

材料と設計

多くの製品は所定の機能を満足し、使い勝手も悪くなければ“良い設計”と判断される。これは 1DCAE における **Must** 設計、**Better** 設計に対応する。一方、“優れた製品”は人に喜び（感動）を与える。日本で言うと“琴線に触れる”製品と言える。これを具現化するのが **Delight** 設計である。でも人に何が喜びを与えるのか？人は何に感動するのか？という質問に答えるのは容易ではない。ある場合には、形状、色、質感だったり、また、ある場合には種々の要因が混ざり合った混沌とした状況だったりする。

上記状況の中で、材料は中心的な位置を占める。特に、新しい材料は従来の設計制約を解き放ち、新たな製品設計を可能とする。すなわち、技術革新がものづくりを変えることになる。図 1 にいくつかの事例を示す。**Crystal Palace**（水晶宮）は **Cast iron**（鋳鉄）によって、**Eiffel Tower**（エッフェル塔）は **Wrought iron**（鍛鉄）によって、**Golden Gate Bridge**（金門橋）は **Drawn steel cable**（引抜鋼索）によって実現した。家電、携帯電話、ノート PC の変遷を見ても材料が製品の軽量化、美的印象の向上に貢献していることが理解できる。

この連載記事では今までに製品の機能を実現する材料・プロセスを如何に系統的に決めていくかを中心に述べた。いわゆる **Must** 設計、**Better** 設計で系統的にその設計手順を示すことができた。これは裏返せば、この手順に従って設計を行えば、誰でも同じ結果に到達することを意味する。一つの会社内で設計品質を向上させるにはこれは重要であるが、他社との競争にはこれだけでは勝てない。従って、これは満たした上で他社競争力をつけるのが **Delight** 設計である。**Delight** 設計は一人の天才によってもたらされる場合が特に欧米では多い。この状況は理解した上で、**Delight** 設計というプロセスを可能な限り、無理のない範囲で可視化、手順化することは、特にボトムアップ、擦り合わせを基本とする日本のものづくりでは重要と考える。



Crystal Palace (水晶宮)
～Cast iron (鑄鉄)～



Eiffel Tower (エッフェル塔)
～Wrought iron (鍛鉄)～



Golden Gate Bridge (金門橋)
～Drawn steel cable (引抜鋼索)～

図1 建造物と材料

Ashby 法における設計の定義

図2にいくつかのボールペンを示す。これは私(大富)が普段使用しているものである。高価なペンと安価なペンの間には100倍以上の価格の差がある。にもかかわらず、それぞれは固有の市場を有している。これは顧客が求める価値に多様性があることを意味する。

そこで何が製品の価値を決めるのか考える。この指針を与えるのが図3のAshby法における設計の定義である。設計の基本となるのが **Functionality** (機能) である。ドライヤーであれば適切な温度の適切な風が出ることが、掃除機であればゴミをちゃんと吸うことがこれに相当する。顧客が期待する通りにちゃんと動くことが条件である。その上で **Usability** (使い勝手) が要求される。製品を使う際に、どのように操作したらいいのかが容易に判断できることなどがこれに相当する。機能、使い勝手を満たした上で重要となるのが **Satisfaction** (満足) である。満足とは顧客が製品を使っていく上で愛着を感じている状況に相当する。Ashby先生は機能、使い勝手に相当する部分を **Technical design** (工学設計)、満身に相当する部分を **Industrial design** (意匠設計)、また、この全体を **Product design** (製品設計) と定義している。工学設計は **Engineering design** と英文表記することもある。また、意匠設計は **Visual design**、**Industrial design** と分ける場合もある。前者が表層的な意匠設計、後者が深層的な意匠設計と考えられる。図4にAshby法と1DCAEの設計の定

義の対応を示す。機能が **Must** 設計、使い勝手が **Better** 設計、全体を **Delight** 設計と定義した。すなわち、**Delight** 設計とは製品設計そのものである。

