

〔研究随想〕

# 自動車整備技術における振動・騒音問題\*

(整備士養成課程の取り組み)

中村 金次\*

Vibration and Noise problems in Auto Mechanics Technology  
(Approach to mechanic training course)

Kinji NAKAMURA\*

## Abstract

Generally speaking, car maintenance is recognized as work that requires technical skills. However, the current automobile maintenance work seem to be focused on improvement of the existing technology and the most advanced engineering skills involved are being used by the administrators for mechanic training systems. Current modern cars with new advanced technology need to be responded to with advanced car mechanic technology. The purpose of this report is to take into consideration one subject of automobile technician training course in Kurume Institute of Technology. There is high concern that the car noise is a social problem. Since the environmental impact assessment of road traffic noise was adapted, it's therefore necessary to evaluate the automobile noise technology and this educational knowledge be added to mechanic training skills which will enhance advanced technological development. This description is intended to be utilized to educate automobile engineers. The necessity for the education related to acoustic technology in car maintenance was demonstrated in the maintenance technology and has been picked up as a concrete example in this report. The purpose for the establishment of this institute of technology is to give high priority to human resource development in the automotive industry. The curriculum in the school of mechanic education in the Department of transport and mechanical engineering is recognized and certified by the Ministry of land, infrastructure and transport.

**Key Words** : Car maintenance, Mechanic training, Noise and Vibration, Psychoacoustics

## 1. はじめに

一般に、自動車整備は技能的な仕事として認識されている。しかしながら、最近の新技术導入が進んだ自動車は高度な整備技術による対応が必要である。そして、整備士資格においては国土交通省による最も高いクラスの運用が整えられている。本学は国土交通省の学科認定「交通機械工学科」の自動車整備士第二種養成施設を持つ工業大学であり、自動車産業の人材育成に力を注いでいる。本報告では、当該学科における自動車整備士養成コースの教育科目の一部として、社会的に関心の高い自動車の音問題を取り上げ、その教育について考える。道路交通騒音の環境への影響評価が法的に扱われるようになってきているため、自動車単体騒音関連の基礎的な事項は整備技能における知識として付加された教育内容が望まれる。異常診断技術としてはその情報が発生源に対する予兆的な評価や判断材料となることから高度な整備技術へ繋がるものである。また、自動車使用者の感覚的の反応に対する心理的側面への対応が求められるなど、音や振動は教育内容として大事な部分である。したがって、多くの側面に対する技術・技能養成課程とあわせて行われる工学士教育は本学「交通機械工学科」の特徴であり、その捉え方が産業人育成において重要であると考えられる。

