

# プラスチックの加飾技術

秋元英郎<sup>a</sup>

<sup>a</sup> 秋元技術士事務所(〒261-0023 千葉県千葉市美浜区中瀬1-3 幕張テクノガーデンCB棟3階MBP内)

## Plastic Decoration

Hideo AKIMOTO<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Akimoto Consulting Office(MBP-CB3F, Makuhari Techno Garden, 1-3, Nakase, Mihama-ku, Chiba-shi, Chiba 261-0023)

**Keywords** : Metalizing, Painting, Film Lamination, Texture

### 1. はじめに

プラスチックは金属、セラミックス、ガラス、木材等の代替材料として用途を拡大してきた。プラスチックに囲まれた環境で生まれてきた平成生まれの方々がどのように考えているかはよく分からないが、昭和生まれの我々にとってプラスチックは冷たく安っぽいという印象が強く残っている。

プラスチックの成形品は大量生産技術が確立してから品質・性能が高まってきている。しかしながら、ここで言う品質は寸法や物性といった測定可能な項目のことである。一方でデザイン、見栄え、高級感といったような品質(質感)は個人の感性によるものであり、答えがひとつにならない。十人十色であり、時に蓼喰う虫も好き好きといった世界である。

プラスチックに高級感や品格を付与する方法に加飾技術がある。加飾技術という言葉は品物に装飾を加える技法の総称であり、近年よく使われるようになってきた。従来は個別の技術は独立して論じられてきたため、必要とされていなかった概念であるが、近年は同じ見栄え・質感を得るためのルートが多くなってきたために加飾技術という言葉でくられるようになったのである。

加飾技術の目的はプラスチックの特徴を活かしながらか見栄えを良くすることにある。その一番代表的な手法は、高級感があると認識されている他の素材の質感を追求することである。金属、木材、皮革等の質感に似せることであり、すなわちフェイクである。

その代表的な技術的手法として、表面層に塗装、めっき、印刷、フィルム貼り合せ等を行って他の素材らしく見せる方法や、表面にテクスチャーを付与することでプラスチックに見えないようにする方法がある。

### 2. プラスチック加飾技術の大きな分類と各論

射出成形品のようなプラスチック製品に対する加飾を考える時、加飾を行うタイミングによる分類法がひとつであり、成形の金型内(インモールド)で行うものを一次加飾、金型から取り出して別工程で行うものを二次加飾と言っている。一

方、技術的な手法で分類すると、造膜する、塗る、フィルム・シートを貼る、箔・インクを貼る(転写)、着色する、表面形状付与に分けられる。これらを金型内外の加飾と加飾手法で加飾技術を分類すると表1のようになる。次に、表1に示す加飾技術を順に説明する。

#### 2.1 造膜する技術

造膜による加飾にはめっき、真空蒸着、スパッタが含まれる。また、塗装の形態をとっているものの、銀鏡塗装はこの分類に入る技術である。これらはいずれもプラスチック成形品の表面に金属あるいは金属酸化物の被膜を形成させる技術である。

一般にプラスチックは電気を通さないため、プラスチックのめっき工程は金属のめっきとは異なる。プラスチックのめっきの一般的な工程は、①エッチングによってプラスチックの表面に微細な凹凸形成する、②形成された空孔にパラジウム触媒を付着させる、③無電解ニッケルめっき処理によりプラスチック表面に金属ニッケル層を形成してプラスチック表面の空孔を埋めて導電性を付与する、④電気めっきにより強固で意匠性ある金属層の形成から成り立っている。電気めっきの工程は多段階から成り立ち、例えば銅めっきによって平滑化、ニッケルめっきによって耐腐食化、クロムめっきによって金属光沢の付与を行う。

めっきが可能なプラスチックの種類は限定されており、代表的な材料はABS樹脂である。本来プラスチックと金属を接合することは非常に困難であるが、ABS樹脂のめっきで

表1 加飾技術の分類

	金型外(二次加飾)	金型内(一次加飾)
造膜する	めっき、蒸着、スパッタ、銀鏡	金型内スパッタ
塗る	塗装	金型内塗装
シート・フィルムを貼る	フィルム貼合、真空貼合	フィルム・シートインサート
箔・インクを貼る	ホットスタンプ、水圧転写	金型内転写
色を付ける	染色	着色
表面形状を付与する	研磨、切削	高転写成形、シボ、鏡面