製品の価値は図 3 の 3 つの要素に対して顧客の期待をどの程度充足しているかその度合いによって決まる。期待が小さければ楽な設計となるし、期待が大きいとこれを満たすために厳しい設計が必要となる。製品の価値を充足する設計を行うには、製品の特徴を多面的に可視化、数値化することが重要である。さて、ボールペンに話を戻すと高価なペンも安価なペンも機能、使い勝手はあまり変わらない。書き易さに大きな差があるわけではない。そうすると価格の大きな差は“満足”からきていることが推測される。読者の多くの方も、普段書きは安価なペンで重要書類を書くときは（結果的に）高価なペンを使っているのではないだろうか。図 2 のペンを見て気が付くことは高価なペンと安価なペンの違いは材料、表面処理であることに気づく。すなわち、材料・プロセスを適切に選ぶことにより、顧客に満足を届けることができ、かつ、企業には大きな利益をもたらす。これ以外に、自動車と同様にスタイル（形状、色）によるブランドイメージも“満足”に関係する。いわゆる所有欲である。



図 2 高価なペンと安価なペン

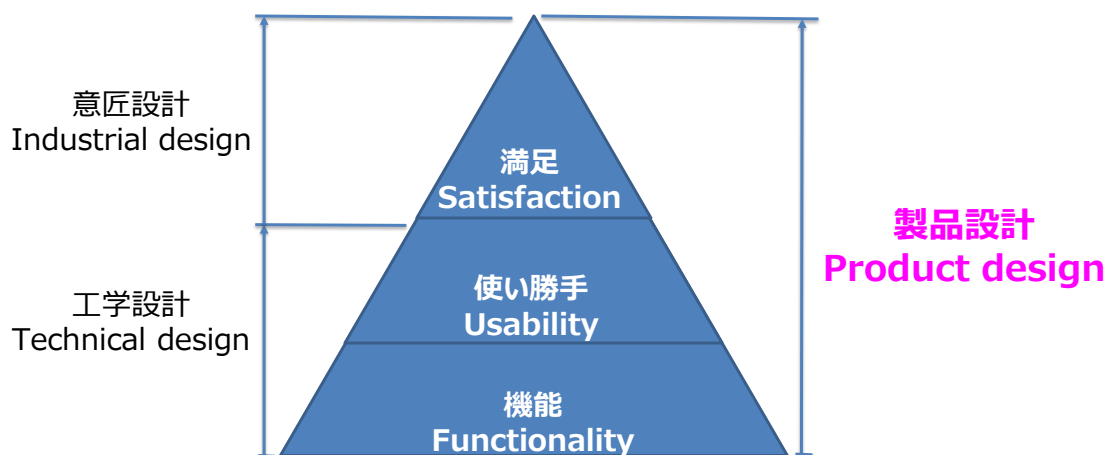


図 3 Ashby 法における設計の定義

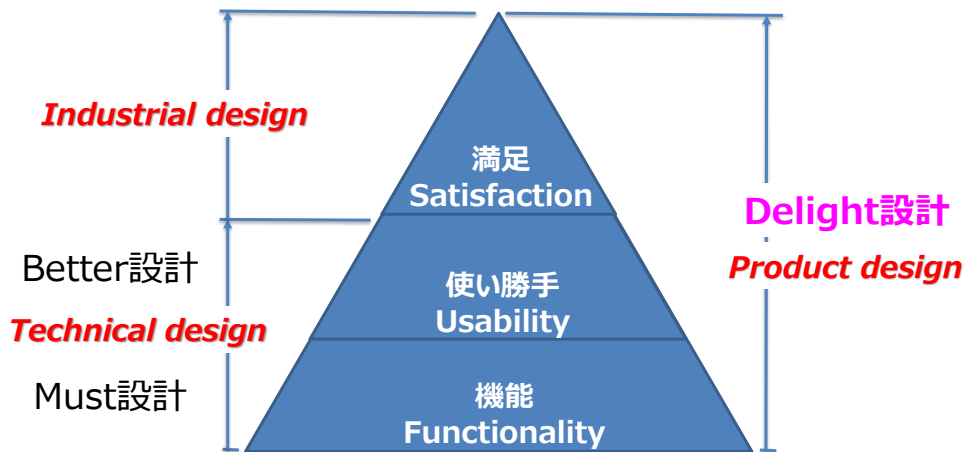


図4 Ashby法と1DCAEの対応

製品の特性

ここでは何が製品の特性を左右しているのか考える。図5に製品を構成する様々な要素を示す。中心にあるのが **Product** (製品)、製品が必要とする **Function** (機能)、製品が有する **Features** (特徴) である。製品設計を行う際には製品が使用される **Context** (文脈) を考える必要がある。文脈とは耳慣れない言葉であるが、要は、**When** (いつ)、**Where** (どこ)、**Who** (誰が)、**How** (どのようにして)、**What** (何を)、**Why** (なぜ) という **5W1H** を設計の最初の段階で想定するということである。具体的には製品を使用するシナリオを考える作業ともいえる。例えば、ドライヤの設計を考える場合、人が風呂上がりに自分の髪の毛を乾かすのが普通の使い方だが、母親が子供の毛を乾かしてあげることも想定される。このような場合には母親の毛 (特に長い場合) がドライヤの吸込み部に巻き込まれないような配慮が必要である。製品は一度、顧客の手に渡ると想定通りの使い方をしてくれるわけではない。想定外の使い方の問題が起こる場合が多いが、逆に、想定外の使い方が顧客に思わぬ満足を与える場合もある。

