

論文・解説

23

3DCAD活用によるボデー領域のバーチャル開発革新 Innovation of Virtual Development in Body Where 3D CAD was Used

中村 克宏^{*1} 菅本 大成^{*2} 清水 和己^{*3}
Katsuhiko Nakamura Hironaru Sugamoto Kazumi Shimizu
岡本 暢宏^{*4} 三戸手 文明^{*5} 皿海 慎也^{*6}
Nobuhiro Okamoto Fumiaki Mitote Shinya Saragai

要 約

近年の当社の新車開発は、MDI-I (Mazda Digital Innovation) により、目標とする開発期間の短縮を達成し、今後はMDI-I の継続として、更なる高品質な商品の提供が求められる。MDI-I でデジタル開発基盤の整備が完了したためMDI-I では、バーチャル開発の適用拡大により業務の品質とスピードを更に高めることが必要となった。そのために、バーチャル開発の核となる3次元のCADデータ(以下CADデータと呼ぶ)の質を業務適合できるよう変革した。CADデータは、解析・生産性評価・設計等の領域で積極的に活用される機会が増え、データ利用部門がCADデータに求める品質・情報付加の要求も高まってきている。

これらの要求に応えるために、設計の効率化と設計品質向上：基本形状を作成するCADテンプレート(雛形)の開発、CADデータ品質向上：隙・干渉チェックの半自動化、溶接情報の自動設定と検証、CADデータ流通性の迅速化：生産、CAE部門の要求情報の付加等の改革を実施し、ボデー領域のバーチャル開発に適用した。本書では、それらの活動での取り組みについて説明する。

Summary

In recent years, through MDI-I (Mazda Digital Innovation), the development period for new models has been shortened as we aimed. From now on, higher-quality products need to be offered through MDI-I. Since the foundation of digital development has been built in MDI-I, the quality and speed of work must be enhanced in MDI-I by expanding the application of virtual development. To that end, we have innovated the quality of 3D CAD data (hereinafter referred to as CAD data), which is the core of virtual development, so as to adapt it to the work. As CAD data is increasingly utilized for analysis, manufacturing feasibility check and design engineering, users' expectations for the quality of CAD data and additional information it offers are rising.

In order to respond to those expectations, we have (1) improved the design efficiency and quality by developing a CAD template for creating basic shapes, (2) improved the quality of CAD data through semi-automatic check for clearance and interference and automatic verification of welding information, and (3) accelerated the circulation of CAD data by adding information required for manufacturing and CAE analyses and applying it to the virtual development of Body area. This paper describes the efforts we made in this innovation.

1. はじめに

昨今、多様化するユーザーニーズに合う魅力的で高品質な商品(車)をタイムリーに市場導入するには、開発の効率化と品質の向上の両立が必要である。また、試作車のない開発の初期段階で、性能・商品性および生産性等の目標設定や確認検証を実行するには、設計品質の良いCADデータを有効活用した開発が不可欠となる。

ボデー開発の一般的な考え方として、開発の流れを大きくバーチャル開発とフィジカル開発の二つに分けることができる(Fig.1)。更に、バーチャル開発は、設計要件・標準および基準の織り込み、CADデータ作成過程(インプロセス)と、作成したデータを用いて確認および修正を繰り返す検証過程に分けられる。CADデータ作成過程では、設計要件やモデリングノウハウをあらかじめ織り込んだCADテンプレートを構築しておくことで、早期に設計品

*1~6 ボデー開発部
Body Development Dept.

