



「モノづくり」と 「研究と創造」



CONTENTS

卷頭言 特別展「自動車のボデー展」によせて	②
記念館トピックス	②
研究と創造の広場	
一特別展特集一	
「自動車のボデー展 ～より安全、より快適な移動空間を求めて～」	④
自動車とともに歩んだボデーづくり	④
トヨタのボデーメーカーの歩み	⑤
I. ボデー技術の基本	
<ボデーの考え方>	⑥
<要素技術>	⑦
II. ボデー技術の実際	
<車両開発、生産準備とCAD/CAM/CAE>	⑩
その他 展示の見どころ・体験コーナーなど	⑯
データ&インフォメーション	⑯

表紙写真：「エスティマ」のホワイトボデーの断面（中心で半分にカット）
（クラウン（黄線）、セリカ（青線）の断面とシート位置）

卷頭言

トヨタ車体株式会社
取締役社長

久保地 理介



特別展「自動車のボデー展」によせて

今回、産業技術記念館において、特別展「自動車のボデー展」が開催されることになりました。

馬車の技術が使われた時代から、安全性・快適性を追求してきた時代、そして地球環境への優しさを追求している現在まで、自動車とそのボデーは進化し続けています。

シャシー、フレームをベースにした自動車ボデーは現在ではモノコックボデーが主流になり、構造材の一部に木材を使用することもあった自動車ボデーの材料は鉄に、その鉄も薄板鋼板・高張力鋼板へ、さらに樹脂、アルミと多様な材料が使われるようになっています。

ボデーの形も時代とともに変化してきました。乗用車とトラックに商用車が加わり、いわゆるRVといわれるミニバン、SUV、さらに最近ではクロスオーバー車と様々な形が生まれています。

ボデーに要求される機能も、雨風がしのげれば良いという時代から、安全で快適、かつ楽しく面白い空間であって欲しいという領域にまで広がっています。それらに応える新しい技術を開発し、一つずつ具体的な形にし、積み重ねてきた結果が、これまでの変化、進化になっているわけです。

情報通信技術の活用もまのあたりのことになっています。

現在、私たちは「地球環境との共生」という課題に取り組んでいます。排出ガスを減らすとともに燃費を向上させること、パワートレインの改良、安全性を向上させながらボデーの軽量化をはかることなどです。

自動車、ボデーの進化の歴史は、夢や望ましいものに向かって矛盾する事象や困難な問題を、新しいアイデアを創出しながら解決してきた歴史であったと言っても過言ではありません。そこにこそモノづくりの喜び・真髄があるわけです。

「自動車のボデー展」を通して、是非そのところを感じていただきたいと思います。

私たちはこれからも自らを進化させながら、ますます多様化する皆さまからの要望にこたえ、安全で美しい・・・夢のボデーの実現へ、アイデアと新技術をもってチャレンジし続けたいと考えています。

記念館トピック

夏休みモノづくりワークショップ

7月29日（土）、30日（日）、8月5日（土）、6日（日）



夏休み恒例のワークショップ。工作を通じて「モノづくり」の楽しさや大切さをたくさんのお客様に体感していただきました。



「発電棒」うまく光るかな？



「ふうせんねんど」



こんなにふくらんだよ！

赤レンガの宵物語

7月25日（火）～8月6日（日）

動力の庭 屋外レストラン



産業技術記念館自慢の夜の
ライトアップ



今年は和太鼓を楽しんでいただきました。

ワークショップのメニュー

おもしろカンタン教室

「発電棒」「ふうせんねんど」「有松・鳴海絞りのハンカチ」

おもしろじっくり教室

「ミニシリンドラブロックのベン立て」「模型飛行機」「デニムのポシェット」



「有松・鳴海絞りのハンカチ」
カラフルなハンカチのできあがり！



「ミニシリンドラブロックのベン立て」
大きな機械もへっちゃら。



「模型飛行機」どこまで飛ぶの？



「デニムのポシェット」
ちょっと緊張しちゃう？

当館で行われた下記の行事に協力しました。

まちんなか演劇祭2000参加

劇団きまぐれ公園「コノ星の王子様」

10月13日（金）～15日（日）

「まちんなか演劇祭」

市内各地で繰り広げられた「名古屋まちんなか演劇祭2000」に参加。伝統ある建物と動力の庭を舞台にした幻想的な現代演劇。



JIDAカーデザインサミット

10月14日（土）



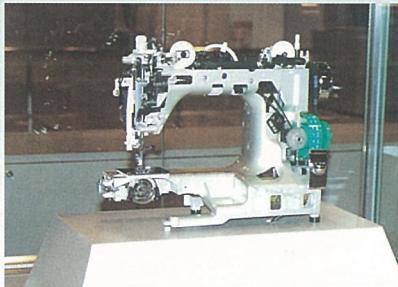
JIDA（社団法人日本インダストリアルデザイナー協会）主催による、カーデザインの未来について考えるサミット。

中国訪問団

中国からの訪日団体観光の方々をお迎えし、熱烈に歓迎しました。



新展示物紹介



「スケルトンミシン」

1945年に1号機が生産されたトヨタミシンの生産累計1000万台達成を記念してアイシン精機（株）が製作したものです。テクノランドに展示し、ミシンの仕組みがわかるように、動かしてみることができます。

特別展特集「自動車のボデー展」～より安全、より快適な移動空間を求めて～

平成12年10月3日(火)～11月12日(日) 産業技術記念館特設会場

自動車のメカニズムにさほど興味がない人でも、「ボデーとはどうのことですか?」と問われて答えに窮する人は少ない。一般的に、ボデーとは車の形そのものであり、そのデザインや色は車選びや、流行を議論したりする際の格好の材料になる。しかし、これはあくまでボデーの表面の話であり、自動車が自動車として機能するためには不可欠なボデーの構造の大半は、外からは見えないところに隠されている。

今回特集する特別展「自動車のボデー展」では、ボデーの構造、役割、製造技術にスポットを当て、その基本から実際の現場で進行中の最新技術までを展示物を通じて紹介した。



自動車とともに歩んだボデーづくり



トヨダAA型乗用車

トヨタ自動車の創業者である豊田喜一郎は、1933年(昭和8年)、(株)豊田自動織機製作所内に自動車部を設置し、自動車の試作を開始した。

しかし、当時の日本には総合工業としての自動車産業を成立させるに足る技術的な基盤がなかったため、喜一郎は材料の特殊鋼や生産設備の工作機械を社内で開発するとともに、電装品やゴム部品など未経験な分野の技術開発にも果敢に取り組み、自助努力によって基礎から自動車技術を確立していった。同時に外国技術の導入にも積極的で、喜一郎が当時最も重視した自動車のボデーの決定においては、アメリカにおける最新の流行や動向を綿密に分析して「流線型」をいち早く採り入れたり、材料に加工性に優れた輸入鋼板を使用するなど、現実に即した合理的な判断をしている。喜一郎は、自動車産業確立のためには専門的なボデー設計技術と生産体制を整備する必要があると考えていた。また、従来はトラックが木骨鋼板張りであったため、シャシ工業とは別に、ボデー工業の基礎を確立することが国産車を普及させる柱になるとも考え、その育成にも努めた。

