

異音を定量的に検出する手法の開発

Development of a procedure to detect quantified abnormal noise

大	瀧	淳	司	Atsushi Ohtaki
小	菅	太	Futoshi Kosuga	
三	譯	勉	Tsutomu Miwake	
植	原	孝	之	Takayuki Uehara
藤	江	龍	一	Ryuichi Fujie



要 旨

近年、車室内が静音化するにつれて、オーディオやナビ製品の作動音にも静けさや高級感が要求され、作動音品質の向上とともに作動音の異常を検出することが重要になっている。従来、当社での作動音検査は人間の聴感によって行ってきた。しかし、前述のように車室内の静穏化に伴って従来よりも厳しい検査基準の適用が必要になっており、聴感に頼るだけでは十分な検査品質を確保するのが難しくなっている。そこで、作動音の異常を定量的に検査する目的で、一般的に行われている騒音計や周波数分析などの手法を検討したが、満足できる検査精度が得られなかった。

今回、作動音の特徴を数値化して異常音を定量的に判定する手法を開発し、その手法を組み込んだ自動異音検査装置を完成させたので、その技術について紹介する。

Abstract

As automobile passenger rooms have become quieter in recent years, silencing and the quality of operational noise from audio and navigation products are becoming more crucial. It is now important to improve the quality of operational noise as well as to detect abnormal operational noise. Up to the present, operational noise inspection was performed at our company by human ear. However, an application of a strict inspection standard is required now that passenger rooms are much quieter, and it is becoming more difficult to secure an adequate inspection quality by relying on human ears alone. In order to quantitatively inspect abnormalities in operational noise, typical noise gauges and frequency analysis methods were evaluated, but a satisfactory inspection precision could not be gained.

We have finally developed a method to quantify characteristics of operational noise and to judge these quantitatively, and have completed an automatic noise inspection equipment. This new technology is described hereafter.

1

はじめに

通常、機械が動作する時には作動音が発生する。その際に部品や組立て過程に異常があると、異常な音（以下異音）が発生する。これまでは、正常な音なのかどうかということを判断する手段として、作業者の感覚に頼っていた。しかし、体調等のコンディションや作業者間の判断基準の違いといったことからバラツキが生じ、定量的なしきい値を決めるということができなかった。バラツキを抑えるために、異音サンプルとして限度見本を設定しても、経年変化によりサンプル自体の音が変化すると判定基準が変わってしまうという問題点があり、定期的に限度見本を見直す必要があった。

また、近年車室内がより静かになってきたことで、作動音に対する顧客の品質要求が厳しくなっているため、安定した作動音品質の製品を供給するためには、一定の基準で音を判断することが必要である。異音を発生する製品が流出するということは、後工程に混乱が生じるだけでなく、顧客やユーザの満足度を落とすことにも繋がるため、異音を発生させない、流出させないということが非常に重要である。

本稿では異音の発生および流出防止の観点から、従来は人の聴感に頼っていた異音を定量値として判定する技術の開発と、その機能・特徴について述べる。

2

開発目標と従来技術

2.1 開発対象

当社製CDチェンジャーに搭載されているドライブユニット（以下DU）のピックアップ（以下PU）サーチ音（図-1参照）を開発対象に選定した。

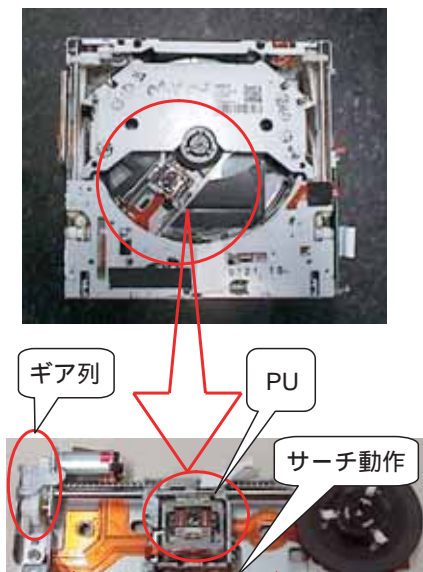


図-1 CDチェンジャーとDU
Fig.1 CD changer and DU

サーチ音は、ギア列が回転してPUが左右方向に動作することで発生する。DUは完成後にデッキに組付けられ、デッキは完成後に製品に組みつけられる、というのが社内の工程フローである。この音を選定した理由は、図-2のようにDU組立工程で異音検査を実施しているにも関わらず、主に発見されるのはDU工程よりも後工程であったからである。

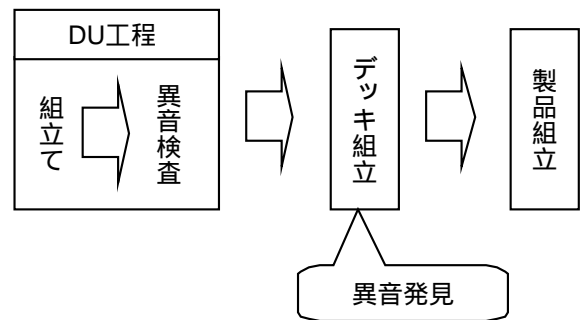


図-2 異音発見のタイミング
Fig.2 Abnormal noise detection timing

DU工程内で検出できない理由は、製品に搭載された状態とは聴こえ方が異なるため、DU状態ではどれが異音というのが識別し難いためである。従って、現状の聴感での異音検査方法では検出力が不十分であると考え、定量的な判定ができるような検査手法を開発することにした。DU組立工程で異音を検出し、後工程への流出を防止することができれば、その場で原因を追求して、発生防止活動に繋げることができる。

