

車両設計における 3次元 CAD の活用

Utilization of 3D-CAD in Design of Railway Vehicle

金原 弘道 Hiromichi KANEHARA
三井 健司 Kenji MITSUI

堀 裕一 Yasukazu HORI
小嶋 元寧 Motoyasu KOJIMA

3次元CADが鉄道車両設計に使われるようになって久しい。3次元モデルには2次元の図面に比較して非常に多くの詳細情報が含まれるため、設計者はより明確に製品情報を伝達したり、複雑な部品形状やアセンブリを視覚化したりすることができる。本稿では新津事業所での事例を中心として鉄道車両設計における3次元CADの活用状況を紹介する。

1 はじめに

皆様はワープロが普及し始めた当初のことを覚えておられるだろうか。手書きの文書に比べて綺麗な文書を誰でも作れるようになり便利になった。初めは清書機能が注目されていたが、本質的には保存・編集機能がより重要なものであり、パソコンの普及ともあいまってその後の文書作成の仕組みが大きく変わってきた。

設計図面についても1990年頃から2次元CADが普及し出して従来の手書き図面にとって代わられるようになった。2次元CADはワープロと同じで手書きによる製図を電子化した位置付けであるため、データの主体は単なる『線画』だが、ワープロと同様にその保存・編集機能により設計者の仕事も変わってきたと言える。引き続き登場した3次元CADは立体的な形状を作り出し、それを空間上に配置していくものであり、データの主体は立体的な『もの』となる。3次元CADは、1990年中頃から2000年にかけて普及し、2000年以降は比較的low価格なソフトが普及したこともあり、幅広い業界で開発者や設計者を中心に利用されてきている。

新津事業所ではJR東日本新津車両製作所時代の2005年に車両設計に3次元CADを導入し、試行錯誤しながらも徐々に活用範囲を広げてきた。本稿では、新津事業所における3次元CADの活用状況を紹介する。

2 3次元CADとは

2.1 概要

3次元CADは物体の形状を立体的に描くことによって、複雑な形状や曲面などを視覚的にわかりやすく表現することができるツールである。今までの2次元CADは手書きによる図面を電子化した位置付けであり、2次元図面から実際の3次元形状を頭の中で想像することが必

要だった。それに対し、3次元CADは立体構造のモデルであるため正確な立体形状の把握が容易であり、より製品の実態に即した検討を行うことが出来る。(図1)また、実際の組み立て手順や、動作機構の動線確認ができるため、工業製品の試作やプレゼンテーションの分野で幅広く利用が拡大している。

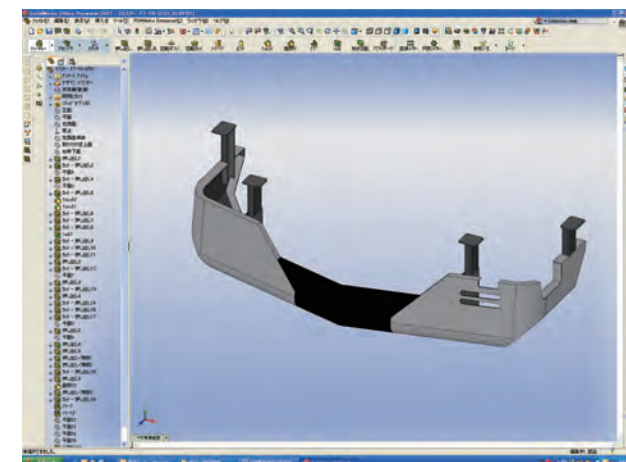
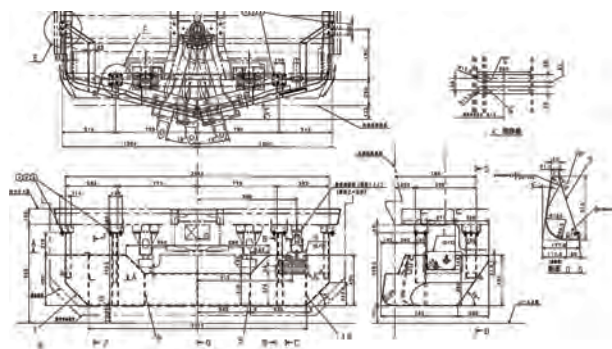


図1 2次元CADと3次元CADの比較下部オオイの例)

2.2 3次元CADの特徴と主な用途

3次元CADは立体をそのまま立体として表現できるこ

とが最大の特徴であり、その活用のメリットとしては以下の3点が挙げられる。

- ① 2次元図面では確認しにくい、部品の干渉チェック・可動部の動作範囲チェックが可能である
- ② 2次元図面では表現しにくい曲面形状の設計が容易である
- ③ 複雑な形状を正確かつ効果的に情報伝達できる