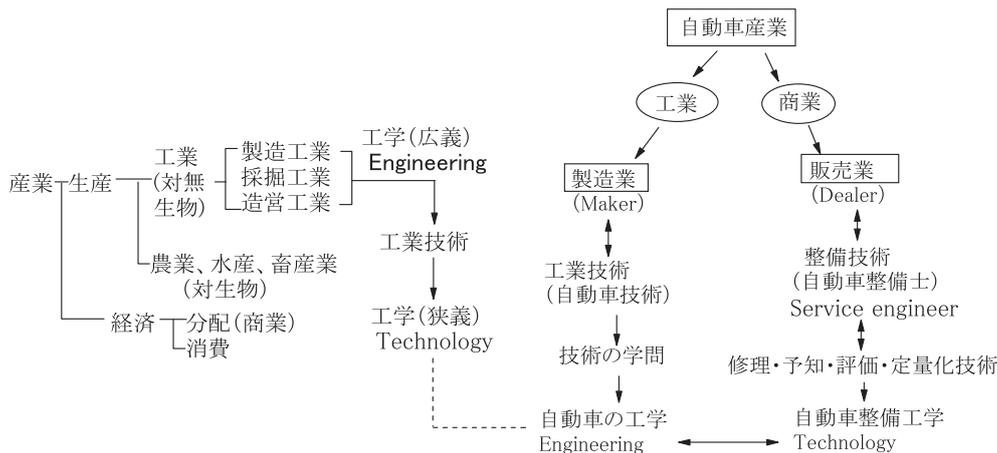


図1 産業体系と自動車技術との関連性

## 2. 振動・騒音問題の社会的動向

本学の交通機械工学科では、4年次における技術系専門必修科目として「自動車整備工学」が開講され、サービス・エンジニアなどの技術職を目指すための指定科目として、図1に示すような捉え方により実施されてきた<sup>(1)</sup>。図は自動車産業と学術構成上とにおいて、生産を担う工学及び工業技術と消費経済を支えるサービス業における自動車技術との関係を示したものである。自動車は社会的要請による様々な新技術導入への対応が必要とされ、教育現場へ反映されるべき部分が多い。当該学科では短大から四年制大学へ移行した後の1978年より機械力学実験室が開設され、工学実験において自動車騒音に関する課題が取り上げられた。1976～1978年は、特別講演としての「騒音公害について－環境騒音を中心にして－」（内容は公害の定義や関連の基礎事項など）が日本音響学会誌に掲載された時期である<sup>(2)</sup>。自動車騒音を主体とした騒音特集号では、特別講演会としての騒音の「うるささ」に関する音響心理や騒音評価などが取り上げられている<sup>(3)</sup>。文部省研究科学特別研究における報告では「静穏を目指して」として騒音・振動研究班によるパネル討論会が行われた<sup>(4)</sup>。機械学会では振動や騒音の基礎知識及び解析と対策などをテーマとした講習会が開催された<sup>(5)</sup>。本学ではこの頃に騒音測定分析関連の機器が積極的に導入された。音響に関する教育については1999年の音響学会誌に調査結果が掲載されている<sup>(6)</sup>。調査内容は約190校の大学、学部のシラバスよりとりまとめたものということである。調査の主旨は、音響教育問題に関するシンポジウム開催や会員への資料提供のためとされていた。対象とされた専門分野は、電気・機械・建築・音楽である。機械系における調査内容は、担当科目における音響技術教育導入の際の参考資料とさせていただいた。多くの分野の工学的対象とされる自動車は、その取り組む本学科の教育内容として対応が求められ、排気ガスや騒音などが環境問題として教育に含まれてきた。自動車のメンテナンスにおける音響技術利用の機会は増えると考えておく必要がある。一級整備士養成課程の教科書では、振動・騒音に関する教育内容が多くのページにわたり取り扱われている<sup>(7)</sup>。これらの内容は技能を超えたところの教育における工学的要素によるものである。

## 3. 自動車のメンテナンスにおける音響技術

### 3・1 保安基準と騒音防止

自動車騒音は社会的影響が大きいことから、法規制の強化などによる対策が講じられてきた。単体車両については保安基準に従うところの騒音防止装置に対するメンテナンス上の問題がある。法的扱いについては、表1に示す<sup>(8)(9)(10)</sup>。騒音規制法が制定されたのは1968年（昭和43年）であり、3年後に環境基準が制定され、沿道騒音の基準が5ヶ年での達成目標として示された。新設道路については、環境影響評価をいかに図るかが大きな課題とされてきた。排気騒音については、近接排気騒音規制が路上取り締まり上から制定された。騒音防止装置の検査における測定法は保安基準に従うよう定められている。環境影響評価法による騒音レベルの予測値は、交通量や平均車速、車線から観測点までの距離、走路環境から車種分類などの条件設定などにより算出される<sup>(11)</sup>。その単体車両の走行騒音はユニット・パターンとして捉えられるもので、学生に対する保安基準の定常走行騒音測定の説明に利用できる。