2.2 開発目標

開発に着手するにあたり、以下の開発目標を設定した。

異音の流出“ゼロ”

全ての異音を検知し、後工程に流出させない検出力があること

過検出目標の設定

定量的に判断する場合、不良品を良品と誤判定させないために、「あやしい音は不良として判断する」という厳し目の検査基準にしておく必要がある。これを過検出と呼んでいるが、あまり厳しくし過ぎると、検査工程の直行率を悪化させる原因になる。そこで、今回この過検出のレベルを現在の後工程に流出している件数以下にする事为目标に設定した。

2.3 異音発生のおくみ

PUがサーチ動作をしている時は、ギアが回転している。このとき回転系に何らかの異常が起こると、ギア同士が正常に噛合わなくなる。これが異音発生のおくみであるが、主な原因として、図-3のように、ギアキズや異物混入といった走行系の部品の異常が上げられる。ギアは高速で回転しているため、非常に小さな異常であっても噛合い不良によって異音は発生する。



図-3 ギアの異常
Fig.3 Gear abnormality

聴感的な傾向で分類すると、異音は基本的に2種類に分類される。

- 作動音全体が大きくなる音（以下ギヤー音）
- 周期的なノイズが混じった音（以下ガタ音）

2.4 従来の技術

一般的に、音を計測する手段としては、騒音計やFFTといった方法がある。しかし、異音を判別するという点においては、表1のような欠点があったために、これらの方法では十分な検出ができなかった。

表-1 従来の計測手段

Table 1 Conventional measurement methods

	利点	欠点
騒音計	測定が容易	図-4のように音圧の大きさでしか判断できない(異音 = 音圧が大きいとは限らない)
周波数分析 (FFT)	周波数帯を細かく分析できるため、どの帯域の成分が強いのか判別が容易	時間平均処理して平均化されるため、図-5のような波形になり、明確に異音と識別することができない



図-4 騒音計による比較
Fig.4 Comparison by noise gauge

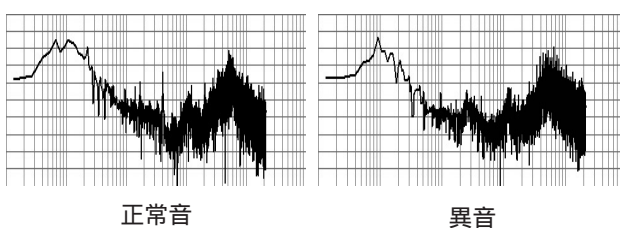


図-5 FFTによる比較
Fig.5 Comparison by FFT

よって、正常音と異音を区別できる新たな測定および分析方法を確立することが重要となる。

3 音の分析と独自のアルゴリズムの開発

3.1 正常音と異音の違い

正常音と異音をマイクで録音した波形を比較すると、図-6のようになる。ギヤー音は全体のレベルが大きく、ガタ音はレベルは小さいが周期的な突起があるような波形となる。しかし、正常音についても常に一定のレベルとは限らないため、生波形だけを見て異音だけを判別することは難しい。

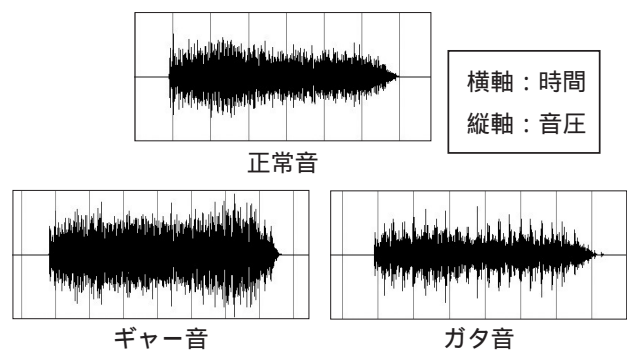


図-6 正常音と異音の生波形
Fig.6 Normal noise and abnormal noise waves

そこで、正常音と異音の波形の違いを強調するため、生波形を二乗平均処理することにした。しかも、人間の聴覚の感度が高いといわれている3~4kHzの帯域を強調した後この二乗平均処理を行い、異音を検出できるかどうか検討を行った。図-7は処理後の波形であるが、生波形と比べてレベルの差が顕著に出ているのがわかる。この波形にあるレベルでしきい値を引き、それを超える面積が一定以上になると異音と判断するロジックを考えた。

