

2D と 3D が相互連携したレイアウトのための CAD 機能開発

Development of CAD Tool for Layout with 2D-3D Interactive Functionality

荒瀬 高志*
Takashi ARASE

菅原 一志*
Hitoshi SUGAWARA

斉藤 肇*
Hajime SAITO

要 旨

工業製品の設計プロセスにおいて、特に仕様が確定していないなかで部品の形を決めていくレイアウト作業では二次元(以下 2D)上と三次元(以下 3D)上の形状を同時参照しながら検討し、それらの結果が相互に反映されていることが重要である。設計ツールである CAD(Computer Aided Design)にはこれらの作業が効率よくおこなえる機能が求められる。これに対して設計業務とその具体的な手法に基づき、CAD 上で必要な作業を 2D 上と 3D 上の作業の関係性に着目して整理した。そしてそれらを実現する新機能のコンセプトと機能要件を定義し、CATIA V5 標準機能として実現した。レイアウト機能と 2D と 3D の連携機能を併せ持つ新機能の活用により、構想からレイアウト段階のさらなる設計効率向上を可能にした。

ABSTRACT

In the process of designing industrial products, it is important to be able to review designs while referring simultaneously to 2D and 3D forms, and to be able to mutually reflect the results of these reviews in both 2D and 3D, in particular during layout work when the shapes of parts are formulated before specifications have been established. Functionality helping to enable these procedures to be conducted efficiently is demanded of the design tool, computer-aided design (CAD). Based on design procedures and the concrete methods employed in them, the operations that can be considered as necessary in CAD were outlined with a focus on the relationship between operations in 2D and 3D. A concept and functional requirements were formulated for new functions enabling these operations to be conducted, and these functions were realized as standard CATIA V5 functions. The use of these new functions, combining layout functions and 2D-3D association functions, has increased the efficiency of the design process from the concept stage to the layout stage.

1. まえがき

近年のコンピュータの著しい性能向上によって、自動車やオートバイなど大規模アセンブリの設計、製造において 3D モデルの活用が広がっている。そのため、3D CAD システムが製品開発の競争力となる設計プロセスの効率化に果たす役割はますます大きくなっているといえる。

3D CAD はフィーチャーベースパラメトリックモデリング概念の導入により大きな進化を遂げた。パラメトリックとは、最終形状だけでなく形状を作成し制約する条件(寸法値だけでなく、寸法化されない数値ないし設計意図などの非数値の条件を含む)を取り扱い、これを変更することにより多様な設計変更に応える技術である。また、フィーチャーとは形状をエッジやフェースなどトポロジー単位で編集するのではなく、例えばボスやリブのような意味上のまとま

りを持つ 3D 形状を一つの単位として取り扱い、さらにこれらを作成順に履歴として保持することで形状変更時の作業性向上に寄与する技術である。これらの技術を備えた 3D CAD によって、CAD モデルに設計意図やノウハウ、製造工程で活用する情報などを内包させることができるようになったほか、設計変更時に制約条件を保持したまま形状再構築の自動化が図れるようになったことで、3D 形状作成工数の削減が可能になった。

ただし、これらの技術をうまく使いこなせるか否かはユーザーがどこまで設計変更を見込んだ 3D モデリング手順を構築したかで左右されることが多く、設計業務と同時並行で適切な 3D モデリング手順を検討することの難しさがこれらの技術を活用した設計効率の向上にとっての課題となっている⁽¹⁾。

Honda においては基幹 CAD として CATIA を使用して

きたが、より一層の製品開発のフロントローディング化と3Dデータによる一気通貫を目指し、バージョン4(以下V4)からバージョン5(以下V5)への移行と、V5が持つフィーチャーベースパラメトリックモデリング機能を活かした高効率な3D設計手法の確立に取り組んできた。

これらの取り組みの中で、部品形状が表現される3D空間とその断面形状や投影形状などが表現される2D空間を同時参照しながら相互に矛盾のないように検討していく手法を効率よくおこなうための機能がV5に不足しているため、V5を活用した製品設計効率の向上に対し課題があることがわかった。

本稿では、まず製品開発における設計業務について説明する。そして、仕様が確定していないなかで部品の形状を決めていく構想、レイアウトの各業務にとって必要なCAD上での作業について述べる。それを受けて、それらの作業を効率よくおこなうために定義した新機能のコンセプト、ならびに開発した機能について紹介する。

2. 製品設計の現状とCAD作業

ここでは例として自動車の車体開発の設計業務と具体的なCAD上での作業について説明する。

2.1. 製品設計における主な業務

設計業務は開発開始から順に構想作業、レイアウト作業にわけることができる。

構想作業とは、作業の前提となる情報を入手しそれを基に設計上要求されていることを整理して、それをどのように実現するかを企画することである。ここで作業の前提となる情報とは、スタイリングスケッチやクレイ測定データ、パッケージング、過去の部品、新技術などである。構想作業の結果として、部品構成や配置を視覚的に表した図、代表的な投影面や断面における基本的な形状定義を作成する。Fig. 1に構想作業の結果の一例として、テールゲートの部

