

3D-CADの変圧器への適用

🔗 3D-CAD, 設計ツール, 設計プラットフォーム

* 森健太郎 Kentaro Mori

* 西島俊幸 Toshiyuki Nishijima

概要

変圧器工場では1986年から3D-CADを導入しているが、2006年のCAD設備更新時に、当時最新のミッドレンジ3D-CADへ切り替えた。切り替え後は、これまでの20年以上にわたるCAD使用経験を生かし、独自の運用方法を構築してきた。これまでに培った運用方法と新たに導入した3D-CADを組み合わせることで、設計者の有効活用・設計期間の短縮・品質向上を実現した。CADの利用は設計部内にとどまらず、最近では製造現場やお客様との仕様打ち合わせにも活用し、製造生産性向上・カスタマーサービス向上に大いに貢献している。



ミッドレンジ3D-CADの活用

1. ま え が き

2006年当初まで使用していた3D-CADは、ソリッドでの表示処理速度が遅いことから、三次元とはいえ形状を輪郭線で表すワイヤフレーム表示で使用していた。そのため線と線が重なって表示されたり、本来見えないはずの線が見えるなど、対象物の形状を認識しにくい問題があり、不用な線を見えなくする作業の負担が大きかった。このような問題が生じないように、次世代のCADには軽快に動作する性能が必要だった。第1図に三次元モデル表示を示す。

また、変圧器の製作は一品一様の受注生産方式でありながら、「短期間での製作」が要求され、お客様仕様に対してスピーディに対応する必要がある。CADシステムは、これらの課題を解決するために有効な手段である。

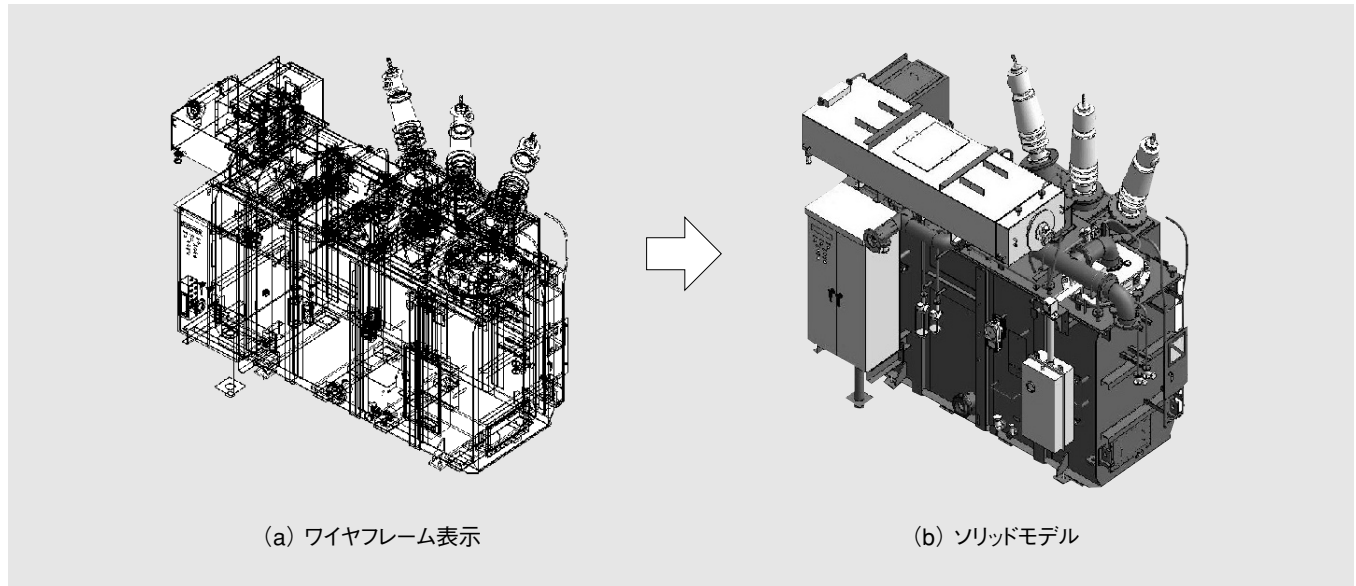
*変圧器工場

本稿では、当社の変圧器工場で使用している3D-CADの特長を簡単に紹介し、3D-CADの運用方法と適用事例を紹介する。

2. 3D-CADの特長

以下に、3D-CADの基本的な特長を示す。

- (1) 陰線処理自動化 3Dプランから2D製作への展開時に、自動で陰線を消去できる。
- (2) 構造の理解が容易 ワイヤではなく、実際の固まりとして表示されるソリッドモデルで設計するため、構造を簡単に把握できる。
- (3) 操作が容易 非拘束形（モデル製作時の作業の履歴や親子関係に制約されず、作りたい形状を自由に定義していくモデリングスタイル）のため、前設計者の操作履歴にとらわれず、自由な編集設計ができる。
- (4) データ管理が容易 データベースサーバを



