

日本設計工学会2025年春季大会

- 寸法公差方式主体の図面からISO GPS にもとづく図面／3DA モデルへの転換

3DA モデルによる効率化と人的ミス削減 に向けた自動測定への取り組み

2025. 5. 24

研究調査部会委員

3D+1 labo代表

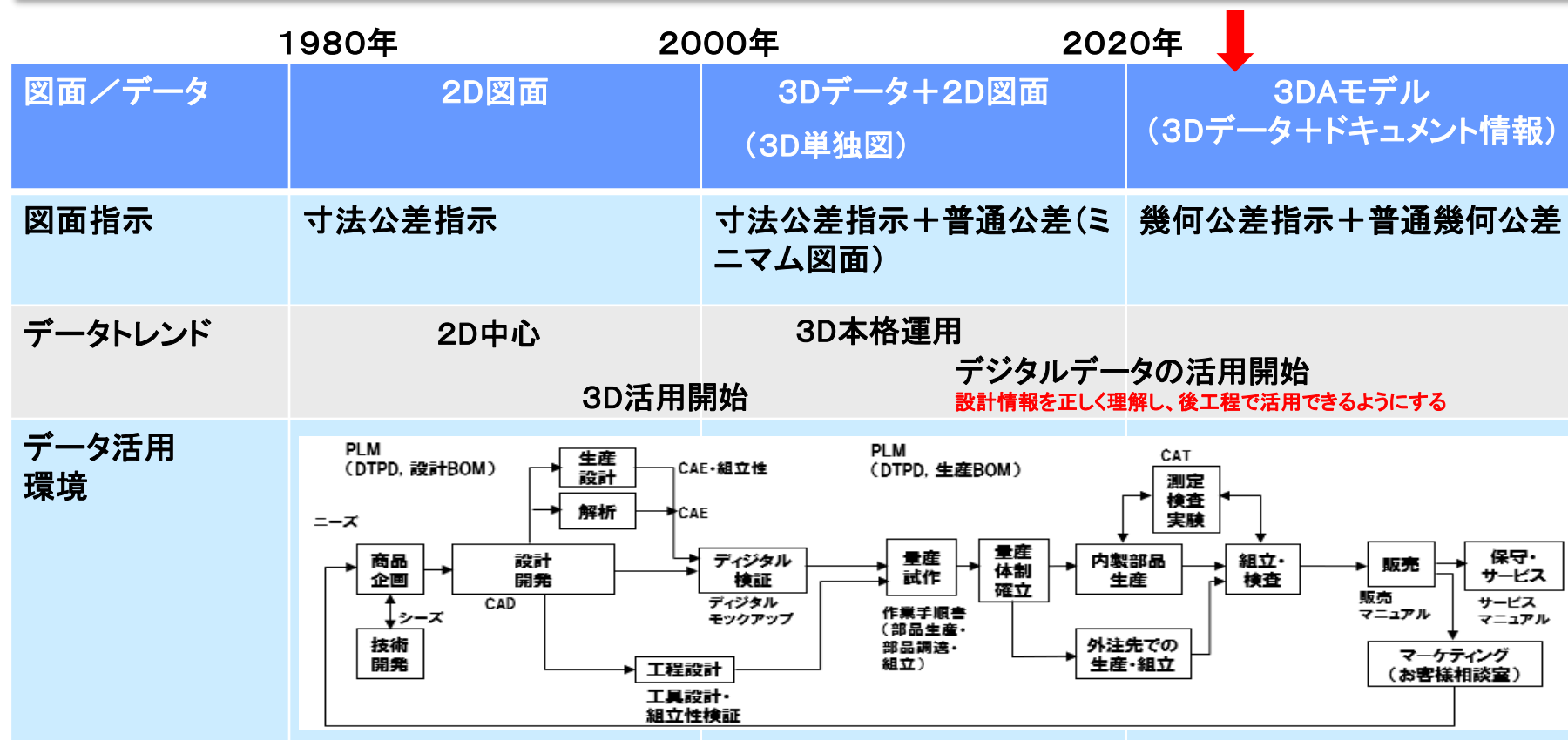
高橋俊昭

アジェンダー

1. 日本のデジタルエンジニアリングへの取り組み
2. 測定自動化に向けた取り組み
3. 測定自動化の課題
4. 世界の自動測定への取り組み
5. 非接触測定自動化への取り組み
6. 非接触測定ガイドラインの開発
7. 非接触測定ガイドラインとQIF規格
8. 非接触測定ガイドラインによる実証検証
9. 3DA モデルを活用した生産プロセスの転換

1. 日本のデジタルエンジニアリングへの取り組み

2000年頃より2D図面から3Dデータ+2D図面への移行、2012年頃より設計成果物中心のデータから、各工程でデジタルデータを活用していく環境が整ってきた。**部品の形状情報はコンピュータ化され、製造工程の自動化によって3Dモデルは不可欠なものとなっている。**

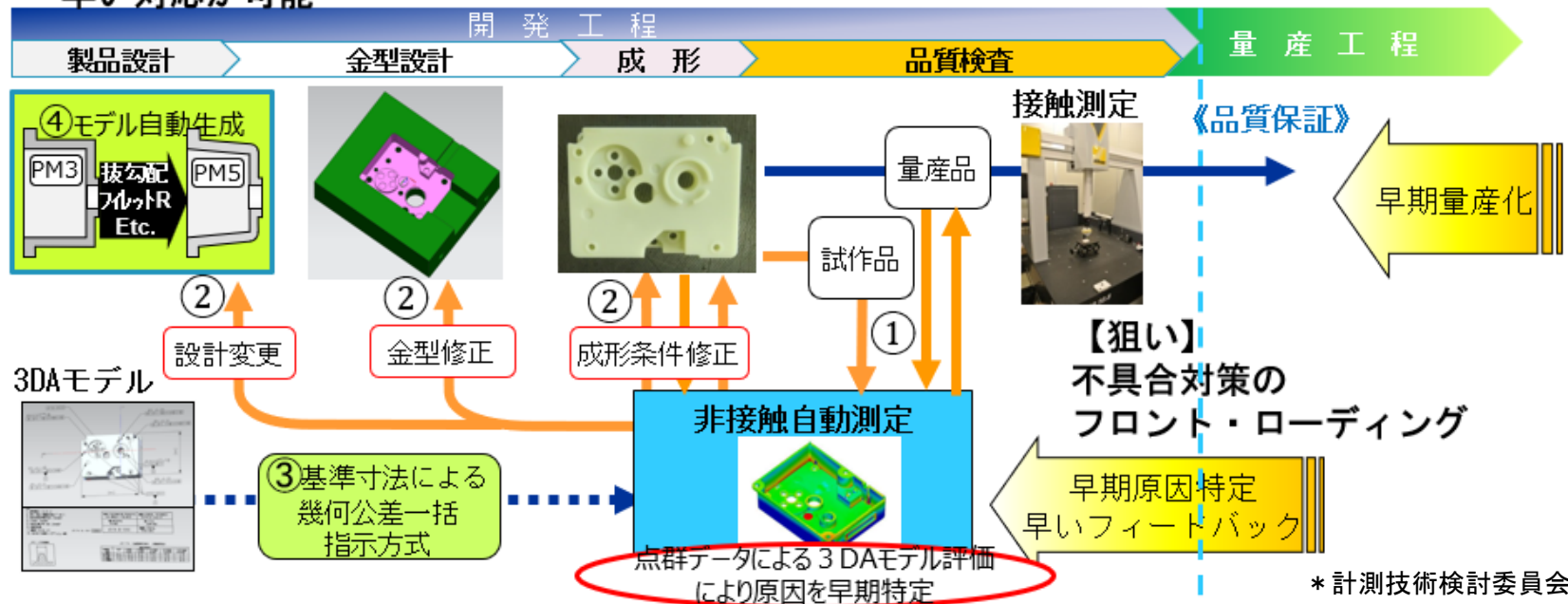


1. 日本のデジタルエンジニアリングへの取り組み

自動車、電気/精密、航空機等の製造業では、製品設計の段階において3D-CADによる設計は定着し、デジタルデータと測定データの連携によるデジタルデータの信頼性確認・向上への取り組みは、これまで多くの研究・検討が実施されてきた。

その中でも非接触測定は、接触測定に比べて手間と時間が掛からないという特徴から、産業界からは製品の試作／製品立ち上げに早く活用したいというニーズがあり、特に自動測定への期待が高まっている。

- ◆ 接触測定と非接触測定はお互いを補完する（量産化には接触式、試作/立ち上げ検討には非接触式）
- ◆ 接触測定は高精度で品質を保証。非接触測定は手間と時間が掛からず、3D CADと親和して早い対応が可能