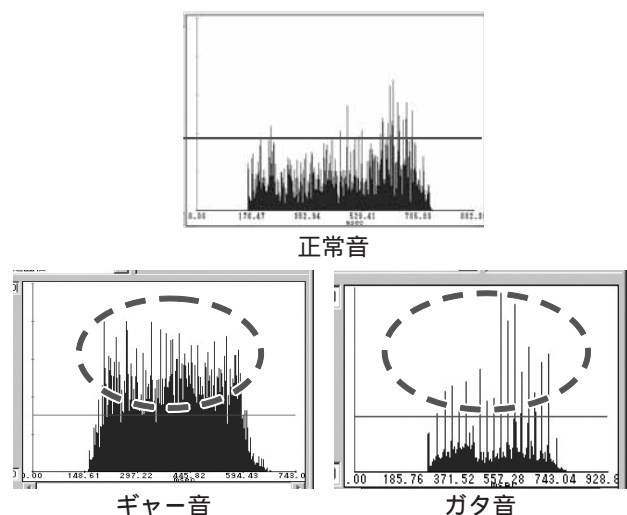


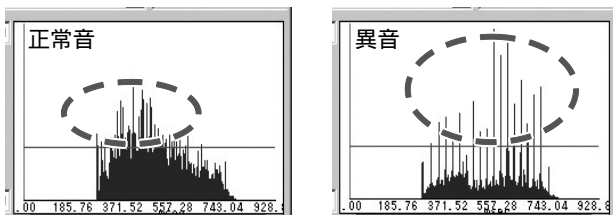
図-7 3~4kHz付近を強調した後に二乗平均した波形
Fig.7 Waveform root squared after emphasizing the 3 to 4 kHz range

3.2 超過面積の比較による検証結果

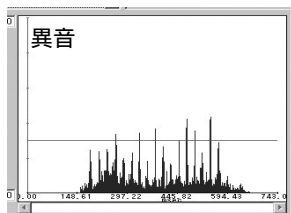
実際にDUの生産ラインで約6000台の作動音を録音し、しきい値を超過する面積で判定を実施した結果、図-8のように、

- ・正常音と異音が同等の超過面積
- ・異音であっても超過面積が小さい

というケースが多く発生し、異音 = 超過面積が大という関係が常に成立するわけではないことが判明した。これは音が構成される周波数成分やその音圧の組み合わせが異なるため、単に一定のしきい値から異音だけを正確に判別することは困難であると言える。



正常音と異音で超過面積が同等



超過面積が小さい異音

図-8 超過面積による判定

Fig.8 Judgment by exceeding area

3.3 音の特徴を数値化

新しいアプローチから音の分析を行うため、「時間軸に対するレベルの変動」に注目した。波形を比較したとき、正常音と異音では「見た目」の形状が異なることが多く、図-9のように異音の種類によってそれぞれの傾向がある。

- ・ギャー音：全体のレベルが高い
- ・ガタ音：平均値は低いの間欠のノイズ成分が多い

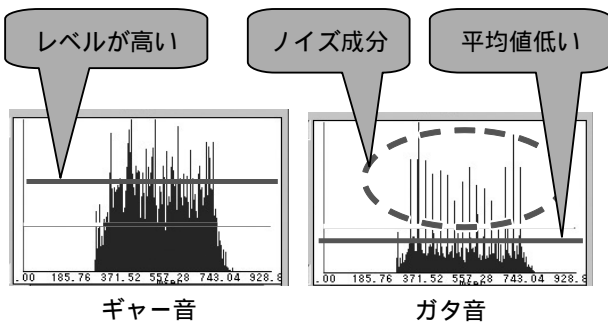


図-9 波形の形状比較

Fig.9 Waveform comparison

この様に得られた音データの波形は様々な形や大きさを持っており、図-10に示す各ポイントでその特徴を抽出

して数値化を行った。下記がそれらの計算式である。

A：波形全体の平均値 (SAvg)

$$S_{Avg} = 1/n \sum S_n$$

S_n : 1サンプリングあたりのレベル
 n : 波形全体のサンプリング数

B：Aから飛び出た山の平均値 (SMaxAvg i は任意)

$$S_{MaxAvg} = 1/i \sum_{k=\max-1}^{Max} S_n$$

C：Bから飛び出た山の数

D：Aから飛び出た面積 (SA)

$$S_A = S_a$$

S_a : 1サンプリングあたり, Aを超過した面積

E：AとBの比 (R: 平均値からの突出度合い)

$$R = S_{MaxAvg} / S_{Avg}$$

この方法を使うと、様々な音をA～Eの5種類の数値データを組み合わせて表現できるようになる。似たような聴こえ方の音でも異なった数値データとして捉えることができ、より詳細に識別することが可能なため、異音の検出に非常に有効な手法であることがわかった。

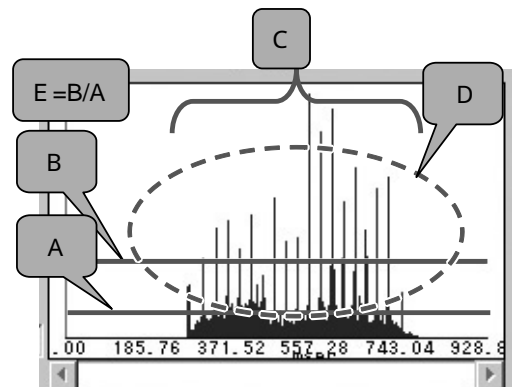
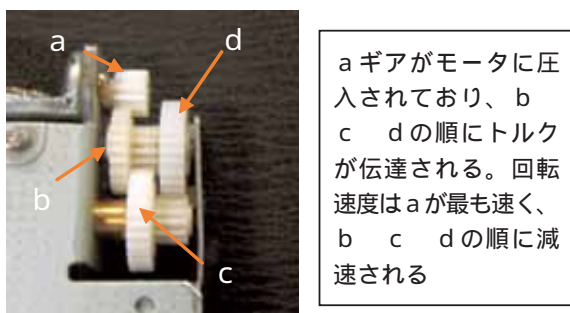