また、一度3次元モデルを作成することで材料特性の入力により重心や質量が自動計算されることや、任意の視点や断面形状を容易に2次元図面へ落とし込むことが可能になるなど、従来の2次元CADでは考えられなかったようなことが可能になった。

国内の自動車業界や電機業界ではこれらのメリットを活かすために早い時期から3次元CADの本格導入が進んでいるが、鉄道車両業界ではあまり活用が進んでいないのが現状である。一方で、海外の鉄道車両メーカーでは比較的3次元CADとそのデータの活用が進んでおり、設計以外でもメンテナンス計画に活用した例や、製造組立時の作業指示に活用するなどの例がある。

3 新津事業所での活用状況

3.1 黎明期

鉄道車両設計における3次元設計の有用性を検証するため、同業他社での活用状況の調査、各種市販ソフトの機能比較、オペレータ教育等の準備を経て2005年よりSolid-MX, Solid Worksを各2ライセンス試行的に導入し、当時設計していた車両の2次元図面に加えて運転台下床下配管、前面オオイ、台車の3次元モデルを作成した。そして、第2章で述べたメリットが期待できる部分を中心に3次元CADを設計業務の一部に適用し有効性を確認した。具体的な適用例を図2～6に示す。

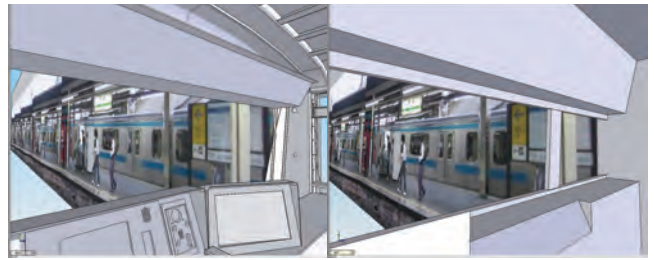


図3 車両の違いによる運転士の視野比較

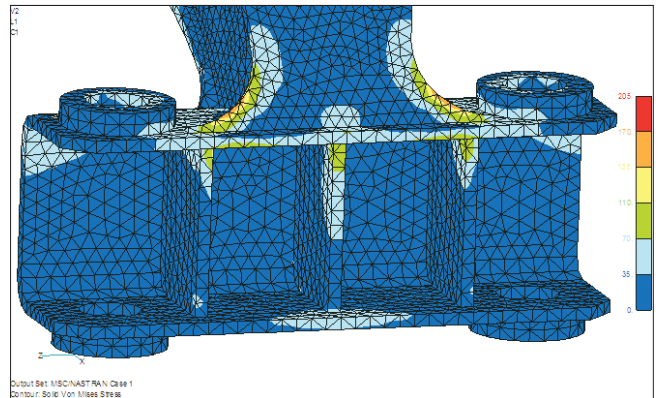


図4 強度解析を行うための形状データ作成 (台車・ブレーキテコ受け台の例)

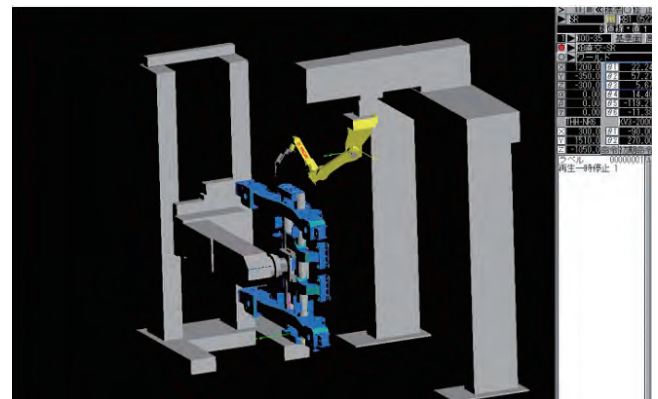


図5 溶接ロボットのプログラム作成 (台車枠)