質の良いデータを作成できる。更に、半自動化により、隙・干渉や溶接情報のチェックを迅速に実行できる。検証過程では、詳細なCADデータと付加情報により、生産性検証・CAEによる性能評価といった様々な検証を迅速に実行できる。バーチャル開発でこれらの活動を繰り返すことで、出図図面の品質が高まる。

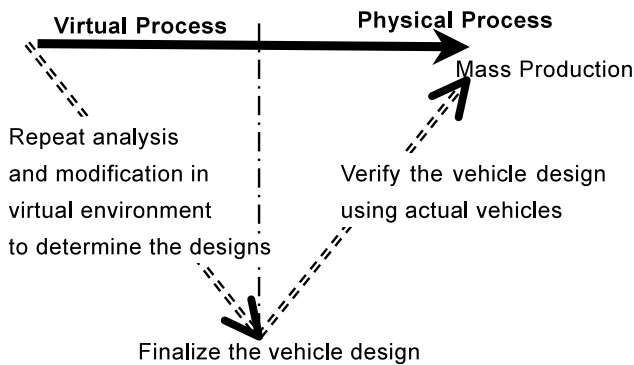


Fig.1 Concept of Vehicle Body Development

2. 設計の効率化と設計品質向上

2.1 CADテンプレートの狙い

前述のCADデータ作成のインプロセスで、必要な設計要件やモデリングノウハウを、早く漏れなく最小限のリソースでCADデータに織り込み、設計品質を向上させるには、あらかじめ設計仕様・要件およびノウハウをCADデータに織り込む仕組みが必要となり、CADテンプレートを開発した。また、簡単に仕様違いのCADデータを作成できることから、開発の初期段階で、仕様確定のための様々な設計検討にも活用でき、段階出図初期のCADデータの完成度を上げることができる。

2.2 CADテンプレートの仕組み

CADテンプレートとは、CADのモデリング手順が履歴として残ることを活用し、設計仕様・要件およびノウハウを形状要素毎に分解する履歴の房（CADの表示上、房状に見えることから）に、車種固有の情報としてあらかじめインプット（仕込み）したものである。車種固有の情報は、設計情報であるデータ作成用寸法をパラメータとし、その数値による制御が可能となり、開発車の育成が進む過程でパラメータの数値を変更することで設計変更時に、迅速に対応することができる。

Fig.2の部品の例で紹介してみよう。この部品は、3階層から成る履歴の房で、設計要件・生産要件および周辺部品との整合性情報が含まれている。第1階層では、周辺部品・断面強度等をパラメータとした履歴、第2階層では、生産要件に絡むフランジ角・寸法・Rの大きさ等の情報が仕込まれている。第3階層目は、局所的な形状として、板の重ね合わせの情報・シール要件等が仕込まれている。

このベースの房構造に、車種固有の情報を入れ込むことで、素早く設計検討やCADデータを作成することもでき

る。また、このCADテンプレートを活用すれば、派生部品も効率よく短期間で作成できる。

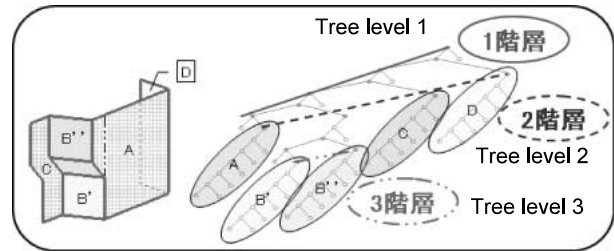


Fig.2 CAD Hierarchical Data Configuration

Fig.3の例では、CADの履歴構造を示しているが、別の親部品の履歴の一部をコピーし別の部品を作成している。これは、親部品の形状が変わればこの部品も同時に変わる。形状のフォローは自動でなされ、素早く設計品質の高い部品のCADデータ作成が可能になる。

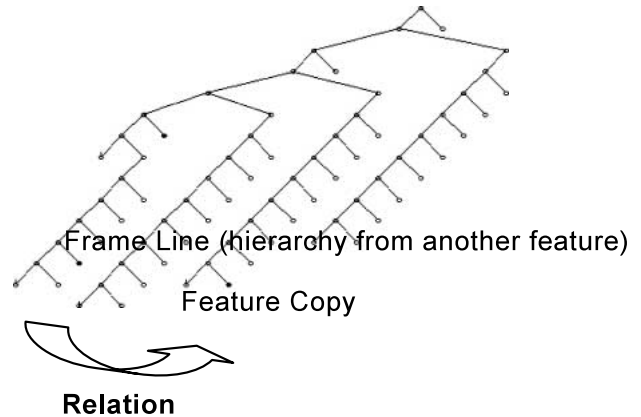


Fig.3 Creation of the CAD Data of a Part Using the Technique to Interlink the Data Sets

