくて細長い材料を加工する時は、センターを使うよ。

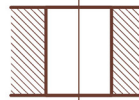
# 2 限目

# あな か こう 穴加工

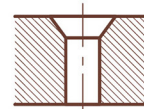
穴加工は文字通り、材料に穴を開ける加工法だよ。ドリルという切削工具を使うよ。



## 穴加工



穴開け

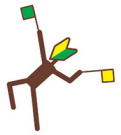
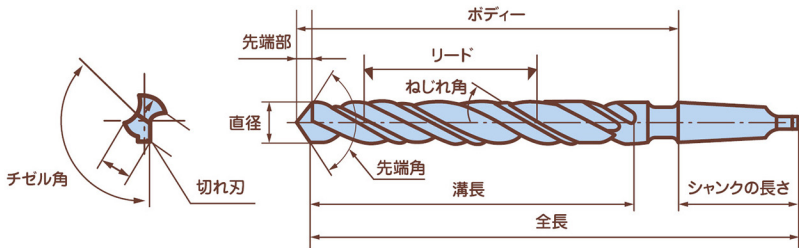


面取り

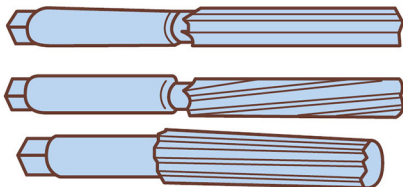


座くり

## ドリル各部の名称

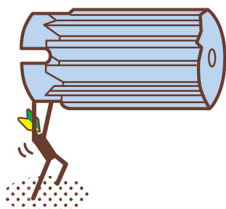


ドリルには切りくずを排除するための溝が付いているよ。ドリルの素材に使われる素材や、ドリルの構造、刃や溝の形状、長さなどでさまざまな種類に分けられるんだ。



## 各種リーマー

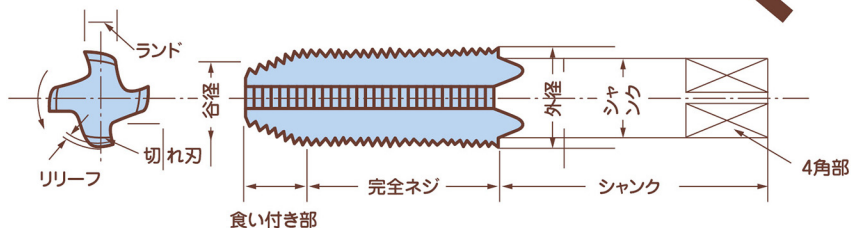
タップを使えば  
ねじ穴を作れるよ!



リーマーはドリルで  
開けた下穴を高精度  
に仕上げる切削  
工具だよ!



## タップ各部の名称



加工する穴が深くなるほど、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、刃先に油穴が付いたドリルを使えば、切りくずを排除するためのクーラント（切削油剤）を刃先から供給でき、切りくずの排出がスムーズになるよ。

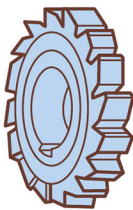


# 3 限目 | フライス加工

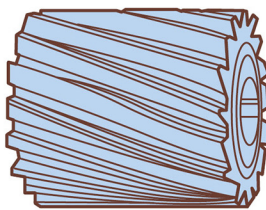


回転する切削工具を使って、板やブロック形状の材料の平面や側面、溝などを削る加工法をフライス加工と呼ぶよ。主にマシニングセンタやフライス盤という工作機械を使うんだ。

## フライス工具の種類



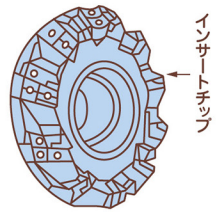
a 平フライス



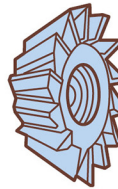
b 側フライス



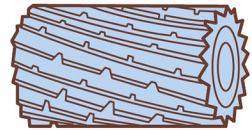
c 正面フライス



d エンドミル



e 角フライス



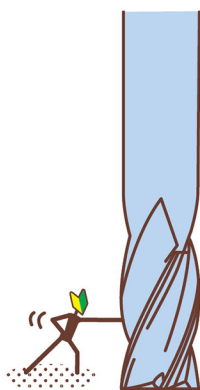
f 切り欠き刃フライス

フライス工具にはさまざまな種類があるよ。溝を削る時は **a** の平フライス工具、広い平面を削る時は **c** の正面フライス工具を使う。 **d** のエンドミルは、側面や溝などのいろいろな形状を1本で加工できるんだ。

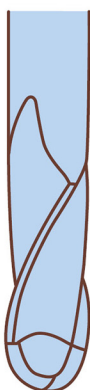




## 主なエンドミルの種類



スクエアエンドミル



ボールエンドミル



ラジラスエンドミル



用途に合わせて  
使い分けよう!



