

使用過程車から発生する低周波空気振動について

青 木 一 郎

1 はじめに

道路沿道において、道路交通振動の測定を実施してきたが、建物や窓、戸障子の揺れ等に振動によるもの以外に、走行中の自動車から発生している低周波空気振動が原因しているのではないかと考えられる現象が認められる。

そこで、自動車単体から発生する低周波空気振動について、シャーシダイナモ室において定置してある使用過程車の運転試験において低周波空気振動（以下、低周波音という）を測定、解析した。今回、バス等を含め合計9台の測定を行ったが、このうち5 t以上の大型車の代表として10 t車、2～3 tの小型車の代表として3 t車を選定解析した結果について報告する。

2 調査測定の概要

(1) 測定対象車

測定対象とした車は、10 t車は三菱U-FS 416U、3 t車はいすゞU-NPR 59 LRである。

(2) 測定分析方法等

測定は、シャーシダイナモ室の大型シャーシダイナモ上に定置された上記大型車の前輪横1 m、高さ1.2 mに設置した低周波騒音計から発生低周波音をデータレコーダに録音し、研究室で解析した。

速度は、運転手が速度を低速から100 km/hまで順次加速してゆく途中、10 km/h上昇毎にその速度を記録した。

音圧レベルは、周波数1～1,000 Hzにおけるオーバーオール値をレベルレコーダの記録紙上から読み取った。

分析は1～500 HzにおいてFFT分析を、40、60、80、100 km/hの各速度毎に行い、パワースペクトル16回の加算平均で示した。

(3) 測定器等

使用した測定器と測定系列は次の通りである。

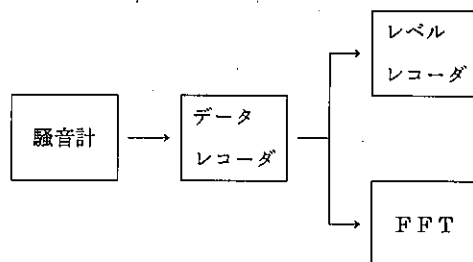


図1 測定系列

低周波騒音計	リオン	NA-17
データレコーダ	ソニーマグネスケール	FR-3415R (録音用)
データレコーダ	ソニーマグネスケール	DFR-3515W (解析用)
FFT分析器	小野測器	CF-350
レベルレコーダ	リオン	LR-04

3 測定結果

(1) 10 t車

ア 音圧レベル

図2は、10 t車の加速減速時の音圧レベル変化の記録である。縦軸は音圧レベルであり、横軸は増減速による

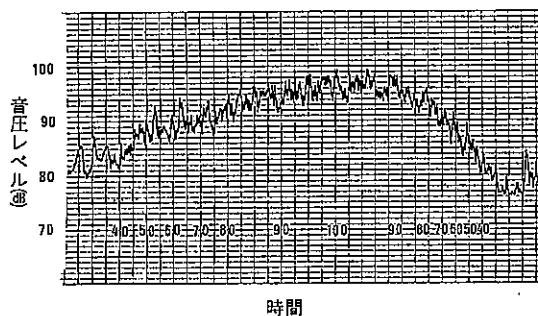


図2 10 t車の増減速によるレベル変化
(数字は時速km/hを示す)