2.3 CADテンプレートによる効果

開発初期段階からスピーディに設計仕様・要件およびノウハウを織り込んだCADデータを提供することができるようになり、初期段階での300件から400件の設計要件の織り込み項目がすべて網羅できるようになった。またCADモデリング工数も従来に比べ半減した。更にモデリング手順が履歴として残るため、設計仕様・要件およびノウハウの根拠を容易に確認することができるようになった。

3. CADデータ品質向上

3.1 IU-DPA (In Unit Digital Pre Assembly)

CADデータを性能評価・生産性評価および量産準備業務で活用するためには、利用する側のCADデータ要件に沿って、周辺のボデーの板金部品との、隙間や接合といった位置関係の整合の取れたデータを提供する必要がある。一方、車のボデーは、数百もの板金部品で構成され、これをタイムリーにすべて部品ごとに検証するには多大な工数を費やす。当社では、ボデー系板金部品（以下ボデーシェル）間における隙・干渉、部品同士の接合面とスポット溶接（車体板金部品で多用される電気抵抗溶接）記号との

隙、およびスポット溶接作業時に必要な平面や溶接間ピッチに特化した検証を、IU-DPA (In Unit Digital Pre Assembly) と呼んでおり (Fig.4)、この検証を半自動化している。

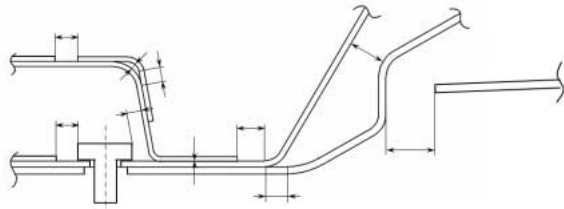


Fig.4 Body Shell Section

3.2 IU-DPAのプロセス化への取り組み

当社のボデーシェルのCADデータは、設計者とCAD担当者の2者により、協働で作成される。隙・干渉や溶接情報の検証も、以前はこの2者により進めていたが、検証の漏れや重複が生じていた。また、車種当たり5,000件を越える膨大なボデーシェルの隙・干渉や溶接検証に加え、部品同士が近接し、複雑な部品が多数接合面で接するため、どこまで検証を行ったか不明確なまま出図し、設計変更でやり直すという状況にあった。このような状況を打開し、出図精度向上による設計変更削減を目的に、ボデーシェルの隙・干渉・溶接情報に特化した検証プロセスIU-DPAの制定と車種開発適用を行った。

IU-DPAでは、設計者とCAD担当者双方の役割・責任と、ボデーシェル特有の検証手順を明確に定義した。また5,000件を越える検証を確実に実施するためのIU-DPAチェックシートを作成し、車種開発に運用した (Fig.5)。

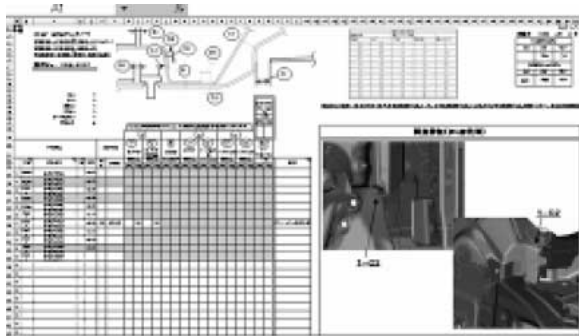


Fig.5 IU-DPA List

検証プロセス適用当初は、検証項目の多さと不慣れな検証手順から、25人のCAD担当者が、12.5日間検証のみ実施という工数的に厳しい状況にあった。

3.3 IU-DPA自動化への取り組み

出図精度向上の取り組みはCAE・生産技術部門による出図前データによる先行評価活動が挙げられる。当社におけるCAE部門では、ボデーシェルのCADデータを活用した解析評価の短期化に取り組んでいる。

