

## Ashby 法と 1DCAE による設計が目指すところ

材料・プロセス選定を起点とした Ashby 法と物事の本質の理解を起点とした 1DCAE の融合により、新たなものづくりの仕組みの実現を目指す。Ashby 法では材料・プロセスデータをもとに設計を Ashby マップにより可視化することにより、設計の見通しをよくする。この考え方を 1DCAE にも適用、Ashby マップに相当する製品マップを導く。一方、1DCAE ではものづくりを価値⇒機能⇒構造という手順を経て、コンセプトを次第に具体化していく。この流れを Ashby 法に適用することにより、Ashby マップの位置づけをより広く捉え、製品マップへも繋げる。なお、ここではプロットされるものが材料・プロセスの場合を Ashby マップ、製品の場合を製品マップと定義する。図 1 に Ashby 法と 1DCAE による設計が目指すところを示す。ビジョン（会社の経営方針等）を起点に、1DCAE により対象製品の価値および機能を考える。1DCAE により定義された機能が仕様となり、Ashby 法により材料・プロセスの選定を行うとともに、形の創成も行う。一方、現状技術である 3D-CAD/CAE を用いて 1DCAE からの機能を仕様として構造・機構を考える。この際、1DCAE、Ashby 法、3D-CAD/CAE いずれのプロセスにおいても、Ashby マップ、製品マップを参照とした設計を行う。このように Ashby マップ、製品マップという（日本固有の曖昧な設計指針に替わって）明確な設計指針を用いることにより、新たな製品の創出を目指す。

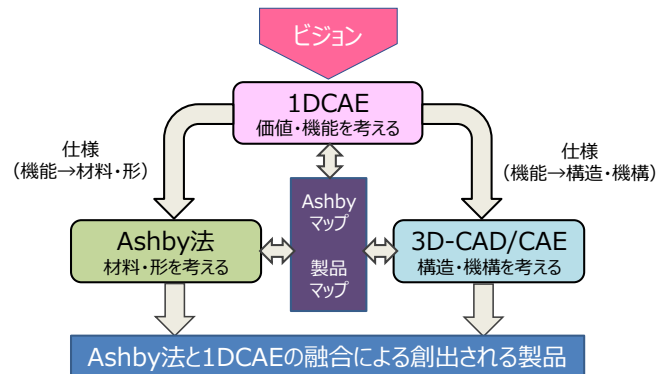


図 1 Ashby 法と 1DCAE による設計が目指すところ

## 1DCAE の構成と効果

1DCAE に関しては何度か紹介してきたが、ここではその構成と効果について説明する。1DCAE は設計の目的によって構成が大きく異なる。ここでは、目的に応じて設計を 3 つに分類する。3 つの設計は狩野モデルを基本に図 2 に示すように **Must** 設計、**Better** 設計、**Delight** 設計に分類できる。

- I. **Must** 設計（“あたりまえ品質” に相当）：デザイン保証が必須の設計。多くのトラブルはこの設計をないがしろにすることによって発生する。評価されにくいため取組みにくい領域であるが設計の基本である。リスクの最小化が目的となる。
- II. **Better** 設計（“性能品質” に相当）：評価の判断が明確なために取り組みやすい領域ではあるが最終的にはコスト競争に陥る。コスト最小化、開発期間最短化、性能最大化が

