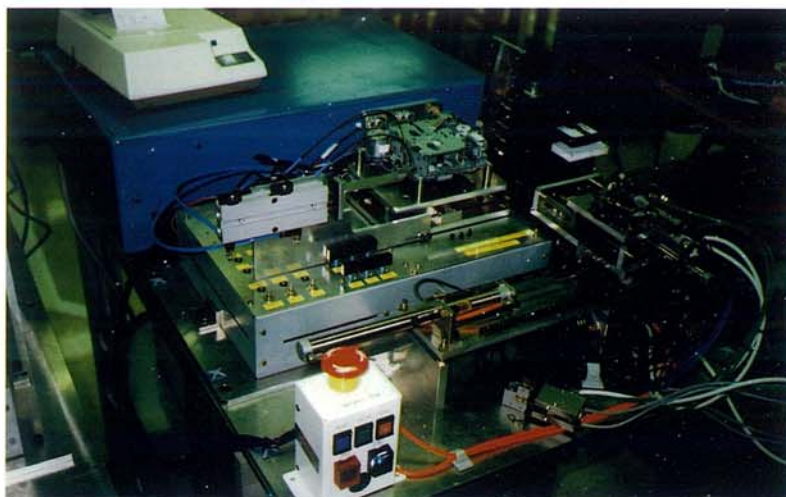


カセットデッキの官能検査の自動化

Automation Systems of Cassette Deck Sensual Check

奥山悦雄	<i>Etsuo Okuyama</i>
山川隆史	<i>Takashi Yamakawa</i>
中村貴志	<i>Takashi Nakamura</i>
土居隆博	<i>Takahiro Doi</i>



要 旨

近年、市場ではマルチメディア化が急速に進展している。これに伴い、当社製品もシステム化・高機能化により検査が複雑化し、検査工数が増大する傾向にある。また景気後退・円高などで海外工場への生産移転が進み、製品の品質を確保する上で自動化の要望が強い。特に人の官能に頼った検査を自動化することのメリットは大きい。

そこで、大量の海外生産が予定されていた新型のカセットデッキのメカニカルな異常音を検出する「異音検査装置」、および演奏や早送りなどのデッキの動作状態の良否を検査する「機能検査装置」を開発した。

本稿では、これらの検査技術およびそれを短期間で実現させたプログラムの構造について概要を論じる。

Abstract

In recent years, multi-media have rapidly developed in the market. Under the circumstances, our products need to be more and more systematic and functional; that causes the product check process more complicated and increases the check time as a tendency. On the other hand, the recent business recession and the high-yen-rate force us to transfer our production overseas. For this reason, automation systems are really demanded to keep the quality of the products. Especially, it is a great advantage to automate such a check process that depends on human sense.

Therefore, we developed the two system, one is 'MINCS' -Mechanical Irregular Noise Check System-, the other is 'FUNCS' -FUNction Check System-. They are to check new cassette decks that we are going to mass-produce overseas.

This report outlines the check techniques and the software that realized to move the system for a short develop period.

1. はじめに

当部では、従来よりラジオ・CD・TVチューナなど主にオーディオ製品の自動検査装置を開発してきた。近年、製品のシステム化・高機能化により検査が複雑化し検査工数が増大する傾向にある。(図-1) また、景気後退・円高などで海外工場への生産移転が進み、製品の品質を確保するため、検査の自動化への要望がますます高まっている。特に異常音や動作状態など人の耳や目の感覚に頼った検査を、海外でも国内と同じ判定基準で行うことは非常に難しく、検査基準の定量化への期待が大きい。

そこで、大量の海外生産が予定されていた新型のカセットデッキをターゲットに、デッキのギアの不具合が原因で発生するメカニカルな異常音を検出する「異音検査装置」、およびデッキの演奏および停止などの機能を検査する「機能検査装置」を開発した。

