

JAMA/JAPIA

CAx データ変換における

同一性検証ガイドライン

（実務編）

V1.0



Japan Automobile Manufacturers Association, Inc.

一般社団法人 日本自動車工業会

電子情報委員会
デジタルエンジニアリング部会



Japan Auto Parts Industries Association

一般社団法人 日本自動車部品工業会

IT 対応委員会
DE 促進部会

Copyright : 一般社団法人 日本自動車工業会

V1.0	実務編初版発行	2020/6 JAMA DE 部会 同一性検証ツール実 用性確認タスク	2020/6 JAMA 電子情報委員会
変更履歴	変更内容	作成	承認

実務編の検討委員（一般社団法人 日本自動車工業会 DE 部会同一性検証ツール実用性確認タスク及び関係者）

タスク リーダ [＊]	武田 健	Ken Takeda	(YAMAHA MOTOR CO.,LTD.)
タスク サブリーダ [＊]	宮田 昇	Noboru Miyata	(ISUZU MOTOR LIMITED)
タスク メンバ [＊]	坪井 裕	Yutaka Tsuboi	(SUZUKI MOTOR CORPORATION)
タスク メンバ [＊]	細川 朋宏	Tomohiro Hosokawa	(Honda R&D Co.,Ltd.)
タスク メンバ [＊]	上地 大平	Daihei Uechi	(Honda R&D Co.,Ltd.)
タスク メンバ [＊]	小島 航	Wataru Kojima	(Hino Motors, Ltd.)
タスク メンバ [＊]	小形 充生	Mitsuo Ogata	(STANLEY ELECTRIC CO.,LTD.)
タスク メンバ [＊]	後藤 美由紀	Miyuki Goto	(KOITO MANUFACTURING CO.,LTD.)
タスク メンバ [＊]	清水 秀伸	Hidenobu Shimizu	(DENSO CORPORATION)
タスク メンバ [＊]	佐川 裕一	Yuichi Sagawa	(ELYSIUM CO.,LTD.)
タスク メンバ [＊]	セトリック オンガー [＊]	Cedric Ogive	(CT CoreTechnologie Asia Co.,Ltd.)
タスク メンバ [＊]	中村 聡	Satoshi Nakamura	(Quality Vision International Japan Inc.)
タスク メンバ [＊]	五十嵐 豊	Yutaka Igarashi	(Digital Theater Co.,LTD)
タスク メンバ [＊]	松田 聖	Akira Matsuda	(transcosmos inc.)
タスク メンバ [＊]	金政 岳彦	Takehiko Kanemasa	(FUJITSU KYUSHU SYSTEMS LIMITED)

<レビュー者>

一般社団法人 日本自動車工業会 DE 部会

一般社団法人 日本自動車部品工業会 DE 促進部会

JT, NX および Teamcenter は、Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. またはその子会社の米国およびその他の国における商標または登録商標です。その他のロゴ、商標、登録商標またはサービスマークはそれぞれ各所有者に帰属します。

CATIA は、Dassault Systèmes または Dassault Systèmes の子会社の米国およびその他の国における 商標または登録商標です。 その他の商標はすべて、それぞれの所有者に帰属します。

その他、本ガイドラインに記載されている会社名、システム名、製品名は一般に各社の登録商標または商標です。

尚、本文および図表中では、「TM」、「®」の表記を省略しています。

目次 Index

1. はじめに	9
1.1. 経緯	9
1.2. 実務編の狙い	9
1.3. 適用範囲	10
(1) 想定する CAx データの範囲	10
(2) 想定する検証の場面	10
(3) 想定する利用者	10
1.4. 本書の使い方	11
2. 同一性検証実務のプロセス	12
2.1. 同一性検証の考え方	12
2.2. 同一性検証の業務適用の進め方	13
3. 評価項目とそのしきい値の選び方	16
3.1. 基本的な考え方	16
3.2. 形状の同一性	18
(1) 形状代表値の同一性	18
(2) 形状データ構造の同一性	19
(3) 形状詳細データの同一性	20
3.3. アセンブリの同一性	21
(1) アセンブリ代表値の同一性	21
(2) アセンブリデータ構造の同一性	22
(3) アセンブリ詳細データの同一性	23
3.4. PMI の同一性	23
(1) PMI 代表値の同一性	23

(2)	PMI データ構造の同一性	24
(3)	PMI 詳細データの同一性	24
3.5.	属性の同一性	25
(1)	色／透明度定義	26
(2)	レイヤ定義	26
(3)	可視属性	26
(4)	線種・線幅	26
(5)	ユーザ定義属性・名前など	27
4.	事例	28
4.1.	Visualization Data	29
(1)	業務シナリオ	29
(2)	クライテリア	29
(3)	評価	30
(4)	検証のポイント	30
4.2.	形状・構成差分比較	31
(1)	業務シナリオ	31
(2)	クライテリア	31
(3)	評価	32
(4)	検証のポイント	32
4.3.	長期保管	33
(1)	業務シナリオ	33
(2)	クライテリア	34
(3)	評価	34
(4)	検証のポイント	35

4.4. バージョンアップ（2D 図面）	35
(1) 業務シナリオ.....	35
(2) クライテリア	36
(3) 評価.....	37
(4) 検証のポイント	37
5. おわりに.....	38
5.1. 実務適用に向けて	38
5.2. 謝辞.....	38

1. はじめに

1.1. 経緯

JAMA/JAPIA では 2014 年に“CAx データ変換における同一性検証ガイドライン”を発行した。これは CAx のデータ変換前後における再現性や再利用性の保証に貢献できるように、同一性の考え方を示し、どのように検証するかを具体化、業界共通のガイドラインとしてまとめたものである。2018 年 12 月には、このガイドラインを基にした ISO 規格が制定されている。

形状を扱うコンピュータシステムが多様化しデータ変換を伴うデータ流通が増え、異なるフォーマット間の“同一性検証”がこれまで以上に求められている。しかしながら、いざ、実務に適用するとなると、数多くの項目すべてを満たさねばならないのか、すべて検証しなければならないのか、どのように検証するのか、どの程度の精度を求めれば良いのか、といった運用上の課題が浮き彫りになってきた。

同課題に対し、JAMA では各社で実務適用できるようにするための指針を提供することを目的にタスク活動を発足した。タスク活動では各社のユースケースを洗い出し、これに応じたクライテリア（評価項目と基準※：基準編参照）を整理した。また、同一性検証に関する ISO 発行を受け、既存のガイドラインを見直すとともに JAMA/JAPIA の活動を通じて得た、実務における知見をまとめた。前者を基準編として改定、後者を実務編として新規に、発行するものである。

1.2. 実務編の狙い

“CAx データ変換における同一性検証ガイドライン基準編”では、網羅的に評価項目を抽出し、その判定方法を定義した。その評価項目数は 70 項目を超えており、これらすべての項目を検証するには多機能なツールの導入費用や、検証時間の確保など、大きなリソースが必要となる。

一方、業務場面によっては、すべての評価項目が必要なわけではない。

ものづくりにつなげるために変換前後の形状が一致していることを見るのか、形状以外の属性情報も必要とするのか、あるいは CAE を目的とした場合は元の形状に対し主要な形状があるか（多少形状が違っていても CAE に支障がないことを確認するのか）、などによって検証すべき評価項目は異なり、かかるリソースは大きく変わってくる。

そこで実務で効率的な運用を行うため、変換後のデータの利用目的を明確にして、有効的な評価項目の選択としきい値の設定をすることが重要である。

本実務編では、実際の業務シナリオを想定した検証内容の指針提示を目的とする。

同一性検証の考え方、実務のプロセスを紹介し、次に、クライテリアの考え方を挙げ、それに沿った事例を紹介する。

1.3. 適用範囲

(1) 想定する CAx データの範囲

- ・ CAx (CAD/CAE/CAM/CAT) システムにて扱う native data
- ・ 上記データの Visualization data (JT,XVL など)
- ・ 上記データのニュートラル形式データ (STEP,IGES など)