図5の左側は **Materials** (材料) と **Processes** (プロセス) である。この詳細については第15回で解説したので参照されたい。材料・プロセスは製品という形、肉、骨を形成するので **Product “physiology”** (製品の生理学的側面) と言うこともできる。

右下は **Usability** (使い勝手) である。使い勝手には二種類ある。一つは **Physical matching** (物理的使い勝手) である。ドライヤの持ち手のように人間工学的に考慮された設計を行うことにより、顧客の肉体的ストレスが軽減される。もう一つは **Information transfer** (情報伝達易さ) である。例えば、ドライヤを使用する際の手順が分かり易いことに相当し、これを上手に設計することにより、顧客の精神的ストレスを最小化する。情報伝達易さの最適例がテレビのリモコンである。上手く設計されたリモコンは直感的に所定の操作を行うことができるが、そうでない場合は悲惨な状況になり、精神的ストレスは最高潮に達する。ボタ

ンの配置、色、形状、材質がこの場合の設計パラメータとなる。パソコン、テレビの画面設計もこの類である。

右中央に位置するのが製品の **Personality** (個性) である。個性は大きく 3つの要素からなる。一つ目は **Aesthetic** (美) である。美しさは人の五感を通して脳で決定される。形、質感、触感、匂い、音がこれに相当する。二つ目は **Associations** (連想) である。上手く設計することにより、設計者が意図する想いを象徴的なもの・ことと関連付ける (連想させる) ことができる。真っ赤な色が炎をイメージさせたり、ある形が昆虫をイメージさせたりする。この場合は、この意図が文脈に即していることが前提であるのは言うまでもない。三つ目は **Perceptions** (感じ方) である。感じ方とは人が製品を見たり使ったりした際に製品が人に与える反応である。この反応は人によって異なるので一概に決めることは容易ではない。そこで、表 1 に示すように製品への感じ方を言葉で表現 (対となる形容詞)、評価するのが一般的である。これを見て、英語と日本語 (我々の解釈で翻訳) で言葉の持つイメージが必ずしも同じではないことが分かる。すなわち、言葉が設計にとって重要な要素であることを示唆している。使い勝手、個性は製品の内面を構成するので **Product “phycology”** (製品の心理学的側面) ということもできる。

