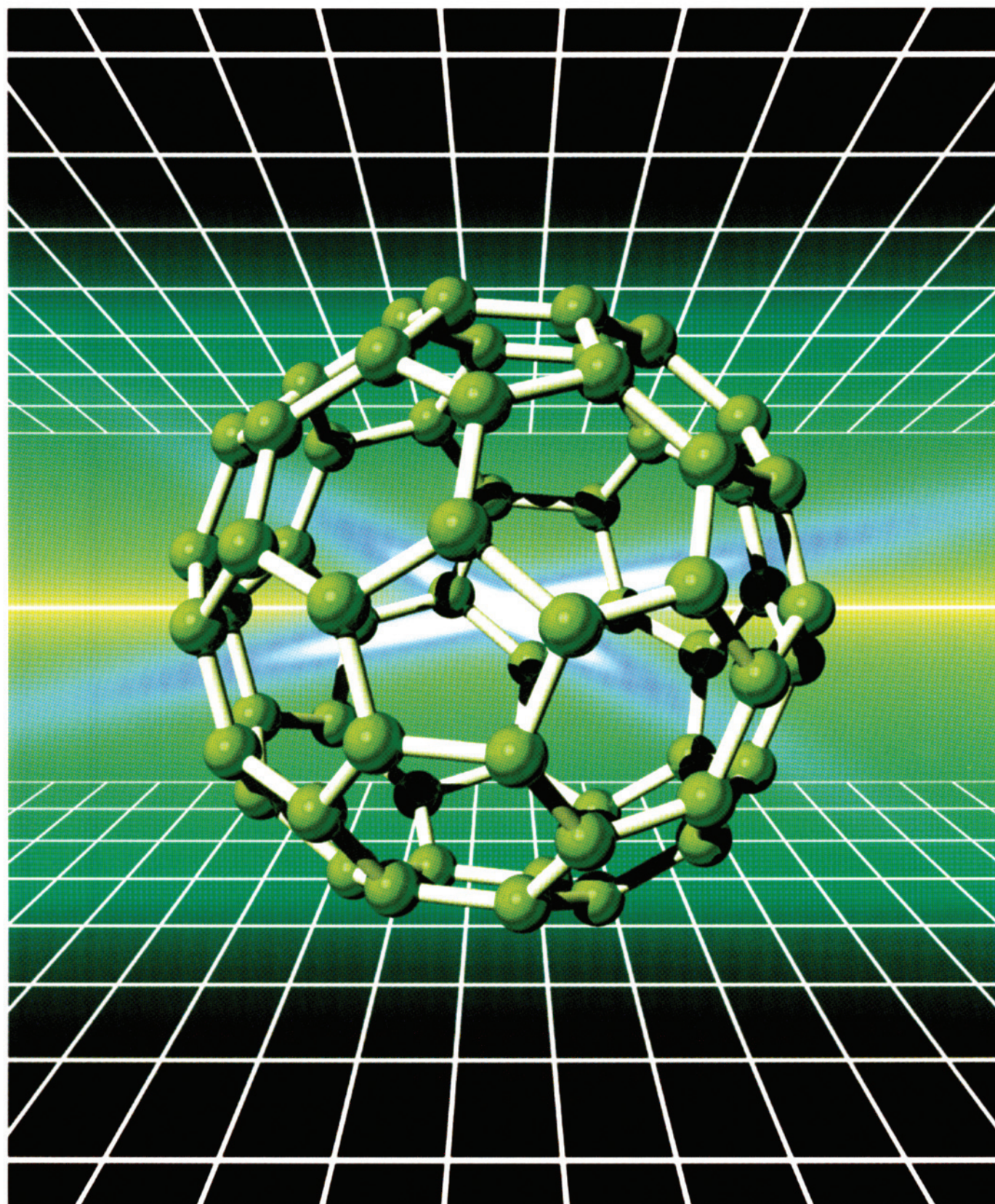


豊田合成技報

 TOYODA GOSEI TECHNICAL REVIEW

VOL.46 NO.2 2004



総説	自動車・部品のリサイクル・環境負荷物質動向 …… 杉本 正俊 ……39 と豊田合成の対応（その4）	
	CAEの動向 …… 小川 佳大 ……48	
報告	Semantic Differential 法による …… 仁科 健 ……53 ステアリングホイールの握り心地構造解析 石井 成 永田 雅典	
	リサイクル材適用エンジンカバー材料 …… 中川 博之 ……59 寺島 清光	
新技術紹介	ドアウェザーストリップ用 …… 内藤 剛 ……65 水系シリコーン表面処理剤	
新製品紹介	耐熱低膨張ブレーキホース …… 古井 謙一郎 ……67 水谷 哲	
	金属ヘアライン加飾オーディオドア …… 伊藤 達朗 ……69 野口 史	
	PU スプレー表皮を用いた軽量化インパネ …… 上野 樹広 ……71	
	食器洗い乾燥機用洗剤リンス投入器 …… 広沢 邦和 ……73	
	スライド式携帯電話 …… 井上 正樹 ……75 島田 雅俊	
	社外発表文献一覧表 ……77	

TOYODA GOSEI TECHNICAL REVIEW VOL.46 NO.2 2004

CONTENTS

Technical Review

- TOYODA GOSEI's Activities for Technical Trend
of Automotive Recycling & Substances of Concern (No.4).....Masatoshi Sugimoto.....39
- The Trend of CAE.....Yoshihiro Ogawa.....48

Technical Reports

- Structural Analysis of Steering Wheel Grip Comfort
by Semantic Differential MethodKen Nishina.....53
Naru Ishii
Masanori Nagata
- Recycled Materials for Engine CoverHiroyuki Nakagawa.....59
Kiyomitsu Terashima

New Technologies

- Water-Borne Silicone Coating for Door Weather-StripTakeshi Naito.....65

New Products

- Heat-Resistant Brake Hose with Low ExpansionKenichiro Furui.....67
Satoshi Mizutani
- Metal Hair Line Audio DoorTatsuo Ito69
Fumihito Noguchi
- Light Instrument Panel with PU Spray SkinShigehiro Ueno.....71
- Instrument to throw Detergent and Rinse
automatically into DishwasherKunikazu Hirozawa.....73
- Slide Open Cellular PhoneMasaki Inoue.....75
Masatoshi Shimada

- List of Published Papers.....77

≡ ≡ ≡ 総 説 ≡ ≡ ≡

自動車・部品のリサイクル・環境負荷物質動向と豊田合成の対応（その4）

TOYODA GOSEI's Activities for Technical Trend of Automotive Recycling & Substances of Concern (No.4)

杉本正俊*

1. はじめに

21世紀に入り、資源循環型の新しい生産・管理システムの確立が必要であり、このためには開発段階から

- ① クリーン生産プロセス技術開発
- ② リサイクルし易い製品設計
- ③ 再資源化のためのリサイクル技術開発・工程設計

が重要であり、これまで取り組んできたのはこの領域が主体であった。

近年、樹脂部品等の増加に伴うシュレッダーダスト増大と埋め立て処分場不足に加え、シュレッダーダスト中の環境負荷物質（SOC）問題がクローズアップされてきており、それらの処置の必要性から欧州では「使用済み自動車（ELV）に関する指令」（通称；欧州ELV指令）、国内では「使用済み自動車の再資源化に関する法律」（通称；自動車リサイクル法）、等の法規が制定・施行され、その対応が急務である。

今回はこの④ELVリサイクル、⑤SOC削減を主体に内外の動向と豊田合成の最近の取り組み概要について報告する。

[SOC ; Substances of Concern]

[ELV ; End of Life Vehicle]

2. 内外の動向とカーメーカの対応方針

2-1. 欧州ELV指令

2000年10月制定された「欧州ELV指令」の基本構成としては、

- ① ELVのリサイクル率（可能率・実効率）と

廃車の無償引取に関する規制

- ② 環境負荷物質に関する規制

の2本立てである。①の詳細は前報に記載したため省略し、SOCのその後について記す。

内容的には

（1）'03年7月からの継続生産車を含む欧州販売車両（9人乗り以下の乗用車及び3.5 t以下の商用車が対象）は原則として鉛、水銀、カドミウム、6価クロムの使用を禁止

（2）但し、適用除外21品目を規定（Annex II : 2002年6月制定）。

その概要について表-1に示す。

上記規制に対応するため、国内カーメーカの多くは'03年7月対応品目については国内品、補給品、用品を含め'02年12月までの切替指示を出された。

表-1 欧州ELV指令 Annex II 概要

規制日	対象部品	対象物質	TG関係分
04/7	プレーキライニング中の銅(Pb ≥ 0.5wt%)	鉛	—
	電球(ガラス)		—
'05/1	プラグ軸薬	鉛	—
	モーターカーボンブラシ		—
	機械加工用のアルミニウム(1 < Pb ≤ 2wt%)		—
'05/7	フルード、パワトレ部品のエラストマー	鉛	○切替済
	保護塗料(カチオン電着塗料)		○切替済
	ホイールバランスウェイト		—
'06/7	厚膜ペースト	カドミウム	—
'07/7	起爆剤(エアバッグ・シートベルト)	鉛	○切替済
	防錆表面処理(めっき)	6価クロム	●
'08/7	機械加工用のアルミニウム(Pb ≤ 1wt%)	鉛	—
未定	半田(電子基盤、端子めっき等)	鉛	●
	放電管(HIDヘッドライト、メタバックライト、室内灯)	水銀	—

2-2. 自動車リサイクル法（日本）

2002年7月、日本においても「自動車リサイクル法」が制定され、2005年1月からの施行である。

* Masatoshi Sugimoto 材料技術部

スタート時点での対象としては、

- ① フロン（代替フロン）
- ② エアバッグ（インフレーター）の適正処理
- ③ シュレッダーダスト（ASR）のカーメーカ引取り義務

が出発点である。このリサイクル法のフロー概要について図-1に示す。

リサイクル実効率95%（2015年）を目指すためには、ASRリサイクルがカギとなるが、様々な成分から成るASRについて、リサイクル技術は必ずしも確立されていない点やASRリサイクルはサーマルリサイクルが中心である点に留意し、さらなる取り外し部品のマテリアルリサイクルの技術確立を続行していく必要があり、各カーメーカを中心に検討が進められている。

2-3. 自工会環境負荷物質自主削減目標

（社）日本自動車工業会は2002年12月、上記「自動車リサイクル法」の検討過程において、製品のSOC削減に自主的に取り組むことを表明し、公表した。対象となるSOCは前記、「欧州ELV指令」と同じ、鉛、水銀、カドミウム、6価クロムの

4物質である。その概要を表-2に示す。本規制は規制日以降の新型車に対し適用される。

表-2 自工会における新型車のSOC削減目標

削減物質	四輪車(自動車リサイクル法対象車両)の目標
鉛	<ul style="list-style-type: none"> ・2006年1月以降:1/10以下[185g/台以下](96年比) ・但し大型商用車(バスを含む)は1/4以下 ・バッテリーは除く
水銀	<ul style="list-style-type: none"> ・自動車リサイクル法施行時点以降:以下を除き使用禁止<交通安全上必須な部品の極微量使用を除外とする> ①ナビゲーション等の液晶ディスプレイ ②コンビネーションメーター ③ディスプレイヘッドランプ ④室内蛍光灯
6価クロム	<ul style="list-style-type: none"> ・2008年1月以降:使用禁止 (ホルト等の安全部品で長期使用の防錆処理に含有)
カドミウム	<ul style="list-style-type: none"> ・2007年1月以降:使用禁止 (電気、電子部品(ICチップ等)で極微量に含有)

3. ELV部品リサイクル技術実証検討

3-1. 対象部品

当社は前記「欧州ELV指令」、「自動車リサイクル法（日本）」等を考慮に入れ、カーメーカと連携を取りながらELVリサイクル技術実証と適用先の目途付け検討を実施した。

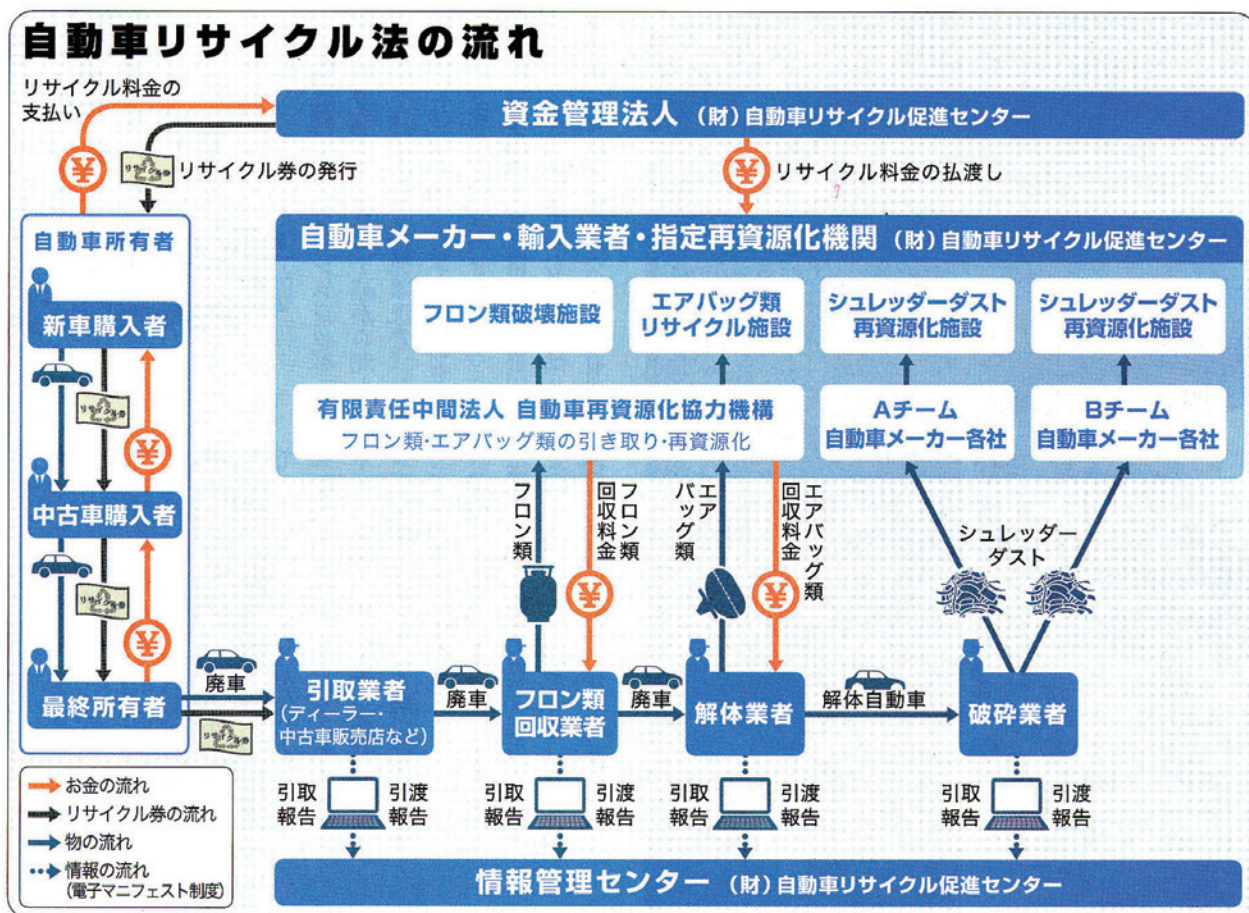


図-1 自動車リサイクル法の流れ¹⁾

対象部品としては、解体性（取り外し性・分解性）と製品重量・弊社シェア等から樹脂部品として

- ① インストルメントパネル
- ② ホイールキャップ
- ③ オープニングトリム

ゴム部品として

- ④ ドアガラスラン
- ⑤ ドアウェザーストリップ
- ⑥ オープニングトリムウェザーストリップ
- ⑦ ラグゲージウェザーストリップ

の7品目を取り上げた。

3-2. 技術実証検討結果

その結果、表-3に示したリサイクル技術にて得られた再生材の物性としては⑦ラグゲージウェザーストリップを除き、いずれも新材同等物性をほぼ確保することが出来た。

リサイクル処理コストについて、量の確保から全国エリア回収による解体、物流、再生の各処理コストを算出した結果、再生処理コストの限界把握検討を継続する価値のある品目として②ホイールキャップと④ドアガラスラン、⑤ドアウェザー

ストリップの3品目が選定できた。

②ホイールキャップと④ドアガラスランのリサイクル処理技術の詳細について図-2及び図-3に示す。

表-3 E L Vリサイクル技術実証検討結果

対象製品		リサイクル技術実証結果	
		物性	適用リサイクル処理技術
インパネ	ソフトタイプ	○	・フェルト・フォーム層分離 ;ピソミル+エアサイクロン
	ハードタイプ	○	・フェルト分離;ピソミル+エアサイクロン ・塗料分解;アミン分解2軸押し出し
ホイールキャップ		○	・塗膜分離;ピソミル+ハイトロサイクロン
オープニングトリム		○	・金属インサート分離 ;磁選分離+押し出し機スレーナー
W/S	ドアガラスラン	○	・連続脱硫EPDMゴム再生
	ドアW/S	○	・連続脱硫EPDMゴム再生
	オープニングトリムW/S	○	・金属インサート分離;磁選分離 ・ソリッド/スポンジ分離;エアサイクロン ・連続脱硫EPDMゴム再生
	ラグゲージW/S	×	・フェルト・フォーム層分離 ;ピソミル+エアサイクロン

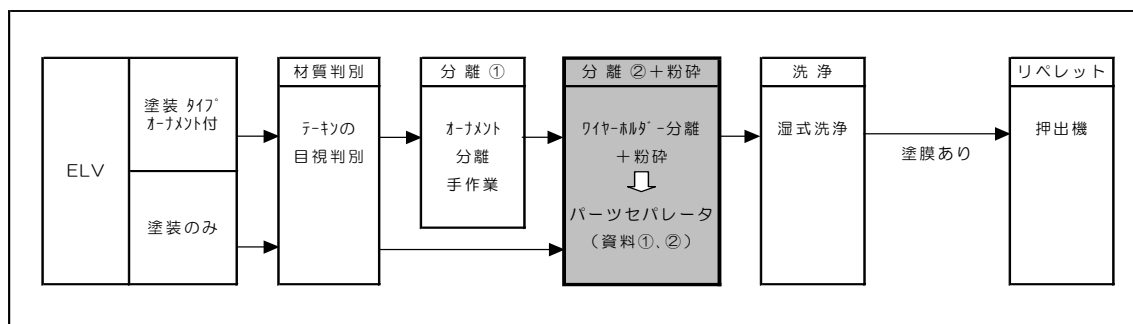


図-2 E L Vホイールキャップの検討リサイクル処理工程概要

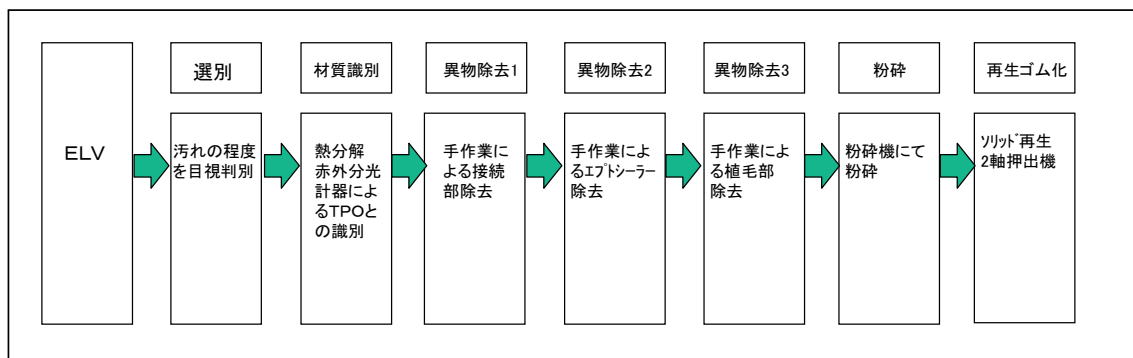


図-3 E L Vガラスランの検討リサイクル処理工程概要

3-3. 今後の進め方

2005年1月から施行される自動車リサイクル法では、前述のようにフロン、エアバッグ（インフレーター）、シュレッターダストの3品目でスタートされるが、2015年のリサイクル実効率95%達成のためにも、又、資源枯渇の観点からも、さらなるELV取り外しマテリアルリサイクルの展開が今後、望まれるような時代に入って行くものと考えられる。

