

S 創 - S 窓

「モノづくり」と「研究と創造」

館報

平成14年10月発行

Vol.28 特別展特集号

特別展

自動車のブレーキ展

止めることへの止まらぬチャレンジ

キミもおいでよ、モノづくりランド



トヨタグループ
産業技術記念館

自動車のブレーキ展

止めることへの止まらぬチャレンジ

巻頭言

特別展「自動車のブレーキ展」によせて

このたび特別展として「自動車のブレーキ展」が開催されることになりました。

車による高速移動を誰もが楽しく安心して享受できるように、走行中の安全確保の手段として、自動車にはさまざまなブレーキに関わる工夫や装備が組み込まれてきました。

その代表的な技術のひとつが制動時の車両安定性を向上させるABS(アンチロックブレーキシステム)です。



産業技術記念館 理事
アイシン精機株式会社
取締役社長 豊田 幹司郎

ABSの技術開発を歴史的にみても、1908年J.E.Francisにより蒸気機関車の車輪ロック防止機構が考案され、1936年にはボッシュ社からABSの特許が出願されています。

これを源流として、ABSは1950年代に航空機で使用されはじめ、この技術に着目し自動車での開発がはじまり、1968年にリンカーンで初めてバキューム式2輪ABS(SureTrack)が搭載されました。3年後の1971年にはクラウンに同じく2輪ABSが採用され、ESC(電子制御式スキッドコントロール)と称しましたが、当時はまだ応答速度も遅く、かつユーザーの安全意識も低く市場ではあまり注目されませんでした。

1978年にベンツ450SELで4輪ABSが、1983年にはクラウンにも4輪ESCという名称で搭載され、2輪から4輪制御へと進化しました。

さらに、ABSは電子制御技術の進展、それに追従できる油圧バルブ及び低速時の高精度回転センサー等の要素技術開発が地道に進められ、1987年にクラウン及びベンツにABSと発進時の車両安定性を高めるトラクションコントロール機能がセットで搭載されました。

その後、VSC(ピークルスタビリティコントロール)、EBD(電子制動力配分制御)へと機能が拡がり進化してきていることは、新車のカタログなどでご存知のことと思います。

今回の特別展では、一般の方々にも理解して頂けるように、ブレーキの基本とABSを中心に、ブレーキに応用されている基本原理や構造などが実験を通して体験いただける展示と致しました。

“安全にかける我々の思い”と、それに沿った新システムの開発を進めてきましたが最終的に判断するのは人間であり“安全運転の大切さ”を再認識して頂ければ幸いです。

21世紀は「人と車と環境の共存」が求められ、より安全な車へと要求は一層高度化しています。

「研究と創造に心を致し、常に時流に先ずべし」というモノづくりの心を受け継ぎ、電気自動車におけるエネルギー回生ブレーキや、高度道路交通システム(ITS)に対応する自動ブレーキなど、新しい夢のある車づくりに挑戦しつづけていきたいと思います。

より安全・確実に、そして思い通りに

1886年に世界で初めて実用的なガソリン自動車が登場して以来、自動車の発達には目を見張るものがあります。より速く、より快適にという人々の夢をかなえながら、自動車技術は時代とともに進展を続けてきました。最近ではエレクトロニクス技術によってますます高度に進化を続けています。

自動車の基本機能は「走る」「曲がる」「止まる」の3要素といわれていますが、ブレーキは「止まる」はもちろんのこと「曲がる」機能にも大きくかかっています。「走る」性能がいかにすぐれていても、「より安全・確実に、そして思い通りに曲がり、そして止まる」ことができなければ、安心して運転することはできません。ブレーキの進歩は、自動車の性能向上の歴史を支えてきたのです。

今回の特別展「自動車のブレーキ展 止めることへの止まらぬチャレンジ」では、さまざまな実験や体験を通して、ブレーキの原理や仕組みを理解していただくとともに、ブレーキ技術の高度な進化の様子をお伝えるために開催します。実際に見て触れて体感し「ブレーキの大切さ」をより深く知っていただきたいと思います。

豊田喜一郎 年譜

1894年(明治27年)	静岡県敷知郡吉津村(現静岡県湖西市)に豊田佐吉の長男として誕生。
1920年(大正9年)	東京帝国大学工学部機械工学科卒業。豊田紡織(株)入社。
1921年(大正10年)	欧米視察に出発。(1922年帰国)
1924年(大正13年)	喜一郎、杼換式自動織機特許(65156号)出願。 父佐吉、G型自動織機完成。
1926年(大正15年)	(株)豊田自動織機製作所(現豊田自動織機)設立、常務取締役、技師長に就任。
1929年(昭和4年)	英国プラット社との自動織機の特許交渉のため渡欧、欧米自動車工業視察。
1930年(昭和5年)	小型ガソリンエンジン試作。父佐吉逝去。
1933年(昭和8年)	(株)豊田自動織機製作所に自動車部新設、乗用車試作開始。
1934年(昭和9年)	自動車試作工場・製鋼所完成。
1935年(昭和10年)	A1型乗用車試作、G1型トラック発売。
1936年(昭和11年)	AA型乗用車・GA型トラック生産。
1937年(昭和12年)	トヨタ自動車工業(株)設立、副社長に就任。 スーパーハイドラフリング精紡機完成。
1938年(昭和13年)	拳母工場(現本社工場)完成。飛行機研究所を設置。
1940年(昭和15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(昭和16年)	トヨタ自動車工業(株)社長に就任。 豊田工機(株)設立、副社長に就任。AE型乗用車生産。
1942年(昭和17年)	KB型トラックを生産。航空機部設置。
1943年(昭和18年)	東海航空工業(株)(後に東海飛行機(株)さらに愛知工業(株)に社名変更、現アイシン精機)設立、社長に就任。AC型乗用車・KC型トラック生産。
1945年(昭和20年)	刈谷工場を分離し、トヨタ車体工業(株)(現トヨタ車体)設立、社長に就任。 東新航空機(株)(後に新川工業(株)に社名変更、現アイシン精機)設立。
1946年(昭和21年)	トヨタマシン1号機完成。
1947年(昭和22年)	BM型トラック・SB型トラック生産。生産累計10万台達成。
1949年(昭和24年)	(社)発明協会・(社)経済団体連合会理事に就任。SD型乗用車生産。 日本電装(株)(現デンソー)設立。
1950年(昭和25年)	(社)自動車技術会会長に就任。トヨタ自動車販売(株)設立。 人員整理の責任をとってトヨタ自動車工業(株)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(昭和27年)	トヨタ自動車工業社長に復帰直前に逝去。
1965年(昭和40年)	愛知工業(株)と新川工業(株)が合併、社名をアイシン精機(株)に変更。

豊田喜一郎のブレーキに関する考え方



豊田喜一郎は昭和9年(1934)のはじめ、国産大衆車の開発にあたって、「エンジン、フレーム、ボデー関係部品はシボレー型。シャシー、駆動関係部品はフォード型。そしてボデースタイルは34年型デソートの流線形を採用する」という設計方針を打ち立て、開発に着手しました。喜一郎は真の国産化のためには部品工業の確立が不可欠と考えていましたが、当時は国内の部品工業が未発達であり、品質面で信頼できる国産品が数えるほどしかなかったからです。

「トヨタ自動車躍進譜」^{※1}には、トヨタ乗用車(AA型)の特徴として、「ブレーキは制動確実なオイルブレーキを採用してゐる。」と記載されています。豊田喜一郎は、前述のように基本設計の多くの部分でシボレーまたはフォードを参考に開発しました。しかしブレーキに関しては、当時フォード・シボレーなどアメリカの大衆車クラスがロッド式ブレーキであったのに対し、デューゼンバークやクライスラーなどまだ一部の車にしか使われていなかった「油圧式ブレーキ」を採用しています。昭和

9年(1934)に自動車部内に設立した材料研究室でも、特殊鋼・ゴム材料・塗料等とならんで、油圧ブレーキ用オイルの試作研究を行っていました。

また、喜一郎は単に米国車と同じ製品を開発するのではなく、当時の日本の自動車を取り巻く産業の実態や日本国内での自動車使用状況を考慮した開発を行なうべきだと考えていました。「国産自動車の完成を期して」^{※2}では、エンジンはさらに高馬力とする必要性を述べたあと、「馬力の増加に連れて、ブレーキドラムを大きくする事は定石であります。特に日本の如く積載量の矢鱈に多い処では、兎角ブレーキに無理をさせるので、ブレーキの改造と其材質の変更とによって、ブレーキパワーを増大せねばならぬのであります。」と述べています。

このように喜一郎は、常に当時の日本の実態を考慮しながらも、研究者・技術者としての先見性により、いち早く当時の進んだ技術を研究・採用し、ブレーキをはじめとする自動車部品工業の発展を図っていったのです。

※1 豊田自動織機製作所自動車部 昭和12年発行
 ※2 トヨタ自動車工業株式会社 昭和16年発行

アイシン精機株式会社年譜

- 1943年 東海航空工業(株)設立、航空発動機を製作。後に愛知工業(株)に社名変更
- 1945年 東新航空機(株)設立。工作機械を製作。後に新川産業(株)に社名変更
- 1965年 愛知工業(株)と新川工業(株)が合併、アイシン精機(株)発足
- 1966年 トヨタベットの販売開始
- 1967年 西尾工場竣工
- 1969年 アイシンワナー(株)(現アイシンAW)設立
- 1970年 西加茂郡藤岡村にテストコース竣工。アイシンUSA設立
- 1972年 デミング賞実施賞を受賞
- 1973年 城山工場竣工
- 1976年 シャフトトレイの販売開始
- 1977年 日本品質管理賞を受賞
- 1980年 西尾ポンプ工場竣工
- 1982年 国鉄リニアモーターカー走行実験で当社冷凍機高性能を実証
- 1985年 技術本館竣工
- 1987年 ガスヒートポンプの販売開始
- 1990年 補助人工心臓の製造、販売認可
- 1991年 アクティブサスペンションが日本機械学会、技術賞を受賞
- 1997年 中国に天津愛信汽車零部件有限公司設立
- 1999年 ISO14001全工場認証取得
- 2001年 (株)アドヴィックス設立
- 2002年 豊生ブレーキ工業(株)の株式を取得連携強化

