

全天候環境試験室

All-Weather Testing Chamber for Automobiles

近年、製品の品質向上、ニーズの高度化及び信頼性確保のため、人工環境下で製品開発試験を実施する方法が普及しつつあるが、自動車の場合も寒冷地気象や熱帯地気象など、様々な環境条件を実験室に再現して試験を行える設備が数多く設置されつつある。

今後、自動車の高機能、高品質化の開発を目的とした実験のためには、従来の技術レベルではこれに十分対応できない面が出てきているため、経済性をより追求した本格的な環境試験装置の開発ニーズがでてきている。

本稿では、自動車環境試験装置の概要とこれらの課題と研究の成果について示し、終わりに今後の動向として、新世代に通用する全天候環境試験室の早期開発の意義について述べる。

深沢汎茂* Hiroshige Fukasawa
中川幸二** Kôji Nakagawa
吉田雅典* Masanori Yoshida

1 緒 言

自動車用環境試験装置が、今や自動車メーカーや部品メーカーにとって品質の向上、ニーズの高度化及び信頼性の追求、確立のためには必要不可欠の装置となっている。最近の需要動向をみても生産設備投資は抑えても、この種の先行技術開発関連の投資には各企業とも優先して力を入れていることがうかがえる。

このことは、日本の自動車が今後とも国際車としての不動の地位を確保し維持していくために、それぞれの地域の気象環境下で高度の信頼性を保ち、更には利用する人々特有の国民性なりユーザーのデリケートな要求を十分反映させ高機能、高品質の車づくりを目指していることにほかならない。

先行技術開発や信頼性確保の手段としての自動車環境試験装置は、いながらにして世界中の至る所の様々な気象環境を実験室的に再現して、種々の実車走行実験が行えることが大きな特長である。

しかし、自動車の今後の高機能化、高品質化の開発を目的とした実験のためには、従来技術レベルの設備ではこれに十

分対応できない面が出てきている。例えば、実際の走行中の車体各部の圧力、風速条件にいっそう近づけるための環境風洞設計、太陽光により近似した日射設備などの必要性が提起されている。

したがって、今後は自動車の開発ニーズにマッチした本格的な環境試験装置の技術開発が望まれるが、建設コストがかさむため省エネルギー、省力化を図り、経済性をより追求した真の意味の装置の高性能化、高機能化が必要である。

2 全天候環境試験室

2.1 自動車用環境試験装置の概要

自動車用環境試験装置は、自動車が遭遇する様々な自然環境を実験室に再現して、実車、エンジンなどを試験する装置である。再現する環境の内容別に分類したものを表1に示す。

気象環境のパラメータの主体は実験室内の測定部での空気流速、温度及び湿度条件である。このほかに大気圧力(高地の減圧条件など)、日射、路面ふく(輻)射、降雨、吹雪などの条件が複合的に付加される。

高温試験装置は赤道直下の高温多湿、日射条件などの高温環境下での実験を目的とした設備で、走行試験まで実施できるホットトンネルがこの代表例である。

低温試験装置は特に高緯度地域の寒冷気象を再現して、エンジンの低温始動性、暖気特性、アイシングテスト及び霜取り装置試験のほか、走行時のカーエアコン(カーヒータ)性能テストなどが実施できるもので、コールドルームの名称で呼ばれている。これらは現在、国内自動車メーカー、部品メーカーなどに広く普及している実験設備である。

表1 自動車環境試験装置の環境による分類 再現環境の内容別分類と、その代表例の一般名称を示す。

No.	分類名称	一般名称及び代表例
1	高温試験装置	ホットトンネル
2	低温試験装置	コールドルーム
3	全天候試験装置	オールウェザーテスト室
4	耐候試験装置	信頼度試験室

