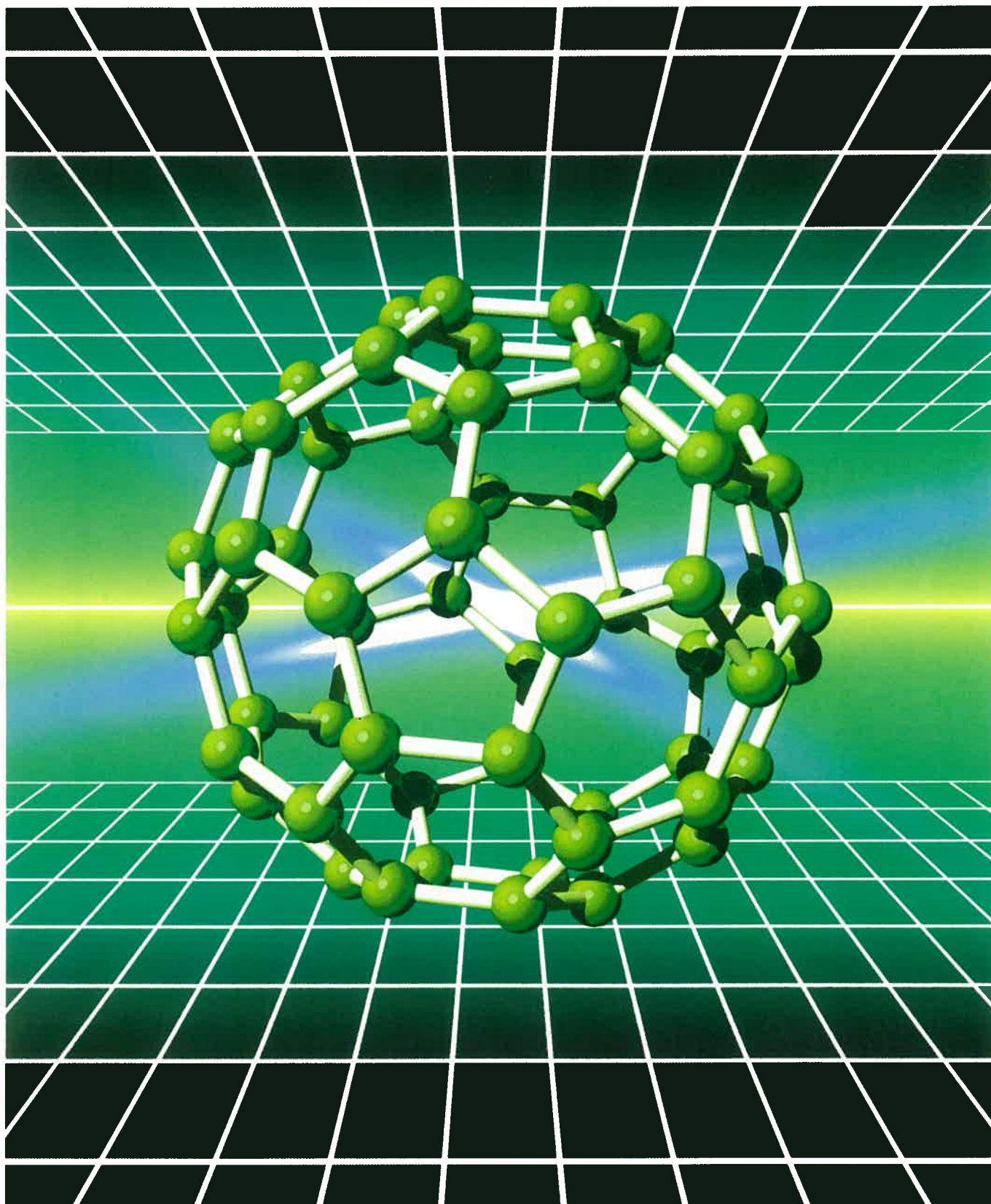


豊田合成技報



TOYODA GOSEI TECHNICAL REVIEW

VOL.49 NO.2 2007



総説	安全・快適なモビリティ開発のための 生理計測技術	横山 清子	35
	軽量化における金属・樹脂接合技術	鈴木 達雄 三井 研一 内田 安則	41
報告	薄肉大型樹脂部品の高精度そり予測 CAEの開発	西郷 栄人 山田 和慶	44
新技術紹介	インパネ用軟質ウレタンフォーム材料	三輪 肇	51
新製品紹介	マップランプ光源ユニット	稲垣 聡 酒井 和宏 市川 忠沖	53
	新 TPV ガラスラン	有竹 祐則 土岐 智 高瀬 智宏	55
	3列一体ロールオーバー対応 カーテンエアバッグ	堀田 直紀 落合 康雄 増田 泰士	57
	社外発表文献一覧表		59
	社外受賞テーマ紹介		63
	受賞テーマ技術概要紹介		63

CONTENTS

Technical Review

Physiological Measurement Technology for Development of
Safety and Amenity Mobility Kiyoko Yokoyama..... 35

Joining Technology for Metal and Resin for Weight Reduction Tatsuo Suzuki 41
Kenichi Mitsui
Yasunori Uchida

Technical Reports

The Development of High-Accuracy Warpage Analysis CAE for
Large, Thin Plastic Parts Yoshihito Saigo 44
Kazumichi Yamada

New Technologies

Soft PU Foam for Instrument Panel Hajime Miwa 51

New Products

Light Source Modules for Spot Lamp Satoshi Inagaki 53
Kazuhiro Sakai
Tadaoki Ichikawa

Noiseless Glass-Run Made by TPV Masanori Aritake 55
Satoshi Toki
Tomohiro Takase

Three Row Curtain Airbag for Rollover Naoki Hotta 57
Yasuo Ochiai
Yasushi Masuda

List of Published Papers 59

Introduction of an outside prize winner 63

Technical outline of a prize winner 63

≡≡≡ 総 説 ≡≡≡

安全・快適なモビリティ開発のための生理計測技術

Physiological Measurement Technology for Development of Safety and Amenity Mobility

横山 清子*

1. はじめに

2006年4月に経済産業省から発表された人間生活技術戦略¹⁾においては、少子高齢化の急激な進展、社会環境の変化、科学技術の進歩を見据えた上で、1) 安全・安心で快適に暮らす 2) 生きがいを持って健康に暮らす 3) 日本経済の競争力強化を目標としている。これは、団塊の世代が2030年まで元気で介護不要であり続ける、すなわち、健康寿命80歳の実現や、人に親和し五感で楽しめ納得できる機器、空間、システムの開発を目指すということである。このために、人間特性(身体寸法、形状、行動、五感(感性)、認知、判断)や、人の生活空間、環境を良く知り活用する技術である人間生活技術の活用を図ることの必要性が挙げられている。

人間生活技術戦略で策定された4つの将来ゴールは、1) 心身ともに健康な生活 2) 楽しく安らげる暮らし 3) 安全・快適なモビリティ 4) 安全・安心働きがいのある環境 である。ここでは、この中の「安全・快適なモビリティ」実現に向けての要素技術の概要と2030年までのロードマップを概説し、人間特性の把握や快適性評価のために不可欠な技術のひとつである生理計測技術の概説と、生理計測の応用例を述べ、安全・快適なモビリティ開発における生理計測技術の必要性を述べる。

2. 安全・快適なモビリティ実現に向けて

経済産業省が2006年4月に発表した人間生活技

術戦略の4つの将来ゴールのひとつとしている「安全・快適なモビリティの実現」の内容は、乗ると元気になるモビリティがあり、誰もが安全・快適かつ省エネで自由に移動することができる社会の実現ということである。そのために達成すべき技術として、1) 五感や生理に適した快適モビリティ 2) 安全・自由な移動を実現する技術 3) エコ&セーフティドライブ支援 が挙げられている。

五感や生理に適して乗ると元気になる、誰でも安全快適に自由に運転・移動できる技術を開発するためには、身体機能、身体の活動度、集中度、外界刺激に対する反応、疲労、快適感を計測、評価、応用する技術開発が必要となり、このための基盤技術のひとつとして生理計測技術が挙げられる。

人間生活技術戦略における安全・快適なモビリティ実現のゴール達成のために、2005年から2030年までの研究開発ロードマップに記載されている生理計測に関連する項目を以下に列挙する。1) 車椅子や乳母車のように高齢者にとって楽な姿勢・動作の研究 2) 運転時の生理(心拍・呼吸・視線など)変化の検知技術 3) 運転時の生理変化をアクセサリをつけるように手軽にモニタリングする技術 4) 加齢による身体機能・認知力低下の調査 5) 身体機能・認知力を維持させる製品・効果を評価する技術 6) 運転時(環境変化)における身体の活動度の計測・評価技術 7) 運転時に必要な身体機能・認知力の調査 8) 運転者の生理変化から集中力低下を計測する技術 9) 心拍・発汗・視線・脳波などの計測に

* Kiyoko Yokoyama 名古屋市立大学大学院 芸術工学研究科 准教授 工学博士

よる運転者の場面に応じた集中力変化の調査
10) 運転時の動作や姿勢に応じた疲労の計測・評価技術
11) 運転時の筋力・視力・聴力などの総合的な計測・評価技術。

これらの項目は、運転時の様々な身体的・精神的状態を生理計測により精度高く、詳細に分析し、かつ、運転者や同乗者にとって安全・快適なモビリティが提供されているかどうかの評価のための計測技術、分析方法開発の必要性を表している。

具体的には、運転時の身体的・精神的状態について、居眠り、疲労、注意集中低下は、事故を誘発する大きな原因のひとつとして、その防止策や自動検出のための技術開発が従来から行われてきている²⁾。居眠り、疲労、注意集中低下の検出方法として、無拘束かつ非接触で利用可能なビデオカメラなどによる運転者の動作や表情分析、視線や瞬きの分析など身体状態を測定するものが従来から研究されてきている。また、居眠り、疲労、注意力低下を防止するためには、身体に負担が少なく、快適な車室内環境を提供し、かつ、覚醒度低下や注意力低下が検出された場合には、覚醒度や注意力を高めるための刺激を与える機能の付加も必要となる。人の身体に負担が少ないか、人が快適に感じているかなどについては、姿勢・動作分析、筋電図、脳波、心電図、発汗などの生体信号の測定・分析により精度の高い評価方法の開発と評価の実施が必要となる。同様に覚醒度や注意集中を高める付加機能の有効性の評価においても、生体信号測定による生体反応評価や表情・視線等の検出分析が必要となる。

居眠り、疲労、注意力低下などの状態を運転中に実時間で推定するためには、特別な測定装置を装着する必要が無いことが望ましく、装着したとしてもアクセサリ感覚で簡便に利用できるものでなければいけない。そのための開発項目が、生理機能の手軽なモニタリング技術、生理変化による集中力低下の計測技術、運転者の場面に応じた集中力変化の調査、運転時の動作や姿勢に応じた疲労の計測・評価技術、運転時の筋力・視力・聴力などの総合的な計測・評価技術となる。

少子高齢化が進むことにより、人口に占める高齢者の割合は増大する。高齢者の運転や乗車において、負担の少ないモビリティの開発は必要不可欠である。高齢者にとって負担の少ないシート、操作性や視認性の優れたコンソールパネルなどの設計が必要となり、そのためには高齢者の姿勢や

動作特性、視覚特性を、運転動作時の動作分析、視線追跡、筋電図、眼球運動などから評価することとなる³⁾。さらに、運転に必要な身体機能や認知能力の測定と、加齢に伴う身体機能や認知能力を、トラッキング作業などの作業負荷に対する、作業成績や作業時の生体信号測定による生体反応測定により評価を行うことも必要となる⁴⁾。

さらに、快適なモビリティの実現に向けては、人が快適な状態であるかを評価するための評価手法の開発が必要となる。快適性を評価するために、主観的な評価として心理アンケートや、SD法などが行われてきているが、これらの測定はそれまで被測定者が置かれていた状況を中断、もしくは、その状況が終了した時点でそれまでの状況を振り返り評価を行うことになる。それと比して生理計測技術は、人が置かれた状況を中断することなく、その状況に対して実時間、かつ、連続的な評価を可能とする。生理計測技術を用いた快適性の評価の例は、疲労や生体負担度、注意集中低下などと比べると例はかなり少なくなるが、複数の研究報告がなされている⁵⁾。例えば、森林浴の快適性をコルチゾールなどのストレスホルモンの減少により評価する、音楽から得られる快適性を脳波により評価するなどである。その他、快適性評価に利用できる生体信号として、リラクゼーション評価に用いられる心電図拍動間隔時系列や脈波、皮膚電位水準なども候補としてあげることができる。快適性評価への生理計測技術の応用に関する研究については、今後の発展が期待できると考えている。

3. 生理計測技術の概要

生理計測とは、人の身体機能や身体状態を測定するものである。神経細胞の微弱な活動電位、血液の流れ、体表面や深部の温度、血管の圧力などをセンサーで測定する。日常生活場面や産業応用を意図する場合、センサーとしては動作を妨げることの無い非侵襲・無拘束測定が可能であることが条件となる。測定される信号の代表的なものとして、脳波、筋電図、心電図、皮膚電気活動、発汗量、呼吸、血圧、眼球運動、瞳孔反応、ストレスホルモン、深部体温、体表面温度分布などがある。これらを、自律神経活動動態、眠気、注意集中、生体負担度、疲労、ストレス評価などに応用してきている。さらに、リラクゼーション度合い、快適性評価などへの応用も研究されてきている。

以下に上記の代表的な生体信号についての簡単な解説を行う⁶⁾⁷⁾。

3-1. 脳波

頭皮上から測定した脳波は、多数の大脳皮質神経細胞の活動電位の総和を反映する。数十 μ ボルト程度の微弱な電位である。脳波は意識水準によりその波形形状が異なっており、覚醒水準が高く注意集中などの状態では、周波数帯域14~30Hzの β 波が主となる。リラックス状態では8~13Hzの α 波が、うとうとしている入眠期には4~7Hzの θ 波が主となる。図-1は脳波の1例である。リラックスした状態で測定したものであり、 α 波が顕著に見られる。

3-2. 筋電図

筋電図は、運動ニューロンが興奮し筋に収縮が起こることにより発生する活動電位を反映する。皮膚表面に電極を貼付し多数の筋細胞の集合体として活動電位を測定するものが表面筋電図であり、単一の筋細胞の活動電位を記録する場合は筋に針電極を刺入して測定する。筋力の絶対量を筋電図から推定することは難しく、通常あらかじめ測定しておいた最大筋力発揮時の筋電図の大きさ(筋電図の区間積分値)に対して、測定時の筋電図の大きさの比率を求めた%MVCという指標で筋肉の活動状態を評価する。図-2は筋電図の一例で、動作に伴い筋活動電位が生じた部分で振幅が大きくなっている。図中では6~8秒の部分で、他よりも大きな筋力が発揮されていることが推定できる。

