

3D 単独図による設計と製造の情報連携

Coordination of Information Between Design and Manufacture Domains by 3D Annotated Model

外 山 寛 之*
Hiroyuki TOYAMA
南 野 達 彦*
Tatsuhiko NOUNO

師 鉄 平*
Teppei MORO
米 倉 浩 之*
Hiroyuki YONEKURA

伊 原 伸*
Shin IHARA
坂 井 伸 二*
Shinji SAKAI

要 旨

開発期間を短縮しながらも製品の品質を保つためには、開発の早期段階で、実車が無い代わりに 3D モデルを用いたデジタル検証をおこなうという開発のフロントローディングが必要である。

その際にボトルネックとなってくるのが、2Dデータ上に設計情報を記載している図面である。そのため、設計情報を3Dに集約した図面である3D単独図(以下、3DA)化を核にした設計から製造までの一貫した3D活用プロセスの構築をおこなった。3DA化のポイントは、部門間やシステム間の連携をスムーズにおこなえるように、3DAが持つ形状要素や属性の格納方法、データ構造を図面特性ごとに自由度を持たせることである。

これらにより、3DAを用いた3Dデータでの早期検証と3DA作図作業の高効率化を実現した。

ABSTRACT

In order to maintain product quality while shortening development time, it is necessary to conduct front-loaded development. This involves digital verification conducted at an early stage of development using a 3D model of the vehicle instead of working with an actual vehicle.

What can become bottlenecks in this process are drawings that have design information presented in 2D form. Therefore, a consistent process utilizing 3D from design to manufacturing was built, taking as its core the conversion of design information to a 3D annotated model (3DA), which consists of drawings that aggregate all that information in 3D form. A notable point about the adoption of 3DA is the degree of freedom it provides for storage methods and data structure of the shape elements and attributes possessed by 3DA, according to the particular characteristics of the drawings, so as to enable smooth coordination between divisions and systems.

By these means, the early verification of 3D data using 3DA and the enhancement of efficiency in 3DA drawing creation were realized.

1. はじめに

近年の自動車開発では、タイムリーに高品質な商品を提供するために、開発期間を短縮しながらも車両の品質を保つ必要がある。それに伴い、設計から製造までの各工程において、3Dデータを用いた製品仕様の検討や検証が普及しつつある。

ボデープレス部品などでは、製品形状を示す図面(以下、部品図)は、製品形状を3Dデータとして持っており、それを用いて製造部門での製品の検証や製造につなげている。それに対して、製品同士の結合、シーリング、組立て等の要領を示し、製品形状を組み合わせて完成品に仕立てるための図面(以下、要領図)がある。設計部門での検討段階では、

結合の位置やシーリングの塗布部位等も3Dデータとして持ち、成立性を検討しているが、従来の要領図にする際には、それらの3Dデータを2D図に投影し、要領図の目的に沿った設計指示情報を注釈として、その2D図上に記載していた。

そのため、製造部門の要領図を利用する担当者が2D図面を見て情報を読取り、必要に応じて以下の作業をおこなっていた。

- (1) ロボットティーチングへの利用のために3D形状を作成する
- (2) 各々の製造仕様書形式に設計指示を転記する
- (3) 実車状態を想定した仕様を検討する

上記の作業の課題として、読み取り、転記、データ作成

*四輪R&Dセンター

するための工数がかかり、また転記の際のヒューマンエラーが発生する可能性がある。また上記(3)の作業は、実車を確認の方が容易なために実車が存在する開発中期以降でしかおこなうことができなかった。このような課題により、2D図のみでの検証は時間がかかっており、製造部門で早期段階の要領図の仕様検証は、部門の一部でしかおこなわれていなかった。

そこで、設計部門が開発の早期段階で3Dデータを活用している点に着目して、要領図を3D単独図(以下3DA)化し、一貫した3Dデータ活用プロセスを構築することで、実車が無い開発の早期段階に実車相当の精度の高い3Dデータを用いたデジタル検証を効率よくおこなうことが可能になると考えた。

本稿では、3DAの構造と効果について紹介する。

2. 3DA化のねらい

3DAを用いた機種開発に際して以下の三点を主要なねらいとした。

- (1)要領図3DA化による3Dデータ活用プロセスを構築する
- (2)3DA要領図を用いた早期検証をおこなう
- (3)3DA要領図作図作業を高効率化する

従来主流の3D+2Dの図面様式では、3Dデータで形状を表現し2D図に設計指示情報として属性を記す形態であったが、3DA化する際に3Dデータと属性を効率よく3Dデータに一本化し、後工程にシームレスに繋げ、3Dデータと属性のどちらを編集してもアンマッチが生じることがない高効率に扱える図面形態を考える必要があった。