本社 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地
 設立 1965年 売上高 5254億円
 資本金 411億円 従業員 10800名

株式会社アドヴィックス年譜

- 2001年 アイシン精機(株)、(株)デンソー、住友電気工業(株)、トヨタ自動車(株)の共同出資により、(株)アドヴィックス設立。ブレーキシステムおよびシステムを構成するコンポーネントの販売を開始
- 2002年 米国に ADVICS North America, Inc. を設立

本社 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地
 設立 2001年 売上高 870億円(2001.10.1~2002.3.31)
 資本金 20億円 従業員 734名

アイシン高丘株式会社

愛知県豊田市高丘新町天王1番地
 設立 1960年 事業内容 鍛造・加工

アイシン化工株式会社

愛知県西加茂郡藤岡町大字飯野字大川ヶ原1141番地1
 設立 1952年 事業内容 摩擦材

豊生ブレーキ工業株式会社

愛知県豊田市和会町道土10
 設立 1968年 事業内容 ブレーキ部品製造

〈アイシングループ全118社^{※中}〉
 ブレーキ製品関連会社

※ 2002年8月現在

自動車用ブレーキの歴史と変遷

	世界の歴史	トヨタグループの歴史
1880	パリ万国博覧会	
1900	第一次世界大戦	
1920	第二次世界大戦	
1940		
1960		
1980		
2000		

機械式ブレーキ

- '86 ベンツ(独) 3輪車に手動式バンドブレーキ搭載
- '86 ダイムラー(独) 4輪車に手動式ブロックブレーキ搭載
- '91 パナール(仏) フットペダルによるブレーキ搭載
- '98 オートカー(米) 内部拡張式ブレーキ搭載
- '02 ルノー(仏) 内部拡張式ドラムブレーキ特許取得
- '02 F.ランチェスター博士(英) ディスクブレーキ発明
- '05 ハーバート・フラッド(英) アスベストブレーキライニング発明

油圧式ブレーキ

- '21 フィアット(伊) 4輪ブレーキ車発売
- '21 デューゼンバーク(米) 油圧ブレーキ搭載
- '27 ベンディックス(米) デュオ・サーボブレーキ発表
- '30 キャデラック(米) 負圧ブレーキブースタ搭載
- '36 ボッシュ(独) ABS特許出願
- '52 ジャガー、BMW、トライアンフ ディスクブレーキ搭載
- '62 負圧ブレーキブースタ搭載
- '65 ディスクブレーキ搭載
- '71 後輪ABS搭載
- '75 頃 米でアスベストフリー材採用
- '78 ベンツ450SEL(独) 4輪ABS搭載
- '83 4輪ABS搭載
- '86 頃 アスベストフリー材採用
- '95 ベンツ(独) VSC搭載
- '96 ベンツ(独) ブレーキアシスト搭載
- '01 ベンツ(独) ECB搭載

安全性向上へ

- '35 マスタシリンダ・ホイールシリンダ生産開始

環境保護への対応

- '95 VSC搭載
- '97 回生協調ブレーキ搭載
- '97 ブレーキアシスト搭載
- '01 ECB搭載

量産・大衆化の時代

モーターサイクリングの進展

ABS : Antilock Brake System VSC : Vehicle Stability Control ECB : Electrically Controlled Brake System

ブレーキとは？

ブレーキは機械の動きや速度を制御して安全に使用するためになくてはならない装置である。

自動車が、ドライバーの意思どおりに方向性を保持しながら安全に減速、停止し、位置を保持できる機能を持たなければ、安心して利用することができない。

自動車を安全に止めることの重要性、およびブレーキ装置の基本的な考え方は、自動車にブレーキ装置が初めて取り付けられた時代から変化していない。ただ、こうした背景の中でも、安全性の向上を目指したABS等のブレーキに関係した技術は、安全への関心の高まりとエレクトロニクス技術の進展と共に急速に進歩している。

ブレーキは早く、正確に、安全に作動する使命を有し、制動性能、信頼性、安定性、フィーリング等の性能が要求される。



エントランス

ブレーキのいろいろ

ブレーキは機械の動きや速度を制御するために、動いている方向と逆方向の力を加える装置、あるいは、動いているものの運動エネルギーを熱エネルギーなど他のエネルギーに変換する装置である。このようなブレーキ装置には、図のように、発電等による電・磁気力を利用するもの、空気や液体などの流体抵抗を利用するもの、一般的な摩擦を利用するものがある。今回はこれらの中から、摩擦を利用したレーシングカー用ディスクブレーキ、G型自動織機に使われていたブレーキの実物を展示している。



ブレーキのいろいろ

■ 電・磁気力の利用例

・ 電磁式リターダ (エディカレントリターダ)

磁界の中で導体を回転させると導体には渦電流 (エディカレント) が発生する。回転するロータ中に発生した渦電流が磁界を切断すると、ロータには回転方向と反対方向の制動力が生じる。一般にトランスミッション後部に取り付け、常用ブレーキの補助として利用する。

・ 回生ブレーキ

磁界の中を横切る導線に発生する電流を、バッテリーに蓄えることで運動エネルギーを電気エネルギーに変え、運動エネルギーの減少をブレーキとして利用する。(参照P14)

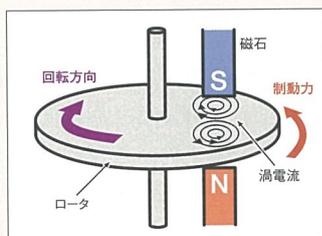


図1：電・磁気ブレーキ (エディカレントリターダ)

■ 流体抵抗の利用例

・ 流体式リターダ

回転するロータが作動油などから受ける回転抵抗を利用する。

・ パラシュート

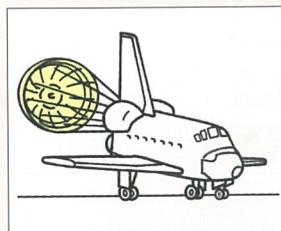


図2：流体抵抗ブレーキ

■ 摩擦の利用例

- ・ ドラムブレーキ
- ・ ディスクブレーキ
- ・ バンドブレーキ
- ・ ブロックブレーキ

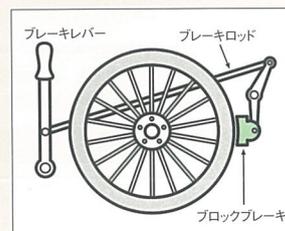


図3：摩擦ブレーキ (ブロックブレーキ)

■ その他のブレーキ

その他に、ブレーキという言葉としては、力の伝達媒体の違いから、液体を利用するハイドロリックブレーキ、空気を利用するエアブレーキ^{※1}などがある。

また、用途の違いから、動いている自動車を止めるための主ブレーキと、止まっている自動車を動かさないようにするための駐車ブレーキに分ける事もできる。

自動車のエンジンを負荷として利用したブレーキとして、エンジンブレーキ^{※2}、排気ブレーキ^{※3}などがある。

- ※1 コンプレッサによって加圧された圧縮空気を作動媒体にしたブレーキで、トラクタやトラクタ用にも適する。
- ※2 エンジンと駆動系が繋がれた状態でアクセルをゆるめたりシフトダウンし、エンジンの回転抵抗をブレーキとして利用する。
- ※3 エンジンブレーキの一種で、エンジンの排気管の中に設けたバルブを閉じることで排気行程における排気ガスの圧力を高め、エンジンの回転を妨げる効果を利用する。ディーゼルエンジンのトラックなどに搭載される。

世界で最初の
ガソリン自動車は？

1866年、ドイツのカール・ベンツが製作した3輪の自動車でした。このクルマに搭載されていたのはバンドブレーキでした。また、同年ゴットリーブ・ダイムラーも4輪自動車を発表し、これにはブロックブレーキが使われていました。

ブレーキの力学

■ 自動車はどうして止まることができるのか。

自動車を停止させるためには、エネルギー保存の法則に従い、自動車のもつ運動エネルギーを何らかの方法で0(ゼロ)にする必要がある。多くの自動車が採用するブレーキ装置では、この運動エネルギーを熱エネルギーに変換し、大気中に放熱している。

自動車では、走り・曲がり・止まるために、タイヤと路面間の摩擦力を利用している。ブレーキペダルを踏んで、車輪と一体となって回っている回転体(ドラムやディスク)に車輪ブレーキの摩擦材(シューやパッド)を押し付け、車輪の回転を止めようとするとき、車輪ブレーキには車輪ブレーキ摩擦力が生じる。また、タイヤと路面の間に摩擦力が発生し、自動車は減速したり止まることができる。この摩擦力の四輪分がブレーキ力^{※1}として作用する。車輪ブレーキ摩擦力は、回転を抑制する制動トルクを生じると共に摩擦熱を発生させる。このとき発生する摩擦熱は、消失する運動エネルギーに等しい。

以上のように、運動エネルギーは摩擦によって熱エネルギーに変換され、タイヤの回転抑制が継続すると、やがて運動エネルギーが0となり、自動車は停止することになる。

※1 ブレーキ力とは、自動車が停止するため、タイヤの進行方向と逆方向に作用する摩擦力のことで、この力が大きいほど車両は短い距離で停止できる。

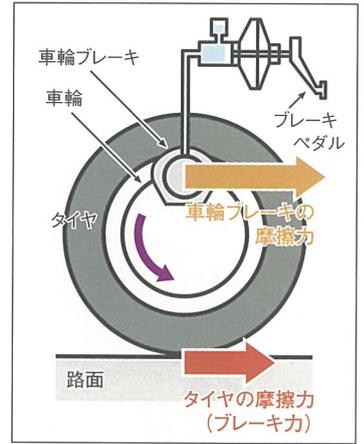


図4：二つの摩擦力

ブレーキ力詳細説明

ブレーキペダル踏力が小さくタイヤが転がっているとき、タイヤ接地面に働くブレーキ力 F_A は、ブレーキペダル踏力とブレーキ装置によって決定され、車輪ブレーキに発生する制動トルク T_d との間で近似的に以下の式で表わされる。
 $T_d = f \times r = \mu_L \times P \times r$
 タイヤに働くブレーキ力 $F_A = T_d / R = \mu_L \times P \times r / R$

