



## 第14回 創る——実践的モジュラーデザイン

佐藤嘉彦 ● VPM技術研究所 所長

**の**つけから厳しいことを言うように恐縮だが、最近の設計者は創造性に欠ける、あるいは創造力が落ちていると言わざるを得ない。その一方で、何とか良いものを造ろうと努力していることもまた事実だ。仕様に合わせて寸法や容量を機械的に決めていくだけではなく、ユーザーを考慮して少しでも使い勝手を高めようと工夫している。いずれにせよ、設計者は日々新しい図面を描き、新しい製品が次々と生み出されていく。

こうした設計という仕事に対し、設計者はおおよそ次のような意識を持って臨んでいるに違いない。

- ▶新しい製品はきっと売れる(と信じる、あるいは思い込む)
- ▶使用機能を高めたり、時代のセンスを取り入れたり(よりカッコいい製品を創ったり)、さらには性能・出力で他社を圧倒したりすることで、機能的に競争力のある製品を創れる
- ▶設計変更によって新規性や差異感をアピールできる
- ▶コスト的な競争力を高める
- ▶新たなレイアウトへの対応を可能にする
- ▶類似製品がない、全く新しい製品を創造する

いずれも、設計者の意識、あるいは心構えとしては正しい。ただし、結果論として、こうして生み出されたものが企業にとって部分最適であって、

全体最適ではないことが間々ある。前回(2010年4月号)指摘したのは、まさにこのことだ。

もちろん、それが勝負する部位であれば結構だが、とかく設計者とは、自分の設計に集中して周囲に耳を貸さなくなると、それがあたかも重要な機能であるかのように思えてくる。ところがユーザーにとってみれば、それは存外無関心な機能であったり無頓着の機能であったりする(2010年4月号、p.92の図6参照)。逆に言えば、ユーザーから評価され、対価を支払っていただけない限り、新たに創る意味はないのだ。

決して、独り善がりの設計をしてはならない。勝負する部位と勝負しない部位をきちんと線引きし、勝負しない部位については徹底的に共通化やモジュラーデザイン(MD)化を図ることが肝要だ。こうすれば、量的効果が得られて経済効率が高まる。最適設計の重要な考え方の一つである。

### 共通化がうまくいかない理由

2010年3月26日付の日本経済新聞の1面に、「日産・ダイムラー相互出資、ルーノを含め3社連合」という自動車メーカー同士の合従連衡を伝える見出しが躍った。そこには、「部品や原材料の共同調達」「次世代環境技術の開発協力」といった狙いがあるようだ。

しかし前回、大型トラック4社の部品の共通化の例を引き合いに出したように、かかる効率を、どこの企業のトップも求めながら達成できていないという現実がある。なぜか。共通化すれば効率が高まるのは自明だが、具体的に何を共通化したらよいかの頭の中で整理されていないからだ。加えて、①各社が各社なりの事情を一步も譲らない、②勝負しない部位でさえ意地を張る、③他社の部品を使う際に、評価基準がないため、採用に二の足を踏む(他社における部品の使用実績をそのまま自社には適用できない)、といった

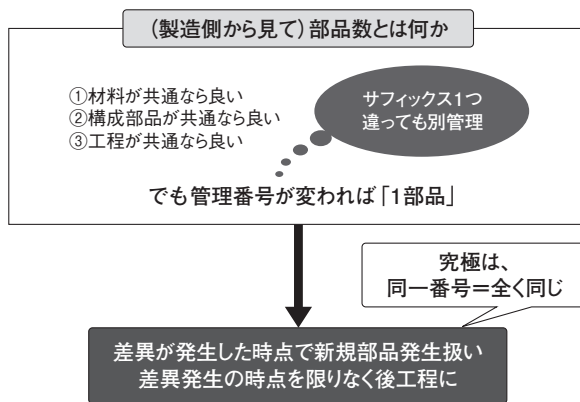


図1●部品共通化の考え方  
部品の互換性を高めて部品数をできるだけ減らすようにする。

さとう・よしひこ: 1944年生まれ。1963年に、いすゞ自動車入社。原価企画・管理担当部長や原価技術推進部長などを歴任し、同社の原価改善を推し進める。その間に、いすゞ(佐藤)式テアダウン法を確立し、日本のテアダウンの礎を築く。1988年に米国VE協会(SAVE)より