その代表として、各カーメーカーではガラス、ワイヤーハーネス、バンパー等が検討されているようであるが、豊田合成としては上記②ホイールキャップ、④ドアガラスラン、⑤ドアウェザーストリップを、その候補としているが、さらなる再生処理コスト低減検討と易リサイクル設計の向上に努めなければならない。

ELVリサイクルの適用先の目途付けとしては、現時点では、②ホイールキャップ：同コア材、高炉還元剤、④ドアガラスラン：プラグホール、グロメット、弾性舗装、⑤ドアウェザーストリップ：サンルーフドレインホース、ゴムマット等が考えられるが、結論は得られていない。

今回は検討対象品目に入れなかったが2005年1月から実施されるエアバッグインフレータの適正処理のため展開（インフレータの爆発処理）時に得られるバッグ本体（66ナイロン；ゴムノンコート品・コート品の袋）のELVリサイクルについても活用していくことが考えられる。

現時点では該当品の回収量は少ないが、近い将来、多量に発生する時期に間に合うように技術実証していく計画である。

4. 環境負荷物質の削減検討

4-1. 欧州ELV指令対応

欧州ELV指令では2003年7月以降の新造車（継続生産車を含む）での鉛、水銀、カドミウム、6価クロムの使用が原則的に禁止され、この欧州ELV指令のAnnex IIに伴う使用目的ごとの禁止時期に合わせ豊田合成も各々の全廃活動に積極的に取り組んでいる。

この具体的な内容について2003年7月規制対応と2004年7月以降の規制対応とに区分し報告する。

4-1-1. 2003年7月規制対応

豊田合成の該当対象としては

- ① ゴム加硫接着剤（鉛化合物）
- ② PVC安定剤・滑剤（鉛化合物）

③ フッ素ゴム受酸剤（鉛化合物）

④ PA顔料（鉛化合物）

が該当した。

代替方策及び各々の該当部品について表-4に示す。いずれも2002年12月までに、国内では社内外の全工程・全製品について切替を完了した。

又、海外拠点生産品については欧州生産品及び欧州輸出車用部品に該当する物については処置を完了した。

表-4 2003年7月規制対応概要

対象項目・代替手段	TG該当部品
①ゴム加硫接着剤 (2塩基性亜リン酸鉛他) →(亜鉛化合物)	・防振ゴム類 ・ダストカバー ・ピンブーツ ・ワッシャーシール ・クレビスクッション ・分岐一体ホース ・W/Sアウター、インナー ・ミラーブラケット、デルタサッシュ 他
②PVC安定剤・滑材 (ステアリン酸鉛、亜硫酸鉛他) →(亜鉛・錫系化合物)	・サイドモールコア ・ドアアモール ・各種トリム、モール類 ・W/Sアウター ・フォークリフトホーンボタン ・リザーバホース 他
③フッ素ゴム受酸剤 (酸化鉛) →(非鉛系受酸剤)	・フェニルカットオフバルブ 用フッ素ゴムOリング <購入部品>
④PA顔料 (黄鉛) →(チタンイエロー/チタンホワイト)	・フロント、センターピラー用 6ナイロンのファスナーフック <購入部品>

4-1-2. 2004年7月以降規制対応

豊田合成の対象としては

- ① カチオン電着塗料（鉛化合物）
- ② 起爆剤（雷管の鉛）
- ③ 亜鉛めっき（6価クロム）
- ④ 合金めっき（6価クロム）
- ⑤ めっき鋼板（6価クロム）
- ⑥ ダクロ処理（6価クロム）

が該当する。

この内①カチオン電着塗料については2004年6月迄に社外全工程の切替を完了した。②起爆剤については海外拠点の一部で該当品が有ったが2002年度中に切替処置を実施した。

又、③亜鉛めっき（6価クロム）については欧州ELV指令全廃時期は2007年7月ではあるが、ブレーキホースの口金及びボルト・ナットの一部を特定カーメーカー向けについて、3価クロムめっき品に先行切替を完了した。

現在、残された6価クロム全般の切替を2005年末を目標に推進中である。

代替方策及び各々の該当部品について表-5に示す。

表-5 2004年7月以降の規制対応概要

対象項目・代替方策	TG該当部品
①カチオン電着塗料 ・防錆剤+硬化触媒 (鉛系)→(亜鉛系)	1) 内外装部品 ・インパネモジュール(ブラケット) ・バンパーエクステンション(ブラケット) ・マットガード(インサート) ・ガーニッシュ(リテーナ)他 2) 機能部品 ・防振ゴム類(ブラケット) ・フューエル系バルブ(プレート) ・エアクリナ(パイプ、コネクタ) ・ステアリングコラムホルム(カバー)他 3) ホーターシール部品 ・シールリヤガイド(リテーナ) ・W/Sオープニング(リテーナ) ・スライディングルフ(ホルダー)他 4) セーフティシステム部品 ・助手席エアバッグ(ケース)他
②起爆剤 (雷管の鉛)	・エアバッグインフレーター起爆剤
③亜鉛めっき (6価クロム→3価クロム 他)	・ブラケット ・パイプ ・ホルト、ナット ・口金 他 多数
④合金めっき (同上)	・ブレーキホース 口金 ・エンジンマウント 金具他
⑤めっき鋼板(SECC) (SECC鋼板→SGCC鋼板他)	・ステアリングホイールA/S プレート ・エアバッグケース ・ウエザーストリップインサート他
⑥ダクロ処理 (ダクロ処理→低濃度ダクロ他)	・ホイールカバーワイヤーホルダー ・ホース クリップ ・ラジエタグリル ホルト他

4-2. 自主規制対応

豊田合成では欧州ELV指令など法規制対応以外の環境負荷物質削減に対しても独自の方針・目標を立て、確実に削減を進めている。

その主な対象物質としては①PVC、②トルエン・キシレン、③フタル酸エステル(可塑剤DOP, DBP等)が挙げられる。尚、PVCそのものは有害ではないが、サーマルリサイクル時のダイオキシン発生にも関与し、ELV指令の審議段階で取上げられたこともあり対象とした。

以下、その概要について列記する。

4-2-1. PVC

1999年時点でのPVC適用製品20品目に対し、それぞれのポストPVC材料について、コストも考慮

した代替材対応計画を立案・推進してきた。

対象20品目の代替材を設定、2003年以降の新型車に対しポストPVC材への切替を開始した。

その結果、1999年度の使用量100に対し2003年度では相対比47と半減以下になった。今後、この減少はさらに進んでいくものと考えられる。

代表的な品目としてはインパネ、コンソール、オープニングトリム、各種モール類、ウエザーストリップ類、サンルーフドレインホース等が挙げられる。

4-2-2. トルエン・キシレン

PRTR法、VOC規制対応を視野に入れ、豊田合成にて使用量の多いトルエン・キシレンの削減検討について2000年度より開始した。

削減目標として2002年度：40%削減、2005年度：60%削減を掲げ、塗料、表面処理剤、接着剤、ゴムコーティング材などについて①洗浄用、②希釈用、③主剤・硬化剤用の順位で切替を実施してきた。主な対象品としては内外装製品、ウエザーストリップ類、エアバッグ(袋)、ハンドル等多岐に渡っている。

その結果、2002年度：41%削減、2003年度：47%削減の実績となった。

現在、2005年度目標を達成すべく水系・無溶剤の塗料、表面処理剤等の材料代替化に取り組んでいる。

今後は日本版VOC規制(2006年4月施行予定)に対応し、トルエン・キシレン以外の溶剤低減及び排出量低減も視野に入れた取り組みが必要となる。

4-2-3. フタル酸エステル

2003年11月に施行された欧州新規制(76/769/EEC)に端を発したフタル酸エステル騒動(可塑剤DOP・DBPの2004年12月全廃)は、結論として直接、消費者が接触する可能性がある化粧品、塗料などに限定され、自動車部品については対象外となったが、以前から環境ホルモン物質(内分泌攪乱物質)として取り上げられ、削減対象として取り組んできた物質であり、豊田合成としても自主規制対応物質として取り組んできた。

PRTR法の基準年である1998年の社内使用量を100としたときの2003年度の社内使用量としては29と70%以上が削減できた。

これは前記PVC削減と代替可塑剤へ切替えた

PVC材料の適用に伴う効果である。

豊田合成の切替シナリオとして①現時点で材質変更など様変わりが予定されている品目についての新型車対応の材質変更と②将来とも材質変更など様変わりが予定されていない品目については他目的で配合変更の必要性が生じた時の可塑剤切替えの2方針で推進している。

5. 自動車部品のリサイクル対応技術

5-1. 基本的な考え方

自動車部品のリサイクルは「環境配慮型製品開発」そのものとの捉え方をしており、これを念頭に「既販車対応」と「新型車対応」に区分し展開してきた。

欧州ELV指令では2008年1月からの新車はリサイクル可能率95%以上が認証要件になる見込みであること(2005年1月から延期)、及び2015年からリサイクル実効率95%以上が必須となることから、豊田合成としては、上記「新型車対応」の活動をメインとして捉えてきた。

「既販車対応」については3項のELV部品リサイクル技術実証検討の項で記したため、本項では「新型車対応」の自動車部品のリサイクル技術について述べる。

新型車対応の自動車部品のリサイクル技術の項目としては、

- ① リサイクル設計・製品開発
- ② 新規リサイクル技術開発
- ③ リサイクル材の車両搭載
- ④ 環境負荷物質の削減

が挙げられる。この内④を除く、①②③各項目の豊田合成の最近の事例について以下、列記する。

5-2. リサイクルし易い製品設計 事例

5-2-1. 易解体性向上アシストグリップ

アシストグリップは走行の際、搭乗者の車内安全をサポートしており、ポストPVCからTPO化を進めてきた。

今回は、その組み付け作業性と解体性向上をボルト締めからクリップ締結に変更することで工具不要のワンタッチ組み付けを実現させた。

これは将来のELVリサイクルを視野に入れ、易リサイクル設計を狙ったものである。また同時に部品全体で約14%の軽量化を実現した。開発品の構造を図-4、性能・効果を表-6に示す。

5-2-2. エアクリナーホース

エンジンとエアクリナーを連結し、エンジンに空気を送り込むエアクリナーホースには、従来、塩素系ゴム（CR；クロロプレンゴム）が使用されてきた。

エンジン周辺部品ということから耐熱性、耐オゾン性、耐久性が求められるが、この要求品質を満足するTPO材料を開発、製品化した。

その結果、脱ハロゲン化に加え、軽量化、リサイクル性向上にも寄与することができた。

開発品の外観と装着部位を図-5、製品性能を表-7に示す。

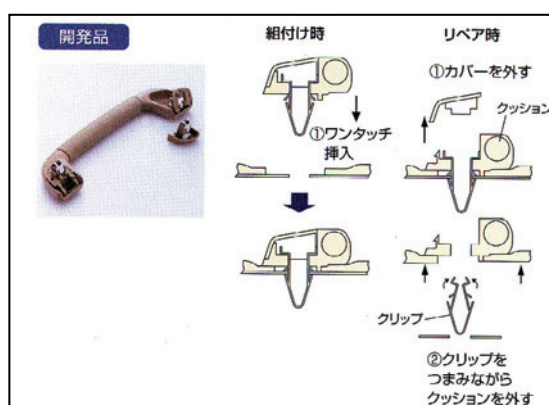


図-4 アシストグリップ開発品の構造

表-6 アシストグリップ開発品の性能・効果

項目	現行品	開発品
車両組付・取りはずし作業	ボルト締め (工具要)	ワンタッチ (工具不要)
質量(指数)	100	86
組付け時間(指数)	100	30

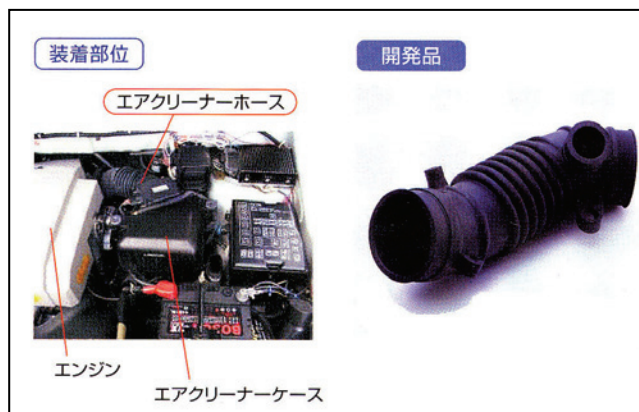


図-5 エアクリナーホース外観・装着部位

表－7 エアクリーナホースの製品性能

項目	現行品	開発品
耐熱性	○	◎
耐油性	○	○
耐負圧性	○	○
耐屈曲性	○	◎
質量(指数)	100	65

5-3. 新規リサイクル技術開発 事例

5-3-1. I7ハッグ 基布端材活用植毛パイル開発

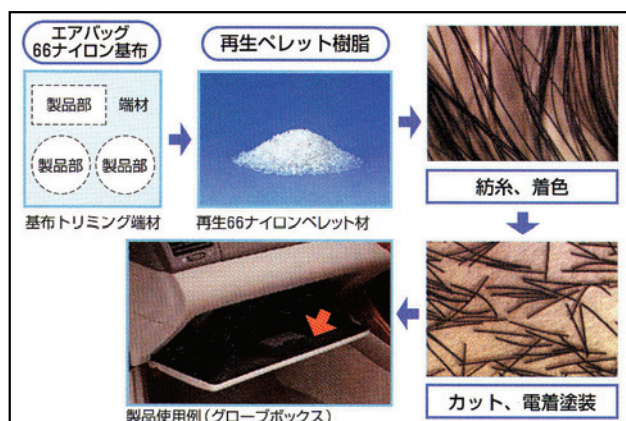
豊田合成は、従来から66ナイロン製エアバッグ基布端材の再生・改質に取り組み、バキュームサージタンクの量産化、さらには後述するエンジンカバー等の付加価値の高い製品へと適用を拡大してきた。

今回、高付加価値を保ちつつ、さらに適用範囲を広げる新規リサイクル技術を開発。従来のリサイクル技術に加え、植毛パイルに要求される小径紡糸加工技術、カッティング技術、さらに電着表面処理によって耐磨耗性、耐傷付き性の向上を狙ったのが特徴である。

得られたリサイクル植毛パイルの性能はバージンパイル同等以上を確保できた。

用途は、コンソールボックス、コインボックス、グローブボックス等である。

リサイクル植毛パイルの製造プロセスについて図－6、製品性能結果について表－8に示す。



図－6 リサイクル植毛パイルの製造プロセス

表－8 リサイクル植毛パイルの製品・材料性能結果

項目	現行品	開発品
製品性能	耐傷付き性	○
	耐光性	○
	外観品質	◎
材料性能	強度	◎
	伸度	◎
	収縮	◎

5-3-2. フッ素ゴム加硫端材のリサイクル技術

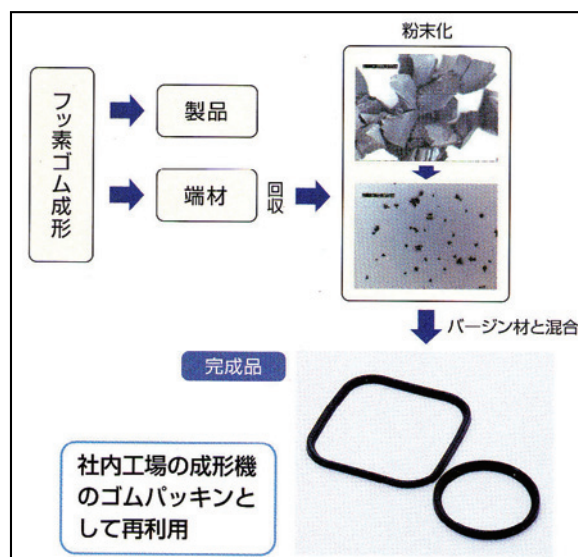
フューエルキャップやバルブ等のシール材として使用されているフッ素ゴム (FKM) 製品もその製造工程では、加硫端材が発生する。

従来、これらは主にサーマルリサイクルとして燃料用に使用されてきたが、フッ素ゴムは高価であるが故にマテリアルリサイクルが望まれていた。

今回、豊田合成は、これらFKM加硫端材を粉末化し、新材に混合しシール材として再利用する新規リサイクル技術を開発。

現在、シール材は、当社工場の成形機用パッキンとして再利用されている。

図－7にその概略工程を示す。



図－7 フッ素ゴム加硫端材のリサイクルフロー

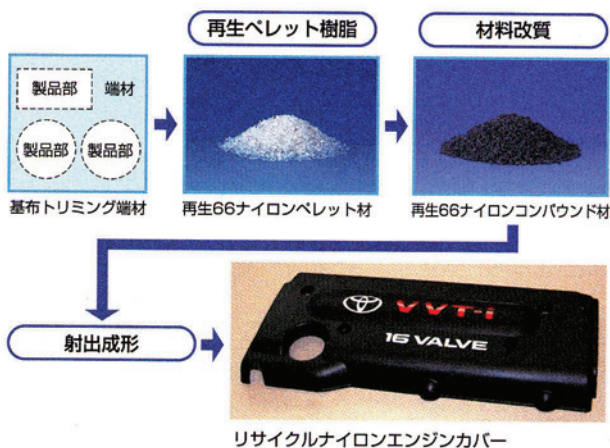
5-4. リサイクル材の車両搭載 事例

5-4-1 エアバッグ基布端材適用エンジンカバー

前記5-3-1でも記したように、66ナイロン製エアバッグ端材のリサイクルについては積極的に取り組んできたが、発生量の全てをリサイクルするには、さらなる新規適用先が必要であった。

この一環として、エンジンカバーに要求される

強度，耐久性，成形加工性や外観などを満足させるため66ナイロンコンパウンドの材料改質を実施，リサイクルエンジンカバーの性能は，従来の6ナイロン新材のエンジンカバーと同等以上を確保できた．図－8にその製造プロセス，表－9に製品性能を示す．



