



削るのは、未来へのスキマ



5G、EV、そしてカーボンニュートラル。より良い社会を目指し、めまぐるしいスピードで移り変わる金型製造への要求精度。そんな日々ニッチ化していく現場の声に耳を傾け応え続けることで、モルディノの独創的な工具たちは生まれてきました。どんなに先進的で世の中へ大きな変化をもたらす製品でも、加工の最前線で金型を削っているのは、小さな工具の刃先。現場を取り巻くあらゆる課題の先にこそ、持続的な未来がある。

加工イノベーションをあなたと共に。



株式会社 MOLDINO
〒130-0026 東京都墨田区両国4-31-11(ヒューリック両国ビル8階) TEL 03-6890-5101



www.moldino.com



令和6年11月5日発行 日刊工業新聞社が発行する「機械技術」「機械設計」特別版

ヤングキカイギジュツ

YOUNG

未来の製造業を担う理工系学生を応援する雑誌! 機械技術



- 特集 新人必見!機械加工現場の素朴な疑問
- 特別記事 機械要素の選定・活用の基礎とポイント



Sodick

www.sodick.co.jp



Laser Machine

レーザー加工機



Consumables

サプレハ品



Injection Molding Machine

射出成形機



Machining Center

マシニングセンター



Metal 3D Printer

金属3Dプリンタ



Die-sinker EDM

形彫り放電加工機



Wire-cut EDM

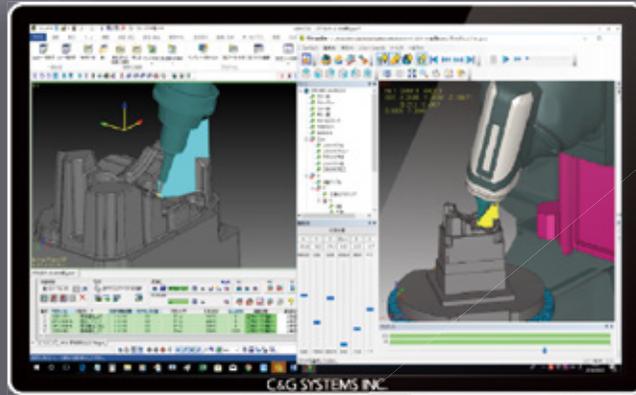
ワイヤ放電加工機

Total Manufacturing Solution

これからも、未来を創る

生産性の限界に挑戦する

We challenge the limit of the productivity



製品総合サイト

CAM-TOOL

5軸マシニングセンタ対応金型加工システム



AIQ

金型・部品製造用工程管理システム



EXCESS-HYBRID II

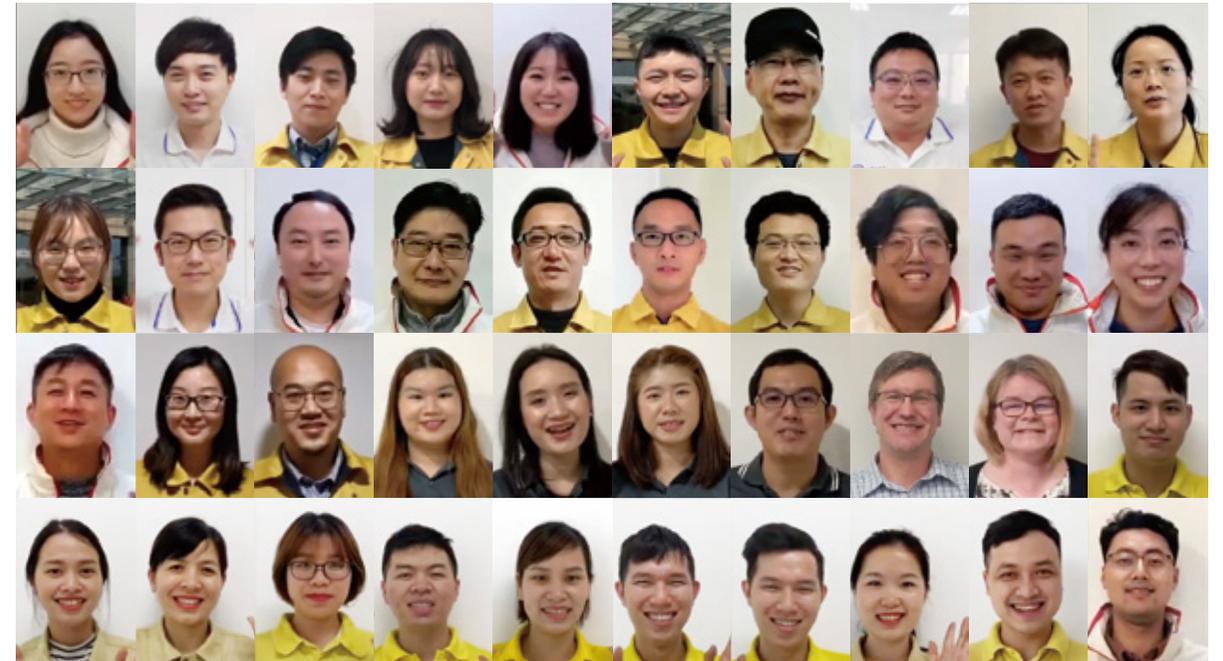
ハイブリッド金型設計製造システム

1分でわかる
C&G システムズ

動画配信中



グローバルに挑戦し続ける私たちと共に未来を創りませんか



EV車のモータコア・航空部品・インペラ・液晶基板・アンプル検査機・製缶など先端のモノづくりから日常品まで、当社製品は自動車・航空・医療・食品産業の生産現場で、自動機械の中核を担う動きの主要コンポーネントとして活躍しています。三共製作所は当社の強みであるカムテクノロジーとモーションコントロール技術で、高生産性・高精度・高品質化に貢献し、世界のお客様に付加価値の高い製品を提供しています。



海外生産拠点



三共アメリカ・インコーポレーテド



杭州三共机械有限公司



ロダックス ベトナム



株式会社 韓国三共

モノづくりに貢献する三共製品



Roller Drive



Variax opus



CNC円テーブル



世界最速EV専用
モータコアスタンピングライン

ファイル管理 から NCデータ転送 まで全てお任せ

他社データも
弊社ソフトで変換可能



↓動画はこちら↓

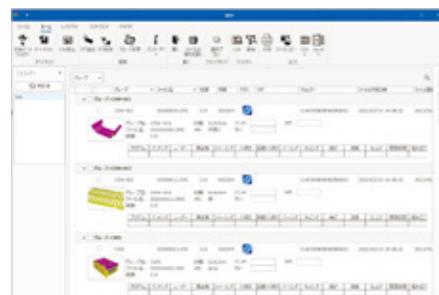
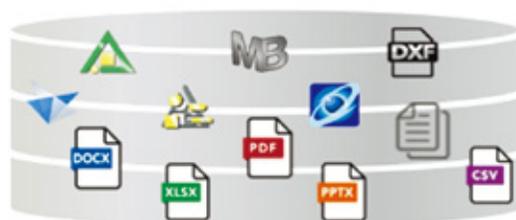


高度なネスティング
材料費高騰への対策も可能

前段取りの省力化・合理化を実現

キャドマックのソフトウェアで作成されるファイルはもちろん、汎用的なファイルも一緒に管理可能。フォルダー管理を別にして、見積書や設計書も一緒に管理できます。

関連ファイルを図番で自動紐づけして一元管理



↓動画はこちら↓



詳しい情報がインターネットからでもご覧いただけます
<https://www.cadmac.net>



本社 〒108-0023 東京都港区芝浦3丁目9番1号 芝浦ルネサイトタワー6階
TEL 03-6453-9770 FAX 03-6453-9778
大阪支店 〒540-0012 大阪府大阪市中央区谷町2-2-20 大手前類第一ビル8F
TEL 06-6355-4484 FAX 06-6355-4485

※ YOUNG 機械技術は、日刊工業新聞社が発行する実務雑誌「機械技術」「機械設計」に掲載された、理工系学生に役立つ記事を一冊にまとめた特別編集版です。HPからPDF版のダウンロードも可能です。ぜひ活用下さい。
<https://kojomag.nikkan.co.jp/>

CONTENTS

特集記事 新人必見！機械加工現場の素朴な疑問

6 わかるとこんなに楽しい！機械加工
……しゅちょー技術研究所 谷津祐哉

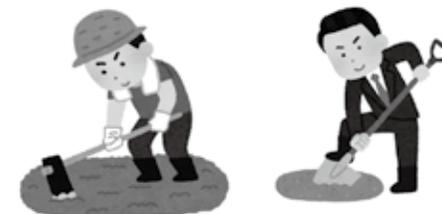
工作機械の Q & A

- 8 マシニングセンターって何ですか。役割とつくれる形状を教えてください
- 9 工作機械の軸って最大何軸ですか
- 10 工作機械の X 軸と Y 軸がわかりません。軸の判別の仕方を教えてください



加工の Q & A

- 11 CAD とか CAM とか NC プログラムとかまったくわからないので説明してください
- 12 CAD と CAM という個別のシステムと CAD/CAM という一緒のシステムがあるなら、CAD/CAM を持っていたほうがいいですか
- 13 結局 CAM って何ですか
- 14 加工条件って何ですか。一般的な項目があるんですか
- 15 切り込み量って何ですか
- 16 切削抵抗って何ですか
- 17 アップカットとダウンカットって何ですか
- 18 主軸や工具の振れって何ですか
- 19 熱処理（焼入れや焼きなまし、焼戻し）って何ですか



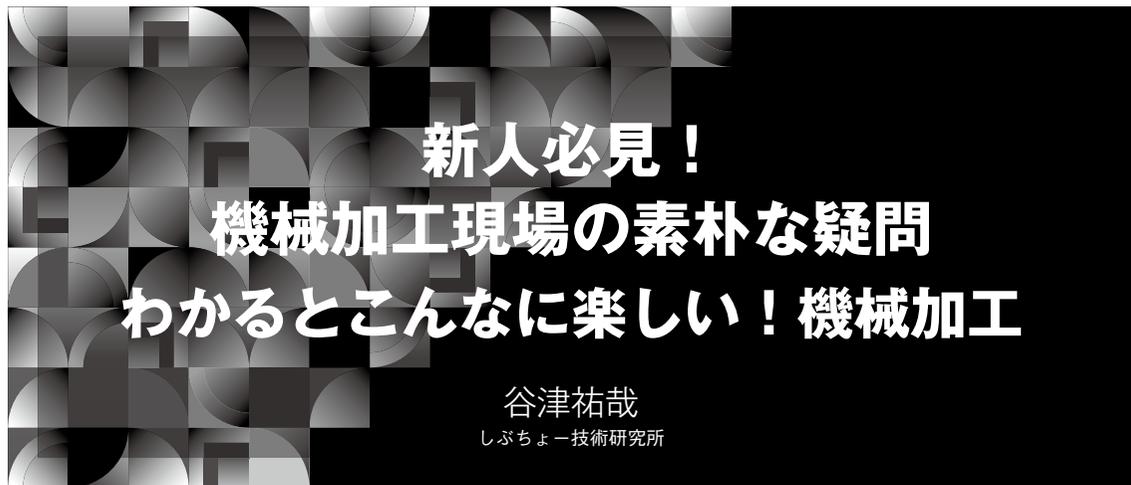
図面の Q & A

アップカットとダウンカットのイメージ



- 20 幾何公差って何ですか
- 21 寸法公差って何ですか
- 22 「はめあい」って何ですか
- 23 参考寸法って何ですか
- 24 直列寸法と並列寸法って何ですか
- 25 φとキリって何ですか
- 26 表面性状って何ですか
- 27 表面性状っていくつか表記があるみたいですけど、違いは何ですか
- 28 加工基準って何ですか
- 29 3D プリンタがあれば何でもつくれますか。切削や研削は必要ですか