* 日立製作所土浦工場 ** 日立製作所機械研究所

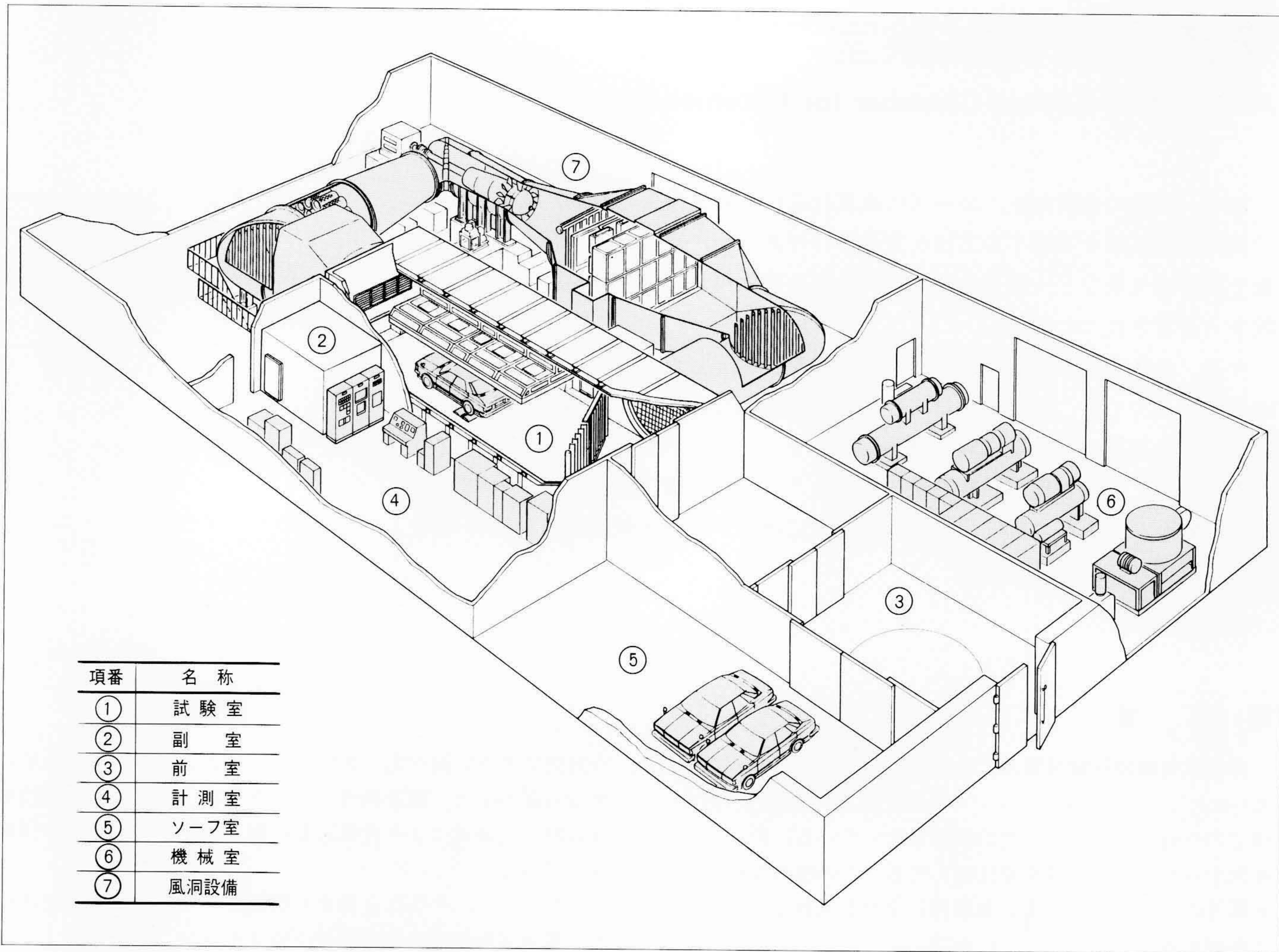


図1 全天候環境試験室の外観 オールウエザーテスト室とも呼ばれ、低温、高温条件に加え風、雨、日射、吹雪条件などを人工的に発生させて、実車走行模擬テストが行える。

全天候試験装置はオールウエザーテスト室とも呼ばれると
おり、地球上のあらゆる気象環境を一つの実験室内に再現で
きるものである。極低温、高温条件のほか、雨、風、日射、
路面ふく射、吹雪条件などを発生させる装置を備え、実車走
行模擬試験が実施できる風洞設備及びシャシダイナモメータ
などで構成される。建設コストがかさむことから、本格的な
装置の建設台数は比較的少ない。全天候環境試験室の外観を
図1に示す。