(2) 想定する検証の場面

- ・ 同一であることが要求されるあらゆる処理の前後の比較検証。
(差異が検出されれば、同一にするための対応が必要となるケース)

- (例)
- CAx native data, Visualization data, ニュートラル形式など、異なるフォーマット間のデータ変換
 - 同一 CAx システムの新しいバージョンへのデータ更新
 - データ変換、長期保管前の PDQ 修正前後

- ・ 差異が存在することが分かっている 2 つのデータ間の差分の網羅的検証。
(差分を検出して後工程で利用することを目的とするケース)

- (例)
- 設計変更の前後
 - シミュレーションによる形状最適化の前後
 - CAE 用形状簡略化（フィレット外し、穴埋めなど）の前後

(3) 想定する利用者

基準編

- ・ 会社内で、長期保管、CAx データ変換するシステムを構築する担当者
- ・ 会社内で、長期保管する上でのリスク責任者
- ・ システムベンダでのツール開発者

実務編

- ・ 会社内で、長期保管、CAx データ変換するシステムを構築する担当者
- ・ 長期保管、CAx データ変換するシステムを運用する担当者
- ・ 会社内で、長期保管する上でのリスク責任者
- ・ システムベンダでのツール開発者

同一性検証ツール機能実装状況調査

- ・企業会社内で、長期保管、CAx データ変換するシステムを構築する担当者
- ・長期保管、CAx データ変換するシステムを運用する担当者
- ・企業会社内で、長期保管する上でのリスク責任者

上記を想定し、各ガイドラインでは、次のことを具体化する。

基準編

- ・同一性の内容を明確化
- ・検証チェックすべき判定項目の明確化
- ・判定項目ごとの判定内容の明確化

実務編

- ・ユースケースに応じた評価項目、評価基準の検討方法
 - ・代表的なユースケースにおける検証事例
- 同一性検証ツール機能実装状況調査
- ・各検証ツールの機能実装状況を調査した結果

用語集

- ・各ガイドラインの専門用語の解説

1.4. 本書の使い方

本書は、次の3つの章で構成されている。

- ・第2章 同一性検証実務のプロセス
同一性検証の考え方や進め方などの基本情報を記載
- ・第3章 クライテリアとそのしきい値の選び方
検証するクライテリア種別ごとの詳細な情報を記載
- ・第4章 事例
代表的な4つのユースケースを基にした運用例を記載

同一性検証の運用を検討する場合、まずは第2章の基本情報を参照して運用の方針を決定した後、必要に応じて第3章・第4章を参照すると良い。

2. 同一性検証実務のプロセス

2.1. 同一性検証の考え方

データ変換前後では誤差が発生することは避けられないため、データ変換での同一性検証では、完全に一致する事はない。そのため、適切なしきい値を設定して同一とみなすのが妥当である。しきい値は厳しければ良いというものではなく、同一性検証を行う業務(ユースケース)に適した値を設定する事が効率的な検証作業の鍵となる。また、評価項目の選択も、ユースケースに対して有効な項目を選択する必要がある。さらに、検証データ数が膨大な場合は、質量、重心等の代表値で簡易検証を行い、差異が検出されたものを詳細に検証するという実施方法もある。クライテリアとそのしきい値の設定は、必要最小限の評価項目と差異を識別できるしきい値の組合せにする事がポイントとなる。

例) ユースケースに対してしきい値が厳しすぎる場合の影響

- ・ 計算時間が大きくなる、CPU やメモリの使用量が大きくなる。
- ・ 業務に影響しない微小な変換誤差まで過検出してしまう。

例) CAx から Visualization Data への変換で厳しいしきい値を設定する場合

- ・ 形状の近似分が差異として検出される。

例) 過剰なクライテリアを選定した場合の影響

- ・ 検出したい差異とは異なる差異が検出される。

例) 意図して形状を大きく変形する場合の検証手順

- ・ CAD から CAE へ、形状やアセンブリ構造を簡略化して変換する場合。
簡略化された部分を差異と認識しない設定が必要になる。
そのような設定が無い場合は、変更した部分を検出する設定とし、その他の差異が無いかを結果確認するなど、運用で対応する方法もある。

他方、同一性検証は、設計変更により変更された箇所を探すような、差異を確認する目的にも利用可能である。

ここまでは、変更や変換前後のオリジナルの 2 つのデータを比較する厳密な同一性検証の手法について説明したが、簡易的手法もある。

データ変換の際に代表特性値（例：STEP における Geometric Validation Property , Assembly Validation Property など）を出力し、そのデータを CAx に取り込んだ後の特性値と比較することで、元のデータとの同一性を確認する考え方もある。この方法は航空宇宙産業において長期保管用データの検証に利用されている。

このように必要に応じて必要な項目が許容範囲にあることを確認することが CAx データにおける同一性検証の考え方である。

2.2. 同一性検証の業務適用の進め方

同一性検証のプロセスを実務に適用する際は事前に次の項目を検討する。

- ・ ユースケースの確認
- ・ データの利用目的を整理（ユースケースの検討）
- ・ 会社間ギャップの調査
- ・ 業務目的に応じた項目としきい値の定義（クライテリアの選定）
- ・ 妥当性検証（選定クライテリアの確認）

利用目的は主に“直す”（設計変更）“使う”（ものづくり、シミュレーション…）“見る”（デザインレビュー）の観点で整理し、これに必要な項目を評価項目の候補とする。その次に、評価項目検討においては検証時のコストや評価項目間で補間可能であるかを検討する。例えば、面データの比較において、変換前後の面データに点群を発生させ、両者を比較する場合は精度の高い検証になるが、一方で比較時間が増え、検証コストの増大につながる。これに代わり、複数の質量特性（表面積、重心…）を用いて代替項目として利用することも考慮に入れる。

また、CAx やトランスレータの仕様として、次に挙げる項目の対応方針（トランスレータで対応しておくのか、検証ツールで判定するのか…）を定めておく必要がある。

- ・ 会社双方の社内ルール
例：色の使い方、線種の意味、…
- ・ システム間の仕様差
例：色・線種情報の持ち方、アセンブリ構造（アセンブリトップファイルに形状を持てるか否か）、PMI の対応状況…
- ・ 同じ情報を表示しているが、重ねるとずれている
例：定義上は一点鎖線だが、表示を重ねると一致しない（線、点の位置が異なる）

業務適用は次の手順で実施する。

A. 対象業務の明確化

同一性検証の対象業務内容を明確にする。

B. データの利用目的確認

データの利用目的を洗い出し、重要項目を明確にする。

対象業務が、“見る”、“使う”、“直す”のどれに該当するかを確認する。

後述の事例から、おおまかな設定手順を知る事ができる。

C. 変換後データの要件定義

変換後データに求められる要件を洗い出す。

洗い出した要件が利用目的に合致している事を確認する（クロスチェック）。

要件に合致したデータ変換の設定になっているかを確認する。

問題になる変換前後の CAx 仕様の違いや、社内ルールを確認する。

例) CAD アセンブリ構造の違い

CATIA V5 はアセンブリ構造を定義する CATProduct と、アセンブリされる CATPart で表現するが、NX はアセンブリ構造をパート内に格納する。そのため、変換後のアセンブリ構造は異なることがある。

例) 社内ルールの違い

会社によって色やレイヤに持たせた意味が変わる。

図面でも点線、破線、等のパターンが異なる。

これらを差異として認識するべきか、検討しておく。

D. クライテリアの選定

変換後データに求められる要件を検出できる評価項目を選定する。

評価項目ごとに、適切なしきい値を設定する。判断がつかない場合はデフォルト値で検証を実施し、結果を見て調整する。

C. で要件やルールが明確になっていると選定し易い。

E. 検証内容の精査

評価項目が業務目的や変換データ利用目的の要件に合致しているかを精査する。

C. で要件やルールが明確になっていると精査し易い。

一般的な精査事項)