品構成図を示す。

レイアウト作業では、構想作業の結果がさまざまな要件に対して成立するように部品の基準となる部位の位置や形状(以下レイアウト)を決め、それらを基に製品形状を作成していく。前半の作業を基本レイアウト、後半を詳細レイアウトとわけて呼ぶこともある。さまざまな要件とは部品間、工具とのクリアランスや製造のための成形性、組み付け性、コスト、重量、法規など多岐にわたる。必要となる情報はデザインデータ、構想検討結果、周辺部品の基本レイアウトなどである。Fig. 2(a)は基本レイアウト時のテールゲートヒンジ部の断面検討例を、Fig. 2(b)は詳細レイアウト時におけるテールゲート内部フレーム作成の作業例を示す。

レイアウトを決めていくプロセスは形状定義の仮決め(以下仮設定)、仮設定した形状が各種要件を満たすかの確認(以下検証)、検証結果の仮設定への反映の繰り返しである。この繰り返しを時には部品の複数箇所でも同時におこなったり、あるいは一箇所あたり複数案で進めたりする場合もある。

レイアウト段階では、デザインデータや周辺部品の基本レイアウト変更への対応や、各種要件達成の観点からの形

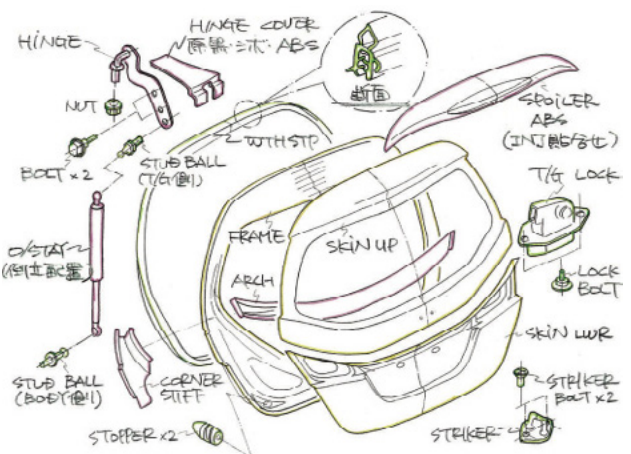
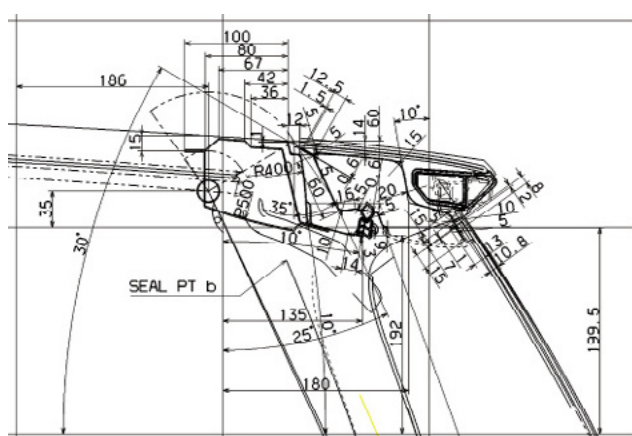
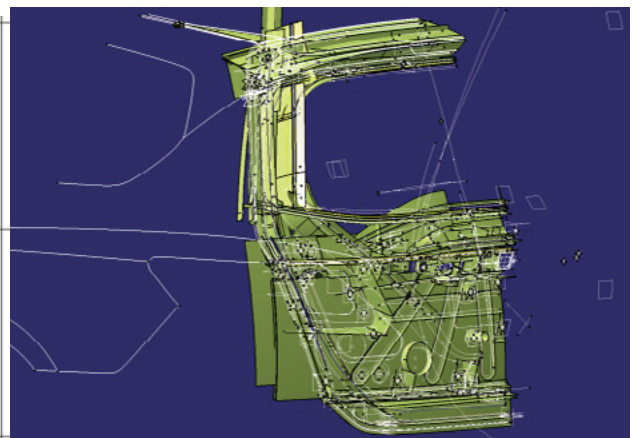


Fig. 1 Concept of parts structure



(a) Rough layout (hinge section)



(b) Detail layout (frame)

Fig. 2 Layout

形状定義の見直しは頻繁に発生する。このように自他共に変動が多くかつ時間が限られた状況下で、設計者は最適なレイアウトを求め、部品形状を作成する必要がある。

そのためには周囲や自己の状況変化を速やかに自部品の検討に取り込み、仮設定を修正し、再検証をおこなえることが重要である。

2.2. 2D上や3D上での具体的な作業とその連携

ここでは2.1.で述べた各設計業務における具体的な検討手法とCAD上での作業について説明する。

2.2.1. 構想作業

構想段階においては代表的な投影面や断面上での検討が主体となる。その際、過去モデルや周辺部品の2Dでの基本形状定義や3D形状を重ね合わせて表示し、参照しながら自部品の検討をおこなうことは重要で、これにより早い段階で周辺との調整が必要なることを認識できたり、また過去の設計ノウハウを参考にした形状定義案を作成すること

