

タイトル

流れ

自動車に関する空力の実験

～自動車のボディは流線形ではない？～

武蔵中学校 2 年

氏名 中西貴大

研究の動機

自動車が好きで、各年代の車を見たり自動車関連の本を読んでいると、20世紀はじめには空気抵抗を減らす試みとしてストリームライン(流線形)のボディ形状が生まれたのだが1980年代の日本車などを見ても、流線形というより四角いボディが多い。現在の自動車も、見るからに流線形というボディ形状をもたものばかり見ないことに気付いた。現在では空力の開発が行なわれているのに、流線形のボディでないことを以前から不思議に思っていた。どのようなボディ形状がよいのか、そして自動車には空力的にどう工夫がなされているのか、実験を通じて確かめたいと思った。



←日産 C10系スカイライン
ボディラインが全体的に角ばっている。

(田宮模型製 1/24 箱絵より)

実験方法

〈風洞装置の自作〉

※風洞の原理…無風のとときに自動車が進めば、走行速度と等しい速度の風を前から受けていることになる。したがって車を固定し前から風を当てると、走行した時と同じ空気抵抗やダウンフォース(車体を路面に押しつける下向きの力)や揚力が測定できる。(ただし実際の空洞装置にはタイヤを回転させ、地面も風速に等しい速度で後方へ動かすムービングベルトが入っている。今回自作できないために省略した。)

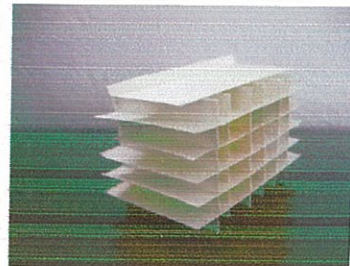
- ①風洞本体として、 $218 \times 115 \times$ (高さ)71 (mm)の空箱を使った。
1/24の自動車のプラモデルが入る大きさである中が見えるよう窓を切りぬき、0.5mm厚のPET板をはった。(写真1)
- ②扇風機の風を利用したが、風洞の大きさに合わせてフードをかき、扇風機の乱れた空気の流れを整わせるため整流板を牛乳パックのポリエチレンコート紙で作った。この整流板は奥行きを深くしてある。(写真2)(写真3)
- ③円玉は1枚1円(汚くなるので変わってしまうがほとんど1円)なので、150枚程度集めて、重りに利用する。(写真4)
- ④研究の対象となるプラモデルなどを載せる板には釣り糸(強く表面がなめらか)をつけ、もう一方の先にはおもりを入れるセリ容器をつくる。(写真5)



(写真1)



(写真2)



(写真3)



(写真4)



(写真5)

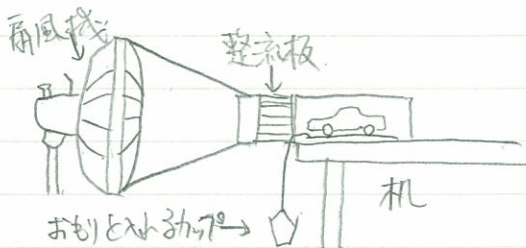


(写真6)全て組み立てた状態。

※全て自宅での
写真。ここで
実験を行う。

測定方法

プラモデルは、タイヤが回転しないようにかけ根を固定する(万が一車が風で後ろに移動していかないようにする)。こうして(写真5)のシートに載せると、タイヤのゴムとの摩擦で固定できる。どのように空気抵抗を測定するかという方法は、次のようなものを考案した。



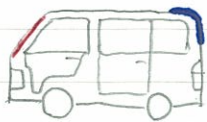
まず風を流さずに、プラモデルをシートに固定し、風洞内にセットし、シートにつながったカップに1円玉を入れていく。シートが前に動く限界の1円玉の枚数をAとする。Aには、そのプラモデルの重量のかかった、シート下面と風洞下側の上面とに生じる摩擦力、糸が机とすれ合う摩擦力が含まれる。(カップの重さは含まれていない)

次に、扇風機のスイッチを入れてカップに1円玉を入れていく。同じようにシートが動く限界の枚数をBとする。Bには、Aと同じ上記の2つの摩擦力、さらに流れる空気がプラモデルにおよぼしている後ろ向き力(空気抵抗)が含まれている(プラモデルをのせてシートが前にずれないよう風が助けている、ともいえる)。

