

G190314

間違いが多数散見されるサイズ公差の教育方法を考える

Thinking About the Teaching Method of Size Tolerance Where Many Mistakes are Seen

○ (正) 平野 重雄^{*1}, 喜瀬 晋^{*2}関口 相三^{*2}, 奥坂 一也^{*2}Shigeo HIRANO^{*1,*2}, Susumu KISE^{*2},
Sozo SEKIGUCHI^{*2}, Kazuya OKUSAKA^{*2}^{*1} 東京都市大学 Tokyo City University^{*2} 株式会社アルトナー Artner Co., LTD**Key Words** : Dimensional tolerance, Size tolerance, Principle of independency, Taylor's principle, Envelope requirement

1. 緒 言

寸法公差やはめあいの規格が JIS B 0401-1, -2 :2016 に改正され, JIS B 0420-1:2016 製品の幾何特性仕様 (GPS) 一寸法の公差表示方式-第 1 部:長さに関わるサイズが新たに制定された. 原典の誤り, 公差の原理の勘違い, 非 Native の貧弱な英語などが要因となって, 両規格は, 次のようなユニークなものになった.

- (1) 極めて難解な日本語の文章.
- (2) 用語 (日本語) の意味不明な理由による変更と誤訳, 誤用.
- (3) 寸法記入法の論理体系からの乖離.

産業界では, 寸法公差やはめあいのような基本規格 JIS B 0401-1, -2 は, 社内規格などに同化されているので, 間違った用語や公差原理の勘違いおよび難解な文章があっても, 実質的な影響はほとんどない.

一方, 教育界は, 間違った用語などの規格であっても, 従順に従うことが必定となっている. そのために, 寸法がサイズに変更されたので, 機械的に寸法をサイズに変換して授業を行っているなどの話が入ってくる. 先生方は, 学生・生徒に間違ったことを教えるはならないとする「徳」とのジレンマに陥っているようである.

間違いの多い改正規格と原典の誤りをそのまま規格化している新規規格. 設計製図の授業において, 両規格をいかに教育するのかが問題であり困難を伴う. 本論では, ひとつの施策を提案する. なお, 「本質的な間違い」とは, 基準寸法や TED (理論的に正確な寸法) など, 規格の基本になる「公理」といえるような「定義が明確で議論の余地がないもの」の間違いを指す.

2. サイズ公差は存在しない

2・1 寸法

Z 8114:1999 製図-製図用語の 2.3.5 寸法などに関する用語の寸法は, 次のように明確に定義されている.
3409 寸法:決められた方向での, 対象部分の長さ, 距離, 位置, 角度, 大きさを表す量. (dimension).
参考:寸法には, 長さ寸法, 大きさ寸法, 位置寸法, 角度寸法などがある.

2・2 サイズ

同規格に, 3410 サイズ:決められた単位・方法で表した大きさ寸法. (size)とある. 改正規格では, サイズを部品あるいは部品を構成するプリミティブ (基本的) な形体 (三次元) の大きさとしている. 大きさは寸法の集合によって表現されるので, サイズ公差の概念は存在しないことになる.

日常的に使われるサイズは, サイズ, 号, 版など, モノの共通化された幾つかの寸法の集合による大きさをイメージする. 集合の一つの要素, 例えば, ワイシャツを購入するとき, 色はホワイトブルー系でサイズはMといっても, 情報は十分ではないが, 日常会話では意図は通じる. 同様に, サイズ寸法やサイズ形体は, 多くの場合, 寸法や形体といっても十分に通じる. このことから寸法をサイズとしてはいけないことになる.

2・3 サイズは寸法の集合

サイズは、製品あるいは部品、プリミティブな形体などの大きさをいう(JIS Z 8114)。

サイズは寸法の集合(set)である。集合とは、ものの集まりで、個々のものを要素または元という。サイズの要素である寸法には寸法公差が付けられるが、寸法の集合であるサイズには公差の付けようがない。サイズ公差は存在しない。円柱の大きさ：プリミティブな形体の例。

サイズの要素	直径，長さ	：サイズまたは大きさという
サイズの表現	$\phi 20h7-50js9$	：サイズまたは大きさという
各要素の寸法	$\phi 20h7$ $50js9$	：サイズとはいわない

3. JIS B 0401-1 における主な間違い

3・1 適用範囲における a) 円筒， b) 相対する平行二平面の記述に関して

寸法公差が適用されるサイズ形体には、プリミティブな形体がある。外側形体や内側形体の「直方体，円筒，円すい，角すい，球，その他用途に適う形体」など，多くの部品に共通する基本的な形体である。寸法公差の適用範囲における記述としては，これらが欠落するので，不適切である。

ただし，はめあいは，ほとんどが円筒と対向する（工学では，相対するとはいわない）平行二平面である。したがって，適用範囲だけでよいので次のようにすると，明確な論理の記述になる。