2.2 自動車用環境試験装置の今後の動向

環境試験装置の大きな特長は、いながらにして希望する任意
の環境条件が高精度に作りだせること、実験データの信頼性が
高いこと、実験効率が大幅に向上することである。以上は技術
改善、開発のスピード化のために不可欠な手段となっている。
環境試験装置による現在でのテスト対象は、構成材料、部
品、アセンブリ製品、エンジン及び完成車など、多岐にわた
っている。完成車としての各種環境条件下での総合性能、機
能の確認テストが十分実施され、使用先でのクレームの未然
防止、利用者に喜ばれる自動車の開発、すなわち完成車とし
ての総仕上げの目的のために、環境試験装置の活用が高く評
価されている。このような観点から、最近、新材料研究、カ

ーエレクトロニクスなどに関する試験、自動車の低騒音化の
追究などの目的に、環境実験の新しいニーズがでている。

近年、カーエアコンの空調性能が、車の居住性あるいは快
適性の確保のため重視されている。また、特に寒冷地向けの
自動車では、安全性面でウインドーの霜取り性能や走行中の
曇り防止が重要な課題となっている。

これらの技術開発のための有力な手段としての環境試験装
置がその役割を十分果たすためには、自動車用環境試験装置
で得られた実験データとフィールドでのデータが常に比較、
検証され、差異や問題点が生じた場合は、原因の解明と要因
の数値的な把握が特に大切と考えられる。フィールド条件に
マッチした真に有効な良質のデータが収集できるこれからの
新しい環境試験装置の開発のためには、ユーザーとメーカー
の協調が更に必要と思われる。

3 走行状態再現性の向上

3.1 環境風洞の走行状態再現性の問題

通常、自動車用風洞の吹出ノズル断面積は、環境風洞では
車体の前面投影面積と同一ないし1.5倍程度である。これに対
して、抗力などの空力特性の研究に用いられる空力風洞では、

ブロッキング比^{※)}0.1以下が望ましいとされ¹⁾、多くの風洞がこの条件で製作されている²⁾。

従来の環境風洞の吹出ノズル断面積が、空力風洞に比べて極端に小さい理由は以下の2点である。

- (1) 空調機及びそれに付帯する冷凍機などの設備、設備を収容する建築物の大形化によるコストアップを避ける。
- (2) エンジン、車体各部の環境下での性能・機能試験、排ガス測定などが主体であり、走行状態再現性は特に要求されていなかった。

なお、日立製作所での従来の環境風洞吹出ノズル断面積は、気流が車体を包むだけに必要な最小面積を、モデルによる水槽可視化実験(図2)を行い定めていた。

しかし、環境風洞で寒冷地(−40〜−30℃)での高速走行(100km/h以上)を想定してカーエアコンの空調能力試験を行い、評価した車両を現地の同環境で走行評価したところ、フロントウインドの一部とサイドウインドでデフロストエリアが狭くなるという結果が得られた。この原因は、環境風洞での車体当該表面近傍の気流が実走行時(フィールド)より低速で、ガラス表面の冷却が実走行時より少ないためと考えられる。

風洞試験でのブロッキング比の値が、供試模型周りの流れにどのように影響するか、回転対称体の抗力係数 D/D_∞ との関係で表わすと(1)式³⁾のようになり、計算結果を図3に示す。

$$\frac{D}{D_\infty} = \left\{ 1 - 0.238 \left(\frac{A}{C} \right)^{\frac{2}{3}} \right\}^2 \dots\dots\dots(1)$$

ここに D : 断面積 C の気流中に置かれた物体の抗力
 D_∞ : 無限気流中に置かれた物体の抗力
 A : 気流に垂直な物体の断面積
 C : 気流の断面積

図3によれば、無限気流中(ブロッキング比0)に物体が置かれた場合の抗力 D_∞ を100%とした場合に、抗力 D が98%以上となる気流を再現するためにはブロッキング比0.121以下、99%以上では0.076以下の値とする必要がある。一方、ブロッキング比が大きい場合、例えば0.5での D は D_∞ の85%であり、物



