

論文・解説

36

内装用樹脂材料の「タッチ感」向上技術 Technology for Improving “Touch Feel” of Interior Plastic Material

田中 力^{*1} 梶川 浩子^{*2} 大西 正明^{*3}
Chikara Tanaka Hiroko Kajikawa Masaaki Onishi

要約

近年、欧州車を中心に内装の質感が著しく向上している。内装の質感には多くの要素が存在するが、最近の動向として視覚的な質感だけでなく、製品表面を軽く触れた際の「タッチ感」も重要な要素となりつつある。しかし、「タッチ感」を定量的に示す指標がなく、内装用樹脂材料の組成との関係も不明確であった。

我々は材料組成による「タッチ感」の制御を目的とした研究を重ね、「タッチ感」を説明する感性因子の数値化と、感性因子と相関が高くかつ材料組成に反映できる物理特性の特定について検討してきた。その結果、樹脂材料の「タッチ感」は「乾湿感」と「硬軟感」で説明でき、数値化も可能となった。また、「乾湿感」と「硬軟感」は樹脂材料の「摩擦」特性と「圧縮」特性によって代用でき、特に「圧縮」特性では樹脂材料の「硬軟感」と高い相関が得られる極低荷重での測定条件を見出した。更に熱可塑性エラストマー材料(以下TPO)を対象に、本知見とTPO組成の関係を明確にし、「タッチ感」の優れたTPOを開発してRX-8のフロントアームレスト表皮に適用した。

Summary

Recently, interior quality has improved remarkably, mainly in European cars. The interior quality has a lot of elements in it. Recently, not only visual quality but also “touch feel” at light touch of a product surface is becoming an important element. However, there was no quantitative index of “touch feel”, and the relation between “touch feel” and the composition of the resin material for interior was not also clarified.

We have advanced researches for controlling “touch feel” by material composition. We have been examining a quantification of sensory factors, which corresponds to “touch feel”, and physical properties which correlates closely with the sensory factors and can be incorporated into material composition. As a result, “touch feel” of plastic material can be explained with “dry and wet feel” and “soft and hard feel” and can be quantified. Moreover, “friction” and “compression” properties of the resin material were substituted for “dry and wet feel” and “soft and hard feel”. The measurement condition was found, especially in the “compression” property at ultra low load that has a high correlation to “soft and hard feel” of plastic material. In addition, concerning a thermoplastic elastomer (TPO), by clarifying the relation between these physical properties and TPO composition, we developed TPO which is superior in tactile sense and have adopted the material for RX-8 front armrest skin.

1. はじめに

近年 欧州車を中心に内装の質感が著しく向上している。従来の質感向上では内装の多くの面積を占める樹脂部品の見た目のプラスチック感を排除することを狙い、艶の低い樹脂材料や塗料による視覚質感の向上が主流であった。

一方、近年の調査では、触れて評価する顧客を考慮したと考えられるソフト塗装やラバーパーツなど「タッチ感」を改善する商品が増えており、社内クリニックの結果でも内装質感を構成する要素として「タッチ感」が視覚質感に劣らず重要であることがわかってきた。しかし、自動車用内装部品に関する「タッチ感」を定量的に示す指標についての研究は精力的になされているようであるが、人間の感覚とのマッチングが乏しく、研究成果としてはソフトフィニッシュ塗装の事例⁽¹⁾などが挙げられるのみであり、材料開発にまで言及するものは少ない。この課題に対し、我々は上記「タッチ感」を指先で製品表面を軽く触れた際の触感と定義し、材料組成による「タッチ感」の制御を目的とした研究を重ねてきた。

本稿では、「タッチ感」と高い相関を持つ独自の物理特性指標の明確化とその計測手法の確立により、リサイクルの容易なTPOを対象に上記物理特性と材料組成の関係を明確化することで「タッチ感」の優れたTPOを開発したので報告する。

