

## 自動車エンジン音の CA 法におけるモデル化

長岡技術科学大学 修士 2 年 大毛利 亮  
指導教員 宮木 康幸

### 1. 研究背景・目的

一般に騒音対策は、発生源対策、伝播経路対策、受音側対策の3つに分類される。既往の研究では伝播経路対策を目的に、精度の高いシミュレーション技術を図るため、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を用いて騒音伝播解析を行い、その精度について検証してきた。その結果、騒音伝播解析では、点音源、移動点音源に対しては妥当な結果が得られている。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。音の発生源が車体のある一点だけでなく、複数箇所の自動車の騒音源があるとするならば、音源対象である自動車の形状を想定した音源を設定する必要があると予想される。

そこで本研究では、車体近傍と数 m 離れた点の音を同時計測し、自動車の音源として推定される近傍音を選定しこれを音源と考え、数 m 離れた点での CA 法による計算値と、計測値を出来るだけ一致するような音源分布から自動車の音源をモデル化することを目的とした。

### 2. 自動車騒音の計測

#### 2-1 概要

計測機器は、騒音計 3 台(NL-42, NL-22, NL-20:RION)、データレコーダ(DA-20:RION)を用いた。場所は大学構内のグラウンドで、周りに建物等がない広い場所である。音源としての自動車は HONDA ライフダンクを用いた。

#### 2-2 計測方法

騒音計を図-1, 2 のような 2 パターンの配置に設置し、車体近傍を図-3, 4 のように 10 区分化し、A1~E2, O1, O2, A1~E2, A'1~E'2, O1 を同時に 10sec 間計測した。

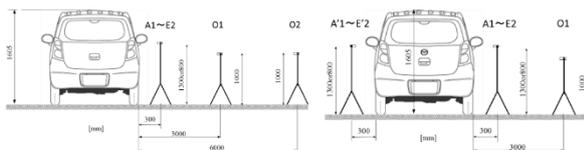


図-1 騒音計の配置-1

図-2 騒音計の配置-2

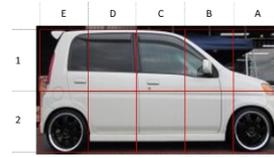


図-3 車体右側の区分

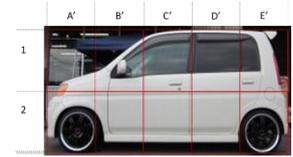


図-4 車体左側の区分

#### 2-3 計測結果の分析

##### 2-3-1 音圧値による比較

図-5 に示すように A1~E2(A'1~E'2)の音圧の実効値を算出すると、車体右側、左側ともに、エンジン付近の A2, A'2 の実効値が最も大きいことがわかった。またその他の地点では、A2, A'2 地点と比べて徐々に小さくなることがわかった。以上のことから、計測地点 O1, O2 地点における計測音に最も影響を与えている音は、エンジン付近から発生している音である可能性が高く、モデル化に当たっては A2, A'2 地点における計測音を音源とする必要があると考えた。

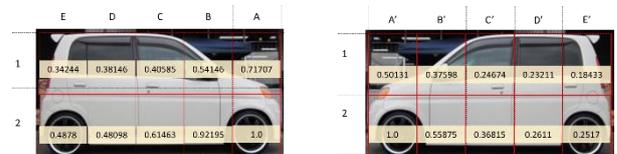


図-5 車体近傍における音圧実効値の最大値との比

##### 2-3-2 周波数スペクトルによる比較

図-6, 7 に示すように、各計測地点での卓越周波数を比較すると、車体右側、左側共に多くの計測音で 700Hz 程度の周波数が卓越していることがわかる。特に A2, A'2 地点においてはパワースペクトル値が大きく出力されているため、これがエンジン音の周波数であると考えられる。一方、図-8 に示すように車体右側の E2 地点の音は、エンジン付近で計測された音とは異なり、50Hz 程度の低い周波数が卓越していることがわかった。位置を考慮すると、マフラーから発生している音であると考えられる。

