

毎月1日発行 昭和40年11月1日発行

モーターレビュー

The Motor Enthusiasts' Magazine

TOKYO MOTOR REVIEW

特集 67年欧米車、乗用車の安全性、操縦性安定性

Test ブルーバード、コロナ、タウンাস、ルーチェ

創刊号
NOVEMBER
1966



HSL

特集 / 自動車の操縦性・安定性

走行安全域を拡大したい

日本における操縦性安定性、の学問や研究は、健全な発展をかさねている。日本語が国際的に通じるならば、大いに世界の注目をひくことだろう。これは、日本が、米、西独、英について、世界第4の自動車工業国になったことの、陰の大きな力になっていると思う。

さて、現在、少なくとも日本の自動車技術界では、安全と公害の2つが話題をさらっているとの感をうける。

公害はこの論外として、現在対象にされている安全は、事故が起る状態になってから、あるいは車が異常運動状態になってから、人及び機材の被害を軽減するのが主目的になっているように見える。

主に私の専攻の関係によるのだけれども、私にはこの安全には強い熱情は湧いてこない。私は、異常運動状態や事故が起る状態にならないための研究に熱情を感じる。

単的にいえば、現在の自動車の走行安全域を10%拡大する

ことを頭に描いているからである。

そのためには、不規回転性（雨、雪、氷、砂の上）が起る限界、転覆（横、前、後の3方向）が起る限界、方向不安定が起る速度限界、横風中で不安定化する速度の限界などをよく研究して、走行安全領域を10%拡大し、また実用加・減速度（前後左右）を0.18増大したいのである。

本特集で、中塚氏は限界特性を題目にかかげ、田中氏はR・R形式（リヤエンジン、リヤドライブ）の特性をさぐり高橋氏は最近クローズアップされているF・F形式を採り上げ、佐竹氏はタイヤの重要性を強調している。須長氏は設計の立場から、岡田氏は基礎理論の立場から安定性操縦性を論じている。（後3篇は次号）これらはいずれも、直接間接の差はあれ安全領域の拡大につながるものである。

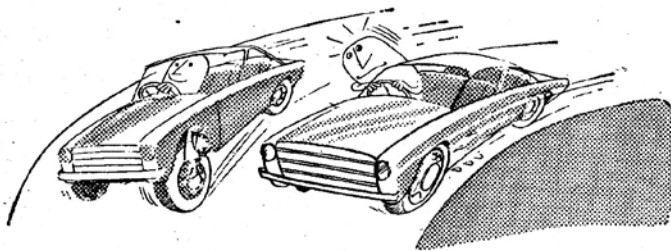
私は、この特集が読者諸氏の共感をえて、走行安全域10%の拡大がすこしでも早く実現することを念願しまた期待する。

（東京工業大学教授 工博 近藤政市）

特集テーマ

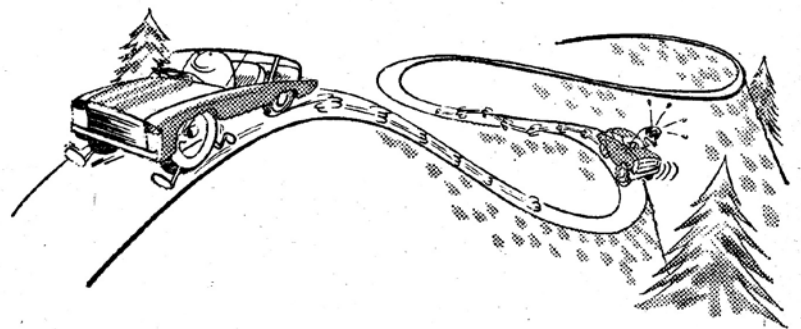
自動車の限界特性について	いすゞ自動車	中塚 武司
リヤエンジン車の操縦性安定性	日野自動車工業	田中 大麓
フロントドライブの操縦性安定性	富士重工業	高橋 三雄
タイヤの特性と力学	ブリヂストンタイヤ	佐竹 政俊
操縦性安定性理論の基礎	東洋工業	岡田 正
自動車の設計と操縦性安定性	日産自動車	須長 一男

（原稿到着順）（下側3篇は次号掲載）



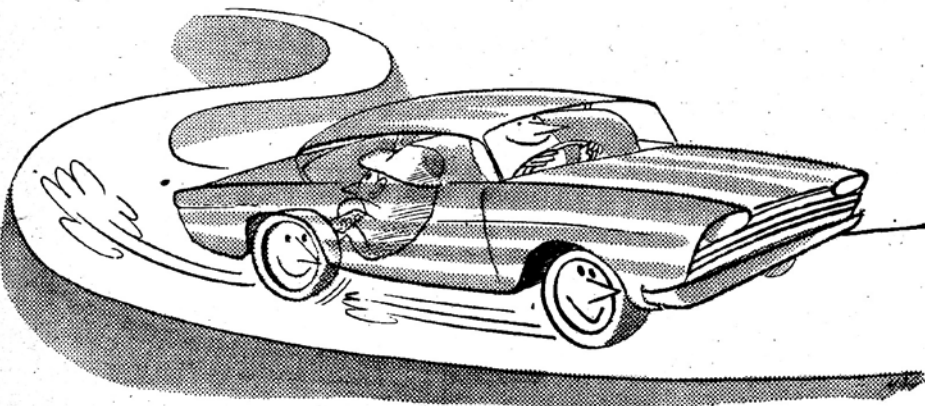
自動車はなぜスキッドし、転覆するか

車が急旋回すると道から、はみだしたり、極端な場合は転倒する。このような転覆するかしないかという瀬戸際の車のうごきを限界特性とよぶ。では、転覆したりスキッドしたり、片輪を持ち上げたりするのはどういふ原因で起るのか、またそれと車の基本設計との関連はどうなっているか……。



フロントドライブ車の操縦性安定性

フロントドライブ車は、雪道やすべり易い路面でも極めて安定している。また旋回する時も安定しているが、その理由はどのようなことなのか。



リヤエンジンリヤドライブ車の操縦性安定性

リヤエンジン、リヤドライブ車に安定した高速性とすぐれたコーナリング性能を得るための方法は、後輪荷重をへらし、サスペンションを工夫して、弱いアンダステアにする。低重心位置をさらに低くする。ボディのロールをすくなくする……。

自動車はなぜスキッドし転覆するか

中塚 武司

■限界特性とは

自動車が急旋回して、非常に大きい遠心力をうけたり、急加速、急制動すると正常走行が不能になり、極端な場合は転倒する。これはふつう、操縦者の予期に反する運動で、かつコントロールのきかないものである。

いわゆる「事故」につながる現象でもある。ここでいう限界特性とは、このように自動車本来の正常走行が不能になる限界付近の運動特性をさしている。しかしこの定義は普遍化されたものではない。

このような自動車の限界は、自動車固有の性質、路面の状況、操縦法、操縦者の能力によってきまり、その原因になる外力や、運動の型にはいろいろのものがある。ここでは旋回運動におけるスキッド(skid)、ホイールリフト(wheel lift)、転覆(rollover)の三つについて述べる。

■スキッド (Skid) とは

スキッドとは横すべり、スリップ (slip)、スピン (spin)、ドリフト (drift)、ブレークアウェイ (breakaway) などといわれる現象で、タイヤと路面間にすべりが生じて、車の方向が急変したり、流されてしまうことをいう。日常もっともよく経験するもので、雨天やレース場での事故はほとんどスキッドが原因とみなして差支えないほどである。旋回中に急ブレーキをかけたり、急加速するとスキッドが起りやすい。

スキッドはタイヤと路面間の粘着力がなくなるときの発生するもので、フロントタイヤがスキッドを起すことをドリフト、リヤタイヤがスキッドを起すことをスピンという。

図1はドリフトしたときの車の運動で、一定ハンドル角で加速旋回すると、車は初半径より大きい半径で旋回する。

図2はスピンしたときで、ドリフトとは逆に、急激に車は内側にまわりこみ、しかも回転運動をする。これは航空機でいうスピンとかストールといわれる現象に類似している。前者はアンダステア、後者はオーバステアと呼ばれるものであるが、スキッドの場合はその極限であり、現象は激しく、異常運動としてあつかわれる。

■スキッドの理論とは

自動車が旋回しているときは、車やタイヤの方向と実際の進行方向とはある角度だけはずれている。この角度をスリッ

プ角という。図3の β で示されるものである。

車全体のスリップ角を β_0 、フロントタイヤ、リヤタイヤのスリップ角をそれぞれ β_f 、 β_r で表わしてある。このスリップ角が自動車の運動を考えるときにもっとも重要な役割を果たすもので、この値が大きくなると異常運動と称されるものになるのである。

a) タイヤの特性

タイヤだけを考えるために、図3の左前輪を拡大すると図4になる。

タイヤ接地水平面に働く力は、図のように、駆動力、制動力、ころがり抵抗、コーナリングフォースである。コーナリングフォースは進行方向と直角に働く求心力で、これが自動車にかかる遠心力につり合って旋回を可能にするのである。

これに対し他の三力は進行方向に働くものである。旋回能力を大きくするには、コーナリングフォースを増大すればよいが、これはいろいろのファクターにより変化し、タイヤ構造、大きさにより変るが、同一タイヤではタイヤ圧、タイヤ荷重が大きいほど、コーナリングフォースは大きいという性質がある。

もっとも大きな特徴として、コーナリングフォースはスリップ角が大きくなると、その角度の小さいときは比例的に増大するが、ある角度以上になると一定値に収束してしまう特性がある。図5はその状況を示したものである。

いま図5の荷重 325kg の場合をみると、スリップ角 6° 位まではコーナリングフォースは直線的に増加する。それからの増加は減少し、 10° 以上になると約 230 kg 一定になってしまう。この最大値 Y_{max} 以上にはコーナリングフォースは発生し得ない。もし Y_{max} 以上の遠心力が自動車にかかる、スリップ角は無限に増大しうるので、車は一定の姿勢を保つことはできない。このようにタイヤの有しているコーナリングフォースの最大値 Y_{max} 以上の遠心力が働いたとき自動車はスキッドしたという。

b) タイヤの摩擦円

タイヤに働く力全体を考えると、タイヤにはまた別の性質がある。すなわちコーナリングフォースとそれに直角な駆動力、制動力の総和は、タイヤの有している粘着力以上にはなれないで、その粘着力は一定であるということ。この関係は図6のとおりである。図aは駆動力P (タイヤ面方向ではなく、実際の有効駆動力) と、コーナリングフォースYの関係

であるが、これらの間は、 $\sqrt{P^2+Y^2}=\mu W$ になる。 μ はタイヤ路面間の摩擦係数、 W は荷重である。このように、 P と Y との和はタイヤの粘着力 μW になる。 P_1 のときは Y_1 であり、駆動力が増して P_2 になるとコーナリングフォースは Y_2 に減少する。制動力図**b**の場合も同様である。このように駆動力、制動力が増加すると、コーナリングフォースは逆に減少する。そしてその和は一定であり力の方向には無関係である。この円を「タイヤの摩擦円」というが、摩擦係数 μ や、荷重 W が増加すると、この円の半径は大きくなる。前述のコーナリングフォースの最大値 Y_{max} は、駆動力、制動力が0のとき初めて $Y_{max}=\mu W$ となる。この関係を実測したものが図7である。

