

# モーターサイクルモデルによる流体騒音の予測と低減

## Estimation and Reduction of Aerodynamic Noise by Motorcycle Scale Model Testing

後藤一廣 Kazuhiro Goto

林 恒夫 Tsuneo Hayashi

藤田 進 Susumu Fujita

●技術本部 基盤技術研究室

### 要 旨

高速走行時の快適性を向上させるためには、流体騒音を低減することが重要である。当グループは模型風洞試験により、ライダー耳元の流体騒音を予測する技術を開発した。プローブマイクをライダー模型内に配置して、直接流体騒音を計測し、ライダーの耳とスクリーン先端との距離を最適化した結果、流体騒音を約3dB(C)低減できた。また最適化されたスクリーンは良好な風防機能を持っている。

## 1 はじめに

モーターサイクルにはスタイル・走行性能など従来の機能要件に加え、最近は様々な局面で快適性も望まれるようになってきた。それらの一つとして、高速走行時の流体騒音低減と風防機能の両立は重要な課題である。

他方、車両開発における一層の開発効率向上もまた、メーカーにとって重要な課題である。これらを同時に解決するには、旧来の試作・試験の繰り返しとは違う新たな開発の手法が必要となる。

自動車・航空機などの開発において、模型風洞試験はその初期段階より各種空力性能の予測に広く用いられている。そこでこれを一歩進めて、モーターサイクルのライダーが受ける流体騒音を、模型試験により予測する手法を開発し、さらに車体形状の改善による騒音低減と風防機能向上を試みた。

## 2 実験装置および方法

模型風洞試験の概略を図1に示す。風洞の測定部はオープン型であり、送風機および送風路には低騒音処理は施されていない。

模型は縮尺比1/4とした。ライダー模型内部にはプローブマイクを配置し、プローブ先端を人間の耳と同一位置に設定した。ヘルメット内部には適量の吸音材を充填し、実物により近づけるよう配慮してある。

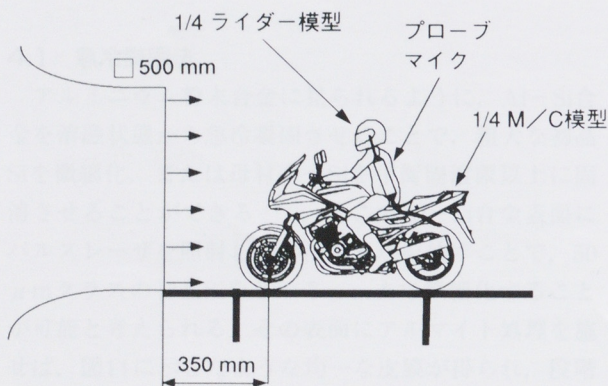


図1 模型風洞試験概要

モーターサイクルの流体騒音では、騒音に影響するライダー固有の物理的要因が多数存在する。そこで最も代表的な要因として、身長・乗車姿勢・装着するヘルメットの3点について条件を設けることとした。

ライダーの身長は176cmと設定し、体格は平均的男性をモデルとした。姿勢は自動車教習所などで基本姿勢として教えられる、通常に着座して乗車するものとした。ヘルメットはヤマハ発動機製（以下、当社製という）のフルフェイス型とした。

模型と実物との間には、寸法および騒音の周波数について以下に示す相似則が成り立つ。(1)

$$L_r / L_m = n \quad (1-1)$$

$$f_r / f_m = 1/n \quad (1-2)$$

ここで

$L_r$  : 実物の寸法

$L_m$  : 模型の寸法

$f_r$  : 実物の流体騒音の周波数

$f_m$  : 模型の流体騒音の周波数

$1/n$  : 縮尺比

である。模型の周波数は実際の $n$ 倍となる。そこでデータレコーダーに記録された模型流体騒音は、1/4に減速再生して周波数分析することとした。

このような模型試験を検証するために、実物との比較は不可欠である。実走行ではヘルメット内部に模型と同じ位置にプローブマイクを配置して流体騒音を採取し双方を比較した。

前述のように、流体騒音の低減と良好な風防機能を両立させることが最終的な目標であり、そのためにはライダーがどのような流れ場の中に置かれているかを知ることが重要である。そこで2種類の方法により、ライダー周囲の流れ場を計測することとした。

