

自動車ノイズ除去率改善

Improvement of Car Noise Suppression

藤 本 桂 輔⁽¹⁾
Keisuke Fujimoto

要 旨

車載用オーディオ機器は、ホームオーディオ等に比べ、自動車ノイズ・温度変化・サージ等の環境条件が厳しく、製品の品質確保が重要な課題である。

その中で近年、特に車室内の音響条件が向上し、自動車ノイズに対するユーザ要求がますます厳しくなっている。

そこで、設計段階で抑えておくことが不可欠である自動車ノイズ問題を取り上げ、実験計画法を用いて解析し、品質確保に役立った一例を本稿で紹介する。

本稿は品質管理誌1989年11月臨時増刊号「第39回品質管理大会報文集」に掲載し、第39回品質管理大会で発表した報告文を加筆修正したものである。

It is important theme for car audio to keep good quality against car noise, Change of temperature and surge as circumstance for car audio is much severer than one for home audio.

Furthermore, according to recent improvement of sound condition in a vehicle, user's request against car noise is getting severer.

In this report, we introduce our successful example solved with parameter method, which was essential to be solved at designing step, and an example of the analysis on "39th QUALITY CONTROL REPORT" which is specially reported on "Statistical Quality Control" Nov. 1989 will be shown with slight modification.

(1) 第二オーディオ本部技術部

1. はじめに

ステレオは、ホームオーディオに比べ、自動車ノイズ・温度変化・サージ等の環境条件が厳しく、製品に品質確保が重要な課題である。

今回はその中で、特に設計段階で抑えておくことが不可欠である自動車ノイズ問題を取り上げ、実験計画法を用いて解析し、品質確保に役立った一例を報告する。

2. テーマの選定理由

自動車ノイズとは、エンジンのイグニッション・オルタネータ・ワイパー等から発せられるノイズのことで、カーステレオへの主要流入経路としては、アンテナから流入するものと、セットの電源コードから流入するものがある。

今回、当部で開発中のカーステレオに於いて、カセットプレイ時、自動車ノイズ除去特性が悪く、実車試験で自動車ノイズが耳につくことがわかった。このノイズは、電源を通してセットに流入し、セット内の電源チョークコイルからヘッドに輻射しているためであることがわかった。

しかし、構造上電源チョークコイルとヘッドとの距離を遠くすることは不可能なため、アクションが比較的取りやすく、かつ効果があると考えられる要因を抽出し、自動車ノイズが耳につかないレベルまで改善できる最適条件を求めることにした。

3. 現状の把握

3. 1 自動車ノイズ除去率測定方法

図-1の測定回路を使用し、下記要領で測定する。

- 1) SW1をOFFにした時、オシロスコープの波形（同波形を自動車ノイズに見立てている）レベルが、($f = 1\text{ kHz}$ 時) 1 Vp-p になるように、発振器のレベルを調整する。
- 2) SW1をONに切換えて、ドルビーテープ（OdB録音）で、供試機出力が 0.5 W/CH になるように、供試機のボリュームを調整する。
- 3) 供試機のデッキモータを停止させ、スピーカ出力をデジタルスペクトラムアナライザでモニターし、 $f = 1\text{ kHz}$ の絶対レベルを記録する。同レベルが大きいほど、自動車ノイズ除去率が悪いということになる。

3. 2 現状値と目標値

- 1) 現状値： 2.26 mV
（実車試験で、除去率ノイズが耳につくことが確認されたセットでの実測値）
- 2) 目標値： 1.26 mV
（すでに量産になっている別の既存機種で、自動車ノイズに関するユーザ苦情が、全く発生していないセットでの実測値。また実際に、聴感上耳につかないことを確認したセット）



図-1 測定回路

Fig. 1 Measurement circuit

4. 解析の概要

4.1 特性要因図

自動車ノイズに影響を及ぼすと考えられる要因を全て抽出し、特性要因図（図-2参照）を作成した。

4.2 因子と水準

特性要因図に於いて、アクションが比較的取りやすく、かつ効果があると考えられる電源チョークコイルに関する因子を取り上げ、水準を表-1のように決定した。これらの中から最終的に寄与率の高いものを対策案として選定する。