したがって、 $B - A = (\text{自動車}が風によって受ける後ろ向き力) = (\text{空気抵抗})$ となるはずだと考え、この測定方法にした。

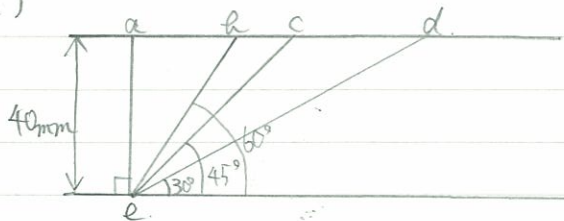
実験

①窓などの平面の取り付け角度



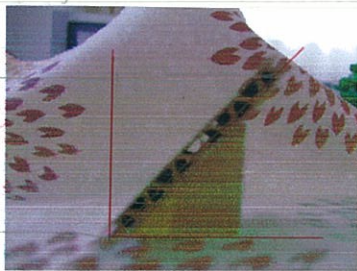
(図1)

左の(図1)のような車のフロントウィンドウ(赤線部分)の角度によって空気抵抗がどう変わりが調べる。

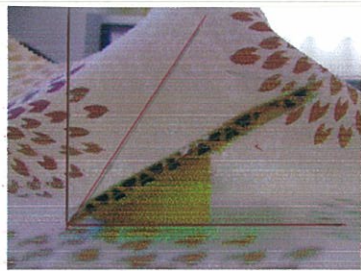


ae, be, ce, de の四つの長さ(幅50mmで一定)に、ボール紙を切り出し、角度をつける支えもつける。

(例)



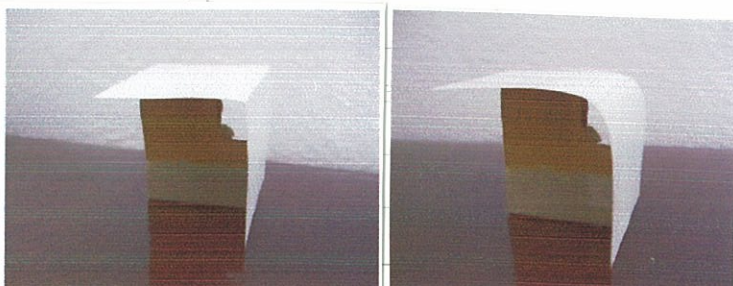
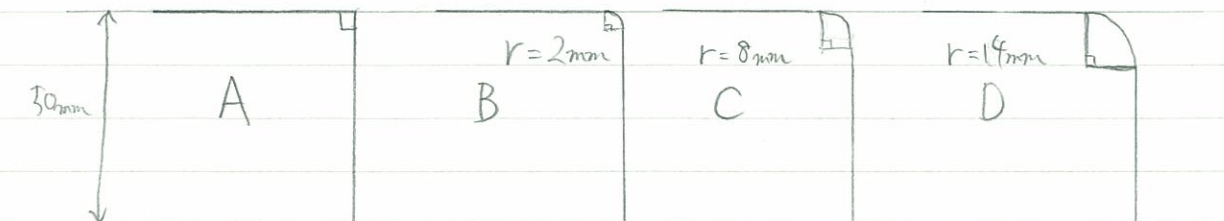
(写真7) ce



