

3Dメディアを用いたトランスミッション設計手法の構築

Establishment of Design Method for Transmission by 3D Media

島田 宏美*

Hiromi SHIMADA

久保田 和*

Nagomu KUBOTA

石濱 陽一郎*

Yoichiro ISHIHAMA

内田 孝尚*

Takanao UCHIDA

要 旨

トランスミッションの製品開発において、3Dメディアを用いた設計を試行した結果、設計工数が増大する問題が顕在化した。このため、3D設計プロセスの構築、このプロセスに必要な3D CAD機能の開発、3D図面形態の確立、開発プロセスの見直しを含めた対策を研究し、レイアウトから製品図作成まで一貫して3Dメディアを活用する設計手法を構築した。新しく構築した3D設計手法での設計工数は、従来の2Dメディアを用いた設計以下を達成した。これにより、設計から製造までの高効率な開発システムが構築できた。

ABSTRACT

Design trials with 3D media in the product development of transmissions revealed that increased design times became a problem. Consequently, research was performed on measures to resolve the problem, including the building of a 3D design process, development of the necessary 3D CAD functions needed for such a process, establishment of 3D drawing rules, and review of the development process. Design methods were then built that utilize 3D media consistently from layout to product drawing. With use of the newly built 3D design methods, design time was reduced to the level of design using conventional 2D media or even less. This made it possible to build a highly efficient development system for use from design to manufacture.

1. まえがき

近年、自動車開発において開発効率向上を目的として、3Dメディアを用いた製品開発が急速に普及しつつある。3Dメディア導入により、設計から製造までの工程で、下記のような開発効率向上が期待される。

- (1) 3DモデルのCAEへの活用による設計検討精度向上。
- (2) 3Dモデルレイアウトにより、部品相互間の干渉検討精度向上。
- (3) ラピッドプロトタイピングを用いた実物での形状検討。
- (4) 3Dモデルの型製作用CAMへの活用(試作、量産)による、型製作期間の短縮。

当社のトランスミッション製品開発においても上記効果をねらい、トランスミッションの主要部品であるFig. 1に示すトランスミッションケースを題材に、3Dメディアを用

いた設計(3D設計)を試行した。しかし、本試行での設計工数はFig. 2の棒グラフに示すように従来2Dメディアを用いた設計(2D設計)に比較して、3.3倍増となる問題が顕在化した。このため、直ちに次の対策を行ったが、大きな工数削減にはならなかった。

- (1) 設計者への3D設計教育の再徹底
- (2) 3D CAD機能の向上



Fig. 1 3D model of a transmission

以上より、3D設計工数の削減と定着化には、設計手法の根本的な見直しが必要と判断し、本研究を始めた。

2. 研究のねらい

本研究のねらいは 3D 設計試行で、工数が増大した問題の要因分析から対策手法を導き、高効率な設計手法を構築

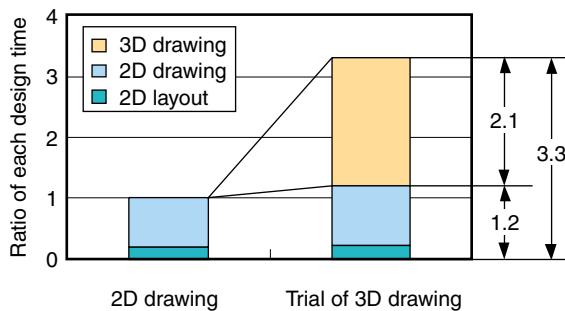


Fig. 2 Comparison of design times

することにある。3D 設計工数の目標を、2D 設計工数以下と設定した。

3. 3D設計試行時の工数増大要因の分析

3.1. 設計作業の分析

工数増大の要因分析を進めるにあたって、先ず Fig. 3 に示す設計作業を分析した。

- (a) 2D レイアウト : 基本仕様を元にトランスミッションのレイアウトを 2D で行う。
- (b) 2D 図作成 : 2D レイアウトから製品形状を検討し、2D 図を作成する。
- (c) 3D 図作成 : 2D 図から 3D での製品形状を検討し、3D 図(正式出図時の 3D モデル名称)を作成する。

以上の設計作業のうち、3D 設計にもかかわらず、2D 設計をしている(a)2D レイアウト、及び(b)2D 図作成の作業が、工数を増大させる要因であることが推定された。