以下に、その検査技術を紹介する。

2. 開発のねらい

自動化設備の開発のねらいは、製造コストの低減・省人・品質確保である。通常のパフォーマンス検査の自動化では、製造コストの低減や省人を目的としていたが、官能検査の

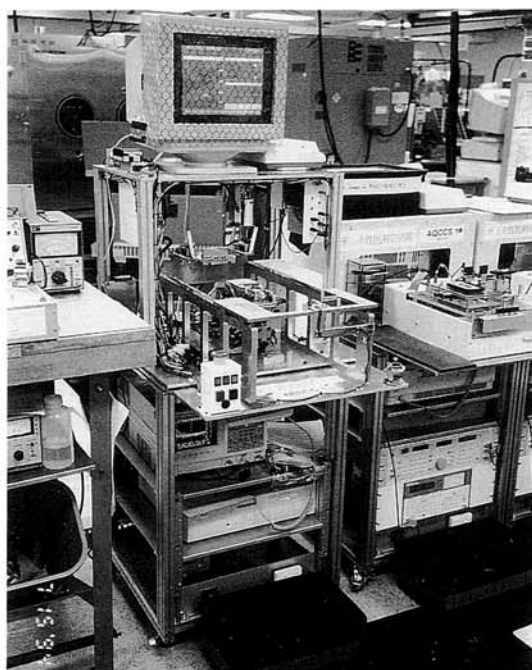


図-2 異音検査装置
Fig.2 "MINCS"

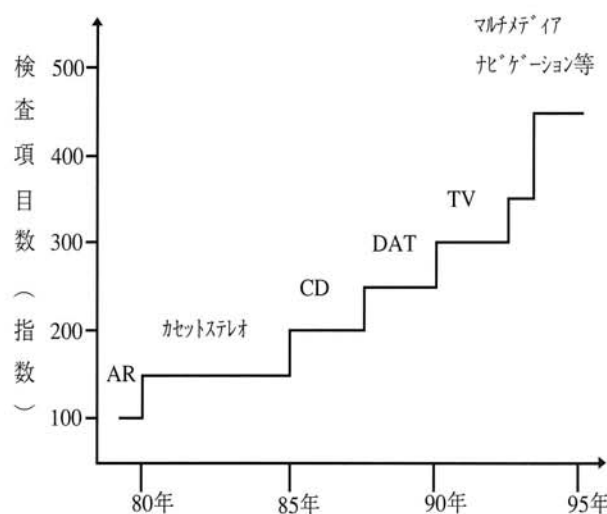


図-1 オーディオ製品の検査項目数
Fig.1 Check items for audio products

場合は品質確保が直接の目的となる。

人の感覚では正確に判定できない良否を、定量的かつ少ないバラツキで判定することで製品の品質を確保し、品質不良に起因して発生するコストを押さえることをねらっている。

3. 異音検査

異音検査の場合、作業者が毎日数多くのデッキの動作音を注意深く聞き続けることで、いつもと違う音を聞き分ける能力が身につく。作業者が異常と判定したデッキを解析し、ギアの歯欠けや組付不良など異音の原因が見つかった場合に、新しい判定基準として作業者の頭の中

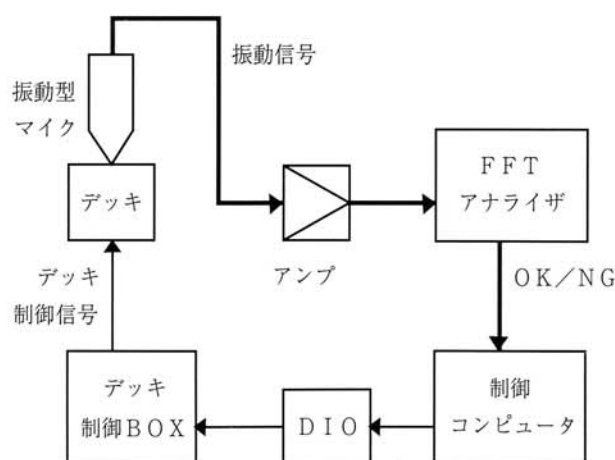


図-3 異音検査構成図
Fig.3 Configuration of "MINCS"

にインプットされる。このような学習を繰り返すことで熟練した作業者となり、以降この作業者の感覚が良否判定の規格として検査が行われる。しかし、これは定量的な判定でないため定量判定できる検査装置の開発に取り組んだ。