図-10 数値データ

Fig.10 Numerical data

3.4 異音の種類と特徴

異音の主原因がギアズや異物混入であることは既に述べたが、原因となるギアの違いによって異音の種類が異なる。図-11に示すように、DUのギア列はa～dの4つのギアで構成されており、それぞれのギアに打痕などのキズや異物混入がある場合、異音は表-2のような聴こえ方になる。



a ギアがモータに圧入されており、b c dの順にトルクが伝達される。回転速度はaが最も速く、b c dの順に減速される

図-11 DUのギア列
Fig.11 DU gear example

表-2 ギア毎の異音の種類
Table 2 Types of noise per gear

	異音の種類	特徴
aギア	ギヤー音	音圧が高く、引っ掻くような耳につく音
bギア	ギヤー音	音圧がaギア異音よりやや低い
cギア	ガタ音	音圧は低いが無成分は認識できる音
dギア	ガタ音	音圧が高く、非常に耳につくノイズ音

これらの音を波形で表すと図-12のようになる。同じ種類の異音でも波形は違った形状をしており、得られる数値データもそれぞれ異なるものになる。

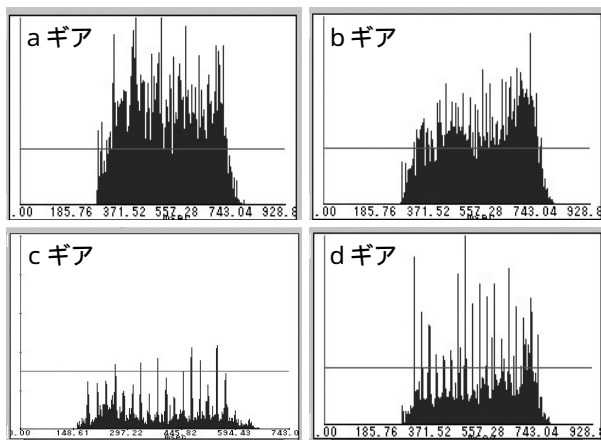


図-12 各ギアが異常時の波形
Fig.12 Waveform when gears are abnormal

3.5 異音の判定方法

前項までで、マイクで収集した音を二乗平均処理し、その波形の違いを5種類の数値データとして捉えて音の種類を区別できることを説明した。しかし、実際に正常音と異音を判別しようとすると、どのような数値データが得られたら異音と判断するのか判定基準を決めなければならない。ここで言う判定基準とは、5種類の数値データを組合わせたもののことを指す。今回のケースでは、事前に約6000台分の音データを収集していたので、これを使用した。数値データは、異音の種類に応じて以下のような傾向がある。

- ・ギヤー音：A, B, Dが大きく, C, Eが小さい
 - ・ガタ音：C, D, Eが大きく, A, Bが小さい
- これはひとつのギアに異常があった場合の傾向であるが、実際には複数のギアに異常があるケースもあるため、ギヤー音とガタ音が混合された音も存在する。

また、同じような音圧でも、音の種類に応じて聴感的に気になる場合とならない場合があるので、異音を判定するには、より細かな分析が必要である。作成の手順は次の通りである。

異音の限度見本の設定

実際に異音が出ているDUを準備し、聴感的に限度となるサンプルを限度見本として設定

異音データの抽出

限度見本と比較して、6000台の音データと聴感で比較することで異音データのみを抽出

特徴量の計算

各異音データからA～Eの数値データを算出

異音の分類

数値データの組合わせが同等の異音をグループに分類
判定基準の設定

グループ内の音が全て異音として検出されるように数値データの組合わせを決定

これらの作業を行って詳細に分析した結果、異音は18種類に分類でき、表-3のような判定基準を設定した。

表-3 異音グループ毎の判定基準一覧

Table 3 Judgment standard list per abnormal sound group

グループNo	数値データを組合わせた判定基準				
	A	B	C	D	E
1	18以上	20以上	-	-	-
2	8以下	18以上	8以上	800以上	4.5以上
3	3.2以下	15以下	8以上	500以上	4.3以上
4	3以下	8～15	7以上	250以上	4.5以上
...
18	2以下	5～10	7以上	300以上	4以上

3.6 判定アルゴリズム

ある音が異音かどうかの判定は、音を数値データに変換後、表-3のグループNo.1の判定基準から順番にデータを比較することで行う。18種類全ての判定基準に該当しない場合のみ正常音とし、いずれかのグループNo.の判定基準と一致した場合を異音と判定する。さらに、グループNo.毎に異音の特徴が異なるため、単純に異音として判断するだけでなく、“どのような特徴の異音か？”ということもわかる。これにより、ギアの異常発生個所の予測も可能となった。

以上により、前述した単純な超過面積による判定方法と比較すると、波形を多くのパラメータで表現するため、音の分類が非常に細かく行えるようになった。その結果、既存の異音を100%検出することが可能になった。