エンドミルはフライス加工には欠かせない工具の一つで、たくさんの種類があるんだ。代表的なものには、底刃の形状がフラットなスクエアエンドミルや、底刃の角が丸みを帯びているラジラスエンドミル、底刃が球状になったボールエンドミルなどがあるよ。



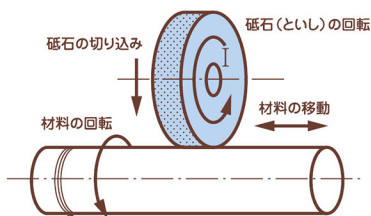
# 4 限目

# 研削加工

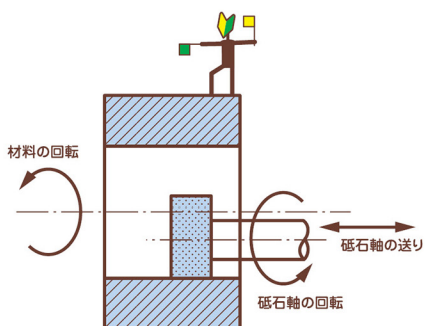


高速で回転する砥石(といし)を材料に当てて、少しずつ削り取る加工法を研削加工と呼ぶよ。砥(と)粒と呼ばれる硬い粒子が刃物になるんだ。きれいな面を加工できるよ。

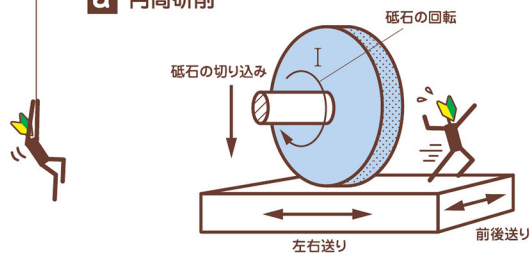
## 研削加工



**a** 円筒研削



**b** 内面研削



**c** 平面研削

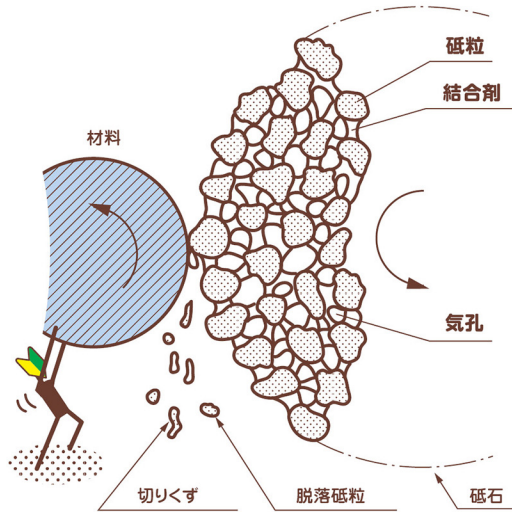
研削加工は主に仕上げの工程で使われる加工法だよ。

代表的な研削加工には、円筒形状の材料を削る **a** 円筒研削や、穴の内面を削る **b** 内面研削、板やブロック形状の材料の平面を削る **c** 平面研削の3種類があるよ。





## 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。砥粒は硬い粒子で、刃物の役割を果たすよ。結合剤はボンドとも言い、砥粒を結合するのに使われる。気孔は、切りくずを取り除くために設けられた隙間のことだよ。

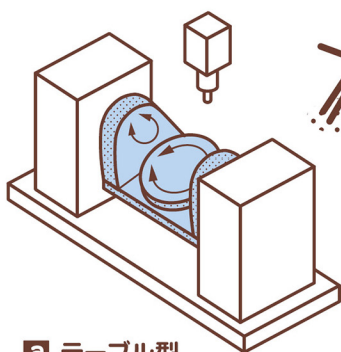
# 5 限目

# 5 軸 加 工

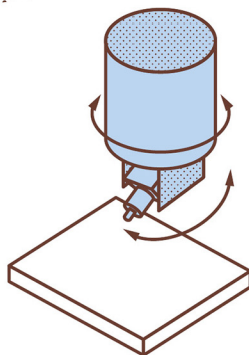


最近は5軸マシニングセンタ(MC)と呼ばれる工作機械を導入する企業が増えているよ。MCは通常、X、Y、Zの直線3軸で構成されているけれど、これに回転軸や傾斜軸を2軸分追加したのを5軸MCと呼ぶんだ。ここでは5軸MCを使った5軸加工について勉強しよう。