豊田喜一郎年譜

1894年	静岡県浜名郡吉津村(静岡県湖西市)に豊田佐吉の長男として誕生
1913年	明倫中学校(名古屋市)卒業
1917年	第二高等學校(仙台市)卒業
1920年	東京帝国大学工学部機械工学科卒業 豊田紡織(株)入社、紡績機の研究開発に従事
1921年	欧米視察に出発(1922年帰国)
1924年	父佐吉G型自動織機完成 喜一郎杼換式自動織機特許(65156号)出願
1926年	(株)豊田自動織機製作所設立、常務取締役に就任
1929年	英國プラット社との自動織機の特許交渉のため渡英、欧米自動車工業視察
1930年	小型ガソリンエンジン試作 父佐吉逝去
1932年	人造織維製造装置(登録実用新案200582号)出願
1933年	(株)豊田自動織機製作所に自動車部設置乗用車試作開始
1934年	自動車試作工場・製鋼所完成 トレードの500トンプレス導入
1935年	A1型試作乗用車のプレス金型を製作 板金手作業による試作ボデー完成 G1型トラック発売
1936年	東京にてボデー意匠審査会開催 自動車部組立工場(現トヨタ車体刈谷工場)完成、AA型乗用車生産開始
1937年	トヨタ自動車工業(株)設立、副社長に就任 GA型トラック発売 スーパーハイドロフトリーニング精紡機完成
1938年	拳母工場(現本社工場)完成、25台のプレス機を有す工場稼働 刈谷組立工場をトラック専用工場に転用、GB型トラック生産開始
1939年	AE型乗用車試作完成
1940年	豊田製鋼(株)(現愛知製鋼)設立、副社長に就任 (財)豊田理化学研究所(東京)設立、理事長に就任
1941年	トヨタ自動車工業(株)社長に就任 内製2,000トンプレス機設計開始(1951年完成) 豊田工機(株)設立、副社長に就任
1944年	AK型四輪駆動車の試作完成
1945年	刈谷工場を分離し、トヨタ車体(株)設立、社長に就任 大型トラックKC型(木製ボデー)生産開始
1947年	トヨタ車体(株)にSB型小型トラック(木骨鋼板張り)生産委託
1948年	関東電気自動車製造(株)(現関東自動車工業)にSBPセダン(全鋼ボデー)試作委託
1950年	自動車技術会会長に就任 人員整理の責任を取ってトヨタ自動車工業(株)の社長を辞任 東京で個人的に研究所を設置、小型乗用車の研究に専念
1952年	トヨタ自動車工業(株)社長復帰直前に逝去

自動車のボデーに対する喜一郎の考え方



豊田喜一郎
(1894~1952)

豊田喜一郎は「ボデーの製作を如何様にするかと言う事は誰しも逢着する一大難事である。安くて良いボデーを米国程の大量生産ではなくして作り得る様にせねばならぬ。このことは国産車製造に際して第一に考えねばならない点である。又毎年型を変更しなくとも外国車との競争上見劣りがしない様設計する必要があること……之は国産自動車工業確立上第二に考究すべき重点である」(*1)と語っている。

また、「乗用車の型（モデル）の選定は自動車製造会社として最も慎重に考えなくてはならない事であり、之は理屈のみでは決定する訳にはいかず、美術方面からも考え、世間の潮流にも従っていかねばならぬ点もある」(*2)として、最初の乗用車AA型の製作にあたっては、外国車や当時の流行を詳細に調査するとともに、一般からの意見も聴取しているが、最終的には「純科学的な公平な立場に於て将来のモデルは流線型でなければならぬ」(*3)と決定している。これは、単に当時の世評や流行を追ったのではなく、流線型ボデーの場合は剛性が高く成形性にも優れた全鋼板製の一体溶接構造が可能で、効率的な量産に適していると判断したからである。そして、主なところはプレス加工、その他は手作業を併用することによって型数を減らし、この難題を解決していった。ところで、その流線型のボデーを製造するには、加工性に優れた鋼板が必要となるが、国内には適当なものもなく、やむを得ず輸入品を使用している。また、喜一郎は車体のデザインの重要性にも気づいていた。早い時期からデザイナーを育成し、芸術家を顧問としている点も注目に値する。

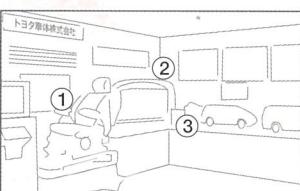
*1 : 「トヨダニュース」第二号、昭和11年6月5日

*2 *3 : 「トヨダニュース」第四号、昭和11年7月20日

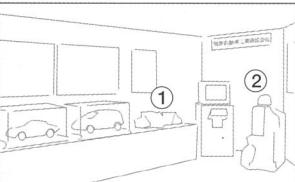
トヨタのボデーメーカーの歩み

喜一郎は、国産車を普及させるには車体工業の育成が不可欠であると考えていた。自動車の車体会社は、以前はトラックの車体が木骨鋼板張りであったため、その製造を専門にしていたが、やがてスチール化されるにしたがい、次第に現在のように商用車や乗用車も製造するようになった。

トヨタ車体（株）は、トヨタ自動車工業（株）から独立してトラックボデー専門メーカーとして刈谷に設立され、関東自動車工業（株）は、戦後横須賀市に設立された関東電気自動車製造（株）が、後に事業内容を変更して関東地区の車体会社となり、今日に至っている。



写真の説明
①脱着式サイドリフトアップシート
(お出かけ機能付シート)
②リニアモーター関連商品
③オゾン関連商品



写真の説明
①金属フィラ入りコンクリート型(MCM)
②床下格納式リヤシート

トヨタ車体（株）年譜

1945年	トヨタ自動車工業（株）からトヨタ車体工業（株）として分離独立
1951年	大型トラックの国内初のオールスチール化
1953年	トヨタ車体株式会社に社名改称
1954年	小型トラックボデー（トヨエース）生産開始
1964年	富士松工場操業開始
1965年	乗用車ボデー部門に進出（国内初ハードトップ車生産）
1967年	ワンボックス車（ハイエース）生産開始
1968年	富士松乗用車工場を建設しマークIIコロナハードトップ生産開始
1970年	デミング賞実施賞受賞
1971年	新物流システムTECS製品の開発・生産開始
1980年	日本品質管理賞受賞
1986年	刈谷第5工場（トラック工場）操業開始
	PM優秀事業場賞受賞
1988年	特装車生産合弁会社 タイオートワークス社設立（タイ）
1990年	エスティマ、プレビア（対欧米）生産開始
1993年	いなべ工場操業開始
1994年	トラックボデー・特装車生産合弁会社 スギティクリエーティブ社設立（インドネシア）
1995年	グランピア生産開始
1996年	イプサム生産開始
1997年	フレス、板金部品、金型生産合弁会社 春翔欣業股份有限公司設立
	いなべ工場ISO14001認証取得
	本社・富士松工場ISO9001認証取得
	ハイエースレジアス生産開始
1998年	刈谷・富士松工場ISO14001認証取得
	ナディア生産開始
1999年	いなべ、刈谷工場ISO9001認証取得
2000年	ニューエスティマ生産開始
	ガイア生産開始

プロフィール

・本社	〒448-8666 愛知県刈谷市一里山町金山100番地
・設立	昭和20年8月31日
・資本金	88.7億円（平成12年3月末現在）
・売上高	4,375億円（平成11年度実績）
・従業員数	8,240名（平成12年3月末現在）

関東自動車工業（株）年譜

1946年4月	関東電気自動車製造株式会社として発足
1950年5月	関東自動車工業株式会社に社名変更
1950年7月	トヨベットボデー製造に全面切替
1961年3月	横須賀工場（深浦地区）竣工
1966年10月	デミング賞実施賞受賞
1968年9月	東富士工場竣工
1970年3月	生産累計100万台達成
1975年9月	家具生産開始
1977年4月	トヨタホーム生産開始
1982年3月	生産累計500万台達成
1982年6月	技術センター竣工
1987年6月	東富士化成品工場竣工
1991年10月	山梨住宅事業所操業開始
1993年11月	岩手工場竣工
1994年11月	生産累計1000万台達成
1996年9月	創業50周年
1997年12月	岩手工場ISO14001認証取得
1998年10月	東富士工場ISO14001認証取得
1998年11月	横須賀工場および本社地区ISO14001認証取得