図2 モデルによる水槽可視化実験 気体が車体を包む流れの状態を、立体的に把握した。

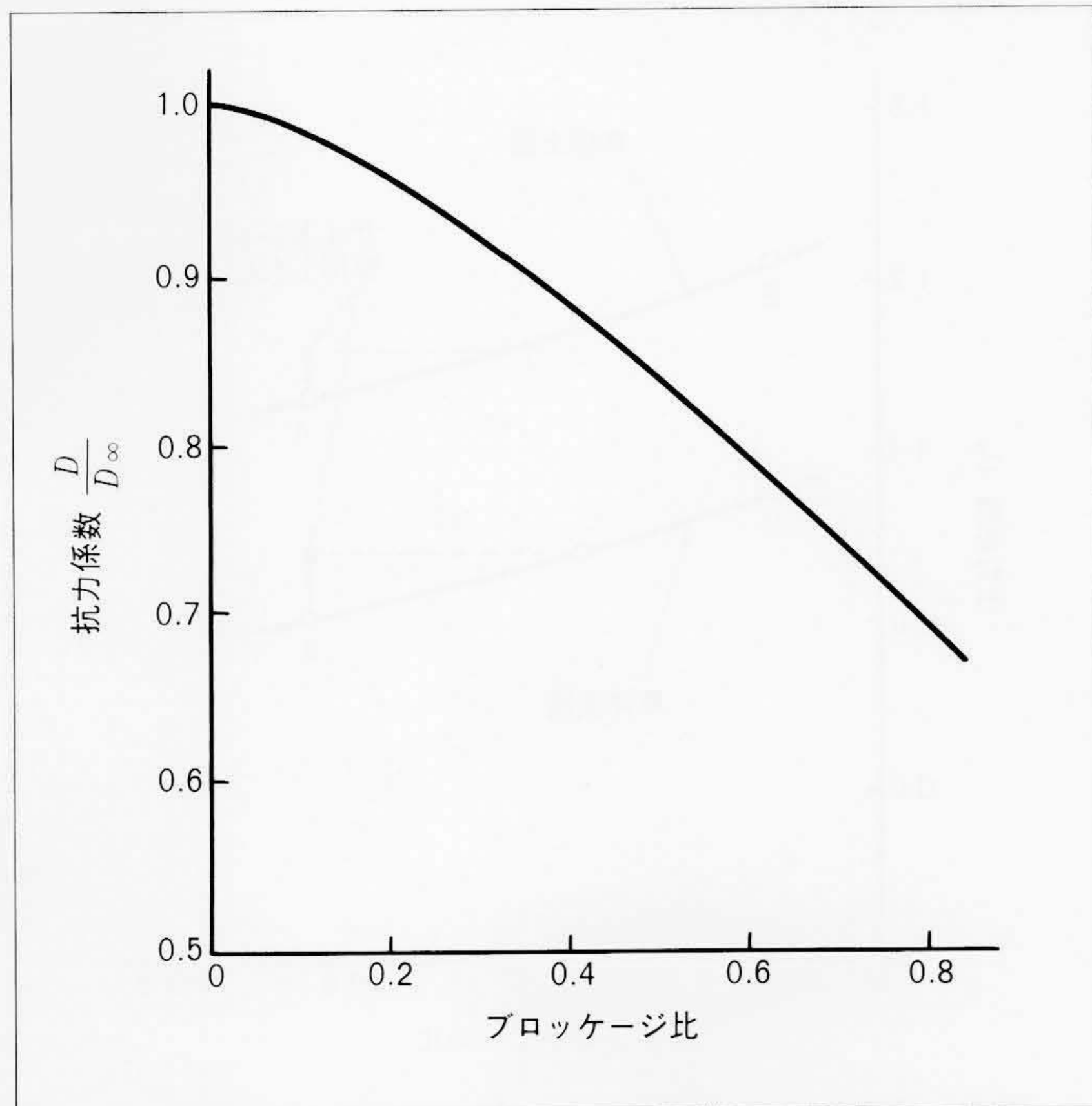


図3 ブロッキング比による抗力係数の変化 実際の走行状態に近似しているかの目安となる、ブロッキング比の理論カーブを示す。

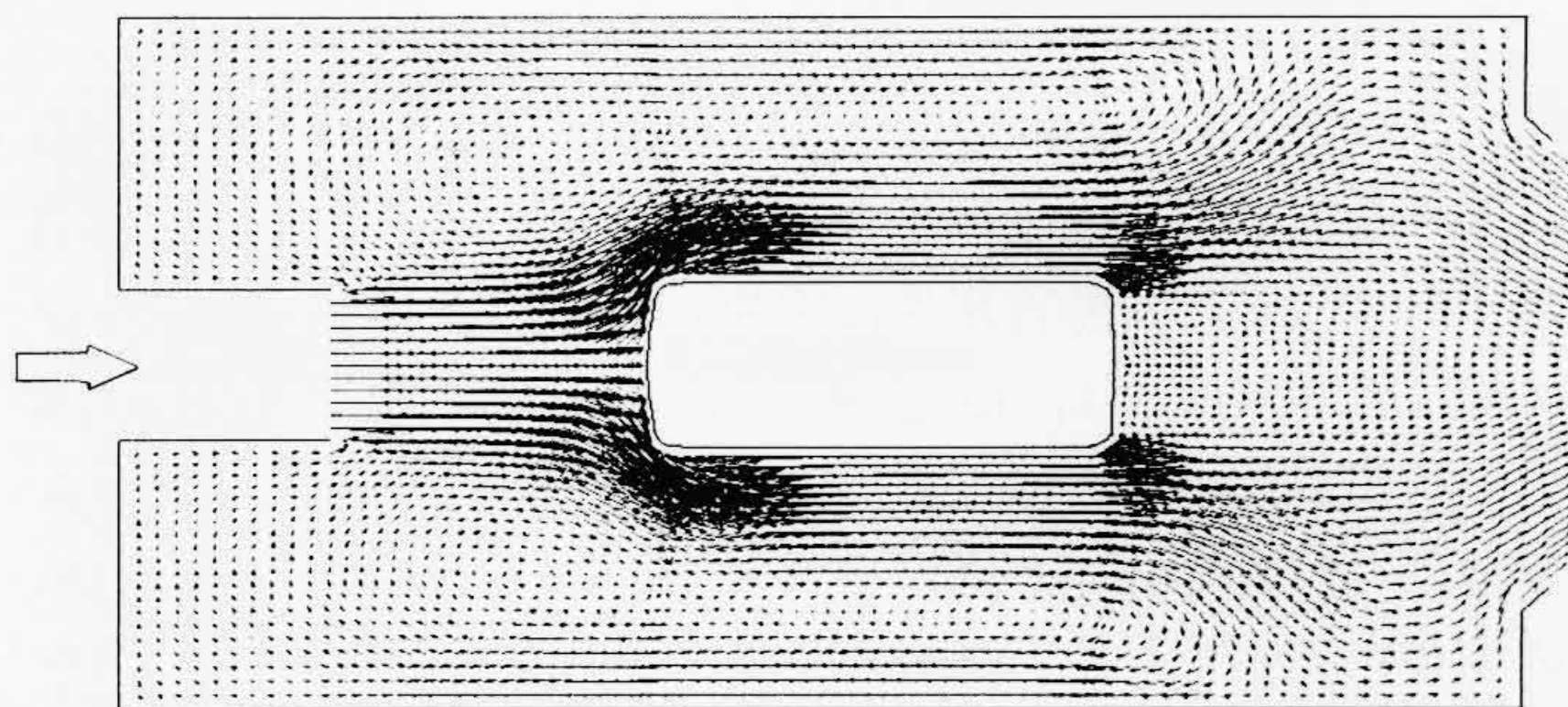


図4 コンピュータシミュレーション モデル実験を行う前に、車体周りの気体の流れをコンピュータによりシミュレーション解析を行った。

体周りの流れは無限気流中の場合と大幅に異なる。

この観点からすると、ブロッキング比0.1以下の空力風洞では、走行状態を十分再現する車体周りの流れになっていると言えるが、従来の環境風洞ではブロッキング比が0.5以上あり、走行状態とは大幅に異なっていることが推定できる。

