

製図とは、不変の技術である

Mechanical Drawing is an Unchanging Technology

○平野 重雄	(正, 東京都市大学 株式会社アルトナー Shigeo HIRANO)
喜瀬 晋	(賛, 株式会社アルトナー Susumu KISE)
関口 相三	(賛, 株式会社アルトナー Sozo SEKIGUTI)
奥坂 一也	(正, 株式会社アルトナー Kazuya OKUSAKA)
荒木 勉	(正, 筑波技術大学 Tsutomu ARAKI)

1. はじめに

設計とは、機能を形にする技術。図面とは、機能を正しく伝達する手段。製図の目的は、意思の伝達。その意思の伝達に一義性を持たせるため、製図規則を決めて守ることが重要となる。機能を正しく反映した図面を描くことが最終的に、企業利益に反映される。

本報では、製図に関するグローバルスタンダードの動向、特に設計情報伝達の効率化を目的に、従来の寸法公差設計から幾何公差設計へのシフト問題、機械製図規格の改正時期などの取り組みについて述べる。

2. グローバルスタンダードの動向

設計・生産のグローバル化が進む中、グローバルな図面を作成する上で幾何公差（形状、姿勢、位置、振れに関する許容差）の重要性が増している。寸法公差だけでは設計者の意図を正確に伝えきれない面がある。現在、幾何公差はグローバルスタンダード（世界標準）となっている。

欧米の製造現場では、図面に幾何公差を指示することが一般的である。一方、わが国の場合は、製造現場が図面の意図をくみとり加工することが当然のように行われてきた。設計者はほとんど幾何公差を指示することは必要性を考えるとなく永年、寸法公差を使い図面を作成してきた。このような事情から、「幾何公差を指示せず海外発注をしたために予期せぬ品質トラブルに見舞われた」という事例が増えている。

グローバルなものづくりを実現させるためには、幾何公差を理解し、図面に指示するスキルが必要になる。特に若いエンジニアは、機械設計の業務において「この寸法公差が使われている根拠はなんだろうか」「どうしてこの幾何公差が使われているのだろうか」など

を早急に理解しなければならない。

ものづくりにおいて、重要なのは目的の機能を満たす部品の形状、寸法、粗さなどをきちんとつくりこむことである。そして、グローバル化に対応するには、部品の幾何特性仕様が誰から見ても正しく理解できることが必要不可欠になる。

ISO（国際標準化機構）では、部品の幾何特性仕様に大切な、寸法公差、幾何公差、表面性状、計測機器の規格体系を GPS 規格として整備している。

3. 寸法公差設計から幾何公差設計へのシフト問題

3. 1 製品の幾何特性仕様（GPS 規格）が 目指すものは何か

ものづくりにおける図面の解釈に一義性を保障すること（曖昧性をなくす）とグローバル化への対応方法にある。

3. 2 ISO 規格の最近の動向

ISO 技術委員会（ISO/TC213）の規格化の動向と進捗状況。さらに、関連規格の動向を知ることも大切である。例えば、次の規格などがある。

ISO 17450-1:2011, ISO 17450-2:2012

Geometrical product specifications (GPS) -General concepts - Part 1: Model for geometrical specification and verification

ISO 17450-1:2011 provides a model for geometrical specification and verification and defines the corresponding concepts. It also explains the mathematical basis of the concepts associated with the model and defines general terms for geometrical features of workpieces.

ISO 17450-1:2011 defines the fundamental concepts for the GPS system in order to provide nonambiguous GPS language to be used in design, manufacturing and verification, to identify features, characteristics and rules to

provide the basis for specifications, to provide a complete symbology language to indicate GPS specifications, to provide simplified symbology by defining default rules, and to provide consistent rules for verification.