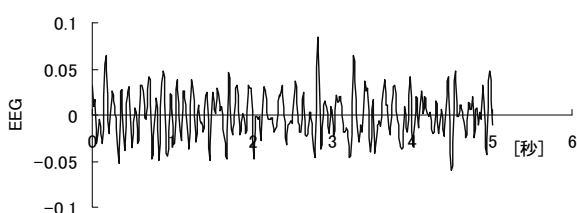


図-1 脳波の例

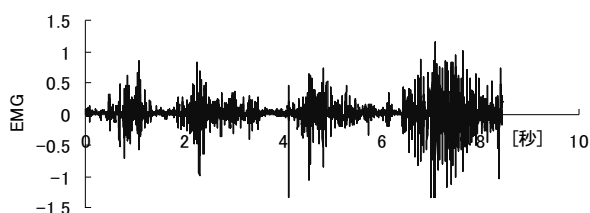


図-2 筋電図の例

3-3. 心電図

心筋の興奮により発生する活動電位を体表面から測定したものが心電図である。数mV程度の電位が観測される。図-3に心電図を示すが、図中に記したように波形の各部位にP、Q、Rなどの名前がつけられている。P波は心房の興奮、QRS群は心室の興奮、T波は心室の興奮の回復に対応する。心電図を用いて自律神経活動バランスを評価する場合、R波とR波の時間間隔であるR-R間隔時系列を利用する。図-4に同一被験者を対象とした前半安静状態、後半研究発表中の高い緊張状態の瞬時心拍時系列を示す。瞬時心拍とは、1分間をR-R間隔で除した値、すなわち、拍動間隔を心拍数相当の値で表したものである。瞬時心拍数、もしくは、R-R間隔は毎拍一定値となるのではなく、拍毎に変動していることがわかる。この変動を「ゆらぎ」と呼ぶ。安静状態と緊張状態を比較すると安静に比して緊張状態において心拍数が高くなっている。また、波形の変動パターンである「ゆらぎ」の様相も安静時と緊張状態では変化しており、緊張状態の方が「ゆらぎ」の振幅が小さいことが分かる。

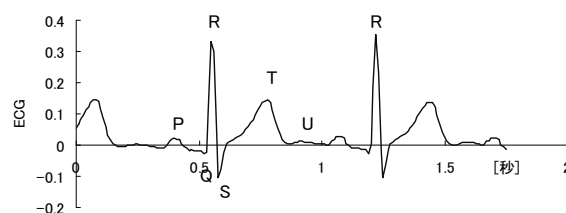


図-3 心電図の例

3-4. 皮膚電位水準

精神的な負荷や動揺による感情変化、情動反応が起こることにより皮膚の電気抵抗が低下する。これは、汗腺に現われる交感神経反射のひとつとされている。精神性発汗が起こる手掌、足底において、この電気抵抗の変化を測定するのが皮膚電位水準である。緩やかな変動であり、刺激に対する

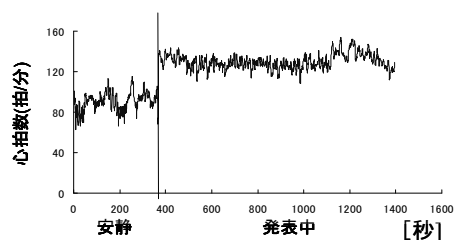


図-4 研究発表時の瞬時心拍時系列

る潜時も2秒程度、持続時間も数秒以上と長くなる場合も見られる。

3-5. 呼吸

呼吸については、呼吸数や呼吸の大きさの時間変化を呼吸曲線として測定する方法がある。これについては、胸囲の変化を電気抵抗の変化として記録するものと、鼻腔の呼気・吸気による温度変化をサーミスターで記録するものがある。呼吸量については、肺の容積すなわち呼吸量を記録する肺容量計による測定、あるいは、身体全体を密閉室に入れて、密閉室内の容積変化を記録する体幹プレチスモグラフによる測定などが行われる。

3-6. 眼球運動

眼球の動きには、視線を移す時の断続性眼球運動、動くものに視線を合わせる追随運動、頭部の動きに対して視野のぶれを防ぐ迷路性運動がある。アイカメラを用いて視線の動きを分析することにより、注意、興味などの状態が推定できる。

3-7. ストレスホルモン

ストレスとは、ストレスと呼ばれる生体内外からの刺激に対する生体の防御反応のことである。ストレスが加わることにより分泌されるホルモンとしてコルチゾールがある。唾液中や尿中に含まれるコルチゾールの量を分析することによりストレス度合いを評価することができる。

4. 生体計測の応用例

安全・快適なモビリティ実現のゴール達成のために、人間生活技術戦略の研究開発ロードマップに記載されている生理計測の項目に関連する内容の実験例を以下に述べる。内容として、1) 車室内コンソールパネルの設置位置・角度の変化に対する動作・筋電図の変化 2) 四輪車と二輪車の長時間高速道路走行時の心拍数変動による生体負担度評価 3) 情報提示画面のレイアウト変化に対する脳波変動 をとりあげる。

4-1. 室内コンソールパネルの設置位置・角度の変化に対する動作・筋電図の変化

コンソールパネルを模擬したPC用テンキーの設置位置を、車のシート座面と同位置(0cm)、座面から15cm、30cmの3種類とし、各々の設置位

置でパネルの角度を0度(水平)、30、60、90度の4種類で変化させた12ケースを比較した。光学式モーションキャプチャシステムにより全身33箇所の3次元位置座標を測定し、さらに左肩僧帽筋と左上腕筋の表面筋電図も同期測定した。被験者は4名の健常男性大学生で各4試行を行った。図-5には、1回のボタン押下動作に対する a) 左肩関節の移動距離と b) 僧帽筋の積分筋電図の4名×4試行の16例の平均値を12のパネル設置条件に対して求めたものである。積分筋電図については、値の個人差が大きいため、各例において12のパネル設置条件に対する平均がゼロ、標準偏差が1となる標準化を行った上で、16例のデータの平均を求めている。

この結果では、パネルの設置位置が高くなることにより肩関節の移動距離と、僧帽筋の筋電図の振幅(積分筋電図の値)が大きくなり、肩に対する負担が大きくなっていることが分かる。また、同じ設置高さであれば、設置角度が水平よりも垂直の方が僧帽筋に加わる筋負担は小さいことが分かる。

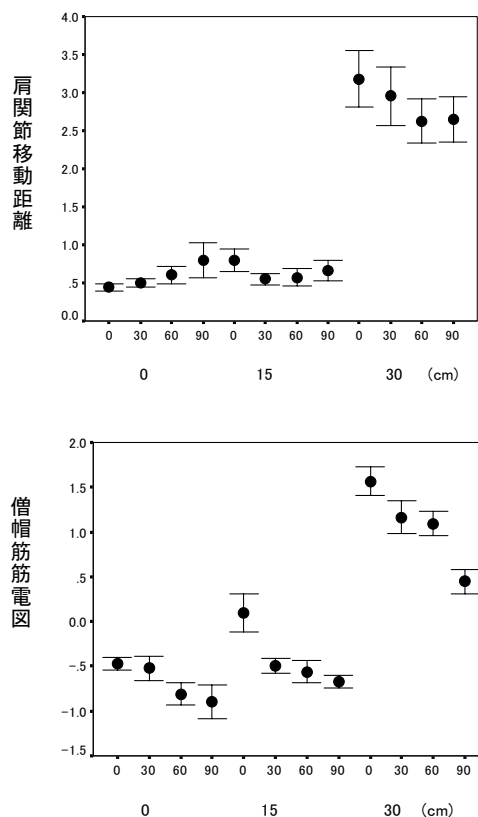


図-5 車室内コンソールパネルの設置条件に対する動作と積分筋電図の変化
肩関節移動距離(上図) 僧帽筋の筋電図(下図)

4-2. 四輪車と二輪車の長時間高速道路走行時の心拍数変動による生体負担度評価

実験では、四輪車健常成人20名、二輪車30名を対象として、ホルター心電計を用いて心電図を測定した。高速道路を主体として400kmの走行で、約1時間の走行に対して15分間の休憩、午前中3時間の走行後は昼食を含めた1時間の休憩を設定した。心電図からは、1拍毎の拍動間隔時系列を算出し、さらにその時系列の変動パターンを定量化するため、拍動間隔の平均値、変動係数（拍動間隔の標準偏差を平均値で除したもの）、LF（拍動間隔時系列の0.04~0.15Hz成分のパワー値）、HF（拍動間隔時系列の0.15~0.4Hz成分のパワー値）、LF/HF（LF成分のパワー値をHF成分のパワー値で除したもの）を算出した。HF、LF/HFについて、3. で述べたように、緊張や安静といった生体状態に応じては拍動間隔時系列の変動パターンが変化する。特に、人がリラックスし副交感神経活動が高まった状態では、時系列に呼吸（通常15~20回/分）に同期した変動成分が顕著となる。呼吸回数である15~20回/分は、0.15~0.3Hzに対応しており、この変動成分をHFと称している。交感神経活動度は、LF/HFの大きさに反映されるとされている⁸⁾。これらの指標に対して、主成分分析を行った。その結果、因子1として抽出されたものは、拍動間隔の平均値とHFの因子負荷量が正の大きい値となった。この因子は、自律神経活動バランスを評価すると考えられ、この因

子スコアが正で値が大きい場合、すなわち、拍動間隔が長く、HFパワーが大きい場合自律神経活動バランスは副交感神経側に傾き、因子スコアが負で値が大きい場合自律神経活動バランスは交感神経側と考えられる。図-6は、各々約1時間で設定した走行セッションに対する因子1の因子スコアの平均値の変化を示している。走行開始時、昼食後の第4、5セッションにおいて負の大きな値となり、この時点では自律神経活動バランスが交感神経側に傾き、精神的・肉体的な生体負担度が高くなっていることが読み取れる。

4-3. 情報提示画面のレイアウト変化に対する脳波変動

画面上部5分の4に映像を、下部5分の1に文字による情報を提示する情報提示画面について、情報の提示デザインの変化に対する脳波変動の測定実験を行った。被験者は健常大学生11名である。対象とした画面デザインを表-1に示す。各画面を90秒ずつ提示している。

図-7は、表-1に示すデザインの変化に対する(a)α波、(b)β波の含有率の変動を示す。番号ゼロは、何も提示しない安静座位を示している。各被験者で安静と9種類のデザインに対する測定値の平均値がゼロ、標準偏差が1となる標準化を行い、11名の被験者の平均値を算出したものをグラフに示している。ゼロで表す何も提示していない状態に対し、情報提示画面を注視している状態では、α波は減少し、β波は上昇しており、情報提示画面に対して注意が向けられていることが確認できる。デザインの比較では、4、5、7、8でα波の低下、β波の上昇の傾向が見られ、その他の画面デザインと比較して注意集中が得られやすいデザインであることが確認できる。4は

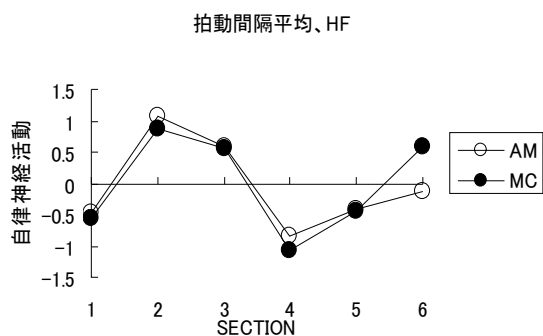
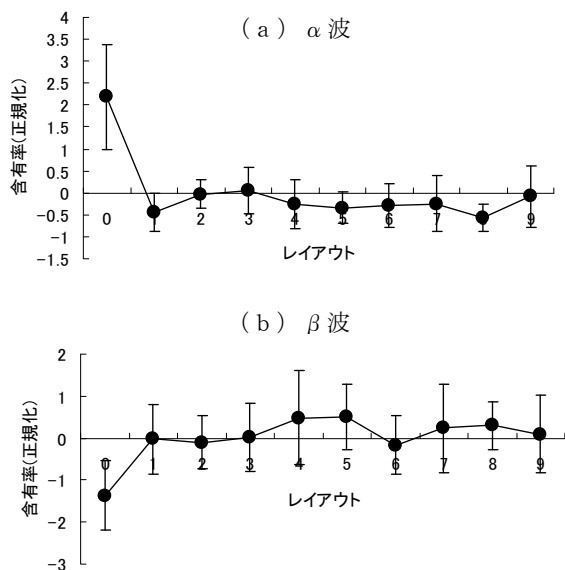


図-6 拍動間隔時系列による高速道路長時間走行の評価
AM: 四輪車 MC: 二輪車

表-1 実験に用いた情報提示画面のデザイン一覧

情報配置	文字種	文字点滅	背景色	映像枠
0 安静				
1 下中央	レギュラ	なし	グレー	
2 上右	レギュラ	なし	グレー	
3 下中央	レギュラ	なし	グレー	フルスクリーン
4 下中央	レギュラ	なし	ピンク	
5 下中央	レギュラ	なし	ブルー	
6 下中央	レギュラ	なし	ブルー	ドロップシャドウ
7 下中央	ボールド	なし	グレー	
8 下中央	ライト	なし	グレー	
9 下中央	レギュラ	有り	グレー	



図ー 7 画面デザインの変化に対する (a) α波, (b) β波 の含有率の変動

情報提示部分の背景色がピンク，5はブルー，7は情報を表示している文字がボールド（太字），8はライト（細字）であり，いずれもデザインの標準と考えた背景グレー，文字レギュラーからの変化が加えられたものであり，デザイン上の背景色や文字のウェイトの変化に対して注意集中の度合いを高めたと考えられる。

5. まとめ

2006年4月に経済産業省から発表された，人間生活技術戦略で策定された4つの将来ゴールのひとつに，安全・快適なモビリティの実現がある。ゴール達成のために，2005年から2030年までの研究開発ロードマップに記載されている生理計測に関連する項目は，運転時の身体活動，身体機能，認知力，注意集中低下，疲労，運転に伴う快適性について生理指標を簡便な方法で測定することにより実時間・連続的に評価するための技術開発，加齢に伴う身体機能や認知力の変化，高齢者にとって快適な運転環境を生理指標から評価するための技術開発，身体機能や認知力を維持，もしくは，向上させるようなモビリティ開発のための製品評価や付加機能への生理計測技術の応用などである。従って，今後，人の身体機能，生体状態，認知力などを簡便に測定する技術の開発，人にとって安全・快適が満足されているかどうかを生理計測に

より評価するための技術の開発が益々重要になると考えられる。

ここでは，生理計測の中でも，無拘束・無負担で測定できる生体信号の例を概説し，さらに生理計測による，車室内装備デザインの評価，長時間運転による疲労評価，情報提示画面デザインの評価の実験例を述べることにより，安全・快適なモビリティ実現に向けての生理計測技術の貢献の可能性とさらなる技術開発の必要性を述べた。