図－8 A/B基布端材適用エンジンカバー製造プロセス

表－9 エンジンカバー製品性能

項目	現行品(PA6)	開発品(再生PA66)
耐熱性	120℃	120℃
振動耐久性	○	○
耐薬品性	○	○
質量	100	96

5-4-2. リサイクルTPO適用アンダーカバー

アンダーカバーはタイヤのホイールハウスの後部にあり，フューエルパイプを外部からの砂，石等から保護する役目と砂利道走行時など，砂はね音を吸収・低減する機能を担っている．

従来，この素材としては高密度ポリエチレンが適用されていたが，今回，豊田合成はリサイクルTPO材の適用を実現させた．

また制振材料を配合することで砂はね音を1dB低音衝撃性を向上でき，各種RV車に採用されている．図－9に装着部位，表－10に製品性能を示す．



図－9 リサイクルTPOアンダーカバー装着部位

表－10 リサイクルTPOアンダーカバー製品性能

項目	現行品	開発品
耐熱性	○	○
冷熱繰返し性	○	○
低温衝撃性	○	◎
砂はね音性能	○	◎
重量	100	70

6. おわりに

以上，自動車・部品のリサイクル・環境負荷物質の動向と豊田合成の最近の対応状況について記した．最後にまとめと今後の進め方に関し，所感を記載する．

1) 自動車・部品のリサイクル動向と豊田合成の対応」として豊田合成技報の総説として，初めて記載したのは1955年であった．その後，同一タイトルで（その2）を1998年，（その3）を2001年と3年毎に報告してきた．

今回は，同じく前報から3年経過したのを機会に（その4）をELVリサイクル，環境負荷物質を中心に記載した．

2) 自動車メーカーではポストガソリン時代に備え，ハイブリッド車，燃料電池車の研究・開発，実用化検討を急速に進めているのは周知の事である．

一方，ポストナフサ時代に備えた取り組みは，前者の活動と比較すると充分とは言えない．

これからは豊田合成を含め，資源枯渇に備えた対応強化が望まれる．

その一つが天然資源の活用で自然循環型素材としての植物由来バイオプラスチック，天然繊維（ケナフ，パルプ等），天然ゴム改質等の研究・開発，実用化である．

もう一つがリサイクル材の活用で工程内は勿

論、ELV部品取り外し・マテリアルリサイクルが必要である。2003年7月に公表された「トヨタリサイクルビジョン」では、その1項目として再生可能資源・リサイクル材の活用について「2015年、樹脂部品の20%使用技術確立（エコプラスチックとリサイクル材の合計）」と明記されている。²⁾

近い将来、ゴム・樹脂・ウレタンなど高分子材料高騰の時代が駆け足でやってくるものと思われる。折りしも2005年1月から我国でも、欧州に続き、「自動車リサイクル法」がスタートするのを契機に上記のことに対し再考の機会としたい。

3) 環境負荷物質対応については、2003年7月に欧州ELV指令が施行され、遵法対応としての取り組みが急速に展開され、各項目毎に見落としの無い取り組みを実施してきた。

またAnnex IIに基づく2004年7月以降の規制対応についても継続中である。これからは新型車の受注予定部品対し、エビデンス（成分報告書又は自社分析実証など）のさらなる強化と、それに基づくIMDS入力に対応していく必要がある。

現時点では、自動車に対し鉛、水銀、カドミウム、6価クロムの重金属4物質の規制があるのは、EUと日本だけであるが、今後グローバルに展開されるのは必至である³⁾。

環境負荷物質として規制される化学物質は、今後も増え続けるものと考えられるが、真に処置が必要な対象物質の解明・抽出と全産業に共通な指針の制定が望まれる。

[IMDS ; International Material Data System]

参考文献

- 1) (社) 日本自動車連盟 : 「JAF Mate」 P.39 (2004年11月)
- 2) トヨタ自動車(株) : 「Environmental & Social Report 2004」 P36(2004年7月)
- 3) 牧野 浩, 鬼頭 修 : 「Toyota Technical Review」 Vol.53, P.62 (Aug.2004)

≡≡≡ 総 説 ≡≡≡

CAEの動向

The Trend of CAE

小川 佳大*

1. はじめに

製品開発期間の短縮，コストの削減，品質の向上 — これらは，自動車や自動車部品製造業のみならず製造業全般にとって永遠の課題になっている．製造業のIT化も基本的にこれらの課題を克服するために実施されてきた．とりわけCAEは，コンピュータのハードとソフトの飛躍的な発展に助けられ，製造業にも広く受け入れられているが，本来のCAEの望まれる形には未だに到達していない．

本来のCAEに望まれる形は，「設計者自らが解析ツールを使いこなし，それによって設計の向上を即座に図れる」ことである．これはCAEという言葉の生みの親であり1980年米国のコンサルティング会社SDRC社創設者の一人であるJason Lemonにより提唱されている．しかし現実には，解析モデルの幾何学的な煩雑さと解析そのものの高度化，特に解析ソフトが取り扱える力学問題の範囲が，線形問題から，大変形や接触・摩擦条件などを含む非線形問題へと，また時間的な問題を力学問題に考慮できるようになったことにより，CAE専門の解析技術者に解析業務が委託されている場合が多い．¹⁾

2. CAE活用のフロントローディングの重要性

CAEを誰が実施すべきかを判断する時，CAEの特徴を考える必要がある．CAEは図面から性能を予測できる非常に有効な手法であることは言うまでも無い．後述するように計算機的能力向上に支えられ，CAE用ソフトウェアの進化と解析技術者

による活用技術の取り組みによりCAEの高精度化が図られてきた．しかし人知の及ぶ範囲で解明された物理現象をシミュレーションする手法であることと，主に有限要素法という近似法を利用することから100%の精度を得ることができないことを理解しなければならない．さらにCAEの精度を100%に近づければ近づけるほど，人件費を含めたコストと解析期間は膨大になるため，精度とコストのバランスに対する割り切りが必要になる．

よって開発期間の短縮，コストの削減，品質の向上を目指して開発設計・生産準備プロセスの改革を進める中，100%の精度に満たないCAEをロバスタな設計で補うことができ，かつ設計の自由度が大きい設計初期構想段階へCAEの活用時期をフロントローディングすることこそCAEの能力を最大限発揮できる．それを実現できるのは設計者である．

現在，開発設計・生産準備プロセスの改革を進める中で，CAEのプロセス改革も求められ，その1つの回答が設計者によるCAEであることが，本来望まれる形と一致することは興味深い．

3. 設計者用CAE

近年ようやくCAE用のソフトウェアは2極分化してきたように思われる．1つは従来の延長線上にある解析モデルの幾何学的な煩雑さと解析そのものの高度化，つまり自動車や自動車部品製造業においての，複数部品からなるモジュールやモジュールを取り付けた車両を視野に入れた計算モデルの煩雑化や衝撃解析等に代表される解析そのものの高度化である．もう1つは設計者用CAEソフ

* Yoshihiro Ogawa 技術企画部 技術電算室

トウェアの登場である。

設計者用CAEソフトウェアが市場に出るためには、さまざまな課題が存在した。主なものは「拘束条件、荷重条件等の条件設定」と「メッシュ生成と呼ばれる要素分割のためのヒューマンパワー」である。例えば1980年代後半から1990年代にかけて、自動車や航空機業界では、FEM解析そのものは数時間から1日程度で実行できるのに対して、メッシュの生成に数週間から数ヶ月も要してしまうという事例がしばしば報告され、設計者自身で解析する事を困難にしていた。メッシュを手作業で製作せざるを得ず、このような膨大な時間を要したのである。その解決のための原動力は3D-CADであった。「条件設定」はウィザードと呼ばれる手順表示ソフトに導かれながら、3D-CADによる立体形状を視覚的に認識しながら実施できるようになった。また「メッシュ生成のためのヒューマンパワー」は、3D-CADによる立体形状に対する自動メッシュ生成ソフトの性能向上により、大部分の工学的な形状に対して、ほぼ人手を要せずにメッシュを生成することが可能になった。

しかしながら、設計者自身が設計者用ソフトウェアを現段階活用するのに課題が無いわけではない。より精度の高い計算結果を得るため自動メッシュ生成手法の改良が必要である。計算結果に応じてメッシュを適応させていくアダプティブ解析については、まだ広く使用されるには至っていないものの、市販ソフトウェアに徐々に組み込まれるようになってきており、今後、確実に一般化していくものと予想される。さらに重要な課題はCAEソフトウェアへの3D-CADデータの受け渡しである。例えば、CADソフト上では連続した面に見えたものが、CADの内部データ構造では分割した面の連続になっているために、メッシュ生成をしたときに不必要な境界が生じたり、面の脱落や形状の変化といった不具合が生じる場合が少なくない。また設計や製造に使われるCADモデルには、面取りやフィレット、あるいはボルト穴など詳細な形状データが含まれているが、CAEではこのような詳細なCADデータは解析の障害となるケースが多く、あらかじめ取り除いておく必要がある。²⁾

これらの課題を抱えているが、線形静的構造解析、伝熱解析、モーダル解析、固有値座屈解析、疲労解析なども可能になった³⁾ 設計者用CAEに対

する期待は大きく、今後は単一の物理場だけでなく、複数の物理場を相互に関連付けて行う連成解析を目指して機能拡張が行なわれるとともに、PDMとのリンクが進むと考えられる。

4. 計算モデルの煩雑化と解析の高度化

一方、従来の延長線上にある解析モデルの幾何学的な煩雑さと解析そのものの高度化といったCAE専門の解析技術者が活躍する分野も発展してきた。この分野は、膨大な計算量を高速に処理する必要がありスーパーコンピュータと呼ばれる計算機が一般に用いられる。よって動向は、スーパーコンピュータの性能を競う世界標準ベンチマークテストであるLinpackベンチマークテスト（線形連立代数方程式の解）を公表しているホームページの統計資料で判断できる。⁴⁾ 自動車関連におけるスーパーコンピュータにおいては、衝撃解析（Crash）が47.4%、熱流体解析（CFD）が29.1%、この2領域で76.5%を占める。（図-1）

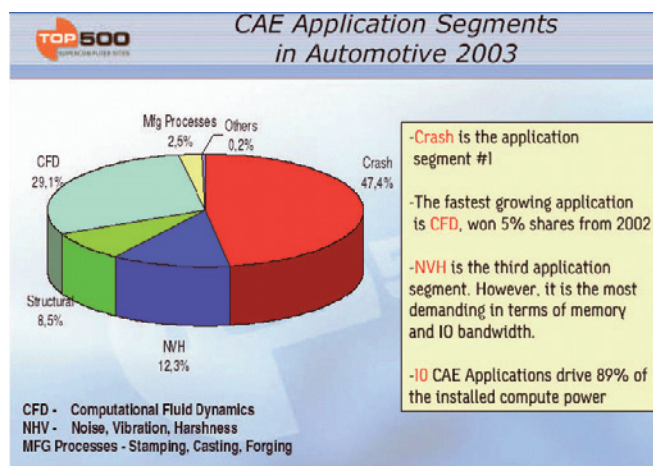


図-1 自動車関連のスーパーコンピュータ活用領域

これらは、安全性向上や低燃費を目指した重要な領域であることは言うまでも無く、高精度化への取り組みも積極的である。そのため連成解析への拡張や構成式の高次化、モデルの再現性向上のためのメッシュの大規模化が進んでおり、さらなる計算機の性能向上が望まれている。

計算機の性能向上は指数関数的に上昇しており、3、4年で約10倍になっている。（図-2）

High-Performance Computing Capacity Growth in Automotive

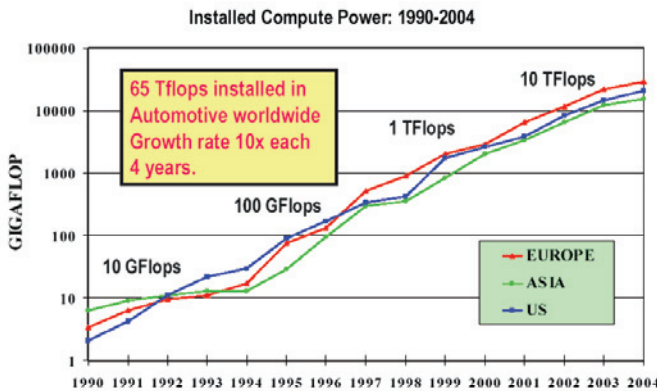


図-2 自動車関連のスーパーコンピュータ性能向上

このスピードは、ムーアの法則（米Intel社の設立者ゴードン・ムーアが1965年に提唱した、半導体技術の進歩に関する経験則）「半導体チップの集積度は、およそ18カ月で2倍になる」を計算速度に置き換えて比較しても遥かに上回っている。これは、現在のスーパーコンピュータの多くが複数のCPUを用いて計算を並列で処理する並列化により必要な計算性能を確保しており、従来に比べて高速化しやすい構成になっているためである。ここ数年においては、各社独自開発のCPUからIntel社のCPUへの変更（図-3）、各社独自開発の並列化方式からクラスタという汎用ネットワーク技術を利用した安価な並列化方式、各社独自開発OSから汎用OSであるLinuxへの変更（図-4）といった汎用化を進めており、低コスト化と高速化の両立を図っている。

ハードウェアとしてのコンピュータは、2010年にペタスケール（PFlopsの計算速度、ペタバイト級のシステムメモリ、毎秒数ペタバイトのメモリバンド幅）を目指して開発されており、1000CPU以上搭載した計算機も見受けられるようになったし、Linpackベンチマークテストで先日まで世界最高位に認定されていた日本の地球シミュレーションセンターにある「地球シミュレータ」という計算機は、5120ものCPUを搭載している。並列計算機は、アカデミックな分野では大きな成功を収めている。

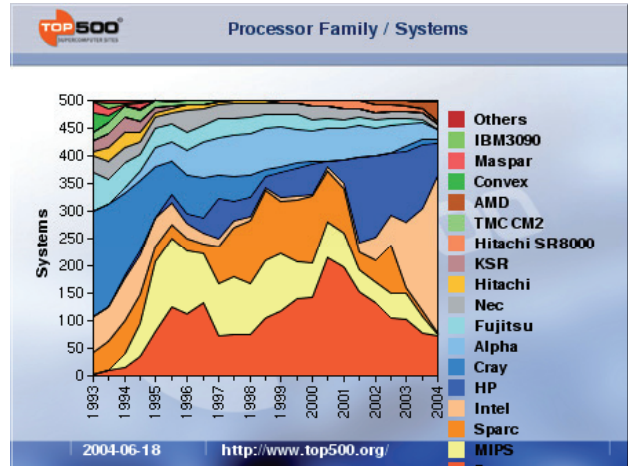


図-3 スーパーコンピュータのCPU動向

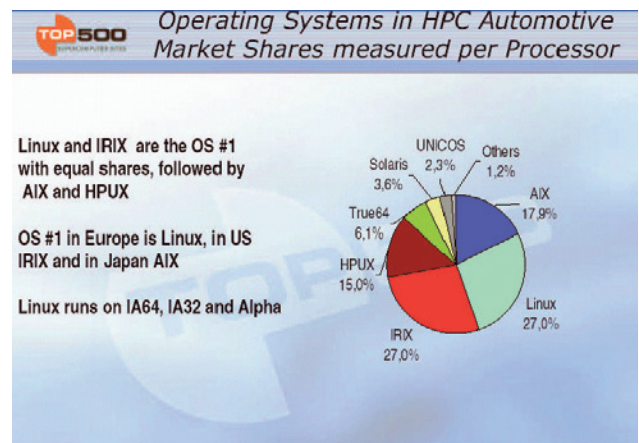


図-4 スーパーコンピュータのOS動向

これらの高性能なコンピュータをCAEの分野で有効に活用できているかというそうではなく、いくつかの課題を抱えている。1つの課題はCAEソフトウェアの並列化対応が不十分であることである。もともと並列化による高速化は、CPUの高密度化により発生しやすくなる漏れ電流のため、CPUを単体で計算性能を向上させにくくなったことにより適用されてきた。そして比較的容易に、また安価にハードウェアの性能を向上させる引き換えに、ソフトウェアの並列化対応という大きな課題が発生した。1980年代から1995年あたりまでは各ベンダは自社の優位を争うべく独自の並列化対応を進めたが、MPIフォーラムを代表とする規格の統一化機運が高まり、標準化も進んでいる。⁵⁾しかし現在、CAEにおいて並列化が効率的に作用するのは、個々のアプリケーションに

も依存するが、おおよその目安として構造解析においては8 CPU、衝撃解析において16 CPU、熱流体解析においては128 CPU程度までであり、⁶⁾ 例え1000 CPU以上搭載した計算機が利用できても、その性能を100%利用することができない。これは、CAEの分野の計算において、各CPUに計算の領域を分割することが困難であることと、データの相互参照が頻繁に生じることによる。

もう1つの課題は、並列化されたCPUの数に対して必要なソフトウェアのコストの上昇である。並列のCPU数に対しコストが比例して上がるわけではないにしろ、例えば8 CPU並列用ソフトウェアのコストは1 CPU用の2倍といったようにコストは少なからず増加する。市場の小さいCAEの分野におけるトータルコストに対するソフトウェアコストの占有率はもともと大きく、その占有率は並列化によりさらに拡大する。ハードウェアである計算機の高性能化と低コスト化が進んでいるのは喜ばしいことだが、ソフトウェアを含めたトータルコストを判断しないと手放しでは喜べない。

これらのように計算機の能力向上とCAE用ソフトウェアの進化は著しいものがあるが、CAEの高精度化は解析技術者による活用技術の取り組み無くしては達成できない。特に重要なことは、実際の製品における材料の成形条件や力学的挙動等を、計算機に入力する材料物性値にどれだけ正確に反映できるかということである。樹脂やゴムといった高分子材料において、この影響は顕著である。

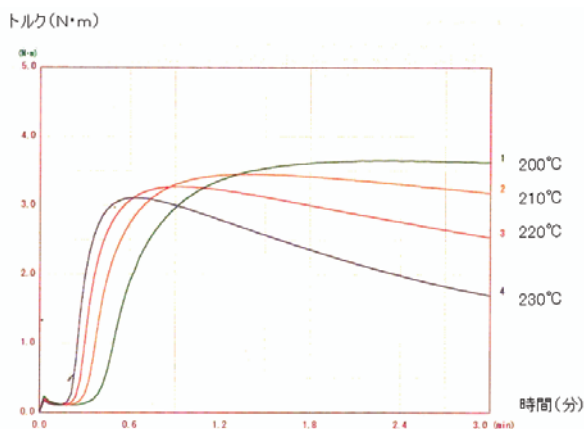


図-5 ゴム材料のキュラストカーブ

図-5にキュラストカーブと呼ばれるゴムの成形過程の粘度変化を示す。低温成形においては緩やかに立ち上がり一定値を保つが、高温成形においては立ち上がった粘度が低下傾向を示す。このような成形過程での変化を示した材料は、成形後の力学性能においても若干の違いを示す。これは、材料物性の特徴の一面を示したものである。その他さまざまな材料の特徴により、成形された製品において熱履歴、圧力履歴、流れ方向等による材料物性分布が生じることは容易に想像できる。さらに衝撃解析においては高速な材料変形により生じる粘弾性のため、変形速度に対する材料物性変化が顕著である。また、変形形状を合わせることも重要である。一般的な材料物性の測定機器、測定手法は引っ張り方向の測定が主体であるが、実際の製品の変形部位は圧縮されている場合が少なくない。図-6に引張り試験により圧縮物性を測定するテストピースの変形状態を示す。