そこで、Fig. 1のように3Dデータ内に設計指示情報(図中※印)を属性として格納させパラメータ化することで設計意図と表記のアンマッチの削減や、格納した属性情報をコ

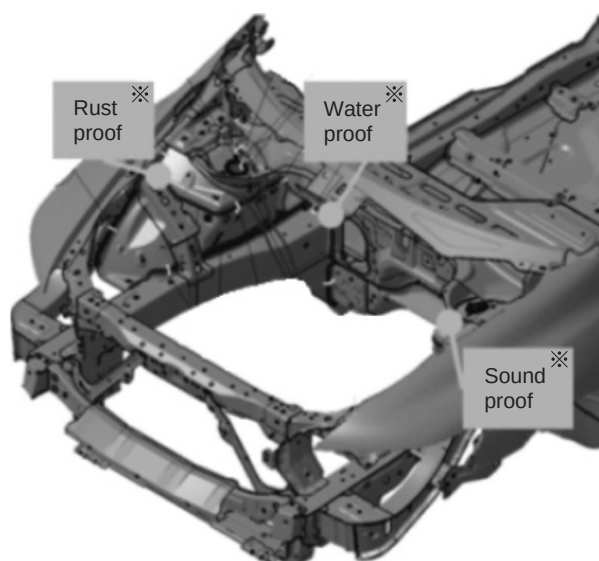


Fig. 1 Keeping attributes in 3D

ントロールすることで、作図の効率化や図面の活用につなげることが可能となる。

Fig. 2のように、従来では2D図を用いて、要領図を利用する担当者が仕様を想定して検討をおこなっていたために精度がばらつき、早期検討につながらなかった。今回の取り組みでは、属性を自由に格納し、コントロールを可能にすることにより、すべてのプロセスで3Dデータを活用し、シームレスな連携をおこなうことで一貫した3Dデータ活用プロセスが構築できた。

3Dデータを活用し、図面を3DA化することで、従来図面では不可能であった部門間やシステム間での活用連携を図ることができるようになった。

要領図を3DA化するにあたり、図面の使われ方を洗い出した。その洗い出した項目を3Dデータを用いた新しいプロセスに当てはめ、プロセスを成立させるために、3Dデータを保持する構造や、設計指示を属性として3Dデータ内に格納する場所を定義した。

設計者が設計指示を格納する際に、従来の作図では設計指示をテキストとして手入力するために工数が掛かっており、さらに、繰返し作業のためにヒューマンエラーをおこしやすい作業を伴うが、3DA化に伴い3Dデータを用いて自動入力を可能にするシステムを開発し、設計作業効率と設計指示入力の精度を向上した。

これらをおこなうことによって本章冒頭の(1)-(3)の項目を達成した。

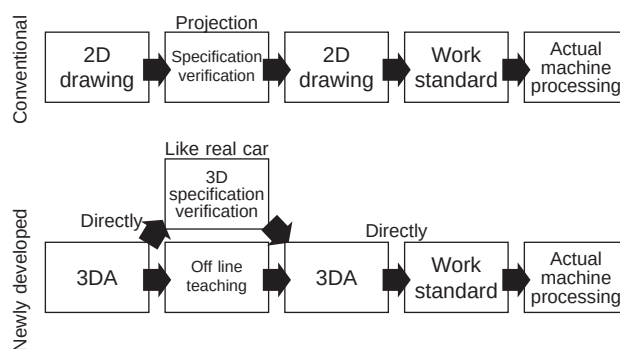


Fig. 2 3D process

3. 3DAの基本的な構造

3DAの基本構造を説明する。

部門間やシステム間での連携をスムーズにおこなうために、3DA作図におけるポイントがある。

- (1)形状要素の分類
- (2)属性の格納方法
- (3)データの構造

上記三項目を図面特性ごとの自由度を持たせて設定することで、次章で記述するさまざまな活用につなげることが可能となる。

Table 1 Shape element

Shape element	3D shape
Product shape	Body shape, Shape of combination element (adhesives, sealer, MIG weld, etc...), Indication symbol ...
Supplementary shape	Center point, Centerline, Center curve, Edge curve, Area surface ...

