

3DAに必要な幾何公差の複数の運用事例について ～GD&Tで図面を変える設計改革～

2022年3月2日

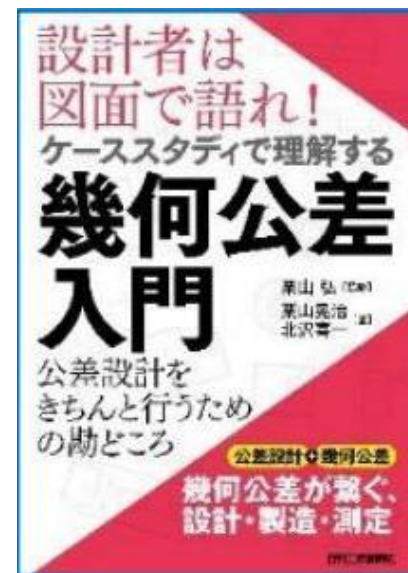
株式会社 プラーナー 栗山晃治

内 容

1. GD&T取り組み事例のご紹介
2. その他の事例
3. GD&T(公差設計と幾何公差)
4. 公差設計実践フロー
5. 公差設計ソフトのご紹介

本日のポイント

これからご紹介させて頂くのは、
「幾何公差入門」(日刊工業新聞社様)
の書籍で紹介されているGD&T導入
に向けた取り組み事例です。



本日は、「アウトライン」のご紹介となりますので、詳細
については、上記書籍をご覧ください。
書籍の中(特にP113～119のマンガの部分)では、ご担
当者様の想いや、本事例が選ばれた理由なども記載さ
れています。

取り組みステップの確認

書籍P120

Step1 現行図面の公差計算

現行図面において公差計算を実施することで、まずは現行製品がどのような考え方で設計されているのかを把握し、課題点を抽出する。このため、ここでは、公差計算を確実に実施し、新たな目標値を決定する。

Step2 改善案の検討

新目標値の実現に向けた寸法、公差も含めた基本設計の見直しを行う。そのプロセスを通して、どのような取り組みが必要かを確認する。

Step3 更なる改善の検討

更なる改善の可能性を探る。今回のケーススタディでは、公差値の最適化に必要な部品のサンプルを、量産と同等の金型によって製作し、目標の工程能力の実現性の検証を行っている。現場の実態を把握した設計検討がされている。

Step1 現行図面の公差計算

書籍P126

当日、ご紹介します。

Σ計算と√計算についても、書籍の中でご確認ください。

Step2 設計の見直し

書籍P131

【寸法指示の見直し】

幾何公差により、3要因を1要因に！！

Step3 工程能力を把握して公差値を最適化

書籍P144

本当は公差値を小さくしたかったが、公差値を広げなければ $Cpk=1$ を満足できない

$Cpk=1$ を
満たしていない。
(公差値に対して
ばらつきが大きい)

※工程能力指数 Cp, Cpk とは、ばらつきの大きさと規格の幅(公差域)との比を評価する値

書籍P148で説明

書籍P154

P

D

C,A

公差計算を行って、

幾何公差で設計意図を伝達し、

工程能力を把握して、
設計(公差)へのフィードバック

必要なスキル

- ・設計者は、公差設計手法と幾何公差の活用方法の教育が、
- ・図面を受け取って、生産に向けた準備を担う関係者は、幾何公差図面の読み方、測定方法の教育が必須要件となる。

GD&Tスキル習得のための継続的な取り組みを展開する企業が増えています。

内 容

1. GD&T取り組み事例のご紹介
2. その他の事例
3. GD&T(公差設計と幾何公差)
4. 公差設計実践フロー
5. 公差設計ソフトのご紹介

公差関連の市場クレーム・リコール事例

複製・転送 厳禁

品質データ偽装

台車亀裂



出典：日経ものづくり2018年4月号

機能不具合

性能不良

当日、詳細をお話します。

電気導通不良

根本原因は、公差の問題が多い。

接続不具合

自動車部品サプライヤー

〇〇会社

攻めのGD&T

公差設計と幾何公差
で設計改革！

当日、詳細をお話します。

設計工学会誌寄稿

幾何公差の有効活用と普及^{*}
(根幹は公差設計教育にあり)

