

氏 名	たなか たけはる 田 中 丈 晴
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 3794 号
学位授与の日付	平 成 16 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	音響ホログラフィによる走行時タイヤ騒音の同定手法に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 松久 寛 教授 久保愛三 助教授 宇津野秀夫

論 文 内 容 の 要 旨

自動車交通騒音では、タイヤ騒音の影響が相対的に顕在化しつつあり、タイヤ騒音の低減が要請されている。自動車走行時におけるタイヤ騒音の発生には、タイヤ及び路面の多くの要因が複合して影響するため、実路面上での測定に基づく解析が不可欠である。このような実路面を走行する際のタイヤ騒音の音源同定が地上固定の測定装置により可能な音源探査手法は未だ確立されていない。本研究は、定速走行音源に対する1次元マイクアレイを用いた音響ホログラフィ法を検証し、音源同定上の問題点を明確にし、加速走行音源をも対象とする場合に有効な2次元マイクアレイを用いた音響ホログラフィ法を提案している。マイク配列や音源同定精度などを理論的に明らかにし、音源周波数の先見的情報が不要となる最大値探査法及び再生面シフト法を用いた音源探査法を種々のタイヤを使用した実路面走行実験に適用し、タイヤ騒音の音源が高精度に同定可能となることを実証したものである。

第1章の緒論では、従来の移動音源に関する音源探査法と竹田らの1次元マイクアレイによる音響ホログラフィ法の研究を整理し、本研究の目的と概要について示している。

第2章では、固定音源を対象とした遠音場音響ホログラフィ法による音源探査理論について述べ、タイヤ騒音のように同一周波数で位相が異なる音源が近接して存在する音源に適用した場合における音源の分離限界条件と2音源間に位相差及びレベル差がある場合の再生誤差を明らかにした。

第3章では、竹田らが提案した1次元マイクアレイを用いた音響ホログラフィ法を定速度音源探査に適用し、竹田の方法の妥当性及び方位分解能を考察している。実路面で使用可能な測定解析システムを構築し、スピーカーを移動音源とした実験で移動音源の再生精度を把握するとともに、路面反射が再生結果に及ぼす影響を検証している。

第4章では、走行時のタイヤ騒音の一般的な発生機構について述べ、車両速度から音源周波数を特定することが可能なモデルタイヤを用いて、1次元マイクアレイを用いた音響ホログラフィ法によるパターンピッチノイズの発生源の同定を行ない、この結果を音響インテンシティ法による音源探索結果と比較検証している。

第5章では、一般に車両に装着されるタイヤでは、特定の周波数において顕著な騒音が発生しないように、タイヤ溝パターンがランダムに設定されている場合が多く、このような一般的なタイヤ騒音に1次元マイクアレイを用いた音響ホログラフィ法と音源周波数情報が不要となる最大値探査法を併用したタイヤ騒音源の同定法について述べている。

第6章では、定速移動音源の音圧波形を2次元マイクアレイを用いて測定し、ドップラー効果の影響を補正することにより、平面ホログラムデータを得る音響ホログラフィ法を検討し、シミュレーションにより再生周波数の偏位と再生レベル及び音源再生位置との関係を明らかにし、音源位置の同定法として音源周波数情報が不要となる「最大値探査法」を提案している。また、単一周波数及び帯域ノイズ性音源に関する方位分解能という観点から、タイヤ騒音の音源同定法として、「最大値探査法」及び「再生面シフト法」を提案し、スピーカー音源を用いた音源探査実験によって有効性を検証するとともに、周波数同定の可能なモデルタイヤを装着した試験車両を用いた実路面走行実験と台上における音響インテンシティ測定実験

によって検証している。

第7章では、2次元マイクアレイを用いた音響ホログラフィ法を、市街地での加速走行を代表する基準化された一定の加速走行条件に適用する場合、車両加速度の許容範囲と時系列データの周波数分解能との関係を理論的に検討し、本方法の適用可能な条件を明らかにしている。

第8章では、エンジン・排気系騒音等が発生しない電気自動車を用いて、本方法を、同一溝パターンを有したタイヤ路面間のすべり-駆動力特性を変化させた3種類の試験タイヤを装着した場合における加速走行時のタイヤ騒音の同定に適用し、再生面シフト法により音源の位置及び相対強度についてタイヤ間の相違を明らかにしている。これらを、同条件で試験路を走行した場合のタイヤ近傍での音響インテンシティ測定結果をもとに検証している。

第9章は結論で、本研究で得られた成果を総括している。

論文審査の結果の要旨

本研究は、自動車の加速走行を含む実路走行条件におけるタイヤ騒音の音源同定に関して、2次元マイクアレイを用いた音響ホログラフィ法に基づく同定法が有効な手法であることを理論的検討と実験により示したもので、得られた成果は以下の通りである。

- (1) 音響ホログラフィ法における二つの近接する固定音源の分離限界条件を明らかにした。
- (2) マッハ数が0.1以下の一定な速度範囲内で水平に等速移動する音源に対して適用できる1次元マイクアレイによる音響ホログラフィ法を用いた移動音源探査手法、即ち、竹田らの方法についてシミュレーションと実験によりその有効性と同定精度を検証し、単一周波数音源に限定してタイヤ騒音の同定に適用が可能であることを明らかにした。
- (3) 走行時のタイヤ騒音の特性を考慮し、帯域ノイズ性音源の探査や速度変化を伴う加速走行条件に適用可能とするため、新たに2次元マイクアレイを用いた音源探査方法を提案した。本方法による音源の同定精度をシミュレーションにより理論的に明らかにするとともに、加速走行条件においてドップラー効果の補正法が適用できる車両加速度と計測時間との関係式を導いた。
- (4) 「再生面シフト法」や「最大値探査法」の提案により、タイヤ特有の放射特性を考慮した音源の同定や音源周波数情報が十分得られない場合の音源同定が可能になり、本方法の実用性が大幅に向上した。
- (5) 種々のタイヤを対象に高速域での定常走行や低速域での加速走行におけるタイヤ騒音を実路面で測定し、本方法によりタイヤ騒音の同定を行い、タイヤパターンピッチノイズ、気柱共鳴音及び帯域別騒音に関する同定結果を音響インテンシティなど台上試験の結果と比較し本方法の有効性を実証した。

以上、本論文は、実路走行におけるタイヤ騒音の音源同定に関しては、2次元マイクアレイを用いた音響ホログラフィ法に基づく方法を提案し、1回の走行による測定データによってタイヤ騒音の同定が可能となることが実証し、タイヤ騒音問題の解決に、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また平成16年2月18日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。