30 特別記事 機械要素の選定・活用の基礎とポイント ……孝治技術士事務所 孝治正和



夢と“加工”の世界へようこそ

ある有名なSF作家の言葉に「十分に発達した科学技術は、魔法と見分けがつかない」というものがあります。

私はこの言葉を聞くたびに、旋盤での加工を初めて見たときのことを思い出します。当時は、中学生ながら「なんだか魔法みたいだな」と思ったものです(図1)。金属で金属を削るという摩訶不思議な現象、加工図面という「絵に描いた餅」から実物を取り出してしまふ魔法、それが機械加工です。そんな機械加工に携わるあなたたちは、さながら「魔法使い見習い」と呼べるかもしれませんね。これから先、先輩の言っている言葉が謎の呪文に聞こえたり、ベテラン技能者の手仕上げ痕が、魔法陣に見えるかもしれません。



図1 加工と魔法

しかしながら、機械加工は魔法ではありません。明確な原理原則が存在する物理現象です。魔法のような現象なのに、ちゃんと理論に基づく理由があるのです。これって、なんだか面白くないですか。

私はいまだに加工の専門書を読むと、マジックの種明かしを見るようなそんな「ワクワク」を感じます。研究者であれ、技能者であれ、設計者であれ機械加工に関わる人は、みんな機械加工が大好きです。それだけ奥深く、魅力的な世界なのです。それこそ、みんなが機械加工の魔法にかけられちゃってるわけですね。さあ、あなたも夢と加工の世界へようこそ。

ただ難しければ面白い

福沢諭吉の言葉の中に「ただ難しければ面白い」というものがあります。物事が難しければ難しいほど、それは面白いということです。そういう意味でも機械加工の世界は非常に面白いと言えます。機械加工に関する難しい……じゃなくて、面白い専門書も山ほど出てます(図2)。しかし、社歴の浅い新人がそういった専門書を手にとってみても、数式の嵐で目が回ってしまうことでしょうか。もしかしたら、2度と開きたくないと思うかもしれません。物事には順序がありますから、まずは浅く広くいきましょう。本特集で解説する基礎的な内容などは、まさにうってつけです。

加工の知識がなくても、加工の仕事はできます。



図2 面白い専門書

言われた通りに機械を動かせば、加工は進んでいくからです。しかし、技術者として成長したいのであれば加工の原理原則を学び、経験と掛け合わせていくことが重要です。勉強を続けていけば、必ず「あっ、これは！」と学びと経験が結びつく瞬間がやってきます。この瞬間こそ、技術者として力が伸びる瞬間です。知識と経験は常にワンセットで、そのどちらかが欠けていても駄目なのです。力が付けば仕事は楽しくなり、仕事を楽しければもっと加工の事を知りたくなり、学びます。そして、また力が付く。「学び」がこのような「正のループ」をつくり出してくれるはずですよ。その記念すべき第1歩として、本特集が役立ってくれば本望です。

なぜの気持ちを大切に

右も左もわからないひよっここの新入社員でも、入社時点でベテラン社員に勝る能力が1つあります。それは「なぜ？」と思う力です。何も知らないからこそ、すべてに疑問が持てる……。これは、まさに無敵状態です。なぜなら、技術者の最大の敵は「当たり前」という気持ちだからです。物事に疑問を持たなくなった時点で、学びは止まり、新しいアイデアも生まれなくなります。そして、仕事に慣れるほど、その「当たり前」は強くなっていくのです。だからこそ、新人のときから、なぜ？の気持ちを大切に癖を付けて欲しいです。

具体的には、疑問に思ったことをすぐにメモしましょう。手書きのメモ帳でもスマホでも、やりやすい形で構いません、疑問を持った瞬間にメモしましょう。そして、メモした内容は必ずその日の内に調べて、文章でまとめる、これを習慣付けてください。私は1日2つ以上の「なぜ」を見つけることを習慣としていて、調べたことは文章にまとめてSNSやブログなどを使って発信しています(図3)。かれこれ3年以上、1日も欠かさ

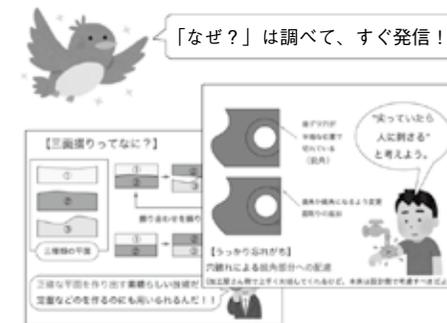


図3 SNSでの発信例

ず続けており、こうやって自分の中の「当たり前」と格闘してるわけです。

新人の疑問は、ベテラン社員にとっても仕事のヒントになります。それは、自分自身も例外ではありません。新人時代の自分の疑問が、将来の自分の役に立つことだってあります。新人時代の突拍子もない疑問やアイデアもメモして書き溜めておいて損はないはずです。

新入社員(若手社員)を迎える 経営者・管理職の方へ

日本の製造業では、デジタル化の遅れが指摘されています。さらにはIT技術を活用できる企業とそうでない企業との情報格差(デジタルデバイド)も問題視されています。昨今の若手社員は、デジタルネイティブ世代の完成系と呼ばれ、インターネットやスマートフォンなどのIT技術に囲まれて育った世代です。つまり彼らは、技術者の卵であると同時に、デジタル化の遅れを解決するための“キーマン”でもあるのです。彼らの文化や能力を活かすことができるかどうかで、日本のモノづくりは大きく変わっていくでしょう。大切なのは既存の古い組織文化や常識を押し付けないことです。教育の中で彼らの発想を引き出し、新しい価値を受け入れる姿勢が大切です。場合によっては、古い文化や知識は捨て去る学習棄却も必要となるでしょう。

現代社会はVUCAの時代と呼ばれる不確実性が高く将来の見通しが難しい時代です。機械加工の原理原則は不変であっても、製造業を取り巻く環境は時々刻々と変化していきます。だからこそ、若手社員の疑問や意見には耳を傾け、お互いに学び合う姿勢で教育に臨むことが大切なのです。

工作機械①

Q uestion

マシニングセンタって何ですか。役割とつくれる形状を教えてください

A nswer

マシニングセンタは自動工具交換機能のついた NC フライス盤です。平面加工のほか、複数の駆動軸を利用した複雑な加工も可能です。

解説

マシニングセンタ (MC) は、ミーリング加工を得意とする工作機械です。主に平面加工の加工を行うことができます。また 5 軸 (MC) という機械では、写真 1 のように材料を自由に回転させて複雑な曲面形状の加工も可能です。MC は数ある工作機械の中でも、最もポピュラーな工作機械です。

MC の定義を説明すると、「自動工具交換機能のついた NC フライス盤」です。マガジンという格納庫に工具を保管し、ATC (Auto tool changer) という機構で任意の工具を主軸に取り付けることが可能です。今でこそ珍しくはない機構ですが、この機構が開発された当時は業界に相当な衝撃を与えたようです。1960 年にアメリカの工作機械メーカーが初めて開発し、その後各社が構造を真似て MC をこぞって開発しました (<https://sibucho-laboratory.com/machining-center/>)。そして約 60 年の月日を経て、今の MC に至るわけです。

ココがポイント

- MC は、ミーリング加工を得意とする工作機械
- 5 軸 MC では曲面の加工も可能
- 1960 年にアメリカの工作機械メーカーが初めて開発した

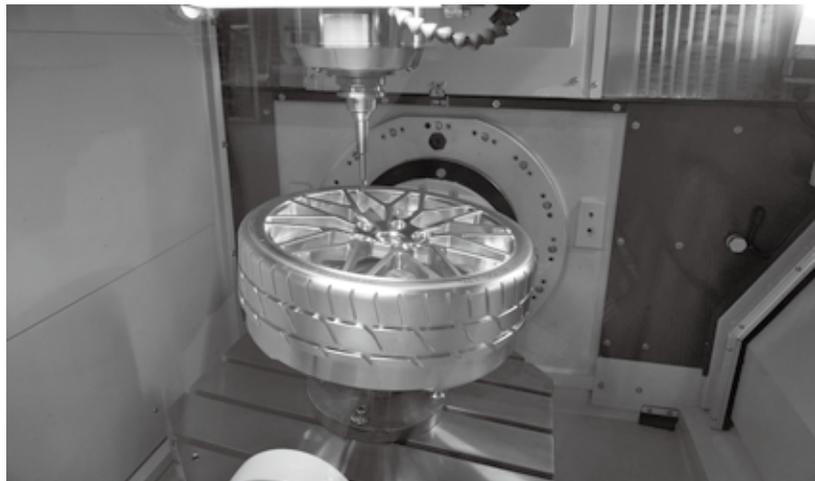


写真 1 5 軸 MC の加工

工作機械②

Q uestion

工作機械の軸って最大何軸ですか

A nswer

限界はありませんが、基本的には 5 軸が主流です。

解説

駆動軸が 5 軸あれば、あらゆる複雑な形状の加工を行うことができます。図 1 に示すように、直線軸 3 軸、回転軸 2 軸の組み合わせで計 5 軸の駆動軸を持つ工作機械が主流です。5 軸以上の機械もありますがマイナーです。工具形状やワーク形状の関係から、5 軸ではどうしても干渉を避けることが出来ない場合などに用いられます。

駆動軸の数は、自由度とも呼ばれます。理論上は 6 自由度あれば物体をあらゆる位置や姿勢することができます。産業用ロボットなどは 6 自由度 (軸) が基本です (図 2)。ちなみに人間の腕は 7 自由度あるらしいですよ。最新鋭の工作機械よりも 2 軸も多いわけですから、人間の身体はすごいですね。たまに「5 軸工作機械は動きが複雑で難しい」なんて言葉を耳にしますが、自分の腕の方がよっぽど複雑な動きをしているわけです。そう考えれば、5 軸の工作機械も身近? に感じることもできるかもしれませんね。

ココがポイント

- 工作機械の軸数は 5 軸が最大
- 5 軸あれば、複雑な加工を行うことができる
- 人間の腕は 7 軸あるので、5 軸は恐れるに足らず

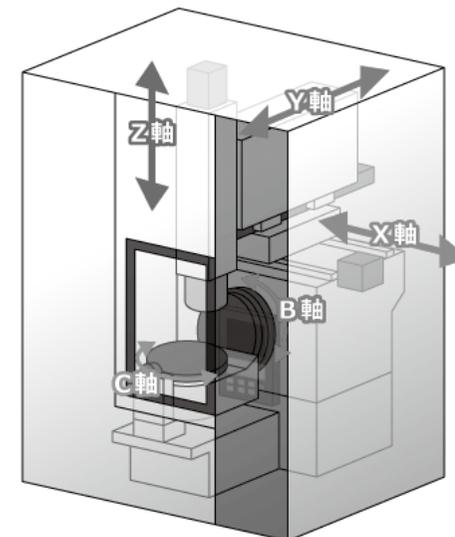


図 1 5 軸加工機の軸構成

引用：<https://www.monotaro.com/note/readingseries/machiningcenterkiso/0104/>

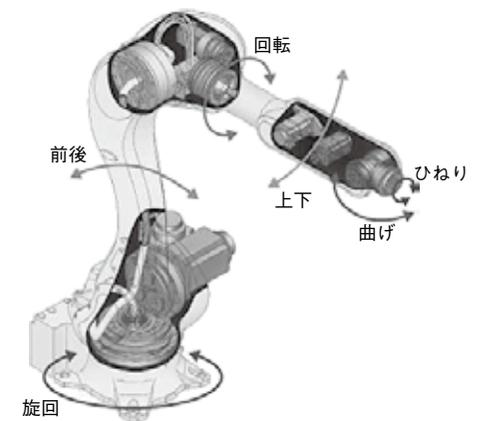


図 2 産業用ロボットの軸構成
画像提供元：川崎重工

工作機械③

Question

工作機械の X 軸と Y 軸がわかりません。軸の判別の仕方を教えてください

Answer

右手直行座標を使って覚えましょう。

解説

工作機械の座標って難しいですね。いろいろな機械構成があるので、どの軸が何軸で+方向なのか-方向なのか……わからなくなってしまいます。ですが、工作機械の座標軸については、JIS B6310 で規格化されています。ルールをすべて覚える必要はないですが、基本的な考え方だけでも理解すれば、ある程度は判断できるようになるでしょう。

