

エンジン制御情報を考慮した車外騒音解析技術の開発

Development of Pass-by Noise Analysis Technology with Utilization of Engine Control Data

北 原 純*
Jun KITAHARA

Jason RAY**

Mark PAFUMI**

要 旨

車外騒音試験をする際に測定車両のエンジン制御情報および騒音レベルを総合的に測定し、リアルタイムで解析処理できる新計測システムを構築した。このシステムはエンジン制御用コンピュータから読み取ったデジタル値をアナログ信号に変換し出力するシステムと、多チャンネルのアナログ信号を入力可能な騒音計測システムを融合させたものである。これにより、環境条件により変化する充てん効率や、点火時期を始めとするエンジン制御情報などの変動要素と騒音レベルの関係を定量的に把握することが可能となった。またある基準となる環境条件下での騒音レベルに標準化することで、車両の騒音レベルや仕様変更にもなう騒音レベルの変化量を精度良く評価できるようになった。

ABSTRACT

The purpose of this paper is to introduce the new pass-by noise analysis technology with utilization of engine control data. This newly constructed measurement system obtains comprehensive engine control data while measuring Pass-by noise levels on vehicle with real-time data analysis capability. This measurement system combines different functions and features into one. One system converts digital values obtained from an engine control unit into an analog signal output, while the other obtains multiple channel analog signals. By performing Pass-by noise testing with this system, the relationship between environment induced fluctuating engine control parameters, such as charging efficiency and ignition timing, and the effect on noise levels is determined. Furthermore, by normalizing obtained data to standard environmental conditions, vehicle noise levels and the amount of change in noise levels resulting from specification changes are accurately evaluated.

1. はじめに

自動車が発生する音の大きさは車外騒音規制として法律により規制されている。車外騒音規制には、自動車が停止した状態での音を規制する静止または近接排気騒音規制、速度一定走行時での定常走行騒音規制、加速状態の場合の加速走行騒音規制などがあり、いずれも試験方法は定められている。この中でも加速走行騒音は、自動車が発生する音響エネルギーが大きく、厳しい条件となる。

一例として、Fig. 1 に日本で定められている加速走行騒音測定法を示す。計測対象の車両は速度 50km/h 一定で計測区間へ進入し、加速開始点(AAライン)から全出力で加速し、加速終了点(BBライン)で加速をやめ惰行走行に移る。その加速中の騒音レベルを車両走行中心線から 7.5m の位置に設置されたマイクロホンで測定し、その最大値にて評価するものである。

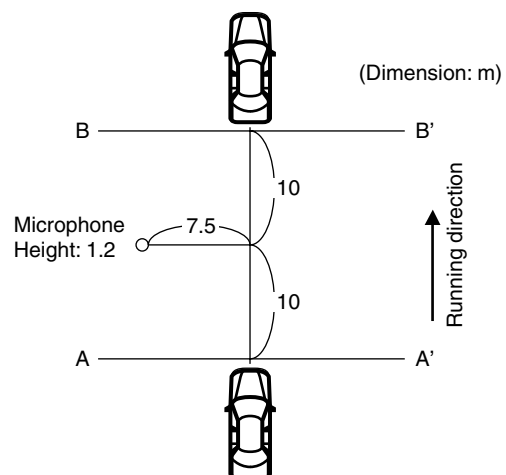


Fig. 1 Japan pass-by noise regulation method

* 栃木研究所

** Honda R&D Americas, Inc.

車外騒音は年間を通じた屋外での試験であることから、各種の環境条件の影響を受ける。同一車両においても環境条件が異なる場合、騒音レベルは、エンジン吸入空気の充てん効率による加速量の変化や、運転状況によりコンピュータ (Electronic Control Unit: 以下 ECU) 制御される点火時期の変化などが影響を及ぼし変動する。そのため試験車両の騒音レベルの実力を正しく評価するためにはこれらの変動要素に影響するパラメータを明確にし、騒音レベルとの関係を定量的に把握することが重要となる。

今回、車外騒音試験に対して環境条件により変化するエンジン制御情報などの変動要素と騒音レベルをリアルタイムで解析処理できる新計測システムを構築し、それらの関係を明確にすることが可能となったのでその内容について報告する。