P ：車輪ブレーキにかかるパッド押付力 f ：車輪ブレーキ摩擦力
 μ_L ：車輪ブレーキと車輪間の摩擦係数

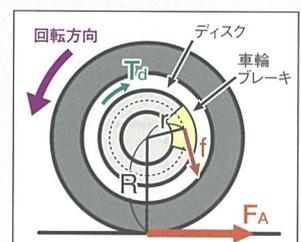


図5：制動トルクとブレーキ力

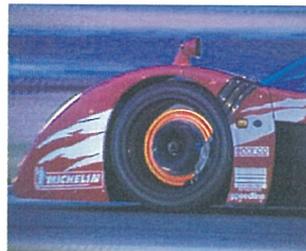
■ 自動車を停止させる時に発生するエネルギー

質量 M 、速度 V で走っている自動車の運動エネルギー E は、

$$E = \frac{1}{2} MV^2$$

で表わされる。

この自動車を停止させるまでに摩擦ブレーキが発生する熱エネルギーは、この運動エネルギーに等しい。例えば、重さ1,000kgの小型自動車を時速100kmから停止させるまでに発生する熱エネルギーは、1.2リットルの水を沸騰させることができる。



高速からのブレーキにより、発熱して赤くなるレーシングカーのブレーキディスク



5km/hで走る軽自動車を止める時に発生する熱エネルギー(手前側表示:停止距離、奥側表示:ブレーキパッドの上昇温度)

■ 摩擦力

摩擦については、以下のことが成立する。

(イ) 摩擦力 F は、物体が運動するとき、その接触面で運動を妨げる方向に働く力であり、接触面の摩擦係数を μ 、物体の重量(摩擦面への垂直荷重)を W とすると

$$F = \mu \times W$$

と表わされる(図6)。

(ロ) 摩擦力は物体の重量が同じであれば、見かけの接触面積が変化しても変わらない(図7)。

(ハ) 停止している物体を動かすときには、動き出した物体を動かし続けるときよりも大きな力が必要である。

(ニ) 摩擦係数は接触している物体の材質や表面状態等によって異なる。



摩擦の実験

自動車のタイヤと路面間に働くブレーキ力の場合、 μ はタイヤと路面間の摩擦係数、 W はタイヤに作用する垂直荷重であり、これらにより自動車の最大ブレーキ力が決まる。

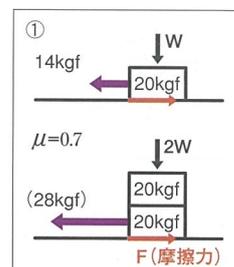


図6：摩擦と重量

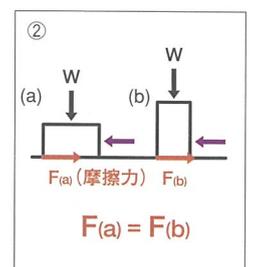


図7：摩擦と接触面積

■ 条件によって停止距離が変わる

自動車の重量と停止距離

ブレーキ力は「ニュートン力学の第二法則」により、次式で示される。

$$\text{自動車のブレーキ力} = \text{減速度} \times \text{自動車の重量}$$

(ブレーキの効きの大きさ)

同じ力でブレーキを踏んだ場合、自動車の重量が増すほど減速度が小さくなり、停止するまでの距離が長くなる。

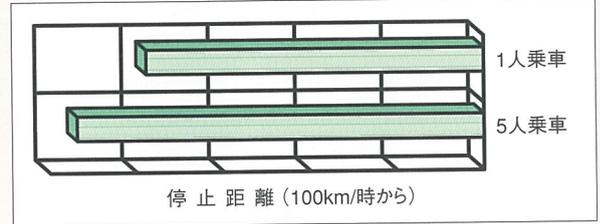


図8：自動車の重量と停止距離

車速と停止距離

下図のように同じ減速度の場合、自動車の停止距離は、ブレーキ操作開始時の車速の二乗に比例する。

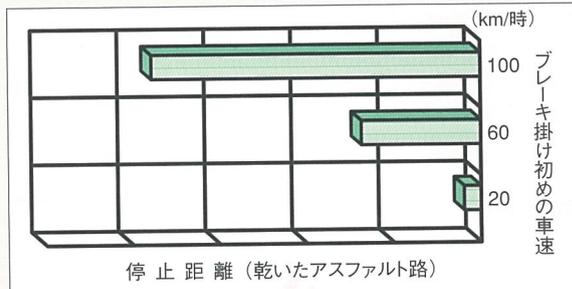


図9：車速と停止距離

路面状況と停止距離

摩擦係数 μ が路面状況によって異なるため、雨に濡れた道路や積雪道路のような滑りやすい道路ではフルブレーキ時の停止距離が長くなる。

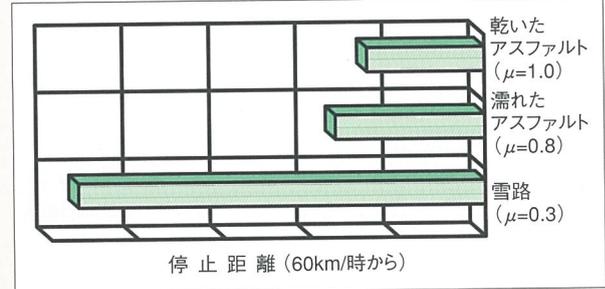


図10：路面状況と停止距離

自動車用ブレーキの基本

摩擦によって車輪の回転を止めるというブレーキの基本的な働きをしているのが摩擦ブレーキで、その代表がドラムブレーキとディスクブレーキである。

■ ドラムブレーキ

ドラムブレーキは、車輪と一体で回転する円筒状ドラムの内側に、ホイールシリンダのピストンの力によりシュー（摩擦材）を押さえ付けて回転を止める機構を持つ。ドラムの回転に対しホイールシリンダからの入力が入る前に、アンカが後方にあるシューをリーディングシュー、その逆をトレーリングシューと呼ぶ。リーディングシューには、自己倍力（セルフサーボ）作用があるため、ドラムブレーキは一般的にブレーキ力が高い。

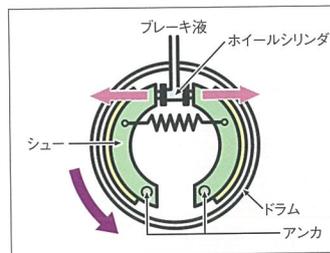


図11：ドラムブレーキの基本構造



ドラムブレーキ(右)とディスクブレーキ(左)

ドラムブレーキには、この二種類のシューを組み合わせた「リーディング・トレーリング型」とリーディングシューだけを組み合わせた「ツー・リーディング型」等がある。前者はブレーキの効きが安定し、後進時も前進時と同じブレーキ力が得られ、また、駐車ブレーキの組み込みが容易なため、後輪用ブレーキとして多用される。後者は、シューのブレーキ力が2個とも同じで、大型車の前輪に使用される。

摩擦材がドラムに覆われている構造で、泥・水等からの汚れを防止する効果がある反面、冷却しにくい等の弱点もある。

ドラムブレーキの自己倍力（セルフサーボ）作用

①のように摩擦材を当てた場合、強い力を加えないと回転体は停止しない（ディスクブレーキ）。また、②のように右方向から回転体の下の隙間にクサビを押し込んでも、回転力によって押し返される（トレーリングシューの原理）。ところが、③のように左側から押し込むと、クサビが自然に隙間に引き込まれ、回転体を停止させることができる。リーディングシューには③と同じ作用があるため、大きい摩擦力が得られ、これを自己倍力作用と呼ぶ。

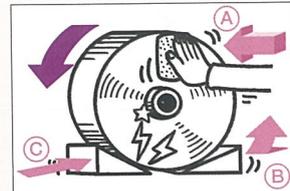


図12：ドラムブレーキの自己倍力作用

■ ディスクブレーキ

ディスクブレーキは、車輪と一体で回転する円盤状のディスクに、油圧ピストンの力によってブレーキパッドを両側から押さえ付け、回転を止める機構を持つ。ディスクが露出しているため、走行による風で冷却がしやすく、安定したブレーキ力が得られる。このため多くの車に使用されるようになっているが、自己倍力作用はない。

通常、ブレーキの作動時は、自動車の重心に働く慣性力により前輪に働く重量が増加し、後輪よりも多くの熱が発生する。このため、乗用車の前輪には冷却効率が良くブレーキ力の安定したディスクブレーキが使用される。

ディスクブレーキの種類と構造

ディスクブレーキのキャリバには加圧構造の違いによって「固定キャリバ型」と「浮動キャリバ型」の二種類がある。

固定キャリバ型

キャリバが固定式で、ディスクの両側にピストンを持つ構造。ピストン以外に摺動部がないため安定したブレーキ力を得られる。部品点数が多いため、浮動型キャリバと比較すると大型になる。

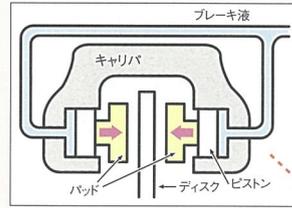


図13: 固定キャリバ型

浮動キャリバ型

油圧がかかると、ピストンが左へ、またキャリバが右へ移動し、パッドがディスクを挟む構造を持つ。片側にしかピストンが無いので、対向型キャリバと比較すると小型化が可能で冷却性にも優れている。