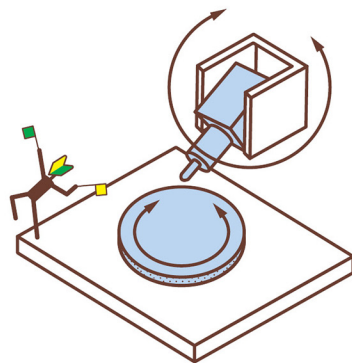
## 5 軸 MC の 種 類



**a** テーブル型



**b** 主軸型



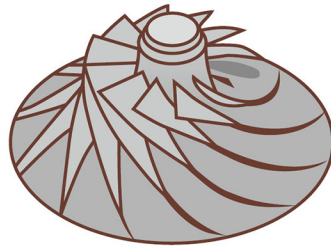
**c** テーブル+主軸型

5軸MCには大きく3つのタイプがあるんだ。**a**のテーブル型は材料を取り付けるテーブル側に回転2軸を追加したタイプで、**b**の主軸型は切削工具を取り付ける主軸側に2軸を追加したタイプだよ。**c**の混合型は主軸とテーブルにそれぞれ1軸ずつ加えたタイプだよ。

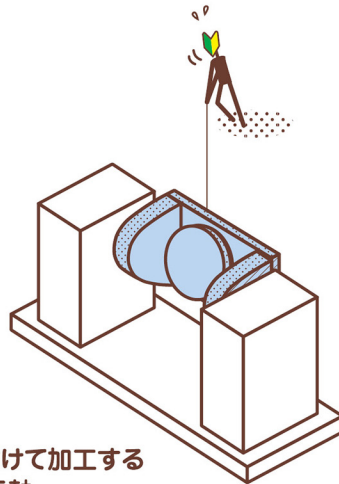
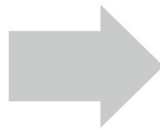
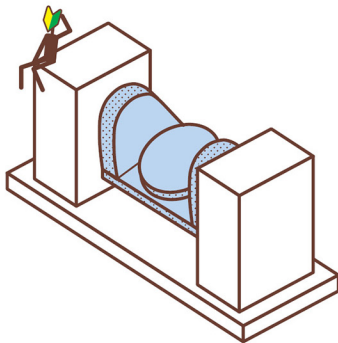




5軸加工には同時に5つの軸を動かして加工する「同時5軸」と、テーブル側か主軸側にあらかじめ角度を付けてから、3軸の動きで加工する「割り出し5軸」の2種類があるんだ。右の図の部品は「インペラー（羽根車）」と言って、羽の部分の滑らかな曲線を削り出すのに同時5軸加工が使われるよ。



インペラー



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、材料を途中でつかみ直さずに複雑な形状を作れる点だよ。3軸MCよりも効率的に複雑な形状を加工できるんだ。

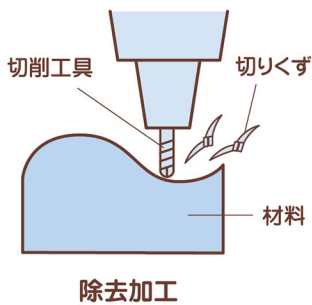


# 6 限目 | そ せい か こう 塑性加工

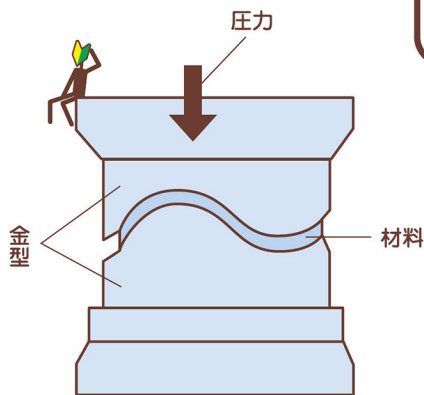


これまで紹介した旋削加工やフライス加工は、材料から要らない部分を削り取って目的の形状を作る加工法で、「除去加工」と呼ばれるんだ。一方、今回勉強する「塑性加工」は金型を使って材料に強い力を与えて変形させることで目的の形状を作り出す加工法だよ。