- ・目的に対し、適切な結果を得られているか？

- ・過度に厳しい数値を使っていないか？
- ・業務が成立するか？
- ・コストに応じた検証になっているか？

F. 運用方法の検討

同一性検証の設定を決定したら、どのように運用していくかを検討する。

運用で決めておきたい要件)

- 検査方法（設計者、IT 担当者、システム）
- 対応人数
- 業務上での利用頻度
- 比較したいファイルの形式、組合せ
- 結果の確認方法、エビデンスの残し方

G. ツールの選定

ツール未導入であれば、検討したクライテリアを実装し運用方法を満たすツールを選定する。導入済であれば、保有ツールが対応可能かを検討する。

クライテリアとそのしきい値の選び方は次章に記す。

3. 評価項目とそのしきい値の選び方

3.1. 基本的な考え方

同一性検証におけるクライテリア(Validation Criteria)は CAx データ変換における同一性検証ガイドライン基準編に定義されているように数多くの評価項目が存在する。また整数値の要素数やテキストの要素名などの評価項目は同一かどうかで判断できるが、重心、体積、面積、長さ、など実数値で表されるものは、ある一定のしきい値を決め範囲内かどうかで判断することになる。

すべての評価項目を逐一確認し、しきい値を限りなく厳しくすればそれだけ正確に同一性を判定できるが検証の実務では最適ではない。必要最小限の評価項目を取捨選択し、極力緩いしきい値を定義し、実務的に検証可能なコスト（検証する時間、必要なサーバ、ツールのライセンス、人件費など）とのバランスをとり推進することが重要である。

目的に応じてどのクライテリア（評価項目とそのしきい値）を選ぶかは自由であるが選ぶ際に注意が必要なものについて解説する。

『JAMA/JAPIA CAx データ変換における同一性検証ガイドライン V1.0』を前提に、全製造業界の要望を反映した同一性検証の国際規格 ISO10303-62:2018 Equivalence validation of Production Data(以下 EQV と記述)が 2018 年 10 月に発行された。EQV は Shape、Assembly、PMI(Graphic のみ)の 3 領域をカバーする。また、EQV では同一性検証の評価項目に次の 3 段階の区分(Validation Class)が設けられている。

1. 代表値の同一性
2. データ構造の同一性
3. 詳細データの同一性

Validation Class の意味合いは領域ごとに若干異なっている。詳細は、Table 1 による。

Table 1 Validation Class definition

Validation Class	Shape	Assembly	PMI(Graphic)
代表値の同一性 (Property value equivalence)	モデル全体の物性値や要素数に基づく同一性検証。 例) 重心、体積、点の数	代表的組立特性値の同一性検証。 例) コンポーネントの数、アセンブリの重心	代表値による同一性検証。 例) パート内のタイプごとの PMI 個数
データ構造の同一性 (Data structure equivalence)	形状のトポロジに基づく同一性検証。 例) 面の欠落／追加	組立データ構造の同一性検証。 例) 一方の組立品の部品に他方の組立品の部品と対応しないものがある	対応する PMI 要素の存在の検証。 例) PMI やビューの欠落
詳細データの同一性 (Data content equivalence)	詳細形状の同一性検証。 例) 3D 空間上に点群を発生させ、双方のモデル同士に投影した距離がしきい値以内かどうかを判定	詳細組立データの同一性検証。 例) 一方の組立品の部品と他方の組立品の対応する部品とで、所属する組立品の座標系からの変換行列で与えられる位置・姿勢が異なる	対応する PMI 要素のコンテンツの検証。 例) PMI の関連要素の検証、PMI 表示要素の検証

「代表値の同一性」はモデル全体の代表値を用いる点で簡易的だが効果的な評価項目と言える。一方、差異が検出された場合に、その要因となった箇所を特定できない点、検出精度が「データ構造の同一性」「詳細データの同一性」に劣る点は注意が必要である。このような性質から、差異の有無をスクリーニングする目的で、一段目の検証への採用が適当と言える。必要性に応じて、二段目の検証に「データ構造の同一性」や「詳細データの同一性」を採用すれば、十分な精度で差異箇所を特定可能である。尚、差異が存在することが分かっている場合や差異箇所を特定することが必須な場合、「データ構造の同一性」や「詳細データの同一性」を採用し、「代表値の同一性」を採用しないシナリオも考えられる。

「データ構造の同一性」及び「詳細データの同一性」の評価項目は、比較する 2 つのモデル間で要素の対応関係を得ることが前提となるものが多い。対応関係構築後にコンテンツを比較する処理が行われる。実務においては単純な方法だけでは正しい対応関係が得られないケースもある。一般に領域ごとに対応関係の構築方法が異なる。尚、ベンダーにより実装方法、設定方法が異なる点に留意すべきである。

- 「Shape」（形状）
 - 形状の幾何的な特徴、及び座標情報から対応関係を得るのが一般的である。要素の **universal identifier** などにより、信頼性が高い id 不変のメカニズムが担保される場合、その情報を用いて対応関係を得ることも可能である。
- 「Assembly」（アセンブリ）
 - コンポーネント／インスタンスの名前や部品番号から対応関係を得るのが一般的である。名前から **universal identifier** に相当する文字列を抽出して活用する、インスタンスのグローバルな配置情報から対応関係を得る、などの工夫が考えられる。
- 「PMI」（製品情報）
 - 名前や座標情報から対応関係を得るのが一般的である。名前から **universal identifier** に相当する文字列を抽出して活用する、PMI の定義情報から対応関係を得る、などの工夫が考えられる。

EQV がカバーする 3 領域に、EQV 未対応だが重要と考えられる「属性」を加えた 4 領域に対し、EQV における評価項目の 3 区分の切り口から、各評価項目の注意点、及びしきい値の選定方針を次にまとめた。

3.2. 形状の同一性

(1) 形状代表値の同一性

モデル全体の物性値や要素数に基づく評価項目。基準編の評価項目の内、該当するものは次の通り。

- 立体重心 (G-CE-SO)
- 曲面重心 (G-CE-SU)
- 曲線重心 (G-CE-CU)
- 体積 (G-VO-SO)
- 表面積 (G-AR-SO)
- 慣性モーメント (G-IN-MO)
- エッジ／曲線長 (G-LE-ED)
- 包絡体 (G-VO-BB)
- 要素数 (G-CO-EL)

物性値とは質量、重心、長さ、表面積、体積、慣性モーメントなど、各形状の特性値である。これらの特性は一般にどのような CAx でも計算できる機能を持つ値であり、その定義に複数の見解が生まれにくいため使いやすいのが特徴である。物性値は形状の位置、大き

さ、形の変化に伴い変化するので見つけ出すことができる。これらの値は近似計算のために個々の項目のしきい値は比較的緩く設定する必要があるが、複数の物性値を同時に比較することで信頼できる結果が得られる。物性値は、データ変換前後のエラーとして重要度が高い「ソリッドのシート化」検知において特に有用である。また、「エッジ／曲線長」はワイヤハーネスの中心線が曲線で表現されている場合に、変化を追うための指標として有用と言える。

要素数は形状の一致を確認する上でわかりやすい指標である。形状は2次元なら点、カーブ、3次元なら点、カーブ、フェース、ソリッドから構成されている。円弧や円柱面については、データ変換の際に各 CAx の特性により分割・マージすることが多々あり、妥当な場合にも数が増える点で注意が必要である。また、データ変換時の PDQ 不具合に対応した自動修正（例：微小セグメントや微小フェースの削除など）、CAx のバージョンアップの際の形状作成アルゴリズムの改良、既存データとの整合性を保つためトレラントモデリング技術の採用、といった事例もあり同様にエッジ数やフェース数の変化につながる。一方、ソリッド及びシート数の比較は、「ソリッドのシート化」検知において有効である。ただし、データ変換では CAx の特性に応じてソリッドの分割・マージが発生する点には注意が必要である。