2. 開発のステップ

本研究では、以下の三つのステップで開発を進めた。

- (1) 「タッチ感」を説明する感性因子の数値化と主要因子の絞込み
- (2) 主要感性因子と高い相関を持つ材料の物理特性の特定
- (3) 物理特性に基づいたTPOの組成改良

3. 「タッチ感」の数値化と主要感性因子の絞込み

3.1 「タッチ感」を表す感性因子の定義

人間の感覚には大きく分けて「好き嫌い」のように個人の嗜好による部分と「大きい小さい」のようにある程度量的に表現できる部分がある。一般に前者を「好み(嗜好)」、後者を「計量値」といい、さらに計量値の中には「感性因子」という感性を構成する基本的な量があるといわれている。今回の目的は機械で計測される物理特性と「タッチ感」の関係明確化であることから、感覚の中でも数値表現しやすい「感性因子」を「タッチ感」を表すものとして研究を進めた。ここでいう「感性因子」は、これまでの研究例から、「乾湿感」「粗滑感」「硬軟感」「温冷感」の四つとした⁽¹⁾⁽²⁾。

材料開発での目標値である物理特性との定式化により、狙いの「タッチ感」を材料組成によって制御する技術の基盤構築を目指し、これら四つの感性因子の数値化と主要因

子の絞り込みに取り組んだ。

3.2 実験方法

(1) 数値化の手法

人の感覚を数値化するにあたり一般によく用いられるのが官能評価である。これは評価する人(被験者)に対して評価対象を提示し、その回答を解析して数値化するものである。人間は物事を判断するとき、もの自体の本質だけでなく周囲の状況や個人的状況の影響を受ける。このため評価基準が明瞭でなく、変動しやすいため判断しにくい場合が多い。しかし、二つのものを比較する方法であれば比較的簡単に評価、判断できる。そこで評価法としてこの一対比較法を採用し、さらに一対比較法の中でも比較順序を考慮せず評価を行い評点で結果を表すシェッフェの一対比較法(中屋の変法)を用いた⁽³⁾。

(2) 評価試料

評価可能な触感領域の網羅性を確保するため、さまざまな触感を有する板厚3mmの平板状樹脂試料を準備した(Table 1)。なお、評価試料は、実際の内装材の状態を反映できるように、すべて同一の皮革シボを設けた。

(3) 被験者

プラスチックに関する専門知識を持たない20代と30代の男性15人と女性15人で合計30人とした。

(4) 質問用紙の作成

質問用紙の作成には、被験者の判断基準として各「感性因子」ごとに「かさかさ」、「べたべた」といった一対の評価用語を設定した。また、各因子間で混同が生じない用語の選定を行うため、本開発メンバーによる事前評価を実施し、各試料間に差があるかどうかを示す主効果が1%の危険率で有意であることを確認した上で、Table 2に示す質問用紙にて評価会を実施した。

Table 1 Distribution of Experimental Sample

Sample No.	Material	Molding Application
1	PVC	Injection
2	PP	Injection
3	TPO	Injection
4	TPO	Injection
5	TPO	Injection
6	TPO	Injection
7	TPO + PP foam	Press vacuum

Table 2 Questionnaire

Compared with this sample	A right sample is	considerably "moist"	somewhat "moist"	equal or no difference	somewhat "dry"	considerably "dry"
1	2	2	1	0	-1	-2
	3	2	1	0	-1	-2
	4	2	1	0	-1	-2
	5	2	1	0	-1	-2
	6	2	1	0	-1	-2
	7	2	1	0	-1	-2
	8	2	1	0	-1	-2
2	3	2	1	0	-1	-2
	4	2	1	0	-1	-2

Table 3 Analysis of Variance

Factor	Sum of squares	Degrees of Freedom	Unbiased Variance	F-Value	Judgement symbol
Hard-Soft	228.2381	6	38.0397	80.3005	** :1% significance level
Dry-Moist	260.8571	6	43.4762	62.9067	**
Rough-Smooth	110.7714	6	18.4619	29.7086	**
Hot-Cool	80.0190	6	13.3365	26.8505	**

