

2106 鉄道車両の走行音における評価方法について

～サウンドデザインの導入を目指して～

渡部 匡康・ものづくり大学大学院

Masayasu WATANABE, Inst. of Technologists

松本 宏行・ものづくり大学

Hiroyuki MATSUMOTO, Inst. of Technologists

Key Words: Sound Design, Universal Design, Evaluation, Vehicle and Transport system

本研究は、鉄道車両に代表される交通機械におけるサウンドデザインの可能性を検討したものである。ここでは、著者の一人が採集した車両内の音を素材として、音を安易に「消し去る」のではなく、「残すべき」音とは何かという着眼点を前提にした音の主観的評価を行い、音を設計するための重要な因子の提示、そして設計するための可能性を検討提案した。

1. 研究背景

現在、交通機関において「騒音」が問題視されている。その流れは、鉄道においても同様である。そこで鉄道各社は、車両の軽量化、防音壁の設置、各機器の低騒音化といった、あらゆる手段を用いて「消音化」に努めている。

しかし、むやみな消音対策は、その音源の存在を単に弱めてしまうだけでなく、消音化を行ったがために、ホームの乗客が電車の接近に気づかないといった事態が発生するようでは、鉄道において最重要項目である「安全」に支障をきたしてしまうおそれがある。

また、消音化によって「鉄道らしさ」を失ってしまい、他の交通機関にはない鉄道の長所を消してしまう場合もありうる。今後ますます、鉄道をより快適な環境にする取り組みが必要とされる。さらに鉄道は、沿線住民にとって「シンボル」の1つになりうるため、その街の風景を構成する重要な要素でもある。

よって、ただ音を消し去るのではなく、今ある音を活かし、心地良い音へと創成する「サウンドデザイン」の取り組みが、鉄道においても有効性を発揮するのではないかと考えている。以上が主な研究背景である。

2. 研究目的

鉄道をより快適な環境にする方策の1つとして、鉄道が発する「音」に着目し、鉄道ならではの快適環境の提供を目指したい。そして、実現しうる「音によるサービス」を考察、提案することが、本研究の最終目的である。

そのためには、まず乗客（人）が音から受ける印象を把握することが重要である。そして、その主観的評価手法を用いて、定量的評価を行う。良い音をつくるために重要な因子が何に起因するのか人が要求する音の性質とは何かを考察し検討した。

3. データ条件

今回の報告では、3種類の鉄道車両内の音を対象にした。その時刻歴データをそれぞれ図1に示す。

3つの音の定性的な特徴を以下に示す。

- ・走行音ケース1＝出だしは静かだが、高速域で大きな音を発するタイプ。
- ・走行音ケース2＝全体的に音量が小さく、やわらかめの音を発するタイプ。
- ・走行音ケース3＝きわめて独特な音がする、いわゆる“変わりダネ”のタイプ。

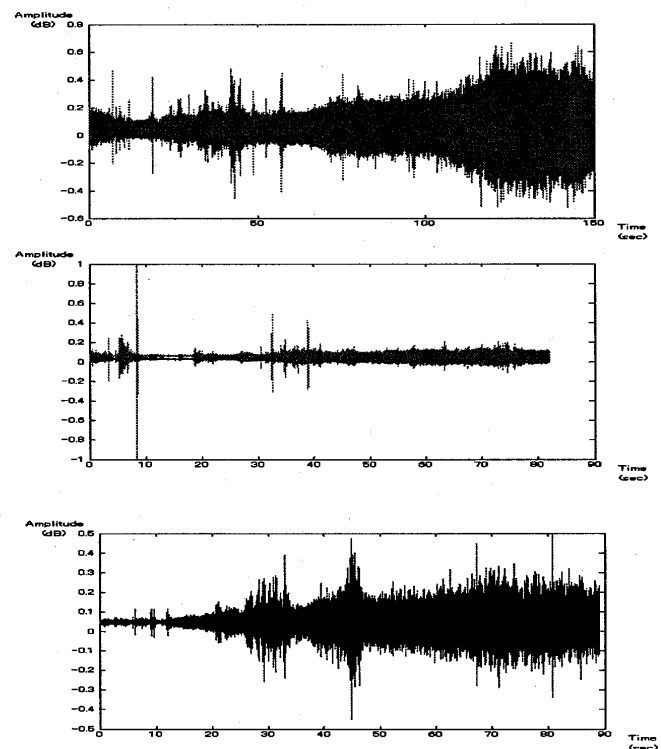


Fig1. Histrory of time data(Sound)

4. 主観的評価について

4-1 SD 法

主観的評価手法として、SD (Semantic differential) 法を用いて鉄道車両の音の評価を行った。13 の形容詞対を元にした評価シートを作成し、20 名の被験者に事前に採集した 3 種のケースの音を聞いてもらい、回答に協力いただいた。

そして、そのデータを元に本手法を適用した。評価シートにおける形容詞対の例は、表 1 に示す。

なお、その他の質問項目として、被験者の音における関心事項、趣味、音楽志向などを問う項目も併記している。これは主観的評価において副次的であるが有効な情報量として活用されることをねらいとしている。