プロフィール

・本社	〒237-8585 神奈川県横須賀市田浦港町無番地
・設立	昭和21年4月
・資本金	68.5億円（平成12年3月末現在）
・売上高	3,546億円（平成11年度実績）
・従業員数	5,816名（平成12年3月末現在）

I. ボデー技術の基本

「ボデーの考え方」としてその役割や哲学を示すコーナーから始まって、ボデーの軽量化や安全性、快適性を実現する材料の展示、ボデーに関する様々な要求性能を具体的な形に結びつけていくための設計の役割と具体例、さらに製品とするための溶接、塗装などの生産技術に至る一連の要素技術に関するコーナーを設けた。ここでは展示品に直接触れたり、基礎的な実験によって特性を体感できるよう展示に工夫をこらし、ボデー技術の基本について紹介した。



ボデーの考え方

ボデーの役割 ～快適に安心して車を使っていただくために～

ボデーは数多くの役割を担っている。乗員を外界の騒音、雨水、風から遮断し、衝突時には乗員を傷害から守る堅牢な箱として働くとともに、車の外観に対しての印象を左右する意匠を表すのもボデーである。また、「走る・曲がる・止まる」という車の基本性能を発揮するための、しっかりした土台もある。さらに、車を構成している様々な部品は、土台となるボデーがなければ取り付けることができない。このように、ボデーは車に欠かせない基本的な性能を担っており、「ボデーは車そのもの」である。

車の基本的な性能を確保する 「骨組み」

- 快適性**
外界から音・水・風を遮断
- 意匠性**
美しいデザインを表現
- 信頼性**
窓などの開閉操作や路面からの入力などに対する強度・耐久性を確保
- 安全性**
衝突時に乗員や歩行者、相手の車の安全を確保



数多くの部品を取り付ける 「土台」

- メカニズムの土台**
エンジン、トランスミッション、サスペンションなどの土台
- 外装品の土台**
各種ガラス、ランプ類、ドアミラー、ドアハンドルなどの土台
- 内装品の土台**
シート、ダッシュボード、ドアトリム、フロアカーペットなどの土台

ボデーの哲学 ～美しく、広く、強く、軽く、快適に～

ボデーに要求される性能は多岐にわたり、それぞれが背反することが多い。企画する車のデザインや大きさ、コストという制約の中で、パッケージングと呼ばれる、人を中心にエンジンやタイヤを配置する作業から始まり、十分な強度や衝突安全性を実現するための構造をどうするか、できるかぎり軽く作るためにどうすればよいか、生産上の支障は無いか、支障があった場合どのように解決するか等々、ボデー作りは車の企画、デザイン、設計、生産をまきこんだ共同作業となる。個々には背反する性能をよく吟味して、その車にとって最も良いバランスを図ることが、ボデーに課せられた使命であって、ボデー作りの哲学といえる。

ボデーは車そのものである

美しく

意図するデザインが成立するような内部機構の配置を決定する。また、パネルとパネルのすき間の一体感、面の連続感、キャラクターラインの出し方などにより、細部の品質感を確保する。

広く

限られた大きさの中で、広い室内を確保できるように骨格の大きさ、太さ、位置を決定する。

車の性格(セダン、ミニバン、スポーツカーなど)によってその手法は異なる。

強く(安全・信頼性)

各部材(骨・パネル)へ加わる力を測って、計算や試験により必要な強度を決定する。

軽く

省資源のため、少しでも軽くできるような構造を決定する(強度と軽量化の両立)。

快適に

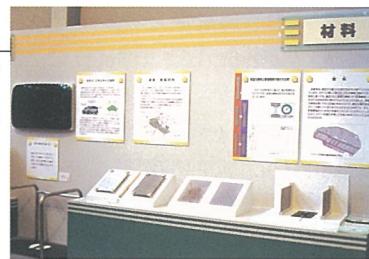
室内の静かさや快適な空間、安全な視界を確保できるように部品の組み合わせや部品の間のシールを決定する。

要素技術

材料～ボディを形づくる素材～

ボディーは、その大半を形づくっている鉄板（鋼板）のほか、振動を抑える材料や、ガラス、プラスチックなどの材料を組み合わせた複合体であり、それぞれの材料を目的に応じて使い分けている。

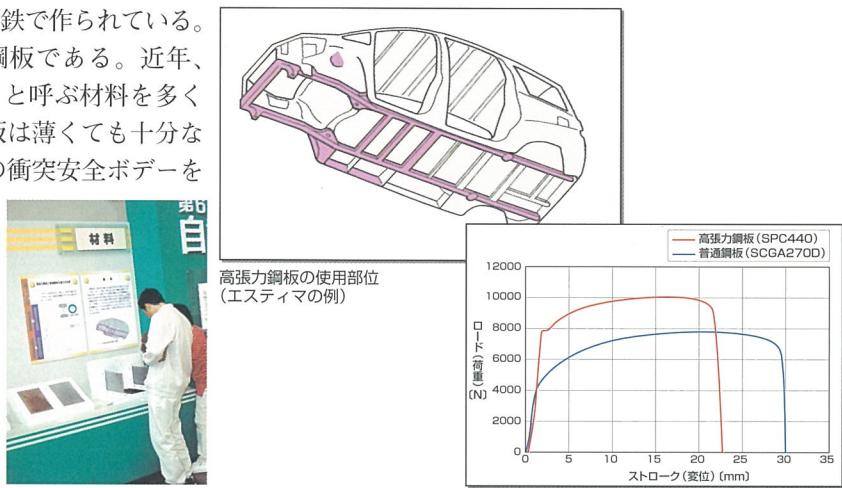
このコーナーでは、実際にボディーを作っている材料に触れながら、個々の材料の性質や役割を理解することができる。



【鋼板】

現在、自動車は重量比にして約80%が鉄で作られている。ボディーだけについて見れば、50%が鋼板である。近年、その中でも「高張力鋼板」「防錆鋼板」と呼ぶ材料を多く使用するようになっている。高張力鋼板は薄くても十分な強さを保つことができる鋼板で、近年の衝突安全ボディーを軽く作るために欠かせない材料である。防錆鋼板は、表面にメッキなどを施することでサビにくくしたもので、ボディーの強度や美しさを長期間にわたって土台から支えている。

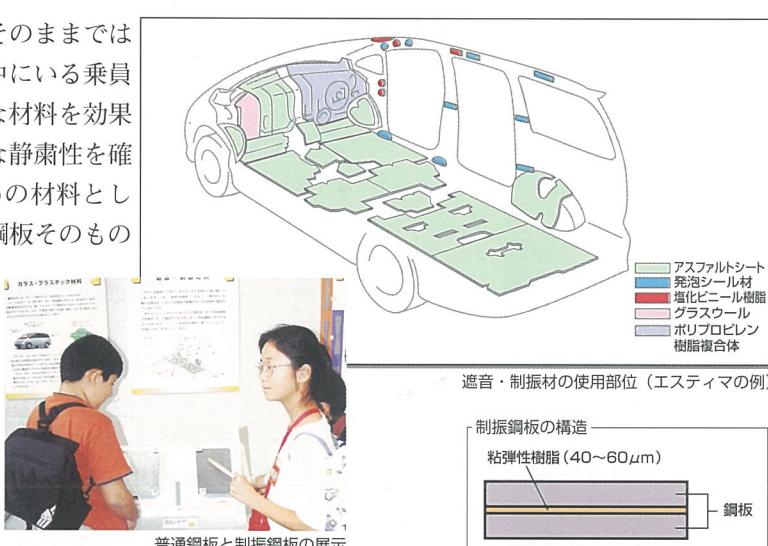
展示では数種類の鋼板を並べ、こうした違いが分かるようにした。



【遮音・制振材料】

ボディーの外回りは鉄板でできているため、そのままではあたかもドラム缶の中にいるようなもので、中にいる乗員は騒音に耐えられない。しかし実際には様々な材料を効果的に使用することで騒音・振動を抑え、十分な静粛性を確保し、快適な空間を実現している。そのための材料として、吸音材や、振動を抑える制振材、さらに鋼板そのものを工夫した制振鋼板などがある。

