

自動車の空気力学的設計について

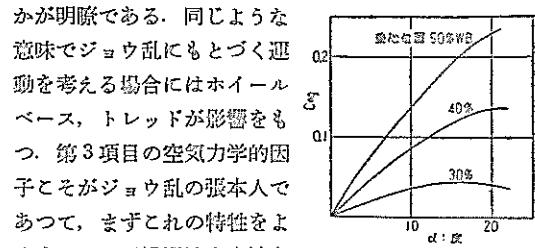
長谷川 竜雄¹⁾

1. 序 論

自動車の性能、乗心地、操縦性安定性はその走行性能を決定する最も重要な要素である。毎年のアメリカ乗用車のモデルチェンジを見るごとに、そのケンランたるボディスタイルに目をみはるのであるが、それらは売らんがためのスタイルデザイナーの、そして経営者の商業政策にもとづくものであるにせよ、好むと好まざるとにかかわらず、空気力学的要素を通じて性能、操縦性安定性に重大な影響をあたえており、特に高速走行時においては正に決定的といつてよい。従つてスタイルデザイナーとしても、これらのことを無視してスタイル設計が成り立つはずのものでもなく、ここ数年の傾向を見ると大なり小なり空気力学的な考慮がはらわれていることがよく分かる。これは誠に結構なことであつて、真の美しさは合目的性の中にこそ見出さるべきであらう。性能、操縦性安定性を性格づける要素としては次のようなことが考えられる。

- (1) 懸架装置および操向装置
- (2) 構造的因子
- (3) 空気力学的因子

第一の懸架装置というのは、タイヤの特性ばねの特性操向装置およびその剛性といつたものである。タイヤの横力に対する剛性、路面に対する摩擦係数はサイドスリップに重大な影響をおよぼす。またばねの横剛性や操向装置の剛性もそれぞれ関連をもっている。しかし注意しなければならないのは、これらのものはいずれも第2次の因子というか、一度生じたジョウ乱を如何にくい止めるかという受身の因子であつて、原動力そのものは後に述べる第3項目なのである。第2の構造的因子というのは、例えばホイールベース、トレッド、重心の前後および上下位置、重量といつたものであつて、航空機設計の場合には空気の着力点がほぼ重心を通るように初めから設計されているので、形がきまれば重心も自から決つたも同然であるが、自動車の場合にはそうは行かない。形は決まつていても構造上の内容によつて(フロントエンジンかリアエンジンか)または積荷(乗員)の状態によつて極端な場合は、ホイールベースの20%は重心位置が変化あるものと見なければならぬ。第1図は自動車技術会において行なわれた乗用車の風洞実験のヨーイングモーメントの結果¹⁾であるが、重心位置が前後に移動すると重心周りのモーメントが如何に大きく変動するか、構造的因子が如何に大きく操縦性安定性に影響する



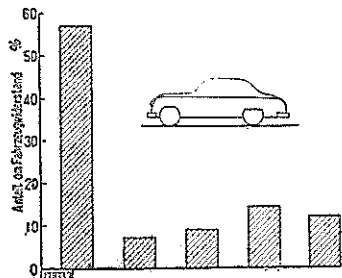
第1図 重心位置の移動によるヨーイングモーメントの変化
 C_{Np} : ヨーイングモーメント
 α : ヨーイングアングル

かが明瞭である。同じような意味でジョウ乱にもとづく運動を考える場合にはホイールベース、トレッドが影響をもつ。第3項目の空気力学的因子こそがジョウ乱の張本人であつて、まずこれの特性をよくすることが操縦性安定性をよくする先決問題である。本文の目的はこの空気力学的因子について述べることであり、また性能上の問題で空気抵抗が特に高速時において重要であることはいうをまたない。