3. 3 JIS 規格の最近の動向

1. 改正された規格 (表 1 主な用語の新旧対比参照)

JIS B 0401:1988 (ISO 286-1:1988) 寸法公差及びはめあいの方式が 2016 年に改正された。

JIS B 0401-1, -2:2016 製品の幾何特性仕様 (GPS) ー長さに関わるサイズ公差の ISO コード方式ー

第 1 部: サイズ公差, サイズ差及びはめあいの基礎.

第 2 部: 穴及び軸の許容差並びに基本サイズ公差

クラスの表.

ここで, 序文の一部を抜粋する. 「」内のイタリック体は改正前の用語である.

機械加工された加工物に対するサイズ公差「寸法公差」及びはめあいの必要性は, サイズ「特定の寸法」の正確さが多くの加工物の形体に不要となったという事実と絡めて, 製造方法に特有の不正確さと大量生産される部品との間の互換性に対する要求から, 主として生じている. はめあいの機能を満足させるためには, 加工物のサイズが二つの許容できる限界, 公差の間に入るように製造することが必要になる.

ここでいう公差は, 製品の機能的なはめあいの仕様を保証するような製造で許容できるサイズの変動量以内であることが前提である. 同様に, 特別のはめあい状態を二つのはまりあ加工物の間に要求する場合は, 必要なすきま, またはしめしろをもたせるために, 図示サイズ「基準寸法」に対して正または負のいずれかの許容範囲をもたせることが必要である.

この規格では, 国際的に承認された長さに関するサイズについての ISO 公差方式 (公差に関する ISO コード方式) を規定している. また, 円筒及び相対する平行二平面という 2 種類の形体に適用できる公差及びサイズ差「寸法差」も規定している.

この公差方式の主な意図は, 機能的なはめあいを実現させることである. 穴, 軸及び直径という用語は, 円筒形体の指定に用いる. 相対する平行二平面にも, 簡易的表現として, 同じ用語を用いる.

はめあい部をもつ形体の長さに関するサイズの ISO 公差方式の適用のための前提条件は, 穴及び軸の図示サイズが同一であることである.

旧規格 JIS B 0401-1:1998 では, 形体のサイズについての標準的な当てはめ「実寸法」基準は, 包絡の条件 {形体がその最大実体サイズ「最大実体寸法」における完全形状の包絡面 (最大実体実行状態) を超えてはならない条件} であった.

しかし, 後述する JIS B 0420-1 (ISO 14405-1) では, 2 点間サイズ「2 点寸法」を標準として採用している. このことは, 形状はもはやサイズの標準仕様によっては管理されないことを意味している.

多くの場合, この規格で規定する直径公差は, 意図しているはめあいの機能を有効に管理するには不十分である. JIS B 0420-1 に規定する包絡の条件が必要な場合もある. さらに, 幾何公差及び表面性状の要求も, 機能の管理を改善することもある (以下略).

2. 新たに制定された規格

JIS B 0420-1:2016 製品の幾何特性仕様 (GPS)

ー寸法の公差表示方式ー第 1 部: 長さに関わるサイズ
・円筒及び相対する平行二平面の二つのサイズ形体の長さに関わるサイズに対する標準指定演算子並びに特別指定演算子について規定.

・これらの長さに関わるサイズのための指定条件及びその図示方法について規定.

・幾つかのサイズ特性の種類を明示するための一連のツールについて規定.

・機能・用途とサイズ特性との関連情報は規定しない.

・関連規格 B 0026, B 0401-1, B 0672-1, -2

わが国における製図に関する JIS Z は, 1980 年代 ~1990 年代に制定されたものが多い. この間, ISO/TC213 の GPS 規格に関する活動は活発に実施され, 多くの国際規格が制定・改定されるに至っているが, JIS と国際規格の内容の乖離が激しい.

グローバルに適用されるべき GPS の考えの基に描かれた図面では, 位置寸法の公差については, 幾何公差が, 必要に応じて理論的に正確な寸法及びデータの設定とともに適用されて, はじめて解釈に一義性が保証される.