参考文献

- 1) 経済産業省：経済産業省技術戦略2006の概要 <http://www.meti.go.jp/press/20060131006/gijyutsusenryaku-kosshi-set.pdf>
- 2) 北島 洋樹：自動車運転時の眠気発生の特徴とその検出手法--居眠り運転の予防にむけて，ワークサイエンスレポート，通号1531・1532, pp. 1-23 (1998)
- 3) 中野倫明，樋口和則，山本 新：画像処理を用いた高齢者の視覚特性の擬似体験システム，テレビジョン学会誌，Vol.50, No.10, pp. 1489-1495 (1996)
- 4) 森若誠，村田厚生：高齢者の潜在記憶特性に関する基礎的研究，人間工学，Vol.42, No.2, pp. 144-149 (2006)
- 5) 石丸園子：心理状態と生理計測値との対応関係の検討,および触刺激が心理・生理反応に及ぼす影響に関する研究 (特集 快適性・健康を考える), 繊維製品消費科学, Vol.47, No.12, pp. 772-784 (2006)
- 6) 産業技術総合研究所人間福祉医工学研究部門編：生理計測，人間計測ハンドブック，pp.62-159, 朝倉書店 (2003)
- 7) 山本隆：生理指標の分析・評価，人間工学ハンドブック，伊藤謙治，桑野園子，小松原明哲編，pp.356-364, 朝倉書店 (2003)
- 8) Task force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology：Heart rate variability, standards of measurement, physiological interpretation and clinical use, Circulation, Vol.93, No.5, pp.1043-1065 (1996)

総 説

軽量化における金属・樹脂接合技術

Joining Technology for Metal and Resin for Weight Reduction

鈴木 達雄*1, 三井 研一*2, 内田 安則*3

1. はじめに

地球温暖化，エネルギー問題などの施策に対し，自動車の低燃費化は最優先の課題のひとつとなっている。対策として，燃料電池・ハイブリッド技術に代表される先端技術開発のほか，軽量化技術も見逃せない技術開発のひとつである。

自動車創生の時代から，金属材料の軽量合金化，金属部品の樹脂化と着実に実績を残してきた技術でもある。

本説では，軽量化における技術動向として接合・接着技術の現状を調査してみる。

2. 軽量化動向

近年車両の進化に伴い，重量は増加の一途を辿っており（図-1），軽量合金・合成樹脂への置換も頭打ち状態と言えそうである。（図-2）

また合成樹脂の車両活用状況は，内外装まわりが主たる展開域であり，耐熱・強度部品に対する活用は進んでいないと思われる。（図-3）

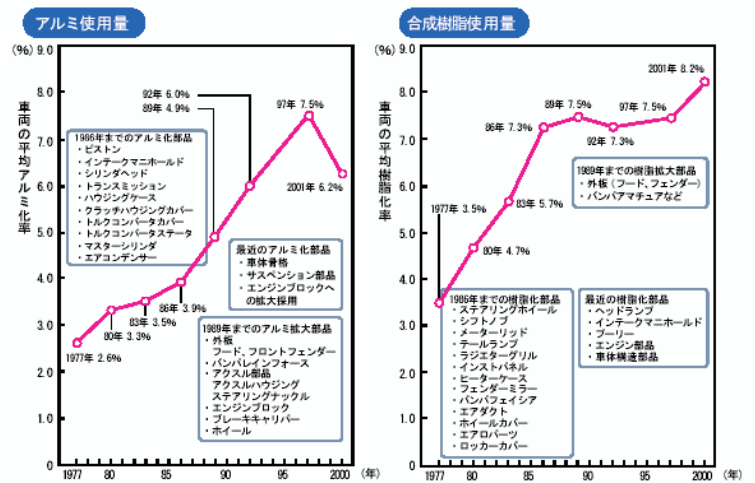


図-2 アルミ，樹脂の使用量推移 (2)

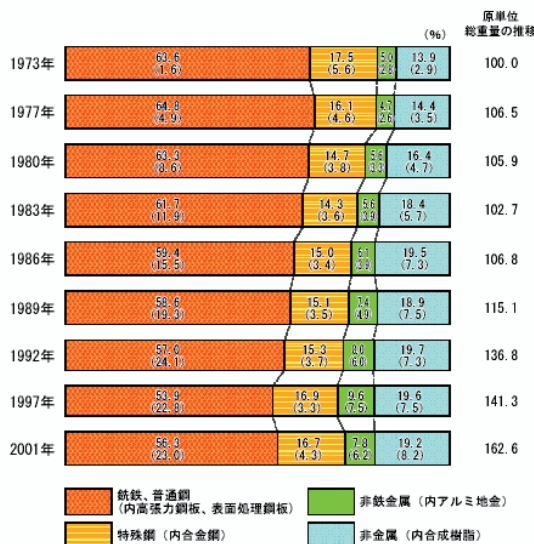


図-1 自動車構成素材の変化 (1)

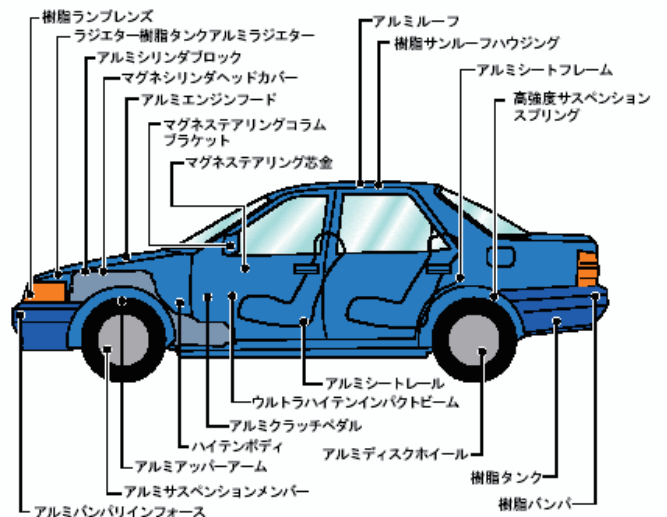


図-3 軽量化部品例 (3)

*1 Tatsuo Suzuki 機能部品事業部 開発室
 *2 Kenichi Mitsui 機能部品事業部 開発室
 *3 Yasunori Uchida 機能部品事業部 開発室

3. 耐熱・強度部品の樹脂化

近年の樹脂材料においてはスーパーエンジニアリングプラスチックと呼ばれる耐熱・高強度材料が開発され、常温レベルにおいては軽量金属に匹敵する高強度材料まで存在するようになってきている。しかし、部品単位における材料置換の軽量化では限界があり、特に耐熱・強度部品への適用については、高分子の宿命ともいえる温度依存性が阻害要因であることは否めない。(図-4)

また、樹脂化を推進するためには金属と樹脂の特性を把握した上でお互いの欠点を補いあうことが必要になる。このような強度の温度依存を克服する方策として金属・樹脂の複合がある。例えばエアープайプ樹脂化において、締結応力による座屈防止の金属パイプ補強や、中間保持強度のための金属ブラケットの適用があげられる。(図-5)

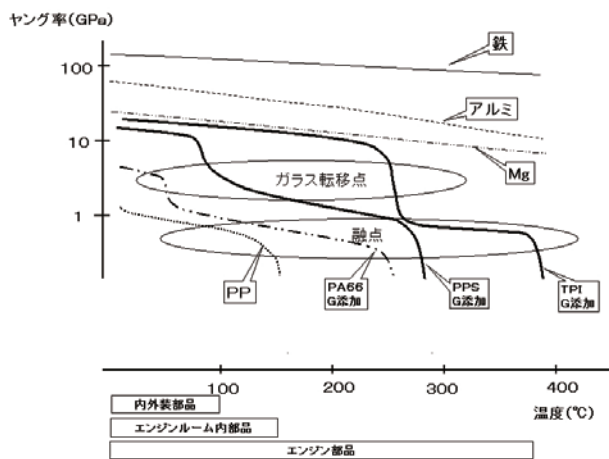


図-4 各種材料強度の温度依存性

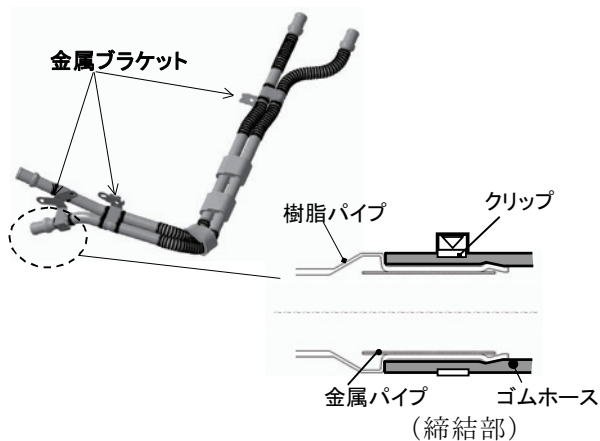


図-5 樹脂製エアerpайプ (4)

4. 接合技術の動向

軽量化の手法として、部品単位での材料置換から機能分離(展開)による部分的樹脂(金属)の採用を考える時に、双方の素材をいかに接合するかという技術が必要となる。

また自動車においてエンジンは、耐熱・強度要求が厳しく、内部には燃料、冷却水、オイル、空気などを密閉して、あるいは循環させており、部品を構成するにあたり、この密閉・循環に不可欠なシールは重要な要素である。シール信頼性向上にはシール部位を減らすことが重要であり、金属・樹脂の接合に対し、強度+シールを備える技術が必要となる。

一方、現状の接合技術として、接合強度のみを追求する技術は、ボルト、ネジ、かしめ締結やインサート成形などの接合から、接着剤による接合まで幅広く存在しているが、シール機能をもつ接合技術としてはまだ不十分である。(表-1)

接着剤の中には、シール機能を有するものもあるが、硬化時間・歩留り等の点で適用を控える場合も多い。

これに対して近年、部品点数削減・生産性向上・シール締結品質の向上の観点から金属と樹脂とを接着剤を用いずに接合する技術が提案され、一部実用化されている。

以下にその一部を紹介する。

4-1. レーザー(LAMP)接合技術

LAMPはLaser-Assisted Metal and Plasticの略で大阪大学接合技術研究所にて開発中であり、金属とプラスチックを重ねたところにレーザーを直接照射する技術である。

重ね部界面のプラスチックを溶融させ、その溶融部内部に気泡を発生させることにより接合界面に高圧を発生させて接合する方法で樹脂母材が破断するまでの接合強度を確保している。(図-6)

表-1 接合技術

接合技術	性能		生産性
	接合強度	シール気密性	
・ボルト、ネジ、かしめ締結	○	×	×
・インサート成形	○	×	○
・接着剤	△	△	×

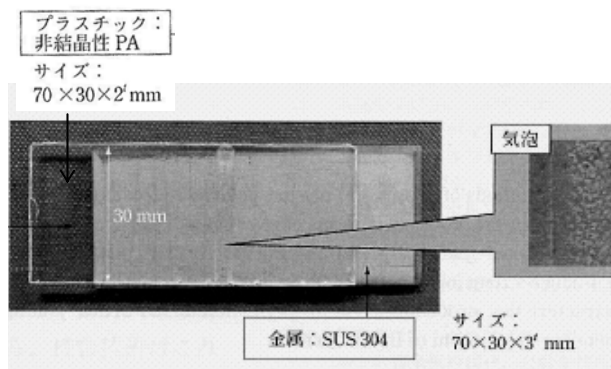
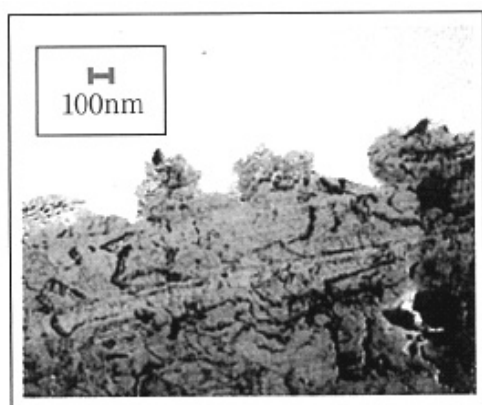


図-6 レーザー接合状態 (5)



図-8 TRI接合断面 (7)



アルミニウムとPBTが接合している部分の断面

図-7 射出接合後の接合断面 (6)

4-2. NMT接合技術

NMTはNano Molding Technologyの略で、大成プラス(株)にて開発された接合技術であり、金属の表面処理によりナノレベルの凹凸を金属表面に形成し、この微細な凹凸に熔融樹脂を直接射出成形し、入れ込むことで金属と樹脂とを一体化するものである。(図-7)

アルミニウムとPBT樹脂、PPS樹脂では特に高い接合強度がえられる。ソニーのデータ・プロジェクトの筐体「VPL-シリーズ」で実用化されている。

4-3. TRI処理接合技術

TRIはTechnologies Rise from Iwateの略で、(株)東亜電化にて開発された接合技術であり、接着機能表面処理を施した銅やアルミニウム等の金属をインサート成形し、直接成形金型内で金属と樹脂を化学接合させることで接合一体化する技術である。(図-8)

金属と樹脂との接合技術は双方の凸凹部へのアンカー効果等による物理的な接合と双方の化学的な結合により接合強度とシール性を確保しようとしている。

5. 接合技術の今後の展望と課題

上記に代表される新規技術は、接合メカニズムや性能面での未知の部分も多いが種々の金属と樹脂の組合せでの性能評価とその改良が進んでいる。金属と樹脂との直接接合技術が開発されることで相互のメリットを生かした構造体の提案が可能となり、軽量化に留まらず、新たなモジュール化なども期待できそうである。

接合技術の背反として解体・リサイクルが挙げられるが、すでにNEDOに代表されるプロジェクトでも研究開発は実施されており、今後の実用化に期待したい。(8)

参考文献

- (1)(2)(3) 環境再生保全機構 HP
<http://www.erca.go.jp>
- (4) 豊田合成 技報 新製品紹介
「樹脂エアーパープ」Vol.49 NO.1 2007.
- (5) 自動車技術 Vol.61 2007. 4月号
「最近の接合技術」
- (6) 大成プラス(株)
「Taisei Plas CORPORATE PROFILE」
- (7) (株)東亜電化 HP
http://www.toadenka.com/tri_home/index.html
- (8) (社)自動車技術会2007. 10号特集
「進歩する繊維強化樹脂」

報 告**薄肉大型樹脂部品の高精度そり予測CAEの開発**西郷 栄人^{*1}, 山田 和慶^{*2}**The Development of High-Accuracy Warpage Analysis CAE for Large, Thin Plastic Parts**Yoshihito Saigo^{*1}, Kazumichi Yamada^{*2}**要 旨**

本報では、高精度なそり予測CAEを実現させるために、予測手法を開発した事例を報告する。そのアプローチとして、射出成形を射出・保圧・冷却／取出しの3つのステップに分け、それぞれの過程でのメカニズムから材料物性のそりへの影響を考慮する方法が妥当と考えられる。しかし、メカニズムは完全に解明されておらず、予測CAEで使用する理論式も精度を欠いたものとなっている。そこで我々は、理論での不正確さに対し、そのメカニズムが発現しやすいテストピース実験での実測データを用いて、解析値を修正する手法を採用した。その結果、当社で生産される薄肉大型樹脂部品の射出成形時のそりを高精度に解析する手法を開発した。

Abstract

This paper presents an improved CAE method for highaccuracy warpage analysis. The physical properties of the materials that affect warpage are examined, considering the mechanisms at work in each of the three steps of the injection molding process: injection, pressure holding, and cooling/ejection. When a theoretical mechanism is not fully understood and measurements are inaccurate, correction is made based on the measurement values of large, thin parts. This paper describes both the analysis and application from more than two years of study using the new CAE method.