こうした関連部門評価を確実にを行うには、開発初期からCADデータの精度保証が必要となってきた。

特にIU-DPAで検証する部品同士の隙・干渉や溶接位置について、その精度保証なくして解析評価の短期化は見込めない状況にあった (Fig.6)。

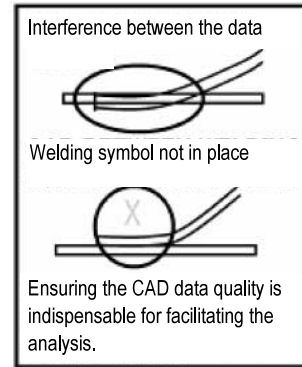


Fig.6 NG Sample

以上の背景から「開発初期からのCADデータ精度向上を通じた関連部門の評価促進」を目的にIU-DPAの早期実施を現在取り組み中である。

従来のIU-DPAは出図前に1回のみ実施していた (出図後はデータ変更箇所のみ検証) が、出図前のレイアウト活動期間で実施するには、これまでより確実、かつ効率良い検証が必要となった (Fig.7)。

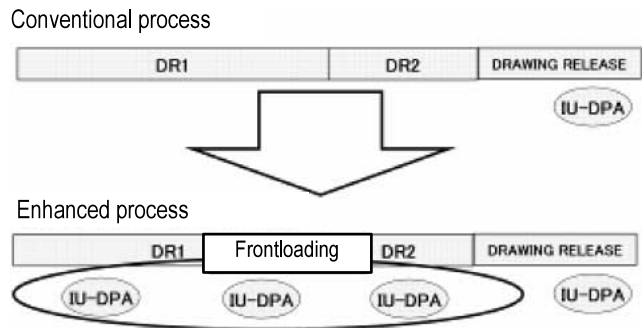
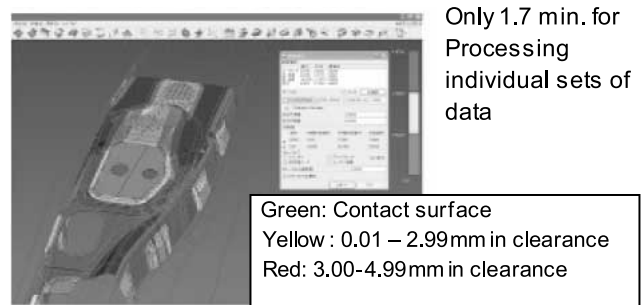


Fig.7 IU-DPA Process

その施策として、デザイン面開発ツールが保有するデータ同士のズレ・干渉を、高精度・高速度でチェックする半自動化機能を開発、活用した (Fig.8)。

Color-mapping technique for providing visual information on gap/interference between the data sets.



※IN THE PAST, IT TOOK 5 MINUTE FOR CONFIRMATION

Only 1.7 min. for Processing individual sets of data

Fig.8 IU-DPA System

また従来、ボデーシェル部品データはその厚みまで表現せず、片面のみ作成し、IU-DPA実施時にCAD担当者が、個別にデータをオフセットする等の追加作業を行ってきた。

しかし、オフセットデータをバッチ処理による自動作成を行い、デザイン面作成ツールが読み込めるデータに変換するシステムを併せて完成した。従来行った追加作業に時間を取られることはなくなった (Fig.9)。