軸や方向を判断する場合、**図 1** のような右手直行座標を使います。この右手に当てはめていくことで、軸名や方向がわかります。まず、工作機械は主軸に平行な軸が Z 軸です。そして工具がワークから離れる方向が+方向となります。右手の中指をその方向に合わせましょう。後は X 軸か Y 軸が分かれば良い訳ですが、X 軸は地面と水平です。そして、機械正面から見て左右方向が X 軸です。この条件さえ覚えていれば、初めてみる機械でも座標軸や方向がわかるはずですよ。試してみてください。

ココがポイント

- 工作機械の座標軸は JIS で規格化されている
- 右手直行座標を使えば、判断することができる
- Z 軸は主軸と並行、X 軸は地面と水平で正面から見て左右の方向

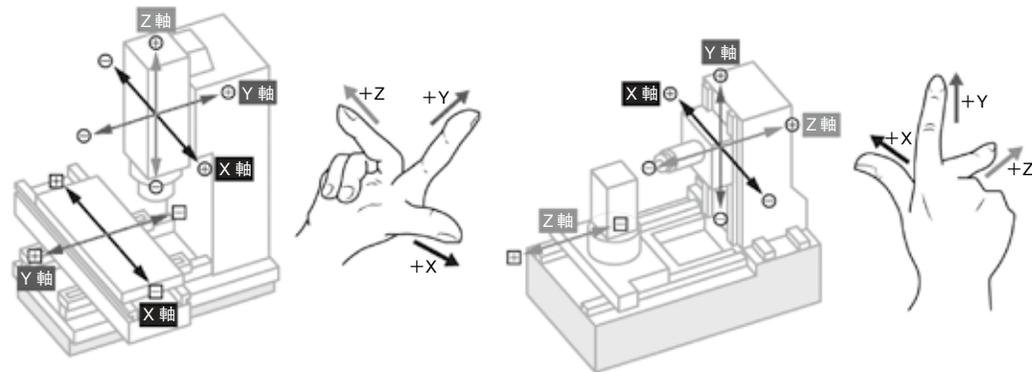


図 1 工作機械の座標軸と右手直行座標系

画像引用：<https://www.monotaro.com/note/readingseries/machiningcenterkiso/0105/>

加工①

Question

CAD とか CAM とか NC プログラムとかまったくわからないので説明してください

Answer

工作機械を使って、機械加工を行うために必要なツールです。

解説

まず CAD ですが、Computer Aided Design の頭字語でキャドと読みます。コンピュータを使って設計をすることができるツールです。設計者は CAD を使って、部品を設計したり図面を書いたりします。CAM は Computer Aided Manufacturing の頭字語でキャムと読みます。これは CAD で作製した設計データを元に工作機械を動かすためのプログラムをつくるツールです。NC プログラムは、工作機械を動かすためのプログラムです。EIA/ISO プログラムなどとも呼ばれます。

たとえるなら、CAM は翻訳機です。翻訳ツールを使って日本語を英語に翻訳するのとまったく同じです。CAD でつくられた設計データは人間にしか理解できません。そこで CAM という翻訳機が、設計データを NC プログラムという機械が理解できる言葉に翻訳してくれるわけです (**図 1**)。ちなみに CAD/CAM (キャドキャム) という最初から CAD と CAM が一緒になったツールもあります。パイルンガルな心強いシステムです。

ココがポイント

- CAD は、コンピュータを使って設計をすることができるツール
- CAM は、設計データを元に工作機械を動かすための NC プログラムをつくるツール
- NC プログラムは、工作機械を動かすためのプログラム

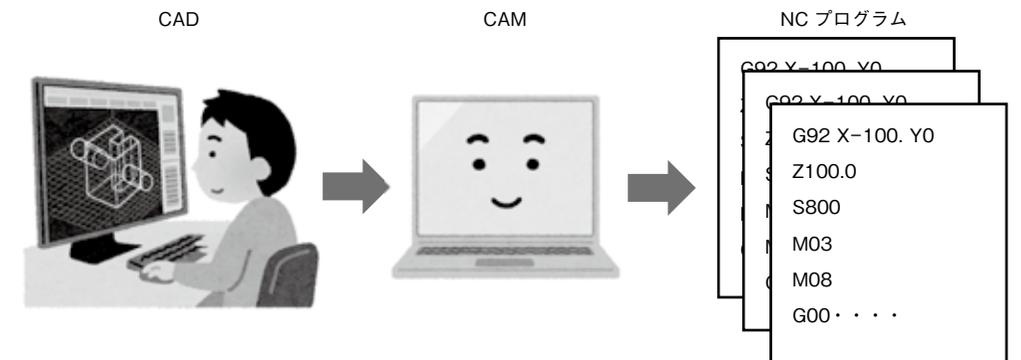


図 1 NC プログラムができるまでの流れ

加工②

Question

CADとCAMという個別のシステムとCAD/CAMっていう一緒のシステムがあるなら、CAD/CAMを持っていたほうがいいですか

Answer

必ずしもCAD/CAMの方が優れているとは言えません。CAMにも良し悪しがあるので、用途にあったCAMを選ぶことが大切です。

解説

CAD/CAMでは設計からNCデータの作成までをすべて同じシステム内で行うことができますので、業務の効率は非常に良いです。一方で、CAMは種類によって得意な処理や苦手な処理があったり、UI（ユーザーインターフェイス）も大きく異なります。ですので、加工するワークの形状や設備の工作機械の種類に合わせて、CAMの種類も慎重に選ぶ必要があります。

ハンバーガーショップでたとえるなら、CADとCAMを別々に選ぶのは、ハンバーガーの付け合わせをポテトにしようか、ナゲットにしようか「気分（用途）によって選べる」ということです。一方で、CAD/CAMは付け合わせのポテトまでハンバーガーと一緒に挟まって出てくる感じです。それで一品の料理となっております。極端なたとえですが、CAD/CAMが必ずしもベストではないというイメージは伝わりましたかね（図1）。

ココがポイント

- CAMソフトによって、得意な処理や苦手な処理がある
- CAD/CAMは設計から加工プログラムまで同一ソフトでできるため、効率が良い
- CAMを個別に選べた方が、融通が効く場合もある

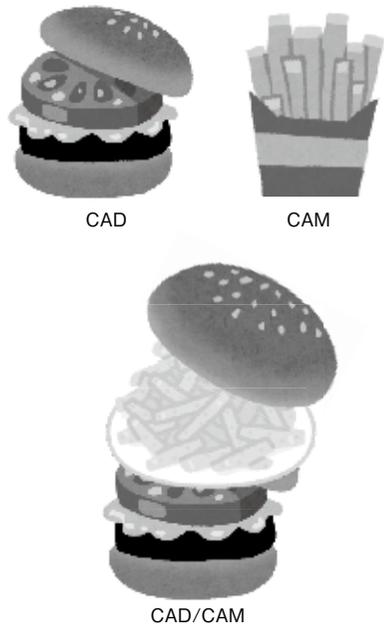


図1 CAD/CAMのイメージ

加工③

Question

結局CAMって何ですか

Answer

設計データからNCプログラムなどを作成できるツールです。

解説

CAMはComputer Aided Manufacturingの略で、訳すと「コンピュータ製造支援」です。つまり、コンピュータの力でモノづくりを支援するわけです。具体的にどんな支援を受けられるのかと言えば、CAMによって工作機械を動かすためのNCプログラムを自動で作成することができます。従来は人手によるプログラムを行っていましたが、それを自動化できるため、業務効率化にも繋がります。また5軸加工などの複雑なプログラムはCAMでしかつくれません。つまりCAMを使いこなすことで、高単価で付加価値の高い仕事を行うことができます。5軸加工に対応しているCAMを使いこなせる技術者は少ないため、マスターすれば自身のキャリアアップにも繋がる強力な武器となるでしょう。このようにCAMは、工作機械や工具と同じくらい重要なツールの1つと言えるでしょう（図1）。

ココがポイント

- CAMはNCプログラムを自動で作成するソフトウェア
- 業務効率化や高付加価値の仕事をするためには欠かせない
- 工作機械や工具と同じくらい重要なツールの1つ

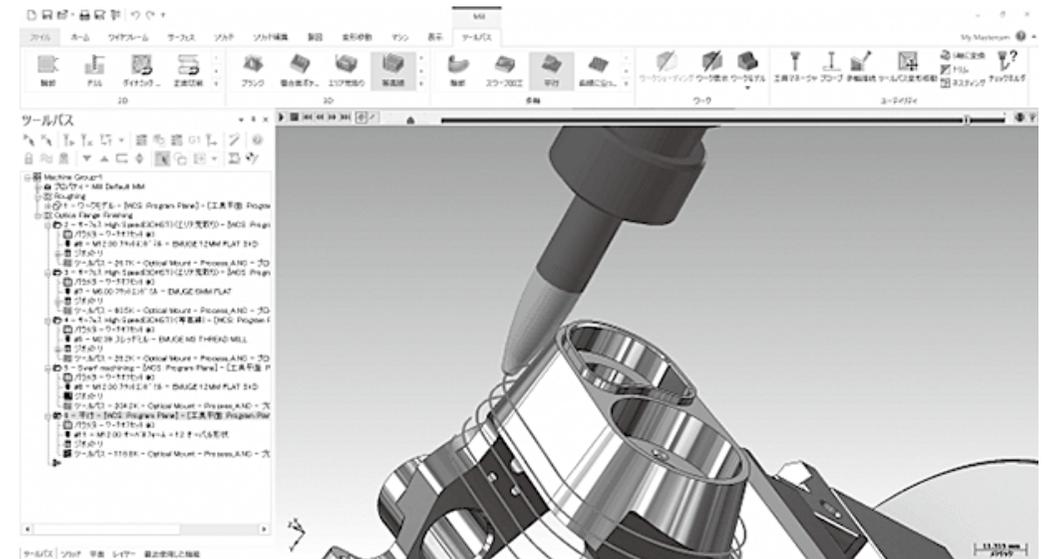


図1 CAMの操作画面

画像引用：<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000036.000010332.html>

加工④

Q uestion

加工条件って何ですか。一般的な項目があるんですか

A nswer

切削速度や送り速度、切り込み量など、加工を行う際に決めるべき条件のことです。

解説

加工条件（または切削条件）は、加工の良し悪しを決める重要な要素です。使用する工具や求める精度、必要な表面性状などで異なり、絶対的な正解はありません。実際にテストカットを行いながら、条件を煮詰めていく必要があります。

主な加工条件としては、切削速度や送り速度・切り込み量などが挙げられます。基本的には使用する工具のカタログに推奨値が記載されているはずなので、その範囲の中で調整します。推奨値を大きく超える条件で使用すると、工具の破損を招く可能性があります。一方で、ゆるい条件を設定した場合、加工に時間が掛かったりして生産性が落ちます。加工条件決めは、機械加工の醍醐味とも言える部分で、加工技術者の腕の見せどころです（図1）。