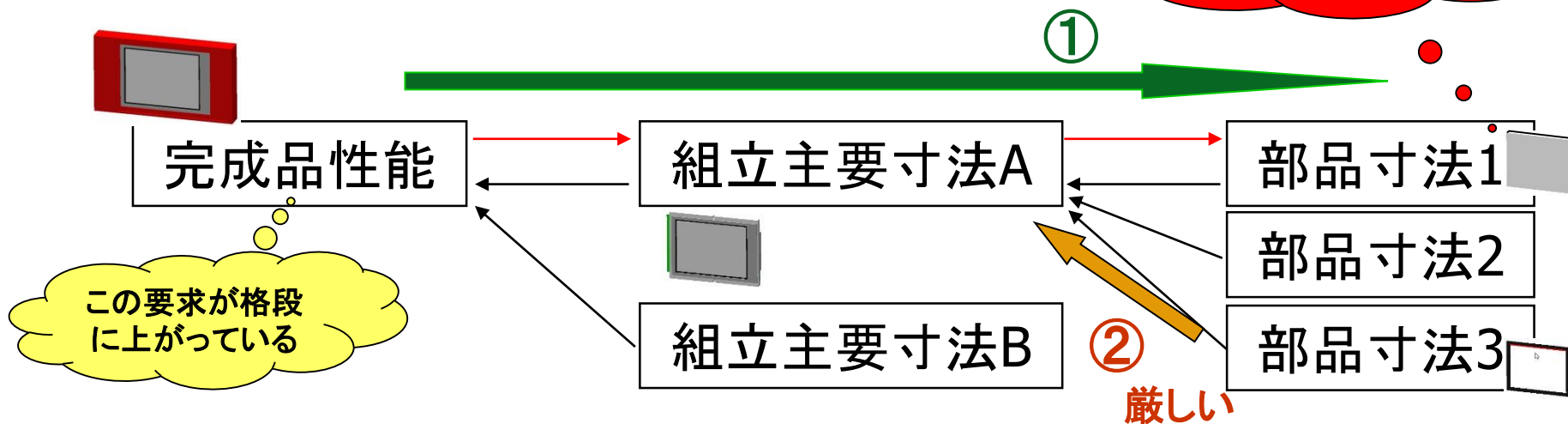
Effective Use and Popularization of Geometrical Tolerance.
(Based on Tolerance Design Education).

公差設計・解析のメリット

1. 公差計算理論と判断基準を有して、**正しい設計**が出来るようになります。
2. 従来公差設計を実施していない会社には、大きな**コストメリット**が得られます。（30～50%）
3. 設計品質問題を理論的に**未然に**解決します。
4. 他者の設計に対して、正しい評価が出来るようになります。（**検図**）
5. “強い商品の創出に結びつける仕事の進め方”を体得します。

公差とはー2

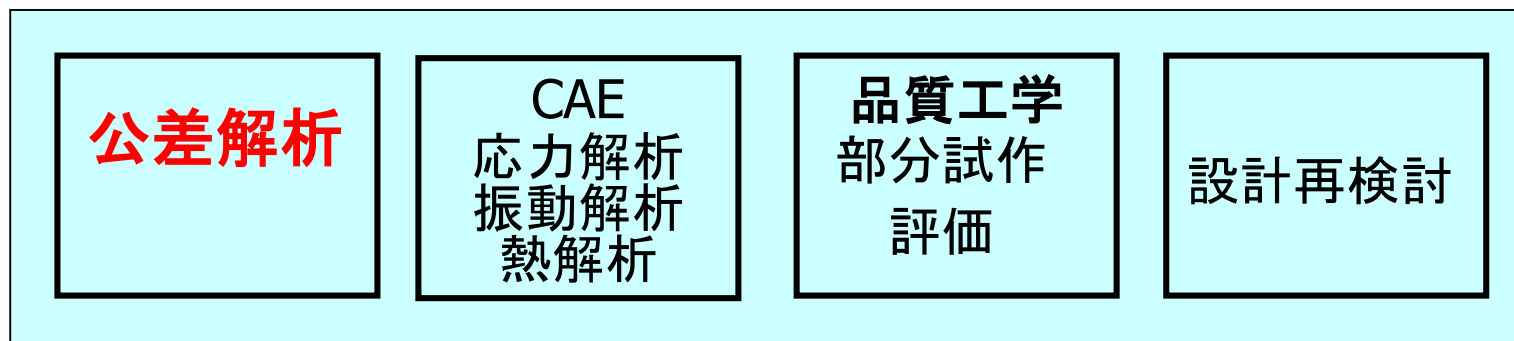
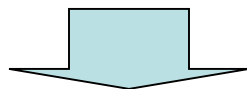
当然、部品に対する要求が格段に厳しくなる。