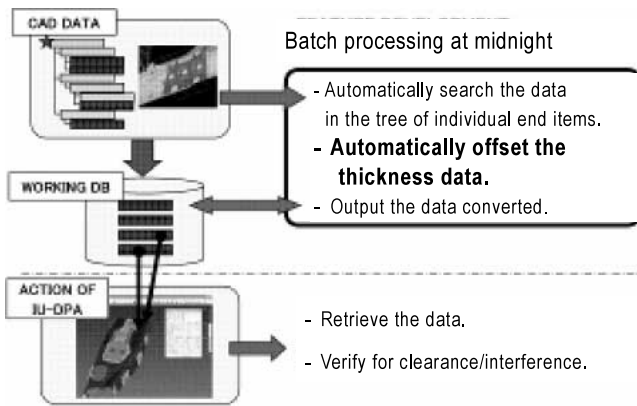


Fig.9 Calculation Flow

一方、溶接情報の自動チェックとして当社での生産要件である、溶接ガンのタイプ、溶接時に分流を起こさない溶接間ピッチおよび溶接作業に必要な平面 (Fig.10) をチェックするプログラムを自社開発し、現在車種開発に適用している (Fig.11)。

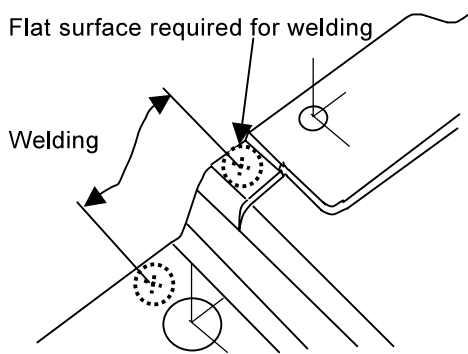
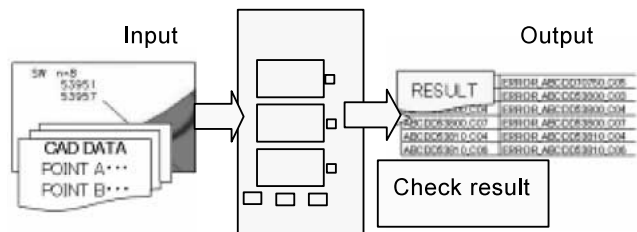


Fig.10 SW Design Requirement

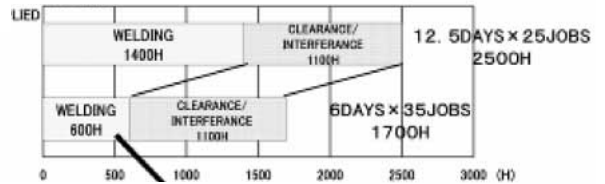


Spot welding Check System
Fig.11 IU-DPA List Program

3.4 IU-DPAプロセス・自動化による効果

IU-DPAの自動化により検証活動期間が半減し、約30% (800H) の効率化を実現した (Fig.12)。

Without automatic checking program



With Automatic checking program

Work efficiency has been increased from 1400 hrs to 600hrs by automatic checking program on the weld spots and the descriptions.

Fig.12 Work Improvement

図面出図後の設計変更を削減するという目的に対して、IU-DPAの実施は以下に示すような改善効果が顕著に表れてきた。IU-DPA未実施の車種は、部品同士の間・干渉防止対策として、200件前後の設計変更を行ってきた。これに対しIU-DPA実施車種では設計変更は数件以下にまで削減、現在は、ボデーシェル部品に起因とする隙・干渉による設計変更はゼロ件を継続中である (Table 1)。

Table 1 Design Change

	Without IU-DPA		With IU-DPA	
When	Until 2003		2005 and later	
Product programs	A	B	C	D
The number of engineering change	233	166	3	0

4. 3D CADデータの利用拡大 (CAE, 生産)

IU-DPAによりデータ精度を保証したCADデータを、関連するCAE・生産技術部門にて活用、開発初期からのバーチャル評価を促進させる取り組みについて述べる。

関連部門のバーチャル評価を促進させるポイントとして、次の二つに注力して取り組んだ。それは1) 従来2次元の図面で表現していた作業要領の指示を、3次元CADデータ化し、バーチャルファクトリーで活用可能とすること、2) 利用部門がCADデータを追加加工することなく、自動評価ツールなどでそのまま活用できることである。