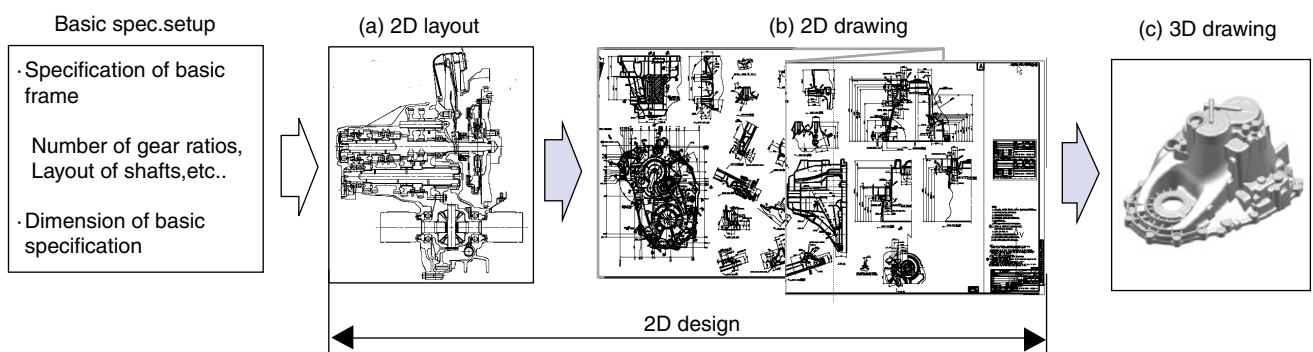
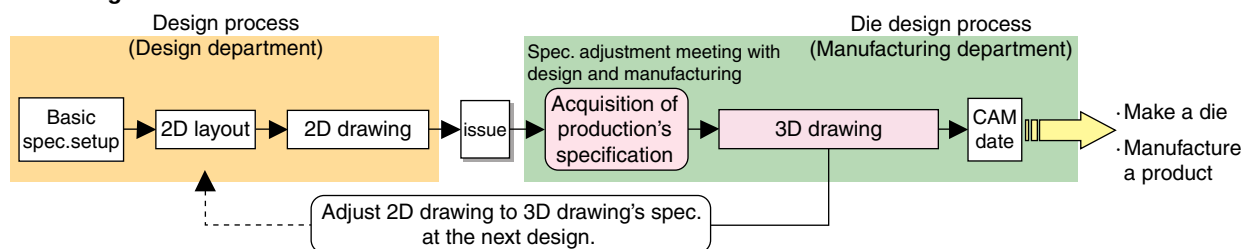


Fig. 3 Design work with the trial of 3D design

<2D design>



<Trial of 3D design>

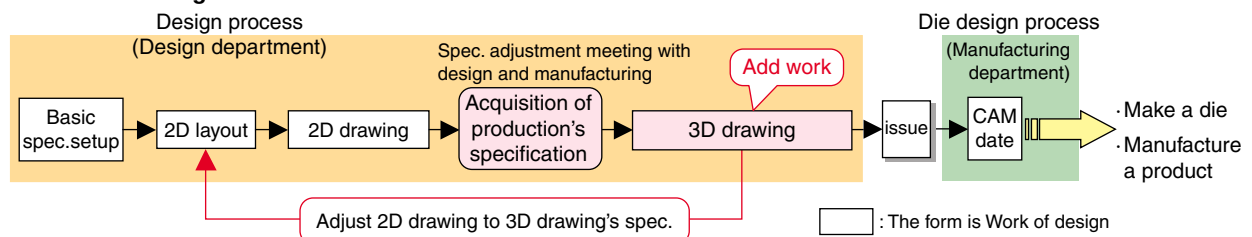


Fig. 4 Comparison of development process with 2D design, and the trial of 3D design

3.2. 設計プロセスによる要因

設計プロセスと各設計作業の工数について、3D設計試行と2D設計での比較を行った。その結果、工数が増大した最大の要因は、Fig. 4の設計プロセスに示すように、2D設計に3D図作成作業が追加されたためであった。また、3D図作成作業はFig. 2に示すように、3D設計試行の工数の2/3を占めた。

3.3. 3D図作成作業の要因

3.3.1. 3D図作成の各作業工数割合の分析

3D設計試行時に、3D図作成工数が2/3を占めた要因を調査するため、Fig. 6のトランスミッションケースを取り上げ、3D図作成作業の工数割合を分析した。この結果、