従来、コーナリングフォースにおよぼす駆動、制動力の影響は無視されてきたが、スキッドを論議するには、この関係を明らかにすることが先決である。

c) 旋回中の自動車の運動モデル

自動車が大きい旋回半径で旋回し、ロール角や、荷重の移動を考えないとすると、図3は2輪車に省略できて図8のようになる。 Y を重心に働く遠心力、 Y_f, Y_r をフロント、リアのコーナリングフォース、 P を駆動力、 B を制動力、 β を重心点のスリップ角、 β_f, β_r をフロント、リアのスリップ角、 γ を重心まわりのヨー角速度、 V を車速とすると、これらから、横方向、ヨー方向、前後方向の三つの運動方程式が求められ、これに前述のタイヤの特性を入るとスキッドの

理論解析ができる。

スキッドを明らかにする表示の一つはヨー角速度であるが、図に示すと図9のようになる。図aは旋回半径で表示したものであるが、ドリフトの場合は半径は急増し、スピンの場合は急減する。それに対し、図bのようにヨー角速度で表示すると、スピンで急増しドリフトはゆるやかに変化し、一時ピークに達した後減少する性質がある。

■スキッドを起しにくくする要素

自動車の性質、操縦法、走行法、路面状況によってスキッドのし方、運動の激しさも異ってくる。これらについて実測や計算の例をあげてみよう。

a) フロントドライブとリアドライブのスキッド

最近フロントドライブ車が増加しつつあるが、そのメリットのひとつに安定性の優秀さがあげられている。この理由には二、三のことが考えられるが、たしかにリアドライブにくらべて異った特性を示し、またスキッド運動にも特異性がうかがわれる。

基本原理はスキッド理論の摩擦円にあり、駆動輪は非駆動輪よりコーナリングフォースが小さくなるということである。したがってフロントドライブ車の場合は、リアドライブ車にくらべコーナリングフォースの最大値が、フロントにおいては小さく、リアにおいては大きい。そのためフロントドライブ車はフロントがスキッドしドリフトしやすく、リアドライブ車はリアがスキッドし、スピンしやすいといえる。

図1 ドリフトのモデル。一定ハンドル角で旋回加速、旋回半径は増加する。

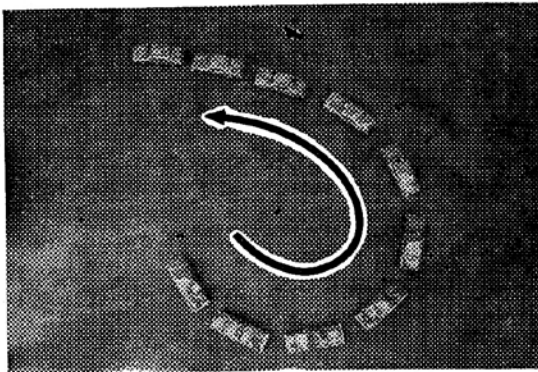


図2 ドビンのモデル。一定ハンドル角で旋回加速、旋回半径は急減、車体は回転する。

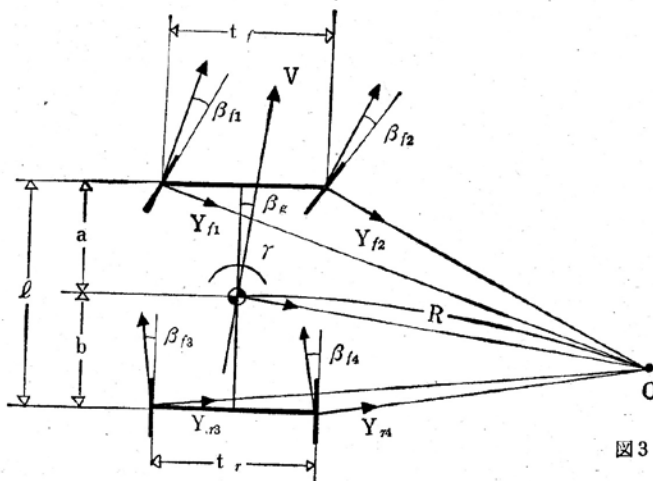
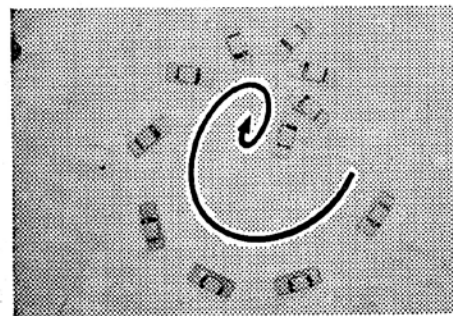


図3 旋回中の自動車におけるスリップ角と作用力

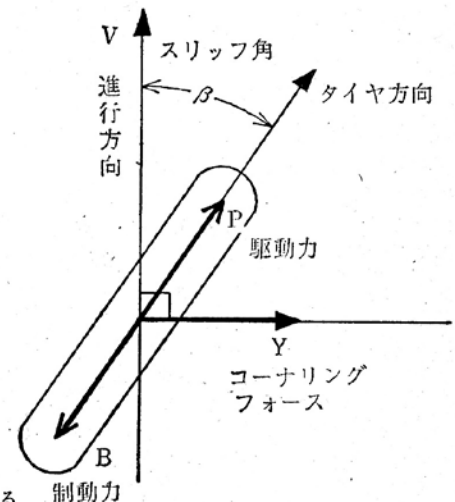


図4 タイヤに作用するカスリップ角

図5 コーナリングフォースとスリップ角の関係

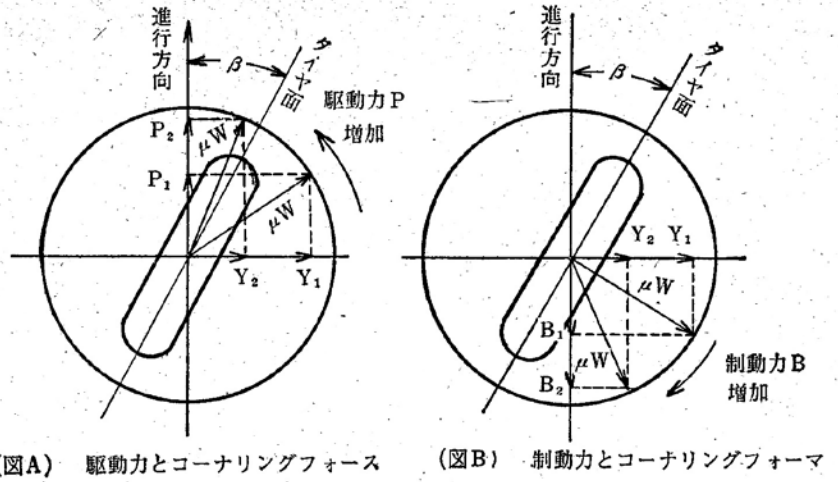
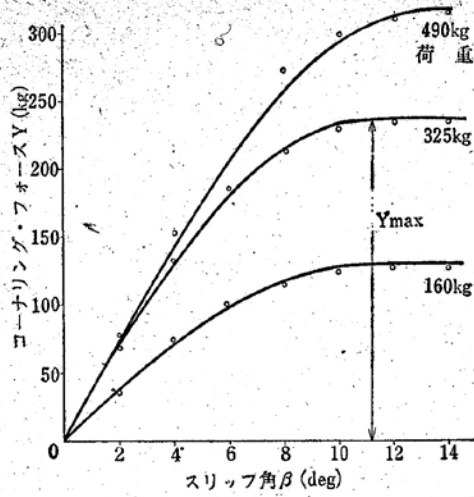


図6 摩擦円。駆動力, 制動力が加わると, コーナリングフォースは減少する。

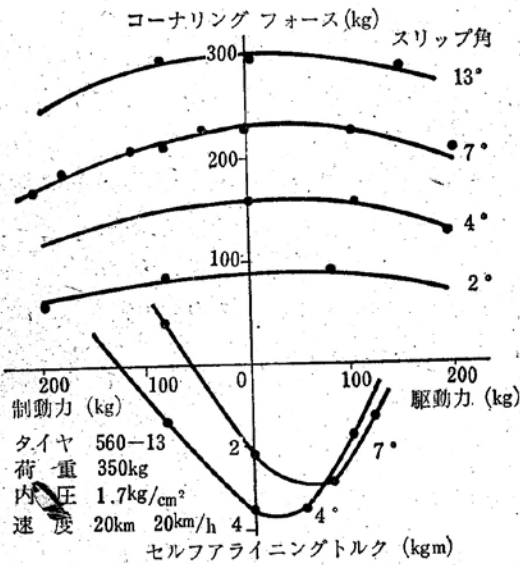


図7 駆動力, 制動力とコーナリングフォースの実測値

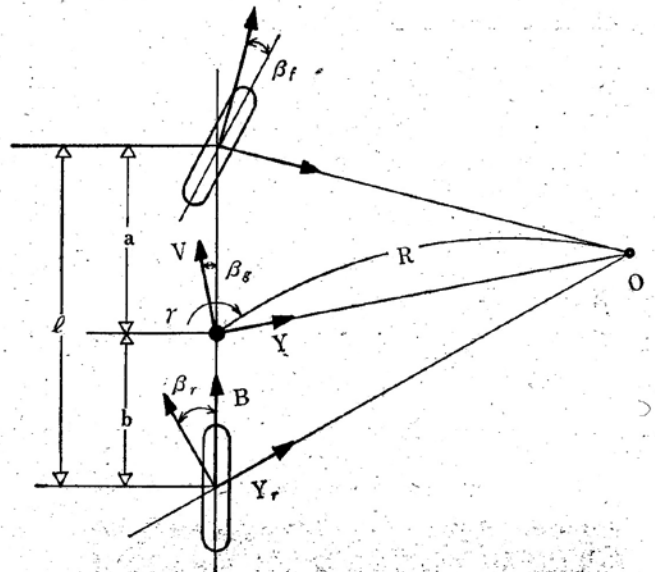


図8 旋回中の自動車の運動モデル (2輪車と仮定したとき)

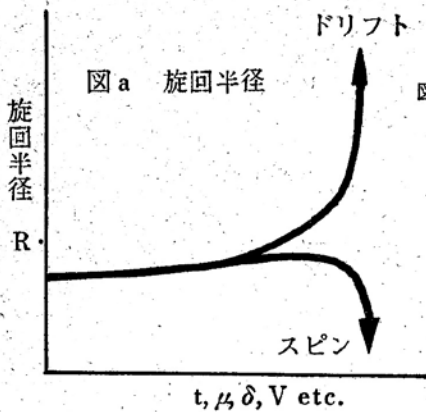


図9 スキッドの表示。横軸は経過時間, 横向き加速度, 実舵角, 車速などで示される。

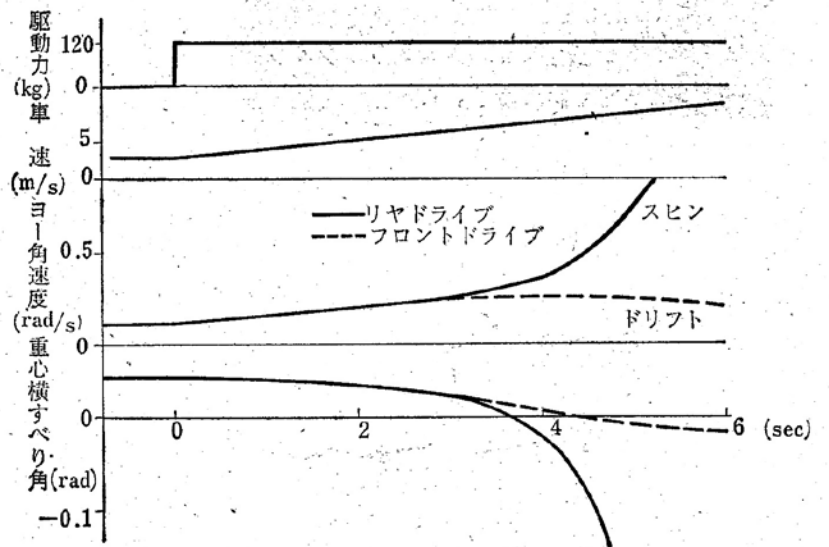
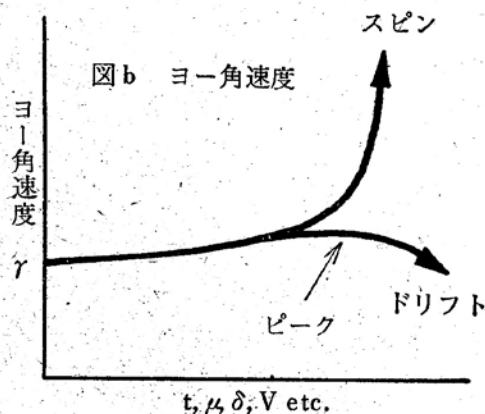


