解 説

複合材料研究と感性—V. ——自動車用「複合」材料と感性——

蓮 見 茂*

1. はじめに

自動車材料, 特に自動車に適用したいわゆる樹脂系複合材料(長繊維で樹脂を強化したもの)は少ないが, その中で感性を重点にして適用したものはさらに少ない。例えば, GFRP 製リーフスプリングは, 軽量化が最大の目的で開発したものであり, やや付随的に乗り心地(Gを緩和する効果)向上がみられている。また, CFRP 製プロペラシャフトも軽量化が主目的で開発されたものであるが, 振動吸収に効果があると言われている。

自動車と感性を論じた専門書¹⁾はあるが, 材料そのものと感性を結び付けたものはほとんどみられない。

ここでは, 複合材料を「2種類以上の材料を組み合わせたもの」と広義に定義し, 感性との関連で議論を進めたい。

2. 自動車にとって感性とは

それでは自動車の感性についてまとめた表を示す。表1²⁾は, 視覚, 聴覚, 触覚, 嗅覚のほか体感, 温感, 複合感覚レベル毎に, 各種音質や乗り心地などを高次のもの(情緒的性格の強いもの)から, 基礎的なもの(生理機能にからむもの)まで分類している。表2³⁾は, 感性(カッコイイ, 乗り心地等)と, 官能(室内感覚, 振動感, シート座り心地等), 車の要素(インテリアデザイン, エンジン, シート等), 感覚(視覚, 聴覚, 体内感覚等)さらに物理特性(色特性, 振動特性, シート材質等)を関連付けている。これらを参考に, 次節より材料により重点をおいて, 「複合」材料と感性について述べたい。

3. 「複合」材料と感性

3.1 FRP 車体

FRP 車体は, 軽量化, 自由な形状(スタイル), 少量

生産時のコスト優位性などから採用されているが, 少量生産故の稀少価値すなわちステイタス感に訴求し, さらにエンジン馬力/重量が大きく加速感を得やすいため, 等も考えられる。これは, CFRP 製のレーシングカーに近い感覚と想像される。写真1に, ハンドレイアップ製の日産のダットサンスポーツ(1958年)を示す。今後革新的な量産方式が完成しない限り少量生産が続くと予想される。

繊維強化樹脂複合材料は, 高温成形すれば, 樹脂と繊維の熱膨張率の違いから表面に凹凸が生じる。そのため, 感性とは掛け離れるが, SMC(シートモールディングコンパウンド)は材料や工法に各種の工夫がなされている。SMCは, GM コルベットの外板として採用(1968年)されて以来今日まで使用されている。その間, マトリックス樹脂である不飽和ポリエステル樹脂の硬化収縮(7~9%)をカバーし表面性を向上のための低収縮剤すなわち, ポリ酢酸ビニルや飽和ポリエステルのような相溶タイプとポリメタクリル酸メチル, ポリスチレンやスチレン・ブタジエン・スチレン共重合体などの非相溶タイプが開発されている。

3.2 樹脂外板

樹脂外板と感性を語るときに日産の Be-1(図1)を忘れることはできない。丸い形状からカワイイと評価された。これは, 鋼板では加工ににくい形状のフェンダーを樹脂(ポリマーアロイ)で成形している。しかも鋼板と同一塗料を同時塗装することにより違和感をなくしたことも寄与していると考えられる。使用した樹脂は同時塗装可能な耐熱性を有しており PPE(ポリフェニレンエーテル/PA(ポリアミド)/エラストマーからなるポリマーアロイである。非晶性の PPE を島, 結晶性の PA を海, さらに島の中にエラストマーが湖の形で存在している。このようなモルホロジー(形態)により PPE の耐熱性, PA の高流動性(成形性)や耐薬品性, エラストマー成分の耐衝撃性をそれぞれ機能させている⁴⁾。

* Shigeru HASUMI: 日産自動車㈱総合研究所材料研究所(237 横須賀市夏島町 1)

した着色マイカ（図 2-d）⁶⁾、従来の 10 分の 1 に超微粒子化した顔料を上塗りのクリアに混入させ透明感や深み感を出したもの（図 2-e）⁷⁾ 等がある。

3.4 シート

(1) クッション

シートは乗り心地を決定する最大のポイントである。シートには、単に腰かけたときの座り心地（静的特性）と走行時に身体がシートを通して振動、加速度を受けたときの快適性（動的特性）が要求される。

静的特性を満足させるためには適切な体圧分布（圧力分布が悪いと血液の循環を阻害し疲労を促進する）やクッション性（表面の沈み具合、柔らかさ、底付き感、はずみ具合など）が重要である。材料の工夫により適度な反発性や減衰特性を選定する必要がある。