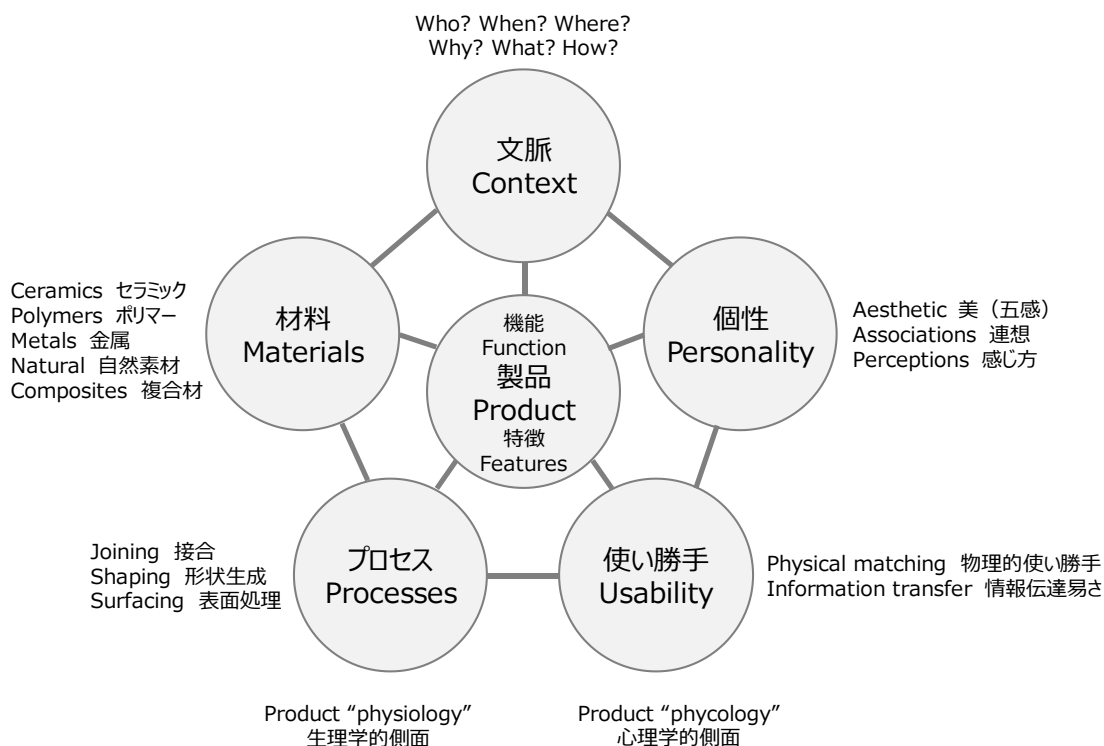


図 5 製品を構成する要素

表 1 製品への感じ方を言葉で表現した例

Aggressive – passive	Elegant – clumsy
積極的 – 消極的	上品な – 武骨な
Cheap – expensive	Extravagant – restrained
安い – 高価な	奔放な – 抑えた
Classic – trendy	Feminine – masculine
昔からの – はやりの	女性的 – 男性的
Clinical – friendly	Formal – Informal
冷たい – 優しい	堅苦しい – 砕けた
Clever – silly	Handcrafted – mass product
賢い – 愚か	手作りの – 大量生産
Common – exclusive	Honest – deceptive
一般的 – 排他的	誠実な – 狡い
Decorated – plain	Humorous – serious
華美な – 地味な	滑稽な – 深刻な
Delicate – rugged	Mature – youthful
繊細な – 頑丈な	成熟した – 若々しい
Disposable – lasting	Retro – futuristic
使い捨ての – 長持ちする	復古的な – 未来的な

製品としての個性を生み出す材料

製品としての個性（特に、美）を生み出す材料について考える。美は五感を通して認知される。五感とそれらを表現する言葉を表 2 に示す。五感とは Touch（触覚）、Sight（視覚）、Hearing（聴覚）、Taste（味覚）、Smell（臭覚）である。触覚は材料に触れた際の感じ方で暖かい／冷たい、柔らかい／硬い、柔軟／堅いが代表的なものである。視覚は透明／半透明／不透明、反射、光沢／艶消し、質感が相当する。聴覚は籠った、鈍い、鋭い、反響、鳴り響く、甲高い／低音と奥が深い。Ashby 法が目指すのは表 2 のキーワードを材料の物性値を用いて Ashby マップとして可視化することである。代表例を二つ紹介する。