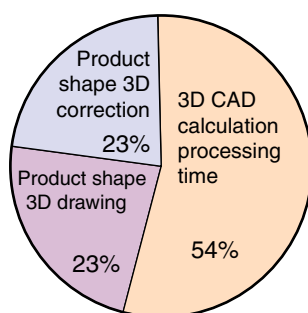


Fig. 5 Percentage of each time taken by 3D drawing work



Fig. 6 Cases of various shapes

Fig. 5の円グラフに示すように、本来の製品形状3D図作成の割合は23%のみであり、それ以外は単なる待ち時間である3D CAD(Computer aided design)計算処理時間が約1/2、製品形状3D図修正が約1/4とこの二つで大部分を占めていた。

3.3.2. 3D CAD 計算処理に時間がかかる要因

トランスミッションのケース類にはFig. 6に示すように様々な形状が有り、これらの3D図データ容量と、3D CAD計算処理時間の関係を調査した。この結果、Fig. 7のグラフに示すように3D図データ容量の増加に伴い3D CAD計算処理時間が、2次曲線的に増加する傾向を持っていることが明らかになった。要因分析に取り上げたトランスミッションケースは、データ容量が70MBもあるため、3D CAD計算処理時間が54%を占めてしまうことがわかった。

3.3.3. 製品形状修正作業に時間がかかる要因

「製品形状3D図作成」と「製品形状3D図修正」は金型設計で用いられている手法での作業であり、これらの作業を分析した結果、「製品形状3D図修正」に時間がかかる主な要因は肉厚設定のためであった。これらの作業の分析結果をFig. 8を用いて下記に述べる。

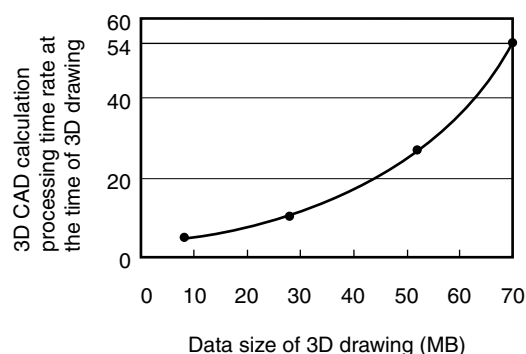


Fig. 7 Relation between data size of 3D drawing and 3D CAD calculation processing time

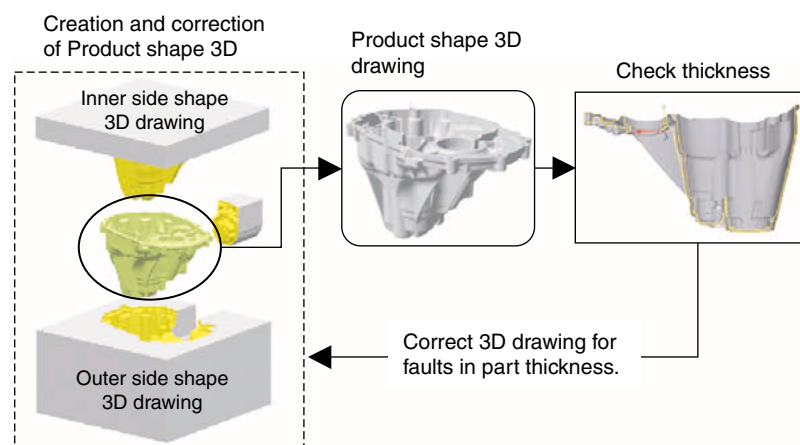


Fig. 8 “Product shape 3D drawing” and “Product shape 3D correction” work

(1)「製品形状 3D 図作成」作業

2D 図から外側形状 3D 図と内側形状 3D 図を別々に作り、金型で製品を鋳造成型するように外側形状から内側形状を除去し、製品形状 3D 図を作成する。

(2)「製品形状 3D 図修正」作業

製品形状 3D 図の肉厚確認を行い、設定肉厚と異なった部分を抽出する。抽出された数カ所の肉厚不具合は外側形状 3D 図と内側形状 3D 図のアンマッチが要因のため、これを修正し製品形状 3D 図を完成させる。

