

Ashby マップの定義

Ashby マップに関しては、今までに何度も取り上げているが、今回はその定義を再度考える。Ashby 先生はその著書[2]で Ashby マップの定義を改めてしている訳ではないので、この定義はあくまで私の考えによる。

図 1 に Ashby マップの定義を示す。元となるのは材料属性である。材料属性とは材料固有の物性値であり、例えば、CES EduPack[3]に材料データベースとして準備されている。代表的な材料属性は密度 (ρ)、縦弾性係数 (E) である。密度を横軸に縦弾性係数を縦軸にとって、その二次元平面に各種材料をプロットしたのが Ashby マップ(0)である。ここで(0)としたのは、このマップ自体が設計意図を含んでいない材料属性の生データであるからである。

Ashby マップを設計に適用するには、材料がもたらす効果を設計指標として表現、マップに反映する必要がある。例えば、軽くて剛い梁の設計指標 M は連載第 3 回で紹介したように $M=E^{1/2}/\rho$ で表現できる。 M は E と ρ から成り立っているので、設計指標 M は Ashby マップ(0)上に等値線として表現できる。これが Ashby マップ(1)である。一方、連載第 23 回で示したように、材料の触覚特性は、冷たさは $\sqrt{\rho\lambda C_p}$ で、硬さは \sqrt{EH} で表現可能である。これらを縦軸、横軸に取ったのが Ashby マップ(2)である。Ashby マップ(3)は Ashby マップ(2)にさらに別の設計指標、例えば、“冷たい印象がある”を等値線として付加したものになる。なお、図 1 では、Ashby マップ(1)(3)の等値線は直線で等間隔で表現しているが、必ずしも直線でなくても等間隔でなくてもよい。なお、連載第 22 回で紹介した拡張型 Ashby マップは Ashby マップ(2)の変形版である。

図 1 から分かるように、Ashby マップの効果は設計指標を如何に定義するかで決まる。Ashby 先生の著書には、基本的な問題に関して設計指標の導出方法を示してあり、本連載でもその一端を紹介している。これらを参考に、読者の皆様が抱えている実際の設計問題で是非、有効な設計指標を見出していただきたい。

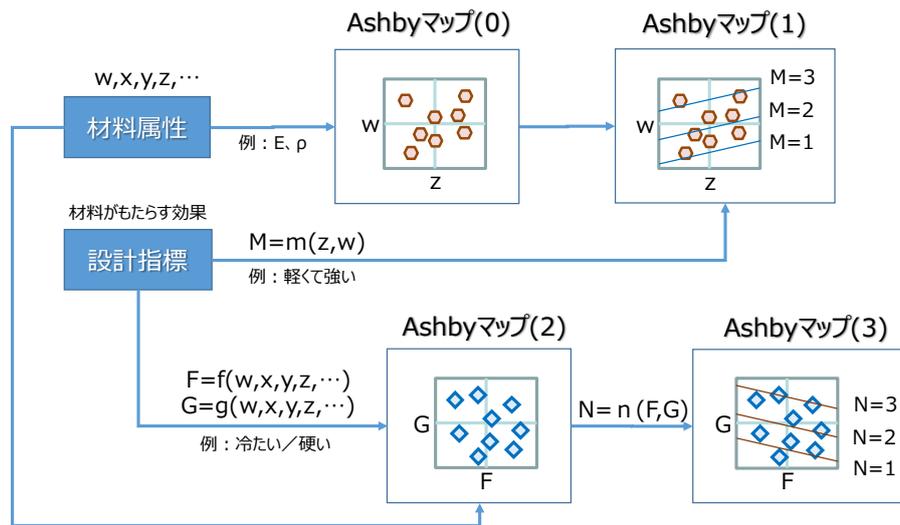


図1 Ashby マップの定義

製品マップの定義

次に、設計マップの定義を行う。設計マップでは、Ashby マップの材料属性の代わりに、製品属性を使用する。製品属性は製品に関する諸々の数値化された情報である。製品マップの定義に入る前に、製品マップにおける製品属性と設計指標の対象を明確にしておきたい。図2に製品属性と設計指標の対象を、Ashby 法の設計の定義の図を用いて示す。元々の機能、使い勝手、満足に構造を追加した。ここで、製品の構造、機能を製品属性とする。構造とは大きさ、重さ等で、機能とは流量、温度、速度等である。そして、使い勝手、満足を設計指標の対象とする。使い勝手は早く乾く、持ち易い等で、満足は心地よい、好き、欲しい等である。構造、機能も設計指標の一つでもあるが、製品が決まるとこれらはカタログに数値として記載されているので製品属性とここでは考える。例えば、ドライヤの製品マップを考えると、世の中に存在するドライヤを集めてきて、その構造、機能に関する数値をデータベース化し、使い勝手、満足に関する設計指標をこれらで表現するということになる。これにより、顧客が望む新たなドライヤの創出を支援することを目指す。以上より、満足、使い勝手に関する設計指標を、設計属性を用いて表現、製品マップとして可視化することになる。