第1図 三次元モデル表示
立体表示で構造が理解しやすい。

使用して、いろいろな部品データを共有できる。

3. 3D-CADの運用方法

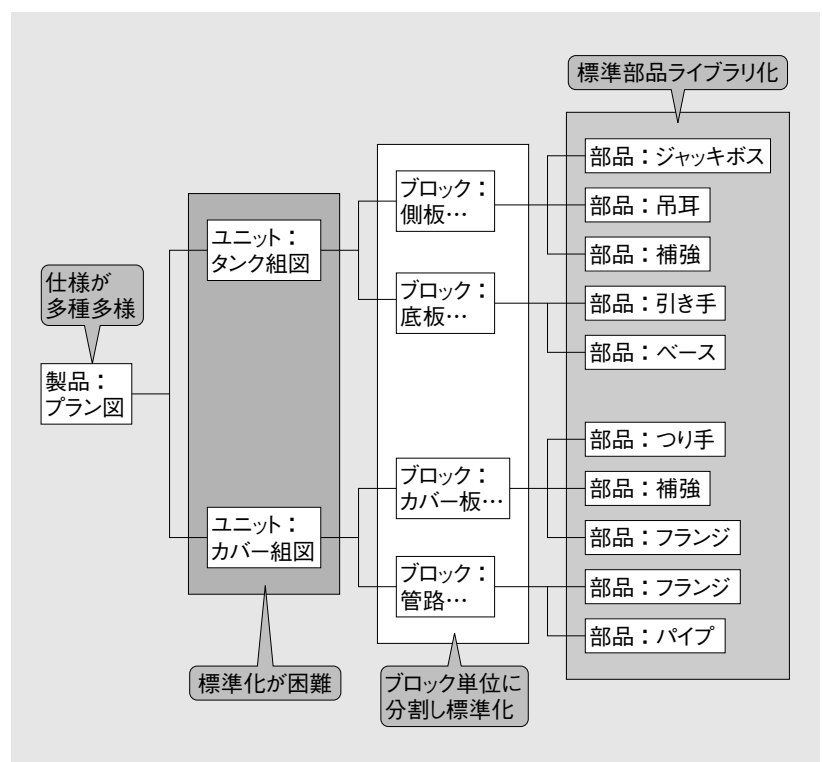
変圧器工場では、実際の設計作業に合わせて3D-CADに独自の運用方法を構築し、業務の合理化を図っている。主な運用方法について紹介する。

3.1 標準部品の三次元ライブラリ化

3D-CADは、標準部品データを作成後ライブラリ登録することで、これらの標準部品データをいろいろな案件に活用して、3Dモデリング作業時間の短縮を図ることができる。放熱器など製品ごとに寸法が異なる部品についてもCADのパラメトリック機能を持った標準部品として登録することで、一部の数値入力で部品データとして使用することができる。これらの部品データは読み込んで使用する。そのため部品が更新された場合には、その部品を使用している製品モデルにも自動的に反映される。これによって旧設計品を流用して編集設計した場合の間違いを防止できる。

3.2 BBS (Building Block System) 方式

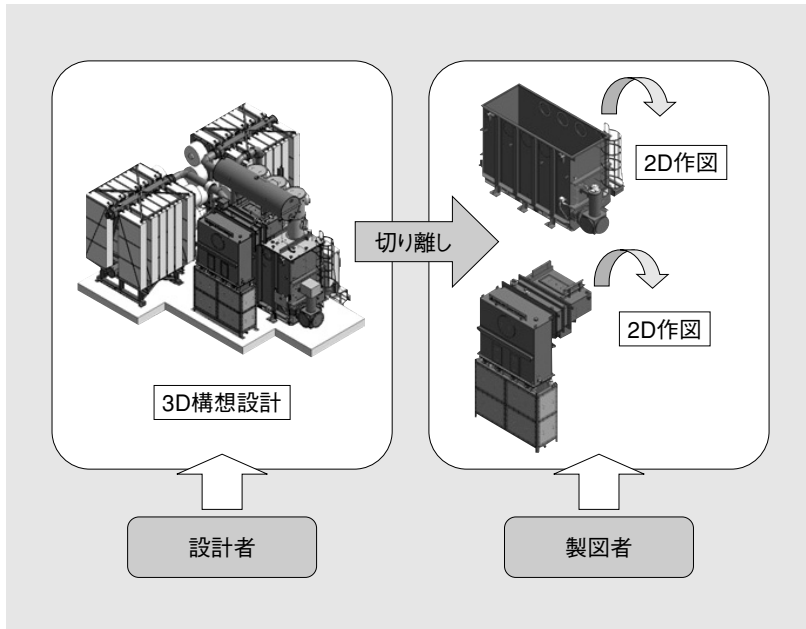
第2図にBBS方式を示す。変圧器はお客様仕様が多様多様のため、標準化が困難であった。そこ