動的特性では、シートと人体の共振周波数の制御が重要となり、両者が接近すると大きな共振が生じ疲労が著

しい。共振周波数の制御は、ポリウレタンの各成分の組み合わせ（イソシアネート成分とポリオール成分によるハードセグメントとソフトセグメントの構成成分）や発泡倍率や厚さや形状等で決定される⁸⁾。

コーナリング時の身体の保持性向上、乗降時のスムーズさ向上等を目的に異硬度フォームが使用されている。身体の保持性のよい水平異硬度や上下異硬度や局部異硬度がある（図 3）⁹⁾。異硬度化するには、密度を変える方法や -NCO（イソシアネート）インデックス（-NCO/-OH 比率）を変える方法がある。特殊 MDI（フェニルメタン系イソシアネート）を使用したものは、インデックスを変更するだけで硬度を大幅に変えられるため単一配合で量比の変更により異硬度発泡が可能である。

クッションの材料はほとんどポリウレタンであるが、材料のリサイクル性および通気性の向上（汗、湿気の拡散による快適性の向上）との関連で繊維を使用したものが発表されている。日本発条製のものは、ポリエステル繊維をウレタン系接着剤にからませ、型にセットし 100℃ の水蒸気を吹き込んで成形するものである。また、デュポンは、熱可塑性ポリエステル繊維クラスターから

写真 1 日産ダットサンスポーツ

表 3 各質感に影響を及ぼすうねりの波長域

	平滑感	肉持感	光 沢 感	
			つや消し	通常塗膜
塗装関係者	長 波	中 波	短 波	中 波
一般ユーザ		長 波

図 1 日産 Be-1

(a) ソリッドカラーの塗膜構成, (b) メタリックカラーの塗膜構成, (c) パールマイカ塗膜 (上塗り), (d) 着色マイカ塗膜 (上塗り), (e) スーパークリアコーティング塗膜図.

図 2 各種塗膜

図 3 異硬度フォームの形態

なるクッション材を発表した。この材料は、5~10 mm の球状をしており、低融点の共重合ポリエステル繊維を含んでいる。成形方法は、3次元、高密度に圧縮成形した後、熱風を通過させ共重合ポリエステル繊維を溶融

し、繊維同士を接合させるものである。

(2) 表皮

シート用表皮材には、本草、人工スエード、ウール、各種ポリエステル生地が使用され、外観や触感の良さが要求される。日産の1993年型ローレルに摩擦係数が小さく感触のよいポリエステル繊維クロスを採用した。これは平らな基布に対して縦横比1:4の扁平なパイル(起毛部分)を垂直に打ち込んでいる。クロスの好き嫌いは、ソフト感やしっとり感に影響され、これらの感触

を高めるために摩擦係数を小さくすることが効果的であり偏平なパイルにしている。また、パイルの密度を従来の1.4倍にして耐久性を確保している¹⁰⁾。また、トヨタはマークII(1990)などに、静電気耐電防止、防汚機能複合シートを採用している。これは、パイル糸に導電糸を混入しかつバックリング剤にカーボンブラックを混入することにより前者の機能を、表面にフッ素樹脂をコーティングすることにより後者の機能を付与している(図4)¹¹⁾。

3.5 インストルメントパネル

インストルメントパネルは、表皮(塩ビ等)、発泡中間層(ポリウレタン、ポリエチレン)、基材(強化ポリプロピレン(PP)等)の3層から構成される複合部品がよく使用される。表皮材は、車内の快適性に関連し、触れる部位の手触りや落ち着いた艶消し等が要求される。塩ビのパウダースラッシュ成形による表皮は、精細な皮革のシボ模様を金型から転写している。塩ビ材料の工夫として可塑剤を添加して低粘度化、高流動化し転写性を向上している。

最近、地球環境を配慮し、3層すべてポリオレフィンもしくはポリウレタンにしてリサイクルしやすい構造にしたものが開発されている。

3.6 リーフスプリング

FRPをサスペンション用リーフスプリングに実用化したのは、石油ショックによる軽量化の要求からであり、まずGMが1981年型コルベットのリヤサスペンションにGFRP製の横置きリーフサスペンションを採用した。国内では、1985年日産がパネットのフロントサスペンションにGFRP製スプリングを採用した。この重量は3.2kgでスチール製の12kgに対し8.8kg(73%)軽量化した。GFの一方方向強化品であり、製法はFW法である。乗り心地を向上するには、パネ定数を低減する必要があるが、スチールの43N/mmに対し、28N/mmと低い。図5に、良路走行時のフロア上下加速度を示す。パネットのスチール装着車に比べて大幅に向上している¹²⁾。