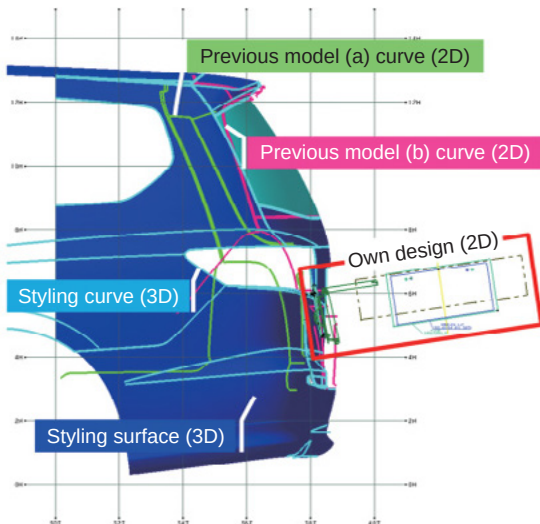


Fig. 3 Overlay

ができる。Fig. 3は他部品形状の重ね合わせ作業例で、過去モデルの2D形状と、外形デザイン(3D形状)を重ね合わせた上で自部品であるライセンスプレートのレイアウト検討をおこなっている。

また、基本的な形状定義の考え方や方向性などを関係者にわかりやすく説明するために寸法や注釈、補助線など(以下アノテーション)を記入したり印刷したりすることは情報共有や調整のために不可欠であり、2Dデータはこれらの点からみても取り扱いに優れる。Fig. 4に各種アノテーションが付与された2D上のレイアウトの例を示す。

2.2.2. 基本レイアウト作業

基本レイアウト時の基準形状作成や位置決めにおいても2D上での作業は多く、デザインデータを基準として三角法に基づき側面図、平面図、背面図などの投影図(以下ビュー)や断面図(以下セクション)を作成、配置し、さらに構想段階と同様に他の形状をビューやセクションに重ね合わせて参照しながら仮設定、検証を繰り返す。

ただし、その結果は正しく3D上の位置や形状として反映させる必要があるため、3D上での作業も増加する。Fig. 5(a)

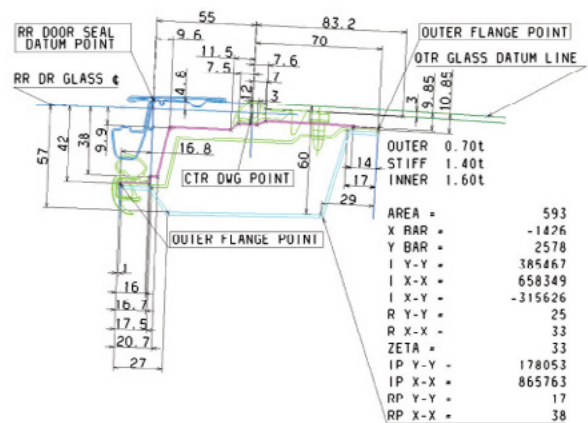
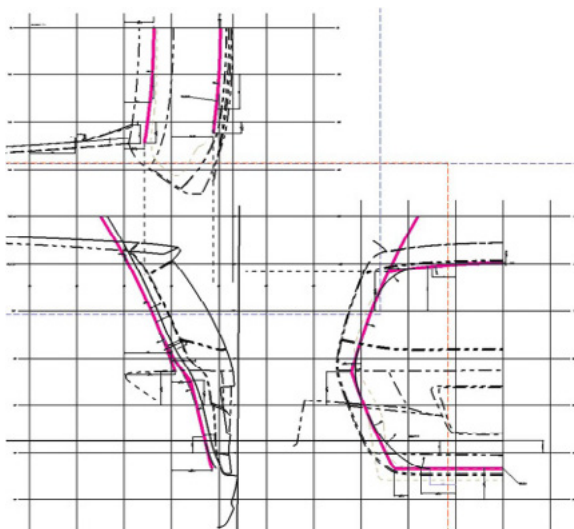
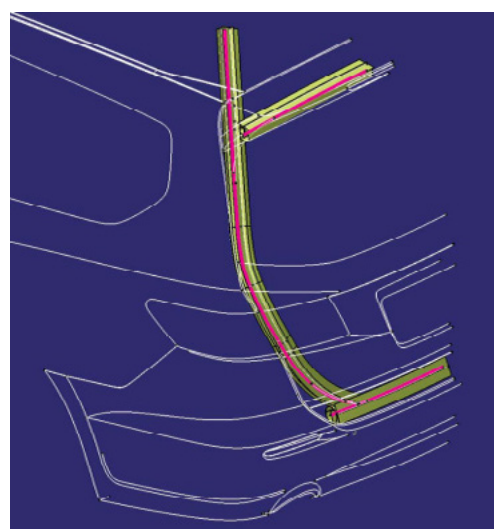