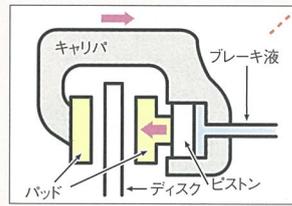


図14: 浮動キャリバ型

■ ブレーキ用摩擦材

自動車に使用されるブレーキ用摩擦材は、基材・摩擦調整剤・結合材の三要素で構成され、それぞれの成分は摩擦材に個別の性能を与えている(図15)。

下り坂等でブレーキを多用すると、摩擦材が過熱してブレーキが効きにくくなる「フェード現象」が起きる(図16)。これを抑制するために、高温になっても摩擦係数に変化の少ない耐熱性に優れた摩擦材を組合わせて使っているが、エンジンブレーキを活用するなどの方法により、摩擦材の過熱を未然に防ぐことも必要である。

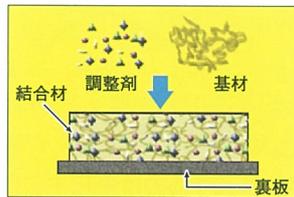


図15: ブレーキ用摩擦材の3要素

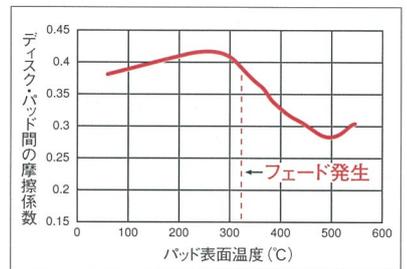


図16: フェード現象

構成要素	成分種類	機能
基材	有機、無機繊維 (アラミド、カーボン、ガラス等)	補強材として剛性向上
	金属繊維 (鉄、非鉄)	耐熱性・剛性に寄与
結合材	樹脂	成分を均一に固める
調整剤	摩擦調整剤 (カーボン等潤滑剤、鉱物等研磨剤)	鳴き、効き、摩耗調整
	錆防止剤	海水、融雪剤からの錆防止

摩擦材の主な成分

■ 力の伝達

■ 車を止めるために必要な力

例えば、重さ1,000kgの車を約0.3Gの減速度で止める時、300kgfのブレーキ力が発生している。しかし、普通の人がブレーキペダルを踏む力は4kgf程度であり、この差を補うため様々な工夫がされている。

■ てこの原理

図において、力点Aに力F₁を加え、距離X₁を移動させると、作用点Bに作用する力F₂、移動量X₂は、

$$F_1 \times l_1 = F_2 \times l_2 \quad F_1 \times X_1 = F_2 \times X_2 \quad \text{となる。}$$

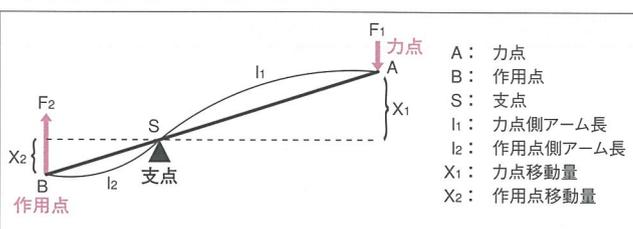


図17: てこの原理

ブレーキペダルへの応用

図のようなブレーキペダルへの応用例では、ブレーキペダル踏力を4倍に増幅して出力している。このペダルでの力の増幅割合をペダル比と呼んでいる。

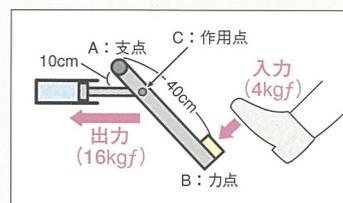


図18: ブレーキペダルへの応用

ディスクブレーキの登場

ディスクブレーキの技術は、航空機で培われました。1952年からジャガーがレースカーに搭載し、ル・マンでの4回にわたる優勝で、その評価を不動のものにしました。当時の最高時速は、212kmでした。

■ 負圧の利用

大気圧より低い圧力を負圧と呼ぶ。真空ポンプなどで負圧を発生させると、日常感じるここのない大気圧を力として利用することができる。

大気圧と負圧の差(ΔP)がピストン(断面積: S)を上方向に動かす力 $\Delta P \times S$ となっている(図19)。

ブレーキブースタへの応用

ブレーキブースタの内部は、ピストンで仕切られた、二つの空間によって構成され、通常はエンジンが発生する負圧となっている。ブレーキペダルからの入力 F が片側の空間を大気圧にすると、両空間の圧力差 ΔP によって助勢力 $\Delta P \times S$ が発生し、この助勢力にを加えた力 $F + \Delta P \times S$ がマスタシリンダへの出力となる。

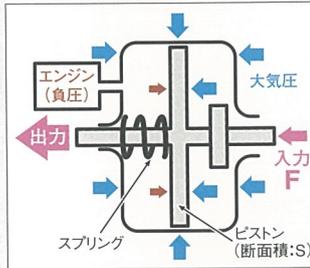


図20: ブレーキブースタ



負圧実験(30kgの重りを持ち上げる)

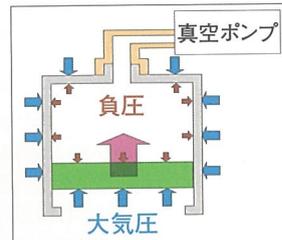
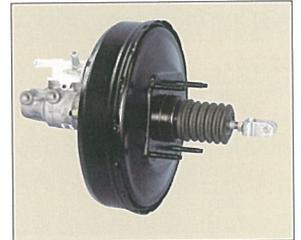


図19: 負圧による力の発生



ブレーキブースタとマスタシリンダ

■ パスカルの原理

密封された液体の一部に圧力を加えると、その液体の至る所に同じ大きさの圧力が伝わる。〔パスカルの原理〕

これは、シリンダ内の密封された液体にピストンで圧力を加えた場合、圧力が液体の至る所に伝わり、シリンダ内壁を均等な圧力で押すことを示す。この原理は、断面積の異なるピストンからなる二つのシリンダを結んだ場合にも適用でき、ピストンの面積に比例してピストンに作用する力は変化する(図21)。

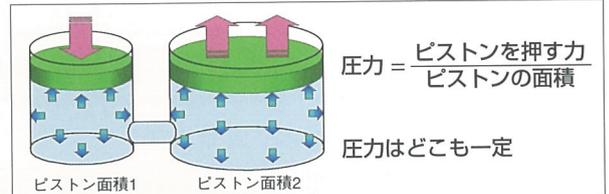


図21: パスカルの原理



パスカルの原理体験

自動車の油圧ブレーキへの応用

パスカルの原理を応用して、マスタシリンダがブレーキペダルからの踏力を油圧に変換してキャリパのシリンダに伝える。両方のピストンの面積差により、キャリパで大きな力を発生させる。また、油圧回路は、力を左右のブレーキには等しく、前後のブレーキにはピストンの面積を変えて適切に配分して伝達する。

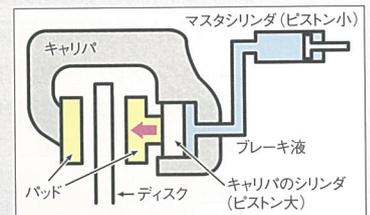


図22: 自動車の油圧ブレーキ

■ ブレーキ力の大きさ

軽い力でブレーキを操作できるよう、ブレーキ装置には各種の倍力の仕組みが組み込まれている。

ブレーキペダルを踏むと、その踏力は「ブレーキペダル:この原理」「ブレーキブースタ:負圧の利用」「マスタシリンダ:パスカルの原理」の各機構を伝わり、例えば、小型乗用車でも力を約280倍に倍力して、人の力で重い自動車を止めることができる。



ブレーキ力の伝達と増幅

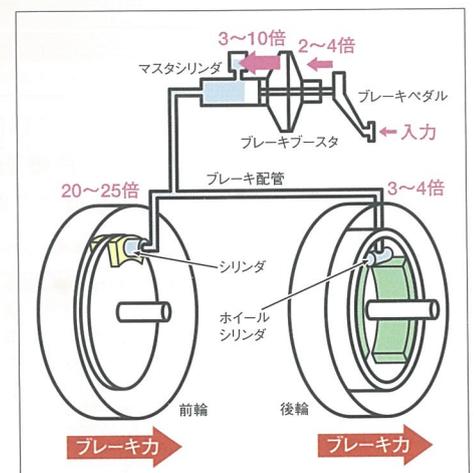


図23: ブレーキシステム構成

油圧ブレーキの登場

初期の自動車は機械式ブレーキにより後輪のみにブレーキを作用させていました。1918年、ロッキードが油圧式ブレーキを製作し、デュゼンバーク、クライスラーが採用したことにより、急速に世界に広まりました。

自動車のブレーキシステム

乗用車で標準的に用いられるブレーキシステムは主に、ブレーキペダル(てこの原理)、ブレーキブースタ(負圧の利用)、マスタシリンダ、ブレーキ配管、車輪ブレーキ(パスカルの原理)、ABSアクチュエータ、ABSコンピュータ、車輪速センサ、駐車ブレーキから構成される。本誌の他のページで述べていないユニットの概要は以下のとおり。