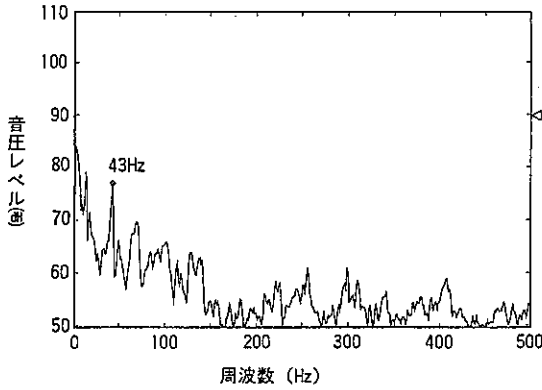


図3 10 t 車 40km/h時

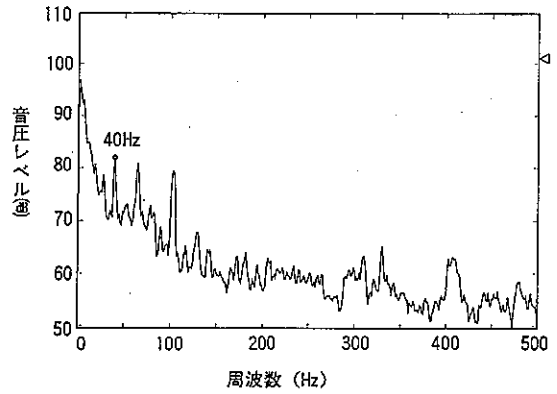


図5 10 t 車 80km/h時

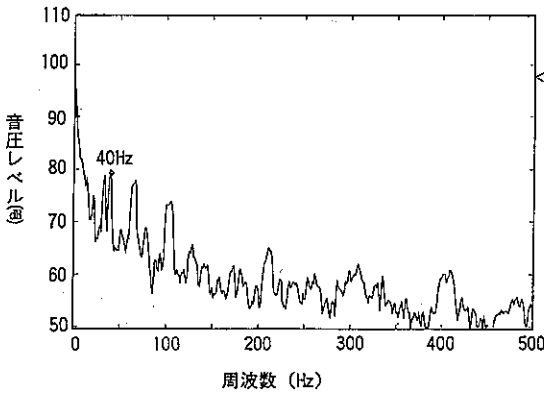


図4 10 t 車 60km/h時

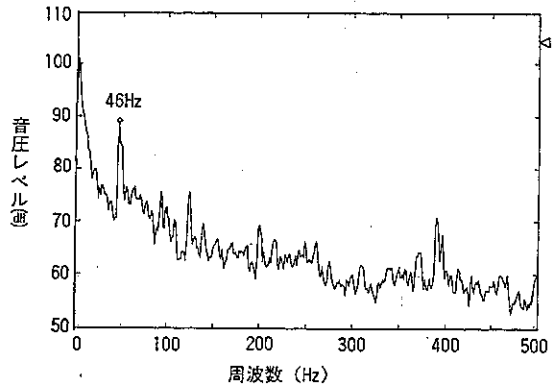


図6 10 t 車 100km/h時

レベル変化で、数字は時速（以下、同様）である。レベルレコーダ記録紙の紙送り速度は1 mm/s である。速度と音圧レベルの関係を見ると、ギアの切り替え時に少し大きくなることを除いて増速するに従いレベルは上昇し100km/h で最大となり、減速するとレベルも遙減する。40km/h のレベルは86 dB、100km/h のレベルは100 dB である。

イ スペクトル

(ア) 図3、図4、図5、図6は40、60、80、100km/h におけるスペクトルである。横軸が周波数で、縦軸は音圧レベル（以下、同様）である。

図3から図6の4図についてみると、10 Hz 以下に1つと40から100 Hz の間に3つの合計4つの卓越周波数が認められる。

10 Hz 以下の超低周波域におけるレベルは、40、60、80、100km/h のいずれの速度においても40 Hz 以上の卓

越周波数のレベルより大きな値を示しているが、これについては考察の項で解析する。

40 Hz 以上の卓越周波数についてみると、40km/h では43 Hz、60km/h では40 Hz、80km/h では40 Hz、100km/h では46 Hz に基本周波数をもち、65 Hz 前後に2次、100 Hz 前後に3次の高調波をもつ卓越周波数が認められる。100km/h の46 Hz は速度の増加によりエンジン回転数が増加することによるものと考えられる。

(イ) 表1にみるように、基本周波数のレベルをみると、40km/h は77 dB、60km/h は79 dB、80km/h は82 dB、100km/h は89 dB と速度の増加と共にレベルは増加している。

(ウ) 図3の40km/h 時のスペクトル図において、70 dB 以上のレベルを示すのは100 Hz 以下である。これに対し図4、5、6の60、80、100km/h 時においては、速度が増加するに従い100 Hz 以上の周波数域にも70 dB 以上

表1 10 t 車の卓越周波数とレベル

速度 km/h	基本周波数		2次高調波		3次高調波	
	周波数 (Hz)	レベル (dB)	周波数 (Hz)	レベル (dB)	周波数 (Hz)	レベル (dB)
40	43	77	69	70	101	66
60	40	79	66	78	105	74
80	40	82	64	81	102	80
100	46	89	63	77	95	76

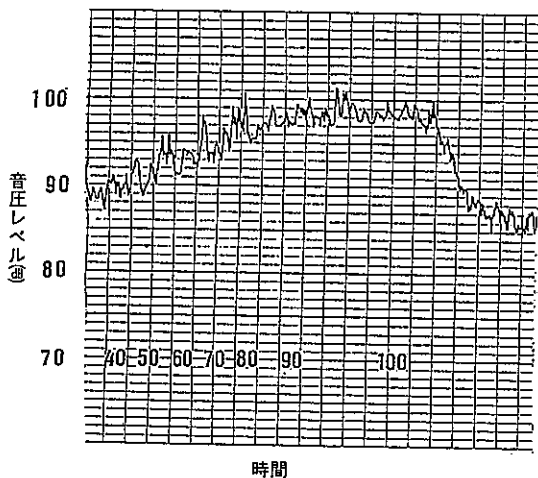


図7 3 t 車々増減速によるレベル変化
(数字は時速 km/hを示す)