Fig. 4 Annotated 2D layout



(a) 2D layout



(b) 3D geometry from 2D layout

Fig. 5 3D geometry creation from 2D layout

ではデザインデータを基準としたビューを配置し、各ビューでシール部分の基本形状を作成している。また、Fig. 5(b)ではそれらを基に 3D 上で合成カーブを作成し、そこからフレーム形状の検討をおこなっている例を示している。

2.2.3. 詳細レイアウト作業

詳細レイアウトに入ってくると部品形状の作成作業が増加するため主体となる作業空間が逆転し、3D 上での仮設定、検証が多くなる。ただし、作成した 3D 形状が基準となるビューやセクション上で各種要件を満足しているか確認するため、2D 上での作業も必要である。

また、この段階においても基準としていたデザインデータや周辺部品等の変更は発生し、3D データの変更を 2D 上のビューやセクションへ正しく反映した上で 2D 上の設定自体を見直さなければならない場合もある。Fig. 6 はデザインデータ変更による 2D 定義修正の例で、ここではガラス形状の変更を 2D 上に投影し、内部構造の形状を修正している。

これらの検討手法と作業形態から、2D 上での作業と 3D 上での作業は密接に連携していること、設計プロセスが進行していくのにしたがって主体となる設計空間が 2D から 3D に移行していくことがわかる。

2.3. 構想・レイアウトに必要な作業

2.2. で説明した構想、レイアウト段階で必要な作業を以下に整理する。

- (1) 各種ビューやセクションを図学に基づき配置する [Fig. 5(a)]
- (2) 2D 形状にアノテーションを追記し、必要に応じて印刷する (Fig. 4)
- (3) 2D, 3D 問わずビューやセクションへ重ね合わせて参照する (Fig. 3)
- (4) 2D 形状に基づき 3D 形状を作成し、2D 形状に発生した変更は 3D 形状へ反映する (Fig. 5)
- (5) 3D 形状に基づき 2D 形状を作成し、3D 形状に発生した変更は 2D 形状へ反映する (Fig. 6)

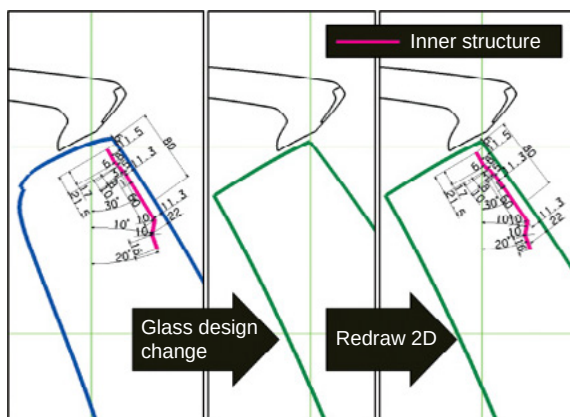


Fig. 6 Modification of 2D data due to styling design change

構想段階では(1)から(3)の作業が多く、レイアウト段階では(1)から(5)すべての作業が必要である。つまり、これらすべての作業をおこなえることが CAD に要求されることであり、設計者がそれらを CAD を用いて効率よくおこなうことができれば設計効率そのものを向上させることができるといえる。

3. 既存 CAD システムの特徴と課題

これまでの CAD システムは 2.3. の作業すべてを効率よくおこなうことができなかった。以下具体的な課題を説明する。

3.1. V4 のレイアウト作業時における機能不足

V4 はスペースモード(3D)、ドローモード(2D)を持ち、ドローモードでは 2.3. の(1)から(3)の作業をおこなうための機能が充実し、2D 上でのレイアウト作業を効率よくおこなうことができた。また、AUXVIEW2 機能により 3D データを基準に 2D 形状を作成し、3D 形状の変更を 2D に反映する [同(5)] こともできた。

しかし、ドローモードで作成した 2D 形状のスペースモードへの出力(DRW->SPC)は可能なものの更新機能がないため 2D 形状に変更があった場合 3D 形状の再作成が必要だったこと、また一旦 3D 形状を作成すると変更が難しいなど 3D 形状作成機能も十分ではなかったことから、同(4)の作業やその後の 3D 上でのレイアウト作業を効率よくおこなうことができなかった。結果として図面に直結する 2D 形状作成が優先され、3D 形状がタイムリーに同期できなかった。