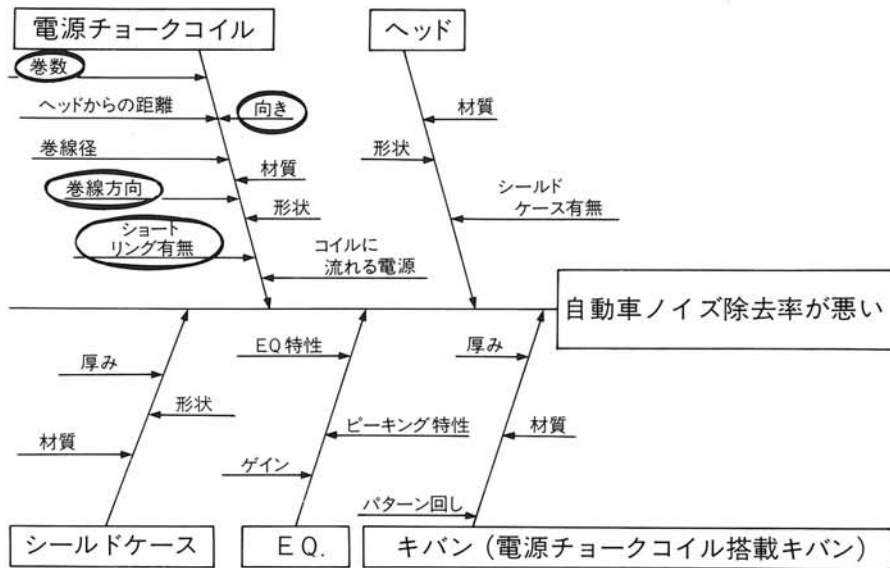


図-2 特性要因図

Fig.2 Fishbone diagram

表-1 因子と水準

○印：現行仕様

制 御 因 子		1	2	3	4	内 訳	
A	電源チョークコイルの巻線方向	○水平	垂直				
B	電源チョークコイルの巻線	○24T	12T				
C	ショートリング有無	○無	有				
D	電源チョークコイルのマウント向き	○イ	ロ	ロ	ハ		

4. 3 割付けの方針

表-1のA・B・C・Dを制御因子として、 L_8 直交表に割り付け、信号因子をMとして3台の供試機を取り上げる。

5. 実験データ及び解析

5. 1 実験データ

$f = 1 \text{ kHz}$ のスピーカ出力の絶対レベルを計量値として、各水準の組合せで供試機3台($M_1 \cdot M_2 \cdot M_3$)のデータを取り、望小特性としてSN比を求めて解析する。実験データおよびSN比を表-2に示す。

表-2 実験データとSN比

(実測値記入)						〔mV〕												供試機 M1, M2, M3			
No.	D 1 2 3	A 4	B 5	C 6	e 7	結 果												SN 比 〔dB〕			
						M1				M2				M3							
						FL	FR	RR	RL	FL	FR	RR	RL	FL	FR	RR	RL				
1	1	1	1	1	1	2.26	3.76	3.72	2.60	2.60	3.43	2.82	26.9	2.61	2.26	2.72	2.55	−9.18			
2	1	2	2	2	2	0.56	0.51	0.60	0.51	0.56	0.20	0.21	0.53	0.48	0.37	0.33	0.63	+6.38			
3	2	1	1	2	2	1.78	2.29	2.29	2.16	2.02	2.26	2.32	2.04	1.95	3.05	3.39	2.19	−7.44			
4	2	2	2	1	1	0.74	1.88	2.09	0.67	0.73	1.66	1.70	0.61	0.51	1.27	1.46	0.37	−2.12			
5	3	2	2	1	2	1.50	1.12	1.36	1.74	1.55	1.30	1.38	1.60	1.55	1.74	1.95	1.82	−3.91			
6	3	3	1	2	1	1.57	0.92	0.97	1.58	1.40	1.19	1.10	1.50	1.43	0.99	1.10	1.66	−2.36			
7	4	1	2	2	1	1.53	0.93	1.05	1.64	1.58	0.84	0.84	1.60	1.48	1.10	1.22	1.72	−2.50			
8	4	2	1	1	2	1.95	2.29	3.09	1.70	1.84	3.24	3.35	1.60	1.78	1.64	2.21	1.36	−7.12			

表-3 SN比の分散分析表

要因	S	ϕ	∇	F o	寄与率 P (%)	寄与率 P のパレート図				
						20	40	60	80	100(%)
A	39.65	/	39.65	8.87	21.6					
B	71.70	/	71.70	16.04 *	41.3					
C	33.66	/	33.66	7.53	17.9					
e	17.86	4	4.47		19.2					
計	162.87	7			100.0					