^{*1} Yoshihito Saigo 技術管理部 技術電算室

^{*2} Kazumichi Yamada 技術管理部 技術電算室

1. はじめに

近年、お客様の求める車をいかに早く市場に投入できるかが重要となってきており、インパネ・バンパ等の樹脂部品においても部品開発期間短縮が必要となってきている。このため、CAEを活用し、最適な「形状の設計」「金型仕様設定」により、金型完成と同時に良品成形が可能となる図面完成度の向上に取り組んでいる。しかし、建付け不良(図1-1)や組付け作業性の阻害要因となる射出成形品のそりに関しては予測精度が低く実用的でない為、金型完成後に追加の対策が必要で期間短縮を阻害している。

そりの予測技術に関しては世界的にもまだ研究段階であり^{1), 2)}、商用ソフトによるテストピース製品に関するベンチマーク結果でも、そりの方向すら逆転するケースも見うけられる程度のレベル(図1-2)³⁾である。当社で生産される樹脂部品は、一般に流動長が長く、薄肉で、且つ製品形状が複雑で肉厚分布も存在することから、製品各部での圧力分布や温度分布が広範囲に変化するため、テストピースや小物部品よりそり予測精度には不利と考えられるが、試行的計算結果でも同様な傾向であった。

そこで、薄肉大型樹脂部品にも実用可能なそり予測手法の確立を目標に、そりに関する調査・研究・実験を進め、高精度なそり予測手法の開発に着手した。

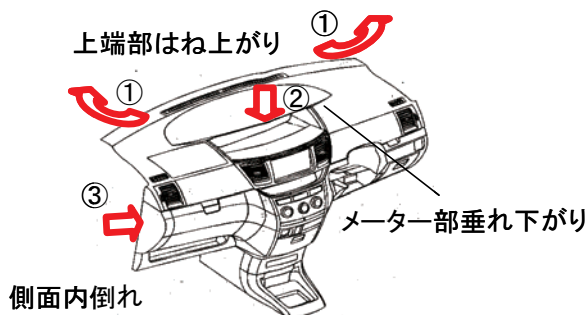


図1-1 インパネの建付け不良

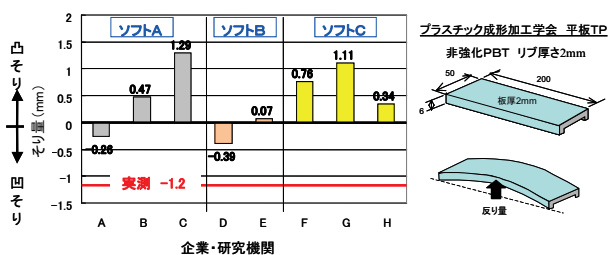


図1-2 そり予測レベルのベンチマーク結果

2. 精度向上への検討・開発

2-1. 精度向上に対する考え方

射出成形における製品のそりは、成形品各部の収縮率が異なることで発生すると考えられている。一例として、円盤形状をした製品に、中央部と円周外側で異なる収縮率を与えた場合のそりを、仮想的に計算してみる(図2-1)。中央部の収縮率が小さい場合はお椀型、逆に、中央部が小さい場合は鞍型にと、変形後の形状が全く異なる変形となることが確認された。

つまり、この製品各部の収縮率を精度よく予測することで、そりの予測精度は向上すると考えられる。

ここで、収縮率が決定されるメカニズムを考えるのが良いが、世の中の計測・観察技術の不足もあり、収縮率が決定されるメカニズムは現在も完全な理論として完成されていない。例えば、メカニズムとして、射出成形中の樹脂の肉厚方向の温度分布や密度分布や高分子配向などが挙げられる。さらに、計算で使用する樹脂材料の物性値(熱伝導度・比熱・密度など)も、実際の成形と同じ条件では取得出来ていない。

そこで、我々は現有の物性値を使って理論の不詳な収縮率の予測精度を向上する方法として、「現在の解析ソフトによって計算される収縮率を実験で得られた収縮率を利用して補正する方法」を採用することにした。

また、樹脂材料や製品サイズの依存性が懸念される為、今回の検討ではタルク(珪酸マグネシウムを主成分とする薄片状の固体添加物)含有ポリプロピレンを材料とする薄肉大型製品を対象を絞った。

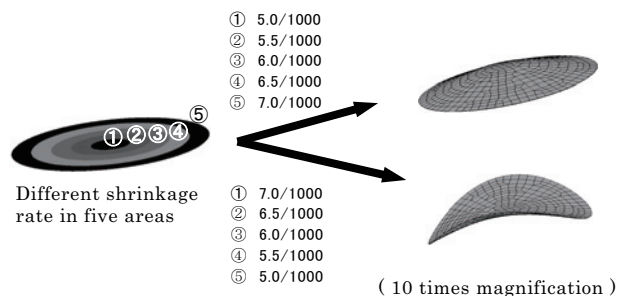


図2-1 収縮率の分布を与えた仮想そり解析 (10 times magnification)

2-2. 収縮率の予測精度向上

対象製品が大型である為、実験に用いるテストピースは大型であることが望ましいが、実験や測定の手配が困難な為大型のテストピース(図2-2;以下、大型TP)と小型のテストピース(図2-3;以下、小型TP)を併用することとした。

ここで、大型の製品と小型の製品との違いを考察すると、以下のような相違点が考えられる。

- (i) 流動長
- (ii) 圧力分布
- (iii) 射出率(1秒当りの樹脂射出量)

上記の相違点により、以下の様な収縮率への相違のメカニズムが推定される。

- (i) 樹脂流動中はせん断応力により高分子・添加物が配向するが、流動長の違いにより配向の程度に差異が発生
- (ii) 製品末端部にヒケ(凹み)が生じないように末端部へは製品の大小に関係なく、同程度の保持圧が必要とされる。しかし、大型TPではゲート部を小型TPより高圧にしないと圧力が伝播しない。そのため、製品内部には小型TPより広範囲に渡る圧力分布が存在することの差異が発生
- (iii) 製品サイズが異なる為、大型TPでは単位時間に多くの樹脂を射出する。その為、せん断発熱が小型TPのものより大きくなり、樹脂温が高くなることの差異が発生

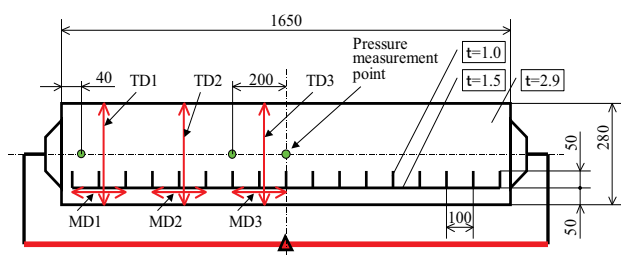


図2-2 大型テストピース

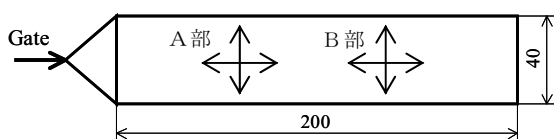


図2-3 小型テストピース

まず、大型TPと小型TPとで、上記差異が収縮率の差異として発現するかを確認した。しかしながら、結果は圧力の高低による収縮率の差異は見られるが、大型TPの高圧部・低圧部と高圧・低圧の成形条件で成形した小型TPの収縮率に差異は見られなかった。従って、小型TPにて、大型製品を模した圧力を成形条件で再現することにより、ラボ実験・検討は可能である事が判った。

そこで、詳細検討を小型TPでの様々な成形条件(表2-1)によって実施した。

詳細な実験による収縮率の実測と既存CAEとの差異調査の結果、以下の事象がCAEには反映されにくいことが判明した。

- (I) 充填時の樹脂流動方向に対する、収縮率の差異(流動方向の方が直行方向より、収縮率が小)
- (II) 保持圧力に対する収縮率の変化(保持圧変化に対し、CAEの収縮率変化が大)

上記、2項目についてCAEの計算中の補正式を新たにソフトへ導入した。その結果、CAEによる収縮率の予測精度が大幅に向上する事が出来た。

(図2-4)

表2-1 小型TPの成形条件

樹脂温度 (°C)	220, 235, 240, 250
金型温度 (°C)	30, 40, 50
充填時間 (秒)	0.4, 0.5, 0.6, 1.0, 9.0
保持時間 (秒)	15, 20
冷却時間 (秒)	5, 15, 20, 30, 40
保持圧力 (MPa)	10, 22, 38, 50

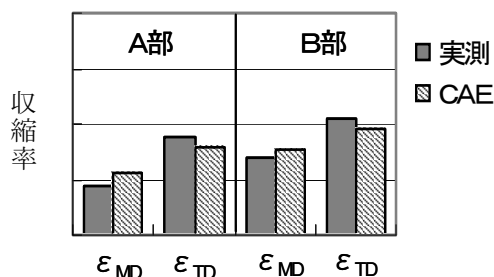


図2-4 大型平板テストピースにおける収縮率検証

そこで、そり予測精度を確認したところ、平坦部の予測精度は大幅に向上したものの、特定の部位、すなわち、コーナ部では十分にそり変形量を予測できないことが判った。(図2-5)

したがって、今後はコーナ部のそり変形のマカニズムの解明を通じ、その予測精度の向上検討を行ったので以下に記述する。

2-3. 角部の倒れ変形の予測精度向上

一般にコーナ部の倒れは、内側の冷却性が悪くコーナ部内外の温度差による収縮差が原因と考えられていた。(図2-6)そして、推定原因に基づき解析上での収縮差を過剰に算出して実測値へと合せ込む手法が採られてきた⁴⁾。

しかし、コーナ部内外での温度差を設定した熱応力解析を実施したところ、コーナ部の倒れは実測の約1/10(0.5°)であった。この解析と実測の差は、従来の一般的な知見では説明できないため、再度コーナ部の倒れにはどのような要因が影響を与えるのかを詳細に調査し、メカニズムの明確化に取り組んだ。

従来より、コーナ部の倒れはコーナ部の薄肉化で対策するという固有技術的知見から「形状要因」が寄与していることも加味し、断面がL字型の検討型(図2-7)で約100水準(表2-2)に渡り実験し、倒れ角度の測定を行った。

その結果、倒れ角度は金型の内外温度差に相関する結果を得た。(図2-8)

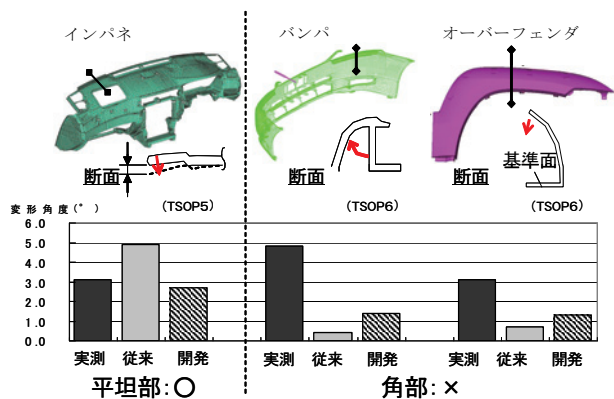


図2-5 そり検証結果(取り組みの成果)

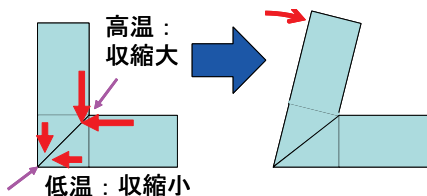


図2-6 角部の変形概念図(従来知見)

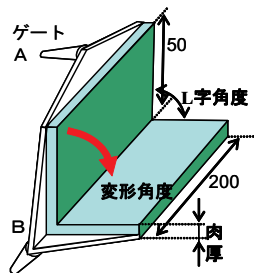


図2-7 L字型の検討型

表2-2 実験条件

成形条件	樹脂温度(°C)	220、240
	固定型/可動型 冷却水温度(°C)	20/20、20/40、 40/20
	保持圧(MPa)	26、43、63
	射出速度(cc/sec)	25、150、275
形状	ゲート位置	A(コーナに垂直)、 B(平行)
	L字角度(°)	60°、90°、120°
	板厚(mm)	2、3、4

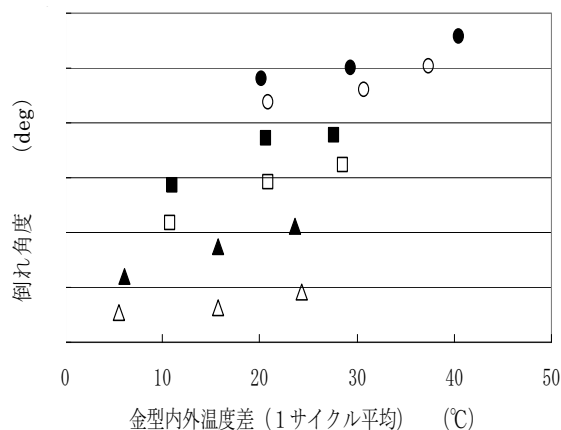


図2-8 倒れ角度と金型の内外温度差との相関

しかし、この結果は以前の検討と同じ知見ではない為、今回は統計的な手法による要因の寄与を確認する事とした。その結果、「配向」・「温度」・「圧力」よりも「肉厚」の寄与度が大きいという知見を得た。(図2-9)

そこで、「肉厚に比例して角部の倒れ量が増加する」ことに着目し、この新たな知見のモデル化を試み、いくつかの仮説の提起、モデル化、試行・検証を行い、新たなモデル(図2-10)により現象を説明できることを見出した。

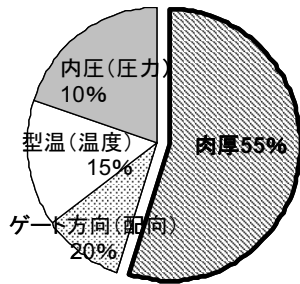


図2-9 L字検討型における
コーナ部の倒れの寄与度

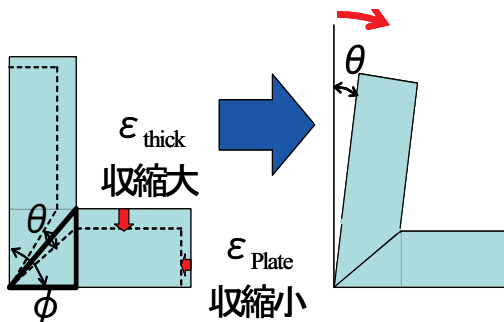


図2-10 肉厚方向収縮による角部の倒れ

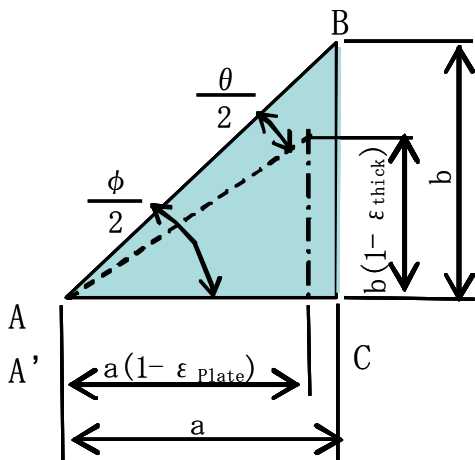


図2-11 肉厚方向収縮モデルの定式化

それは「平面方向の収縮ひずみ (ϵ_{plate}) と肉厚方向の収縮ひずみ (ϵ_{thick}) に差がある場合、図2-10 右の破線部の台形状となり、接続部は収縮後もその連続性を維持するために、一定角度 θ だけ内側に倒れる」というモデルである。これは、図2-10 のコーナ部の三角形状での変形挙動に着目して図2-11 のように形状を定義すると、式(2-2)のように表せる。

$$\begin{cases} \Delta A'B'C' \text{より} \\ \tan\left(\frac{\phi}{2} - \frac{\theta}{2}\right) = \frac{b(1 - \epsilon_{thick})}{a(1 - \epsilon_{plate})} \\ \Delta ABC \text{より} \\ \tan\frac{\phi}{2} = \frac{b}{a} \end{cases}$$

$$\therefore \theta = \phi - 2 \tan^{-1} \left\{ \frac{(1 - \epsilon_{thick})}{(1 - \epsilon_{plate})} \cdot \tan\frac{\phi}{2} \right\}$$