3.4. 開発プロセスによる要因

設計部門で型製作用 CAM データへ活用する、製品形状そのものの 3D 図を作成するには、Fig. 9 に示す金型パーティングラインの位置と形状、抜き勾配、角及び隅の丸み等、生産仕様情報を製造部門から入手する必要がある⁽¹⁾。Fig. 4 に示す 3D 設計試行の開発プロセスでは、2D 設計後に 2D 図を用いて設計と製造の仕様整合会を行い、生産仕様情報を入手し 3D 図作成を行った。これと同時に 2D 図も 3D 図と仕様を合わせるための修正が必要になった。この結果、2D レイアウトと 2D 図作成の工数は、Fig. 2 に示すように 2D 設計に対して 1.2 倍の工数増となった。因みに 2D 設計の場合 Fig. 4 に示すように、2D 図の仕様を製造部門の 3D 図に合わせるのは次回の設計で行う。

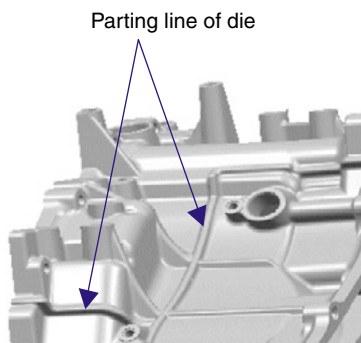


Fig. 9 Parting line of die

3.5. 設計工数の増大要因のまとめ

要因分析の結果、設計工数が増大した要因は、以下の項目であることが明らかになった。

- (1) 2D 設計後に 3D 図作成作業が追加された
- (2) 3D 図作成工数の約半分を 3D CAD 計算処理時間が占めた
- (3) 3D 図作成工数の 1/4 が肉厚設定作業であった
- (4) 生産仕様情報入手が遅かった

4. 3D設計工数の削減手法

4.1. 3D 設計工数の削減手法構築の課題

設計工数増大の要因分析結果を踏まえ、工数削減手法を構築するため以下の課題を設定した。

(1) 3D 設計手法の構築

- ・ 3D 設計プロセス
- ・ 3D レイアウトから 3D 図作成手法

(2) 3D CAD 機能の開発と活用

- ・ 肉厚設定が容易にできる 3D CAD 機能の開発
- ・ 3D 図分割機能による 3D CAD 計算処理時間の短縮
- ・ 3D 図から 2D 図の自動作成機能の拡充

(3) 生産仕様情報のレイアウト段階での入手

- ・ 開発プロセスの見直し

4.2. 3D 設計手法の構築

4.2.1. 3D 設計プロセス

設計プロセスの基本は、レイアウトから製品形状を検討し製品図を作成することである。したがって、3D 設計プロセスにおいてもこれを基本に、3D メディアを用いてレイアウトから製品形状そのものの形状で検討し、3D 図を作成できる Fig. 10 に示す設計プロセスを構築した。また、同時に 3D 図を活用して、2D 図を自動的に作成する手法も構築した。

4.2.2. 3D レイアウトから 3D 図作成手法

3D レイアウトから 3D 図作成及び、3D 図作成時の肉厚設定の容易化を達成するため、3D CAD 機能を活用して、Fig. 11 に示す以下の手法とシステムを構築した。