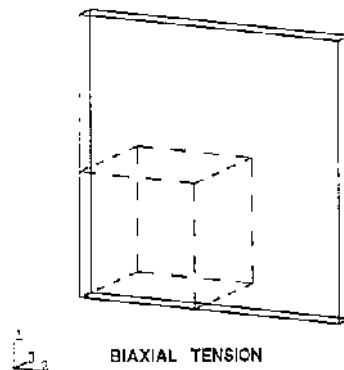


図-6 2軸引張り試験の変形状態

2軸方向に均等引っ張りの変形を与え、残り1軸方向の圧縮特性を測ろうという測定方法である。この方法は一般の測定方法に対し幅広いテストピースを使用するため、高剛性材料の測定は困難である。

このような理由から、計算機に入力する材料物性値に正確に反映するため、物性測定用のテストピース成形条件と材料物性測定条件を、実際の製品における材料の成形条件や力学的挙動に近づけることが、解析技術者の大きな課題である。

5. まとめ

CAEは従来の延長線上にある高度化に加え、本来のCAEが望まれる形「設計者自らが解析ツールを使いこなし、それによって設計の向上を即座に図れる」に変わりつつある。モジュール化に対応した計算モデルの煩雑化や複数の物理場を相互に関連付けて行う連成解析への対応は、設計者用CAEにおいてもCAEの高度化領域においても共通課題として機能拡張が進められている。

さらに設計者用CAEにおいては、自動メッシュ生成手法の改良が、CAEの高度化領域においてはトータルコストも含めた並列化対応が課題である。

しかしながら最も重要な課題は、開発設計・生産準備プロセスの改革を進める中で、CAEのプロセス改革を進めることである。つまり開発設計・生産準備のプロセス改革を進める中、どのプロセスで、誰が、どのようなデータを用いて、どのようなCAEを使い、必要とするアウトプットを、どれだけの期間内に得るかを定めることである。そこでキーになる技術は、開発設計・生産準備プロセスの改革の重要な位置を占める3D-CADであり、CAEソフトウェアへの3D-CADデータの受け渡しであると思う。

参考文献

- 1) 菊池昇：新しい価値を創生するためのCAEの可能性，豊田合成技報，Vol.41 No.1, 1999
- 2) 矢川元基，藤澤智光：日本機械学会論文集（A編），Vol.70 No.691, 2004
- 3) 茂木麻衣子：ANSYS, ANSYS Design Space, プレス技術，Vol.41 No.11, 2003
- 4) <http://www.top500.org/>
- 5) 秋葉博：並列処理とMPI入門，計算工学，Vol.8 No.4, 2003
- 6) 日本HP，CAE資料

報 告

Semantic Differential法によるステアリングホイールの握り心地構造解析

仁科 健*¹, 石井 成*², 永田 雅典*³

Structural Analysis of Steering Wheel Grip Comfort by Semantic Differential Method

Ken Nishina*¹, Naru Ishii*², Masanori Nagata*³

要 旨

感性品質は個人差によるばらつきが大きい。したがって、感性品質の評価構造を考えると、個人差解析によりいくつかの本質的な評価構造を抽出することは重要である。

本報では、ステアリングホイールの握り心地の向上への指針を見つけることを目的としSemantic Differential法による実験を行った。握り心地の評価に階層構造を仮定し、主成分分析を利用して個人差を解析し、グラフィカルモデリングを用いて異なる階層的评价構造を抽出した。結果として、二つの異なる構造を抽出した。抽出された異なる構造を比較することによって、ステアリングホイールの製品開発に対して指針を示すことができた。

Abstract

Kansei quality varies with individual. Therefore, when building structural model of Kansei quality, it is very important to identify some essential structures by analyzing individual differences.

In this paper, Semantic Differential method is conducted in order to improve steering wheel grip comfort. Assuming a hierarchy structural model of the steering wheel grip comfort, the individual differences are analyzed using principal component analysis and then some hierarchy structural models are built using graphical modeling. As a result, two remarkable different structures are built. Some guidelines for developing steering wheel production can be shown by comparing the different structures.

*1 名古屋工業大学おもひ領域教授 工学博士

*2 名古屋工業大学おもひ領域助手

*3 開発部

1. はじめに

感性を“刺激を印象に変換する人の能力”と定義する。感覚器官によって感受された刺激は人の感情によって、例えばソフト感や粗さ感などといった印象へと変換される。実験によってこれらを“非常にソフト”とか“少しソフト”という感性データとして得ることができる。感性をある種の能力と定義したとき、個人差を考えざるを得ない。個人差は感性データの解析に少なからず混乱を生じさせることにもなりかねない。

製品品質には、機能、性能、使用性、信頼性やデザインなど多くの要素がある。感性品質とは感性によって評価される品質要素として定義することができる。例えば、本論文の主題であるステアリングホイール（以下SWと記す）の握り心地は乗用車の重要な品質要素の一つである。

感性品質の向上を試みたいときには、その評価構造を解析する必要がある。例えば、握り心地にソフト感が効いていることが分かったならば、その解析結果は製品開発の指針として有用となるであろう。そのとき解析の目的は物理的な設計要素に対する改善情報を得ることである。物理量を受感して触り心地を感じるまでの過程に階層構造を仮定する。階層構造は一種の因果モデルである。それをグラフィカルモデル（例えば、宮川[1]、テクノメトリックス研究会[2]）によって記述する。

本研究では感性データを得るためにSemantic Differential法（以下SD法と記す）を用いた。前述したように、評価構造を解析するとき個人差を考慮する必要がある。実際、SD法によるデータは大きな個人差変動をもっている。ここでは主成分分析によって個人差分析を試みる。

個人差は識別能力と主観的な評価の違いから生じる。個人差分析において前者の場合、被験者のなかで外れパターンを示すものを抽出することがポイントとなり、後者の場合は被験者を層別することがポイントとなる。

本論文の目的は、SWの握り心地を向上させるために、その評価構造を把握することである。SD法実験を計画し、個人差を考慮した上で感性評価の階層構造をモデル化する。そしてSWの製品開発への指針を得る。

2. 階層構造モデルと個人差

次の3層をもつ階層構造を仮定する。第1層は

外部刺激を変換した感覚レベルである。第2層はいくつかの感覚から構成されるイメージレベルであり、第3層はイメージから構成される総合評価レベルである（図-1参照）。一般的に、より高いレベルほどより主観的であり、個人差による感性データのばらつきはより大きくなる。

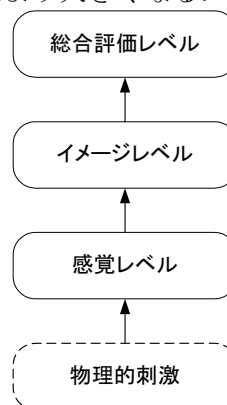


図-1 感性評価の階層構造

以後、SD法実験において感覚レベル、イメージレベルおよび総合評価レベルで選択された感性用語をそれぞれ感覚用語、イメージ用語、総合評価用語とよぶこととする。

SD法において個人差を統計的に計量するものはいくつか考えられる。例えば、ある感性用語での評価スコアの標準偏差、評価スコアのパターン、あるいは階層間の変換過程の計量に相当する感性用語間の共分散あるいは相関係数などである。

まず、各感覚用語の評価スコアのパターンを被験者ごとにチェックしてみるべきである。前述したように、感覚用語の評価スコアは比較的客観的である。もし、幾人かの被験者がある感覚用語に対して異質な評価スコアパターンを示したならば、彼らは物理的刺激に対してセンサー能力に欠けるとみなし、以後の解析から削除すべきである。

x_{ijk} を被験者 k が感性用語 j に対する試料 i への評価スコアとする。 x_{ijk} を被験者と試料に対して二重中心化したものを y_{ijk} とする。 y_{ijk} は次のような変換となる。

$$y_{ijk} = x_{ijk} - x_{\bullet jk} - x_{ij\bullet} + x_{\bullet j\bullet} \quad (i=1,2,\dots,I; j=1,2,\dots,J; k=1,2,\dots,K) \quad (2.1)$$

$$x_{\bullet jk} = \frac{\sum_{i=1}^I x_{ijk}}{I}, \quad x_{ij\bullet} = \frac{\sum_{k=1}^K x_{ijk}}{K},$$

$$x_{\cdot j} = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K x_{ijk}}{IK}$$

変換された評価スコア y_{ijk} は感性用語 j における試料 i と被験者 k の交互作用要素，すなわち，感性用語 j における被験者間の評価スコアパターンの違いを表現するものである． y_{ijk} に対して主成分分析を適用する．もし，外れ値となる被験者が抽出できたならば，その被験者を解析から除外する．結果として，被験者間の評価スコアのパターンは均一化される．

評価スコアのパターン解析に加えて感性用語 j と j' の共分散による個人差分析を行う（仁科他[3]参照）．被験者 k の感性用語 j と j' の共分散を以下のよう求める．

$$C_k(j, j') = \frac{\sum_{i=1}^I u_{ijk} u_{ij'k}}{I} \quad (2.2)$$

ここで，

$$u_{ijk} = \frac{x_{ijk} - \bar{x}_{\cdot jk}}{s_j}, \quad s_{jk} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^I (x_{ijk} - \bar{x}_{\cdot jk})^2}{I}}$$

$$s_j = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^K s_{jk}^2}{K}}$$

である．

次に，被験者ごとの層間の感性用語間の相関係数に注目すべきである．それは感覚レベルからイメージレベルへの変換過程，およびイメージレベルから総合評価レベルへの変換過程における個人差を表す．もし，被験者間で相関係数のばらつきが大きく，符号が異なる分布の広がりを示すのであれば被験者の層別が必要である．もちろん，それには層別の説明がつくものでなければならない．

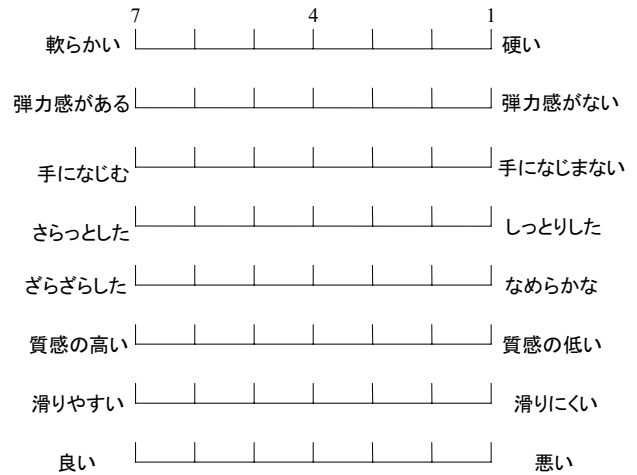
個人差分析を行った後，感性評価の階層構造をモデル化する．個人差を意識しないモデル構築を感性品質のばらつきの低減に結びつけることは難しい．

3. SD法実験

3-1 感性用語

SD法実験には事前情報から8対の感性用語を選択した．階層構造を仮定した上で，感覚レベル，イメージレベル，総合評価レベルのそれぞれで感

性用語を選択した．感覚レベルでは“軟らかい－硬い” “弾力感がある－弾力感がない” “さらっとした－しっとりした” “ざらざらした－なめらかな” “滑りやすい－滑りにくい” を，イメージレベルでは“手になじむ－手になじまない” “質感の高い－質感の低い” を，総合評価レベルでは握り心地の“良い－悪い” を選択した．図－2にSD法の調査シートを示す．SD法の評価スケールは7段階である．



図－2 SD法の評価シート

3-2 試料

実験で用いた試料は，すべて表皮材は本革とし，試料#Aから#Jの10種類である．SWのグリップ部は異なった形状および異なった材質をもち，表皮材である革はその質感が異なる．試料#Dと#Jはベンチマークであり，試料#Bは今回注目すべき製品である．その他のSWは国内外で市販されているものである．

3-3 被験者および実験概要

実験の被験者は運転歴が豊富な男性21名である．実験は恒温（23±2℃）恒湿（50±5%RH）の室内で行った．

まず，実験前に被験者はSWの試料に触れ，全ての試料の印象をつかむ．それから模擬運転席にすわり，調査票にプロフィールを記入する．被験者は図－3にあるようにSWを回しながら図－2のSD法シートに試料の評価スコアを記入する．

視覚情報をできるだけ排除させるために被験者の顔付近の照度を約5lxとし，SWのパッド部は除去しておく．10種類の試料を無作為な順序で提示した．実験に要した時間は被験者一人あたり30分以下であった．



図-3 実験環境

4. データ解析

4-1 データ解析の進め方

図-1に示したように感覚レベル、イメージレベルおよび総合評価レベルから成る感性評価の階層構造を仮定する。

データ解析は感覚レベルの解析から順に上の階層を対象に行っていく。感覚レベルにおける個人差分析はSWの材質と本革の質感を感覚に変換するセンサー能力に注目すべきである。主成分分析を利用し、センサー能力に欠ける被験者を抽出する。

次に感覚レベルからイメージレベルへの変換過程を、それからイメージレベルから総合評価レベルへの変換過程を解析する。これらの解析には、下層の感性用語と上層の感性用語との相関係数に着目する。ここでの個人差は主観的な意味をもち、したがって解析の視点は被験者の分類にある。

最後に、グラフィカルモデリングを用い、分類された被験者群ごとに階層構造をモデル化する。

4-2 感覚レベルにおける解析

まず、感覚レベルの感性用語である“軟らかい-硬い”“弾力感がある-弾力感がない”“さらっとした-しっとりした”“ざらざらした-なめらかな”“滑りやすい-滑りにくい”の各々に対する評価スコアの 패턴の違いに視点をあて個人差分析を行う。

ここでは“弾力感がある-弾力感がない”に関する解析過程を示す。(2.1)式によって変換された行列データ(k, j)に対して主成分分析を行う。図-4に第1主成分の因子負荷量と第2主成分の因子負荷量の散布図を示す。第2主成分までの累積寄与率は45.8%である。図-4の散布図は被験者#4と#15が外れ値であることを示している。

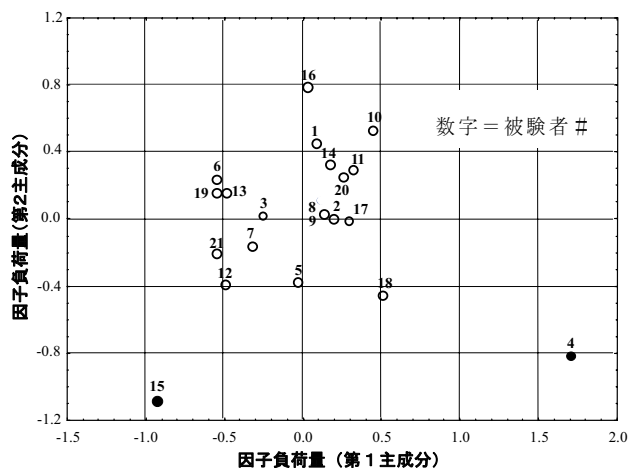


図-4 感覚用語の個人差分析

同様の解析を他の感覚用語に対しても行う。その結果、被験者#4, #10, #15, #20が外れ値として抽出された。加えて、被験者#3は“滑りやすい-滑りにくい”に対して試料#Hを除いて評価スコアが5であることからセンサー能力に欠けると判断した。以上5名の被験者を以後の解析から除外した。

評価スコアのパターンに加えて、感覚用語間の共分散((2.2)式参照)の分布から異常な被験者を抽出する。図-5は“軟らかい-硬い”と“滑りやすい-滑りにくい”の共分散の分布を示している。明らかに一人の被験者が外れ値を示している。したがって、この被験者#17も以後の解析から除外する。

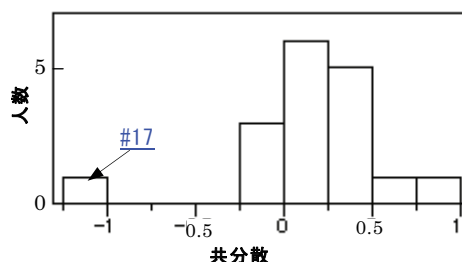


図-5 “軟らかい-硬い”と“滑りやすい-滑りにくい”の共分散の分布

図-6に5つの感覚用語に対する上記6名の被験者を除く各試料の評価スコアの平均値(感覚レベルの感性から品質)を示す。ただし、被験者間のバイアスを削除した Z_{ijk}

$$Z_{ijk} = x_{ijk} - x_{\cdot jk}$$

の平均値である。図-6の結果はSWのグリップ部の材質および革の質感から判断した各試料の事前情報と一致している。

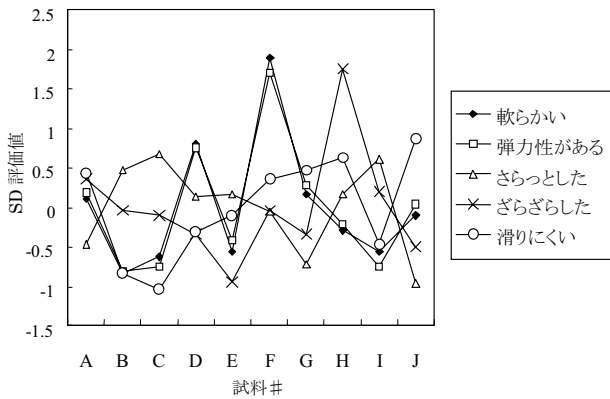


図-6 感覚レベルの感性品質 (被験者の平均値)

4-3 下層から上層への変換過程での解析

まず、各被験者の感覚用語とイメージ用語間の相関係数を算出する。相関係数の分布を解析することによって変換過程の個人差分析が可能となる。

図-7に(手になじむ-手になじまない)と(軟らかい-硬い)の相関係数に対する(手になじむ-手になじまない)と(弾力感がある-弾力感がない)の相関係数の散布図を示す。

図-7から15名の被験者は2つのグループに分類できることが分かる。どちらの相関係数も11名は正であり、他の4名の相関係数は負である。この結果は軟らかくて弾力感のある試料を手になじむと感じる被験者と手になじまないと感じる被験者に分類できることを意味する。以後前者をグループ1、後者をグループ2とする。グループ2に属する被験者数は少ない。しかし、図-7は意味のある分類の視点であると言えよう。