は表面近傍に存在するブタジエンゴム粒子をエッチングによって取り除き、触媒処理した後、無電解めっき(酸化還元反応)を行うことで樹脂表面に金属層を生じさせるとともに、エッチングで生じたミクロンオーダーの空隙に浸透させ、アンカー効果によってしっかりと接合する方法が用いられている。ABS樹脂のめっきプロセスを図1に示した<sup>1)</sup>。

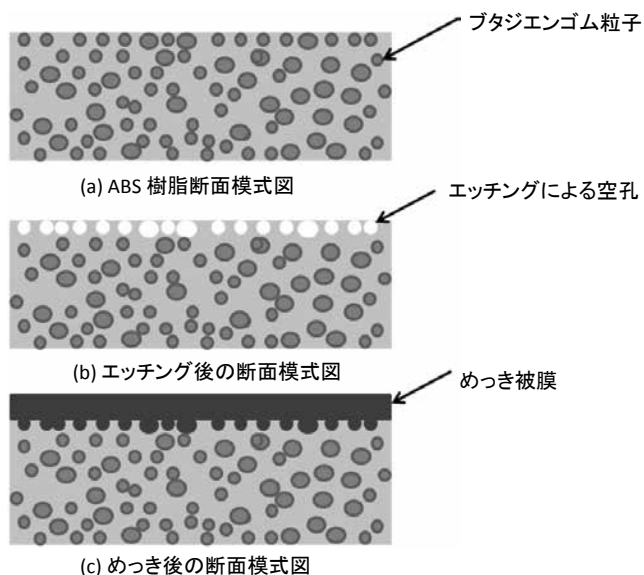


図1 ABS樹脂のめっき工程の概略図  
 (a) ABS樹脂の断面, (b)エッチング後のABS樹脂の断面,  
 (c)無電解めっき・電解めっきが完了した後のABS樹脂の断面

めっき層の密着性はABS樹脂中のブタジエンゴム相の形状に依存する。一般に成形品厚みが薄い、金型温度が低い、射出速度が速い等の高せん断を受けやすい条件ではゴム相が引き伸ばされて配向する。そのようなモルフォロジーの場合にはアンカー効果が小さく、めっき相の密着性は低下する。ヒート&クール成形技術を用いると、ブタジエンゴム相の配向が緩和され、めっき密着性が向上することが知られている。

ABS樹脂に次いでよく用いられるのはナイロン樹脂である。ナイロン樹脂の場合は酸によるエッチングを行う。6価クロムは有害であるため、過マンガン酸を主成分とするエッチング液も用いられている。

真空蒸着は通常  $10^{-3} \sim 10^{-2}$  Pa に減圧した窯の中で蒸着する金属や金属酸化物を加熱蒸発させて成形品やフィルム上に付着させる方法であり、スパッタは通常  $10^{-1} \sim 1$  Pa に減圧した窯の中に置いた付着させる物質にイオンを衝突させることで飛び出した物質を成形品やフィルム上に付着させる方法である。図2に真空蒸着, 図3にスパッタの原理図を示す。蒸着やスパッタによって形成される膜には、金属の連続膜、不連続膜、光学多層膜等がある。不連続膜は表面の導電性が無いため、電磁波を通す。そのため、同じ金属調の見栄えでも他の機能によって選択される手法が異なってくる。光学多層膜は屈折率の異なる金属酸化物を多層に積層することで透過率や反射率を制御できる。

銀鏡反応とは還元性有機化合物の検出反応として用いられる良く知られた反応である。内面を清浄にしたガラス容器中にアルデヒドのような還元性有機化合物を入れ、硝酸銀アンモニア溶液を加えて加熱すると容器の内面に金属銀が析出し