式(2-2)

ここで、材料の特性に着目し、肉厚方向の収縮が大きくなるメカニズムを考察した。今回評価した材料には板状のタルクが混合されており、これらは成形時に樹脂のせん断力により平面方向に配向することが透過型電顕写真により確認できた。

(図2-12) つまり冷却過程において、樹脂中の高分子成分は収縮するが、タルクは線膨張係数が小さくほとんど収縮しない為、成形品は平面方向の収縮が抑制され、肉厚方向に大きな収縮率となることが説明できる。

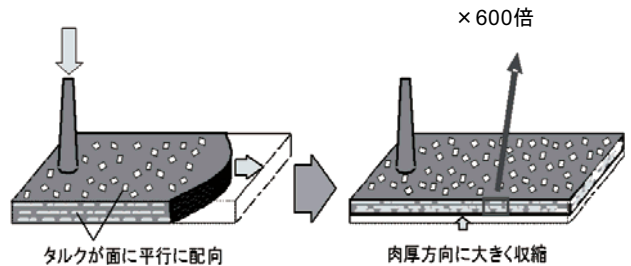
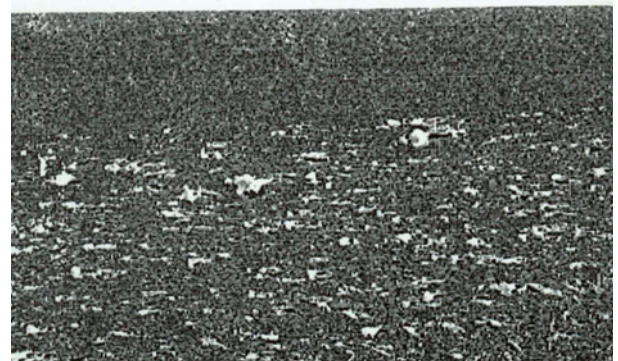


図2-12 タルクの配向

肉厚の収縮率測定は、収縮量が数十 μm である上に射出時に金型にタワミが発生するため、現在信頼できる報告データは無い⁵⁾が、樹脂材料メーカへのヒアリング調査では2~10倍程度の収縮率が報告されており、この現象を裏付けるものとなっている。

以上より肉厚方向の収縮モデルをソフトに反映させることで、小物部品よりも精度向上に不利な大物部品のそり予測精度を大幅に向上させる事が可能となった。(図2-13)

3. 開発結果の検証

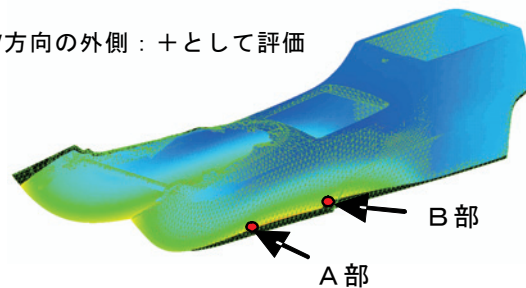
開発結果のn増し検証として、樹脂と形状が大きく異なるコンソールボックスとセンターピラーにて精度検証を行った(図3-1, 3-2)。

両製品共に従来ソフトでは定性的にもそり変形を予測できていないが、開発ソフトではいずれも実測値との誤差は1.0mm以内となっている。

この結果から本予測手法の汎用性が高いことが確認できたと考えられる。

なお、本開発で新たに導入した物性値は、今回の実験検討を基に、必要最小限で物性値を測定可能なように測定手法を標準化した。

W方向の外側：+として評価



材料：TSOP5

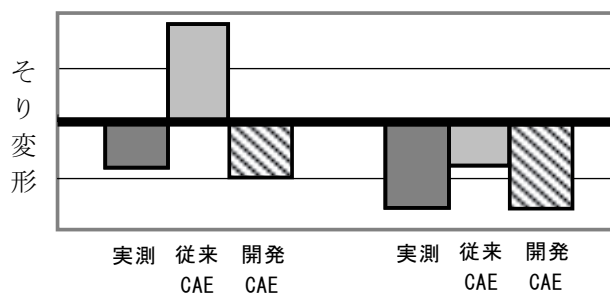
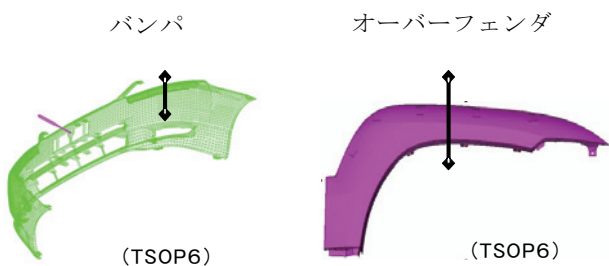


図3-1 コンソールのカール変形量検証結果



断面

断面

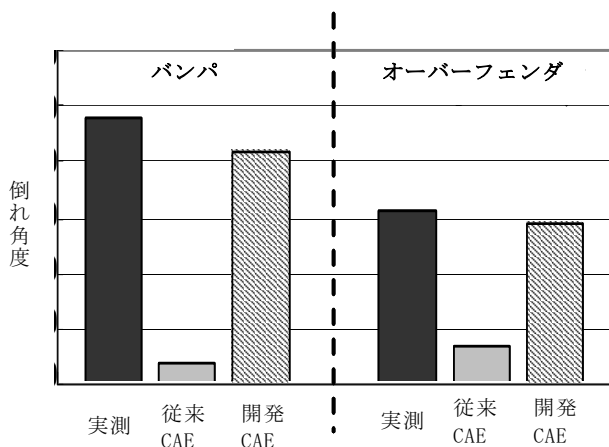
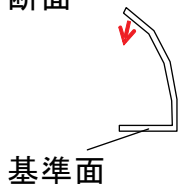


図2-13 そり検証結果 (取り組みの成果)

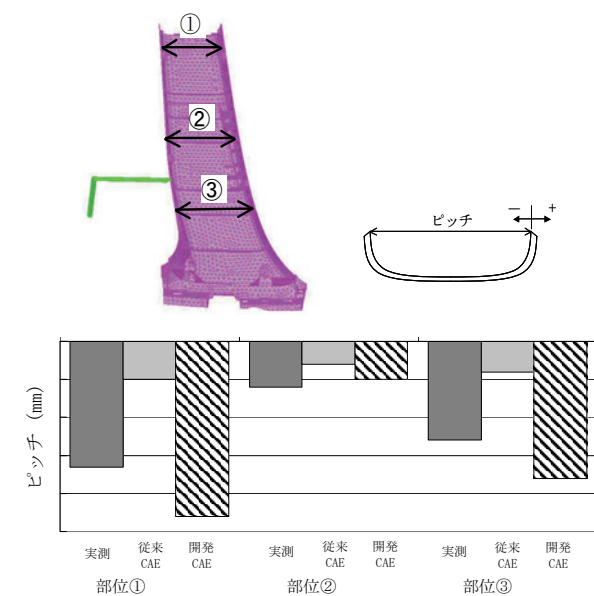


図3-2 センターピラーのカール変形量検証結果

4. まとめ

今回の開発では、未解明な収縮に関する理論に対し、テストピースによる実験データを用いて解析の補正をする手法をとることと、倒れ変形を肉厚方向の収縮による新しいメカニズムを考案した。その結果、高精度なそり予測を可能とするソフトを開発した。

精度向上が困難な大物樹脂部品における高い予測精度は世界トップレベルと考えられる。特に、肉厚方向の収縮モデルを射出成形解析ソフトに導入したこと（表4-1）は世界初である（特許出願済み）。

現在は、当開発ソフトを実務にて利用し、数多くの製品の解析を実施している。また、本開発はタルク含有ポリプロピレンにて検討したが、原理は他樹脂へも適用可能と考えられる。

表4-1 各ソフトにおけるそり要因の
取り組み状況

	配向要因	圧力要因	温度要因	肉厚収縮
ソフトA	○		○	
ソフトB		○	○	
ソフトC			○	
開発	○	○	○	○

謝辞

なお本開発は、トヨタグループ5社での共同開発にて基礎開発を行い、さらに東レとともにソフト開発を進めた共同研究であり、トヨタ自動車株式会社、株式会社デンソー、トヨタ紡織株式会社、関東自動車工業株式会社、ならびに東レエンジニアリング株式会社の関係各位へ厚く感謝いたします。

参考文献

- 1) 鎌田ら：成形加工Vol.11 No.7 627, No.8 716, No.10 856
- 2) 山部ら：成形加工 '97 317-318 (1997)
- 3) 山部ら：成形加工 Vol.14 No.11 690-705 (2002)
- 4) 山田ら：豊田合成技報, Vol.44, No.1 20-25,(2002)
- 5) G.TITOMANLIOら：Polym.Eng.Sci.,38,254(1998)

≡≡≡ 新技術紹介 ≡≡≡

インパネ用軟質ウレタンフォーム材料 Soft PU Foam for Instrument Panel

三輪 肇*

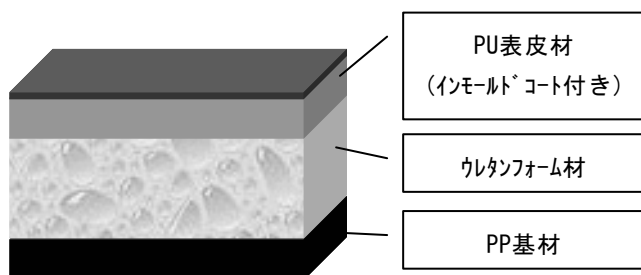
1. はじめに

近年、自動車用内装部品に高触感が求められる中で、インストルメントパネル、特に表層部に表皮－ウレタンフォーム材を使用した、いわゆる“ソフト”インパネについても、さらなる軟質化（低硬度化）による高触感化が求められている。今回、インパネ製品の軟質化を、ウレタンフォーム材の軟質化（低硬度化）により実現する手法について検討し、量産製品への適用を行ったので、紹介する。

2. 製品の概要

今回検討したインパネ製品の構成は、図－1に示すような表皮材－ウレタンフォーム材－基材の三層体となっている。表皮材にはPUスプレー表皮材を使用し、中間層であるウレタンフォーム材によってクッション性をもたせ、製品としての剛性をPP基材に拠っている。

成形工法は、スプレー成形したPU表皮材と、PP基材を発泡金型内にセットし、型閉め下でその



図－1 インパネ製品の断面構成

中間にウレタンフォーム材を反応射出成形（RIM）により注入する、クローズド成形法である。

3. 技術の概要

3－1. ウレタンフォーム材の配合

ウレタンフォーム材は、表－1に示すように、主としてイソシアネートとポリオールとの反応からなるものであり、その主骨格、および添加剤によって物性・加工性が決定される。

3－2. ウレタンフォーム材の軟質化

ウレタンフォーム材の軟質化（低硬度化）は、架橋剤量の調整による手法を用いた。その考え方を図－2に示す。架橋剤を減量することにより、架橋点が減少し、ウレタン樹脂骨格としての硬度が低下する。

表－1 ウレタンフォーム材の配合

配合剤	
イソシアネート	
配合ポリオール	主ポリオール
	架橋剤
	触媒
	発泡剤

* Hajime Miwa 材料技術部 第2技術室

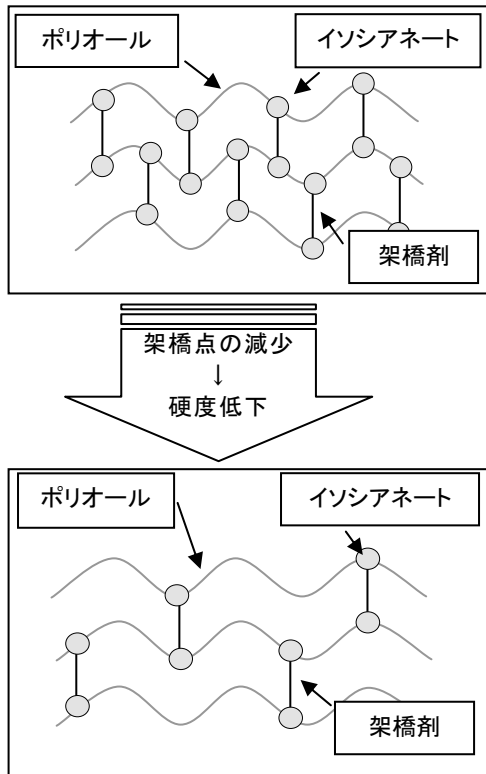


図-2 軟質化の考え方

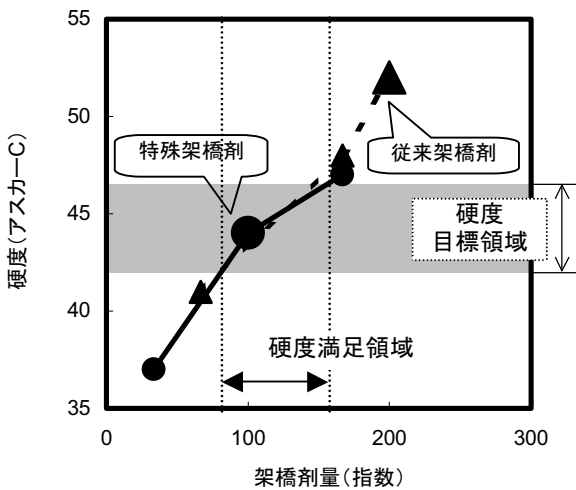


図-3 架橋剤量と硬度の関係

3-3. 効果の確認

架橋剤量を減量する手法により、ウレタンフォーム材を軟質化し、目標硬度を得ることができる。(図-3)