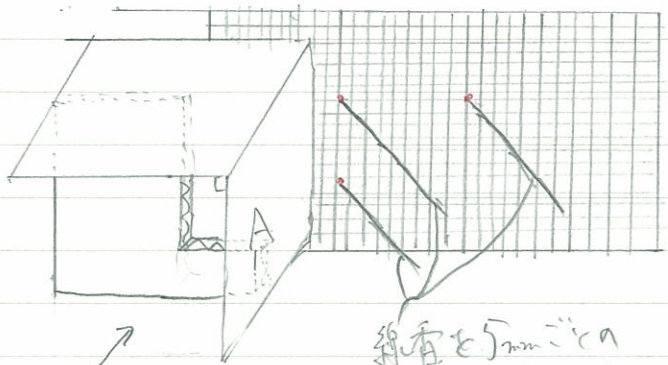
(写真8) de

ae ~ de の4種類を、1つずつ風洞内のシートに固定し、風力は常に「強」に設定し、「測定方法」で述べた方法で測定する。

②(図1)の後部の青線部分の曲線の曲がりぐあいで、空気抵抗の増加につながる流れの剥離の様子がどのように変化するか調べる。



←(写真9)(左)は A
(写真10)(右)は D

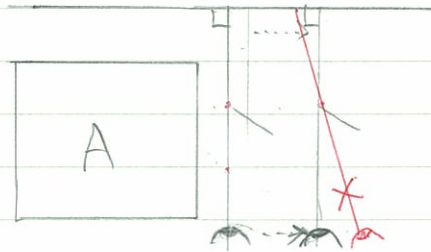


← 方眼紙を切ったものを
風洞内にはいる

⇨ 上から見ると

↑
ダンボール
で支えを作る

線香を5mmほどの
マス目の交点に置き、
その地点の状態を
手元の方眼紙に記録
する。



線香の先端とマス目が
重なって見え、方眼紙と
垂直になるように目を移動

煙がうすら頭へ来に見える
(どの方向でもよい)
↓
青い点でプロット

煙が色々な方向に煙がのびる
(剥離してすきがある)
↓
赤い点でプロット

③ 形状の違いによる空気抵抗

「測定方法」で述べた方法で、1/24ステールのプラモデルやミニカーなどの
空気抵抗を計測し、形によってどう変わりが考察する。

④ エアロパーツの検証

視覚的な効果のみを追求したようなものもあるが、本来はダウンフォースを発生させたり
気流を安定させたりするためのパーツをエアロパーツというが、今回の実験でその効果が
認められるか試してみた。線香の煙を部分的にかせし、煙の向きをつなげて全体の流
れを調べる。