2. 自動車の空気力学

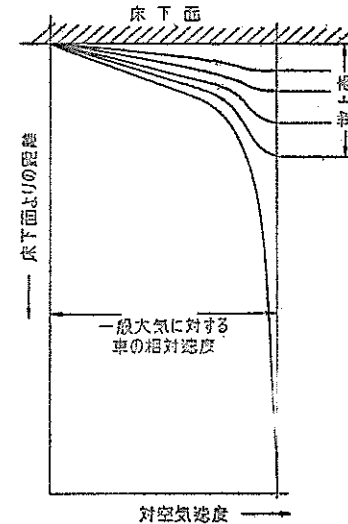
2.1. 抵抗について

文献²⁾ 第2図に空気抵抗係数 $C_x=0.45$ なるかなり洗練された自動車の抵抗の内訳が示されている。これによると形状抵抗が全体の約55%もあるのに対して、摩擦抵抗はわずかに10%しかない。近代化されたプロペラ飛行機では表面摩擦抵抗が60~70%くらいと思つてよいから、自動車は航空機に比べるとはるかに流線化の程度の低い形といえる。しかし本来の目的がちがうため、今後も実用車では流線化は飛躍的な向上は望めないかもしれないけれども、抵抗減少の努力がはらわれていないというわけではない。最近のアメリカ車の傾向として全高を低くする努力が無謀といつてよいほどになされているが、これは正面面積 F を減らすことによつて FC_x を減らす上において効果のあることである。自動車の空気力学で航空機のそれと異なる最大の点は、地上を走行するための路面効果の問題であらう。しかも自動車の構造の中で空気力学的に最もきつないのも床下であり、何か設計上の盲点といつた感じを受ける。もちろん設計者はそれに気づいていないわけではないが、フレーム、排気管、懸架装置、駆動装置を滑らかに覆うことは生やさしいこと



第2図 抵抗係数 $C_x=0.45$ なるモデルの抵抗内訳
 左側より 形状抵抗 ($C_{xf}=0.252$)
 誘導抵抗 ($C_{xi}=0.031$)
 表面摩擦抵抗 ($C_{xv}=0.040$)
 有害抵抗 ($C_{xt}=0.064$)
 冷却抵抗 ($C_{xc}=0.053$)

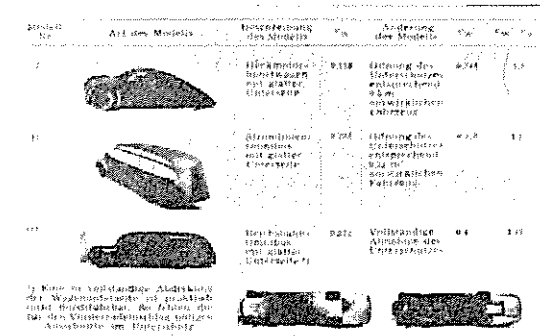
1) トヨタ自動車工業(株)



第3図 種々の地上高の場合の床下付近の流速分布
 地上高が違つて床下面境界層内の速度勾配が違つてくることを示したものである。

場合には境界層の速度分布に影響を受けて抵抗は増大し、路面から離れれば離れるほど抵抗は減少する。最近のように全高を減らすのは結構であるが、それによつて床と路面との間隙を減らすことはあまりよいことではない。

ただしここにいえることは、床下面がスムーズであればあるほど路面の影響は少なく、間隔をあまり問題にする必要はなくなる。従つて何の程度の床下面の凸凹が全抵抗の何の程度の部分をしめるかを知らなければならない。文献³⁾によると普通の構造のものと、よく整形された床下面のものとの風洞実験より得られた抵抗係数の差が示されている(第4図参照)。また、他の文献⁴⁾によると、1949年型ナッシュの実車についてそのままの状態と床下面をカンバスで覆つた場合との風洞実験の結果では抵抗が6.3%減少したということが述べられている。ただしこの実験は後にも述べるつもりであるが、あまり好ましい実験ではないので、このデータの信頼性はかなり低いと考えられる。また自動車技術会の乗用車の風洞実験では、床下の整形により12%抵抗が減少している⁴⁾。



第4図 床下の整形の程度が空気抵抗におよぼす影響の実験結果



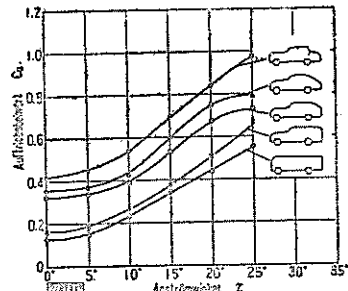
第5図 グレイハウンド遠距離用バス。床下面の凹凸はきわめて少ない。

いずれにせよ床下面が抵抗におよぼす影響はかなりのものであることに間違いない。この床下面の整形を最も美事に実施しているのが、アメリカのグレイハウンドの遠距離バスであらう。第5図のように床はダブルデッキになつており、最下面は殆んど完全な平面で懸架装置も空気ばねで極めて狭いスペースの中に取まつており、気流にさらされているものはアクスルだけといつてよいくらいである。