しかし、架橋剤減量による軟質化では、従来の架橋剤を用いた場合、ウレタンフォーム材の引張

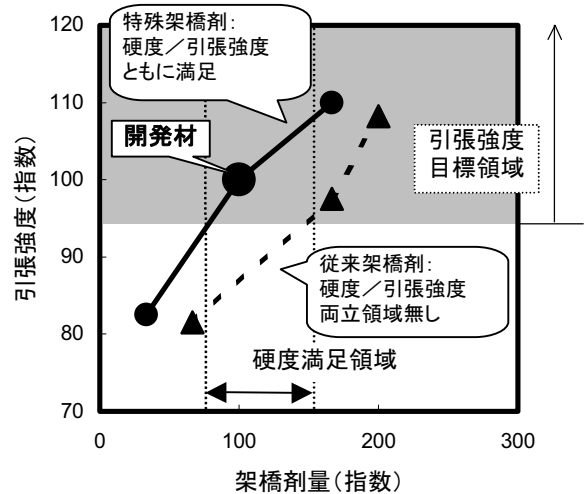


図-4 架橋剤量と引張強度の関係 (架橋剤種による比較)

表-2 軟質ウレタンフォーム材の性能

項目	実績	
硬度 (アスカ-C)	44 *従来材65	
引張強度	目標値満足	
耐摩耗性 (表皮付き)	摩耗なし	
耐傷付き性 (表皮付き)	傷付きなし	
耐久性	耐熱後	問題なし
	耐湿熱後	問題なし

強度等の物性は著しく低下する。このため、開発材には特殊架橋剤を適用することにより、硬度と引張強度をともに目標領域に適合させることができた。(図-4)

4. 軟質ウレタンフォーム材料の性能

開発した軟質ウレタンフォーム材料の主な性能を表-2に示す。

表に示すように、軟質ウレタンフォーム材料は、インパネパッド材料としての性能を満足する。

5. おわりに

本紹介の軟質ウレタンフォーム材料は、トヨタプレミオ/アリオンのインパネとして適用され、07年5月より量産中である。

新製品紹介

マップランプ光源ユニット

Light Source Modules for Spot Lamp

稲垣 聡^{*1} , 酒井 和宏^{*2} , 市川 忠沖^{*3}

1. はじめに

近年、自動車照明としてLED光源が用いられ、LEDの高光束化に伴い、その用途は既設の室内足元照明等の比較的照度を必要としない感性照明の領域から照度を必要とする機能照明の領域へと拡大しつつある。

今回はマップランプ光源として、車載構造設計時に従来の電球から置き換えやすいよう、モジュール化したマップランプ光源ユニットについて紹介する。(図-1)

2. 従来品の問題点

マップランプが搭載されるランプアッシーは、高級車を中心に多機能化され、更にはヘッドクリアランス確保のため、従来の電球では、発熱が大きく、放熱スペースの成立性が困難になりつつある。

また、車両の燃費向上目的の電動パワーステアリング、バッテリー充電システム等、大電流負荷によるバッテリー電圧変動が照明のちらつきを発生させ、ユーザーに不快感を与えてしまう恐れがある。(図-2)

更に、従来のLEDマップランプは複数個のLEDを用い、マップランプとしての照度を確保していたが、デザインバリエーションとして1眼での成立ニーズがある。

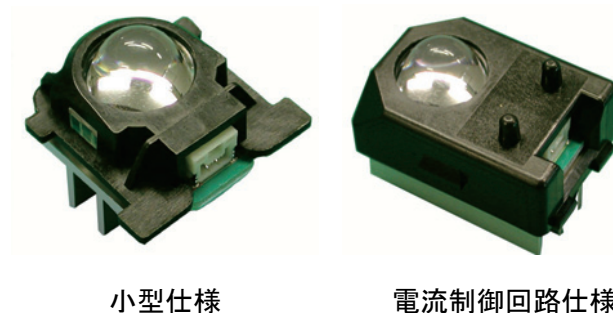


図-1 マップランプ光源ユニット

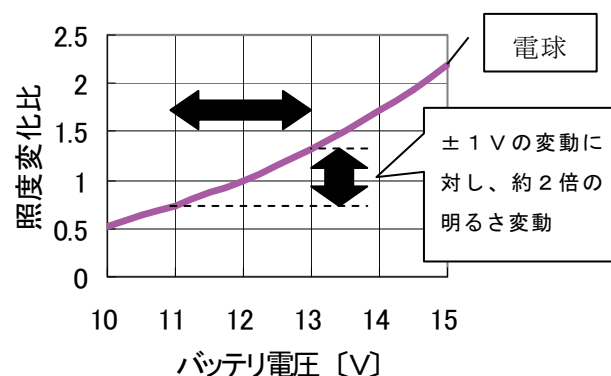


図-2 バッテリー電圧変動による電球の照度変化

3. 製品の概要

3-1. 製品サイズ

省スペースを目的とした『小型仕様』、12Vバッテリーに直接接続可能な『電流制御回路仕様』の2種類を開発。アッシー設計段階にて制御回路の仕様に応じ、選択可能とした。(図-3)

*1 Satoshi Inagaki 内外装事業部 開発部 第1ボデー電子部品設計室

*2 Kazuhiro Sakai 内外装事業部 開発部 第1ボデー電子部品設計室

*3 Tadaoki Ichikawa 内外装事業部 開発部 第1ボデー電子部品設計室

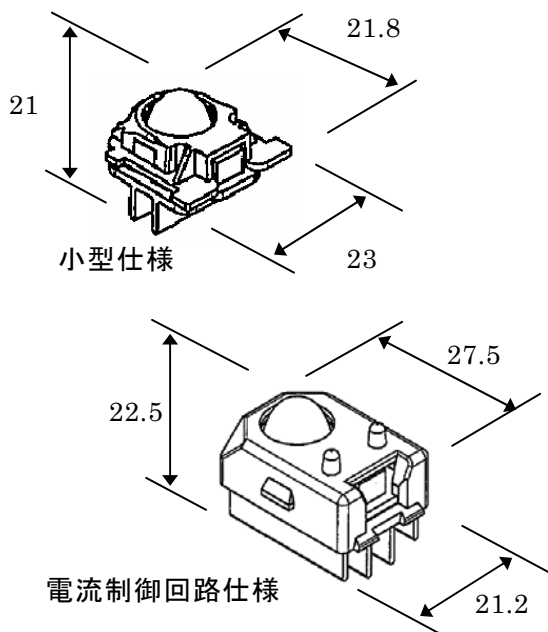
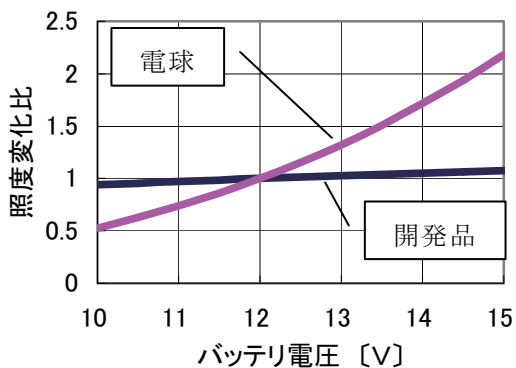


図-3 製品サイズ



電圧変動に対する照度変化がほとんどない

図-4 バッテリー電圧変動の比較

3-2. 電流制御回路

バッテリー電圧変動による照明のちらつき対策として、『電流制御回路仕様』を開発。バッテリー電圧10Vから15Vまで、ほぼ一定の照度が得られ、ちらつきによる不快感を解消した。(図-4)

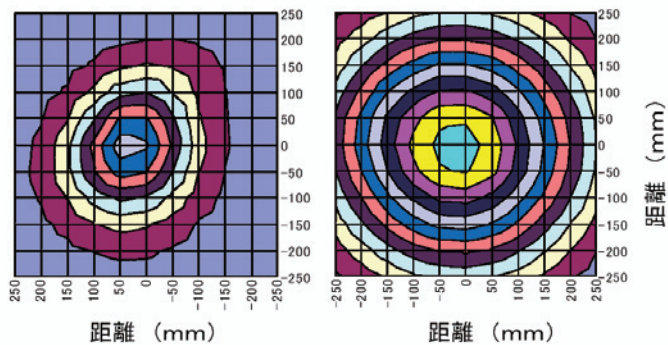


図-5 マップランプの照度/エリア比較

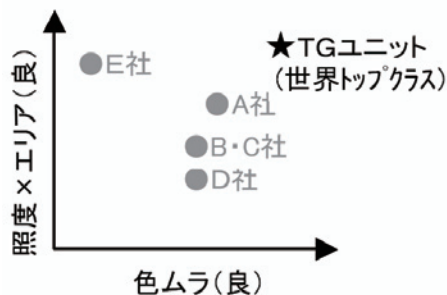


図-6 マップランプの性能比較

3-3. 照明性能

照度エリアは、車両搭乗姿勢において、A4サイズの書類に影が発生しない、十分なエリアを確保した。(図-5) また、色むらに関しても、世界トップクラス性能を実現している。(図-6)

4. おわりに

今回紹介したマップランプ光源ユニットを今後、他車種にも展開を図ると共に、更なる開発・改善を進めていきたいと考える。

最後に、この製品の開発・量産化に際してご支援、ご指導をいただきました社内外関係者の皆様に厚く感謝の意を表します。

新製品紹介

新TPVガラスラン

Noiseless Glass-Run Made by TPV

有竹 祐則^{*1} , 土岐 智^{*2} , 高瀬 智宏^{*3}

1. はじめに

近年、自動車の異雑音、軽量化に対するニーズが特に高まってきている。また今後、ハイブリッド車、電気自動車の増加に伴い、そのニーズが益々高まっていくことが予想される。

今回、TPVガラスランに関して、更に改良すべき項目であった“ガラスばたつき異雑音”について、異雑音の騒音レベルを低減でき、かつ低コストなTPVガラスランを開発量産適用したので、その概要について報告する。

2. 製品の概要

ガラスランの基本性能は、車内外のシール（雨・埃・音の進入防止）およびドアガラスのスムーズな昇降である。図-1に装着部位および製品仕様を示す。

3. 従来対策

従来、ガラスばたつき異雑音が発生する車両に対し、後付けで必要な部位にスポンジを貼り、ガラスの振幅を規制することで対応していた。その概略を図-2に示す。

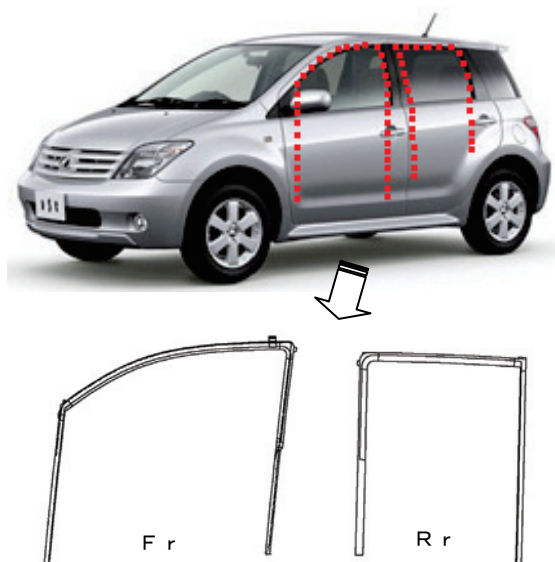


図-1 装着部位とガラスラン

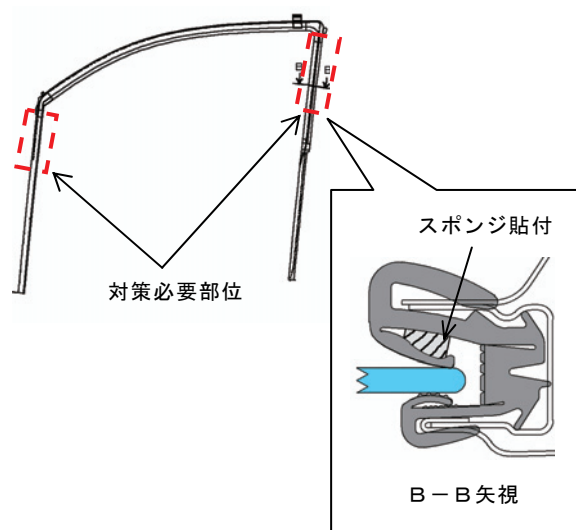


図-2 従来対策概略

^{*1} Masanori Aritake ボディシーリング技術部 第2開発室
^{*2} Satoshi Toki ボディシーリング技術部 第2開発室
^{*3} Tomohiro Takase ボディシーリング技術部 第2開発室

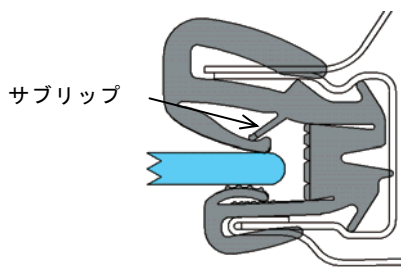


図-3 開発品断面

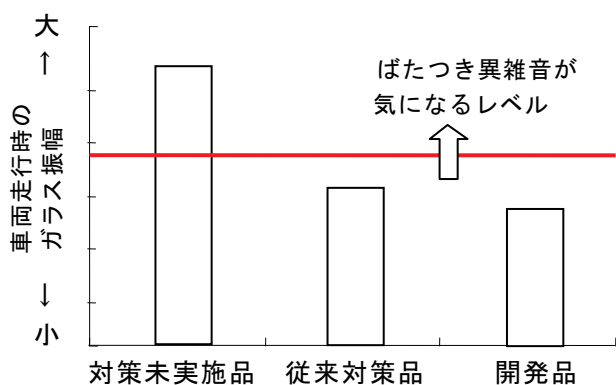


図-4 ガラス振幅低減効果

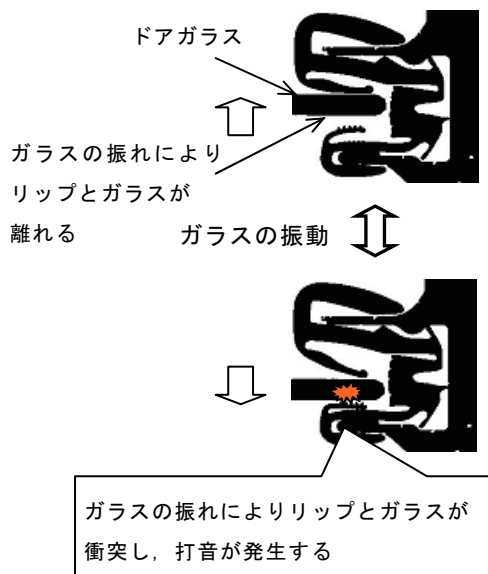


図-5 ばたつき異雑音発生メカニズム

4. 開発品の概要

4-1. 製品仕様

今回、ガラスの振幅を規制するために、室内側柱から、シールリップへ伸びるサブリップを設定し、ガラス摺動性を阻害しない様、形状を最適化することにより、ばたつき対策を実施した。また、サブリップを同時押出成形することにより、低コスト化を実現した。その断面を図-3に示す。

4-2. 効果確認

従来の製品と比べ、同等の摺動性を確保しつつ、車両走行時のガラスの振幅を規制することにより、ガラスばたつき時の異雑音の騒音レベルを低減することができた。車両走行時のガラス振幅低減効果を図-4に示す。

5. ドアガラスばたつきによる異雑音発生メカニズム (参考)