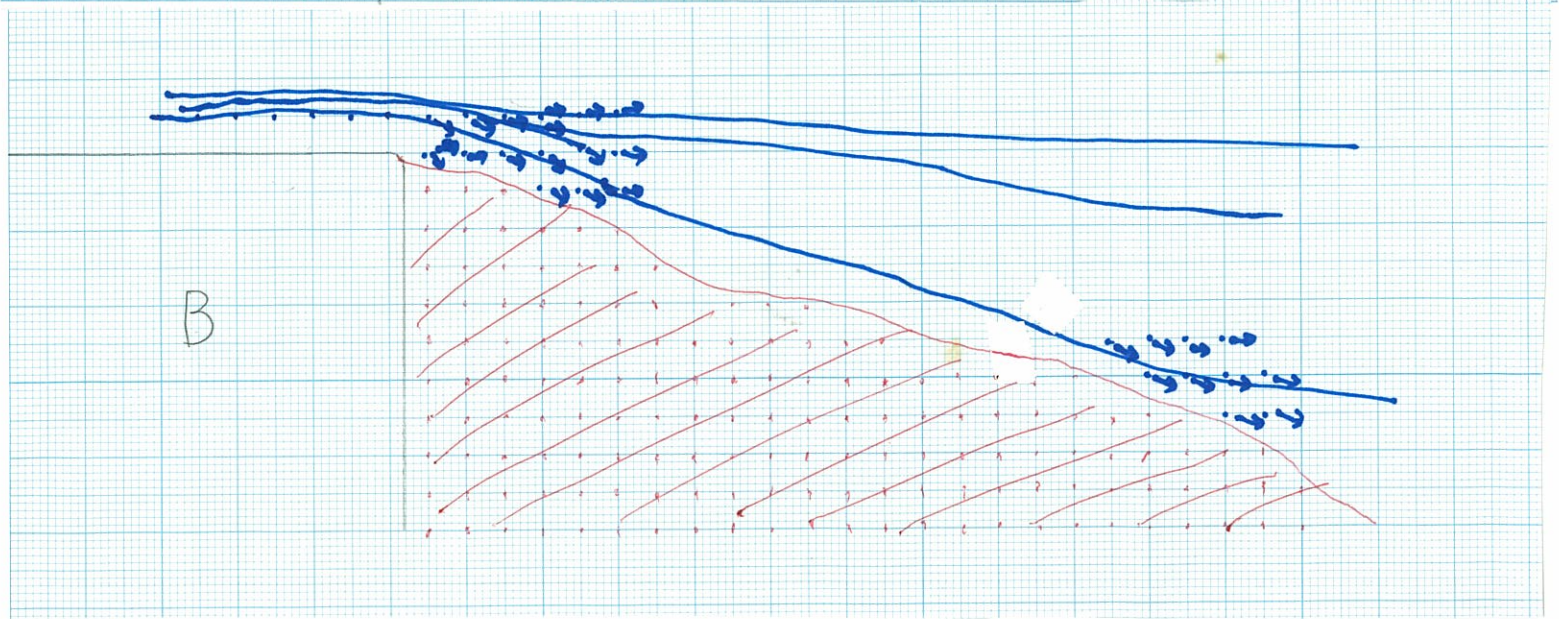
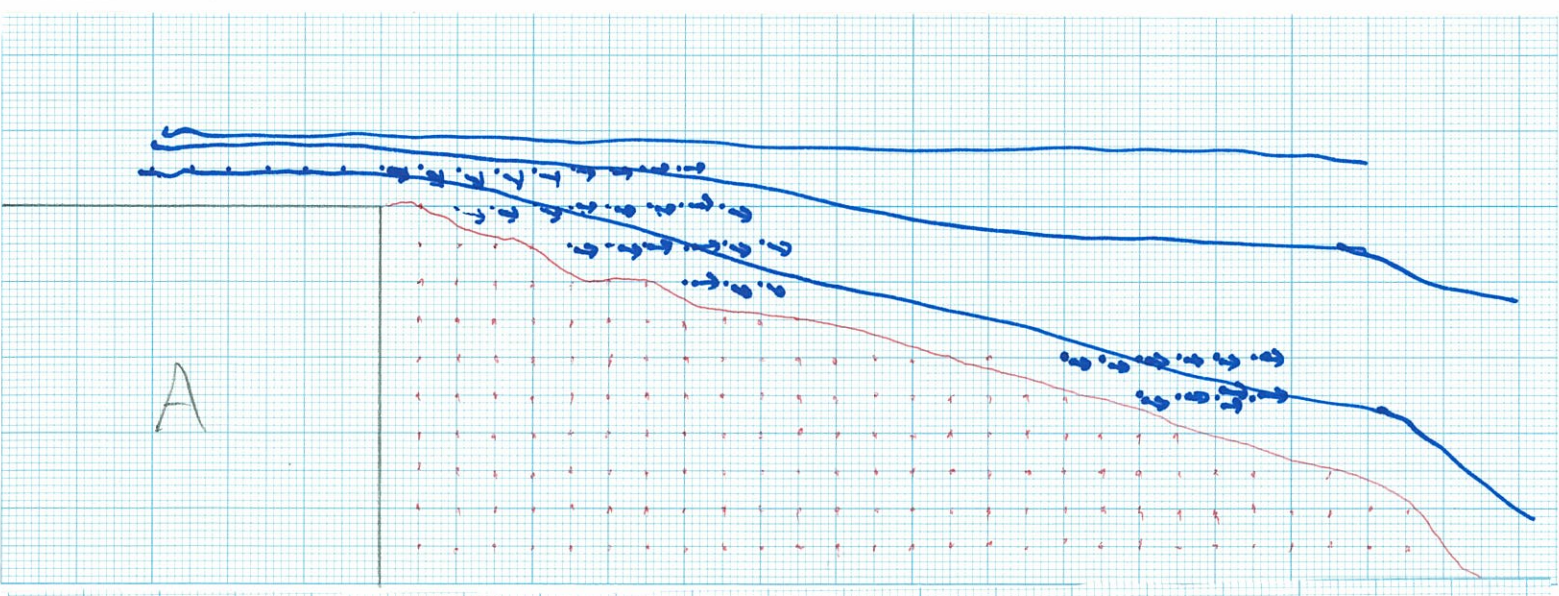
結果