第2図 BBS方式

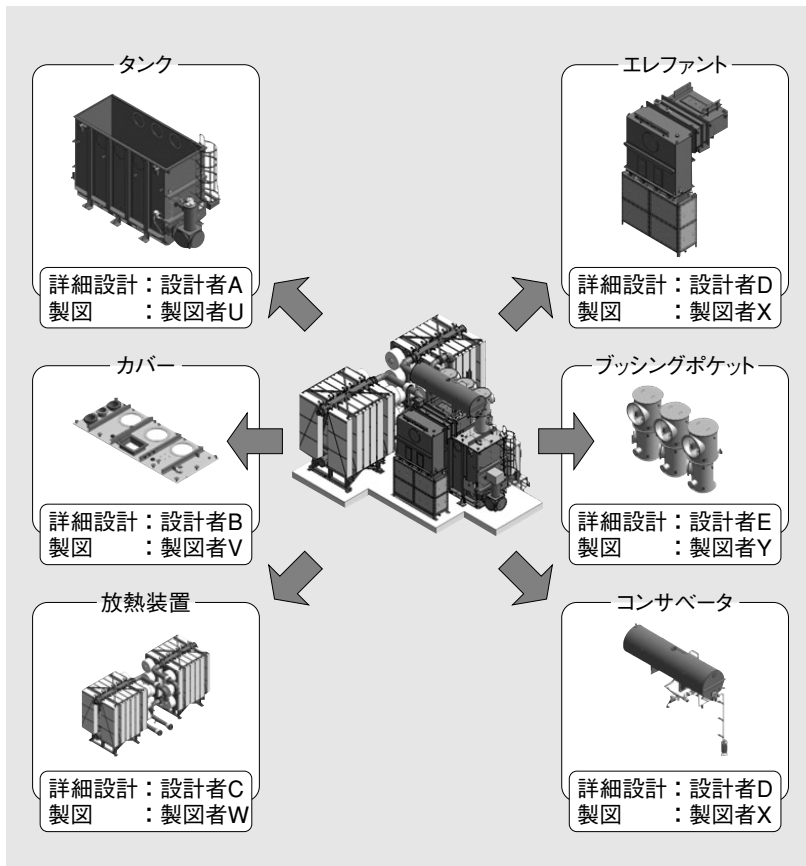
部品単品の上階層の集合体「ブロック」を標準化したものを示す。仕様ごとにブロックを準備し、読み込み・置換などを流用設計する。

で変圧器を、タンク・放熱器・ブッシングポケット・コンサベータなどいくつかのブロックに分けて標準化し、このブロック単位を使って組み立てていくBBS方式を以前のCADから採用していた。今回の3D-CADもBBS方式を基本としたもので、従来のモデリング思想を有効活用することができる。



第3図 3D作業と2D作業の切り分け

設計者の業務は3D構想設計、製図者の業務は2D作図である。3D-CADの機能を利用し、本来集中すべき業務に集中できるように運用化している。



第4図 設計業務の分業化

緊急対応などで短期製作が必要となる場合は、複数人の設計者で業務を分担し、並行作業が可能である。

3.3 設計作業の分業化

(1) 構想設計と製図作業の切り分け 第3図に3D作業と2D作業の切り分けを示す。設計者は、最

初から設計する新規設計か、旧設計品データを利用してユニット単位での寸法変化をするか、部品置換する流用設計とするかを選択し、3D構想設計を行う。一方設計者とは別に実際にものづくりで使用する図面を作る製図者は、3D構想設計からユニット単位で3Dデータを切り離し、詳細図面化を行う。設計者は3D構想設計、製図者は2D図面展開といった作業の分業化で、設計者の有効活用を図っている。

(2) 製品設計の分業化 第4図に設計業務の分業化を示す。案件の仕様を十分理解した設計者が、機器の簡単なフルアセンブルモデル^(注1)をプランモデル^(注2)として組み立て、そのプランモデルをユニット単位に分割し、ユニットごとに別々の設計者を担当させることで、超短納期を要求される案件を設計することができる。3D-CADの機能と運用システムを最大限に活用することで、設計期間の短縮が可能になった。