### 3・2 整備技術の音問題

1980年に実施された機械学会の講習会教材においては、音響工学は音と振動に関する物理学や機械力学などの科目内

表1 自動車騒音規制の推移

年号等	法的対応	関連事項
1952年（昭和27年）	道路運送車両法の制定	保安基準
1968年（昭和43年）	騒音規制法の制定	自動車単体騒音の規制基準
1971年	環境基準の制定	沿道騒音の規制基準
1971年以降	車種別単体騒音規制の強化	単体騒音規制／定常走行騒音，加速走行騒音
2000年度	道路交通騒音に関連する技術懇談会	日本自動車研究所主催
2008年版計算モデル ASJ RTN Model	環境影響評価法	日本音響学会によるモデル
2010年4月より	交換用マフラ事前認証制度発効	保安基準細目の告示
2013年	マフラ性能等確認制度（事前認証の名称変更）	インナ脱着不可（2010年以降新型車）
2013年（平成25年）	タイヤ騒音規制検討会の設置（環境省，国土交通省合同）	R117-02（国連欧州経済委員会自動車基準調和世界フォーラム採択）

容に含まれ、音波・音響放射系，機械振動系（音源となる固体の振動）として説明されている。

機械工学の分野では、問題解決に必要とされる対象が本題の教育に繋がると考えられる。自動車における音響情報は故障箇所の推定や原因究明で使われており、整備士向けの練習問題において取り上げられている<sup>(12)</sup>。当該科目による主な音響技術の内容は、表2に示すようなものである。消音器は、改造による騒音レベルの変化、排気ガス中のオイルや水分の影響、経年変化による性能低下などが考えられ、メンテナンスにおける基本的診断技術が必要である。表3は第2項に示した一級整備士における音に関する問診や点検整備に関する作業手順などについて示したものである。

表2 自動車整備関連の音響技術

整備技術	音響技術
ノッキング現象の検出	振動検出，ノック強度評価
騒音計測機器の仕様	聴感補正（A 徳性）
定常走行騒音測定	環境影響評価法（ユニットパターン）
近接排気騒音測定	消音器の挿入損失
エンジン・マウント系の振動現象	基本振動数，減衰振動（減衰比，損失係数）
点検ハンマーによる診断	打撃音・振動評価，判別要素

表3 診断技術における振動・騒音

手順	作業内容
①問診	問診表の作成
②振動・騒音の点検	分析器の活用
③不具合現象の分類	振動周波数による現象の区分
④故障診断方法	振動騒音発生源の探求

#### 4 音響専門課程以外の教育科目

1999年開催の音響工学教育に関するシンポジウムでは、機械系における騒音関係教育の現状が次のように示されていた。

音響専門課程以外を対象として、一般基礎科目（1～2年次）における物理学や力学・工業力学の音波・1自由度系・減衰振動，専門基礎科目（2～3年次）としての機械力学Ⅰ・Ⅱや機械力学演習の1～2自由度系・多自由度系・非線形振動，そして機械工学実験における梁の振動や音速測定などがあり、騒音・振動関係は専門応用科目（3～4年次）のなかに取り上げられている。

工学実験において特に参考になるのは、東京電気大学における機械工学実験「振動・制御」の中に「騒音測定」の工学実験項目が含まれていることである。実験内容は、実習工場の機械騒音や自動車走行騒音そして内燃機関実験室のガソリン機関騒音など、教育現場の身近な騒音源を対象とした騒音レベルの測定と周波数分析である。実験の目的は、音

量の表示方法や騒音測定における周波数補正（A 補正）の必要性，周波数分析の方法とその意味などについて理解させることとされている<sup>(13)</sup>．本学の関連科目については次項に示す．