- 完成品性能がある範囲に入るためには、組立主要寸法がある範囲に入ることが要求され、そこから各部品の公差が割り付けられる。
- 完成品からは出来るだけ厳しい公差を要求したい(小型、性能等)が、部品側からは逆に公差をゆるめて欲しい(コスト上)。当然公差を大きくすれば完成品の不具合が増加する。(トータルコスト増)
- 公差は、これら設計者の意図①と、製造上の条件②、トータルコスト等を総合的に判断したバランスの良い値でなければならない。

最終公差設計前後の設計フロー

設計**FMEA** → 致命度の大きい故障モードの抽出



設 計 変 更



DR2

重点管理ポイントとして周知徹底

- ex)・部品受入検査時の重点チェック箇所
・組立時の重点注意事項(治具整備、検査)

リスクマネジメントの医療機器への適用

当日、詳細をお話します。

当日、詳細をお話します。

内 容

1. GD&T取り組み事例のご紹介
2. その他の事例
3. GD&T(公差設計と幾何公差)
4. 公差設計実践フロー
5. 公差設計ソフトのご紹介

設計者の技能

=QS9000要求事項

IATF(ISO16949)

1. 幾何的寸法許容差設定及び表示法(GD&T)

Geometric dimensioning and tolerancing

- 品質機能展開(QFD)
- 製造設計(DFA)
- 価値工学(VE)
- 実験計画法(DOE)
- 故障モード影響解析(FMEA)
- 有限要素解析(FEA)
- 立体モデル法
- シミュレーション手法
- コンピュータ支援設計(CAD)／コンピュータ支援エンジニアリング(CAE)
- 信頼性工学計画

GD&T とは、

総括すると、

- GD&Tの解釈： 部品製造には製造ばらつきがつきものです。そのばらつきがアSEMBル品質に及ぼす影響を評価し、適正な公差を設定し、その公差を幾何公差で表現することと解釈することができます。

内 容

1. GD&T取り組み事例のご紹介
2. その他の事例
3. GD&T(公差設計と幾何公差)
4. 公差設計実践フロー
5. 公差設計ソフトのご紹介

公差設計 & 幾何公差セミナーと実務テーマ解決プログラム体系図

公差設計・解析 基礎編 【2日間】

- ・入門者向け
- ・公差設計・解析の考え方を理解する。
- ・計算の基本をすべて修得する。



公差設計・解析 応用編 【2日間】

- ・ガタ、レバー比
- ・公差設計・解析における高度な理解。
- ・実践的な事例で実習。

幾何公差の基礎 【2日間】

- ・基本ルール
- ・製造/測定側視点

置き換え

新規ご提案

PLANER®eラーニングサービス 「幾何公差の基礎」

- ・書籍では理解が難しい内容を、**音声・アニメーション・ビデオ**を使って解説。
- ・会社・自宅などのPCから時間に縛られず、期間中は何度も学習できる。
- ・理解度チェック付き。