図3に製品マップの定義を示す。見た目は図1のAshby マップと同じであるが、製品属性、設計指標の定義方法がAshby マップに比べて、はるかに自由度が大きい。また、製品マップにおいては製品がもたらす効果を設計指標として表現する。製品マップ(0)は製品属性、例えば、温度と流量を縦軸横軸に取り、該当製品を二次元平面上にプロットしたものである。製品マップ(0)上に、設計指標として、例えば、“早く乾く”を等値線として追加したのが製品マップ(1)である。一方、設計指標を製品属性の関数として定義、縦軸横軸に取ったのが、製品マップ(2)で、これらにさらに別の設計指標を等値線で追記したのが製品マッ

プ(3)である。

図4に製品属性の例を示す。カタログ値以外は、計測により算出している。製品属性に関してはその存在の有無に関わらず、必要性の有無を最初に考え、必要性の高い属性に関しては面倒でも計測等により算出する必要がある。

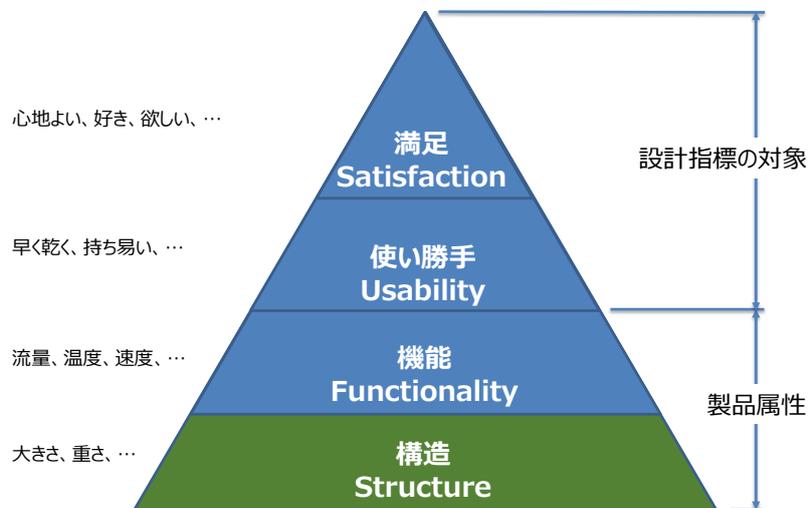


図2 製品属性と設計指標

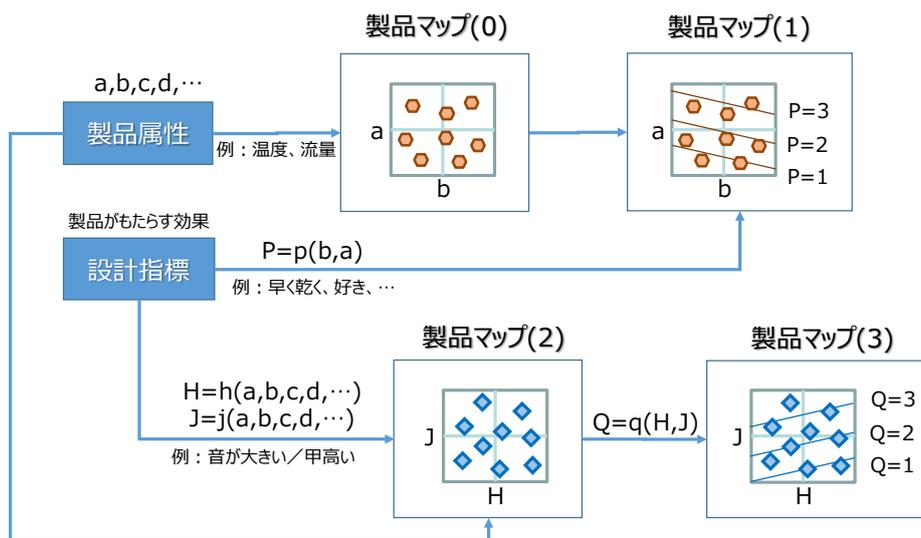


図3 製品マップの定義

カタログ値

番号	メーカー or ブランド(一般呼称)	品名1(一般呼称)	購入価格	カタログ値									
				流量 [m³/min]	重量 [g]	使用時サイズ [mm]	折れたたみ	電圧 [V]	消費電力 [W]	温度 [degC]			
1	bnb	CAOLLUR BN-CL-B004	¥5,500	?	390	135x90x225	o						
2	Areti	TUFT グローブロッタードライヤー 8000	¥15,200	?	565	150x195x83	x	100~240	180~1200	95max			
3	SALONIA	エグストラモイストイオンドライヤー SL-007	¥4,500	1.99	564	207x80x277	o	100	60~1200	30.60,100			
4	イズミ	Allure DR-RM73	¥2,200	1.50	525	209x84x217	o	100	600, 1200	70, 110			
5	イズミ	IONAGE DR-M313	¥3,100	1.10	405	202x165x75	o	100	1200	65, 95			
6	クレバ	質量											
7	グロー	形状											
8	コイズ	音											
9	コイズ												
10	ウィダ												
11	シャ												
12	テスコ												
13	テスコ												
14	テスコ												
15	ハイメ												