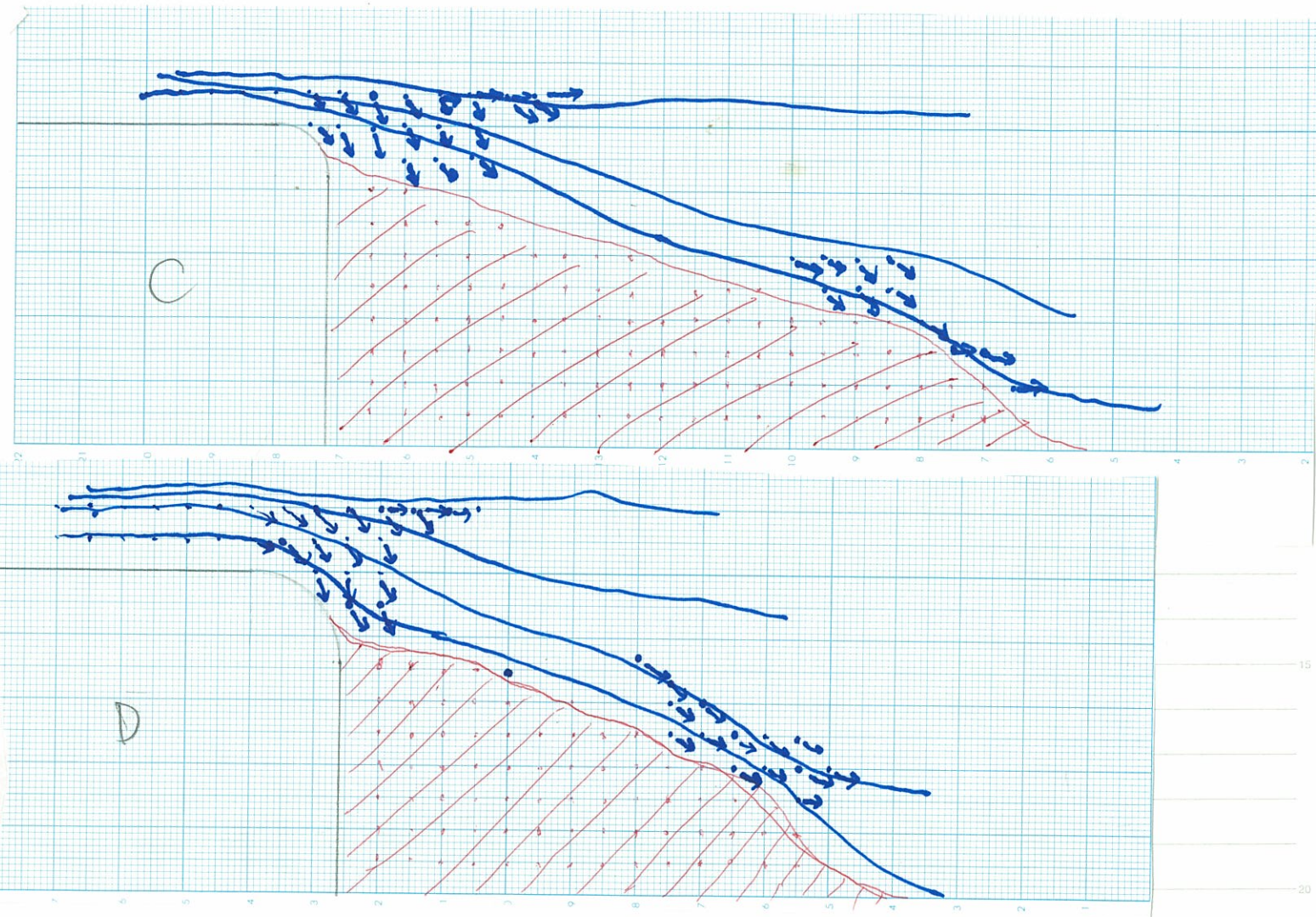
①の結果

実験対象	抵抗(g)
ae	5
be	3
ce	2
de	1

↑ 角度がつかくほど抵抗が大きい。

②の結果





Aでは、曲がった角からすぐに剥離が始まっていたが、曲がり方がゆるやかになると、上面を流れてきた空気は曲面に沿って少し下に曲げられ、その後剥離が始まることかわかる。

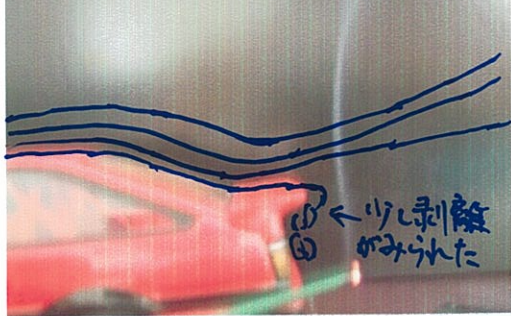
③の結果

いくつかのプラモデルで、空気抵抗の測定を試みたがどれも
 (風を吹がないときの円玉の重量) > (風を吹いたときの円玉の重量) となってしまった。
 (失敗の原因を考察で考える。)

