

# モノ創りににおける構想設計の重要性

## The Importance of the Conceptual Design in Thing Creating

○平野 重雄 (東京都市大学)

Shigeo HIRANO (Professor emeritus, Tokyo City University)

喜瀬 晋 (㈱アルトナー)

Susumu KISE (Artner Co., Ltd)

関口 相三 (㈱アルトナー)

Sozo SEKIGUCHI (Artner Co., Ltd)

奥坂 一也 (㈱アルトナー)

Kazuya OKUSAKA (Artner Co., Ltd)

荒木 勉 (筑波技術大学)

Tsutomu ARAKI (Professor emeritus, Tsukuba University of Technology)

**Abstract:** Producing innovative new products is a way for companies to survive and continue generating revenue in today's competitive global market. The ability to develop innovative products, which bring about success for manufacturers, often depends on the ability to nurture new ideas and concepts, embody them, and evolve them into new products. Companies that allow designers to spend time creating and discussing several design alternatives are one step ahead of companies that do not. The process of drawing up a concept occurs before the design process, and the quality of products, cost, and delivery time in later processes are strongly affected by whether the concept is good or poor. Then what should be considered in the conceptual design? The following are some of the various factors considered in the stage of conceptual design where an image is gradually established: 1) how to evolve the overall concept, 2) the layout, 3) the overall design, 4) the mechanism to be used, 5) the drive system to be used, 6) the control system to be used, and 7) how to meet the cost target. The problem here is how to generate ideas in this process of drawing up a concept. In this study, the following are considered, looking at real products as examples: 1) how to clarify necessary functions, 2) how to embody a concept, 3) how to facilitate the design of the mechanism, and 4) how to verify whether the design meets the required and predetermined specifications. The effective use of 3D CAD is also reviewed and discussed in this paper because many companies consider that there should be a variety of ways of thinking and tool systems for conceptual design and therefore, there will be benefits in using a 3D CAD system in conceptual design.

**Keywords:** Rough sketching (Punch drawing), Boundary between design, Embodiment of using 3DCAD, Innovation of mechanical design processes

### 1. はじめに

長きに渡って、人類は図面をベースとした設計システムによってモノをつくりだしてきた。設計組織、設計文化、設計手法、さらには対象となる製品の形状、製法においても、この設計システムの影響を受けている。昨今の3DCADの技術の進化により、より高性能なデータベースと

ネットワークが出現したことで、これまででは考えられないような膨大な量の情報を短時間に処理することも可能となった。

これまでは、技術的制限によって設計者一人が取り扱う情報量は自然と制限されていたが、それと同時に効率的に情報を扱えるように、設計組織や文化、設計手法によっても意図的に情報量を制限されていた。今後、技術的制限が大幅に緩和されてゆく中で、新しい環境に最適な設計システムの新規構築もしくは再構築が必須となることは確かであるが、既存のさまざまな設計手法やノウハウ、周辺システムというものに縛られているために、困難な作業となるだろう。

ここで、構想を練るという工程は、設計全体の上流に位置しており、構想の出来、不出来で後工程の品質・コスト・納期に大きく影響する。

構想設計は「紙と鉛筆」で練ることを勧める。自分の頭の中にしっかりとアウトラインのイメージが固まるまで、何枚も紙に描くことである。思いつくものからどんどん描いていくことである。この段階はまったくの手探りの状態なので、CAD入力のように定量化されたデータで図形化するよりもアバウトな感覚、雰囲気だけで視覚化できる手描きの方が作業は早くて効果的なのである。

本研究では、実際の製品を題材に、①必要な機能の明確化の考え方。②構想の具体化の方法論（ポンチ絵「ラフスケッチ」での構想・活用法）。③機械（機構）設計の円滑な進め方。④要求仕様・設定仕様を満足するかの検証方法。などについて考究した。さらに、構想設計には、異なる考え方とツールセットが必要であると、ほとんどの企業が3DCAD導入のメリットを認識しているので、その利用方法についても考察した。

## 2. 構想設計プロセスの概要

製品開発は、構想設計、詳細設計（機能設計、配置設計、構造設計、生産設計など）、試験評価（組立性検証、設計評価、第三者評価、品質・コスト・納期の見通し）、生産図面・技術資料のプロセスを経て量産化される。構想設計の完成度を向上させるためには、次の設計基本要素に留意して設計しなければならない<sup>1),2)</sup>。

