

特集：新型ロードスター

16

本革製ステアリングホイールの触感向上技術 Improvement of Tactile Feel of Genuine Leather Steering Wheel

田 中 力*¹ 牧 野 耕 樹*² 宮 濱 芳 文*³
 Chikara Tanaka Kouki Makino Yoshifumi Miyahama
 京 極 誠*⁴ 安 原 完 治*⁵
 Makoto Kyogoku Kanji Yasuhara

要 約

近年、内装質感として視覚質感だけでなく、触感が重要となっている。これまで、我々は「触れ心地」に着目し、物理特性で代用した「触れ心地」と材料組成の相関関係を明確にし、「タッチ感」の優れた樹脂材料を開発した。今回は上記知見を活かし、最も手触りが重視される本革製ステアリングホイールの触感向上を目的に、物理特性による触感の設計要件化を検討した。内装質感アンケートのテキストマイニングの結果、「触れ心地」だけでなく、握って操作する「握り心地」も重要であった。そこで、走行中の握り力を再現した圧縮試験での圧縮力とストロークからなる波形から抽出した特性値を主成分分析し、圧縮時の変位等の物理量で「握り心地」を代用できた。また、官能評価と物理量の非線形判別分析により、目標値を設定し、目標値を満たす本革の製造要件として型押し条件等を特定した。更に形状や縫製要件も反映した試作品は、ステアリングホイール単体の感触だけでなく操舵フィールも従来品を大きく上回った。そして、触感を代用する物理量、形状及び縫製で設計要件を定義し、開発品を新型ロードスターに適用し、人馬一体感の実現に貢献した。

Summary

Recently, not only visual quality but also tactile feel has become important as interior quality. So far, for tactile feel, having focused on “ surface touch feel ” and clarified relations between material composition and physical characteristics, which also correlate closely with the “ surface touch feel ”, we have been developed plastic materials with superior “ touch feel ” using them. This time, utilizing the findings of our research mentioned above we worked to make a design specification of a physical characteristic for the best leather steering wheel on which customers have the most important value about the tactile feel. As a result, we found that not only the “ surface touch feel ” but also “ grasp feel ” such as operating in the hands is important for the steering wheel after analyzing results of the interior quality questionnaire research using Text-Mining tool. Thus, we determined the “ grasp feel ” as physical characteristics, such as displacement under compression, after extracting characteristic value from F-S curve of steering wheel compression test, while simulating grip efforts under the real driving condition, by the principal component analysis. And we had set target values of development by the nonlinear discriminating analysis using the physical characteristics above, and identified specific embossing conditions as manufacturing requirements of genuine leather that meets the target values. Moreover, we produced a prototype which reflects manufacturing requirement including stitch and wheel shape. Dramatic improvements of the tactile feel and steering feel were verified by the product marketability evaluation of the prototype. In addition, we contributed to improvement of “ oneness feel between car and driver ” by working on product development including the design standardization, and applying this requirement to all-new Roadster.

*1, 4 技術研究所
Technical Research Center

*3 車両実研部
Vehicle Testing & Research Dept.

*2 シャシー開発部
Chassis Development Dept.

*5 装備開発部
Interior Components Development Dept.

1. はじめに

近年、内装質感の動向として視覚的な質感だけでなく、手触りが重要な要素となっている。これまで我々は手触りの中でも指先で製品表面を軽く触れた際の「触れ心地」に着目し、材料組成による「触れ心地」の制御を目的とした研究に取り組み、「タッチ感」の優れた樹脂材料を開発した¹⁾。

本稿では、上記開発を通じて構築した「触れ心地」を物理的な特性で定量化する技術を活かし、顧客が最も手触りを重視する本革製ステアリングホイール（以下S/W）の触感向上を目的に、求められる触感を代用物理特性で設計要件とすることを検討した。その結果、触感を代用する摩擦特性と圧縮特性、形状及び縫製で構成する設計要件を定義できた。更に、要件を満足する本革製S/Wを開発して新型ロードスターに適用したので、その内容を報告する。