④の結果

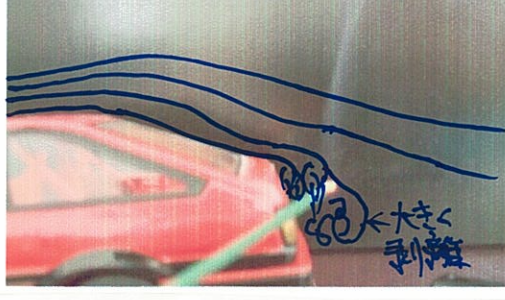
次のページに、流線を線で表したものがあってある。

※後ろに見える煙は無風状態のもの。



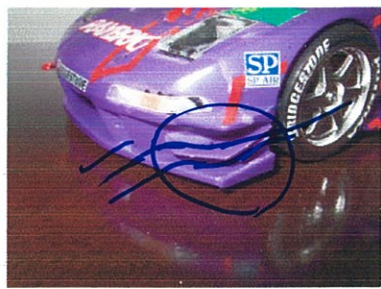
(写真11)

※部分的な煙の向きを調べ、替えてあげてある。



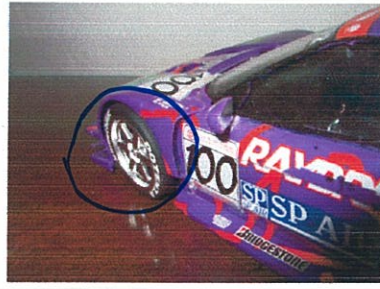
(写真12)

※トヨタ AE86 レビン
1/24 スケールミニカー
を使用。



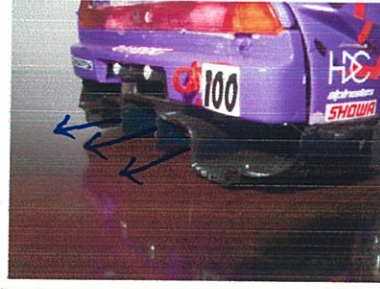
(写真13)

前部のダウンフォースを増す。



(写真14)

空気抵抗を減らすために、ポニーから滑らかに大きく引き伸ばしたグリスタフィン



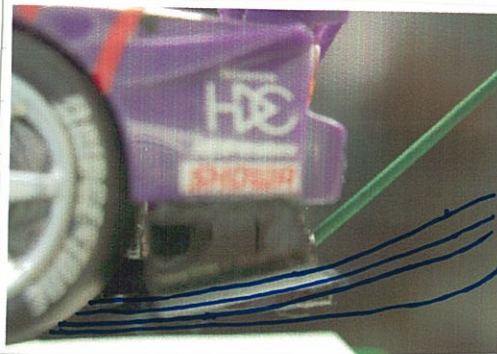
(写真15)

シャーシ下面の空気の流れを整える。

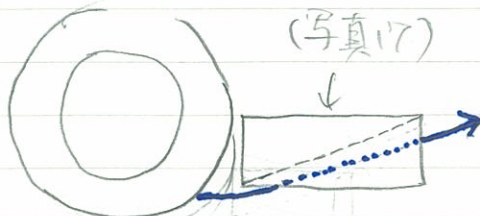


(写真16)

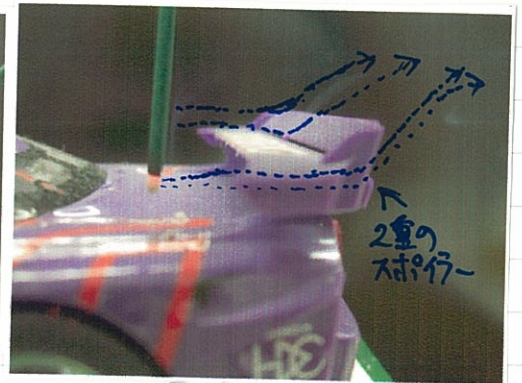
大型のリアスポイラー



(写真17)