次に種々の凸起物の抵抗であるが、上記文献⁴⁾によると2個のバックミラー(文献にはサンバイザーと書いてあるが間違いだと思ふ)を付けると9%抵抗が増大すると述べられている。これはいささか大きすぎる感じがしないでもない。

2.2. 揚力について

自動車に働く揚力は好ましからざるものである。高速走行時に揚力が増大すると車の坐りが悪くなり、方向安定を保つのが困難になつてくる。特に揚力の着力点が極端に前方にあつたり、後方にあるとひどく不快な感じをあたえてよくない。従つてボディ設計の理想は揚力の絶対値を極力小さくすると同時に、その着力点をなるべく重心位置の近くにもつて来ることである。天井の円い傾向の車両、例えばフォルクスワーゲン型のは抵抗を減らすには効果はあるかも知れないが、揚力を小さくするという点よりみれば、最も好ましからざる形状である。逆に最近のアメリカ車はエンジンフード、天井が思い切つて扁平になつてきているが、これは全高を低くしてもなおかつエンジンルーム、客室内の容積を充分とりたいための努力の結果と思ふが、結果的に見れば揚力を少なくするためには誠に効果的である。ただし全般に(側面形でも平面形でも)流線型のは揚力はあまり高くない。従つて正面形では流線型に、側面形では非流線型にというのが理想型であらう。これらのことは第6図⁵⁾にも示されている。なお、同図でも明瞭なとおり、横風を受けると必ず揚力が増大するという始末の悪い性質を持っている。何となれば、横風を受けた場合が最も方向安定の必要でありながら不足しているときであるからである。横風を受けた際の揚力の増大を防ぐ方法はないだろうか。GMのファイアーバードIII型や1960年型のフォード等でフロントフェンダに縦ヒレを見受ける(第7, 8図)。これらはどういふ意図でスタイル設計された



第6図 種々のモデルの揚力係数とヨーイング角度との関係

か局外者の筆者にはよく分からないが、横風を受けた場合の揚力の増大を防ぐには恐らく効果があるものと想像される。

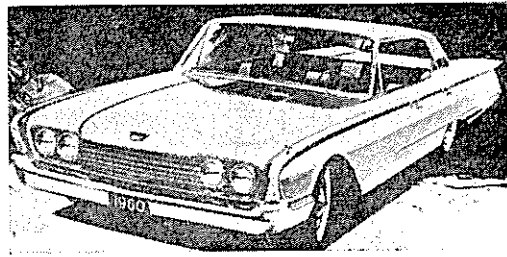
文献⁽²⁾の第13図によるとテールフィンには揚力を増大する。これは上面の流れを二次元流に近かくするためであるが、このことはあまり好ましいことではない。そこで1959年以降のシボレーや1960年のフォードが出現したのではないだろうか。あの横に開いたテールフィンは揚力を増さないで、なおかつ方向安定をよくするある妥協点ではないだろうか。

2.3. 横力について

風のある日に高速走行していて、風速に脈動のある時どとか、山麓から開けた平原に出る場合のように風速、風向に変化を生ずると車が吹き流されることはしばしば経験するところである。この横風にもとづく横滑りを起こすものが横力、横力係数である。横力の着力点は普通のスタイルの車両では必ずといってよいほど、重心の前方にあり、従って不安定作用が働く。最近のアメリカ車のように全高が低くなることは横力を減らすには大いに効果がある。また文献⁽²⁾の第20図にも見られるように角張ったボディのものは横力係数が大きく、丸味をおびたものは小さい。前者においては後者に比べると流れが二次元流に近いからである。揚力の項でのべたフロントフェンダに縦ヒレの付いているものは、横力を減らすという点よりすれば逆効果かもしれない。