2. 触感向上の取り組み

内装の触感向上に取り組むにあたり、内装質感アンケートを実施し、触感が重視される部品を明らかにした。対象とした内装33部品についてパネラーが触感を重視すると答えた頻度によってスコアをつけ、頻度の高い順に4段階に分けたものをFig.1に示した。

これより、素材として最も触感の向上が望まれた樹脂製部品に着目し、上記スコアの高いS/W、チェンジレバー、ドアトリム、ドアアームレスト及び触感の統一の観点からパーキングレバーを追加した5部品をターゲットとした。

これまで、低比重の非塩基系樹脂材料に着目し、触感を代用する物理特性と材料組成の関係を明らかにすることで、触感を向上させる材料開発を進めてきた。その結果、2003年にドアアームレスト用樹脂、2004年にチェンジノブ用樹脂を商品化し、ドアアームレストでは0.2kg/台の軽量化も実現した。そこで、今回は最も触感が重視される本革製S/Wの触感向上に本知見を活かすことに取り組んだ。

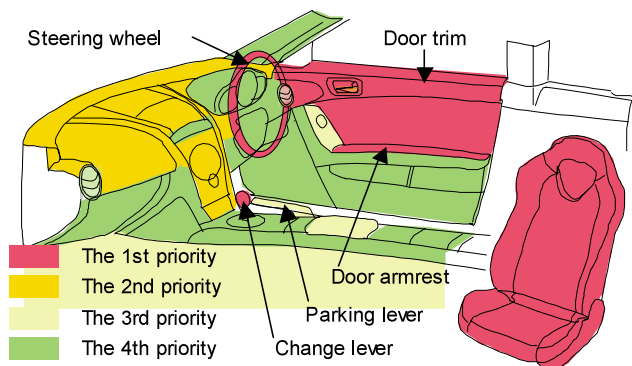


Fig.1 Prioritized Components by Customers in Tactile Feel

3. 開発のステップ

本研究では、以下の四つのステップで開発を進めた。

- (1) S/Wの触感を評価する軸の設定
- (2) 上記評価軸に対応する物理特性とその指標の明確化
- (3) 指標とする物理特性を実現する本革の加工要件と形状及び縫製要件の明確化
- (4) 上記要件をもとにした商品開発と設計標準化

4. S/Wの触感評価軸の設定

4.1 高触感の定義

内装質感アンケートの結果から高触感とは何かを定義することとした。手段として、パネラーが触感を重視すると答えた部品に関し、フリーコメントのテキストマイニング（富士通²⁾製テキストマイニングソフト）を行った。Fig.2に結果を示す。これより、「触感」や「感触」といった語句と関連性が強い語句を抽出し、高触感とは「触れて、握って、心地よい」と定義した。

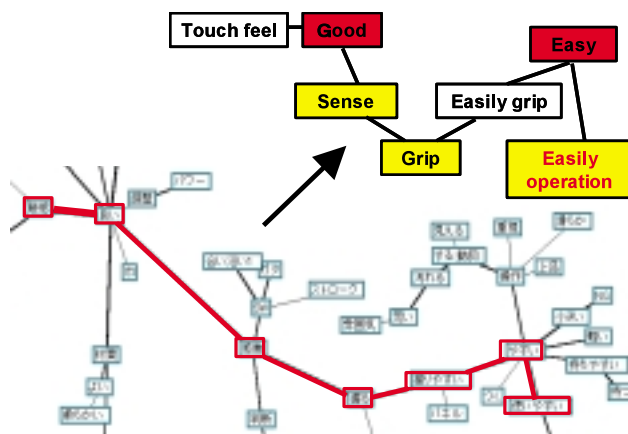


Fig.2 Analysis of Tactile Feel by Text-Mining Tool

4.2 三つの触感評価軸

これまでの研究¹⁾では指先で製品表面を軽く触れた際の「触れ心地」を取り扱ってきたが、S/Wについてはテキストマイニングの結果より、「触れ心地」だけでなく握るとか操作するといった感覚も重視されることがわかった。そこで、更に設計等S/W開発に関連する部門に所属するメンバによる一般道の走行会を実施して得たコメントから、S/Wの触感を評価する軸として次の三つの軸を設定した。