3. 4 幾何公差設計法における形体について

1. 形体 (Feature)

JIS の定義 JIS B 0672-1, JIS Z 8114

形体: 幾何公差の対象となる点, 線, 軸線, 面及び中心面.

部品 (対象物) の表面や穴などが形体である.

幾何公差はこれら形体に対して指示される.

外郭形体 (integral feature)

: 表面または表面上の線.

現実に存在するもの (円筒の外側表面など).

誘導形体 (derived feature)

: 1 つ以上の外郭形体から導かれた中心点, 中心線または中心面. 実在するものから導かれるもの (軸線・中心面など).

外郭形体と誘導形体の区別は, 幾何公差を指示するときに重要となる.

外側形体 (external feature)

:対象物の外側を形作る形体. 例えば, 軸の外径面.

内側形体 (internal feature)

:対象物の内側を形作る形体. 例えば, 穴の内径面.

はまりあう形体同士のととき重要となる.

特に, 最大実体公差方式のととき重要となる.

2. サイズ形体 (Feature of size)

:長さまたは角度に関わるサイズによって定義される幾何学的形状.

例えば, 円筒の内側または外側, 円錐, キー, キー溝, 長穴, タブなどの両側面.

4. JIS規格の制定・改正に関心を持つ

国際規格との整合化を促進するため, B:機械部門の規格改正と制定が活発化している. 日ごろからJIS規格に関心を持つことも必要である.

個々のJISは規格番号によって識別できる. 例えば, JIS B 0001 機械製図. つぎのローマ字1文字は, 部門記号で19の部門がある. 続く数字は, 各部門で一意な番号である. かつて番号は4桁であった. 現在, 国際規格と一致または対応するJISについては, 国際規格の番号とJISの番号を同じにしておくことが便利であるので, 国際規格が5桁の番号を持つ場合には, それに合わせた5桁の番号が用いられるようになっている.

また, 大きな規格は第1部, 第2部といった部(part)に分かれていて, 部ごとに制定, 改正などが行われ, 部ごとに規格票が発行される. 部を識別するために枝番号が用いられる. 番号の後にハイフンおよび枝番号を記載する. 枝番号を使用した例として, JIS B 0002-3 製図-ねじ及びねじ部品-第3部: 簡略図示方法がある. 規格番号の後にコロンおよび制定または改正の年を西暦で記載する. 例えば, JIS B 0001:2000 と書く. 1995年以前のJISでは, 枝番号が用いられていなかった. かつては番号および年を区切るために用いられていた. 例えば, JIS B 0001 は1958年にJIS B 0001-1958として制定された.

5. JIS B 0001:2010 機械製図の改正時期

1. ISO/TC10 JIS原案作成委員会の設置

August 24, 2016のメールより経緯報告.

具体的な開始時期について最終協議を行いました.

その結果, 仮に10月から委員会を開始しても規格策定にかかる期間は半年弱と足りず, 期をまたぐ可能性が強いことが判明し, 来期(2017年)に延期することになりました.

当然ながら, 検討のための機会損失を防ぐ意味で現

状の枠組みの体制で可能な案件の検討は行い, 来期に備えるつもりです. 来年の2月ごろになりましたら, 委員委嘱の手続きをさせて頂き, 4月(新年度の期始まり)から委員会への参加をお願いできればと思っています.

当然ながら, 検討のための機会損失を防ぐ意味で現状の枠組みの体制で可能な案件の検討は行い, 来期に備えるつもりです. 来年の2月ごろになりましたら, 委員委嘱の手続きをさせて頂き, 4月(新年度の期始まり)から委員会への参加をお願いできればと思っています.

2. 意味不明かつ誤字多し (アンダーライン: 平野)

JIS Z 98 シリーズ(6規格)ならびにJIS B 3402:2000 CAD機械製図との混同がはなはだしい.

JIS B 001 (機械製図)の改正作業

[必要性]

2010年の改正当初, 本規格の使用者からの問い合わせも多くあり, その意味において問い合わせが少なくなるようにしておく必要がある.