図10 フロントドライブとリアドライブのスキッド計算例

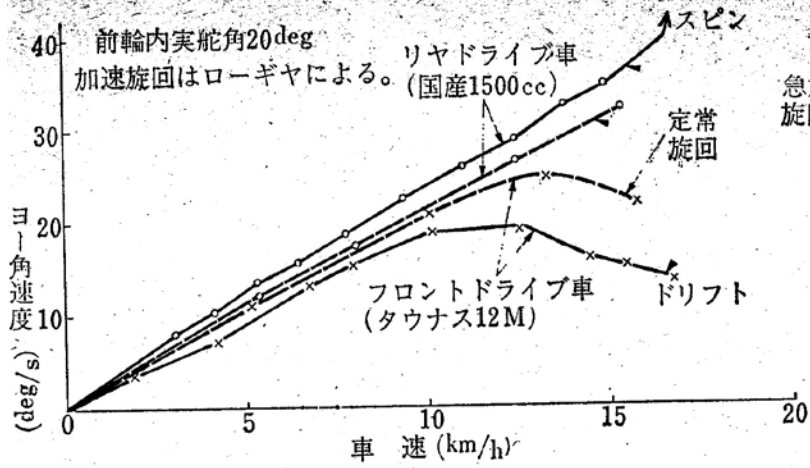


図11 フロント、リアドライブ車の旋回性能の実験

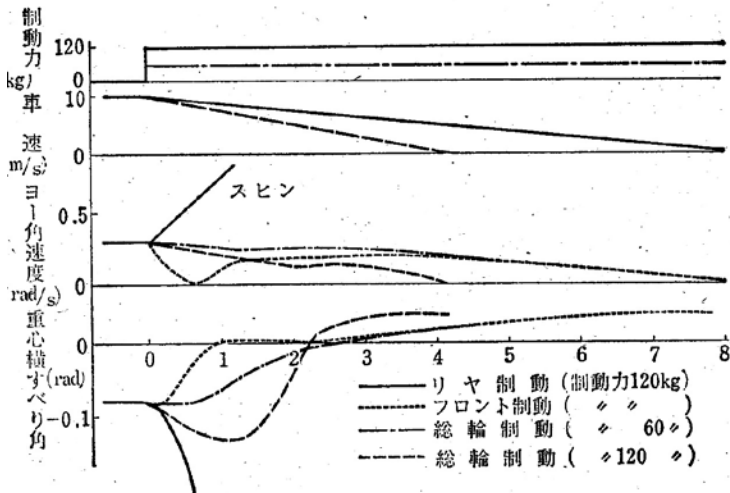


図12 フロント、リアブレーキによる運動 (計算例)

一般にはアンダステアやドリフトは、オーバステアやスピンより安定性はすぐれていると考えてよいから、これがフロントドライブ車のメリットとなったゆえんである。しかしレース車で急旋回を要求されるものでは、フロントドライブ車が最善とはされないのである。

図10は計算によるこの二者の比較であるが、ステップ状に駆動力を与えると、リアドライブ車はヨー角速度が急増してスピンし、フロントドライブ車はドリフトしている。重心のスリップ角でもよく現象を理解できる。

図11はリアドライブの国産車と、フロントドライブのタウンাস12Mを比較実験したものである。この結果も前の計算と同様、フロントドライブはドリフト、リアドライブはスピンを示している。しかも各々駆動力をあたえて急加速するとその傾向が顕著になっている。

b) フロントブレーキとリアブレーキの影響

旋回中制動力が働いたときも、駆動力のときと同様の原則でスキッドを起すことは摩擦円でのべたとおりである。いまフロントだけ、リアだけ、また総輪を制動したときを比較すると図12のようになる。

リア制動のときはヨー角速度が急増してスピンしている。フロント制動のときはヨー角速度は一時急増してのち立直る。すなわち、最初の瞬間に接線方向に突進するが、やがて元のような比較的安定した姿勢になる。総輪制動は、これらの変化がさらにゆるやかである。これらから、リアのみのブ

急加速旋回

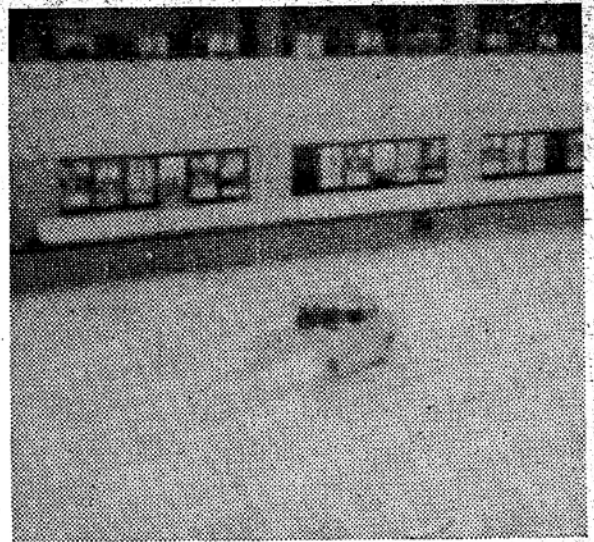


図13 スケートリンクでの試験

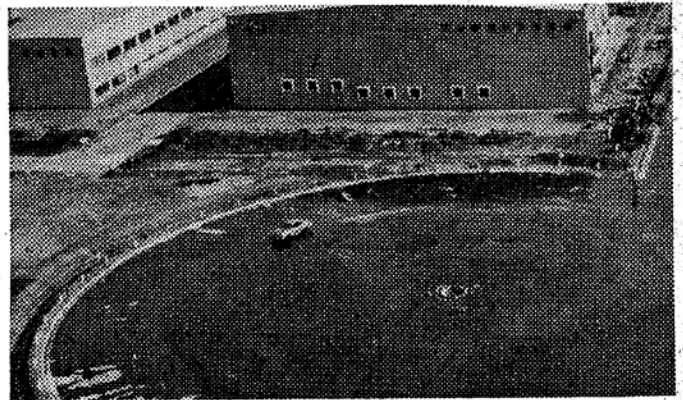


図14 BS社スキッドパッドでの試験

レーキはきわめて危険で、むしろフロントのみの方が好ましいといえる。また前後のブレーキ力配分が考えられなければならないことがわかる。一般にフロント側のブレーキ力がリアにくらべて大きい理由の一つもここにある。いずれにせよ旋回中にブレーキをかけることは望ましいことではない。

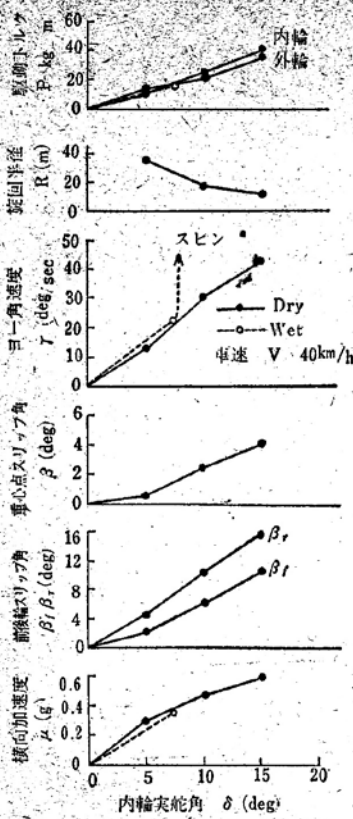
c) 路面の摩擦係数とスキッド

ぬれた路面、氷上では摩擦係数が低くスキッドしやすいことは周知のことであるが、これらについての研究は最近盛んに行なわれ始めた。

自動車技術会は北海道で氷結湖上の走行試験を行ない、筆者らは都内のスケートリンクを利用している。BS社は特殊アスファルトのスキッドパッドを建設し、水をまいて低い摩擦係数をえられるようにした(図13, 14)。

ふつうコンクリート、アスファルトで面0.8~1.0、BSスキッドパッドで0.4~0.6、スケートリンク氷上で約0.2~0.4の摩擦係数である。これらの路面を利用して行った実験結果から、スキッドにおよぼす摩擦係数の影響をみよう。

図15はコンクリート面(摩擦係数0.8)と、ぬれた路面(摩擦係数0.4、BSスキッドパッド)でのスキッドの比較である。試験方法は車速を一定にして、ハンドル角を変化させている。図のようにぬれた路面では横向加速度が0.4gでスピンしている。これは路面の摩擦係数と一致するものと考えられる。このときの実舵角は7.5°である。これに対し、ふつうコンクリート面では0.6g、実舵角15°でなお安定している。このように摩擦係数にほぼ一致した横向加速度でスキッドする



Dry—普通のコンクリートスキッドパッド
Wet—BS社スキッドパッド(水平)

図15 路面の摩擦係数の影響 (定常円旋回)

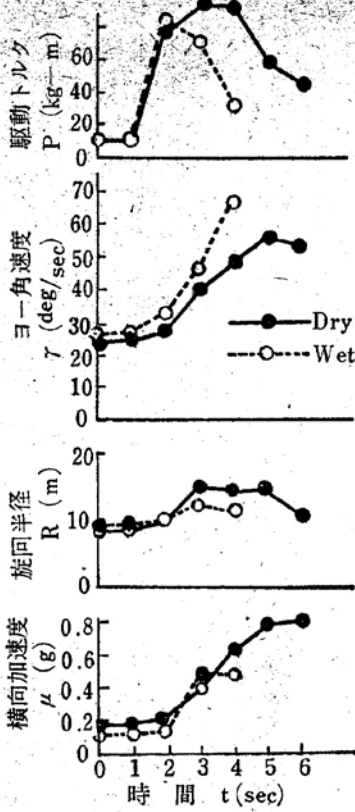


図16 路面の摩擦係数の影響 (アング、オーバステア試験)

ことがわかる。

図16はハンドル角を一定にして急加速したときの比較であるが、ぬれているときは4sec後に0.5g位でスピンしているが、ふつうコンクリート面では0.8gまで安定している。ここで駆動トルクと横向加速度の関係をみると、駆動トルクをあたえても(両者ともアクセルを同様に一杯にふみこむ)、ぬれた面では80kg-m以上にはならないが、ふつうの面では100kg-mになる。

そして両方とも横向加速度がそれ以上になると駆動力は減少している。これは摩擦円の概念を立証するもので、この横向加速度はコーナリングフォースに相当すると考えられる。図12は氷上試験の結果である。

d) ステア特性の異なる車とスキッド

遠心力がかかったときに、内輪の荷重は外輪に移動するものである。リヤでその荷重移動の小さいA車と、荷重移動の大きいB車でスキッド試験をした結果が図17である。

A車はアングステアからスピン、B車はニュートラルステアからスピンするステア特性である。結果は図のように、B車は実舵角5°、横向加速度0.3gでスピンし、A車は15°、0.6gまでは安定している。このようにリヤの荷重移動の大きい車はスピンしやすい。

e) 役に立つデファレンシャルロック

最近のレース車などには、デファレンシャルロックを用いているものが多いが、これは差動作用を少なくしたもので、旋回中内輪の荷重が減少したり、浮き上がったときに両輪とも