2. 車外騒音新計測システム

エンジンは ECU によって車両の運転状況に応じたきめこまやかな最適化制御が行われている。そのため試験車両の騒音レベルを正しく評価するためにはこれらのエンジン制御情報を把握することが不可欠である。そこでエンジン制御情報は ECU モニタシステム (ECU Monitor Card System: 以下 EMCS) から、運転状況を示す主要なパラメータを D/A 変換し出力できるようにし、騒音を含めた多チャンネル計測システム (MULLER-BBM 社 PAK システム) と融合させた。このシステムの基本構成を Fig. 2 に示す。ECU から出力される点火時期や吸入空気温度などの信号は 16 進法のデジタル値である。ECU 信号を騒音と同時に測定するためにはアナログ信号にて出力する必要があった。そこで

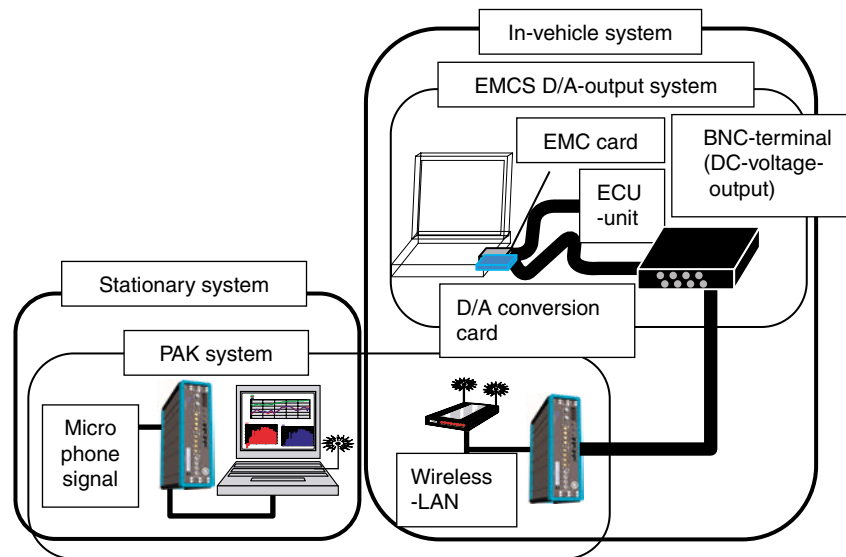


Fig. 2 System configuration

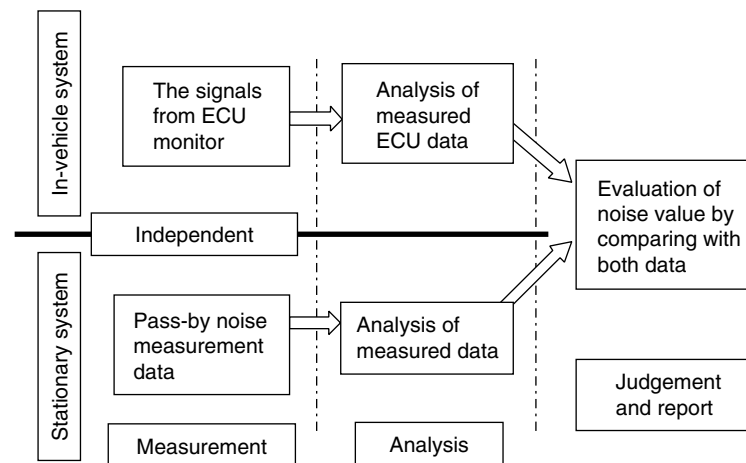


Fig. 3 Old system for analysis: Flow chart of ECU data and pass-by noise data

EMCS にデジタル値をアナログ信号(DC 電圧値)へ変換し出力する機能を追加して対応した。

従来の計測システムは Fig. 3 のように車載側のエンジン制御情報と地上側の騒音計測システムが独立しており、両者を同期させて解析するには煩雑であった。今回の新計測システムは Fig. 2 のようにフロントエンドを車載側と地上側の2台を持ち、車載側のデータをワイヤレスランで地上側の騒音計測システムへ送信する機能を有する。したがって車載側にエンジン制御情報を入力することで、地上側で測定した騒音レベルとリアルタイムでの解析処理を可能としている(Fig. 4)。