16	パナソ												
17	パナソ												
18	パナソ												
19	日立												
20	フカイ												
21	プラス												
22	モッズ												
23	ソリス												

図 4 製品属性の例

製品マップの例

図 3 に示した 4 種類の製品マップの例を以下に示す。図 5 は製品マップ(0)の例である。横軸に幅、縦軸に高さを取って、様々な図形を表記した。これ自体が製品の設計指標を示しているわけではないが、図形が大きい・小さい、細長い・四角い・広いと分類できることが分かる。四角いの定義は明確であるが、大きい・小さいは相対的なものであり、絶対的に定義することはできない。

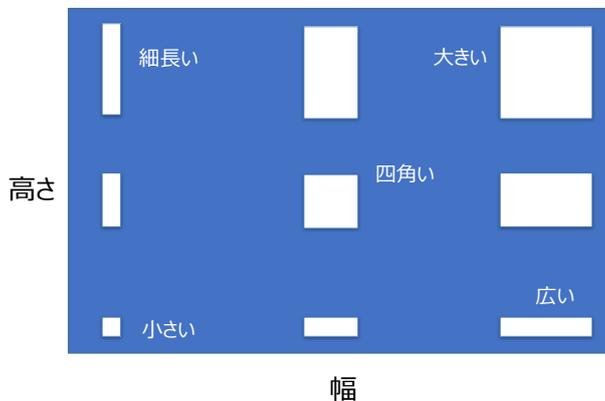


図 5 製品マップ(0)の例

図 6 に製品マップ(1)の例を示す。ドライヤーをイメージしていると考えていただきたい。

ドライヤの流量と温度は測定により求めることができる。そこで、流量を横軸に温度を縦軸に取り、該当するドライヤ（ここでは10機種）をプロットする。ここまでは、製品マップ(0)である。次に、この10機種のドライヤを用いて、同じ条件で乾燥実験を行うことにより、“早く乾く”設計指標を算出、プロットすると図のようになると考えられる。実際には、異常に早く乾いても髪にダメージを与えるので、等値線は不等間隔で右上に行くほど密になると考えられる。早く乾くは機能に近い使い勝手に関する設計指標である。例えば、心地よいという満足に関する設計指標が定義できたとすると、最適な流量、温度の領域が等高線の山の頂上のように表現できるのではと考える。



図6 製品マップ(1)の例

図7に製品マップ(2)の例を示す。家庭内にある種々の製品の音に関する情報を製品マップとして表現した。製品の音をマイクで収録、音響心理学[4]の知見を用いて、音の甲高さ（シャープネス）、音の大きさ（ラウドネス）を算出、横軸、縦軸に取り、各種製品をプロットしている。音設計においては、シャープネス、ラウドネスを小さくすることが常套手段であるのでこの二つは設計指標となる。シャープネスは音のピッチとも関係しているので、構成材料の密度、縦弾性係数に結びついている。これは製品マップと Ashby マップの連携の可能性を示す。通常、製品マップは同じ製品に関して、複数の機種のデータを用いて作成するが、図7の例では家庭内での家電製品音のトータル設計（サウンドスケープデザインと言う）を目的とするため、このような製品マップを作成した。製品音は常時発生しているものと、クリーナ、ドライヤのように散発的に使用するものがあり、時系列で製品マップを作成することにより、音のトータル設計のヒントを得ることができる。