<3D design>

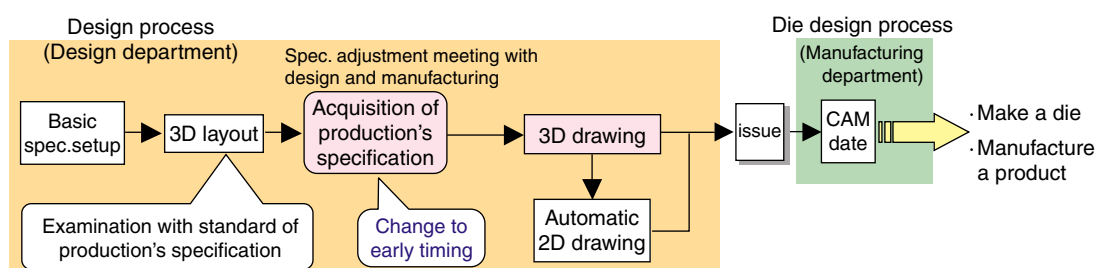


Fig. 10 Change of a development process

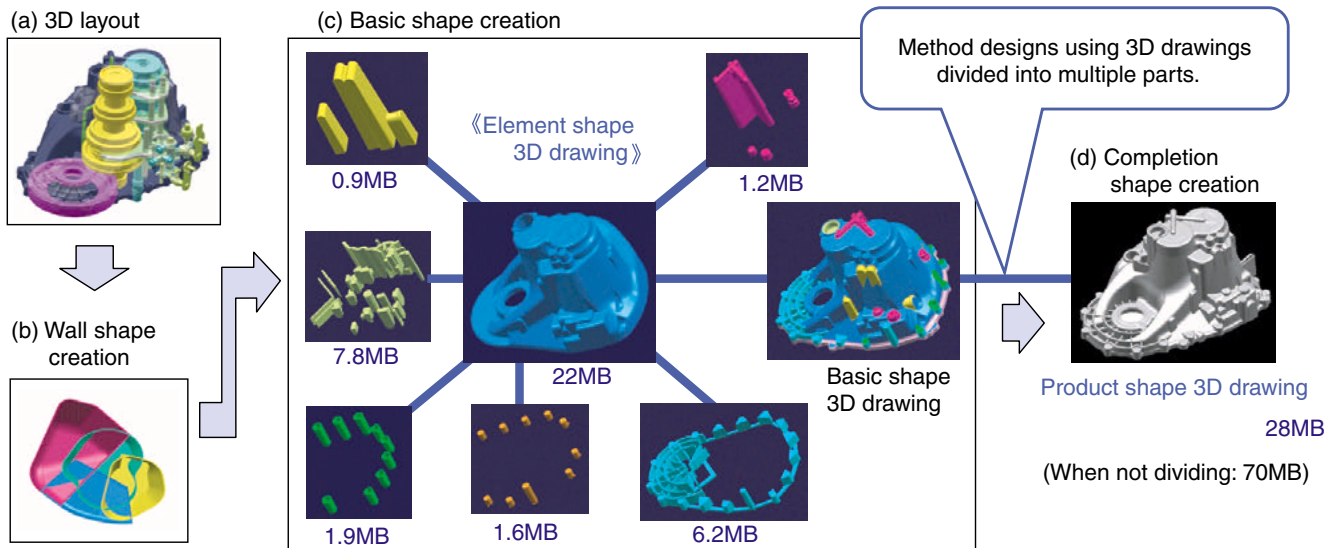


Fig. 11 From the 3D layout to the 3D drawing method

- (a) 3D レイアウト : 基本仕様を元にトランスミッションの 3D レイアウトをする。
- (b) 壁形状作成 : 3Dレイアウトから、クリアランスを保ちながら、厚みを設定して壁形状を作成する(シェル機能の開発)。
- (c) 基本形状作成 : 壁形状にボス等を追加する、その後、不要な部分を削除し、基本形状3D図を作成する(トリム機能の開発)。
- (d) 完成形状作成 : 基本形状に角及び隅の丸み(フィレット面)を付け、製品形状3D図を完成する。

4.3. 3D CAD 機能の開発と活用

4.3.1. 肉厚設定が容易にできる 3D CAD 機能の開発

3D レイアウトから 3D 図作成手法を構築するため、以下の新しい 3D CAD 機能を開発した、この機能を Fig. 12 で説明する。

(1) シェル機能

内蔵物の外形形状からクリアランスを設定する。その後、壁の厚みを設定し、一気に壁形状を作成する機能。

(2) トリム機能

壁に追加したボス形状の不要な下側部分を指定し、削除する機能。

これらの 3D CAD 機能をソフトウェアメーカーに要望し、当社とソフトウェアメーカーが共同で開発を行った。この結果、3D レイアウトから 3D 図作成及び、肉厚設定が容易に行える手法とシステムが構築された。

4.3.2. 3D図分割機能による 3D CAD 計算処理時間の短縮

3D図のデータ容量を小さくして、3D CAD 計算処理時間を短縮するため、1つの3D図を複数の3D図に分割し、この状態で設計ができる 3D CAD 機能を新設した。この3D図分割機能の活用効果を Fig. 11 を用いて述べる。データ容量が 70MB の製品形状 3D 図を、この機能で 7 個の要素形状 3D 図と、1 個の製品形状 3D 図に分割することによ