一般に、物性値と要素数の比較は処理時間を短時間に抑えられるが、物性値については高精度の値を得る計算に時間がかかるケースもあり注意が必要。

(2) 形状データ構造の同一性

形状のトポロジに基づく評価項目。基準編の評価項目の内、該当するものは次の通り。

- フェースの位相 (G-MM-FA)
- エッジの位相 (G-MM-ED)
- フェースの欠落／追加 (G-MI-FA)
- エッジの欠落／追加 (G-MI-ED)

フェース／エッジの位相変化は、多くのユースケースでフェース／エッジの「要素数」比較が実用的でないのと同様に、実務上生きてくるシーンは限定される。一方、フェース／エッジの欠落／追加については、重要度が高い項目と言える。ただし、「詳細データの同一性」に分類される評価項目「エッジ間最大距離」「フェース間最大距離」でフェース／エッジの欠落／追加が検出可能なこともあり、これらを採用する場合は、評価項目から除外しても良い。

③ 形状詳細データの同一性

詳細形状の評価項目。基準編の評価項目の内、該当するものは次の通り。

- 点間最大距離 (G-MD-PO)
- エッジ間最大距離 (G-MD-ED)
- フェース間最大距離 (G-MD-FA)
- 解析曲線定義 (G-DE-AC)
- 解析曲面定義 (G-DE-AS)
- 面法線方向 (G-ND-SU)

評価項目「面法線方向」は意匠面など面の曲率の変化が許容されない場合に有効である。手順は次の通り。

- ・ 面上に点群を発生させる
- ・ 比較対象の要素に投影計算を行う
- ・ それぞれの点における面の法線方向を角度のしきい値を用いて比較する

本方式を有効に作用させるためには、「点群を発生させる密度」の調整が重要である。

評価項目「解析曲線定義」「解析曲面定義」「面法線方向」は必要な場合にのみ採用する方針で問題ない。

評価項目「点／エッジ／フェース間最大距離」は比較する対象の線、面上に点群を発生させ、比較対象の要素に投影計算する方法である。投影点と対応するサンプル点間の距離がしきい値未満であれば形状が同一であると判断する。形状表現の種類(Brep or ポリゴン)に依らず適用可能な方式である。形状差異箇所を特定することが目的であれば、ソリッド／シート内の点／エッジの比較実施は過剰である(「フェース間最大距離」によってカバーされる)。従って評価項目「点／エッジ間最大距離」は単独点、単独曲線の比較をする場合に採用することを推奨する。本方式を有効に作用させるためには、「しきい値」と「点群を発生させる密度」の調整が重要である。

「しきい値」を選定する上では、「ユースケース」、「CAx のモデリングトレランス」、「ポリゴンの生成精度」の考慮が必要である。

① 「ユースケース」に応じたしきい値の選定方針をまとめた。

(ア) 「データ変換」「長期保管」など変換前後で形状が同一と保証されることが求められるユースケースでは、可能な限り小さいしきい値が求められる。ただし、小さければ良いわけではなく、過検出が発生しない程度に大きいことも重要である。しきい値の選定においては、後述する「CAx のモデリングトレランス」が一つの指針となる。

- (イ) 「形状構成差分比較」など差異箇所の抽出を目的とするユースケースでは、微小な差異を目立たせることなく、大きな変更があった箇所を漏れなく検出することが要件となる。従って、比較的大きな値をしきい値とすることも可能である。無視したいレベルの差異の大きさをしきい値として指定するのが一つの考え方である。
- (ウ) 一般に、「CAx バージョンアップ」など同一 CAx 間の比較となるユースケースの方が異なる CAx 間よりも厳しいしきい値を許容する。
- ② 「CAx のモデリングトレランス」の考慮は、ユースケース「データ変換」「長期保管」における Brep 形状比較のしきい値選定過程で特に重要となる。変換元の「CAx のモデリングトレランス」をしきい値の基準値と考えると良い。「モデリングトレランス」よりも大幅に小さい値をしきい値とした場合、過検出が発生することが懸念される。選定すべきしきい値は変換後のファイルの使用方法にも依るため、「モデリングトレランス」の半分を下限値と考えると良い。例えば、自動車業界で通常使用される設計精度は 0.01mm であるため、差異判定許容精度のデフォルト値は 0.01mm になる。差異計算精度は、差異許容精度を満たす必要があるため、差異判定許容精度の 1/2 である 0.005mm 以下が望ましい。ただし、ユースケース「CAx バージョンアップ」の場合、同一 CAx ファイルを比較するため、上記の限りではない(同一 CAx の場合、形状表現が同じため、過検出が抑えられる傾向にある)。
- ③ 「ポリゴンの生成精度」の考慮は、ユースケース「データ変換(ビューア変換)」における Brep-ポリゴン形状比較のしきい値選定過程で重要である。一般に、ビューア変換ツールは指定された精度で Brep からポリゴンを生成する。その精度をしきい値の基準値と考えると良い。基本的に基準値よりも小さな値をしきい値とした場合、過検出が発生する可能性が高い。また、Brep 形状比較と比べてしきい値周辺で誤差が発生する傾向にあり、基準値よりも若干大きな値をしきい値とすることを推奨する(例えば、0.2mm の誤差でポリゴンが生成されているならば、0.21mm をしきい値とするなど)。

「点群を発生させる密度」は、検出精度にのみ着目すれば、高い方が良い。しかし、密度を上げるとその分処理時間の増加につながるため、「検出精度」と「処理時間」のトレードオフの問題として考える必要がある。尚、密度の制御方法についてはベンダーにより実装方法、設定方法が異なる点に留意すべきである。

3.3. アセンブリの同一性

(1) アセンブリ代表値の同一性

代表的組立特性値の評価項目。基準編の評価項目の内、該当するものは次の通り。

- コンポーネント数 (A-CO-CO)

- アセンブリの体積 (A-VO-AS)
- アセンブリの重心 (A-CE-AS)
- アセンブリの仮想立体の重心 (A-CE-NS)

コンポーネント数、及びパートの物性値を積み上げた結果としてのアセンブリ物性値に基づく評価項目。後述する「データ構造の同一性」「詳細データの同一性」に比べコンポーネント数や物性値は汎用性が高く CAx が異なっても安定して差異を検出可能と言える。一方、差異があった場合にアセンブリ構造上の具体的な変化(インスタンスの追加・削除、パートの入れ替えなど)を特定できないため、具体的な変化を特定したい用途には不向き。

(2) アセンブリデータ構造の同一性

組立データ構造の評価項目。基準編の評価項目の内、該当するものは次の通り。

- アセンブリ構成 (A-DE-AS)
- アセンブリ拘束 (A-CN-AS)

評価項目「アセンブリ構成」はアセンブリ構造上の具体的な変化(インスタンスの追加・削除、パートの入れ替えなど)を検知するもの。アセンブリ構造は CAx 毎に特徴がある場合が多く、データ変換ツールでも自動的にアセンブリツリーに追加するケースがある。このため同じ CAx 間であればアセンブリ構造比較は単純な処理で問題ないが、異なる CAx 間では構造の完全一致にこだわらず、意味的に同じかどうかを同一性として判定することが求められる。尚、アセンブリ構造上の変化を不問とする用途では本項目の実施は不要である。例えば、アセンブリ構造でなく最終的な形状の同一性が重要な場合、アセンブリ構造をフラットとみなしモデル全体を形状比較するアプローチを推奨する。