3.3 結果と考察

(1) 分散分析結果

分散分析結果のうち、各感性因子の主効果をTable 3に示す。これより以下の2点がいえる。

- ① 四つの「感性因子」の主効果では、いずれも危険率1%で有意差が認められ、本評価会が有意義であった。
- ② 四つの「感性因子」の主効果についての分散比を比較すると、相対的に「乾湿感」と「硬軟感」が大きく、「粗滑感」「温冷感」は小さかった。

(2) 分散分析結果の考察と主要因子の絞込み

上記②の結果より、樹脂材料の「タッチ感」に関する主要な感性因子を「乾湿感」と「硬軟感」とした。一方、「粗滑感」「温冷感」の数値が小さいことは、次のように説明できる。「粗滑感」は試料表面のシボによる凹凸を感じて判断していると考えられるが、本評価会の試料はすべて同一のシボであり、試料間の凹凸に大きな差がなかった。また、「温冷感」は指先から試料へ移動する熱量を感じていると考えられるが、本評価会の試料はすべて樹脂であり伝熱特性に大きな差がなかったためであると考えられる。

4. 材料物理特性の特定

4.1 「タッチ感」を表す物理特性の特定

指で軽く試料に触れる時の「タッチ感」を説明する物理特性を特定するにあたり、Fig.1に示すように被験者の試料に触れる動作が「押す」動作と「擦る」動作に分けられること、評価会での被験者の感想及び過去の文献⁽¹⁾より「圧縮」特性、「摩擦」特性、「吸熱」特性の3特性が重要と考えた。これら3特性に関し、感性因子と相関が高かつ材料組成に反映できる物理特性の特定について検討した。

4.2 「圧縮」特性を表す物理量

「圧縮」特性を表す物理量を模索するにあたり、各試料

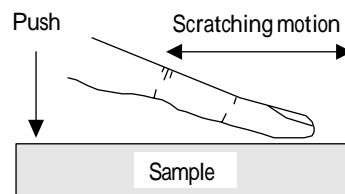


Fig.1 Trial Subjects Motion

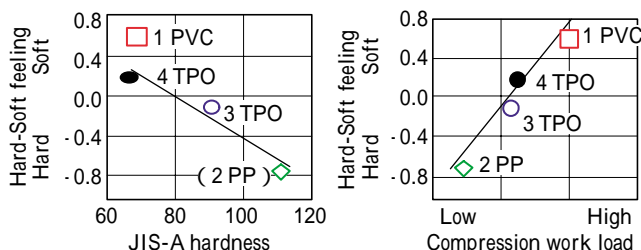


Fig.2 Adaptability of Compression Characteristics

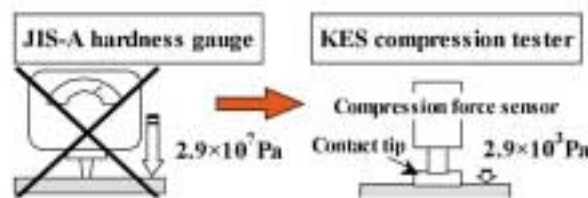


Fig.3 Method of Compression Factors

について樹脂材料の硬さの指標として広く用いられているJIS硬度の計測を行った。これは値が大きいほど「硬い」ことを示すものである。「硬軟感」評点との関係を検証した結果、Fig.2左に示すように同等のJIS硬度である試料1と試料4が「硬軟感」評点では大きく異なっていることから、内装樹脂部品の「タッチ感」を表す物理量には不向きであることがわかった。

この原因として考えられたのが単位面積あたりの荷重である。硬度計の先端は細くなっているため、単位面積あたりの荷重を算出すると 2.9×10^7 Pa以上の高い荷重となり、我々が定義する「タッチ感」を再現する値とは程遠いことがわかった (Fig.3左)。そこで、試料の触り方を「指の動作速度」、「指と試料の接触面積」、「指で試料を押す力」として、これらの実際について調査した結果、以下のことが分かった。