- 第1軸：触れ心地
- 第2軸：握り心地
- 第3軸：形状

5. S/Wにおける触感評価物理量の明確化

5.1 走行時のS/W操作挙動の計測

各評価軸の目標を定量化するため、代用する物理特性に

ついて検討を行った。これまでの研究¹⁾の知見から、触れ心地を摩擦特性、握り心地を圧縮特性にて表すことを試み、操作性の観点から走行中の手とS/Wの接し方及びその荷重を明らかにすることとした。

計測には、手袋に圧力センサ(2.56cm²/1個)が20個ついたグローブセンサ(ニッタ^株製I-SCAN圧力分布測定システムVer.4.2)を左手に装着した状態で、自社テストコースを走行し、S/Wを握る際に発生するグローブ表面の荷重をサンプリングした。被験者は3名、使用したS/Wは本革製3種とウレタン製1種の合計4種、走行シーンは①正常走行、②加速、③減速、④右旋回、⑤左旋回の5シーンとし、各シーンの圧力センサ20個の総荷重値を検証した。同時に走行シーンもVTRで撮影することで、走行シーンとサンプリングデータの同期を図った。

その結果、最も荷重が高くなるのが減速時、最も低くなるのが旋回時の送り手(今回は左手のみの計測であるため、右旋回となる)であり、総荷重値が30~40Nであることがわかった。

5.2 触れ心地の定量化

S/Wに要求される機能として“S/Wを握る際に発生する荷重を必要な操舵力に変換する”ことに着目し、S/Wに要求される表面摩擦特性について適切な μ の範囲をFig.3のように、縦軸に必要な操舵力と横軸にS/Wを握る際に発生する荷重とした場合の傾きに見立て、0.2~0.4と仮定した。

実際にS/W用本革表皮の μ を測定したところ、0.2より小さいとクリニック結果においても滑りやすく、0.3より大きいものはわずかであった。しかも0.3より高いものは手の動きに敏感に反応する、べたつき感が増すなど不快になることがわかった。これより、S/Wに要求される摩擦特性として表面摩擦係数の範囲を0.2~0.3と設定した。

5.3 握り心地の定量化

(1) 握り心地の官能評価

握り心地の定量化を進めるにあたり、市場評価を参考に本革製とウレタン製別に評価の高いものと低いものが含まれるようTable 1に示した計8本のS/Wを試料として選定した。次に物理特性と相関を検証していくのに必要な官能スコアを得るため、官能評価を実施した。被験者はデザイナー、設計、実研、人間工学、材料の専門家の計5名とした。また、質問にはTable 2に示すように“やわらかい”、“手に馴染む”といった感性因子による個別質問に加え、最後に“好きな程度”を尋ねる総括的な質問も盛り込み、“思わない”から“大変思う”の5段階評価とした。

次に、嗜好に強い影響を与える感性因子を明らかにするため、目的変数として“握り心地が好き”のスコアを取り、説明変数として上記感性因子を取って非線形判別分析を行った。本分析はカイ二乗分析によって、目的変数の平均差が最も大きくなるような二つの群に分類できる説明変数を

選定することを繰り返すものであり、その結果をFig.4のツリーに示す。“握り心地が好き”のスコアが高いS/W群(サンプル , ,)は“心地良い”のスコアで分類でき、その判定基準値が2.5以上であった。

(2) S/Wの圧縮特性の特定と主成分分析による層別

Table 1に示した計8本のS/Wについて、実際の握り力に相当する荷重における各リム部の圧縮特性を計測した。

その結果、Fig.5に示す圧縮力-ストロークの波形から“心地良い”のスコアが高い本革製サンプルは、初期の傾きが緩やかでヒステリシスロスが大きいなど、“心地良い”のスコアが低いウレタン製サンプルと比較して明らかに異なる特徴を有し、評価の高低を層別できる可能性のあることがわかった。