ココがポイント

- 加工条件に絶対的な正解はない
- 主な加工条件としては、切削速度や送り速度・切り込み量などがある
- 加工条件決めは、加工技術者の腕の見せどころ

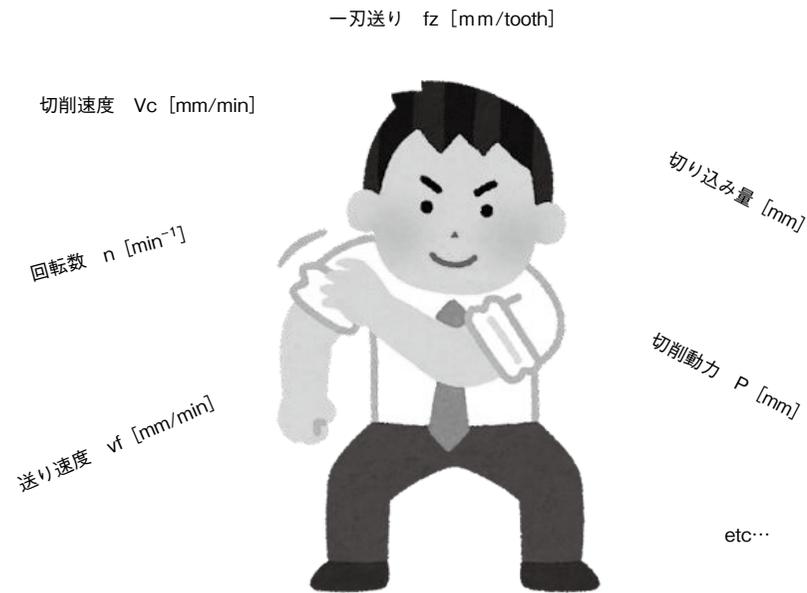


図1 加工技術者の腕の見せどころ

加工⑤

Q uestion

切り込み量って何ですか

A nswer

1度の加工で工具を材料に食い込ませる量です。

解説

切り込み量とは、図1に示すように一度の加工で工具を材料に食い込ませる量です。切り込み量が大きいほど、1度に加工できる範囲も大きくなるため、加工時間が短くなるメリットがあります。その代わり、切削抵抗が増えるため工具や機械、材料への負担が増え、場合によっては加工面が荒れたり、加工精度が落ちる原因になります。

感覚としては、かっちかちに固まったバナナアイスでスプーンですくうのに似ています。アイスが思った以上に硬くて、食べるのに苦労した経験ってありますよね。アイスにスプーンの先端を軽く当てて動かせば、表面だけサラッと削れます。一方で、スプーンを深く突き立てたら、アイスは沢山取れますが、スプーンを動かすのは一苦労です。切り込み量の大小はまさにこの感覚です。

ココがポイント

- 切り込み量は、どの加工で工具を材料に食い込ませる量
- 大きいほど、加工が早いですが工具や機械、材料への負担が増える
- アイスを食べるときに、切り込み量をイメージしてみよう

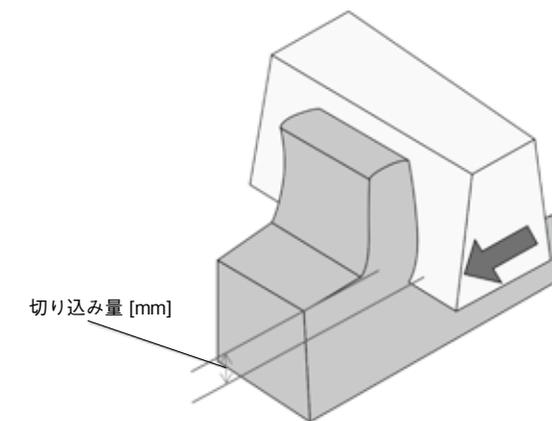


図1 切り込み量

加工⑥

Question

切削抵抗って何ですか

Answer

切削する際に、材料が刃物を押し戻そうとする力です。

解説

切削を行う際は、大きな力が必要です。工作機械が材料を削ろうとすると、材料は削られまいと踏ん張るからです。この力を切削抵抗と言います。図1に旋削加工における切削抵抗の例を示します。抵抗は、主分力、送り分力、背分力の3つに分けられ、これらの3つを合わせた力が切削抵抗です。

切削抵抗が大きくなると、工具への負担が増えて、加工に悪影響を及ぼします。具体的には、工具の寿命や加工精度に影響します。切削抵抗は、材料の材質や切削条件によって変化しますので、加工によって最適な条件を見つけることが重要です。材料ごとに比切削抵抗 k_c という指標があり、計算することで切削抵抗を簡易的に求めることができます。面白いのは、同じ材料でも比切削抵抗が送り量によって変わるということです。抵抗が大きいなら少しずつ削りたいところですが、図2のように送り量を小さくすると比切削抵抗が大きくなるので、加工としては非効率になります。これが切削条件の奥深いところなのです。

ココがポイント

- 切削抵抗は、材料が刃物を押し戻そうとする力
- 抵抗は、主分力や送り分力、背分力の3つに分けられる
- 切削抵抗が大きいと工具の寿命や加工精度に影響する

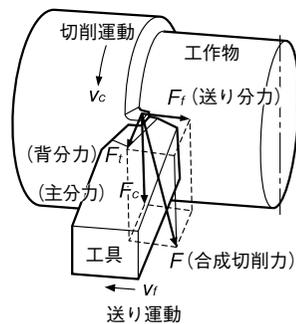


図1 切削抵抗

引用：切削加工大全

(森脇俊道 編著、日刊工業新聞社)

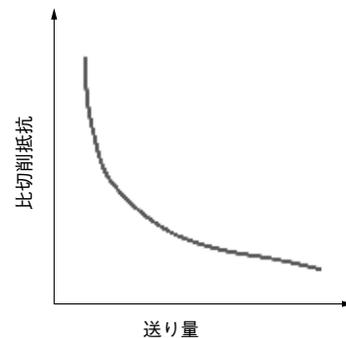


図2 送り量と比切削抵抗

加工⑦

Question

アップカットとダウンカットって何ですか

Answer

切削加工における削り方の種類です。

解説

フライスやミーリング加工の加工の種類として、アップカットとダウンカットがあります。アップカットは、図1のように材料をすくい上げるように加工する方法です。一方でダウンカットは、材料を掘り下げる方向に加工します。動きのイメージとしては、アップカットはシャベルですくい上げる感じで、ダウンカットはクワで耕すことを想像してみるとわかりやすいでしょう(図2)。

アップカットでは、すでに加工済みの仕上げ面に刃先が擦れることになり、びびりが発生しやすく、工具寿命も低下します。その代わりに、仕上げ面が綺麗に仕上がります。すくい上げるので、切り屑の排出性も良好です。一方、ダウンカットは、刃先の擦れが発生しにくいいためビビりにくく、アップカットに比べ工具寿命が長くなります。特別な条件がない限りは、工具の寿命を考慮してダウンカットが用いられることが多いです。仕上げ面を綺麗にしたい場合や、黒皮が付いた硬い材料を加工する場合などはアップカットが向いています。

ココがポイント

- アップカットはすくいあげる加工でダウンカットは掘り下げる加工
- 基本的にはダウンカットを用いる
- 表面を硬い材料を加工したい場合アップカットを使う

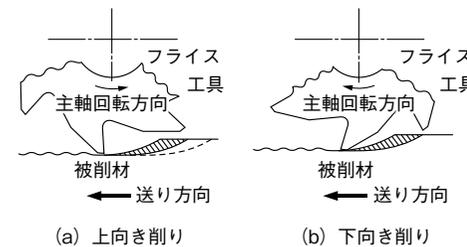


図1 アップカットとダウンカット

引用：切削加工大全

(森脇俊道 編著、日刊工業新聞社)



図2 アップカットとダウンカットのイメージ

加工⑧

Q uestion

主軸や工具の振れって何ですか

A nswer

工具を回転させた際に、どれだけ工具や主軸が揺らぐかという指標です。

解説

切削加工では、工具がどれくらい精度良く回っているかが重要です。図1のように振れが発生していると、思ったように削ることができず加工物の精度が悪化してしまいます。工作機械で発生する振れには、大きく分けて2つの原因があります。1つは、主軸の振れ、もう1つが工具の振れです。

工作機械の主軸の振れはJISで規定されているため、基本的には問題ないはずですが、機械の経年劣化であったり、衝突させたりすることでずれることがあります。工具の振れは、工具そのものの出来が悪かったり、ホルダへの取り付けが上手くできていない場合に発生します。いずれにせよ、しっかりとピックテストなどを用いて振れを確認する必要があります。現場用語では振れのことを「踊る」とも言います。「工具が踊ってるぞ」と言われても、工具が楽しそうにダンスしているわけではないので、勘違いしないようにしましょう。

ココがポイント

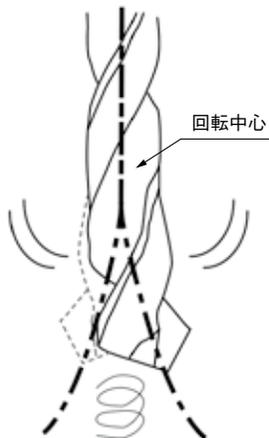
- 振れとは、回転させたときに回転物がどれだけ揺らぐかという指標
- 主な原因としては、主軸自体の振れと工具の振れがある
- 現場用語では振れのことを、踊るともいう

【工具の揺れが小さい場合】



工具を回転させるとほぼ回転中心付近で回転し続ける。

【工具の揺れが大きい場合】



回転させる工具の振れが大きいほど、遠心力も大きくなる。工具を取り付けた際の振れプラス、回転による振れが加わり、より大きな振れになる。

図1 工具の振れ

加工⑨

Q uestion

熱処理（焼入れや焼きなまし、焼戻し）って何ですか

A nswer

材料に熱を加えて冷ますことで、材料内部を変化させる処理です。

解説

熱処理は「赤らめて冷ますこと」と定義されています。時代劇などで、刀鍛冶が真っ赤になった鉄をハンマーで叩いて、水につけるといったシーンを見たことがありますよね。あれがまさに熱処理をしているところです。赤らめるとは、金属が温まって真っ赤になった状態で、冷ますとはそのままの意味でその金属を何らかの方法で冷やすことです。切削などの機械加工が“外”の加工なら、熱処理は“内”の加工と呼ぶことができます。

熱処理には、焼入れ、焼戻し、焼きなまし、焼きならしの4種類があります。基本的な処理は同じですが、何℃まで温めるか、どのように冷やすかの2点がそれぞれ異なります。それぞれ下記のような目的で行われます。

- 焼入れ……材料を強くする
- 焼戻し……焼入れ後の材料を粘り強くする
- 焼きなまし……材料を柔らかくして加工しやすくする
- 焼きならし……加工後の組織を綺麗にする。

ココがポイント

- 熱処理は「赤らめて冷ますこと」
- 熱処理には、焼入れ、焼戻し、焼きなまし、焼きならしがある
- 何℃まで温めるか、どのように冷やすかで処理が変わる

表1 熱処理の一覧

	焼入れ	焼戻し	焼きなまし	焼きならし
加熱	変態温度以上	変態温度以下	変態温度以上	変態温度以下
冷却	急冷 	空冷 	炉冷 	空冷
役割	素材強さの向上	粘りの向上	加工性の向上	組織の均一化

<https://sibucho-laboratory.com/heart-treatment/>

図面①

Q uestion

幾何公差って何ですか

A nswer

工作物の形状に対する公差です。

解説

読み方すら難解な漢字ですが幾何（きか）と読みます。幾何学と言えば、1度は聞いたことがあるかもしれませんね。幾何学は図形や形を扱う学問ですが、同じように幾何公差も形を指定する公差になります。代表的な幾何公差は、平行度や直角度などです。たとえば、平行度であれば指定した面と面が「どれだけ平行でなければならないか」を指示しています。図面表記としては図1の通りで、基準となる面をデータム記号で指定し、その面に対して必要な幾何公差を指定します。

一方で、基準が不要な幾何公差もあります。たとえば、平面度などは1つの面の平らの度合いを表しており、基準となる面はありません。いずれにせよ、幾何公差が指定されている箇所は、部品として重要な部分であるので慎重に加工する必要があります。