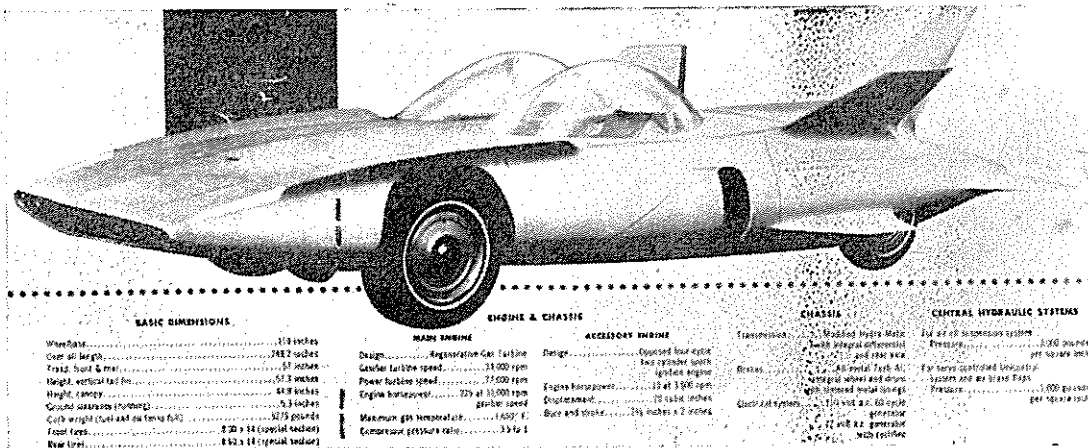
2.4. ヨーイングモーメントについて

前項横力とともに方向安定を左右する最も重要な要素である。ボディを簡単に二次元翼断面と仮定すると、横

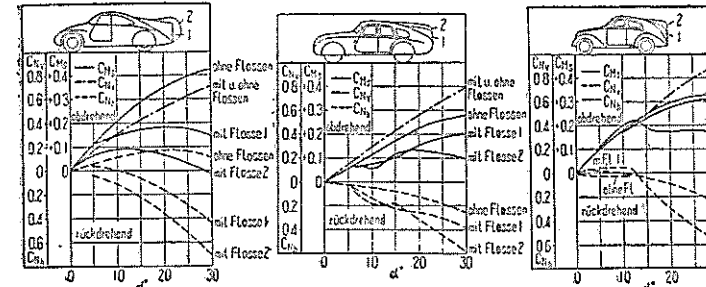


第8図 1960年型フォード

力の着力点はボディ全長の前方より25~30%位置にあることになる。ところが重心は50%付近にあるのが普通なので、殆んど車がといてよいくらい不安定であり、横力の着力点を何とかして後方に、重心の近くに持ってくるような設計上の努力がなされなければならない。レーサーやスポーツカーでエンジンフードの高さを極力低くする努力がはらわれているが、これは視界や、抵抗減少の理由ももちろんあると思うが、横力の着力点を後へずらし、ヨーイングにもとづくヨーイングモーメントを減少するのが最大の目的である。最近のボディスタイルでテールフィンほど、センセーションを起こしたものは少ないだろう。またそれだけに誤解も多いようであるが、要するに過大評価をしてもいけないし、過小評価をしてもいけないというところであろう。恐らくアメリカでテールフィンが流行し始めた当初のスタイル設計者の心境は、車の高速化にもなる方向安定性の必要性の増大に対して、空気力学的考慮を生かじりのため、不徹底な状態で取入れたということと、ただ単に航空機を連想するようなダイナミックな感じをあえて、購買者の近代的なセンスにアピールしようとした商業主義との双方の一体となつたものではなかつただろう。不徹底という点を一寸説明しなければならないが、それは次のようなことである。テールフィンそのものは傾角としてはヨーイングモーメントを減少することは間違いないが、小々のものでは殆んど効果がなく、ある程度大きくなければならない。現在アメリカ車に採用されている



自動車技術



第9図 3種の乗用車モデルについてのテールフィンの横力およびヨーイングモーメントにおよぼす影響の実験結果

程度のものでは殆んど意味がないであろうことは、今回の自動車技術会における乗用車の風洞試験⁽¹⁾からも想像されるし、色々の文献⁽²⁾⁽³⁾からも想像される。それかあらぬか59年型以降の車では一般的にあまり誇張されたテールフィンは影を消したようである。しかし、ここでテールフィン無用論をいつているのではない。スポーツカーやレーサーでは徹底したものを付けるとよいと思うし、最近ではアメリカの大メーカーでは、大規模の風洞試験を実施している様子なので、スタイル設計者もよい判断の資料を得ることになるだろう。第9図に文献⁽²⁾より3種の風洞模型についての結果を示す。ここに