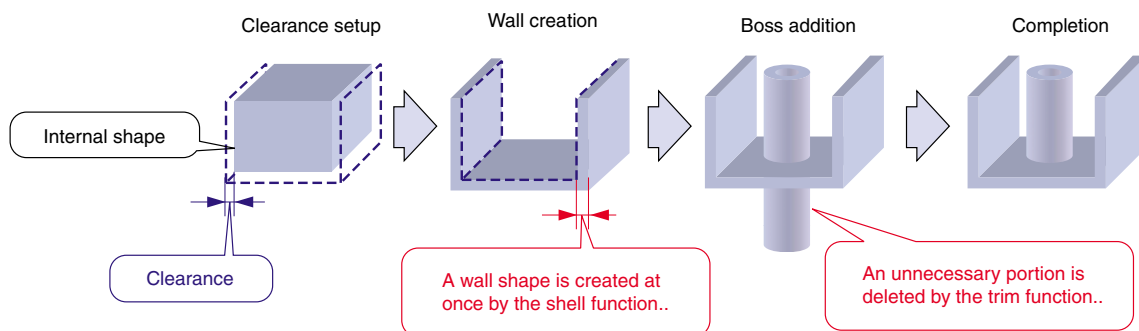


Fig. 12 Shell function and trim function

り、製品形状 3D 図のデータ容量は 28MB に削減できた。この結果、計算処理をする際の 3D CAD 用コンピュータに対する負荷が軽減でき、Fig. 13 に示すように 3D CAD 計算処理時間が 54%から 10%まで改善された。

4.3.3. 3D 図から 2D 図の自動作成機能の拡充

2D 図作成の効率向上として、Fig. 14 に示すような 3D 図から 2D 図のビュー及び、セクショナルビューを自動作成できる 3D CAD 機能の拡充が必要になった。この機能の試行結果、3D 図から 2D 図を作成する際、Fig. 15 に示すような線が重複する、切れる等の機能不足があったため、当社と 3D CAD ソフトウェアメーカーが共同で機能拡充を行った。この結果、3D 図から 2D 図の自動作成機能の活用が可能になり、2D 図作成工数が大幅に削減された。

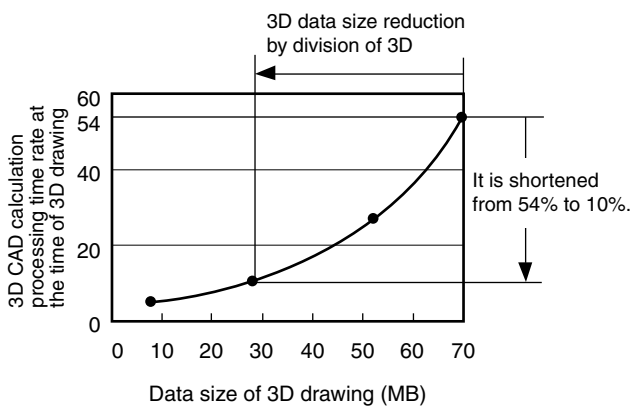


Fig. 13 The shortening effect on 3D CAD calculation processing time

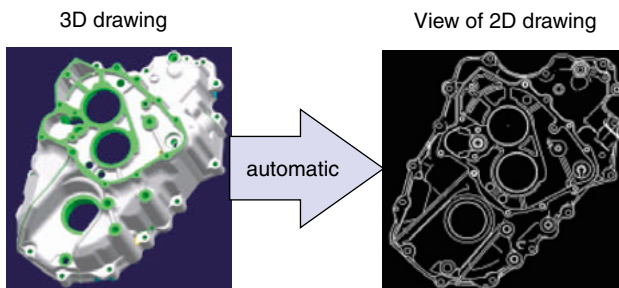


Fig. 14 Automatic drawing of 2D view

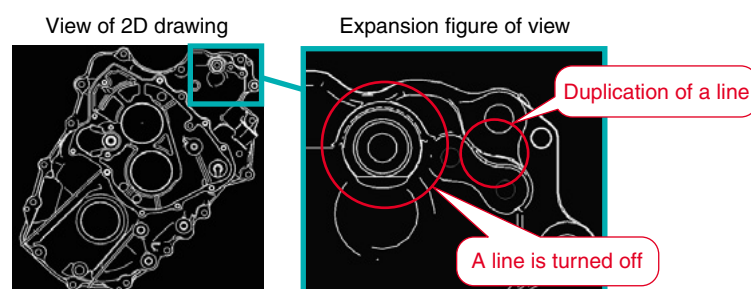


Fig. 15 Shortcomings in function of automatic 2D drawing

4.4. 生産仕様情報のレイアウト段階での入手

生産仕様情報をレイアウト段階で入手するため、Fig. 10 に示す設計と製造の仕様整合会を早期化する、開発プロセスの変更を行った。このため、設計部門と製造部門が共同で以下の対応をした。