3.2. V5 のレイアウト作業時における機能不足

V5 は完成度の高いフィーチャーベースパラメトリックモデリング機能を持ち、基本的にはスケッチャー機能で寸法や幾何的な拘束が与えられた 3D 形状のベース(以下 2D プロファイル)を作成し、そこから各種ワークベンチを使い分けながら 3D 上でのレイアウト作業と進んでいく。スケッチャーは 3D 形状や他の 2D 形状を透過表示しながら 2D プロファイル作成が可能で、2.3.(3)の作業が可能である。また 2D プロファイルと 3D 形状は自動的に双方向の同期が可能で、具体的には 2D 形状変更の 3D 形状反映はスケッチャーワークベンチから他のワークベンチへ移動するだけで自動的におこなわれ、逆に 3D 形状変更の 2D 形状反映は「エッジを使用」機能で実現可能である。これらの機能性により同(4)、(5)の作業を効率よくおこなうことができる。

ところが、スケッチャー機能は単一平面上での 2D プロファイル作成機能であり、さまざまな位置で作成した複数の 2D プロファイルを同時に並べて参照することができな

い。さらに、作成したプロファイルに寸法は与えられるものの、テキストや表、各種シンボルを記入することができない。これらの機能不足によって同(1)、(2)の作業はスケッチャー上では不可能である。

一方、2D図面作成機能であるドラフティングワークベンチにはビューやセクションの配置〔同(1)〕、アノテーションの付加、印刷の機能〔同(2)〕と3D形状からの2D形状の作成機能〔同(5)〕が揃っているものの、2D形状から3D形状作成・更新機能がないこと〔同(4)〕、3D形状の重ね合わせ機能〔同(3)〕がないこと、3D形状と別ファイルになってしまうことなどから、これもレイアウト作業には適さない。

結局、V5でも同(1)から(5)のレイアウト作業を効率よくおこなうことができなかった。

4. 新機能のコンセプトと機能要件

2.1.において、自他共に変動が多くかつ時間が限られた状況下で最適なレイアウトを求めるためには仮設定、検証のサイクルを繰り返すことが重要なことを述べた。また2.2.において、2D上での作業と3D上での作業は密接に連携していること、設計が進行するにしたがって主体となる設計空間が2Dから3Dに移行することを説明した。これらは、設計初期である構想段階から設計後期である詳細レイアウト段階まで、2Dと3Dの連携した作業をできるだけ効率よくおこなうことが重要であることを意味する。

また、2.3.でまとめた構想とレイアウトで必要な作業は、2Dと3Dの連携した作業をおこなうために必要な機能性そのものを表している。

以上のことから、新機能開発にあたってのコンセプトを「構想設計から詳細設計まで2Dと3Dが相互連携した作業ができるCAD機能」と定めた。ここで2Dと3Dが相互連携できるとは、以下の機能要件にまとめられる。

- (a) 作図用と同等な2D機能
- (b) 2Dや3D形状の背景透過表示機能
- (c) 2D形状の3D形状への同期機能
- (d) 3D形状の2D形状への同期機能

これら(a)から(d)機能要件を満足する機能は2.3.で挙げたすべての作業をおこなうことができる。よってこれらの機能要件を基に開発をおこなった。

5. 2D レイアウト for 3D デザインの開発

4.の(a)から(d)の機能要件を持つ機能開発の前提条件として、V5上での動作が必須である。そのためV5開発元のダッソーシステムズ社と共同で開発を進めた。また開発期間短縮を図るため、可能な限り既存のV5機能を応用する方針とした。具体的には、2D側は同(a)の作図機能を

Table 1 2DLO functional advantages

Category	Item	V4	V5 SKT	V5 DRW	V5 2DLO
Layout functionality	Drawing functionality	Yes	N/A	Yes	Yes
	2D overlay	Yes	N/A	Yes	Yes
	3D overlay	Yes	Yes	N/A	Yes
2D and 3D associativity	2D->3D	N/A	Yes	N/A	Yes
	3D->2D	N/A	Yes	Yes	Yes

得るためにドラフティング機能をベースとし、同(c)、(d)の2Dと3Dの連携機能はスケッチャー機能を組み込むようにした。ただし同(b)については、作図機能と背景透過表示を同時に実現する既存機能が存在しないため新規開発とした。また、3D側については既存の3Dワークベンチに切り替えることとした。そしてこれらの機能をV5上で動作する標準ワークベンチとして実装した。機能名は「2D レイアウト for 3D デザイン」(以下2DLO)とした。Table 1に既存機能と2DLOの機能比較を、Fig. 7に2DLOの画面構成を示す。

2DLO ワークベンチを起動すると、部品データファイル(CATPart)内に2Dレイアウトシートが作成され、3D上の位置に関連したビューやセクションを作成し、Fig. 8(a)のように三角法に従い配置できる。アノテーション付加やシートごとの印刷も可能である〔4.の機能要件(a)〕。ビューやセクション上では2D形状が作成できると同時に「背景を表示」機能によって他のCATPartが持つビューやセクション、3D形状を透過して表示することができる〔同(b)〕。Fig. 9に二つの過去モデルのデータと、関係する3Dのデザインデータを自部品のセクションに重ね合わせている検討例を示す。