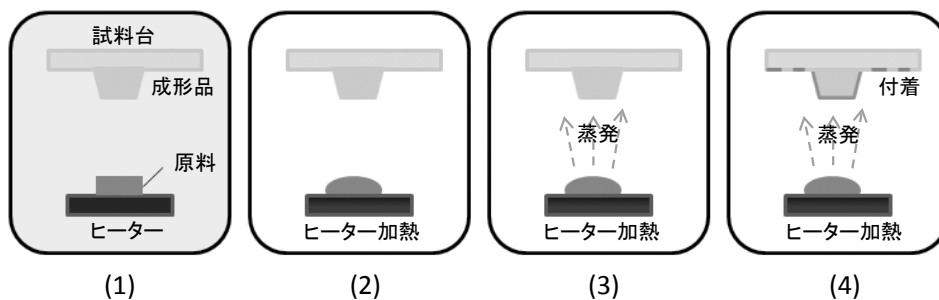


図2 真空蒸着の工程概要  
 (1)成形品と原料をセット, (2)系を減圧し, 原料を加熱,  
 (3)原料が蒸発・発散, (4)発散した原料が成形品に付着

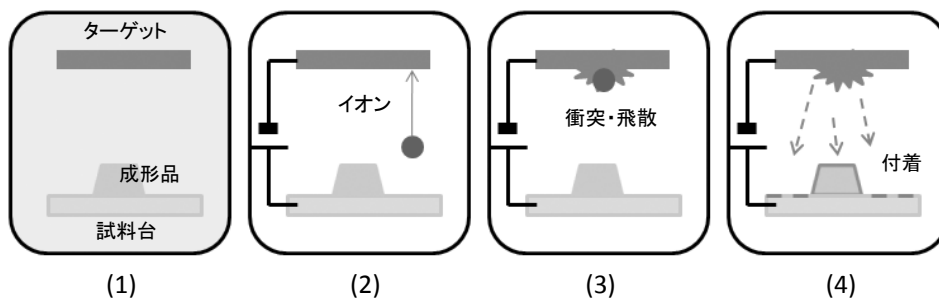


図3 スパッタの工程概要  
 (1)成形品と原料をセット, (2)系を減圧し, 電圧印加,  
 (3)ターゲットにイオンが衝突, (4)飛散した原料が成形品に付着

てめっきされる。従来の銀鏡反応の場合、金属色が見えるのはあくまでガラス越しであり、析出した金属銀の方向から見ても金属色には見えなかった。

銀鏡塗装は銀鏡反応を応用しつつ、析出した金属銀の方向から見ても金属光沢が得られるように改良された加飾技術であり、スプレーによって二液混合させて成形品表面上で銀鏡反応を起こさせる方法である。実際には、最初にアンダーコートを行い、続いて銀イオンの溶液と還元剤を別々のスプレーで吐出しながら混合することで銀の層を形成し、最後にトップコートを行う。めっき、蒸着、スパッタが槽や窯の容積の制約を受けるのに対し、銀鏡塗装は大きさの制限が無い<sup>2)</sup>。

## 2.2 塗る技術

塗料とは、物の表面に広げて薄い層を形成し、時間の経過や加熱その他のエネルギー供給によって、その面に固着・固化して、目的とする性能を持つ連続被膜となるものである。塗装はその連続被膜を形成するプロセスである。塗装の目的には表面の保護、美観の付与、機能の付与等が挙げられる。我が国の代表的な伝統工芸である漆は表面保護と美観の両方が付与される優れた塗料である。

表2にプラスチック用塗料の分類を示した。なお、我が国の特許第1号は現日本化工塗料(株)による塗料組成物の特許である。

塗膜についた傷を自然に修復する自己修復性塗料が使われるようになってきた。これは、柔軟な分子鎖と高架橋密度のウレタン構造により、擦り傷による変形が復元し、傷が消失する。

表2 プラスチック用塗料の分類

目的による分類	下塗り 着色層、クリアー層 ハードコート層等
バインダーによる分類	アクリル系 ウレタン系 エポキシ系等
硬化方法による分類	常温硬化(溶媒の蒸発による凝縮) 加熱硬化(加熱による反応硬化) UV硬化(紫外線により発生したラジカルからの重合反応)
媒体による分類	無溶剤 有機溶剤 水 超臨界二酸化炭素等