3.2 環境風洞の走行状態再現性の実験的研究

実験に先立ち、2次元のコンピュータシミュレーションによる検討を行った。その一例を図4に示す。

モデル実験では、車体周りの流れがブロッキング比によりどのように変化するかを明らかにした。

図5は、車体表面の圧力係数とブロッキング比の関係を、開放形測定部の場合について実験的に求めたものである。

圧力係数 C_p の定義は(2)式で表す。

$$C_p = \frac{P_t - P_s}{P_t - P_e} \dots\dots\dots(2)$$

ここに P_t : 吹出ノズル全圧
 P_e : 吹出ノズル静圧
 P_s : 車体表面静圧

※) ブロッキング比 : $\frac{\text{車体前面投影面積}}{\text{風洞吹出ノズル断面積}}$

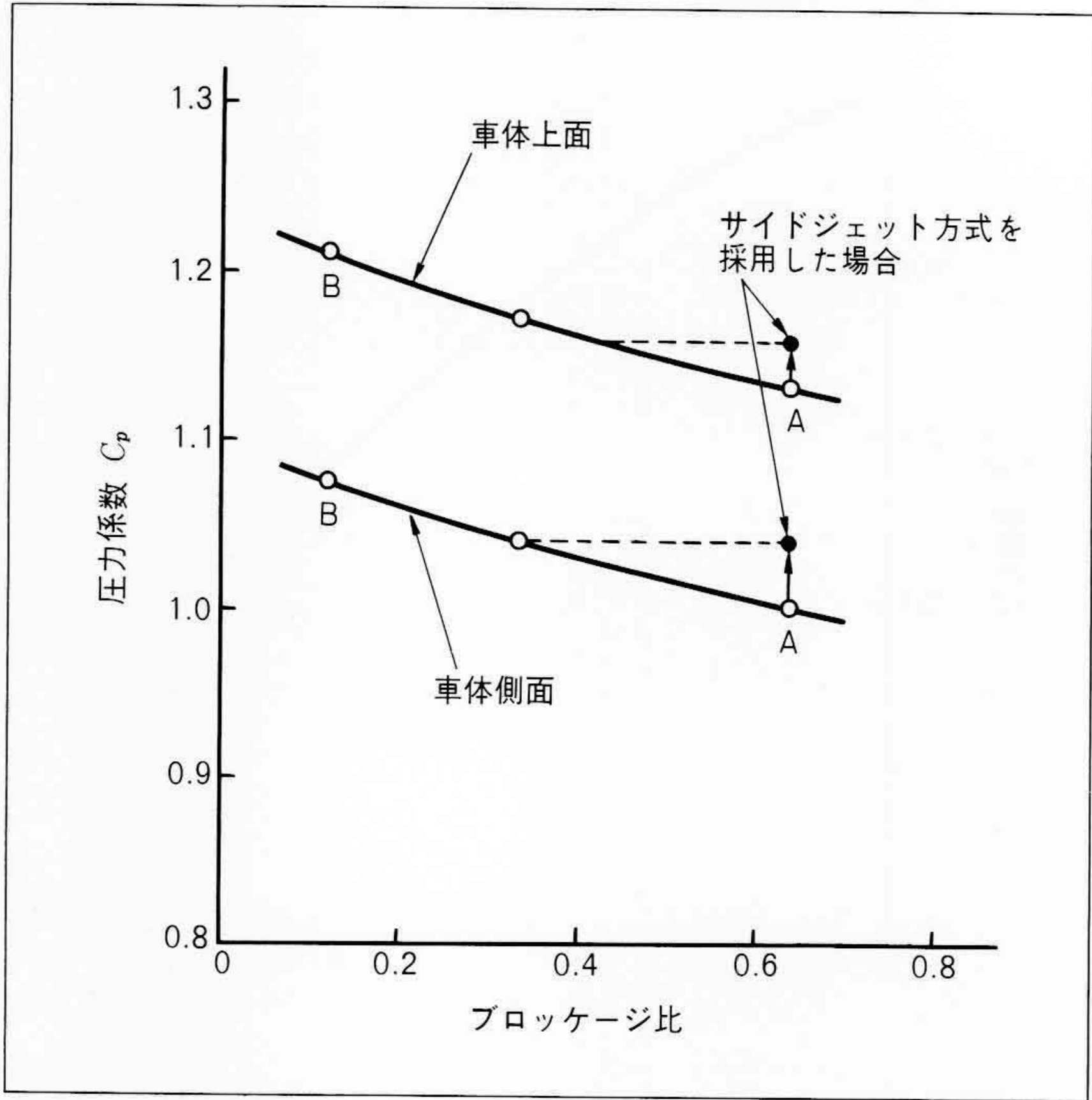


図5 ブロッケージ比による圧力係数の変化 ブロッケージ比によって、車体表面の気流流速が違ふことを実験により求めた。

図5のブロッケージ比最大の実験点Aは、空調設備の小形化に重点を置き気流は車体を包み込むことだけを条件とした場合であり、走行状態再現性は重視していない。