また2D形状は「3D プロファイル」機能によって3D形状として活用することができるようになり、2D形状の編集結果は更新機能により3D上へ即座に反映される〔同(c)〕。例としてFig. 8(b)では、Fig. 8(a)において各ビューで作

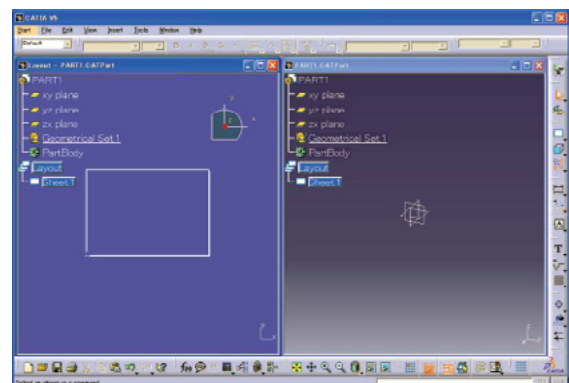


Fig. 7 2DLO screen structure

成した2D形状を基に3Dカーブを合成し、そこからフレーム形状を3D上で作成している。

さらに3D形状を基にビューやセクション上に作成した投影形状や断面形状は「エッジを使用」機能により3D形状が変更された際、更新機能により即座に最新状態へ反映す

ることができる〔同(d)〕。Fig. 10の例では、ガラス面のデザインが変更された際、そのガラス面を基に作成していたフレーム形状の断面定義が再作成なく自動的に更新されていることを示している。

