

(様式2)

## 学位論文の概要及び要旨

氏 名 工 藤 敏 文 印

題 目 風 洞 の 低 騒 音 化 技 術 に 関 す る 研 究

### 学位論文の概要及び要旨

近年、環境面での静粛化ニーズに合わせ、自動車、鉄道車両や航空機など各種の高速移動体の低騒音化検討が進んでいる。高速移動体の騒音では、流れに伴う流力発生音が支配的であり、低騒音化には車両周りの流力発生音の評価と低減対策が必要となる。この流力発生音の評価や低減に向けて使用される試験設備が風洞であり、特に車両周りの流力発生音を計測するために測定室を無響室や半無響室とした風洞は音響風洞と呼ばれている。この音響風洞は、上記のような車両の低騒音化を進めていくためにも、風洞暗騒音と呼ばれる設備が稼動する際の設備自体の騒音を極力低く抑える必要がある。

近年の自動車等の車両の低騒音化の傾向に合わせ、音響風洞の低騒音化ニーズはますます増加しており、特に高速車両の中でも人々と接する機会の多い自動車では、自動車の実物を試験車両とするために大流量を必要とする音響風洞の低騒音化技術が望まれている。しかし、これまで音響風洞に適用されてきた既存の低騒音化技術では、圧力損失の増加を伴うもの多く、大流量を必要とする音響風洞に対しては、風洞設備の動力の増大や設備規模の肥大化に繋がる問題を持っていた。また、このような音響風洞では、低周波変動が発生しやすく、流速によっては脈動と呼ばれる顕著な変動を発生させて音響風洞の運用を妨げる事例が複数の音響風洞で報告されているが、有効な対策手法はこれまで確立されていない状況にある。

そこで、本論文では、音響風洞の低騒音化技術として、要素模型を用いた音響風洞自体の流力発生音の詳細な調査を基に、流力音響理論を踏まえ、各部から発生する流力発生音のメカニズムを分類し予測する手法を纏めた。また、同じ要素模型を用いた様々な低騒音化対策の試験を行い、大流量を流す音響風洞に適切な対策となるよう、風洞の動力に関する風洞風路の圧力損失が低く、かつ流力発生音を抑制可能な対策諸元を、実証データを基に抽出している。具体的には、コレクタに対する柔毛状素材の適用や最適なコレクタ径の選定、および最適な伴流吸込率の設定といった音響風洞を設計する際の各種諸元を決定している。また、試験対象として自動車を設置する際に必要な地面板や境界層吸込装置についても流力発生音の詳細な調査を行い、特に境界層吸込装置では低騒音化に向けた構造や寸法を決定している。なお、以上の検討にて、決定した各種

の設計諸元を適用して音響風洞の低騒音化設計を行うことで、既存の音響風洞に比べて低騒音性能が優れた音響風洞を実現可能となる定量的な見通しを得ることができている。

また、風洞の低周波変動については、実際の音響風洞の約1/10スケールとなる模型風洞を製作し、この模型風洞を用いて音響風洞にて発生しうる低周波変動について詳細な調査を行った。この結果、音響風洞の低周波変動には、ゆらぎ成分、音響共鳴成分およびせん断層・混合層成分といった周波数特性や発生領域が異なる変動源が存在すること、および顕著な不具合事象である脈動は、音響共鳴成分が増長した現象であることを確認している。また、これらの変動源に対し、同じ模型風洞を用いた改善対策や、スキュアリング・マトリクス法を用いた音響解析を適用した対策立案および検証試験を行い、音響風洞の低周波変動の防止するための設計手法を提案している。この設計手法を適用した音響風洞では、既存の音響風洞に比べて、流速によらず安定して低周波変動を低く抑えることが可能なことを定量的に確認している。

一方、既存の音響風洞の流力発生音や低周波変動は、音響風洞の測定室を無響室あるいは半無響室とした開放型風洞であることに密接に関係している。そこで、本論文では、既存の音響風洞に代わる新規の音響風洞の形態として、密閉型風洞の風洞形態となる音響トラフおよび空力音響トラフといった新規の風洞形態を提案し、各々、模型を製作して音響性能や空力性能の検証試験を行っている。この結果、音響トラフでは、音響透過壁を介することで試験対象となる車両近傍にて十分な騒音計測が可能であることを検証すると共に、空力音響トラフでは、パイプ壁を適用することで音響トラフと同様な騒音計測が可能であること、および密閉型風洞にて問題となる試験対象車両のブロックageの制限を大幅に緩和できることを検証している。これらの新規の音響風洞の形態にて、従来の音響風洞にはないコンパクトな流力発生音の計測を目的とした風洞試験設備を提供できる見通しを得ている。

また、風洞の低騒音化に関する関連技術として、Powellの渦度音源理論を適用し、数値流体解析を用いて流力発生音の音源評価を可能とする技術を提案し、矩形噴流やディフューザ流れについて解析結果と実測値を比較することで妥当性を確認している。また、流力発生音の伝搬特性の評価技術として、空調ダクト等に適用される音響パワーバランス法を、風洞のような閉ループの風路に対して適用する手法を整理し、回流水槽に対する解析結果と実測値とを比較することにより同手法の妥当性を確認している。

以 上