3. 1 異音検査装置概要

本検査ではデッキ動作の振動解析による異音の判定方式を採用した。システムはFFTアナライザによる振動解析を軸に、システム全体の制御を行うコンピュータ、振動ピックアップ用マイク、振動信号増幅用アンプを主として構成した。(図-3)

3. 2 異音の種類と発生源

デッキはモータの回転力がプーリを介して各歯車に伝わることで駆動する。このとき歯車の噛み合いや機構部の動きによる動作音が生じるが、機構部に不具合がある場合動作音のレベルが上昇し異音と感じる。従って機構部の不具合が異音の発生源となる。発生の要因としては

- ・ 歯車の欠陥
- ・ 組付け不良
- ・ 異物混入

が考えられる。異音源が歯車などの回転系にある場合異音は回転周期に比例した周期で発生する。デッキの動作状態によって動作する歯車が異なるため動作状態別に次の3種類の異音がある。

- ・ 演奏時

- ・ 早送り時
- ・ 走行方向切替え時

異音源が歯車以外にある場合非周期の異音となる。これには次のものがある。

- ・ ピンチローラ動作音
- ・ テープの擦れ音
- ・ エレベータ動作音

異音発生状況を調査したところ、歯車に起因する異音がほとんどであったためデッキ動作別に3種類の異音をターゲットに開発を進めた。

3. 3 異音の検出方法

異音の検出方法として当初デッキ動作音をマイクで集音しレベルを測定することを考えていた。しかし、この方法ではデッキの表層の音を捕らえるため内部にある異音の発生箇所まで特定することが困難で、また異音のレベルが正常な動作音に埋もれてしまう場合があったので異音検出に不向きであった。

そこで異音は動作部の不具合に起因することに着目し動作の不具合により生ずるデッキの微小振動を解析することで異音を検知する方法を採用した。この検出方法は振動発生源を保持する板金などに振動型マイクを接触させることで再現性のある振動を抽出できる特徴がある。また、周囲の音にも影響されないので防音ブースが不要になるメリットもある。