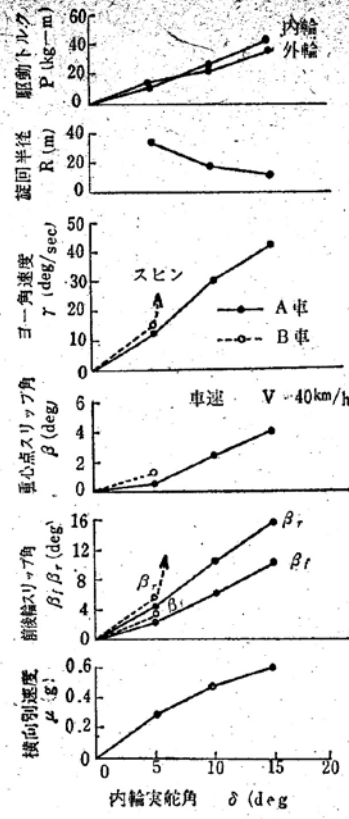


図17 ステア特性の異なる車

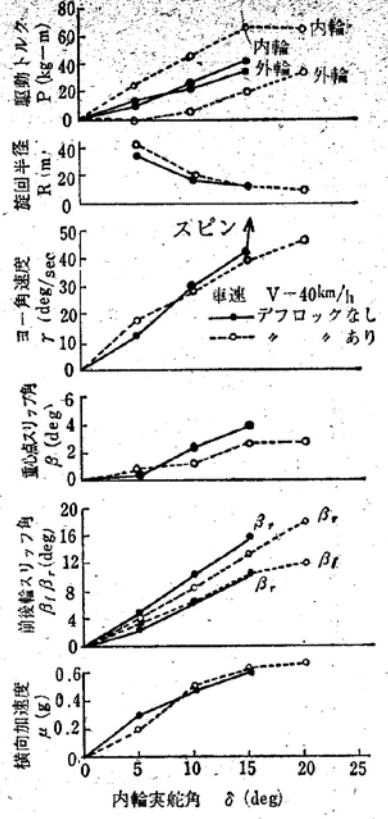


図18 デファレンシャルロック

駆動力が消失し、車輪が空転するふつうのデファレンシャルの欠点を補ったもので、その偉力は大きい。図18は、その実験例の一つである。

図のようにデファレンシャルロック装着の場合は実舵角の大きいところまでスピンは延長し、安定である。もっとも特徴的なものは駆動力の内外輪の配分である。

ふつうのデファレンシャルが内外輪等しいのに対し、デファレンシャルロックは内輪側が大きく、外輪が小さくなっている。このため内輪荷重が抜けても、その駆動力がへらず、内側から外に向けて車を押し出して行くのである。

これがレースでラップタイムをかなりよくするのは当然であろう。

■ホイールリフトと転覆

急旋回して高い遠心力がかかると、自動車の内輪は地上から浮き上がることがある。これをホイールリフト(wheel lift)という。これはレース場でよくみかける現象である。ホイールリフトはスキッドで高められた遠心力に誘発されて起ることもあるが、スキッドと本質的に異なる点は、スキッドがタイヤと路面間の粘着力の不足によって起るのに対し、ホイールリフトは粘着力が大きいときに起り、サスペンションの特性により支配されるものである。サスペンションの限界がホイールリフトといえよう。

リフトするとタイヤは接地していないから当然コーナリングフォースは0となり、逆にスキッドを生じやすくする。

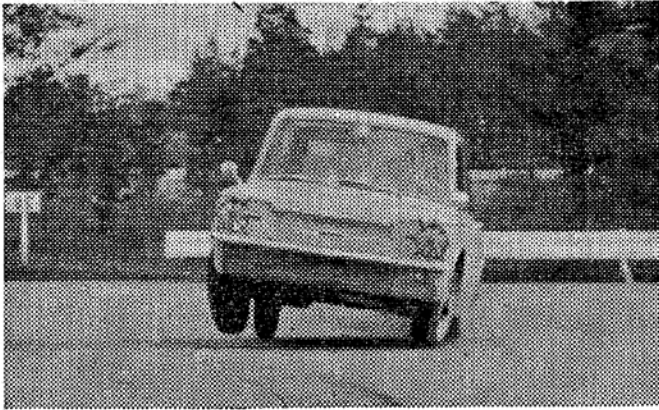


図19 フロントのホイールリフト

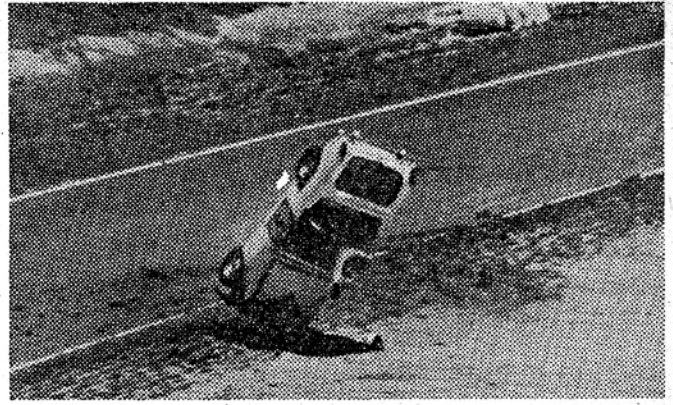


図21 リヤのホイールリフトから転覆



図20 リヤのホイールリフト。転覆の直前

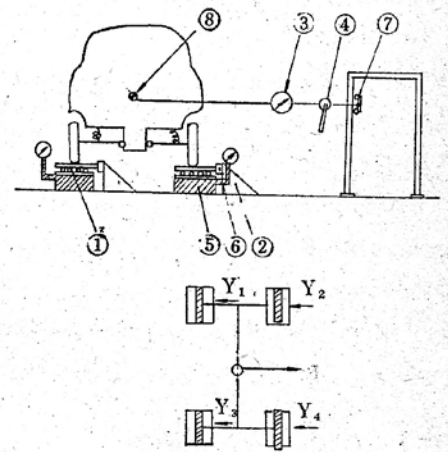


図22 重心点に遠心力荷重を加えて諸量を測定する方法

- ①スライドテーブル
- ②ストッパ
- ③引張型ロード・メータ
- ④レバー・ブロック
- ⑤ロード・メータ
- ⑥ロード・セル
- ⑦ローラ
- ⑧遠心力荷重の着点

Y: 遠心力荷重
 Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 : コーナリングファース

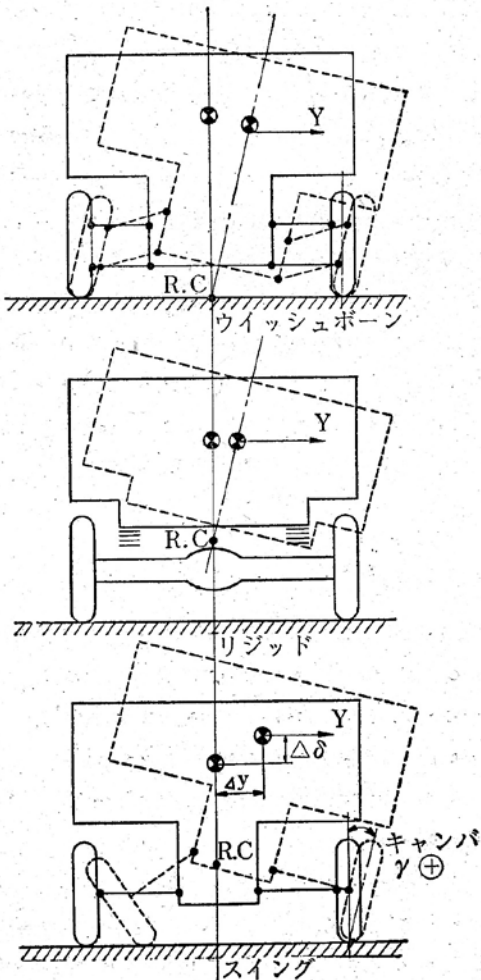
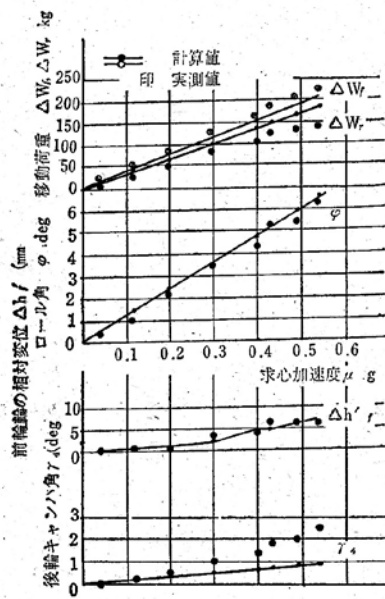
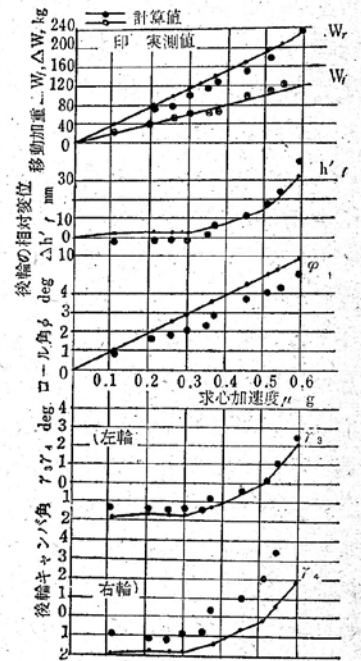


図23 サスペンション型式による姿勢の変化



図a (ワイッシュ・ボーン)



図b (スイング・アクスル)

図24 重心に遠心力相当の荷重を加えたときの諸量の変化

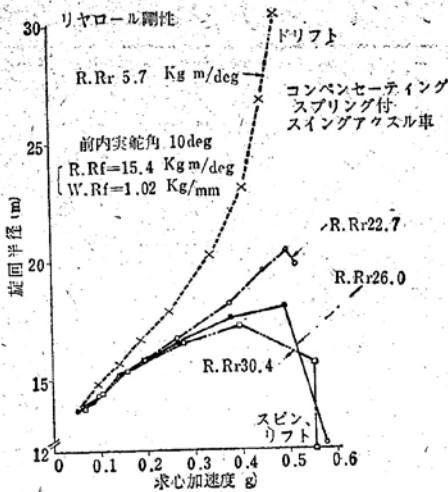


図25 ロール剛性によるホイールリフトの傾向

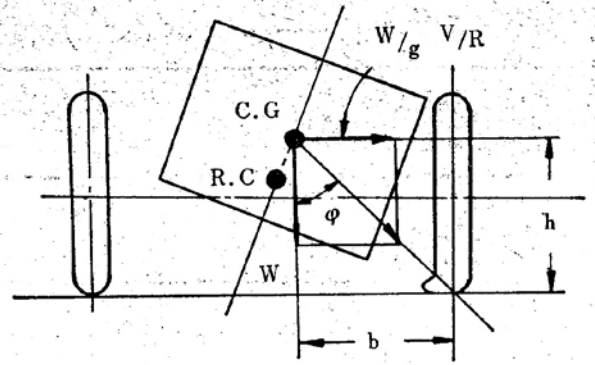


図26 転覆の概念

フロントがリフトするとフロントのコナリングフォースが減少するので、車は外に流されてアンダステア、ドリフト状態になり、リヤがリフトすると、オーバステア、スピンのことは前にのべたことから理解できよう。