これらのことから、2DLOは2D形状と3D形状を同時

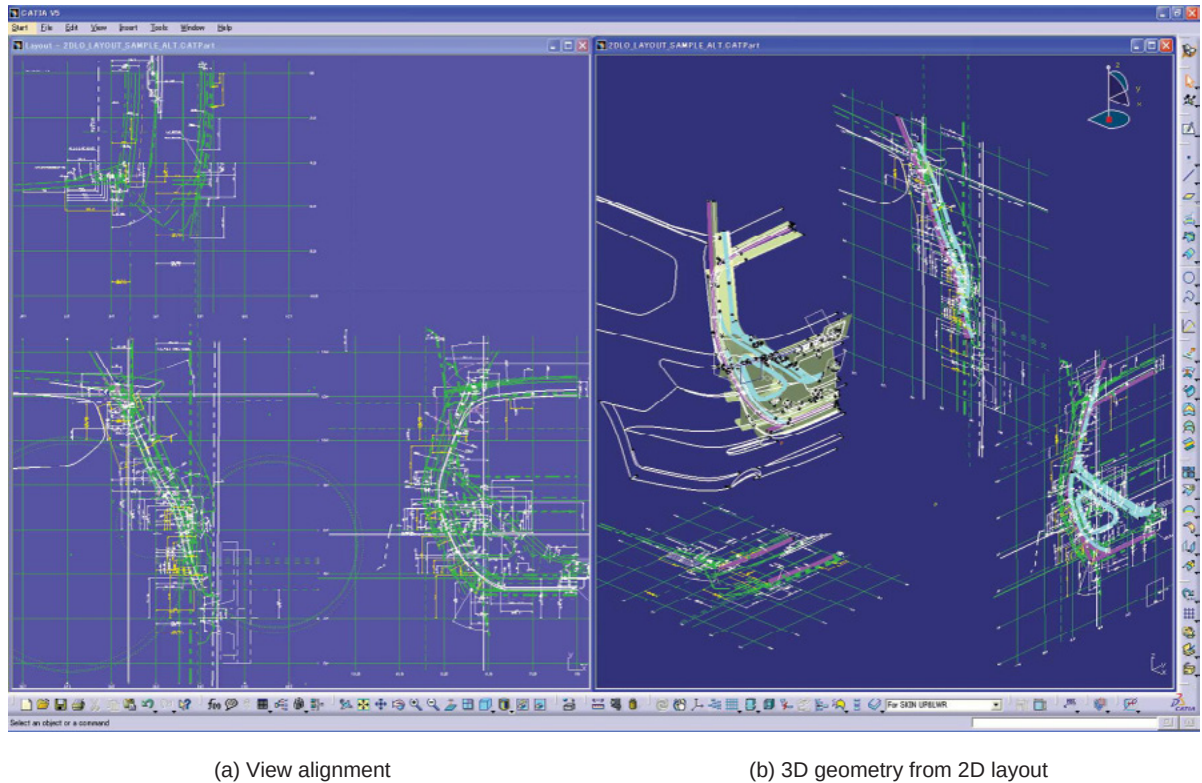


Fig. 8 2DLO 3D geometry creation from 2D layout

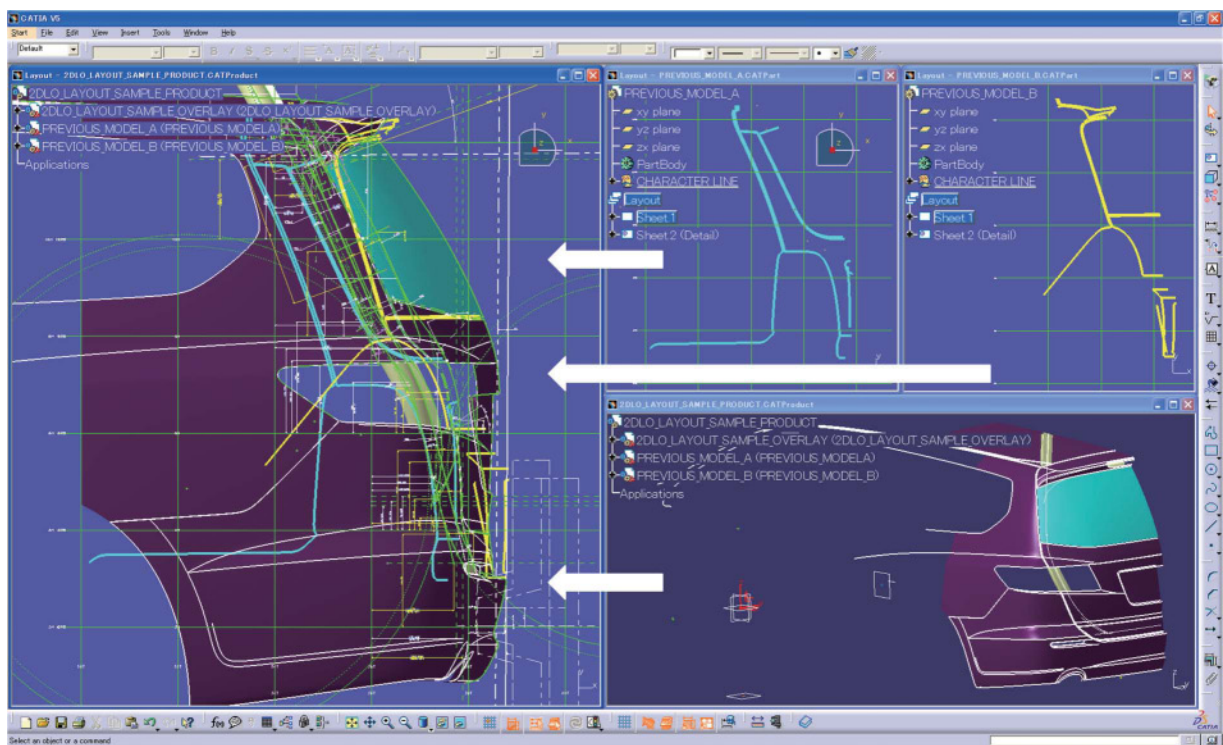


Fig. 9 2DLO overlay

参照しながらの作業と、更新機能による 2D 形状と 3D 形状の相互反映の両方が可能な CAD ツールであり、構想作業やレイアウト作業において必要な機能性を満たしていることがわかる。

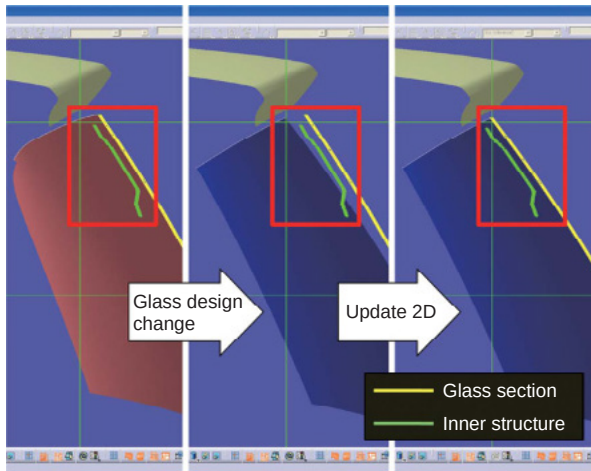


Fig. 10 2DLO Use-edge

6. 効果と活用状況

6.1. 製品開発プロセスにおける効果

製品開発における本ツールの効果は、主に以下の4点にまとめることができる。

- (1) 構想から製品 3D 作成まで同一機能で一気通貫できることによる作業効率の向上
- (2) 2D と 3D の不一致や基準修正によるデータ修正工数の削減
- (3) 構想、設計意図の共有を促進
- (4) 活用手法の多様さと同一フォーマットによる容易なデータ交換

(1)に関しては、構想、基本レイアウト、詳細レイアウトと、仕様や周囲の形状が不確定な時期から製品 3D データ作成までの幅広い製品設計業務において 2D 作業と 3D 作業が連携した効率のよいレイアウト作業ができるようになった。