3.1. 形状要素の分類

形状要素については、Table 1 に示すように製品形状(Product shape)と補助形状(Supplementary shape)に分類される。

3DAが持つ製品形状としては、実車に近いデジタル検証がおこなえる3Dデータが必要である。例として、Fig. 3のようなボデー形状(Body shape)やFig. 4のような結合要素形状(Shape of combination element)があげられる。

補助形状としては、製品形状に準じ、シミュレーションや製造等への利用に適した形式の3Dデータが必要である。例として、Fig. 5のような法線方向を示す中心線(Centerline)やFig. 6のようなエッジカーブ(Edge curve, 図中※印)があげられる。

3.2. 属性の格納方法

属性の格納方法については、Table 2のように図面情報や設計指示を反映した属性(以下、設計属性:Design attribute)とシステムが識別するための属性(以下、システム属性: System attribute)があり、必要に応じて活用が可能になるような対応を図った。

また、3D データ情報(Part Number 等の 3D データに既

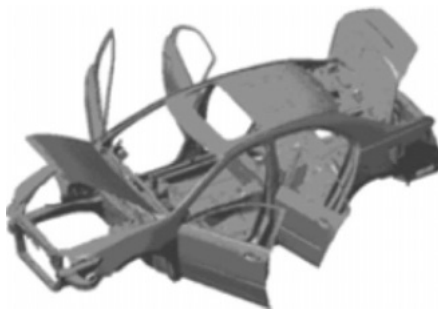


Fig. 3 Body shape

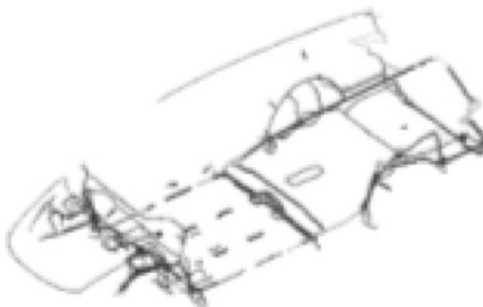


Fig. 4 Shape of combination element

Table 2 Attribute list

Attribute	Example
Design attribute	Part number, Part name, Length, Tolerance, Angle, Surface roughness, Mass, Variation, Material, Thickness, Position, Normal direction, Destination ...
System attribute	Management number, System ID, Sequential number, Flag, ...

に持たせている属性)を自動取得して設計指示の属性として格納するシステムを開発することで作図効率を向上させることが可能である。Fig. 7のようなシステムにより、作図の過程でシステム属性に制御された格納場所に設計者が意識せずに、設計指示の属性を格納することが可能になる。

3.3. データ構造

3DAを活用するためには、前述のさまざまな形状要素や属性を整理し、特定のネーミングルールに従い Fig. 8 のようなデータ構造で、3Dデータ内に格納することが必要である。それによりシステムは整理されたデータ構造のルールに沿って、図面情報の出力や表示をおこなうことが可能になる。

設計でのデータ作成時にデータ構造のルールを守るためには、3DAのデータ構造の基になる図面のひな型のファイルや、データの整理を自動化可能にするシステムが必要になる。

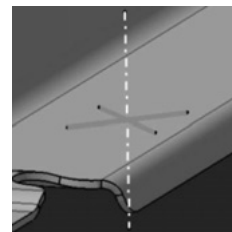


Fig. 5 Centerline

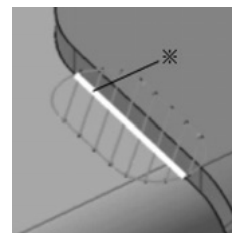


Fig. 6 Edge curve

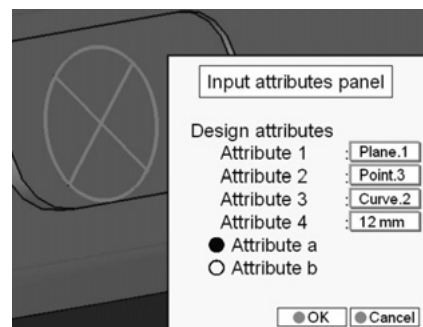


Fig. 7 Input attributes on 3D

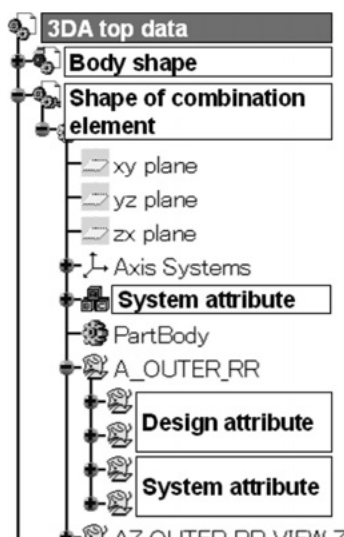


Fig. 8 Data structure

4. 3DA 利用事例

開発をフロントローディングすることをねらいとして 3DA を設計部門で作成し、製造部門で活用する一貫した 3D データ活用プロセスを構築した。部門間やシステム間の連携をスムーズにおこなうため 1 章で述べた以下の作業での活用例を示す。