転覆はスピン、リヤホイールリフトから発展することが多い。特にリヤドライブでリヤがリフトすると駆動力が消失するので減速度が作用し、車は前外方に転倒する。図19はフロントリフト、図20はリヤリフト、図21は転覆の実際である。

■ホイールリフトの実験

ホイールリフトの原理を理解するためには、図22のように、自動車の重心点に遠心力に相当する横力を加えて、各輪の荷重、内輪から外輪への荷重の移動量 ΔW 、ロール角 ϕ 、キャンバ角 γ 、重心点の上昇量 Δh などを測定してみればよい。

これらの値が遠心力に対して大きく変化しなければよいが、ある値になるとリフトが発生する。

一番わかりよいのは車輪にかかっている荷重で判断することで、荷重が0になったときその車輪はリフトしたと考えられる。それらを促進するものが上記の諸値である。

ロール角が大きいと重心は外に移動し、キャンバが+側に変わるとトレッドが減少し、かつ、ふつうの場合ジャッキアップを起して重心高があがる。これはリフトを起しやすい条件となる。

a) 各サスペンションによるモデル

上の諸量の変化はサスペンションの型式により決定するものである。図23のモデルによってその傾向をみよう。いま簡単に仮定し、各サスペンションともロールセンタを中心をばね上が一定ロール角だけ傾いたとすると、ウイシュボーン、リジッド、シンプルなスイングアクスルは図のようになる。ウイシュボーンやリジッドでは各値とも、余り大きな変化がないが、スイングはキャンバ、トレッド、重心高の変動が大きくなる。これはリフトに対して不利である。

しかしスイングはロールセンタが高く、そのためロール角が同じ横力では小さく、遠心力が極端に大きくなりえない限

り、キャンバが一になるなどの長所があり、むしろ一般には安定性ではすぐれている。

その接地性の優秀性とともコンペンセーティングスプリングを有するベンツ、ボルシェ、いすゞベレットはこれらの理解の上に設計され、抜群の安定性と操縦性をもっている。

b) 諸値の実測値

図24はシンプルなスイングアクスル、ウイシュボーンの諸値を図21の実験により測定したもの。図22でみられた結果がそのまま出ている。シンプルな型のスイングアクスルでは遠心力荷重が大きくなると諸量の変化が大きくなる。

自動車全体やサスペンションの幾何学以外に、スキッドやドリフトに効果のあるのはサスペンションばねの剛性で、ロール方向の剛性が特に効いてくる。一般にフロントの剛性が高いとフロントのスキッド、リフトを生じやすく、リヤ剛性が高いとリヤのスキッド、リフトを生じやすい。ベレットのようにコンペンセーティングスプリングの装着されたスイングアクスルでは、ロール剛性を自由に選べるので、限界特性は希望の型にすることができる。図25はリヤのロール剛性をかえて旋回性能を調べたもの。リヤのロール剛性が高いほどアンダからニュートラルステアの傾向になりスピンしやすくなる。

■転覆

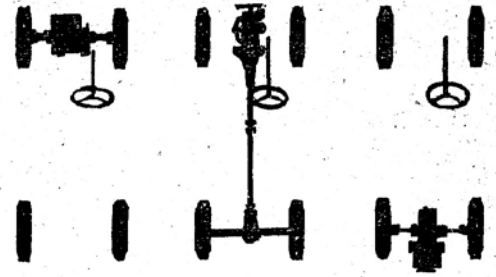
自動車は、道路からはずれて落下したり、のりあげたり、衝突したりしない以上、容易に転覆するものではないが、転覆の原理は、図26のように遠心力と重力との合力が、重心とタイヤ接地点を結んだ線より外に働くときに起る。したがって、遠心力の大きいとき、重心の高いとき、重心の横変位量の大きいときに起りやすい。

ロールセンタが低かったり、ロール剛性が低いと、重心の横変位量は大きくなる。重心高さ h 、重心とタイヤ接地点の水平距離を b とするとき、 $b/h = \tan \phi$ の ϕ を最大傾斜角といい、これが転覆角度となる。乗用車ではふつう転覆角は 50° 位である。

(いすゞ自動車研究部)

R. (リヤエンジン) R. (リヤドライブ) の

操縦性と安定性



田中 大麓

高速ツーリングカーへの要望

乗用車の基本設計として、室内容積を最大限に活用するコンパクト性の合理的追求が最近はとくにきびしくなった。

その結果、R・R (リヤ・エンジン—リヤ・ドライブ) 方式やF・F (フロント・エンジン—フロント・ドライブ) 方式などが生まれたが、在来のコンベンショナルなF・R (フロント・エンジン—リヤ・ドライブ) 方式と併せて動力装置の配置に関しては三つの異った基本型式が確立されるに至った。

これら三つの型式にはそれぞれ得失があって、個々の車輛設計に当ていづれを採用するとしても、その欠点をカバーし重要な長所をいかに利用することに努力を払っていることはいうまでもない。

操縦性安定性についてもその例外ではない。一方、我が国でも高速道路の発達により最高速 150 km/h をこえるツーリングカー (いわゆる高速ツーリングカー) が現われてきたこと、またオーナー層の運転技術のレベルが向上してきたことから、操縦の容易さと安定性に関する機能向上が大巾に要求されるようになった。自動車を高速で走らせるためにはエンジンの出力向上もさることながら、道路上を安全に走行できるかどうかがまず問題である。

いいかえればハイウェイを高速で走行するためにはカーブのときの安定と直進時に横方向のしげきをうけた場合の安定とが重要な課題であり、高速ツーリングカーの具備すべき条件の大きな要素となっている。



高速ツーリング・リヤエンジン車コンテッサ1300クーペ

かかる背景のもとに、本稿においてはリヤ・エンジン—リヤ・ドライブ車の操縦性安定性というものをコンテッサ1300の実際を基礎としてのべてみたいと思う。

操縦性安定性と乗用車の基本型

操縦性安定性の定義は広義にはきわめて広汎であり、handling, stability, controlability などの総称であるが、ここでは①操縦性すなわちドライバーの意志通り車が運動してくれるかどうか、②安定性すなわち定常運動中に外乱が入ったとき車がひとりでもとの運動に戻る性質をおもに論じよう。

タイヤの特性とステアリング特性

(1) タイヤの特性

操縦性安定性を論ずる場合、もっとも基本的なものとしてタイヤに働く力が判っていなければならない。車が旋回しているときには必ずタイヤにスリップ角 (車の進行方向とタイヤの方向とがなす角) が発生し、これが進行方向に直角な力、すなわちコーナリング・フォースを発生させる。

またタイヤにキャンバがつくと横方向にキャンバ・スラストが発生してキャンバの正負によってコーナリング・フォースを増減させる (ネガティブ・キャンバはコーナリング・フォースを増加させる)。

このようにして発生したコーナリング・フォースが遠心力とバランスして旋回を可能にする基本的な要素である。

遠心力が大きくなってコーナリング・フォースが不足するとスキッドの状態におちいるので、グリップ限界を向上させるためにはコーナリング・フォースを増加させることが重要である。

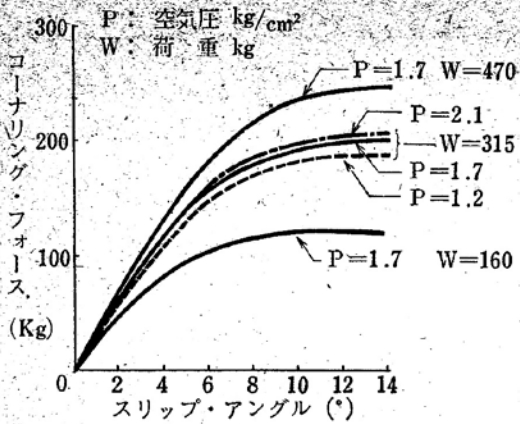
次にコーナリング・フォースがいかなる要因によって変化するか説明しよう。

コーナリング・フォースはスリップ・アングル、タイヤ荷重およびタイヤ圧などにより変化するが、これらの要因が増加するにしたがい、コーナリング・フォースは初めのうちは比例して増大し、漸次一定値にサチュレートする (第1図)。

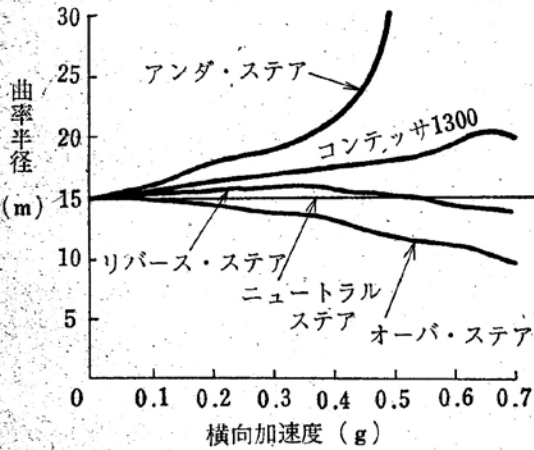
またタイヤに駆動力か制動力が働くとコーナリング・フォースは減少する (すなわち旋回中にギヤ・ダウンしたりアク

第1表 操縦性安定性に影響する因子とその特性

項目	特 性
重心高さ	低いほど安定が良い。
重量配分	リヤ・タイヤのコーナリング・フォース > フロント・タイヤのコーナリング・フォース 後輪荷重 > 前輪荷重 のときアンダ・ステア
タイヤ	タイヤのコーナリング・フォースに関する要素 ①空気圧 ②タイヤ荷重 ③スリップ・アングル ④タイヤ・サイズ ⑤タイヤ構造
サスペンション	フロントのロール剛性 > リヤのロール剛性 のときアンダ・ステア ロール剛性に関する要素 ①ロール・センタの高さ ②ばねの硬さ ③スタビライザー
アクスル	キャンパ フロント・キャンパが正で大 } のときアンダ・ステア リヤ・キャンパが負で大 } アクスル・ステア フロント・旋回の外側向にアクスル・ステアがつくと } アンダ・ステア リヤ・旋回の内側向にアクスル・ステアがつくと }
ステアリング	リンク特性 車体がロールしたときにステアリング角をもどすようなリンク特性にするとアンダ・ステア リンク剛性 一般にリンク剛性を低くするとアンダ・ステアになるが、前輪荷重の大きい車ではシミーの原因となる。



第1図 タイヤ特性



第2図 ステアリング特性

セルをふみこんだりするとスキッドを起す)。

(2) ステアリング特性

自動車の運動性能を論じる際、その基本的な特性値としてアンダ・ステア、オーバ・ステアが用いられる。

一定の円を一定速度で旋回している車が速度を増していくと旋回半径が漸次増大するものをアンダ・ステア、減少するものをオーバ・ステア、変化しないものをニュートラル・ステア、始めは増加するが途中から減少するものをリバース・ステアという。

第2図はその典型的な例を示した。このようなステアリング特性は前後輪の荷重比と前後輪のコーナリング・フォースとの比の大小により決定される。一般に変化が急激でない弱いアンダ・ステアが人間感覚からみて親しみやすいといわれている。それは、弱いアンダ・ステアの場合は操縦性安定性上の各種の要求が比較的円満に解決されるからである。

すなわちコーナリングのときにはアンダ・ステアが強いとコーナーの外へふくらんでしまい、オーバ・ステアだと逆に内へ巻込んでしまうので共に危険である。また横風に吹かれたときはわずかにオーバ・ステアにする方が安定がよくなる。

操縦性安定性に影響する因子

第1表は操縦性安定性に関連のある因子とその影響をしめした。

前述のことから総合すると実用上望ましいステアリング特性とはグリップ限界がたかく、変化が急激でない弱いアンダ

・ステアということになる。これを満足させるためにはコーナリング・フォースの合計値が大きく、かつ横gの増加にたいして急激に低下しないこと、及び前後のコーナリング・フォースの割合が適正にえられることが必要である。