しかし、異音の判定基準を厳しくし過ぎたため、あやしい音（限度見本と比較するとOKと判断される音を含む）が全て異音と判定され、実際の異音の数倍もの不良が過検出として発生した。そのため、過検出を低減する必要が出てきた。

4 過検出への対応

4.1 過検出が発生する原因

図-13に示す2つの波形から得た数値データが表-4である。聴感的には正常音と異音の区別ができるが、数値を比較すると大差がない。これが正常音を異音と判定（過検出）する原因である。

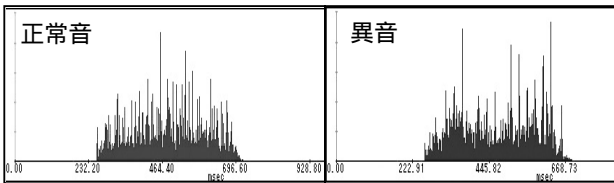


図-13 正常音と異音の波形比較

Fig.13 Waveform comparison of normal noise and abnormal noise

表-4 図-13波形の数値データ

Table 4 Numerical data of the waveform in Figure 13

	A	B	C	D	E
正常音	4.2	3.7	10	12.1	4.6
異音	5.1	4.4	9	42.1	4.7

4.2 過検出低減の方策

異音として聴こえるということは、人間の聴覚感度の高い周波数成分を多く含んでいるということである。先に紹介したような数値データを比較しても、正常音と異音の区別ができない場合、バンドパスフィルター（以下BPF）をかけてこの帯域だけを取り出せば区別が可能になる。図-14は図-13の2つの波形に10～20kHzのBPFをかけたもの、表-5は図-14の波形を数値化したものである。

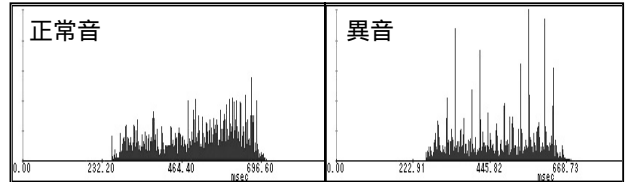


図-14 BPF通過後の波形

Fig.14 Waveform after passing BPF

表-5 数値化された特徴量（BPF通過後）

Table 5 Quantified characteristics (after passing through BPF)