2. 測定自動化に向けた取り組み

- 特定位置の測定から面全体、内部の測定へ測定領域が拡大し、測定精度も向上

測定の自動化へ

測定精度向上

自動測定

測定領域拡大

* 計測技術検討委員会資料より

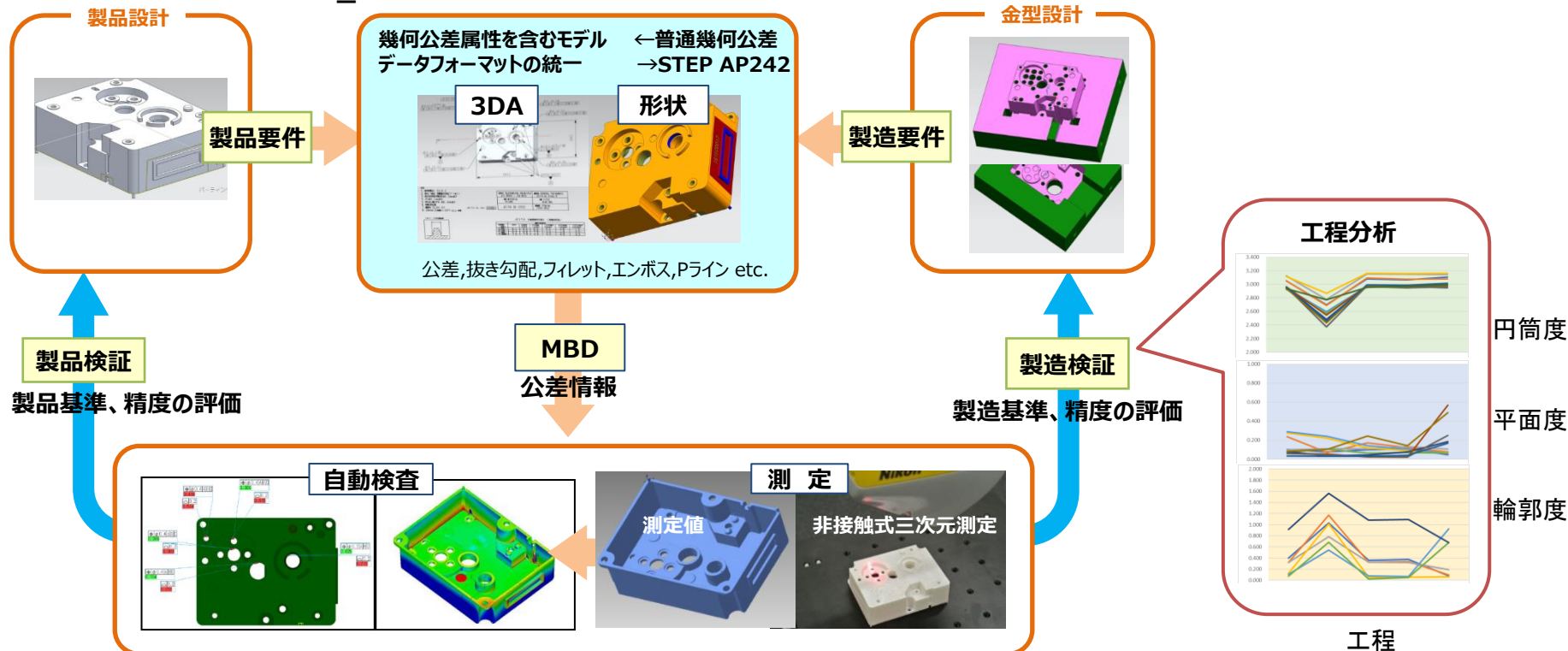
2. 測定自動化に向けた取り組み

測定結果の活用領域拡大

3Dモデル検証

- 工程分析を行うことで最適な工程设计が可能
- 製品基準、精度の最適化が可能

3D_MBDモデル (Model Based Definition)



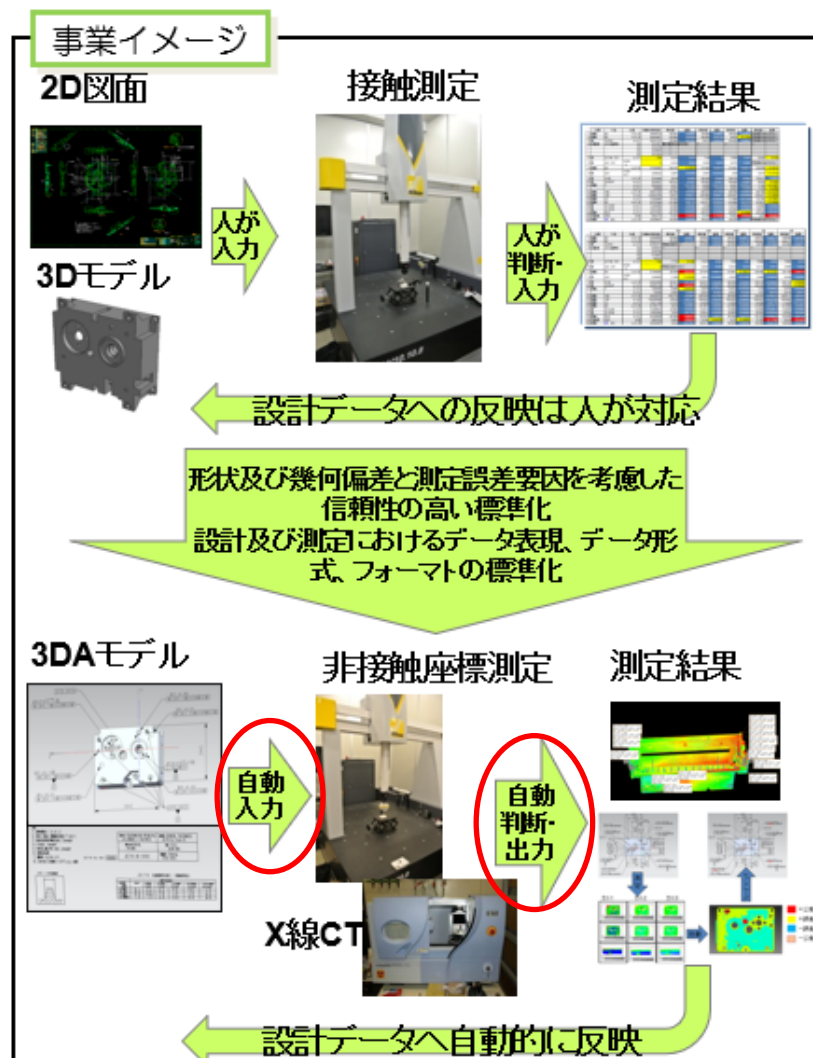
2. 測定自動化に向けた取り組み

■ 非接触測定プロセスの確立

- ・非接触測定プロセスを明確にし、設計情報を活用した、測定の自動化と合否判定の定量化・自動化を実現する。
- ・測定結果の設計部門へのフィードバックと効果検証を実施する。



- ・測定・測定結果処理の自動化により、測定工数半減と精度向上を実現する。
- ・測定結果の定量的フィードバックによる最適設計及び最適加工の実現。



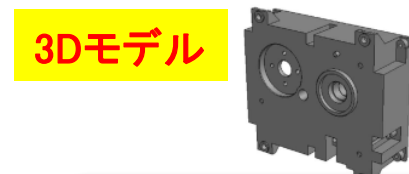
2. 測定自動化の課題

- ① 図面指示と形体が関連付いていない(幾何公差指示でない)
- ② 工程間の情報連携を人が行っている
- ③ 測定機のわたるデータ・フォーマットが統一されていない
- ④ 測定方法が測定者により異なる
- ⑤ 測定データ処理が統一されていない
- ⑥ 測定結果と形体との関係がとれていない

設計

測定

検証



①図面と形体が関連付いていない



②人が
入力



④測定方法が
測定者によりまちまち
(部品固定、
保持方法、段取り等)

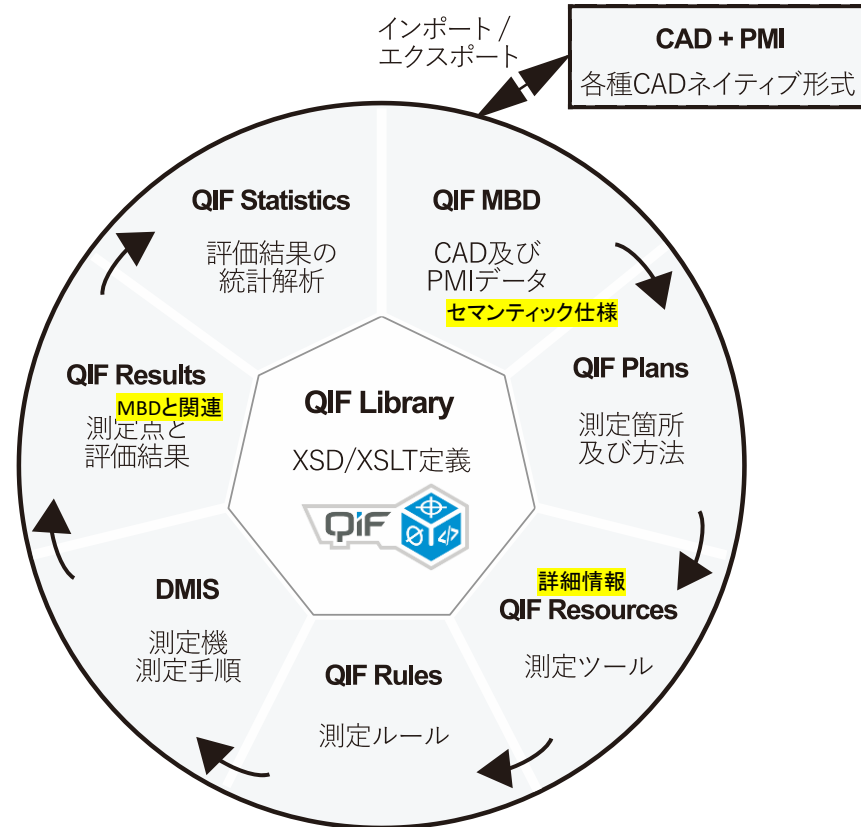
[illegible]