#### 4・1 本学の交通機械工学科における音響関連科目

次の記述は，シラバスの内容を参考にしたものである．

- ・機械力学Ⅰ（2年次後期・専門選択2単位）：自由振動，強制振動
- ・機械力学Ⅱ（3年次前期・専門選択2単位）：つりあい他
- ・自動車工学Ⅱ（3年次後期・専門必修2単位）：環境問題における自動車の振動・騒音
- ・自動車保安全管理（平成25年度より，4年次後期・選択2単位）：振動・騒音
- ・制御工学Ⅰ（3年次後期・専門選択2単位）：伝達関数・周波数応答
- ・交通機械工学実験Ⅰ・Ⅱ（3年次・前後期必修4単位）：機械力学実験（減衰振動・つりあい試験・音の大きさ評価実験（ME法）・排気騒音測定（A特性）・周波数分析
- ・自動車整備工学（4年次前後期・必修2単位）：騒音・振動測定技術・異常診断など
- ・法規および自動車検査法（4年後期・必修1単位）：騒音規制・騒音防止装置の保安

#### 4・2 授業科目としての振動・騒音問題

上述の筆者担当科目「自動車整備工学」では，次のような項目を取り上げた．

- ・騒音測定技術（聴感補正，暗騒音の補正，dB合成，周波数分析）
- ・音のうるささ評価（音の大きさ評価，ME実験法，ベキ法則）
- ・振動測定技術（振動暴露基準，人体の周波数応答）
- ・振動現象（燃焼ストローク・サイクルとエンジンの基本振動周波数，振動波形，エンジン・マウント系の減衰振動と損失係数），ピストン・コンロッド系の速度変化（振動発生の原因となるクランクの回転角とピストン速度）
- ・エンジンの異音（ノッキング音，オクタン価の評価とノッキング強度，異常燃焼）
- ・点検ハンマーによる打撃試験（物理的变化及び音による識別・判別手法）

#### 4・3 卒業研究の課題とした音・振動問題

卒業研究は，実態調査や実証・特性試験などによるものが多く，単年度に終了できるようなテーマ設定である．また，取り上げた内容は指導時期における筆者の問題意識を反映させたものである．

- ・道路交通騒音の実態調査（自動車の騒音パワーレベルの測定，交通量・車速・車種分類・周波数成分調査を含む）
- ・環境影響評価法の実証試験（ASJモデルによる評価試験，覆蓋道路に対する評価試験）
- ・騒音のうるささ評価（音の大きさ評価，ME実験法とベキ法則，排気音のうるささ調査）

