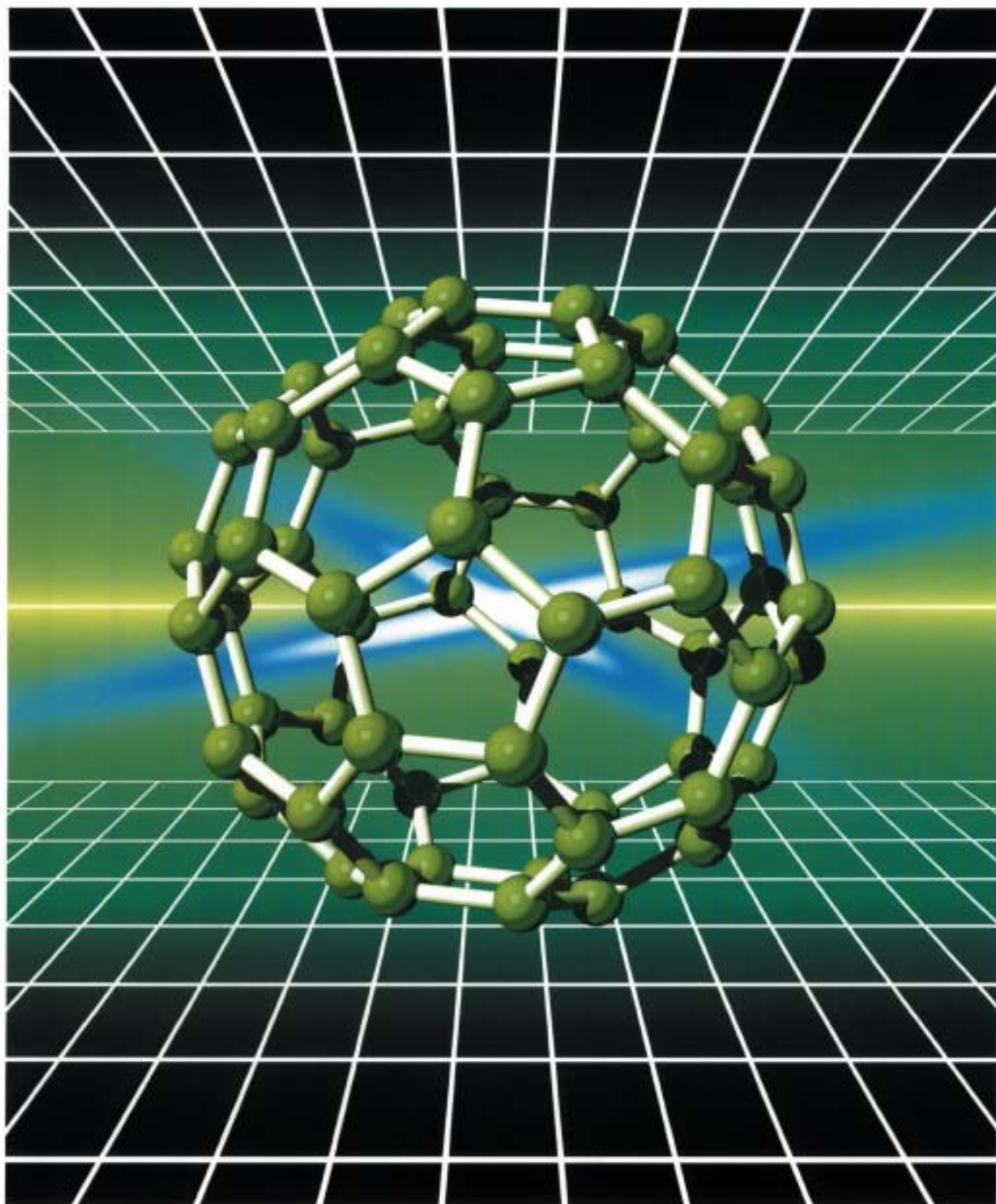


豊田合成技報

 TOYODA GOSEI TECHNICAL REVIEW

VOL.44 NO.1 2002



巻頭言	デファクトスタンダードとスピード開発の両立を ……	長坂 康正……………	1
総説	感性工学に関わる動向 ……	永田 雅典……………	2
	ゴムのリサイクル処理 ……	竹内 勝政……………	8
報告	エンジンカバーの防音性能解析 ……	榊原 康雄…………… 広瀬 吉一 小笠原 豊	14
	エンジンカバーの内そり予測 ……	山田 和慶…………… 西郷 栄人 田中 宏尚	20
	重回帰分析による液封エンジンマウント 静ばね特性予測式の確立 ……	竹尾 茂樹……………	26
資料	インパネ意匠サブ Assy の開発 ……	服部 泰伸……………	32
新製品紹介	A/B ドア一体インパネ用塗料 ……	関谷 隆……………	34
	読書灯 ……	佐野 良男…………… 苗代 光博 神谷 孝行 伊藤 浩史 武藤 雅信 高橋 祐次	36
	オール TPO アウターウェザーストリップ ……	浜端 満男……………	38
	カー TPO 接続オープニングトリムウェザーストリップ ……	水谷 安志……………	40
	ハイブリッドホイール ……	大庭 達也…………… 寺本 泰庸	42
	エンターテインメントホット "A I B O," 筐体 ……	杉山 勝哉……………	44

TOYODA GOSEI TECHNICAL REVIEW VOL.44 NO.1, 2002

CONTENTS

Foreword	Yasumasa Nagasaka	1
Technical Review		
The Tendency of Kansei Engineering	Masanori Nagata	2
Recycling Technology for Automotive Rubber Products	Katsumasa Takeuchi	8
Technical Reports		
Acoustic Analysis of Engine Covers as Sound Insulators	Yasuo Sakakibara Yoshikazu Hirose Yutaka Ogasawara	14
Inner Warpage Prediction of Corner Parts for Engine Cover	Kazumichi Yamada Yoshihito Saigo Hironao Tanaka	20
The Establishment of the Hydraulic Engine Mounting Static Spring Stiffness Estimate Formura by Multiple Regression Analysis	Shigeki Takeo	26
Technical Note		
Development of Instrument Panel Sub Assembly	Yasunobu Hattori	32
New Technologies		
Paint for Instrument Panel with Passenger Side Air Bag Door	Takashi Sekiya	34
New Products		
Reading Light	Yoshio Sano Mitsuhiro Nawshiro Takayuki Kamiya Hiroshi Ito Masanobu Mutho Yuuji Takahashi	36
All TPO Outer Weather Strip	Mitsuo Hamahata	38
Opening Trim Weather Strip connected by Colored TPO Molding	Yasushi Mizutani	40
Hybrid Wheel	Tatsuya Ohba Yasunobu Teramoto	42
Case for Entertainment Robot "AIBO,,	Katsuya Sugiyama	44

巻 頭 言

デファクトスタンダード とスピード開発の両立を



金型機械事業部 事業部長
取締役 長 坂 康 正

経営面から見ても、技術者から見ても、技術開発の夢は、その技術が世界で認められ、デファクトスタンダードとなることであろう。歴史的に見て、そのような技術開発は10年単位の年月を要している。さらに幸運にも恵まれたことも多い。しかし、その確率を少しでも高めるためには、層の厚い基礎研究、潜在的ニーズの徹底調査、それらを継続的に支える人材の育成・研究開発費の確保、テーマの軌道修正にあたっての経営者、管理者の判断力など、文字どおり、企業の総合体力勝負となる。

今、日本をはじめ、世界のトップレベルの技術が、世界の工場と化した中国に注がれており、日本の物造りの空洞化の急速な進展が危惧されている。中国での自動車の開発、日本への輸出も遠からず実現する可能性は大きいと思わなければならない。

中国が、品質、コストとも世界のトップレベルの技術を手に入れるならば、我々はさらに高度な技術開発ポテンシャルを持ち続けなければならない。そのためには、科学的な市場調査、原子レベルの基礎研究、材料、製品設計・生産技術開発のサイマルテニアス化、ナレッジデータベースの蓄積、IT、SQCの徹底活用などにより、技術開発のスピードを速める必要がある。

ノーベル賞受賞者などのお話を伺うとき、自らの仮説に基づき、納得のいく実験装置を造り、その中から“事実”を引出し、独創的な理論を導き出しておられる。ミクロな世界、瞬間の中の“事実”から、デファクトスタンダードに大きく成長する技術へとどのように結び付けていくか、研究者、技術者、管理者ともども夢を大きく描きながら、知的好奇心を持ち続けていきたい。

総 説

感性工学に関わる動向

The Tendency of Kansei Engineering

永田 雅典*

1. はじめに

「感性」というあいまいな言葉が「工学」という論理的な本来相容れない言葉と結びつき、「感性工学」なる新語が誕生したのは1980年代半ばのことであった。その背景には、それまで主としてマーケティング界などで流行語的に取り扱われてきた『感性』は、なんとなく都合のよい表層的で主観的な用法が主であったがため、画一的な大量生産によるモノの充足が進む中、個々人の感性に訴求する物作りの重要性が認識され始めたことには対応しがたいことがあった。

このような状況の中、輸出立国日本の物造りに心の豊かさを反映すべく、感性へのアプローチを目指した国家プロジェクト第一期人間感覚計測応用技術が1990年には開始された。その流れは、現在取り組まれている人間行動適合型生活環境創出システム技術へと続いていく。

一方、この新語が広く世の中に認知されるに至るのはバブルも崩壊した1995年、信州大学繊維学部の感性工学科設置といわれており、その学科紹介ホームページ¹⁾(以下HPと略)には感性工学の目指すところ～定義までの確にまとめられており、以下に引用させていただく。

引用： 新たなる価値の創出の源泉を感性に求めようとするならば、この感性を客観的、定量的にとらえ、さらに活用する技術の開発をしなければならない。それには感性の根柢に横たわる「快・不快、美しい」といった対象に対する感情の測定・評価法を確立することが必要である。次に、感情を含んだ感性の情報科学的側面の研究が必要であるが、これには様々

なイメージの情報科学的表現方法やイメージ間の変換方法の研究などがあげられる。そして、最後に重要なことは、これらの感性の研究結果を基礎として、人びとの毎日の生活が美しく、快適で豊かなものとなるような実用研究がなされることである。

以上のことから感性工学は、感覚分子生理学(感覚分子工学・感覚生理・感覚シ

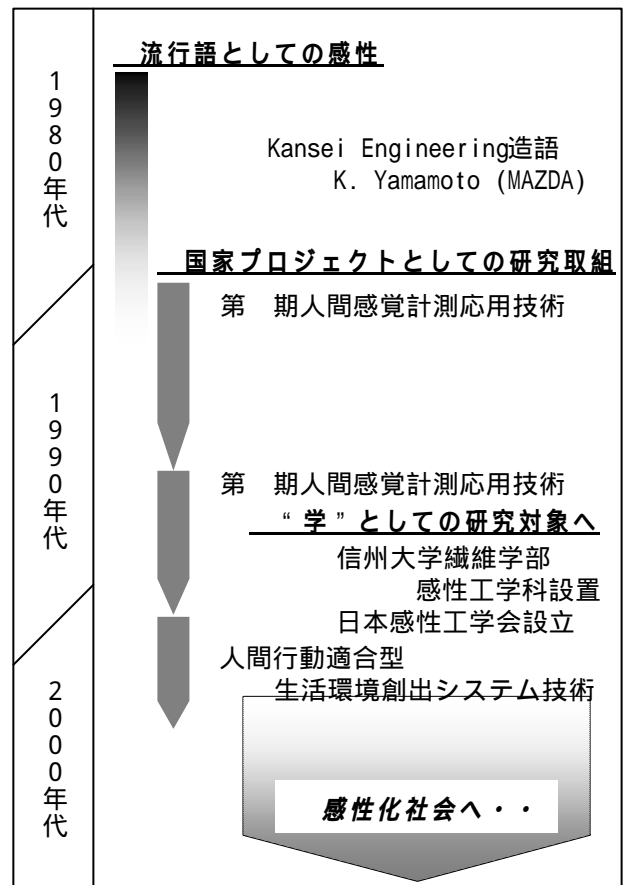


図 - 1 『感性』に対する近年の動向

* Masanori Nagata 開発部 E-mail : tg14202@toyoda-gosei.co.jp

ミュレーション・感覚計測など), 感性情報(感性情報処理・芸術情報・生体情報処理), および感性創造工学(感性メディア・感性造形学・感性材料学・感性製品設計)を要素とした総合工学であり, 感性を生理学・心理学・認知科学・情報科学などにより客観的にとらえ, これに基づき人びとの生活を豊かにする素材や製品の設計法・製造法を開発する工学と定義される。

さらに, その流れは他大学における新学科設置や1998年の日本感性工学会の設立へとつながっていく。以上のべてきた感性に対する近年の流れを図-1に示す。この流れはもはや感性工学が特殊な狭い領域を指すものではなく, 人間生活全般を網羅するものになったことに他ならないことを示しているといえる。

2. 感性工学に関わる学会および研究機関

狭義の感性に対応するのは心理的な側面が主体であったが, 現在の人間生活全般を対象とする感性工学が取り扱う広義の感性は人間の心理・生理・行動全てにわたる。

このことから, 感性工学に関連した評価研究と人間工学との境界は全くないと言えるし, 人?モノ?環境系からの総合的テクノロジーの融合領域であるともいえる。そこで, 表-1に連携する学

会として, 人を測ることを専門とする日本人間工学会とヒューマンインタフェースを専門とするヒューマンインタフェース学会の2000年度大会のセッションでの対比から, いかにかオーバーラップしているかを示す。

以下, 表-1に掲げた学会の概況についての特徴的な表現を, 各学会HPから引用させていただく。

2-1. 日本感性工学会

21世紀間近に設立されたこの新しい学会は, 幅広い複合境界領域を融合し, 新しい考え方や方法・手段を開拓するパイオニアとしての役割を果たしていくとHP²⁾の設立の目的で記している。

引用: 本会は, 21世紀の情報化社会を担う文化・科学技術を, 感性を中心にして発展させていくために設立されました。社会科学, 人文科学, 自然科学, 工学並びに技能等人間のなせる業を融合し, 人類の幸福のための方法を求めていきたいと考えております。

産業革命以来の近代科学技術は, さまざまなモノを大量に作り出し, 人々に豊かさを提供してまいりました。しかしながら, その結果, 画一的な工業製品を生み出したため, 個々人の生活を没個性化させ, 創造性をも喪失させかねず, こうした混沌から脱出する試みとして, 「感性工学」に挑戦しようとするものでありま

表-1 関連学会2000年度キーワード

学会	キーワード/セッション名
日本人間工学学会	視覚 タッチパネル 交通 疲労 生体計測筋活動・筋作業 温熱バリアフリー 高齢者安全 騒音バーチャルリアリティ VDT 作業効率 医療・看護 認知・人間特性 組織プラントと安全 ユーザインタフェース ユーザビリティ 感覚計測 認知・人間特性 感性工学 生活空間と人間特性 動作・姿勢認知・制御
日本感性工学学会	感性デザイン・工業デザイン・感性情報 ヒューマンクス 感性工学とビジネスモデル特許 感性工学と新製品開発 魅力工学 感性検索 感性計測・感性評価・感性デザイン工学 ディスクロージャ・感性事業・消費・住民参加型手法 感性教育・カウンセリング マルチメディア情報処理 風土工学 感性インタラクション 感覚工学・設計・官能評価・アパレル・ファッション・情報 感性ロボティクス 福祉医療工学 感性工房 感性素材 ファジィ・あいまいと感性 感性商品 感性マーケティング
ヒューマンインタフェース学会	インタフェースデザイン ユーザビリティ 視覚障害支援 バリアフリー 身体的コミュニケーション 出力デバイス マルチメディア 設計支援 手話・アニメーション 聴覚障害支援 コミュニケーション支援 感性・感覚 入力デバイス 対話発表 ユーザ行動・モデル 安全人工現実感 実世界指向 表情 ノンバーバル 生理 認知 交通インタフェース

す。当面の課題として、感性の計測と定量化に関する手法の開発、揺らぎ・ファジィ・フラクタル・複雑系というような新しい解析方法の導入、情報工学・人間工学・認知科学・心理学・デザイン学などの諸領域にわたって学際的に研究、さらにこうした成果の事業化の可能性に関する調査など、既存の工学や境界領域で取り上げにくいテーマを、積極的に対応していこうというものであります。

なお、設立時に多くの学会から祝辞が送られており、連携の広がりがイメージしやすいのでその広範な領域の一部を例示する。

：日本機械学会 日本デザイン学会 日本照明学会 電気学会 自動車技術会 日本材料学会 日本官能評価学会・・・ / 順不同

2 - 2 . 日本人間工学会

人にやさしい技術、使いやすい機器、生活しやすい環境を考えるために生まれた人間工学は、今では多くの分野で広く応用されている。一方、最近の産業構造の急激な変化や情報技術（IT）革命の進展を背景とし、深刻な社会的問題となっている人々のストレス増加等に見るように、緊急に解決されるべき人間工学上の研究課題は山積している現状である。として、日本人間工学会理事会から21世紀の人間工学戦略課題が提起されている³⁾。

引用（部分）：

(1)人間工学ニーズに基づき計画的に実施することが必要な課題

- ・生活者中心の人間工学設計方法の確立
- ・情報技術の人間化に関する指針の開発
- ・高齢社会に適したユニバーサルデザイン指針の開発
- ・本質安全化に寄与するヒューマンエラー予防対策
- ・作業とストレスによる健康障害予防策等を重点的に実施する。

(2)研究組織と協力体制に関わる課題

- ・人間工学を産業に応用するための研究協力体制
- ・人間工学専門資格制度の有効活用および人材の開発
- ・国際社会における更なる貢献と地域を越えた連携

- ・人間工学の体系化と教育の質の向上策
- ・科学技術研究における独立領域としての人間工学の確立等を重点的に実施する。

(3)人間工学応用を促進させるための方策課題

- ・人間中心設計など人間工学的思考・概念の社会的普及と実践的活用
- ・問題解決に役立つ人間工学情報システムの組織的研究
- ・各種人間工学ガイドラインの策定と出版
- ・データブック・事典・教科書等の編纂
- ・製品の人間工学的評価指標の開発と普及
- ・国際標準、国内規格における人間工学の体系的応用等を重点的に実施する。

2 - 3 . ヒューマンインタフェース学会

ヒューマンインタフェース学会の発足に際して井上統一学会長が挨拶されている内容を示す⁴⁾。

引用（部分）：

さてヒューマンインタフェース学会は、「21世紀は人の世紀、その要となる技術がヒューマンインタフェース」であることを旗印に、また新学会の行う諸事業を通じて「21世紀の学術（学問、技術、芸術）と社会の発展に重要な貢献をして行く」ことを目的に設立されました。ヒューマンインタフェースは極めて学際的色彩の濃い学術分野です。従って、多種多様なバックグラウンドを持つ研究者、技術者あるいはユーザに参加して頂くことが必須ですが、単に集まるだけでは十分ではありません。新学会に課せられた使命は、ヒューマンインタフェース研究の総合化と体系化にあると思います。これにより現在ともすれば、要素理論、要素技術あるいはケーススタディの単なる集合と世間から見なされがちなヒューマンインタフェース分野を新しい魅力ある学術分野として確立することが出来ましょう。そのためには、新学会は何より内外に対してオープンであり新しい試みを受け入れる体質造りが重要であります。

この他にも、国立の研究所として人間感覚計測技術プロジェクトを先導した旧工業技術院生命工学工業技術研究所 = 現独立行政法人産業技術総合研究所 <http://www.aist.go.jp> や人間生活工学センタ

一（略称HQL）<http://www.hql.or.jp>，ならびに，上述した多くの関連学会が存在するので関心のある方は参照されたい。

3. 感性工学研究のターゲット

ここまで感性工学に関わる現況など述べてきたが，そのめざすべき役割は，感性訴求商品開発のため近い将来の社会的な流れへの対応と設計・製造への対応のインタフェースとして機能することにある．そのイメージを図-2に示す．

高度成長期までのモノ造りにおいては，図-2

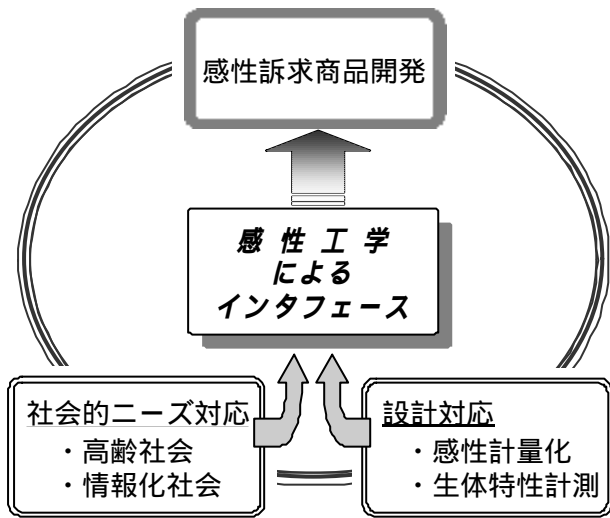


図-2 感性工学によるインタフェース

のイメージは概念的なものでしかなく，圧倒的なハード優先指向＝画一的な大量生産的な製品開発が優先される傾向が強かった．しかし，バブル崩壊以降の現在そして近い将来の社会的な流れにおいて，注目すべきは，コストダウンのための大量生産は必要としても，『何を造るか』の観点の根底が大きく変化していることにある．このような変化への対応として，今後は図-3に示すようなソフト・ハードの融合した効率的で的確な製品開発が不可欠となっていく．図中でのソフト系の領域が感性工学研究のターゲットであり，図-4に感性工学の位置づけについて示す．