4. 3D-CADの適用事例

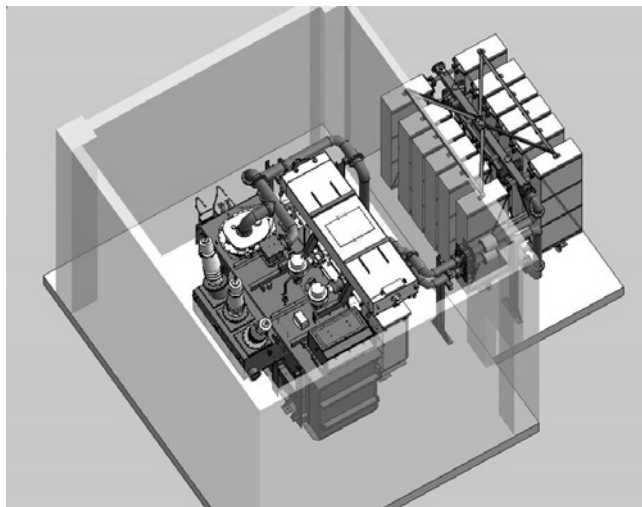
3D-CADの主な適用事例を紹介する。3D-CADは通常の設計以外にも、様々な方法で活用している。

4.1 機器の設置レイアウト検討

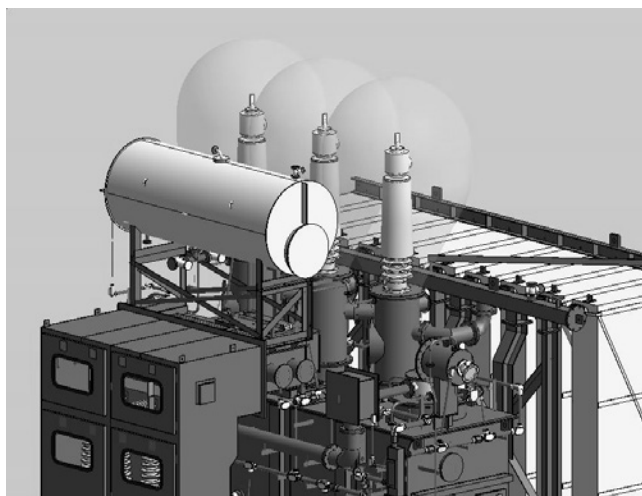
第5図に変電所建屋内の機器配置検討例を示す。変電所内建屋や基礎までを三次元モデルで作成することで、その変電所に合わせた配置検討ができる。同時に、機器の搬入・現地組み立て作業・メンテナンスのしやすさなどを検討することができる。

4.2 ブッシング気中絶縁距離の確認

第6図にブッシング気中絶縁距離の確認例を示す。ブッシングの気中絶縁距離の確認は、三次元空間上に絶縁距離範囲を作成することで、必要な寸法を簡単に視認できるため、立体的な配置検証を容易に行うことができる。



第5図 変電所建屋内の機器配置検討例
変圧器本体は建屋内に設置し、放熱装置は屋外設置の製品を検討した事例を示す。



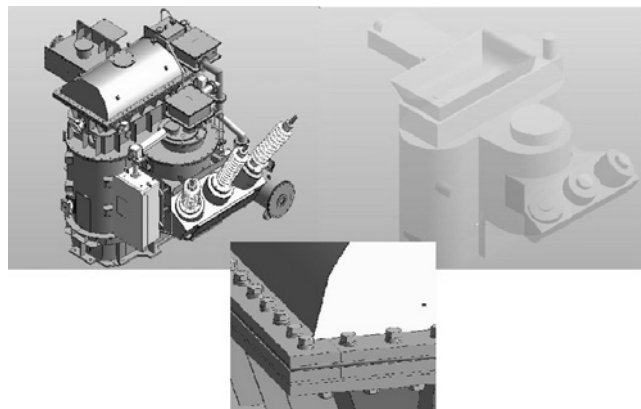
第6図 ブッシング気中絶縁距離の確認例
絶縁距離範囲のモデルを作成して、周辺部品と干渉しているポイントはないか確認する。

