

高専における製図・設計製図への幾何公差教育方法の提案

入江 司・井上 昌信

An Approach to Education of Geometric Dimensioning and Tolerancing for Machine Design and Drawing in
College of Technology
Tsukasa IRIE, Masanobu INOUE

Abstract

Recently, the geometric dimensioning and tolerancing became very important in the manufacturing industries. Therefore, the education of geometric dimensioning and tolerancing for machine design and drawing isn't performed sufficiently in college of technology. This paper gathers a point of geometric dimensioning and tolerancing and proposes a plain text.

Key words: Mechanical design, Geometric dimensioning and tolerancing Mechanical drawing, 3D-CAD

1. まえがき

近年、産業のグローバル化は著しく、設計開発が世界同時に進行し、わが国で作成した図面が世界各国で活用され、部品や機械の調達をする時代となってきた。そのためにも世界に通用する図面を作成しなければならない時代となった。

このような機運は、欧州を中心にかなり以前から見られ、ISO/TC213 で審議された規格を GPS (Geometrical Product Specifications) とよび、「製品の幾何特性仕様」と和訳され、あいまいさを排除し、測定の不確かさを体系的にまとめ、世界的認証制度に適用することを目的とした統一システムとなっている。現在、欧州での取引に使用される設計図面などは、この GPS に準拠していることが義務付けられている。

この GPS には、寸法・形状およびその公差の指示方法および部品の表面性状の定義と指示方法を定義するものであるが、この GPS の中核を成すものが幾何公差である。

産業のグローバル化により、設計、生産技術、製造、品質保証、検査の部門で図面をみての一義性がますます重要になってきており、大学・高専の設計製図教育に GPS を積極的に導入するときとなったと考えられる。

高専の製図および設計教育において、寸法公差と表面粗さは、従来から教えているが、幾何公差は十分に理解できるように教示していないように思われる。それは、我が国において、幾何公差が未だに浸透していないこととも連動していると思われる。ここでは、幾何公差の本質を理解できるテキストを提案することを目的とする。

2. 幾何公差とは何か

図面に従って機械部品を加工した場合、実際に加工された機械部品には、加工誤差が含まれる。そのために図面上の記述において、理想的な形状からどれくらい誤差(偏差)があっても機能上問題がないかという情報を記載する必要がある。寸法、形状および表面性状といった特性が設計、加工、検査において最も重要な要素となる。このような機械部品の寸法、形状、表面性状を幾何特性仕様と称す。幾何特性を記述した図面の一例を図 1 に示す。

図 1 における幾何公差とは、部品の点、線または表面などの形状・姿勢・位置および振れなどが幾何学的に理想的な形状から完全なものから外れる大きさを幾何偏差といい、幾何偏差を規制するものが幾何公差である。ゆえに幾何公差とは幾何偏差の許容値である。

幾何公差の表示方法は、JIS B 0021「製品の幾何特性仕様 (GPS: geometrical product specifications) — 幾何公差表示方式 — 形状、姿勢、位置、及び振れの公差表示方式」に定められている。

3. 形体

幾何公差が指示される対象は、部品の点、線、軸線、面および中心面であり、これを形体という。この形体の特性によって、どのような幾何特性を指示するかが分かっている。

また、形体は、二つの種類に分類される。一つは、外殻形体といい、部品の表面(外側)または表面上の線であり直接可視できる形体である。もう一つは、1つ以上の外殻形体から導かれる中心点、中心線および中心面で直接可視できない形体で誘導形体という。この分類によって図面上の表示の形式も異なる。図 2 に形体名の一例を示す。

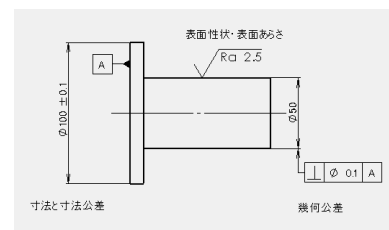


図 1. 部品の幾何特性

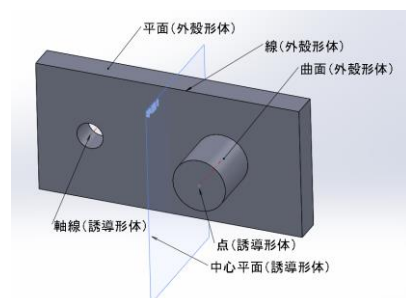
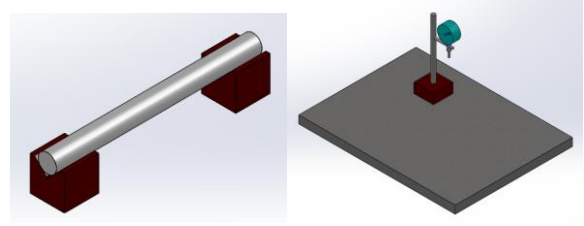