ここでは塗装シールの3次元形状化とボデーシェルを接合するスポット溶接における情報提供のシステム化について述べる。

4.1 塗装シールの実体形状化

従来の塗装シールは2次元の図面による塗布要領を指示する絵の情報のみであった。このため設計側の意図が正確に伝わらない、試作を作って初めて作業困難な状況に気付く、といった問題が発生していた。

塗装シールの実体形状化は、塗装技術部門による生産設備設計、塗装工具の隙・干渉検証、更には作業性検証を促進し、塗装シールに関連する問題を早期に解決できるようになった。

現在では、塗装シールやアンダーコート等を含め、8種類の塗装要領図の実体形状化と生産技術部門でのデータ評価を行っている (Fig.13)。

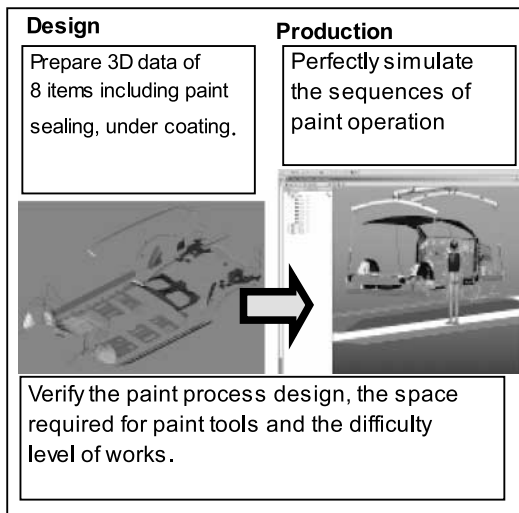


Fig.13 Moving Up Design and Verification of Production Facilities by Preparing the 3D Paint Sealing Data

4.2 スポット溶接打点データ作成・検査支援システム

前出の溶接情報自動チェックシステムは、打点データ作成機能も備える。

従来のスポット用CADデータは、情報不足や作成ルールの不統一により、そのままのデータでは評価に活用できず、後工程で多くのデータの修正や評価の停滞・手戻りが発生していた。

この問題の解決策として、後工程の要求を取り入れたスポット溶接打点データの作成および検査を行うシステムの実現に向けた業務整備、システム構築および適用の3段階の活動を実施した。

業務整備では、後工程であるCAE・生産技術・試作および設計の各部門におけるニーズを調査し、CADデータに具備すべき情報・要件を決定した。その決定事項を基に、CADデータ構成や注記の記入要領等のデータ作成ルールを決め、関連部門と合意した。

現在、関連部門に提供するCADデータに含まれる溶接打点の座標値や注記情報は、量産段階で車体の溶接の量産性検証や生産工程設計用データとして、転記の自動化で活

用されている (Fig.14)。

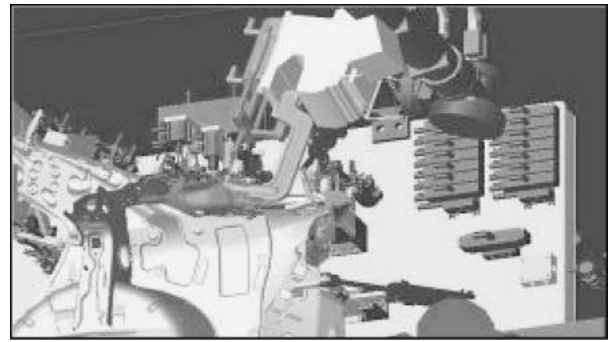


Fig.14 Spot Welding Production Process Verification

また、CAE部門では強度解析・車体剛性解析・NVH解析などの性能検証モデルの溶接要素自動作成に追加工することなく活用、解析評価の停滞なく設計へのフィードバックが実現できている (Fig.15)。

このツールの適用前は、CADデータ作成ミス約50%を溶接データの入力ミスが占めており、入力情報の事前チェックが必要だった。しかし、適用後はミスがゼロとなり、それまで行っていたその作業を廃止することができた。