4.3 移動用変圧器の設計検討

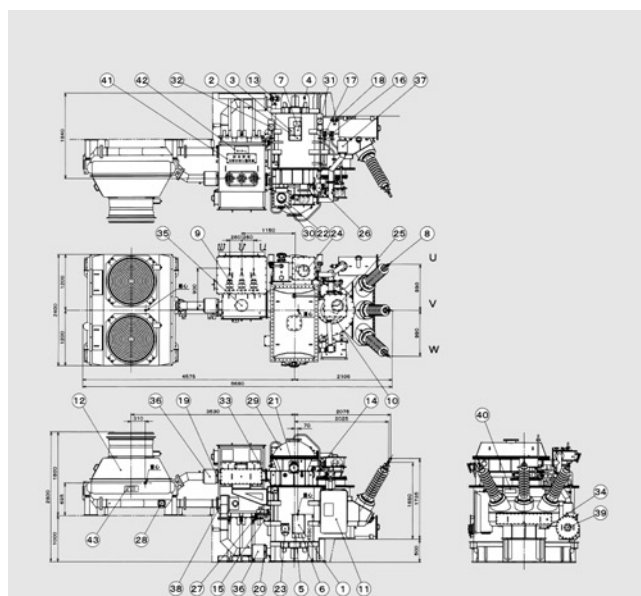
第7図に移動用変圧器の質量算出例を示す。緊急時に機動性が重視される移動用変圧器は、小形・軽量化設計のため、質量管理が重要となる。移動用変圧器を設計する際、鉄心・中身・タンク以外にも、通常は図面を必要としない絶縁油やボルトを詳細に三次元モデル化し、比重を与えて質量を算出することで、精度の高い質量管理を行っている。

4.4 設計DR (Design Review) への活用

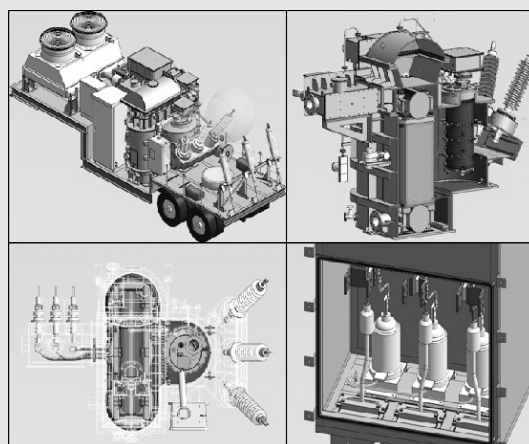
第8図に設計DR適用例を示す。DRは手戻りを防ぐため、製作図に取り掛かる前に行うことが望ましいが、図面がないと構造説明や細部の確認ができないという矛盾があった。



第7図 移動用変圧器の質量算出例
変圧器内部に充填されている絶縁油を3Dモデル化し、またボルトを配置するなど詳細にモデリングし、3D-CADの機能で質量を測定する。



(a) 従来のDR資料(図面)



(b) 現在のDR資料(3Dモデル)

第8図 設計DR適用例
3Dモデルで設計DR資料を大幅に改善した。3Dモデルを回転・透過・拡大しながら構造説明する。



第9図 製造現場への活用

製造現場に大画面モニターと3Dビューソフトをインストールしたパソコンを用意した。図面では構造が分かりにくい場所の確認が容易になった。

今回のCADでは、構造検討のために設計者が組み立てた3Dモデルを活用することで、二次元の製作図面作成前にDRを行うことができるようになった。また3Dモデルを使うことで、より現物に近い感覚で構造を確認できるようになった。

現在、中身設計や外装設計の構造関係は、CADパソコンとプロジェクタとの組み合わせで、三次元モデルを回転・拡大・部分表示しながらDRしている。

4.5 製造現場への活用

第9図に製造現場で活用している様子を示す。作業者がいつでも設計内容・構造を確認できるようモニターとCADソフトをインストールしたパソコンを現場に配備し、作業着手前及び作業中の構理解の向上を図っている。

また立会試験時、お客様に設計構造を説明する際にも有効で、構造の理解及び生産システムとしての取り組みを推進している。

4.6 お客様との打ち合わせへの活用

現在使用している3D-CADは、三次元データによるDRやプレゼンテーションが可能である。またお客様との打ち合わせでご希望いただいた内容をその場で検討することも可能で、お客様にとって分かりやすく、有効な打ち合わせが実現できる。

5. む す び

変圧器工場で使用している3D-CADの運用方法と適用事例について紹介した。今後は、応用範囲を更に拡大し、生産性・品質向上への継続的活動を行っていく所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

(注記)

注1. フルアセンブルモデル：全ての部品が集合した、製品の総組み立てモデル

注2. プランモデル：設計検討段階でのモデル

《執筆者紹介》



森健太郎 Kentaro Mori
変圧器構造設計に従事



西島俊幸 Toshiyuki Nishijima
変圧器構造設計に従事