これにより測定車両のエンジン制御情報および騒音レベルを総合的に測定し、リアルタイムで解析処理できるようになった。

また PAK システムは、ユーザーが測定結果を表示させるグラフィックの設定を作成する事が可能であり、あらかじめ必要なデータを表示させるフォーマットを作成しておく事で解析やデータ処理に対する効率化も実現できた。

3. 解析結果

車外加速騒音での騒音源は駆動系を含めたエンジン音、吸気音、排気音、排気放射音、タイヤ音などでありこれらが複合して加速騒音レベルとなる。各騒音源の寄与率は Fig. 5に示すようにエンジン音の占める割合が一般に大きい。したがって騒音レベルを評価するにあたりエンジンが環境の影響で変動する主要項目である充てん効率と点火時期の2項目について、車外騒音に対してどのような影響を与えるかを解析した。

3.1. 充てん効率による影響

温度、湿度、気圧といった外気条件によりエンジン吸入

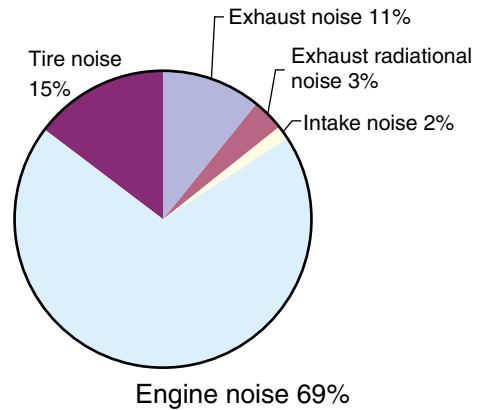


Fig. 5 Example of contribution analysis for pass-by noise

空気の充てん効率変動しエンジン出力に影響するため、騒音計測区間内の加速性能が変化し騒音レベルに影響を与えている。加速性能はエンジン出力により決まるが、エンジン出力は外気条件による修正係数での標準化手法がJIS規格で定められている。修正係数(K)の算出式を以下の式で示す。

$$K = \left(\frac{P_o}{P} \right)^{1.2} \left(\frac{\theta + 273}{\theta_o + 273} \right)^{0.6}$$

Po：標準乾燥大気圧力(= 99kPa)

θo：標準大気温度(= 25℃)

P：測定時乾燥大気圧力(kPa)

P = Pa - Pw

Pa：測定時全大気圧力(kPa)

Pw：測定時水蒸気分圧(kPa)

θ：測定時吸気温度(℃)