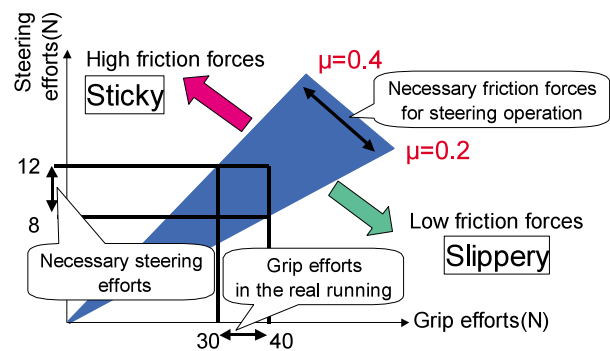


Fig.3 Friction Force of S/W Surface

Table 1 Sample Specifications

No	Surface material	Impression	Note
①	Leather	Good(Luxury)	With cushion layer
②	Leather	Good(Sporty)	No cushion layer
③	Urethane	Poor	No cushion layer
④	Urethane	Indifferent	No cushion layer
⑤	Urethane	Poor	No cushion layer
⑥	Leather	Poor	No cushion layer
⑦	Leather	Good	With cushion layer
⑧	Leather	Good	No cushion layer

Table 2 Questionnaire Sheet

	1. Disagree	2. Neither agree nor disagree	3. Somewhat agree	4. Agree a bit	5. Strongly agree
X1. This sample is soft.	1	2	3	4	5
X2. This sample becomes familiar with the hand.	1	2	3	4	5
X3. This sample is smooth.	1	2	3	4	5
X4. This sample is shallow softness.	1	2	3	4	5
X5. This sample is slippery.	1	2	3	4	5
X6. This sample is comfortable.	1	2	3	4	5
X7. This sample is sticky.	1	2	3	4	5
X8. This sample is grippable.	1	2	3	4	5
Y. I like grasp feelings of this sample.	1	2	3	4	5

そこで、Fig.5の波形から物理量を抽出し、主成分分析することで、上記8本の各S/Wの特徴を層別できるか検討した。

これまでの研究¹⁾から、物理量としてはX1：圧縮仕事量（圧縮時に要したエネルギー量）、X2：圧縮回復仕事量（荷重を取り去る時に生じたエネルギー量）、X3：圧縮回復性（X1とX2の比）、X4：圧縮剛さ（仮想バネ弾性体とX1の比）、X5：圧縮歪量（圧縮時の変位置）、X6：圧縮損失仕事量（X1とX2の差）の6つを抽出した。

分析結果をTable 3に示す。第二主成分までで累積寄与率が85%であることから2軸に集約できたといえ、因子負荷量（各主成分と説明変数の相関係数）から、第一主成分はX1、X2、X5、X6と高い正の相関を持つ指標であり“たわみ性”と定義した。一方、第二主成分はX3とのみ高い正の相関を持つ指標であることから“反発性”と定義した。

次に“たわみ性”をX軸、“反発性”をY軸とした座標に各S/Wの因子スコア（相関の高い説明変数で表した各主成分の回帰式から得た主成分の値）をプロットしマップ化すると、各S/Wの分布結果から四つの象限で特徴を層別できることがわかった（Fig.6）。

更に、この分布状態を先の官能評価結果と照合した。Fig.6の各象限で4隅に位置する最も特徴的なサンプルで説明すると、第一象限に位置する、つまり“たわみ性”が大きく“反発性”のある程度小さいサンプルは、握り心地の評価が高くラグジュアリーな車種に搭載された本革製S/Wであった。また、第四象限に位置する、つまりサンプル同様に“たわみ性”がある程度大きく“反発性”の小さいサンプルは、同じく握り心地の評価が高いがラグジュアリーではなく、スポーティな車種の本革製S/Wであった。

一方、第二象限に位置する、つまり“たわみ性”が小さく“反発性”の大きいサンプルは、握り心地の評価が低い高硬度のウレタン製S/Wであった。また、第三象限に位置する、つまり“たわみ性”も“反発性”も小さいサンプルは、握り心地の評価が低い本革製S/Wであった。

以上から、圧縮特性としてFig.5の波形の特徴をTable 3中の5つの物理量で表すことが統計的に可能であり、官能評価結果とも整合性があるといえる。また、握り心地の評価が高いS/Wの必要条件は、“たわみ性”が比較的大きくかつ“反発性”がある程度小さいことであり、更に“たわみ性”を増減することでラグジュアリーかスポーティかの味付けが可能と考える。