まず応答周波数の高い熱線風速計により、図2に示すようにライダー前方の主流方向に沿った断面での流速分布を測る方法である。風速の乱れは流体騒音と関連があると言われていることから、流れと音の関連について情報を得ることも狙っている。





図2 風速計測点

さらに図3に示すように、ライダー前面の主流方向の圧力分布を高速圧力多点計測システムにより計測する方法である。後者については、模型だけでなく実車風洞（財団法人 日本自動車研究所）でも同一の試験を実施して、模型試験結果と比較し有効性を確認した。

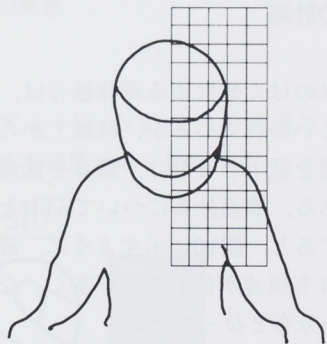


図3 圧力計測点

### 3 実験結果と考察

#### 3.1 流体騒音

実験に用いた車両外観および諸元を図4に示す。この車両はフェアリングを装備しており、この車体形状を基準形状（以下、STDと表記する）とする。実験時の風速は模型・実車とも27.7m/sec（100km/h）とした。

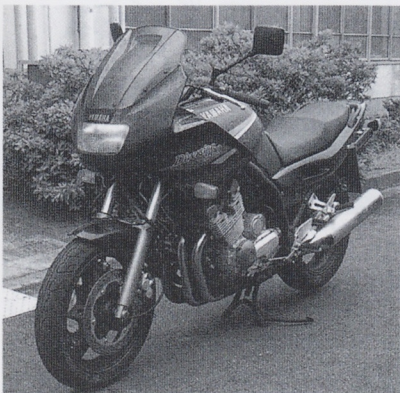


図4 テスト車両(STD)

排気量：892cm<sup>3</sup>  
全長：2,230mm  
全高：1,300mm  
重量：239kg

まず最初に、実際の走行におけるSTDの流体騒音スペクトルを図5に示す。低周波が支配的な広帯域音であり、いわゆるエオルス音のような顕著なピークは見られない。

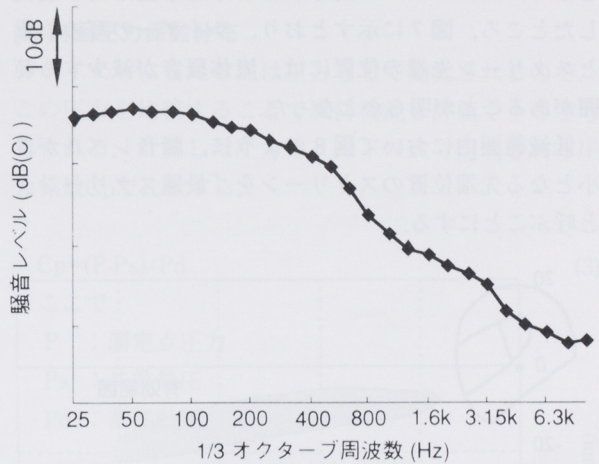


図5 実走行の流体騒音スペクトル

次に模型より得た流体騒音の周波数スペクトルを図6に示す。STDと非常に似通ったスペクトルを示し、また絶対レベルも非常に接近しており、両者には高い相関があると判断できる。

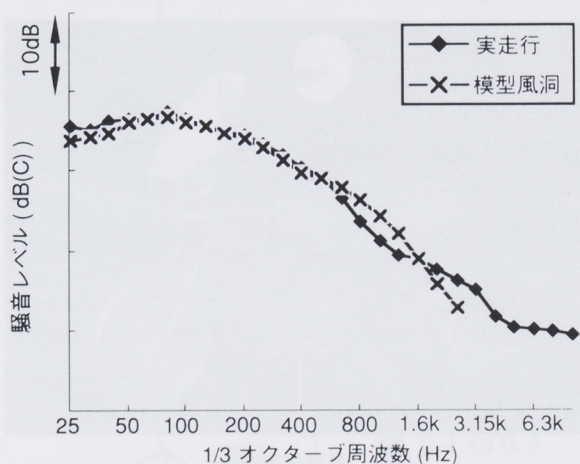


図6 模型と実走行の流体騒音スペクトル比較



この事実を基に、模型試験において車体形状の一部を様々に変更して、流体騒音の比較を行った。特に車体の中でも、耳に近い部品であるスクリーンを変更した実験を重点的に行った。ライダーの耳の位置を基準として、スクリーンの高さおよび距離を段階的に変更したところ、図7に示すとおり、ライダーの耳の位置とスクリーン先端の位置には、流体騒音が減少する範囲があることが明らかとなった。