日本の自動車業界で最初のCVS(Certified Value Specialist)に認定。1995年には日本人初のSAVE Fellowになるなど、日本におけるVE、テアダウンの第一人者。1999年に同社を退職し、VPM技術研究所所長に就任。コンサルタントとして今も、ものづくりの現場を回り続ける。



- 共通要素を基本モジュールとする
- 基本モジュールの最適設計化
- 各要素に、法則を持ったレンジで部品群を配列する
- モジュールとレンジの選択
- モジュールの組み合わせ設計(ユニット・モジュール)

MD化で  
バリエーションを拡大

図2●MDの考え方  
基本モジュールとレンジを正しく  
定めるのが、最適設計への道だ。

実態がある。

さらに③に関連していえば、共通化においてはしばしば、「最終的に、当該部品が全く同じ使われ方をしないと意味がない」といった考え方が示されるが、これは誤った判断と言わざるを得ない。私が開発したテアダウン(比較分析)法では基本的に、「他社が使用可」なら「自社も使用可」としているくらいだ。

共通化、とりわけメーカー間の共通化には克服すべき壁がたくさんあるが、原材料を共同調達するだけでも大きな効果が得られる。壁を乗り越え、真正面から取り組む価値はある。

## 口やかましく言うだけではダメ

そこでまず、共通化について整理しておこう。図1に示したように共通化には、①材料の共通化、②構成部品の共通化、③工程の共通化、とさまざまな段階がある。ここで管理上重要なのは、部品番号が変われば新たな1部品としてカウントされるという点だ。当然、部品数は極力増やしたくないから、異番

の部品が別の部品に代替・集約できれば、それに越したことはない。

私はこれまで、新部品が旧部品に対して互換性がある場合、旧部品をすべて新部品に置き換えるという徹底した管理を実践し、部品数が増加しない仕組みを導入してきた。ここでいう互換性は、新旧部品同士の1対1の互換だけを指すのではない。新部品と他の部品の組み合わせで旧部品に対応する「組み互換」まで含めて解釈している。これにより、前回述べた通り、前職のいすゞ自動車時代には約100万点あった部品数を約30万点にまで7割削減することに成功したのである。

ただし、これを現場で徹底導入しようとしたときに、口やかましく言うだけでは難しい。私の場合には、部品番号をコンピュータに入力すると、互換性のある新部品が出てくる仕組みを併せて構築した。今も、この考え方、この仕組みが踏襲されていることを願ってやまないが、果たしてどうなっているのか。私の時代よりも進化していれば、後輩たちにご褒美をあげたいくらいだ。

## MD化は法則にのっかって

図2は、共通化をベースにしたMDの基本的な考え方を示したものだ。まず、類似の部品群の中から機能や形態などの共通要素を見つけ出し、最大公約数的な基本モジュールを作る。次に、この基本モジュールを最適化する。実は、ここが共通化やMD化において重要な部分で、機能などを見落とさないように細心の注意を払う。

仮に、必要な機能が欠落した場合、その部品や装置は使用できなくなる。最悪の場合には、それが不具合や不適合につながり、競争力を失ってしまう。こうして決定した「最大公約数的な機能を持つ最適なモジュール」をベースに、ある法則を持ったレンジで最終商品を作り上げていく。これがMDの基本コンセプトだ。

ここで、ある法則を持ったレンジというくだりがきつと、イメージしにくいに



図3●ペットボトルの商品展開  
内容量で見ると500mL、1000mL、1500mL、2000mLと、500mLのレンジで展開されている(写真は、1500mLが抜けている)。

「勝つ設計」は、日本のVEの第一人者である佐藤嘉彦氏のコラム。安さばかりを求めて技術流出させ、競争力や創造力を失った日本。管理技術がこれまでの成長を支えてきたという教訓を忘れた製造業。こうした現状を打破し、再び栄光をつかむための製品開発の在り方を考える。