Table1. Evaluation Sheet (13 Pair of adjectives)

やわらかい		かたい
はっきりした		ぼんやりした
静々しい		静かな
深みのある		金属性の
澄んだ		濁った
力強い		弱々しい
落ち着いた		甲高い
聴け合った		響いた
美しい		汚い
迫力のある		ものたりない
明るい		暗い
つやのある		つやのない
豊かな		貧弱な

4-2 主成分分析

次に、評価シートの数値データについて、そのデータ自身の大きさに依存しないように標準化 (平均、標準偏差を考慮) をし、固有値解析、主成分分析を実施した。解析ソフトウェアとしては、EXCEL および MATLAB を利用しこれらの解析に役立てている。

5. 主成分分析結果

主成分分析の結果 (一部) を表 2 に示す。

形容詞対は 13 であるので固有値は 13 個得られるが、累積寄与率 75 % 程度を目安として、4 つの新しい評価軸 Z1, Z2, Z3, Z4 までを検討した。4 つの軸で主要な表現が可能であると判断している。

Table2. Principal Component Analysis

	#1	#2	#3	#4	INDEX
z1 (3.914)	Clear 0.594	Weak 0.419	glossy 0.415	Beauty 0.345	Pure
z2 (3.471)	shrill 0.735				Sharpness
z3 (1.429)	powerful 0.687	harmonic 0.459	calm 0.352		Glory
z4 (0.990)	strong 0.572	glossy 0.424	clamorous 0.363	dull 0.322	Great

例えば、Z1 軸として、澄んだ (clear)、弱々しい (weak)、つやのある (glossy)、美しい (beauty) が主な構成要素になっていることから、今回の新しい評価軸としての名称は純粋度 (Pure) と名づけた (後述)。表内の数値が計算結果である。ただし、表中で斜線のある箇所は同じ程度の数値が多く並んでいるため構成要素を省略している。

6. 考察およびまとめ

表 2 の主成分分析結果をもとにして、4 つの新しい評価軸に次のような評価度を提案したい。順に「純粋度」(Pure)、「鋭利度」(Sharpness)、「荘厳度」(glory)、「重厚度」(great)とそれぞれ名づけた。

そして、これらは従来より音色 (tone) の重要な 3 つの因子である「迫力因子」(Powerful)、「美的因子」(Beautiful)、「金属因子」(Metalic)とも相関があると推察される (図 2)。

例えば、純粋度は美的因子に、鋭利度は金属因子として、荘厳度、重厚度の 2 つは迫力因子と美的因子それぞれに主に関連が強いと考えられる。

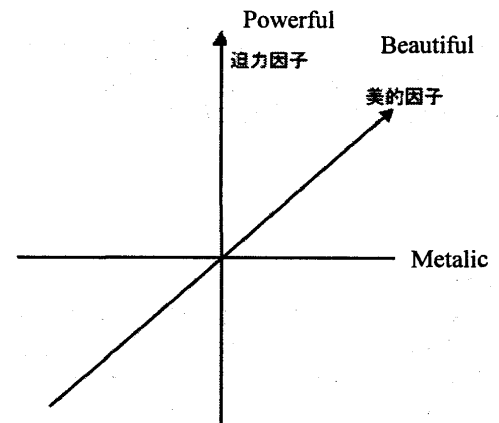


Fig2. Main Factor of tone (Powerful, Beautiful, Metalic)

例として、主要な評価軸の中である「純粋度」を表現する「音響パラメータ群」は何なのか、そしてその要因を探ることを今後の課題としたい。具体的には、音響パラメータとして、複数の周波数同士の調和特性 (和音などを想定)、位相、エンベロープ特性、時間変化特性 (AM, FM など) に注目して取り組んでいる。その他では、被験者ごとに音の趣向性に傾向があるのかという視点で被験者同士の相関も解析してみたが、主だった特徴は見られなかった。また、被験者からどの音がモーター音なのかわかりにくいといった意見も聞かれたため、実地調査、あるいは入力音源数を同定し、かつ複数の音源を弁別するための手法として独立成分分析などを利用することも検討していきたい。

また、鉄道の走行時において発進、加減速、定速走行時、ドア開閉、車内アナウンスなどの様々な事象 (イベント) が含まれるので非定常特性 (局所定常性) の解析および客観的かつ定量的な評価手法と本手法との比較については稿を改めて報告したい。

7. 今後の展望

今後の展望としては、「サウンドデザイン」を重視した取り組みとして、車両の駆動方式、主電動機特性、車体寸法などの構造的なパラメータなどから構成された入力源から生じる音響特性例えば、周波数、位相、エンベロープなどの音響パラメータなどの相互の関係性、寄与を明らかにしたい。そして、いかにより音を創成するかについての研究、考察を進めていき、新しい視点における交通機械のサウンドデザインの導入、その有効性を提案していきたい。

参考文献

- 鳥越; サウンドスケープその思想と実践, 鹿島出版会, 1997.
- 岩宮; 図解入門よくわかる最新音響の基本と仕組み, 秀和システム, 2007.
- 難波, 桑野; 音の評価のための心理学的測定法, コロナ社, 1998.