GD&T 実務テーマ解決 プログラム 【2.5日間】

- ・実業務での難易度の高いテーマを選出し、各グループ毎に演習形式で実施（3グループ）。

幾何公差 実践ご指導会 【複数回】

【集合研修型】

- ・21名/3グループで実施
- ・グループ毎に難易度の高いテーマを選出し、グループ毎に2~3枚の幾何公差図面作成を指導。

こんな方にオススメ

- 幾何公差化を社内で進める際に
- ・メイン図面の見本図を作成したい
- ・関係者全員で課題を共有したい

幾何公差 ヘルプデスク 【複数回】

【個別指導型】

- ・講師が1日間伺い、時間を区切って個別に指導を行う。
- ・1H程度/名のマンツーマン指導。（事前予約制）

こんな方にオススメ

- 既に幾何公差図面化を始めているが、
- ・設計意図を反映した描き方に悩んでいる
- ・この表記方法で本当に正しいの？
- ・日頃悩みを抱えている

※事前に図面をご提示いただくのがベストですが（その場合は機密保持契約が必要となります。）、機密の関係で難しい場合は、当日確認させて頂くこともOKです。

成果

- ・社内発表
- ・国内/海外発表
- ・スキル認定制度

公差設計スキル認定制度について

図面を見れば、製品とした場合の不良発生確率、
市場クレームの発生確率を簡単に計算できます。

干渉 or スキマの確率？

まとめ

- 100社、1,000テーマ以上の実践指導会を通じて、**GD&Tの教育・実践プログラム**が完成しました。
- 特に、公差理論・ガタ・レバー比は、しっかりと身に付けておく必要があります。
- 非常に厳しい設計が求められる中、公差設計理論を正しく用いて、コストと品質を両面で作り込んでいきましょう。
- また、公差計算をやればやる程、**幾何公差が欲しくなります**。幾何公差を正しく用いることは、**大きな改革効果**が得られます。

他社よりも一歩先に実現！

攻めのGD&T

内 容

1. GD&T取り組み事例のご紹介
2. その他の事例
3. GD&T(公差設計と幾何公差)
4. 公差設計実践フロー
5. 公差設計ソフトのご紹介

設計者向け3次元公差設計ソフトウェア

TOLERANCE JAPAN (TOL J®)

TOLERANCE JAPAN(TOL J®)は、設計者が設計の中で効率的に公差設計が行える3次元公差設計ソフトウェアです。設計業務の負荷をかけることなく、ガタ及びレバー比を含む複雑な製品の公差設計が行えることにより、設計者がストレス無く公差設計が行える初めての3次元公差設計ソフトウェアです。設計される製品の公差設計実施率を大幅に上げることで、公差の検討不足による無駄なコストアップ、トライアンドエラーによる手戻り、設計品質問題を削減し、QCDの改善に役立てることができます。

TOL J®の主な特徴

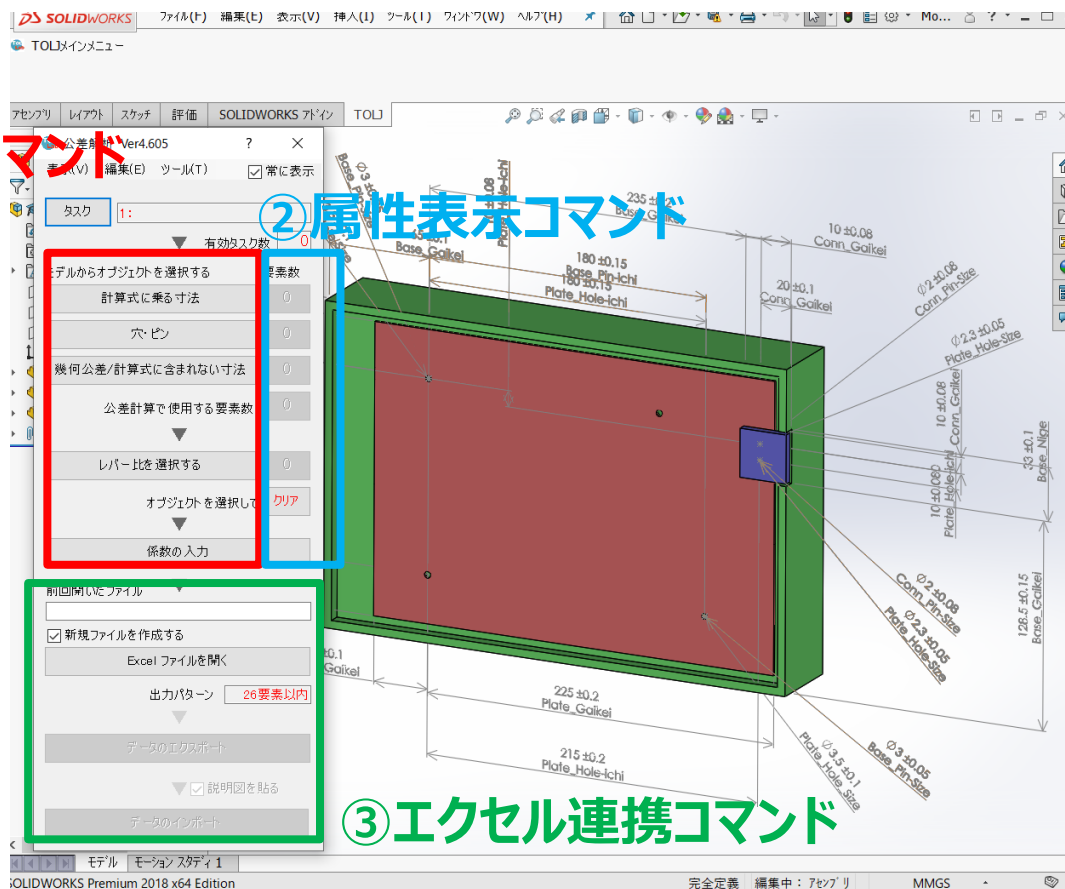
1. 圧倒的に簡単（SOLIDWORKS、CATIA、CEDに完全連携）
2. 公差自動割振り機能
3. ガタ・レバー比を考慮した解析
4. 優れたレポート機能
5. 検図者（第三者）が確認し易い表示機能