違いない。身近な事例で説明しよう。飲料などを入れるペットボトルだ(図3)。私は、世に製品があまたある中で、これは最近の傑出したMD製品の1つだと思っている。

ペットボトルはブロー成形で、①中身が見え、内容物や残量を確認できる、②衝撃に強く、落としても割れない、③扱い方が少々悪くても、内容物がキャップ周辺から漏れることがない、といった特徴を持つ。これだけ見ても、ユーザーの立場に立った素晴らしい設計だと思う。当初は、内容物が漏れないようにキャップの中にはパッキンが入っていたが、今ではそれがなくとも漏れない構造に変わった。まさに、最適設計品である<sup>\*1</sup>。

さて、肝心のレンジだが、これは内容量のことだ。商品は500mLから1000mL、1500mL、2000mLまで、500mL刻みで展開されている。MDでは、この500mLのことをレンジと呼ぶ。350mLや500mLのビールの缶、633mLのビールの大瓶、はたまた720mLの日本酒の瓶(4合瓶)など、いろいろなサイズがあった従来に比べて、商品はレンジによってきれいに法則化されているのである。

すると、コンビニエンス・ストアなど商品を扱う店舗は冷蔵庫に陳列しやすいなど極めて扱いやすくなるし、MDの中心が500mLとなれば保温用の袋をはじめそこを狙った別の商品展

開も可能になる。ところが、従来のようにサイズがバラバラだったり中心の商品が定まらなかったりしたら陳列しにくいし、別の商品展開もしにくかっただろう。

かくてモジュール化されたペットボトルは、さらに最適化されていく。①ボトルを無着色化する、②残量目盛り付き表示ラベルをはがしやすくし、リサイクル性を高める、③内容量2000mLのお徳用タイプでは取っ手の有無で2タイプを用意する、といった具合である。

③について補足すれば、取っ手のあるタイプは重さと注ぎやすさを追求したもので、キャップ(注ぎ口)も大きくした。一方、取っ手のないタイプは、他の内容量のタイプと同じキャップを使用している。本当に2種類必要だったか否かは一度じっくりと考えてみたいが、最大公約数的に考えて必要だったのかもしれない。

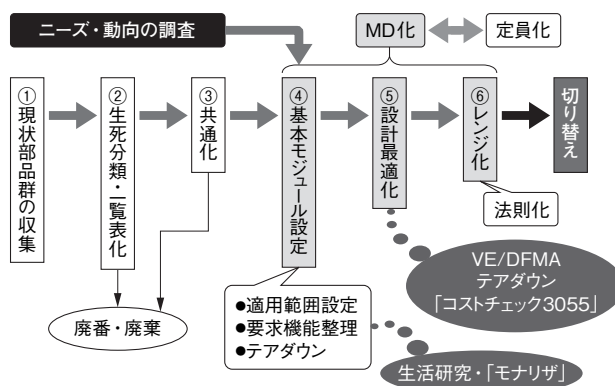


図4●MDの手順  
6つのステップを踏んでから、設計や商品の「切り替え」となる。モノリザは使い勝手の比較手法。

## MD化の6つのステップ

さて、レンジという概念も理解していただいたところで、いよいよ本題のモジュール化の進め方の解説に入る。そのおおよその流れを図4にまとめた。

第1ステップは、「現状部品群の収集」。文字通り、現在存在している部品情報を収集するのだ。とにかく部品をかき集めて、寸法などの仕様や機能を把握する。

第2ステップは、「生死分類・一覧表化」。かき集めた部品の「生死」の状況をつかむ。現在どこでどのくらい(数量)使われているのかや、補修だけか、それともここ何年も使われていないかなどを、一覧表にまとめる。実は、既に全く使われなくなった(死んだ)部品をコンピュータ(管理システム)上に残しておく、悪さをする恐れがある。そこで、第2ステップでいったんリスト化し、後できちんと処分する。理想は廃番、す

\*1 ある飲料メーカーのペットボトルを見ると、注ぎ口の材質と本体の材質が異なり、両者が接着されている。なぜなのか。筆者はまだその理由を知らない。



なわち番号を消去すること。簡単なようだが、案外これができる会社は少ない。自慢するわけではないが、いすゞ自動車部品点数を7割も削減できた裏にはこうした努力があるのだ。

