

日本の製図維新 前夜 / アメリカ GD&T 留学記 *
 ——(Ⓜのこころと, サイズ形体の区別, そして真に正しい図面を求めて) ——

鈴木伸哉*¹

On the Eve of the Drawing Revolution in Japan /
 —A Report of GD&T Studying Abroad in America—

SUZUKI Shinya

キーワード : Geometric Dimensioning and Tolerancing, Maximum Material Requirement

1. ま え が き

本随筆・随想は, GD&T にご興味をおもちの方だけでなく, 海外留学にご興味をおもちの方か, むしろ, 海外留学にご興味をおもちでない方のために執筆した。冗長な記述があるのはそのためである。著者は, 高等専門学校で設計製図を担当している。その授業で用いている教科書は, 製図標準を適切に要約して解説する良書であるが, 図例に誤り¹⁾が目立つ。別の教科書も同様である。教員としては, 誤りのある図例を学生に写図させることは, 大変心苦しく, 授業で行う解説も歯切れが悪い。著者は, かつては, 精密機械メーカーの設計開発職として, 図面の正しさを追い求めており, 今, 設計製図教育を行う教員として, 正しい図面とは何か? 標準的な製図は何か? を追い求めている。なぜなら, 図面は, 設計と加工の契約書となるからである。結局のところ, 行きつく先は, サイズ公差と幾何公差を正しく用いることであった。(以後, これを Geometric Dimensioning and Tolerancing, GD&T と呼ぶ。)

ところで, GD&T を教育するのに, どのように準備をしたらよいだろうか? かつての寸法公差中心の図面の教育や実務経験しかない著者が, 学生に GD&T を教えるのは容易ではない。幾何公差のセミナーを受けたり, 書籍を読んだりするだけでは, GD&T を教えるに至らない。図面を解釈する能力と, 正しく GD&T の図面を描く能力には, 雲泥の差があるためである。語学に例えれば, 文法を理解した

だけでは良い文書を書けないのと似ている。

2. 国立高専機構の在外研究員

現状の図面教育に不満をもちながらも打開策がないまま日々過ぎていたが, ある懇親会で本校の副校長らに在外研究を勧められた。ただ, 著者は, 日本は技術に関して欧米諸外国に追いつき, 追い越しつつあるので, あえて外国で学ぶ理由や興味がさほどなかった。しかし, JIS B 0420-1 の解説文の一説に「こんな状況を, 今後も看過するなら, 極論すれば, いわば図面鎖国状態となり…」²⁾ という警鐘と, 著者の製図教育の不満と, 副校長らの勧めが繋がった途端に, 高専機構の在外研究員の制度に応募することに決め, 幸運にも採択された。

3. ノースカロライナ州立大学シャーロット校

2017年8月16日から7ヶ月の日程で, University of North Carolina at Charlotte (以後, UNCC) の Edward P Morse 教授のもとで GD&T を学ぶ機会を得た。なお, Morse はカタカナにすれば, およそモースと発音するが, 日本人にはモールス信号のモールスが馴染みやすい。以後, Morse 教授と記述する。

このご縁は, 設計工学会副会長の金田徹 教授のご紹介によるもので, 金田教授と Morse 教授は, ともに ISO/TC 213 の委員である。金田教授からは, 欧・米いずれでも とのことで, 語学力に乏しい著者としては, せめて中学から学んでいる英語圏の国がよいと思った。これは語学を上達させたいというよりも, 同僚の教員が事務仕事で蘭語を読むのは困難だったと聞いていたからである。それと, 著者は, これまで, アメリカ機械学会(ASME)の規格の製図書籍³⁾

* 設計工学 53 巻 1 号(2018 年)より許諾を得て転載

*1 電子制御工学科准教授

原稿受付 2018 年 5 月 1 日

を翻訳しながら幾何公差を学んでいたこともアメリカを選択した理由である。ちなみに、Morse教授は、ASMEをアスメではなくアズメと発音していた。Asをアズと発音するのと同じであろう。さらに、日本規格協会の幾何公差入門の講師の方が、ASME規格の利便性や合理性を研修で述べておられたのも、アメリカを選択した理由の一つであろう。その上、英・米の大学の教授に留学のコンタクトをとったところ、最も反応が早く、好意的な電子メールを送ってくださったのが、Morse教授であった。そのような経緯で、UNCCのMorse教授のもとで学ぶことになった。今思えば、これは正解であった。アメリカには、GD&Tの講習や検図などを専門に行う