	A	B	C	D	E
正常音	1.7	1.8	5	0	3.8
異音	2.7	1.7	9	26	6.4

波形の形状や数値データ（C, D, E）に違いがはっきりと現われたのがわかる。このような処理をすることで異音の判別精度を上げることができた。

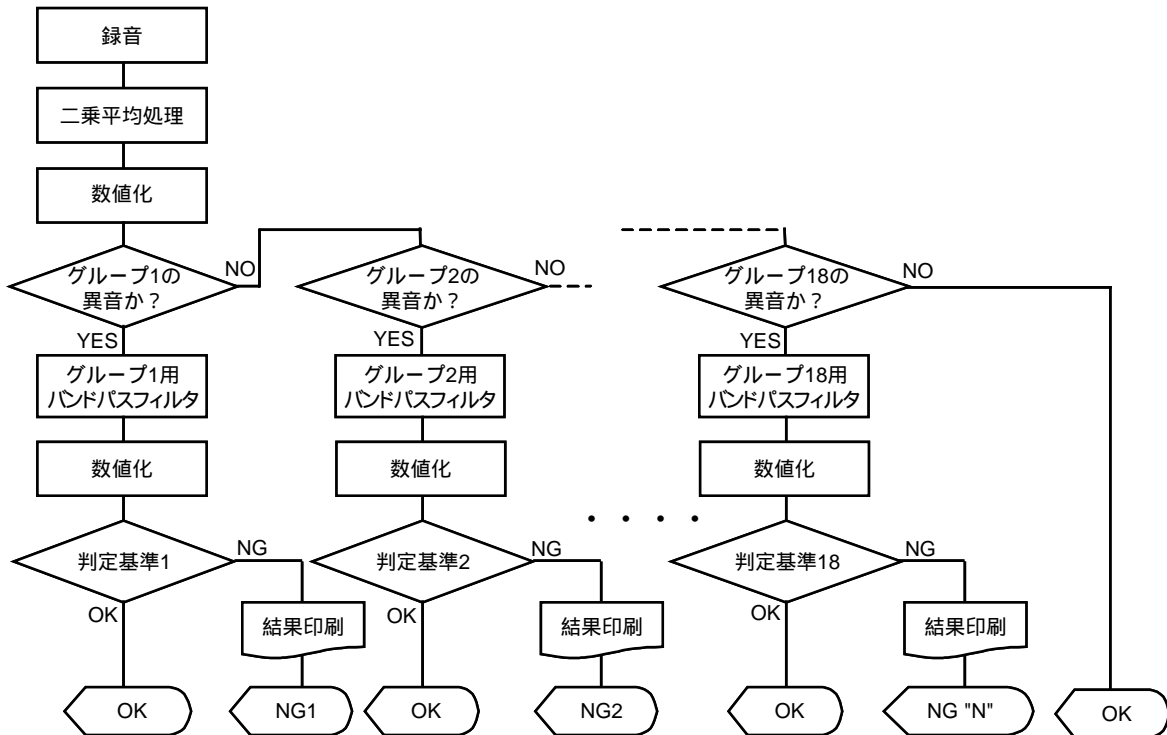


図-15 異音判定アルゴリズム

Fig.15 Abnormal noise identification algorithm

4.3 過検出を低減した判定アルゴリズム

このように、各グループ毎の判定基準だけで単純に異音判定するのではなく、BPFを通した後で再度数値化し、データ比較することでより正確な異音判定が可能となった。

判定アルゴリズムを図-15に示す。これにより、当初目標にしていた過検出レベルをクリアすることができた。

5

検査装置の開発

実際の製造工程において、異音検査を実現させるには、前章のアルゴリズムを組込んだ、自動機としての装置の開発が必要である。この章では、その開発内容について説明する。

5.1 生産ライン環境下での異音検出

当社内の生産ラインの騒音レベルは、60~70dB(A)である。しかし、ドライブユニットのサーチ音は、無響室のような静寂な環境下において、被測定物から50mmの位置で約50dB(A)である。このため、生産ラインの環境下では、図-16に示すように周囲の音に完全に埋もれてしまうことになる。

そこで、安定した検査を実現するために防音BOXを使用することとした。しかし、無響室や市販されている無響箱は、サイズが大きい、高価、自動機としての改造が困難であるなどの問題があったため、防音BOXの開発を行った。

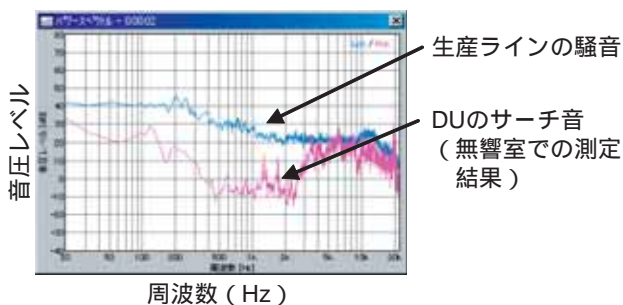


図-16 生産ライン環境の周波数特性 (ピークホールド)
Fig.16 Frequency characteristics in the production line environment (peak hold)

5.2 防音BOXの材質と構造

防音BOXの外壁には、図-17に示すような、遮音壁等に使用されている多孔質アルミ材を採用した。また、生産ラインでの作業性を考慮し、図-18に示すように前面部はスライド機構により自動開閉する構造とした。

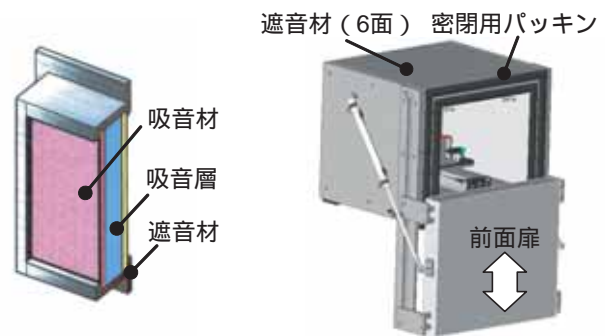


図-17 遮音材
Fig.17 Sound shielding

図-18 防音BOX構造
Fig.18 Sound shield box construction

5.3 防音BOXの特性について

しかし、遮音材を組み合わせただけの防音BOXは、安価ではあるが、図-19に示すように低域(約500Hz以下)の外部騒音の遮音性が乏しく、台車が通過する音などの低い周波数の音は検査時に動作音とともに録音され、図-20のように波形として現れてしまう。前述した判定アルゴリズムでは、波形として現れてしまうと、数値化され、誤判定となる可能性がある。そこで、判定に必要な周波数帯域を調査したところ、1kHz以下の帯域は判定への寄与が低いと判断できたので、500Hz以下の帯域を、フィルタ処理で除去することにより対応した。フィルタ処理後の波形を図-21に示す。

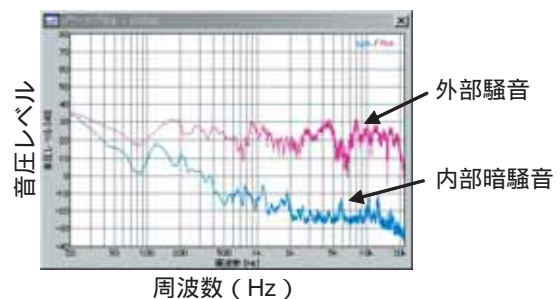


図-19 防音BOX内部暗騒音
Fig.19 Background noise level in sound shield box

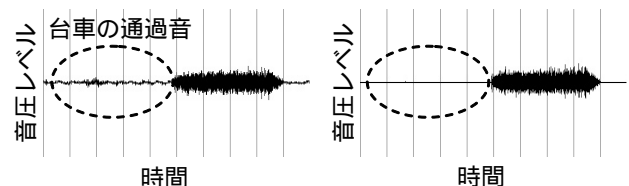


図-20 原波形
Fig.20 Source waveform

図-21 フィルタ処理後波形
Fig.21 Waveform after filter processing

5.4 自動機の実現

生産ラインの環境下においても、異音を検出できる目処が立ったが、実際に生産ラインで使用するためには、自動機として装置化する必要がある。そこで、4.3項で述べたアルゴリズムを、当社の標準検査システムへ“異音検査モジュール”として組み込んだ。扉の自動開閉、ワークをセットする部位の動作をPLC(プログラマブルコ