1. 圧倒的に簡単 (SOLIDWORKS、CATIA、CEDに完全連携)

(SOILDWORKSの画面例)

①属性設定コマンド

②属性表示コマンド



①属性設定コマンド

公差設計を行うための属性設定を行います。

②属性表示コマンド

設定された属性ごとに画面上に色付きで表示します。

③エクセル連携コマンド

エクセルへのエクスポート/インポートを行います。

1. 圧倒的に簡単 (SOLIDWORKS、CATIA、CEDに完全連携)

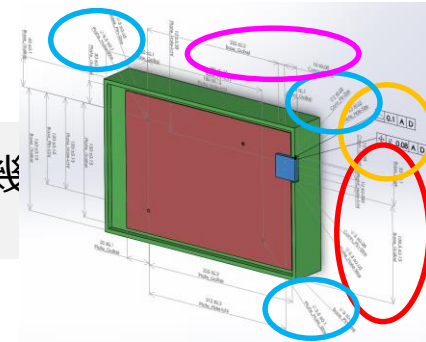
②公差理論に基づいた解析ステップ

Step.1 属性設定

3Dモデルへ入力した3Dアノテーションへ「計算式に乗る寸法」「穴・ピン（ガタ）」「幾何公差」「レバー比」等の属性を設定します。

3Dアノテーションを使用して解析するため、組み付けの設定は不要
寸法に応じて普通公差が付与されるため、公差設定は不要

解析工数大幅削減

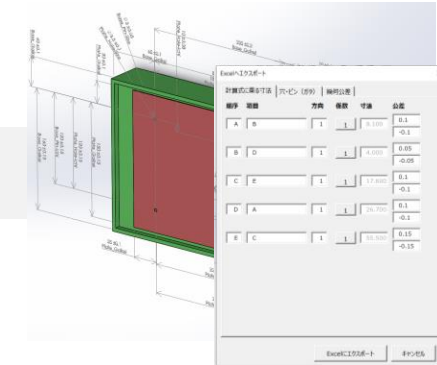


Step.2 係数の設定

属性を設定した公差要因に対し、係数を設定します。

3Dモデルに入力した寸法情報から係数を計算

人的ミスの削減



Step.3 Excelへのエクスポート

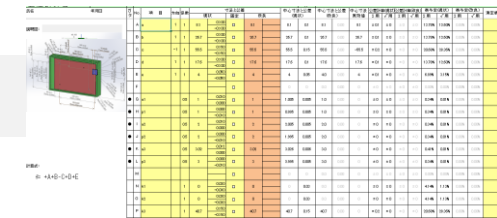
設定した情報がExcel計算シートへエクスポートされ、公差計算が完了します。

現状公差設計結果と改良後公差設計結果を比較して確認

公差改善の見える化

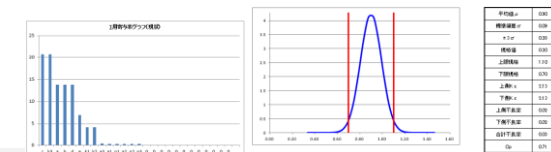
公差の自動割り振り機能

解析工数大幅削減



Step.4 Excelからのインポート

公差改良後の情報がExcelから3Dモデルへインポートされます。



2. 公差自動割り振り機能

寄与率及び係数を考慮して、公差の割り振りを行う

現状の部品公差

現状	
1.2	0.100 -0.100
2.4	0.150 -0.150
1.5	0.100 -0.100
2	0.100 -0.100
0.5	0.030 -0.030
0.8	0.050 -0.050
0.6	0.050 -0.050
0.7	0.050 -0.050