車両の基本型式のいかん(もちろん常識的な範囲にあることが前提であるが)にかかわらず部分的な設計いかん(第1表にしめした諸因子の組合せ効果)によって原則としてその特性を自由にえらぶことが可能である。

F・R, R・R, F・F方式の操安性比較

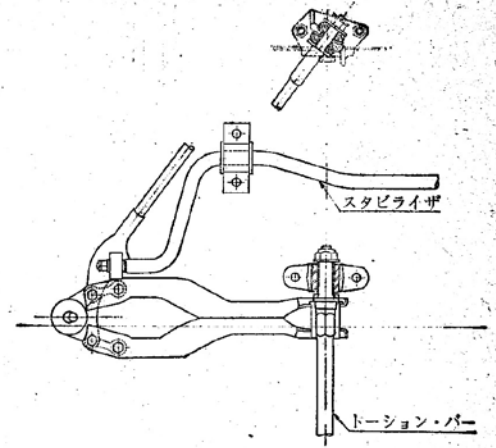
第1表の操縦性安定性に影響を与える因子の中R・R方式は重心高やステアリング構造など有利なものが多いが、不利な点は明らかに重量配分である。三つの基本型式にたいする一般的な操縦性安定性の得失を第2表にしめした。

しかしながらR・R方式の場合でもサスペンション、タイヤ、ステアリングなどの要因の選定により所望のステアリング特性がえられるのである。次にのべるコンテッサ1300の実際からこれら要因の選定こそ重要なキー・ポイントであることを理解されるであろう。

なお一般にはF・Fは操縦性安定性上有利とされており、たしかにドライバーがその特性を上手に利用した場合には良い性能を発揮するが、これは他の型式にもいえることで、加速時と減速時でステアリング特性が異なること(軽量でかつ力の強い車では特に著しくなる)、登坂力がおとること、安定した制動性能をうるのがむずかしいなど、設計にあたって解決しなければならぬ問題も多くもっている。

第2表 各型式の操縦性安定性上の一般的性質の比較

	F・R	R・R	F・F
重心高さ	高くなりがち。	低くできる。	比較的lowくできる。
重量配分	前輪荷重やや大 前輪50~60%	後輪荷重大 後輪60~70%	前輪荷重大 前輪60~70%
ステアリング構造	エンジンに制約されて自由な設計ができない	自由に設計できる。	エンジンに制約されて自由な設計ができない
ステアリング特性	アンダ・ステアになりやすい。 アンダ・ステア過大になりやすいので注意を要する。	オーバ・ステアまたはリバース・ステアになりやすい。	加速時は強いアンダ・スキア。減速時はオーバ・ステアになりやすい。特に軽量大馬力車でこの傾向大。
ハンドルの切れ	鈍く重くなりやすい。	軽く鋭い。	加速時は鈍く重い。減速時は鋭く軽い。
制動性能	前後の制動力のバランスをとりやすく、急制動でハンドルをとられやすい。	制動力のバランスをとりやすく、安定したブレーキングが可能。	前後の制動力のバランスをとりやすく、急制動でハンドルをとられやすい。
悪路の安定性	後輪リジッド・アクスルが多いので接地性が悪く反振しやすい。	4輪独立懸架で接地性がよく、安定良好。	4輪独立懸架が多く、安定性良好。



第3図 ロア・コントロール・アーム

コンテッサ1300の操縦性安定性の設計

コンテッサ1300は、900の車格向上を目標に、高速性能を重視して企画された。一般に車が大きくなると、リヤ・エンジン方式の有利さが減るが、コンテッサ1300はリヤ・エンジン方式としての居住性、安定性等を大きく生かすことができた。

設計のねらい

リヤ・エンジン車の操縦性安定性についてはコンテッサ900で自信をもっていたが、1300は高速性能重視のねらいからいっそうの向上を計った。

設計のねらいとしては、

- (1) 後輪荷重をできるだけ軽くして重量配分を改善し、かつサスペンションなどの工夫によって弱いアンダ・ステア特性をもたせる。
 - (2) リア・エンジン車の利点の一つである低い重心をさらに低くする。
 - (3) コーナリングのときのボデー・ロールをできるだけ少くする。
- などによってすぐれたコーナリング性能と安定した高速走行性能を得ることを目標とした。

その具体的な方策

この目標を達成するために種々の工夫が行なわれたが、その主なものは、

(1) 重量配分

エンジン、クラッチ、トランスミッションなど車体後部に架装される装置をできるだけ軽量化し、バッテリーをフロントのトランク・ルームに納めたことにより、フロント37%、リヤ63%の重量配分に納めることができた。

コンテッサ1300S及びクーペでは燃料タンクをまえに移してフロント40%、リヤ60%の重量配分にした。

(2) フロント・サスペンション

ダブル・ウィッシュボーン型サスペンションであるが、ロ

ール・センタをできるだけ高くし、強いスタビライザを取付けてボデー・ロールをすくなく、かつコーナリングの時に前輪の荷重移動を大きくした。

前輪の荷重移動が大きいと旋回の外側車輪に大きな荷重がかかり、前述のタイヤのコーナリング・フォースは荷重に比例して増加していかないという特性から、前輪が横滑りしやすくなってアンダ・ステア特性をもたせることができる。

サスペンション・ジオメトリーの設計に当っては、舵のもどりと直進安定性を向上させるために種々の実験の結果12°という、他にあまり例を見ない大きなキャスト角が採用された。またサスペンション・リンクは車輪がバンプするとキャンバ角が漸次大きくなるように設定した。

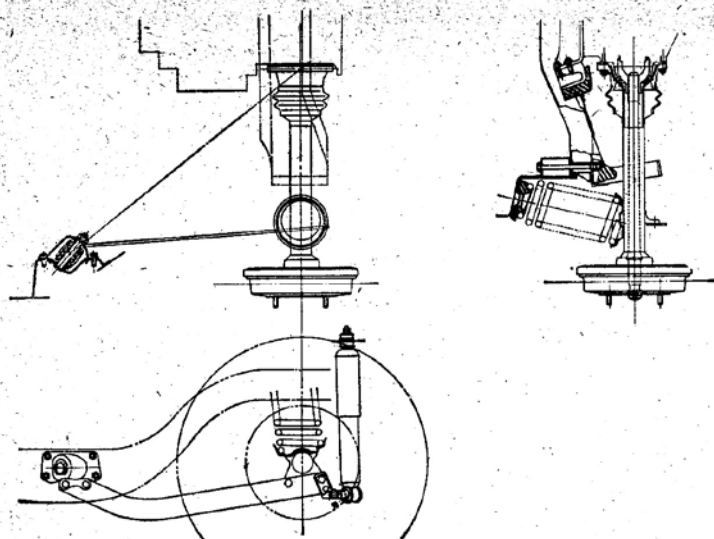
これによってコーナリング中にボディがロールすると外側の車輪はキャンバが大きく、内側の車輪はキャンバが小さくなって各々キャンバ・スラストがコーナリング・フォースを減らす方向に働きアンダ・ステアの傾向を持たせる。

ロア・コントロール・アームは1本アームとストラット・ロッドの組合せを採用した(第3図)。ストラット・ロッド先端のゴム・クッションの硬さを適当にえらぶことによってコーナリングのときに車輪がわずかに移動する。これによってステアリング角がわずかに減少してアンダ・ステアの傾向をもたせることができた。

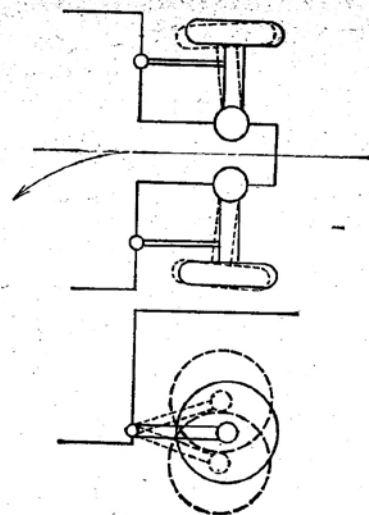
(3) リヤ・サスペンション

リヤ・サスペンションはルノー4CV以来ロールの少ないスイング・アクスル型を採用しているが、コンテッサ900でラジス・アームを追加して好結果をえているので、これを受け継いでいる(第4図)。ラジス・アームの効果は第5図にみる如く、コーナリングでボディがロールすると大きな荷重をうける外側タイヤのトー角が旋回の内側向に変るいわゆるアクスル・ステアを生ずることである。これは後輪のスリップ角を増し、車全体からみるとちょうどステアリングをもどすのと同じことになってアンダ・ステア効果がえられる。

またラジス・アームは制動時の前のめりを防止し、後の重い重量配分と相まって、安定した制動となる。



第4図 ラジウス・アームを使ったリヤ・サスペンション



第5図 アクスル・ステア

(4) ステアリング

ステアリング機構はルノー以来切れがよくかつ操作力の軽いラック・アンド・ピニオン式が採用されており、舵のもどりと安定性をよくするためにリターン・スプリングが入っている。

ステアリング・リンクはコーナリングでボディがロールするとステアリング角がわずかにもどされるように設定されている。これとストラット・ロッドの効果およびラジウス・アームの効果によって、ちょうどレーシング・テクニックでよく行なわれるカウンター・ステアリングの軽いものを車自体が行なっていることになり、アンダ・ステア特性がえられるとともに安定したコーナリングが可能となる。

(5) タイヤ

タイヤはごく普通の5.60-13であるが、フロント・タイヤの空気圧が1.0kg/cm²、リヤが2.1kg/cm²という特殊な圧力を指定してアンダ・ステア特性をえている。

運動性能テスト結果

このように各種の工夫を盛込んで設計した結果、第2図に見るとく横向加速度の高いところでわずかにリバース・ステアの傾向が見られるが、0.6gまでは弱いアンダ・ステアを維持することができた。

横向加速度は一般のドライブでは相当激しいコーナリングをしたつもりでもせいぜい0.3g程度であり、0.4gになると同乗者がドアにたたきつけられるほどになる。従って0.6gまでのアンダ・ステアは乗用車として十分な値であり、一般の車と比べてはるかに高いレベルを確保した。

ロール率(求心加速度0.5gの時の車体のロール角)は2.95°という数値を得た。コンテッサ900はロール率3.45°でロールが少なく安定したコーナリングのできる車として有名になった。1300はさらに一段とロールが少いことを示し、世界のスポーツカーと比較してもトップ・レベルを行くものである。

加えてR・R車特有の切れの良いステアリングと軽快で確実なラック・アンド・ピニオン式ステアリング・ギアを組合せたことによって、スポーツカーなみの卓越したコーナリング性能と高速走行性能をうることができた。

目標は200 km/hのR・R車

以上のべたようにコンテッサ1300は弱いアンダ・ステア特性をもち、R・R車の特徴(カーブでの切れ味がよく軽快であるなど)を発揮して個性を生かすことができた。そしてハイクラスのオーナーを含めてユーザーにはスポーティな感覚が親しまれている。しかしながらスピードはますます高くなり、すでに外国では170 km/h以上もまれではなくなってきた今日、我々は200 km/hを目標に研究を進め、R・R車を高いレベルまで追いつめてなお一層完成させてゆきたい。

R・R車の今後の課題

(1) 空気力学的設計

最高速度が200 km/h近くになると現段階で一応満足している程度の空気力学的特性では十分に対応できなくなると思われるので、さらに空気力学的に細部をリファインしていく必要がある。