- 要求される製品仕様（機能・操作性・保守性）。
- 要求される品質特性。
- 要求されるコスト。
- 要求される納期。
- 要求される安全性。
- 要求される環境性・廃棄性。

構想設計の使命は、設計者が頭の中でイメージするモノを「要求品質を満足するか」。「コストターゲットに収まるか」。さらに、「どういうレイアウトで」、「どんな部品を構成して」具現化するかを構想（計画）図に描いて表現させることである。

構想設計の検討段階からCADを利用すると、設計者の特質上、先に形状を完成させたいくなる。だがこれでは本来の構想設計とはいえ、構想を疎かにした詳細設計がはじまってしまうことになる。ベンダーのデモンストレーションで部品をスムーズに「モデリングしている」姿を見たとき、それはまるで軽快に「設計している」かのように映る。しかし、それは単に「形を作っている」だけであり、そこに「設計する」という意思は入っていない。「モデリングができる」ということと「設計ができる」ということは、次元が違うことなのである。

はじめに構想設計として行う作業は、ポンチ絵（ラフスケッチ）を描くことである。徐々にイメージを膨らませ、アイデアの選択を行う。このように構想設計で重要なポンチ絵であるが、最

近の若い設計者はポンチ絵を知らないし描けない人が多いことに驚かされる。日常業務では3DCADを使用して設計しているにも関わらず、3次元の立体モデルがイメージできないのである。

3DCADでモデリングされる部品は、頭の中でイメージした部品を表現しているのではなく、成り行きをモデリングしただけの結果である。つまり、成り行きでできたモデルを見て理解した後に、細かい部分の体裁を整える設計をしていることになる。これでは、本来のあるべき構想設計とはいえない。

手描きの図面や資料はCADで検討するより短期間で作成でき、かつ機動的でコスト把握もできる。立体イメージがあるので設計部門以外の担当者でも理解し易く、デザインレビューではより建設的な意見がでることも期待される。CADでほぼ完成状態になった後のデザインレビューでは、自分自身の設計を疑問視されることを嫌い、そのため、他部門からの指摘をいかに避けようか、言い訳ばかりを考え、押し問答となり建設的なデザインレビューができないことになる。

構想設計をラフなポンチ絵で描くことによって、設計者は、ある程度大きな変更があっても、まだ実際にCADで詳細設計を行っていないため精神的なプレッシャーは少ない。その結果、設計者自身もデザインレビューの中でより建設的な意見を述べ、他部門の意見も受け入れることができる。

この設計者の精神的な余裕こそが、良質なモノを創りあげるポイントになる。そのためにも構想設計はポンチ絵を使って、イメージ先行の検討を行わなければならない<sup>3)</sup>。

### 3. ポンチ絵の有用性<sup>4)</sup>

設計の初期段階で仕様を基に設計の諸元、仕組みを表現するポンチ絵を描く。さらに客先のこういうものを考え設計して欲しいという要求を絶えず模索し、ヒントを探し求めポンチ絵にする。

設計者は、アイデアを創案する過程において、特に苦慮している段階に多いことであるが、何気なく近くの紙に図を描くポンチ絵癖がある。適当に鉛筆を走らせた線や立体を何個も描きながら、アイデアの「きっかけ」を見つける作業が、このポンチ絵行為にある。

手描きに必要な能力はテクニックではなく、直感と感性で表される曖昧さであり、ポンチ絵に厳密さは必要ない。一瞬のひらめきやアイデアの断片をメモしたり、描画したり、自由に自らの意思を投影させることができる。また、真白な紙面には親切なアイコンはなく、紙面からは何も教えてくれない。だからこそ独創的な発想を生む環境に相応しいといえる。

鉛筆を持った手を動かして描いていくことで違った発見が生まれてくる可能性は極めて高い。感じたことをそのまま表現していく。そして、頭では考えず、心に従いながら鉛筆を動かしていく作業は、アイデアを具現化する際の大きな足掛かりとなる。

着想はポンチ絵描きからはじまり、それが何時しか略図となる。より明確にするために、絵画的手法と投影法の組み合わせによって、細部を拡大し、構想を一つの真理へと収斂させていく作業は、手描き冥利である。

2次元である図面を実物の3次元立体形状として把握するために構造上の想像力も必要である。見慣れない様式で、しかも扱い慣れていない場合、それを解釈する必要が生じる。そのような時は、各部分が絵画的に分析され、スケッチされていれば、そのアウトラインのおかげで、イメージをまとめあげることができ、図面の細部を全て記憶しようと努力する必要がなくなる。手描きによる製図は、文章や会話よりもさらに具体的に設計者の意図を伝えることが可能である<sup>2)</sup>。