加速性能を騒音計測区間での加速量、つまり脱出速度と進入速度の差分と定義し、加速量がエンジン出力修正係数

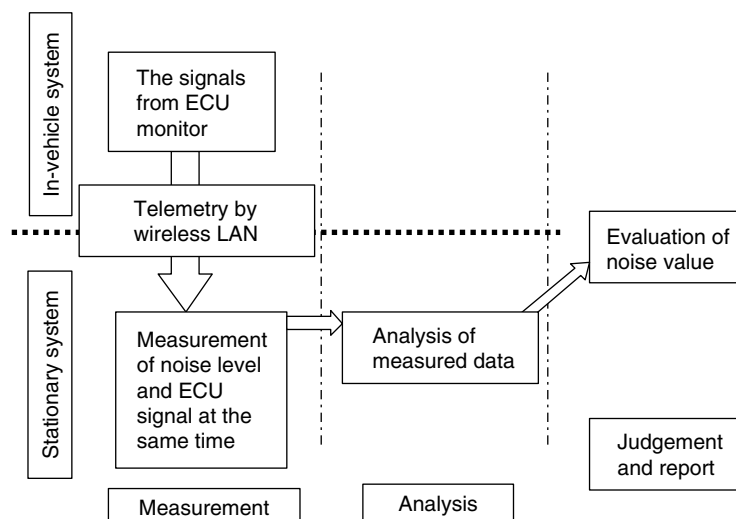


Fig. 4 New system for analysis: Flow chart of ECU data and pass-by noise data

によりどう変化するかを確認した。加速量を修正係数1.0で標準化しそれを基準値とした変化率を Fig. 6 に示す。エンジン出力修正係数と加速量は線形補間された関係であることがわかる。すなわち加速量はエンジン出力修正係数で標準化が可能であり、標準化後の加速量に、規定されている進入速度を加算する事で標準的脱出速度が予測可能となる。また、騒音レベルは点火時期などの条件が同一の場合、Fig. 7 に示すように脱出速度との一次近似の関係が成り立つことから、標準的脱出速度をエンジン出力修正係数により算出することで、充てん効率による騒音レベルの標準化が可能である。

3.2. 点火時期変動による影響

エンジンの点火時期は設定された数値に対し、吸入空気や冷却水といった温度条件やノッキング検知などにより補正を入れる事で制御されている。吸入空気温度は Fig. 8 に示すように外気温度と同様に変動し、吸入空気温度が上昇するとノッキングによる異常燃焼を防止するため Fig. 9 に示すように点火時期を遅らせる制御(以下リタード制御)が実施される。また車両の吸入口はエンジンルーム内に存在

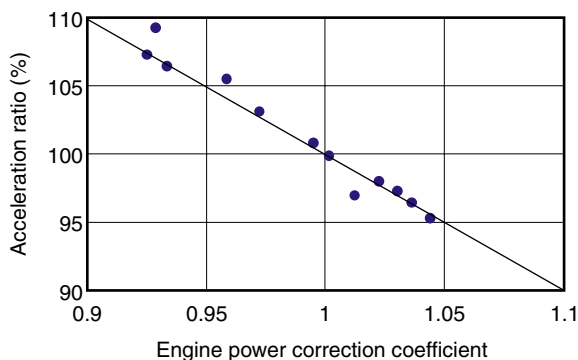


Fig. 6 Relationship between correction coefficient of engine power and acceleration ratio

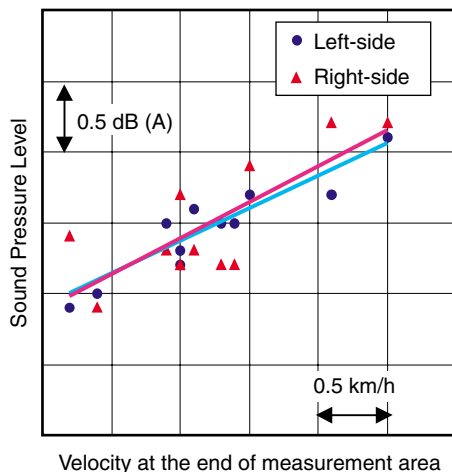


Fig. 7 Relationship between velocity at the end of measurement area and sound pressure level

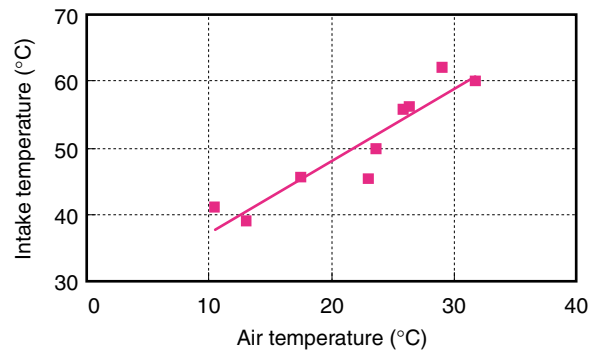


Fig. 8 Relationship between air temperature and intake temperature

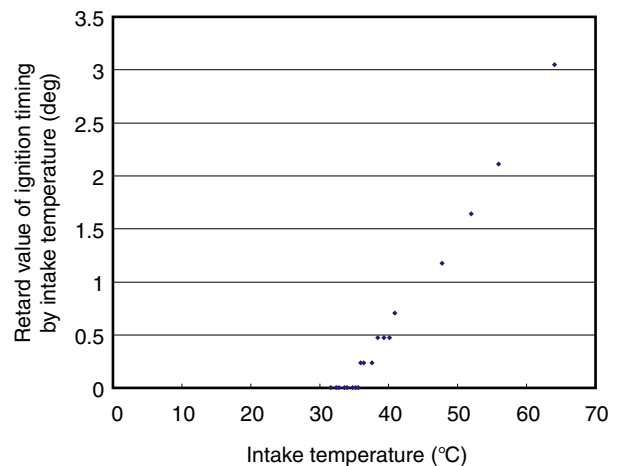


Fig. 9 Relationship between intake temperature and retard value of ignition timing by intake temperature