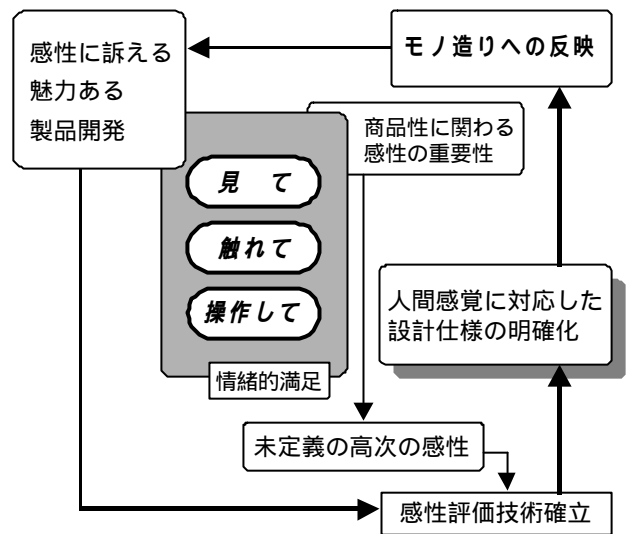


図-4 感性工学 / 感性評価の位置づけ

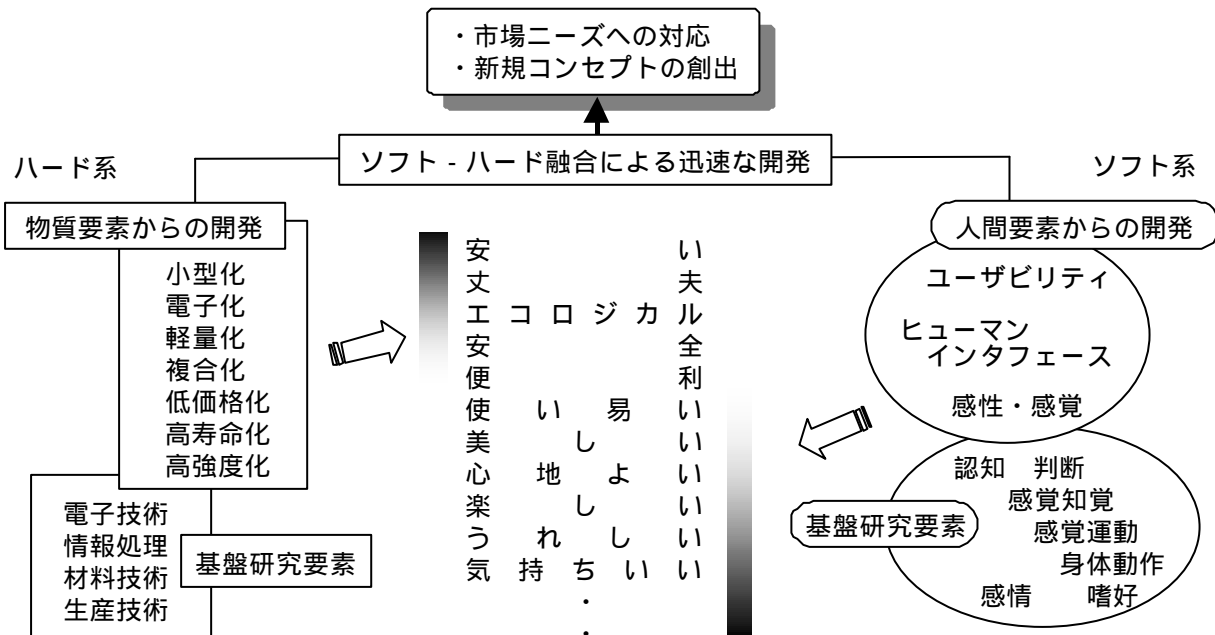


図-3 ソフト・ハード融合のイメージ

・研究事例から

初期の感性工学の研究事例は、長町等の研究⁵⁾に見られるように、デザイン評価を主体として比較的限定された領域において取り組まれてきた。しかし、近年の当該分野研究は、これまで述べてきたように広く人間生活工学全般を網羅するようになり、当初本報告において意図した全般的な研究動向の紹介は切り口が不明確で断念した。換言すれば、人の関わる事象全てが感性工学の対象になってきたのが動向とも言える。ヒトに関わる事象に対するモノ・環境の関わりを日本人間工学会第42回大会講演発表内容から、概略拾いだした件数で図-5に示す。

なお、人間特性の計測・解析法については研究内容は高度になってはきたが、これまでも多用されてきた手法が基本であることを、第3回感性工学会の発表³⁾から人間特性計測・解析法について抽出しまとめて表-2に示す。なお、図中の数字は発表件数の概略数である。

本誌の読者諸兄におかれては、自動車技術あるいは材料技術専門の方が多いため、この領域の研究に対するイメージにふれていただくため極一部の対象ではあるが、当社感性工学の研究事例/流れを簡単に紹介させていただくことにした。

これまでに、社会的あるいは技術的にどのような目的で何を対象に感性工学関連研究がなされているかを述べてきた。当社における感性工学面から認識している現状の大きな課題としては、1)主に感性の定量化/計量化に関連した個人差の処理と、2)高齢社会対応あるいはユニバーサルデザインの観点からの高齢者特性であり、それぞれから例をあげる。

表-2 人間特性計測・解析法事例

心理	アンケート(単純集計): 20 SD法: 13 主成分分析: 9 因子分析: 8 クラスタ分析: 7 ニューラルネットワーク: 6 AHP: 6 重回帰分析: 4 数量化理論 類: 3 ラフ集合論: 2 ISM法: 2 評価グリッド法: 2
生理・動作	画像処理: 4 動作分析: 3 三次元人体計測: 3 眼球運動計測: 3 視野計測: 3 注視点計測: 3 荷重分布計測: 3 脳波計測: 3 筋電位計測: 3

4-1 個人差に対する研究

従来の感性に対する考え方は、「十人十色」、「ひとそれぞれ」など多様性は認めるがややもすると統計的な平均値処理されるか、全くの主観的な取り扱いがなされることが多かった。デザインイメージや見栄えなどのいわゆる感性情報を解析する場合、その標準ツールともいえるSD法による研究事例が多く見られるが、全体的な傾向の把握に対しては対応できても、物理量との対応等の工学的な処理あるいは目的に応じた被験者の選択等には個人データをいかに扱うかが大きな課題であった。

この課題に対しては、これまで名古屋工業大学生産システム工学科仁科研究室との共同研究により、**意匠性、見栄え、触感**などを対象にして、三相因子分析などの手法を用い、感性評価を階層構造としてとらえ、共分散分析、グラフィカルモデリングなどによる因果関係解析を行うなどして多くの知見を得ている。

モノ・環境 ヒト事象	福祉・医療	生活・労働	交通・自動車	PC・GUI関連	製品・システム
快適性・感性・感情	■	■	■	■	■
行動・動作 生体特性	■	■	■	■	■
疲労・安全 ヒューマンエラー	■	■	■	■	■
ユーザビリティ・ インターフェイス	■	■	■	■	■
視覚特性	■	■	■	■	■
高齢者・障害者	■	■	■	■	■

図-5 ヒト×モノ・環境事象研究件数例

三相因子分析および感性評価の断層構造イメージについて、図 - 6, 7 に示す。

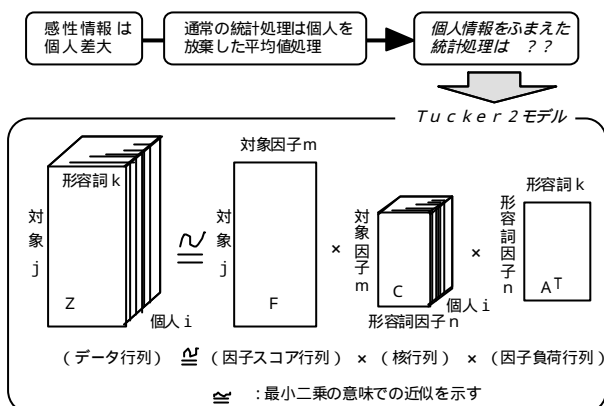


図 - 6 三相因子分析の考え方

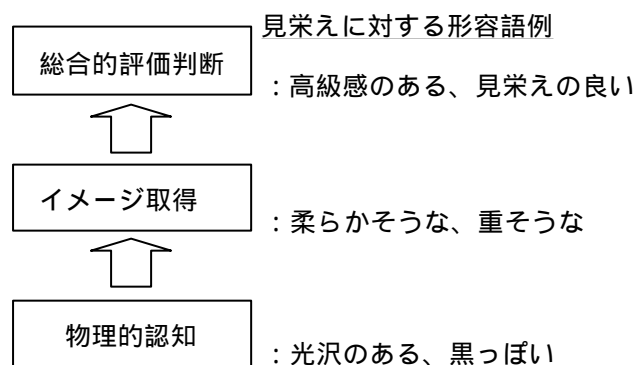


図 - 7 感性評価の階層構造イメージ

感覚・知覚に関わる下位二層についてはかなりの部分まで解析できるようになってきたが、最上位すなわち『感性』領域についてはまだまだというのが現状である。

心理的な個人差解析についてと同様に、生体特性や動作特性についても個人差があり、それらについても留意した研究を実施してきた。

4 - 2 高齢者特性に関する研究

高齢者特性に産業界全般が注目したのは、1994年の高齢社会への突入から、1999年国連の国際高齢者年にかけてである。介護保険法がらみの福祉機器開発に多くの企業が参入し、企画・設計に際して従来データでは対応できない課題が多く発生したことによる。当社においても、初期の研究では福祉機器開発に関連した高齢者の動作特性解析研究をかさね、現在はユニバーサルデザイン対応を目指して、主としてLED（発光ダイオード）を対象とした高齢者視覚特性研究に

取り組んでいる。傾向としては把握できていても、実際の設計値として即利用可能なデータは文献類からはほとんど得られないのが現状である。

これまでの研究から、従来、人それぞれといわれている『感性』ではあるが、各人の感覚知覚あるいは動作行動などに対する掘り下げた多面的計測や解析を行い個人差の背景を明確に把握することを試みることにより、高齢者特性に象徴されるように、少しずつではあるが設計へ反映できるような知見が得られつつある。

5. 今後の展望

デフレ基調で閉塞感の続く日本経済 / 産業界において、バブル崩壊後も、生産性向上を基軸とした対応が多く企業の取り組まれてきたが、一方で、ユニクロに代表されるMade in 海外製品の氾濫とグローバル化の波の中で翻弄されているかに見える。これまで記述してきた関連学会動向などから、それを打開するための重要な要素の一つが、感性に訴求する魅力ある製品を開発することであり、感性工学研究のターゲットであることがご理解いただけたことであろう。

今後はさらに、本文ではふれず一見関連が薄そうに見える環境・エネルギー問題などに関しても、それへの対応から派生する新システム、特に新たなヒューマンインタフェースにおいては、ハード・ソフト両面からのアプローチがスムーズになされることが不可欠であり、感性工学の果たす役割はますます重くなっていくことが示唆される。

最後に、参考引用させていただくに際しての各学会など事務局の厚意に感謝の意を表すとともに、関心をお持ちの読者諸兄が詳細サーチのためアクセスされるようURLを下記する。

参考引用URL, 参考文献

- 1) 信州大学繊維学部感性工学科
: <http://www.ke.shinshu-u.ac.jp>
- 2) 日本感性工学会
: <http://wwwsoc.nacsis.ac.jp/jske>
- 3) 日本人間工学会
: <http://plaza8.mbn.or.jp/~jes>
- 4) ヒューマンインタフェース学会
: <http://www.his.gr.jp>
- 5) 長町三生：感性工学の研究，2000
- 6) その他：各学会の大会予稿・論文・講演集など

≡≡≡ 総 説 ≡≡≡

ゴムのリサイクル処理

Recycling Technology for Automotive Rubber Products

竹内 勝政*

1. はじめに

環境問題が社会的に取り沙汰され始めて久しいが、21世紀を迎えた今、資源循環型社会に向けて、ゴムを対象とした環境保全のための活動は難度は高いが、我々ゴム産業に従事するものとして果たすべき重要な課題である。

ここでは、ゴムの構造的な特徴と構造ゆえのリサイクルの困難さについて説明し、近年開発されたリサイクル技術、特にせん断流動場反応制御技術によるゴムの再生について説明する。

2. ゴムの概要

もともとゴムはコロンブスの第2次航海(1494年)の折りにヨーロッパに持ち込まれ、消しゴム、防水布、ゴム靴として利用されていた天然ゴムが始まりであったが、1839年にアメリカのグッドイヤー(C. Goodyear)による加硫の発見により、本格的な工業材料として利用が始まり、1888年イギリスでダンロップ(J. B. Dunlop)により自動車用空気入りタイヤが発明されるや自動車の発展とともにその生産量が飛躍的に増加した。その後、石油産業の発展に伴いさまざまな合成ゴムが発明され、今では機能材料として自動車をはじめ、日常生活になくてはならない存在である。

現在では図-1¹⁾に示すように、ゴムの生産量は天然ゴム、合成ゴム合わせて世界で1600万トン/年に達している。

自動車の生産量は、日本国内をみれば頭打ちの観があるが、世界的にみれば今後の東欧・中国・インドの経済発展を考えればまだまだ増加すると思われる。

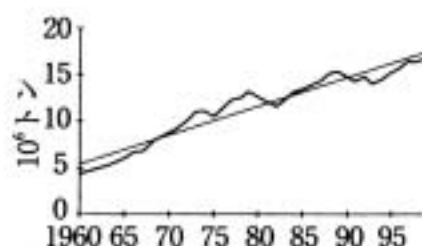


図-1. ゴムの世界生産量 (1960-99)

一方で、生産された車両は何年か後には車両としての機能を失い、廃車として処分されることになる。この場合の廃棄物の中で鉄、アルミ等の金属類は原材料としてマテリアルリサイクルされているが、高分子系材料部品は大物部品であるタイヤ、バンパーを除いてほとんどがシュレッダーダストとして埋立て処分されている。

その量は現在、国内で年間500万台の使用済み車両が発生しており、廃車からのシュレッダーダストが車両重量の20%とすれば、その埋立て処分量は約80万トン/年に達し、埋立て処分場の余地が後数年とされる日本においては早急な対応策が必要である。

3. ゴム系廃棄物のリサイクル方法

ゴムは熱可塑性樹脂と異なり、架橋構造を有しているため、熱硬化性樹脂・ウレタンと同様、リサイクルしにくい材料である。表-1に現在の処理技術を示すが、たとえばゴム部品として最も使用量の多いタイヤの例で見ると国内ではそのリサイクル率は90%以上とされているが、その多くはサーマルリサイクルであり、本来望ましいとされるマテリアルリサイクルの比率は12%程度で

ある。

ここで、どんな方法でリサイクルすべきかを考える手法としてライフサイクルアセスメント (Life Cycle Assessment : LCA) が有効であるが、たとえばタイヤを考えた場合、表-2²⁾ に示すようにタイヤ製造における消費エネルギーは非常に大きく、これを単に燃焼するだけではエネルギー損失が大きく、でき得る限り、マテリアルリサイクルすることが望ましいことになる。ただ現在行われているマテリアルリサイクル技術ではその得られる性能とコストのバランスが悪く、更なる高品位なリサイクル技術が必要となっている。

4. ゴムの特徴

このようなマテリアルリサイクルが困難なゴム材料の構造について概説する。

ゴム製品は、タイヤ・ベルト・ホース・防振ゴム・シール部品等非常に多くの用途があり、これらの用途はゴムの持つ特徴である超低弾性率・可逆的大変形によって支えられており、他の材料との比較を図-2²⁾ に示した。

この性能は他の工業材料では持ち得ない性質であるが故に、非常に有用な材料といえることができる。これらの機能を発現する理由は、ゴム分子は高分子量でありながら、アモルファスな液体の状態を示し、高分子鎖が活発なミクロブラウン運動を行っており、この状態の高分子はエントロピー弾性を示し、例えば大変形を受け分子鎖が拘束されエントロピーが減少すると、エントロピーが

表-2²⁾ ゴム製造に関わる材料製造、リサイクル工程における消費エネルギー

製造、リサイクル工程	消費エネルギー[kWh/kg]
タイヤ生産	20
ポリマー製造	13
カーボンブラック製造	13
タイヤリトレッド	6
廃棄タイヤゴム粉製造	0.2
再生ゴム製造	0.7
燃焼	-5

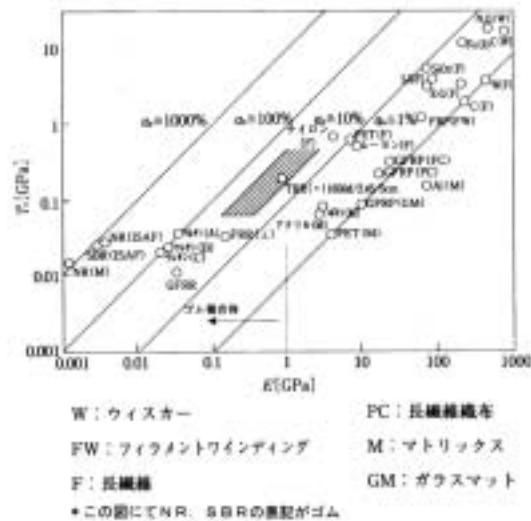


図-2各種材料の弾性率 (GPa) と引張り強さ Ts (GPa)

表-1. ゴムリサイクル技術分類

リサイクル分類	手段	リサイクル材料	用途
フィート ¹⁾ ストックリサイクル ²⁾ 注)	熱分解・油化	重油・還元剤	高炉・セメント原料等
マテリアルリサイクル	架橋点切断 (化学分解)	化学再生ゴム	ゴム用原料
	機械的切断 (微粉砕)	微粉末ゴム	ゴム用原料等
	機械的切断 (粗粉砕)	ゴムチップ	弾性舗装等
チーメルリサイクル	エネルギー回収・燃焼	電力、蒸気	燃料

注) フィート¹⁾ストックリサイクル²⁾: 廃棄物を工業材料の製造原料として活用する処理

増加する未変形状態に戻ろうとすることによる。ただこの状態を広い温度範囲で示す材料は少なく、絡み合った高分子鎖に架橋という3次元構造を付与することで、よりゴム弾性らしさを示すことが可能となる。この目的で、一般にはゴムに硫黄を加え加硫と呼ばれる熱硬化反応を施している。

更に実用のゴム材料は、要求される機能を達成するため、多種多様な充填剤を添加している。その内最もポピュラーなのがカーボンブラックである。カーボンブラックはゴム分子に補強性を与え、非結晶性な分子を工業的に有用な強度を持つ材料にすることが可能である。この構造を予測した藤本のモデルを図-3⁴⁾に示す。ここでAは液体状態にあるゴム状マトリックス、Bは架橋点濃度が平均値よりかなり高い領域、Cはフィラー表面にポリマーが化学吸着されて運動性を失った相で稠密構造と呼ばれている。この稠密構造は通常のコム加工プロセスの中で形成されるが、この構造により、液状であるゴム分子と固体であるカーボンブラックの間に補強効果が発生している。

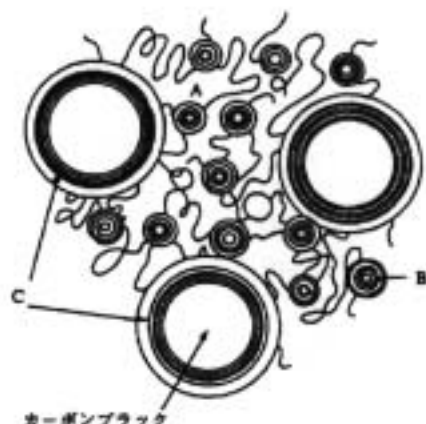


図-3.補強性カーボンブラック配合加硫ゴムにおける相構造
 A (A相) : 液体状態にあるゴム状マトリックス
 B (B相) : 架橋点濃度が平均値よりかなり高い領域
 C (C相) : フィラー表面に化学吸着されて運動性を失ったゴム分子によりなる相

図-3.補強性カーボンブラック配合加硫ゴムにおける相構造

これらの構造を形成させるゴム加工プロセスを図-4、図-5に示す。ゴムの場合一見固体であるゴム分子とカーボンブラックに代表される配合剤を混ぜ合わせるため、密閉式の混練機が用いられ、ここで高いせん断力と可塑性を得る適正な温度下で前述のC相が形成されるわけだが、コム加工の中でもこの工程に消費されるエネルギー量が高く全体の約7割を占めており、LCA的にみれば、ゴ