図 2. 幾何公差で指示される形体の一例

4. 幾何公差の種類

JIS に規定されている幾何公差は、形状公差 6 種類、姿勢公差 5 種類、位置公差 5 種類および振れ公差 2 種類である。

表 1 に幾何公差の種類と記号、データム表示の要否、対象となる形体を示す。データムとは、ある形体を基準として、他の形体を規制するもので、そのとき用いられるの「基準」を「データム」と称す。すなわち幾何偏差を測定する時の基準となる線および面で、ダイヤルゲージで測定する場合は、Vブロックや定盤に相当するものである。三次元測定器で測定する場合は、部品の線および面がデータムとなる場合もある。図 3 にデータムなる測定道具を示す。



(1) Vブロック

(2) 定盤

図 3. データム (基準となる測定道具)

表 1. 幾何公差の種類

	特性	記号	データム表示	対象となる形体	外殻・誘導	備考
形状公差	真直度	—	否	直線 (稜線・母線・軸線)	外殻・誘導	
	平面度	□	否	平面	外殻	
	真円度	○	否	線	外殻	
	円筒度	∅	否	面	外殻	不適
	線の輪郭度	⤿	否	線	外殻	理論的に正確な寸法指示
	面の輪郭度	⤿	否	平面・局面	外殻	理論的に正確な寸法指示
姿勢公差	平行度	//	要	直線・平面	外殻・誘導	真直度と平面度
	直角度	⊥	要	直線・平面	外殻・誘導	真直度と平面度
	傾斜度	∠	要	直線・平面	外殻・誘導	理論的に正確な角度指示
	線の輪郭度	⤿	要	線	外殻	理論的に正確な寸法指示
	面の輪郭度	⤿	要	平面・局面	外殻	理論的に正確な寸法指示
位置公差	位置度	⊕	要・否	点・直線・平面	外殻・誘導	理論的に正確な寸法指示
	同軸度・同心度	◎	要	同軸度：軸線 同心度：円形形体の中心	誘導	位置度・円周振れ・真直度で代替
	対称度	≡	要	軸線・中心面	誘導	
	線の輪郭度	⤿	要	線	外殻	理論的に正確な寸法指示
	面の輪郭度	⤿	要	平面・局面	外殻	理論的に正確な寸法指示
振れ公差	円周振れ	↗	要	線・面	外殻	
	全振れ	↗	要	円筒面・円形平面	外殻	

5. 幾何公差の具体例

幾何公差を理解する一例として、データが不要な形状公差の真直度および真円度について説明する。

はめあい関係にある穴と軸において、寸法公差のみの指示では、穴と軸がそれぞれ指示された公差内であれば、問題はないとされていた。ところが、図 4(1)に示すように軸が曲がっている場合、曲がりの大きさの程度により軸が穴に入らないことが起こる。また、図 4(2)に示すような断面がおむすび形の等径ひずみ円の場合、軸寸法が寸法公差内に取まっても、軸が穴に入らない場合が起こりうる。

このため、軸の真直度（真っ直ぐさ）や軸断面の真円度（真ん丸さ）の幾何学的な特性を規制する必要がある。図 5 に真直度および真円度の形状的な意味を示す。このように幾何公差とは、対象となる形体の偏差が許容される平面または空間の領域を指示することである。