(2) 高速向タイヤの採用

コーナリング・フォースの基本的要素としてタイヤが重要であることは前にのべたが、コーナリング・フォースおよびコーナリング・パワーが大きくかつ高速で安全なタイヤとしてロー・ハイト・セクション・タイヤやラジアル・プライ・タイヤが研究され実用の段階に入ってきたので、これらのタイヤによって最高速度の増大に対処しなければならない。

最後に付け加えたいことは、最近自動車の安全性が強く叫ばれるようになったが、高速走行時の事故につながる直接の要因は、

- (1) 自動車の型式に関係なく設計上の不備があった場合。
- (2) 車輛の特徴を認識せず不用意に操作する場合。
- (3) いかなる名車でも高速車を使いこなすドライブ・テクニックが伴わぬ場合。

などであり、設計者も使用者も根本を誤らぬことが大切である。

(日野自動車工業、第2研究部課長)

フロント・ドライブの操縦性と安定性

高橋 三雄

フロントドライブ花盛り

フロントドライブの歴史は古く、昔からフロントドライブかリアドライブかの論議は繰返されてきたが、最近まで、量産される乗用車の主流はリアドライブがしめており、フロントドライブというかわった車、珍しい車と考えられていた。しかしここ十年来情勢は一変し、今やフロントドライブ花盛りの感がある。

欧州では老舗の Citroën, DKW, SAAB などに加えて、BMC, Ford (独) Renault, Peugeot, Triumph など続々と前輪駆動の大衆車を発売し、我国でもスバル1000, スズキフロントエ 800 が登場している。この風潮は米国にも及んで Oldsmobile Toronado が出現した。資源や土地の豊富な米国は別として、我国や欧州の国情からは限られた寸法の中でできるだけ広い室内をとり、ぜい肉を省いて経済性と高性能を両立させようという要求が厳しく、その意味ではフロントドライブは確かに有効である。

しかし、この見地だけからいえば、リアエンジンも同じであり、高価な等速軸継手を必要としない点で価格的にはむしろフロントドライブより有利であろう。にもかかわらず、フロントドライブが全盛をきわめるに至った理由は、

(1)大きなトランク室がつけられるので、ファミリーカーとしての要求にマッチする。(2)加工、生産技術の進歩により優秀な等速軸継手が容易にえられるようになった。(3)フロントドライブの性質の研究が進み、リアドライブから乗換えても妙

なクセを感じなくなったので、量産車として広い層からうけ入れられるようになった。(4)自動車の性能向上と高速道路の発達により、常用速度が次第に速くなってきた。そのため高速時の安定性操縦性に対する要求がきびしくなり、安定のよいフロントドライブが有利になってきたなどが考えられる。

(3)(4)共にフロントドライブの操縦性安定性に関することである。

操縦性安定性とは

フロントドライブ車の性質をのべる前に、操縦性安定性の基礎となる話を少々のべておく必要がある。第1図のように車輪の回転軸を進行方向に B_1 だけずらして転がしたとき、タイヤと路面の間には舵を切っている方向にFで示した力が働き、Mという回転力でタイヤの向きを進行方向にもどそうとする。

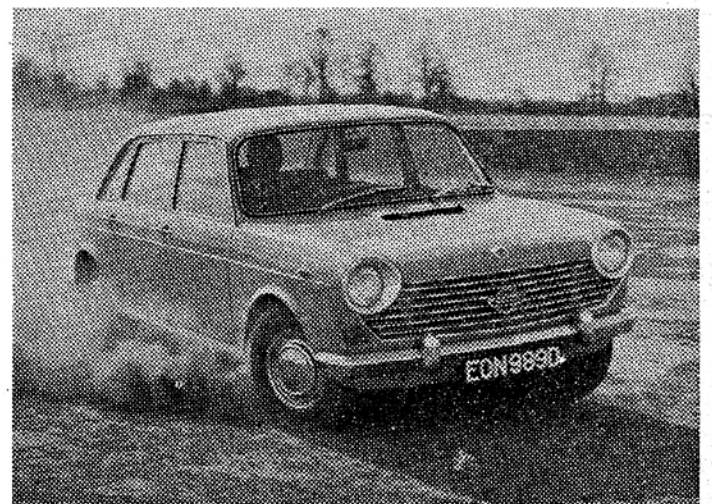
このFの力をコーナリングフォース、回転力をセルフ・アラインングトルク、 B_1 をスリップアングルとよんでいる。コーナリングフォースとスリップアングルとの間にはおよそ第2図のような関係がある。

車が曲線運動をするときには四輪に発生するコーナリングフォースと、重心に作用する遠心力とが釣合っていることが必要である。

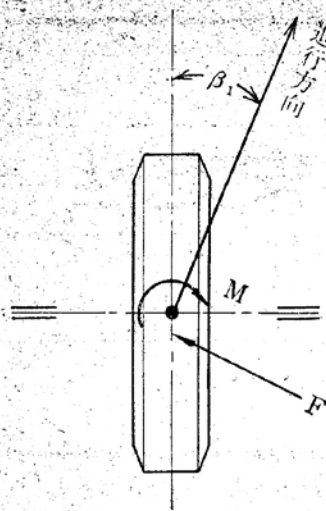
同じ半径で旋回するときでも、遠心力は速度の2乗に比例するから、高速で旋回する程コーナリングフォースも大きくなければならない。それ故スリップアングルも増加する。



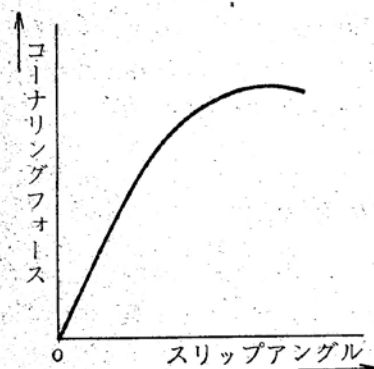
最近の日本のフロントドライブ車・スバル1000



ヨーロッパのフロントドライブ車・オースチン1800



第1図 タイヤに働く力とモーメント

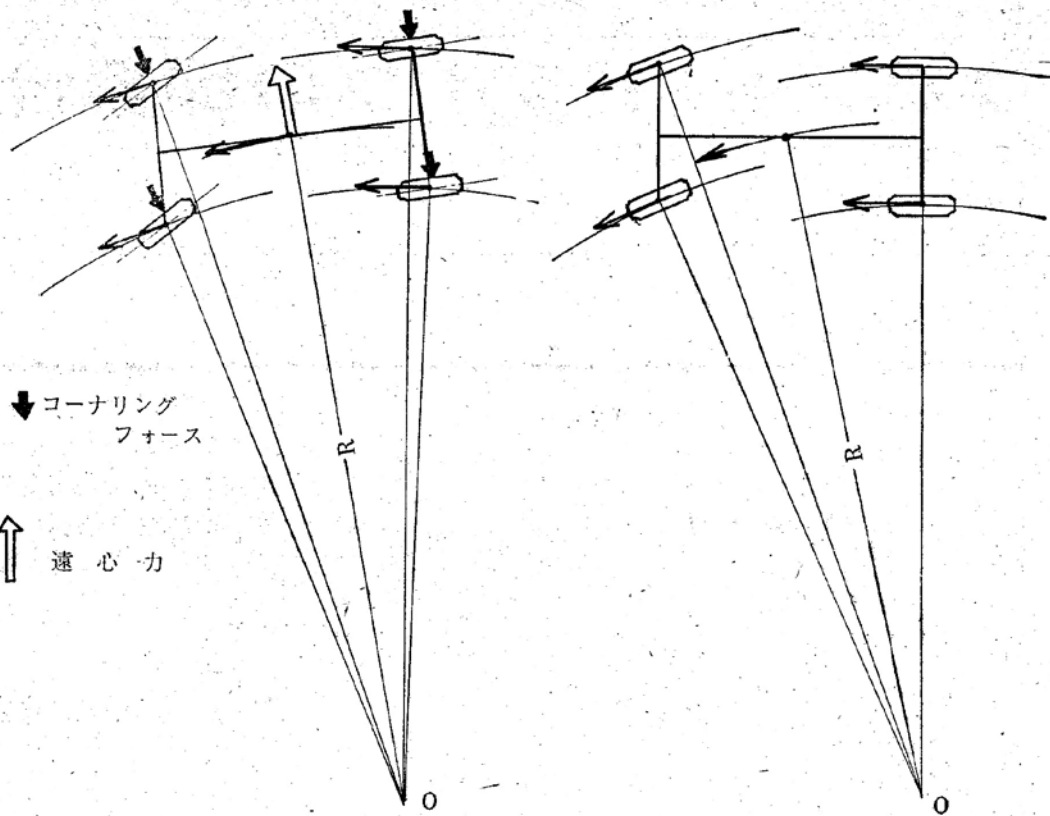


第2図 タイヤ特性

このため、第3図のように、速度が速い程、後輪の通る軌跡はもとの円より外側を通るようになる。また前輪のスリップアングルも当然増加するが、ドライバーは、車体の横すべり角だけ舵を修正しなければならない。この修正の値は、タイヤの特性（第2図）や車の大きさや重心の前後位置によりかわるが、基本的には速度に応じて舵角が増加するものと、減少するものがある。前者をアンダーステア、後者をオーバーステアと呼ぶ。アンダーステアは安定性が良く、一般に必要な性質とされているが、オーバーステアでは不安定で、特に訓練された特定のドライバーでなければ運転は極めて困難である。前輪のコーナリングパワー（コーナリングフォース÷スリップアングル）が後輪のそれより小さい程アンダーステアの傾向が強くなる。逆に後輪のコーナリングパワーを小さくして行くとアンダーステアの性質は弱くなり、ついにはオーバーステアとなる。

アンダーステアも強すぎると舵の効きが悪くなったりして良くない。また、一般には、はじめアンダーステアであるが、横加速度が増すにつれてその程度が減じついにはオーバーステアに変わる性質の自動車が多い。この性質をリバーステアと呼んでいる。

以上の説明は、旋回半径の一定の場合の旋回時を例として行なったが、ハンドルを一定にして速度をかえても、これらの性質を調べることができる。加速につれて半径が増加するものがアンダーステア、減少するものがオーバーステアである。



第3図 旋回時の自動車の姿勢
左：極低速時 右：高速時

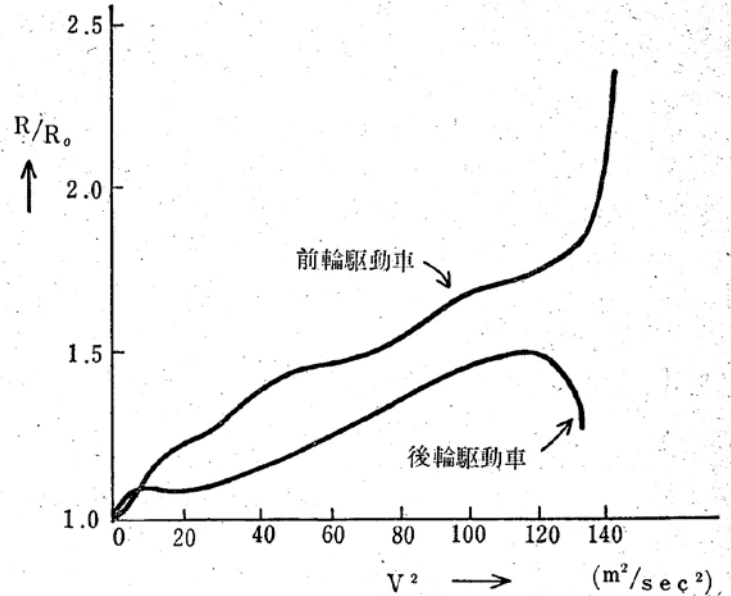
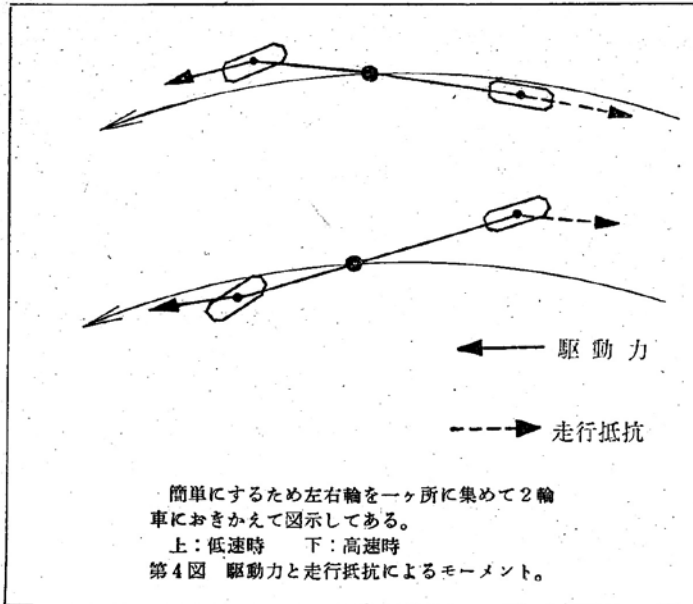
フロントドライブ車の直進時の安定性