目的となる。

III. Delight 設計（“魅力品質”に相当）：デザインコンセプトが最重要となる設計。多くのヒット商品はこの領域から生まれる。創発的な設計と思われがちだが、技術、顧客要求の先取りがポイントとなる。例えば、心地よさ最大化が目的となる。

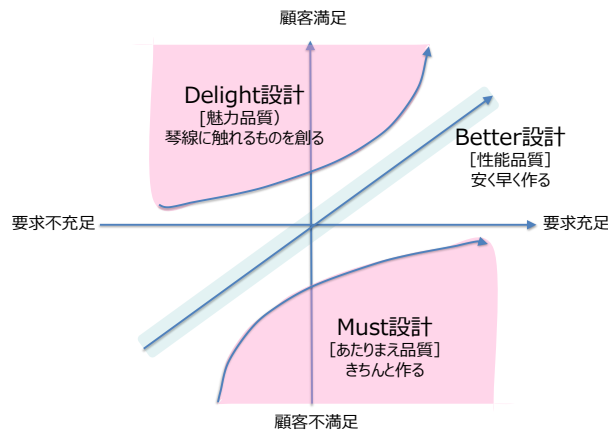


図2 3つの設計

3つの設計を念頭に置いた1DCAEの製品設計への適用プロセスを図3に示す。製品開発においては社会動向、顧客ニーズ、自社の強み等を考慮して目標を設定する。これを受けて設計が開始する。概念設計、機能設計においては1DCAEの考え方に基づいて全体適正設計の枠組みの構築、評価を実施する。この部分は3つの設計によって内容が異なる。1DCAEで決定された仕様は3D-CAE（個別設計）に受け渡され、メカ、エレキ、ソフト、意匠設計を実行、個別V&V(Verification & Validation)が行われる。個別設計の結果は1DCAEに戻され、システムV&Vを行い、システムおよび個別の成立性を確認した後、製品製造へと受け継がれる。

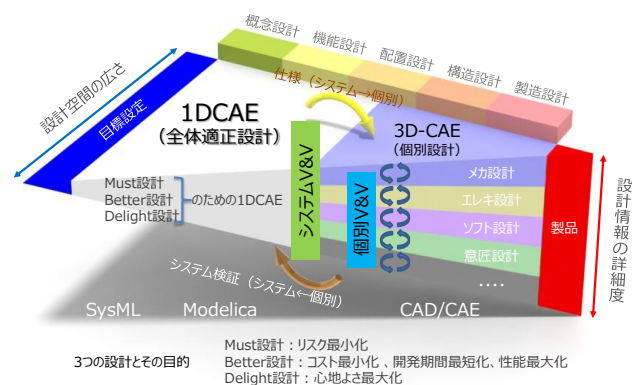


図3 1DCAEによる設計プロセス

1DCAEでは対象とする製品の価値、機能、現象をハード、ソフトに関わらずもれなく

記述し、パラメータサーベイを可能とする環境を構築する。目的に応じて、製品を使用する消費者、社会、経済、流通といった非物理現象（実はこちらの方が製品開発にとっては重要なことがある）も含む場合がある。また、1DCAE と 3D-CAE の関係は車（自転車）の両輪と考えることもできる。1DCAE（前輪）により目標設定を正しく行うための方向付けを行い、3D-CAE（後輪）により目標に向かって加速することにより、全体として高い目標を設定でき、かつ、最短でゴールすることを可能とする。

1DCAE のものづくりの視点からの重要な効果は上流設計の実現とシステム全体の可視化、エンジニアの育成とこれによりもたらされるものづくりの革新である。

上流設計の実現：

設計上流段階から適用可能なため、広い設計空間を対象とすることができ、結果として新たな価値の創造につながる。また、設計の早い段階で設計の問題点を見つけることができ、結果として設計の質の向上、効率向上につながる。従来の 3D-CAE 手法は部分最適を可能としていたものの、システム全体を見通した全体最適は不得手であった。1DCAE は全体最適による価値最大化、コスト最小化、リスク最小化を可能とする。

システム全体の可視化：

メカ、エレキ、ソフトといった分野を横断した設計仕様の策定が可能となる。これは分野単独の部分最適から、分野横断の全体最適を可能とし、ムリ、ムダを排除できる。また、システム全体での抜けを防止でき、品質向上につながる（安心安全の実現）。また、結果の可視化だけでなく、メカ、エレキ、制御といった機能の可視化、機能を実現するパラメータ（数値）の可視化、どの分野を対象としているのかといった情報の可視化を実現する。