- ・指の動作速度 ~ 10 mm/sec
- ・指と試料の接触面積 $1 \sim 2$ cm²
- ・指で試料を押す力 $\sim 2.9 \times 10^3$ Pa

この条件で試料の「圧縮」特性を計測可能な機器として布地の風合いを試験するための装置「KES圧縮試験機」の適用を試みた。この装置は、布地を指で触った時の感覚(硬軟感)を変形(圧縮)に要するエネルギー量として計測するものである (Fig.3右)。

圧縮速度や荷重の条件を検討した結果、「硬軟感」評点と一致する条件を見出し (Fig.2右), 本試験時の圧縮波形から得られる六つの物理量を用いることとした (Table 4)。

Fig.4に示すように、各物理量は以下の式で表される。

- ・ 圧縮仕事量 = aの面積 + bの面積
- ・ 圧縮回復仕事量 = bの面積
- ・ 圧縮回復性 = bの面積 / (aの面積 + bの面積)
- ・ 圧縮剛さ = (aの面積 + bの面積) / ABCの面積
- ・ 圧縮歪量 = xの長さ
- ・ 圧縮歪率 = xの長さ / Xの長さ

4.3 「摩擦」特性を表す物理量

「圧縮」特性と同様に布地を指先で撫でる動作を模した「KES摩擦試験機」を用いて「摩擦」特性 (平均摩擦係数, 摩擦係数平均偏差) を計測した。

本装置はFig.5に示すように、試料台が移動することによって、錘により一定の荷重をかけた摩擦子と試料表面が擦れる際に発生する反力を試料表面の「摩擦」特性として計測するものである。

摩擦子の先端に 0.5mm程度のピアノ線を幾重にも巻くことで指紋のある指先で撫でると同様の効果を出し、平均摩擦係数と摩擦係数平均偏差が大きいほど試料表面が粗く引っ掛かる感じ、小さいほど滑らかな感じといえる。

「圧縮」物理量と同様に荷重条件を検討した結果、「乾湿感」評点と一致する計測条件を見出し、これら物理量を用いることとした (Table 4)。

4.4 「吸熱」特性を表す物理量

これまでの機器と同様に熱の授受を計測する装置として布地を指で触った時の感覚 (温冷感) を熱の移動量として計測する「KES熱物性測定機」を用いた。

本装置はFig.6に示すように、水によって温調された試料台の上に試料を設置し、試料台の温度より一定温度高く予熱された貯熱板を試料に接触させ、貯熱板の熱量が試料へ移動する際の熱流束の最大値を読み取ることにより試料

表面の「吸熱」特性を計測するものであり、値が大きいほど冷たい感じと言える。検討した結果、材料種を層別できており、補正パラメーターとして有用と考え、データとして用いることとした (Table 4)。

4.5 各物理量の特定

主要感性因子と関連の高い材料物理特性を特定するため、Table 4に示す物理量と「乾湿感」及び「硬軟感」各感性因子の評点との重回帰解析を行った。その結果、いずれも重相関係数Rが0.86以上の高い相関で以下の回帰式を得た。また、各感性因子の評点と本式の予測値との比較を行うことで本式の確からしさも検証できた (Fig.7, 8)。

「乾湿感」(べたべた+, かさかさ-) = - 68.16 × 摩擦係数平均偏差 - 33.77 × 圧縮仕事量 + 1.77 (1)

「硬軟感」(軟らかい+, 硬い-) = 43.87 × 圧縮仕事量 + 0.56 × 圧縮回復性 - 1.26 (2)

Table 4 Multiple Regression Parameter

Physical Quantities	parameter
Compression	Compression work road
	Repulsive work road
	Recovery work road rate
	Compression stiffness
	Compression displacement
	Compression displacement rate
Friction	Friction coefficient
	Average deviation of frictional coefficient
Endothermo	Heat flow bundle