- C_{L0} : 重心まわりのヨーイングモーメント係数
- C_{L0} : 前輪部にかかる横力係数
- C_{L0} : 後輪部にかかる横力係数

これらの風洞実験については後でもう一度述べるが、ヨーイングモーメントを安定値まで持つていくことが並大抵でないことがよく分かる。

テールフィンの効果が、理論計算で予想できるだろうか。最も簡単な計算を試みてみよう。

- S : 正面投影面積
- l : 基準長さ(普通はホイールベース)
- S_F : テールフィン面積
- l_F : 重心よりテールフィン揚力中心までの距離
- N_0 : 重心まわりのヨーイングモーメント
- L : テールフィンに働く揚力
- λ : テールフィンのアスペクト比
- C_Z : テールフィンの揚力係数
- η : テールフィンの効率
- α : ヨーイング角

とすると

$$L = C_Z \cdot q \cdot S_F$$

$$N_0 = \eta L \cdot l_F$$

$$= \eta C_Z q S_F \cdot l_F$$

$$= C_{N0} \cdot q l S$$

$$C_{N0} = \eta \cdot \frac{l_F \cdot S_F}{l \cdot S} \cdot C_Z$$

$$= \eta \cdot \frac{l_F \cdot S_F}{l \cdot S} \cdot \frac{2\pi\alpha}{1+2/\lambda}$$

$$C_{N0}/\alpha = \eta \cdot \frac{l_F \cdot S_F}{l \cdot S} \cdot \frac{2\pi}{1+2/\lambda} / \text{Rad.}$$

となる。従って風洞実験その他のデータがあれば逆にテールフィンの効率 η を求めることができる。自動車技術会の実験⁽¹⁾より η を求めてみると第1表のようになる。この場合の計算法としてはテールフィンのベースラインを中央断面と見なし、従って翼幅はその2倍あるものと仮

定した。上の値は極めて大づかみの仮定にもとづいているが、大体の見当をつけるに役立つかも知れない。

第1表 種々のテールフィンの効率
自動車技術会における乗用車の風洞実験における種々のテールフィンの効率

フィン型式	フィン面積 $S_F \text{ m}^2$	アスペクト比 λ	$(\Delta C_{N0})_0$ 実験値	$\frac{\Delta C_{N0}}{\Delta \alpha}$ 理論値	フィン効率 η
A	0		0.014		
B	0.3	1.25	0.005	0.0051	98%
C	0.3	3.35	0.006	0.0090	66%
D	0.15	1.25	0.0015	0.0027	55%

2.5. ローリングモーメントについて

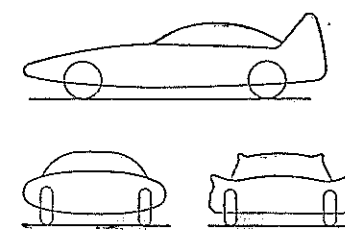
乗用車のように比較的偏平なボディの場合にはヨーイング角にもとづくローリングモーメントは、実際問題として取り立てて注目するほどのものではない。これは航空機とは決定的に異なる点であつて、ローリングにもとづく二次的なヨーイングモーメントその他の重要因子の変動がないからである。

2.6. 圧力分布

ボディ表面の圧力分布は設計上のいろいろの影響をあたえる故、極めて重要なことながらであるにもかかわらず測定が困難なためあまり研究が進められていない。すなわちエンジンおよびラジエータの冷却、エンジンルームの換気、室内換気のための空気取入口、取出口の設計、デフロスタの設計、埃浸入防止対策等は圧力分布の知識なしでは万全を期することはできない。

2.7. 空気力学的に最もよいボディのスタイルは?