⑤測定データ処理が統一されていない

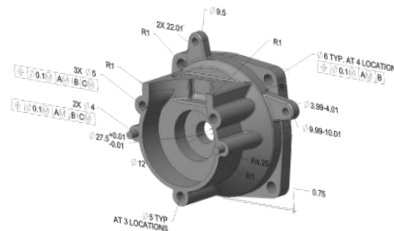
4. 世界の自動測定への取り組み

- 米国DMSCで開発されているQIF規格
(2020年に2020年7月31日、
ISO-23952:2020. として発行された。)
- ・ 部品のもつべき形状精度は「**幾何公差**」
で定義されている。
- ・ QIFに記述された情報によって、部品の
形状が**接触測定機によって自動測定**
され、その測定データから部品の精度
を**自動的に検査**することができる。
- ・ さらに、このような品質保証だけでなく、
検査結果を上流の工程にフィードバック
することにより、効率的な工程改善や
設計改良ができるようになる。

▶ 品質保証の各段階で保存されるデータ



DMSC: Digital Metrology Standards Consortium
QIF: Quality Information Framework



DMSCおよびCapvidia社の資料より引用

4. 世界の自動測定への取り組み

● DMSC について

- 「DMSC」 Digital Metrology Standards Consortium (旧：Dimensional ...)
1983年に発足された非営利団体で、接触式 3 次元測定機CMMの標準プログラムである「DMIS」規格の作成及びメンテナンスと「QIF」規格を開発している。
- 下記の法人がDMSCメンバーとして参加している。



DMSCおよびCapvidia社の資料より引用

4. 世界の自動測定への取り組み

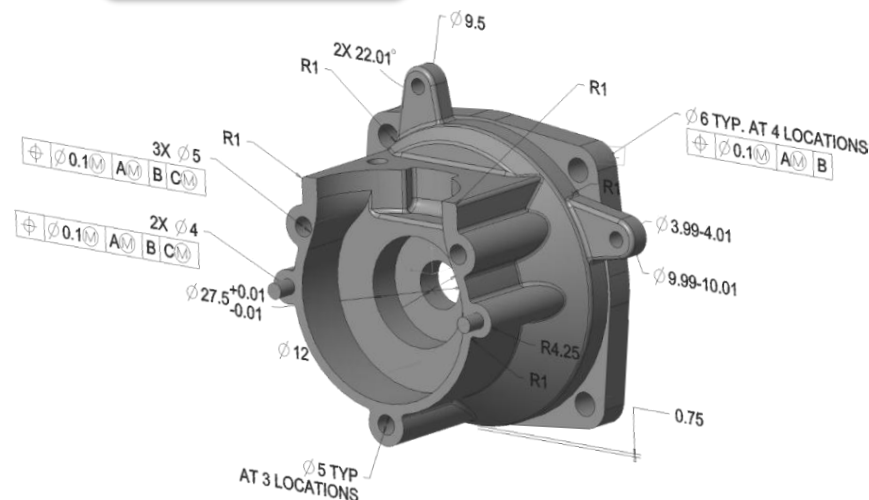
● QIF (Quality Information Framework) 規格 について



QIF規格は、3次元CADモデルベースで、品質保証（測定）のために必要な情報をインターネットのデータ交換技術として普及している[XML]方式で定義するファイル形式（MBD規格）であり、米国の「DMSC」により作成され、「ANSI」から発行されている。

デジタルものづくりの**設計～製造～検査**までを**セマンティックに繋げる**実運用に適用できる有力候補である。

2020年7月31日、ISO規格としても正式に発行された。ISO-23952:2020.



DMSCおよびCapvidia社の資料より引用



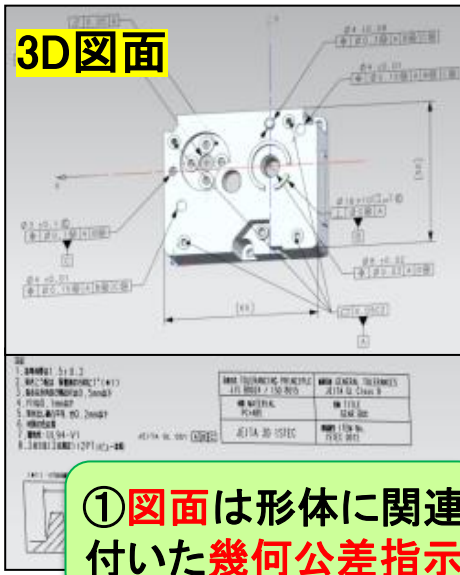
5. 非接触測定自動化への取り組み

● 設計～製造～検査までをセマンティックに繋げる取り組み

- ① **幾何公差**による図面指示
- ② 設計及び測定における**データ表現、データ形式、フォーマット**等を標準化することで、設計情報を活用した測定の自動化と、合否判定の定量化・自動化を実現
- ③ 測定技術者の技術力に左右されない**非接触測定手法の確立**
- ④ CADデータの形状及び幾何偏差と測定誤差要因を考慮した、信頼性の高い**データ処理・定量化手法の確立**

設計

3D図面



測定

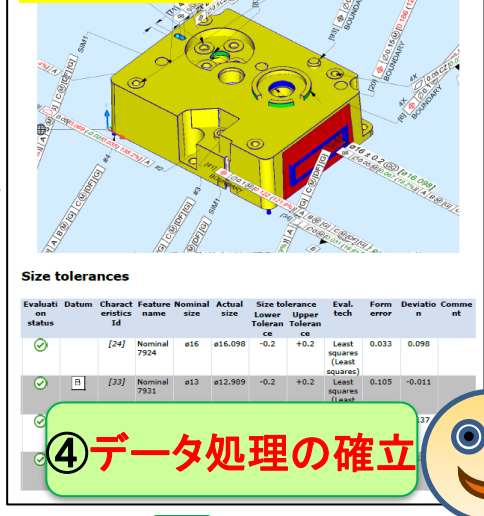
非接触測定

② **データ・フォーマット**等の標準化



検証

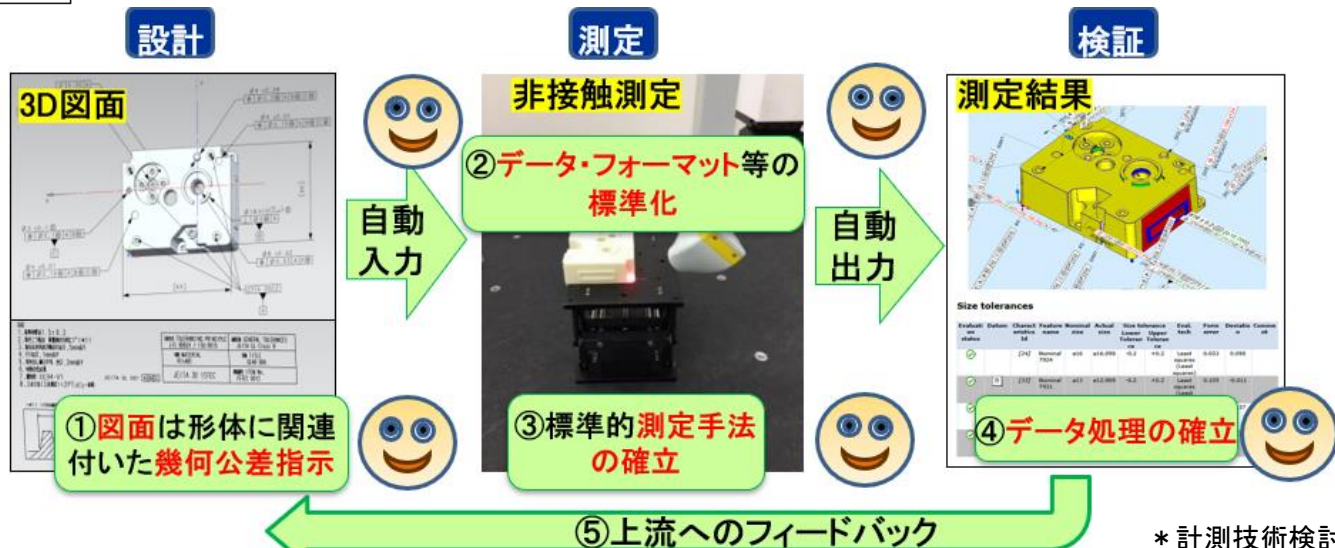
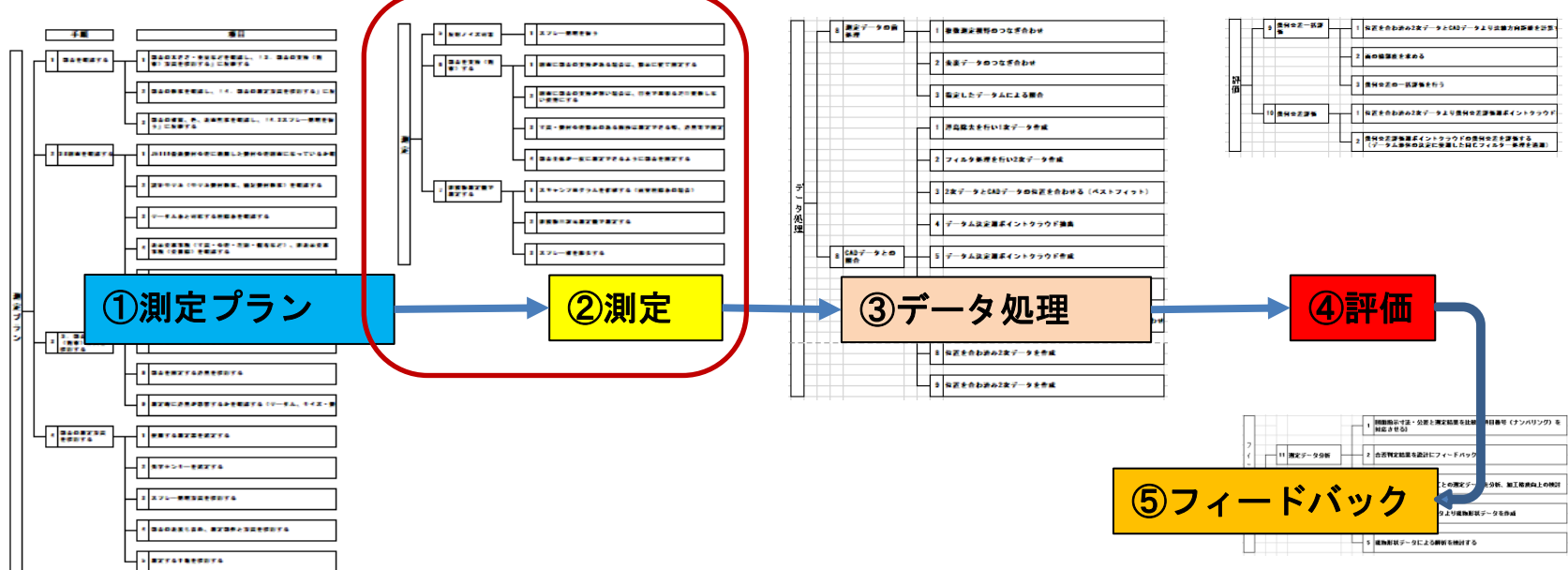
測定結果