ここを話し始めると止まらなくなるので、また折を見て触れるとし、話を先に進めよう。

次の第3ステップは、「共通化」。一覧表にまとめた部品の中で、類似部品についてはできるだけ統合し、共通化する。これだけで、コストなど大きな効果が得られることは間違いない。逆にいうと、放っておけば部品は増加の一途をたどる。私の失敗談でもあるが、そうなるのは「(増加防止の) 歯止め」がないから。他社よりも優れることやユーザーニーズを満たすことといった条件、すなわち歯止めを設けておけば、あれが欲しいこれが欲しいなどと、設計者の独り善がりの追加要求は一切来なくなる。そのために必要なのが次からの工程だ。

第4ステップは、「基本モジュール設定」。いよいよモジュールの構想を立てる。前々回(2010年3月号)述べたが、ここで重要なのは機能を落とさないことだ。むしろ競争力を高めるために、ユーザーの潜在ニーズに踏み込んだ新機能を盛り込む。そして、集約した各部品群ごとに最大公約数的に機能を把握し、基本モジュールのイメージを作る。

第5ステップは、「最適設計化」。ここでVE(Value Engineering)やテアダウン、DFMA(Design for Manufacture and Assembly)など、ありとあらゆる手法を駆使して最適なものを考案するのだ。他社よりも優れた基本モジュールを作れば、勝ちに転じる。ユーザーのわがままにも応えられる。十分なクライテリアをチェックし、最高のものを造り上げてほしい。

そもそも、ユーザーから「こんなものが欲しい」と言われるようでは、設計者としては恥ずかしい。ユーザーの欲しいもの、すなわちニーズを把握していないということだからだ。ここをきちんと見極めて最適設計を施せば、新たな改善など不要になる。要は、改善の必要のない基本モジュールを作るのだ。そうすれば、前回解説したお勧め販売において、お客様を十分に説得できる。この思想こそ、MDの基本コンセプトにはほかならない。ここを外した、競争力(他社との差異)がさほどない製品だと、戦い切れずにユーザーの言い分を聞かなくてはならなくなる。ただ統合すればよいというものではないのである。

無論、基本モジュールの改善が未来永劫必要ないわけではない。時代が<sup>えいごう</sup>進化して、工法や材料が変わったり競合他社が優れたものを出したりしたときには、再び見直さなければならない。その時期はいずれ、しかし必ずやって

来る。そうなったら、基本モジュールをモデルチェンジし、各レンジのバリエーションを整え直して、再度競争力を高めてトップの座を奪い返せばよい。

第6のステップが、その「レンジ化」だ。ペットボトルの事例のように、ある法則、すなわちレンジを決めれば、中途半端な容量や寸法といった仕様がなくなる。多くの設計者が寸法合わせの設計変更<sup>変更</sup>に追われるのは、このレンジをしつかりと決めていないから。その結果、勝手に寸法を作り、部品の種類を増やしてしまうのである。ちなみに、レンジは容量や寸法だけではない。材質にも適用できる。事実、ペットボトルの場合にはホット(高温用)とコールド(低温用)の2種類を上手に使い分けている。こうした材質や色の展開にも、レンジの考え方を取り入れるとムダを省ける。

以上、6ステップを踏んで設計や製品を切り替えていく。これが、モジュール化の手順だ。

## 燃料タンクをMD化すると…

では、実際に自動車に使われる燃料タンクにMDを適用してみよう。

燃料タンクには、「巻きタイプ」「もなかタイプ」「樹脂タイプ」「ボディー一体型タイプ」などさまざまあるが、ここではトラックによく積載されている巻きタイプをベースに検討する(図5)。その構造と製造方法は以下の通りだ。