のレベルを持つものが表れてくる。

(2) 3 t 車

ア 音圧レベル

図7にみるように、音圧レベルの出現状況と大きさは10 t 車の場合とほぼ同様であるが、増速時、次の段にギアを切り替えアクセルを踏み込む場合、状況によっては速度が急速に上昇することがあり、この様なときに80 km/h時でみるように100dB 超えのレベルを示すこともある。

イ スペクトル

(ア) 図8, 図9, 図10, 図11は40, 60, 80, 100km/h におけるスペクトル図であるが、各図において卓越周波数は、10Hz以下の超低周波域に1つと60から115Hz間において2つの計3つの卓越周波数が認められる。

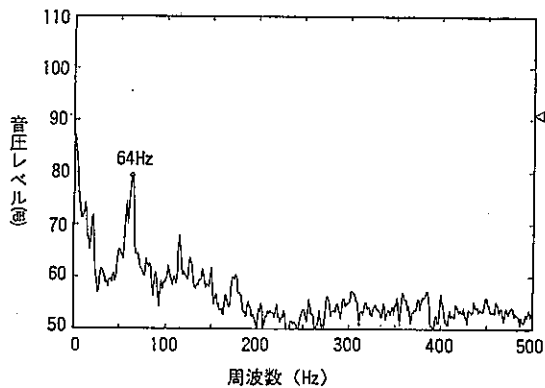


図8 3 t 車 40km/h時

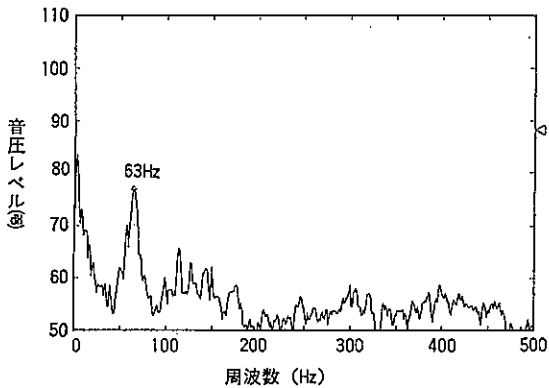


図9 3 t 車 60km/h時

10 Hz 以下の超低周波域における卓越周波数成分については10 t 車の場合と共に考察の項で解析する。

60 Hz 以上の周波における卓越周波数は表2に示すように64Hz前後に基本の卓越周波数と、110Hz前後に第2次高調波が認められる。

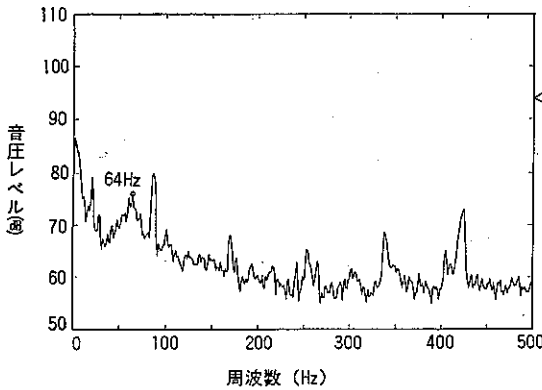


図10 3 t車 80km/h時

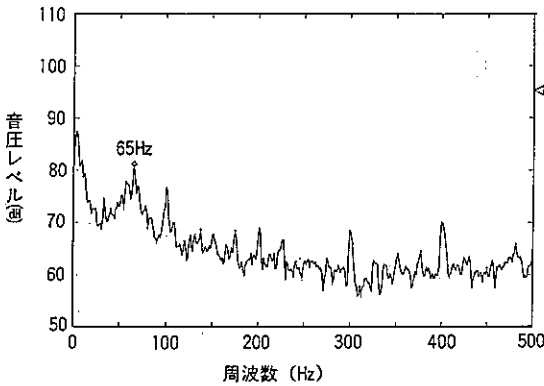


図11 3 t車 100km/h時

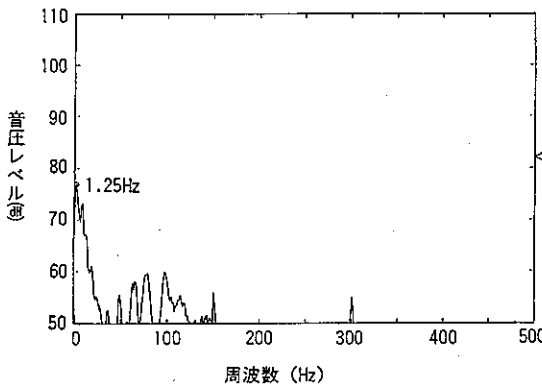


図12 エンジン冷却ブローア 20km/h時

表2 3 t車の卓越周波数とレベル

速度 km/h	基本周波数		2次高調波	
	周波数 (Hz)	レベル (dB)	周波数 (Hz)	レベル (dB)
40	64	77	113	66
60	63	79	115	68
80	64	76	86	80
100	65	81	100	77

(イ) 基本周波である64 Hz前後のレベルを表2で見ると、40km/hでは64 Hzが77 dB、60km/hでは63 Hzが79 dB、80km/hでは64 Hzで76 dB、100km/hでは65 Hzが81 dBと80km/hで少しレベルの低下がみられるが全体としては、速度の増加と共にレベルも増加している。

(ウ) 40, 60km/hでは、70 dB以上のレベルを示すのは100 Hz以下であるが、80, 100km/hでは100 Hz以上の周波数にも表れる等、高速になるといろいろな周波数のレベルが上昇している。

(3) 10 t車と3 t車の比較

ア 音圧レベル

音圧レベルの大きさはほぼ同レベルであり、速度の増加に従いレベルは上昇している。3 t車の方ではギアの変更、アクセルの踏み込み時に瞬間的に大きなレベルを示している場合がある。

イ スペクトル