上に述べてきたことより最も空気力学的によい、理想化されたボディスタイルのイメージを画いてみれば第10図のようになる。すなわち、



第10図 最も理想的なボディスタイル

側面形について
 1) 全高はなるべく低い方がよい。
 2) 地上高は極端に低くなく、高くない

方がよい。

- (3) 鼻先は扁平につぶれ、客室はなるべく後方にずれており、それでなおかつ抵抗があまり増さないような後端処理が望ましい。
- (4) エンジンフード、天井は抵抗を増大しない範囲内で扁平な方がよい。
- (5) 方向安定を特に必要とする車両では、徹底した細長いテールフィンをつけるべきである。

正面形については

- (1) 幅広く高さの低い扁平型がよい。
- (2) あまり角張らない扁平な凹形が望ましい。
- (3) 室内スペースの要求よりスカートを角張らす必要のある場合には、次善の策として肩部に傾斜したテールフィンを付けるのもよい。

3. 風洞実験について

自動車の空気力学について定量的に研究して行く手段としては、結局風洞実験にまつよりほかはない。しかし風洞実験にもいろいろの誤差が入ってくる要素を持っている。それをよく見きわめておかないと何を実験したのかわけの分からぬことになりかねない。まずその要素から述べてみよう。

3.1. 各種の風洞実験法の比較

すでに述べたように、路面効果を如何にしてあたえるかによつて次に述べるような種々の実験法がある。

- (1) 単独模型法 模型をただ一つ単独に吊す方法であつて、模型および装置としては最も簡単であるが、路面効果は全く無視されており、一般には抵抗は実際よりも小さ目に出てくる。
- (2) 固定板法 路面のかわりに固定した板を模型に接近して定置する方法であつて、境界層の吸込

みをやるものと、やらないものがある。前者は路面効果を実際に近くすることができるが、装置が大変であり、逆に吸込みをやらないものは路面効果は不完全である。

- (3) 鏡像法 模型を2個対称的に吊し、一方のみに働く空気力を計測する方法であつて、その中央面においては、空気流が対称的、すなわち直線的であるという立て前にもとづくものであり、厳密には正確ではないが、手間は中級にぞくする。
- (4) ベルト法 風速と同じ周速のベルトをドライブする方法であつて、最も理想に近い方法であるが、装置が大変であること、ベルトが脈動しないように注意する必要がある。

以上のような種々の方法で比較実験をしたドイツにおける計測値を第2表に示す。

3.2. Blocking Effect について

一つの悪い例について述べよう。文献⁽⁴⁾によると、アメリカのウイチタ大学の風洞において、11種の1949年型乗用車の実物の風洞試験が実施された。この風洞は吹出口の面積が2.3m×3.3mであつて、試験した乗用車の正面投影面積はこの約30%に相当するものと想像される。このように常識的に考えても無理な実験を行なつたため、猛烈なBlocking Effectを生じ路面走行より計算した空気抵抗より比較判断すると、風洞実験値には0.57の補正係数を乗じないとつじつまが合わないことが分かつた。こうなると実験値の権威そのものがぐらつくことになり、誠に不幸な結果となる。ヨーイングアングルをとらない実験でもせいぜい面積比で1/30以下の模型をえらぶ必要があるのではあるまいか。