## 2.3 フィルム・シートを貼る技術

プラスチック成形品に接着剤を用いてフィルム・シートを貼ることはそれほど困難ではない。しかしながら形状が三次元になると難易度が急激に高くなる。布施真空(株)が開発した三次元表面加飾技術「TOM工法」は真空成形技術を応用したフィルム・シート貼合技術である<sup>3)</sup>。その工程は、チャンパー内に成形品を置く。減圧工程の後に接着剤が塗られたフィルム・シートをヒーターで加熱し、大気圧解放あるいは加圧工程によってフィルム・シートを成形品に押しつけて貼合する。アンダーカットにも対応できる。TOM工法のプロセスを図4に示した。同様の技術に浅野研究所の減圧式熱板被覆成形機やナビタスの空気転写 NATS の貼合タイプも使われている。

射出成形の金型内でフィルム・シートを貼合する方法はフィルムインサート成形(FIM)あるいはインモールドアミネーション(IML)と呼ばれている。方法には大きく三通りある：①金型内にインサートされたフィルム・シートを射出された溶融樹脂の熱と圧力で賦形して貼合する方法、②金型外で予備加熱されたフィルム・シートを金型にインサートし、真空引きによって予備賦形した後に樹脂を射出する方法、③金型外で真空あるいは圧空成形により予備賦形したフィルム・シートをキャビティ形状に切り出した後に金型にインサートして樹脂を射出する方法である。インサート用フィルム・シートはPC、アクリル、PETが代表的であり、深絞り性を高めた銘柄も使われる。

## 2.4 箔・インクを転写する技術

ベースフィルム上の箔やインクを成形品に転写して加飾する方法が、ホットスタンプと呼ばれる加飾方法である。ホットスタンプの箔の代表的な構成は「接着層/着色・印刷層/保護層/剥離層/ベースフィルム」であり、剥離層と保護層の間で剥離する。熱と圧力で箔を成形品に押しつけることで加飾することができる。刻印が上下するアップダウン方式と加熱ロールで圧着するロールオン方式がある。

水圧転写は、水溶性フィルムに印刷されたインクを有機溶剤で再活性化した後フィルムを水に浮かべてフィルムを溶かし、水に浮いたインク層に成形品に押しつけて転写する方法である。大日本印刷(株)の「カールフィット」や(株)タイカの

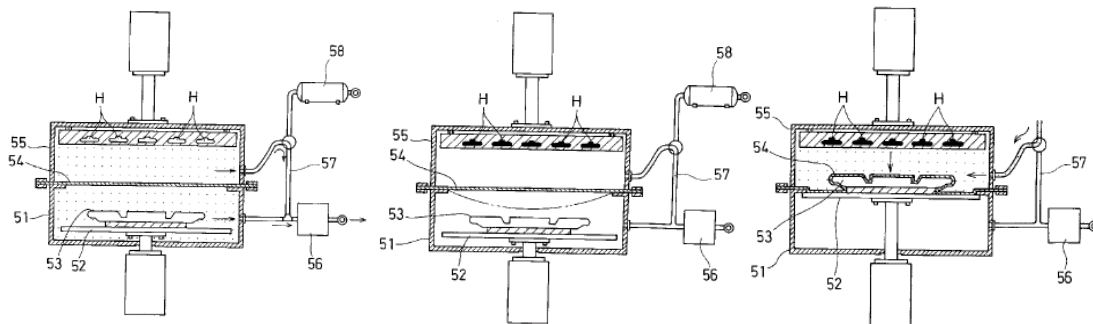


図4 TOM工法(布施真空)のプロセス図

左：チャンパー内に成形品をセットしシートの上下空間を減圧する工程(特開 2005-262501 の図 16)

中央：ヒーターでシートを加熱する工程(特開 2005-262501 の図 17)

右：シートの上空間を大気圧解放して成形品にシートを貼合する工程(特開 2005-262501 の図 19)