ブロッケージ比最小の実験点Bは、温湿度を制御する必要のある環境風洞で、現実的に製作可能な範囲で走行状態をほぼ再現していると考えられる場合である。ブロッケージ比最大の場合には最小の場合に比較して圧力係数が車体上面、側面共に約8%少なく、3.1で推定したように車体表面近傍の流速が低くなっている。この差が車内空調にどのように影響するか、ブロッケージ比が最小の場合を基準に概算した結果、室温については大差ないものの、ウインドーの曇り発生の有無といった微妙な問題になると差が生じてくることが判明した。

3.3 環境風洞の走行状態再現性の向上

以上に述べたように、環境風洞でも最近では走行状態再現性を重視する傾向がでてきた。特に車体側面については、サイドの視界を確保しなければならないドアミラーが一般化しており、安全性の観点からサイドウインドーの曇りが発生しない車内空調能力を見いだすため、走行状態を精度よく再現する必要がある。

走行状態再現性の向上を行うには、ブロッケージ比を小さくすることが効果的であるのは明らかであるが、設備の大幅な大形化が必要となる。

そこで、車体側面の流れの再現性向上を既設環境風洞の小規模な改造で実現できる方法を検討した結果、吹出ノズルの側面に補助ノズルを設置して、吹出ノズルからの気流より速い流速を与えるサイドジェット方式を考案した。その概要を図6に示す。