図 6 は材料の聴覚特性を Ashby マップで表現した例である。縦軸は柔らかい／硬いを表現している。硬さはビッカース硬さ(H)で、柔らかさは縦弾性係数(E)で説明できるので、両者を乗じて平方根を取ったものを指標としている。横軸は暖かい／冷たいに関して表現している。この指標は伝熱現象から定義できる。製品の文脈に応じて適切な触覚特性を決定、これに相当する材料を絞り込む。

図 7 は材料の聴覚（音響）特性を示す。同一形状の材料に関して、これを叩いた際の音（振動）の減衰の度合いを縦軸に、その周波数を横軸に取っている。減衰の度合いは損失係数(η)で表現できる。損失係数は大きい程、音（振動）は早く減衰するので籠った音となる。

逆に損失係数が小さいと減衰せずにつまでも振動しているので響いた音となる。また、周波数は大きいと高い音として認知され、小さいと低い音として認知される。

表2 材料の美的（五感）因子

Touch 触覚	Warm Cold Soft Hard Flexible Stiff 暖かい 冷たい 柔らかい 硬い 柔軟 堅い
Sight 視覚	Transparent Translucent Opaque 透明 半透明 不透明 Reflective Glossy Matte Textured 反射 光沢 艶消し 質感
Hearing 聴覚	Muffled Dull Sharp Resonant Ringing 籠った 鈍い 鋭い 反響する 鳴り響く High-pitched Low-pitched 甲高い 低音の
Taste, Smell 味覚、臭覚	Bitter Sweet Tart Rancid 苦い 甘い 酸っぱい 臭い