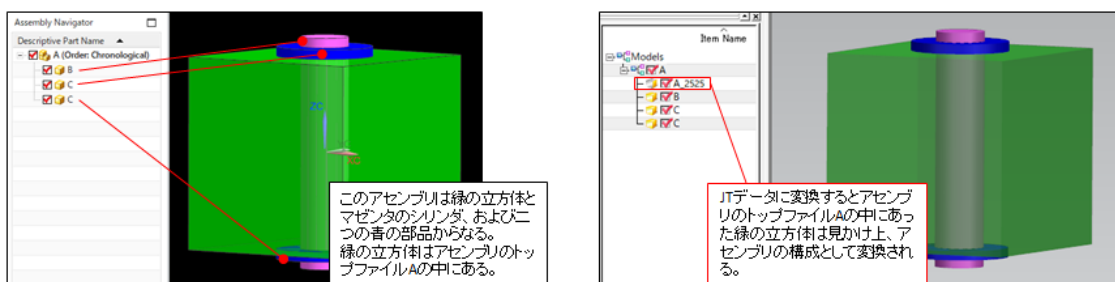


Table 2 NX⇒JT 変換の事例

評価項目「アセンブリ拘束」は拘束条件の追加／削除を検知するもの。拘束条件自体の比較は後述する「詳細データの同一性」にてカバーされる。

(3) アセンブリ詳細データの同一性

詳細組立データの評価項目。基準編の評価項目の内、該当するものは次の通り。

- コンポーネントタイプ (A-TY-CO)
- アセンブリ配置 (A-PL-CO)
- アセンブリ拘束 (A-CN-AS)

評価項目「アセンブリ配置」「アセンブリ拘束」は比較前後でインスタンス配置、拘束条件の維持が必要であれば検討すべき項目と言える。

評価項目「コンポーネントタイプ」は比較前後でアセンブリ構造の維持が必要であれば検討すべき項目と言える。CAx によって空アセンブリ(子パートを保持しないアセンブリ)の許容可否が異なる点には注意が必要。CAx の制約により変換前後で空アセンブリが空パートに変化するケースがあるが、これは妥当な変化と言える。本事例が多数検知されるようなら、評価項目「コンポーネントタイプ」の不採用を視野に入れるべきである。

3.4. PMI の同一性

PMI(Product Manufacturing Information：製品特性)とはその物の寸法公差や幾何公差、材料などの特性や表面処理、溶接情報、ボルトの締め付けトルクなど製造するための情報、注意事項などのことである。図面ではこれらはテキスト、注釈として 2 次元の各ビューや断面に表記されたり、3 次元上に 3DA(3D Annotation)として表記されることもある。製造現場のロボットや計測などの IoT 化によりこれらの情報は人間が図面を読むだけでなく、コンピュータが利用できるデータであることが重要になっており、図面上での見え方とデジタル化された情報の意味を別々の情報として考えることが多くなっている。このため基準編のクライテリア一覧を見てもわかるように、製品特性に関するクライテリアの多くは表示と定義に分かれている。それぞれを総称し、グラフィカル PMI、セマンティック PMI と呼ぶ。

(1) PMI 代表値の同一性

代表値による評価項目。基準編の評価項目の内、該当するものは次の通り。

- 注記個数 (D-CO-PM)
- ビュー個数 (D-CO-VI)

PMI 及びビューの個数を比較する評価項目。

(2) PMI データ構造の同一性

対応する PMI 要素の存在の評価項目。基準編の評価項目の内、該当するものは次の通り。

- 注記不一致 (D-MM-PM)
- ビュー不一致 (D-MM-VI)

PMI 及びビューの追加／欠落を検知する評価項目。

(3) PMI 詳細データの同一性

対応する PMI 要素のコンテンツの評価項目。基準編の評価項目の内、該当するものは次の通り。

- ビュー定義 (D-DE-VI)
- 寸法公差表示 (D-DI-DI)
- 幾何公差表示 (D-DI-GT)
- 表面仕上げ表示 (D-DI-SC)
- 溶接記号表示 (D-DI-WS)
- 要素注記表示 (D-DI-EN)
- データム表示 (D-DI-DA)
- データムターゲット表示 (D-DI-DT)

これらの評価項目はグラフィカル PMI の評価項目(PMI 表示情報 + ビュー情報の比較)に相当する。グラフィカル PMI の比較は曖昧性が低く現時点でも実用的と言える。変換後のファイルの用途がビューア上での PMI 目視確認であれば、PMI 表示情報とビュー情報の比較で十分である。ただし、実務上「PMI 選択時の要素ハイライト」を併せてビューア上の動作として保証したい場合が多い点に注意。その場合「セマンティック PMI の比較」の一部に位置付けられる「PMI の関連要素の比較」を追加の評価項目として選定することを推奨する。「PMI の関連要素の比較」は次の項目に相当する。

- 寸法公差定義 (D-DE-DI)
- 幾何公差定義 (D-DE-GT)
- 表面仕上げ定義 (D-DE-SC)
- 溶接記号定義 (D-DE-WS)
- 要素注記定義 (D-DE-EN)
- データム定義 (D-DE-DA)
- データムターゲット定義 (D-DE-DT)

一方、PMI 定義情報の比較は次の観点から難しいのが実情である。

- ・ CAx 間でセマンティック PMI の表現方法が異なる
- ・ セマンティック PMI の変換、情報抽出のカバー範囲がベンダーによって異なる
- ・ EQV でまだカバーされていない

PMI 定義情報に分類される項目は PMI タイプ毎に存在し、数が多く、各項目をあるがまま比較するだけでは実用的な結果を得ることは難しい。一方、PMI 定義情報の各項目によって重要度が異なるのが一般的で、実務上、重要度の高い項目に絞ってクライテリアとして選定することが望ましい。重要度は、後工程における PMI 定義情報の活用方法をベースに決めることを推奨する。例えば、多くの場合、幾何公差の公差値はテキスト文字列のフォント名よりも重要度が高い。尚、「形状構成差分比較」「CAx バージョンアップ」など同一 CAx の比較が前提となるユースケースでは、各項目をあるがままの比較した場合も実用的なケースがあり、上記の限りではない。

3.5. 属性の同一性

「属性」を要素に付属する付加情報と定義する。具体的には、色、透明度、可視定義、レイヤ番号、線種、線幅、名前、部品番号などの部品情報が該当する。「属性」を保持しうる対象要素は形状、コンポーネント、PMI、ビューと多岐に渡る。

基準編の評価項目で「属性」の評価項目に位置づけられるものは次の通り。

- Visualization Attribute Equivalence
 - 可視定義 (V-DE-VS)
 - 色／透過度定義 (V-DE-CT)
 - レイヤ定義 (V-DE-LA)
 - エッジ／曲線の線種 (V-TY-ED)
 - エッジ／曲線の線太さ (V-TH-ED)
- Drawing Characteristics Equivalence
 - 部品属性定義 (D-DE-PA)
- Identification Data Equivalence
 - 部品番号名称派生定義 (I-DE-PI)
 - 設計変更バージョン定義 (I-DE-PV)
 - 作成者承認者情報定義 (I-DE-AP)
 - 知財定義 (I-DE-IP)
 - 知財表示 (I-DI-IP)

これらの評価項目は EQV の観点ではいずれも「詳細データの同一性」に分類される。注意点や採用方針を次にまとめた。

(1) 色／透明度定義

CAx で作られたデータが CG,VR に利用される機会は増えており、より正確な RGB 表示での同一性が必要であったり、光源や素材、反射、屈折などの情報までを含めた色の再現性が問われることもあり、この場合はそれぞれの一致を確認する作業が必要である。しかしながらこのようなケースでなくとも、色は同一性検証では難しい項目の一つである。色情報は実際の部品の色に限らず、設計変更箇所を表すためや、表面性状、塗布範囲指示、加工指示など各現場で様々な意味で使用されているのが多くの現状である。色・透明度などはおなじ CAx 間での比較は実用的であり、上記のような現場特有のルールに注意すれば問題は発生しづらい。異なる CAx 間の場合は実装が難しく、エンドユーザにとってのメリットはさることながら、誤判断への対応が大変になることが多いので確認項目を明確化したうえでの運用が必要になる。