- (1) ロボットティーチングへの利用のために 3D 形状を作成する
- (2) 各々の製造仕様書形式に設計指示を転記する
- (3) 実車状態を想定した仕様を検討する

4.1. ロボットティーチングへの利用

後工程とのシステム連携を考慮し、3DA 内に補助形状を含む。Fig. 9 のように補助形状である Center Curve を 3DA 内に持つことで、ロボットのティーチングパスのガイドとして利用できるようにした。

4.2. 製造仕様書への利用

設計指示情報を属性として格納する方法を工夫することにより実現した製造仕様書との連携について説明する。

製作現場での活用や保管をおこなうために、従来は 2D 図から製造部門の担当者が転記することで作成していた製造

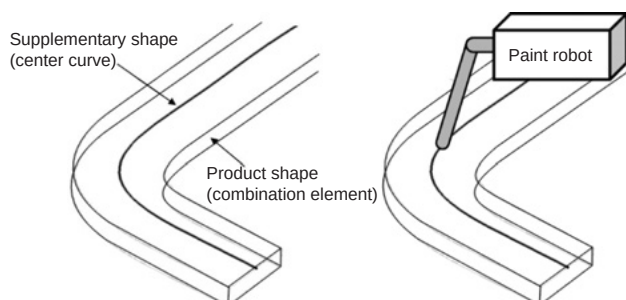


Fig. 9 Utilization of supplementary shape

仕様書のような紙媒体の作成が必要である。3DA 化の加速により急激に 3D データ活用が求められてきたが、製造仕様書の作成のために、3D データに属性として格納されている情報群を紙媒体に出力する必要があった。3DA では、属性の入出力のコントロールをおこない、格納方法を工夫することで自由な活用を可能にしているため、さまざまな形態に情報を書き出しすることができる。

Fig. 10 のように 3DA 要領図に含まれるシステム属性をキーに、データ構造のルールに沿って格納されている属性をシステムが自動的にコントロールし、必要な情報を Excel などの PC データに出力できる。3DA から製造仕様書を自動で作成することにより、作成時の転記ミスがなくなり、また、工数削減が可能となった。

4.3. 仕様検証への利用

部品表の構成から、製造部門の各工程単位に必要な形状のみを抽出して提供することで、工程ごとの検証にシームレスにつながるデータ構造とすることができる。それらのデータと 3DA 内の設計指示を組み合わせることで、従来の予測型検証から実車相当のデジタル検証を実現した。

Fig. 11 のように、シーラの塗布位置を検討する際に、従来 2D 図から合わせ部を予測していたが、3DA 化により、実車に近い 3D データで合わせ部を確認できた。さらに設計指示として形状を持つことにより、より明確に製造部門で検討できるようになった。

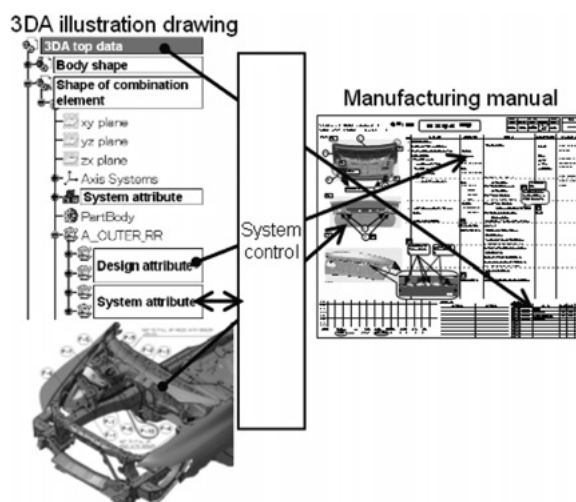


Fig. 10 Utilization of system attributes

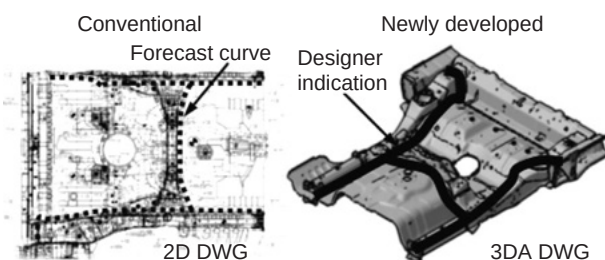


Fig. 11 Utilization of data structure

5. 3DA化による効果

前述のねらいと各施策を具現化することで実現した一貫した 3D データ活用プロセスの構築により、3DA 要領図を用いた 3D データでの早期検証と 3DA 要領図作図作業の高効率化が可能となった。