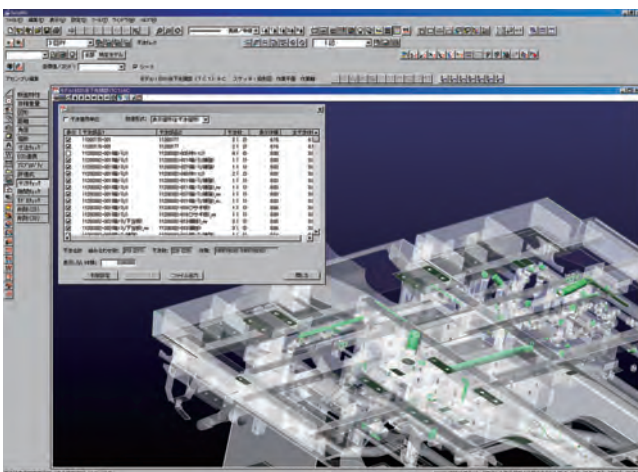


図2 配管と床下機器の干渉チェック

横バリ組立		CS72-B-03-04	
製造番号	車種	車号(製造号車)	部位
-	M 車		1

チェック日		年	月	日
チェック者				
No.	部品名	部品数		
1	ツナギバリ(ダンパー受け付き)			
2	ツナギバリ(U702/G2)			
3	備車箱ツリ受台			
4	主電動機受け(1)			
5	主電動機受け(2)			
6	ユニットブレーキ受け(X756)			
7	ユニットブレーキ受け(X755)			
8	安全受け			
9	主電動機受け座			
10	横バリパイプ			

図6 チェックシートのビジュアル化

このように、従来モックアップ製作を必要としていた分野でも、3次元モデルを作成することで干渉チェックや視野の確認など複数の設計検証が容易に実施できるようになり、設計不具合件数を減少させることに役立つことが確認できた。一方で、「これまでの設計業務に対し3次元モデル作成工数が増えること」、「次回設計を考慮した3次元モデルにしないと使い捨てになってしまうこと」といった課題も見えてきた。

3. 2 発展期～成熟期

上述の試行により3次元CADの有用性が確かめられたため、2008年よりSolid MXを2ライセンス、Solid Worksを6ライセンス導入し、設計業務の一部に3次元CADを本格導入することとした。

3. 2. 1 3次元設計推進体制の確立

3次元設計を確立するために、プロジェクトチームを編成して推進体制を構築した。メンバーの内訳は、リーダー：1名、車体設計：3名、艤装設計：2名、台車設計：2名の計8名の体制でプロジェクトを実施した。車体・艤装・台車のそれぞれの担当分野を分担してモデル化を進めることを基本とし、2週に1度程度の打ち合わせを実施して進捗管理やモデリング方法の情報を交換しながら進めていった。

3. 2. 2 モデリングに必要なインフラおよび環境の整備

3次元CADでは従来の2次元CADレベルでのメモリ容量とグラフィック性能では不十分であるため個人端末の能力を増強した。また、1車両のモデル化などの大規模な組立品をモデル化するためには複数人のチームによってモデリングを進める必要があるため、高速かつ大容量でバックアップ機能を持つサーバを構築してデータを一元管理する仕組みとした。

3. 2. 3 教育及び技術指導

プロジェクトメンバーの多くが3次元CADの操作に不慣れであったため、操作スキルを向上させるための教育プランを作成して部内講師および外部セミナーによる教育を実施した。この教育プランは新規配属者に対する基本教育として現在も引き続き実施している。

3. 2. 4 3次元モデル作成ルールの策定

3次元CADは多くの機能を有しているため、複数の部品モデルを組み立てて組立品モデルを作成する方法にもいろいろな方法がある。したがって、操作者の習熟度や

癖などにより複雑な組立方法で3次元モデル作成が行われると、別の操作者が編集できない事態が生じることがある。そこで、組立品モデルを作成したり、さらに上位のアセンブリモデルとする際の3次元モデル作成ルールを策定した。ルールの詳細は煩雑なので説明は省略するが、根本思想としては、

- ① 次回設計時の負荷を低減のために、設計者がモジュール単位で設計変更しやすいような手法で作りこむ
- ② アセンブリモデル作成の基本的な考え方は、設計変更に対する柔軟性という視点から、部品モデル同士の関連性は極力無くし、関連性を持たせるための参照物に関連性情報を付加させる

であり、これにより大規模なアセンブリモデルに変更を加える際に、他の箇所に影響が及ばないように安全・確実、かつなるべく簡便に構造変更をできるようにした。(図7)

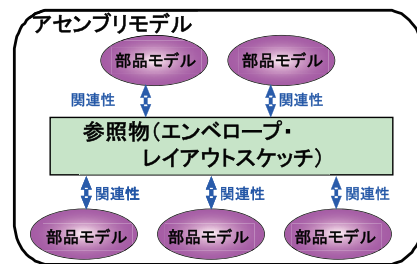


図7 アセンブリモデル作成の考え方

3. 2. 5 車両フルモデルの構築

プロジェクトメンバーが協力してE233系電車先頭車のフルモデルを作成し、各種設計検証に活用できるようにした。車両全体での部品点数(釘鉋類等除く)は14762点にも及ぶ大規模なモデルとなった。(図8)