ココがポイント

- 幾何公差は工作物の形に対する公差
- 幾何公差には基準面があるものとないものに分かれる
- 部品として重要な部分であり、加工は慎重に

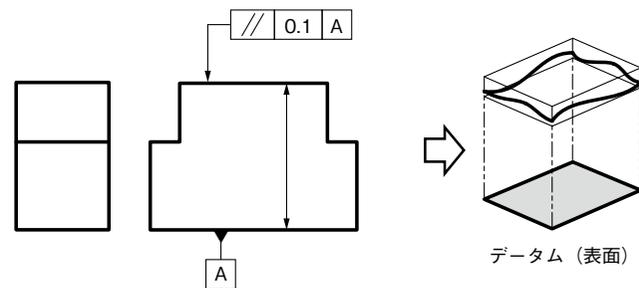


図1 平行度の例

画像引用：図面って、どない描くねん！第2版（山田学著、日刊工業新聞社）

図面②

Q uestion

寸法公差って何ですか

A nswer

工作物の寸法に対する公差です。

解説

まず公差とは、一体何なのかを説明します。

公差とは、「許容できる範囲」のことです。たとえば、あなたが25歳だとしましょう。異性の好みは、自分の年齢を基準として±5歳だとすれば20~30歳があなたの恋愛公差です。ざっくり公差が理解できたところで、寸法公差の話に戻りますが、寸法公差も考え方は同じです。基準寸法に対して、どれだけズレても良いかを示した範囲です。

基準の寸法を100mmとした場合、100mmピッタリで物ができることはありません。必ずズレが生じます。そのズレ量の許容値を明記したのが寸法公差です。具体的な図面表記としては図1のようになります。基準寸法の横に上限と下限を書きます。基本的には+、-の記号を書きますが、+側と-側の数値が同じ場合は±と書いたりもします。部品によっては、上限下限ともに+の年上好きな部品もあります。もちろん年下好きの部品もあります。

ココがポイント

- 公差とは、許容できる範囲のこと
- 寸法公差は、基準寸法に対するズレの許容値
- 基準寸法の横に上限と下限を書いて表記する

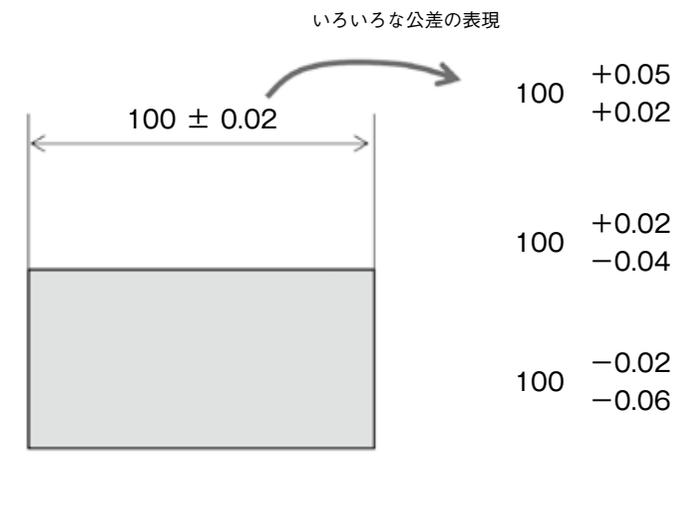


図1 寸法公差の例

図面③

Q uestion

「はめあい」って何ですか

A nswer

棒を穴にはめ込むときに用いられる特別な公差です。

解説

世の中には穴に軸を通すような部品が数多く存在します。穴に対して、軸をガッチリとはめたいこともあれば、抜き差しが容易なように緩くしておきたい場合もあります。そのとき、便利なのがこの「はめあい」です。規格に沿って公差を指定することで、任意のはめあい具合を実現することができます。図1で示すようにはめあいには、すきまばめ、中間ばめ、しまりばめの3種類があります。すきまばめは、軸がスライドするような緩いはめあいです。中間ばめは、ガタ付きのない精密なはめあいです。しまりばめは、穴よりも軸の方が少し大きいガッツリとしたはめあいです。

図面表記は通常に寸法公差とは異なり、はめあいに応じたアルファベットがついているのが特徴です。穴側が大文字、軸側は小文字で表記されます。

ココがポイント

- はめあいは、穴と軸のサイズ関係を決める公差
- はめあいには、スキマばめ、中間ばめ、しまりばめの3つがある
- はめあい公差にはアルファベットがついている

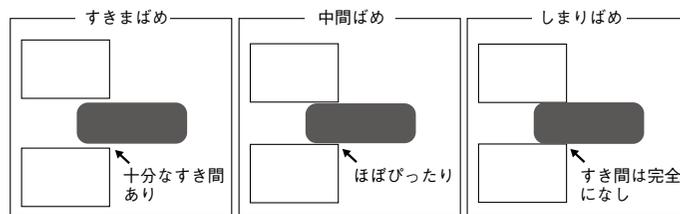


図1 はめあいのイメージ

穴側 $\phi 10H7_0^{+0.015}$ 軸側 $\phi 10h7_0^{-0.015}$ すきま $0 \sim +0.03$

図2 はめあい寸法の表記

図面④

Q uestion

参考寸法って何ですか

A nswer

図面を読みやすくするための補助的な寸法です。

解説

参考寸法の例を図1に示します。この () で書かれた部分が参考寸法です。たとえば、全長50mmから30mmを引けば、20mmということはわかりますから不要な寸法にも思えます。ただ世の中には、複雑な図面がたくさんあります。寸法の足し算や引き算をしながら図面を読んでいたら、必ず読み間違いが起こります。参考寸法は図面を読む人が、計算をしなくても寸法を追えるように、図面を読みやすくする目的で書かれています。実は参考寸法の引き方1つで、設計者のレベルがわかるほど、個人の力量の差が出る部分でもあります。

ちなみに、図1の20mmから () をとった場合、これは重複寸法という表記となりNGな図面となります。この段差の位置は左から30mmが基準であり、20mmはあくまでも参考となります。これが参考寸法の意味です。

ココがポイント

- 参考寸法は、図面を読みやすいように書かれた寸法
- 図面を読むとき、なるべく計算しなくて良いように書かれている
- 設計者個人の力量が大きく出る部分でもある

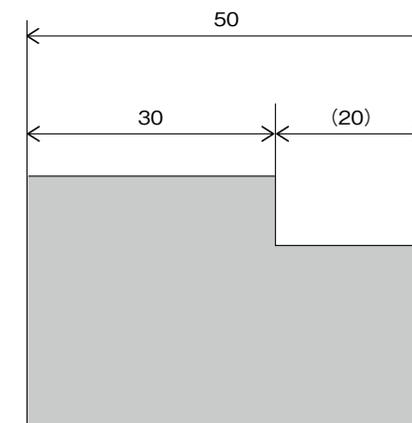


図1 参考寸法の例

図面⑤

Q uestion

直列寸法と並列寸法って何ですか

A nswer

直列寸法は寸法が直列に繋がった寸法表記で、並列寸法はある基準を元に並列に寸法並べた表記です。

解説

図1に直列寸法と並列寸法の例を示します。直列寸法の方が、なんだかすっきりして見えますね。しかし、単なる見やすさの問題ではなく、寸法の書き方によって部品のばらつき加減が大きく異なります。

たとえば、直列寸法の場合、溝部の幅のばらつきは少ないですが、全体の長さは大きくばらつきます。一方で、並列寸法の場合は、基準からの寸法のばらつきは少ないですが、溝部の幅は大きくばらつきます。このように寸法の書き方で、意味合いが大きく変わります。例ではわかりやすくするために、普通寸法公差が書いてありますが通常は省略されます。設計者は設計の意図に合わせて直列寸法と並列寸法を使い分けているので、加工技術者はその意図を正しく見抜き加工する必要があります。

ココがポイント

- 直列寸法は、1箇所ごとのばらつきが少ない
- 並列寸法は、基準からのばらつきが少ない
- 直列寸法と並列寸法の使い分けには意図がある

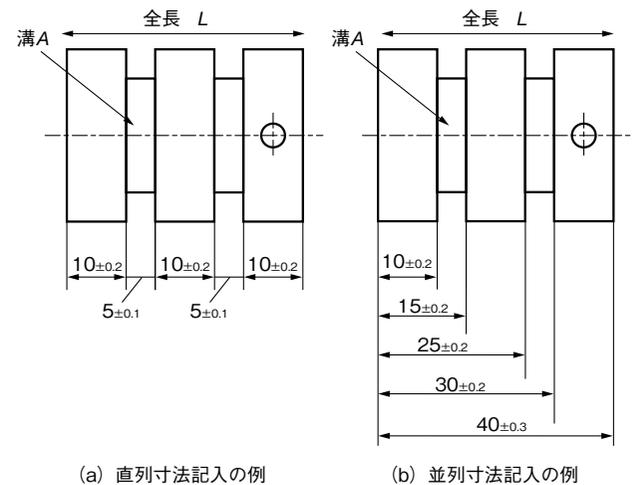


図1 並列寸法の例

(引用：図面って、どない描くねん！第2版、山田学著、日刊工業新聞社)

図面⑥

Q uestion

φとキリって何ですか

A nswer

φは加工工具を指定しない穴あけを表し、キリはドリルでの穴あけを表しています。

解説

φはファイ、またはマルと読みます。ギリシャ文字であり、穴の直径を表すときに用いられる記号です。同じくキリも穴を表す表記で、キリ穴……つまり、ドリルでの穴あけを表しています。たとえば、φ12と12キリと2つの表記があった場合、2つとも直径12mmの穴を表しています。違いは加工方法です。φ12は「加工方法は問わないが、寸法の保証が必要」であり、12キリは「寸法がバラついても良いので、とにかく直径12mmのドリルで加工すればよい」という意味になります。穴のサイズに精度が必要な場合はφとなり、場合によってはリーマでの仕上げが必要です。精度が不要でとりあえず穴があいていれば良いという場合がキリの指定となります(図1)。

ココがポイント

- φは加工方法は問わないが、寸法の保証が必要な穴
- φに場合は、リーマやエンドミルでの加工が必要となる
- キリは寸法の保障が不要でドリルで加工すればよい穴

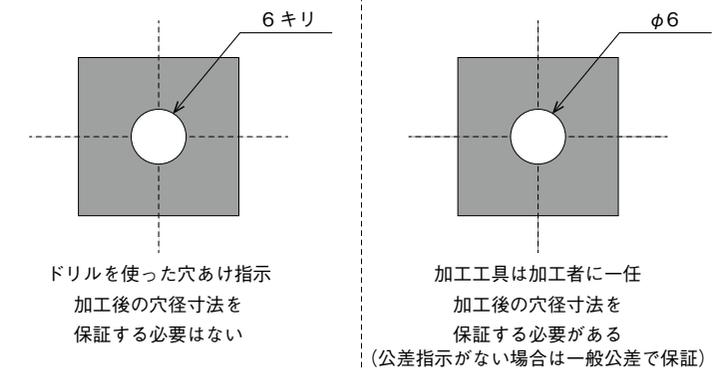


図1 φとキリの違い

https://twitter.com/sibucho_labo/status/1370666223613083649?s=20&t=8ttXmHW8n2HxNqROmhd39g

図面⑦

Question

表面性状って何ですか

Answer

加工面のうねりや滑らかさ、粗さなどを評価する尺度です。「表面粗さ」ということもあります。

解説

表面性状は「表面粗さ」とも呼ばれ、加工面を評価するための重要な尺度です。加工面の粗さを指示する際に「加工面をツルツルにしてくれ」では、加工する側は困ってしまいますよね。そこで、どれくらいツルツルにする必要があるのか、それを数値的に表したのが表面性状です。

図1で示した三角形に毛が生えたような記号で指示されます。右の表記が最新ですが、現場には旧JIS表記の図面も多いため、それぞれの記号の意味を表1の対応表で押さえておくとよいでしょう。また現場用語で加工の仕上げ面のことを〇発面などと呼んだりします。これは旧JIS表記の▽の数からきた表現で、▽が一発面、▽▽が二発面、▽▽▽が三発面です。まだまだ現場で飛び交う言葉なのでこれも覚えておきましょう。