展示では、普通鋼板と制振鋼板を並べ、ハンマーで叩くと音や振動が違うことが分かるようにした。



【ガラス・プラスチック材料】

ボディーを形づくるその他の材料、中でも重要な物としてガラスがある。自動車の窓は、ボディー表面積の約30%を占めている。自動車用ガラスには、万一の事故の際に乗員の傷害を防止する安全ガラスを使用している。ガラスとガラスの間に薄い樹脂の膜を挟むことで破片の飛び散りを防止した「合わせガラス」や、万一の事故で割れた際に破片が粒状になる性質を持つ「強化ガラス」などである。

一方、プラスチック材料はボディーの周りのバンパーやモールといった外装品や内張りなど多くの内装品に用いられ、近年では地球環境に配慮した分別しやすい構造、リサイクル可能な材料を使用している。

さらに近年、ボディーそのものをプラスチックやアルミで作る試みも増えているが、いずれもボディーの軽量化による燃費向上が大きな狙いである。



設計の役割～材料に形を与える、形に役目を持たせる～

【強い構造体を得るために基本の考え方】

厚さが1mm以下の鉄板は、平板のままではたわみ、大きな力を繰り返しかけると折れ目から破れることもある。ところが、これを曲げたり、丸めたり、筒状にしたりすると、平板では得られなかった強度を得ることができる。ボディ設計の基本的な役割はこれと同様で、力の大きさや加わる方向を考慮して材料となる鉄板に必要な形状を与え、ボディを形づくるのに必要な剛性や強度を確保することである。即ち、決まった量の材料で、求める機能を最も有効に引き出すことが設計の役割である。

展示では構造による強度の違いを3つの模型による実験で具体的に理解することができるようとした。強くするための合理的な設計のあり方は次のようになる。

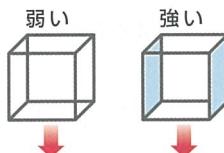


実験1



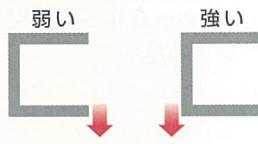
同じ細い棒を用い、一方には曲げ方向、もう一方には圧縮方向の力を加え、それぞれの強度を比べたもの。同じ材料でも組み合わせ方を変えるだけで強い構造ができる。

実験2



同じ骨組みの構造体を並べ、一方のみ側面に薄いピニールの膜を貼って強度を比べたもの。極めて薄い膜であっても、引張り方向には効果的な強度を発揮することができ、強い構造体をつくることができる。車も周りを薄い鋼板で覆うことで強さを保つことができる。

実験3



コの字型の断面を持つ梁を並べ、力を加える位置による強度の違いを比べたもの。捩りの力が働くと変形が大きい。力のかかり方を工夫することで、強い構造体をつくることができる。

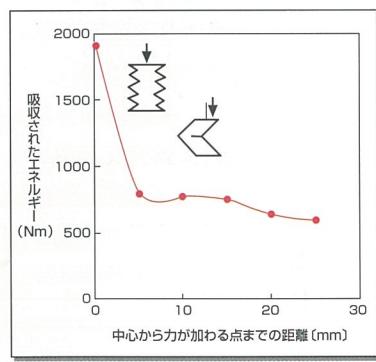


【衝突安全の基礎】

万一の衝突時に乗員の安全を確保することもボディ設計の重要な役割である。衝突時の安全を確保するためには、衝撃を受けても変形しない強い客室構造として乗員の安全のための空間を確保するとともに、ボディ前後が自ら潰れることで衝突時のエネルギーを吸収する構造（クラッシュゾーン）とする必要がある。

実際のボディでは、衝突時に衝撃の加わる方向や力の大きさを想定した上で、力の加わる点が中心に来るよう周囲の構造を工夫すると共に、一つ一つの構造がエネルギーを最も多く吸収するジャバラ状に潰れる（座屈する）よう、部材にあらかじめビード（スジ目）やノッチ（切り欠き）を入れている。

展示の紙コップを潰す実験では、中心から外れた位置を押した場合、紙コップは容易に折れ曲がって潰れる。これに対して中心に力を加えて潰した場合は、より強い力を必要とし、その潰れ方はジャバラ状になる。このことから、中心に力を受けてジャバラ状に変形した場合に、より多くのエネルギーを吸収できることが分かる。



吸収されたエネルギーと中心から力が加わる点までの距離の関係

【断面の形と強さ（椅子の模型による体感）】

同じ材料を同じ量だけ使っても、断面が平行な板からなるII型構造の脚を持つ椅子は見るからに軟弱で、椅子としてはとても機能しない。一方、断面がL字型構造の脚を持つ椅子は充分な強さを持っている。すなわち、断面の形の違いで強さはまったく異なる。強い構造を作ろうとすると、板を厚くしたり、補強材を加えたりしがちであるが、設計の段階で形をよく考えることで、同じ材料を同じ量だけ使っても充分強くすることができる。



強い椅子（右）と弱い椅子（左）

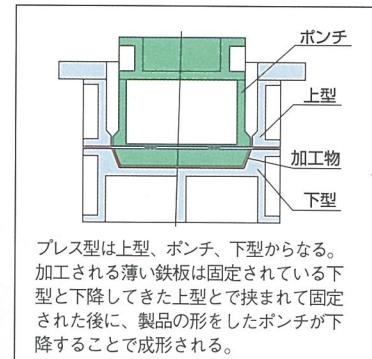
生産技術～実際にボディを形づくる技術～

自動車のボディはプレス工程で作られたプレス部品をボディ組付工程で溶接して作っている。

【プレス加工】

プレス加工とは、上下運動をするプレス機械に取り付けた一対の凸型と凹型の間に薄い鉄板を挟み込んで製品の形を作る加工方法で、これを塑性加工と呼んでいる。

展示では、プレスの原理を理解できるように紙型を使ったプレス体験コーナーを設けた。この紙型プレス体験では、厚紙を自由に切り張りしてつくった紙型と色紙をプレス機械にセットし、オリジナルの色紙製ポストカードを作ることができる。



プレス型は上型、ポンチ、下型からなる。
加工される薄い鉄板は固定されている下型と下降してきた上型とで挟まれて固定された後に、製品の形をしたポンチが下降することで成形される。

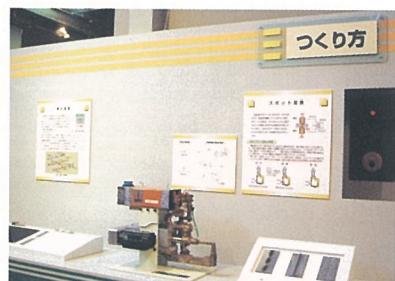
プレス加工のしくみ

【溶接】

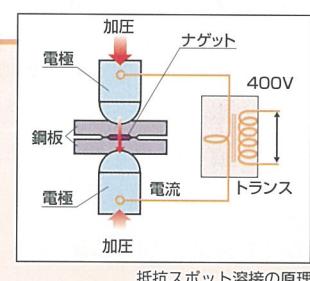
1台のボディを作るのに必要なプレス部品は300～400点にのぼり、溶接でこれらのプレス部品を接合する。ボディの溶接では、そのほとんどに抵抗スポット溶接と呼ぶ手法を用い、1台のボディで4000～5000点のスポット溶接を行う。ス