Dimensional Engineerが多数いるからである。しかも、UNCCには日本語学科があり、日本人教員や日本語を話せるアメリカ人が10人ほど在籍しており心強い。UNCCは東北大学などと協定を結んでおり、同大学の短期留学生らにも会った。また、「日本クラブ」という部活動もあり、かなり親日な大学と言ってよいだろう。University of North Carolinaは、Charlotte以外にもキャンパスをもつが、Charlotteだけでも、約4km²（東京ドーム約85個分）の広大な敷地をもつ。Morse教授の居室や著者が借用している研究室は、Fig.1に示すキャンパスの北側の比較的新しい建物の中にある。

4. 製図の『精神と時の部屋』

UNCCに到着して、まずMorse先生にお会いしてお話をした。GD&Tの授業の予定を聞いてみると、他の教員に呼ばれたら行く程度とのことだった。Morse教授のメールを引用すれば、GD&T is considered a "skill" more than a "technology" it is offered rarely even in the US curriculum. とのことである。和訳してみると、「（私はGD&T



Fig. 1 Duke Centennial Hall in University of North Carolina at Charlotte

の大切さを理解しているが) GD&Tは、総合的な知識や方法というよりも、技能、技術、わざとして考えられ、アメリカのカリキュラムでさえも提供されていない。」

つまり、アメリカの教育機関でさえもGD&Tの教育が必ずしも進んでいないということである。後に紹介するFischer氏にアメリカの教育事情を尋ねてみても、同様の答えであった。

その後、Morse教授は明日からISOの会議で日本に3週間ほど出張とのことで、見知らぬ土地で孤立した。通勤バスの運転手と隣室の先生に”Good Morning”と言う以外にコミュニケーションがほとんどなく、研究室に籠った。研究室は個室で、半地下で窓がなく、アメリカでは珍しい日食も見逃した。アメリカでの精神的な孤立を避けるために、日本語学科の先生のお勧めで、アメリカ人の先生の行う日本の映画や文化の授業を聴講した。映画の授業では黒澤映画を、文化では桃太郎などの昔話をテーマにしていた。これはよい気分転換になった。

それでも、基本的に孤独な時間が多く、漫画・ドラゴンボールの精神と時の部屋のようにであった。精神と時の部屋とは、劇中の神殿にある部屋で、この中で1年修行しても、実際には1日しか過ぎていないという修行に最適な環境である。転じて、部屋にこもってトレーニングすることなどを意味するようで、著者の環境はまさにこれである。覚悟の上ではあったが、実際に経験してみると楽ではなかった。

これまで、高専のクラス担任をしていたときには、学生の訪問やその他の対応が多く、自分の仕事に集中できないと愚痴をこぼす日々であったが、それを極端に無くして孤独を感じるのは、贅沢な悩みと言われるかもしれない。とにかく、Morse教授が帰ってくるまでの3週間、研究室に籠って、教科書の巻末の図面を描き直した。Morse教授が日本から戻ってきてからは、週に1度の検図を受け、図面を修正する日々を過ごした。著者の願いは叶いつつある。アメリカ到着から1月ほどすると、それ以外の住居などの問題が解決し始めて、精神的に楽に暮らせるようになった。

5. Bryan Fischer氏との出会い

アメリカ暮らしに慣れ始めたころ、オレゴン州ポートランドでSigmetrix社のGD&Tの講習を受ける機会を得た。オレゴンという名前は知っているもののノースカロライナから近いのかもわからない。調べてみると、ポートランドは西海岸にあり、UNCCのある東海岸とは真逆であった。アメリカ国