ブレーキ配管

主にブレーキパイプとブレーキホースで構成されるブレーキ配管は、マスタシリンダで発生した油圧を車輪ブレーキへ伝える。

ブレーキの配管方式は、タンデムマスタシリンダを使用した二系統ブレーキシステムが多く採用され、万一の故障に備えている。

駐車(パーキング)ブレーキ

駐車中に車両が動き出すのを防ぐためのブレーキで、長時間ブレーキ力を保持しておくことができるよう、ワイヤケーブル等を介して力を伝える機械式ブレーキが用いられる。



ブレーキシステム

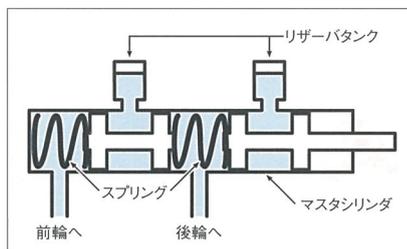


図24: タンデムマスタシリンダ

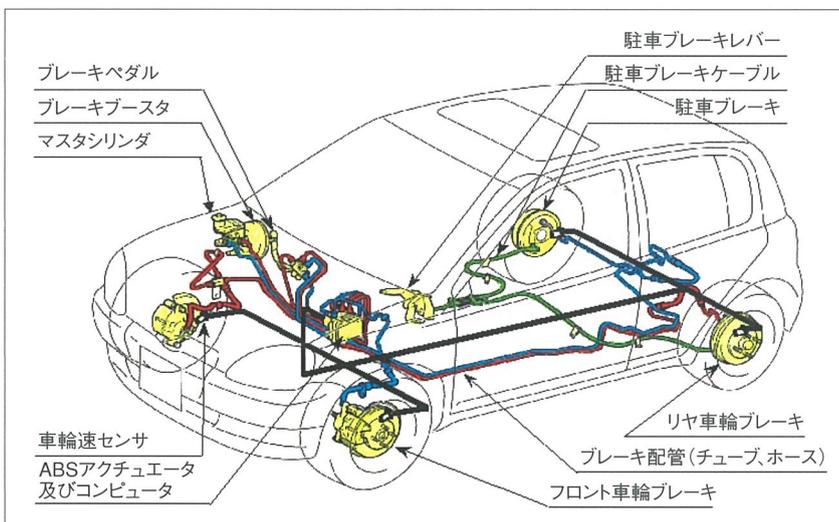


図25: ブレーキシステム

油圧ブレーキの二系統配管

ブレーキ系異常発生時の安全を確保するため、国内外において、ブレーキシステムを二系統化することが義務づけられており、マスタシリンダにタンデムタイプを使用してこの規制に対応している。

ブレーキシステムの二系統化は、前輪・後輪を分割する方法が構造上も簡単で、一般的である。ただし、前輪駆動車のように前輪へ重量が集中し後輪への負荷が軽くなる場合、前輪ブレーキシステムの異常発生時に十分なブレーキ力が得られない。この場合には、一系統に異常が発生した場合でも前輪・後輪の対角各一輪のブレーキを作用させることが可能なX分割式二系統配管が用いられる。

ABS - より安全に止める技術 -

■ タイヤロックとは?

走行中の自動車ではブレーキ操作を行うと、ブレーキペダル踏力が増すと共にタイヤと路面間の摩擦力(ブレーキ力)が増加する。しかし、ある一定のブレーキ力を超えると、タイヤの回転だけが止まり、タイヤが路面上を滑った状態で移動する。この状態をタイヤロックと呼び、それ以上とどれだけブレーキペダルを踏んでもブレーキ力は増加しない。

■ なぜ、タイヤがロックするのか?

自動車が走行しているとき、タイヤは路面を転がっている。タイヤの回転面が進行方向と一致して転がっている状態では、タイヤと路面間には路面に垂直方向の力だけが作用し、路面に平行な方向の力は発生しない。

タイヤの転がりを止めようとブレーキ操作を行うと、タイヤの回転速度が減少し、タイヤと路面間には滑り(スリップ)が生じて、路面に平行で自動車の進行方向と逆方向のブレーキ力が発生する。

さらにブレーキペダルを踏み込み、ブレーキ力が最大ブレーキ力より大きくなると、タイヤがロックする。

雪道や凍結路のような低 μ 路面では最大ブレーキ力が小さくなり、タイヤがロックしやすくなる(図26)。

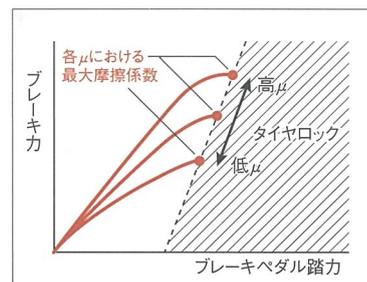


図26: タイヤがロックする条件

以下P10～P11に記載された*印の項目は、後述するABS等の理解を深めるうえで補足となる「制動時における車両挙動」に関する解説です。
必要に応じてご一読ください。

■ タイヤと路面間の摩擦*

スリップ率

スリップ率は、タイヤに駆動力やブレーキ力が働いている状態の、タイヤと路面間に生じる滑りの程度を表わす。ブレーキをかけてタイヤの転がり止めようとする力が発生すると、タイヤの回転速度が低下し、滑りが生じる。車体の速度に対してタイヤの回転速度が低下した割合をスリップ率Sと呼び、次式で表わされる。

$$S = \frac{\text{車体速度} - \text{車輪回転速度}}{\text{車体速度}} \times 100$$

S=0%:タイヤの純粋ころがり S=100%:タイヤがロックして滑走

スリップ率とブレーキ力

高μ路、低μ路共にスリップ率が10～30%の時に、ブレーキ力は最大となる。

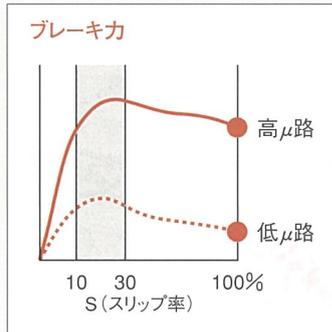


図27: スリップ率とブレーキ力

スリップ率とコーナリングフォース

タイヤの回転面が進行方向と一致しない横すべり時にタイヤに働く力は図28のようになり、進行方向に対して直角方向に働くコーナリングフォースが車が曲がるための力となる。コーナリングフォースが大きいほど車両は安定し、旋回能力が高まる。また、スリップ率Sが大きくなると共に、コーナリングフォースは小さくなる(図27')。

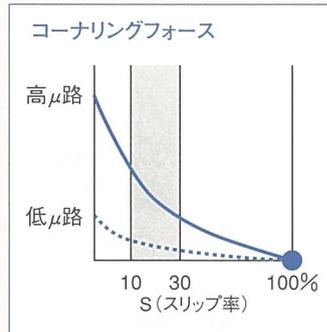


図27': スリップ率とコーナリングフォース

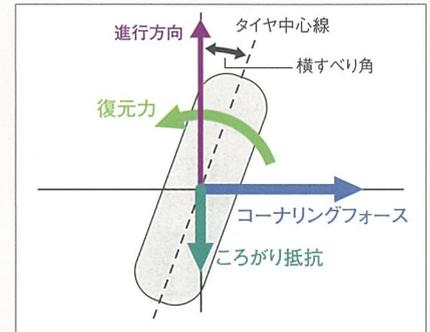


図28: 横すべり時にタイヤに作用する力

スリップ率とタイヤと路面間の力の関係は図27、図27'に示したとおりで、タイヤがロックした場合(S=100%)、ブレーキ力はある程度発生しているが、コーナリングフォースはほとんど0に近い値となる。またブレーキを最も有効に働かせるためには、スリップ率Sを10～30%に制御することが望ましい。

■ タイヤがロックすると

自動車が旋回するとき、車両には外側へ向かう力(遠心力)が働く。自動車が旋回を続けるためには、その遠心力とつりあう力(向心力)を車両に与える必要がある。

向心力は、糸に重りを付けて回したときに糸が重りを引く力に相当し(図29)、自動車が旋回する場合、向心力はタイヤによって作り出される。これをタイヤのコーナリングフォースと呼ぶ(図28)。

タイヤがロック(S=100%)すると、コーナリングフォースが0に近い値となるため、車両は糸の切れた重りと同じ状態になり、安定性を失って、旋回がまったくできない状態となる。

また、タイヤがロックすると、コーナリングフォースがなくなる影響以外にも、図27のように、ブレーキ力が減少し、制動距離が延びる。



図29: 遠心力と向心力



タイヤロックとコーナリングフォース

■ タイヤロック時の車両挙動

タイヤがロックすると、コーナリングフォースがほとんど0になる(図27')。したがって、前輪がロックすると、曲がるために必要な横方向の摩擦(コーナリングフォース)が得られず、ハンドルを操作しても、自動車は曲がることができず、進行方向にそのまま進んでしまう(ドリフトアウト)。また、後輪がロックすると、後輪の横滑りを防ぐ摩擦力が失われ、路面の凹凸による横方向からの外力やブレーキのわずかな片効き等によって車両がスピンしやすくなる。(詳しくは、下のヨーモーメントと車両挙動参照)

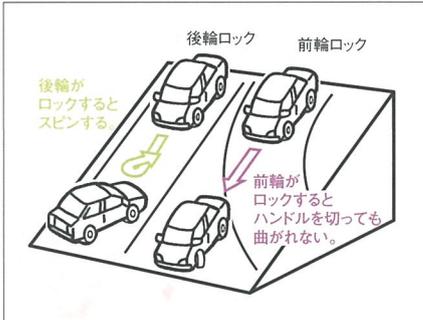


図30：坂道を下る2台の車の比較

ロック有無比較		雨に濡れた路面、凍結路面などの急ブレーキ時の一例。	
後輪がロックすると車両が不安定となる(スピン)	後輪ロック		
ロック無	ロック無		
前輪がロックするとハンドルを切っても曲がれない	前輪ロック		
ロック無	ロック無		

図31：ロック時の車両挙動



タイヤロック時の車両挙動実験

ヨーモーメントと車両挙動 *

重心の回りに、車両を回転させるトルクをヨーモーメントといい、重心と力の作用点間の距離と作用する力の積(モーメント)で表される。車両制動時にヨーモーメントが発生するケースには、次の3つがある。

(A) 左右ブレーキ力の不釣り合い

路面やブレーキ摺動面などの状態によって左右のブレーキ力に差があると、ブレーキ力の作用線が自動車の慣性力の作用線と一致せず、自動車の重心点Gの回りにヨーモーメントが生じる(図32)。