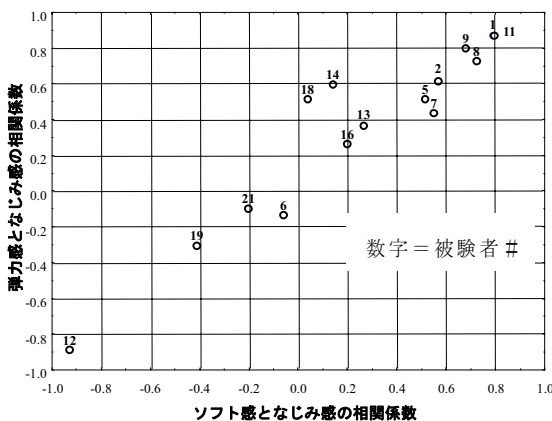


図-7 (手になじむ-手になじまない)と(軟らかい-硬い)の相関係数に対する(手になじむ-手になじまない)と(弾力感がある-弾力感がない)の相関係数散布図

次に、イメージレベルから総合評価レベルへの変換過程における個人差分析を行う。感覚レベルからイメージレベルへの変換過程と同様な解析の結果、分類の必要がないことが示された。結果として、15名の被験者は上記の2つのグループに分類された。

図-8は上記2つのグループにおける総合評価用語“良い-悪い”に対する各試料の評価スコアの平均値を示す。感覚用語に対する評価スコアの平均値を示した図-6と図-8を参照することによって、グループ1とグループ2との違いを説明することができる。グループ間で(軟らかくて弾力感がある)試料#Dと#Fの評価の違いが著しいことが特徴的である。

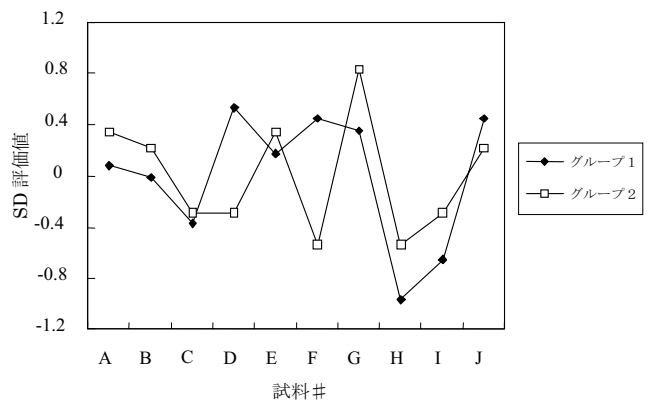


図-8 総合評価用語“良い-悪い”に対する各試料の平均評価スコア

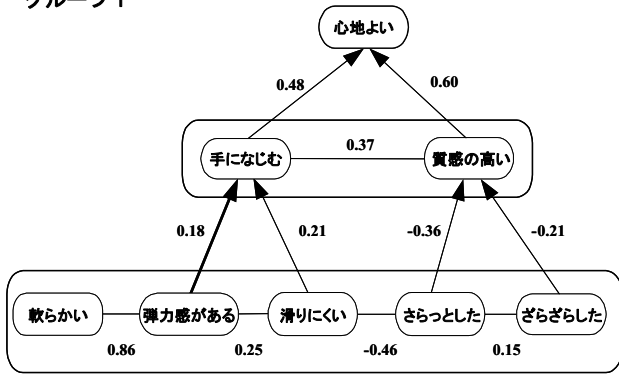
4-4 評価構造のモデル化

これまでの議論から、グループ1とグループ2がもつ2つの異なった握り心地の評価構造があることを結論づけた。次のこの2つの評価構造を階層構造としてモデル化する。本研究ではグラフィカルモデリングを用いて階層構造をモデル化する。この解析で、試料#Hは図-6に示したようにざらざら感が著しく、グラフィカルモデリングの線形加法性から大きく逸脱する。したがってモデル化の解析から省く。

図-9に2つのグループのグラフィカルモデルを示す。図の数字は偏相関係数である。やわらかさ感、弾力感からなじみ感への変換過程の違いが読みとれる。なお、グラフィカルモデリングにおいて偏相関係数を用いるのは、多変数での2変数間の純粋な関係の強さを表すため、相関係数では「擬似相関」と呼ばれる見かけ上相関関係を検出することができない。

図-9に示した感覚レベルの評価構造が2つのグループで違いがみられる。この違いはグループ2に属する被験者数が4名と少ないために生じた可能性もある。

グループ1



数字=偏相関係数

グループ2

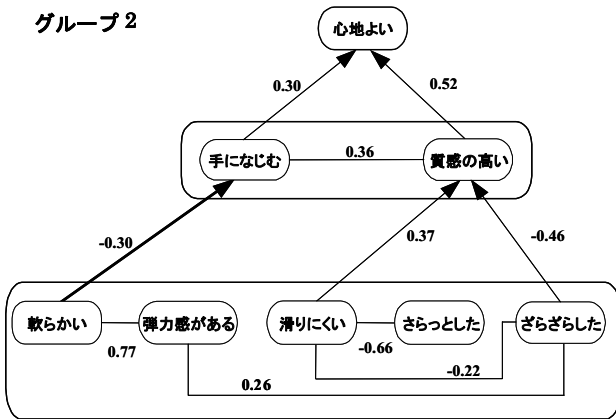


図-9 グラフィカルモデリングによる感性評価の階層構造

4-5 製品開発への指針

2つのグループ間における評価構造および評価スコアの違いから、SWの製品開発への指針を与えることができる。

まず、2グループに共通して、ざらざら感の著しい試料#Hが極めて握り心地が悪いことから、ざらざら感 は明らかに握り心地に悪い影響を与えると 言ってよい。さらに言うならば、試料#Hは線形加 法モデルに適合しない、すなわち、著しいざらざ ら感 は握り心地に対して致命的な感覚であると言 うことができる。

軟らかさ感と弾力感が握り心地に与える影響に は個人差がある。図-8から試料#Dと#Fの評価を 2つのグループで比較することによって、また、図 -9に示した評価構造の違いをみることによって 個人差の構造が明示される。

一方、さらさら感の低さ=しっとり感、滑りに

くさ、およびざらざら感の低さ=なめらかさ感 は2 グループで共通に握り心地によい影響を与える。 しっとり感、滑りにくさ、なめらかさ感の評価が 高い試料#Gおよび#Jは握り心地において共通に高 い評価を得ている。

注目する試料#Bは握り心地の評価に個人差があ る。試料#Bは試料#Dや#Jに比べてしっとり感、 滑りにくさ、軟らかさ感および弾力感に欠けるの で、グループ1では握り心地において共通に高い評 価を得ていない。しかし、グループ2での試料#B の握り心地の評価は低いわけではない。

したがって、試料#Bの握り心地を向上させるに は、軟らかさ感や弾力感を追求するのではなく、 しっとり感、滑りにくさ、なめらかさ感を高める 方向がよいことを製品設計への指針とすることが 提案できる。

5. 結論

感性品質には場合によって大きな個人差が存在 する。感性評価構造をモデル化するとき、個人差 の解析によって本質的な構造がみえてくること が 多い。本論文では2つの異なった評価構造モデルを 抽出できた。個人差の視点から対抗指標である製 品との比較を行うことは製品開発における有用な 指針を与えることができると考える。

参考文献

[1] 宮川雅巳 (1997) : グラフィカルモデリング, 朝倉書店
 [2] テクノメトリックス研究会 (1999) : グラフ ィカルモデリングの実際, 日科技連.
 [3] 仁科健, 山本太司, 永田雅典 (2002) : “評 価構造の個人差を考慮したSemantic Differential法データの解析”, 品質, Vol. 34, No. 4, 111-122.

報 告

リサイクル材適用エンジンカバー材料

中川博之*¹, 寺島清光*¹

Recycled Materials for Engine Cover

Hiroyuki Nakagawa*¹, Kiyomitsu Terashima*¹

要 旨

近年，産業廃棄物処理場の逼迫や環境型社会の構築といった観点から，産業廃棄物をリサイクル材として製品に再利用することは，各産業にとって重要な課題となってきた。

これまで，エアバッグ基布端材のリサイクルとして，エンジン関連部品であるバキュームサーージタンク（小物）への適用を実施してきたが，更なる用途先拡大のため，エアバッグ基布端材をベースとした付加価値の高い材料が求められている。今回，材料の流動性や結晶化挙動などの材料特性と成形品表面外観の関係について検討を実施し，エアバッグ基布端材をベースとしたエンジンカバー材料を開発したので，その内容を報告する。

Abstract

In recent years, recycling industrial waste as recycled products has been important issues to each area of industry for tightness of industrial waste disposal site and to construct an environment-friendly society.

Up to now, we have been recycling 'Airbag rag', which is cutted off during airbag production, into engine related parts, such as vacuum surge tanks and small engine related parts. However, development of high-valued added materials made from this 'Airbag rag' is required in order to expand in its application.

This paper describes our development of new material for engine cover made from recycled 'Airbag rag' based on the investigation concerning correlation between parts surface and material properties such as flowability and crystallization behavior.

*¹ 材料技術部 樹脂材料技術室

1. はじめに

近年、産業廃棄物処理場の逼迫や環境型社会の構築といった観点から、産業廃棄物をリサイクル材として製品に再利用することは、各産業にとって重要な課題となってきた(1)~(3)。

当社においても、車へのエアバッグの標準装備が高まると同時に、製造時に発生するエアバック基布端材の量も増加している(図-1参照)。

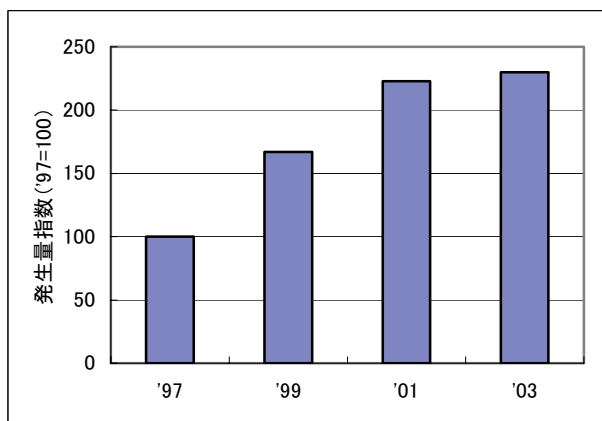


図-1 エアバック基布端材発生量推移

これまで、エアバッグ基布端材のリサイクルとして、エンジン関連部品であるバキュームサージタンク(小物)への適用を実施してきたが、更なる用途先拡大のため、エアバッグ基布端材をベースとした付加価値の高い材料が求められている。

今回、材料の流動性や結晶化挙動などの材料特性と成形品表面外観の関係について検討を実施し、エアバッグ基布端材をベースとしたエンジンカバー材料を開発したので、その内容を報告する。

2. エンジンカバーの要求性能

エンジンカバーの車両搭載状態を図-2に示す。

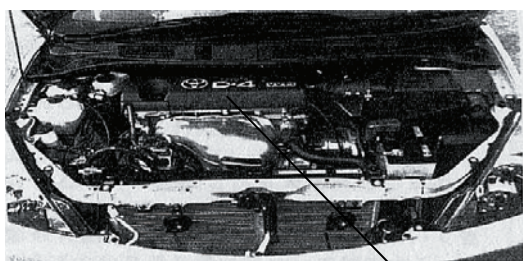


図-2. 車両搭載状態

エンジンカバーは、エンジンのシリンダヘッドの上に装着して意匠性と防音性の向上を図るものである。そのため、エンジンルーム内の温度、振動で劣化・変形しない耐熱性、振動耐久性、衝突時に破損しない耐衝撃性などの性能が要求される。

また、加工適性として射出成形にて薄肉形状を賦形するため、高流動性が要求される。

3. リサイクルナイロン材の特徴

エアバッグはインフレーションにより、瞬間的に一気に開くため、原糸の強度が重要で基布自身の気密性を向上した特殊ナイロン布を使用している。

そこで、当社使用のエアバッグ基布端材をペレット化したリサイクルナイロン材(R-PA)と汎用PA66の違いについて比較を行った。材料物性を表-1にDSC測定結果を図-3に示す。その結果、R-PAの物性について次のことが分かった。

- ・ 汎用PA66に比べ、伸度、衝撃強度は高い反面、MFR値が低い(分子量が高い)→[懸念点]成形加工性が劣る。
- ・ 結晶化温度が高く、結晶化熱量が大きい(結晶性が高い)→[懸念点]融点との差が小さいため成形加工幅が狭い
- ・ 結晶化開始温度と完了温度の温度差が小さく、結晶化ピークがシャープ(結晶化速度が速い)→[懸念点]成形加工幅が狭い
- ・ リサイクルによる分子量低下は見られない(熱劣化は見られない)

以上より、R-PAは高分子量で、かつ結晶性が高く、結晶化速度が速い材料であるため、射出成形性の改良が必要であることが分かった。

表-1.R-PA材の物性

	エアバッグ基布 ナイロン	R-PA	汎用 PA66
平均分子量(Mn)	24000~25000	24800	17500
MFR[g/10min]	—	25	48
引張降伏伸度[%]	—	100	50
IZOD衝撃強度[J/m]	—	45	40
結晶化温度[°C]	—	235	221
結晶化熱量[mJ/mg]	—	64	50

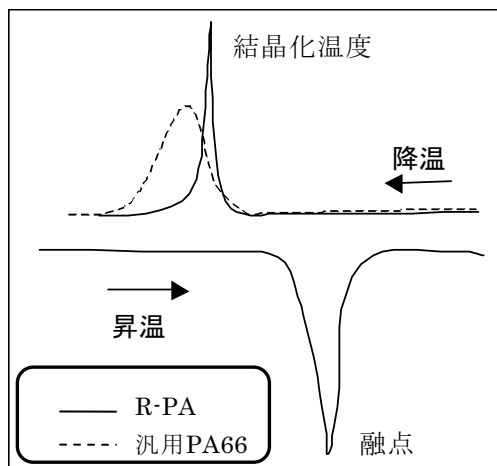


図-3. DSC測定結果

4. リサイクルナイロン材の製造工程

図-4に端材から成形品であるエンジンカバーに至るまでの製造フローを示す。

再生ペレット化するにあたり、エアバッグ基布端材を押出機に入れるため2段階で切断し50mm角以下にする。次に、切断品を押出機に投入し押出造粒品とする(R-PA)。その後、射出成形用材料にするため材料改質を行い、ペレタイザでペレットにする。

材料改質内容については次項にて報告する。エンジンカバーはこのペレットを射出成形して製造する。

5. 流動性改良と外観向上

5-1. 流動性の目標値について

現行材を樹脂温度280℃、金型温度60℃にて成形した金型内の流動長(スパイラルフロー)の評価結果から、流動性の目標値として流動長200mm以上とした。

5-2. 流動性改良剤と結晶化挙動について

流動性の向上を図るため、分子量調整剤、ポリマー系流動性改良剤を配合し、流動長を200mm以上に調整した。その材料についてDSC測定を行い、結晶化挙動を確認した。その結果を図-5に示す。

分子量調整剤を配合した材料(A材)は、結晶化ピークがシャープであり、融点と結晶化温度の差も小さく、R-PA(図-3参照)と同様に、成形加工幅が狭いことが予測されるため、更なる射出成形性の改良が必要と考える。

一方、ポリマー系流動性改良剤を配合した材料(B材)は、第2結晶化ピークの出現により、結晶化ピークがブロードになり、融点から結晶化温度までの温度差が大きく、結晶化が遅くなっている。その結果、成形時に成形品表面のスキン層の形成が遅延され、無機充填材などの表面浮きが抑制されることにより、良好な表面外観が得られると予測される。

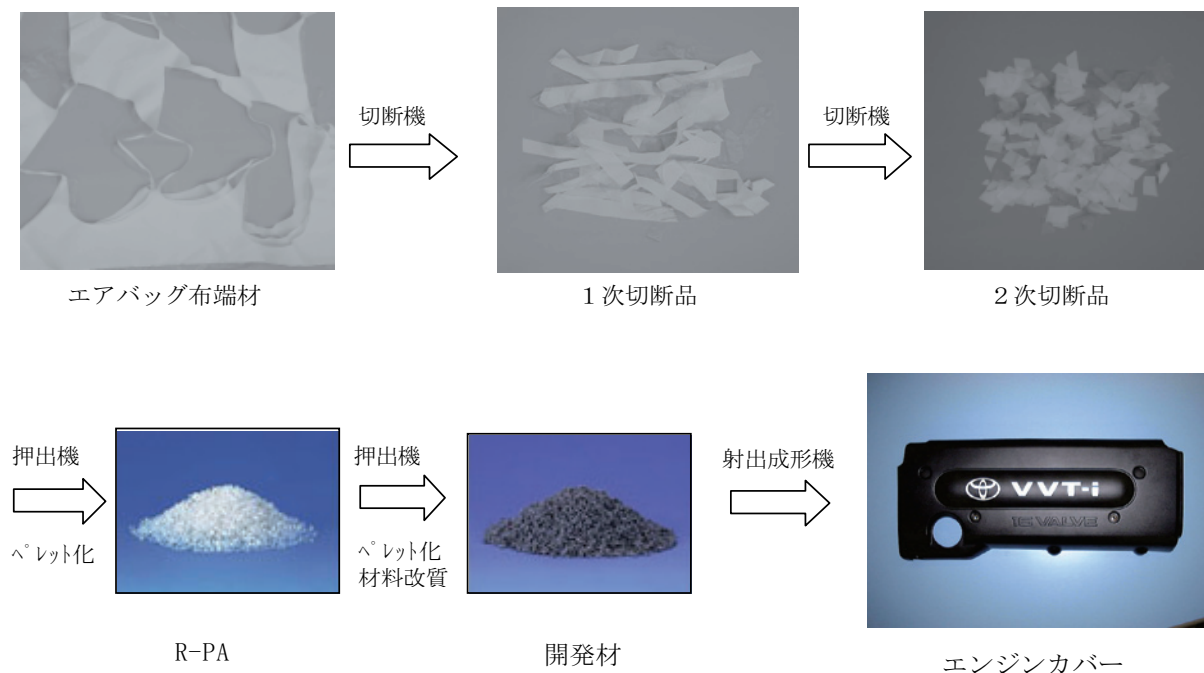


図-4. エンジンカバーの製造フロー

この結果は、ポリマー系流動性改良剤の結晶化温度がR-PAより低く、ベース樹脂であるR-PAとの相溶性が良いため、ベース樹脂中に均一に分散しR-PAの結晶化挙動を変化させたためと考える。