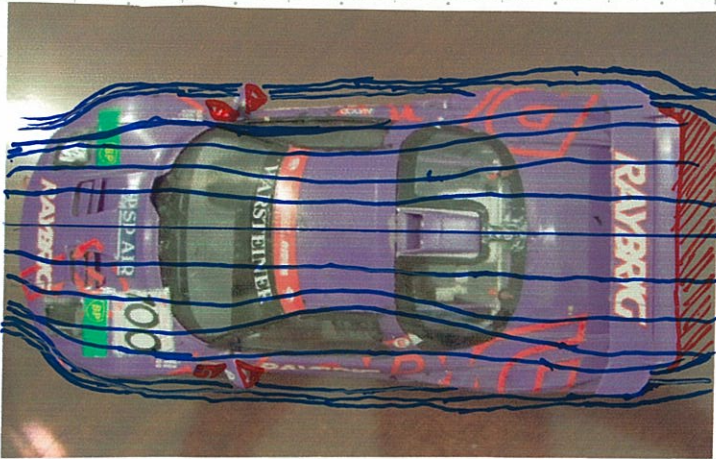
黒い線「-----」で描いたような傾斜の平面になっているため、シャーシ下面と通ってきた流りは上方に引き上げることがわかった。



(写真18)

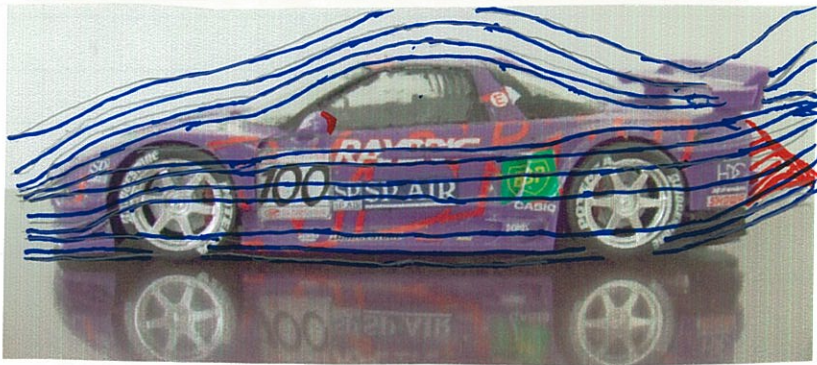
上下にスポイラーが2枚あるため、ダウンフォースを増すことができる。





(写真19)

赤い部分は、剥離が線香の煙で
確かめられたゾーンを表す。

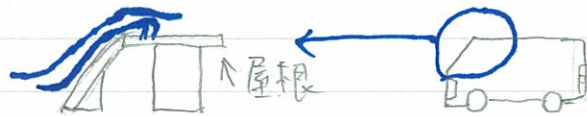


(写真20)

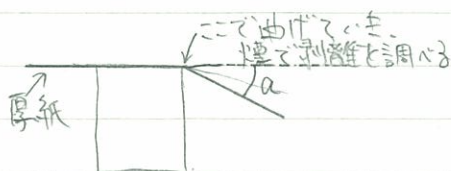
流れが上向きに変えられていることが
確かめられた。

考察

①前面投影面積は同じでも、空気の流れを受け流すように角度をつけると、抵抗は小さくなることがわかった。それと同時に、屋根をつけてみても、角度が浅いほうが剥離が少なくなった (de は、屋根をつけると剥離が無くなった)。進行方向に対して垂直に近くなるほど、抵抗は大きく、その後流れが水平面に移行するときも剥離は大きくなると思われる。



②曲面に沿って空気が流れないのは、少しは面に沿って曲がるものの、曲がる角度にはきっと限界があるのだろうと思った。そこで、別に追加実験として下のようなことを調べた。すると、 $\alpha=37\sim40^\circ$ のところで剥離が始まった。自動車の場合、居住スペースの確保も重要であるから、B~Cがよく見かける形だと思われる。



③なぜ、風を送った時の方が、前からの風がないときより軽いかで動いてしまったのか？
 その原因として考えられるのは、扇風機の振動である。床→机→風洞と伝わった。
 フード→整流板→風洞、あるいは風自体が振動していた、などが考えられる。
 風洞は小さく切った(30mm×30mm×30mm)スポンジ4つを通して机に設置する。
 などの対策をしたものの、効果は見られなかった。整流板と風洞を接しないよう1mm
 程はなしても同じだった。剥離によるうずができて振動するのなら防ぐことは難しいと
 思う。風がもっと強かったら、確実だろう。
 少し調べてみると、模型での実験の場合、空気だと縮尺が合わないために密度の高い
 水を使うこともあるようだ。そこで、校内を流れるすすぎ川で実験した。