①鋼板には、タンク内が塗装が可能な

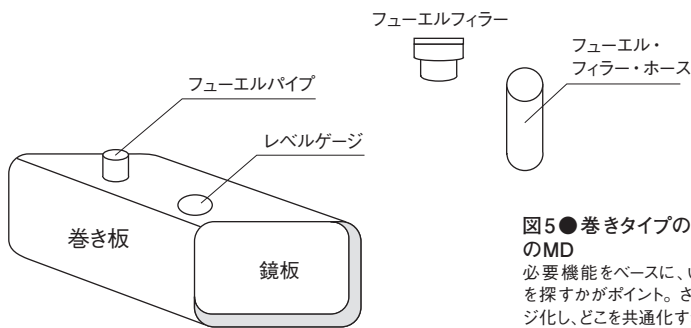


図5●巻きタイプの燃料タンクのMD  
必要機能をベースに、いかに共通項を探すがポイント。さて、どこをレンジ化し、どこを共通化すればよいのか。

いため内側に防錆鋼板を、塗装可能な外側には普通の鋼板を使う。この材料選択が「最適設計」の第一歩。市販のものを選択するようにする

- ② プレスで2枚の鏡板（端面の板）を打ち抜く
- ③ 巻き板は、ベンダーなどで曲げ加工を施し、四角形の巻き物に成形して、合わせ部分を溶接する。同じ位置で溶接するなら、自動溶接が適用できる
- ④ 巻き板に、燃料を注ぐためのフューエルパイプの取り付け穴と、燃料レベル（残量）を感知するレベルゲージの取り付け穴を加工する
- ⑤ 場合によっては、巻き板内に揺動を防ぐバップルプレートを取り付ける
- ⑥ 両端面に鏡板を入れ、シーム溶接で組み付ける
- ⑦ 燃料漏れがないか否か、水密検査を実施する
- ⑧ 外板に塗装を施して完成となる

こうして造る巻きタイプの燃料タンクにMDを適用する考え方は次の通り。

▶自動車内のレイアウトやタンク容量に

対応するために、鏡板を何種類か準備する。この際、標準的な寸法を持つ定尺材からの歩留まりを考慮しつつ、縦横寸法をレンジ（法則）化する

▶巻き板の長さをレンジ化し、容量のレンジを作り上げる。なお、容量は鏡板の高さと幅、巻き板の長さの積で決まる

▶鏡板のコーナーRはすべて共通とする\*2。これにより、シーム溶接の溶接条件が一定になる\*3。すなわち、タンクの大きさが変化しても溶接条件は変更する必要がなく、品質も安定する。しかも、こうして条件を統一すれば、扱える量が増える。たとえ種類が増えても、自動化することが可能になるのだ。レンジ化は、製品の多様化、生産性の向上、品質の安定と、一石三鳥の貢献を果たすのである

▶燃料タンクに取り付けるフューエルパイプやレベルゲージは標準化する。これにより、燃料タンクに施す加工は容量に関係なく同じになる

▶フューエルパイプは、形状や寸法を

固定する。フューエル・フィルター・ホースは樹脂化し、長さをオプションにして調整可能にする。長さについては、できたらレンジ化したいが、寸法調整用に自由度を持たせておく考え方もある。すると、ここがいわゆる「逃げ」になって、誤差や微調整を吸収することができる

▶燃料の注ぎ口のフューエルフィルターの径は、ガソリンスタンドのガンからの流量で決まる。ガンと流量は全国津々浦々同じだから、径は一定になる。要は、フューエルホースでは長さが調整しろを持つだけ。あとは仕様を統一し、ホースクリップで固定すれば完成となる

以上見てきたように、巻きタイプの燃料タンクでは鏡板と巻き板をレンジ化し、ほかを共通化する。これにより、同じ工程で何種類もの容量に対応しながら、中量生産、つまり効率の高い生産を実現するのである。

これで、MD化の進め方はおおむねご理解いただけたであろう。要は、必要機能をベースに、いかに共通項を探すか、だ。材料が違っていたら、このアプローチははなから無理。材料が一緒なら工法や工程が一緒になるし、使われる部品が一緒ならば（レンジ化した）寸法違いで同じものを造れる。もちろん、すべてが一緒なら最高のゴールだ。設計者がこうした点を頭に入れて最適設計をすれば、ものづくりそのものが最適化されていく。



\*2 Rを同じにすると、巻き板の曲げ加工も共通になる。ベンダーの段取り替えをする必要もない、加工の習熟度も能率も上がる。こうした配慮が最適設計につながるのだ。

\*3 シーム溶接の溶接電極は円形である。同じRの場合は同じ溶接条件を適用して同じ溶接強度を出せるが、Rを変えた場合には溶接強度も品質評価も変わってしまう。