(ア) 40Hz以上のスペクトルを比較すると、10 t車が基本卓越周波数の他、2次、3次の高調波を有しているのに対し3 t車の方は基本卓越周波数の他、2次の高調波を有する形となっている。

(イ) 基本卓越周波数をみると、10 t車は45Hz前後間にあるのに対し3 t車のそれは64Hz前後にある。また、両車共60, 80, 100km/hにおいて増速するとわずかながら卓越周波数は高い方に移動している。

(ウ) レベルは、40km/hから80km/hまでは両車ほぼ同等であるが100km/hでは10 t車のレベルが89 dBとかなり大きくなっている。

(エ) 10 t車、3 t車共、低速では70dB以上のレベルを示す周波数は100 Hz以下であるが、高速になると100 Hz以上の周波数にも表れている。

4 考 察

ア 車種、車速と卓越周波数

(ア) スペクトルの示す卓越周波数は、発生源固有の振動数であり、この場合、エンジンの回転数である。

各車種のエンジンは固有の回転数を有しており、これがそれぞれの卓越周波数となって表れるが、10 t 車と 3 t 車についてみると、基本周波数は、10 t 車は45Hz前後に、3 t 車は65 Hz 前後にあり、これに10 t 車では2次、3次の高調波が、3 t 車では2次の高調波が加わっている。

(イ) この基本周波数におけるレベルをみると、80km/h ではほぼ同等のレベルで77 dB から80 dB を示している。しかし、10 t 車の100km/h では46 Hz が89 dB のレベルを示している。10 t 車の基本周波数は3 t 車より低周波域に近く、かつ、高レベルであり戸、障子の揺れを発生させる原因となりやすい。

(ウ) 10 t 車の2次、3次高調波、3 t 車の2次高調波のレベルも80 dB 程度認められるが、周波数が高い数域にあり、基本周波数における程低周波音を発生させる原因とはならないと考えられる。

イ 超低周波音

(ア) 各スペクトルをみると卓越周波数の他、10Hz以下の超低周波域の周波数のレベルが大きい。

ダイナモの運転時には、ダイナモの運転速度に合わせて同速のエンジン冷却ブローアとタイヤ冷却ブローアが稼働している。このため、騒音計にはこの両ブローアの稼働に伴う音と風も同時に記録されている。

(イ) 両ブローア音について解析したところ、タイヤ冷却ブローアについては各速度で1.5 Hz で68 dB 以下のレベルであり、ほとんどレベルの増加には関係ないと考えられる。

エンジン冷却ブローアについてみると、図12から図15にみるように、20km/h では1.25 Hz が77 dB であるが、40km/h になると1.25 Hz が84 dB を、60km/h では2.5 Hz が91 dB、80km/h では2.5 Hz が95 dB のレベルを示している。

(ウ) エンジン冷却ブローア音のスペクトルを10 t 車、3 t 車のスペクトルと比較すると10 Hz 以下の周波数において非常に相似したスペクトルを示している。