低減範囲内において図8のように、騒音レベルが最小となる先端位置のスクリーンを「最適スクリーン」と呼ぶことにする。

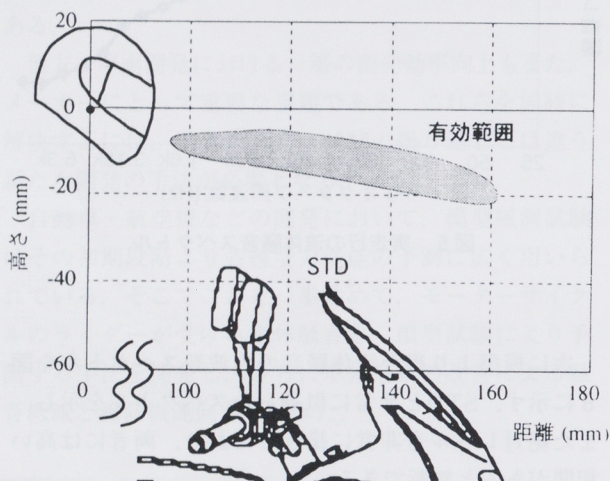


図7 騒音低減に有効なスクリーン先端位置

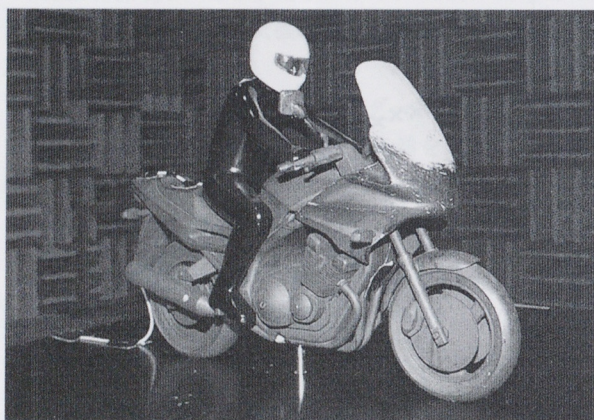


図8 最適スクリーン

模型試験により考案された最適スクリーンは、流体騒音の低減が期待できる。そこで最適スクリーンを装備した実車で実際に走行して流体騒音を計測したところ、図9に示すように、流体騒音はSTDに対し約3 dB(C)低減した。

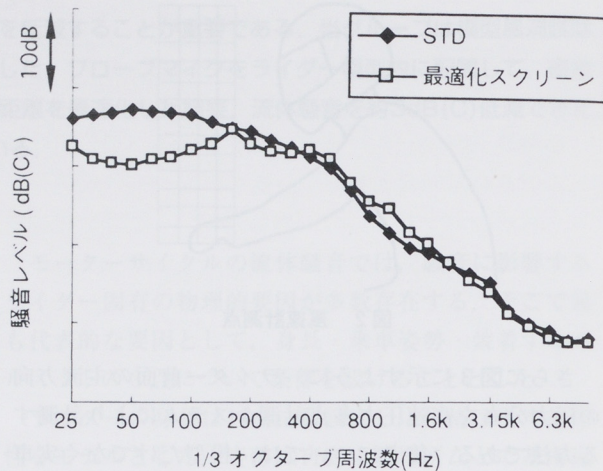


図9 最適スクリーンの効果

### 3.2 流れ場の計測

#### (1) 流速分布

一般に流れのはく離による流体騒音は、流速の6乗に比例するといわれているが、経験上からもライダーに当たる風速を低下させれば、騒音を低減できることは明らかである。風速分布についてSTDと最適スクリーンを比較すると、図10に示すように、最適スクリーンはSTDよりも風速が低い領域が多く、なだらかかつ風速も低い分布となっている。