スポット溶接のライン



ット溶接によって各プレス部品を段階的に大きな単位の部品に組み上げ、最終的にメインボディーの骨格にボデーシェルサブアッシ（フード、ドアパネルなどの外板パネル）を溶接して、通常目にするボディーの形（ホワイトボディー）ができる。



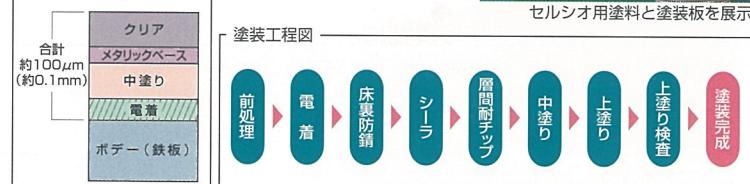
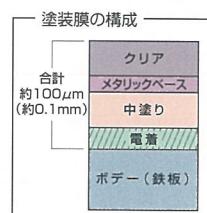
抵抗スポット溶接の原理

抵抗スポット溶接の原理

電熱器などで見られるように、抵抗を持つものに電流を流すと熱が発生するが、抵抗スポット溶接の原理はこれと同様である。2～3枚の鉄板を重ねたものを両側から電極で加圧しながら8000～10000A（アンペア）の電流を0.2秒程度流すと、鉄板の間の抵抗によって熱が生じ、瞬時に鉄板どうしが溶けて接合される。熱で溶けて固まった部分をナゲットと呼び、鉄板はこのナゲットの部分で接合している。溶接のための熱量は抵抗・電流・電流を流す時間によって決まる。

【塗装】

溶接されたボディは塗装工程を経て、通常見る色のボディとなる。ボディの色はクルマを選ぶ際の重要なポイントであり、ニーズの多様化に対応して、クルマのモデルチェンジごとに年間約50の新しい色が出ている。塗装の本来の目的は「鋳からクルマを保護すること」「美しさを保つこと」の2点である。世界中の厳しい環境の中でクルマが長期間にわたって錆びたり、色やツヤを落とすことがなく使い続けることができる塗装によるところが大きい。このような重要な役割を果たしているにもかかわらず、塗装膜の厚さは約100 μm (0.1mm)と、わずかアルミ箔2枚分程度しかない。しかしその工程に必要なラインは全長約2kmにも及び、100°Cを超える温度で塗料を乾燥させながら、幾度にも重ね塗りをして仕上げている。



セルシオ用塗料と塗装板を展示

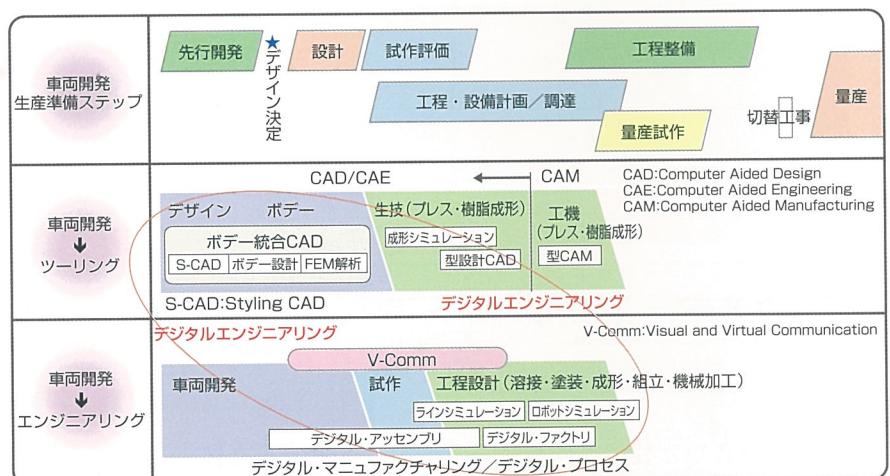
II. ボデー技術の実際

コンピュータを用いた設計、製造、解析をCAD（コンピュータ援用設計）、CAM（コンピュータ援用製造）、CAE（コンピュータ援用エンジニアリング）と呼んでいる。ボデーづくりに携わる各部門でのコンピュータ利用は従来から行われており、CAD/CAM/CAEはそれぞれの部門に特化した形で進化してきた。近年、コンピュータ処理能力の著しい向上とネットワーク技術の発達によって各部門間でデータの共有化、開発の同時並行化が急速に進み、従来では考えられなかった効率的な開発、生産体制が実現している。この特別展では、これらコンピュータ技術を駆使したボデー技術の実際について、「プラットフォームの共通化」「衝突安全ボデーGOA」「デジタルエンジニアリング」という3つのコーナーで紹介した。



車両開発、生産準備とCAD/CAM/CAE

車の開発が始まってから実際に生産に移るまでの流れを大別すると、どんな車を開発するかを決めて設計を行う車両開発段階と、これを製造するための工程・設備を設計し実際にラインが稼働するまでの準備を行う生産準備段階の2つに分かれる。車両開発段階のCAD/CAEは、ボデー全体の形状決定から各部品の構造解析等に用いる。一方生産準備段階では、CAD/CAEは個々の部品を作るための金型の設計、加工される材料の成形性の検討などに用いる。これらを受けて実際のラインの流れの制御、個々の工作機械の動作プログラミング等を行うCAMの段階に引き継ぐ。また車両開発と生産準備の間には、設計データに基づいて試作車を作り、車の性能を検証することに加えて部品の生産性、組立性、コスト等の検証を行う試作評価段階がある。近年、車両開発と生産準備のデータの共有・並行開発が急速に進み、試作段階でのトライ＆エラーを最小限にすることが可能になっている。



トヨタにおけるCAD/CAM/CAEの活用

プラットフォームの共通化 ~ヴィッツ系5車種に見るプラットフォームの共通化技術~

自動車のボデーの中で、エンジンや足回り部品、シートなどを取り付ける土台となる部分をプラットフォームと呼んでいる。プラットフォームは自動車の性能を左右する非常に重要な部分であり、通常その開発には長い期間が必要である。したがってプラットフォームを共通化できれば、お客様のニーズの変化に素早く対応でき、同時に車の価格に影響する開発コストを低く抑えることができる。

トヨタの小型乗用車「ヴィッツ」と「プラッツ」「bB」「ファンカーゴ」「Will Vi」の5車種は、それぞれデザインや車の性格が異なるにもかかわらず共通のプラットフォームを使用している。各車両の間には若干のホイールベースの違いがあるが、プラットフォームの中央にあるフロア部分の長さを変更することで対応している。



展示ではパソコン画面上でこれら5車種のプラットフォームを共通化する過程を映像で見ることができるようにした。パソコン画面をマウスで操作すると、トヨタの小型乗用車「ヴィッツ」が共通のプラットフォームを持つ「プラット」「bB」「ファンカーゴ」「Will Vi」へと変化する。