ココがポイント

- 表面性状は加工面の粗さを表す尺度
- 三角形の記号で指示される
- 旧JIS表記も現場に残っているため、古いものも把握するとよい

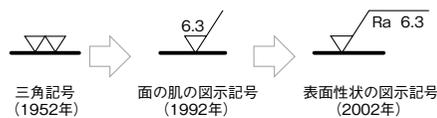


図1 表面粗さ記号の推移

表1 表面正常の新旧対応表

算術平均粗さ Ra	最大高さ Rz	三角記号 (参考)	適用	加工方法
0.025	0.1		超精密仕上げ面	研磨
0.05	0.2	▽▽▽▽	非常に精密な仕上げ面	
0.1	0.3		精密仕上げ面	
0.2	0.8		機能上なめらかさを重要とする面	研削
0.4	1.6		集中荷重を受ける面 軽荷重で連続的でない軸受面	
0.8	3.2	▽▽▽	良好な機械仕上げ面、はめあい部	研削 / 切削
1.6	6.3		中級の機械仕上げ面、はめあい部	
3.2	12.5	▽▽	経済的な機械仕上げ面、接触面	切削
6.3	25		重要でない仕上げ面、非接触面	
12.5	50	▽	荒仕上げ面、非接触面	
25	100			

(引用：図面って、どない描くねん！第2版、山田学著、日刊工業新聞社)

図面⑧

Question

表面性状っていくつか表記があるみたいですけど、違いは何ですか

Answer

粗さを表すパラメータとしてはRaとRzがあります。粗さの平均値を取るか、最大値を取るかの違いです。

解説

Raは算術平均粗さと呼ばれています。簡単に言えば、粗さの平均値です。一部に深い傷があっても、平均として粗さを算出します。Rzは最大高さと呼ばれ、その名の通り粗さの最大値を粗さとして表します。たとえば、1箇所でも深い傷があると困るような機械部品（たとえば、真空装置や高圧の油圧装置など）は、最大高さRzを指示することがあります。基本的には平均算術粗さRaが粗さのパラメータとして使用されます（図1）。

一般的にはRa1.6～Ra25などがよく使われます。アラサ標準片といった実物で粗さをチェックできるサンプルもあるので、数字と照らし合わせて表面性状の数値と粗さのイメージを結び付けておくと良いでしょう。加工現場には必ずあるはずですので、探してみましよう。なければ、買ってもらいましよう。

ココがポイント

- Ra 算術平均粗さは、粗さを平均した値
- Rz 最大高さは、粗さの最大値を取った値
- アラサ標準片で粗さの値と実物を確認してみよう

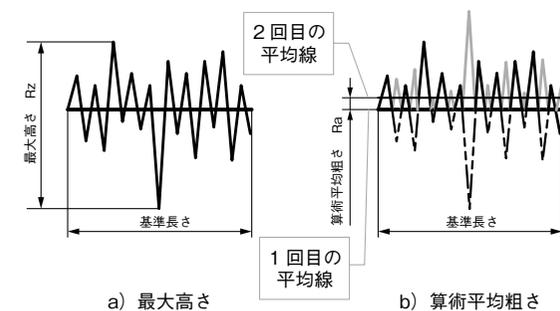


図1 RaとRzについて
(引用：図面って、どない描くねん！第2版、山田学著、日刊工業新聞社)

図面⑨

Q uestion

加工基準って何ですか

A nswer

図面に示された加工を行う上での基準です。

解説

図1に2つの図面を示します。両者とも、形状は同じですが寸法の引き方が違います。これは加工基準が違うといえます。たとえば、左の図面では、左面と下面が基準となっています。加工を行う際は、まずは基準の1面を作りそこから加工を進めていくため、図面から加工基準を読み取ることは重要です。明確に図面上に基準を謳う例は少なく、寸法の引き方で基準を判断する必要があります。

一方で、設計者が必ずしも加工基準を意識して図面を書いてくれるとは限りません。基準がばらばらの良くない図面も数多く存在します。俗にいう、加工屋泣かせの図面という奴です。基準面は加工工程を決めるうえで非常に重要ですが、基準がバラバラの図面は、設計者が意図しない工程や無駄な段取りが増えたりします。もし担当の設計者にフィードバックできる機会があるのであれば、しっかりと話し合うと両者にとって無駄が無くなります。

ココがポイント

- 加工基準は、加工を行う上での基準
- 明確な表記は無く、寸法の引き方から判断する
- 基準がバラバラの図面は、無駄な段取りや工程が発生しやすい

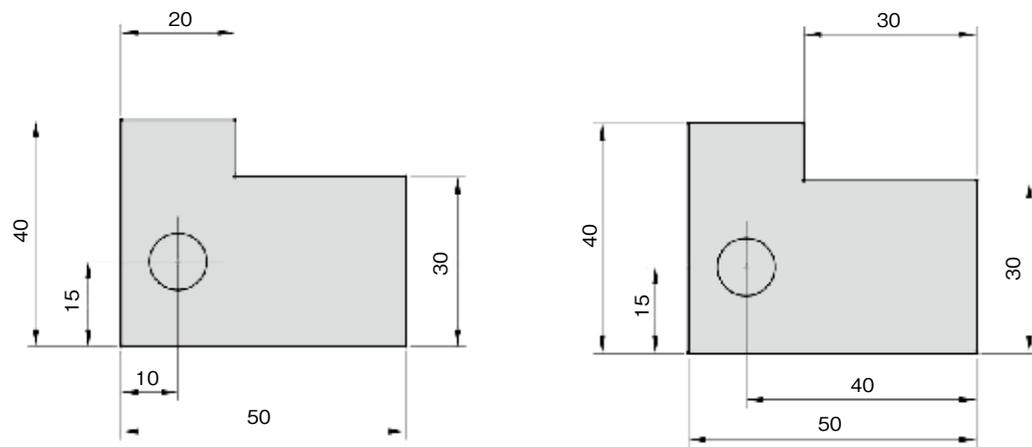


図1 加工基準の例

図面⑩

Q uestion

3Dプリンタがあれば何でもつくれますか。切削や研削は必要ですか

A nswer

切削や研削といった削りの技術は今後も必要です。

解説

最近では、金属材料の積層造形ができる3Dプリンタも増えてきました。3Dプリンタでの部品製作はコストが高いため、量産には向かないとされてきました。しかし、航空機産業では量産品を3Dプリンタで作る取り組みも進んでいて、今後も幅広い分野で3Dプリンタが活用されるのは間違いありません(写真1)。では、「切削や研削といった削りの技術が不要になってしまうのか」といえばそんなことはありません。3Dプリントはまだまだ、精度の良いものを生み出すのが苦手な切削加工には及びません。

今後は完成品に近いところまで3Dプリンタで作って、切削加工で仕上げるという両者の良いところを活かしたものづくりが進むでしょう(こういう考え方をニアネットシェイプと呼びます)。ゆえに、機械加工の技術者も3Dプリント技術にしっかりと目を向けておくことが大切です。

ココがポイント

- 今後も3Dプリンタの活用が広がる
- 3Dプリンタと切削の良いとこ取りのものづくりが進む
- 機械加工の技術者も3Dプリントに注目する必要がある



写真1 3次元プリンタでの製作品

機械要素の選定・活用の基礎とポイント

孝治技術士事務所
孝治 正和*

*こうじ まさかず：代表

さまざまな機械を設計するうえでは、機械要素を選定し、それらの有効な活用方法を考えることが1つの重要な作業になります。機械要素には案内(リニアガイド)、動力伝達(ボールねじ、ベルト、チェーン)、軸受、軸継手、ばね、シールなどがあります。これらの要素を適切に組み合わせることで要求仕様を満たす最適な機械が出来上がります。

では、適切に選定するにはどうすればよいでしょうか。そのためには、

- ①要求仕様を正しく理解する(性能)
- ②予算内に収める(コスト)
- ③工程・納期を考慮する(デリバリー)

ことが重要です。この3つのうち1つでも欠けると良い設計にはなりません。カッコ内に記載したものを言い換えるとQCDとなります。製造現場でよく聞かれる言葉ですが、設計段階でも常に考えておくことが重要です。

もう少し、この3つの要素について考えていきます。

1つ目の要求仕様を正しく理解する点ですが、この仕様が「必須(must)」なのか、「ここまでできたらいい(want)」なのかをよく見ないとけません。必須であれば、設計時の目標(計画)仕様はそれ以上で考える必要がありますし、できたらいいのであれば、必須はどこまでなのかを確認して設計をしなければいけません。お気づきの方も多いでしょうが、性能の話をしているはずが、コストの話も含まれています。性能、コスト、デリバリーはリンクしていますので、トータルで考えるようにしましょう。

2つ目の予算内に収める点は、上記の性能面から考える部分として、例えば直線案内(ガイド)であれば、リニアガイド以外にリニアシャフト&ボ

ールプッシュ、カムフォロアなどの案内方法も考えられます。駆動伝達要素では、ボールねじでも精密ねじ(研削)にするか、転造ねじにするかで価格は変わります。駆動要素(駆動源)ではインダクションモータ、サーボモータ、エア駆動などが考えられます。性能面、保守性を考えて最も安価になるような選定を考えます。

3つ目の工程・納期の考慮は、どれだけいいもの(機械)をつくっても、必要なときに納められなければ、価値が下がってしまう、ということです。例えとして、昼休みに外食に行っただけとします。昼休みの時間は限られていますので、なかなかゆっくりも食べてはいただけません。なのに、注文してから20分、30分も待たないと食べられないとなると、場合によっては昼休みが終わってしまします。このようなお店だと、どれだけ安くてもいなくても昼時には食べに行けません。性能、コストはあるのですが納期がないのです。

機械要素で考えると、ボールねじなどはよく納期が問題になります。精密ボールねじは精度が高いのですが、納期がかかります。どうしても必要なのであれば、先行して手配することも考えなければいけません。また、組立て開始のタイミングで入荷しないことも考えられます。そうすると、手待ちの発生や工程変更が必要になることもありコストに影響してきます。

以上のように、機械要素の選定が設計に及ぼす影響はかなり大きいものがあります。機械設計というと、製作物の形状を考えて、そのコストがどうこう…とするとされるかもしれませんが、機械要素部品の選定は非常に重要です。本誌を読んで設計の質を上げるようにしましょう。

以降は、主な機械要素について触れていきます。

リニアガイド

リニアガイドは国内、国外メーカー含めて多種多様な製品が発売されています。以前は国外メーカーの製品は品質に問題があるという話もありましたが、現在では国内メーカーと比較して遜色ないレベルに達しています。展示会でもリニアガイドメーカーは大きなブースを出しており、販売に力を入れていることがわかります。

構造はブロックとレールの間でボールまたはローラーが転がり、転がり軸受を直線的に伸ばしたような形になっています。転がり摩擦となるので、摩擦係数が小さく、高速動作が可能になります。ボール、ローラーはブロックの中を通過して循環する構造になっており、これによってブロックのストロークは無限になります。

仕様面では、荷重を受けられる方向が大きく分けて2種類あります。ラジアル型と四方向等荷重型です。ラジアル型はレールを下にした姿勢で、鉛直下向き方向の荷重を受けることができます。壁掛け、天吊りの姿勢でも使用できますが、図1に示す逆ラジアル荷重、横荷重の許容荷重はだいぶ小さくなります。四方向等荷重型は、ラジアル方向、壁掛け、天吊りのどの姿勢でも同じ大きさの荷重を受けることができます。ほとんどの荷重がラジアル方向の場合はラジアル型、横荷重がかかる場合や壁掛け、天吊りの場合には四方向等荷重型を選定するといいでしょう。