エンジニアの育成：

1DCAE はエンジニアの思考を容易に計算機上に具現化してくれる。しかし、これはエンジニアの資質に大きく影響する。1DCAE ではこれが 3D-CAE 以上に如実に表れる。すなわち、1DCAE は物理現象をちゃんと理解していることにより最大の効果を発揮し、考えている対象製品イメージを機能に展開する能力が要求される。当然、システム全体を対象としているので自分の専門分野以外のことも知る必要がある。例えば、機械屋だったらモータのことも勉強しないといけないかもしれない。このように、1DCAE はエンジニアに学習を能動的に働きかける重要な効果がある。

#### Ashby マップと製品マップの位置づけ

1DCAE では対象製品を価値、機能、構造の視点で捉え、これを価値／機能／構造マップで表現する。図 4 にフライパンを例とした価値／機能／構造マップを示す。顧客にとっての価値が起点となるが、この価値は顧客によって意識されている場合とそうでない場合がある。前者の場合にはいわゆるマーケティング手法で抽出できるが、後者の場合には行動観察等新たな手法が研究されている。次に価値を機能に展開するわけであるが、機能は最終的

には数値で表現する。図4の例では上位の機能を機能1、数値化された機能を機能2と定義した。機能2の項目はAshby法の材料データベースに相当する。最後に価値を構造に展開する。プロセスデータはここでは構造の範疇と考えた。保守、スタイル等も構造に入る。

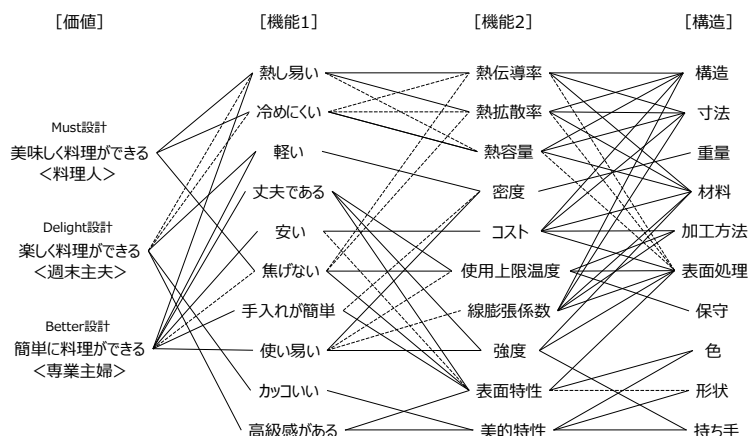


図4 価値/機能/構造マップ (フライパンの例)

価値⇒機能⇒構造のプロセスをシンプルに表現、この中にAshbyマップと製品マップを位置付けると図5となる。これから、Ashbyマップは機能、製品マップは構造に相当する。また、両マップは材料・プロセスデータベース (Ashbyデータベース)、人の嗜好性に関するデータベース (ひとデータベース)、製品データベースが源泉となって導出される。また、材料・プロセスから製品は生まれるので、Ashbyマップと製品マップは独立ではなく、背後では繋がっている。

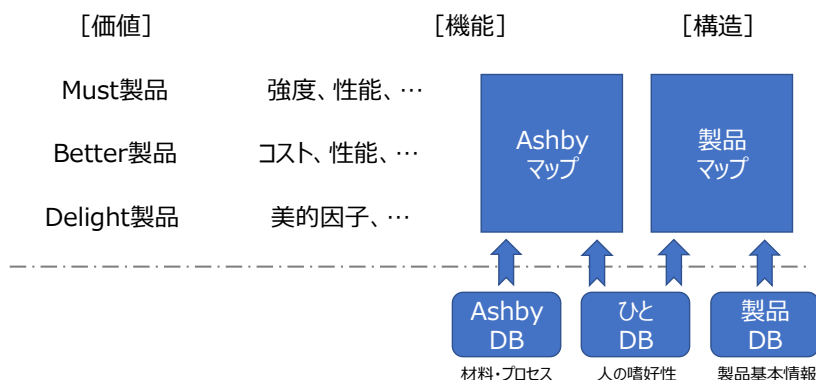


図5 Ashbyマップと製品マップの位置づけ

図6にMust製品、Better製品に関するAshbyマップの例を示す。Must製品、Better製品では強度、性能、コストといった機能が対象となるので、これらの物性値を用いた指標が両軸となる。図6は軽くて強い材料に関する設計指標を示している。