ム加工工程で最も貴重な工程となり、この高次構造を保持できるリサイクルが望ましい。

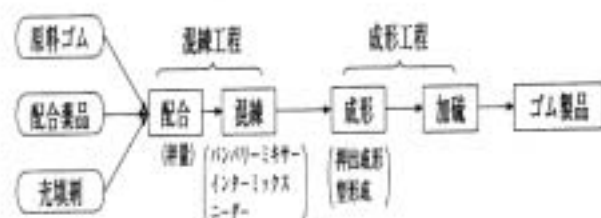


図-4 ゴム製造、成形工程



図-5. 混練工程の配置例

5. ゴムの再生について

ゴムの再生とは架橋ゴムを物理的または化学的に処理して再び粘着性と可塑性を与え、原料ゴムや未加硫ゴム生地と同様の目的に利用できるようにすることである。マテリアルリサイクルのうち、先のLCA的な考え方からいえば、前述の高次構造を保持できる架橋ゴムの再生ゴム化が最も望ましい。

最近の再生ゴムの消費比率を図-6⁵⁾に示すが、消費比率は年々減少する傾向にある。しかし、最近の廃棄物による環境問題への対応のため、今後増加することが予測される。

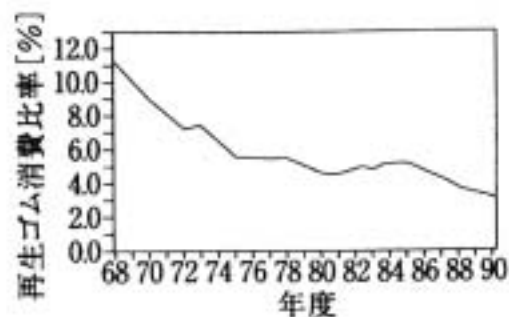


図-6. 再生ゴム消費比率 (再生ゴム消費量/新ゴム消費量)

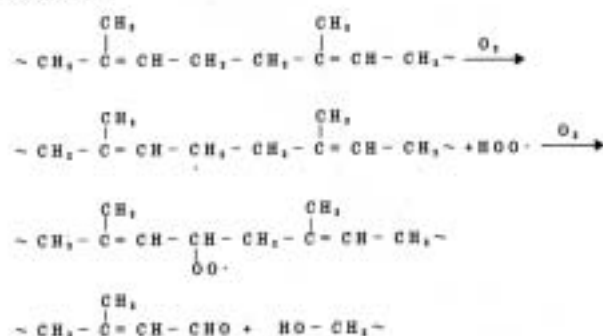
(1) 従来再生技術

現在再生ゴムとして市場に流通しているのは、ほとんどが廃棄タイヤを中心としたNR、SBRをパン法（別名：オイル法）により再生・脱硫したものである。パン法では可塑化させるため、再生剤を添加して架橋構造の可塑化、硫黄架橋の切断、主鎖の切断・解重合を起こさせて、ゴムの再生化を実施しており、そのプロセスを図-7⁸⁾に示す。ここで再生剤としては、プロセスオイル・ジスルフィド系化合物等が用いられ、また、脱硫工程では、解重合を促進させるため、水蒸気を利用して高温・高压で長時間保持し、その後、高せん断力を与えて均一化を図っている。



図-7. 再生プロセス法

この工程では、単に架橋点切断だけでなく、酸素存在下で処理されるため、次の反応により主鎖切断を生じ、より一層の可塑化が進んでいると考えられる。



この結果として、得られる再生ゴムは低分子量化による物性低下等により、原料ゴムとは異なった性質を帯び、また再生剤による臭気発生等から、単に元材料へ戻すより他の用途に用いられることが多い。その他の再生技術として検討されている方法は、グッドイヤー社⁹⁾からマイクロ波によるゴム内部発熱を利用したEPDM脱硫法、放射線によるブチルゴムの脱硫法⁹⁾、微生物による脱硫法¹⁰⁾などが報告されている。

(2) 高品位再生技術

従来の再生技術のコンセプトは廃棄物を産業資材として利用可能なレベルまで脱硫再生することが主題であり、そのためには可塑性確保が最重要であり、これを達成する手段として種々の再生剤を添加し、長時間の高温処理を施し、結果として元材料と比較し物性低下し、使用用途が限定されていた。今後の資源循環型社会を考えると再生材料といえども元材料と同等レベルな品質を確保する必要があり、また処理コストそのものも安価であることが望ましい。

ここでは、自動車用ウェザーストリップの工程内廃棄物を対象としたせん断流動場反応制御技術によるEPDM加硫ゴムの脱硫再生技術について説明する。

a) 基本技術

高品位な再生ゴムを得るには分子量低下を抑制するために、架橋点切断のみを選択的に行う必要がある。これには短時間での加熱処理が必要である。ここでは、図-8¹¹⁾に示すスクリー方式で、温度・圧力・せん断力をゾーン毎に制御可能なせん断流動場反応制御装置を使用した。脱硫反応制御は対象とする架橋ゴムの構造(図-9¹¹⁾)と架橋構造の結合エネルギー(図-10¹¹⁾)の差異に着目し、架橋点が選択的に切断できる条件を最適化した。

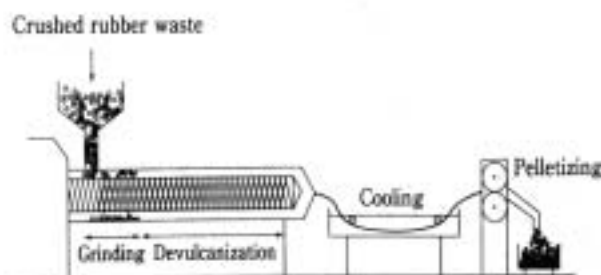


図-8 加硫ゴム廃材の連続脱硫装置

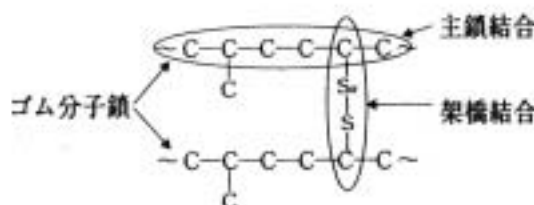


図-9. EPDMの構造

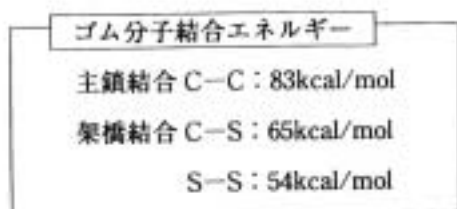


図-10. 結合エネルギー

b) 脱硫機構

本技術による脱硫メカニズムとしては、図-11¹²⁾に示した押出機の各部位からサンプリングした再生途中のゴムの架橋構造解析結果により、架橋構造のポリスルフィド結合が熱とせん断力により、押し出し機内部で徐々にジスルフィド結合からモノスルフィド結合に変化し、最終的にはチオール末端に変化していくことが、検証されている。この様子を図-12¹²⁾にモデル的に示した。

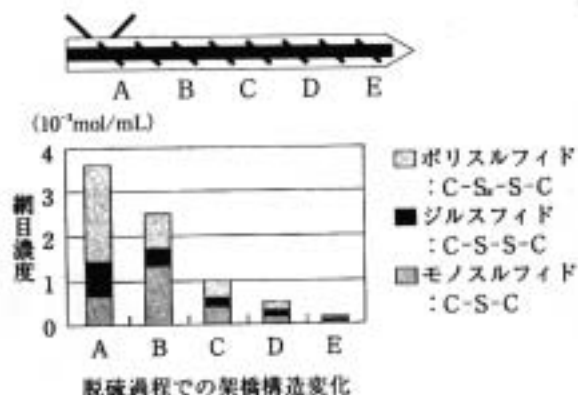


図-11. 押出機モデルと架橋構造解析結果

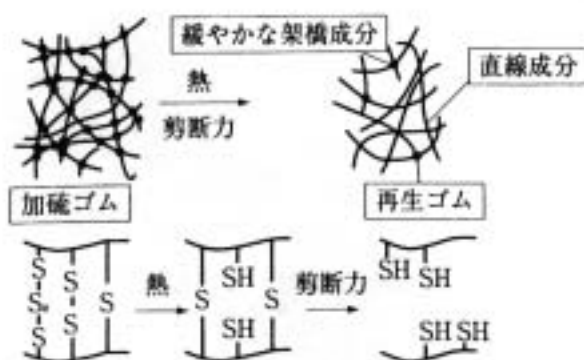


図-12. 架橋点切断のメカニズム(推定)

また、架橋点が選択的に切断されているかを検証するため、押し出し温度条件を250℃から350℃の間で脱硫実験を行い、再生ゴムのゲル分の架橋密度・ゾル分量等を計測し、ホリックスの理論に当てはめて解析したのが、図-13¹²⁾である。この結果から押し出し温度条件が350℃を越えるとポ

リマー主鎖の切断が始まることが推察できる。

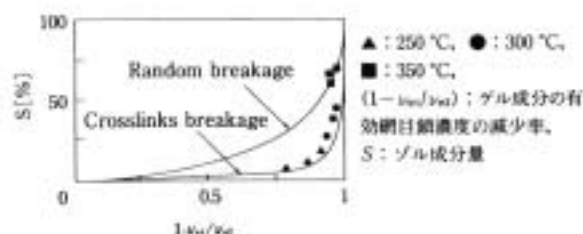


図13. Horikix理論曲線とゲル分量、ゲル成分の有効網目鎖濃度の関係

c) パン法との比較

この連続脱硫法とパン法との比較について使用済み自動車から回収したウェザーストリップを対象に評価した結果が報告されている。実験の方法は自動車から回収したドアガラスラン (EPDM) をそれぞれ連続脱硫法、パン法にて再生した未加硫ゴムを新材にブレンドし、その材料物性を比較したものである。図-14¹³⁾に引張り強さとブレンド比の関係を示すが、連続脱硫法の方が優れていることが判る。

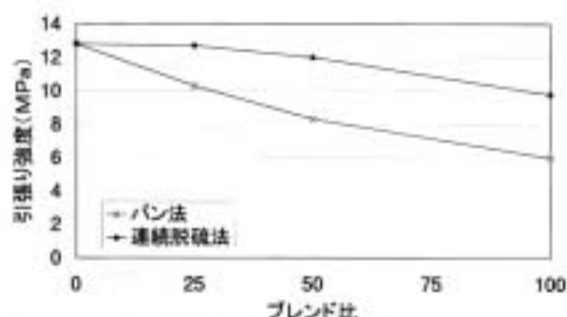


図-14. 再生ゴムのブレンド比率と引張強さ

本技術はトヨタ自動車(株)、(株)豊田中央研究所、豊田合成(株)の3社にて共同開発されたものであるが、上記物性上の特徴に加え、新規脱臭機構を加えての臭気面での改善、生産性面でも短時間処理が可能等経済的にも成立するとの判断から、既に工程内のウェザーストリップ廃棄物を対象としたマテリアルリサイクル処理として97年12月より実用化されている。また、更なる高付加価値化を達成するため、上記再生装置内でPPをブレンドし、架橋剤を加えて再生ゴムの一部を動的架橋することで高品質な熱可塑性エラストマーを得る技術も開発されている。

6. ゴムリサイクル処理の今後の課題

昨年4月に施行された家電リサイクル法に続き、自動車に関するリサイクル法も本年4月に制定され、欧州のEU指令に準拠し、2015年には廃車のリサイクル実効率は95%を達成する必要がある、現状の約80%から大幅な向上が必要となる。ゴムのリサイクル方法について、今回報告した高品位再生技術も有効な手段ではあるが、実際の自動車用ゴム部品には種々な材料が種々な複合化手法をもちいて使用されており、多方面にわたる技術開発が必要である。

6-1. 多様な材質

今回報告した技術はEPDM等のハロゲンを含まない材料には適用可能であるが、自動車には耐油性等を得るため、ハロゲンを含んだ材料例えばCR, CSM, FKM等が使用されているが、これらには適用できない。しかし、リサイクル可能率95%の達成を考えると、これらを含むシュレッダーダスト等もサーマルリサイクルあるいはフィードストックリサイクルする必要があり、ハロゲンを多量に含んだ場合、加熱段階でのハロゲンの分離処理が必要であり、処理コストあるいはダイオキシンへの対応等が課題となる。

この観点から、これらの材質の脱ハロゲン材への代替が必要となるであろう。

但し、一方でFKMのような高度な耐油性を有する軟質材料の代替は困難であり、ハロゲン含有の廃棄物に対する安全な無害化処理技術の開発も必要となる。

6-2. 易リサイクル設計

95%のリサイクル率を達成するためには、使用済み車両からの部品回収が必要となり、このためには取り外しし易い設計・分別し易い材質選択等、たとえば容易に識別可能とする確実な材質明示や同類材料での部品設計が必要となる。

6-3. 循環型社会構造

いままで、消費者が求める商品を作り出すため、自由な原材料選択が可能であったいわば片道切符で良かった時代から、商品価値を失ったものも活用することを前提として、より高い商品力を生み出す社会、つまり循環型社会への変革を求められている。今回は、廃棄物の中身がある程度判って

いる、いわば自社内廃棄物を中心としたリサイクル技術を中心に述べてきたが、この循環型社会構造を構築するためには、原材料メーカー、部品加工メーカー・カーメーカーといった動脈メーカーと静脈を担ってきた回収・解体メーカー等が連携し、種々な廃棄物を対象とし、工業用粗原料へ戻すフィードストックリサイクル技術開発が必要であり、また経済的に成立させるための地域毎の取り組みも必要と考える。

参考文献

- 1) Prachaya, Jumpasut : Rubber technology international 2000,9,(2000)
- 2) 福森健三：日ゴム協誌, 72, 494, (1999)
- 3) 西 敏夫：ゴムの辞典, p 548
- 4) 藤本邦彦：日ゴム協誌, 37, 602, (1964)
- 5) 秋葉光雄：ゴムの辞典, p 511
- 6) 秋葉光雄：ポリマーダイジェスト, 49, 29, (1997)
- 7) 山口幸一：高分子化合物の劣化と安定性, p 373
- 8) Fix, S.R.: *Elastomers*, 112(2), 38(1980)
- 9) Kalinuchenko, V.N.: *Int. polym. Sci. Technol.*: 11(7).T87(1984)
- 10) Loeffler, M.: *Kautsch. Gummi. Kunstst.*, 48(6), 454(1995)
- 11) 毛利 誠, 佐藤紀夫, 岡本浩孝, 松下光正, 本多秀亘, 中島克巳, 竹内勝政, 鈴木康之, 大脇雅夫：日ゴム協誌, 72, 278, (1999)
- 12) 毛利 誠, 佐藤紀夫, 岡本浩孝, 松下光正, 本多秀亘, 中島克巳, 竹内勝政, 鈴木康之, 大脇雅夫：日ゴム協誌, 72, 283, (1999)
- 13) 河西純一, 猪飼忠義, 杉本正俊, 濱田 裕, 加藤公一, 里田秀敏：自動車技術会学術講演会前刷集, No. 42-99, 9 (1999)

==== 報 告 ====

エンジンカバーの防音性能解析

榊原 康雄^{*1} , 広瀬 吉一^{*1} , 小笠原 豊^{*2}

Acoustic Analysis of Engine Covers as Sound Insulators

Yasuo Sakakibara^{*1} , Yoshikazu Hirose^{*1} , Yutaka Ogasawara^{*2}

要 旨

近年，車両の静粛性向上のため，エンジン騒音低減のための防音部材のニーズが高まっている．

エンジンカバーはエンジン上部を覆うことから防音部材として用いられつつある．しかし周波数帯によっては共鳴または共振が原因で騒音レベルが増大する場合があります，騒音低減のためにはエンジンカバー周辺における音の解析が重要になってくる．

今回，直列4気筒エンジンを用い，エンジンカバー装着によるエンジン上部の音の変化について解析を行った．まずエンジン騒音のレベルが高い周波数帯を抽出し，その周波数帯でのエンジンカバー周辺における音圧分布測定を行った．その結果，エンジンカバーとインマニの間の空間で共鳴が生じていることが判明した．共鳴を打ち消すため，エンジンカバーにスリット開口部を設け，通気性吸音材との組合せにより高周波の騒音レベルの悪化を招くことなく低周波の共鳴音を低減する検討を行った．開口面積および吸音材種と使用量の最適化の結果，500Hzの騒音レベルを約3dB低減し，その他の周波数帯のレベルを維持することが出来た．

Abstract

Sound characteristics are investigated for an engine cover that is used as a sound insulator.

Engine cover has a function of reducing engine noise by covering upper part of the engine. But engine noise can be louder if the design of engine cover is not appropriate. It is because an engine cover would cause resonant vibration itself or in the space surrounded by engine and engine cover.

In this study, we made frequency analysis of actual engine noise and extracted which frequency of noise is to be reduced. At that frequency, contour maps of sound pressure level are made around the top of engine with and without engine cover. The pattern told us that resonance noise appears in the space between the engine cover and intake manifold. So we made a slit opening on the body of the cover not to appear the resonance noise. By the combination of appropriate sound absorber, we obtained sound reduction of approximately 3dB at 500Hz and even at other frequency.

*1 開発部 開発室

*2 機能部品事業部 機能部品技術部 P・V部品技術室

1. はじめに

近年、車両の騒音規制対応、および車室内の静粛性向上のため、エンジンの防音部材に対するニーズが高まっている。

エンジンカバーはエンジンルーム内の意匠性向上のために採用が始まったものであるが、防音部材としての機能があるため採用車種が増加しつつある。更に優れた防音特性を得るためには、エンジンカバーの防音部材としての特性解析および最適設計が必要となる。

今回、直列4気筒エンジンを用い、エンジンカバーの防音状態を把握し、さらに騒音低減するための方法について検討を行った。

2. エンジンカバーの防音機能

一般的に、防音部材が防音特性に影響を与える要因としては以下のものがある。

防音範囲

エンジンは点音源ではなく様々な音源の集合体であるため、防音部材の設定範囲が狭い場合、その防音効果は防音されていない部位の音によって制約される。このため、出来るだけ広範囲に音源を覆うのが望ましい。

音の透過

音の透過は防音部材より音源側の音が防音部材を振動させ、音源と反対側に再放射されることにより生じる。そのレベルを下げるためには、防音部材表面の振動低減が必要である。

振動低減の方法には重量増と面剛性向上があるが、軽量化ニーズのため一般にはリブ立てによる面剛性向上で対応する。

辺縁部からの音漏れ

防音部材による音の透過や吸収が無く全反射される場合、音源からの音は音源と防音部材の間の空間に留まる。音源が防音部材によって完全に囲まれず隙間がある場合、音は隙間から放射されて防音効果を損なう。音源と防音部材の間の空間で共鳴が生じている場合は、かえって騒音レベルが上昇する可能性もある。

防音部材としてエンジンカバーを見た場合、ワイヤーハーネスやホースの存在、また組付性、メンテナンス性の関係から完全に隙間なく音源を囲

うのは困難である。この場合、吸音材等を使用して音源とエンジンカバーの間の音圧を低減する必要がある。

3. エンジンカバーの防音性能解析

今回の検討では、まずエンジン騒音の周波数特性から特に寄与度の高い周波数を抽出し、その周波数におけるエンジンカバー周辺の音圧分布を測定し、主な騒音発生部位の特定を行った。次にその分布状況から騒音発生の原因を推定し、騒音を低減する方策の検討を行った。

なお、エンジンカバーの防音範囲は意匠および組付け性の関係で制約を受けるため、今回は号口エンジンカバーの防音範囲に限定して検討を行った。

3 - 1. 試験法

図1にエンジンベンチにおける騒音測定を示す。エンジンは無響室内に設置され、ダイナモにより無負荷～全負荷での運転を行うことができる。

エンジンカバーはエンジン上部のシリンダヘッドカバーを覆うように設置される。防音効果は主として上方向に現れるため、騒音計測はエンジンカバー上方1mの位置にて行った。別途エンジンカバー近傍での音圧分布測定を行っているが、それについては3 - 3章にて述べる。

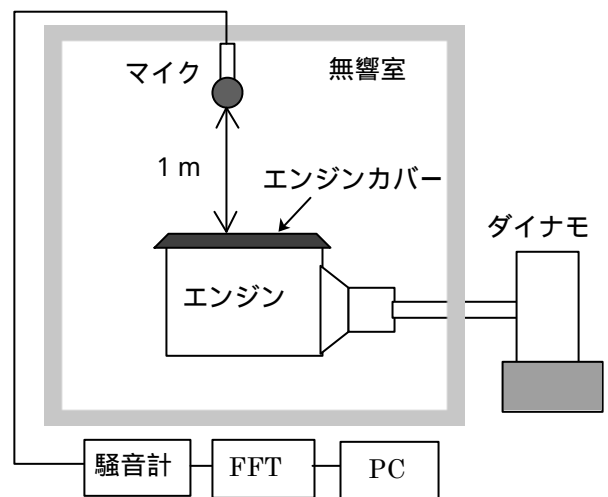


図1 エンジンベンチ試験

3 - 2. エンジン騒音の周波数特性

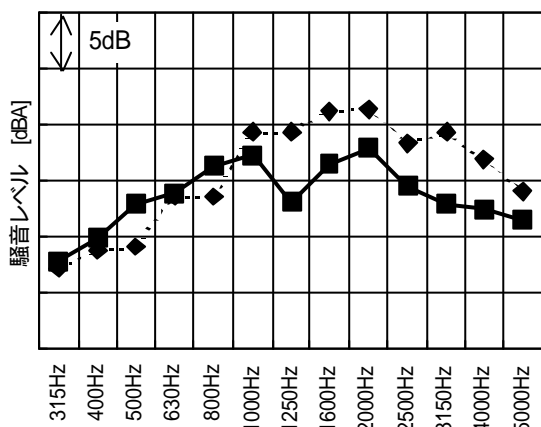
図2にエンジン騒音の周波数特性を示す。エンジンの運転はアイドリング状態（無負荷700rpm）のほか、全負荷1000～6400rpmのスweepで実施