図8 車両フルモデル

この3次元モデルを活用し、設計業務への適用拡大を図った。

(1) 任意断面の作成

2次元図面で苦勞していた点の1つに任意断面の作成

がある。3次元CADはモデル上の任意の断面をいつでも作成することができるため、各部における設計検証が容易となる。(図9)

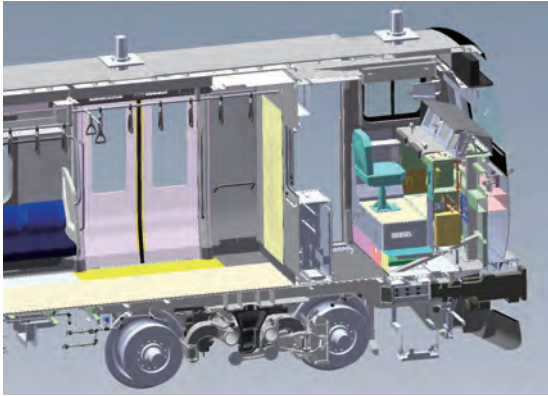


図9 先頭構体周辺の断面図

(2) カメラ機能

客室空間の見栄えや運転士の視野確認、防犯カメラの監視視野確認などで活用が可能である。2次元図面では絶対に検証できない機能であり、作成した3Dモデルを活用し、将来の設計における活用が見込まれる。(図10)

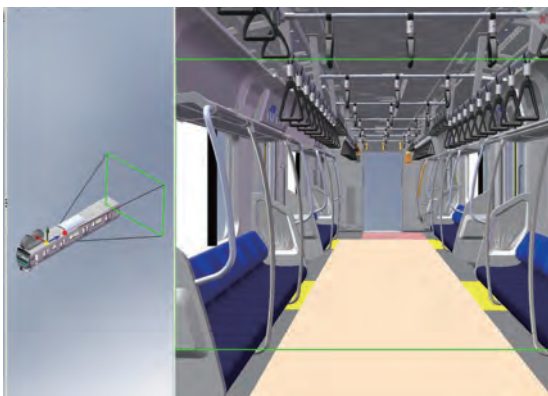


図10 客室内の見栄え確認例

(3) 資料作成に使用した例

会議等の資料は、今まで2次元図面などで提出していたために受け手が頭の中で考える時間を必要としていたが、3次元モデルを利用することによって視覚的に理解ができるため、効率の良いプレゼンテーションが可能になった。

また、構想設計で利用した3次元モデルを強度解析に利用して、それをそのまま2次元図面化をすることでミスの無い、効率のよい設計業務を行えるようになった。

現在では、

- 2次元CAD：システム図・基本図・詳細図・工作図・要領図の作成に使用

また、他メーカーとの協創設計時の汎用データとして

も使用

- 3次元CAD：干渉チェック、視野確認、構造検討強度解析等、設計初期段階の検討や設計不具合発生時のモデルを活用した検証に活用

と両者の棲み分けを図っており、新規に設計する車両については少なくとも1車種あるいは主要部分の3次元モデルを必ず作成して設計検証等に使用するなど、3次元CADは設計業務に必要不可欠なツールとして定着している。

4 おわりに

以上述べてきたように、3次元設計の有用性は十分にあることは明らかである。今後は設計のみならず製造現場でも3次元データを活用するため、3次元データ管理サーバの整備や携帯ディスプレイ端末を導入することを目指していきたい。

一方、鉄道車両業界全体を眺めてみると、各メーカーや鉄道事業者の足並みが揃っておらず、各社それぞれの戦略に基づいて効果が見出せる分野に対して適した3次元CADを採用しているのが実情である。そのため現状では2次元図面の作成も対外的に不可欠となっており、3次元設計のさらなる浸透を妨げているように思える。今後、鉄道車両メーカーが3次元設計を推し進めていくためには、部品サプライヤも含めて業界全体での3次元データの利用方法の標準化を図っていくことが課題である。

著者紹介



金原弘道
博士(工学)
生産本部
技術部(新津設計) 主査



三井健司
生産本部
技術部(台車設計)(元新津設計)



堀 裕一
生産本部
技術部(車体設計)(元新津設計)



小嶋元寧
生産本部
技術部(ぎ装設計)(元新津設計)