⑤ **上流へのフィードバック**

6. 非接触測定ガイドラインの開発

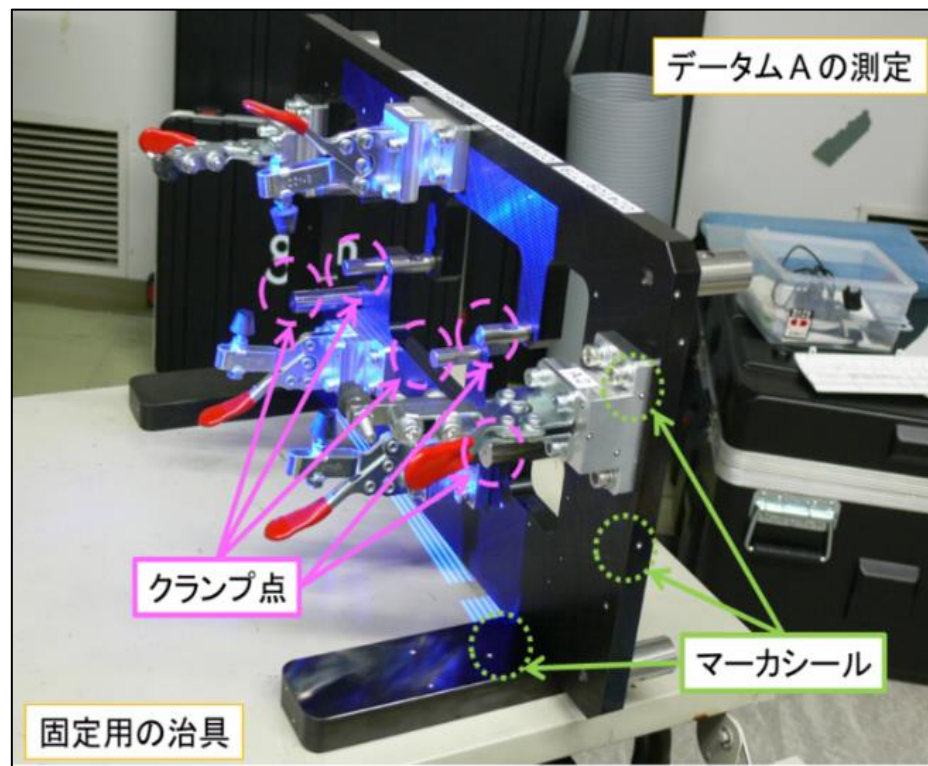
非接触測定ガイドラインの処理作業フロー



6. 非接触測定ガイドラインの開発

■ 部品拘束への対応例

- 基本、図面指示に準拠（拘束状態、拘束条件、拘束力など）
- 図面指示がない場合は変形が起こらない自由状態で固定
- データムや寸法評価に指定された幾何要素が直接測定できない場合は、マーカーシールを測定することでワーク座標系を再現する



6. 非接触測定ガイドラインの開発

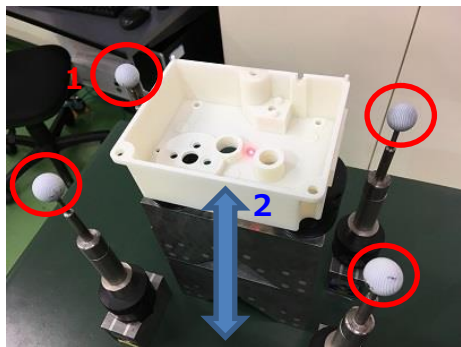
■ 表裏データの繋ぎ合わせ対応例

手順①: 測定対象物の周りに「目印」を設置する

手順②: 表面と裏面の測定データを「目印と一緒に」に取得する

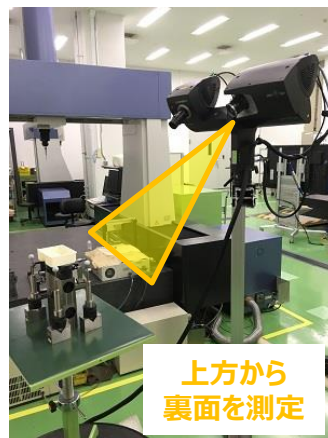
手順③: 「目印」を基準に、表と裏の測定データ(骨組みデータ)をつなぎ合わせる

手順①



1. 測定対象物の周りに設置する
2. 測定対象物と目印は高い位置に設置する

手順②

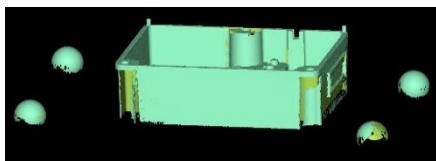


測定対象物と
周りの目印は
移動させず

カメラの位置を
移動させる

手順③

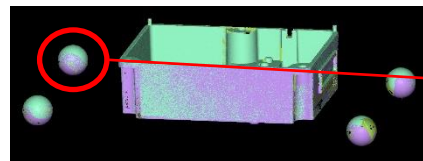
裏面：上方からの測定



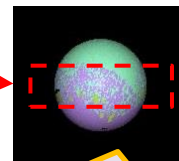
表面：下方からの測定



目印を用いた表裏データのつなぎ合わせ



目印_拡大



1. 上方からと下方からの測定データを目印を基準としてつなぎ合わせる
(上下の測定データをオーバーラップ領域を確保するためには、目印は球形状が望ましい)
2. つなぎ合わせた後に、目印の測定データを削除する

上下の測定データがオーバーラップする
→表裏データのつなぎ合わせる基準となる

6. 非接触測定ガイドラインの開発

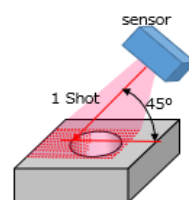
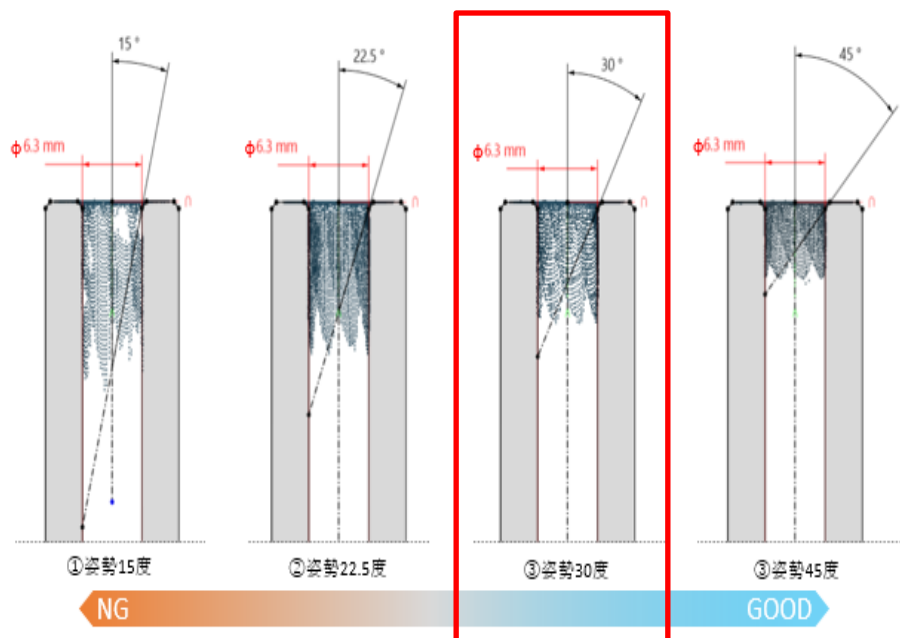
■ 測定が難しい小径穴の穴内面データ取得方法例(姿勢角度と方向・分割角度の設定)