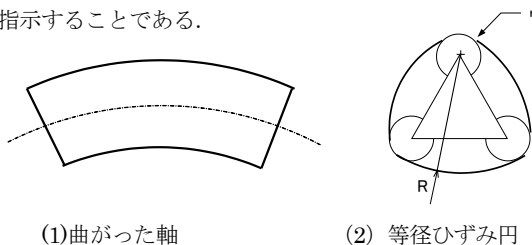


図 4. 幾何偏差の一例

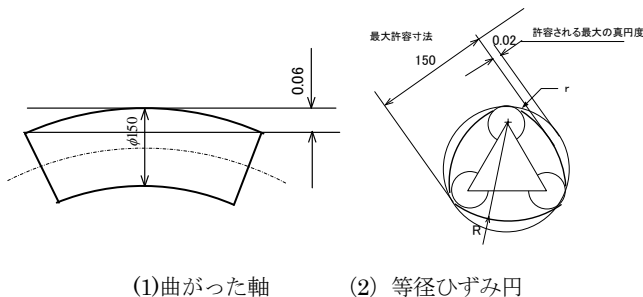


図 5. 幾何公差の形状的な意味

6. 幾何公差を理解するための 3D-CAD の活用

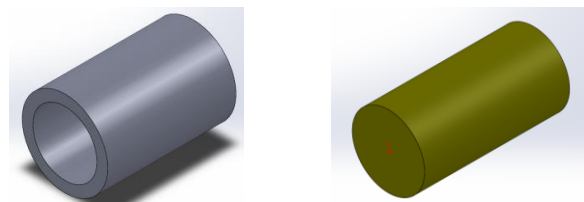
6.1 形状公差（データ不要）

従来のテキスト³⁾は、図 4 および図 5 のように説明がされているが、現在多くの高専で活用されている三次元 CAD の機能により、幾何公差を理解しやすいモデルを作成した。

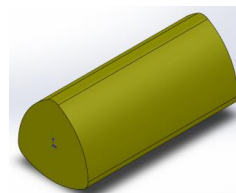
幾何公差を理解するために三次元 CAD のアセンブリ機能を活用する。

図 6 に (1) 真円の円筒、(2) 曲がった軸、(3) 等径ひずみ円断面の軸を示す。

図 7 は、(1) 真円の円筒に曲がった軸を挿入した場合、(2) 真円の円筒に等径ひずみ円断面の軸を挿入した場合で、「干渉チェック」機能により、干渉した部分、すなわち幾何公差を満足していない部分があることを示す。

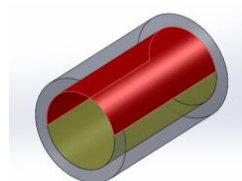


(1) 真円の円筒 (2) 曲がった軸

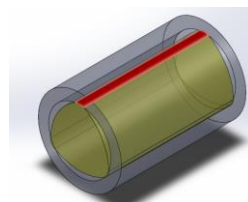


(3) 等径ひずみ円断面の軸

図 6. 真直度、真円度の部品



(1) 真円の円筒に曲がった軸



(2) 真円の円筒に等径ひずみ円断面の軸

図 7. 形状公差を理解するための三次元 CAD の活用（干渉チェック機能）

6.2 位置公差（データ必要）

次にデータが必要な幾何公差の例として、位置度について三次元 CAD の活用する。

図 8 は、穴に突起がはめあう部品の図面を示す。穴および軸の中心間距離は、寸法許容差を認めない、理論的に正確な寸法となっている。

ここで、部品が図面の指示通りにできている場合は、図 9(a) に示すように、穴と突起に干渉部分はなく、正常にはめあうことが出来る。しかし、穴と突起がそれぞれ寸法公差以内にできている場合でも、位置度が満たされていない場合は、片方の突起と穴が干渉して、はめあわないことになる。図 9(b) に示すように干渉部分が存在する。このように寸法公差と幾何公差は、独立の原則に従って関連がない場合は、このようなことが生じる。そこで、寸法公差と幾何公差は相互に依存するものとして、

最大実体公差方式という、はめあいの許容差を拡張する方式があるが、これについては、次報で検討する。

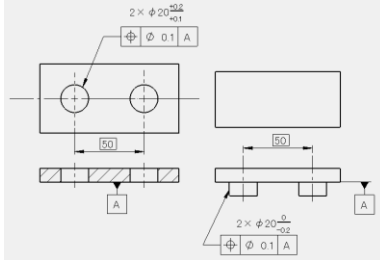
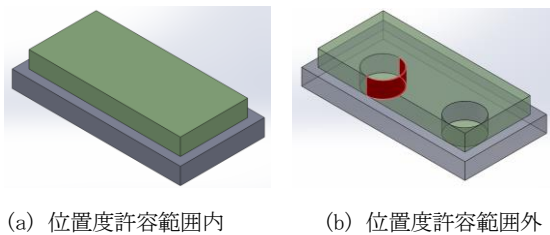