(3) 圧縮特性の目標設定

“心地良い”という感性因子に強い影響を与える圧縮特性を明らかにするため、“心地良い”のスコアを目的変数にとり、Table 3に示した六つの物理量X1～X6を説明変数として非線形判別分析を行った。その結果をFig.7のツリーに示す。“心地良い”のスコアが2.5以上の高い評価であ

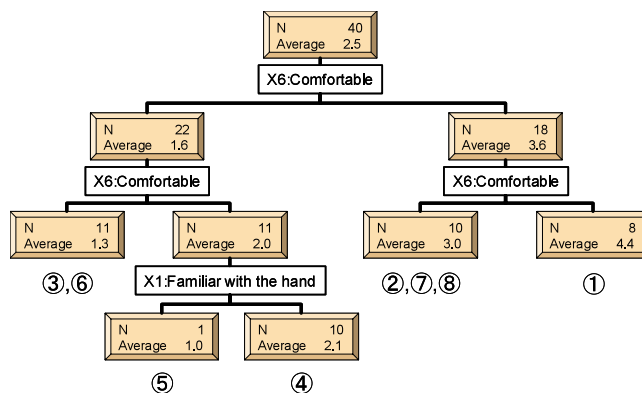


Fig.4 Result of Nonlinear Discriminating Analysis

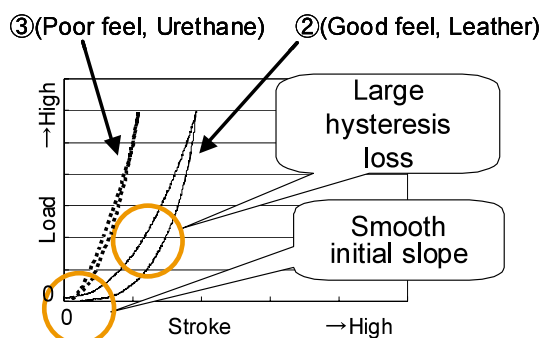


Fig.5 Compressional Characteristics of S/W

Table 3 Factor Loading of Principal Component

Characteristic value	1st principal component	2nd principal component
X1:Compressional work load	0.98	0.11
X2:Repulsive work road	0.93	0.30
X3:Recovery work load rate	-0.10	0.85
X4:Compressional stiffness	0.16	0.76
X5:Compressional displacement	0.95	-0.13
X6:Compressional work load loss	0.95	-0.20
Eigenvalue	3.64	1.46
Proportion	0.61	0.24
Accumulated proportion	0.61	0.85

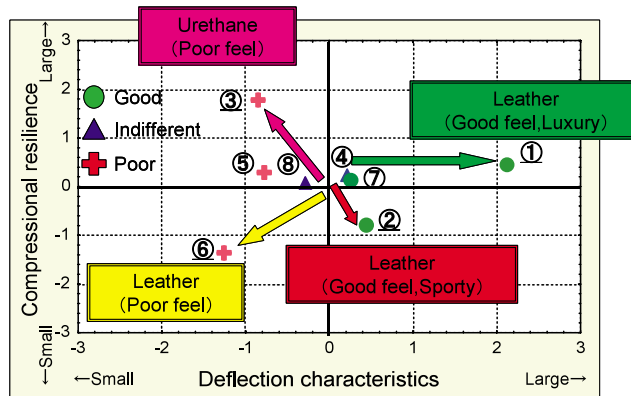


Fig.6 Relative Positioning of Compressional Characteristics

るS/W群(サンプル , ,)は, X2: 圧縮回復仕事量, X3: 圧縮回復性, X5: 圧縮歪量の三つの物理量で分類でき, 各判定基準値を目標値として設定した。

5.4 形状及び縫製指標の検討

本稿では従来から検討されているグリップ断面形状を除いて, 握りやすさを向上させる形状要件を検討した。Table 1の試料を含め, 50本以上のS/Wを同被験者で握りながら改善ポイントを列挙していった。特に親指をかけるスポーク部に着目し, 握り心地を損なう指側面への刺激を排除できるように, 負担の少ないRと縫い目が指に当たらないような縫製ラインを特定した (Fig.8)。