内の旅行手配には、日本人もしくは日本語対応できる会社があり、メールや電話対応などが非常に便利であった。

Sigmatix社は、日本の秋葉原に拠点をもつサイバネットシステム社の傘下にある会社である。サイバネットシステム社は、主にCAEのソフトウェアの販売を手掛けており、Sigmatix社の公差解析ソフトもそのうちの1つである。このサイバネットシステム社は、これまで無償のASME規格の幾何公差セミナーを開催しており、幾何公差教育に貢献している。またSigmatix社は公差解析ソフトだけでなく、幾何公差の助言をするCADアドインソフトを開発しているのも、本特集の主題を思えば、注目すべき事柄であろう。話は少しややこしくなるが、講師のBryan Fischer氏（ブライアン・フィッシャー氏）はSigmatix社のVice Presidentであるが、氏は、Dimensional Engineerとして独立開業しており、近年になってSigmatix社と提携することになったとのことである。日本では、Dimensional Engineerとは馴染みの浅い言葉であるが、企業の幾何公差教育や検図、コンサルティングを行う専門家のことを言い、アメリカでは職業として成り立っている。日本で、独立開業しているDimensional Engineerは、アメリカに比べるとずっと数が少ないであろう。

今回のSigmatix社の講習は、Daimler Trucks North Americaの社内研修の一環で、著者は追加として参加させていただいた。これは日本の会社では通常考えられない。Fig.2はDaimler Trucks North Americaの社屋である。参加人数は15人程度で、これは日本で受けてきた日本規格協会の研修の人数や、サイバネットシステム社の開催したASMEの

幾何公差セミナーの人数と比べてもずっと少ない。そして、アメリカ人の参加者は、よく質問をする。Fischer氏はそれによく答え、これまでの経験談をよく語る。UNCCで日本の映画や文化の授業を受講したときも、この種の対話をよく行っている。教科書を板書して、それをノートに書き写すことはしない。アメリカ人は授業で対話をよくするというより、むしろ日本人が、授業で対話をする習慣がなさすぎる。近年アクティブラーニングを導入すべきという話があるが、これとも大いに関係している。日本の学生を受動的にさせない工夫が日本の教員に求められている。

これまで受講してきた日本の講習や書籍との違いをいくつか挙げる。まず、MMC (Maximum Material Condition, 最大実体状態, 以後Ⓜと略す) について、日本の講習や書籍では、形状・姿勢・位置・振れのすべての幾何公差の解説の後に説明があることが多いが、Fischer氏の講習ではそれに比べてかなり前半に説明がある。著者がこれまで翻訳をしてきたMadsen氏の書籍³⁾でも同様であった。はめあいの解説で、MMCも併せて語っている。これは、ASME規格では、MMCで完全な形体とする規則があり、それがISO/JISと異なるからかもしれない。

また、日本では、サイズ公差と幾何公差に大きく分類され、幾何公差は、さらに形状の公差、姿勢の公差、位置の公差、振れの公差に分類されているのに対して、Fischer氏は、形状の公差、サイズ公差、姿勢の公差、位置の公差に分類する。これは、いわば形体の次元・複雑さの順になっているとのこと、振れの公差は、場合により上記のいずれかに分類される。