振動解析にはFFTアナライザ(FFT:Fast Fourier

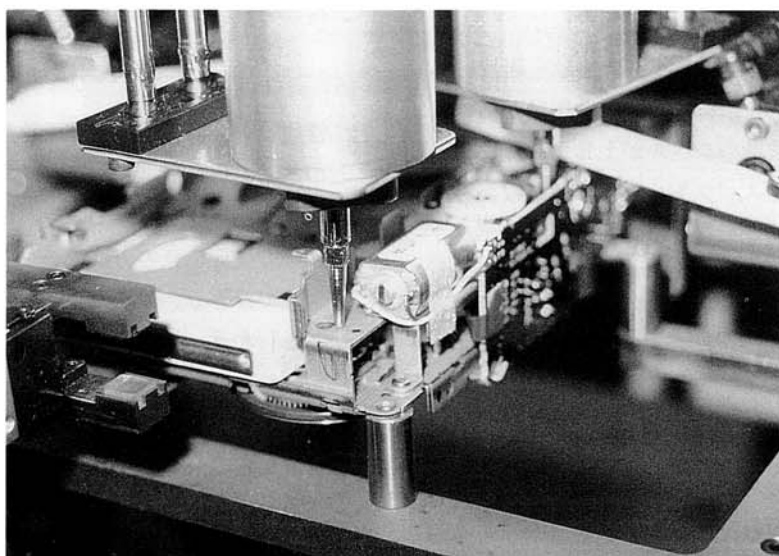


図-4 振動型マイクによる振動抽出
Fig.4 Picking up vibration with Microphone

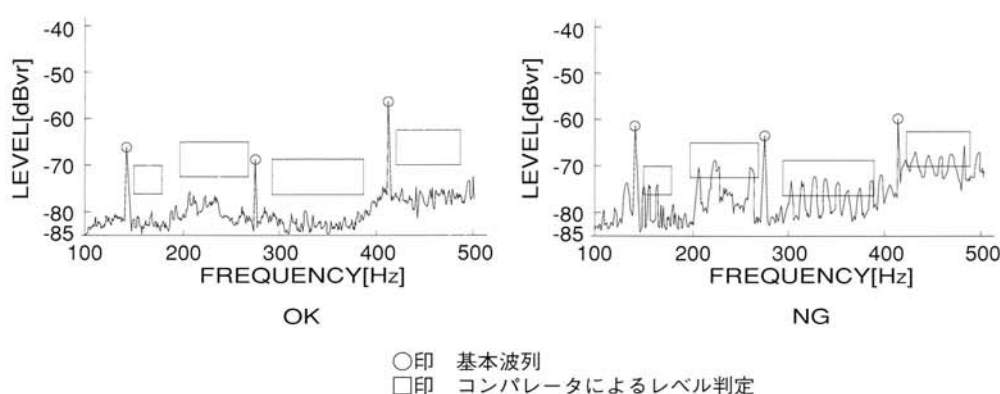


図-5 演奏時の周波数スペクトル波形

Fig.5 Vibration spectrum while playing

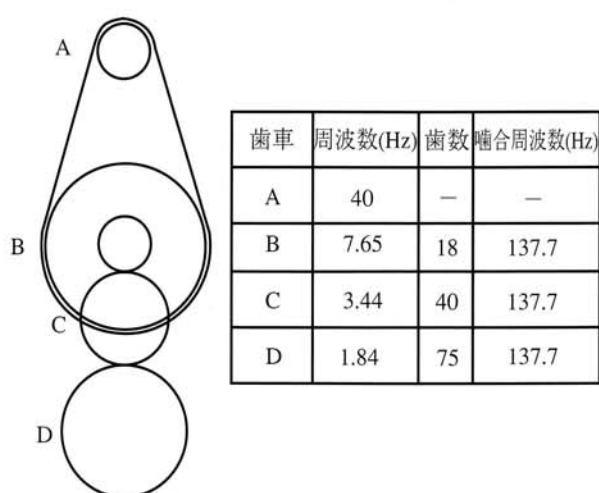


図-6 演奏時の噛合周波数

Fig.6 Gear system of the Deck while playing

Transform) を用いた。これにより振動信号を周波数スペクトルに変換し、波形を解析する。異常振動があれば振動の内容に応じた周波数のレベルが上昇する。こうして聴感による検査方法をスペクトルレベル測定検査方法に置き換えて異音検出検査を行った。検査の際にデッキおよび振動型マイクを外来の振動から遮断しなければならないが、これには検査機の振動抽出部分を防振ゴムで振動絶縁することで対応した。

3. 4 異音波形解析

一般に回転系の周波数スペクトラムは軸の回転周波数と歯車の噛合周波数に特長が現れる。歯車の噛合周波数は歯数に回転周波数を掛けた値になり、この成分は歯車の善し悪しにかかわらず、スペクトラムに現れる。歯車に不具合がある場合、その不良歯車の歯数の減少または

見かけ上の増加により、噛合周波数がずれる。また全体的に波形のレベルが上昇する。

デッキにはモータや歯車などの回転要素が複数個あるので実際の振動は複雑になる。振動波形には噛合周波数とその通倍波が現れ、それ以外の周波数領域では異音検出の目的から見るとノイズとなる。

例としてデッキ演奏時の周波数スペクトル波形を図-5に示す。この場合噛合周波数138 Hzを基本波としてその通倍276 Hz、414 Hzが現れる。デッキが正常の場合と異音が出ている場合の波形を比較してみると異音が出ている場合は基本波列数以外の周波数領域でレベルが上昇していることが確認できる。異音が発生した際、上昇した振動レベルをFFTアナライザのコンパレート機能を用いてOK/NG判定し、その良否信号をシステム統括のパソコンが受け取って判定結果を表示する。

4. 機能検査

機能検査とは、演奏・停止・早送り・巻戻し・選曲などの基本動作をデッキが正しく行うかどうかの検査である。

従来の機能検査の方法は、作業者が直接デッキをマニュアルで操作し、演奏・停止・早送り・バック挿排動作などを行わせ、目視にてその動作状態を確認、検査している。しかし、デッキの動作は、テープの状態・検査環境等によって大きくばらつく場合があり、検査項目の中には、良否の判定基準を作業者の感覚に頼っている項目がある。