(B) 前輪ロック時

前輪のコーナリングフォースが0となり、旋回できなくなるが、後輪のコーナリングフォースによるヨーモーメントが外力によるヨーモーメントを打ち消すように働くため、車両は進行方向と同じ方向に進路を修正してまっすぐ進むことができる(図33B)。

(C) 後輪ロック時

外力によってヨーモーメントが発生すると、車両の進行方向とタイヤの回転方向が一致せず、前輪にコーナリングフォースが働く。この力が外力によるヨーモーメントを大きくする方向に働くため、車両がスピンする。この現象は、瞬時に発生するため車両のコントロールが不可能で、前輪ロックの場合よりも危険度が高い(図33C)。

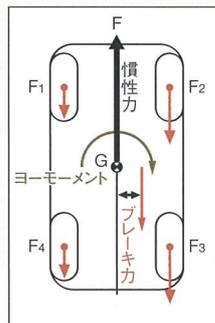


図32：ブレーキ力不釣り合いによるヨーモーメント

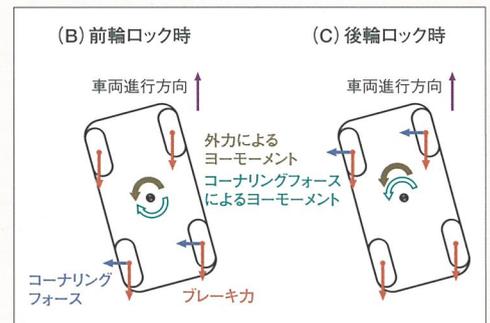


図33：ロック時の車両挙動

ブレーキ力の理想配分特性 *

車両は一般的に前輪と後輪に作用する荷重が異なるため、それぞれに作用する荷重に応じてブレーキ力を配分している。実走行時にブレーキをかけると、ブレーキ力によって荷重移動が生じて前輪に作用する荷重が増加し、後輪に作用する荷重が減少する。

停車時の荷重配分でブレーキ力を配分すると、ブレーキ時に後輪に作用する荷重が減少するために、後輪ロックの原因となり、スピンが起りやすく危険である。

前輪と後輪で発生するブレーキ力を最大限に引き出すため、ブレーキ時の荷重移動を考慮し、理想ブレーキ力配分線どおりに前後輪のブレーキ力を制御すると、入力に対して出力が最大となり、最も合理的となる。

従来は、プロポーションバルブ※を用いて理想配分線に近似の特性を付与していたが、現在はABSのシステムを使って、ブレーキ力を最大限に引き出しロックを防止するEBD(電子制動力配分制御)が普及してきている。

※プロポーションバルブ：油圧回路の途中に設けたバルブ内のシリンダの有効面積を変化させ、前輪にはマスタシリンダの油圧を、後輪のホイールシリンダには減圧した油圧を作用させ、後輪のロックを防止する。

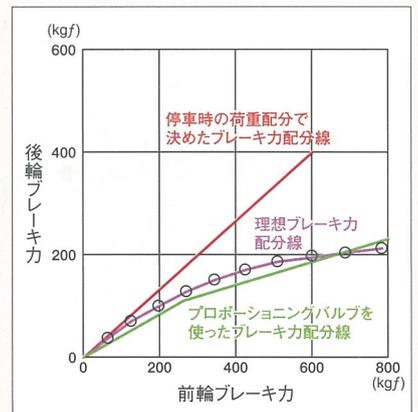


図34：ブレーキ力の配分

■ ABS (Anti-lock Brake System:アンチロック ブレーキ システム)

ABSは、タイヤのロックを防止して、最適なブレーキ力と安定性、操舵性を確保するシステムである。タイヤのロックは、タイヤの転がりを止めようとする力(ブレーキ力)が、最大ブレーキ力を越えた場合に発生する。前輪がロックすると、旋回に必要な横方向の摩擦力(コーナリングフォース)を得られず車両は操舵性を失う。後輪がロックすると、車両後部の横滑りを防ぐ摩擦力を失って車両はスピンしやすくなる。

ABSは、これらの安定性・操舵性の低下を招くタイヤのロックを、タイヤのスリップ率を図27のグラフに示す10~30%の範囲に制御することによって防止する。この範囲にスリップ率を制御すると、タイヤがロックしたときよりも大きなブレーキ力が得られるため、停止距離が短くなるという効果もある※。

※砂利路等では停止距離が伸びる場合もある。



ABS動作体験

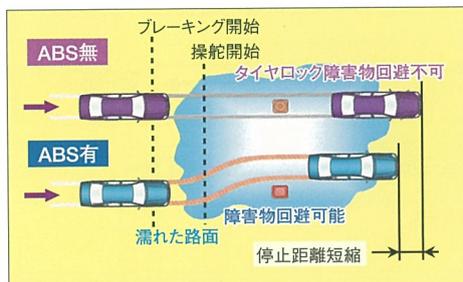


図35: ABS有無による車両挙動比較



ABS実車試験(障害物の回避操作)

ABSの仕組みと動作

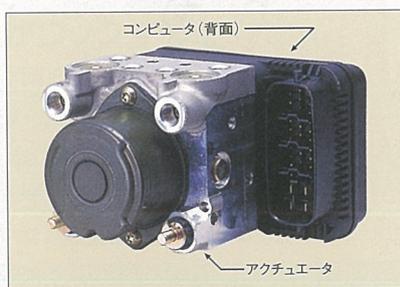
ABSは、コンピュータが車輪速センサの検出したパルス信号を元に、スリップ率を演算し、常に設定されたスリップ率となるようアクチュエータを制御する(図36)。

制御は次のように行っている(図37)。

- 1) スリップ率を演算するために、必要な車体速度を四輪の速度から推定する。
- 2) 車輪速度の時間に対する変化(=車輪加速度※)を演算する。
- 3) スリップ率と車輪加速度から油圧制御信号を決定する。

アクチュエータは、コンピュータからの油圧制御信号に従い、ブレーキ油圧の増圧・保持・減圧を行い、タイヤがロックしないよう車輪ブレーキの摩擦力を調整する。

※ 車輪加速度は、車輪がロックする傾向にあるか、ロックから回復する傾向にあるかの判断に使用される。



ABSユニット

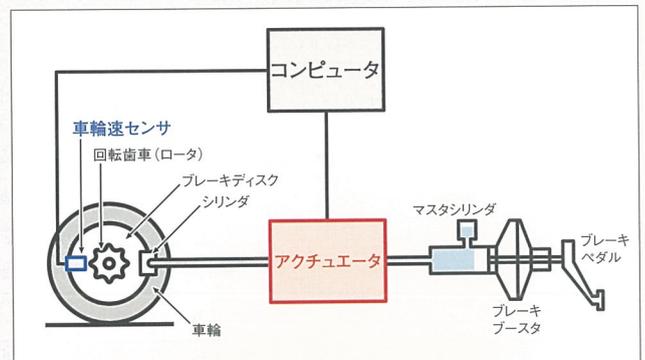
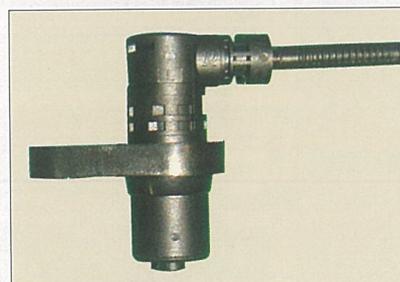


図36: ABSの構成



車輪速センサ

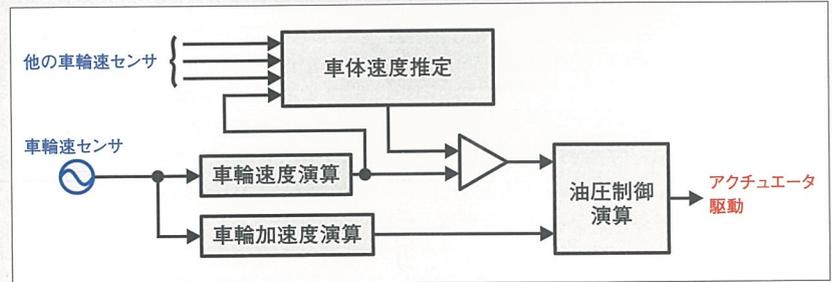


図37: ロジック構成

ABSの登場

ABSは航空機で発達した技術です。1968年にフォードのコンチネンタルとサンダーバードに後2輪ABSが最初に搭載され、1980年代末から大型車には搭載が義務付けられるようになりました。

■ ブレーキアシスト(BA)

ブレーキアシスト(BA)は、ブレーキペダルが急速度で踏み込まれた場合を緊急制動と判断し、より大きなブレーキ力を発生させ、ブレーキを強く踏めない、あるいは急ブレーキに不慣れなドライバーのブレーキ操作を補助し、ABSを効果的に効かせる装置である。

緊急時のブレーキ操作を調査した結果、

- ◆ 約半数のドライバーは、緊急時にブレーキペダルを十分に踏み込んでいなかったり、ブレーキ操作中に踏み込みを緩めてしまうため、ブレーキの能力を最大限に発揮できていない。
- ◆ このようなドライバーでも、ブレーキ操作の初動時にはブレーキペダル踏力の強いドライバーと同様に、速い踏み込み動作を行っている。

ことが明らかになった。

ブレーキアシストは、このようなブレーキの踏み方に着目し、緊急時などの大きなブレーキ力が必要な場合に、十分なブレーキペダル踏力がなくても、自動的に状況を判断し、十分なブレーキ力を発生させるようにブレーキ油圧を増幅させている。

ブレーキペダルのストロークセンサで検出する踏み込み速度に応じてコンピュータがブレーキブースタを制御する電子制御式(ブースタ方式)と、電子制御を用いずに機構的にブレーキブースタの出力を増加させる機械式がある。