- (1) 3D レイアウト後に、3D レイアウトを用いて設計と製造の仕様整合会を実施。
- (2) 仕様整合が必要な生産仕様項目のリストアップ。
- (3) (2)の項目の中で、標準化が可能な項目を標準化し、設計部門で仕様整合会の前に検討を実施。
- (4) 生産仕様を検討する技術者への 3D CAD 操作教育の実施。
- (5) 生産仕様を検討する担当課への 3D CAD の導入。

これらに対応した結果、生産仕様情報を製品形状に反映するためのレイアウト見直しはあるものの、レイアウト後に 2D 図を 3D 図へ合わせる修正を含めて、製品図の修正を取り除くことができた(Fig. 4, 10)。また、設計部門での生産仕様の事前検討は、レイアウト工数の低減に寄与した。

4.5. 開発プロセス変更による製造部門の効率向上

設計から製造までの開発プロセスが変更されたことにより、Fig. 10 に示した 3D 設計プロセスが構築され設計部門での 3D 図作成が定着化した。この結果、製造部門では 3D 図作成分の工数が削減された。また、標準化した生産仕様は設計部門で事前検討を行うため、製造部門の検討工数が低減された。

4.6. 3D 図面形態の確立

3D 設計手法を構築するため、3D 図面形態の確立も行った。トランスミッションケースの図面には、製造方法から素材形状指示と機械加工寸法指示が必要である。しかし、3D CADには機械加工の寸法、公差、幾何公差、仕上げ指示を行う機能が無いため、機械加工の指示は 2D 図で行うことにした。Fig. 16 に示すように 2D 図と素材形状指示の 3D 図を組合せた「3D 図+ 2D 図」と言う名称の図面形態を確立した(Table 1)。これにより、「3D 図+ 2D 図」の 2D 図作成工数は、従来 2D 図に対して素材形状指示分が削減された。

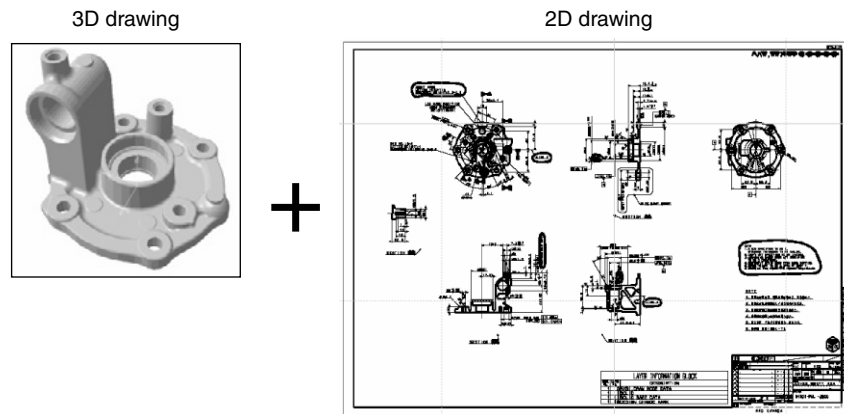


Fig. 16 3D drawing + 2D drawing

Table 1 Drawing rule of “3D drawing + 2D drawing”

Item	3D drawing + 2D drawing		(Conventional 2D drawing)
	3D drawing	2D drawing	
Material surface dimension	○		○
Machine work dimension		○	○
Tolerance, Geometrical tolerance		○	○
Finish specification		○	○
NOTE	Material, Heat treatment, Pressure leakage standard, hardness, etc..	○	○

4.7. 3D設計の工数低減手法のまとめ

3D設計の工数を低減するため、以下の手法を構築した。

- (1) 3D レイアウトから 3D 図を作成し、その後 3D 図から 2D 図を自動作成する Fig. 17 に示すプロセス(3D 設計プロセス)。
- (2) 3D レイアウトから 3D 図作成及び、肉厚設定を容易にできる機能の開発。(シェル機能とトリム機能)
- (3) 3D 図分割機能を活用して 3D データ容量を小さくし、3D CAD 計算処理時間を短縮する手法。

(4) 3D 図から 2D 図の自動作成機能を活用した、高効率な 2D 図作成手法。

(5) 生産仕様情報のレイアウト段階での入手
(開発プロセスの変更)