● 小径穴の測定

部品、形状により差はあるが
30度を推奨

● 穴測定のショット数・方向・分割角度

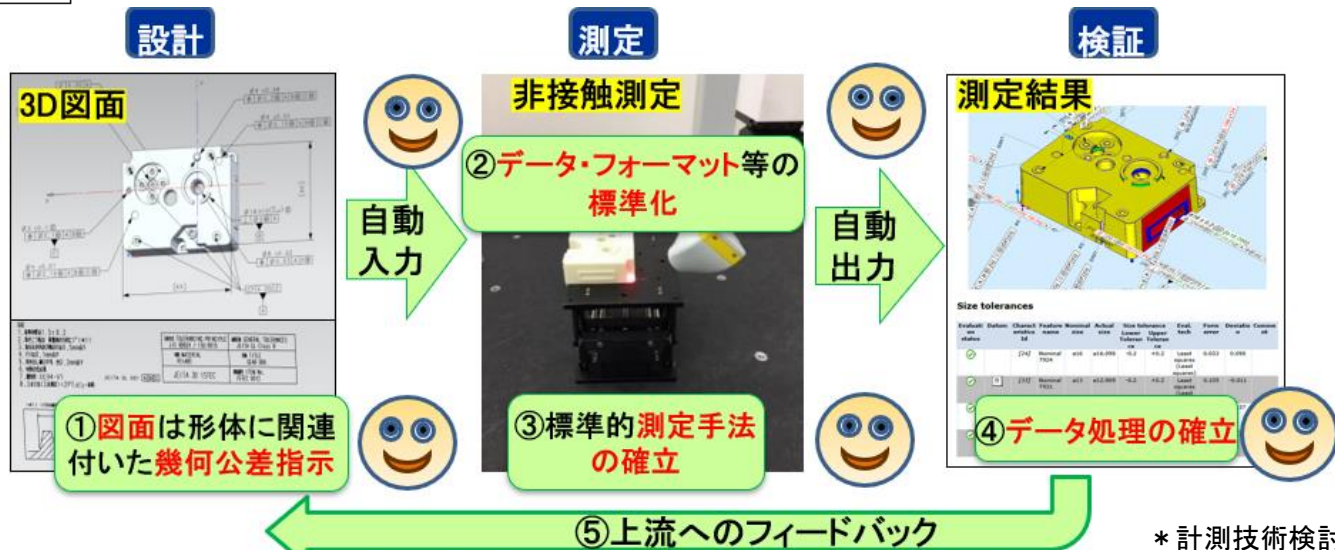
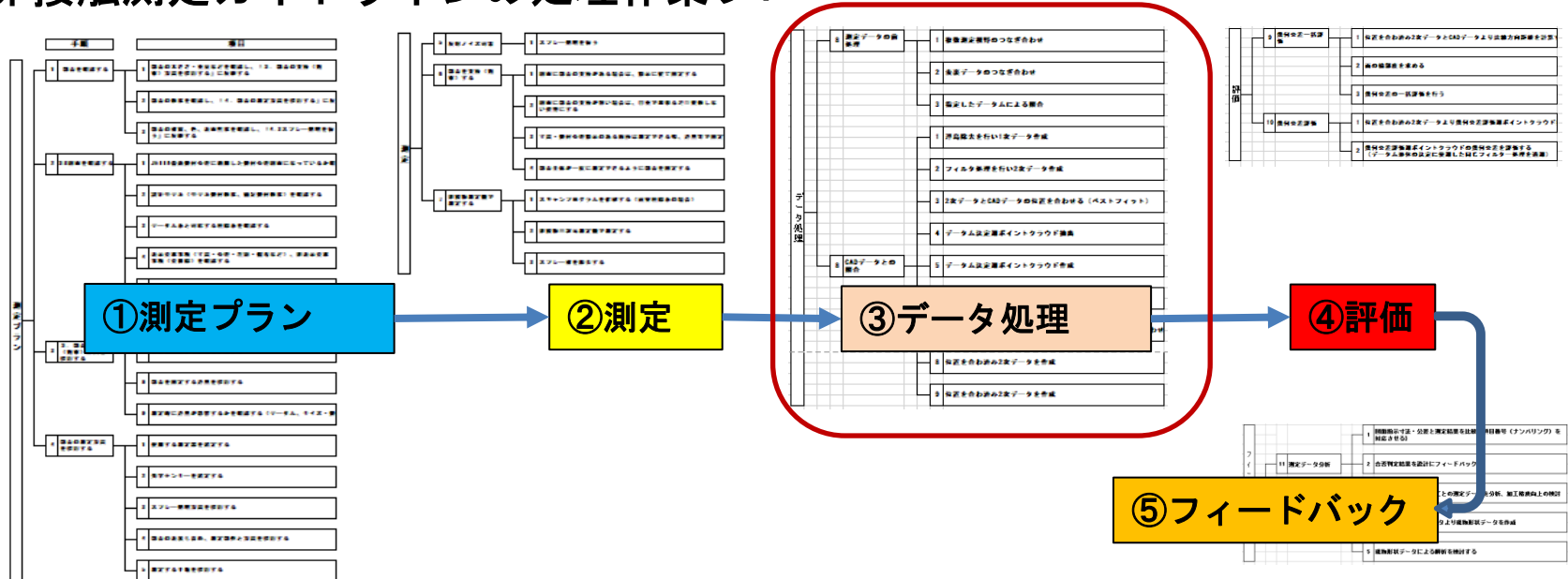
部品、形状により差はあるが
90度以下を推奨



ショット数	測定方向と分割角度	穴内面測定範囲 (展開表示)	データ計算精度
1	計測光	測光範囲 センサー撮像機視野 1ショットで得られる測定値範囲	NG
2	180°	180° 0° -180°	
3	120°	120° 0° -120°	
4	90°	90° 0° -90°	
6	30°	120° 60° 0° -60° -120°	
8	45°	135° 90° 45° 0° -45° -90° -135°	GOOD