パソコン画面の一例：ヴィッツからbBへ

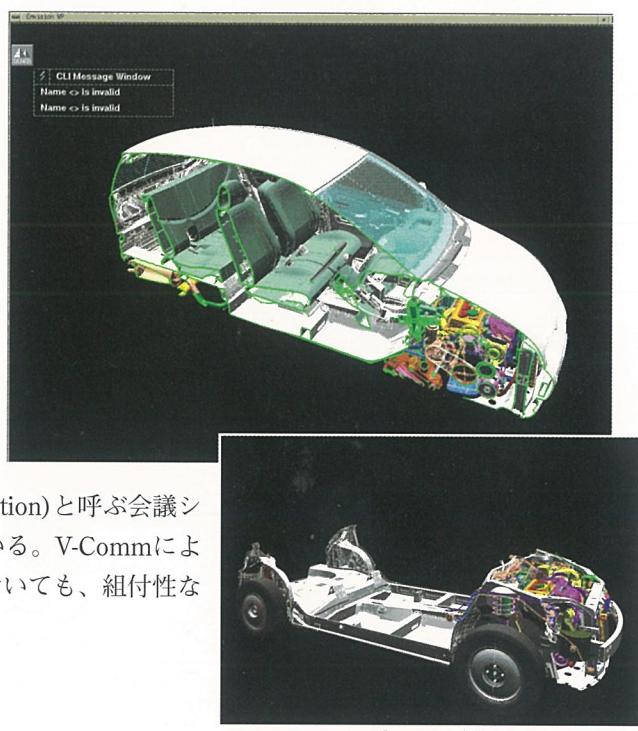


プラットフォームの共通化紹介映像

デジタルアッセンブリ～車1台分を構成しているすべての部品をデータ化～

従来、車両の組付性は実際に車を見ながら検討していた。このため、車両開発段階で手づくりで試作車を作る必要があり、膨大な費用と製作期間が必要であった。近年、お客様のニーズに対応した開発期間の短縮を実現している。プラットフォームの共通化に加え、車両の組付性などの検討をコンピュータができるようになったことが大きい。これを実現したデジタルアッセンブリと呼ぶ技術は、車1台分を構成しているすべての部品をデータ化し、各部品の干渉や生産時の組付性、サービス性などを試作車を作ることなく画面上の3次元映像で検討できる。これにより、開発の早い段階で様々な問題を予測・回避し、生産準備へスムーズに移行できる。

さらにこの映像は、V-Comm(Visual & Virtual Communication)と呼ぶ会議システムによって国内外の拠点間で共有できるようになっている。V-Commによって、国内の設計部門と海外の生産拠点のような遠隔地においても、組付性などを映像を前にして同時に検討できる。



ヴィッツのデジタルアッセンブリ映像

GOAを実現するボディとCAE ~実験結果を正確に予測する技術~

トヨタでは実際の事故データを踏まえ、オフセット^{*1}前面衝突や側面衝突も重視した独自の厳しい基準を設定している。この基準をクリアし、世界の同排気量クラスの車の中でトップレベルの衝突安全性を確保した独自の衝撃吸収構造と高強度の客室を併せ持つ衝突安全ボディをGOA（Global Outstanding Assessment：世界トップレベルの安全性評価）と呼んでいる。

衝突安全性を確保するためには、実際に起きるいろいろな衝突に対して、必要なボディの強度や構造を決めなくてはならない。走っている車の持っているエネルギーは、衝突時にボディが変形することで吸収される。このとき、

$$\langle \text{走っている車のエネルギー} \rangle = \langle \text{車の質量} \rangle \times \langle \text{減速度} \rangle \times \langle \text{変形量} \rangle$$

の関係がある。安全な車をつくるためには、衝突したときの客室の変形が少なくなるように、また衝突したときの速さの変わり方（減速度）を、ベルトやエアバッグで支えられている乗員が耐えられるものにしなくてはならない。上の式によると、乗員の傷害を減らすために減速度を少なくすると、ボディの変形が大きくなる。いろいろな衝突に対して、この「変形量」と「減速度」を両立させる必要がある。

そのために、衝突した時、「どこをどれだけの力」で、「いつ、どれくらい変形させるか」を考えてボディを設計している。GOAでは、ボディの前後の部品をあえて壊れやすい衝撃吸収構造にすることで、衝突した時のエネルギーをできる限り吸収し、さらに衝突した時の衝撃をボディの骨格全体に分散させ、客室に生存空間を保ち、乗っている人にかかる力を少なくしている。

実際の衝突は、わずか0.1秒程度の現象である。時速64kmのパリア衝突実験では秒速17.7mで走っている車が、わずか1m前後で止まってしまう。このため衝突の様子をスローモーションで見ても、何がおきているか正確にはわからない。しかし、CAEによる解析の一つであるFEM解析^{*2}を使うことにより、衝突時にボディに働く力やひずみの大きさを時間ごとに部品単位で予測できる。

この結果、何度も車を作り試験をしなくとも、最適なボディ構造を決めることができるようになった。最終的にはこうして決めた部品を使って実際の車で性能を確認している。展示のCAEによるシミュレーションと実際の衝突実験の映像を比べてみると、衝突時のボディの潰れ方、動きをCAEで極めて正確に予測できることが分かる。

衝突安全ボディの開発と同時に、人体耐性の調査研究を行うバーチャル人体モデル（THUMS^{*3}）や、ダミー、シートベルト、エアバッグ、むち打ち症を低減するシート構造の研究・開発なども進めている。

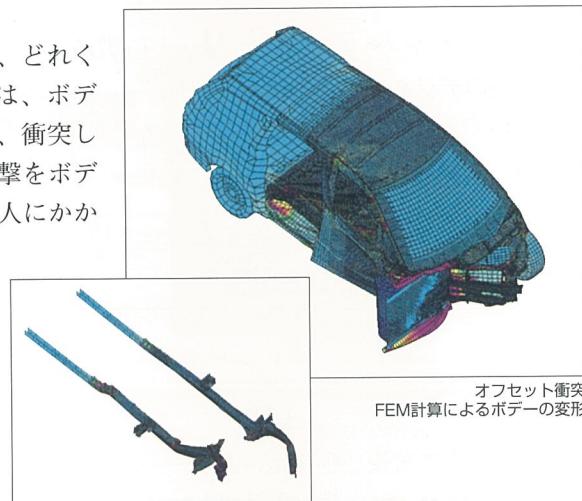
*1：中心からはずれた、という意味。

*2：部材を小さな単位（メッシュ）の連続として捉え、ひとつの単位に応力が加わった際に隣接する単位にどのように力や変形が影響していくかを連続的に計算して全体の変形量を求めるもの。

*3：Total Human Model for Safetyの略。

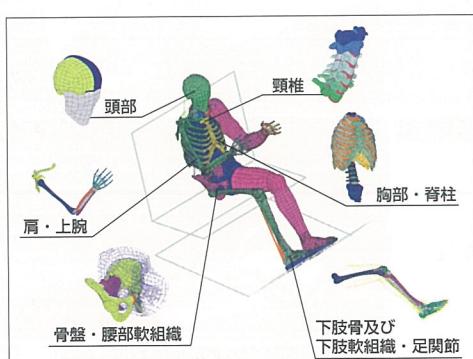


時速64kmでオフセット前面衝突したエスティマを展示



同、ボディの骨格の変形

オフセット衝突
FEM計算によるボディの変形



バーチャル人体モデル（THUMS）



CAEによる予測と衝突実験結果

デジタルエンジニアリング～デジタルデータによるボデーづくり～

生産技術分野でもコンピュータを活用したリードタイムの短縮と開発コストの低減が進んでいる。従来、試作車が完成した後に確認していた組付性等を設計段階で確認するデジタルアッセンブリ、プレス部品の成形性を確認する成形シミュレーション、コンピュータでロボットの動作をプログラミングするロボットオフラインティーチング、プレス機械や溶接設備、システムの動作確認および物流をシミュレーションするバーチャルファクトリなど、さまざまな検討をコンピュータを用いて行っている。これらを従来のCAD/CAM/CAEと区別して「デジタルマニュファクチャリング」または「デジタルプロセス」と呼んでいる。また、設計から生産準備までを通して、コンピュータによるデジタルデータをもとにそれぞれの仕事を行うことを総称して、「デジタルエンジニアリング」と呼んでいる。展示では、以下の4項目について映像で紹介した。