図中の 53 は成形品、54 はシート、H はヒーター、56 は真空ポンプ

「キュービックプリンティング」が良く知られている。

箔転写を金型内で行う方法も用いられている。例えば日本写真印刷株が開発した金型内転写技術「NISSHA IMD」は金型内に射出される樹脂の熱と圧力を用いて転写する方法であり、ノート PC や携帯電話の加飾等に広く使用されている。金型内転写技術のプロセス概要を図 5 に示した。

## 2.5 着色する技術

プラスチックに色を付けて質感を高める方法は極めて一般的に用いられている。着色方法には色材を樹脂ペレットにまぶして成形する方法(ドライカラー)、色材を高濃度に混ぜたマスターバッチを用いる方法、最終製品の色に合わせて着色したペレットを用いる方法がある。金属調やパール調を表現する場合、アルミ等の金属フレークや蒸着したガラスフレーク扁平状の鉱物が用いられる。メタリック成形品の最大の課題はウェルドライン(溶融したプラスチックが合流した部分にできるスジ)である。通常の成形で発生するウェルドラインはごく表面の浅い溝であるが、メタリック成形品のウェルドはフレークの配向によって見える筋であり、容易には解消しない。現在各社それぞれのコンセプトでフレークの配向制御を検討しており、配向が目立たない製品も市場にも出ている。

## 2.6 形状を付与する技術

表面形状によって美しさを表現する方法は、縄文土器にも見られるように、古くから用いられてきた方法であり、プラスチックではシボ加工や鏡面仕上げによる美観・質感向上が行われている。

金型へのシボ加工はエッチングによって行われるが、近年は多段の重ね合わせによってより意匠性の高い模様が表現できるようになってきた<sup>4)</sup>。近年では(株)棚沢八光社の「セラシボシート」のように金型に貼りつけるセラミックのシボシートも開発されている。

## 3. ユーザー目線から見た加飾

これまで、造り手側の視点で技術的な手法を解説してきた

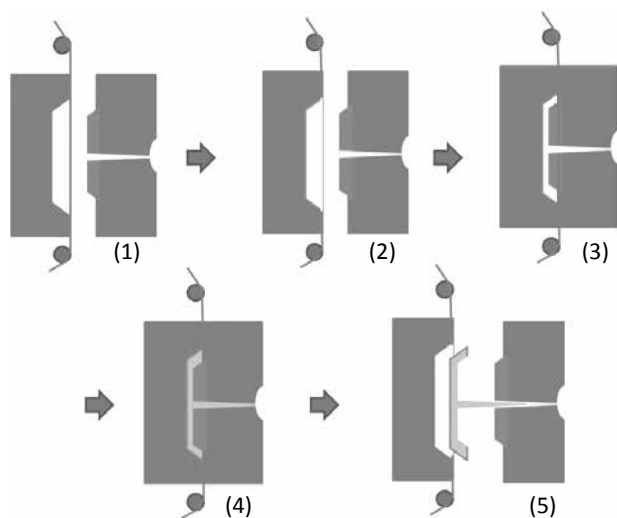


図 5 金型内転写技術のプロセス概要図

- (1) 可動型に転写フィルムを固定, (2) 転写フィルムを吸引,  
(3) 型閉, (4) 樹脂を射出, (5) 型開, 取出し

が、その加飾した製品を選ぶ消費者の目線でも論じる必要がある。ここでは金属調加飾、ピアノブラック加飾、ソフトタッチ加飾を取り上げる。

### 3.1 金属調加飾

前述のようにプラスチックに高級感を与える方法として高級素材に似せる技術としての加飾技術が進化してきた。人々はいつの時代でも金属光沢に魅せられている。

金属光沢とは、金属の表面では入射した光のうち、金属種に固有なプラズマ振動数より振動数が小さい光は自由電子に遮断されて跳ね返される。これによって金属光沢が生じる。一方プラズマ振動数より振動数が大きい光は金属の内部に入り込み、特定の波長の光が吸収された後に反射して出てくる。

銀やアルミニウムは殆ど可視光が吸収されないので「色がついていない金属色(銀色)」になり、金は青系を吸収するために「赤い金属色(金色)」になる。したがって、仮に金属を使用しなくても入射した光が吸収されずに全反射されれば金属光沢も示す。