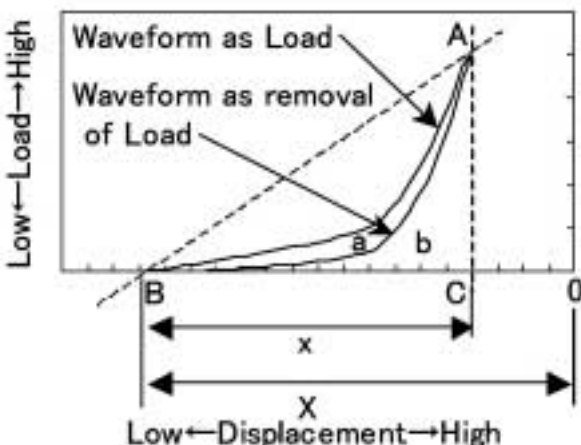
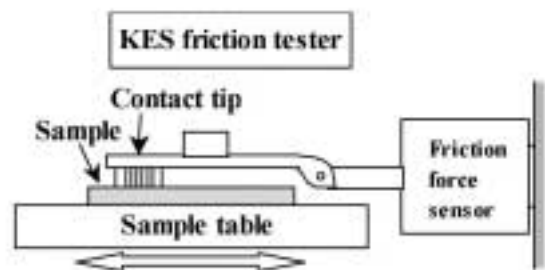


Fig.4 Explanation of Compression Factors



The table moves with a sample.

Fig.5 Method of Friction Factors

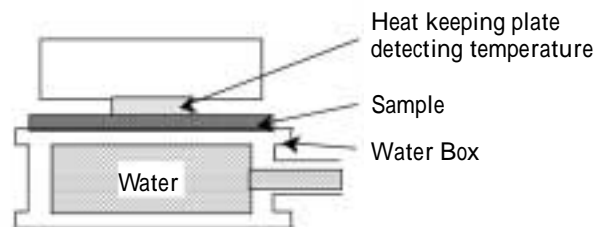


Fig.6 Method of Endothermal Factors

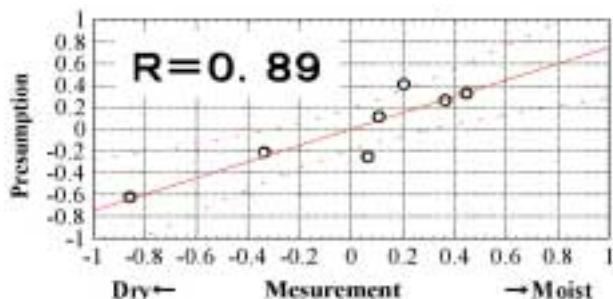


Fig.7 Adaptability of Regression Line (Dry-Moist)

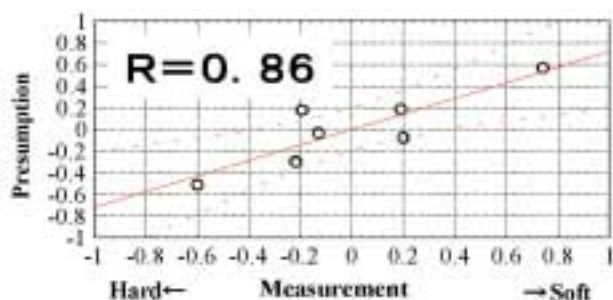


Fig.8 Adaptability of Regression Line (Hard-Soft)

5 . TPOの組成改良

5.1 TPOの目標「タッチ感」と目標物理特性

開発した評価法を用いて、「タッチ感」の数値化に用いた試料のうち主要な1~4を「硬軟感」評点と「乾湿感」評点を軸とするグラフに表した (Fig.9)。本グラフにより内装材料がどのような位置関係にあるか確認できる。「タッチ感」評価会の時に参考として行った嗜好調査の結果で高い評点であった試料1と試料4が「硬軟感」評点と「乾湿感」評点の比較的バランスがとれた位置であることがわかった。また、試料2は試料4とは対照的に「硬軟感」評点と「乾湿感」評点のバランスが悪く、偏った位置にあり、嗜好調査結果でも低い評点であった。