開発時期ごとの製造部門からの要領図に対する不具合抽出件数の推移を Fig. 12 に示す。従来の開発機種(図中 Car-A)では、開発中期の検証による不具合抽出が多かった。3DA を活用するプロセスを適用した機種(図中 Car-B)では、開発初期の検証により、1 イベント前倒しで従来発見が遅かった不具合抽出が可能となり、早期に根深い課題への対応が可能となった。

関連する施策を並行して実現し各施策を組み合わせることであるべきプロセスを構築し、開発初期の検証が実現できる。それには、3DA 要領図を早期に出図することが必要となり、設計部門での作図作業の高効率化がキーになる。

3DA 要領図作図作業の高効率化として、従来の 2D 図での課題や重複作業の内容等を主に見直すことが必要である。

Fig. 13 に作図の高効率化の例を示す。従来の 2D 図作図では、図中の上段 3、4、5 で示しているビューを作成し、

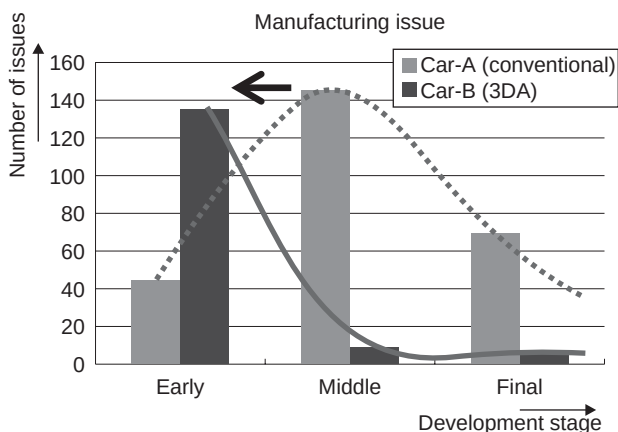


Fig. 12 Number of issues identified by manufacturing domain

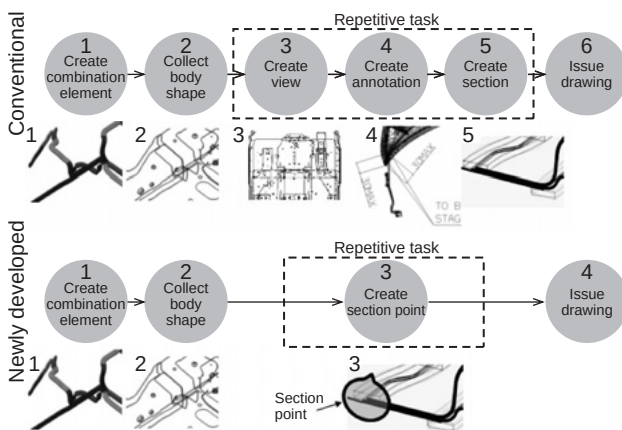


Fig. 13 Enhancing process of making drawings

設計指示を注釈により付加をおこない、セクションを作成するという作業を繰り返しおこなっており、作図の全工数内の多くの割合を占めていた。3DA 作図時には、その作業を図中の下段 3 で示しているセクションポイントに属性を格納する作業のみに置換えることで作業を容易にし、作図工数を削減した。

ユーザビリティの向上をおこない無理無駄の無い作業プロセスを構築することで、従来の品質を損なわず作図作業の工数削減が実現できる。

6. おわりに

実車が存在しない開発の早期段階で、精度の高い 3D データを用いた実車相当のデジタル検証をおこなう一貫した 3D データ活用プロセスの構築のために、要領図の 3DA 化をおこなった。

3DA 化で重要な点は従来の図面の置換えではなく、車両開発プロセスの分析をおこない、重複作業、繰返し作業、転記作業などのボトルネックポイントを明確にし、それを解消する最適な作業プロセスで再構築をおこなうことである。その際に、属性を自由に入出力できるデータ構造にし、設計部門や製造部門で属性を容易に扱えるよう CAD 機能で支援することにより、再構築したプロセスにマッチする図面を構築する必要がある。

これらをおこなったことにより、作図の高効率化、設計と製造の容易な情報連携につながり、フロントローディングが実現できた。

■ 著 者 ■



外山 寛之



師 鉄平



伊原 伸



南野 達彦



米倉 浩之



坂井 伸二