## 除去加工と塑性加工



除去加工



塑性加工

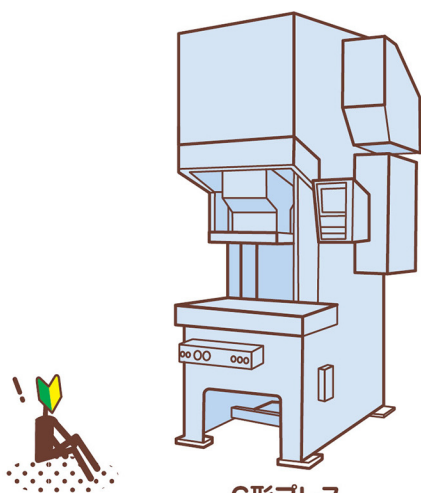
除去加工は加工中に切りくずが出るけど、塑性加工は切りくずが出ないんだ!



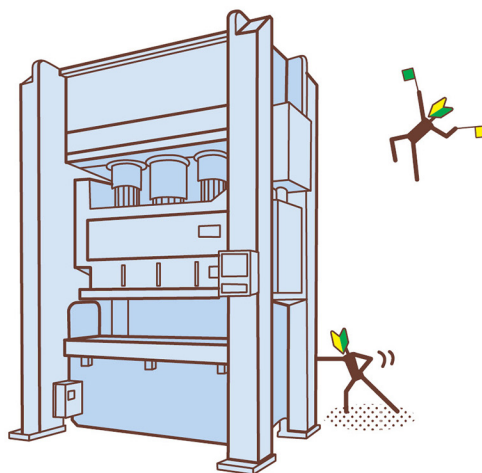
金属材料は弾性と塑性という2つの性質を備えているんだ。弾性とは、材料に力を加えて変形させても、その力を除くと元に戻る性質のこと。これに対し、材料に加えた力を除いても変形がそのまま残る性質を塑性と呼ぶよ。この性質を利用した加工法だから、塑性加工と言うんだね。



## プレス機械の主なフレーム構造



C形プレス



ストレートサイド形プレス



塑性加工にはさまざまな種類があるけれど、代表的なものにはプレス加工があるよ。プレス加工に使われるプレス機械には、横から見た時の形がアルファベットの「C」に似ている「C形プレス」や、加工エリアの四隅に支柱がある「ストレートサイド形プレス」などがあるんだ。