また、モーメント荷重などがかかる場合には、ブロックを2個使いにする、そしてそのピッチを

広くとると許容荷重が大きくなります。詳細な許容荷重の計算方法はリニアガイドのカタログや技術資料に記載されていますので、必要に応じて参照してください。

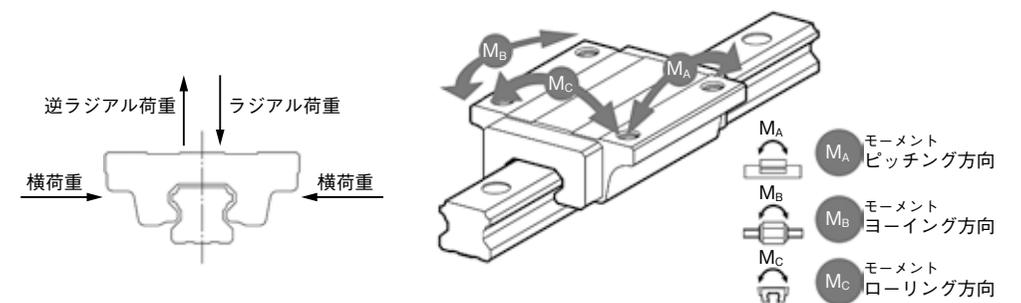
ボールねじ

ボールねじもリニアガイド同様に国内、国外メーカーから発売されています。軸径、リードはJIS規格もあり、各社互換がありますが、モータ取付側の軸端形状などには互換性はあまりありませんので、注意が必要です。

ボールねじの構造はリニアガイドと同じようにねじ軸とナットの間をボールが転がり、ナットの中を通過して無限循環しています。ボールが転がる溝の精密加工とボールの大きさの管理により、すべりねじでは得られない位置決め精度を実現することができます。

ボールねじは選定の際に検討することが多い機械要素です。①送り速度(リード)、②軸径(危険速度)、③位置決め精度(精度等級)の組合せについてカタログを見ながら検討していきます。この中で、3番目の精度等級がボールねじの価格と納期に影響します。

表1に示すように、精度等級はC0~C10があり、C0~C5が研削ねじ(研磨ねじ)、C7~C10が転造ねじとなっています。一般的には研削ねじを精密ボールねじと呼ぶことが多いです。研削ねじはボールの転がる軌道面を研削加工により仕上げます。研削加工で仕上げているので、精度の高いねじとなりますが、それゆえに納期と価格がかかります。



出典：THK 技術資料より

https://tech.thk.com/ja/products/pdf/ja_b01_056.pdf

図1 リニアガイドの負荷荷重の方向

表1 ボールねじの精度(リード精度)

単位μm

精度等級		精密ボールねじ										転造ボールねじ		
		C0		C1		C2		C3		C5		C7	C8	C10
ねじ部有効長さ こえる	以下	代表移動量 誤差	変動	代表移動量 誤差	変動	代表移動量 誤差	変動	代表移動量 誤差	変動	代表移動量 誤差	変動	移動量 誤差	移動量 誤差	移動量 誤差
—	100	3	3	3.5	5	5	7	8	8	18	18	±50/ 300 mm	±100/ 300 mm	±210/ 300 mm
100	200	3.5	3	4.5	5	7	7	10	8	20	18			
200	315	4	3.5	6	5	8	7	12	8	23	18			
315	400	5	3.5	7	5	9	7	13	10	25	20			
400	500	6	4	8	5	10	7	15	10	27	20			
500	630	6	4	9	6	11	8	16	12	30	23			
630	800	7	5	10	7	13	9	18	13	35	25			
800	1000	8	6	11	8	15	10	21	15	40	27			
1000	1250	9	6	13	9	18	11	24	16	46	30			
1250	1600	11	7	15	10	21	13	29	18	54	35			
1600	2000	—	—	18	11	25	15	35	21	65	40			
2000	2500	—	—	22	13	30	18	41	24	77	46			
2500	3150	—	—	26	15	36	21	50	29	93	54			
3150	4000	—	—	30	18	44	25	60	35	115	65			
4000	5000	—	—	—	—	52	30	72	41	140	77			
5000	6300	—	—	—	—	65	36	90	50	170	93			
6300	8000	—	—	—	—	—	—	110	60	210	115			
8000	10000	—	—	—	—	—	—	—	—	260	140			

注)ねじ部有効長さの単位: mm

出典: THK技術資料より

https://tech.thk.com/ja/products/pdf/ja_a15_011.pdf

表2 タイミングベルトの歯形

歯形	型式
台形	L、H、T
丸形	S〇〇M、MA、PX

す。ざっくり検討して、型番にあたりを付けた段階でメーカーへ納期を確認するようにします。詳細まで検討して納期確認をして条件に合わないとなると、手戻りの時間が大きくなります。納期に余裕がない仕事がほとんどだと思いますので、時間は大切にしたいところです。

使い分けは、大まかに言うと、位置決め用途には精密ボールねじ、搬送用には転造ボールねじを使用します。移動速度はねじ軸の回転数とリードのかけ合わせになりますが、軸径が細く長い場合には危険速度(危険回転数)を使用回転数が超えてしまうことがあります。その場合にはリードを変

更する、軸径を大きくする、ボールねじの使用をあきらめるといった策を考える必要があります。

タイミングベルト

ボールねじほど精度は必要ない、ボールねじが使えないほどストロークが長い、といった場合にタイミングベルトを使用します。タイミングベルトは搬送用と駆動伝達用の2種類があります。材質はゴムでスチールやステンレス、ケブラーの心線が入っており、高い張力をかけられるようになっています。

搬送用は歯形が台形、駆動伝達用は丸形となっています(表2)。見た目にはこれで用途を判断するとよいでしょう。台形歯形でも小さなトルクは伝達できますが、大きなトルクがかかったときにタイミングプーリとのかみ合い部分でかみ合いがずれる、「歯飛び」が起きることがあります。こ

れは歯形とベルトの許容張力が原因で発生します。駆動伝達用の方が許容張力は大きくなっていますので、初張力も大きくすることができ、歯飛びの発生が少なくなります。

フレックスタイプ(つなぎ目がない)のベルトを使用する場合、標準長さ(カタログ記載)のものは比較的短納期で入手可能ですが、カタログ寸法外の際には長納期となることが多いです。長尺のベルトになる場合にはボールねじ同様に早めの納期確認をした方がよいでしょう。

タイミングベルトは、初張力をかけて使用します。ベルトによって張り代は異なってきますので、技術資料を必ず確認して、使用するベルト長さから張り代を確認してください。もう1つ忘れがちなのが、ベルトを掛ける方法です。タイミングプーリはほとんどの場合、フランジを付けて使用しますが、このフランジの外周を通してベルトを掛けないといけません。つまり、設計上の芯間(使用時)から、ベルトを掛けることができる位置まで芯間を縮める必要があります。張り代と縮め代が必要であるということに注意してください。

チェーン

産業用で使用されるチェーンのほとんどがローラーチェーンだと思います。チェーンはスプロケットとセットで使用されます。JIS規格のチェーンであれば、各社互換性があり、交換の際にメーカーが変わっても問題ありません。サイズは#40(40番)、#50(50番)、#80(80番)といったように表されます。サイズが大きくなると、ピッチが長くなり、幅が広がります。ピッチは#80が25.4mm(1インチ)となっており、#40では40/80×25.4=12.7mm、#160では160/80×25.4=50.8mmと、#80を基準にして計算で求められます。「#80がピッチ25.4、ほかは比例計算」と覚えておくと、便利です。

チェーンもタイミングベルトと同じように搬送用と駆動伝達用があります。上で記載したチェーンは駆動伝達用を中心とした内容ですが、搬送用ではピッチの長いチェーンや、アキュムレートができるもの、チェーン速度の2倍の速さで搬送できるものなどがあります。

チェーンの場合、金属でできているので、タイミングベルトより伸びが少なく、重量物の搬送が可能です。また、熱にも強いので、炉やその周辺で使用されます。チェーンとタイミングベルトは似たような性格ですが、用途によって使い分けしてください。

軸受

軸受の中でも、玉軸受(ボールベアリング)の使用頻度は高いと思います。低摩擦で高速回転が可能な玉軸受ですが、選定時には荷重方向と大きさを見極めることが重要です。これらの見極めを誤ると、軸受の破損につながります。

荷重方向はラジアル方向だけなのか、アキシヤル(スラスト)方向が含まれるのか、ラジアル方向だけならば、深溝玉軸受(ラジアルベアリング)でいいですが、アキシヤル荷重がかかる場合にはアンギュラ軸受などを検討しなければなりません。荷重の大きさは軸受の寿命に影響してきます。運転条件のうち、ベアリングの寿命(交換頻度)をどの程度に設定するかを加味して考えてください。

軸受では、給油(給脂)とシールにも注意してください。深溝玉軸受では接触・非接触のシールがありますが、スラストやアンギュラ軸受ではシールがありませんので、シールと給油について考えておかないといけません。

玉軸受の運転条件での注意ですが、その場で細かく振動するような動作の箇所に使用すると、転動体(玉)がその場で往復運動をすることになり、局所的に内外輪が摩耗します。計算した寿命より早く寿命を迎えることとなりますので、このような条件での使用は避けるようにします。最低でも転動体が1回転する条件で使用するようにしてください。転動体を玉から針(針状ころ)にすると、転動体1回転の距離が短くなります。

歯車

歯車は動力伝達要素としてかなり重要な部品になります。しかし、形状(軸の組合せ方向)、材質、仕上げ、精度とさまざまな仕様を考慮して選定しなければなりません。歯車メーカーからはこれらの仕様の組合せでさまざまな歯車が販売されていま

すので、ラインナップされているものから選べそうなら、購入を考えるとよいでしょう。

形状（軸の組合せ方向）は平行（平歯車）、直角（かさ歯車）、ねじれなどが考えられます。軸レイアウトによってどのような歯車にするか決めていきます。そして、歯の形状として、直角、はすばなどがありますので、選択します。はすば歯車は軸にスラスト力が発生しますが、回転がスムーズであるという特徴があります。特に低速回転の場合には違いがわかりやすいので、低速でスムーズな回転が要求される時には検討に入れるとよいでしょう。

材質は硬鋼(S45Cなど)、ステンレス(SUS304)、樹脂(MCナイロン)が一般的です。歯面焼入れされているのは硬鋼だけです。使用環境によって使い分けをしていきます。

仕上げと精度は強い関係があります。歯車には「切削仕上げ」と「研削仕上げ」の2種類があります。切削仕上げはホブ盤で切削加工して完成。研削仕上げはホブ盤で加工した後、砥石による研削加工で仕上げます。当然、研削加工の方が高い精度で仕上げることができ、精度の良い歯車＝歯のピッチが正確＝歯車1回転の移動量が正確ということになります。

これで、カタログの最初にある写真を見て、「この歯車を使う」ところまでは選べました。例えば、「平歯車で材質はS45C、仕上げは切削」というような選定です。あとは伝達トルクから、モジュール、歯面強度、曲げ強さを検討して歯車を決定していきます。歯面強度、曲げ強さについてはメーカー技術資料や教科書にも計算手順が記載されていますので、そちらを参照してください。

歯車を使用するうえで重要なことがもう1点あります。必ず、バックラッシ調整ができる機構を設けておいてください。バックラッシが小さすぎると回らず、大きいとガタガタ。一番いいところは範囲が狭く、調整はシビアです。バックラッシ調整機構がないと物にならないと思ってください。

最後に、教科書ではほとんど出てこない歯車としてCP（サーキュラーピッチ）歯車があります。ラック&ピニオンでしか使用することはありませんが、この歯車はラックのピッチ（山と山の間の

距離）がほぼ整数となるようになっています。ラック&ピニオンを位置決め用途で使用する場合にはこちらを使用することをお勧めします。

軸継手(カップリング)

軸継手は軸の接続部に使用し、偏心・偏角を吸収する要素です。商品名として「カップリング」という名で販売されています。多数のメーカーから多様なカップリングが販売されています。

構造的には軸との接合部になるハブと偏心・偏角を吸収する中間部からなります。この中間部の構造の違いによってカップリングの特性が出てきます。

- ・偏心・偏角の許容が大きいもの、小さいもの
- ・バックラッシの大きいもの、小さいもの
- ・許容回転数の大きいもの、小さいもの

コンベヤなどのように回転方向が一方の場合にはバックラッシの影響が少ないので、バックラッシが大きくても偏心・偏角の許容が大きいチェーンカップリングやギヤカップリングを使用することが多いです。サーボモータを使った位置決め用途の場合には、バックラッシのないものまたは小さいものを使用します。板ばね式のものが使用されます。

