

自動車騒音の CA 法における音源のモデル化

長岡技術科学大学	学生会員	○佐川 翔
長岡技術科学大学	正会員	宮木 康幸
東日本旅客鉄道	正会員	大毛利 亮

1. はじめに

1.1 研究背景

騒音対策は主に「発生源対策」、「伝搬経路対策」、「受音点対策」の3つに分類できる。既往の研究ではその中の「伝搬経路対策」に供することを目的に遮音壁の効果予測や形状の改良等によりその効果を調べてきた。その中で遮音壁設計を効率よく進めるためには、精度の高いシミュレーション技術が必要不可欠である。そこで、複雑系の解析手法として有力視されているセルオートマトン法(CA法)を用いて騒音伝搬解析を行い、その精度について検証を行ってきた。その結果、3次元における騒音伝搬解析において、点音源に関しては3CAモデルにより妥当な結果が得られた。しかしより実用的な場面を想定した場合、例えば自動車騒音を対象とすると、音源としての自動車を点音源として表現することが果たして妥当であるだろうか、という疑問が生じる。

1.2 研究目的

本研究の最終的な目的は、CA法を用いて、走行する自動車の騒音を数mから数十m離れた地点で実用上十分な精度で予測することである。そのためには、自動車の騒音源をモデル化する必要がある。既往の研究においてはアイドリング状態の自動車から出る音を測定し、エンジン部分を考慮した音源の配置について検討を行った。結果として、エンジン部分とマフラー部分を組み合わせた音源配置が自動車の音源モデルとして妥当であるという結果を得た。

よって本研究では、自動車の回転数をアイドリング状態の時の小さい回転数から、実際走行する自動車の回転数を2000rpmに設定し、アイドリング状態の音源配置と同じ配置になるか、違う配置となるのかを求めることを今回の研究目的とする。

2. 計測概要

2.1 測定環境

騒音測定を行う場所の条件として、風速、地面の平坦性、周辺環境の3点を満たす必要があり、その点を考慮し、長岡技術科学大学構内のグラウンドにて行うこととした。

2.2 使用機器と計測条件

2-2-1 音源

自動車:ホンダ ライフダンク

2-2-2 受音点

データレコーダ:RION DA-20

騒音計:RION NL-20,NL-22,NL-42

2-2-3 計測条件

計測条件:10sec/1case

サンプリング周波数:25600Hz

2.3 測定方法

計測手順について記述する。音源と受音点の配置は図-1、図-2に示す2種類を実施した(それぞれcase1, case2とする)。受音点は、車体の側面から30cmの地点に設置し、また計測距離による比較を行うために、車体の側面から3m地点(O1)、6m地点(O2)をそれぞれの計測地点とした。case1の場合ではO1、O2地点、case2ではO1地点に配置した。騒音計は測定地点を固定し、音源から30cmの距離に配置した騒音計は、図-3に示すように、A1~E2、A'1~E'2と10区分した車体に沿って、各箇所を順番に計測した。

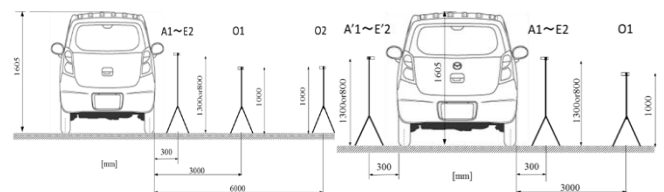


図-1 騒音計の配置-1

図-2 騒音計の配置-2

キーワード 自動車騒音, エンジン音源モデル化, マフラー音源モデル化, セルオートマトン法, 伝播解析
連絡先 住所: 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 電話番号: 0258-46-6311



図-3 計測点の区分

2.4 計測データの分析

エンジン音のモデル化にあたり、計測地点の固定した O1, O2 以外の A1~E2, A'1~E'2 の各計測地点において計測された音圧値の時間変動や周波数特性を比較した。結果として、自動車のエンジン付近と考えられる A2, A'2 地点における音圧値が大きく計測されていることがわかった。また A2, A'2 地点を基準に、付近の B2, B'2 地点や A1, A'1 地点の測定音圧が比較的大きく計測されていることがわかった。また、マフラー部分である E2 から低い周波数が出ており、以上のことから音圧値の観点からは A2, A'2 と E2 地点における計測音を基準に、音源の構築を進めればよいことがわかった。

3. 音源のモデル化とその妥当性の検証

次に、これまでに得られた計測音の特性を用いて音源のモデル化を行い、その 3CA プログラムによる解析値と計測結果について比較を行い、妥当性を検討する。

3.1 解析領域と境界条件について

解析領域を図 4 に示す。領域の境界条件は、 $z=0$ の下面に位置するセルに対し $S=1$ の壁セルを代入することで、地面を想定した完全反射とし、残り 5 面の境界部は、 $S=2$ の境界セルを代入することで、屋外計測を想定した無限境界とした。受音点は O1, O2 に設置し、計測において同様に O1, O2 にて計測された音と比較する。また、測定した騒音と解析により得られたデータとの間で残差平方和を求めることによって評価する。

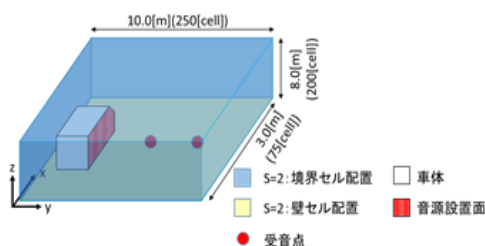


図-4 解析領域

3.2 音源のモデル化(既往の研究)

アイドリング時における音源のモデル化を行うため、複数の音源配置パターンを検討する。解析の結果、マフラー部と車体の左側の音源による複合音源を用いて、それぞれの音源領域を 0.7 倍したものが、最も残差平方和が小さい値を示した。

3.3 音源のモデル化(2000rpm)

2000rpm のエンジンのモデル化を行うため、静止状態の時と同じように複数の音源を考慮して配置パターンを検討した。アイドリング状態における音圧配置を参考として、いくつかのパターンで解析を行い、それぞれの残差平方和を求めた。結果を表-2 に示す。

表-2 各領域の残差平方和

	O1	O2
A2	25.1	19.7
B2	15.2	9.76
A1A2E2	37.1	22.4
A2E2A'2	5.74	4.23
A2E2A'2(0.7)	3.77	2.15
A2E2A'2(1.2)	6.34	4.80

×10⁻⁴

表-2 より、受音点 O1, O2 とともに音源配置を A2E2A'2 にしたときが最も残差平方和が小さい値を示している。よって、この音源配置が最も実際の自動車音源に近いことがわかる。

4. 結論と今後の課題

結論として、2000rpm における音源のモデル化は、アイドリング状態の時と同じようにエンジン部分とマフラーを考慮した音源配置が一番妥当であり、回転数を増加させても音源配置の大まかな位置は変わらないことがわかった。このことから、自動車の回転数に関わらず、自動車から発生する音はエンジン部分を中心とした音源によるものとわかった。

今後の課題として、計測方法の改善が挙げられる。今後音源を移動音源として考える場合、エンジン音などの他にタイヤからの音が発生するため、タイヤの音をどう計測するかということが問題となる。今後はタイヤ部分の音を測定できるような騒音計の配置を考えていくつもりである。

参考文献

大毛利 亮

「自動車エンジン音の CA 法におけるモデル化」平成 27 年度修士論文