しているが、エンジンカバーの効果（非装着／装着の差）は回転数によらず概ね一定であったため、本報では騒音レベルが最大になる全負荷6000rpm、および無負荷700rpm時の騒音データのみ示す。

全負荷6000rpmにおいて、2000Hzが騒音レベル最大となり、これがエンジンカバー装着により約3dB低減される。一方、800Hz以下ではエンジンカバー装着により騒音レベルが増大しており、特に無負荷700rpmにて500Hzの騒音増大が著しい。

全周波数域（オーバーオール）での騒音レベルを低減するためにはこれらピーク周波数における騒音低減が重要である。故に500Hzおよび2000Hzを中心に解析を進めるものとした。

(1)全負荷6000rpm



(2)無負荷700rpm

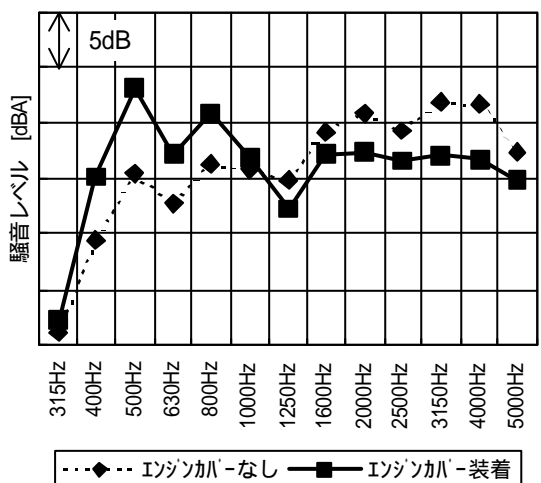


図2 エンジン上1mの騒音レベル

3 - 3 . エンジンカバー装着部の音圧分布測定

防音範囲における音の透過状態、および辺縁部からの音漏れ状態把握のため、エンジンカバー装着部の音圧分布測定を行った。

図3に示すように、エンジンカバー上部および周辺部につき格子点を設定し、各点についてエンジンカバー近傍の騒音レベルを測定した。エンジンカバーからの音の透過が大きい場合はエンジンカバー上部に、辺縁部からの音漏れが大きい場合はその部分に騒音レベルのピークが見られることから、対策すべき位置の特定が可能になる。

各点の騒音レベルをカラーマップ化したものを図4に示す。

500Hzにおいて、エンジンカバー装着により特にインマニ開口部付近(A)の騒音レベルが著しく増大している。騒音レベルが増大するのは共振または共鳴が発生している場合であるが、図4の音圧分布図から、インマニとエンジンカバーの間で空間共鳴が発生していると推測される。

一方、2000Hzでは、エンジンカバーなしで特に騒音レベルの高い領域(B)がエンジンカバー装着により低騒音となっている。インマニ開口部およびオイルキャップ付近はエンジンカバーの有無で騒音レベルに変化は見られない。

故にエンジンカバー本体による遮音効果は十分であり、インマニ付近の騒音低減が課題であることがわかる。但し、インマニ周辺はその構造上完全閉塞は不可能であるため、インマニとエンジンカバーの間の共鳴音低減が課題となってくる。

4 . 騒音低減検討

ここでは、騒音低減に関するパラメータと騒音レベルの関係を把握し、その関係より騒音低減エンジンカバーの開発を行った。

4 - 1 . 騒音低減の考え方

共鳴音低減の方法としては、共鳴が生じる空間に発泡体等を充填する方法と、外壁に通気性素材を用いて共鳴を逃がす方法がある。後者の方法は前者の方法に比べて軽量・低コストになる。

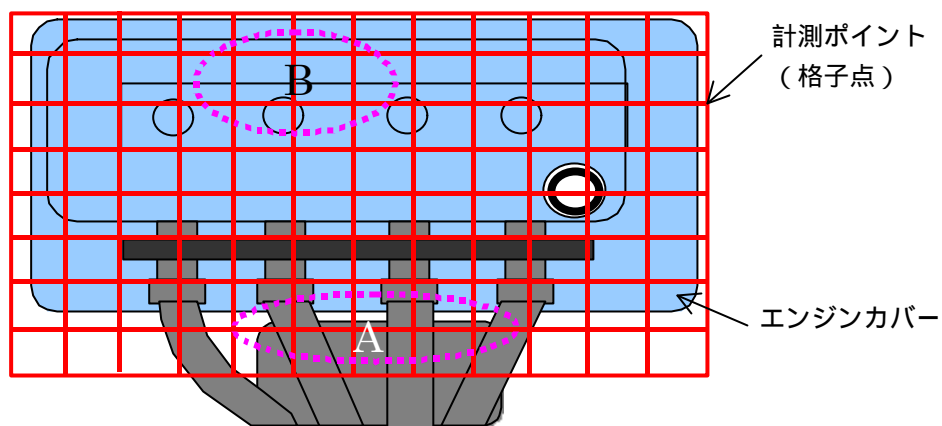


図3 エンジンカバー(水色)と騒音計測点(赤格子点)の関係

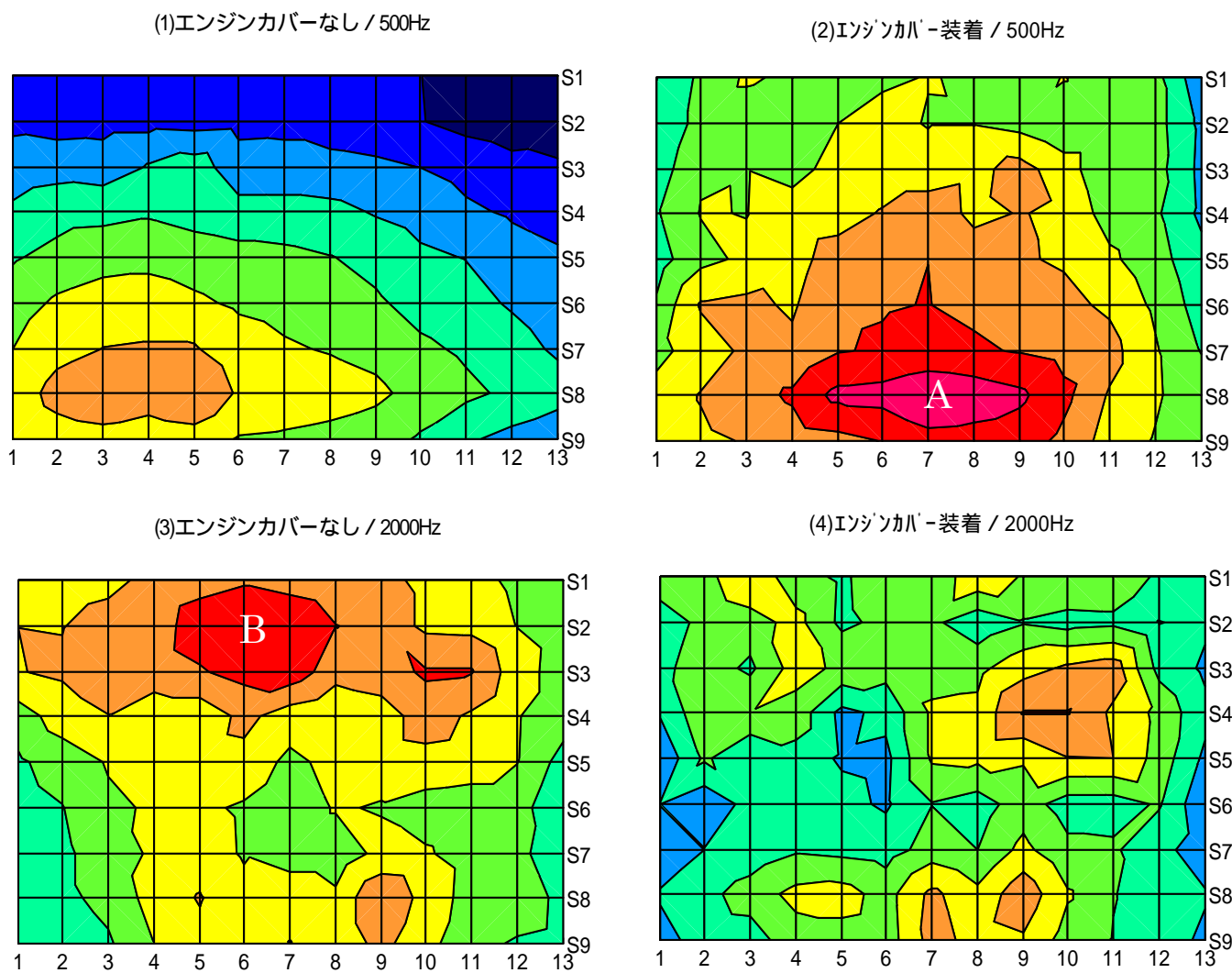


図4 音圧分布図

故に、エンジンカバーにスリット状の開口部を設けて共鳴を逃がす方法の検討を行うものとした。この場合、高周波域の音漏れ増大が懸念されるが、通気性吸音材の適用により低減できると思われる。

今回は2000Hzの騒音レベルを維持しつつ500Hzの騒音レベルを3dB低減することを目標とした。

4 - 2 . 騒音低減パラメータ

スリット開口と吸音材を組み合わせたエンジンカバーにおいて、騒音低減効果に影響を与える因子としては以下のものがある。

- 1) スリット開口率
- 2) 吸音材の材質
- 3) 吸音材の使用面積

それぞれの因子について、騒音レベルに与える影響を調べた。

1) スリット開口率

インマニ上部にあたるエンジンカバー本体にスリット状の開口部を設定し、エンジンカバーの遮音面積全体に対する開口部の比率と騒音レベルの関係を求めた結果を図5に示す。開口部設定により500Hzの騒音レベルは急激に下がるが、ある開口面積以上ではレベル低減効果は小さくなる。一方、2000Hzは開口面積が大きくなると徐々に騒音レベルが大きくなる。故に開口面積は低周波域の騒音低減効果が得られる最小限度に設定するのが望ましい。

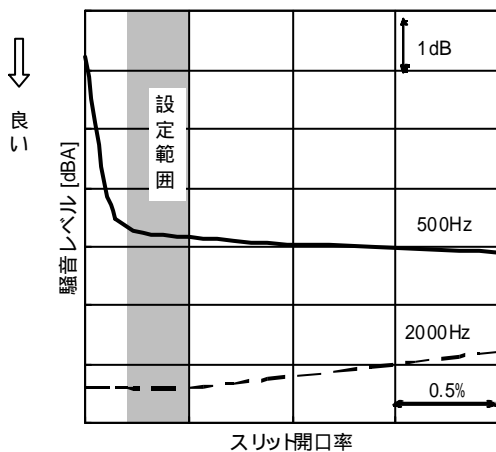


図5 スリット開口率と騒音レベル

2) 吸音材の材質

図6に吸音材種と騒音レベルの関係を示す。吸音材を使用しない場合、開口部設定により低周波域の騒音レベルは下がるが、高周波域の騒音が開口部を通過して防音性能を損なう。一方、通気性の無い吸音材(独泡ポリウレタン等)を用いた場合、開口部設定による低周波騒音低減効果が見られなくなる。故に通気性のある吸音材(不織布等)を用いることが重要である。この場合、高周波の騒音レベルを維持しつつ、低周波域の騒音レベルを低減することができる。

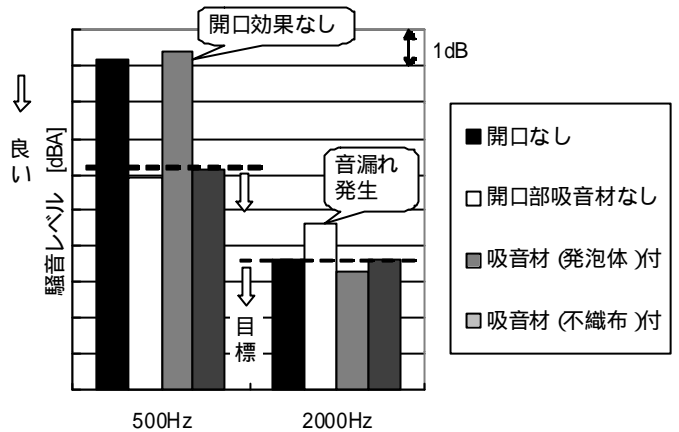


図6 吸音材種と騒音レベル

3) 吸音材面積

図7に吸音材面積と騒音レベルの関係を示す。高周波域の音漏れ低減のため、吸音材はある一定量は必要であるが、それ以上使用しても騒音低減効果は生じない。故に、低コスト化のためこの量に設定するのが望ましい。

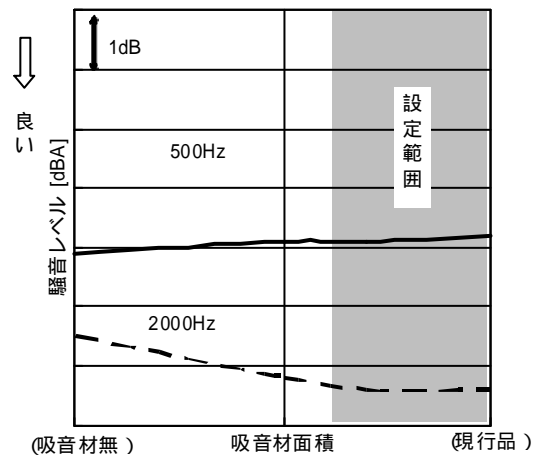


図7 吸音材面積と騒音レベル

4 - 3 . 開発品の特徴と防音特性

上記の結果をもとに、騒音低減エンジンカバーの開発検討を行った。

今回試作した開発品の特徴を図8に示す。号口エンジンカバーの形状を利用し、デザインに支障がないようスリット状の開口部を設け、その開口率は図5の設定範囲の中央値とした。更に、その裏側部分に不織布吸音材を設置し、共鳴音の吸音およびスリット開口部からの音漏れ低減の機能を持たせた。吸音材の使用面積は図7の設定範囲の下限とした。

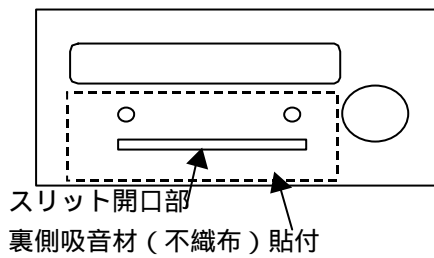


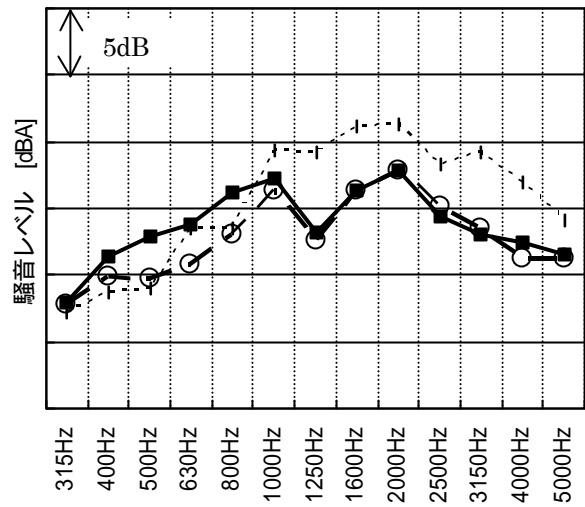
図8 エンジンカバー開発品 (上視図)

エンジンに装着した状態での騒音測定結果を図9に示す。高周波領域の騒音低減効果を維持しながら500Hzにおいて3dBの騒音低減を達成している。

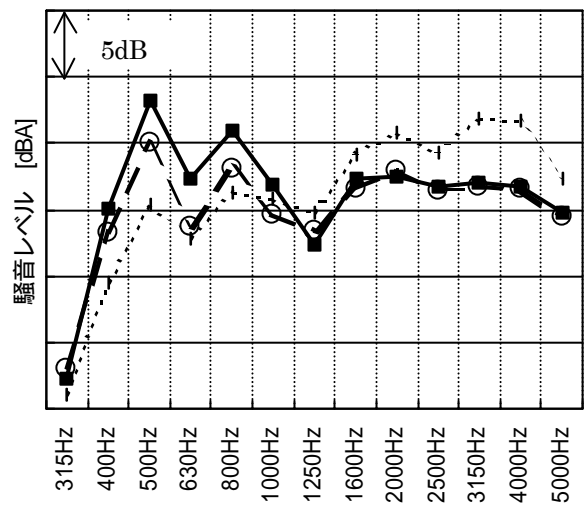
7.まとめ

音圧分布測定、およびその結果のカラーマップ化により、共鳴音の発生を推定することが出来た。そして、共鳴対策としてスリット開口および通気性吸音材の適用により、500Hzの騒音レベルを約3dB低減することが出来た。

(1)全負荷6000rpm



(2)無負荷700rpm



..... エンジンカバーなし ■ 号口品 ○ 開発品

図9 開発品の騒音低減効果

エンジンカバーの内そり予測

山田 和慶^{*1}, 西郷 栄人^{*2}, 田中 宏尚^{*3}

Inner Warpage Prediction of Corner Parts for Engine Cover

Kazumichi Yamada^{*1}, Yoshihito Saigo^{*2}, Hironao Tanaka^{*3}

要 旨

樹脂の射出成形品のコーナー部は内そり変形が発生する。この変形に対し、現在活用している薄板理論の射出成形解析の予測精度は低い。

ここではエンジンカバーの内そり現象に対し、薄板理論の射出成形解析と2次元断面の熱伝導解析を組み合わせて実施することにより定量的に内そり量を予測する手法を構築したので報告する。

Abstract

The inner warpage occurs at corner parts of plastic injection molding. Injection molding analysis using shell theory in current application does not predict the deformation quantity in accurately.

This report describes a prediction procedure for the inner warpage of engine cover. The precise prediction was established by conducting combination analysis of injection molding of shell theory and thermal conduction of cross section at the corner parts.