前述の造膜する技術の多くは金属調加飾として用いられている。塗装で金属調を表現する場合には高輝度メタリック塗料が用いられる。この塗料は非常に薄く、アスペクト比が大きい金属フレークが用いられる事が多い。

フィルムを用いた加飾(フィルムインサート成形、インモールド転写、ホットスタンプ)では、金属を蒸着したフィルム・シートを用いる場合と、金属調インクを塗ったフィルムを用いる場合がある。金属調インクは高輝度メタリック塗料と同様にアスペクト比が大きい金属フレークが用いられる。一方で金属を全く使わないフィルム加飾として、超多層フィルムも検討されている。例えば東レ(株)のピカサスフィルムは屈折率が異なる2種類のポリエステル樹脂を500層以上に積層し、全反射させることで金属光沢を表現している<sup>5)</sup>。

図 6 にめっき、銀鏡塗装、三次元フィルム貼合、メタリック顔料入り樹脂の成形による金属調加飾例を示した。

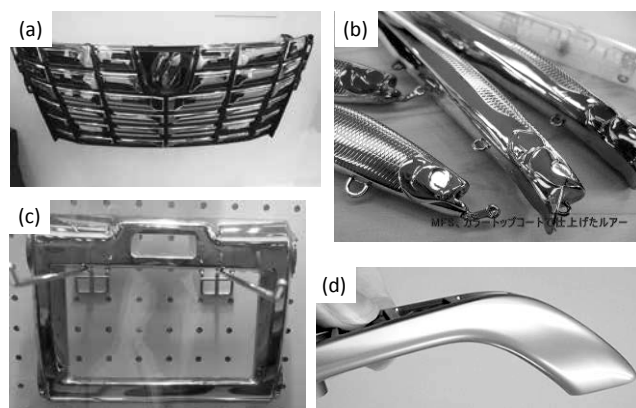


図 6 各種金属調加飾製品

- (a) プラスチックにめっきされたフロントグリル(東京モーターショー 2015, 豊田合成ブース), (b) 銀鏡塗装されたルーアー(表面化工研究所 HP より引用),  
(c) 三次元フィルム貼り合せによる製品(三次元加飾技術展 2016, ナビタスブース), (d) メタリック着色成形品(日進工業 HP より引用)

### 3. 2 ピアノブラック加飾

黒という色にはポジティブ、ネガティブ両面が存在するが、公式な場で用いる色という意味で重みを持っている。

漆の黒はつややかさを持ち、ピアノの塗装も何層もの塗装を重ねるとともに表面を平滑に磨き上げることで高光沢の黒(ピアノブラック)を実現している。ピアノブラックを得る技術的手法は、塗装、フィルムインサート成形、ピアノブラック成形がある。ピアノブラック成形は成形のみでピアノブラックを得る成形技術である。近年 AV 家電の多くがピアノブラックを基本色にしており、黒物家電という言葉も耳にする。AV 家電以外の家電においても高級感を演出するためにピアノブラックが多用されている。

ピアノブラック成形は、透明樹脂・透明顔料・超鏡面の組合せから成り立っている。透明樹脂としては PC/ABS が一般的である。顔料としては、透明感を持った黒を表現するために透明顔料が用いられる。表面における耐傷付き性が重要な場合は、アクリル/ABS 樹脂が用いられる。成形用金型は高度に磨き上げられる。成形方法としては、金型の超鏡面を完全に転写し、開口部にウェルドラインを生じさせないように、ヒート&クール成形技術と呼ばれる成形方法が用いられることが多い。

ピアノブラックはフィルム・シートインサート成形や塗装等で表現されることも多い。図7にヒート&クール成形及びフィルムインサート成形によるピアノブラック成形品の例を示した。

### 3. 3 ソフトタッチ加飾

人は柔らかい物を持ったときに心地よさを感じる。おそらく人と人のスキンシップを連想するからであろう。プラスチック製品に柔らかさを付与して付加価値をつける方法には多くの技術的手法がある。