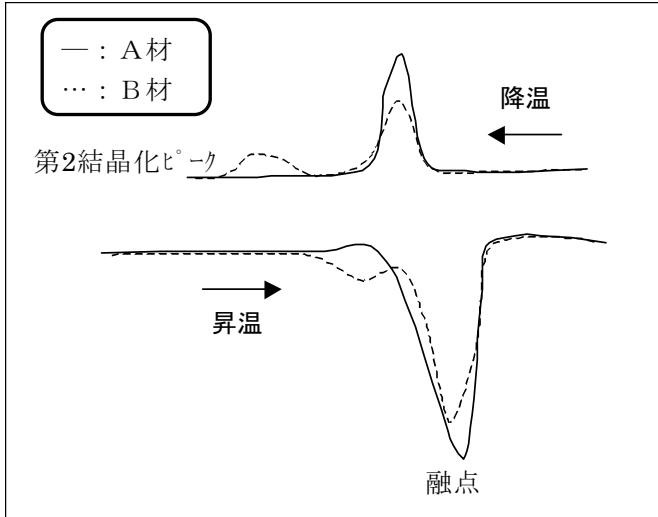


図-5 DSC測定結果

5-3. 表面外観の検証

A材、B材の表面外観を検証するため、現行材同様の成形条件にて、製品の成形を行った。

結果として、前項で予測した通り、A材は外観不良となり、B材は現行材同等以上の外観確保が可能となった。

5-4. 流動性改良剤と流動性について

ポリマー系流動性改良剤の配合量と流動性の関係を図-6に示す。流動性については、金型内の流動長(スパイラルフロー)を指標とした。

配合量の増加と共に、流動長が増加し、流動長が163mm以上において成形品表面外観が良好となった。

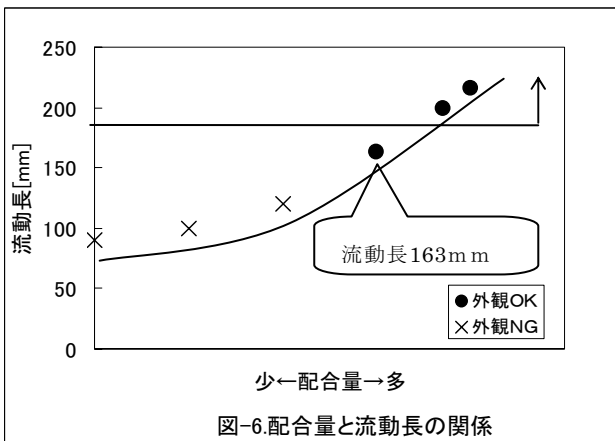


図-6. 配合量と流動長の関係

6. 開発材の材料物性

6-1. 初期物性

開発材と現行材の機械物性を表-2に示す。試験はISO規格に準拠し行った。

開発材の荷重たわみ温度は、現行材より約20℃向上したが、曲げ弾性率、IZOD衝撃強度は低下した。剛性、耐衝撃性については、製品性能試験にて問題ないことを確認した。また、耐熱性や振動耐久性などその他製品性能試験においても問題なかった。

表-2 開発材の機械物性

項目	単位	開発材	現行材
比重	—	1.28	1.33
引張降伏強度	MPa	80	85
引張降伏伸び	%	5.0	5.0
曲げ強度	MPa	118	125
曲げ弾性率	MPa	5200	6800
表面硬度	ロックウェル-R	120	120
IZOD 衝撃強度 (23℃、ノッチ付)	J/m	65	80
荷重たわみ温度(0.46 MPa)	℃	223	205
線膨張係数	/℃	4.0×10 ⁻⁵	5.5×10 ⁻⁵

6-2. 信頼性評価

次に、耐熱老化性、耐エンジンオイル性、耐湿熱劣化性について評価を行い、長期物性を確認した。

6-2-1. 耐熱老化性評価

走行中のエンジンルーム内の温度は、通常120℃程度で、最大150℃まで上昇するため、耐熱老化性は、120℃及び150℃にて2000hrの経時変化での引張強度、引張伸び、IZOD衝撃強度の物性保持率を確認した。その結果を図-7、図-8、図-9に示す。

その結果、120℃については、現行材と同等レベルであった。また、150℃での引張強度、IZOD衝撃強度に関して、現行材(PA6ベース材)より開発材の物性保持率が若干高いのは、耐熱性の良いPA66を用いているためと考える。

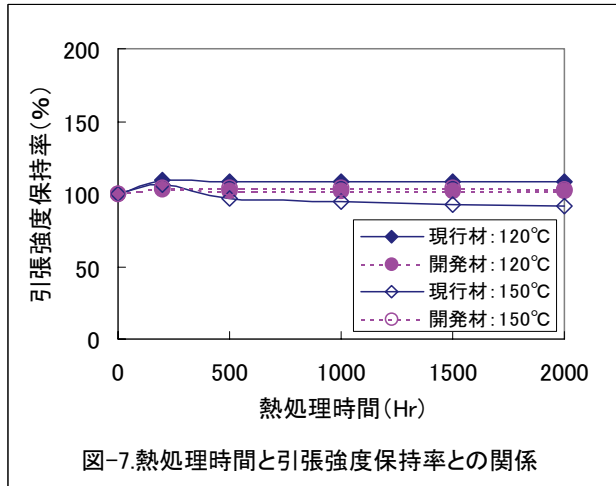


図-7.熱処理時間と引張強度保持率との関係

6-2-2. 耐エンジンオイル性評価

市場にて、エンジンカバーにエンジンオイルが付着する可能性があるため、エンジンルーム内の温度120℃でのオイル浸漬による劣化の確認を行った。その結果を図-10、図-11、図-12に示す。

開発材の引張強度、引張伸び、IZOD衝撃強保持率はいずれも現行材同等レベルにて、物性保持率の低下は見られなかった。

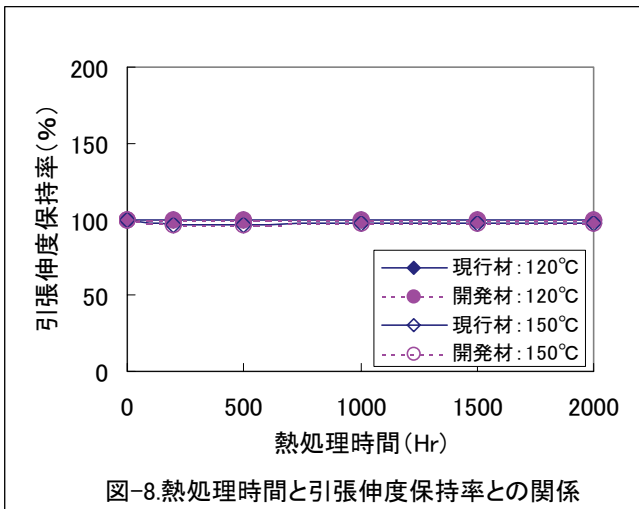


図-8.熱処理時間と引張伸び保持率との関係

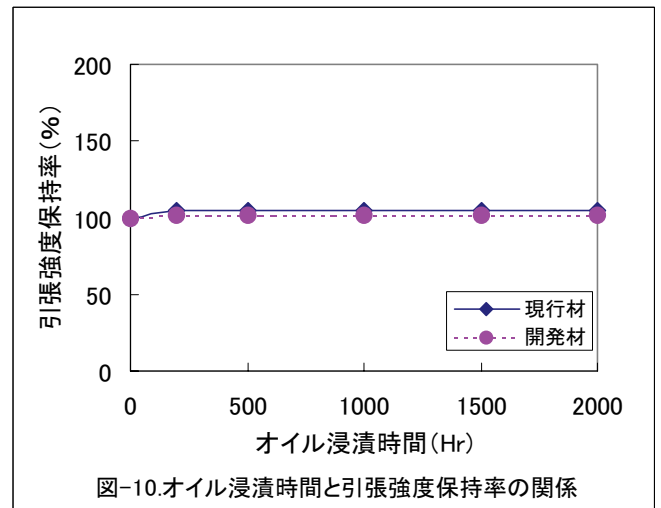


図-10.オイル浸漬時間と引張強度保持率の関係

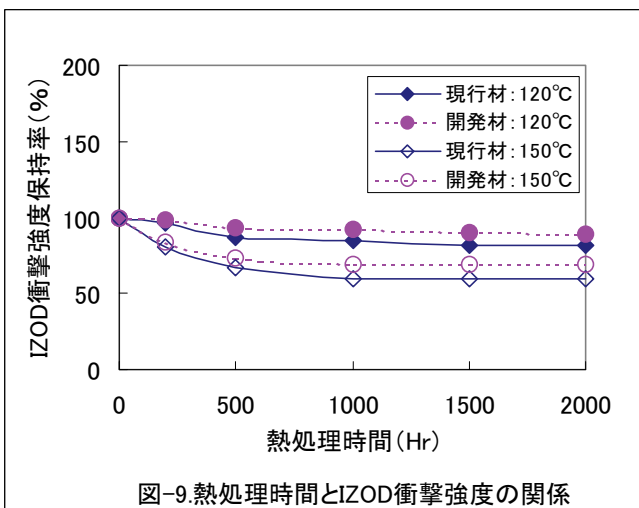


図-9.熱処理時間とIZOD衝撃強度の関係

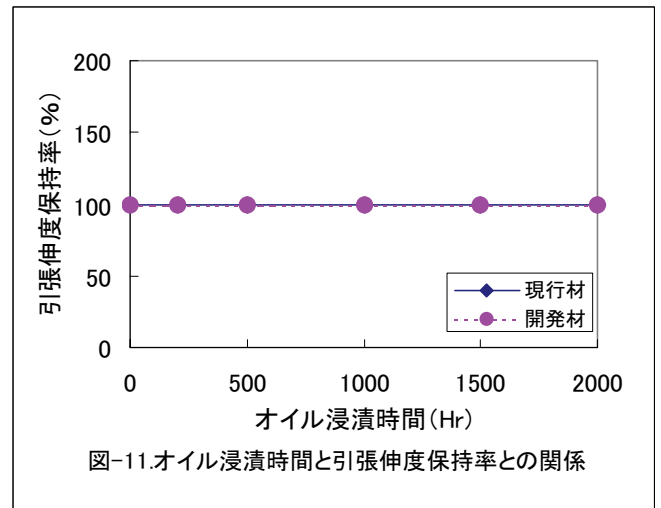


図-11.オイル浸漬時間と引張伸び保持率との関係

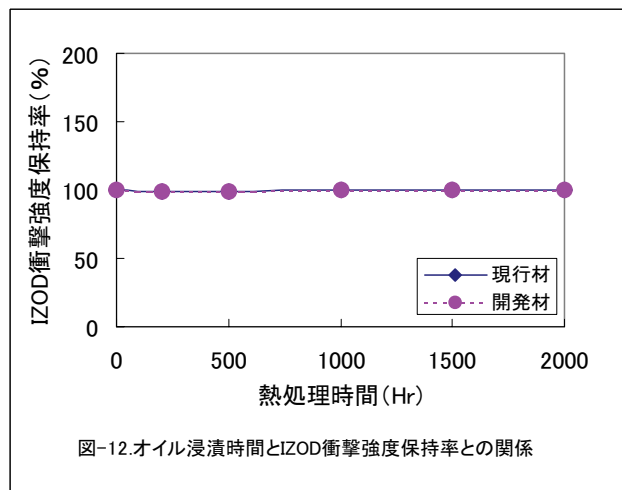


図-12. オイル浸漬時間とIZOD衝撃強度保持率との関係

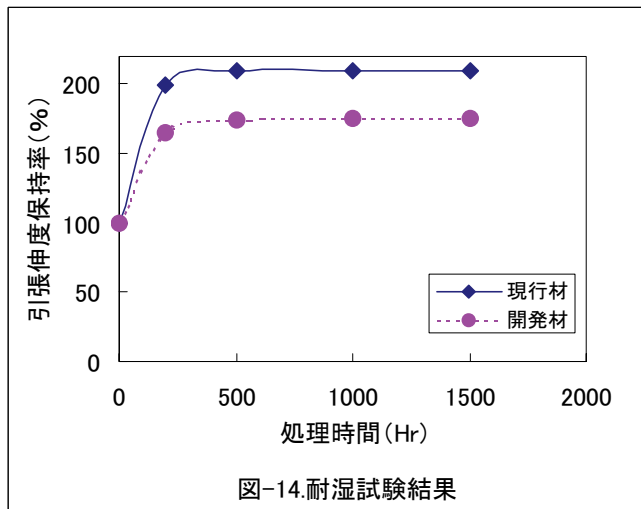


図-14. 耐湿試験結果

6-2-3. 耐湿熱劣化性評価

使用環境においては高温多湿の場合も考えられるので、温度50℃、湿度95%RHでの耐湿熱劣化性の確認を行った。その結果を図-13、図-14、図-15に示す。

その結果、開発材は現行材と比較して、引張強度保持率が高く、引張伸度、IZOD衝撃強度保持率は低いことが分かった。

これは吸水による材料の軟化の差であると考えられ、現行材が吸水の影響が大きいことの裏付けとなっている

また、温度50℃、湿度95%RHにおいて、約500時間後にて飽和吸水状態に達し、1500時間までは引張強度、引張伸度、IZOD衝撃強度の低下が見られないことから、劣化は起きていないと考えられる。

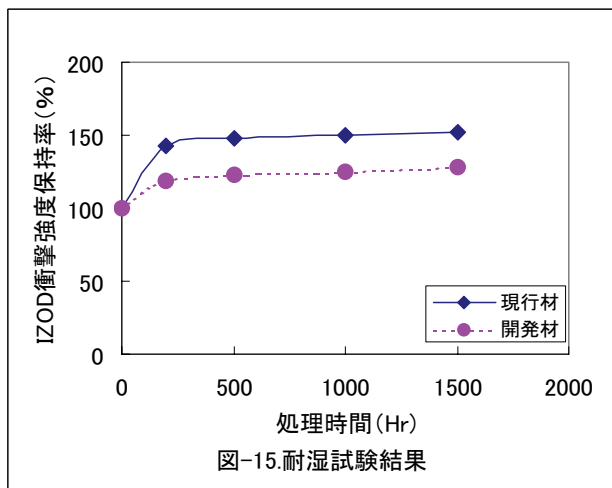


図-15. 耐湿試験結果

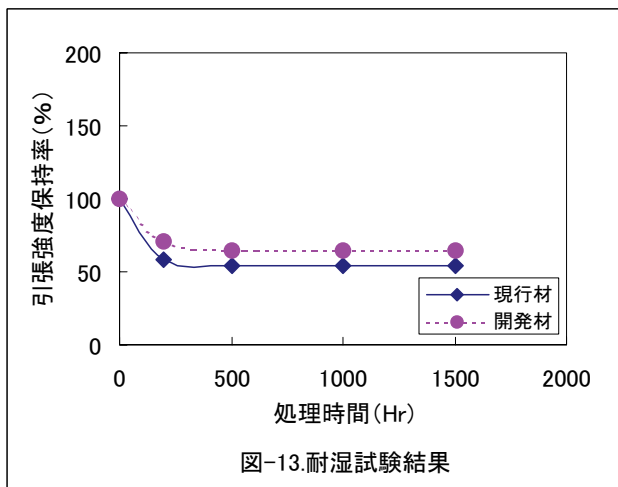


図-13. 耐湿試験結果

7. まとめ

材料の流動性や結晶化挙動などの材料特性と成形品表面外観の関係について検討を実施し、エアバッグ基布端材の再生によるエンジンカバー材を開発することが出来た。これまで産業廃棄物として廃棄していたエアバッグ端材の有効な使い道となり、環境問題に貢献することが出来た。なお、本材料は、'02年度より量産適用しており、今後も順次、量産車両に展開していく予定である。

参考文献

- (1)小野ほか, (株)日本自動車部品工業会 中部支部 環境部会 環境保全事例集 第4報 (1995)
- (2)川西ほか, プラスチックス, 49,374(1998)
- (3)近藤武司ほか, 自動車技術, 56,5,56(2002)

≡≡≡ 新技術紹介 ≡≡≡

ドアウェザーストリップ用水系シリコン表面処理剤

Water-Borne Silicone Coating for Door Weather-Strip

内 藤 剛 *1

1. はじめに

グローバル品質ニーズに対応する標準材料に対し海外拠点からのVOC排出量削減の要求が強い。また、2001年に施行されたPRTR法に対応し、トルエン・キシレンの自主的削減が要求されている。今回、有機溶剤を含まず、水にシリコン成分を分散させた表面処理剤を開発、ドアウェザーストリップ製品に量産適用したのでその概要について報告する。

2. ドアウェザーストリップの概要

ドアウェザーストリップは車両ドア部に取り付けられ、車外からの雨水・騒音の進入を防止するシール機能を有し、ドア閉力、開時の反転防止も求められる部品であり装着部位を図-1に示す。

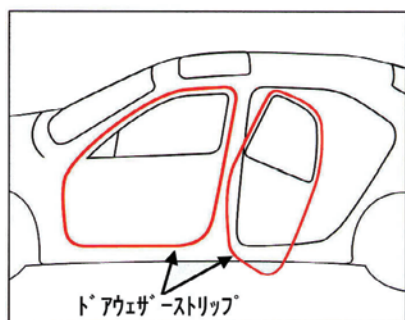


図-1 装着部位



図-2 ドアウェザーストリップ製品の構成 (A-A)

図-2に示すように、ドアウェザーストリップ製品は、耐候性・耐オゾン性・耐熱性に優れたEPDMゴムを使用し、シール面・摺動面に必要な機能付与を目的に表面処理が施されている。ドアウェザーストリップ用表面処理に求められる機能として、耐摩耗性・低摩擦性・固着防止性・異音防止性等が上げられる。

3. 技術の概要

3-1. 水性化

本表面処理剤の固形分は、反応性シリコンをベースにEPDMゴムへの密着付与成分、滑材成分、顔料で構成され、表-1に示す様に、全ての成分を水分散型にすることにより、有機溶剤を含まない配合を達成した。

表-1 水系表面処理剤の構成成分

構成	VOC発生の有無
反応性シリコン成分	なし
滑材成分	なし
密着付与成分	なし
乳化剤	なし
防腐剤	なし
中和剤	なし
水	なし

水性化により懸念されるゴムへの濡れ性、密着性確保に対し、乳化剤の選定と添加量、密着付与成分の種類と配合量検討により、従来の溶剤系同等の性能を確保した。また、水の腐敗等に対し、防腐剤、中和剤の配合により貯蔵安定性等の低下を防止している。

*1 Takeshi Naito 材料技術部 表面処理開発G

3-2. 高性能化

ドアウェザーストリップのルーフ断面ベンディングタイプ化により、ウェザーストリップとパネルとの間で、スポンジ材の変形と接触面での滑りが発生する。このためドア閉力の低減と、ドア開時の変形防止の要求が高くなり、ドアウェザーストリップ用表面処理剤の摩擦係数（静止摩擦係数と動摩擦係数）の更なる低減が必要になっている。水系塗料の特徴である水分散型（Water dispersion）のメリットとして、粘度を抑えたハイソリッド化が可能であり、乳化剤の働きで凝集せず均一分散している。

本表面処理剤はこの特徴を利用し、図-4に示す様な固体滑剤の選定と配合量の検討により、図-5に示す様な塗膜表面に均一微小凹凸を施してある。表面凹凸により接触面積の低減が図れ、これにより境界潤滑状態での摩擦係数の更なる低減が可能になった。