ントローラ)で制御することにより、自動機としての装置が完成した。

5.5 標準検査システムへの組み込み

当社の生産ラインの検査工程では、標準検査システムとして、WFLEX (Windows Flexible Test System) を使用している。WFLEXは当社で開発した検査システムであり、複数のモジュールデータを任意に組合わせて処理を完結することができる「統合型処理システム」である。

今回開発した異音の判定アルゴリズムを、表-6に示す“異音検査モジュール”としてプログラム開発し、WFLEXへ組み込んだ。その後、図-22に示すように“異音検査モジュール”と既存モジュールとを組み合わせ、図-15に示すフローチャートを実現できる自動異音検査装置を完成させた。さらに、既存モジュールを活用することにより、システム全体の開発工数および費用を抑えることができた。

表-6 異音検査モジュール

Table 6 Abnormal noise inspection module

各モジュール	機能
録音モジュール	作動音の録音
変換モジュール	録音データの二乗平均処理
数値化モジュール	波形を数値化
判定モジュール	過検出の低減およびOK / NG判定
その他	キャリブレーションなど

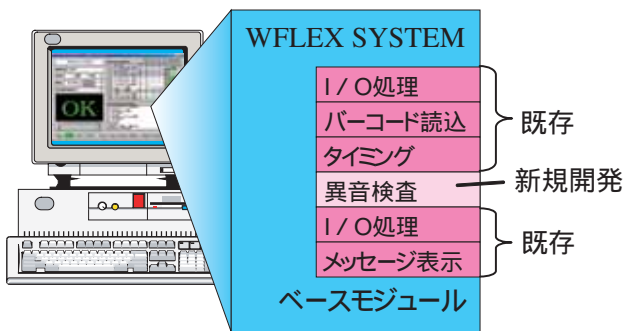


図-22 WFLEXシステムによる異音検査

Fig.22 Noise inspection by the WFLEX system

5.6 自動異音検査装置の概要

WFLEXシステムへ組み込んだ自動異音検査装置の構成を図-23に、仕様を表-7に示す。図-24は実際に生産ラインに投入した装置である。

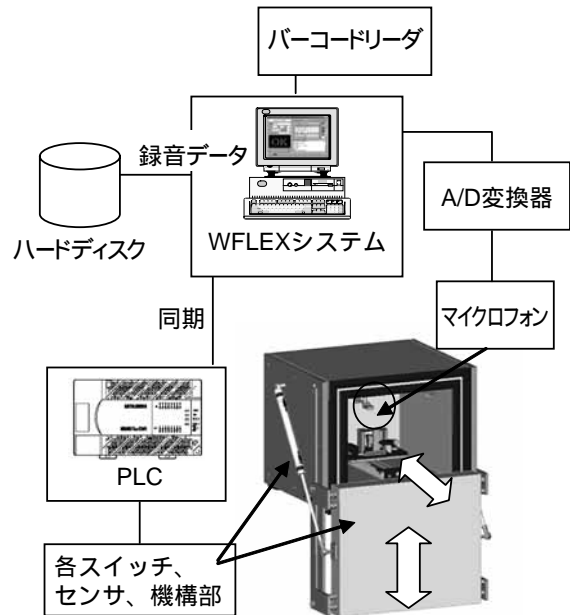


図-23 自動異音検査装置の構成

Fig.23 Structure of the automatic noise inspection equipment

表-7 自動異音検査装置の仕様

Table 7 Automatic noise inspection equipment specifications

検査対象	DUのサーチ音
外寸/重量	約700(W)*750(D)*1400(H) 約150 kg
主な構成	架台+防音BOX, WFLEX用PC 録音用マイクロフォン, A/D変換器
制御方式	検査および判定: WFLEXシステム メカ駆動部: PLC
暗騒音	外部騒音 70dB (A) の時の 内部暗騒音 40dB (A) 以下
工程および タクトタイム	約35sec - 詳細 - ・製品セット ・バーコード読み取り ・自動検査 (20sec) ・製品取り出し



図-24 実際に生産ラインに導入した自動異音検査装置

Fig.24 Automatic noise inspection equipment introduced in an actual production line

5.7 解析支援機能について

この装置には、録音/判定を行う際に検査対象の音データを製品シリアルNo.とセットでハードディスクに記憶する機能を設けている。さらに、図-25のように社内LANに接続しているため、不具合発生時の音を検査現場以外の関連部署からも確認する事が可能である。

このようなシステム運用をすることで、実際に不具合現品が手元に無くても、どのような異音が発生していたのかが即座に分かるとともに、過去の不具合との比較や傾向分析など、異音を発生させないための解析支援ツールとしても活用することが可能である。



図-25 社内LANを利用した解析支援
Fig.25 Analysis support using the company LAN

6 導入結果と今後の課題

6.1 導入結果

自動異音検査装置を導入した結果、これまでDU組立工程では検出できていなかった異音を検出できるようになり、後工程への流出を防止することができた。

また、今までは“異音”としてひとくりにされていた不具合を、“どのような異音なのか？”を具体的に、録音データ、波形および数値で確認することが可能となり、原因追求と再発防止のための活動が迅速に行えるようになった。