^{*1} Kazumichi Yamada 技術企画部 技術電算室

^{*2} Yoshihito Saigo 技術企画部 技術電算室

^{*3} Hironao Tanaka 機能部品事業部 機能部品技術部

1. はじめに

現在、射出成形解析に薄板製品用に開発された解析ソフトを活用¹⁻³⁾しており、解析要素タイプとして、シェル要素を用いている。その解析では平板形状のシェル要素をつぎ合わせてモデル化しているため、コーナー部あるいはリブの付け根のように平板では正確に形状を表現できない部分の解析誤差は大きい。よって、その影響が支配的な諸現象を予測することは困難である。

エンジンカバーにおける立ち壁の内そり現象はコーナー部の影響が強く、射出成形解析による予測精度は不十分である。解析を試みたとしても、ほとんど内倒れはしないという結果が導かれる。

この打開策の1つとして3次元(ソリッド)解析化が挙げられる。近年、3次元射出成形解析ソフト⁴⁾も市販されているが、計算機的能力上、エンジンカバーのように薄板物の製品については適用が困難と言える。

本報ではエンジンカバーの内そり現象に対し、現在活用中の汎用射出成形解析ソフトC-MOLD(シェル要素対応)と構造解析ソフトABAQUSを組み合わせ内そり量を定量的に予測する手法を構築したので報告する。

2. 内そり現象に対する考え方

内そり現象は図1に示すコーナー部断面において、金型取出し後に収縮する部分が板厚中心より内側に分布するために発生すると考えられている。金型取出し後の収縮部が板厚中心より内側に分布する理由としては、コーナー部外側は金型と接触している面積が大きいのにに対して、内側との接触面積は小さく、熱が逃げにくいいため、冷却途中では樹脂温度の高温部が内側に分布することが要因と思われる。また、金型温度も外側に比べて内側の方が高くなるのが通例であり、これも内そり現象を助長するものと思われる。



図1. コーナー部の内そり現象メカニズム

3. 内そり検討型による実験検討

3-1. 内そり検討型

予測精度確保のため、信頼性の高い実験データが必要であるので、内そり検討型を作製し、実験を行った。内そり検討型(成形品概寸法: 250×180×80, t=2.5)の概略図を図2に示す。可動型の内そり評価部にあたる部分は入れ子仕様となっており、熱拡散率(=熱伝導率/(密度×比熱))の異なる銅、あるいはアルミに置き換えることが可能な仕様となっている。なお、その他の金型材質は鉄である。また、検証のため、温度センサーを2箇所設置してある。

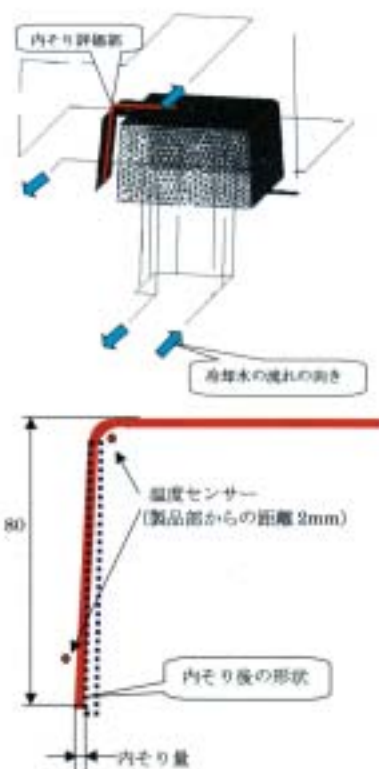


図2. 内そり検討型概略図(上)拡大図(下)

3-2. 成形条件

固定型、可動型の金型温度差が内そりに与える影響を調査するために、固定型、可動型の冷却水温度に差をつけて実験した。成形条件を表1に示す。また、圧力が内そり量に及ぼす影響を調査するために、金型材質鉄の冷却水温度70°C/70°C(固定型/可動型)の条件に対して、保圧を5 MPa上げた条件での実験も実施した。

使用した樹脂(PA6)と金型材の物性値を表2, 3に示す。

表1. 成形条件

	条件1	条件2	条件3
樹脂	PA6	←	←
樹脂温度 (°C)	250	←	←
充填時間 (秒)	1.2	←	←
保圧時間 (秒)	5.0	←	←
冷却時間 (秒)	23.5	←	←
保持圧力 (MPa)	40.0(45.0) ¹⁾	←	←
総サイクル時間 (秒)	50.0	←	←
冷却水温度 (°C)	固定型	90	80
	可動型	700	50

注) 圧力影響調査条件

表2. 樹脂の物性値

項目	PA6			
ヤング率 (Pa)	4.00×10^9			
ポアソン比	0.34			
熱膨張係数 (1/K)	6.49×10^{-5}			
密度 (kg/m ³)	1190			
固化温度 (°C)	225			
熱伝導率 (W/mK)	0.228			
比熱 (J/kgK) (温度 (°C), 比熱)	24	1328	44	3384
	48	1435	55	3523
	198	2193	179	2884
	194	3173	188	4573
	192	4863	203	2848
	227	2214	270	2285
析出後の比熱 (Cross-WLF) α = 41.42, β = 1.5e2	0.45393	1.7919×10^6	7.3833×10^6	
	325.15	0.0000	51.255	51.466
PVTモデルの係数 (2項式Fit) B0(K), B1(K), A0(m, k), b(T) (kg), E0(m, k), E1(m, k), b0(m, k) (Pa), b1(m, k) (Pa)	486.15	6.7884×10^4	0.00085788	
	4.673×10^4	1.2901×10^6	0.0028945	
	0.00081745	4.2048×10^4	1.1603×10^6	
	0.0048418	4.1496×10^4	0.10421	
	5.8098×10^4			

表3. 金型材の物性値

	鉄	銅	アルミ
密度 (kg/m ³)	7830	8400	2700
比熱 (J/kgK)	464	416	879
熱伝導率 (W/mK)	50	150	175
熱膨張率 (m ² /Pa)	1.38×10^{-5}	4.29×10^{-5}	7.37×10^{-5}

3-3. 実験結果

実験結果を表4および図3に示す、これより以下のことがわかった。

- ①成形開始時の金型温度差と内そり量は相関あり
- ②内そり量に及ぼす圧力の影響は小さい
- ③冷却水に温度差をつけることは内そり防止に有効
- ④コーナー部内側入れ子に高熱伝散率材を使用することは内そり現象の抑制に有効 (影響度合い: ③<④)

表4. 温度計測結果と内そり量実測結果

入れ子材質	冷却水温度 (°C)		コーナー部の金型表面温度 (°C)			内そり量 (mm)
	固定型	可動型	固定型	可動型	固定-可動	
鉄	70.0	70.0	87.6	96.3	-8.6	0.3
	90.0	50.0	93.3	99.1	-5.8	0.1
銅	70.0	70.0	84.8	88.6	-3.8	0.0
	80.0	50.0	86.9	88.6	-1.8	-0.1
アルミ	70.0	70.0	84.4	87.7	-3.3	0.0
	80.0	50.0	86.5	87.9	-1.5	-0.1

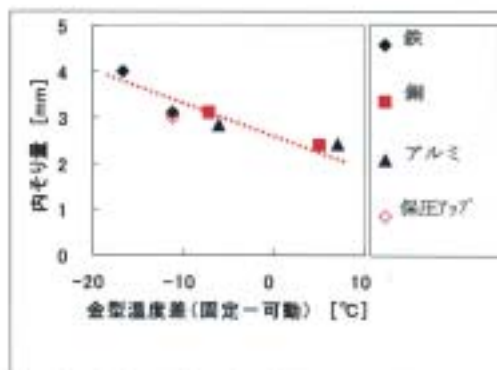


図3. 成形開始時温度差と内そり量との関係

4. 現状予測レベル調査

表1~3の成形条件・物性値にて、そり解析を実施した。なお、解析メッシュは図2を参照(要素数: 5661, 節点数: 3011)。

解析結果の例として、固定型と可動型の金型表面温度差の分布を図4に示す。また、コーナー部の固定型と可動型の金型表面温度、差、内そり量を表5に示す。解析結果の金型温度差、解析結果と実測の内そり量との関係を図5に示す。なお、ここでの金型冷却解析の結果は1サイクル中での時間的平均値である。

これより以下のことがわかった。

- ① 射出成形解析から得られる内そり量は非常に小さく、定性的にも一致していない (逆そりモードあり)
- ② 金型温度解析結果 (金型温度差) と実測の内そり量は相関あり

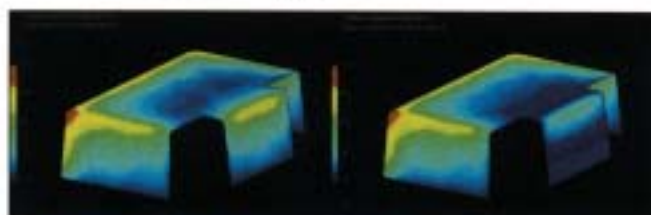


図4. 射出成形解析結果 (金型温度差分布) (左: 鉄, 右: 銅入れ子)

表5. 解析結果 (金型温度と内そり量)

入れ子材質	冷却水温度 (°C)		コーナー部の金型表面温度 (°C)			内そり量 (mm)
	固定型	可動型	固定型	可動型	固定-可動	
鉄	70.0	70.0	87.6	96.3	-8.6	0.3
	90.0	50.0	93.3	99.1	-5.8	0.1
銅	70.0	70.0	84.8	88.6	-3.8	0.0
	80.0	50.0	86.9	88.6	-1.8	-0.1
アルミ	70.0	70.0	84.4	87.7	-3.3	0.0
	80.0	50.0	86.5	87.9	-1.5	-0.1

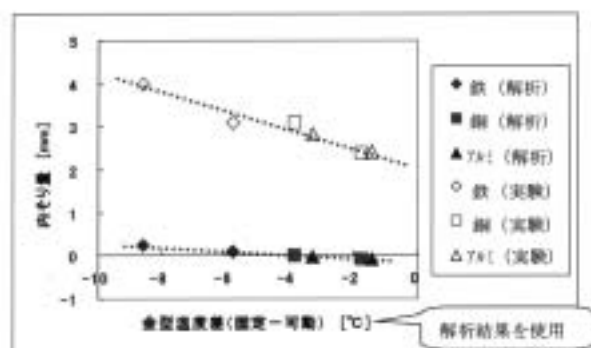


図5. 金型温度差と内そり量との関係

5. 内そり予測技術検討

5-1. 内そり予測モデル

前章の結果から内そり現象には圧力の影響が小さく、射出成形解析ソフトの金型冷却解析結果と相関があることが確認できた。よって、射出成形解析の結果を用いて金型表面温度分布と充填完了時の樹脂の温度分布を、構造解析ソフトによる熱伝導解析の境界条件および初期温度条件に適用することとした。解析の流れを図6に示す。



図6. 内そり予測モデルの解析の流れ

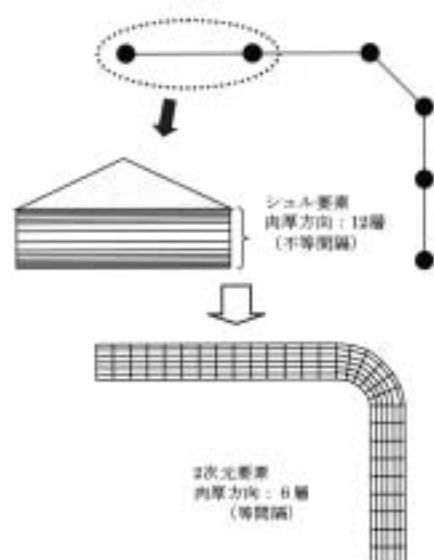


図7. 使用要素のコーナー部断面視

(上: 射出成形解析, 下: 熱伝導, 熱応力解析)

また、解析メッシュとしては射出成形解析では3角形シェル要素を使用し、熱伝導解析および熱応力解析では2次元要素を使用することとした(図7参照)。つまり、内そり予測モデルは2次元断面モデルとした。このことよりこの予測モデルの適用範囲はL形状が続く部位を持つ製品(エンジンカバー、インストルメントパネル等)となる。

5-2. 解析手順

射出成形解析から熱伝導解析へのデータ変換は新たに変換プログラムを作成して対応した。図7(上)に示すように、今回使用した射出成形解析のシェル要素は不等間隔の12層で構成され、樹脂温度データは節点データであり、板厚方向に13個存在する。また、金型表面温度データは表と裏で2個存在する。これらの温度データを熱伝導解析用の板厚方向に等間隔の6層で分割したメッシュの節点に初期温度として与え、金型表面温度データについては境界条件として与える。なお、節点の位置が一致しない場合には、それぞれの座標の関係から補間して与えることとした。このデータ変換の入出力情報を表6に示す。

解析手順を以下に示す。

- ①射出成形解析
- ②データ変換プログラムを動かし、熱伝導解析の入力ファイルを作成
- ③熱伝導解析
- ④熱伝導解析結果よりコーナー部の樹脂温度が転移(結晶化)温度以下になった時間を確認
- ⑤熱応力解析用インプットデータの作成
- ⑥熱応力解析

表6. データ変換のファイル入出力情報

ファイル内容	入出力	備 考
射出成形解析メッシュデータ	入力	・要素、節点情報の読み込み
充填解析結果	入力	・充填完了時の樹脂温度の読み込み ・肉厚方向の樹脂温度出力必要
金型冷却解析結果	入力	・固定型と可動型の表面温度の読み込み
材料物性データ	入力	・熱伝導解析用に自動変換
内そり予測部位の要素情報	入力	・対象部位の要素番号の読み込み
内そり予測部位の節点情報	入力	・節点の関係の読み込み ・解析対象範囲の端点の節点番号 ・コーナー直エンドの節点番号
熱伝導解析メッシュデータ	入力	・要素、節点情報の読み込み
熱伝導解析入力データ	出力	・熱伝導解析用入力データの書き込み ・熱伝導解析用入力データの書き込み
熱応力解析入力データ	出力	・熱応力解析用入力データの書き込み ・熱応力解析用入力データの書き込み

5-3. 解析結果

射出成形解析については、前章と同じ解析結果

である。その解析結果を用いて充填完了時の樹脂温度分布を熱伝導解析の初期温度として、変換した結果を図8に示す。また、最終的な内そり解析結果を図9に示す。今回の全条件に対する解析結果を図10に示す。これより解析結果は実測結果よりも内そり量が小さく、金型温度差が小さいところでは解析結果の内そり量はゼロに近づくが、実測では2mm以上の内そり量であり、本解析手法により内そり量が予測できているとはいえない。

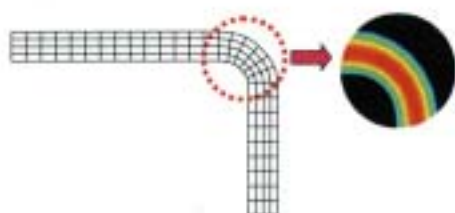


図8. 熱伝導解析用初期温度分布



図9. そり解析結果出力例

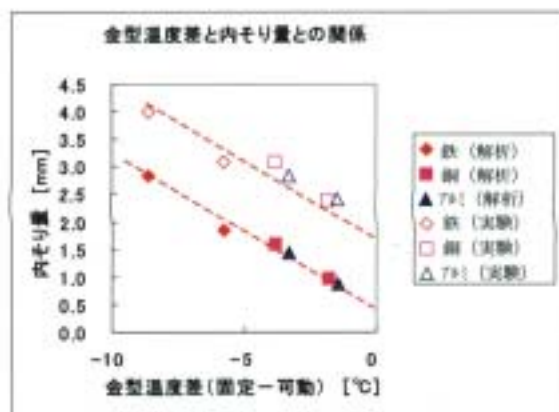


図10. 解析結果と実測結果の比較

5-4. 解析精度の向上

“金型温度差がゼロ”の場合について考える。金型温度差とは固定型と可動型の1サイクル中での平均温度の差のことである。しかし、金型温度は時間的に変化するものであり、固定型と可動型の温度差も時間的に変化する。また、金型の温度

変化は可動型の方が大きいと思われる。それは形状因子によるもので、可動型は樹脂から熱をもらうときは温度が上がりやすく、金型が開いて空気に接触するときは温度が下がりやすいからである(図1参照)。

つまり、金型温度差がない場合でも実際は成形の初期では可動型の方が固定型よりも高いと考えられる。こういった現象を解析するには緻密な非定常の熱伝導解析をする必要があるが、現在の計算機能力では実用的な解析とはならない。ここではこの現象を擬似的に表現することとし、図11のようにコーナー部からの距離とその部分での樹脂と金型間の熱伝達係数をパラメータとして変更することにより、表現できるかどうかの検討を行った。

パラメータを最適化した結果、コーナー部からの距離を10mm、熱伝達係数を $2,500[W/(m \cdot K)]$ (一般部は $25,000$)とするとよいことがわかった。また、実測結果との比較を図12に示す。

これより解析による予測誤差は最大値でも0.3mmとなり、実測結果とよい一致をみた。

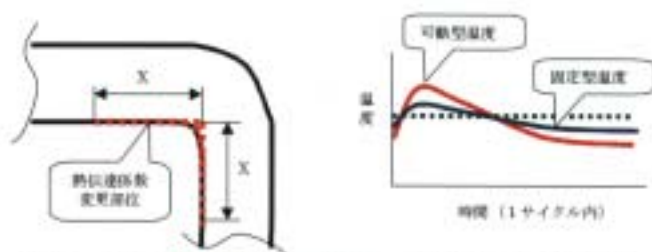


図11. 熱伝達係数変更部位と金型温度変化の例

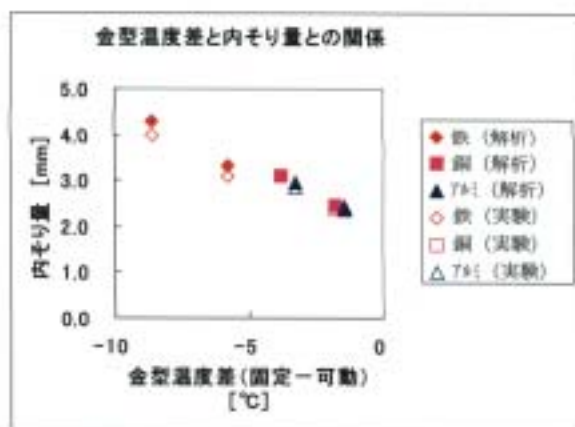


図12. 解析結果と実測結果の比較

6. エンジンカバーでの検証

本予測手法により実際のエンジンカバーの内そり量を予測する。樹脂物性データを表7に示す。

解析モデルおよび内そり量評価部を図13に示す。解析結果を図14に示す。内そり量については実測：1.0mmに対し、解析：0.7mmであり、誤差0.3mmであった。これより解析結果は実際とよい一致をみた。

表7. 樹脂の物性値 (PP)

樹脂	PP			
ヤング率 (Pa)	2.8 × 10 ⁹			
ポアソン比	0.29			
熱膨張係数 (1/K)	3.1 × 10 ⁻⁴			
密度 (kg/m ³)	925			
ガラス転移温度 (°C)	132			
熱伝導率 (W/mK)	70	0.4241	110	0.2848
(単位 (°C)・熱伝導率)	130	0.3383	180	0.2230
比熱 (J/kgK)	30	1641	80	1688
(単位 (°C)・比熱)	110	2040	116	2233
	120	2809	124	10080
	126	14130	130	3873
	132	3230	134	1927
	180	1941	229	1978
弾性率の係数 (Cross-WLF)	0.41444	0.6653	0.0287 × 10 ⁻¹¹	203.15
$\ln(-\ln(1-0.5))$	0.00000	22.647	51.000	
PVTモデルの係数 (2段階法)	429.15	8.0000 × 10 ⁻⁷	0.0010812	8.3008 × 10 ⁻⁷
Hs(K)160(K)11m,11a,11b,11c,11d	8.3750 × 10 ⁻⁷	0.0057790	0.00099000	4.1430 × 10 ⁻⁷
H2m,12a(m)12(K),12m,12a(Pa),12m,12a(1/K)	2.3983 × 10 ⁻⁷	0.0003001	0.00013477	0.15819

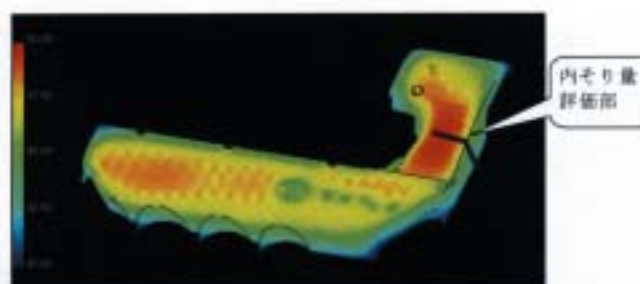


図13. 射出成形解析結果 (取出時樹脂温度)



図14. そり解析結果 (変形と応力分布)

7. まとめ

現行の射出成形解析ソフトではコーナー部の内そり量の予測精度が低いことから、汎用射出成形解析ソフトと構造解析ソフトを組み合わせることで内そり量を予測できるようにした。本検討の中でわかったことを以下にまとめる。

- ・検討型による実験により、内そり現象はコーナー部の固定型と可動型の金型温度差が主要因であることがわかった。
- ・射出成形解析ソフトの金型冷却解析結果と実際の内そり量に相関があることがわかった。
- ・射出成形解析ソフトの金型冷却解析結果および充填解析結果を構造解析ソフトの入力データとすると、内そり量は実際に近づくが、予測精度は低い。
- ・成形サイクル中の金型温度変化を考慮し、可動型コーナー部の熱伝達係数を固定型部より低くすることにより定量的に内そり量を予測できることがわかった。

参考文献

- 1) 川北幸男, 成形加工, 8(1), 29(1996)
- 2) 杉浦弘, 豊田合成技報, 35, 25(1993)
- 3) 牛田洋子, プラスチックス, 47(1), 46(1993)
- 4) プラスチック成形加工学会, 第47回講演会資料

報 告

重回帰分析による液封エンジンマウント静ばね特性予測式の確立

竹尾 茂樹*¹

The Establishment of the Hydraulic Engine Mounting Static Spring Stiffness Estimate Formula by Multiple Regression Analysis

Shigeki Takeo*¹

要 旨

エンジンマウントの設計は、まず静ばね特性を満足するゴム本体の設計から始める。数形状のゴム本体を作り、解析し、それぞれの結果から形状の絞り込みを行い、絞り込んだ1形状の解析でゴム本体の形状を決定している。

ゴム本体の形状設計は、設計者のノウハウによるところが多く、ここを定量化する必要がある。また、絞り込み段階は、解析を繰り返し実施しているので多くの工数がかかっている。

そこで本報告は、今回SQCとCAEを活用し液封エンジンマウントゴム本体部の形状の因子を選び、それらの解析結果から精度の高い予測式を作成し、形状の絞り込み（繰り返し解析）に適用した事例について報告する。

Abstract

The design of the engine mounting is started from the design of main body of rubber shape that satisfies the static spring stiffness.

Several main body of rubber shape are made, they are analyzed, shape is selected from each result, we analyze by the one shape, and the main body of rubber part shape has been decided.

Because the main body of rubber shape strongly influences designer's know-how, it is necessary to quantify this shape design.

Moreover, it is analyzing repeatedly, many of design man-hours are occupied, and it is necessary to improve the stage of the selection.

Then, this report targeted the hydraulic engine mounting rubber part. The factor of the shape was chosen, SQC and CAE were used, and the estimate formula with high accuracy was made from the obtained analytical result.

We report on the estimate formula about the case where the use shape is easily selected.