この装置により、緊急時にブレーキを強く踏めない人でも、ブレーキの性能を最大限に発揮することができ、強く踏める人と同様な短い停止距離で自動車を止めることができる。

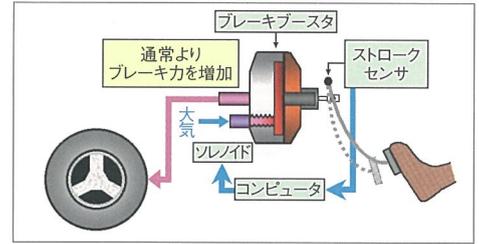


図38: ブレーキアシスト装置の仕組み

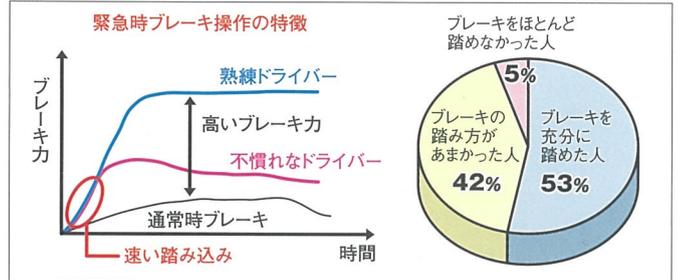


図39: ドライバーによるブレーキ力の違い

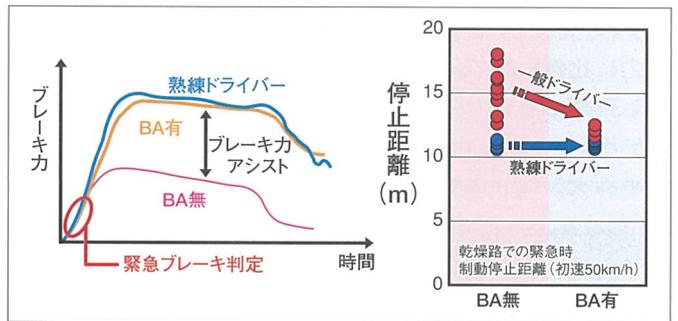


図40: ブレーキアシストの効果

■ ブレーキに関する先進技術

■ VSC (Vehicle Stability Control: 車両安定性制御) システム

VSCは、急なハンドル操作や滑りやすい路面などで横滑りが発生すると、エンジン出力と四輪個々のブレーキを制御し、車両の動きを修正するシステムである。

スピードを出し過ぎて、カーブを曲がり切れず、車両がカーブの外側に滑り出そうとするドリフトアウト(アンダステア)時には、前後輪のブレーキをかけ、同時にエンジン出力も抑制して車両を内側に向け、レーン内に収まりやすくする。

また、不用意なハンドル操作で車両がスピン(オーバーステア)しそうときには、車両を外側に向けるよう外側の前輪にブレーキをかけ、エンジン出力も同時に抑制して車両を安定させる。

このようにVSCは、センサが検出したドライバーの意図する車の動きと車両の挙動を比較し、ドリフトアウト・スピン等の車両の動きを検知し、旋回時におけるタイヤと路面間の最大摩擦力の限界を監視しながら、ブレーキとエンジン出力を制御して車両の安定を図る。車体スリップ角は、一般的なセンサでは直接検出することができないため、操舵角センサ、ヨーレートセンサ、加速度センサ、車輪速センサ等を組み合わせて推定している。

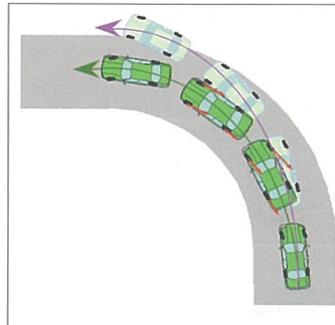


図41: ドリフトアウトの制御

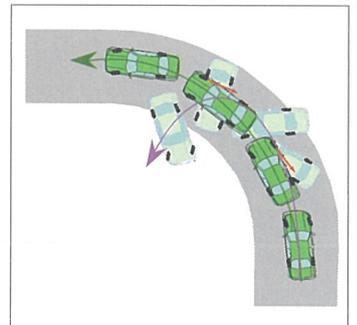


図42: スピンの制御

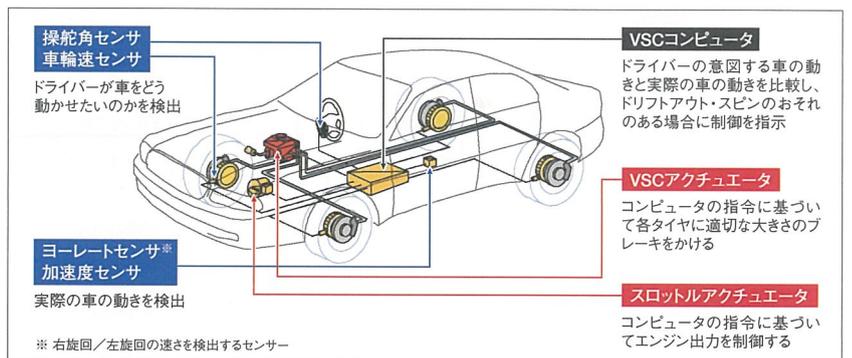


図43: VSCシステム構成

■ 回生ブレーキ協調制御システム

回生ブレーキは、減速時に走行用モータを発電機として使用し、運動エネルギーを電気エネルギーに変換して、制動と同時に電気エネルギーを回収し、必要に応じて再利用している。

ブレーキ操作の際には、ブレーキペダル踏みに比例したブレーキ力が要求されるが、回生ブレーキだけでは十分なブレーキ力を得られない場合がある。このように、より大きな減速度が必要な場合には、コンピュータ制御により、油圧ブレーキを併用して必要なブレーキ力を確保する。

(採用車両: エスティマハイブリッド、プリウス)

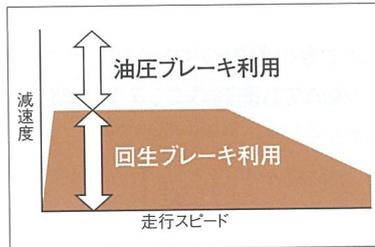


図44: 回生/油圧ブレーキの利用

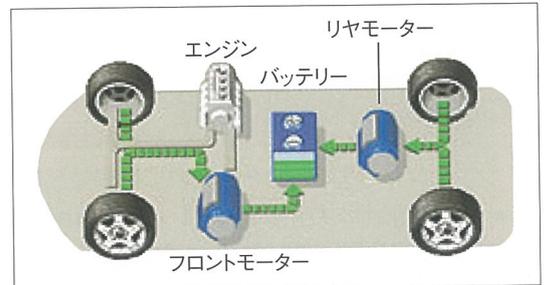


図45: 回生ブレーキ協調制御システム

■ ブレーキバイワイヤ

ブレーキペダルの操作力を、従来の油圧ではなく電気信号により伝達し、油圧調圧部で操作力に比例したブレーキ力を発生させるブレーキシステムをブレーキバイワイヤと呼ぶ。

回生ブレーキ協調制御用に使用されるほか、四輪のブレーキ力をそれぞれ独立に制御して、ABS、BA、VSC性能を高める装置として利用される。(採用車両: エスティマハイブリッド)

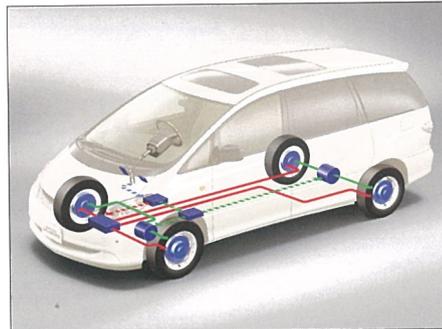


図46: ブレーキバイワイヤ

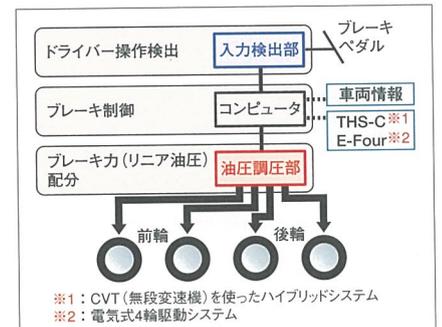


図47: ブレーキバイワイヤシステム

■ レーダークルーズコントロール

車両前方のレーザーレーダーにより、先行車両の走行スピードと車間距離を検出し、安全な車間距離を保って走行するための装置である。割り込みなどで車間距離が短くなった場合は、コンピュータにより自動的にブレーキを働かせて減速させる。反対に車間距離が長くなった場合は、自動的に指定された速度まで加速させる。

この装置では、先行車両との距離測定にレーザー光を使用する。レーザーダイオードから照射されたパルス状のレーザー光を上下左右にスキャン(走査)し、先行車両からの反射光がセンサに検出されるまでの時間を測定することで、距離と方向を割り出す。また、一定時間内の先行車両との距離の変化から、自分の車両の速度を基準に先行車両の速度を求めることもできる。

この装置は、人間に代わって先行車両との距離を認知、加減速を判断、一定速度走行のためにアクセルをコントロールするもので、連続運転の負担を軽減し、追突事故等の予防効果が期待できる。(採用車両: セルシオ)

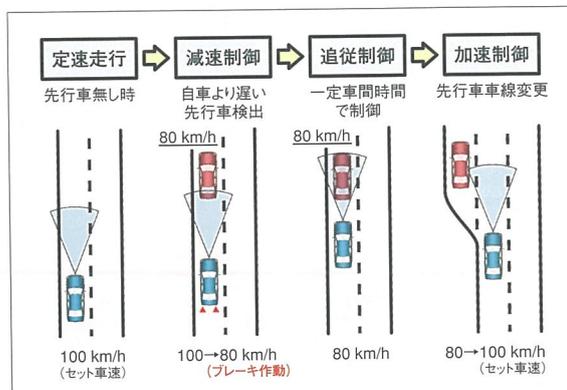


図48: 典型的な動作例

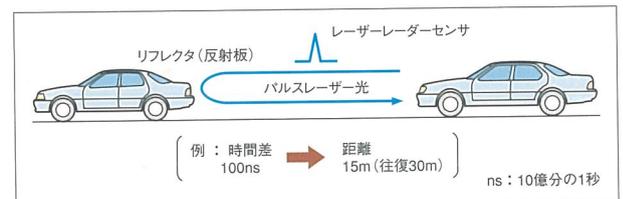


図49: レーダークルーズコントロールの原理

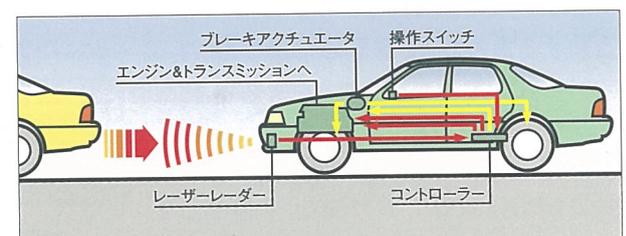


図50: レーダークルーズコントロール

世界初! 回生協調ブレーキ!