鉛筆の角度を自然に制御させ、思い通りにならない線を描いては消し、消しては描くという作業を繰り返すことで、存在と非存在、充足と空虚などの間で矛盾する要素を絶え間なく混合させながら、何時しか融合する時を待つ。まるで生きているかのような線は、やがて表情を変えはじめる。その時、アイデアがアイデアを呼ぶ循環が構築され、線は無限の広がりを見せ、不本意に引いた線が新たな線を呼び、より斬新なアイデアを牽引する仕組みができあがる。描かれた図を評価し、さらに修正を加えていくことで、最終的に理想のイメージにたどり着くのである。

手描きとCADは、設計や製図に対する考え方は同じであっても、役割において、ある部分は混ざり合い、ある部分では乖離している。アナログにはアナログの良さがあり、デジタルにはデジタルの良さがある。

ポンチ絵は、3DCADのように綺麗に描く必要はない。構想設計では、まだイメージであるので「こんな感じの部品が必要」程度にラフに描かないと時間の無駄になる。細かな面取り形状や加工上の工夫は、詳細設計でCADの上で実現させればよい。

機能検証あるいは構造検証で使用したポンチ絵は、立派な技術構想書（図）である。さらに、次世代機種 of 構想時に参考になるナレッジマネジメント資料にも使える。

#### 4. 構想設計を3DCADで具体化する<sup>2)</sup>

構想設計では、製品仕様から担当するユニットに必要なとされる要求事項を整理する。次に機能性、耐久性、コスト、保守性を考慮しながら構想を進めていくが、ポンチ絵を描き構成ユニットのイメージを具体化していく。

複数の機構から最適なものを選定する場合には、部品構成が具体化されることで各機構のメリット・デメリットが明確になり判断がしやすくなる。

製品の品質を大きく左右する機構部を設計する場合、設計者としてはその機構を優先的に設計し、それに合わせて周辺部品を設計することが比較的進めやすい方法である。

しかし、製品を小型化することが主な要求事項の場合は、このような設計方法では無理が生じる場合がある。バランスよく各機構を配置できなければ、部品形状の複雑化によりコストアップが起きたり、組立性が悪くなることで組立不良や保守性の低下を招くことがある。十分に考慮すべきことである。

難しい設計になれば、それだけ詳細設計での後戻りは避けなければならない。ポンチ絵により構成部品を具体化している段階でスペースの問題が解決されるようにすべきであり、このような構想設計に基づく計画図の立案を効率的に進めるために3DCADを活用するのである。

##### 4. 1 3DCADで計画図の立案

次に3DCADを活用した設計例を記す。

- ①3DCADを用いてユニットで使用できるスペースをソリッド化する。
- ②ユニット内で機能ブロックごとに必要なスペースをソリッド化して割り当てる。
- ③主要部品の概略形状やアクチュエータ、既存機種からの流用機構などがある場合は配置しておく。
- ④周辺部品の構成を考慮した位置に配置しておく。使用できるスペースを確認することになるので、最終の配置位置である必要はない。
- ⑤詳細形状を作成したとしても、後に周辺部品を配置する際に変更が生じる場合が多いので、

配置した主要部品の形状を具体化し過ぎない。

⑥配置できるかどうかの判断をつけられる程度の形状に止めておく。

このように3DCADで各機能要素のスペースを明確にすることで、構想を具体化する手助けとなり、隣接するユニットとのスペース調整なども行いやすくなる。

そして、構想設計ではさまざまな部品パターンを考慮しながら、最善の選択を行う必要がある。その方法として、頭の中の構想で生まれた選択肢の中から見込みのありそうなものをポンチ絵の構想で絞り込みを行うことが多い。しかし、頭の中の構想で排除されたアイデアも、3DCADで検討することにより、実現できる可能性が見えてくることもある。また、3DCADで見えるようにすることで、さらに多くのアイデアがでる場合もある。

基本的な部品構成が決まっても、その配置パターンや組立順序、部品の詳細構成のパターンは無限に存在する。このように3DCADをモデリングするためだけに使用するのでは有効活用とはいえない。