6.2 発生防止への取り組み

生産ライン導入後の異音発生状況の変化を図-26に示す。導入前のDU工程での異音検出力を1とすると導入後は7となり、検出力が大幅に上がった。

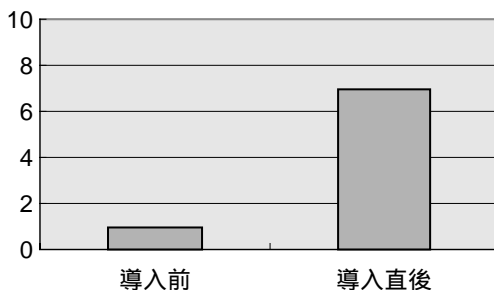


図-26 装置導入前後の検出率
Fig.26 Detection rate before and after the introduction of the equipment

ここで、実際の異音品の傾向分析を実施したところ、特定ギアキズに起因する異音が多いことが判明した。発生原因を調査したところ、工程内の治具が問題となるギ

アと接触する恐れがあったため、図-27に示すようにクリアランスを確保するための逃げ穴を設けた。このように、異音の傾向分析結果を元に発生防止活動を行った。

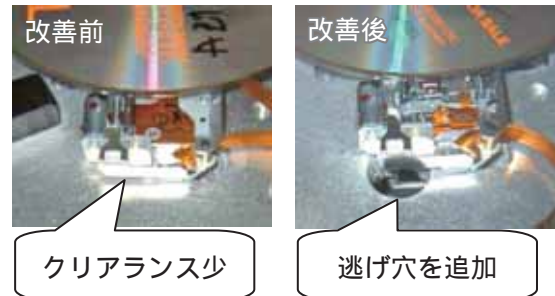


図-27 工程改善例
Fig.27 Process improvement example

その結果、実際の異音不具合がこれまでの1/10にまで低減できた。また、後工程においても異音を検出されることはなくなり、流出防止と発生防止の両方を達成することができた。

さらに、図-28に示すように、自動異音検査装置が異音と判定したDUについては、生産現場の解析担当者がギアキズ等の原因を解析し、設計部隊へリアルタイムにフィードバックするような仕組みを構築し、設計改善に結び付けている。



図-28 発生防止のためのしくみ
Fig.28 Process for preventing occurrence

6.3 他機種への展開について

今回開発した異音検査の方式は、モジュール化して標準の検査システムに組み込めるような形で実用化したため、他機種への横展開も容易になっている。しかし、検査対象が変わると発生する音自体が変化するため、対象毎に合わせた下記の検討が必要である。

判定基準を設定するための異音サンプルの収集
異音のグループ化と判定基準（数値データ）の設定
また、対象はサーチ音のような単純動作とは限らないため、より複雑な動きの音にも対応できるように、判定アルゴリズムの最適化が必要である。

このように、本装置は通常の検査設備と比較すると機種毎に上記のような検討事項が必要になるため、導入ま

での時間が長くなるという問題点がある。この点に関しては今後の改善項目として上がっている。

6.4 今後の展開と技術開発課題

今回DUを対象に異音を定量的に判定する手法を開発し、自動異音検査装置として完成させた。しかし、CDデッキやDVDデッキ、ディスプレイの開閉など、製品には他にも作動音の発生する箇所が多くある。今後はこれらの異音検査についても定量的な判定を行い、検査品質の安定化や異音の発生防止対策を進める計画である。

また、前述したように今回説明した異音検査技術では導入までに時間がかかり、判定基準となる異音データがあらかじめ必要となるなどの問題点が残っている。この点を解決するために、正常な作動音を元に異音を予測し判定する方式の開発も進めている。

近い将来、異音検査の工程が全て自動化できるよう技術開発を継続する。

7

おわりに

以上、今回開発した異音を定量的に判定する手法と自動異音検査装置の概要について述べた。これにより、音を数値として表すことができ、定量的な検査が可能となった。今後は速やかに他機種への横展開を進め、作動音の品質向上を図っていきたい。

最後に、今回の開発にあたりご協力、ご指導いただいた関係者の方々に心より感謝いたします。

筆者紹介



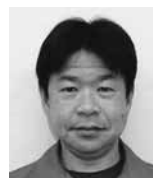
大瀧 淳司
(おおたき あつし)

1983年入社。以来、カセットデッキ、MDデッキ、DVDデッキの開発に従事。現在、コンポーネント事業部 デッキ技術部に在籍。



小菅 太
(こすが ふとし)

1994年入社。以来、樹脂成形、超音波溶接等の工法開発に従事。現在、生産本部 生産技術開発部に在籍。



三譚 勉
(みわけ つとむ)

1980年入社。以来、自動組立・検査設備の開発に従事。現在、生産本部 生産技術開発部に在籍。



植原 孝之
(うえはら たかゆき)

1991年入社。以来、自動制御機器の開発に従事。現在、生産本部 生産技術開発部に在籍。



藤江 龍一
(ふじえ りゅういち)

1979年入社。以来金型設計、製造技術、デッキ設計に従事。現在、事業部 コンポ・デッキ技術部部長。