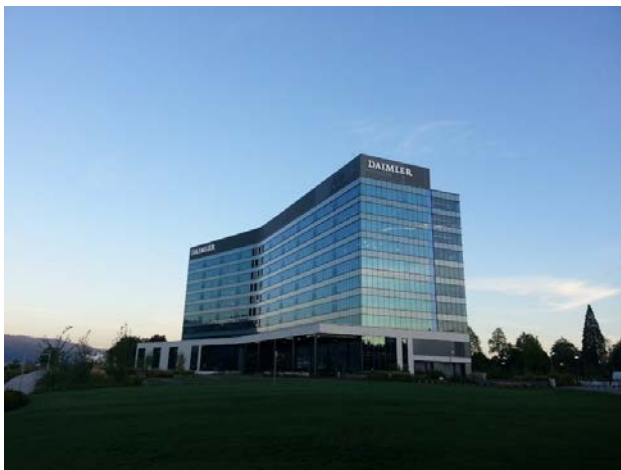


Fig. 2 Daimler Trucks North America in Portland



Fig. 3 GD&T seminar by Mr. Fischer

さらに、講習の形態についても違いがあった。Fischer 氏の講習は、幾何公差初級 5 日、中級 5 日、公差解析 5 日に分かれている。これらはすべて、午前中の講義のみである。日本の講習は、朝から晩までかけて行い、2~3 日で行う。ゆえに合計の内容はほぼ同じである。Fischer 氏に聞くと、2 日半で行うこともあるが、一度に覚えきれないだろうとのことであった。日本のエンジニアは、忙しい業務の合間を縫って、大都市圏に赴き、集中して幾何公差の講習を受ける。そして足早に帰って自分の仕事に戻る。丸 1 日中講習を 3 日連続で行う日本の講師の方・受講するエンジニアの方の体力・気力は驚くべき・敬服すべきとも思う反面、この Fischer 氏の余裕は注目すべきだと思った。ただ、これは、Dimensional Engineer が多くいるアメリカだから計画可能なかもしれない。午後は著者のような客人の相手をして、昼食をゆっくり食べ、少しビールを飲んだりする。近年、日本の働き方を見直すという動きが出始めているが、ここにもそのヒントがあるように思われる。そして、昼食後に、これまで描いてきた図面の検図や公差解析の確認をしていただいた。Fischer 氏の検図能力は、日本規格協会の幾何公差の講師の方にも似た鋭いものであった。また、後に述べるサイズ形体についての議論を大いに交わした。

ところで、ポートランドに来る前に、Morse 教授は著者に、” Bryan makes beer.” と言っていた。アメリカの Dimensional Engineer はビールを作っているのかと不思議に思ったが、どうやら、Fischer



Fig. 4 Mr. & Mrs. Fischer, and me at Two Kilts Brewing (Left side is bar, Right side is brewing.)

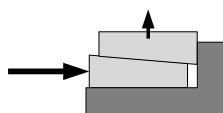


Fig. 5 A pair of wedges

氏は自宅の近くの地ビール工房のビジネスを手伝っているとのことであった。もちろん、Fig.4 に示すように、ビール工房と併設のバーに案内していただいた。

さらに、Fischer 氏の講義の全 15 回のうちの最後の 5 日は、公差解析に充てられている。日本の講習で GD&T と公差解析が一体になっているものは恐らく少なからう。これは、幾何公差と公差設計は両輪か、むしろ公差設計（解析）が先にある、幾何公差を正しく使って図面を描くというプラナーの栗山氏らの考えとほぼ同じ考えをもっている。

6. わかり始めた M のところ

日本の教科書で M が適用された図例はほとんど見当たらない。日本の書籍の図例で、 M を見かけるのは、幾何公差のハンドブック 4) や解説書 5) ぐらいであろう。幾何公差に M を付加する最大実体公差方式(MMR: Maximum Material Requirement)は、たとえば、穴であれば、穴がサイズ公差内で大きくできた分だけ位置の幾何公差を緩和できることを表している。かつて、とある小さな講習会（日本規格協会、設計工学会、JEITA、サイバネットシステム社ではない）で、MMR についての講義を受けたときに、MMR は上記のように、幾何公差を緩和できるとしてコストの削減が期待できるが、重要な位置決めピンや穴に用いてはならないと聞いた。確かに、これは誤りでなく正しいが、同時に著者はそれほどコストに影響するのかが不思議に思った。もともと厳しい精度を要求しない穴に、多少公差を緩和したとして、大きなメリットがあるのだろうか？

この間に対する 1 つの解答を設計工学会/JEITA のコンテストの講習で聞いたことがある。それは、 M を指定すれば機能ゲージが使えるということである。このとき、随分納得した記憶がある。しかし、それでもなお、なぜアメリカの図例は M が多いのか、という問いに対して、十分合点がいていない気がしていた。今回の在外研究で図面を描きながら、その答えが薄々わかり始めたところに Fischer 氏の講習で合点が行った。これまでの理解は、 M の一面を理解していたに過ぎなかった。著者なりに合点した内容を以下にまとめる。

たとえば、穴にサイズ公差と位置度公差が設定されていたとして、

- ・幾何公差に M がなければ、穴の中心を規制する。
- ・幾何公差に M があれば、穴の表面を規制する。

ということである。実に簡素にまとまった。そして、

データムに \textcircled{M} を付加するかどうかは、すなわち検査時の位置決めもしくは固定方法を表している。

・データムに \textcircled{M} がなければ、部品を調整可能な固定具に取り付ける。

たとえば、軸の直径であれば、コレットにつける、旋盤のスクロールチャックにつける、穴であれば、調整可能なマンドレルにつけるといったことを意味する。相対する平行二平面であれば、万力で挟んだり、Fig.5 に示すような1対のくさび型をデータム形体に接触させたりすることを意味する。