*1 機能部品事業部 PV部品技術室

1. はじめに

エンジンマウント、ブッシュ等の防振ゴムの開発には、CAEを活用し、その計算結果に基づいて設計を実施し効率化を図って来ている。活用頻度も増加し効率化を図っている。

現状のCAEのニーズとしては、一つは予測できていない特性に対する解析方法を確立し、設計に活用、効率化を進めることであり、いま一つは繰り返し同じ解析を実施しているところを簡略化して繰り返し解析の短縮を図ることである。繰り返し解析に関しては、いままでの解析や実験結果の知見から特性に影響しそうな因子の部分的、定性的な傾向は知られている。

そこで今回、SQCとCAEを活用し液封エンジンマウントゴム本体部の形状の因子を選び、それらの解析結果から精度の高い予測式を作成し、形状の絞り込み（繰り返し解析）に適用した事例について報告する。

2. エンジンマウントとは

エンジンマウントは、数点でエンジンを支持、防振する機能をもつ製品である。（図1）

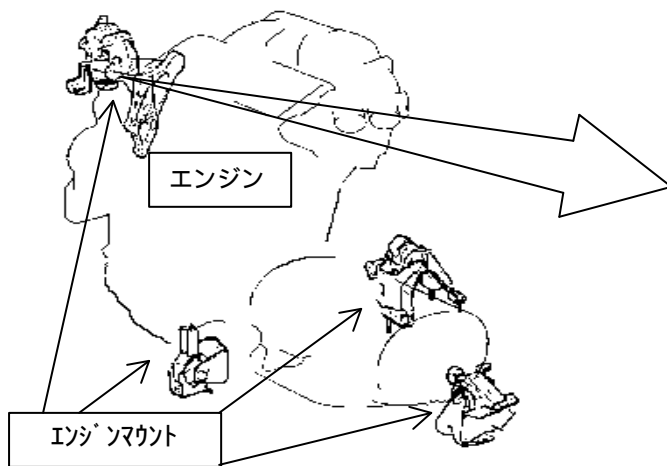


図1 エンジンマウント配置

エンジンマウントのゴム本体部の形状は、V字断面形状、長方形形状やおわん形状と要求される特性により種々のものが存在する。

図2に示す液封エンジンマウントには、要求される特性は上下、前後、左右方向の静ばね特性、動ばね特性、減衰特性など多岐にわたる。これらの特性のうちで静ばね特性は、エンジンマウントの設計での最初のステップで、この結果が後々の設計に大きな影響を与えてしまう。

3. 現状の把握

設計の流れを図3に示す。エンジン搭載位置、各方向のストッパクリアランスの設定、エンジンマウント自体のサイズに関する静ばね特性は、設計の最初のステップであり、その後の設計ステップに大きな影響を与えるのでこの設計はマウント自体の設計では重要な位置付けにある。

この静ばね特性の設計は2段階ある。第1段階は設計者のノウハウ等から形状を作成し、大よその目標を満足する形状を絞り込む段階で、静ばね特性の設計の約2/3を占め多くの工数を必要としている。

この段階は解析の繰り返しであるのでこれを予測式で代用できないかと考えて検討を実施した。

尚、第2段階は絞り込んだ1形状でFEM解析を実施し目標を満足していることを確認するものである。

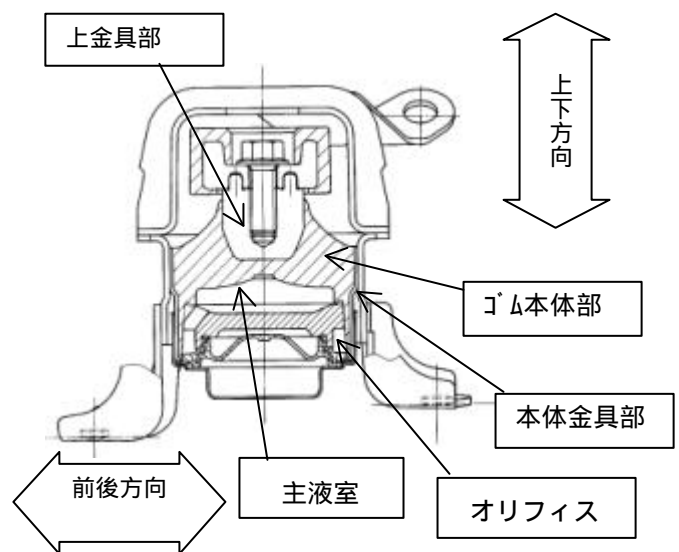


図2 液封エンジンマウント断面図

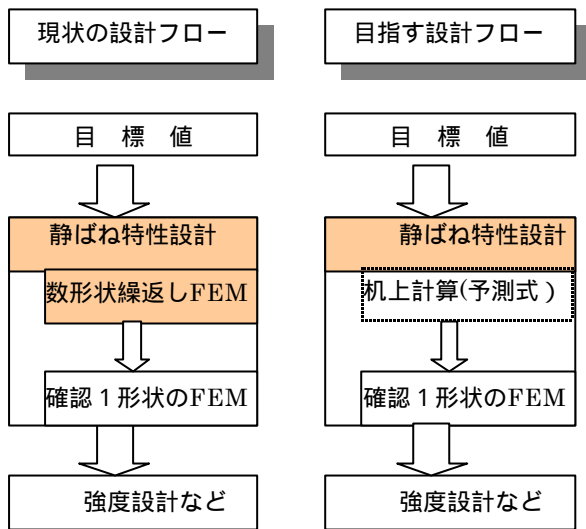


図3 設計のフロー

静ばね特性の設計の第1段階を解析での値から予測式から求めた値に置き換えようと考えた場合の予測式の精度が悪いと絞り込んだ形状で確認のための解析をしても目標を満足せず再度の設計と成ってしまう。このために予測式の精度は5%以内が必要と考えた。

予測式の精度を相関係数で判定することにして精度5%以内の相関係数(R)を求めた。

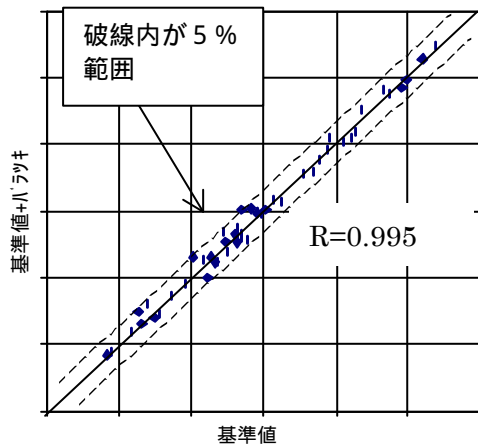


図4 5%以内のバラツキ時の相関係数

基準値に対して5%相当のバラツキを加味した値との相関係数を求めたその結果を図4に示す。相関係数は0.955である。求めた相関係数で予測式の精度を検討することにした。

通常おわんタイプと称する図2に示すマウントゴム本体形状に対して、静ばね特性への形状の因

子の影響について予測式を検討することにした。

ここでエンジンマウントの荷重、たわみの解析結果と実測結果の比較を図5に示す。実線は解析結果、破線は実測結果をしめす。静ばね特性は荷重、たわみの傾きを表す。解析結果と実測結果はよく一致しているので実際にものを作るのではなくFEM解析結果から予測式を作成することにした。

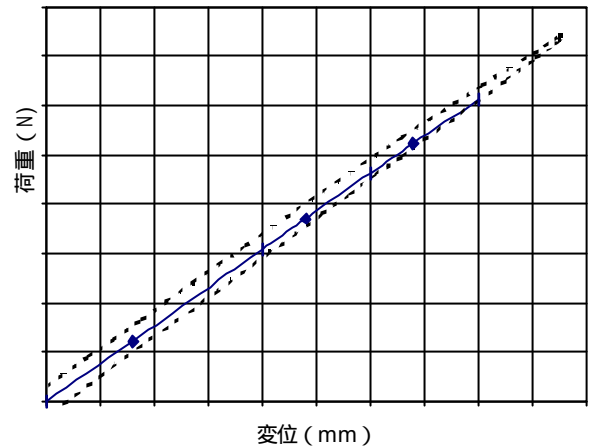


図5 荷重-変位の解析と実測の比較

エンジンマウントの上下方向、前後方向の静ばね特性に影響すると予測される因子を抽出し、それらの中から影響が大きいと予測される因子(○)すべてを取り上げ、予測式を検討することにした。

表1 因子の静ばね特性への影響

		上下方向	前後方向
因子		影響度	影響度
上金具部	金具半径		
	金具傾き		
	折れ比		
	フレットR		
ゴム本体部	ゴム幅		
	ゴム厚さ		
	断面傾き1		
	断面傾き2		
フレットR			
本体金具部	金具傾き		
	金具移動量		
	金具間位置の差		
	フレットR		

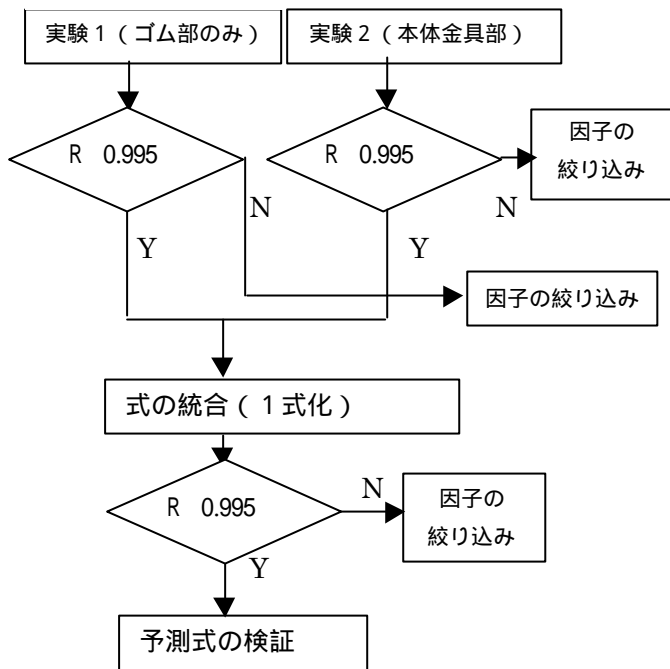
影響

○：影響大 ○：影響小

4. 予測式の検討

図6に検討ステップを示す。

【(1)上下方向の静ばね特性】



【(2)前後方向の静ばね特性】

同手順

図6 検討ステップ

4-1 上下方向の静ばね特性の検討

検討する因子数は10個もある．主効果を明確にするL18 (2¹ × 3⁷) を使用したい等から実験をマウントゴム本体部のみの基本形状を構成する7因子と本体金具の形状を特徴づける3因子を別々に実験することにした。

図7に実験形状、表2に実験水準を示す．7因子(AからG)をL₁₈に割り付け、FEM解析にて静ばね特性を計算しこれを実測値とした。

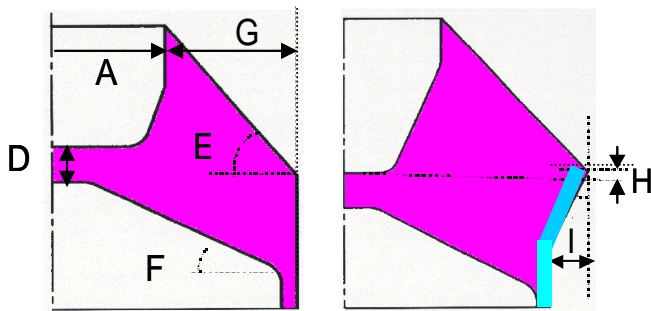


図7 実験1形状

実験2形状

表2 実験水準

	因子	水準1	水準2	水準3
実験1	A 金具半径	a-3	a	a+3
	B 金具傾き	b-30	b	b+30
	C 折れ比	c-30	c	c+30
	D ゴム厚さ	d-4	d	d+4
	E 断面傾き1	e-10	e	e+10
	F 断面傾き2	f-10	f	f+10
	G ゴム幅	g-5	g	g+5
実験2	H 金具間位置の差	h-10	h	h+10
	I 金具傾き	i-10	i	i+10
	J 金具移動量	j-4	j	j+4

a から j は値を示す。

実験1の結果について分散分析を実施したその結果について表3に示す。

表3 分散分析表

列、因子	S	f	プール	V	F	検定
1列、-	11	1	P	10.9		
2列、A	3066	2		1532.9	24.1	**
3列、B	292	2	P	146.0		
4列、C	163	2	P	81.7		
5列、D	1496	2		747.8	11.8	**
6列、E	655	2		327.5	5.2	*
7列、F	3544	2		1771.8	27.9	**
8列、G	104	2	P	52.1		
残りe	1	2	P	0.6		
e'	572	9		63.5		
T	9332	17				

表3で有意になった4因子の主効果の値を用いて18条件の推定値(予測値)を求めた．その値と実測値との関係を図8に示す。

実験計画法で求めた予測式の相関係数は0.969と高いが目標とした0.995には達しなかった。

検討ステップでは因子の絞り込みを実施したが因子の絞り込みで予測式の範囲を限定しなく実験結果を活かし精度を上げることを検討した。

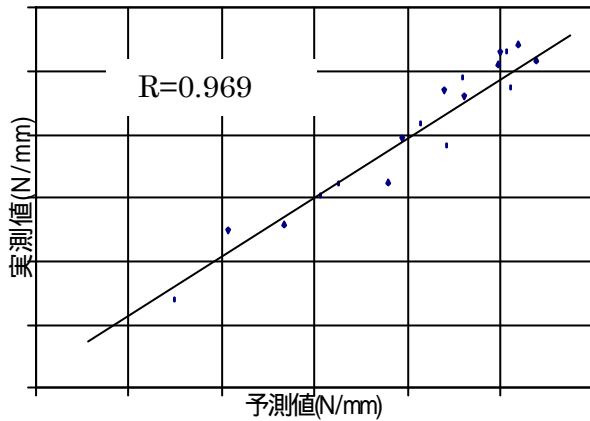


図8 予測値と実測値の関係 (実験計画法)

全因子について1次項, 2次項それに1次×1次項に分解して重回帰分析を用いて式化を検討することとした。

変数増減法による重回帰分析の結果を表4, 表5に示す。表4は自由度調整済み重相関係数が増加している間の説明変数取込み結果である。重相関係数は0.999となり, 目標を満足する。

表4 説明変数取込み結果 (実験1)

	追加変数	除去変数	調整済重相関係数
ステップ1	F1		0.583
ステップ2	A1		0.818
ステップ3	D1		0.916
ステップ4	E1		0.956
ステップ5	B1		0.978
ステップ6	C1		0.989
ステップ7	G1		0.993
ステップ8	A1F1		0.998
ステップ9	D1E1		0.999

記号の見方: (例)F1はF因子の1次項、

A1F1はAの1次項とFの1次項の交互作用を示す

得られた偏回帰係数の±符号と固有技術での静ばね特性の増減は同じ傾向である。交互作用項も納得できる。これらから精度の高い予測式はできたと考えた。

表5 解析結果 (実験1)

	偏回帰係数	t値	p値	検定
定数項	101.139	416.1	0	**
A1	6.550	50.7	0	**
B1	0.152	14.1	0	**
C1	-0.211	-13.1	0	**
D1	2.979	36.3	0	**
E1	1.747	21.5	0	**
F1	1.733	53.6	0	**
G1	0.734	10.5	0	**
A1F1	0.146	6.6	0.0002	**
D1E1	0.103	4.1	0.0033	**

実験2も同様な考えで重回帰分析を実施した。実験形状を図7に実験水準は表2に示す。A~Gの水準は2水準に固定し, H~Jの因子を L_{18} に割り付けFEM解析を行った。重回帰分析を実施した結果を表6, 表7に示す。

実験1と同様に精度の高い予測式を得ることができた。

表6 説明変数取込み結果 (実験2)

	追加変数	除去変数	調整済重相関係数
ステップ1	H1		0.8903
ステップ2	J1		0.9877
ステップ3	I1		0.9950
ステップ4	I1J1		0.9973
ステップ5	H1J1		0.9994
ステップ6	H1I1		0.9997

表7 解析結果 (実験2)

	偏回帰係数	t値	p値	検定
定数項	117.039	583.1	0	**
H1	-4.168	-80.6	0	**
I1	0.241	9.3	0	**
J1	2.573	41.9	0	**
I1J1	0.059	7.4	0	**
H1J1	-0.100	-6.3	0	**

実験 1、2 それぞれで精度の高い予測式が作成できた。そこで、全てのデータで再度重回帰分析を実施し一つの予測式にまとめ上げた。予測式で使われた説明変数を表 8 に、予測値と実測値の関係を図 9 に示す。予想した通り精度の高い予測式を得ることができた。

表 8 説明変数

	説明変数		説明変数
A1	金具半径	H1	金具間位置の差
B1	金具傾き	I1	金具傾き
C1	折れ比	J1	金具移動量
D1	ゴム厚さ	A1F1	} 上記、1次項
E1	断面傾き 1	D1E1	
F1	断面傾き 2	I1J1	} の交互作用
G1	ゴム幅	H1J1	

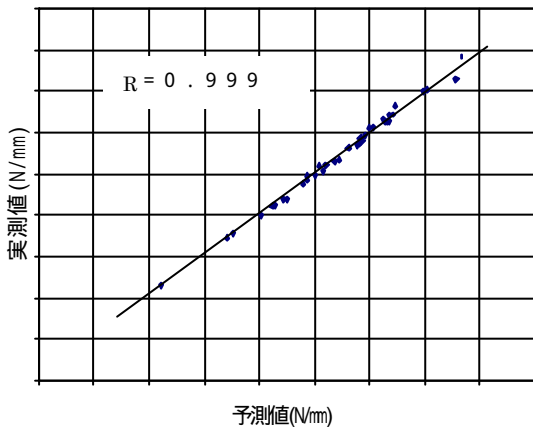


図 9 予測値と実測値（上下方向）

既存の類似形状にて、予測式の検証を実施した。FEM解析の結果と予測値の関係を図 10 に示す。予測値に対して実測値は ± 5 %以内で予測できることが確認でき、予測式が活用できるものであると判断した。

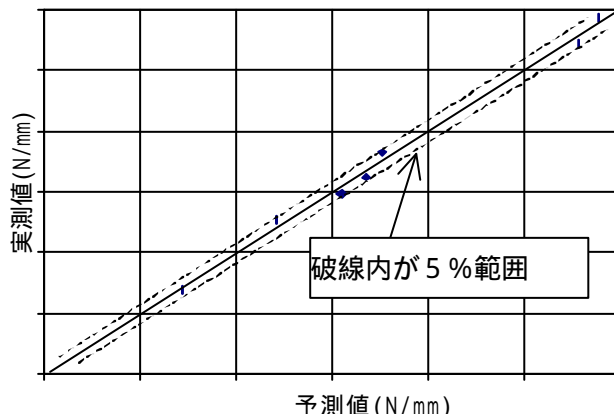


図 10 検証結果

4-2 前後方向静ばね特性の検討

前後方向の静ばね特性についても同様な手順で検討を実施した。図 11 に予測値と実測値の関係を示す。前後方向についても精度の高い予測式が得られた。

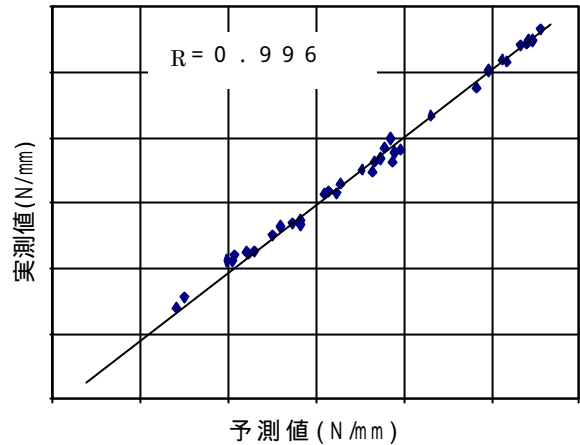


図 11 予測値と実測値（前後方向）

5. まとめ

L18の直交表を用いた静ばね特性のFEM解析データに対して、説明変数として1次項、2次項および1次×1次項を取り上げ、重回帰分析を行った。その結果、精度の高い予測式を作成することができた。

従来数形状の繰り返し解析していたところを、予測式で置き換えることが可能となり設計ステップが簡略化された。

このやり方を他の製品に展開して設計の簡略化を展開していく。

参考文献

- 1) 奥野、：多変量解析法、日科技連出版社（1985）
- 2) 田口：開発・設計段階の品質工学、日本規格協会（1988）
- 3) 柏村、白鳥、于：実験計画法による非線形問題の最適化、朝倉書店（1998）

資料

インパネ意匠サブAssyの開発

Development of Instrument Panel Sub Assembly

服部 泰伸 * 1

1. はじめに

近年、自動車部品業界では生き残りをかけて世界中のサプライヤーが、原価低減と商品力の飛躍的な向上を目指し熾烈な競争を行っている。

今回は、'01/11月に発売され、その品質の高さから販売好調であるノア/ボクシーのインパネ意匠サブAssyの開発活動について紹介する(写真-1)。



写真 - 1 インパネASSY

2. 開発の概要

2-1. 開発のしくみ

従来は、カーメカ主導による、単品受注開発であったのに対して、今回は、我々部品メーカー主体で企画段階より参画し、設計 評価 生準製造までをスクールを通して開発を行った。