- a) 外側形体の円筒(軸など)，直方体(キーなどの対向する平行二平面)などのサイズ形体。
- b) 内側形体の円筒(穴など)，直方体(キー溝などの対向する平行二平面)などのサイズ形体。

他の規格にも，上述の問題がある。機会を見て訂正すべきである。

3・2 公差域に関して

3.2.8.4 注記 1 では，公差域は，二次元の領域および三次元の空間を意味するが，この規格で用いる区間は，一次元のスケールのな間隔としての意味しかもたない。解説では，幾何公差の公差域と同じ用語になるから，“域”に対する原語がないから。これらは，公差域をサイズ許容区間にする理由にしているが，これは間違いである。声域，音域など，次元を表す用語がある。公差域が正当である。

3・3 原典では「独立の原則」，「テーラーの原理」，「包絡の条件」が混乱している

混同しているので次のように明確にする。

1) 独立の原則 (principle of independency)

寸法は，原則として二点測定による。特別な指示がなければ，寸法公差は二点測定による寸法の許容限界を示すだけで，形状偏差は規制しない。また，幾何公差は寸法に無関係に適用する。公差付き寸法の標準的な解釈は，ISO/R1938:1971のテーラーの原理に従う。

2) テーラーの原理 (Taylor's principle)

- a) 穴：穴の内面に接する最大で完全な仮想円筒の直径は，穴の最小許容寸法より小さくなってはならない。さらに，穴のすべての局部実寸法は，最大許容寸法より大きくなってはならない。
- b) 軸：軸の外面に接する最小で完全な仮想円筒の直径は，軸の最大許容寸法より大きくなってはならない。さらに，軸のすべての局部実寸法は，最小許容寸法より小さくなってはならない。

テーラーの原理に基づく検証は，限界ゲージなどによって行うことができる。

3) 包絡の条件 (envelope requirement)

二点測定による寸法は，形状を保証する検証を要求していない。そのために，形体が最大実体状態のとき，すなわち，局部実寸法がすべて最大実体寸法であるときに，完全形状を要求する場合は，包絡の条件を用いる。この場合， $\phi 30 h7 \textcircled{E}$ のように寸法公差の後に \textcircled{E} を付ける。

これは，円筒の軸線の真直度公差 $-\phi 0 \textcircled{M}$ と同じであり， \textcircled{E} は $0 \textcircled{M}$ の代わりに考えられた指示である。

3・4 分野の用語に関して

他分野の用語はそのまま使うのかと問われれば、用語は、産業界で横断的に共有することが、意志の疎通を図るうえでも重要であるので、各分野の用語はそのまま用いることが望ましいことである。

4. JIS B 0420-1 における主な間違い

4・1 “Operator”は、演算子とはいわない

この規格における“Operator”は、計測用語である。不確かさの概念を念頭においた、形体の大きさを求めるための測定原理、測定方法、測定条件、データ処理、評価方法など、一連の段取りや作業を表す。オペレータといい、測定手順とほぼ同義である。

4・2 本文図 23, 24 の「TED（理論的に正確な寸法）」の使い方に関して

TED は、位置度、輪郭度、傾斜度で、幾何公差の公差域だけを許容する方式である。TED だけ指示された部品は、公差域が 0 であるので、加工や検証はできない。長方形枠を省いて普通公差にするとよい。原典が間違っている。

4・3 本文図 29 は、非剛性部品ではない

非剛性部品(JIS B 0026)とは、自由状態 \textcircled{F} において、重力によって変形する部品をいう。また、非剛性部品に \textcircled{E} は適用できない。薄肉中空円筒にする。原典が間違っている。

4・4 “Rank-order size”は、順位サイズではない

統計学では、大きい順に並べ替えたデータを順序統計量という。なお、中央や中間、範囲などのパラメータは、普通名詞と紛らわしいので、メジアン、ミッドレンジ、レンジとする。

4・5 7.1 完全な公差付きサイズ形体

図示外形形体(JIS Z 8310)は、設計情報である。完全は意味がない。

4・6 本文図 21 の注記 完全なサイズ形体に対する包絡の条件 $0/+0.2$ 、サイズ形体の任意の位置で、25mm の長さ当たりに対する包絡の条件 $0/+0.1$ は、適切な表現ではない