7. サイズ形体か否か、それが問題である

製図の原則では、サイズ公差は、サイズ形体に適用されるもので、穴の中心といった位置や、その他のサイズ形体に該当しないものは、幾何公差で公差を設定する必要がある。このサイズ形体は、ISO/JIS では、円筒、相対する平行二平面、球、くさび、円錐などとされており、ここでは、ノギスで計測できるような長さに関わるサイズについて述べるとすると、円筒と相対する平行二平面がそれに該当する。実際の例を挙げれば、円筒であれば丸棒や丸穴、平行二平面であれば、キーとキー溝が代表と言える。

しかし、実際の部品の形体は、丸棒や丸穴、平行二平面だけではなく、たとえば、丸棒であっても、キー溝やDカットが入れば、完全な円筒ではなくなる。たしかに、削り取られた反対側の円周を評価することはできない。では、これは、サイズ公差で定義してはいけないかという、ほとんどの人は、サイズ公差で定義してもよいと考えるだろう。しかし、その軸がもっと削られてきたら、どうだろうか？角やすみの丸みもサイズ公差が適応されるが、どうやって、2点で測れるだろうか？この問いをかつて、日本規格協会の講師の方に質問してみたら、角やすみのRは、たとえば、Rゲージで測ればそれでいい程度のもの、さほど重要でないものに適用してみるといったお話を聞いた。そこで、短いボスの高さやちょっとした段差は、平行二平面だが相対しないが？と聞いてみると、さほど重要でないものは、例外的に使うこともあるというお話をいただいた。

この在外研究期間に、モールズ教授にも同じことを尋ねてみた。ASMEでは、ISO/JISよりも詳細にサイズ形体を定義しているが、それでも、判断に迷うものはある。色々な例を作って、サイズ形体に該当するかどうかを尋ねてみた。しかし、判定の基準になる原理のようなものを見出すことができなかった。ここで議論している完全なサイズ形体になりきれない形体が、JISでいう、円筒、相対する平行二

平面、球、くさび、円錐など の「などに」該当するところかもしれない。標準であり限定しすぎると、柔軟性がなくなってしまう恐れがあるから「など」を付記したのかもしれない。そこで、Fischer氏に同じ問いかけをしたら、経験則とのことであるが、彼の考える原理はかなり明解であった。

少なくとも一組の
相対する
面に垂直な
一義の

} ベクトルを立てる
ことができる形体

たとえば、片方の端がエッジであるのは、ベクトルが不定だという。ただ、彼の原理だけでは、ASMEの不規則形体を説明しきれないところがあるが、かなり適格な原理だと思う。フォードの標準はこのあたりの記述があるとのこと。やはり標準は、あくまで標準で、企業や業界団体ごとにある程度の考えの違いがあってもよいのかもしれない。Fig.6に図例を載せる。これは、Fischer氏のご意見から著者が構成したもので、いかなる標準や規則ではない。また、アメリカ国内でもサイズ形体に関する考えは必ずしも一致しているわけではない。なお、日本では良否判定の記号に○と×を用いるが、アメリカでは、✓と×を用いる。

それでは、角やすみの丸みがサイズ形体でないとすると、寸法を四角で囲み、そのうえ、図面上でスペースを必要とする公差記入枠を描かなければならないのか？という疑念がわく。しかし、これは、対応方法をMorse教授が教えてくれた。公差の指示なき寸法は理論的に正確な寸法で、形体の輪郭度は(たとえば)0.5であるという注記を加えればよいのである。ちなみに、英語であれば、

UNTOLERANCED DIM ARE BASIC

UOS ALL SURF $\square 0.5 \square A \square B$

と書けば済む。UOSはUnless Otherwise Specifiedの略である。

8. おわりに ~図面鎖国状態から製図維新へ~

すでに述べたJISの解説にある「図面鎖国状態」²⁾という警鐘の言葉を著者は大変気に入っている。鎖国の後には維新があることを日本人は知っているからである。江戸時代の鎖国から開国・明治維新になぞらえれば、製図維新はもうすぐ近くまで来ている気がしてならない。変化できない日本の体制を変えたのは150年前も、70年前もアメリカであった。このままでは図面鎖国状態になりかねない日本を変