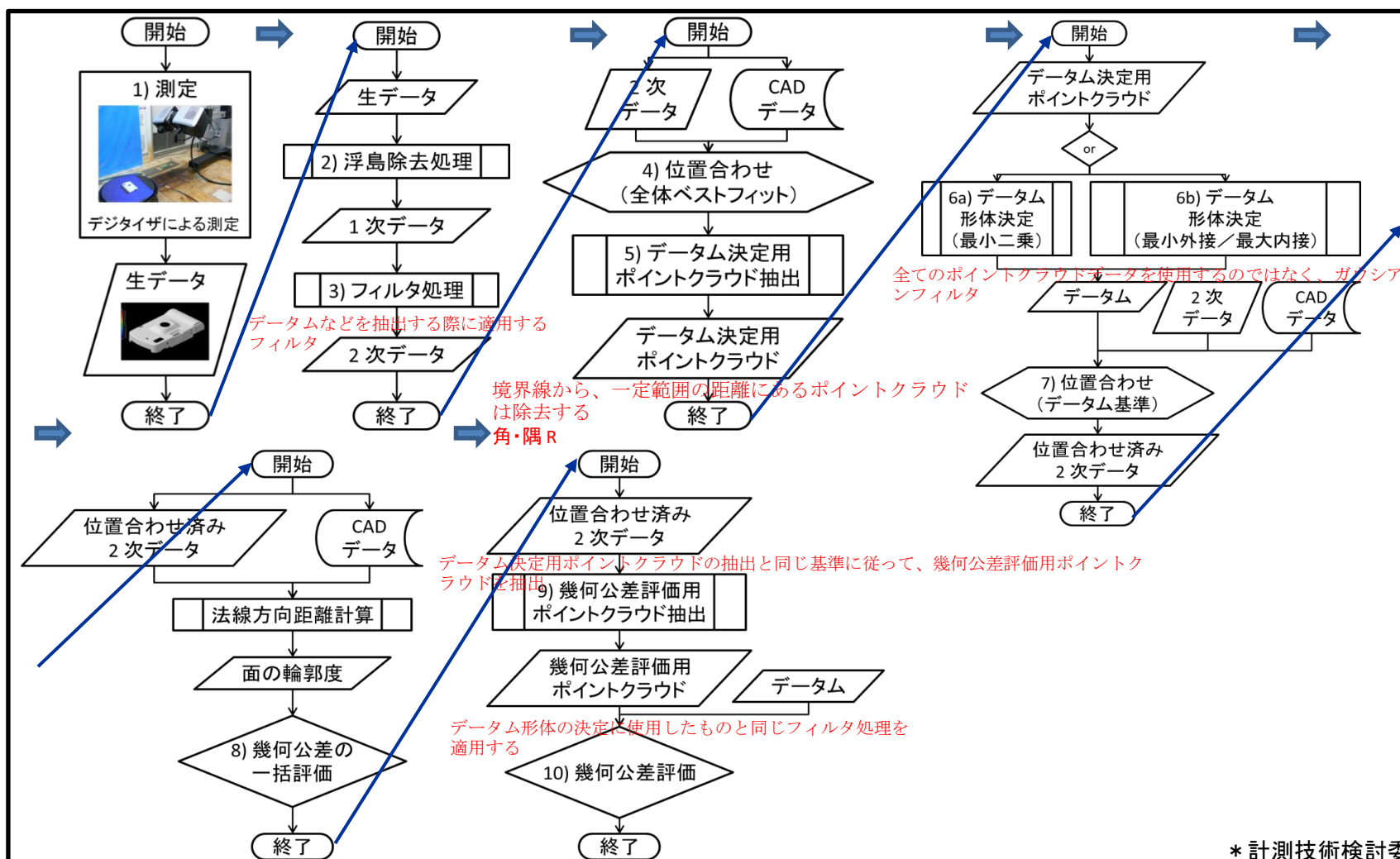
6. 非接触測定ガイドラインの開発

非接触測定ガイドラインの処理作業フロー



6. 非接触測定ガイドラインの開発

■ CADデータとの照合による非接触測定ガイドラインに沿った ③測定データ処理フロー

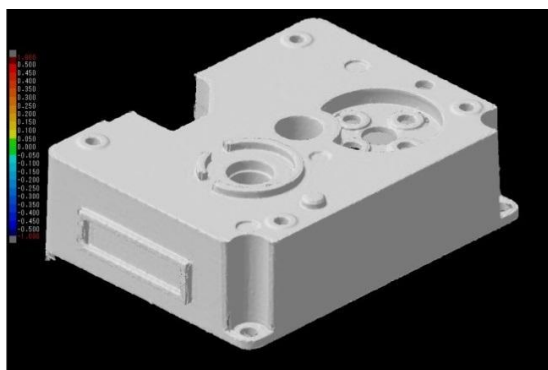


6. 非接触測定ガイドラインの開発

■ CADデータとの照合例

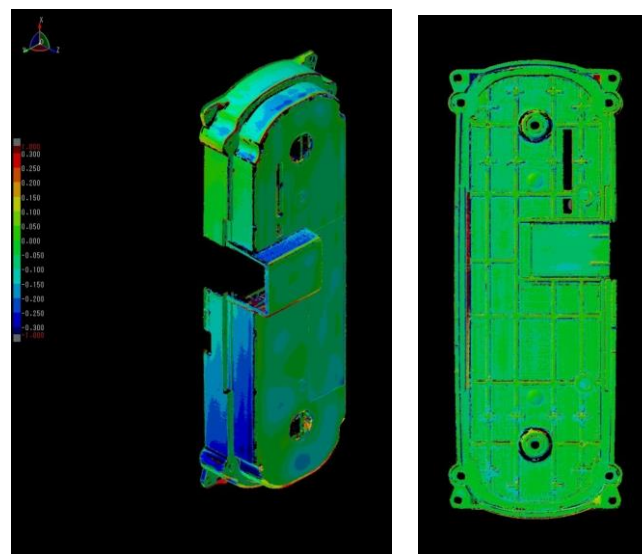
● 非接触測定ガイドラインに沿ったデータ処理

- 浮島などのノイズ除去
- ✓ 生データより浮島除去処理により
1次データ作成



浮島除去後の一次データ

- ベストフィット
- ✓ 2次データとCAD データの位置合わせ
2次データ(点群あるいは三角形メッシュ)と
CAD データとの法線方向距離の二乗和を
最小とするように位置合わせを行う(最小
二乗法)



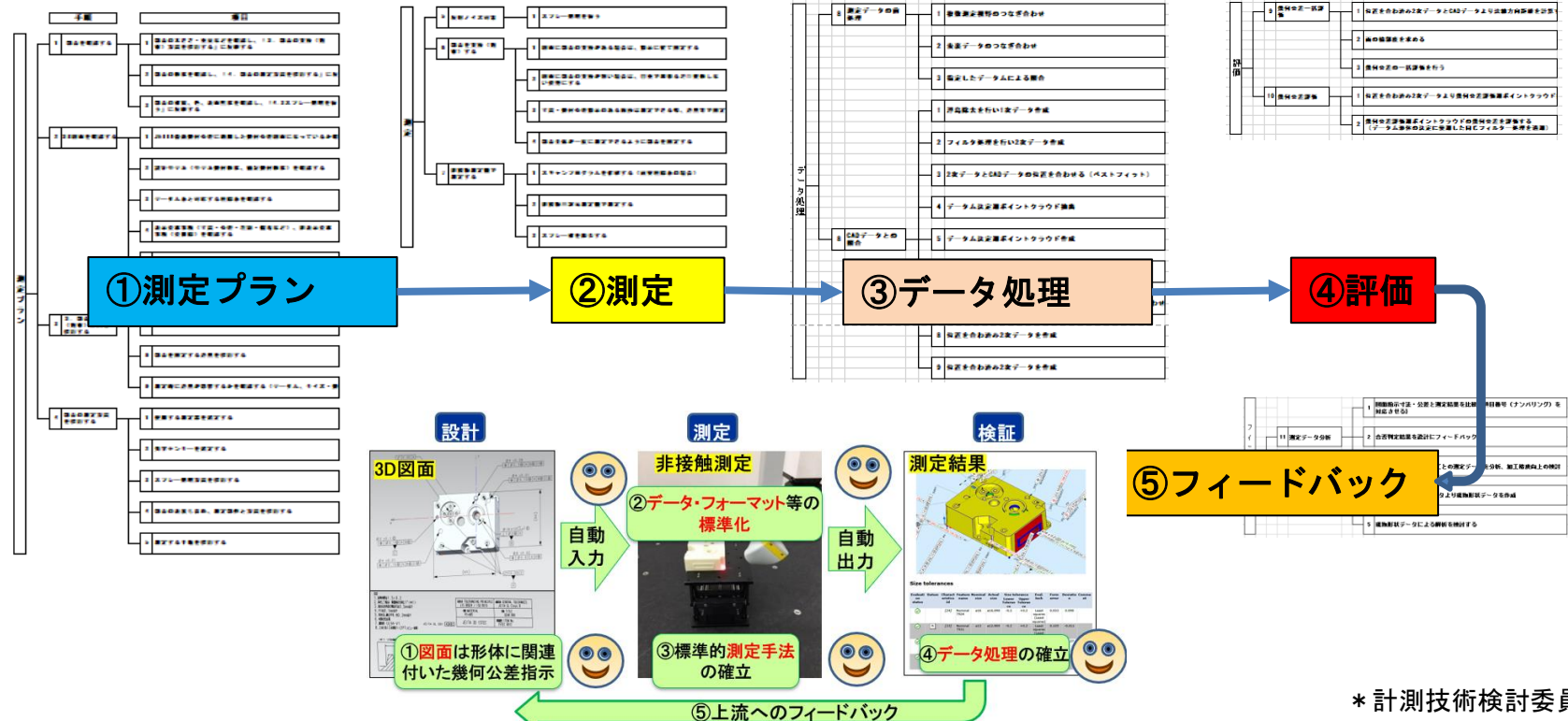
設計値からの法線方向偏差が $\pm 0.1 \text{ mm}$ 以下

7. 非接触測定ガイドラインとQIF規格

日本が開発した「非接触測定ガイドライン」は以下の特長がある

- 1. 部品の形状精度は「幾何公差」で定義されている。
- 2. 測定物に対応した測定プランを選択することで、②測定から⑤フィードバックまでをセマンティックに繋がられる。
- 3. 作業が自動で行うことが可能。