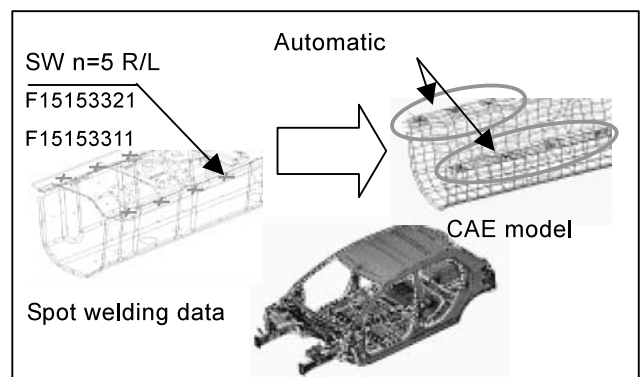


Fig.15 Body Performance Verification by CAE

本節で述べた活動で、設計・CAEおよび生産技術部門の開発効率の向上を実現した。

初期のCADデータの利用は生産要具 (型具・治具および検査具) 製作など限定的なものであった。それが、現在はこの章で述べたような取り組みを通じて、関連部門と連携し、開発初期からのバーチャル評価促進を通じた出図完成度向上を目指し、CADデータの利用がますます拡大しており、その期待も大きくなってきている。

5. 成果と今後の課題

5.1 取り組みによる成果

今回の取り組みによる成果は、開発のフロントローディングの進展への貢献である。具体的な効果をQCDで以下に述べる。

(1) 品質の向上 (Quality)

CADテンプレートの作成と活用により、CADデータへ

の設計要件の早期織り込みと確認が可能になった。また、IU-DPAや溶接データ作成検証ツール活用により、生産部門評価や溶接治具ティーチング用データとしてそのまま使えるCADデータの提供が可能となり、生産性検証や性能検証の実行およびフィードバックにより、出図図面の品質を向上させた。

(2) データ作成および利用側での効率向上 (Cost)

CADテンプレートの作成と活用により、データ作成の工数が大幅に削減された。また、それまでは生産部門において、溶接入力情報の事前チェックが必要だったが、その作業がなくなった。更に、CAE部門ではモデリングの手戻りが抑制された。データ修正等の作業やり直し、事前チェックやデータ追加工等の無駄な作業の排除、これらにより全社で約6,000時間の効率化を達成した。

(3) タイムリーなデータ供給 (Delivery)

CADテンプレート活用やIU-DPAの実行により、設計要件の織り込みとデータ品質を保証したCADデータが、バーチャル検証段階の初期から生産技術やCAE部門に提供が可能となった。この提供は、正式出図の前に3回行うことができ、生産評価や性能評価を終えたCADデータの出図を可能とした。

(4) その他の効果

本活動により付随した二つの効果がでた。1点目は、CAD担当者のモチベーション向上である。溶接データの作成は煩雑で地道な作業である。この精神的な負担は少ない。ツールを使うようになり負担感が軽減され作業意欲向上につながった。2点目は、新人でもミスのない作業が可能になったことである。ツールが作業をガイドしてくれるため、直ぐに使えるようになり、ミスも出ない。

5.2 今後の課題

昨今のクルマ開発を取りまく経済、市場要求等の環境変化は過去になく速く激しい。この環境変化の中でも影響されない口バスタな開発の定着と、変化に迅速に対応できる業務の変革にCAD活用の開発がいかに貢献できるかが課題である。

6. おわりに

今回紹介した自社開発したCADテンプレートやCADデータを活用した独自の隙・干渉の検証評価、あるいは、生産性やCAEとの連携が取れるデータ提供が実現できたのは、長年、CADデータがどう在るべきか、CADデータの使われ方はどうなっているかを、設計現場や、生産現場を赴きグループ員全員が追及したからである。

今後も更なる開発効率化と品質向上を目指しCADデータをあり方、使われ方を、CADの現場員が主導となって、全社的視点で変革していく所存である。

最後に、今回の取り組みに関して、多大な御協力を頂いた関係各位に深く感謝の意を表す。

著者



中村克宏



菅本大成



清水和己



岡本暢宏



三戸手文明



皿海慎也