3.7 プロペラシャフト

トヨタはマークIIの一部の車種にCFRP製のプロペラシャフトを採用した。これは、CFRPの高比弾性率、異方性の材料特性を十分に活用し炭素繊維配向角度の最適化により、従来の3ジョイントのスチール製と同等の特性を維持しつつ、2ジョイント化している。中央のジョイント廃止により、こもり音、エンジンノイズ等が大幅に低減(図6)している。また、ジョイント間距離拡

図4 機能複合(静電気帯防止機能, 防汚機能)シート

図5 FRPパネとスチール製パネの乗り心地比較

図6 プロペラシャフトこもり音比較

図7 発進時振動比較

大により発進時ディファレンシャルwindアップによるジョイント角増加が抑制され、ボディ振動が低減された(図7)¹³⁾。

3.8 エンジン部品

(1) シリンダヘッドカバー

シリンダヘッドカバーは、アルミダイカスト製あるいは鋼板プレス製が大部分であるが、短繊維強化 PA6 あるいは PA66, これらより耐熱性の優れた SMC や BMC で樹脂化されている。これらの目的は、軽量化および振動騒音低減である。

(2) インタークマニホールド

インタークマニホールドは、大部分アルミ鋳物製であるが、欧州において樹脂化が先行している。PA6 や BMC 製の採用がみられる。やはり軽量化が主目的であるが、振動騒音の低減効果もみられる。

3.9 ブレーキ材料

ブレーキには、制動性能、耐久性の他快適性（いかに音や振動を発生させないか）が要求される。ブレーキ装置としては、円盤をパッドで挟むディスクブレーキが主流であり、ロータとパッドそしてパッドを押し付け制動トルクを受けるキャリパにより構成されている。

ブレーキロータは、熱伝導率が高く、減衰能が高い理由で片状黒鉛鋳鉄が主に用いられている。

ブレーキパッドは、有機マトリックスのものが主であり、樹脂はフェノール系樹脂、強化繊維はノンアスベストタイプが主流となり、アラミド繊維、炭素繊維、セラミック繊維等が使用され、その他潤滑剤や金属粒子などが添加されている¹⁴⁾。

快適性を得るためには、ブレーキ鳴き（キー、グー、キュル、チー等）やブレーキジャダー（ブレーキペダル振動や車体振動等の異常振動）を低減する必要がある。柴田らは、ブレーキ鳴き発生のメカニズムがパッド材に含まれる金属粉の凝集であるとして、これを防止するフリクションダストの使用を提案している。これは、フリクションダストが摩擦熱で分解し、ロータ表面と反応してある種の化学的な皮膜を形成させ凝集・凝着を起こりに

くくした¹⁵⁾。

3.10 その他

本田は、ペーパーハニカム構造のフロアにすることにより、従来車に比べロードノイズの主成分である中周波領域で車室内騒音を 3dB 低減している。また、ルーフライニングに適用し 3dB 低減している¹⁶⁾。

4. おわりに

いわゆる繊維強化した複合材料の自動車への適用は、徐々に進行すると予想されるが、広義の「複合」材料の自動車への採用は、感性を主目的に開発研究が行われ今後ますます拡大していくことを期待したい。

参考文献

- 1) 長町：感性工学，海文堂（1989）；長町編：快適科学，海文堂（1992）；長町編：感性商品学，海文堂（1993）。
- 2) 松井：日本機械学会誌，**91**，838（1988），943-948。
- 3) 長町：自動車技術，**43**，1（1989），94-100。
- 4) 西村ら：自動車技術，**43**，5（1989），68-73。
- 5) 田畑ら：自動車技術，**44**，4（1990），16-21。
- 6) 自動車技術会編，自動車技術ハンドブック，生産・品質・整備編（1991），144-146。
- 7) 山崎ら：自動車技術，**48**，2（1994），96-101。
- 8) 岩田ら：ポリウレタン樹脂ハンドブック（1987）186-205。
- 9) 網代：プラスチック，**38**，1（1988），p.63。
- 10) 杉山：NIKKEI Mater. Technol., **127**（1993），p.20。
- 11) 山田ら：自動車技術，**45**，6（1991），66-71。
- 12) 山本ら：自動車技術会，学術講演会前刷集 **861**（1986），365-368。
- 13) 川原田ら：TOYOTA Tech. Rev., **43**，2（1993），80-85。
- 14) 三部：自動車技術，**44**，1（1990），68-73。
- 15) 柴田ら：HONDA R&D Tech. Rev., **4**（1992），183-193。
- 16) 前田ら：自動車技術，**44**，12（1990），7-12。