3.3. 模型の製作について

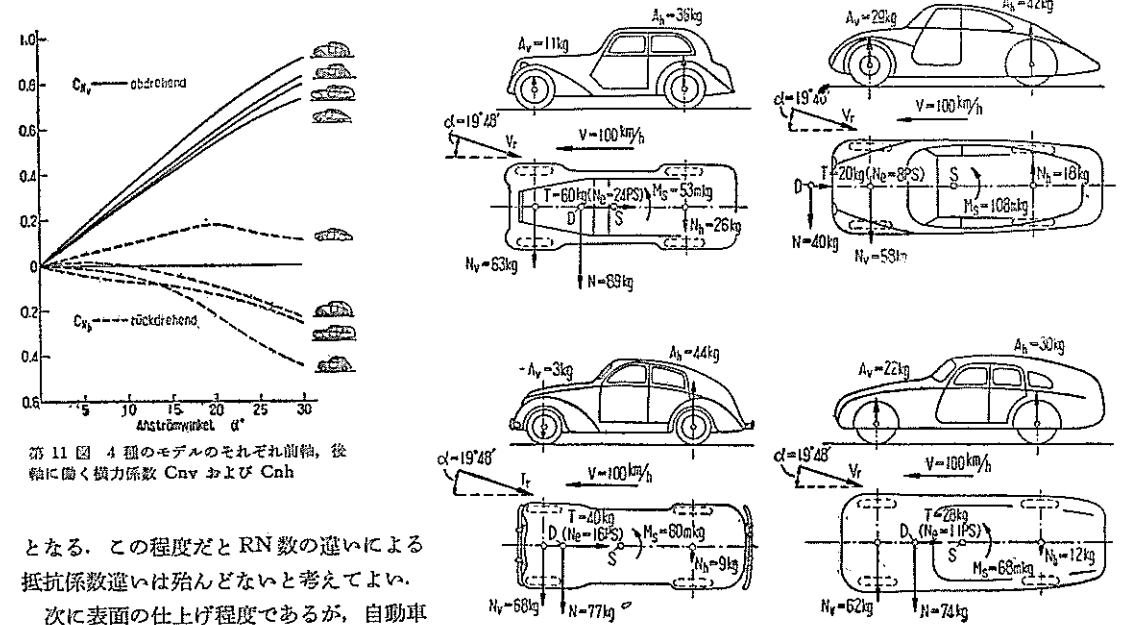
まず大きさであるが、レイノルズ数について考慮しておく必要がある。

V : 対空気速度 m/s
 l : 車または模型の基準長 m
 ν : 空気の動粘性係数
 で常温では約 $1.46 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

従つて実際の車両で $v=30 \text{ m/s}$, $l=2.7 \text{ m}$ とすると

$$RN = vl/\nu = 30 \times 2.7 / 1.46 \times 10^{-5} = 5.54 \times 10^6$$

これに対して1/5模型を風速50m/sのもとで風洞実験をすると $RN=1.85 \times 10^6$



第11図 4種のモデルのそれぞれ前輪、後輪に働く横力係数 C_{nv} および C_{nh}

となる。この程度だとRN数の違いによる抵抗係数違いは殆んどないと考えてよい。

次に表面の仕上げ程度であるが、自動車の場合は抵抗の大部分は形状抵抗であるから、航空機の場合のように特に平滑にする必要はないようである。床下は実物にできるだけ似たように懸架装置その他を取付けなければならない。最も困難なのはエンジンルーム内の冷却抵抗を如何にして模型の上に実現するかであつて、実のところ決め手はなく、適当に作るより仕方がない。

3.4. 風洞実験の実例について

ドイツにおいて4種のモデルについて綿密な風洞実験

が行なわれているので、これを第11~13図に紹介する。⁽⁴⁾

3.5. 風洞実験と走行試験との測定値の食い違いについて

風洞実験より求めた抵抗値と走行試験より求めたものと比較すると、必ず前者の方が低目に出てくる。これは何故だろうか。寸法効果、冷却抵抗、路面効果等がきいていることは確実だが、それだけではまだ足りない。これ等の問題は目下のところ充分究明されていないが、今後の目標としては、なるべく大きな模型(できれば実物がよい)で、なるべく凹凸を実物に近く作つて実験しなければならぬだろう。

参考文献

- (1) 加時邦郎, 岡岡宏; 乗用車の高速性能に関する模型風洞試験結果, 本社月号。
- (2) R. Barth; Einfluß der Form und der Umströmung von Kraftfahrzeugen auf Widerstand, Bodenhaftung und Fahrtrichtungshaltung, VDI, Bd. 98, Nr. 22, 1. Aug., 1956. 特集(3)に全訳がある。
- (3) Koenig-Fachsenfeld; Aerodynamik des Kraftfahrzeugs, Frankfurt, 1951.
- (4) L.H. Nagler & Kenneth Razak; Wind Tunnel Tests Reveal Car Aerodynamics, SAE Journal, May, 1950.