(2) レイヤ定義

レイヤは PDM,PLM システムが普及する前から多くの CAx に実装されていた機能であり、派生の管理や版の管理に利用されていた。現在ではこれらの情報は PDM,PLM システムで管理されているケースも多くなったが、利用されていることもある。またそれ以外にも設計変更箇所を特定のレイヤに入れるなど、会社や組織それぞれで個別にルール化されていることが多い。このため同一性検証としては同一のルールが運用されている会社、組織間では単純に変換機能として同じ名前のレイヤに同じデータが入っていることが保証されれば良いが、別ルールを持つ場合は個々のルールが衝突しないように事前にそれぞれのルール確認・整合が必要となる。

(3) 可視属性

見える状態の形状は見える状態に変換し、見えない状態の形状は見えない状態に変換されているのが基本的な同一性の考え方である。形状を見えなくしている理由は様々であり、その理由によっては同一性の確認が必要ない場合もある。例えば、単純に形状を検討するうえで参考にしたデータを見えなくしている場合は設計結果の図面データであれば不要かもしれないが、設計検討中の状況を会社間で共有するためにデータ変換するようなユースケースでは見えないデータも必要であったりすることもあるのでそれぞれの会社のルールや会社間の取り決めに応じて検証対象とするかどうかの整合が必要である。

(4) 線種・線幅

- エッジ／曲線の線種 (V-TY-ED)
- エッジ／曲線の線太さ (V-TH-ED)

線種や線の太さは製図では ISO, JIS など細かくその設定や用途が決められているが、製図を主目的としない CAx では必ずしもそのとおりではなく 3 次元での見易さなどを重視して決められていることがある。例えば、破線や一点鎖線の場合、変換前後で見た目の間隔が異なっても破線や一点鎖線で変換されていれば同一とみなす。変換するシステム及びユーザー空間により、何を同一とするかは事前に確認する必要がある。図面の長期保管を目的とする変換で ISO など規格に準拠する場合は、一点鎖線で定義された要素は確実に一点鎖線の要素に変換されている等、意味が変わってしまわないことを確認する必要がある。

(5) ユーザ定義属性・名前など

基準編評価項目のスコープ外であるが、形状に対するユーザ定義属性や名前の維持が後工程で重要なケースがある。その場合、同一性検証を通して保証することが望ましい。形状に対するユーザ定義属性や名前は CAx により定義可否が異なり統一されていないものの、実態としては加工情報や設計変更・改訂情報に使われているのが現状である。異なる CAx 間の場合は事前に双方の各種属性の持ち方を確認し、合わせる作業をしておく必要がある。

4. 事例

ここでは JAMA の活動において検討したクライテリアや、閾値しきい値の妥当性を検証した事例を紹介する。各検証において使用した項目は APPENDIX A にまとめる。

尚、本検証で使用了各システムのバージョンは、次の通り。

CAD バージョン（関連事例）

- ≫ NX10（長期保管）
- ≫ NX11（軽量データ/形状構成差分比較/長期保管/システム変更）
- ≫ CATIA V5 R22（長期保管）
- ≫ CATIA V5 R25（軽量データ/形状構成差分比較/長期保管/システム変更）

同一性検証ツール（全事例共通）

- ≫ ASFALIS EX8.1
- ≫ 3D Analyzer 4.3
- ≫ xCompare V5 Release 2.6.1
- ≫ CompareVidia 4.0
- ≫ Drawing Validator2.0

4.1. Visualization Data

(1) 業務シナリオ

部品の形状や構成を Visualization Data で確認する。

検証に使用したモデル

verification_data¥01_VIEWER_and_DESIGN-CHANGE

Before¥PART vs After¥JT



検証モデルのポイント

しきい値外の差異を正しく検出できるか確認するために、意図的に形状変更を加え、変更前後のデータを軽量データ（JT）に変換し、比較検証を行った。

CAD データは設計変更を想定し、次の変更を加えている

- ・形状変更（しきい値の範囲内・外）
- ・線（長さ、曲率）の変更
- ・アセンブリ構成の変更（サブアセンブリのコンポーネント化）
- ・色の変更
- ・インスタンスによる透明度変更
- ・（構成部品の）ファイル名変更

(2) クライテリア

分類	項目名	項目 ID	しきい値
Geometry	エッジ／曲線長 Edge/Curve length	G-LE-ED	0.21
	点間最大距離 Maximum distance between points	G-MD-PO	0.21
	エッジ間最大距離 Maximum distance between edges	G-MD-ED	0.21
	フェース間最大距離 Maximum distance between faces	G-MD-FA	0.21

Assembly Structure	コンポーネント数 Component counts	A-CO-CO	-
	アセンブリ構成 Assembly definition	A-DE-AS	-
	コンポーネントタイプ Component type	A-TY-CO	-
	アセンブリ配置 Placement of component	A-PL-CO	-
Visualization Attribute	可視定義 Visibility definition	V-DE-VS	-
	色／透過度定義 Color/Transparency definition	V-DE-CT	-
Identification Data	部品番号名称派生定義 Part identification definition	I-DE-PI	-

(3) 評価

形状、アセンブリ構成、見た目の状態を検査するために選定したクライテリア及び閾値で想定通りの検出結果が得られた。

(4) 検証のポイント

- ・過検出を防止するために、形状の検査項目のしきい値は変換精度より粗く設定することを推奨する。
- ・サブアセンブリ内の可視定義、色/透過度定義を比較する場合は、比較対象とするトップアセンブリを変更する。
- ・NX はアセンブリファイル内に要素を保持できるが、JT は保持できないなどファイル形式によってアセンブリ構成が意図せず変化する場合がありますため、事前に分かっている場合は、データを修正するか検査対象から除外することを推奨する。

尚、検証時には次の対応をとっている。

- ・変換に起因するヨレを検出しないようにしきい値を見直した。
- ・JT 変換時のトレランス値を 0.2 としたので、しきい値は余裕をみて 0.21 とした。

4.2. 形状・構成差分比較

(1) 業務シナリオ

設計変更などによって意図的に変更された内容を効率的に検出する。

検証に使用したモデル

verification_data¥01_VIEWER_and_DESIGN-CHANGE

Before¥PART vs After¥PART

Before¥STEP vs After¥STEP



検証モデルのポイント

設計変更を想定し、次の変更を加えている

- ・形状変更（閾値しきい値の範囲内・外）
- ・線（長さ、曲率）の変更
- ・アセンブリ構成の変更（サブアセンブリのコンポーネント化）
- ・色の変更
- ・インスタンスによる透明度変更
- ・（構成部品の）ファイル名変更

『4.1 Visualization Data』のモデルと同じモデルを使用している

(2) クライテリア

分類	項目名	項目 ID	しきい値
Geometry	エッジ／曲線長 Edge/Curve length	G-LE-ED	0.1
	点間最大距離 Maximum distance between points	G-MD-PO	0.1
	エッジ間最大距離 Maximum distance between edges	G-MD-ED	0.1
	フェース間最大距離 Maximum distance between faces	G-MD-FA	0.1
	コンポーネント数 Component counts	A-CO-CO	-

Assembly Structure	アセンブリ構成 Assembly definition	A-DE-AS	-
	コンポーネントタイプ Component type	A-TY-CO	-
	アセンブリ配置 Placement of component	A-PL-CO	-
Visualization Attribute	可視定義 Visibility definition	V-DE-VS	-
	色／透過度定義 Color/Transparency definition	V-DE-CT	-
Identification Data	部品番号名称派生定義 Part identification definition	I-DE-PI	-