改良後の部品公差

改良	
1.2	0.079 -0.079
2.4	0.119 -0.119
1.5	0.079 -0.079
2	0.079 -0.079
0.5	0.024 -0.024
0.8	0.040 -0.040
0.6	0.040 -0.040
0.7	0.040 -0.040

Σ 用割り振り

$\sqrt{\quad}$ 用割り振り

②10±0.1

4.0±0.5

①128.5±0.2

スキマの目標値：±0.5

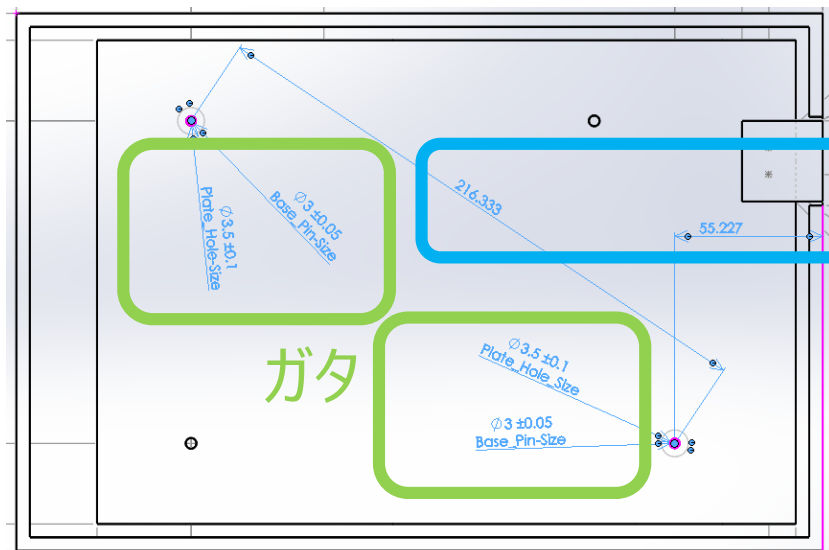
現状の部品公差では目標値を満足できない・・・
または、余裕がありすぎる・・・

目標値を満たすための
部品公差を自動割り振り

目標値を実現するための部品公差設定の工数を削減

3. ガタ・レバー比を考慮した計算

手計算では手間のかかるガタ・レバー比の計算を効率化する



ガタ

項目	係数	寸法	公差
穴			
a1	1	1.000	0.05 -0.05
ピン			
p1	1	0.990	0.05 -0.05
ガタ名称	方向1	方向2	係数
ガタ1	1	-1	1
			中心値
			0.01