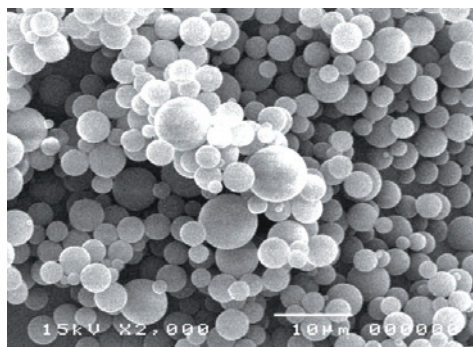


図-3 固体滑剤の拡大写真

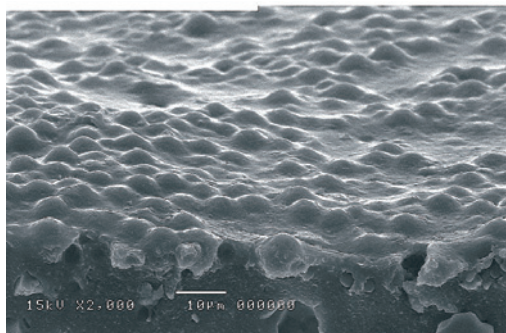


図-4 水系シリコン表面処理剤の拡大写真

4. 効果

従来品【溶剤系】と本開発品【水系】の性能比較を表-2に示す。

表-2 性能比較一覧

項目	従来品【溶剤系】	開発品【水系】	
耐摩耗性	100万回合格	100万回合格	
摩擦係数 (静 μ /動 μ)	0.21/0.17	0.14/0.13 <small>ドア閉力低減,変形防止効果</small>	
固着防止性	0.04 N/cm	0.04 N/cm	
塗膜密着性	5.0 N/5mm	5.0 N/5mm	
トルエン・キシレン含有	61%含有	0	
車室内VOC発生量 ($\mu\text{g}/80\text{cm}^2$)	トルエン	1.0	0
	キシレン	0.6	0
	エチルベンゼン	0.7	0
	ホルムアルデヒド*	0	0
	アセトアルデヒド*	0	0

水性化と低摩擦係数を有する、ドアウェザーストリップ用水系シリコン表面処理剤により、VOC排出量低減、車室内VOC発生量抑制とドア閉力低減・ドア開時の変形防止を満足するドアウェザーストリップの上市が可能となった。

5. おわりに

今回紹介したドアウェザーストリップ用水系シリコン表面処理剤【ET13-BK】は、トヨタプリウス、クラウンのドアウェザーストリップに採用され量産化した。また、グローバル展開材料として、欧州、北米、豪亜へ適用拡大されている。

最後に本製品の開発、量産化に際しご指導、ご協力いただいた関係部署の方々に厚く謝意を表します。

新製品紹介

耐熱低膨張ブレーキホース

Heat-Resistant Brake Hose with Low Expansion

古井 謙一郎 *1 , 水谷 哲 *2

1. はじめに

ブレーキホースは、マスタシリンダで発生した油圧をシリンダ（ホイールシリンダ、ディスクキャリパ）に確実に伝達するためのホースであり、路面でタイヤの上下運動及びハンドル操作によるタイヤの動きによって複雑な相対運動をする。

またブレーキフィーリング性向上(高応答性)からホース低膨張化ニーズがある。近年ブレーキホース使用環境の変化として高温化への対応が求められている。

今回、従来にない高温雰囲気高圧での繰り返し加圧性能(120℃, 0⇔20MPa)を確保し低膨張なブレーキホースを開発、製品化したので紹介する。

2. 製品の概要

ブレーキホースの車両取付け部位は図-1のようになり、多くは1台当たり4本（フロント2本、リア2本）使用される。

図-2に一般的なブレーキホースの形状を示す。口金は、ボデー側及びタイヤ側（アブソーバーやブレーキキャリパ）に取付けられる。ホース部は、タイヤの動きに合わせて3次元的な挙動を示す。

図-3にブレーキホースのホース部の構成及び開発品の材質を示す。

ブレーキホースは3層のゴム層と2層の編込み状態となった糸層から構成されており、フレキシブルな動きに対応できる構造となっている。

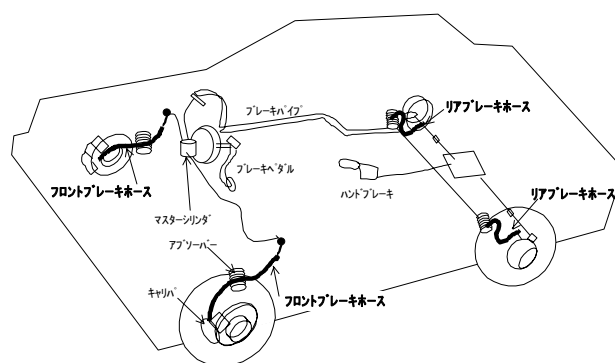


図-1 取付部位

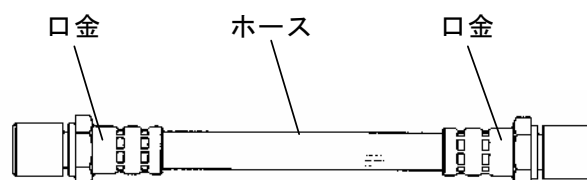


図-2 ブレーキホース

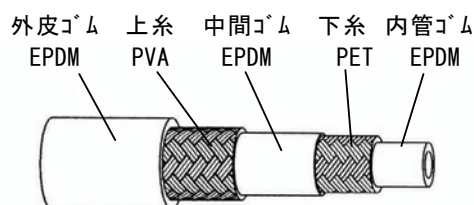


図-3 ホース構成

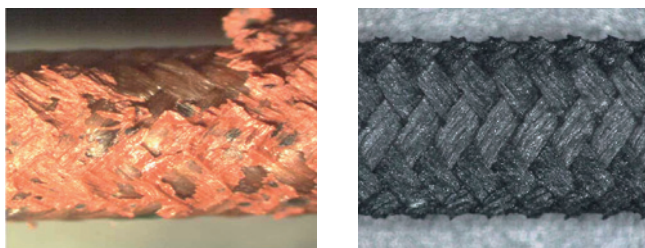
*1 Kenichiro Furui 機能部品事業部技術部 第2ホース技術室

*2 Satoshi Mizutani 機能部品事業部技術部 第2ホース技術室

3. 製品の特徴

従来のTG製ホースは中間ゴム材に天然ゴム(NR)を適用していたが、開発品には耐熱性が優れるエチレンプロピレンゴム(EPDM)を適用した。これにより高温雰囲気下における軟化劣化性を向上させた。(図-4 参照)

さらに上糸についても、従来品より高モジュラスなビニロン(PVA)を適用することにより、加圧時の補強糸層の動きを抑えることができた。その結果、高温繰り返し加圧性を向上させることができた。(図-5 参照)



NR(軟化劣化が認められる) EPDM
図-4 高温繰り返し加圧試験 5万回後の中間ゴム状態

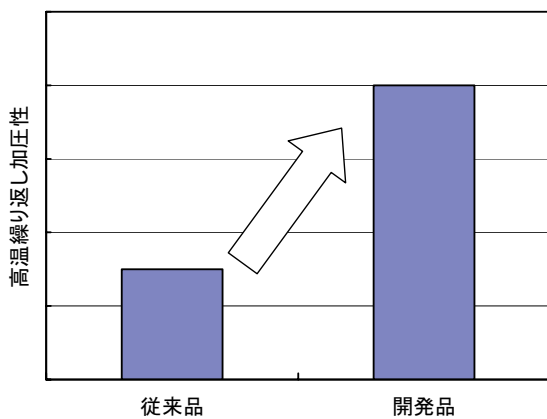


図-5 高温繰り返し加圧性

3-2 体積膨張量

上糸の高モジュラス化は、同時に低膨張化も達成しブレーキフィーリング性向上(高応答性)をはかることができた。

(図-6 参照)

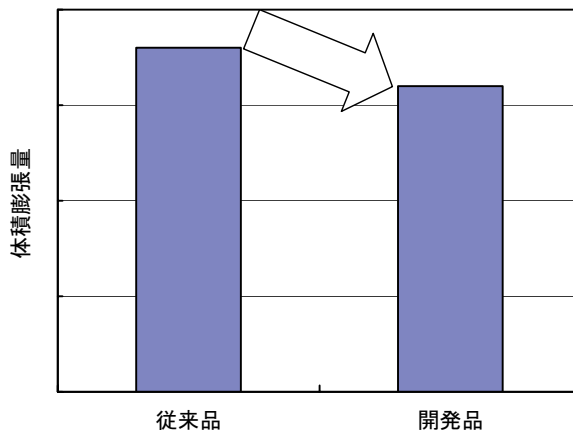


図-6 体積膨張量

4. おわりに

今回紹介した耐熱低膨張ブレーキホースは、耐熱材料と高モジュラス補強糸の適用により、過酷な要求性能を満足する開発が実施できた。なお、本ブレーキホースは'03/11より量産中である。

≡≡≡ 新製品紹介 ≡≡≡

金属ヘアライン加飾オーディオドア

Metal Hair Line Audio Door

伊藤 達朗 *1 , 野口 史 *2

1. はじめに

近年、自動車内装部品のスポーティ感演出アイテムとして、金属調加飾のニーズが高まっている。金属調加飾の中でも、ヘアライン（極細縞模様）入りの本金属板（アルミ等）を貼り付ける手法（以降、本金属ヘアライン）は、最も質感が高いとされている。

今回、フィルム転写技術を応用し、大幅なコストダウンを図りつつ、本金属ヘアラインに準ずる外観品質を再現する事ができたため、その概要について紹介する。

図-1に今回開発したセンタークラスタ内オーディオドアを示す。

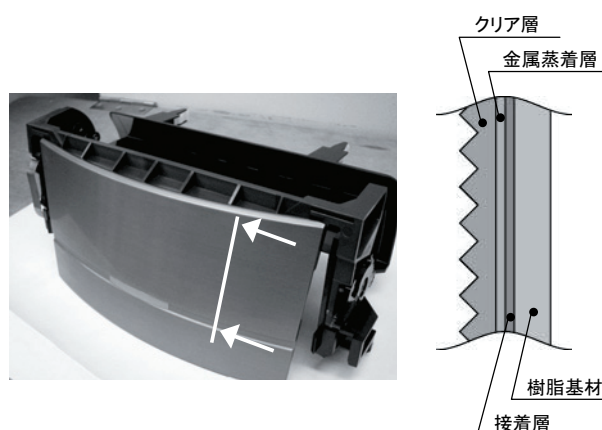


図-1 オーディオドアと基本断面

2. 現行加飾と課題

表-1に現行加飾で使われている主な手法の断面構成と特徴を示す。

本金属ヘアラインは本物で高品質である反面、高コストが課題である。対するフィルムインモールド成形は実際の凹凸を持たない印刷ヘアラインのため本物感が乏しい。また金属調塗装ではヘアラインを形成することができない。

3. 開発品の概要

3-1. フィルム転写成形の適用

図-2にフィルム転写成形の概要を示す。フィルムを位置決め後、樹脂を射出成形し、その熱と圧力でフィルム上の加飾層が転写される。

ここでフィルムは加飾層キャリアとして働き転写成形後は製品表面に残らずに巻き取られる。

表-1 従来金属調加飾手法

仕様および断面構成	質感	コスト
本金属貼り付け 	◎	△
フィルムインモールド 	○	○
金属調塗装 	△	◎

*1 Tatsuo Ito 内外装部品技術部 ボデー部品技術室

*2 Fumihito Noguchi 材料技術部 表面処理開発グループ

本工法はこれまでも家電部品などで適用されていたが、表面クリア層が自動車内装スペックは満足できていなかった。

今回、この表面クリア材料の開発を実施し、高耐久化を図ることができた。

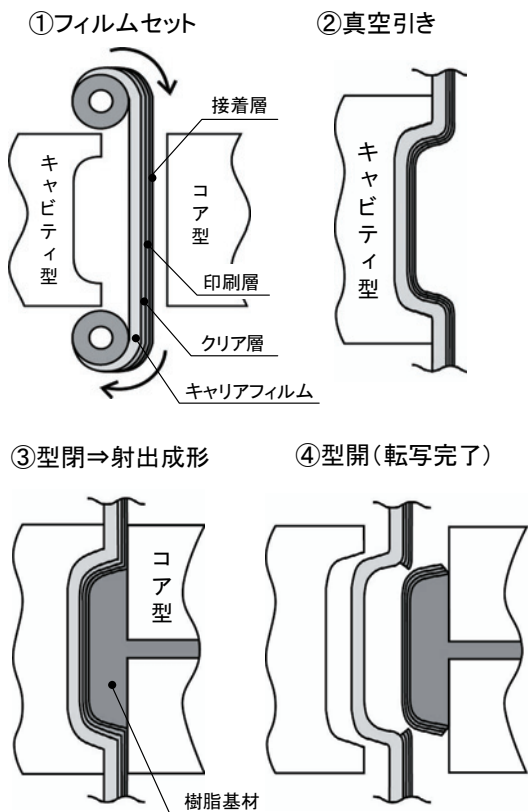


図-2 フィルム転写成形プロセス

3-2. ヘアラインの形成

ヘアライン凹凸を施したキャリアフィルムにクリア層などを積層し、前述したフィルム転写成形を行なう。脱型時にキャリアフィルムが剥れると表面にヘアライン凹凸が残され、あたかも金属表面に凹凸が入っている様な見映えとなる。成形後の断面構成を図-1に示す。

3-3. 品質

本開発品と従来加飾品との比較を図-3に示す。前述した手法を用いる事により、これまで一部の高級車でしか採用できなかったリアルな金属調表現を、低コストで実現する事が可能となった。

ただし本手法は、深絞り形状への追従に限界があるため、今回の適用製品は設計段階から十分な織り込みを実施した。今後は更なる形状自由度向上に取り組んでいく所存である。

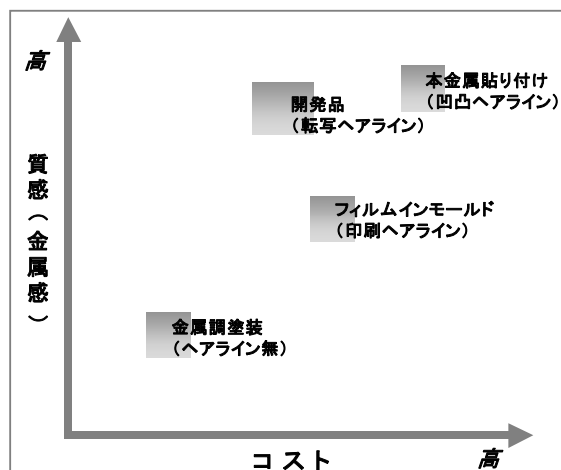


図-3 開発品の位置付け

4. おわりに

今回紹介した金属ヘアライン加飾は、トヨタ自動車(株)「マークX」センタークラス内オーディオドアに採用され、更に今後の内装部品への展開が大いに期待される。最後に、本製品開発～量産化にあたり多大な御支援いただいたフィルムメーカーおよび関係者の方々に感謝の意を表します。

新製品紹介

PUスプレー表皮を用いた軽量化インパネ

Light Instrument Panel with PU Spray Skin

上野樹広*1

1. はじめに

近年、世界的な環境規制対応から自動車の燃費向上が求められている。それに伴い、自動車内装部品においては部品軽量化の要求が高まっている。また、車室内空間の高級感実現として、外観意匠性の向上の要求も高まっている。シボの繊細な表現や、窓写り性等を考慮しての不要な部品分割ラインの削減等が要求されている。特に部品同士の合わせ品質においては、精緻感と称して、部品同士の見切りスキ・段差の極小化、小Rの実現が望まれている。

今回、これらを両立するインストルメントパネル（以下インパネと称す）の開発に着手し、量産化へ結びつけたので、その概要について紹介する。

2. 製品の概要

写真-1に今回量産化されたインパネアッパーを示す。図-1に一般部の断面構成を、図-2にP席A/B部位の断面構成を示す。

本インパネは、意匠面側から表皮層/発泡層/基材の3層で構成される。

表皮層はシボ転写性・シボ見栄え等の外観意匠性確保、精緻感の実現の役割を果す。又、標準装備となったP席A/Bの展開起点であるテアラインについては、外観意匠性を損なわないインビジブル化が前提となる。基材はインパネ自体及び、インパネに取付けられる構成部品の保持や、変形防止、剛性保持の役割を果すなか、製品重量の約70%を占める。

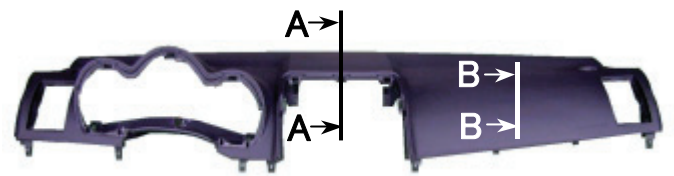


写真-1 開発品

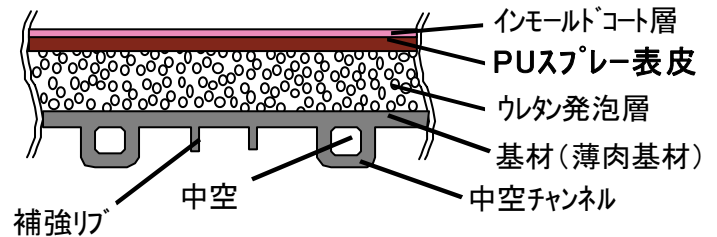


図-1 一般部断面図 (A-A sec)

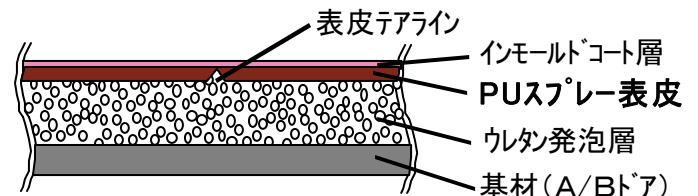


図-2 P席A/B部断面 (B-B sec)

3. 開発技術の概要

今回の技術開発のポイントは大きく次の3点である。

- ① PUスプレー表皮成形技術
- ② ガスインジェクションによる基材の超薄肉化成形技術
- ③ インビジブル対応表皮テアライン加工技術

*1 Shigehiro Ueno 内外装システム技術部 モジュール生技室

3-1. PUスプレー成形技術

トップ層のインモールドコート（以下IMCと称す）を金型キャビティ面に塗布後、ミキシングノズルで混合したウレタン（以下PUと称す）を塗布用ノズルにて、金型キャビティ面に吹付け表皮成形する。図-3にPUスプレー塗布状態概略を示す。

液状のIMC/PUを金型表面に吹き付けることにより、シボ転写性に優れた、意匠性の良い表皮成形が可能となった。表-1に現行パウダースラッシュ成形との品質比較を示す。また図-4に転写性比較図を示す。肉厚均一性に関しても、パウダースラッシュ成形と比較して、ほぼ同等で成形可能に制御する事ができた。

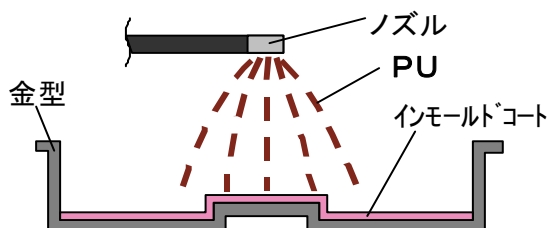


図-3 PUスプレー塗布状態概略

表-1 成形表皮品質比較

表皮工程 項目	真空成形	パウダースラッシュ	PUスプレー
シボ転写性	○	◎	◎
R転写性	○	◎	◎
グロス	○	○	○

◎:より優れている
○:優れている

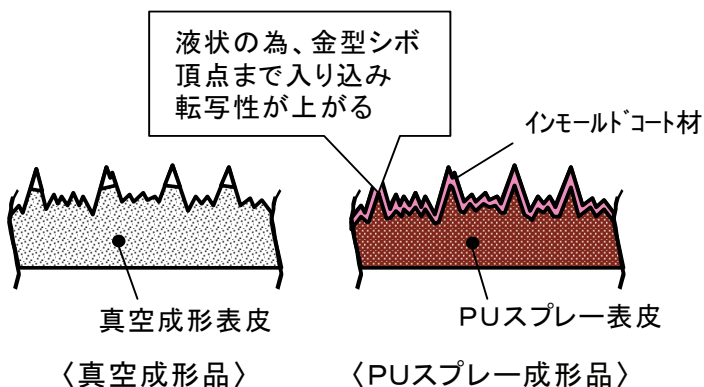


図-4 シボ転写性比較図

3-2. 軽量化技術

従来の基材板厚は3.0mmに対し、今回、板厚を0.9mmとしながら、基材のハイフロー化、FEM解析によるガスチャンネルと補強リブの最適配置化を行った。これにより、従来設計と同等の剛性を保持しながら、▲20%の軽量化が図れた。図-5に基材の断面図を示す。また表-2に成形基材の品質比較を示す。