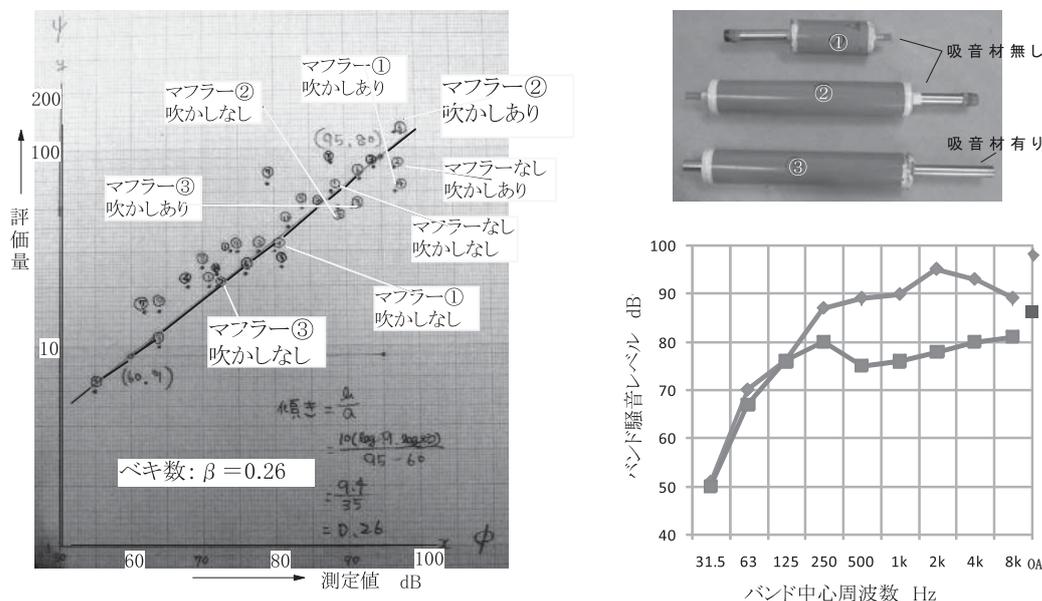
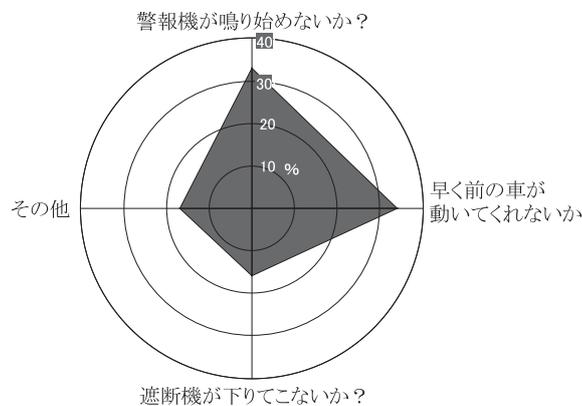
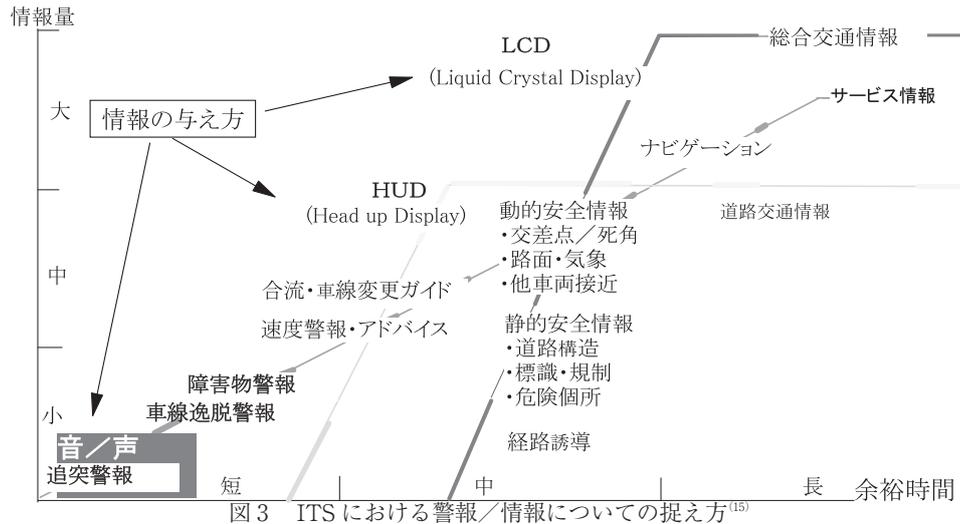


図2 ME 実験結果及び排気音の周波数分析結果



- ・エンジン振動の測定分析（エンジンの基本振動数，異常燃焼時の振動現象，エンジン・マウント系の減衰振動）
- ・点検ハンマーの判別要素について（打撃試験における物理的变化及び識別・判別要素）
- ・踏切事故防止に関する調査（運転者の意識調査，ドライブ・レコーダによる踏切通過状況の実態調査，運転者の音環境に関する実証試験）

研究で得られた結果は前項4・2で示した科目の教育内容に反映させている。特に、騒音については学生の「うるささ」の感じ方と音の大きさの測定値との関係について認識させることが重要だと考えた。一例として示せば、図2は工学実験で行ったME法<sup>(14)</sup>による「音の大きさ評価」の結果であり、感覚量と測定音圧レベルとがベキ法則に従うことを取り上げたものである。図中の折れ線グラフは、ME実験に使用した異なるマフラーの排気音に対する1オクターブ（OCT）帯域による周波数分析結果の例である。