6. 本革の加工と形状及び縫製要件の特定

6.1 本革の開発

5章で特定した各要件の妥当性を検証するため, S/Wの試作評価を行った。今回は, 適応想定車種がスポーティであることからFig.6のサンプル に位置する心地良かつスポーティなS/Wを目指すこととした。最初に本革表皮の製造要件を明らかにするため, 型押し・パフ・塗料について検討した。

本革表皮単品での摩擦特性と圧縮特性の測定結果より, 浅い型押し, パフなし, 水系塗料の組み合わせが各目標特性に最も適合することがわかった。

6.2 要件の検証

(1) 物理特性

見出した形状及び縫製要件で上記本革表皮サンプルを適用したS/Wを試作し, 摩擦特性と圧縮特性を測定した。測定結果として, 試作S/Wのリム部の圧縮力 - ストロークの波形をFig.9に示した。試作S/Wはたわみ量やヒステリシスロスが大きく, 狙いのサンプル 同等以上の圧縮特性が得られ, サンプル から大きく改善できた。また, 摩擦特性も表面摩擦係数が0.22と狙いの値を実現できた。

(2) 走行時商品性評価

次に, 自社テストコースでの走行評価を従来品との比較形式で実施した。評価結果をFig.10に示す。これより, 触感となじみといったS/W単体での感触だけでなく, 剛性感といった操舵フィールでも改善効果を確認できた。

7. 商品開発と設計標準化

7.1 耐久信頼性評価

6章までの取り組みで明らかにした本革の加工と形状及び縫製要件をもとに商品開発に取り組んだ。量産ラインで試作した本革表皮を用いて, S/W単品と車両搭載での耐久信頼性評価を行った。評価の結果, いずれの項目も規格をクリアし, 握り心地の良さについても車両搭載での走行にて検証できた。