1.バーチャルファクトリ……製造ラインをコンピュータ画面上に再現

前述のデジタルアッセンブリが車1台分のデジタルデータを使用するのに対し、バーチャルファクトリは生産ラインに並ぶ一つ一つの設備を3次元データ化したものである。例えば、アンダボディ、サイドメンバ、メインボディそれぞれを組み付けるためのスポット溶接用ロボットは合わせて300台近くあるが、バーチャルファクトリではこれら一つ一つの形状、動きを3次元データ化し、実際のラインを画面上に再現する。従来は平面上で検討していたラインのレイアウトを立体的に検討できるのみならず、個々のロボットの動き、ライン全体の流れも再現できるため、効率的な設備配置や規模、動作時の設備の干渉などの問題が早期に発見できる。バーチャルファクトリによる工程検討はボデー組付（溶接）工程だけでなく、プレス工程、塗装工程、組立工程で行っている。



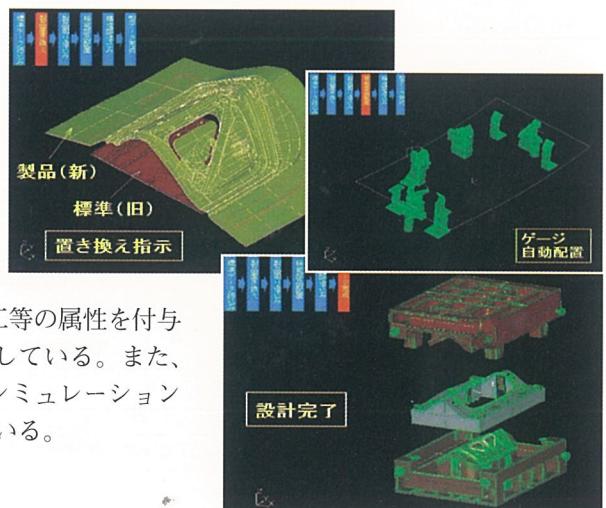
スポット溶接ラインのバーチャルファクトリ映像



同、アングル（視点）をかえたもの

2.プレス型設計

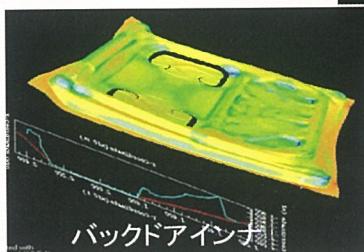
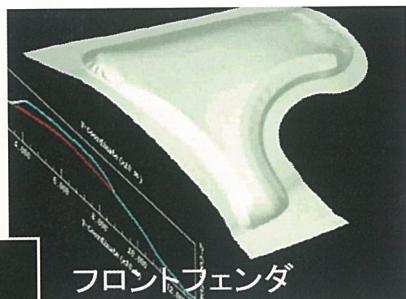
自動車のボデー部品を生産するためのプレス金型もコンピュータで設計している。最初にダイフェースと呼ぶ部品形状周りの曲面を設計する。次にこのデータをもとに、金型の構造部を設計する。型構造は下図の順序で設計する。



金型の納期を短くするため、これらの形状データには機械加工等の属性を付与しており、金型コストの見積もりや機械加工の自動化に利用している。また、データは後述のプレス成形シミュレーションやプレス機械動作シミュレーションにも利用し、自動車ボデーの品質や生産性の向上にも役立っている。

3. プレス成形シミュレーション……バーチャルトライアウト

従来のプレス金型製作では、金型完成後に行う試打ち（トライアウト）で成形性（破断・しづ）や品質（面歪み・精度不良）に多くの問題が発生し、不具合解決のための金型補正（溶接・切削）に多大な工数を費やしていた。プレス成形シミュレーションは、前述のプレス型設計で作成したデータをもとに、コンピュータで試打ちを再現する技術である。これにより、金型製作前に不具合を発見でき、設計データに対策を織り込むことで、金型完成後の不具合を大きく減らすことができる。フロントフェンダ、バックドアインナのプレス成形シミュレーションの例を示した。



その他 展示の見どころ・体験コーナーなど

展示では、ボディについての理解がいっそう深まるよう、実物のボディに加え、体験コーナー、実演コーナーを設けた。通常目にすることのないボディの中身を見る能够とする『「エスティマ」のホワイトボディ』、自ら溶接ガンを操作してスポット溶接が行える『溶接体験』など、特別展ならではの趣向を凝らしたコーナーは、小・中学生はもちろん大人の方まで、多くの方で賑わった。



「エスティマ」のホワイトボディ

実際のボディがどのような構造になっているかを理解できるよう、3列シートのミニバンタイプ乗用車「エスティマ」を、半分にカットして展示した。ボディを作っている鋼板の厚み、骨格となっている構造材の太さや形状の違い、配置方法などが分かる。なお、アクリルパネル上にはセダン型乗用車であるクラウン、スポーツカーのセリカの断面図とシート位置等を示してあり、車の性格や目的によるボデーや座る位置、座った時の姿勢の違いを理解できる。

ハイエースのサイドメンバーアッセンブリのスポット溶接実演・体験

車づくりの基本技術でありながら、一般の方はなかなか触れることができないスポット溶接を体験できるコーナーを設けた。溶接の瞬間に伝わってくる手応えは迫力があり、驚きと感動の表情をしている子供が数多くいた。



ネームタグ（名札）づくり体験

提灯プレス機を用いてヘミング構造のネームタグをプレス加工後、ヘミング部4ヶ所をアフターヘムスポット溶接。名札を貼り、ひもをつけて完成したネームタグを記念にお持ち帰り頂いた。

提灯プレス機による加工

1段目
外形穴ぬき



2段目
①の模様づくりと
周りの90°曲げ



3段目
②と③を合わせ
周りを45°曲げ

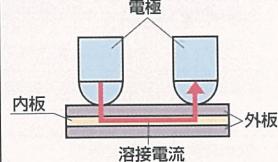


4段目
完全に折り曲げて
ヘミング完成



アルミメッキ鋼板を用い、図の4つの行程を1度のプレスで同時に加工

アフターヘムスポット溶接

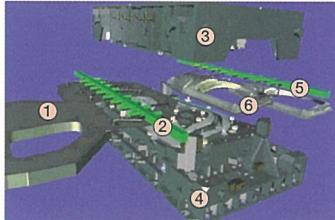
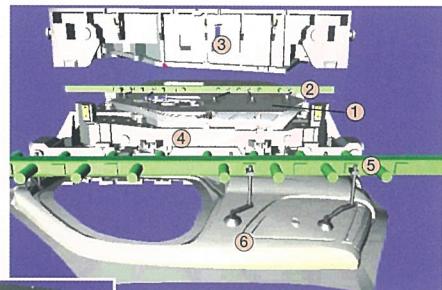


外板にスポットひずみが出ないように、片側から二つの電極を押しつけて溶接。



4. プレス機械動作シミュレーション

自動車ボデー用のプレス金型は、絞り（形状出し）・外形抜き（不要部のカット）・曲げ等の複数の工程から成り立っている。そのためプレス機には、各工程間のパネルを搬送するために、複雑な動きをする搬送装置を取り付けている。従来、生産工場での初回試打ち時に、パネルや搬送装置と型が干渉する不具合が多く発生し、その対策に多くの工数を費やしていた。プレス機械動作シミュレーションは、前述のプレス型設計で作成したデータと設備データをもとに、コンピュータでプレス機の動作を再現し、干渉等の不具合を発見し対策する技術である。この技術により、プレス生産ラインにおける不具合を大きく減らすことができる。プレス機械の上、下型、鋼板挿入治具、プレス品とり出し治具の動作をシミュレーションした結果を示した。