4. 1 機能検査装置概要

図-7に機能検査システムの基本構成を示す。本検査システムにおいては、パルス信号解析ボードが中枢部と

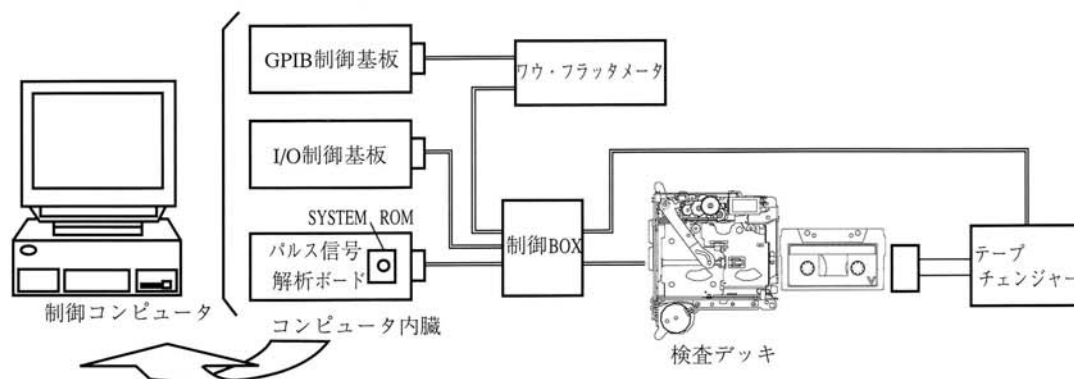


図-7 機能検査構成図

Fig.7 Configuration of "FUNCS"

なる。このボードでは、デッキ内部で使用する制御信号のうちの8本を取り込み、プログラムにより解析しリアルタイムにコンピュータへ伝達している。制御コンピュータは、機構部や検査デッキに対して作動命令を送り、パルス信号解析ボードからの情報をもとにデッキが正しい動作を行っているかどうかを確認している。

4. 2 機能検査技術

4. 2. 1 デッキの機能

当社の標準的なカセットデッキの機能として次の9種類がある。

- | | |
|-------------|--------------|
| 1) 演奏(PLAY) | 6) オートリバース動作 |
| 2) 停止(STOP) | 7) メタル検知 |
| 3) 早送り(FF) | 8) キーオフ動作 |
| 4) 巻戻し(REW) | 9) A P S 動作 |
| 5) たるみ除去 | |

ただし、8)、9)に関しては機種によっては機能がないものもある。

4. 2. 2 パルス信号解析ボード

デッキの機能を正しく検査するためには、常時かつ高速にデッキを監視する必要がある。今回、マイクロコンピュータにより、デッキからの制御信号を解析し、それによりデッキの動作状態を認識できるボードを開発した。このボードにデッキの状態認識をすべてまかせることで制御パソコンの負荷が軽減され、検査時間の短縮に貢献することができた。

このボードは、図-8で示されるようなデッキ内部の制御信号を利用して動作解析を行う。全ての信号がデッキ内部のメカセンサの出力であるため、実際のデッキ動作状態を確実に認識することができる。デッキ自身のマイコンのステータス情報により解析する方法も考えられ

るが、デッキの実動作とマイコンの認識が違う場合があり、これの使用は避けた。ボードが認識している動作状態は5つあり、この情報をリアルタイムにコンピュータへ伝達している。その状態を以下に示す。

- 1) 回転方向——FOR or REV
- 2) 動作——STOP or PLAY
- 3) 速度——SLOW or FAST
- 4) テープ種類——NORMAL or METAL
- 5) 挿排——OUT or IN

また、特殊機能として2種類あり、制御コンピュータから特別な命令を送ると、それに対応した情報をコンピュータへ伝達する。1つは、「たるみ除去検査」命令であり、ボードは、コンピュータから命令を受け取ると一定時間内制御信号の監視を行い、制御信号がある一定の組み合わせで動作したことを確認すると、OKコマンドを返す。そうでない場合はNGコマンドを返す。もう1つは、「テープ終端検査」命令で、ボードは、命令を受け取ると、制御信号を解析してテープ位置を割り出し、それをコンピュータへ返す。