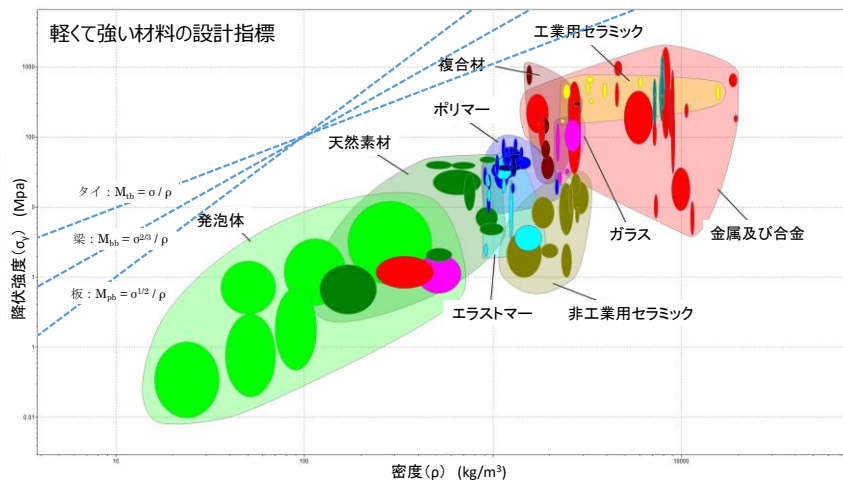


図 6 Ashby マップの例 : Must 製品、Better 製品

図 7 に Delight 製品に関する Ashby マップの例を示す。Delight 製品では美的因子と言った人の感じ方に関する機能が対象となるので、これらの物性値を用いた指標が両軸となる。図 7 は触って暖かく／冷たく感じる材料に関する設計指標を示している。

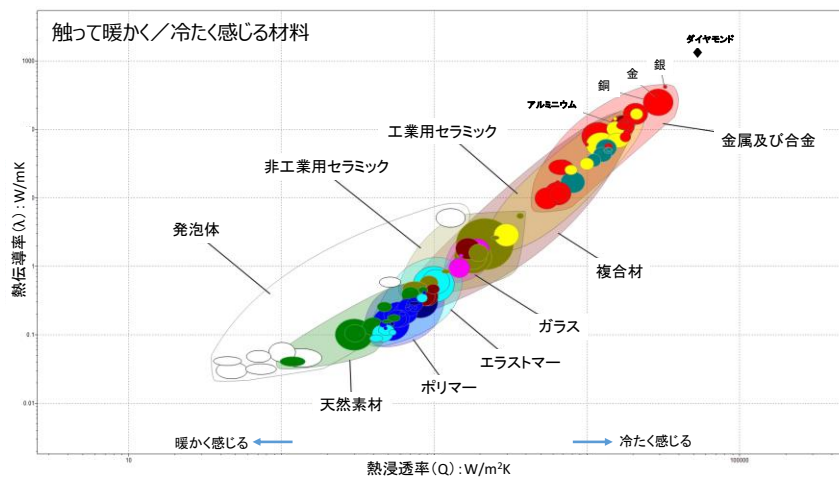


図 7 Ashby マップの例 : Delight 製品

図 8 に製品マップの例を示す[1]。これは 10 台の掃除機の音の心地よさをマップ化したもので、このマップをベースに新構造の掃除機を開発、検証した例である。

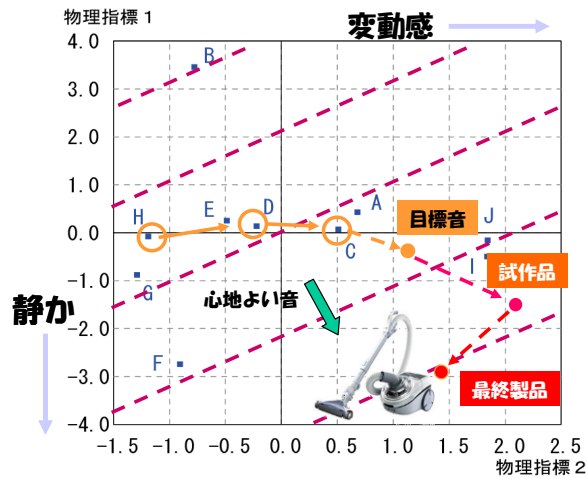


図 8 製品マップの例：Delight 製品（音のデザイン） [1]