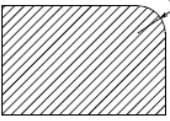
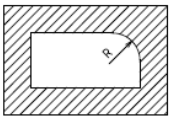
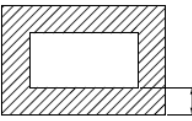
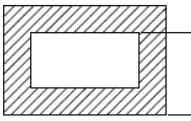
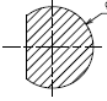



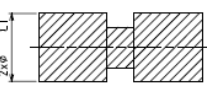
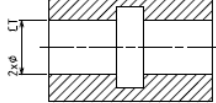
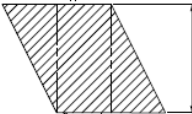
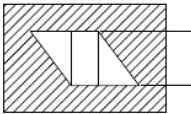
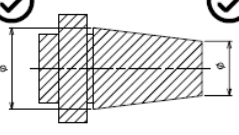
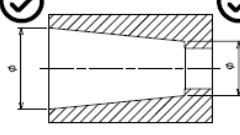
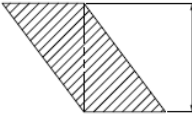
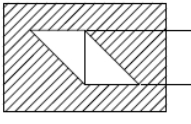
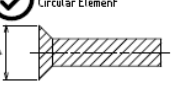
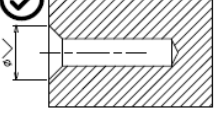
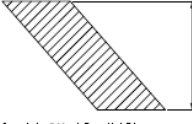
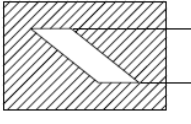
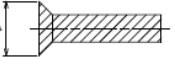
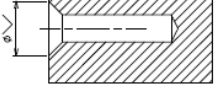
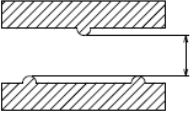
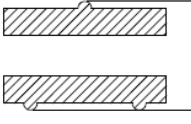
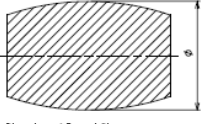
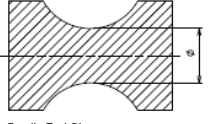
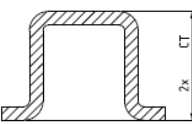

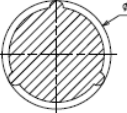
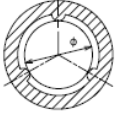
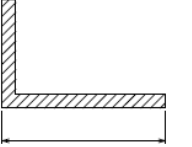
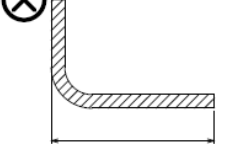
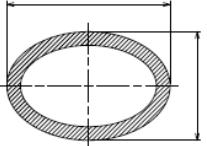
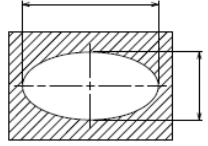
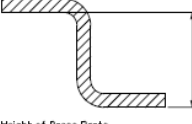

Positive, Additive		Negative, Removal		Positive, Additive		Negative, Removal	
⊗	 Typical Corner R		⊗	 Thickness of Wall, Partially Opposed Parallel Plane			
✔	 Partially Cutout Cylinder (ID-Cut)		✔	 Almost Opposed Parallel Plane			
✔	 Cylindrical Surface Divided by Groove		✔	 Opposed/Offset Half Parallel Plane			
✔	 Taper Shank		✔	 Offset Parallel Plane			
✔	 Regular FOS Circular Element	 Diameter of Chamfer or Counter Sink	⊗	 Complete Offset Parallel Plane			
✔	 Diameter Counter Sink Screw		✔	 Between Cylindrical Surface			
✔	 Diameter of Barrel Shape	 Tensile Test Pieces	✔	 Height of Metal Drawing Part Parallel, Opposite, but Offset	⊗	 Depth of Metal Drawing Part Parallel, NOT Opposite, Offset	
✔			✔	 L-Bracket without Corner R, Partial Parallel, Opposite	⊗	 L-Bracket with Corner R, Parallel, Opposite, But Offset Surface	
✔	 Major Axis and Minor Axis of Ellipse For Example, Section of Hi-End Bicycle Frame	 Major Axis and Minor Axis of Ellipse Not Practical ?	⊗	 Height of Press Parts Parallel, But Not Opposite, Offset	⊗	 Z-Shape Bending Offset Opposed Parallel Plane	