第2表 各種風洞実験法による測定値の差異

種類	スケール	各実験法による結果							
		単独模型法		固定板法		鏡像法		ベルト法	
		C_x	比	C_x	比	C_x	比	C_x	比
Jaray (FKFS)	1/10	0.242	0.903	0.278	1.040			0.268	1.0
Everling	1/7.5	0.128	0.853	0.168	1.120			0.150	1.0
FKFS (Strom linie)	1/10	0.194	0.936	0.217	1.048			0.207	1.0
Jaray (Amb. budd)	1/5	0.190	0.888	0.228	1.065			0.214	1.0
Jaray (DKW)	1/5	0.230	0.970	0.256	1.080			0.237	1.0
Hanomag	1/5	0.339	0.969	0.365	1.043			0.350	1.0
DKW (Reichs Klasse)	1/5	0.516	0.906	0.574	1.008			0.570	1.0
DKW (Reichs Klasse)	1/10	0.504	0.911	0.561	1.013			0.553	1.0
DKW (Meister Klasse)	1/5	0.508	0.926	0.565	1.030			0.548	1.0
DKW (Schwebe Klasse)	1/5	0.471	0.962	0.510	1.042			0.489	1.0
BMW (Kleine Limusine)	1/10	0.510	0.952	0.550	1.028			0.535	1.0
BMW (Mittlere Limusine)	1/10	0.381	0.910	0.427	1.020			0.418	1.0
Hansa Lloyd	1/10	0.500	0.971	0.530	1.030	0.534	1.037	0.515	1.0
Hansa Lloyd	1/5	0.490	0.961	0.523	1.026			0.510	1.0
Lay		0.293	1.110	0.228	0.865	0.310	1.280	0.264	1.0

車種	V km/h	Windstille				Wind				Windstille				Wind			
		Beiwert	Luftkraft kg	Beiwert	Luftkraft kg	Beiwert	Luftkraft kg	Beiwert	Luftkraft kg	Beiwert	Luftkraft kg	Beiwert	Luftkraft kg	Beiwert	Luftkraft kg		
T	100	0.5	50	0.55	60	0.18	17	0.18	20	0.36	35	0.36	40	0.2	19	0.25	28
	200		200	0.53	210		69	0.18	72		140	0.36	144		76	0.22	88
N_v	100	-	-	0.57	63	-	-	0.53	58	-	-	0.62	68	-	-	0.56	62
	200	-	-	0.29	116	-	-	0.27	108	-	-	0.33	132	-	-	0.27	108
N_h	100	-	-	0.24	23	-	-	0.16	18	-	-	0.08	9	-	-	0.11	12
	200	-	-	0.04	16	-	-	0.08	32	-	-	0	0	-	-	0.07	24
N	100	-	-	0.81	89	-	-	0.37	40	-	-	0.7	77	-	-	0.67	74
	200	-	-	0.33	132	-	-	0.19	76	-	-	0.33	132	-	-	0.34	136
A_v	100	0.1	10	0.1	11	0	0	0.25	29	-0.05	-5	-0.03	-3	-0.15	-15	0.2	22
	200		39	0.07	28			0.11	44		-20	-0.05	-20		-59	-0.06	-24
A_h	100	0.26	25	0.33	36	0.21	23	0.38	42	0.37	36	0.4	44	0.22	21	0.27	30
	200		100	0.3	120		84	0.28	112		144	0.38	152		85	0.24	96
A	100	0.35	35	0.43	37	0.21	23	0.64	71	0.32	31	0.37	41	0.07	6	0.47	52
	200		139	0.37	148		84	0.39	156		124	0.33	132		27	0.18	72
M_s	100	-	-	0.17	53	-	-	0.35	108	-	-	0.25	80	-	-	0.22	68
	200	-	-	0.12	134	-	-	0.20	224	-	-	0.16	180	-	-	0.12	134
e	100	-	-	0.60m	1.00p	-	-	2.54m	2.95m	-	-	1.05m	1.36m	-	-	0.92m	0.98m
	200	-	-			-	-			-	-			-	-		
N_{st}	100	18.5PS		24.5PS		6.5PS		8PS		13PS		16PS		7PS		11PS	
	200	14.6PS		15.8PS		5.2PS		5.4PS		10.4PS		10.9PS		6.6PS		5.0PS	

第13図 4種の乗用車モデルの速度100および200km/hにおいて横風のある場合とない場合に働く空気力およびモーメント
 Bei sämtlichen Fahrzeugen: $\rho=1/8 \text{ kg}\cdot\text{sec}^{-2}$, S=Mitte Radstand, Windgeschwindigkeit $w=10 \text{ m/sec}$, $F=2 \text{ m}^2$, $L=2.8 \text{ m}$, Einfallswinkel des Windes $\beta=90^\circ$, woraus bei $V=100 \text{ km/h}$ $v_p=29.5 \text{ m/sec}$, $\alpha=19^\circ 48'$, bei $V=200 \text{ km/h}$ $v_p=56.5 \text{ m/sec}$, $\alpha=10^\circ 13'$.