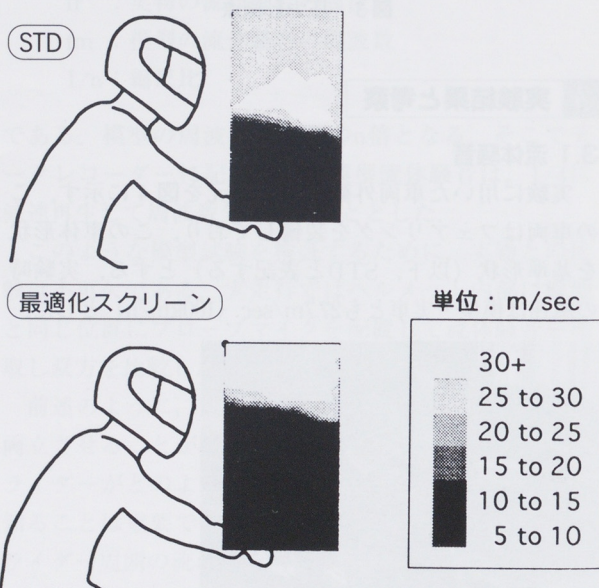


図10 風速分布の比較

また最適スクリーンでは、風速の高い領域がSTDよりも上方に移動しており、ヘルメットの開口部からより音源が遠くに移動したとも解釈できる。



## (2) 乱流強度分布

車体周囲では様々な乱流が生じている。乱流は流体騒音の原因の一つと以前から推定されているが、乱流そのものと流体騒音を関連づけるパラメーターは、まだ解明されていない。風速の変動は流体騒音を励起することから、流体騒音と関連が強いとされる。そこで今回は、乱流強度の分布と流体騒音について調査した。乱流強度TI (Turbulence Intensity) <sup>(2)</sup> は以下の式で定義される。

$$TI = \sigma / U \quad (2)$$

ここで

TI : 乱流強度 (%)

$\sigma$  : 風速の変動分の標準偏差

U : 平均風速

である。

図11に示すように、STDよりも最適スクリーンの方が全般的に乱流強度は高い値を示す。

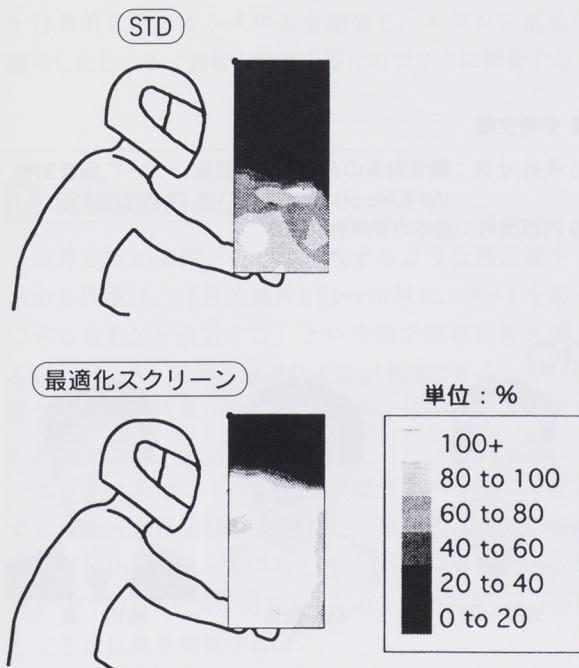


図11 乱流強度分布の比較

前述のように最適スクリーンの方が騒音レベルは低いにもかかわらず、このような分布となった原因として考えられることは、この模型については風速の乱れよりも絶対値の寄与率が高いためと考えられる。また現実には計測された一面だけの乱れが音波を励起する

のではなく、流れ中の様々な渦や流れのはく離が音源となるから、流れの物理量と流体騒音の関係をより正確に把握するには、全空間内でのさらに詳細な実験が必要と推定される。

## (3) 前面圧力係数分布

ライダーに当たる風は圧力として知覚されるので、この圧力を比較することで風防機能を評価できると考えられる。計測した圧力は、以下の式で定義される圧力係数Cpで比較する。

$$Cp = (P - Ps) / Pd \quad (3)$$

ここで

P : 測定点圧力

Ps : 基準静圧

Pd : 基準動圧

である。

まず最初に、模型と実車それぞれの圧力係数分布を図12に示す。ライダーの二の腕から外側にかけて、模型での圧力係数がやや高くなるが、全般的に模型・実車共によく似た分布となっており、模型風洞でも実際の流れ場をほぼ再現しているといえる。