異雑音は、ドアガラスを少し下げた状態での車両走行時に、路面段差などでガラスが振動し、ガラスとガラスランのシールリップとの間で打音が発生する現象である。図-5に概略を示す。

6. おわりに

今回量産化した新TPVガラスランの断面形状については、特許出願済みである。

最後に、本製品の開発に際し参画しご支援、ご指導頂いたトヨタ自動車(株)トヨタ車体(株)の関係各部署の方々に厚く感謝の意を表します。

≡≡≡ 新製品紹介 ≡≡≡

3列一体ロールオーバー対応カーテンエアバッグ

Three Row Curtain Airbag for Rollover

堀田 直紀*1 , 落合 康雄*2 , 増田 泰士*3

1. はじめに

近年、様々な自動車事故による死傷者を低減させるため、自動車の安全装備が急速に進化してきた。側面衝突時に乗員の頭部を保護するカーテンエアバッグ（以下CAB）においても、従来の1・2列席のみでなく補助的な3列席の乗員も保護するCABの装着率が増加し、死傷者の低減に貢献している。

しかし、さらなる死傷者低減を進める上で、米国の自動車事故（特にSUV、ピックアップトラック）の中で受傷率の高さから問題となっているロールオーバー事故（横転事故：以下R/O）においても乗員保護性向上のニーズが高まってきた。R/O事故による乗員の受傷原因は、車両横転時に乗員が車外に飛び出すためであり、これを防止する機能がCABに求められている。R/O事故形態を図-1に示す。

また、環境への取り組みとして二酸化炭素排出量削減（燃費向上）に向けた部品軽量化のニーズがさらに高まっている。

今回は、これらのニーズを両立させた3列一体R/O対応CABを開発したのでその概要について紹介する。

2. 製品の概要

CABは、乗員の頭部を保護するバッグとバッグを膨張させるインフレーター（ガス発生装置）から構成されており、車両のルーフサイド裏側に折り畳まれた状態で収納されている。

本来、3列CABは構造上簡素な3列一体バッグ構造が望ましいが、3列席保護のためのバッグ大容量化により1本のインフレーターでは規定時間内にバッグを膨張できない問題から、従来は1・2列席用と3列席用でそれぞれバッグとインフレーターを分けていた。また、R/O事故時の乗員の車外への飛び出しを防止するには、バッグの内圧を保持させることで発生するバッグの張力を十分に確保する必要がある。

上記問題点を解決する手段として、3列一体バッグ構造でもバッグの膨張速度早期化を可能とした新規インフレーターとバッグ内圧の長時間保持を可能としたコーティングバッグについて次頁でその特徴と効果を述べる。

開発品と従来品のCABを図-2、3に示す。

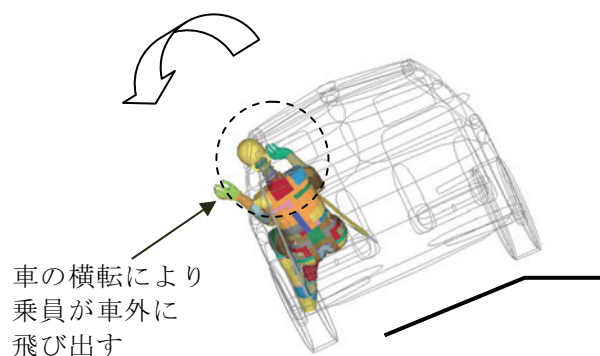


図-1 ロールオーバー事故形態

*1 Naoki Hotta	セーフティシステム事業部	技術部	第3技術室
*2 Yasuo Ochiai	セーフティシステム事業部	技術部	第3技術室
*3 Yasushi Masuda	セーフティシステム事業部	技術部	第3技術室

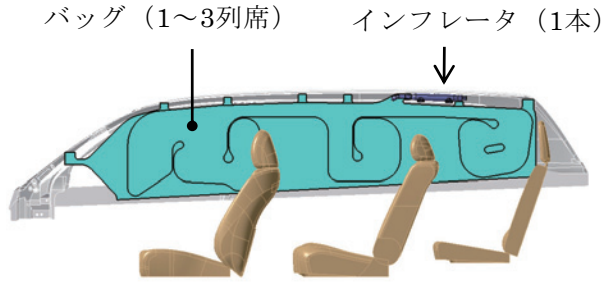


図-2 開発CAB

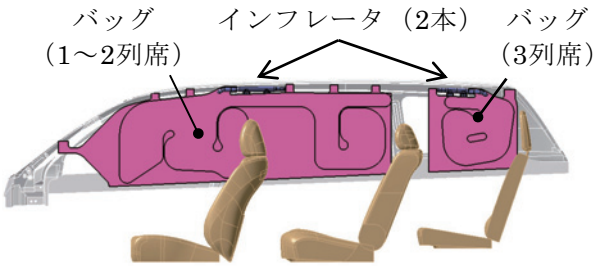


図-3 従来CAB

3. 製品の特徴と効果

3-1. ヘリウムハイブリッドインフレーター

CABは、車両衝突時にサイドウィンドウと乗員頭部の間の隙間に膨張する必要がある。そのためには、衝突信号を受けてインフレーターが着火した後、約15~20msにてバッグを膨張させなければならない。しかし、バッグの大容量化により従来技術のハイブリッドインフレーターで採用しているアルゴンガスでは、膨張時間を満足できなかった。

これを解決する手段として、充填ガスを分子運動速度の速いヘリウムガスに変更することで、バッグの膨張速度早期化を図った。(図-4, 5)

本開発技術により、1本インフレーターでの対応を可能とすることで、従来品よりCAB質量を約30%低減、搭載性を約15%向上できた。

3-2. R/O対応コーティングバッグ

バッグの内圧を保持するため、バッグの表面にはコート材が塗布されている。コート材に求められる材料特性は、バッグ膨張時の基布の伸びによるコート材破れを防止するための引張伸度とコート材の塗布量(厚み)を増加させるための粘度をあげなければならない。(図-6)

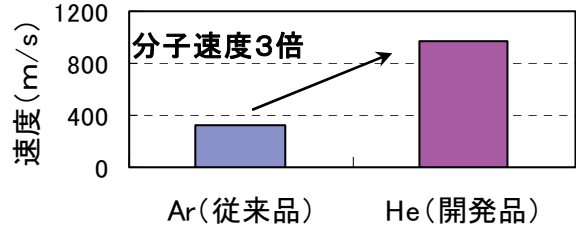


図-4 充填ガスによる分子運動速度

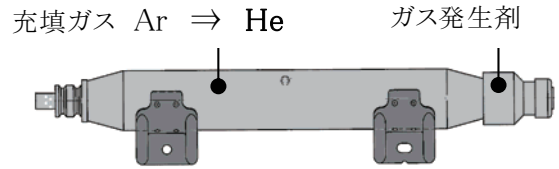


図-5 ヘリウムハイブリッドインフレーター

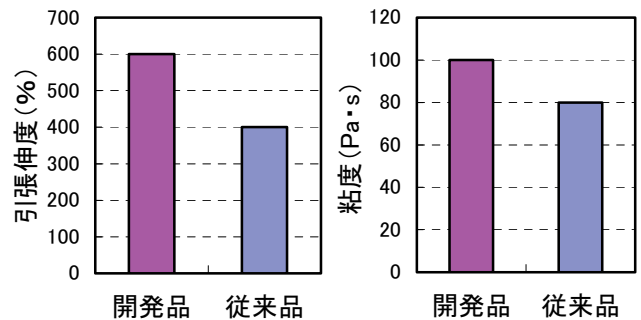


図-6 コート材料物性比較

また、コーティング工法を一般的なフローティングナイフ工法から転写ロール工法に変更することでコート材塗布量およびコート品質の安定化を図った。

本開発技術により、バッグの内圧保持率を従来品より約40%向上させることができた。

4. おわりに

今回紹介した「3列一体ロールオーバー対応カーテンエアバッグ」は北米ハイランダーで採用され量産化することができた。今後、本開発で得た技術を他製品への適用拡大を検討していきたい。

最後に、この製品の開発・量産化に際し、多大な御支援、御指導を頂いたトヨタ自動車(株)および日野自動車(株)、ダイセル化学工業(株)、トヨタ紡織(株)関係部署の方々に厚く謝意を表します。

社外発表文献一覧表（１）

List of Published Papers（１）

（2006年11月～2007年10月発表分）

*印：社外共同発表者

表 題	発表者	発 表 先
Na フラックス法による GaN 単結晶基板の評価	岩井 真* 下平 孝直* 市村 幹也* 東原 周平* 今井 克宏* 山崎 史郎 永井 誠二 平田 宏治 川村 史朗* 川原 実* 森 勇介* 佐々木 孝友*	第 36 回結晶成長国内会議
低融点金属フラックス法による AlN 単結晶育成	別所 公博* 新井 正樹* 川原 実* 三好 直哉* 川村 史朗* 吉村 政志* 森 勇介* 佐々木 孝友* 岩井 真* 今井 克宏* 山崎 史郎	第 36 回結晶成長国内会議
吹雪環境における悪視程下の LED 視認性研究	山本 源治* 藤田 晃弘* 佐藤 威* 永田 雅典	第 22 回寒地技術シンポジウム
Potential passenger restraint System improvement by the application of a multi surface airbag	J. Hoffmann M.Sakamoto M.Freisinger I.Shiga	Airbag 2006 カンファレンス
燃料ホース用 NBR/ACM アロイ材料	寺田 洋平 長谷川 伸司 栗本 英一	エラストマー討論会 予稿集
照明特性と知覚、印象、作業に 及ぼす影響～分光分布と色温度の 違いからの検討～	山岸 未沙子* 山羽 和夫* 永田 雅典 渡邊 泰裕	第 1 回 ISG 日本支部大会

社外発表文献一覧表 (2)

List of Published Papers (2)

(2006年11月～2007年10月発表分)

*印：社外共同発表者

表 題	発表者	発 表 先
GaN 薄膜における励起子非弾性散乱過程による発光特性	田中 浩康* 安藤 雅信 上村 俊也 中山 正昭*	2006年光物性研究会 予稿集
Characterization of GaN Layers Grown on Metallic TiN Buffer Layers	S.Lee* K.Ito* Y.Uchida* S.Tsukimoto* Y.Ikemoto K.Hirata M.Murakami*	TMS(The Minerals, Metals & Materials Society), Year
Epitaxial Growth of GaN Layers on Ultra-Thin Metallic TiN Buffer Layers	K.Ito* Y.Uchida* S.Lee* S.Tsukimoto* Y.Ikemoto K.Hirata M.Murakami*	TMS(The Minerals, Metals & Materials Society), Year
TiN バッファ層上の GaN エピタキシャル成長における膜厚最適化と微細組織の関係	李 相陳* 内田 悠* 伊藤 和博* 着本 亨* 池本 由平 平田 宏治 村上 正紀*	日本金属学会 2007 春季大会
ステアリングホイールの握り心地における視覚と触覚の相互作用	大久保 雅司* 仁科 健* 石井 成* 永田 雅典 野倉 邦裕	第 48 回 日本人間工学会大会
Investigation into a Restraint System Device Addressing Different Occupant Seating Positions and Real World Accident Scenarios	J. Hoffmann K. Bito M. Sakamoto	20 回 ESV 2007 カンファレンス

社外発表文献一覧表 (3)

List of Published Papers (3)

(2006年11月～2007年10月発表分)

*印：社外共同発表者

表 題	発表者	発 表 先
Application of Rear Head Airbag to Mitigate Rear Impact Injuries	J. Hoffmann S. Suzuki M. Sakamoto K. Hayakawa	20回 ESV 2007 カンファレンス
薄明視環境下におけるLED色彩表示器の誘目性	江田 哲也* 張 小寧* 阿山 みよし* 山本 源治* 池田 典弘* 永田 雅典	第40回 照明学会全国大会
意味差異化法による乗用車のブランドイメージ調査	山本 美奈* 仁科 健* 永田 雅典 川崎 史恵	第84回品質管理学会研究発表会
Naフラックス法によるGaN結晶の育成と評価	岩井 真* 東原 周平* 今井 克宏* 山崎 史郎 佐藤 峻之 永井 誠二 川村 史朗* 森 勇介* 佐々木 孝友* 北岡 康夫*	第68回学術講演会
Ca-Snフラックスを用いたAlN単結晶のエピタキシャル成長	別所 公博* 岸本 博希* 三好 直哉* 川村 史朗* 吉村 政志* 北岡 康夫* 森 勇介* 佐々木 孝友* 岩井 真* 今井 克宏* 山崎 史郎	2007年秋季 応用物理学会学術講演会 第68回学術講演会

社外発表文献一覧表（４）

List of Published Papers（４）

（2006年11月～2007年10月発表分）

*印：社外共同発表者

表 題	発表者	発 表 先
n型 GaN 結晶成長に及ぼす Tin バッファ層の膜厚の影響	佐藤 大樹* 伊藤 和博* 着本 亨* 池本 由平 平田 宏治 村上 正紀*	日本金属学会 2007 秋季大会
TiN バッファ層上に作製した GaN 上での InGaN 層の成長	酒井 康明* 李 相陳* 伊藤 和博* 着本 亨* 池本 由平 平田 宏治 村上 正紀*	日本金属学会 2007 秋季大会
電場変調反射分光法による InGaN/AlGaIn 量子井戸構造における内部分極電場の評価	坂口 薫* 中井 真仁 安藤 雅信 上村 俊也 中山 正昭*	日本物理学会 第 62 回年次大会
Polarization Engineering on Buffer Layer in GaN-based Heterojunction-FETs	T. Inoue* T. Nakayama* Y. Ando* H. Miyamoto* M. Kosaki H. Miwa K. Hirata T. Uemura	IEEE Electron Device Letter
生理指標による触感評価に対する一考察	野倉 邦裕 井上 純矢 渡邊 泰裕 永田 雅典	日本人間工学会東海支部 2007 年研究大会

社外受賞テーマ紹介

Introduction of an outside prize winner

(2006年10月～2007年11月 受賞分)

*印：社外共同受賞者

受賞名	受賞者・受賞部署	受賞テーマ名
トヨタ自動車(株) 関東自動車工業(株) セントラル自動車(株) 「技術の部」	機能部品事業部 CD 部品技術室	樹脂インボード CVJ ブーツ
第5回 中部科学技術センター顕彰 「中部科学技術センター振興賞」	材料技術部 第1 材料技術室 福田 政仁 田中 靖昭 松下 光正*	架橋ゴムの高品位マテリアル リサイクル技術の開発
トヨタ自動車(株) プロジェクト表彰	セーフティシステム事業部 技術部 第3 技術室	3 列一体ロールオーバー対応 カーテンシールドエアバッグ の開発
第6回 中部科学技術センター顕彰 「中部科学技術センター奨励賞」	セーフティ事業部 第1 開発室 瀧本 正博 第2 技術室 鈴木 憲優 第3 技術部 水野 喜夫	新構造ニーエアバッグの開発

(部署名は受賞時所属)

受賞テーマ技術概要紹介

Technical outline of a prize winner

「新構造ニーエアバッグの開発」(第6回中部科学技術センター奨励賞受賞 '07.11.08)