音の聞こえの問題は運転情報として捉えられる場合に重要である。図3は運転者に情報を与える場合の時間的余裕（横軸）と情報量（縦軸）との関係を示したものである。音は時間的余裕がない場合の情報としての有効性が高い。運転者は不測の事態における対応に音響情報への依存度高くなる。図4はある状況における踏切通過車両運転者の危機回避に向けた意識の現れとして示されたアンケート結果の一例である<sup>(16)</sup>。

## 5. おわりに

一般に、人は創造的な刺激に敏感である。若者に対するその刺激を与える材料として、自動車は非常に効果的である。それが最近ではメディア産業に奪われた感がある。しかし、時代の変化により自動車社会は新しい潮流を生みつつある。そこに新たな刺激を与える材料は存在するはずである。EVやFCV、ITSが現在進められている研究開発の結果となって現れるとき、自動車は新たな多くの刺激を与える教材となることが考えられる。電動モータを原動機とした車両は、その接近に気付きにくいとした安全上の問題がある。車両本体からの騒音が小さい場合、人は従前の認識と異なること

への対応が困難になる。この技術的対応はその予防安全における音関係のデザインとして、今後の教育内容に含むことができればと考える次第である。

以上、ここで述べてきたことは自動車の様々な側面から音・振動をとらえ、考えるために、一つの科目担当者として取り上げてきたものである。これでよかったのかと自問自答しながらも、学生に少しでも考える機会を与えることができたとすれば幸いである。

## 謝 辞

今までご指導いただいた先生方、いろんな側面において協力してくれた後輩の教職員や多くの学生の皆さん、また教育研究が自由に行える場を与えていただいたことなど、これらは筆者の恵まれた環境の極みであり、ここにその喜びと感謝の意を表し、謝辞といたします。

## 文 献

- (1) 棚沢泰, 「工学と技術の本質」, (1978), p. 69, 養賢堂
- (2) 二村忠元, 「騒音公害について」, 日本音響学会誌32巻1号 (1976), pp. 34-47
- (3) 難波精一郎 他, 「自動車交通騒音の大きさについて」日本音響学会誌32巻3号 (1978), pp. 126-138
- (4) 二村忠元他, シンポジウム「騒音振動の評価手法」, 文部省研究科学特別研究騒音・振動班, 笹氣出版印刷株式会社, (1981)
- (5) 国枝正春, 「教養としての振動と騒音」他, 第502回講習会, 日本機械学, 19806, 5 - 6,
- (6) 音響教育調査委員会, 「大学における音響教育の現状」, 日本音響学会誌55巻3号 (1999), pp. 211-218
- (7) 国土交通省自動車交通局, 自動車整備士養成課程, 教科書「一級自動車整備士」, (1996), pp. 287-371
- (8) 橋秀樹, 「道路交通騒音の低減に向けて」, 日本音響学会誌 Vol. 69, No. 9, (2013), pp. 486-488
- (9) 高井誠治, 「新たな自動車単体騒音規制について」, 日本音響学会誌, Vol. 69, No. 9, (2013), pp. 489-493
- (10) 社団法人日本騒音制御工学会, 「騒音制御工学ハンドブック」, (2001), p. 651
- (11) 橋秀樹他, 日本音響学会道路交通騒音調査委員会, 「道路交通騒音の予測モデル ASJ Model 1998」, 日本音響学会誌 Vol. 55, No. 4, (1999), pp. 281-324
- (12) James G. Hughes, "Guide to the Automobile Certification Examination", Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, Fourth Edition, (1997).
- (13) 機械工学実験研究会, 「機械工学実験」, 東京電気大学, (1978), p. 194
- (14) 桑野園子他, 第46回技術講習会, 「音と振動の評価のための心理学的測定」, 日本音響学会, (1992. 4. 29-30), pp. 35-47
- (15) No.9504 SYMPOSIUM, 「車と道路のインテリジェント化」, 自動車技術会, 車／道路インテリジェント化部門委員会, (1995. 3. 31), pp. 38-57
- (16) 中村金次, 「運転環境の聴覚的配慮とその課題」, 自動車技術会学術講演会前刷集, 1996, pp. 149-152