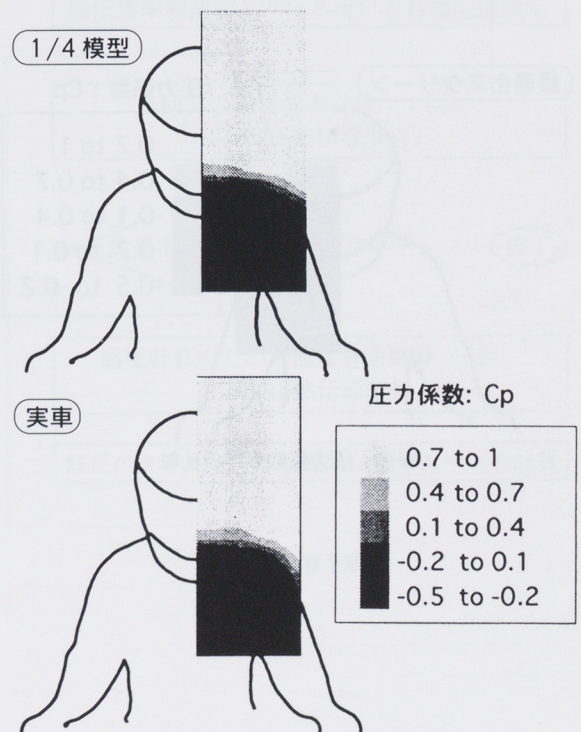


図12 圧力係数分布の比較



従って流体騒音の場合と同様に、模型風洞試験で風防機能を予測することが可能であると判断できる。そこで騒音低減効果のある最適スクリーンとSTDの風防機能を、模型風洞で評価することとした。

その結果を図13に示すが、最適スクリーンを装備することでライダーに風が直撃しない領域、すなわち圧力係数が負となる領域がSTDより広がっていることが明らかである。よってSTDより最適スクリーンのほうがより良好な風防機能を有するといえる。最適スクリーンは、風防機能と低流体騒音を両立した形状であることも明らかである。

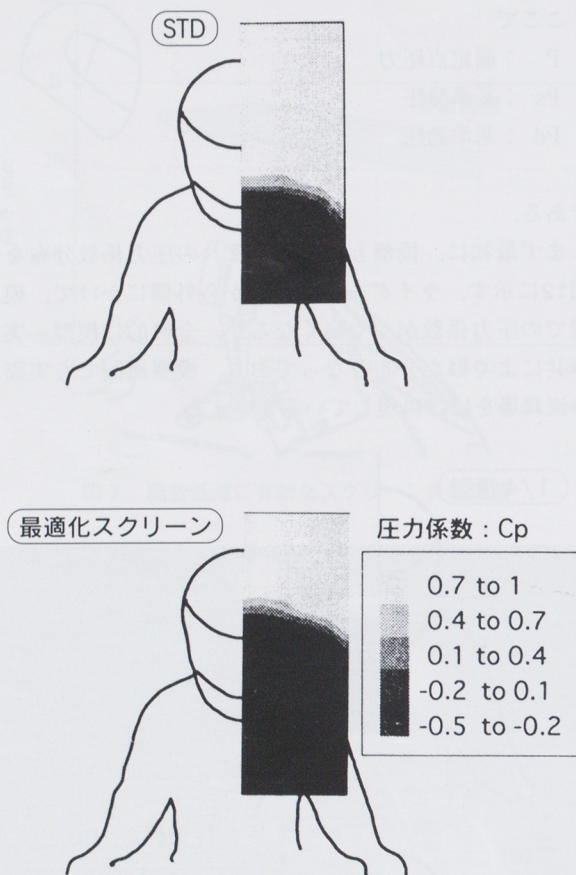


図13 圧力係数分布の比較

## 4 結論

- (1) モーターサイクルの流体騒音は、模型風洞と実走行の間に高い相関がある。
- (2) 模型風洞で流体騒音を低減する車体形状を見いだすことができた。
- (3) 車体形状を最適化することにより、良好な風防機能と低流体騒音を両立できる。

## 5 今後の課題

模型による流体騒音予測が有効であると確認されたが、ライダーの身体・モーターサイクルの形状は千差万別であり、今後の課題として以下の2点が挙げられる。

- (1) 様々な身長・体格のライダーに対し、流体騒音を低減できる車体形状の探査
- (2) 異なる車種のモーターサイクル模型による流体騒音予測の検証

## 参考文献

- (1) 長谷,小西：騒音対策のための模型試験について,騒音制御, Vol 6.No.5(1982)10
- (2) 内田茂男：流体力学序説 p133

## 著者



後藤一廣



林 恒夫



藤田 進