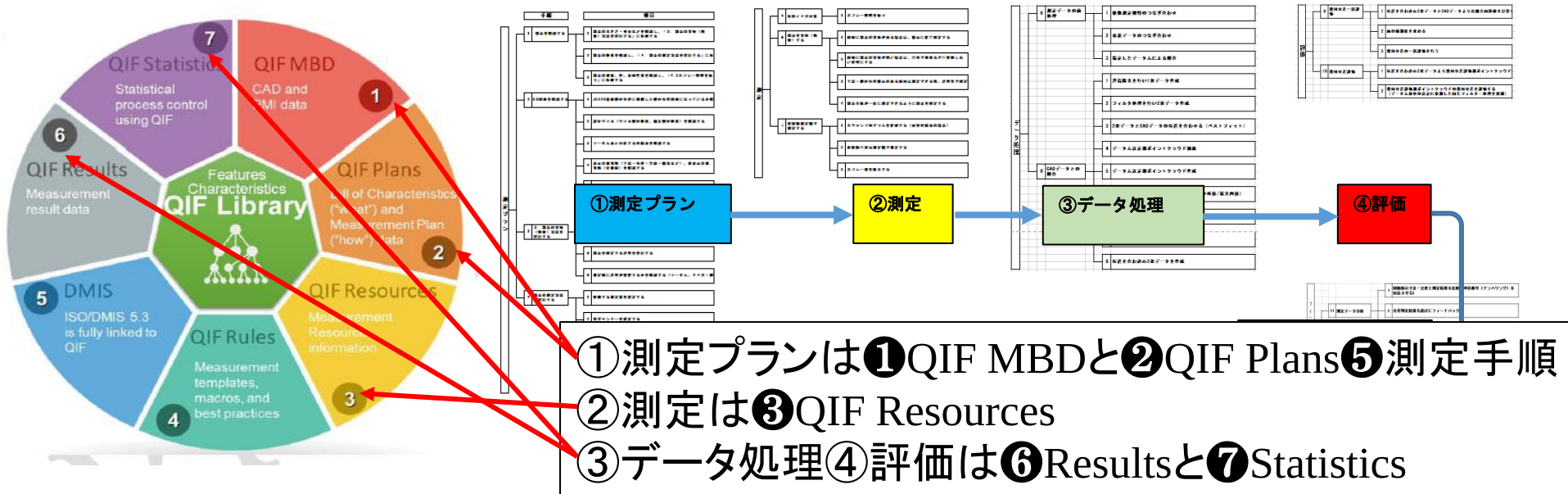
非接触測定ガイドラインの処理作業フロー



7. 非接触測定ガイドラインとQIF規格

- QIF検討グループ「DMSC (Digital Metrology Standards Consortium) Non-Contact Measurement Working Group Meeting」に委員として参加し、2020年末より「**非接触測定ガイドライン**」の内容をQIFの次期バージョンに非接測定を追加できるよう提案し、現在開発中。

非接触測定ガイドライン



Non-Contact Measurement (NCM)

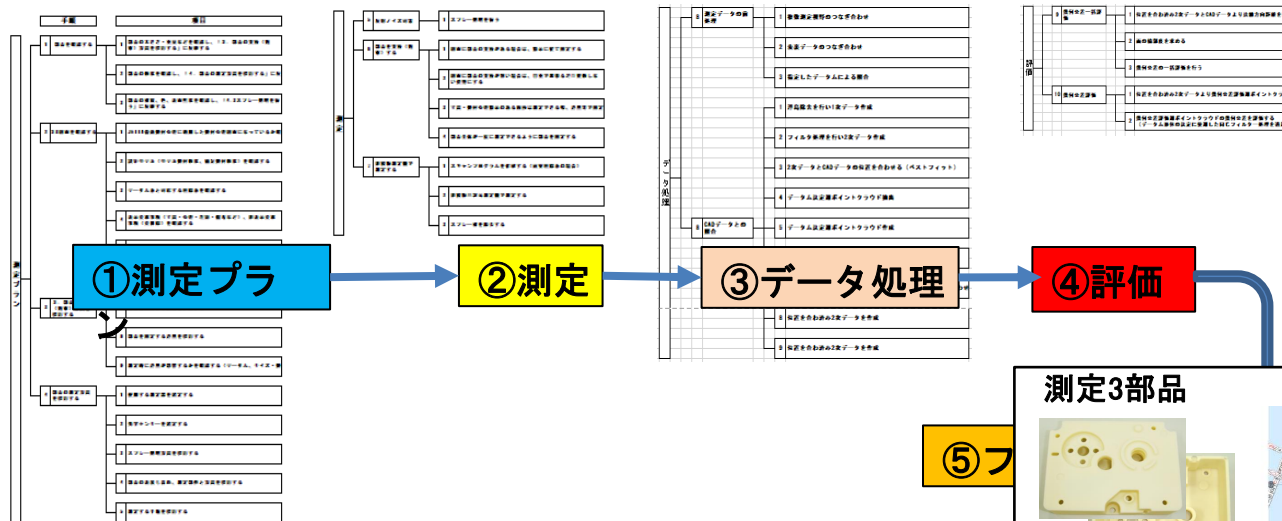
Chair: Larry Bergquist, SPD/Smart Product Development

* DMSC資料と計測技術検討委員会資料より引用

8. 非接触測定ガイドラインによる実証検証

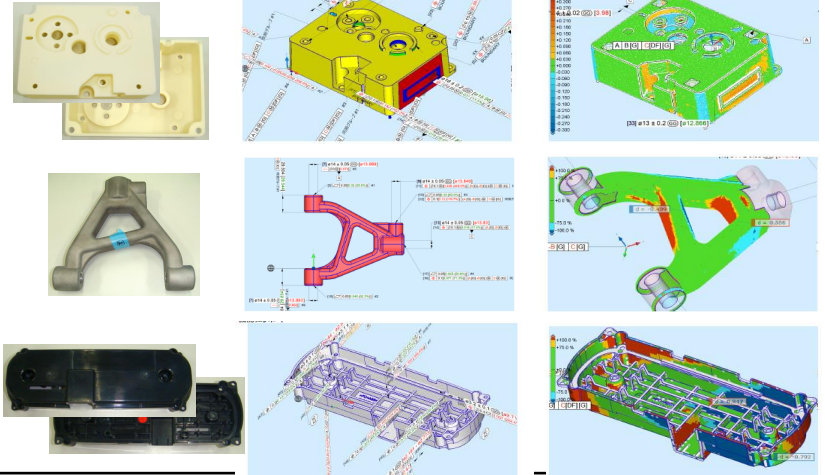
■ ガイドラインに沿った3部品の実証実験(委員会会社5社と7か所の公的機関)

非接触測定ガイドラインの処理作業フロー



★7公的機関

測定3部品

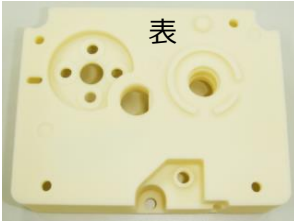
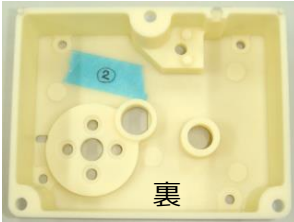


測定3部品

- ・モールド内部部品(白色)
- ・金属部品
- ・モールド外装部品(黒色)

8. 非接触測定ガイドラインによる実証検証

① 測定プラン(部品を確認する)

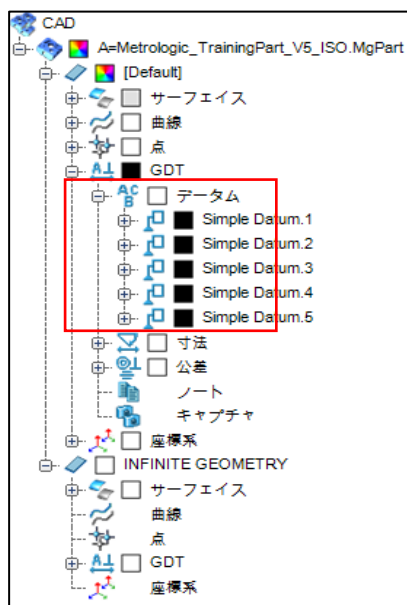
部品名-ID	構成部品 3 -②	構成部品 2 -②	構成部品 1 -④
部品		 	 
サイズ(mm)	158x455x36	132x100x45	165x61x32
材質	AL	樹脂	樹脂
製法	金属積層	切削加工	射出成型
色と表面状態	梨地 + 金属切削面	白色・艶なし	黒色・艶あり
光の反射	一部あり	なし	全面にあり
光の透過	なし	あり	なし
自重による変形	なし	なし	なし
重量(Kg)	0.520	0.122	0.058

8. 非接触測定ガイドラインによる実証検証

① 測定プラン(3D図面を確認する)

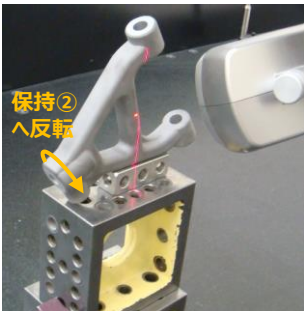
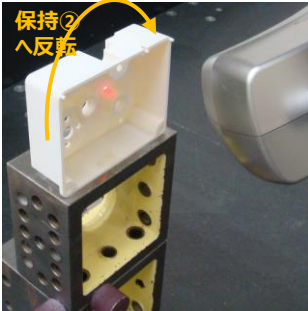
● データムの確認

- データム系を構成する各データムと、それに対応する座標系の指示内容を確認する。
- また、複数のデータム系が指示されている場合には、各データム系を構成している各データム、およびデータム系相互の関係指示について確認する。