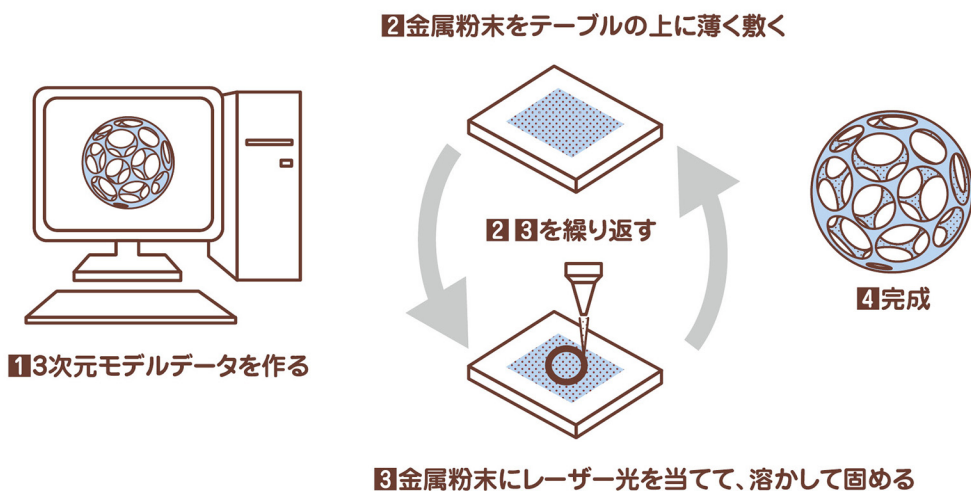
# 7 限目

# AM<sup>ぎ</sup>技術<sup>じゅつ</sup>



「付加製造（アディティブマニュファクチャリング、AM）」は樹脂や金属などの材料を薄く重ねて、積み上げる加工法だよ。主に3Dプリンターを使うんだ。

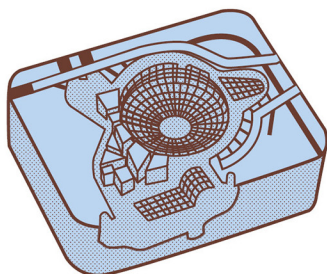
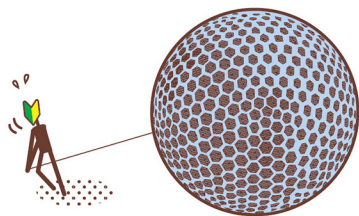
## 基本の加工法（パウダーベッド方式）



AMの方式はいくつかあるけれど、ここでは粉末床溶融結合（パウダーベッド）方式について説明するよ。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❶。それを3Dプリンターに取り込み、装置内のテーブルの上に材料の金属粉末を薄く敷く❷。金属粉末にレーザーを当て、溶かして固める❸。❷と❸を何度も繰り返して、モデルデータと同じ形状を作るよ。







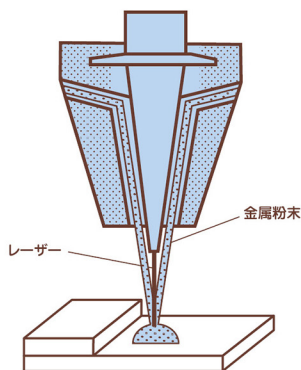
内部が空洞の物や  
うねった水管なども  
作れるんだ!



## レーザー・メタル・デポジション方式



パウダーベッド方式の他にも、ノズルから金属粉末を噴出しながら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）方式もあるよ。



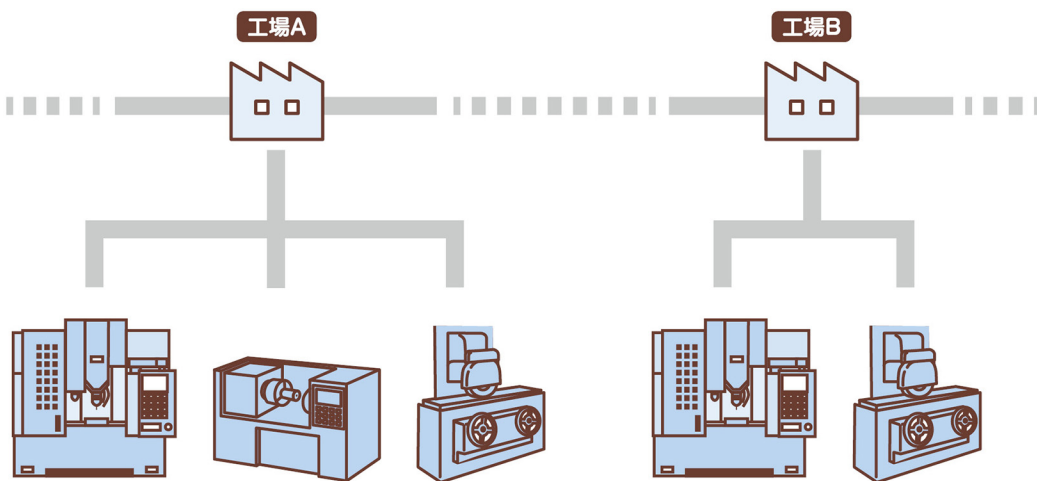
何でも作れる魔法の技術のように見えるけど、加工時間や精度などに課題もあるんだ。こうした課題が解決されれば、用途がさらに広がるだろうね。



# 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。身の回りにあるさまざまな物をインターネットに接続する技術のことだよ。



IoTは、工作機械にはどのように生かせるのだろう。例えば、機械にセンサーを取り付けられれば、温度や振動などのいろいろな情報を集められる。これらの情報を手持ちのタブレット端末やスマートフォンでいつでも、どこでも確認できるよ。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。



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確認できるなんてすごいね!



IoTや人工知能(AI)などのデジタル技術を生かした技術革新のことを「第4次産業革命」と呼ぶよ。

IoT技術を生かせば、工作機械の稼働状況をモニタリングできるんだ。稼働状況を細かく把握できれば、稼働率を上げるための対策も打てる。生産現場のいろいろな情報を、インターネットを介して事務所や他の工場とも共有できるんだ。