表-2 成形基材品質比較

基材種 項目	従来基材	中空チャンネル 薄肉基材
手押し剛性	○	○
耐熱変形	○	○
重量(指数)	100	80

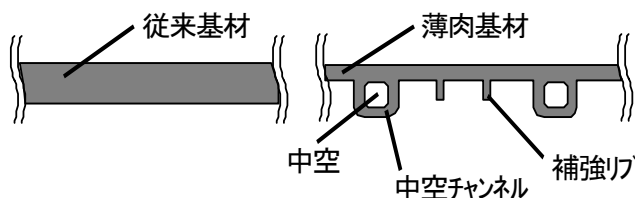


図-5 成形基材品質比較図

3-3. インビジブル対応表皮テアライン加工技術

P席エアバッグドアの展開起点である表皮テアラインを表皮裏面から加工する。表皮テアラインの加工精度が外観見栄えと展開性能に影響を及ぼすため、加工精度確保が重要である。刃の切込み制御により、外観見栄えと展開性能を両立する最適条件を見出した。

4. おわりに

今回、紹介したPUスプレー表皮インパネはトヨタ自動車サイオンのインパネに採用され、更には今後の内装部品への展開が期待される。本製品開発、量産化にあたり多大な御支援御指導いただいた、トヨタ自動車株式会社殿及びトヨタ車体株式会社殿、関係者の方々に感謝の意を表します。

≡≡≡ 新製品紹介 ≡≡≡

食器洗い乾燥機用洗剤リンス投入器

Instrument to throw detergent and rinse automatically into dishwasher

広 沢 邦 和 *1

1. はじめに

食器洗い乾燥機の内部に組み込んで、洗剤・リンスを自動的に投入する「洗剤・リンス投入器」を開発したので、その製品概要について紹介する。

2. 要求機能・製品仕様

今回開発した洗剤・リンス投入器は写真—1のようなシステムキッチンのスライド式食器洗い乾燥機において、洗浄槽の前面化粧パネルの内側に収納できる寸法形状の製品要求があった。



写真—1 食器洗い乾燥機

また食器洗い乾燥機は表—1に示す作動順で食器を自動的に洗浄・乾燥するため、下記の製品機能が要求された。

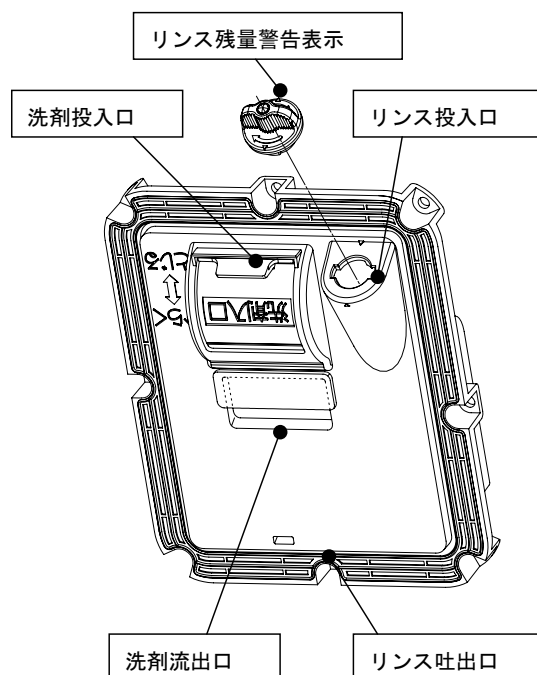
洗剤・リンス投入器の概要を図—1に示す。

① 洗剤自動投入

あらかじめ洗剤・リンス投入器のカバーを開き1回分の洗剤を収納しておく。予洗いから洗剤洗いに移行する時にソレノイドを1回起動させるとリンク、カムが駆動しカバー及びダンパが開き、水流により洗剤が洗浄槽に流出する構造とした。

表—1 食器洗い乾燥機の作動例

リンス収納 (約 150 回分)
洗剤収納 (1 回分 約 5g)
食器・皿 セット
食器洗い乾燥機 起動
① 予洗い
② 洗剤投入
③ 洗剤洗い (60℃)
④ すすぎ
⑤ リンス投入
⑥ 高温すすぎ (80℃)
⑦ 乾燥
停止 終了
食器・皿 取り出し



図—1 洗剤・リンス投入器

*1 Kunikazu Hirozawa 特機事業部 技術部 技術室

② リンス（食器仕上げ剤）自動投入

すすぎが終わった時点で再度ソレノイドを駆動するとリンクを介しリンスタンクのバルブが開き、リンスタンクに貯えられたリンスが適量吐出される構造にした。

③ リンス残量警告表示

リンスタンクにはフロートとリードスイッチを設け、リンスの残量が少なくなると、リンス液面を検出してLEDランプを点灯する回路を設けた。また表示ランプの視認性を向上させるためにLEDランプや導光レンズの形状も工夫した。

④ 耐シール性

食器洗い乾燥機の内部は加圧された温水が洗浄槽内に噴出されるため耐シール性も重要である。各部品の締結部、摺動部にはゴムパッキンを挟み、シール性と摺動性を両立させるように形状、締め代を設定した。

⑤ 耐久性

また本器は80℃の温水、熱風に曝されながら駆動するため、機構部品には耐熱性、耐摩耗性の良好な材料を選定した。

⑥ 食品衛生法

なお本器は食器に触れる装置であることから食品衛生法も満足するようにゴム・樹脂の成形材料および表面処理剤の選定についても配慮した。公的機関に評価を依頼し、食品衛生法を満足する判定結果を得た。

3. 性能評価

今回製品化した洗剤・リンス投入器は表—2に示す性能評価項目を満足した。

表—2 性能評価項目

耐熱性	80℃×200時間
耐湿性	80℃×95%×200時間
熱サイクル性	0℃×3時間⇄80℃×3時間
耐久性	繰り返し開閉駆動 10000回
食品衛生法	適合

4. おわりに

今回紹介した洗剤・リンス投入器はリンナイ株式会社の食器洗い乾燥機で一部の機種に採用され現在量産中である。

最後に本製品の製品化に際し、ご指導・ご協力いただいた関係者の方々に厚く謝意を表します。

新製品紹介

スライド式携帯電話

Slide Open Cellular Phone

井上 正樹*1 島田 雅俊*2

1. はじめに

スライド式携帯電話機『V401SA』（写真-1）がvodafoneより発売された。

これは三洋電機（株）殿にて開発されたもので、斬新なデザインと大型の液晶画面が特徴的である。

今回、『V401SA』の製品筐体部の開発を三洋電機殿と共同で実施したので紹介する。



写真-1. 『V401SA』

2. 携帯電話の動向

携帯電話の市場が拡大するに連れて、ユーザーのニーズにも変化が見られる。現在主流となっている折り畳み式のデザインにマンネリ化が見られ、独創的なデザインや新しい機構が求められている。最近発売されている携帯電話では、ストレートタイプでタイルキーを用いた『INFOBAR』や、折り畳みではなく、閉じた状態からLCD側が回転する『180° オープンスタイル』、液晶が2軸で回転する『回転液晶スタイル』等、操作性に変化を持たせたモデルが出現している。

またカメラ機能の向上、AV対応、文字の視認性の向上に合わせた、画面の大型化のニーズも高くなっている。

しかし、モバイルに求められる軽量、コンパクト

とは相反する機能であり、いかに両立させ高級感を演出するかが求められている。

3. 製品の特徴

3-1. 薄型で大型画面

従来の携帯電話では重量の軽減とデザインの自由度確保のために、樹脂筐体が幅広く用いられてきた。しかし『V401SA』では製品セット厚約20mmの薄さで2.4inchの大型QVGA液晶を搭載させるのに、樹脂筐体だけでは必要な剛性が得られなかった。

そこで『V401SA』ではMg合金のチクソモールド成形をLCD側のフロント筐体に採用した。（図-1）

これにより携帯電話筐体に必要な薄肉部、コア側の複雑なリブ形状等を実現させ、又液晶の大型化によりLCDフロントが薄くて細い形状になっても、必要な剛性を確保する事ができた。特にLCDのカバーとなっているスクリーンの接着代の確保には本Mg合金は有効であった。

更にはスライド時のLCD側のたわみに対する剛性もアップし、液晶の保護及びスライドのスムーズな動きを達成できた。

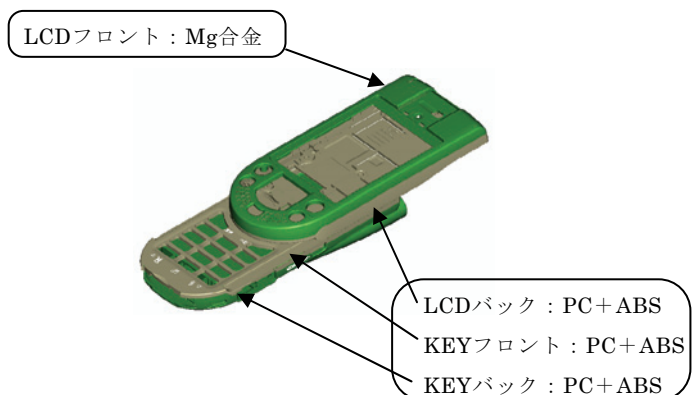


図-1. 『V401SA』部品構成

*1 Masaki Inoue 特機事業部 技術部 技術室

*2 Masatoshi Shimada 特機事業部 技術部 技術室

3-2. LCD側とKEY側の一体感の構成

従来の携帯電話では、Close時の状態はLCD側・KEY側が独立形状で、一体感が無い。(図-2) これは筐体の各部品(LCDフロント、LCDバック、KEYフロント、KEYバック)を金型構造上簡単な上下分割りが可能である箱型でデザイン設計していたためである。



図-2. 従来の携帯電話の製品形状

しかしながら、今回のデザイン要求は、斬新なスライド式であり、LCD側とKEY側の4部品の一体感であった。(図-3)



図-3. 『V401SA』の製品形状

そこで、LCDバック及びKEYフロントの側面は金型を横方向に可動させることで逆テーパのアンダーカット形状を成立させた。それにより4つの部品が組み合わされた状態で流れるような一体感を実現することができた。これには、多方向にスライドする入れ子の精度が製品品質に影響するため、高度な金型加工と精密成形技術が必要であった。(図-4)

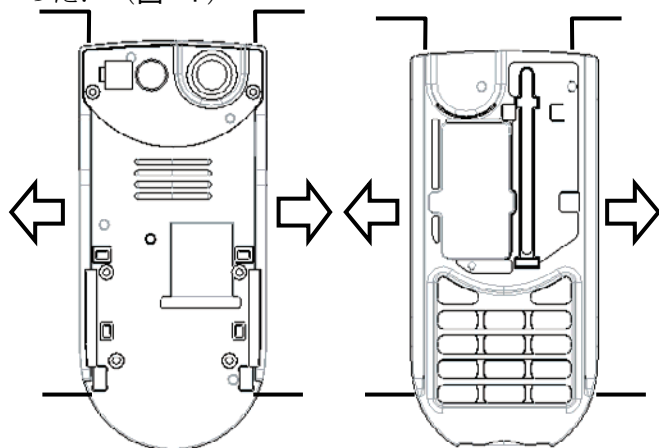


図-4. LCDバック及びKEYフロント
金型可動方向

3-3. 塗料、塗装

『V401SA』のボディカラーはグラブカーキ、スプレーホワイト、トリックオレンジの3色で発売されている。(写真-2)



写真-2. 『V401SA』3色写真

(※左からグラブカーキ、スプレーホワイト、トリックオレンジ)

『V401SA』はClose状態とOpen状態で違った表情を見せる。スプレーホワイト、トリックオレンジに関してはClose状態では落ち着いた配色になっているが、Open状態では派手目の色が現れる。そのデザイン要求を満足させるために、塗料では高輝度のアルミやパールを用いることで派手さを表現した。また塗装でも高圧ガンで乾燥時間を長く設定させることにより、アルミやパールを一定方向に並べ、よりマットで輝度の高い色を実現した。

4. おわりに

本製品は冒頭にも書いたが、三洋電機(株)殿から‘04年夏モデルとして開発、発売され、数ある携帯電話の中でも話題の商品となっている。

豊田合成は三洋電機(株)殿より他にも様々な機種を受注しており、現在も技術開発を進めている。

今後は、今回の機種で得た知識・経験を十分に活かし、更にニーズに合った携帯電話を開発していきたいと考える。

最後に本製品の量産化に際しご支援、ご指導頂いた三洋電機(株)の関係部署及び、金型、成形、材料、塗料メーカーの方々に深く感謝する次第である。

社外発表文献一覧表 (1)

List of Published Papers (1)

(2003年11月～2004年10月発表分)

*印：社外共同発表者

表 題	発表者	発 表 先
High Power LED	東門 領一	Strategies in Light 2004 (04.02.04)
LED 色光表示に対する見やすさ研究	久保 千穂 安井 真由美 林 幸絵 木村 洋治 永田 雅典	自動車技術会論文集 (Vol.35 No.2)
自動車高分子材料の最近の取り組み状況について	小泉 順二	ファイラー研究会 (04.4.23)
ステアリングホイール芯金の反共振動周波予測	青木 雅司 志賀 一三	自動車技術会 中部支部通常総会 (04.06.02)
Ⅲ族窒化物半導体を用いた短波長LEDとその応用	下西 正太 山口 寿夫 柴田 直樹	レーザー研究 (Vol.32 No.6)
Light source with short wavelength III-V LED chip	末広 好伸	The 10 th International Symposium on the Science and Technology of Light (04.07.18)
短波長LEDの応用	加藤 久喜 柴田 直樹	日本学術振興会 162 委員会 (04.7.29)
道路用LED色彩標示器の視認性	永田 雅典 藤間 崇史* 萩原 和人* 山本 源治* 池田 典弘* 阿山 みよし*	第16年度照明学会全国大会講演論文集 (04.8.5-6)

社外発表文献一覧表（2）

List of Published Papers (2)

(2003 年 11 月～2004 年 10 月発表分)

*印：社外共同発表者

表 題	発表者	発 表 先
LED 照明による温冷感に対する一考察	永田 雅典	第 5 回日本感性工学会大会予稿集 (04.9.9-11)
A Low Cost Bi-Directional Optical Data Communication Module for POF	Y.Inui M.Yoneyama* A.Kawasaki* M.Kagami*	13 th International Plastic Optical Fiber Conference 2004 (04.9.27-30)
Structural Analysis of Steering Wheel Grip Comfort by Semantic Differential Method	M.Nagata K.Nishina*	IEEE SMC 2004 (04.10.11-13)
Three-dimensional polymer optical wave guide circuits fabricated using Light-Induced Self-Written technique	Y.Inui M.Kagami* T.Yamashita* A.Kawasaki* M.Tsuchimori*	Symposium on Advance and Trends in Fiber Optics and Applications 2004 (04.10.11-14)
白色 LED を用いた読書灯の読みやすさの研究	永田 雅典 山岸 未沙子* 山羽 和夫*	日本人間工学会東海支部 2004 年研究大会論文集 (04.10.23)

編集後記

人間の活動が環境の悪化をもたらし、人間の生存が脅かされることが認識され、有害排出物の削減、廃止が進められてきました。生産活動に伴う排出物を中心に対策が進められてきましたが、市場で寿命を迎えた製品の処理についても関心が高まり、リサイクルし易い製品や廃棄しても有害物質を含まない発生しない製品の開発が進められています。家電製品リサイクルに続いて自動車リサイクル法が施行され廃自動車の適正な処理も進むことが期待されます。

一方もっと大きな地球温暖化の原因物質とされる炭酸ガスについては化石エネルギーが中心の現状では使用エネルギー量とほぼリンクしており、省エネ活動は盛んに行われていますが削減は容易ではないようです。しかし懸案であった京都議定書もロシアの参加でやっと発効の目途がつき、世界的な規模で対策が進むものと期待されます。地球温暖化が進むと気候の変動が激しくなり早魃や豪雨が発生し易くなると言われていますが、今年の台風を見ると温暖化の影響がもう出てきたのかと心配になります。一層力を入れて環境対策を進めていかなければなりません。(Y)

(非売品)

豊田合成技報編集委員会 編集委員長 市原正英 (技術企画部) 編集委員 牛田洋子 (開発部) 小泉順二 (材料技術部) 馬場宣芳 (金型機械事業部) 磯村博恭 (施設環境部) 川島大一郎 (内外装部品事業部) 藤波京一 (機能部品事業部) 小林裕之 (セイフティシステム事業部) 野崎政博 (ホテ ィーリング 事業部) 高橋俊雄 (オプト E 事業部) 安井誠志 (特機事業部)	豊田合成技報 第46巻 第2号 (禁無断転載) 2004年 12月 21日印刷 2004年 12月 28日発行 発行所 豊田合成株式会社 発行人 村田 篤則 印刷所 竹田印刷株式会社
---	--



本社・春日工場	〒452-8564 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 番地	Tel (052) 400-1055
技術センター	〒492-8540 愛知県稲沢市北島町西の町 30 番地	Tel (0587) 34-3303
稲沢工場	〒492-8542 愛知県稲沢市北島町米屋境 1 番地	Tel (0587) 36-1111
西溝口工機工場	〒492-8452 愛知県稲沢市西溝口町第二沼 1 番地の 1	Tel (0587) 36-5761
森町工場	〒437-0213 静岡県周智郡森町睦美 1310 番地の 128	Tel (0538) 85-2165
尾西工場	〒494-8502 愛知県尾西市明地字東下城 40	Tel (0586) 69-1811
平和町工場	〒490-1312 愛知県中島郡平和町大字下三宅字折口 710	Tel (0567) 46-2222
東京営業所	〒100-0005 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 1 号岸本ビル 308 号	Tel (03) 3213-5681
大阪営業所	〒532-0003 大阪市淀川区宮原四丁目 1 番 45 号新大阪八千代ビル 3 階	Tel (06) 6391-2691
広島営業所	〒732-0805 広島市南区東荒神町 3 番 35 号広島オアシスセンタービル 3 階	Tel (082) 264-3887
宇都宮営業所	〒321-0953 栃木県宇都宮市東宿郷三丁目 1 番 9 号 USK 東宿郷ビル 7 階	Tel (028) 610-8846