する 경우가多く、騒音測定時に車両が停止していた場合にエンジンルーム内の温度が上昇する事で吸入口温度も上昇しリタード制御が入る場合などがある。したがって外気条件が同一の場合においても車外騒音測定時において点火時期は変動する。Fig. 10は実際の車外騒音測定時におけるエンジン回転数と点火時期の変動を示している。点火時期に

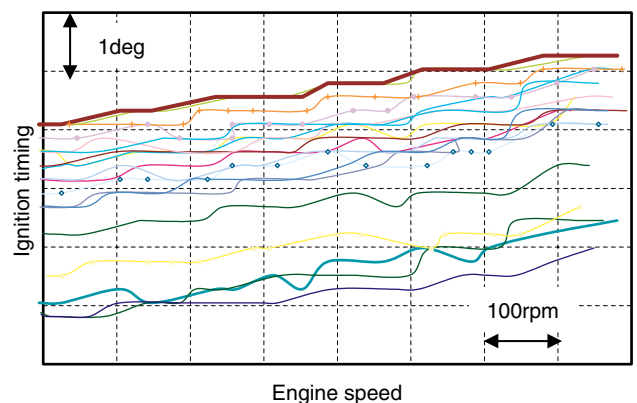


Fig. 10 Change of ignition timing while measuring pass-by noise

より同一回転数でもエンジン音に変化する(Fig. 11)ことで車外騒音に対しても影響を与えている。したがって同一の脱出速度すなわち同一エンジン回転での脱出速度であっても騒音レベルが変動する場合があります、速度に対する騒音レベルの相関が Fig. 12 に示すように低下しこのままでは正當に評価できない。

しかしほぼ同等の点火時期であるデータを選択することにより、脱出速度に対する騒音の傾きと、点火時期に対する騒音レベルの変化量を明確にすることが Fig. 13 に示すように可能となった。また仕様変更による騒音レベル変化を見極める際に、環境条件が変化しても同一点火時期での騒音レベルを比較する事で精度良く評価が可能となった。

また点火時期は温度が上昇するとリタード補正量が増加し、点火時期の制御値は設定値に対し遅れることとなり、その影響で騒音レベルが低くなる。その関係を表したものを Fig. 14 に示す。したがって、騒音測定時の点火時期設定値と制御値との差分及び、前述の点火時期に対する騒音レベル変化量を把握することにより点火時期設定値での騒音レベル予測が可能となり、測定車両での騒音レベル評価の精度が向上した。