一方、別の実験で「タッチ感」の嗜好が高い天然皮革素材の「圧縮」物理量と「摩擦」物理量を測定し、回帰式(1)、(2)で位置を推定したところ、「硬軟感」評点が2点以上と非常に高いが、「乾湿感」評点は0.2点 ~ -0.4点の範囲であった。

よって、試料1の主要物理特性を参考に、さらにさらっとしてかつ軟らかい「タッチ感」としてFig.9中のハッチングした領域を目指し、目標物理量を設定した。

5.2 物理特性とTPO組成の関係

(1) 材料設計の考え方

TPOの主要成分は、PP等樹脂とEPDM等ゴム及び鉱物

性等オイルの3成分に分けられる。従来、「タッチ感」を材料組成で制御する手法としては、4.2節で述べた硬度を指標とした樹脂とゴムの配合比率の調製が主であった。この手法に基づき材料の試作検討を行った結果、Fig.9に示した破線上での制御は可能であるものの、目標領域が示す「硬軟感」評点と「乾湿感」評点のバランスを実現することは困難であった。本開発では、Fig.10に示すように同等のJIS硬度である試料1のPVCと試料4のTPOの極低荷重での「圧縮」特性が異なる点に着眼し、樹脂とゴムの配合比率だけでなく成分種も含めて検討した。

(2) TPOの改質

TPO組成改良を検討した結果、「圧縮」特性の改善には樹脂成分の改質が有効であり、4.5節にて特定した圧縮仕事量 (Fig.10の波形面積) の目標値を超え、試料1同等以上の値を得ることができた (Fig.11)。一方、「摩擦」特性の改善にはゴム成分の改質が有効であり、同じく4.5節にて特定した摩擦係数平均偏差の目標値を超えて一般的に「乾湿感」が優れているソフトフィール塗装同等の値を得ることができた (Fig.12)。

また本手法では、各成分種の改良を独立して行うことができるため、従来の配合比率のようなトレードオフの関係がなく、「硬軟感」評点と「乾湿感」評点のバランス制御の自由度を高くすることができるようになり、再度評価会を実施し、組成改良したTPOが狙いの「タッチ感」領域に位置することも確認できた (Fig.13)。