フロントドライブの圧倒的強さはすべり易い路面を走るときに発揮される。砂利道は勿論、雪道、アイスバーンなどでも乾いた舗装路面と変らぬ感覚で走ることができる。

これにはつぎのような理由がある。まず駆動力が前端に働き、走行抵抗がすべてそれよりうしろにある。そのため本質的に安定が良く、少々尻を振られても駆動輪である前輪の進行方向に車体が引戻されるからである。馬車にしろ人力車にしろ、多少なりともスピードの出る車はみな前から引張って走るのが普通で、手押車を速く走らせることがむづかしいことと同じ理屈である。手押車は速度が遅くてよいので安定性は問題にならないことと、狭い作業場で使用するため故意に安定性を悪くして操縦性をよくするという狙いがよく生かされた形である。

次に駆動力がタイヤの特性に及ぼす影響がある。一般にコーナリングフォースは駆動力により減少する傾向があり、そのため前節でのべたようにフロントドライブでは安定性を向上させる効果がある。

また、特にすべり易い道では、少々駆動力を余計に加えると駆動輪は空転しやすい。一定速度で走行中でも、悪路では駆動輪は必ずある程度スリップしながら転動している。タイヤの性質としては進行方向のすべり（横すべりではない）が大きくなるとコーナリングフォースは激減する。したがってすべり易い路面で、駆動輪がある程度空転を伴いながら走る



第5図 アンダー、オーバー・ステア傾向の一例

とき、フロントドライブでは前のコーナリングフォースが小さくなるので安定性がまずことになる。リヤドライブにデフロックを装着すると雪上走行時の安定性が向上するが、これは、リヤドライブでは駆動輪空転のため後輪のコーナリングパワーが減少し、安定性不足となる傾向がデフロックにより空転を少なくすることで抑制されたと解釈できよう。

高速走行時には、横風の問題がある。横風の着点、つまり風圧中心は一般に車体のかなり前方にあるので、重心まわりに風下に方向をかえるモーメントを受けるが、フロントドライブでは前輪荷重を大きくする必要があるので一般に重心は前の方にある。このため、風による偏揺モーメントは小さい。また、車体形状もボンネットが長くキャビンが後方にあるリヤデッキが短いという横風に強い形をとり易いので、横風の影響は受けにくいと考えられる。

フロントドライブ車の旋回時の安定性

急旋回中アクセルをゆるめると車の旋回半径が小さくなる傾向は、程度のさこそあれ、過去、現在ともにフロントドライブ特有の足グセとしてよく知られている。しかし「フロントドライブは旋回中パワーオフにするとオーバーステアとなり不安定である」という表現は、注意深く設計された現代のフロントドライブにたいしてはもはや適当ではない。

パワーオフと同時に旋回半径が小さくなるのでオーバーステアリングのような感じはするが、実際にはその後の状態でも健全なアンダーステアの性質を維持しているはずである。パワーオフ走行中の旋回時の安定性には駆動方式の差よりも、懸架装置の特性の方が支配的な影響力をもつ。

駆動力による旋回半径の変化について解説しよう。

第4図に示すように低速度で旋回する場合は、駆動力走行抵抗によって生ずるモーメントは車体前端を内側に巻込むよ

うに働くからアンダーステアの傾向を弱める作用をするが、横加速度の大きい状態では後輪スリップアングルが増大するので、駆動力、走行抵抗のモーメントは方向が変りアンダーステアを助長する傾向にかわる。

また、前述のように、コーナリングフォースは駆動力により減少し、制動力により増加する傾向がある。旋回中急にエンジンブレーキをかけると、駆動輪のコーナリングフォースが増加する。フロントドライブではそれ故アンダーステアの程度が減少して旋回半径が小さくなる。駆動力とタイヤ特性に関するもう一つの要素は、舵の重さを決めるセルフ・アライニングトルクの変化である。

このトルクは駆動力により大きく、ブレーキをかけると小さくなる性質があるから、旋回中パワーオフとすると急に舵が軽くなる。舵角を一定に保舵しているつもりでも、人間の腕のパネ作用により瞬間的に舵を切り足してしまう傾向があるから、車の旋回半径が小さくなる結果となってしまう。駆動力によってキャストが増加するような懸架装置だと、この傾向がさらに助長されることになる。

フロントドライブとリヤドライブの相異

これらの諸因が重なり合って、フロントドライブ独特の旋回特性が現われるわけだが、旋回中の走行抵抗の増加量はスリップアングルの2乗に比例する。それを補う所要駆動力も同様に増加し、それ故横加速度の小さい時には駆動力の影響は小さく、常用範囲ではリヤドライブとほとんどかわらぬフィーリングを示すのが普通である。

第5図にアンダー、オーバーステアリングの性能の比較を示したが、この図から判るようにフロントドライブの根本的な特色は常用範囲をはるかにこえた自動車の旋回能力の限界に近い領域で現れて来る。

限界をこえて速度を増そうと試みると、フロントドライブは旋回半径がどんどん増し、ついにはカーブを廻り切れない事態に立至るのに対し、リアドライブは後輪がスキッドして旋回半径が減少し、スピンを起して方向安定性を失ってしまう。

一般の乗用車ではこのような現象を生ずるのは横加速度0.6g以上の範囲であり、我々の経験では一般道路走行中は最高0.3g程度しか発生しないため、駆動方式を意識せずに運転していてもなんら支障を生じない。また普通の走り方ではフロントドライブかリアドライブかをフィーリングであてようとしても困難なことである。

旋回能力の限界に達する事態に遭遇した場合には、危険を感じてアクセルをゆるめるのが自然な反応であるが、フロントドライブでの危険な状態とは、カーブを曲り切れないことであるから、アクセルペダルから足を離せば、旋回半径が減少し危険は緩和される。

リアドライブでは、後輪がスキッドしてスピンを起しそうになるのだがアクセルを離せば後輪のコーナリングフォースが増大して横すべりを抑止し安定性を回復する。このように両方式ともアクセルを離すことにより危険な事態から立直れる点では同じである。

急激なステアリング特性をのぞくには

しかし、いずれにせよ旋回半径の急変は好ましくないことに変わりがないから、乗用車ではこの性質を抑止する手段をいろいろ施してある。

まず前後の懸架装置の特性のえらび方で旋回半径の変化の様相を種々変えることができる。第5図に例示したリアドライブ車はスポーツ的性格の強い乗用車なので、意識的にリバーステアとしてサーキット走行などの際の操縦性の向上を図ったものようである。

リアドライブでも、スポーツ走行を考えない車種では前懸架のスタビライザを強化したりロールセンタを高めたりする一方、後懸架のロールセンタを低くしたりロール剛性を弱くするなどの処置を講じてリバーステアの発生を抑えることに積極的努力をしている例も多い。

フロントドライブでもそれに適した懸架機構やばね定数の選定が設計上重要なポイントとなる。また、特にフロントサスペンションの前後剛性が、キャスター、トーインなどホイールアライメントにあたる影響を慎重に検討しなければならない。

前後剛性を極端に高めれば、駆動力、制動力によるアライメント変化も生じないが、乗心地特にロードハーシュネスの点から軟かくする必要があり、有害なアライメント変化を生じないような配慮が必要とされる。

駆動力による車体の首振りモーメントは、比較的大きな半径で高速加速旋回をするときに特に重要である。第4図に示した通り、このモーメントの大きさは、車体のスリップアングルにもなって変化するから、加減速による旋回半径の増減を少くするには後輪のコーナリングパワーを大きくしてス

リップアングルを小さく保っておくことが望ましく、それ故後輪及び後懸架機構のコーナリングに対する性質が重要となる。フロントドライブとはいえ、リヤサスペンションは安定性操縦性上決しておろそかにはできない。

タイヤの特性も駆動力の影響がすくないほど有難いわけで、欧州のフロントドライブの多くに採用されているラジアルタイヤは、耐摩耗性ととも、確かに適したものであるが、乗心地特にロードハーシュネスと、コストの面でさらに検討が必要であろう。

フロントドライブ車の操縦の実際

以上のべたように、フロントドライブは本質的に優れた安定性をもち、また旋回能力の限界における挙動はリアドライブとまったく逆の性質を持っている。安定性、特にすべり易い路面上の高速踏破性の優秀なことは、モンテカルロはじめ各地のラリーでの活躍振りからも実証される。

フロントドライブは登坂能力に限界があることは事実だが、これは上り勾配で前輪荷重が減少し、車輪が空転しやすくなる現象であるから、前輪に十分な荷重をあらかじめ与えておけば問題はない。我国では未だに非舗装急坂路が多いから欧州諸国のフロントドライブにくらべて前輪荷重の配分を大きくする必要がある。上り坂で発進しようとするときは慎重にクラッチを合せ、駆動輪が完全に路面をグリップして車が進み出してから、加速するように心懸ければよい。やたらに駆動輪を空転させてしまうことは禁物である。

砂利道、雪道を不安なく高速でとばせるのは、前輪駆動の醍醐味である。またそのすぐれた安定性故に、知らず知らずに高速で走りがちである。ここで注意するのは制動距離である。現在のすべての自動車は制動力を車輪と路面の間の摩擦力に頼っているから、いかに優れたブレーキの設計をしたとしても摩擦係数の限界以上の制動力をうることはできない。このため砂利路や雪の上では舗装路にくらべて制動距離が2倍あるいは数倍にのびる。このことを十分頭に入れて道路条件（路面、道幅、見通しの良さ、前車との距離など）に応じた車速で走ることが大切である。

コーナリングのテクニックは前にものべたように普通の旋回ではリアドライブとまったく変りがない。ノーマルな操縦としては原則通りのスピードを落としエンジンブレーキでカーブに入り後半から加速しつつカーブを脱出する。

加速によりスピンを始めることは絶対でないから、リアドライブより早目に、また少々急激に加速しても安全である。ただ加速により旋回半径が増大する傾向があるから、あらかじめできるだけインコースによっておいた方がよい。あまり外へふくらむようならアクセルから足を離せば内側にもどる。

また砂利道などで仮に後輪の横すべりが激しくなったときにも、アクセルを踏込むことによって立直れる。

加速で外へ、減速で内へというフロントドライブの特性を承知しておけば、サードやセカンドの強力な駆動力を使ってハンドルとアクセルの操作によりそのコーナリングを十分たのしむことができる。

(富士重工業・群馬製作所)