4. 2. 3 パルス信号による状態判定

従来の作業による機能検査の場合、作業により検査基準が変わってしまうので、基準を統一する必要がある。

そこで、今回は、上項でも述べた通り、デッキ内部制御信号を利用して動作状態をリアルタイムに認識できるようにした。

例えば、図-8で紹介している「たるみ除去」の例では、まず、EJECT信号の立ち上がりを確認し、そこから、FF信号が立ち下がるまでの時間を確認する。ここで、解析ボード内の解析プログラム内部で設定してい

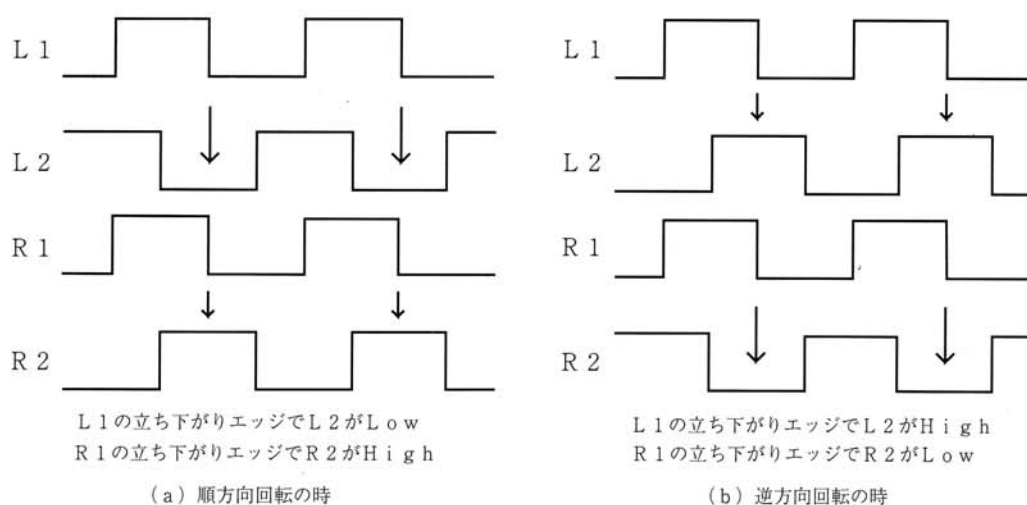


図-9 テープの回転方向判定時のリールパルスの条件
Fig.9 Condition of pulse in judging TAPE-DIRECTION

る時間データと照合して正常動作かどうかを判断している。同様の手順にて、

- 1) FF信号が立ち上がるまでの時間
- 2) 再度、FF信号が立ち下がるまでの時間
- 3) R 1信号が立ち下がるまでの時間
- 4) R 2信号が立ち下がるまでの時間
- 5) 再度、FF信号が立ち上がるまでの時間
- 6) 再度、FF信号が立ち下がるまでの時間
- 7) 再度、FF信号が立ち上がるまでの時間
- 8) P L A Y信号が立ち下がるまでの時間

を照合して、最終的な判断を下している。

また、“テープの回転方向”の解析を行う場合には、図-9のような4本の信号の組み合わせにより、順方向回転であるか、逆方向回転であるかを判断している。

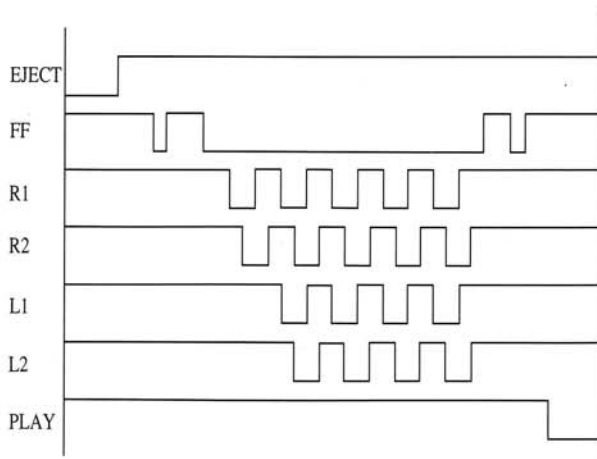


図-8 デッキより出力される動作信号
Fig.8 Tape tension signals from the deck mechanism

これらの信号は、デッキのリールの回転信号であるため、回転が高速になればパルス幅は短くなり、低速になれば長くなる。これを利用しているのが、図-10で紹介している“スピード”の解析部分である。