5. 2 解析結果

1) SN比の計算式

特性値: $y_1 \cdot y_2 \cdot y_3$ ($f = 1 \text{ kHz}$ の絶対レベル)

$$V_1 = \frac{1}{n} (y_1^2 + y_2^2 + y_3^2)$$

$$\text{SN比 } \eta = -10 \log V_r \text{ (dB)}$$

2) 分散分析

表2で得られたSN比より、分散分析表を作成した(表3参照)。表3よりBのみ有意となったが、AとCについても寄与率大きいので、自動車ノイズ除去率に影響していることがわかる。

3) 最適条件での母平均の推定

表4の各因子の水準別平均値より、最適条件に於ける母平均の推定を行う。

① SN比の推定

表4から最適条件(SN比MAX)の組合せは、 $D_1 \cdot A_2 \cdot B_2 \cdot C_2$ となるが、分散分析で有意となったBと寄与率の大きいAとCを取り上げ、 $A_2 \cdot B_2 \cdot C_2$ の条件で母平均を推定する。

$$\hat{\mu} = \overline{A_2} + \overline{B_2} + \overline{C_2} - 2\overline{T}$$

$$= -1.31 - 0.54 - 1.48 + 7.06$$

$$= +3.73 \text{ (dB)}$$

一方、従来の条件 $\overline{A_1} \cdot \overline{B_1} \cdot \overline{C_1}$ で母平均の推定を行うと

$$\hat{\mu}_0 = \overline{A_1} + \overline{B_1} + \overline{C_1} - 2\overline{T}$$

$$= -5.76 - 6.53 - 5.58 + 7.06$$

$$= -10.81 \text{ (dB)}$$

よって

$$\hat{\mu} - \hat{\mu}_0 = 3.73 + 10.81$$

$$= 14.54 \text{ (dB)}$$

の利得となる。

② 最終組合せ決定

上記最適組合せのうち、 C_2 を採用すると、ショートリングのコストが約10円UPする為、最終組合せからは外し、ショートリング無のまま母平均の推定を行なう。

$$\hat{\mu}' = \overline{A_2} + \overline{B_2} - \overline{T}$$

$$= +1.68 \text{ (dB)}$$

従来の条件 $\overline{A_1} \cdot \overline{B_1}$ で母平均の推定を行うと

$$\hat{\mu}_0' = \overline{A_1} + \overline{B_1} - \overline{T}$$

$$= -8.76 \text{ (dB)}$$

よって

$$\hat{\mu} - \hat{\mu}_0' = 1.68 + 8.76$$

$$= 10.44 \text{ (dB)}$$

の利得となる。

SN比から逆変換して、最終組合せでスピーカ出力の絶対レベル m_1 を求めると

$$1.68 = -10 \log m_1^2$$

$$m_1 = 0.82 \text{ mV}$$

となる。

表-4 各因子の水準別平均値

コイル向き		コイル巻線方向		コイル巻数		ショートリング有無	
						○最適 (dB)	
①D1	-1.40	A1	-5.76	B1	-6.53	C1	-5.58
D2	-4.78	A2	-1.31	B2	-0.54	C2	-1.48
D3	-3.14						
D4	-4.81						

$\overline{T} = -3.53$ (全体の平均)

当初の目標である 1.26mV を達成しているので、最終組合せ ($D_1 \cdot A_2 \cdot B_2 \cdot C_1$) で供試機 1 台を使って確認実験を行った。

その結果スピーカ出力の絶対レベルが 0.86mV、S/N 比が 1.31dB となり、推定値とよく一致する。

以上より、最終的に電源チョークコイルの使用を①巻線方向を垂直に②コイルの巻数を 12T に変更することに決定した。コスト的にも 1 個当たり約 2 円のコストダウンができる。

6. 最終組合せでの信頼性・評価

巻数を 24T → 12T に変更することにより、サージ耐圧の低下、パワー IC への自動車ノイズ流入量増加等が懸念されたが、実験の結果全て問題無いことを確認した。

7. ま と め

1) 今回、電源チョークコイルの巻数を 24T から 12T に減少させると自動車ノイズ除去特性が改善されるとの結果になったので、再度パラメータ設計で、最適巻数を決定したい。

2) 今までは、フィルタ効果を持たせるため、カーステレオに使用する電源チョークコイルの巻数は、多いほうが良いとされていたが、今回のように構造的にコイルとヘッドとの距離が近いセットにおいては、巻数を極力少なくする必要があることがわかった。今後は、他の類似セットにも展開してゆきたい。

3) 最後に、今回習得したパラメータ設計を活用し、今後の不具合解析に役立てたい。