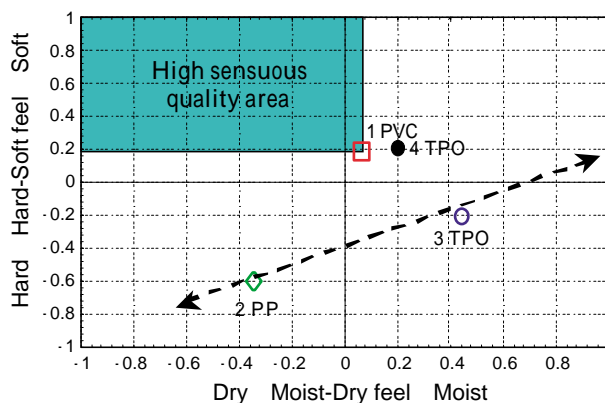


Fig.9 Relative Positioning of Touch Feel

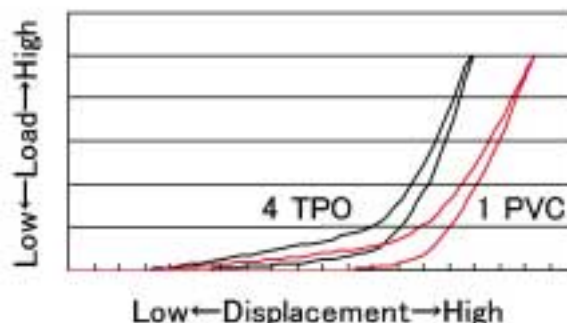


Fig.10 Compression Characteristics of PVC and TPO

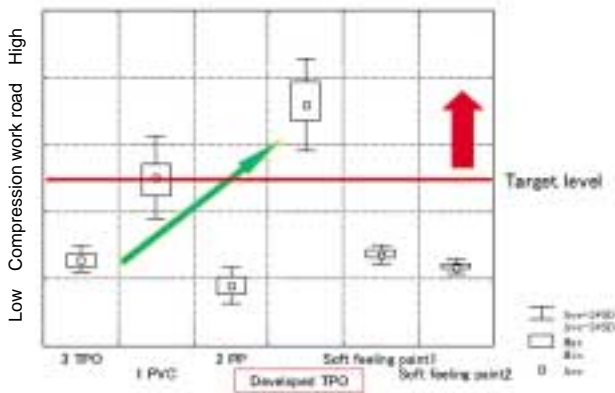


Fig.11 Effect of Modified PP Elements

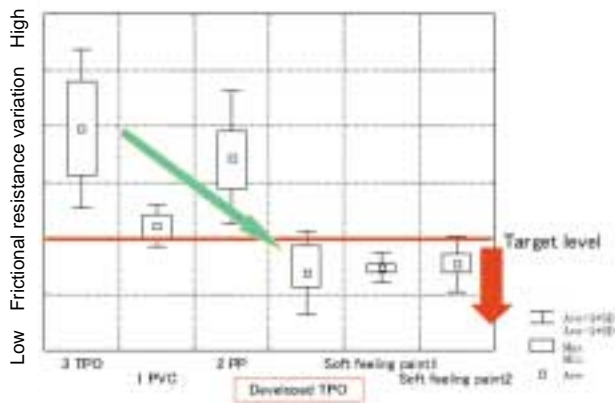


Fig.12 Effect of Modified Rubber Elements

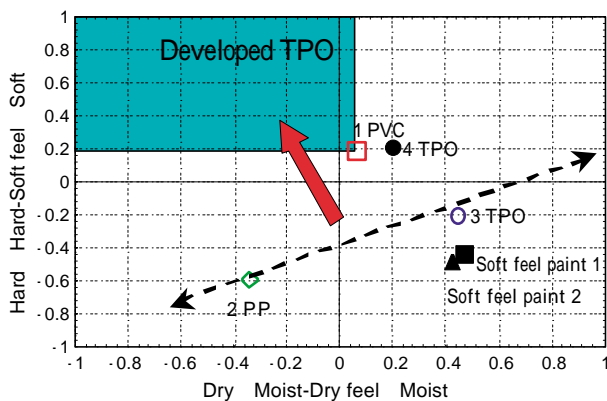


Fig.13 Relative Positioning of Developed TPO

6. まとめ

本開発により、以下の結果を得ることができた。

- (1) 樹脂材料の「タッチ感」は「乾湿感」と「硬軟感」で説明でき、数値化も可能となった。
- (2) (1)の主要な「タッチ感」指標である「乾湿感」と「硬軟感」は「摩擦」特性と「圧縮」特性によって定量的に示すことができる。
- (3) 「摩擦」特性と「圧縮」特性に基づいた組成成分の最適化により、「タッチ感」の優れたTPO材料が開発できた。

今後、開発材の適用範囲を拡大していくと同時に、「タッチ感」計測技術を応用し、ステアリングホイール等顧客が良く触れる部品の「タッチ感」向上に貢献していく所存である。最後に、本開発にあたり、多大なご協力をいただいた、三井化学株式会社殿をはじめ関係者の皆様方に深く感謝いたします。

参考文献

- (1) 河津健司ほか：「ソフトフィール塗装の触感定量化」,自動車技術会秋季学術講演会前刷集, No.87-99, p.19-22 (1999)
- (2) 久保田毅ほか：「内装樹脂部品のソフト感解析」,自動車技術会秋季学術講演会前刷集, No.975, p.209-212 (1997)
- (3) 日科技連官能検査委員会：「官能検査ハンドブック」,東京,日科技連出版社, P.349-393 (1979)

著者



田中 力



大西正明