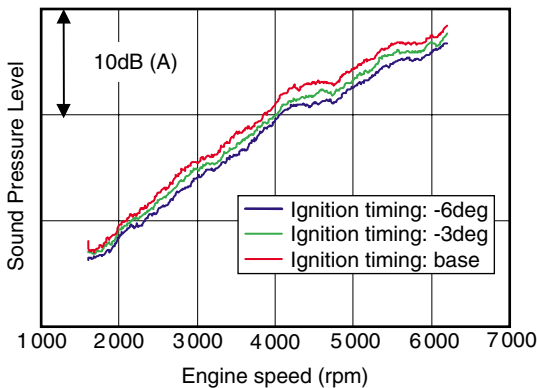


Fig. 11 Influence of ignition timing on engine noise

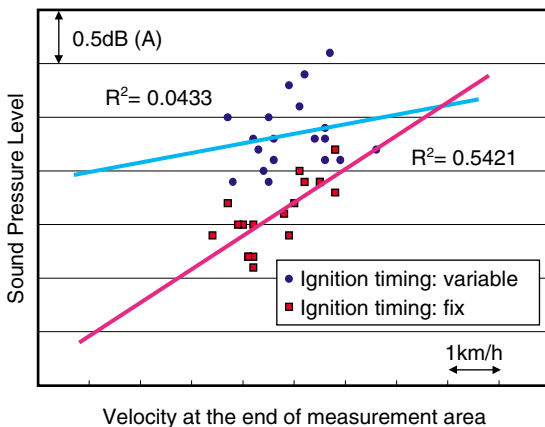


Fig. 12 Influence of ignition timing change on pass-by noise

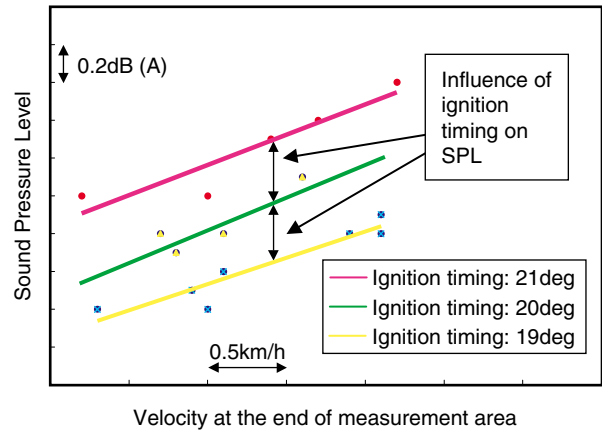


Fig. 13 Sound pressure level due to the difference of ignition timing

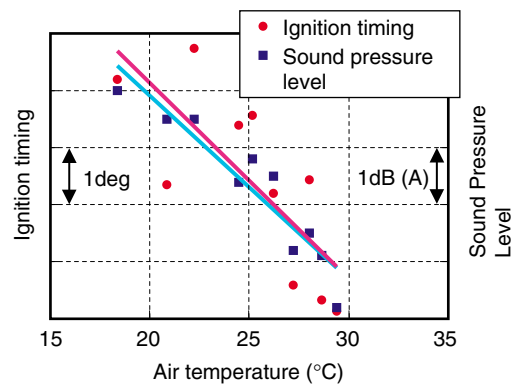


Fig. 14 Relationship of ignition timing and sound pressure level with air temperature

4. まとめ

車外騒音を評価する上で重要な要素であるエンジンの制御情報と騒音レベルをリアルタイムで測定、解析する技術を開発した。車外加速騒音に影響の大きいエンジンについて、環境条件により変動する項目である充てん効率と点火時期が騒音レベルにどのような影響を与えているかを解析し以下の結果が得られた。

- (1) 外気条件で変化する充てん効率がエンジン出力に影響し、エンジン出力に連動して騒音計測区間加速量が増加し騒音レベルに影響を与えている。騒音計測区間脱出速度と騒音値の相関関係と、加速量を外気条件により決定されるエンジン出力修正係数により標準化することを組み合わせることで、充てん効率による騒音レベルの標準化が可能である。
- (2) 点火時期と騒音レベルの関係を定量的に把握することで、点火時期に対する騒音レベルの変化量を明確にすることが可能となった。

この結果より、測定した騒音レベルと変動要素の関係から騒音レベルを標準化する手法を確立したことで、車両の

騒音レベルの実力や、仕様変更時の騒音レベル変化量を精度良く評価する事ができるようになった。

本技術は栃木研究所とオハイオ研究所の共同開発によるものであり、四輪車の二大研究所間でシステムや騒音評価の考え方およびノウハウの共有化が図れたことが機種開発において効果を発揮していると考ええる。

5. 参考文献

- (1) 金丸邦郎, 宇野正人: 車外騒音計測 LA システムの開発, 自動車技術, Vol.44, No.10, p.38-42 (1990)
- (2) 自動車用エンジン出力試験方法, JIS D 1001
- (3) 長島慶一, 前田義男, 木村泰之, 高岡伸明, 田高 健, 畠山謙一: エンジン性能データ収録システムの開発, HONDA R&D Technical Review, Vol.12, No.2, p.55-60 (2000)

■ 著 者 ■



北原 純



Jason RAY



Mark PAFUMI