Figure.6 Distinction of Feature of Size (Continued)

	Positive, Additive	Negative, Removal		Positive, Additive	Negative, Removal	
✓			⊗		⊗	
⊗				Height of Pin/Boss		Depth of Drill Hole
⊗			✓			
				Height of Boss from Bottom Surface		Thickness of bottom
⊗			⊗			
	Size of Chamfer					
⊗			✓			
	Chamfer with Corner R.			Between Keyway and Cylinder		
⊗			⊗			
	Chamfer with Corner R.			Depth of Keyway		Virtual Point/Line can NOT be Size.
✓			⊗			
	Length of Rounded Key	Length of Slotted hole		Length of Screw Thread		Depth of Tap Drill Hole
✓			✓		⊗	
	Center Thickness of Biconcave lens	Center Thickness of Biconcave lens		Whole Length of Screw Thread		Depth of Blind Hole
✓			⊗			
	Thickness of Curved Surface Parallel, Opposed, But NOT Plane			Corner Edge can NOT be Measured		Parallel But NOT Opposed Surface
⊗			⊗			
	Width of Mold Wall with Draft	Width of V-Groove		Virtual Point/Line can NOT be Size.		

Figure.6 Distinction of Feature of Size (Continued)

えてくれるのは、また、アメリカかもしれない。

日本の製図教育が遅れていることを日本人は引け目に思いすぎる必要はないとも感じた。Fischer氏のおよその感覚では、幾何公差教育をしている教育機関は決して多くなく、企業においても、従来からの方法に頼っている企業も多いとのことだった。物事を緻密に組立てたいと考える人が多い日本は、むしろGD&T向きであろう。アメリカがGreatな国であるならば、日本はCompact and Elaborateな国ではなかろうか。ゆえに、今、日本は鎖国状態から開国、そして一気に世界に冠たる製図先進国へ転じる好機である。

謝 辞

本記述は、平成29年度独立行政法人国立高等専門学校機構在外研究で得られた成果の一部を随筆・随想調に表現したものである。長野高専にあっては、著者が渡米の間、授業・実習・校務等で他の教員・事務職員の皆様にご負担をかけることが多く、心より感謝申し上げます。また、本記述の一部は、科研費(17K06132)の助成を受けたものである。

本在外研究においては、受け入れ先をご紹介いただきました設計工学会副会長、関東学院大学の金田徹教授に深く感謝の意を表します。

さらに、受け入れ先であるUNCCでは、国際交流センターのMadelyn Baer氏、加藤富美江准教授をはじめとする日本語科の先生方、さらにNorth Carolinaの暮らしのサポートをしていただきまし

たMark Johnson & Midori Johnson夫妻に心より感謝を申し上げます。

ポートランドのGD&T Seminarでは、受講のきっかけやサポートをいただきましたサイバネットシステム株式会社の萩原あづみ様、同社顧問でTDME合同会社の高島淳一様、Sigmetrix社のDave Treanor氏、Daimler Trucks North AmericaのDarren Huddleston氏に、感謝の意を表します。

最後に、UNCCでの留学を快く受け入れてくれたEdward P Morse教授、Sigmetrix社の副社長で、Dimensional EngineerのBryan Fischer氏とその奥様にこの場を借りて感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 鈴木伸哉, 若山 昇: 機械製図の表現に関する考察(円周上に配置された穴位置の解釈とGPS的考察), 設計工学, 51, 3 (2016), pp.162-166.
- 2) 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: 長さに関するサイズ, 日本規格協会(2016), p.40.
- 3) David A. Madsen, David P. Madsen: Geometric Dimensioning and Tolerancing, Goodheart-Willcox (2012).
- 4) 大林 利一: 幾何公差ハンドブック [増補版] 図例で学ぶ—ものづくりの国際共通ルール, 日経BP社 (2012).
- 5) 小池 忠男: 幾何公差の使い方・表し方—世界に通用する図面づくり 実用設計製図, 日刊工業新聞社 (2009).