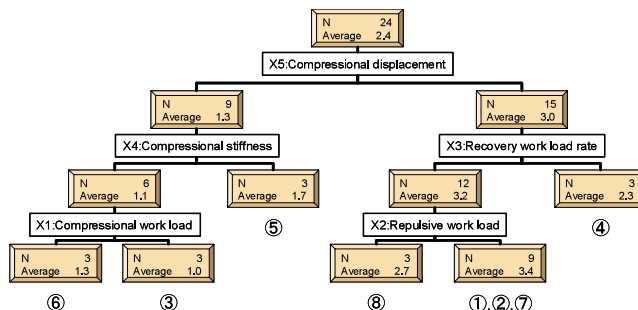


Fig.7 Result of Nonlinear Discriminating Analysis

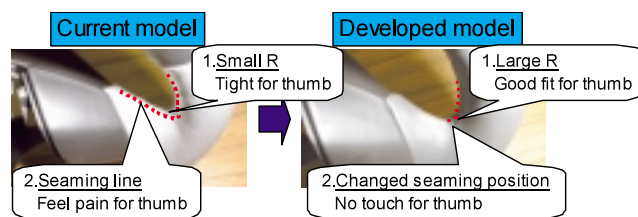


Fig.8 Ergonomic Shape

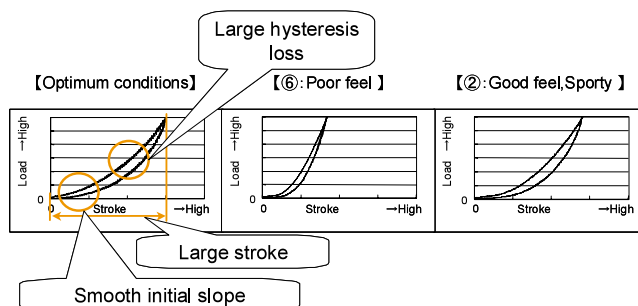


Fig.9 Compression Characteristics of Developed S/W

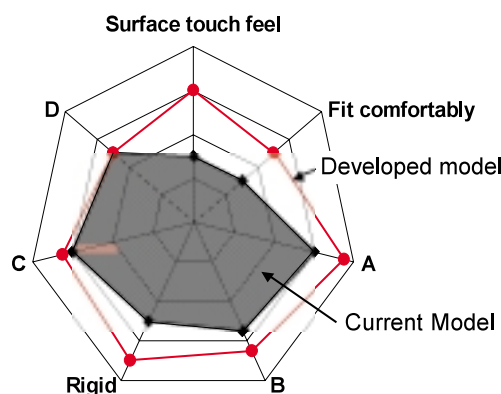


Fig.10 Result of Product Marketability Evaluation

7.2 設計標準化活動

続いて, 設計標準の確立として, 特に商品性向上効果を客観的かつ定量的に示すための指標作りを目指し, APEALスコアと高い相関をもつメトリクスの作成に取り組んだ。

触感、形状及び縫製に分けて個別の評価項目を設定し、各々の尺度を5段階に分けて各判定基準を定量的に定義した。更に各評価項目の評価点から構成する総合評価点の算出式を作成した。作成したメトリクスによる総合評価点とAPEALスコアの相関度合いを、Sporty及びPremium Sportsに属する4車種(A~D)を題材に、米国APEALのFeel Of Steering Wheelスコアを用いてFig.11に示す。

これより決定係数 R^2 が0.97と、APEALスコアと高い相関を有するメトリクスが作成できた。

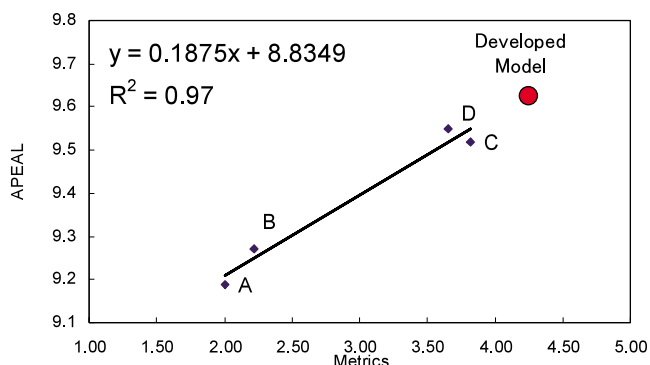


Fig.11 Relationship between Metrics Score and APEAL Score

8. まとめ

本研究では本革製S/Wの触感向上を目的として、アンケートの分析により触感評価軸を設定し、各軸を代用する物理特性と目標値の特定、目標値を満たす本革の製造要件、形状及び縫製要件の試作検討、試作品の走行評価を行った。更に本要件の設計標準化も含めた商品開発を行った結果、以下を得た。

- (1) 内装質感アンケートのテキストマイニングにより、「触れ心地」、「握り心地」、「形状」の触感評価軸を設定した。
- (2) 走行時のS/W操作挙動の計測等により上記3軸を代用する物理特性を特定し、非線形判別分析から各目標値を設定した。
- (3) 各目標値を満たす本革表皮の製造要件を特定し、形状及び縫製要件を反映させた試作品を作成した。また、走行評価により、触感となじみといったS/W単体での感触だけでなく、剛性感といった操舵フィールでも改善効果を確認できた。
- (4) 上記(1)~(3)での取り組みから見出した本革の加工と形状及び縫製要件を基に、量産品での耐久信頼性検証、APEALスコアと高い相関をもつ設計標準を作成でき、開発本革を適用した場合の商品性向上効果を定量的に提示できた。

今後、開発した本革及び見出した設計要件を新車開発に適用し、本革製のみならずウレタン製も含めマツダ車の

S/Wの触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、オートリブ(株)殿をはじめ関係者の皆様方に深く感謝いたします。

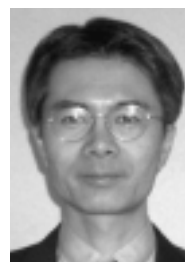
参考文献

- (1) 田中力ほか：内装樹脂材料の触感向上，自動車技術会秋季学術講演会前刷集，No.11-03，p.11-14(2003)

著者



田中 力



牧野耕樹



宮濱芳文



京極 誠



安原完治