包絡の条件の定義は、前述による。包絡の条件では、「 $0/+0.2$ 」のような表現はできない。6.2.3 を削除する。

4・7 「包絡の条件」の引用規格が JIS B 0420-1 になっている

JIS B 0024 製図—公差表示方式の基本原則である。

4・8 3.10 の局部サイズの定義. 長さに関わる局部サイズは

“actual local size”は、JIS B 0023 の局部実寸法である。本文図 3 は、局部実寸法である。

4・9 本文 6.1 にある片側公差表示とは

JIS Z 8318 の片側許容限界寸法である。これは、最大または最小のいずれか一方だけ許容する場合の寸法で、寸法数値の後に“max”または“min”を付ける。

5. 設計製図教育の当面の対応に関する提案と授業の一事例

JIS は厳守しなければならない法律ではない。教科書では、著者の裁量で次のようなメッセージを HP など発信して、学生を守りたい。

—JIS B 0401-1, -2:1998(旧規格)の「寸法公差」, 「公差域」, 「公差域クラス」など多数の用語が、2016 年改正で「サイズ公差」, 「サイズ許容区間」, 「公差クラス」などに変更された。しかし、変更理由が当を失っていて間違った用

語になっていること、旧規格は何の支障もなく広く普及していることなどから、本書では先輩たちが学んだ旧規格の用語を用いる。—

機械システム工学科：機械設計製図関連の授業の一例を記す。

◇1年 専門必修：基礎設計製図

科目概要：製図は設計思考の情報伝達手段として重要な役目がある。本講では、実在する製品と主な機械要素部品を題材にした実感教育の中で、図形表現に必要な図的解法および製図規則を学び、設計する製品・装置の具現化に必要な製図方法を習得する。

達成目標：1. 空間認識能力と立体観を養う。2. 実際にものがつくれる図面が描ける。3. 図面からものの形状が理解できる。3項目の基礎的知識を学習する。

第9回 課題：機械部品（フランジ型固定軸継手）の設計製図，製作図の検図。寸法公差および幾何公差の表示法について講義を行う。

○寸法公差：継手内径 H7・継手外形 g7 とピッチ円直径の精度について。1. はめあい。2. 限界ゲージ。3. はめあいの種類（すきまばめ，しまりばめ，中間ばめ）。4. 実際のすきまおよびしめしろ。5. 穴基準式と軸基準式（多く用いられる穴基準式はめあいの表）。6. 基準寸法。7. 寸法の区分。8. 公差の基本数値および等級（IT 基本公差の数値）。9. 寸法許容差の見方。10. はめあい方式の表示法。11. 普通公差。

○幾何公差：インロー端面と継手外形の振れ公差（公差値 0.03）について。1. 幾何公差の種類とその記号。2. 公差域。3. データム。4. 幾何公差の図示法。

○製作図の検図時に寸法公差ならびに幾何公差の表示法，図示法を確認している。8割の学生は間違いなく H7 の記入は行っているが，その意味などを質問すると「忘れました」と正直に答える学生が増加している。振れ公差の図示法については，公差記入枠も明瞭に描いており誤りは少ない。しかし，寸法公差と同様に，データムの意味や公差値について質問すると無言になる学生が存在する。これが現状である。

◇2年 専門・実験実習選択必修：創成設計演習

科目概要：機能，機構（機械システム構成）と生産性との関連を解析し，理解させる演習を行わせて，これを基礎とした創成設計演習（自発的開発製品）の課題では，アイデアの発想法，設計仕様書，解析書および組立図・製図の作成とモノ創り（模型の製作）を体験させる。製品開発の設計プロセスを認識し，自らが製品を創案できる能力を具えること。

第4回 課題：概念設計（仕様，機能の決定）および第8回 基本設計（主要部の詳細・機械要素決定）において，1年次の復習と，1. はめあいの適用。2. はめあい方式によらない場合の寸法公差記入法の講義を行う。

◇3年 専門必修：機械システム設計演習

科目概要：本科目は低学年において学んだ機械システムの基礎を統合し，システムとしての機械設計の基本をしっかりと身に付けさせる必修の演習科目である。自分で機械装置を企画する過程を通して，機能，性能，製作方法などを設計・立案する能力を養い，さらに製作図面の形でまとめる能力が身に着く。また，自分のテーマをうまく完成させる能力を養うことを目指す。

寸法公差および幾何公差に関して，明確に図示，表示するように指導している。

6. 結 語

設計製図関連科目の講義（演習）で寸法公差・はめあい・基準寸法などに関する教育方法は，長年の経験から多大な労力を要することは事実である。1年から3年に亘る場合には，教員が異なることから事前の打ち合わせを厳密に行い，一步一步進めることが肝要である。学生諸君が種々の用語を「講義で学んだ」「聞いたことがある」と答えたら，その時点では，「合」「よし」と評価している昨今である。

教育界から筆者らへの近々の問い合わせは，両規格は，①理解不能な日本語が多数を占める。②技術用語の根拠薄弱な変更が成されている。③当然のことながら技術用語は明確さが基本である。など多数である。また，産業界に定着した JIS の用語は，確たる理由なくして変更してはならないとの貴重なご意見もある。

特に用語に関しては，なじみのない用語と表現は適切にすること。解釈が間違っている用語は正すべきであると考えている。ものづくりに最も必要な規格である。真の日本産業規格であって欲しいと願う次第である。