① 鋼板
② 鋼板挿入治具
③ 上型
④ 下型
⑤ プレス品とり出し治具
⑥ プレス品

来場者アンケートから

ご来場いただいたお客様からの様々なご意見・ご感想をいくつかご紹介します。

- スポット溶接がとてもかっこよくてすごかった。(10才・男性)
- 車一台で何時間もかかり、苦労しているんだなーと思った。(11才・男性)
- プレスなど、自分でいろんなことができてよかった。(11才・女性)
- 名札を作りながら「こうやってるんだなぁ」と思ったりして、いい思い出になったし楽しめました。(11才・女性)
- 前は簡単だと思っていたけれど、大変だとわかりました。(12才・女性)
- 来てよかったです。(14才・男性)
- ボデーが固過ぎるのもいけないのかなあと思った。(14才・男性)
- 興味がわいた。産業技術記念館最高！(14才・女性)
- 車椅子の「おでかけシート」が便利でいいと思った。もっと普及するといいと思った。(14才・女性)
- まさかエスティマが半分になっているとは思わなかった。(17才・男性)
- 新しく見るものばかりで感動した。(17才・男性)
- 知識としては知っていた事が多かったが、実際に目で見る事ができておもしろかった。(18才・男性)
- It is good of I could know something about welding technology. (29才・男性)
- 車の衝突事故で大破した現場を見ると、車の安全に疑問を持ちますが、エスティマを見て車内が守られているので、安全性が高まったのだと改めて感じました。(32才・女性)
- 車のボデーの鉄板の薄さにビックリしました。(33才・男性)
- Very good display. Hands-on display were interesting. (35才・女性)
- 現代の技術の進歩にビックリ。(48才・男性)



Data

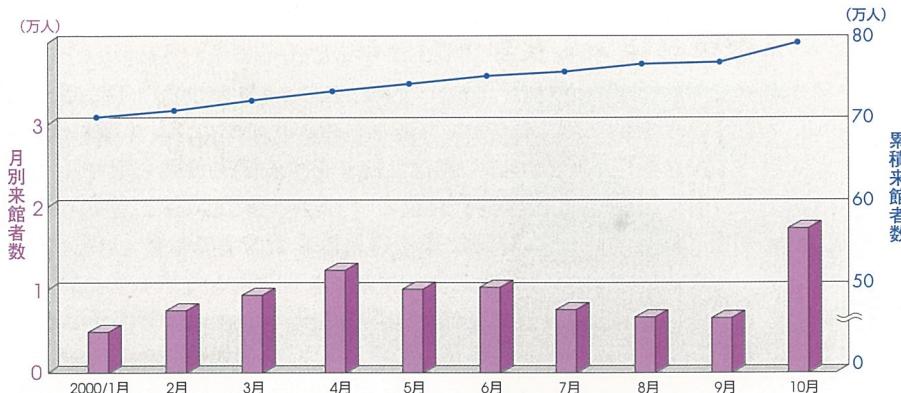
●来館者数

◆来館者の状況

平成6年6月～
平成12年10月

累積来館者数

790,199人



Information

織維機械と自動車に係わるものをテーマにした
モノづくり体験教室

モノづくり

カルチャーセミナー

エンジン分解組付教室

開催期間：①12月 9日(土) 9:30～17:00
②12月 10日(日) 9:30～17:00

〈定員：各回 親子10組20名〉

カローラエンジンを1日がかりで分解して組み付け、始動させるという体験ができます。エンジンの機能・技術が、親子で楽しく勉強できる教室です。

板金加工教室

～素敵な置き皿を作つてみませんか～

開催期間：①12月 16日(土) 9:30～17:00
②12月 17日(日) 9:30～17:00

〈定員：各回 大人15名〉

自分の手でハンマーなどを使って、1枚のステンレス材からオリジナルな置き皿を作ります。本格的な板金加工が体験できる教室です。

11月20日(月)に締切り、多数のご応募をいただきました。

～レストランX'mas特別ディナー～

館内のレストラン「ブリックエイジ」では、特別ディナーをご用意して皆様のお越しをお待ち致しております。

開催期間：12月22日(金)～24日(日)

ご予約・お問い合わせ先

レストラン「ブリックエイジ」

TEL (052) 551-6243/6244

図書室の小窓

「ペルシャ絨毯」

染織文様のペーズリーが、西アジアの「生命の樹」思想に由来していることを前回紹介しましたが、今回もやはり砂漠地帯に起源を持ち、世界中に影響を及ぼしたものとして、ペルシャ絨毯を取り上げてみましょう。

現存する世界最古の絨毯は、レニングラードのエルミタージュ博物館にある2400年前のものだとされています。しかし、実際の絨毯の歴史は、これよりも古いことは明らかで、そのルーツは、南ペルシャの砂漠地帯、遊牧民の生活にあります。砂漠のテント生活、つまり寒暖の差の激しい乾燥地帯では、堅牢・保温・携帯性に富む羊毛の敷物は、生活必需品だったのです。厳しい自然の中で育った国産の天然素材である絹・羊毛・木綿だけを厳選して使い、染料も時間の経過とともに美しさを増す植物原料を中心にしていました。そしてデザイン的には、昔の宗教ゾロアスター教やイスラム教の偶像否定の影響により、あの美しく独特的な草花・幾何学文様となり、また、オアシスやパラダイスへの強い憧れから、色彩感に溢れたものとなっていました。また、その特徴は、日本のものとは違って、細かい文様の反復を楽しみ、余白を残さずに全体を覆い尽くしてしまうところにあります。

こうしてペルシャ絨毯は、次第に権力者の宮殿やイスラム・モスクを飾る敷物として、一層豪華にそして精緻を極めていき、16～17世紀には黄金期を迎えるとともに、シルクロードを通じて、世界中に広まっていきました。なお、「段通」とは、絨毯の中国語である「毯子(たんず)」の音訛です。

【紹介図書】

「絨毯 それは砂漠はじまる」 佐伯隆敏

芸術生活社 昭和57年

「敷物の文化史」 岡崎喜熊

学生社 昭和56年

「ペルシャ絨毯文様事典」 三杉隆敏・佐々木聖

柏書房 1998年

「現代のペルシャ錦」 セイエド・モルテザ・アラスト

京都書院 1994年

ご案内



開館時間

◆午前9:30～午後5:00（入館は午後4:30まで）
※レストランは21時まで営業

休館日

◆月曜日（祝日の場合は翌日）
◆年末年始

観覧料

◆大人（大学生含む）500円
◆中高生 300円
◆小学生 200円

*団体割引：30名様以上は1割引、100名様以上は2割引
*学校行事での来館では学生は半額、先生は無料
*身体障害者および65歳以上の方は無料

交通

- ◆【名鉄】「栄生駅」下車徒歩3分
- ◆【地下鉄】「亀島駅」下車徒歩10分
- ◆【市バス】名古屋バスターミナルレモンホーム
10番のりば「名古屋駅行（循環）」「則武新町3丁目」下車徒歩3分

無料駐車場 乗用車 300台 大型バス 10台

館報Vol.22 発行日／平成12年11月25日 発行者／産業技術記念館

トヨタグループ

産業技術記念館

〒451-0051

名古屋市西区則武新町4丁目1番35号

TEL 052-551-6115 FAX 052-551-6199

ホームページアドレス <http://www.tcmi.or.jp>