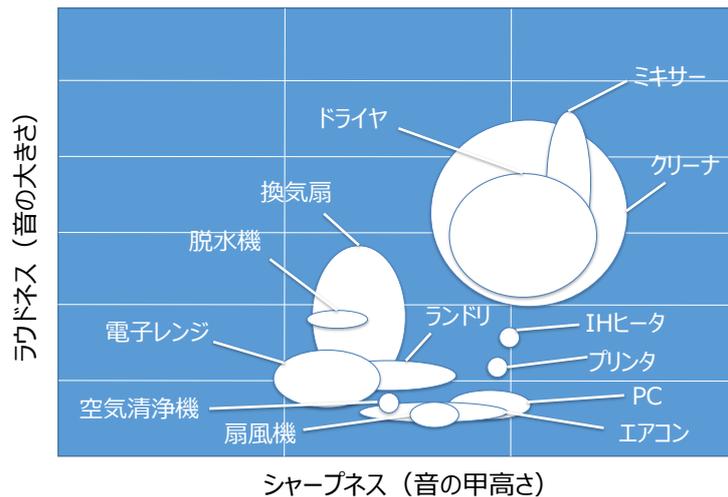


図7 製品マップ(2)の例

次に、満足に関する設計指標を考え、製品マップ(3)の形式で表現することを試みる。いわゆる **Delight** 設計である。ここでは、ドライヤの音を対象に音の満足度を高めることを目標とする。製品マップ(3)では、製品属性から導出される設計指標と別途定義した設計指標を利用する。図8に導出手順を示す。①が設計指標1で図7と同様に音響心理学の知見から4種類の音質指標（ラウドネス、シャープネス、ラフネス、変動強度）を音に関する設計指標の元データとする。②は設計指標2で満足に関する設計指標である。具体的には14形容詞対によるSD法を37名の被験者で実施、その内、“音が良い”を設計指標として選定する（詳しくは文献[5]を参照のこと）。なお、ここでは18機種 of ドライヤを評価に用いる。製品マップは二次元表示なので、4種類の音質指標から任意の2種類を選択する方法もあるが、ここでは③の手順で、4種類の音質指標を主成分分析により、二つの主成分に変換、これを最終的に音に関する設計指標とする。この二つの主成分を横軸、縦軸にとって18種類のドライヤをプロットする。最後に、④で③の二つの設計指標と②の満足に関する設計指標の関係を重回帰分析により算出、この関係を等値線として追加する。

図9に上記の手順で求めた製品マップ(3)の例を示す。横軸、縦軸は4種類の音質指標の関数（線形和）になっており、満足度を示す“音の良さ”はこの両軸の線形和になっている。これより、ドライヤの音の満足度を実現するための設計の方向性が明確になる。すなわち、図9から分かるように、音の良さには音質指標の主成分1(P1)が効いていて、これを小さくすればよいことが分かる。これは、4つの音質指標を可能な限り小さくすることを意味する。この知見を、ファン（回転数、羽根枚数）、モータ（極数）、筐体材質、形状と言った機械設計に落とし込む。