2-2. 製品の特徴と開発課題

商品力の向上として、現代のライフスタイルのニーズであるアメニティの充実に着目した。その一つにインパネへの収納スペースを大幅にアップさせるという仕様を採用した(図-1, 2)。

その収納部位増加に伴い見切り線の増加という問題が予測された。そこで建付け品質の飛躍的向上をネライとしてスキの極小化(表-1)と見切り線を美しく見せるためコーナーRの極小化を図り(図-3)、その見切り線に精緻感を出す事を主要開発課題として取り組んだ。

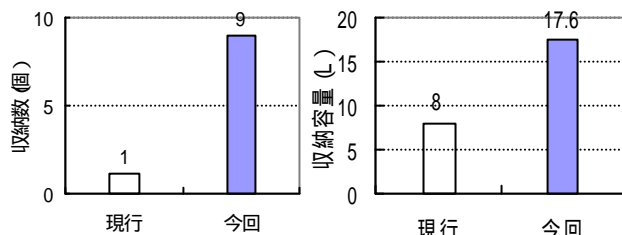


図 - 1 収納スペース数 図 - 2 収納容積

表 - 1 意匠見切りスキ(単位: mm)

合せ種類	現行	今回
可動品×可動品	2.5	1.5
可動品×固定品	1.5	1.0
固定品×固定品	0.5	0

3. 主な活動

3-1. プロジェクトチーム活動

精緻感のある建付け品質を確保するために、あらゆる分野の要件を抽出、成立させて、やり直しのない設変低減活動を成し遂げる。そのために、合理的な製品設計、生産技術、金型設計、材料技

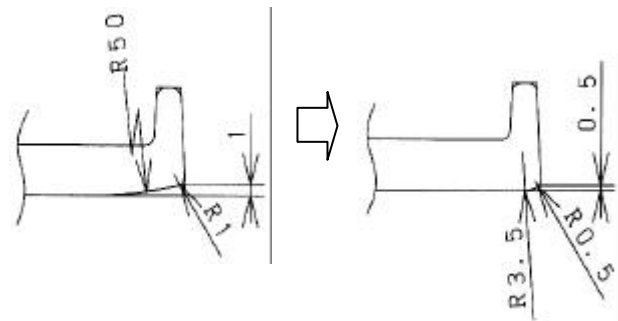


図 - 3 コーナーRの極小化

*1 Yasunobu Hattori モジュール設計・生準室

術、性能評価チームによるプロジェクト活動で開発を進めた。この活動により横の連携および情報伝達が素早く、さらにはコミュニケーションの充実にもつながった。その結果、設計標準、生技標準等の織込み率なども高くなり図面完成度が向上し、設計変更は従来の半減を達成した(図-4)。

3-2. DE活用

開発期間最適化や開発費削減(試作レス)を達成するために、今回重点に取り組んだのが、DE技術の活用である。その事例について紹介する。

1) 意匠見切り品質の検証

V - C o m m (Visual & Virtual Communication)による設計段階でのバーチャル確認(図-5)。

2) 剛性設計検証

「CAE」による剛性解析(図-6)。

3) 寸法精度の確保

製品寸法を安定させるための肉厚、ゲート位置など最適バランス予測のために、「CAE」による流動解析を実施(図-7)。

以上の様なDE技術を顧客と連携を綿密に行い図面完成度の向上と、試作レス化を達成した。

3-3. C p k 確保活動(現物での評価検討)

精緻な建付け品質を達成するため、量産時における単品レベルでの寸法精度向上すなわちC p k 確保がもう一つの課題であった。図面着手段階において、類似量産品を用いて寸法の工程能力を確保するための条件検討(e x , 金型温度, 内圧, サイクル等)を行い、その結果を開発品の生準時に再現検証するという方式を取った。更に、生準期間中にH V T * 2 を実施して工程能力確保を確認し、その後確実な量産移行を行った(図-8)。

4. おわりに

関係者の努力により、当社として初めての試みとなる、インパネ意匠サブAssyの開発と量産移行を、円滑に実施することが出来た。また、当社のネライである商品力向上や、原価低減等も目標をクリアし、お客様より原価低減優秀賞と言った荣誉ある御評価もいただくことができた。今後は、Q, C, Dにおいて更なるレベルUPを図る予定である。最後に、この製品の開

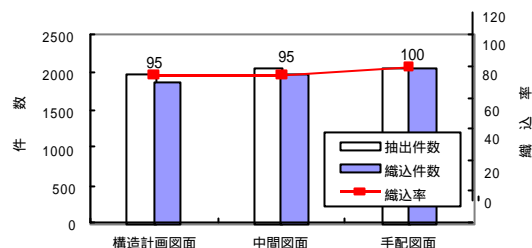


図-4 設計・生技標準の図面織込結果



図-5 V - C o m m 見切り確認

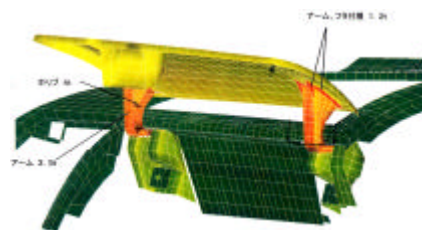


図-6 インパネドアの剛性解析

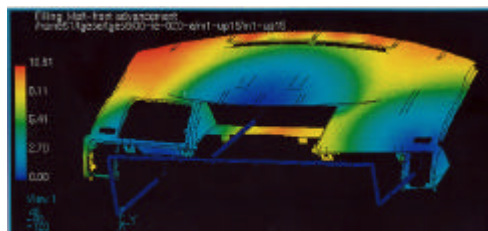
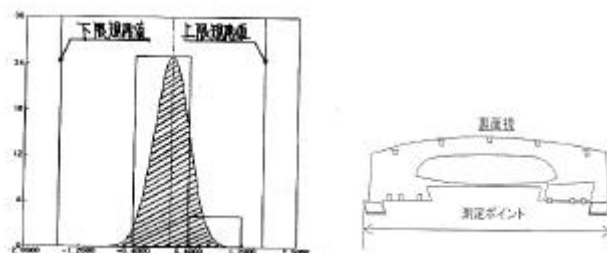


図-7 インパネの流動解析



* C p k = 1.791

図-8 インパネW方向寸法の分布
 発・量産化に際し終始御支援、御指導いただいたトヨタ自動車株式会社、トヨタ車体株式会社の関係各部署の方々へ深く感謝致します。

*2 H V T = High Volume Trialとは、量産同等条件にて連続生産し、その中で不具合を確認する。

══════ 新技術紹介 ══════

A/B ドア一体インパネ用塗料

Paint for Instrument Panel with Passenger Side Air Bag Door

関 谷 隆 * 1

1. はじめに

自動車部品のカーメーカーへの供給方法がこれまでのユニットやシステム単位から複合化部品（モジュール）に変わろうとしている。すでにヨーロッパや日本のメーカーでは各部位のモジュール化が行われており、今後更に進んでいくものと思われる。

インストルメントパネル（以下インパネ）におけるモジュール化の動きの一つとして部品点数削減や建付け見栄え向上を狙いとしたP席エアバッグ（以下A/B）ドアとの一体化がある。この仕様ではインパネは剛性を必要とするためPP材、一方A/Bドアはインフレーション性能を満足する材料としてTPO材が用いられるため、これらを二色成形により一体化させている。（図 - 1）

今回、これら異なる基材に1コートで一体塗装できかつ各々の性能を満足し得る塗料を開発したので紹介する。



図 - 1 . モジュールインパネ

2. A/B ドア一体インパネ塗装品の構成

モジュールインパネ塗装品の構成を図 - 2 に示す。

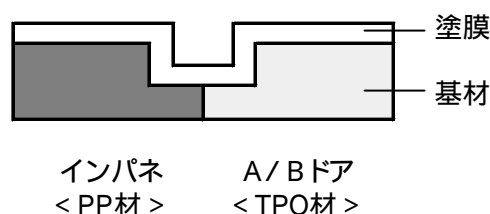


図 - 2 . モジュールインパネ塗装製品の構成（断面図）

このようにモジュールインパネに1コートで一体塗装を行うためには、インパネ材とA/Bドア材を一度に同じ塗料で塗装することが必要となる。

3. A/B ドア一体インパネ用塗料開発の概要

従来のインパネ用、A/Bドア用の各々の塗料をモジュールインパネに用いた場合には性能面で満足できない部分が生じる。

今回の場合では、

1) インパネ用塗料

塗膜が硬くA/Bドアのインフレーション時に塗膜飛散の問題がある。

2) A/B ドア用塗料

インパネPP材には付着せずプライマー塗装が必要となり、コスト高となる。

のような問題点がある。従って、従来塗料の横展開ではモジュールインパネに対して満足する性能を得られない。

*1 Takashi Sekiya 材料技術部

開発塗料はインパネ，A / B ドアの異なった材料および製品の要求性能を満足する必要がある。

今回の開発塗料は、上記の問題点を解決するために従来のインパネ用塗料をメイン樹脂としてインパネ材，A / B ドア材の付着性を確保しつつ，軟質樹脂を添加して塗膜に柔軟性を持たせA / B ドアのインフレーション時の塗膜飛散を防止することによりインパネ，A / B ドア両方の製品に対する塗膜性能を達成した。

3-1 . 柔軟性

軟質樹脂を添加することによりインフレーション性能を満足しうる柔軟性を持たせた。軟質樹脂の添加効果を図 - 3 に示す。

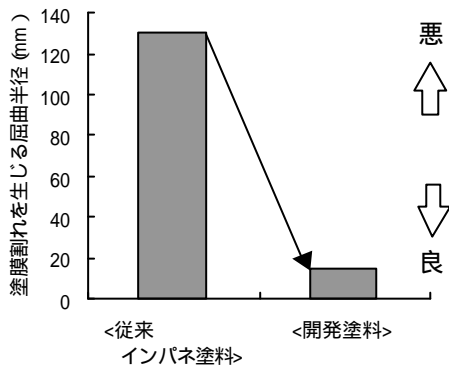


図 - 3 . 開発塗料の柔軟性

3-2 . 付着性

CPO変性アクリルの削減量を最小限に抑え，従来品同等の付着力を確保した。従来製品との付着力の比較を図 - 4 に示す。

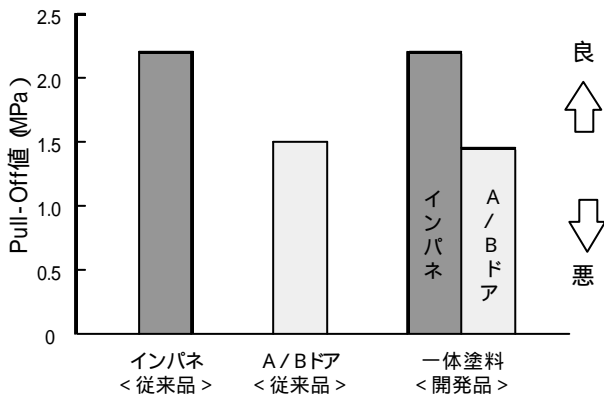


図 - 4 . 開発塗料の付着性

4 . 性能評価

インパネ，A / B ドアに対する本開発品の塗膜性能を表 - 1 に示す。

表 - 1 に示すように本開発品はインパネ，A / B ドアともに要求性能を満足している。

表 - 1 . 塗膜性能

項目		開発品	
インパネ	付着性	初期	0 / 100
		耐湿	0 / 100
		耐光性 (400H)	0 / 100
	耐光性 (400H)		
	耐傷付き性		
	耐油脂性		
P 席 A / B ドア	付着性	初期	0 / 100
		耐湿	0 / 100
		耐光性 (400H)	0 / 100
	耐光性 (400H)		
	耐傷付き性		
	耐油脂性		
	インフレーション性		

5 . おわりに

今回紹介したインパネ一体A / B塗料は従来のインパネ用塗料に軟質成分を添加して付着性、耐傷付き性等の性能を満足させつつ，P席A / B ドアのインフレーションに耐え得る性能を実現したものである。

また，インパネ，P席A / B ドア単独製品にも適用可能である。

本塗料は01年6月よりモジュールインパネ用塗料として量産に用いられている。

新製品紹介

読書灯

Reading Light

佐野 良男^{*1} , 苗代 光博^{*2} , 神谷 孝行^{*3} , 伊藤 浩史^{*4}
武藤 雅信^{*5} , 高橋 祐次^{*6}

1. はじめに

最近、白色LEDを利用した照明機器製品が民生・車載を問わず製品化されはじめている。今回、当社の世界トップレベルの高輝度白色LEDを光源にした読書灯をトヨタセンチュリー用に開発、量産化したので紹介する。

2. 製品の概要

本製品は、リアパッケージトレイトリムに取り付けられ、左右リア席のアシストグリップ上部にある既存の読書灯に対して、明るさを補うための補助照明装置である。

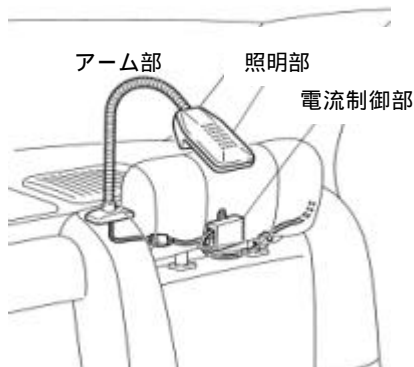


図 - 1 製品全体図

2 - 1. 主要部品構成

1) 照明部

LED(24個使用)基板, レンズ, ON/OFFスイッチおよび, これらを取付けるケース部品からなる照明ユニット

2) アーム部

フレキシブルアームおよび取付用ブラケットからなる取付アーム

3) 電流制御部

LEDに流れる電流を制御する抵抗ユニット

2 - 2. 製品の意匠

LEDを使用することの先進性を表現するため発光部を薄くみせるデザイン的な工夫をした。また、高級感を出すために合わせの見せ方やディンプル形状を含め、細部の作り込みにこだわった。更に、LEDをイメージした専用ロゴを新設した。



図 - 2 発光部意匠

*1 Yoshio Sano オプトE事業部第2技術部

*2 Mitsuhiro Nawashiro オプトE事業部第2技術部

*3 Takayuki Kamiya オプトE事業部第2技術部

*4 Hiroshi Ito オプトE事業部第2技術部

*5 Masanobu Mutho 内外装事業部内装技術部

*6 Yuuji Takahashi オプトE事業部第1技術部

3. 製品の特徴

3-1. 光学的性能

1) 発光色

青色LEDと特殊光変換材料を組み合わせた白色LEDで、昼光色に近い発光色である。

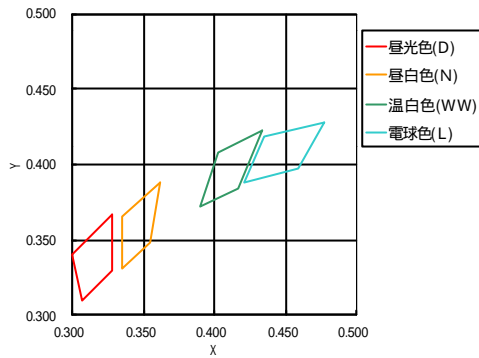


図 - 3 各種照明の色度

2) 明るさ

本製品のみで、読書灯としての用途に使用できる明るさを有している。40cm距離での照度は、中心部で300lx以上、200の範囲では、中心部の約70%を確保している。

3-2. 電気的性能

電気的性能を表-1に示す。

表 - 1 電気的性能

定格電圧	DC 13V
動作電圧	DC 10 ~ 13.5V
保存温度	-40 ~ +80
消費電流	240mA以下
消費電力	3.2W以下
電源供給	IG電源
スイッチ	2ポジション シーソースイッチ

3-3. その他

照明の配光をスポット的にする事により、バックミラーへの光源の写り込みが少なく、ドライバーの後方視認性を向上。

利用者の顔を照らさないことでプライバシーの保護。

光の照射角度を微妙に調節可能な首振り回転機能も付加(最大で±15°)。

また、LEDを使用していることから、従来の冷陰極式車載読書灯と比べて、

- ・省電力(半分以下)
- ・発熱が少ない(半分以下)
- ・長寿命

である。

≡≡≡ 新製品紹介 ≡≡≡

オールTPO アウターウェザーストリップ

All TPO Outer Weather Strip

浜 端 満 男 * 1

1. はじめに

近年は自動車産業だけでなく各種業界に対し、地球環境を考慮した製品設計が強く求められている。その中でもリサイクル性及び軽量化を加味した製品設計は特に要求が強い項目である。

今回、従来の適用材であるPVC材に変えてリサイクル性に富み、且つ軽量であるTPO材（オレフィン系熱可塑性エラストマー）を適用したアウターW/Sを開発・量産化したのでその製品概要について紹介する。

2. 製品の概要

本製品は、自動車のサイドドアガラス室外側ベルトライン部に装着され、車外からの雨、風、音等の車両室内への侵入を防止し、ガラス面に付着した砂、埃あるいは水滴等を払拭する機能を有する製品であり、その装着部位を図-1に示す。

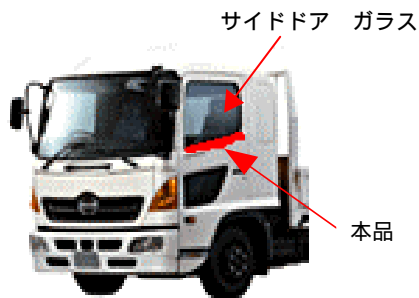


図 - 1 装着部位

図-2, 3に示す様にW/S製品仕様は押出成形体両端部に段カット加工を施し、更にエンドカバーを挿入接着した製品構成である。尚、図-3に示すA-A断面摺動リップ表面には滑性機能補助のための静電植毛が施されている。

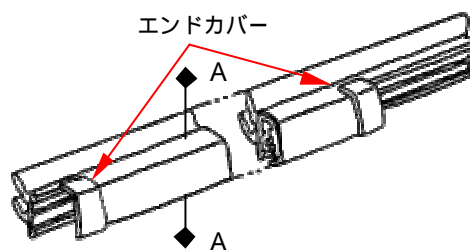


図 - 2 製品仕様

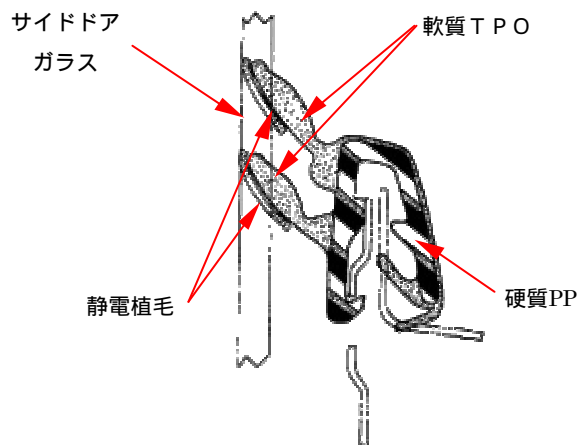


図 - 3 断面形状<A - A>

*1 Mitsuo Hamabata ボディシーリング技術部 ボディシーリング技術室

2. 技術の概要

アウターW/S断面はガラスバタツキ防止のためのタワミ可能な摺動リップ部と、断面剛性確保のための芯材部分とで構成されている。

本開発品は、摺動リップ部に従来材である軟質PVCより軽量で、且つへたり性の良い軟質TPO材を、芯材部分には従来材である硬質PVCより温度変化の影響を受けにくく、且つ軽量である硬質PP材を適用した事が特長である。

なお、軟質TPO材・硬質PP材共にリサイクル性に富む材料である。表-1はそれぞれの製品性能比較データを示す。

表-1 性能比較一覧表

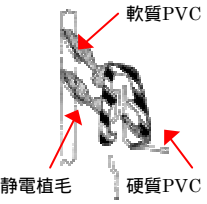
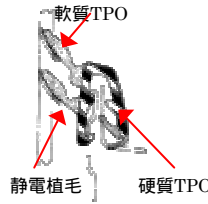
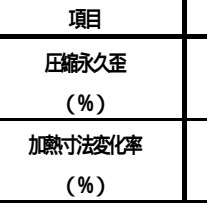

		従来品	開発品
断面構成			
			
性能・効果	項目	従来品	開発品
	圧縮永久歪 (%)	67~78	60~70
	加熱寸法変化率 (%)	0.20	0.04
	線膨張係数 (10 ⁻⁵ /°C)	6.6	4.3
	質量 (指数=%)	100	85
	リサイクル性	×	

表-1より、へたり性が良く温度変化の影響を受けにくく軽量で、且つリサイクル性に富むアウターW/Sの市場供給が可能となった。

4. おわりに

今回紹介したALL TPOアウターW/Sは、日野自動車(株)中型トラック『レンジャー』に、類似仕様でスズキ(株)『MRワゴン&アルト・ラパン』に搭載され量産対応中である。

また、本開発品に適用した軟質TPO材・硬質PP材はへたり性が良く、且つ温度変化の影響を受けにくい反面、図-4に示す様な曲げ加工を必要とする製品バリエーションへの材料適用は不向きであるが、今後の適用製品拡大と更なる製品開発に取り組み中である。