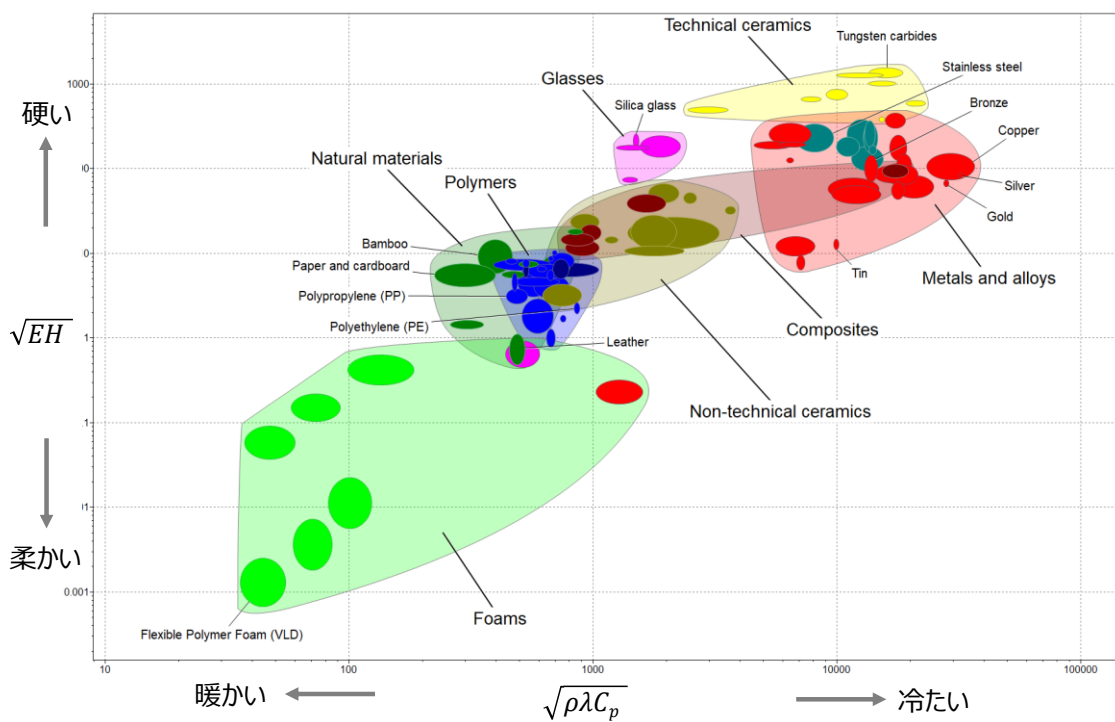


図6 材料の触覚特性

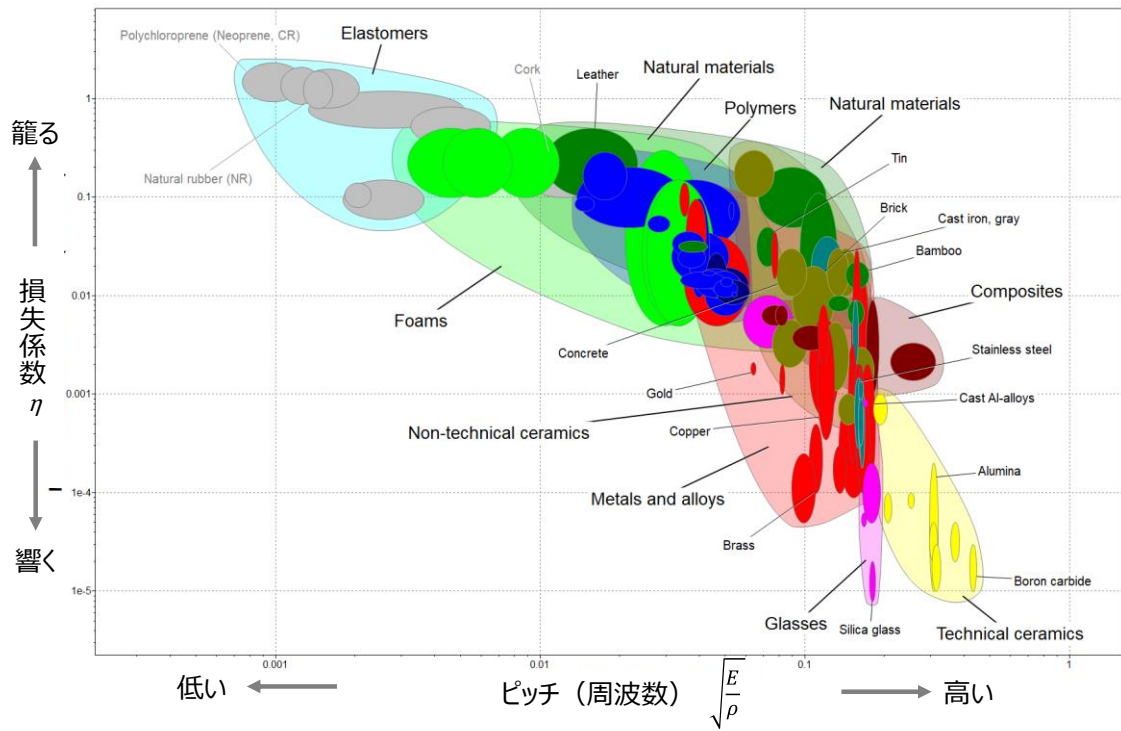


図7 材料の聴覚（音響）特性

材料からの連想

材料はそれ自体が個性を持っている。木は厳かな印象を与えるし、金属は冷たいが清潔な印象を連想させる。さらに、木も金属も種類によってこれらから連想されるものは異なる、逆に言うところこの材料と連想の関係を明らかにすることにより、製品の（例えば、高価な）印象を材料選定によって実現することができる。さらに、これらの関係が材料の物性値で表現されれば、目指すべき材料（現在は存在しないが）の仕様を設定、新しい材料の創出に繋げることができる。