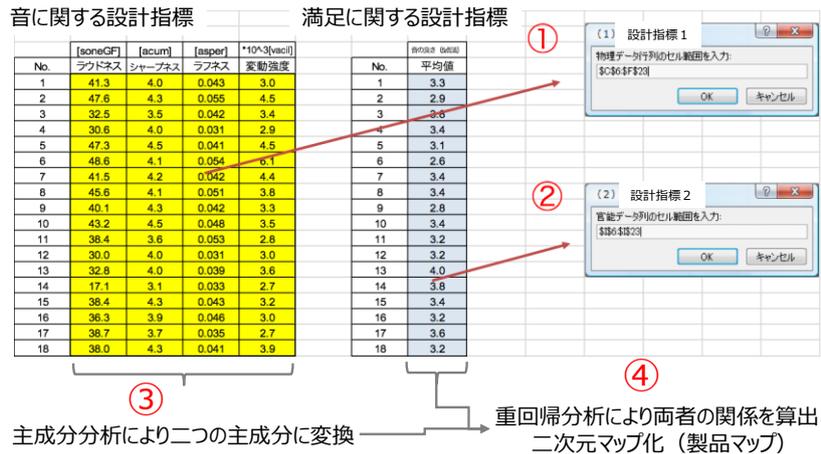


図 8 製品マップ(3)の導出手順例

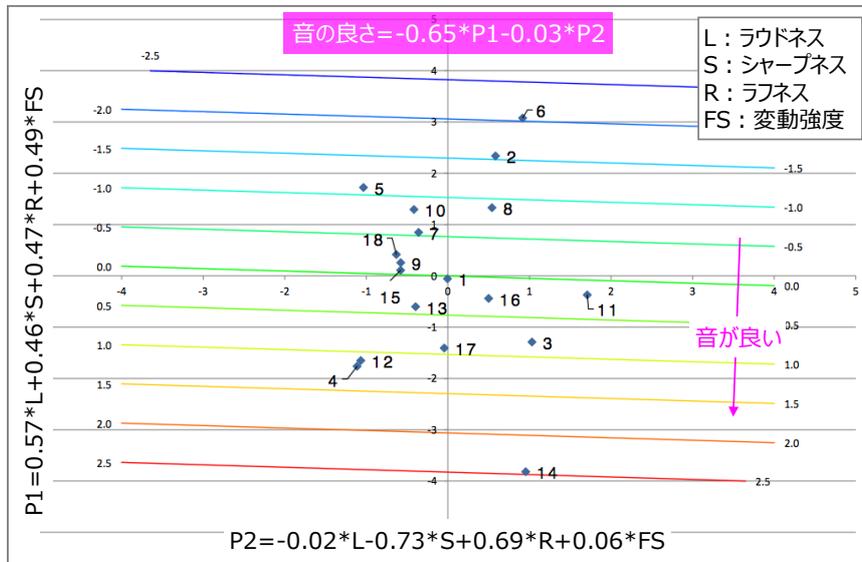


図 9 製品マップ(3)の例

製品マップの課題

以上、製品マップの定義、例を紹介した。Ashby マップは材料属性が明確であり、設計指標も比較的導出が可能なのに対して、製品マップは製品属性自体を構築する必要がある。さらに、設計指標に関して、特に“満足”という人に強く依存する指標の導出には曖昧性を残す。この原因となる背景を図 10 に示す。ここでは、ひととものとの関係を示している。本当に知りたいのは、ひとがものに接した際の直接的な反応である。しかしながら、現状ではこれを求めるのは容易ではない。将来的には、AI 手法で脳（ひと）をリバースすることで可能になるのではと期待している。従って、現実的には、統計的手法を用いて回帰的に製品（もの）をリバースすることになる。このプロセスが通常の機械設計とは異なり、定性的側面が

強い。ただ、先月の第 23 回でも述べたように、製品の価値を左右するのは“満足”であり、多少曖昧性は残ってもこの部分を設計指標化することの意味は大きい。

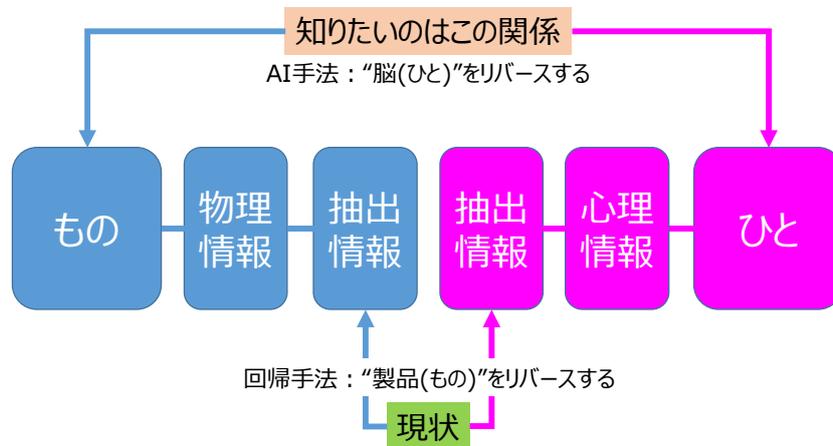


図 10 “もの” と “ひと” の関係

謝辞

ここでの事例の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の業務委託の結果得られたものである。お礼申し上げます。