(3) 評価

形状、アセンブリ構成、見た目の状態を検査する項目および閾値として妥当であることが確認できた。

(4) 検証のポイント

・過検出を防止するために、形状の検査項目の閾値は CAD の標準トレランスより粗く設定することを推奨する。（スタイリングデータのような微細な変更箇所を検出する際はより厳しい閾値を適用したり、評価項目を追加することを検討する。）

4.3. 長期保管

(1) 業務シナリオ

メインストリームの CAx が利用できなくなった場合でも他のアプリを利用し継続的に参照・利用できることを担保できる形式で保管する。

検証に使用したモデル

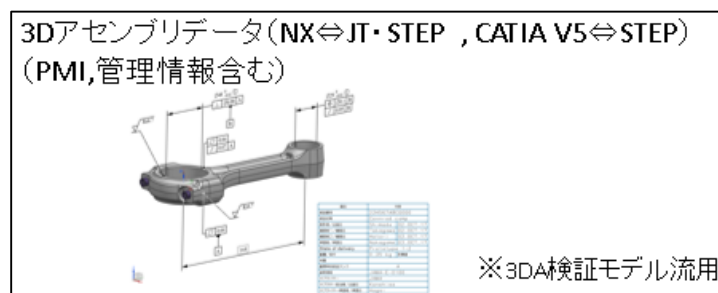
verification_data¥02_LTAR_TEST¥NX

1_NX10 vs 2_JT

1_NX10 vs 3_STEP

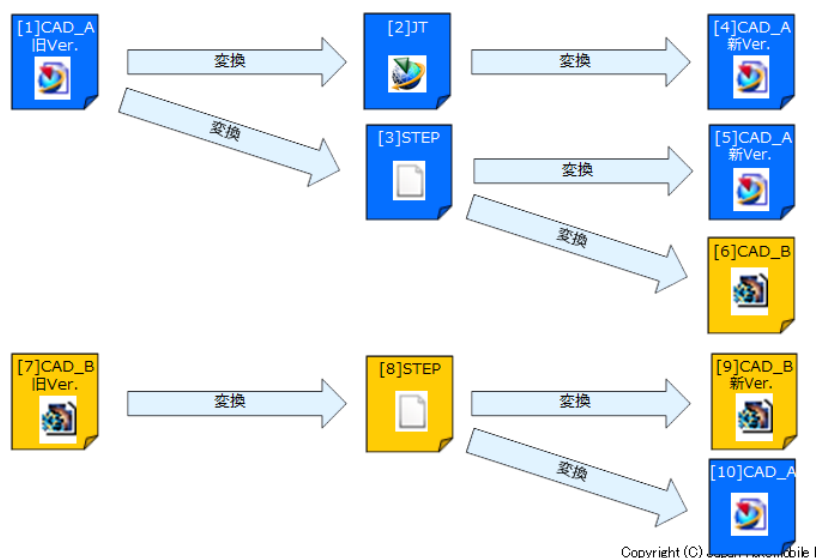
verification_data¥02_LTAR_TEST¥V5

7_V5R22 vs 8_STEP



検証モデルのポイント

検証モデルは JAMA の 3DA 検証モデル（PMI、管理情報付き）を使用した。検証は NX と CATIA V5 を使用し、長期保管データを想定した中間ファイル（STEP と NX の場合は JT も追加）を経由した新旧バージョンのデータ比較することとした。



(2) クライテリア

分類	項目名	項目 ID	しきい値
Geometry	立体重心 Center of gravity	G-CE-SO	1%
	曲面重心 Surface centroid	G-CE-SU	1%
	曲線重心 Curve centroid	G-CE-CU	1%
	体積 Volume	G-VO-SO	1%
	表面積 Face area	G-AR-SO	1%
	慣性モーメント Moment of inertia	G-IN-MO	1%
	エッジ／曲線長 Edge/Curve length	G-LE-ED	0.01
	点間最大距離 Maximum distance between points	G-MD-PO	0.01
	エッジ間最大距離 Maximum distance between edges	G-MD-ED	0.01
	フェース間最大距離 Maximum distance between faces	G-MD-FA	0.01
Assembly Structure	コンポーネント数 Component counts	A-CO-CO	-
	アセンブリ構成 Assembly definition	A-DE-AS	-
	コンポーネントタイプ Component type	A-TY-CO	-
	アセンブリ配置 Placement of component	A-PL-CO	-
Visualization Attribute	可視定義 Visibility definition	V-DE-VS	-
	色／透過度定義 Color/Transparency definition	V-DE-CT	-
Drawing Characteristics	ビュー定義 View definition	P-DE-VI	-
	寸法公差表示 Dimensional tolerance display	D-DI-DI	-
	幾何公差表示 Geometric tolerance display	D-DI-GT	-
	表面仕上げ表示 Surface Condition display	D-DI-SC	-
	溶接記号表示 Weld symbol display	D-DI-WS	-
	要素注記表示 Entity Note display	D-DI-EN	-
	データム表示 Datum display	D-DI-DA	-
	データムターゲット表示 Datum Target display	D-DI-DT	-
	図面注記表示 Drawing Note display	D-DI-DN	-
	注記個数 PMI counts	D-CO-PM	-
	ビュー個数 View counts	D-CO-VI	-
Identification Data	部品番号名称派生定義 Part identification definition	I-DE-PI	-
	設計変更バージョン定義 Part version definition	I-DE-PV	-

(3) 評価

形状、アセンブリ構成、見た目の状態を検査する項目および閾値として妥当であることが確認できた。

（4）検証のポイント

- ・オリジナルのデータと同等の情報を保持する必要があるため、形状は代表値と詳細データの両方を検査する。変換誤差を考慮し、代表値の閾値は 1%程度に設定することを推奨する。詳細データは、CAD の標準トレランスと同等の値を設定することを推奨する。
- ・3D アノテーションを持つデータを対象とする場合、寸法や幾何公差の表示など必要な PMI の項目も検査対象に設定する。ここでの PMI はグラフィカル PMI のみを対象とする。

尚、この検証ではトランスレータの仕様やデータフォーマットにより意図しない差異が発生することがわかった。次に例を挙げる。

例 1 データ変換時に表などの要素が渡らない

例 2 変換時にアセンブリ構成が変わる

例 3 PMI 要素が適切に設定されていない

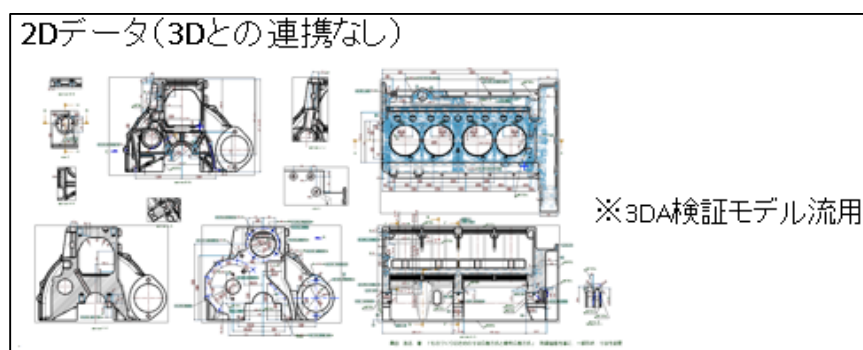
3D アノテーションについては近年、改善が著しい領域なので最新情報を確認されたい。