5. プログラム構造

ここでは異音検査装置、機能検査装置の制御プログラム構造について述べる。近年検査項目が増大してきたためメモリ利用効率に優れた検査プログラムが必要となった。また、プログラムのデータ構造を標準化し処理部のプログラムを共通化することで汎用性と開発効率の向上を目指した。

5. 1 データ構造

1項目の検査に必要なデータは、項目名・検査条件・規格値などがあり、実数・整数・文字が入り混じっている。コンピュータのプログラムでは、これら属性の違うデータをまとめて扱うのが難しく、従来はこれらを別々に扱っていた。しかし1項目の検査を行う際には当然こ

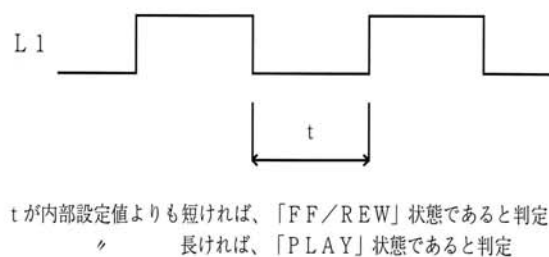


図-10 テープスピード解析方法
Fig.10 Method for tape speed analysis

S	/	N		r	a	t	i	o	¥0										
F	r	e	q		r	e	s	p	o	n	s	e			l	k	¥0		
F	r	e	q		r	e	s	p	o	n	s	e			l	O	k	¥0	
D	i	s	t	o	r	t	i	o	n	¥0									

固定長の場合データ長を決め打ちしなければならず、未使用領域が生ずる。

[illegible]

図-11 メモリイメージ

れらのデータが同時に使われるため、ひとかたまりで定義する手法を採用した。またデータを外部記憶装置からメモリに格納する前にデータの大きさと量を調べ、それらが最低限記憶できるだけのメモリ確保の方法に変更した。これを動的メモリ割付けと呼ぶ。

動的メモリ割付けは、メモリの使用量を最低限に抑えるための手法である。最も単純に大量のデータを間違いなく格納できるようにするには、ある条件の範囲で可能性のある最大量を想定し、そのサイズのメモリを確保する（固定長）。しかしこの方法では、確保したにも拘らず実際には使われないメモリが多く発生することになり効率のとは言えない。そこで1項目ごとに必要なサイズを調べ、その分だけその場で確保し（可変長）、その項目の検査が終われば開放する方法を採用した。

5. 3 検査モジュール

ールは検査のための基本動作単位であり汎用性がある。今回の2種の検査装置では、検査プログラムそのものを無くし、汎用性のある検査モジュールだけでプログラムを構成した。前述の検査データを検査実行に必要なモジュールの順に並べ、そのデータの並びを解析し順番にモジュールを呼び出すプログラムを準備することでこれを実現させた。

異音検査装置、機能検査装置は数値で規格を設定できなかったデッキ官能検査の判定基準の定量化を実現したこれにより作業者の判定認識の相違に起因する製品品質のばらつきを防止できる。また自動化により、設備1台あたり0.5～1名程度の省人効果が期待できる。

以上、2種のデッキ官能検査機の主要技術について述べた。これらは現在当社の米国工場の製造ラインで実働している。

49

筆者紹介



奥山 悦雄 (オヤマ エツオ)

1977年入社。以来オーディオ機器の生産技術開発に従事。現在生産技術開発部自動機開発課長。



山川 隆史 (ヤマカワ リョウシ)

1981年入社。以来自動化設備の開発に従事。現在生産技術開発部自動機開発課在籍。



中村 貴志 (ナカムラ タカシ)

1989年入社。以来オーディオ機器の自動化技術の開発に従事。現在生産技術開発部自動機開発課在籍。



土居 隆博 (トイ タヒロ)

1993年入社。以来自動化技術の開発に従事。現在生産技術開発部自動機開発課在籍。