#### 3. 3. 1 ソフトタッチ塗料

塗料を構成する分子において三次元架橋構造が必要であるが、架橋点間の分子が柔軟であると、小さな応力で変形し、応力を取り除くと復元する。そのような塗料はソフトタッチ塗料あるいはソフトフィール塗料と呼ばれている。また、塗料の触感としては、硬さ-柔らかさの他にしっとり感-乾いた感覚の評価も必要である。

#### 3. 3. 2 発泡成形との二色成形

硬質樹脂の上に軟質樹脂を積層するとともに、軟質樹脂を

コアバック法によって発泡させることでソフトタッチを実現する方法がある。ENGEL 社(オーストリア)が開発した Dolphin プロセスは、対向二色成形機の射出ユニットの一方が発泡成形に対応しており、硬質樹脂の上にエラストマー(発泡剤入り)を積層してコアバック(金型を微小に開く動作)を行って、エラストマー層にソリッドスキン層(気泡が存在しない層)と発泡コア層を形成する技術である。この技術もソフトタッチ加飾技術に含まれる。

#### 3. 3. 3 ソフトタッチシボ

人間が硬い/柔らかい、しっとり/ざらざらを感じるメカニズムを理解することで、錯覚を起こさせることが可能になってきた。日産自動車(株)は、人が柔らかく感じるメカニズム、しっとりと感じるメカニズムを利用して、柔らかく感じるシボ、しっとりと感じるシボを開発して自動車内装部品に採用した。

人が柔らかく感じるのは、対象物の柔らかさが指の柔らかさに近いときである。そのような対象物を触るときには指に接触する面積が大きくなる。そのようなメカニズムを利用して、シボ形状だけで柔らかく感じる形状が見つかった<sup>6)</sup>。

人がしっとりと感じるのは、指の指紋の凹部にある神経が刺激されたときである。液体に触れたときには液体が指紋の凹部に入り込んで神経を刺激する。そのようなメカニズムを利用して、指紋のピッチよりも小さいシボパターンを形成することで、人が擦った時に適度な抵抗を生じてしっとりと感じる<sup>7)</sup>。

日産自動車(株)が採用しているソフトフィールシボは硬質プラスチック成形品の表面に柔らかさとしっとり感を感じる要素を組み込んだシボである。

#### 3. 3. 4 静電植毛

プラスチック成形品の表面に細くて短い繊維を接着する技術が静電植毛であり、古くから活用されている。静電植毛により製品に柔らかさ、暖かさ、高級感が付与され、自動車内装部品、ジュエリーケース等に活用されている。

## 4. おわりに

プラスチックを高級に見せる加飾技術には非常に広いバリエーションがある。どの技術が優れているということではなく、用途・目的に合わせて選択していくことが重要である。一方で、プラスチックの特長を生かした質感の表現技術を開発していくことにより、プラスチックそのものが高級感ある素材として認識させていくことも重要であると考えている。

(Received February 29, 2016)

## 文 献

- 1) 大森 豊;プラスチックへの加飾技術大全集, 21 (技術情報協会, 2008).
- 2) 橋本 智, 平野輝美; *Material Stage*, 8, (7), 72 (2008).
- 3) 公開特許公報 特開2005-262501
- 4) 渡辺豊彦; *Material Stage*, 10, (10), 43 (2011).
- 5) 特開2010-184493
- 6) 公開特許公報 特開2010-120399
- 7) 公開特許公報 特開2011-104987

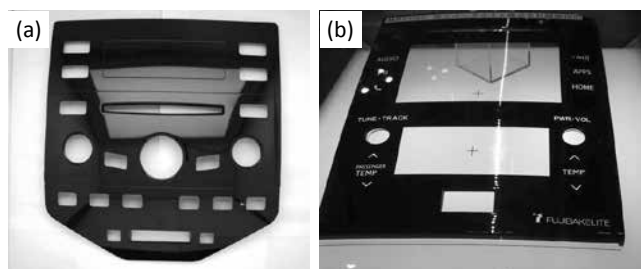


図7 ピアノブラック成形品

(a) ヒート&クール成形法によるピアノブラック成形品(富士精工 HP より引用), (b) フィルムインサート成形によるピアノブラック成形品(IPF2014, ソディックブース)