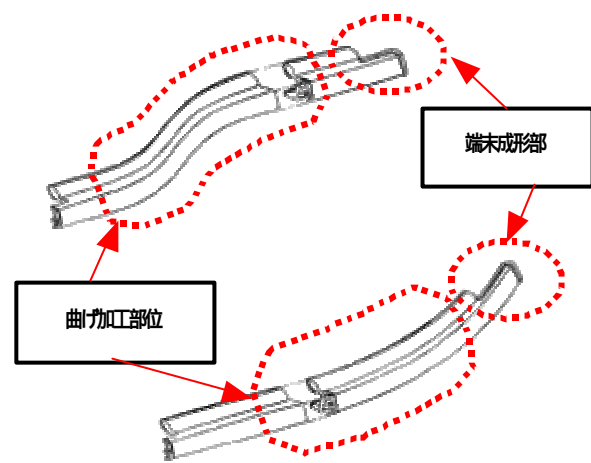


図-4 その他製品仕様

新製品紹介

カラーTPO 接続オープニングトリムウェザーストリップ

Opening Trim Weather-Strip connected by Colored TPO Molding

水谷 安志 * 1

1. はじめに

最近の動向として、コンパクトカーにおいても、走行時の静粛性向上のため、ドアウェザーストリップの他にオープニングトリムウェザーストリップを追加設定し、2重シール化が採用されている。

一般的に、コンパクトカーにおいては、ドア自体が軽量化されているため、2重シール化すると、ドア閉まり性の悪化が懸念される。

今回、オープニングトリムウェザーストリップの接続部にカラーTPO材料を適用し、ドア閉まり性の影響なく車両質感を向上させた新製品を開発・量産化したので、その概要について紹介する。

2. 製品の概要

本製品は、ドア開口部のボディフランジに取り付けられ、車外音の進入を防止するシール機能を有し、ボディフランジをカバーする部品である。また内装色に合わせ加飾が必要とされている。その装着部位を図-1に示す。



図-1 装着部位

断面構成としては、上部に走行時のシール性のために、中空スポンジ部分を設定したA-A押出品。下部は、そのA-A断面をそのまま適用する

と、ドアトリム部と強干渉しドア閉まり性が問題となるため、トリム部のみのB-B押出品(ボディフランジのカバー機能)で構成されている。

また、共に内装色に合わせたTPO材料で加飾を実施している。

その製品図を図-2、断面形状を図-3に示す。

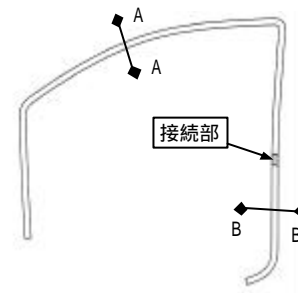


図-2 オープニングトリムウェザーストリップの製品図

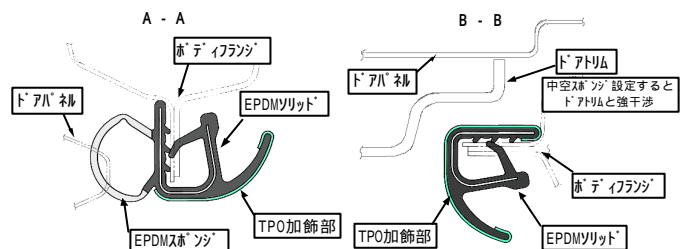


図-3 オープニングトリムウェザーストリップの断面形状

3. 従来の製品仕様

従来品は、ドア閉まり性と内装色への加飾を両立させるため、中空スポンジ部分のついたA-A押出品の末端中空スポンジ部分を潰した製品と、トリム部のみのB-B押出品に樹脂キャップをつけた製品で、2部品構成であり、顧客組付工程にて2部品の組付けを実施していた。

従来の製品仕様を図-4に示す。

*1 Yasushi Mizutani ボディシーリング技術部 海外技術室

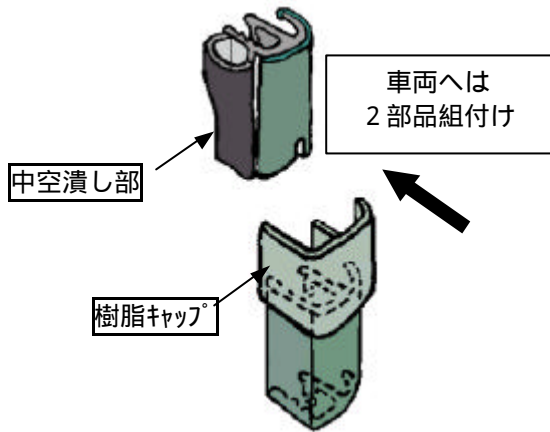


図 - 4 従来製品仕様

4. 開発品の概要

今回、ドア閉まり性と加飾の要求を満足する為、すでに開発完了している同一断面形状のゴム押出品のTPO接続技術を応用し、成形時の型締めの際、中空スポンジ部を潰し込む異形断面の接続金型を適用した。また、接続材料に押出TPO加飾部と同等のカラーTPO材料を設定することで、一体感のある製品構成、コンパクトカーのシール性向上とドア閉まり性の課題を解決した。

その結果、従来2部品構成の製品を1部品化し、製品の外観向上と顧客車両組付工程での組付作業性の改善がはかれた。

開発品の製品仕様を図 - 5 に、またその工程の比較を図 - 6 に示す。

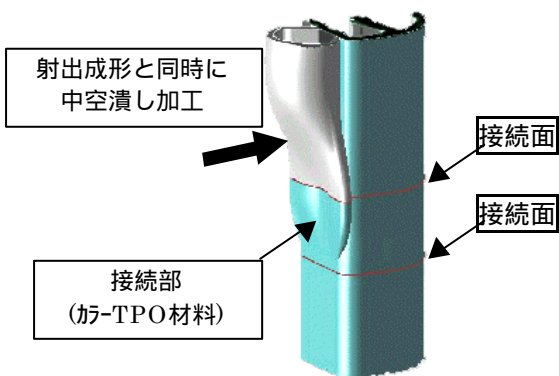


図 - 5 開発品製品仕様

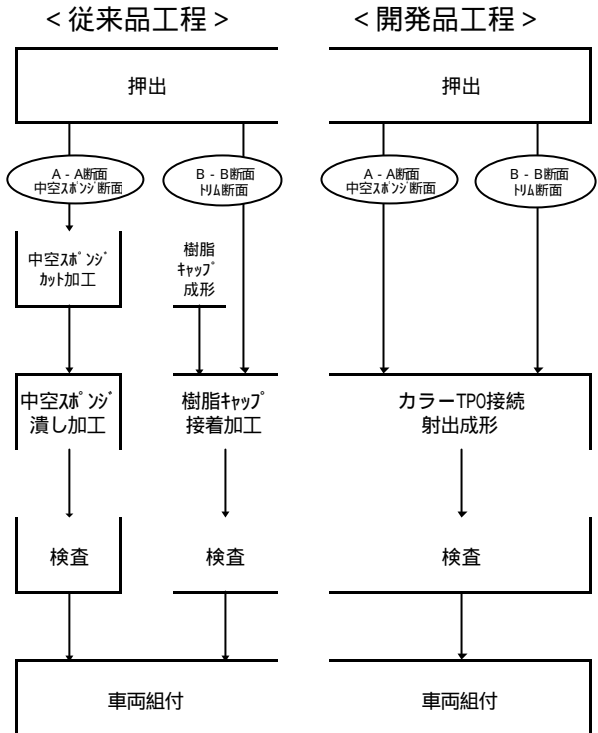


図 - 6 工程比較

5. おわりに

今回紹介したカラーTPO接続オープニングトリムウェザーストリップは、トヨタヤリス(フランス生産車両)に採用され量産化した。今後は、この技術を他の車種にも広めていきたいと考えている。

最後に、本製品の開発、量産に際しご協力いただいたトヨタ自動車株式会社の関係部署の方々に厚く謝意を表します。

新製品紹介

ハイブリッドホイール

Hybrid-Wheel

大庭達也^{*1} , 寺本泰庸^{*2}

1. はじめに

アルミホイールは、意匠性向上と燃費向上に伴う軽量化、高級化志向などによって装着率の向上が大巾に増加している。近年では、大口径化かつ高意匠性の進展などニーズが多様化している。

今回、トピー工業株式会社と共同で、アルミホイールのみでは表現しきれない装飾を樹脂部品と組み合わせることで、双方の素材の特徴を生かした新しい意匠の世界を実現する「ハイブリッドホイール」を開発、第35回東京モータショウで発表した。(写真-1)

本報ではその概要について紹介する。



写真-1 ハイブリッドホイール

2. 製品の概要

2-1. ねらい

これまでのアルミホイールは、そのデザインとともに切削加工による光輝仕上げや全面めっきといった鏡面仕様によって意匠性の向上を図ってき

た。しかしながら、ホイール凹部への研磨加工、特定部分に限定しためっき加工等は技術的に困難であり、「デザイン」が制約されてきた。「ハイブリッドホイール」は、従来のイメージを覆すデザインを実現することを目指して開発してきた。

2-2. 構成

「ハイブリッドホイール」は、その機能を強度・剛性を持たせるアルミホイール部分と意匠性を表現する加飾部分とに機能分担し、意匠を樹脂部品で表現することで、ホイールトータルでの意匠性の向上も可能となり、アルミと加飾部品の組み合わせにより斬新なデザインを実現することが可能になった。「ハイブリッドホイール」の断面図を(図-1)に示す。

樹脂部品はアルミホイールと外周部は「爪嵌合締結」、内周部は「ボルト締結」である。主たる取付は内周部で受け持ち、外周部は組付け時の仮留めおよびガタツキ防止(異音発生防止)ために設定した。

3. 製品の特徴

3-1. バリエーション拡大

樹脂部品の形状や表面処理にバリエーションを加え、これを交換することによって1種類のアルミホイールで複数の意匠ホイールを生み出すことが可能であり、幅広い車種への適用を想定することが可能になるとともにトータルの設計コストの削減にもつながる。

3-2. 軽量化と意匠性の両立

ベースとなるアルミホイールは樹脂部品の組み付

*1 Tatsuya Ohba 内外装部品技術部 外装技術室

*2 Yasunobu Teramoto 内外装部品技術部 外装技術室

けを考慮した設計で、意匠や加工工程による制約が解消され、軽量化（約8%程度）も可能である。これは、樹脂部品部の裏面はアルミホイール側での肉盗みなど軽量化手段が取れるためである。

さらに、現行めっきホールに比べ、大幅な低コスト化も同時に達成している。

当製品の特徴について（表 - 1）にまとめた。

4. おわりに

今回紹介した「ハイブリッドホイール」は、「第35回東京モータショウ」においてトピー工業株式会社・豊田合成株式会社両ブースにおいて発表された。今後、トピー工業株式会社と共同で同製品の量産化を図るとともに、バリエーションの拡大を目指し開発をすすめていきたい。

最後に、この製品の開発に際しご支援、ご指導をいただいたトピー工業株式会社の関係各部署の方々に厚く謝意を表します。

項目	ハイブリッドホイール
意匠性 (めっきアルミホイール)	
コスト (めっきアルミホイール)	
重量 (アルミホイール)	約8%軽量化
耐冷熱繰返し性 (ホイールキャップ類)	
耐熱性 (ホイールキャップ類)	
耐衝撃性 (ホイールキャップ類)	
耐久性 (ホイールキャップ類)	

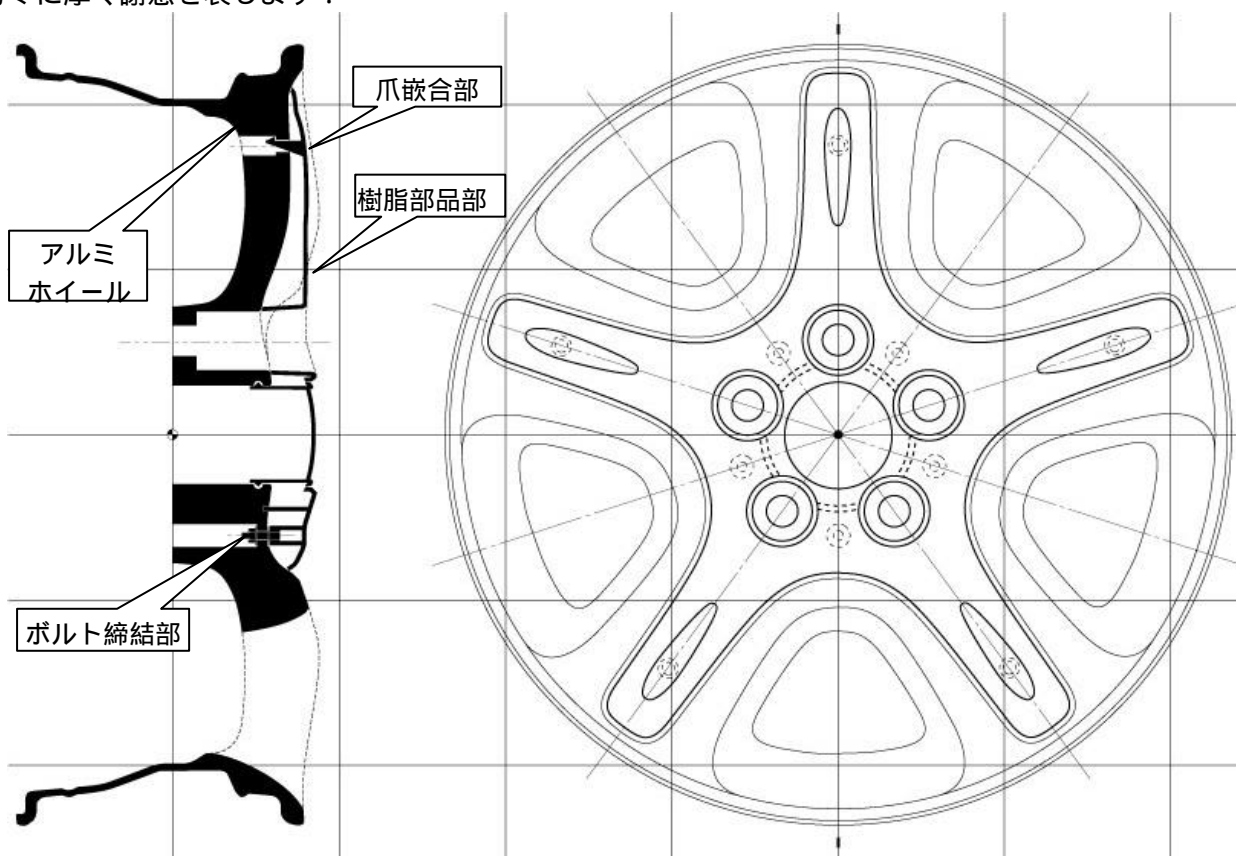


表 - 1 開発品 図 - 1 ハイブリッドホイール（断面図）

新製品紹介

エンターテインメントロボット "AIBO,, 筐体

Case for Entertainment Robot "AIBO,,

杉山 勝哉 * 1

1. はじめに

世界初の『人とロボットの共存』を目指したソニーの自律型エンターテインメントロボット "AIBO,, が1999年に発売されて既に4タイプが商品化された。

筐体についても各モデルのキャラクター設定に合わせ様々な提案をしてきている。

2001年秋発売のERS-311/312(写真1)及びERS-220(写真2)の脚筐体を開発したので紹介する。

2. 製品概要

今回開発した脚筐体を写真3に示す。

ERS-311/312は艶消し意匠面を表現するために深さ9µmの細かい梨地シボを施し、今までの精悍なイメージを払拭した可愛らしいイメージを表現している。

ERS-220は複雑な形状の部品を多数組合せることにより、近未来的なイメージを表現している。

外観品質については無欠点に近い高い品質が要求される。



写真-1 ERS-311/312

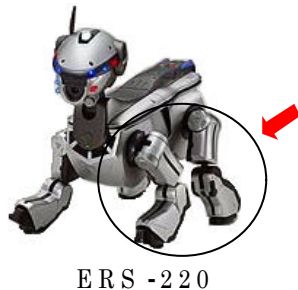


写真-2 ERS220



ERS-311/312

部品種類
8



ERS-220

部品種類
19

写真-3 脚筐体

*1 Katsuya Sugiyama 特機事業部 技術部 技術室

3. 技術概要

エンターテインメントロボットの開発は短期間にて実施しなければならない。

計画概要を下記に示す。(ヶ月)

業務	製品設計	金型製作	生産準備
期間	0.5	1	2~3

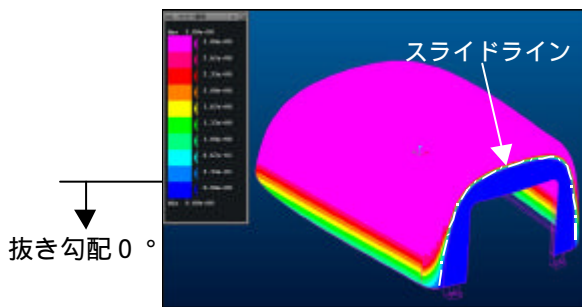
(期間はCADデータ受領後からを示す)

3-1. 製品設計

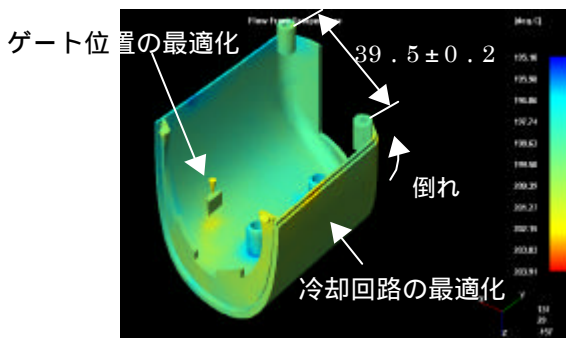
意匠、製品形状は顧客の設計からCADデータで提示され、この設計案に対し技術的検討(成形性、意匠性、寸法精度)を加え、製品形状及び金型構造に反映している。

金型構造検討結果の一例を図-1に示す。

- ・抜き勾配チェック：スライドライン検討等



- ・流動解析：側面倒れ及び冷却検討



図面值	製品
39.5 ± 0.2	39.41 ~ 39.46

図 1 金型構造検討結果

3-2. 塗装条件設定

下記項目を考慮し塗装膜厚の設定を行っている。

性能確保：磨耗試験(消しゴム)等

色幅

検討結果を図 3 に示す。

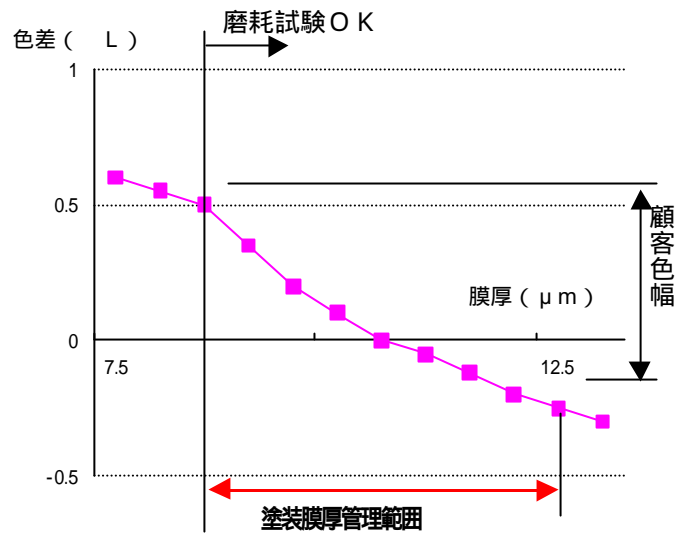


図 3 塗装条件検討結果

4. おわりに

本筐体を用いたエンターテインメントロボット“AI BO”はソニー株式会社から発売されている。

今後も世界中が注目するエンターテインメントロボットの発展に貢献出来るよう開発していきたいと思ひます。

最後に本製品の開発にあたりご協力頂いたソニー株式会社の関係部署及び成形加工部門の方々に深く感謝致します。

編集後記

自動車業界のM&Aは一段落し、メガコンペティションの時代に突入し、競争はますます激化しています。それに伴い部品会社の競争もますます激しくなり、コストダウン、開発から量産までの期間短縮、製品の機能向上・品質向上・軽量化・小型化さらにリサイクルやCO₂対策などすべての課題について生き残りをかけて全面戦争の状態になっています。

課題は多く、期間は短いためITを使った開発・生産準備システムの改善などが進んではいても、技術者の仕事の密度はますます高くなっています。そのような中で技報の原稿執筆をお願いしており、なかなか予定した納期が守られず苦労していますが、今回も無事発行する事ができ関係の皆様のご協力に感謝します。(Y)

(非売品)

豊田合成技報編集委員会 編集委員長 伊藤敏安(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) 前野 隆(機能部品事業部) 坂根勝信(セーフティシステム事業部) 野崎政博(ホテイシリク事業部) 山中 修(オプトE事業部) 安井誠志(特機事業部)	豊田合成技報 第44巻 第1号 (禁無断転載) 2001年 6月25日印刷 2001年 6月28日発行 発行所 豊田合成株式会社 発行人 田中 裕 印刷所 竹田印刷株式会社
---	---

豊田合成株式会社

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号広島ワイセクタービル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