レバー比

係数入力

☐ 手動入力

☒ 寸法から計算

× = 0.38461538

OK キャンセル

穴とピンのガタを考慮した計算が可能

モデル上に設定した寸法からレバー比を計算

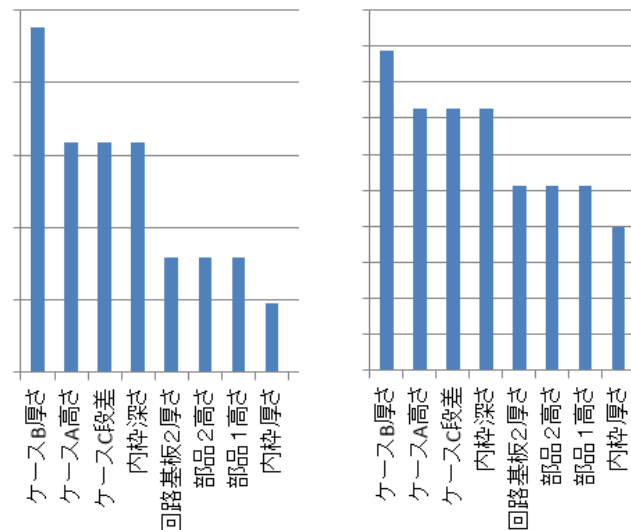
4. 優れたレポート機能

各要因の公差値、公差計算結果、寄与率結果、統計グラフ等、全ての情報を、「現状」と「改良後」で比較して表示する

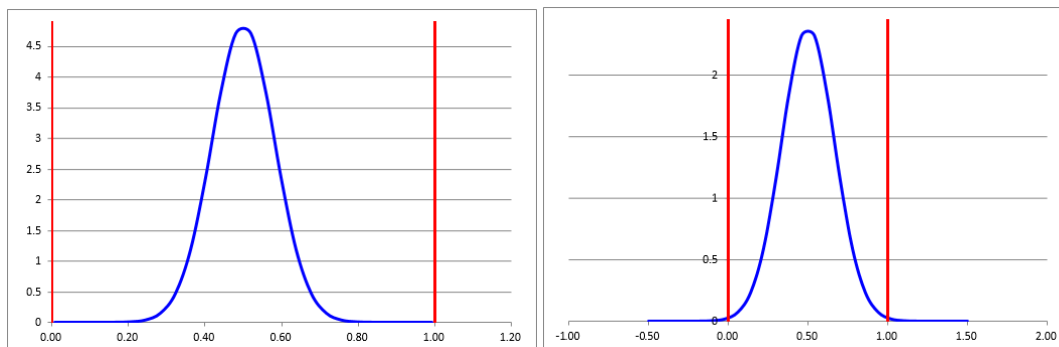
【各要因の公差値】

現状		改良	
1.2	0.100	1.2	0.079
	-0.100		-0.079
2.4	0.150	2.4	0.119
	-0.150		-0.119
1.5	0.100	1.5	0.079
	-0.100		-0.079
2	0.100	2	0.079
	-0.100		-0.079
0.5	0.030	0.5	0.024
	-0.030		-0.024
0.8	0.050	0.8	0.040
	-0.050		-0.040
0.6	0.050	0.6	0.040
	-0.050		-0.040
0.7	0.050	0.7	0.040
	-0.050		-0.040

【公差寄与率】

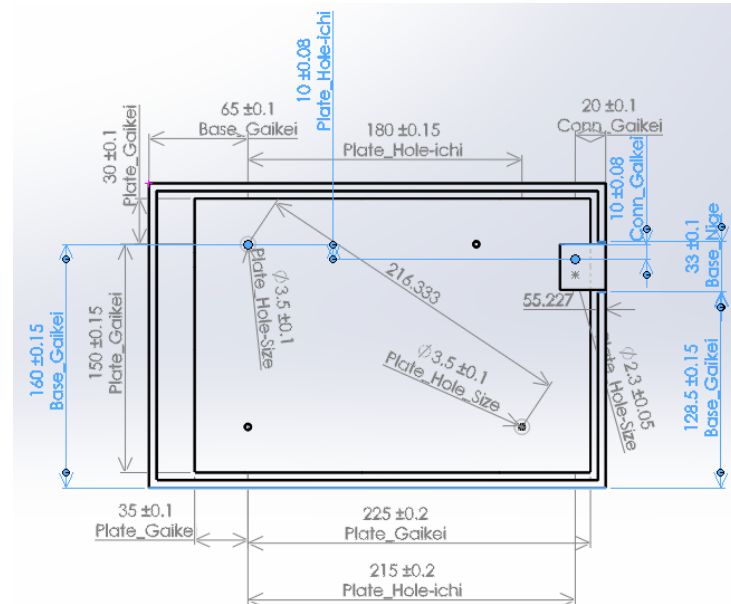


【統計グラフ】



5. 検図者(第三者)が確認しやすい表示機能

属性ごとに公差要因を色付きで表示し、設計者の意図を一目で理解できる。



ポンチ絵は

- ・確保したい寸法（目標値）が**一目でわかる**
- ・目標値に対する関係寸法と公差が**一目でわかる**

担当者の頭の中にはあるが、これが残っていない
→ポンチ絵を作ることこそ設計者の仕事

① ガタ・レバー比、幾何公差も衝撃の価格で！

- ・ハイエンドな機能を持ちながら、1/5～1/10の費用で実現
- ・自動割振り機能（製品仕様を実現するための部品公差値の自動設定）

② 初の国産公差設計ソフト “ジャパン・アズ・ナンバーワン”

- ・リレーション（公差設定の見える化）により、検図者も扱いやすい
- ・派生製品の公差設計がスムーズ
- ・Σ計算と√計算だけではない、長年、日本企業が培ってきた、きめ細かな公差設計（ノウハウ）を実現。

③ サクッと公差設計 ストレスフリー！

- ・8 要因なら10分程度、50要因でも40分程で解析可能。
- ・他の3次元公差解析ソフトと比較して、1/10～1/20の工数で実現

設計者が望んでいるのは、

ボトムアップの公差解析（結果論）ではなく、
トップダウンの公差設計！

実際にTOL Jをご覧ください

ご清聴、
誠にありがとうございました。