伝達トルクはカップリングの大きさ(外径)によって決まってくるので、カタログの許容伝達トルクの欄を見て選定してください。

クラッチ・ブレーキ

機械要素の選定として考えると、クラッチ・ブレーキはユニットとして販売されているものを使うことがほとんどだと思います。これについては、運転条件(回転数、トルク、クラッチ・ブレーキの作動時間)をしっかりと計画し、タイムチャートまで記載して考えてください。そのうえでカタログを見て選定します。

メーカーのHPなどに選定のページがありますが、自分が仕様を考えているケースに完全にマッチするとは限りません。このページに行く前に自分で計画しておくことが大切です。その結果、このページでどうしてもマッチしない、もう少し詳しく知りたいというときはメーカーの間合せ窓

口や商社の担当営業に連絡をするとよいでしょう。

ばね

ばねの製作はかなり専門性が高いので、自分ですべて設計できるとは限りません。特に引張ばねの設計は難しいです。なるべくメーカーからラインナップされている商品を選定する方がよいでしょう。その方が品質も安定しますし、交換部品の供給もスムーズに行えます。

圧縮ばねはほとんどの場合、使用時に自由長から少し縮めて「セット荷重」をかけます。これは、運転時にばねがスプリングシート(ばね座)から外れないようにするためと、初期荷重をかけるための2つの意味があります。自動車のサスペンションのばねが外れないのはセット荷重をかけているからです。圧縮ばねを使用するときはセット荷重をかけると覚えておいてください。

引張ばねは一般的に無荷重で密着ばねとなっています。この密着している状態とは、縮み方向に初期荷重がかかっています。圧縮ばねばかり見ていると、引張ばねの初期荷重を忘れがちになります。初期荷重がかかっているのに、引っ張っても初期荷重を超えるまでばねは伸びません。オーダーで製作する場合にはメーカーと初期荷重について確認しておかないと、装置に組み込んでから「何か違うなあ…」となります。上で引張ばねの設計が難しいとしたのはこの初期荷重があるからです。この引張ばねの初期荷重については製作上の条件も出てきますので、設計段階から製作メーカーに相談できれば理想的です。

ばねの設計は教科書通りにはいきません。専門性の高い機械要素なので、メーカーの力に頼る(丸投げではない)ことを勧めます。

シール

シールで一番使用するのはOリングやオイルシールだと思います。どちらもJIS規格で決められているので、寸法や入手性(一般的な材質)については問題ないと思います。注意したい点として2つあります。1つは使用流体を確認すること、もう1つは取扱いです。

使用流体について、シールの材質はゴムですの

で、使用流体によっては侵される場合があります。カタログには使用流体に対しての材質対応表がありますので、確認をしてください。また、高温や低温での使用の場合も注意が必要です。シール材質については化学物質に対しての知見をメーカーは持っています。疑問点については問い合わせると答えてくれます。

取扱いについては本稿であげた機械要素の中で一番神経を使います。「ゴムでできた小さい部品」と思いかもしれません。でも、この小さい部品だけで漏れを防いでいます。エアシリンダは問題なく動きますし、自動車はエンジンオイルをまき散らしながら走ることもありません。シールが正しく使用されているからです。

設計面ではハウジング(軸や溝)の設計基準を必ず守って下さい。設計基準についてはカタログに記載されています。面粗さ、テーパ角度、寸法公差が記載されています。

組込時には、シールに傷が付かないように洗浄、給油しながら組み込みます。特にオイルシールは軸に挿入するので、シール面を軸に擦りながら挿入することになります。このときに軸に傷やゴミがあると、シール面にいわゆる「縦キズ」が入り、漏れの原因となります。組込み作業は組立担当者が行うこととなりますが、傷の入る可能性が小さくなる設計を心がけることが大切です。

☆

以上で主な機械要素の選定について概略を紹介しました。ケースバイケースの話もあるので、ここでは一般的と思うところまでにしていきます。別途、本誌の解説記事や事例記事を読んで、知見を深めてください。



モノづくりを 応援する

日刊工業新聞社の雑誌

●プレス技術

オススメポイント

- ✓変化・進化する自動車業界の最新情報をキャッチ
- ✓プレス・板金加工メーカーを総力取材！実情や今がわかる
- 毎月 8 日発売



●機械設計

オススメポイント

- ✓新人からベテラン設計者まで必要な基礎知識を網羅
- ✓時代や環境の変化を設計に活かす術を指南！
- 毎月 10 日発売



●型技術

オススメポイント

- ✓大手自動車・機械メーカー、大学教授らが編集委員として企画立案に参加
- ✓金型加工メーカーを総力取材！実情や今がわかる
- 毎月 16 日発売



●工場管理

オススメポイント

- ✓デジタル化など生産現場の最新トレンドをキャッチ
- ✓多種多様な製造業を総力取材！実情や今がわかる
- 毎月 20 日発売



●機械技術

オススメポイント

- ✓国内外の工作機械の最新トレンドがわかる
- ✓SNS で活躍中の著名人が記事執筆！好評連載中
- 毎月 25 日発売



YOUNG 機械技術

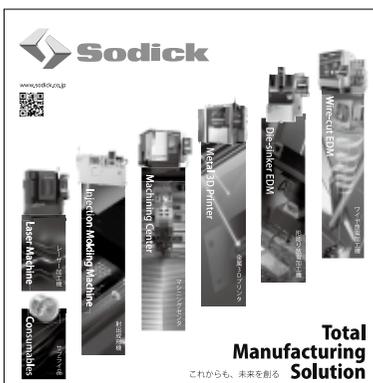
日刊工業新聞社が発行する「機械技術」・「機械設計」特別版

発行者 井水治博
編集人 久保敏也

発行所 日刊工業新聞社
〒103-8548 東京都中央区日本橋小網町14-1

編集部 TEL(03)5644-7479
販売・管理部 TEL(03)5644-7403
印刷 新日本印刷

ON THE COVER



私たちソディックは、数値制御（NC）放電加工機メーカーの先駆者であり、創業以来、放電加工制御の研究、NC 装置開発などにより加工精度を飛躍的に向上させ、世界中のものづくりに貢献している企業です。

当社はお客様に喜んで使っていただける機械づくりを使命として、常に社是である「創造」「実行」「苦勞・克服」を実践することで、自社技術をさらに向上させ、新たな製品群への応用開発を進め、お客様のものづくりを通して社会の持続的な発展に貢献してまいります。

Sodick 株式会社 ソディック



日刊工業新聞社 好評書籍のご案内

見やすい写真でわかりやすく解説!

Visual Books series

●A5判 ●定価1760円(本体1600円+税10%)

目で見てわかる
スローアウェイチップの選び方・使い方
澤 武一著

目で見てわかる
ドリルの選び方・使い方
澤 武一著

目で見てわかる
作業工具の使い方
愛 恭輔著

目で見てわかる
穴あけ作業
河合利秀著

目で見てわかる
エンドミルの選び方・使い方
澤 武一著

目で見てわかる **NC旋盤&放電加工機**
N C 加工
平田宏一・たなかじゅん・TEAM職人魂著

目で見てわかる
切削バイトの選び方・使い方
河合利秀著

目で見てわかる
配管作業
安藤紀雄編著 瀬谷昌男・南雲一郎著

目で見てわかる
治具・取付具の使い方
河合利秀著

目で見てわかる
研削盤作業
澤 武一著

研削盤作業編
目で見てわかる
機械現場のべからず集
澤 武一著

目で見てわかる
フライス盤作業
澤 武一著

目で見てわかる
測定工具の使い方
河合利秀著

目で見てわかる
手仕上げ作業
平田宏一著

目で見てわかる
旋盤作業
澤 武一著

目で見てわかる
塗装作業
坪田 実著

◆お求めは書店または弊社出版局販売・管理部まで

日刊工業新聞社 出版局販売・管理部 〒103-8548 東京都中央区日本橋小網町14-1 TEL03(5644)7403
<https://pub.nikkan.co.jp/> FAX03(5644)7400



しぶちよー
 大手機械メーカーで活躍する機械設計者 兼 AI エンジニア。“納得、発見、ものづくり”をコンセプトとしたブログ「しぶちよー技術研究所」管理人。X (旧 Twitter) は1日2回投稿、ポッドキャスト「ものづくり no ラジオ」を毎週土曜日更新。

ブログ X

しぶちよーベストセレクションがパワーアップしました!!

昨年大好評を博した「しぶちよーベストセレクション」を大幅にパワーアップしたコラボフェア企画の第2弾! 今回は、現役設計者でありながらブログや SNS で活動するりびいさんも参戦! 現役設計者の確かな目線で、設計実務から周辺知識まで“ガチ”で役に立った本をセレクトいただきました。全国の書店でフェアを展開しております。対象書籍やフェア開催情報は、Nikkan BookStore 特設ページをご覧ください。

りびい
 ベンチャー機械メーカーの設計者として働く傍ら、学生から現役設計者までわかりやすいと評判のブログ「ものづくりのススメ」を運営。製造業系大手メディア MONOist で記事連載中。X や YouTube でも、ものづくりの知識・情報を発信。

ブログ X

三人とも薦める“超”推し本はコレ!

しぶちよー&りびい ベストセレクション 2024 特設ページ
 こちらから購入いただけます

<p>実際の設計 改訂新版 機械設計の考え方と方法</p> <p>畑村洋太郎 編著 実際の設計研究会 著 定価 3,960 円 (税込)</p> <p>まずはこれ! 機械設計者必読のバイブル byしぶちよー</p> <p>機械設計のプロになるための必読書です byりびい</p>	<p>産業用ロボット全史</p> <p>小平紀生 著 定価 3,300 円 (税込)</p> <p>今こそ学ぼう、産業用ロボットの歴史 byしぶちよー</p> <p>これ一冊でロボットの進化過程と今後は全部わかる byりびい</p>	<p>メカ機構の課題って、どない解決すんねん!</p> <p><締結・回転・リンク機構設計></p> <p>山田 学 監修 春山周夏 著 定価 2,420 円 (税込)</p> <p>明日からスグ使える、機構設計の実践例 byしぶちよー</p> <p>学校では習わない、設計の知識が詰まっている! byりびい</p>	<p>メカ機構の課題ってどい解決すんねん!</p> <p>締結・回転・リンク機構設計</p> <p>山田 学 監修 春山周夏 著 定価 2,420 円 (税込)</p> <p>上司と部下の FAQ 設計実務編</p>
---	---	--	--



ヤング機械技術を応援いただいた企業様

	株式会社 キヤドマック	
	株式会社 三共製作所	
	株式会社 C&G システムズ	
	株式会社 ソディック	
	株式会社 MOLDINO	

ヤング機械技術 読者アンケート & プレゼント

アンケートにお答えいただいた方の中から抽選で 10 名様におすすめの書籍またはカードゲームをプレゼント!

A 今日からモノ知りシリーズ トコトンやさしい工作機械の本
 清水伸二 (著) 岡部真幸 (著) 澤 武一 (著) 八賀聡一 (著) 日刊工業新聞社 (発行)

B めっちゃ、メカメカ! リンク機構 99→∞ 一機構アイデア発想のネタ帳—
 山田 学 (著) 日刊工業新聞社 (発行)

C カードゲーム 「私はロボットではありません」
 日刊工業新聞社 (発行)

プレゼント 応募方法

下記の必要事項をアンケートフォームからご入力ください。

- アンケート Q1 ~ Q3 の回答
- 希望商品
- 氏名・学校名 (会社名)・住所・メール・電話番号

応募締切: 2024 年 12 月 25 日 (水)

※当選者は発送をもって発表にかえさせていただきます
 ※ご回答いただいたアンケートの内容は、今後編集・企画立案の参考にさせていただきます
 ※ご応募いただいた個人情報は日刊工業新聞社が細心の注意を払って管理いたします

お問い合わせ先
 日刊工業新聞社 出版局 雑誌部
 TEL : 03-5644-7463 E-Mail : kikai@media.nikkan.co.jp