8. 非接触測定ガイドラインによる実証検証

② 測定部品の固定方法、測定方法

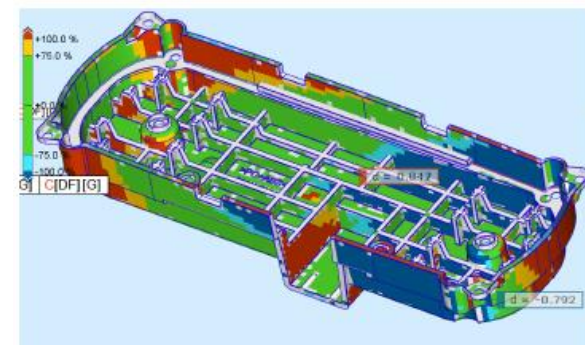
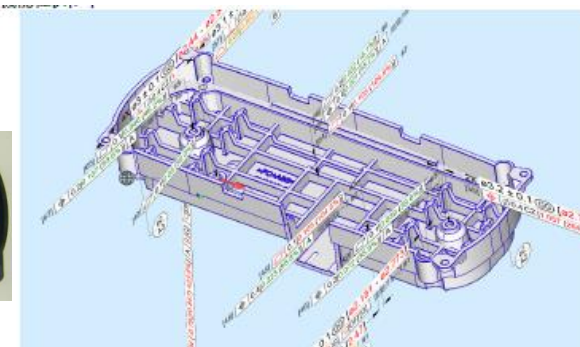
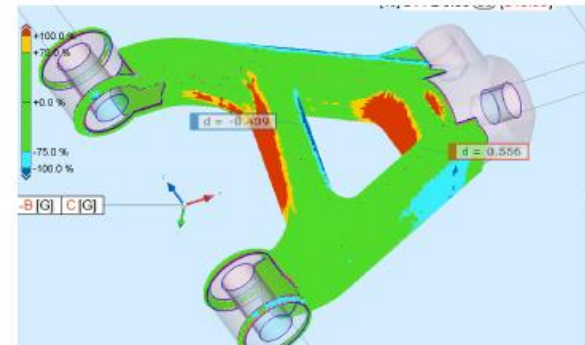
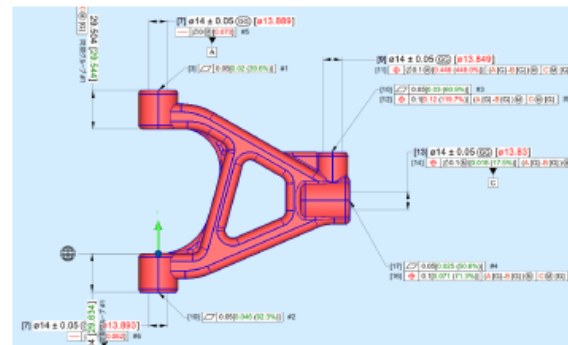
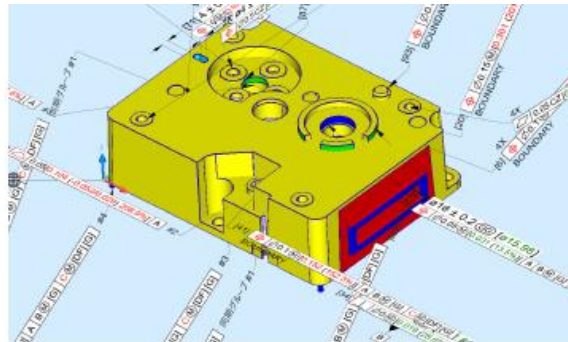
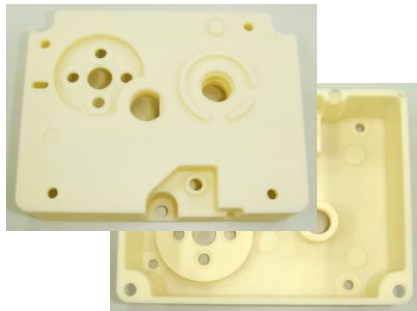
部品名-ID	構成部品 3 -②	構成部品 2 -②	構成部品 1 -④
測定状態			
3.1 部品の固定姿勢	側面設置	側面設置	表面/裏面設置
3.2 部品の固定と治具	自重置き（把持なし）	自重置き（把持なし）	自重置き（把持なし）
3.3 治具の影響検討	設置面積最小限	方側面全面設置	部品内側隠蔽支持
4.1 測定機器の選定	直行型+レーザー三角測量	直行型+レーザー三角測量	直行型+レーザー三角測量
4.4 測定部位と方法	保持①：可能測定部位全面 保持②：反転設置後 未測定部位測定	保持①：可能測定部位全面 保持②：反転設置後 未測定部位測定	保持①：裏面全面+表面一部測定 保持②：反転設置後 表面測定

【検討観点】

1. 最小限の保持回数で測定を考慮……一回目の保持姿勢で可能な限り広範囲を測定する。
2. 部品の変形を考慮………治具把持力や自重による変形がないように固定と設置を検討する。
3. 計測光反射と外乱光の影響を考慮……治具の光学反射や計測光を遮断しない配置を検討する。
4. センサ姿勢と部品形状の関係を配慮……治具・把持具と計測可能な姿勢の関係を検討する。

8. 非接触測定ガイドラインによる実証検証

④ 評価(測定結果)



8. 非接触測定ガイドラインによる実証検証

■ 非接触測定ガイドラインに沿った評価

- 評価部門：委員会11部門と10か所の公的機関

- 評価項目:59項目

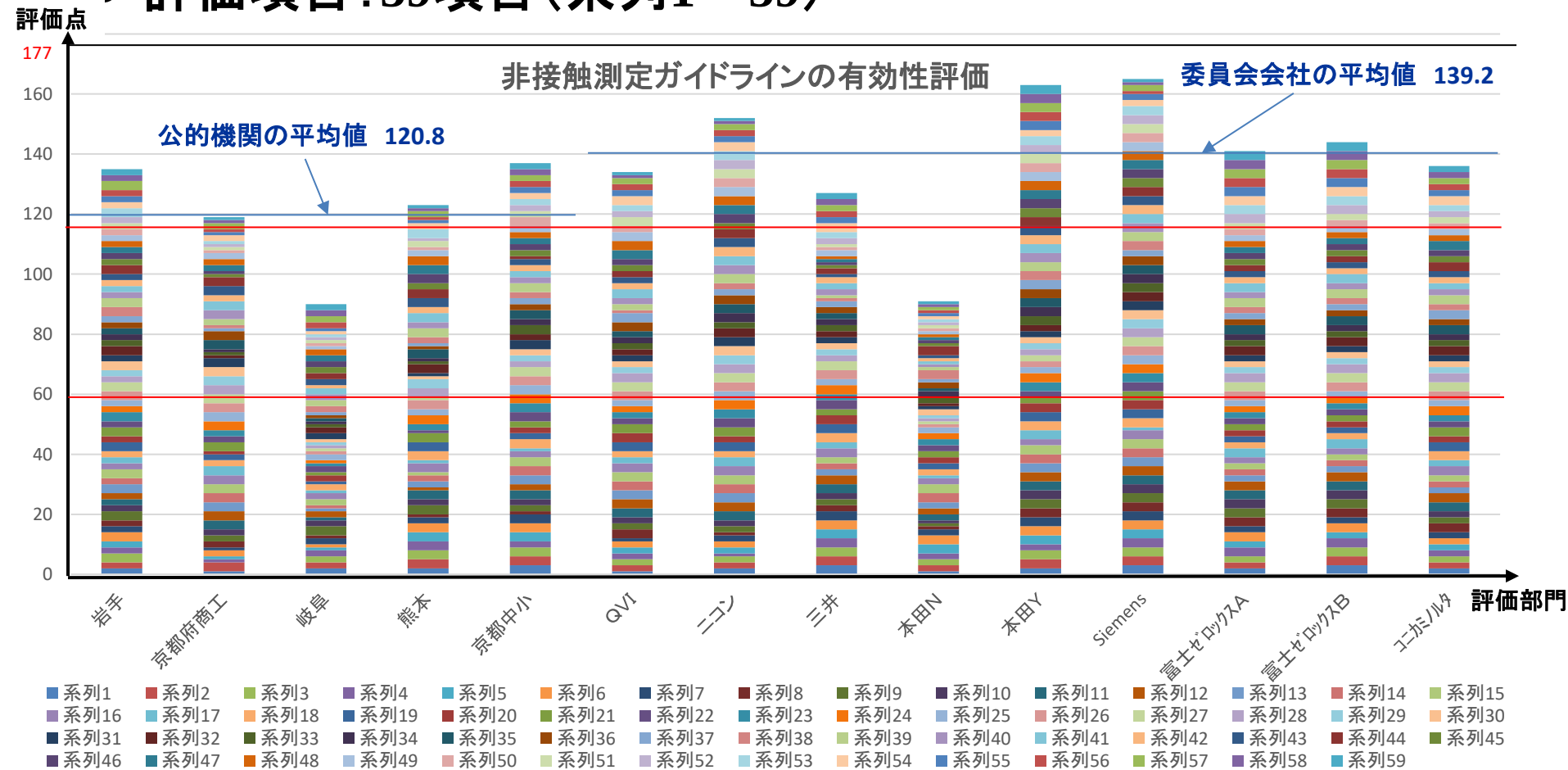
- 非常に有効(3点)、有効(2点)、どちらかと言えば有効(1点)、有効でない(0点)、検討していない(採点無し)として加算。

[illegible]

8. 非接触測定ガイドラインによる実証検証

■ 非接触測定ガイドラインによる実証検証

- 評価部門：全項目回答の委員会9部門と5か所の公的機関
- 評価項目：59項目（系列1～59）



9. 3DA モデルを活用した生産プロセスの転換