3.4 サイドジェットの効果

図5で、ブロッケージ比最大の実験点を得た風洞にサイド

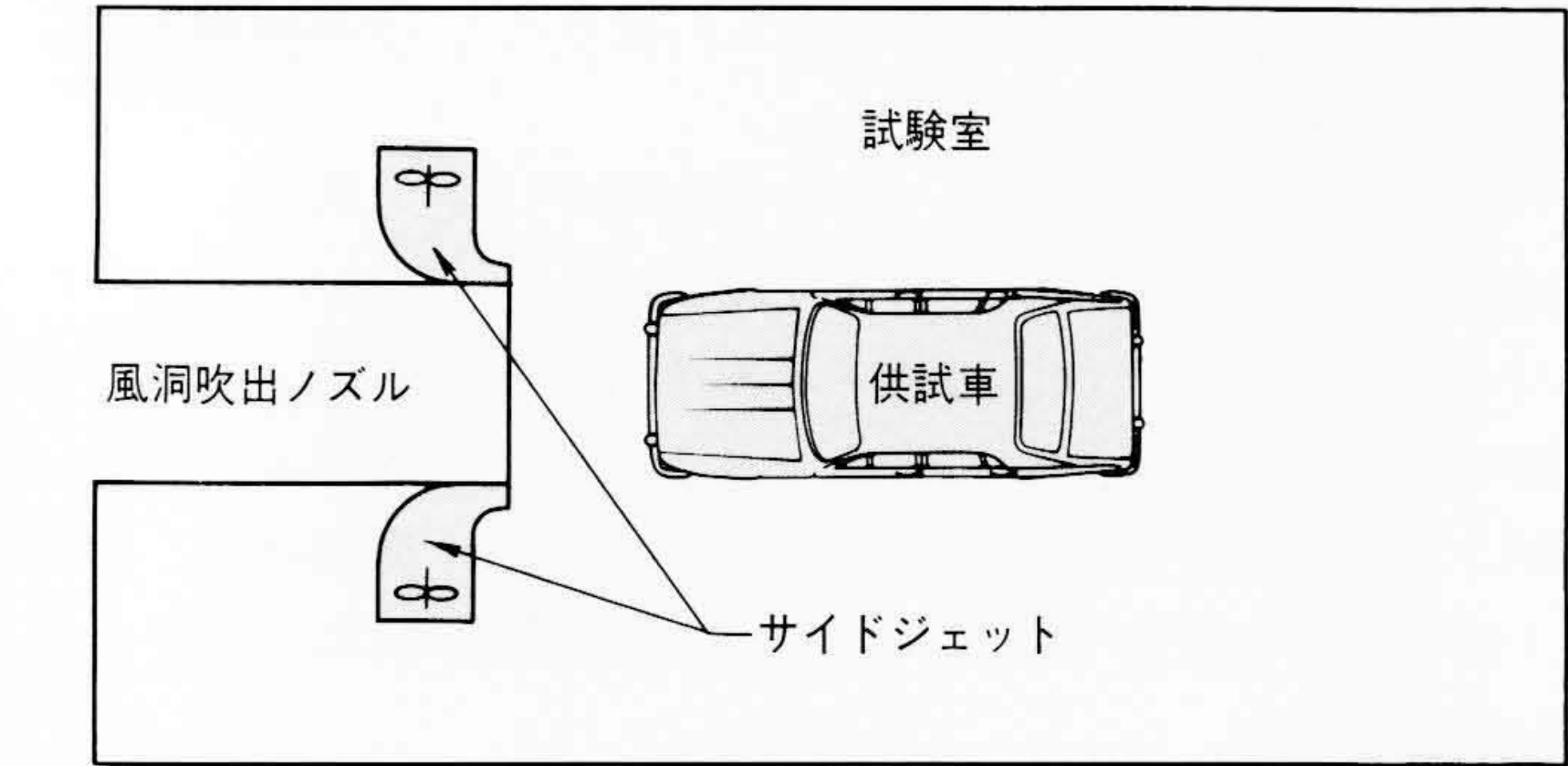


図6 サイドジェット方式の概要図 風洞吹出ノズルの両サイドに補助ノズルを設置して、走行状態再現性の向上を図る。

ジェットを追加した結果を、同図中の●印で示す。車体側面については、圧力係数が約4%増加してブロッケージ比が0.335の点と同じ値になり、風洞吹出ノズル断面積を2倍にした場合とほぼ同じ効果が得られる。車体上面の圧力係数は、側面の場合より改善効果が少ないものの3%弱増加している。車体側面のほうが上面より効果が大きいのは、サイドジェットの直接の作用を受けていることによるものと思われる。

このように、サイドジェットは走行状態再現性の向上に大きな効果が得られる。また、風洞の主要部分に変更しないので、低コストで現有設備の性能向上を図ることができるなどの利点がある。しかし、サイドジェット流速が風洞吹出ノズルからの気流よりも速いものでなければ効果が少ないこと、側面と上面での改善効果が異なるなど、走行状態の再現には限界があるので、用途によっての使い分けが必要と考える。

4 結 言

今後の自動車関連環境試験システム技術開発の動向としては、より高機能、高性能化しつつあり、更に省エネルギー、省力化のニーズが強まるものと考えられる。すなわち、風質については実際の走行中の車体各部の風圧、風速条件にいっそう近づける環境風洞の開発、日射設備の光源がより太陽光に近似したもの、あるいは分布精度が照射範囲内任意の点で制御維持できるもの、また雪質については天然雪に近いものの新技術などを折り込むことなどが要求される。一方、ランニングコスト低減及び省力化をよりいっそう図るため、最新のエレクトロニクス技術あるいはコンピュータを活用し、経済的で人手のかからない、いわゆる新世代に十分対応可能な高品位の全天候環境試験室の早期開発が強く望まれるところであり、ユーザーの指導のもとに社内外関連研究部署の協力を得て、日立式全天候形環境試験システムの完成に努めている現状である。

参考文献

- 1) A.Pope, J.J.Harper : Low-Speed Wind Tunnel Testing, 25(1966)
- 2) 織田：自動車の風洞試験, 日本航空宇宙学会誌, 第22巻, 第245号, 13~17(1974-6)
- 3) 航空評議会：風洞試験規定, 66~67(昭17-12)