図 8. 穴と突起のはめあい図面



(a) 位置度許容範囲内

(b) 位置度許容範囲外

図 9. 穴と突起のはめあい

7. 幾何公差と検証方法

全ての幾何公差の内容を習得することは、大学・高専の学生にとっては大変なことである。近年、三次元測定器の急速な普及によって企業では、三次元測定器による幾何公差の測定を前提としているために、位置度と輪郭度で表記することが推奨されている面もあるが、大学・高専ではまず、基礎となる事項を習得するために、データムとなる定盤とダイヤルゲージやスキマゲージによる測定によって、幾何公差を検証することから開始することが良いと思われる。

形状公差はデータムが必要ないが、例えばデータムが必要な姿勢公差の平行度は、形状公差の真直度および平面度を包含するものであり、同様に姿勢公差の直角度は形状公差の真直度および平面度を包含する。このことを理解した上で、データムとなる定盤上の部品をダイヤルゲージを移動させて、真直度、平面度、平面度および直角度を検証することによって幾何公差を理解させる。

また、振れ公差は、旋盤の主軸台とセンターをデータムとして、ダイヤルゲージで測定、または、定盤上に置いた二つのVブロックの軸線をデータムとして、ダイヤルゲージで部品を回転させて振れを測定して検証することで理解することが出来る。

8. まとめ

産業のグローバル化により、設計、生産技術、製造、品質保

証、検査の部門で図面をみての一義性がますます重要になってきており、大学・高専の設計製図教育にGPSを積極的に導入するときとなったと考えられ、理解しやすいテキストの開発を試みた。

重要な点は、幾何公差において「形体」を理解し、形体の理想的な形状から外れる大きさを幾何偏差といい、幾何偏差を規制するものが幾何公差であり、ゆえに幾何公差とは幾何偏差の許容値であることを理解することである。

さらに定盤とダイヤルゲージで検証することで理解を深めることが重要と考える。

関連 J I S 規格

- ① JIS B0021:1998, 製品の幾何特性仕様 (GPS) - 幾何公差表示方式 - 形状、姿勢、位置及び振れの公差表示方式, (ISO/DIS 1101:1996)
- ② JIS B0022:1984, 幾何公差のためのデータム
- ③ JIS B0023:1996, 製図 - 幾何公差表示方式 - 最大実体公差方式及び最小実体公差方式
- ④ JIS B0024:1988, 製図 - 公差表示方式の基本原則 (ISO 8015:1985)
- ⑤ JIS B0025:1998, 製図 - 幾何公差表示方式 - 位置精度公差方式, (ISO/DIS 5458:1994)
- ⑥ JIS B0026:1998, 製図 - 寸法及び公差の表示方式 - 非剛性部品, (ISO 10579:1993)
- ⑦ JIS B0027:2000, 製図 - 輪郭の寸法及び公差の表示方式, (ISO 1660:1987)
- ⑧ JIS B0621:1984, 幾何偏差の定義及び表示
- ⑨ JIS B0672-1:2002, 製品の幾何特性仕様 (GPS) - 形体 - 第 1 部: 一般用語及び定義 (ISO 14660-1:1999)

参考文献

- 1) 入江司: 九州支部研究調査事業「幾何公差をどう教えるか」活動報告, 日本設計工学会九州支部平成 26 年度研究発表講演会予稿集, 日本設計工学九州支部, (2014) 9-10
- 2) 入江司: 九州支部研究調査事業「幾何公差をどう教えるか」2014 年度活動報告, 日本設計工学会九州支部平成 27 年度研究発表講演会予稿集, 日本設計工学九州支部, (2015) 11-12
- 3) 植松育三, ほか 3 名, 初心者のための機械製図, 森北出版 (2001) 80-81

(2016 年 11 月 7 日 受理)