### 拡張型 Ashby マップ

Ashby マップは材料・プロセスデータをもとに、縦軸横軸にこれらのデータもしくはこれらのデータから導出される指標により作成する。一方、実際の機械設計を考えるとこれだけでは表現できない場合が多い。これは機械設では多くの機能が統合されていること、最終的には構造を考慮する必要があることに起因する。そこで図 9 に示すように何らかの手段を介して新たな指標を作成し、これを Ashby マップの両軸とすることにし、このようにして得られたものを拡張型 Ashby マップと呼ぶことにする。例えば、1DCAE は仕様を機能に変換するプロセスでありこの手段として機能評価ツール（例えば、Modelica による 1D ツール）、Ashby 法で機能を形状に変換する手段として形状創成ツール（例えば、トポロジー最適化）が考えられる。3D-CAD/CAE は言うまでもなく機能を構造に変換するツールである。

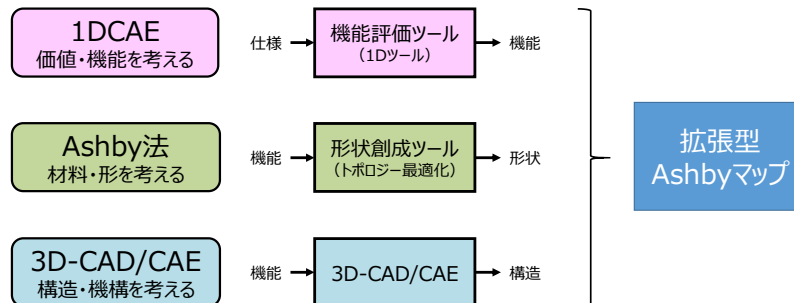


図 9 拡張型 Ashby マップの作成手順

図 10 に拡張型 Ashby マップの例として、フライパンを対象とした指標を示す。両軸の“均一に熱くなる度合い”、“早く熱くなる度合い”はフライパンの 1D モデルを用いて解析した結果から定義している。1D モデル自体は Ashby データベースの伝熱に関する物性

値を起点にしているが、ここに解析という高度な変換技術を導入している点がポイントである。

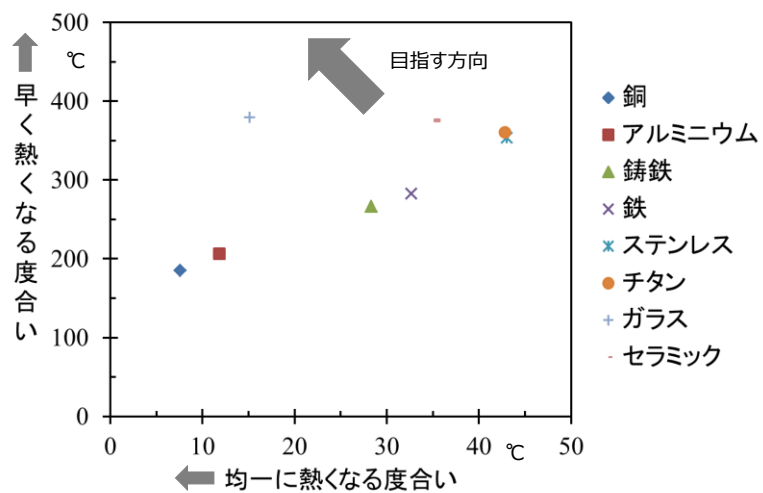


図 10 拡張型 Ashby マップの例 (フライパン)