また, 本規格は, 手描き製図・器具製図を前提とした規定になっている部分が多く見受けられる. 近年のCADの使用を前提とした製図の内容も規定化しておかないと, CAD使用者によっては不都合が多くなる可能性がある.

また, 本規格に対応する一つの国際規格はなく, 多くの国際規格の一部の内容を寄せ集めて作成した, 日本独自の製図規格であるという背景がある. 一方で, 幾つかの製図に関する国際規格も改正されている状況があり, 今回の改正を機に, ある程度は共通化しておく必要がある.

さらに, 現行規格の図例の一部に不備が散見されるので, 改める必要性もある.

[期待効果]

上述の必要性に応じて改正することで, 製図のツールとして一般化している CAD使用者にとつての利便性が高まる. また, 図面のグローバル化を進めることも可能となる.

6. むすび

機械設計は, アイデアを生み出す創造力と品質・コストをつくりこむ製図力, そして曖昧性を確実に排除することが重要になる.

グローバル化に対応した図面とは, 長さや直径はサイズ公差で表現し, 位置を表す公差は幾何公差を使うべきことになる. このように, 幾何公差を使って図面を描くことを幾何公差設計法という.

GD&T (Geometric Dimensioning & Tolerancing)

表 1 主な用語の新旧対比

新規格 JIS B 0401-1:2016		旧規格 JIS B 0401-1:1998	
製品の幾何特性仕様 (GPS) —長さに関わるサイズ公差のISO コード方式—			
第 1 部：サイズ公差，サイズ差及びはめあいの基礎			
新規格 JIS B 0401-1:2016 における用語		旧規格 JIS B 0401-1:1998 における用語	
簡条番号	用語	簡条番号	用語
3.1.1	サイズ形体	—	—
3.1.2	図示外殻形体	—	—
3.2.1	図示サイズ	4.3.1	基準寸法
3.2.2	当てはめサイズ	4.3.2	実寸法
3.2.3	許容限界サイズ	4.3.3	許容限界寸法
3.2.3.1	上の許容サイズ	4.3.3.1	最大許容寸法
3.2.3.2	下の許容サイズ	4.3.3.2	最小許容寸法
3.2.4	サイズ差	4.6	寸法差
3.2.5.1	上の許容差	4.6.1.1	上の寸法許容差
3.2.5.2	下の許容差	4.6.1.2	下の寸法許容差
3.2.6	基礎となる許容差	4.6.2	基礎となる寸法許容差
3.2.7	Δ 値	—	—
3.2.8	サイズ公差	4.7	寸法公差
3.2.8.1	サイズ公差許容限界	—	—
3.2.8.2	基本サイズ公差	4.7.1	基本公差
3.2.8.3	基本サイズ公差等級	4.7.2	公差等級
3.2.8.4	サイズ許容区間	4.7.3	公差域
3.2.8.5	公差クラス	4.7.4	公差域クラス
3.3.4	はめあい幅	4.10.4	はめあいの変動量
3.4.1	ISO はめあい方式	4.11	はめあい方式
3.4.1.1	穴基準はめあい方式	4.11.2	穴基準はめあい
3.4.1.2	軸基準はめあい方式	4.11.1	軸基準はめあい
—	—	4.3.2.1	局部実寸法
—	—	4.4	寸法公差方式
—	—	4.5	基準線
—	—	4.7.5	公差単位

参考

(長さ、角度、位置の総称としての) 寸法	→ 寸法
(長さや直径を意味する) 寸法	→ サイズ
(位置や距離を意味する) 寸法	→ 位置
(長さや直径の) 寸法公差	→ サイズ公差 (長さや直径に限る)
(位置の) 寸法公差	→ 幾何公差 (位置に限る)
寸法線	→ 寸法線 (変更なし)
寸法補助線	→ 寸法補助線 (変更なし)
理論寸法 (理論的に正確な寸法)	→ 理論寸法 (変更なし)