#### 4. 2 詳細設計までに行うこと

構想設計を効率良く進めるためには、適切なタイミングで適切なアウトプットを出す必要がある。例えば、CAEによる強度解析もその1つである。大半の部品を作り込んだ詳細設計の後半に強度解析を行って問題が発覚した場合、その解析対象部品の周辺部品にも影響が及ぶことがある。

初期段階で部品の構想モデルを用いて強度解析を行うことで、有用であるかどうかを判断しながら周辺部品を設計する。同じ部品に対する強度解析の実施回数が増えることにはなるが、ユニット全体の後戻りは防止できる。

設計者にとって3D計画図と同じくらいの大きなアウトプットのひとつが図面である。3D計画図を作成している時点で、各部品の寸法基準、寸法公差、幾何公差、表面処理などを考慮する。構想設計の後半から詳細設計にかけて、部品図の寸法基準や寸法公差などがイメージできていないまま業務を行っていたとしたら、それは設計ができていないということである。要点としては、次の事柄がある。

- ①図面の線1本にも、必ず設計者の意図がある。意味のない線や寸法は存在しない。それと同じように、3D計画図のソリッドの面1つひとつにも必ず設計者の意図がある。
- ②多数の寸法公差や幾何公差を図面指示しなければならないような構造であれば、それは製品コストとなってはねかえってくる。また、部品の寸法バラツキの影響を大きく受けるような構造であれば、量産品質に対して影響が大きいので十分に精査すべきことである。
- ③部品の品質は図面で保証され、それらの部品構成により製品品質が決まるということを認識して3DCADを進めなくてはならない。
- ④同じ要求仕様であっても、設計者によりアウトプットが異なるのは、要求仕様を満足するための解決方法が設計には何パターンも存在するからである。その選択肢を増やし、その中から最善のものを選択できるように3DCADの活用を考えることである。

### 5. モノ創りにおける機械（機構）設計の円滑な進め方<sup>2)</sup>

#### 1. 企画段階

要求仕様・制約条件の明確化

- (1) 現象・制約条件の物理的理解：生じる現象を数値で評価する.
- (2) 要求仕様の定量化：要求仕様を定量的な設計値に明確にする.
2. 設計仕様の検討
  - (1) 設定すべき仕様項目の明確化と優先順位付けを行う.
  - (2) 設定仕様を明確に数値化する.
3. 構想設計
  - (1) 必要な機能の明確化.
  - (2) 構想の具体化.
4. 機構設計：論理的に思考するだけでなく、情報収集にも努めること
5. 要求仕様・設定仕様を満足するかの検証

強度、固有振動数、ひずみ、重量など、要求仕様・設定仕様で設定された項目を満たすかどうか検証する.
6. 計画図の作成
7. 総合確認

各プロセスが完了した際に、チーム全員で情報が共有されているか確認すること.

## 6. むすび

本研究では、①構想設計の重要性とポンチ絵の有用性を確認した。②構想設計を3DCADで具現化する活用方法を提案した。そして、2項目の最良な成果として、機械（機構）設計の円滑な進め方の提案を行った。有効活用されることを望むものである。

ともかく、新しいシステムへ効率良く移行するためには、現在私たちがどこに居て、そして今後どこに向かっているのかを把握しておく必要がある。既存の手法がどういったものであったのか、そして新しい技術がどういったものであるのかを、それぞれ正しく認識しておかなければ、道を誤り、貴重な資源を浪費することになりかねないからである。

プロセスなき成功は、失敗よりも恐ろしい。

## 参考文献

- [1] Shigeo Hirano, Sozo Sekiguchi., Creative Production Process and Manufacture –From an Idea to Embodiment–, Corona Publishing Co. LTD. 2007.
- [2] Shigeo Hirano, Susumu Kise, Sozo Sekiguchi, Kazuya Okusaka and Tsutomu Araki, Consideration of Importance of Conceptual Design, *In Proceedings of the 17th International Conference on Geometry and Graphics (ICGG 2016), Beijing University of Technology, Beijing, China, 4-9 August, 2016.*
- [3] Shigeo Hirano, Susumu Kise, Sozo Sekiguchi, Kazuya Okusaka. Significance of Hand Drawing in Embodying and Idea. *In Proceedings of the 1st International Conference on Engineering, Science, Technology, Education and History 2014 in Bhutan, August 21 to 22, 2014.*
- [4] 平野重雄, 喜瀬 晋, 関口相三, 奥坂一也, 構想設計おけるポンチ絵の有用性, 日本設計工学会関西支部 2014 年度研究発表講演会, 2014 年 11 月 22 日.