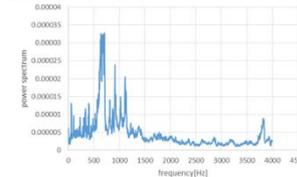


図-6 A2 地点の周波数

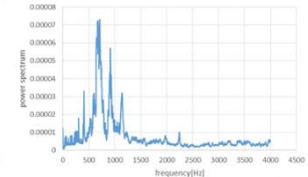


図-7 A'2 地点の周波数

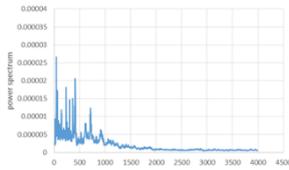


図-8 E2 地点の周波数

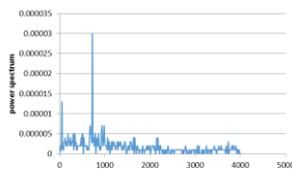


図-9 O1 地点の周波数

また図-9, 10 に示すように、O1, O2 地点で計測された音の周波数スペクトルにおいても、50Hz, 700Hz 程度の周波数が卓越している

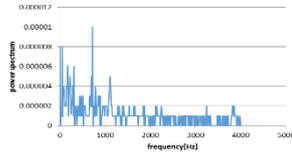


図-10 O2 地点の周波数

ことから、エンジン付近(A2, A'2)、マフラー付近(E2)で計測された音を音源モデルに導入することが妥当であると考えられる。

### 3. エンジン音源のモデル化とその妥当性

#### 3.1 CA 法の解析領域と境界条件

解析領域を図-11 に示す。領域の境界条件は地面(z=0 の面)を完全反射面、残り 5 面を無限境界とした。車体は図のように白で示した車体モデルを、完全反射体とし、側面の赤で示す部分を音源面とした。この音源部分を、計測地点と同様に 10 区分化して解析を行う。受信点も同様に車体から 3m, 6m 地点に設置し、その受信点にて得られた解析値と、実際の計測値を比較していく。

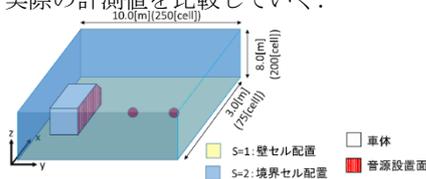


図-11 解析領域

#### 3.2 計測データを用いた音源の構築と計測値の比較

図-12, 13 に CA プログラム上でモデル化した車体を区分化したものを示す。自動車音源のモデル化に当たり、どの区分に音を導入する配置パターンで解析を行った場合、計測音と相関が得られるか検証することでモデル化を進める。2 章における車体計測音の分析により、A2, A'2, E2 地点で計測された音が、自動車から主に発生している音である可能性が高い、という結果が得られているため、これらの音を中心に用いて、さまざまな音源の配置パターン、全 36 ケース検証した。また比較方法は、解析音と計測音の残差平方和によって比較した。その結果、音源モデル構築に当たり基準とした、A2, A'2, E2 地点で計測された音を、それぞれの区分へ導入したパターンが、最も計測値と

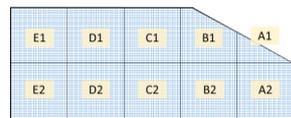


図-12 車体右側

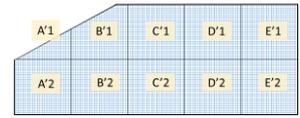


図-13 車体左側

近い値が得られた。

そこで A2, A'2, E2 地点で計測された音を、それぞれの区分へ導入した配置パターンにおいて、さらに音源区分の大きさによる比較を行った。図-15, 16 に、この配置パターンにおける解析値と計測音の実効値の相関図を示す。その結果、元々の区分の 70% 程度の大きさに縮小したパターン(図-14)において、最も残差平方和が小さくなり、現状では最も妥当な音源配置であるといえる。

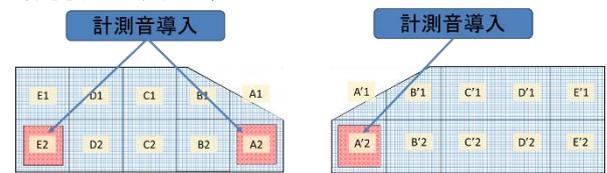


図-14 計測値と最も近い値の得られた配置パターン



図-15 O1 地点における比較



図-16 O2 地点における比較

## 4. 結論と今後の課題

### 4.1 結論

(1) 車体近傍と数 m 離れた点での音圧実効値、周波数から比較した。エンジン付近の音、マフラー付近の音の分析から、CA 法における音源モデル化において考慮することが妥当であることがわかった。

(2) これらの音を基準に用いて構築した音源に導入し解析することで、計測値と出来る限り一致する音源の配置パターンを検証した。その結果、最も影響の大きいと予想された A2, E2, A'2 の区分に各々の地点で計測された音を導入し解析した配置パターンが、最も計測値と近い値を得られた。また、音源区分を 70% に縮小した音源分布でより計測値と近い値を得られた。しかし解析値と計測値の誤差が大きく、モデル化に当たってはまだ改善の余地がある。

### 4.2 今後の課題

今後の課題として、より妥当な音源モデルの模索、移動音源の導入が挙げられ、これらの点に努めることでより本研究の発展、解析精度の向上が期待できる。