研究開発の背景と開発目標

豊田合成は、自動車部品メーカーとして各種エアバッグの開発、製造、販売活動を実施している。前面衝突時に乗員の頭部と胸部を保護する運転席、助手席エアバッグは既に広く普及しており、安全性向上に大きく貢献している。しかし近年、更なる安全性向上のため保護性能を高める必要が出てきた。そのため下肢を拘束し、膝部を硬い物から保護するだけでなく、乗員の姿勢を制御し、頭部や胸部の傷害を低減する下肢拘束装置（ニーエアバッグ）を開発することにした。

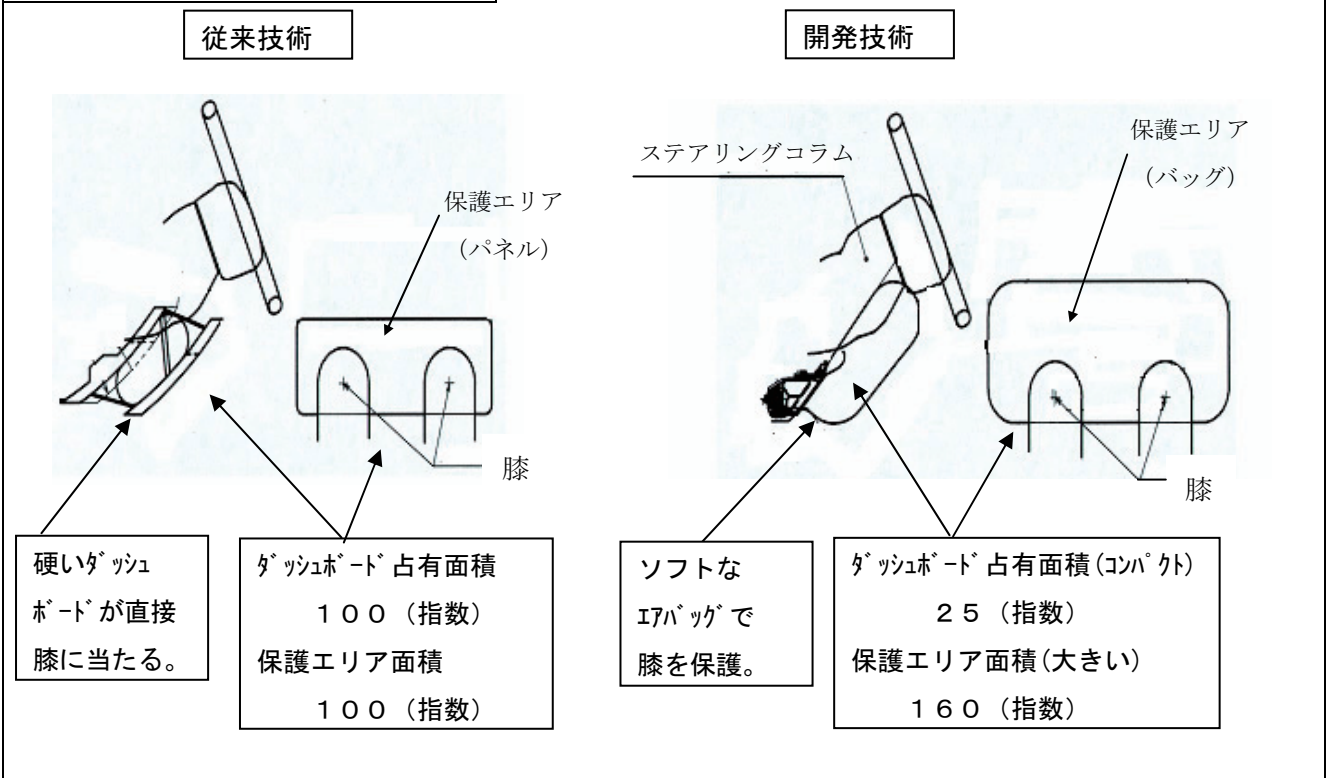
以前の技術はニーボルスターやニーボルスターが乗員側に飛び出すものがあったが、意匠制約上などから保護エリアが小さい、搭載自由度が低い、下肢に強い衝撃が加わるなどの課題があった。

本研究では、前面衝突の際に小面積の開口部が開き、そこから繰り出したエアバッグにより直接、膝部を覆うことで腰の前方移動を抑制し、乗員保護性能を向上させる新しいコンセプトを設定し、その開発を目指した。

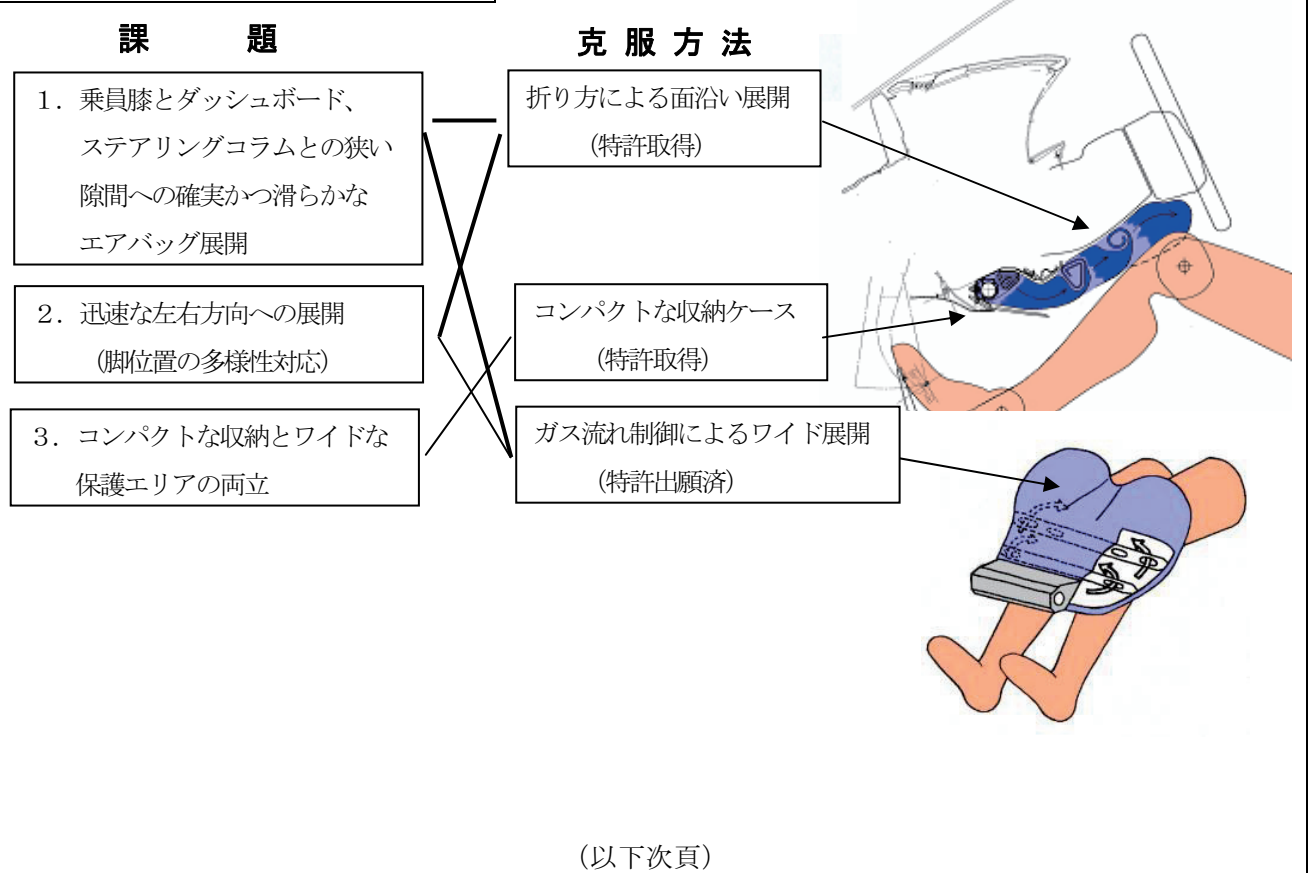
新コンセプトの特長

- ・乗員保護性能 胸たわみ傷害値低減
- ・広い保護エリア
- ・小さいダッシュボード占有面積
- ・下肢にやさしい

研究開発技術の内容と特徴、優位性

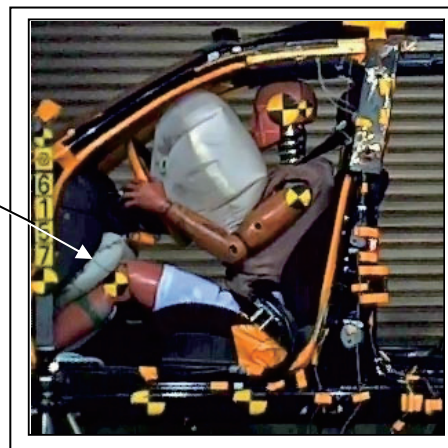
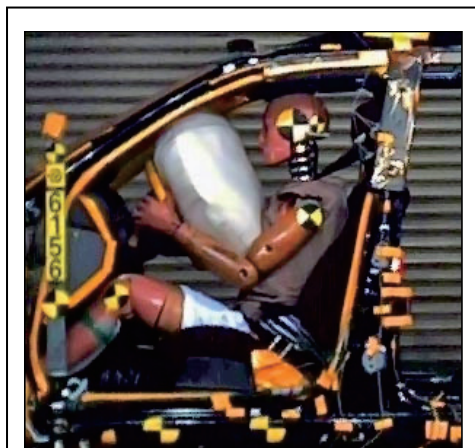


研究開発における課題と克服方法



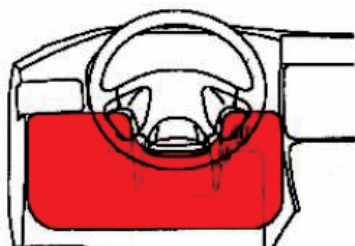
結 果 (前記課題の克服により下記結果を得た。)

1. 前面衝突時、乗員下半身（腰）の前方への動きを抑制し、姿勢制御

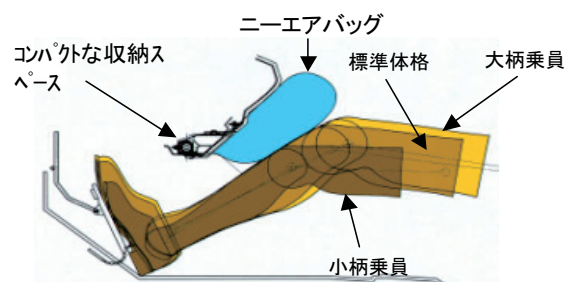


55km/h 前面衝突後の乗員 (AM50 ダミー、シートベルト装着、フルラップリジッドバリア)
⇒ 胸たわみ傷害値低減

2. コンパクトな収納スペースでワイドな保護エリアを実現



センターコンソールからドアトリムまでのワイドな保護エリア



開発成果の貢献度

- ・本開発では、他社品とは異なるコンセプト、仕組みで動作し、より優れた乗員保護作用を発揮する新型ニーエアバッグを考案、開発、量産化した。これに関連する技術は、国内、欧州、米国特許として認められ、ニーエアバッグは豊田合成の主力商品の1つとして数多くの新型車に採用されている。
- ・米国、日本、欧州には、交通事故データの収集、統計システムがあり、多くの研究者がこれらの統計データを利用して、事故解析を実施しており、下肢や胸部への更なる傷害低減に言及している。本技術のニーエアバッグは、前面衝突時に下肢、胸部の傷害を下げ、車両安全性能向上に大きく貢献。また、自動車の安全アセスメントで大変権威のある *EuroNCAP でも、本ニーエアバッグを装備した車両が満点の5星を獲得し、評価者側のコメントとして本ニーエアバッグが乗員の膝、大腿骨を効果的に保護していることを特記している。

*EuroNCAP ; 米国道路交通安全局 (NHTSA) が実施する新車衝突安全評価プログラム (NCAP) の欧州版

編集後記

VOL.49 NO.1で、「安全」について記させて頂いた矢先、世間では「食の安全」が騒がれています。賞味期限や産地の改ざんなど枚挙にいとまがありません。また、「住の安全」では、以前の強度計算書の偽造に加え、最近では断熱材試験データの改ざんや鉄筋強度不足など切りが無い状況です。このような状態に接するほど、我々技術者は、データに基づき物事を語り、報告することの重要性・必要性を再認識すべきと感じさせられます。そのような中、今回総説にある「生理計測技術」は、人の身体機能や身体状態を測定する技術であり、曖昧なものを定量的なデータにしようとするひとつの現れかと思えます。

また、エネルギー・環境問題から、車にはますます低燃費が求められ、我々部品メーカーでは、軽量化が必須です。総説・報告では、「軽量化のための接合技術」「薄肉化のためのCAE技術」を紹介しております。

(非売品)

豊田合成技報編集委員会	豊田合成技報 第49巻 第2号 (禁無断転載)
編集委員長 富田久貴 (技術管理部)	2007年12月14日印刷
編集委員 牛田洋子 (生産技術開発部)	2007年12月21日発行
伊藤敏安 (開発部)	発行所 豊田合成株式会社
沖田智昭 (材料技術部)	発行人 鈴木孝昌
岡峰正直 (施設環境部)	印刷所 竹田印刷株式会社
佐藤貴彦 (内外装部品事業部)	
岡田雅康 (ボデーシリング事業部)	
波多野克也 (機能部品事業部)	
細井章生 (セーフティシステム事業部)	
伊藤均 (オプトE事業部)	
山口秀明 (特機事業部)	
藤本徹 (金型機械事業部)	



本社	〒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の町30番地	Tel (0587) 34-3302
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) 400-5141
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
森町工場	〒437-0213 静岡県周智郡森町睦実1310番地の128	Tel (0538) 85-2165
尾西工場	〒494-8502 愛知県一宮市明地字東下城40番地	Tel (0586) 69-1811
平和町工場	〒490-1312 愛知県稲沢市平和町下三宅折口710	Tel (0567) 46-2222
瀬戸工場	〒489-0843 愛知県瀬戸市惣作町141番地	Tel (0561) 97-3602
西溝口工場	〒492-8452 愛知県稲沢市西溝口町第二沼1番地の1	Tel (0587) 36-5761
岩手工場	〒029-4503 岩手県胆沢郡金ヶ崎町西根森山1番地1 サテライトショップ	Tel (0197) 41-0661
岩手水沢工場	〒023-0841 岩手県奥州市水沢区真城字北野1番地	Tel (0197) 28-1260
神奈川工場	〒259-1146 神奈川県伊勢原市鈴川19番地5	Tel (0463) 91-0670
北九州工場	〒805-0058 福岡県北九州市八幡東区前田北洞岡1-2	Tel (093) 663-1820
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3階	Tel (03) 3213-5681
宇都宮営業所	〒321-0953 栃木県宇都宮市東宿郷三丁目1番7号NBF宇都宮ビル7階	Tel (028) 610-8846
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号広島オフィスセンタービル3階	Tel (082) 264-3887