(2)では、2D 形状定義と 3D 形状が同一ファイル内に保持できるため相互反映が容易で、2D と 3D の意図しない矛盾や不一致が起りにくくなり、対応漏れに起因するレイアウト作業のやり直しが減少した。また、デザインデータの変更や 2D 設定の見直しなど内外基準の変更による形状の再作成工数を削減できるようになった。

(3)に関して、2D 形状定義と 3D 形状が同一ファイル内に保持できることに加えそれらを同時に参照できることから、他者の作成した 2D と 3D が混在したレイアウトの可読性が向上した。これはレイアウト検討手法のノウハウ蓄積にも役立つ。また、3D断面や他レイアウトと自レイア

ウトを重ねた検討内容がそのまま印刷できるため、部門内でのチェックや他部門との調整の際の準備工数を削減できるようになった。

そして(4)では、本稿の例で挙げた車体系以外にも、2D 上での定義がより重要な領域では 2D 機能を主体に、逆に 3D 上での作業がより重要な領域では 3D レイアウトの透過表示による検証を主におこなうなど、さまざまな使い方を同一フォーマット上で実現できるため、それらの部門間でのデータ交換時の変換作業が不要になった。

6.2. 活用状況

開発のねらいとしていた 2D 上での初期検討をベースに 3D形状を連携して作成していく手法に加えて、比較的早期から 3D 上でのレイアウト検討をおこない、ビューやセクションへ透過表示して 3D 上での仮設定を 2D 上で検証したり、印刷して検討会や他部門との調整に使用するという手法も多く用いられている。

上記のようなレイアウト機能としての活用だけでなく、2DLO は一部部品の 3D 単独図(3DA)の印刷用 2D の作成 (Fig. 11)や、コスト計算のための板取図作成 (Fig. 12)などに幅広く活用されている。

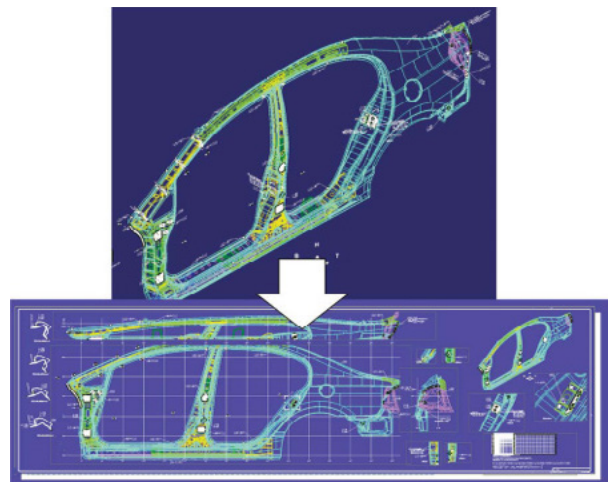


Fig. 11 2D viewing of 3DA for print

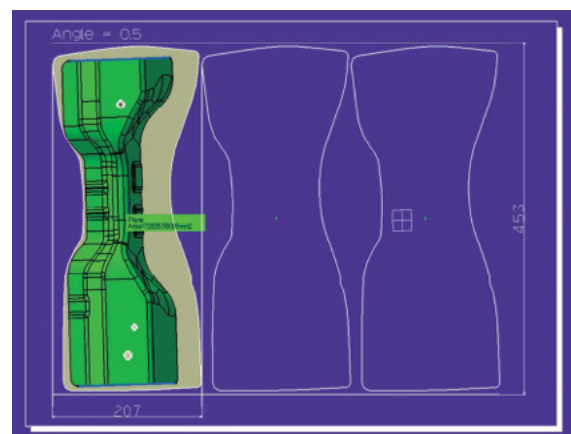


Fig. 12 Blank layout

7. まとめ

- (1) 設計業務において必要なCAD作業を明確にし、ビューやセクションの配置や重ね合わせなどのレイアウト機能と、2D と 3D が相互連携できる機能を兼ね備えたレイアウトのための機能コンセプト、機能要件を定義した。
- (2) コンセプト、機能要件に基づき開発した 2DLO の活用により、2D と 3D を同時参照し、かつ相互反映しながらの作業が設計初期段階から製品形状作成まで一貫して単一機能上でおこなえるようになった。
- (3) 2D と 3D を参照しながらの作業効率が向上したことに加え、従来と比較して形状再作成工数の削減も図れるようになり、設計効率全体の向上も可能にした。

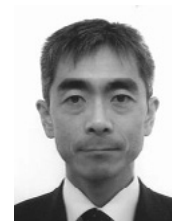
参考文献

- (1) 日経 CG 編：新 CAD の基礎知識，日経 BP 社，p.127-136(1996)

■ 著 者 ■



荒瀬 高志



菅原 一志



斉藤 肇