10 t 車のレベルをみると上記ブローアのレベルとほぼ同等であり、これ等のことから10 t 車、3 t 車の10Hz以下

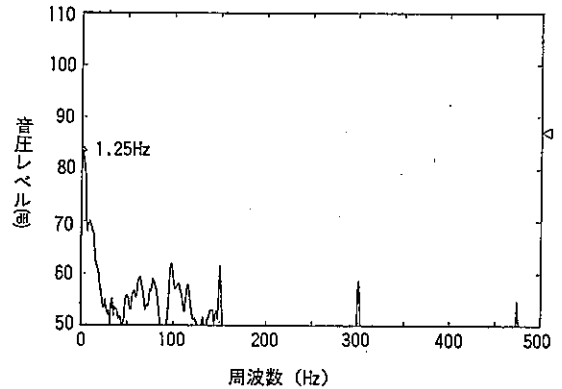


図13 エンジン冷却ブローア 40km/h時

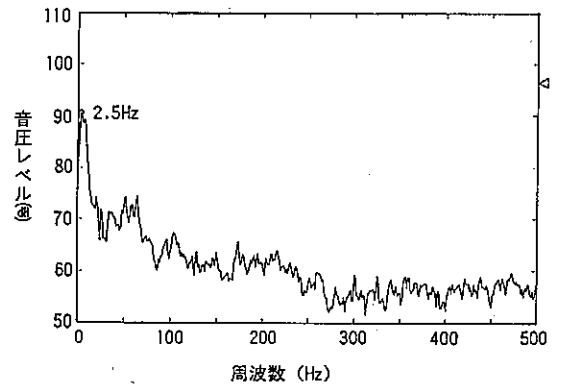


図14 エンジン冷却ブローア 60km/h時

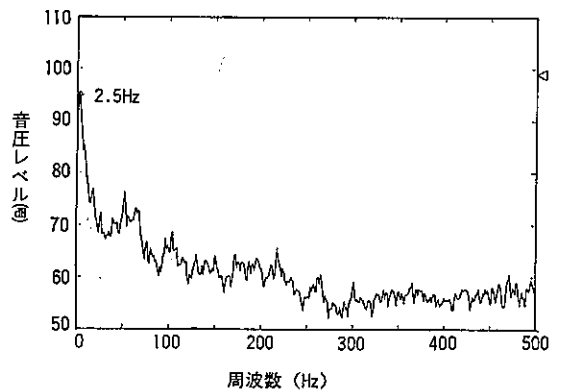


図15 エンジン冷却ブローア 80km/h時

下の超低周波域の卓越周波数はブロー音であるとして差し支えないようである

なお、3 t車の60, 80km/hのレベルはエンジン冷却ブロー音より3~6 dB低い、この理由として、3 t車は車体の長さが短いため、測定器の設置位置がブロー音から若干が離れていたためと考えられる。

(=) 上記エンジン冷却ブロー音のレベルは、40Hz以上の卓越周波数のレベルより大きいので、音圧レベルの増加となって表れる。図2、図7の加減速時のレベル変化等を見る場合には注意が必要である。

5 まとめ

シャーシダイナモ上に定置した大型車として10 t車、小型車として3 t車について、発生する低周波空気振動を測定解析した。

その結果

- ① 音圧レベルは速度の増加と共に増加する。10 t車100km/hで100 dBである。
- ② スペクトルは車種及び速度により異なるが、卓越周波数は10 Hz以下の超低周波域と40から115 Hzの間に出現する。
- ③ 10 t車の卓越周波数は45 Hz前後に基本周波数を有

し、2次、3次の高調波を有する。3 t車は65 Hz前後に基本周波数をもち、115 Hz前後に2次高調波を有する。基本周波におけるレベルは速度の増加と共に増加する。

- ④ 10 t車の100km/hのレベルは46 Hz 89 dBと大きなレベルを示しており、戸、障子を揺らす程のパワーがある。
- ⑤ エンジン冷却ブロー音から10 Hz以下の超低周波成分が発生している。レベルの見かけ上の増加につながる。注意が必要となる。
- ⑥ 3 tの小型車は周波数域も大型車より大きい周波数域にあり、レベルも低レベルである。ことが判明した。

以上のようにシャーシダイナモ室の測定において、10 t車の大型車両からは低い周波数域でレベルの大きい波動が発生している状況が判明したので、道路沿道における測定調査においても、大型車から発生する低周波空気振動について焦点をおいて調査研究を進めて参りたい。

参考文献

- 1) 通商産業省立地公害局低周波音調査委員会：低周波音防止技術解説書，p.34~36.