(6) 3D 図面形態の確立

新しく構築した 3D 設計手法での各設計作業工数は、3D 設計試行時に対して 3D 図作成では 1/4、レイアウトと 2D 図作成では 1/3 に低減された。この結果、Fig. 18 に示すように 3D 設計工数を目標の 2D 設計工数以下に低減することが達成された。

5. まとめ

3D 設計試行で工数を増大させた要因は、2D 設計をした後に単純に 3D 図を作成したことにあつた。この問題の解決のため、トランスミッションの設計手法を根本的に見直し、一貫して 3D メディアを用いて設計する以下の手法を構築した。

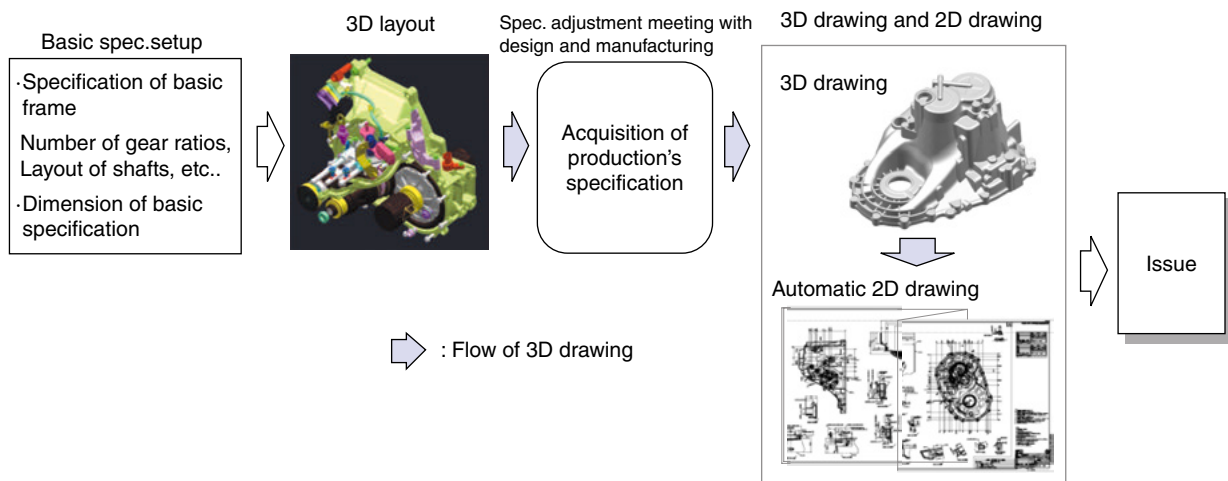


Fig. 17 Design method for transmission by 3D media

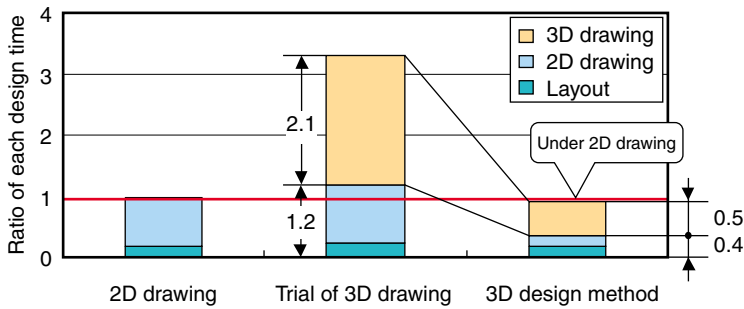


Fig. 18 Effect of the 3D design method

- (1) 3D レイアウトから 3D 図作成する 3D 設計プロセス
- (2) 3D 設計プロセス構築のための 3D CAD 機能開発
- (3) 3D 図面形態の確立

新しく構築した 3D 設計手法での設計工数は 2D 設計工数以下になり、設計効率の大幅な向上を達成した。

さらに、3D 設計に対応した開発プロセス化により、製造部門で行っていた 3D 図作成を工数負担なく設計部門へ移管できた。これにより、設計から製造までの高効率な開発システムが構築できた。

最後に、3D メディアを用いた設計手法の構築に必要な、3D CAD 機能の追加と改善を行なった、仏ダッソーシステムズ社に対して心から感謝いたします。

6. 参考文献

- (1) 桐島 洋行ほか:PT金型領域におけるDMC展開, Honda Engineering Technical Review Vol.9, p.142-147 (2001)

■ 著 者 ■



島田 宏美



石濱陽一郎



久保田 和



内田 孝尚