1997年、トヨタのプリウスに回生協調ブレーキが搭載されました。クルマの持っている運動エネルギーを電気エネルギーに変換し、再利用しています。環境に優しい自動車ブレーキの誕生です。

■ プリクラッシュブレーキアシスト

これまでのブレーキアシストでは、ブレーキペダルが急速度で踏み込まれた場合に緊急制動と判断し、より大きなブレーキ力を発生させていた。プリクラッシュブレーキアシストでは、ブレーキペダルを踏む前にプリクラッシュセンサによって衝突が不可避かを判断する。不可避と判断すると、ブレーキの踏み込みが急速度でない場合でも、ブレーキペダルを踏み込むと同時にブレーキアシストを動作させることで、より早いタイミングで踏み込みに応じた大きなブレーキ力を発生させ、衝突速度を低減させる。

使用されるプリクラッシュセンサは、ミリ波レーダーを用いて進路上の車両や障害物を認知し、物体の位置・速度・進路からコンピュータが、衝突が不可避かを事前に判断する。雨や雪などの天候でも、物体認知性能に優れているミリ波レーダーに電子スキャン方式を採用して、物体認知性能を高めている。また、物体の位置・速度・さらに対象車両の予想進路とドライバーの運転操作などから推定した自分の車両の進路をもとに、先行車のみならず、対向車・障害物に対する衝突の有無の判断も可能にしている。

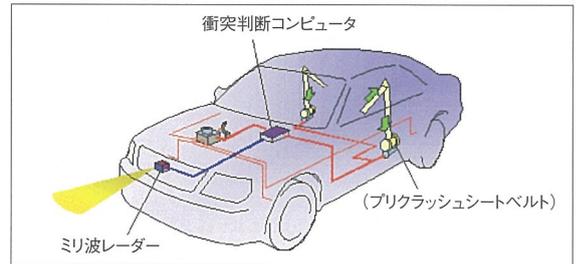


図51：プリクラッシュブレーキアシスト

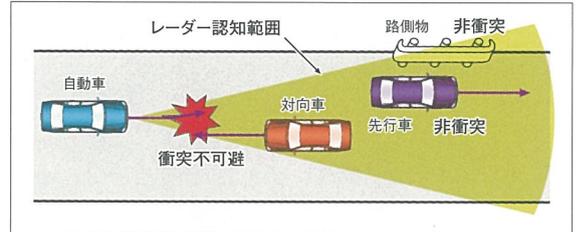
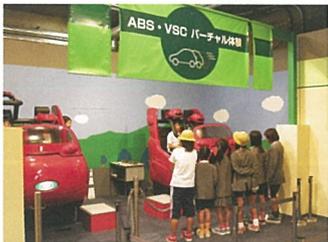


図52：ミリ波レーダー

■ ABS、VSCシミュレータ

ABS、VSCの搭載有無による差異を3次元映像、音響、車両挙動によって再現します。障害物と衝突したり、飛び出し車両を回避してスピンするなど迫力のテストドライブを体験できます。



■ アイシングループ紹介

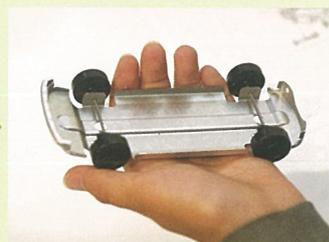
グループ各社〈アイシン精機(株)、(株)アドヴィックス、アイシン高丘(株)、アイシン化工(株)、アイシン・エー・アイ(株)、アイシン・エイダブリュ(株)、豊生ブレーキ工業(株)〉の主要製品等を紹介。



モノづくりコーナー



提灯プレスでアンダーボデーを製作



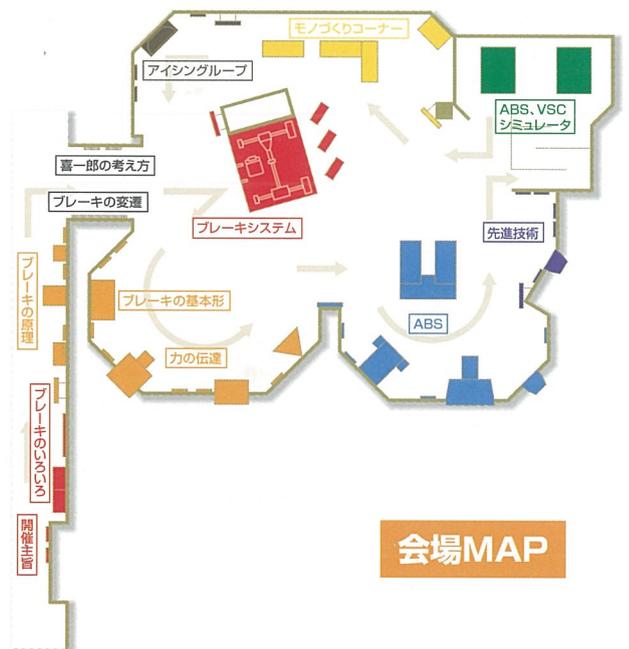
シャフトにブレーキとタイヤを取り付け



ボデーの組付け



走行テスト



会場MAP

産業技術記念館は年中楽しいイベント目白押し!

自分の頭で考えて、自分の手で作り出す。子どもたちの好奇心、応援します。

こんなイベント
やりました。

入館者100万人達成 記念セレモニー

9月6日(金)

節目となる100万人目のお客様は、一宮市立今伊勢小学校の佐藤明代先生と5年生の児童たち。豊田章一郎副理事長より認定証と記念品を贈呈いたしました。

<記念催し>

9/8(日) 入場料無料

9/7(土)~9/29(日) プレゼント抽選会



今日はみんなで社会見学にきました。「えっ、私たちが100万人目の入館者?」

ウィンドムーバー

~風をあやつるマシンをつくらう~

7月27日(土)・28日(日)

僕たちが作った「流星号」
すごく速かったよ。



牛乳パックや空き缶などを使って、マシンをつくり、風が流れるパイプの中を走行させる競技。勝負の分かれ目は親子の団結力?

お父さんってすごいね。
見直しちゃった。



皆さんの力作「ウィンドムーバー」



入館者100万人達成

産業技術記念館



これからも当館へいらして下さい。心よりお待ちしております。

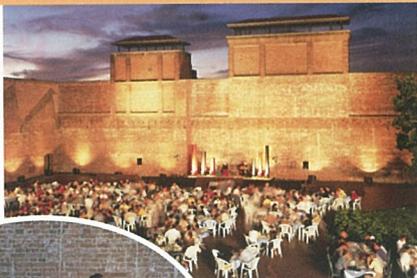
「にっこり笑って、はいチーズ。」
なんだか緊張しちゃう。

動力の庭 屋外レストラン 「赤レンガの宵物語」

— 三味線でふれる津軽の心 —

7月30日(火)~8月11日(日)

ライトアップされた「動力の庭」の赤レンガ壁を背景にビアガーデンバイキングを開催。幻想的なムード、美味しい食事、そして激しくも繊細な音色を奏でる津軽三味線の生演奏で夏の宵のひとつを堪能していただきました。



宵の赤レンガは屋間とはひと味違った趣きがあります。



迫力のステージに皆さん大注目!

モノづくりカルチャーセミナー エンジン分解組付教室

8月3日(土)・4日(日)・10日(土)・11日(日)

本物のカラーエンジンを使って、楽しみながら学べる「エンジン分解組付教室」。エンジンがかかったら、親子そろって大感激。



本物のエンジンさわっちゃった。これで今日からエンジン博士さ。

イベント情報

- 名古屋まちなか演劇祭2002 9月27日(金)・28日(土)・29日(日)・10月4日(金)・5日(土)
- トークショー モノづくりのロマン、江戸からくりと最先端ロボット「今、なぜアトムなのか」 10月20日(日)
- からくり創作教室「ざとうくじらを作ろう」 対象:小学生(小学3年生以下保護者同伴) 10月19日(土)・20日(日)
- モノづくりカルチャーセミナー「エンジン分解組付教室」 12月中旬

※詳しいお問い合わせは、産業技術記念館まで。



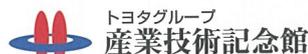
開館時間・休館日

- ◆開館時間 9:30~17:00(入館は16:30まで)
レストラン「Brick Age」は21:00まで営業
- ◆休館日 月曜日(休日の場合は翌日)・年末年始

入館料

- ◆大人(大学生含む) 500円
- ◆中高生300円 ◆小学生200円
- * 団体割引 30名以上は1割引、100名以上は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

Vol.28 発行日/平成14年10月18日 発行者/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URL <http://www.temit.org>

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)」/「産業技術記念館」下車、徒歩3分
- ◆タクシー/名古屋駅から5分 ◆無料駐車場:300台