4.4. バージョンアップ（2D 図面）

（1）業務シナリオ

ネイティブデータの長期保管や CAx システムのバージョンアップをするために“直す”ことを目的とした同一性の担保が必要となる。

検証に使用したモデル



検証モデルのポイント

検証では 2D 単独のモデルを使用し、NX と CATIA のそれぞれの新旧バージョンのデータを比較した。

差異を検出していることを確認するために新バージョンのデータには、線種、形状、寸法、ハッチング、記号、テキスト、View の移動、の変更を施した。

2D 単独モデルのため、フェース、ソリッドなどの 3D 要素やアセンブリに関する項目は検査対象から除外した。

(2) クライテリア

分類	項目名	項目 ID	しきい値
Geometry	エッジ／曲線長 Edge/Curve length	G-LE-ED	0.01
	要素数 Number of elements	G-CO-EL	-
	エッジ間最大距離 Maximum distance between edges	G-MD-ED	0.01
Visualization Attribute	可視定義 Visibility definition	V-DE-VS	-
	エッジ／曲線の線種 Edge/curve line type	V-TY-ED	-
	エッジ／曲線の線太さ Edge/curve line thickness	V-TH-ED	-
Drawing Characteristics	ビューレイアウト定義 Drawing View layout definition	D-DE-DL	-
	ビューレイアウト表示 Drawing View layout display	D-DI-DL	-
	寸法公差定義 Dimensional tolerance definition	D-DE-DI	-
	寸法公差表示 Dimensional tolerance display	D-DI-DI	-
	幾何公差定義 Geometric tolerance definition	D-DE-GT	-
	幾何公差表示 Geometric tolerance display	D-DI-GT	-
	表面仕上げ定義 Surface Condition definition	D-DE-SC	-
	表面仕上げ表示 Surface Condition display	D-DI-SC	-
	溶接記号定義 Weld symbol definition	D-DE-WS	-
	溶接記号表示 Weld symbol display	D-DI-WS	-
	要素注記定義 Entity Note definition	D-DE-EN	-
	要素注記表示 Entity Note display	D-DI-EN	-
	デーラム定義 Datum definition	D-DE-DA	-
	デーラム表示 Datum display	D-DI-DA	-
	デーラムターゲット定義 Datum Target definition	D-DE-DT	-
	デーラムターゲット表示 Datum Target display	D-DI-DT	-
	図面注記定義 Drawing Note definition	D-DE-DN	-

	図面注記表示 Drawing Note display	D-DI-DN	-
	注記個数 PMI counts	D-CO-PM	-
	ビュー個数 View counts	D-CO-VI	-
Identification Data	部品番号名称派生定義 Part identification definition	I-DE-PI	-
	設計変更バージョン定義 Part version definition	I-DE-PV	-
	作成者承認者情報定義 Approval definition	I-DE-AP	-
	標題表示 Drawing Title display	I-DI-DT	-

(3) 評価

見た目の状態を検査する項目および閾値として妥当であることが確認できた。

(4) 検証のポイント

・CAD のバージョンアップを想定しているため、形状の検査項目の閾値は CAD の標準トレランスと同じ設定を推奨する。

5. おわりに

5.1. 実務適用に向けて

本ガイドラインは予めデータ変換業務がどんな業務のために必要で、後工程でどんなデータが保証されることが必要かを検討することにより、より適正な時間と労力で一定の品質を保つための指針である。

形状に関する同一性においては同一性検証ツールが有効に活用できることを確認したが、その一方で、現時点ではまだ定義が抽象的な項目や PMI のように定義は明確であるが CAx や変換ツール、同一性検証ツールで実装されていない発展途上の項目が存在することも明らかになった。

これらの項目については、各システムのバージョンアップのタイミングに合わせて定期的に最新の状況を確認し、クライテリアを見直す必要があり、今後も JAMA、JAPIA が協調し、継続的な知見の蓄積、ガイドラインへの適用をしていくことが、データ変換前後における再現性や再利用性の保証への貢献の鍵となる。

5.2. 謝辞

本ガイドラインを直接策定する上で尽力された JAMA 同一性検証ツール実用性確認タスクのメンバー、本ガイドラインをレビューし建設的なコメントを提出された DE 部会におけるエキスパートメンバ、JAPIA メンバー、SASIG メンバー、検証にご協力頂いたツールベンダー各社様には、ご協力に対して、ここに深く感謝を申し上げます。

APPENDIX A

	バリデーションクライテリア Validation Criteria		ユースケース			
	項目名	項目 ID	Visualization Data	形状・構成 差分比較	長期保管	バージョンアップ (2D)
Geometry	立体重心 Center of gravity	G-CE-SO			✓	
	曲面重心 Surface centroid	G-CE-SU			✓	
	曲線重心 Curve centroid	G-CE-CU			✓	
	体積 Volume	G-VO-SO			✓	
	表面積 Face area	G-AR-SO			✓	
	慣性モーメント Moment of inertia	G-IN-MO			✓	
	エッジ／曲線長 Edge/Curve length	G-LE-ED	✓	✓	✓	✓
	要素数 Number of elements	G-CO-EL			✓	✓
	点間最大距離 Maximum distance between points	G-MD-PO	✓	✓	✓	
	エッジ間最大距離 Maximum distance between edges	G-MD-ED	✓	✓	✓	✓
	フェース間最大距離 Maximum distance between faces	G-MD-FA	✓	✓	✓	
Assembly Structure	コンポーネント数 Component counts	A-CO-CO	✓	✓	✓	
	アセンブリ構成 Assembly definition	A-DE-AS	✓	✓	✓	
	コンポーネントタイプ Component type	A-TY-CO	✓	✓	✓	
	アセンブリ配置 Placement of component	A-PL-CO	✓	✓	✓	
Visualization Attribute	可視定義 Visibility definition	V-DE-VS	✓	✓	✓	✓
	色／透過度定義 Color/Transparency definition	V-DE-CT	✓	✓	✓	
	エッジ／曲線の線種 Edge/curve line type	V-TY-ED				✓
	エッジ／曲線の線太さ Edge/curve line thickness	V-TH-ED				✓
Drawing Characteristics	ビュー定義 View definition	D-DE-VI			✓	
	ビューレイアウト定義 Drawing View layout definition	D-DE-DL				✓
	ビューレイアウト表示 Drawing View layout display	D-DI-DL				✓
	寸法公差定義 Dimensional tolerance definition	D-DE-DI				✓
	寸法公差表示 Dimensional tolerance display	D-DI-DI			✓	✓
	幾何公差定義 Geometric tolerance definition	D-DE-GT				✓

	幾何公差表示 Geometric tolerance display	D-DI-GT			✓	✓
	表面仕上げ定義 Surface Condition definition	D-DE-SC				✓
	表面仕上げ表示 Surface Condition display	D-DI-SC			✓	✓
	溶接記号定義 Weld symbol definition	D-DE-WS				✓
	溶接記号表示 Weld symbol display	D-DI-WS			✓	✓
	要素注記定義 Entity Note definition	D-DE-EN				✓
	要素注記表示 Entity Note display	D-DI-EN			✓	✓
	デーラム定義 Datum definition	D-DE-DA				✓
	デーラム表示 Datum display	D-DI-DA			✓	✓
	デーラムターゲット定義 Datum Target definition	D-DE-DT				✓
	デーラムターゲット表示 Datum Target display	D-DI-DT			✓	✓
	図面注記定義 Drawing Note definition	D-DE-DN				✓
	図面注記表示 Drawing Note display	D-DI-DN			✓	✓
	注記個数 PMI counts	D-CO-PM			✓	✓
	ビュー個数 View counts	D-CO-VI			✓	✓
Identification Data	部品番号名称派生定義 Part identification definition	I-DE-PI	✓	✓	✓	✓
	設計変更バージョン定義 Part version definition	I-DE-PV			✓	✓
	作成者承認者情報定義 Approval definition	I-DE-AP				✓
	標題表示 Drawing Title display	I-DI-DT				✓