<方法> 輪ゴムを1箇所でもり、(本のゴムにする。その端をミニカー(1/24スケール)
 の前部の下部に取り付け、川の流れに逆らうように置く。そしてミニカーが
 前に動くギリギリまでゴムを前に引っ張る。その長さを測り、後で
 何gの荷重でゴムがその長さまで伸びるか測る。川底には0.5mm厚の
 PET板(透明)を置き、平らにする。



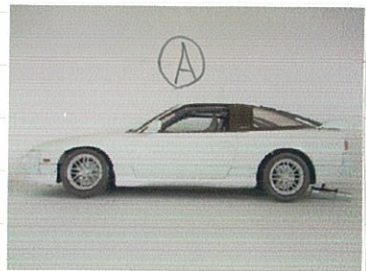
(写真21)すすぎ川



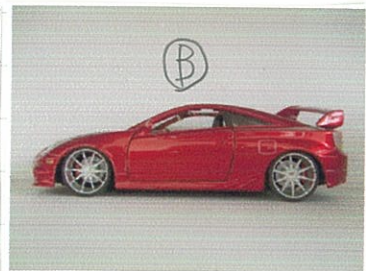
(写真22)選んだ場所



(写真23)使うミニカー



(写真24)



(写真25)



(写真26)

<結果>家で、静止した水の中でも同じ作業をし、その値を3回と


①18g ②20g ③23g となった。


<考察> ②より①の方が丸みは少ないが、②の方が全高や前面投影面積が大きいため、②の
 抵抗が大きいと考えられる。③は角ばっていて、水の水平な向きの流れをそのまま
 受ける部分が多く、抵抗が大きくなったのだろう。

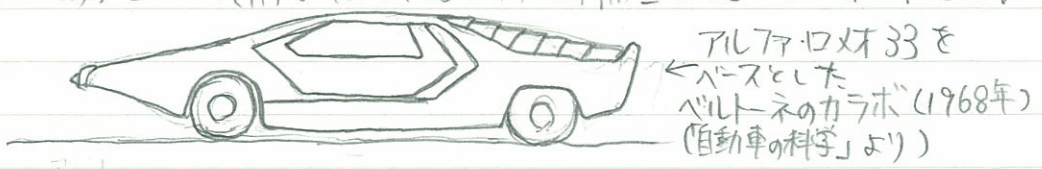
《追加実験で気づいたこと》実車で空気の流れの剥離がなぜ抵抗(自動車は後ろ向きに受ける力)につながるか調べたところ、剥離した部分の圧力は低く、そこにも圧力の高い前部の空気が後ろ向きに力を加えるため、空気抵抗が増加する、ということだった。しかし水は空気にくらべてかによる体積の変化はとて小さいため、剥離による影響はほとんどないのではないかと考えた。

④エアロパーツや、空力の面からすみずみまで研究、開発されたレーシングカーの空気の流れを調べることにできた。今回のレーシングカーのベース車はもともと全高が低く、運転席周辺の窓や屋根はなめらかな形状なので、空気抵抗はとて小さい。リアスポイラーなどの空力パーツによって、ダウンフォースを増加させるだけでなく、剥離を少なくし空気抵抗までもが減らせることがわかった。

《追加考察》なぜボディ形状は流線形ではないか？

 ← これなら、車体を持ち上げてタイヤを路面から浮かせようとする揚力は発生しない。しかしタイヤを取りつける上に人も乗るため、床は平らである方が機能的だよ。

 ← その理由で、このように大きな形ではないがこの形の自動車が作られた。しかし飛行機の翼のようであり、揚力が働いてタイヤの路面押圧力が減り、操縦性が悪くなる。だから、流線形のボディは作れないのだと思う。
『参考文献:自動車の科学』には、「ボディ・スタイルの基本はウェッジ・シェイプ(くさび形)といって、前が低く後ろが高い三角形」となることが示されている。



まとめ 自動車の空気抵抗... 平面(窓等)の進行方向に対する角度、折り曲げ角、曲がりくねり、空力パーツ、さらにボディ全体のスタイル(流線形やくさび形)で決まる。
自動車の揚力(またはダウンフォース)... ボディをウェッジ・シェイプにすることで揚力が減り、ウイングなどのパーツを付けると路面押圧力を増やすことができる。

参考文献 講談社「自動車の科学」樋口健治 1979年