

マルチ MT 法を用いた検査工程について

日本大学生産工(院) ○吉岡 幸宏 日本大学生産工 矢野 耕也
アルパインプレシジョン(株) 小玉 圭一 賀澤 秀樹 星野 隆臣 野上 雅民
松岡 久雄

1. 目的

一般に製品を出荷する前には、不良が市場に流出しないように各種の検査を行ってから出荷を行う。しかし、まれに従来の工程検査では良品と違いが無かったが、市場流出後に不具合を起こしてしまう場合がある。このような、出荷後または市場で動作異常を起こす可能性のある機械製品について、工程検査に電流特性の時系列データを MT システムで評価することで、検査工程の段階での異常検出力の向上を図り、異常品の市場流出を防ぐことを目的とする。

2. 研究概要

従来では、組み立てた時の寸法や機械的特性、電気的特性や動作の可否などの要素について複数の検査を行っている。実際には 10 項目以上の特性について検査を行っているが、十分とはいえない面があった。そこで、項目間の相関を考慮したパターン距離を利用し、不良品の検出感度を上げることが可能とした¹⁾。ところで、現在行っている検査項目は静的な特性であるが、市場で発生する問題は、メカ動作のような時系列の動的な特性であり、静的な検査項目のみでは捉え切れていない可能性が考えられる。そこで、動作時の消費電流の変化を示す波形データを新たな検査項目として用いることによって、実際に作動させた時の電流パターンを項目に用いて、MT システムによる解析を試みた。そこで、主要動作時の消費電流を 1 ミリ秒毎に測定し、同じ工程によって出荷される同種機械製品の数千項目ある測定値の推移であ

る波形データを利用して、動作異常の判定力の改善を行うこととした。

3. 研究方法と対象

MT システムとは図 1 に示すように複数の項目をもつデータに対し、基準となるデータ群から識別対象となるデータのパターンのズレの大きさの程度を、距離として表すための手法である。

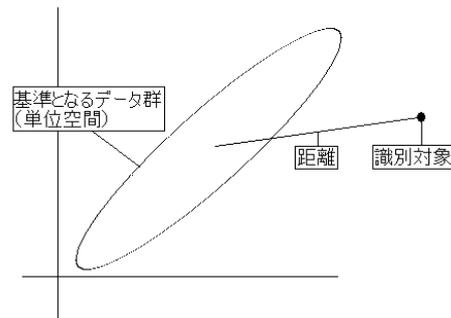


図 1 MT システムの概要図

同一工程によって製造された同種製品ならば、動作時の消費電流の波形に通常は大差ないが、問題があれば、従来の検査項目上は正常な範囲であっても、本来予想される電流波形とは違った波形(負荷が大きなど)を示すと考えられる。そこで、動作時間に対する波形の変化を動作機能として捉えた。

本研究において検査対象として使用した製品は車載用オーディオ機器の 6 枚ディスクチェンジャーで、その 6 カ箇所(の)のディスク挿入トレイのうち 2 箇所を測定した。

4. 解析項目について

まず、ディスクチェンジャーの動作を表 1 のように示した。すなわち、消費電流のデータは動作の種類によって分類し、ディスクの入れる動作を

Loading、取り出す動作を Eject、番地の再生するディスクを入れ替える動作の変更をする動作を Change とし、Loading、Eject は 2 箇所の挿入トレイに対し測定を行うことから、動作の種類を Loading1,2、Change、Eject1,2 の合計 5 要素に分類して取り扱うこととした。

表 1 消費電流データの種類

動作の名称	動作内容
Loading	ディスクを取り入れる
Change	番地(ディスクを入れる場所)を変える
Eject	ディスクを取り出す

一ヶ月間の出荷品に対して消費電流データを電流計により動体負荷を測定した。図 2～図 5 は消費電流データの波形をグラフで、縦軸を測定した電流値 (A) とし、横軸を波形データの時間順として電流値の変化を示したものである。また、5 つに分けたプロセスごとに動作時間が異なるので、消費電流データはそれぞれ測定時間が異なっている。

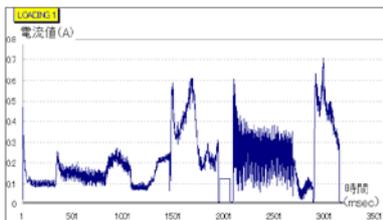


図 2 Loading1 の波形グラフ

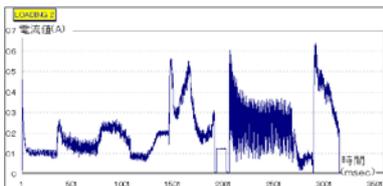


図 3 Loading2 の波形グラフ

図 2 と図 3 を比較すると、動作内容は同じなため、全体として波形の形状には大きな差は見られないが、3 秒付近でやや形状の差異が見られる。

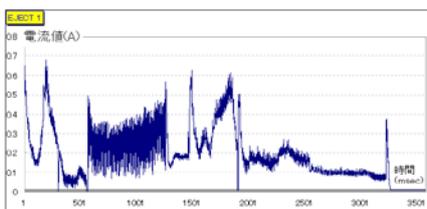


図 4 Eject1 の波形グラフ

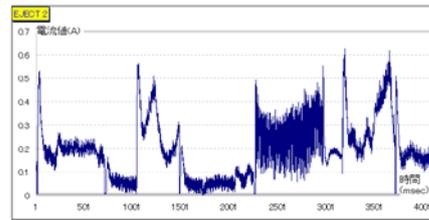


図 5 Eject2 の波形グラフ

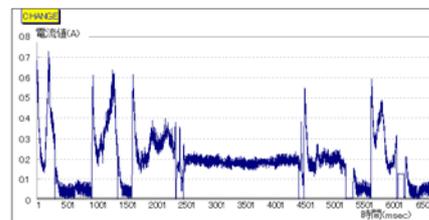


図 6 Change の波形グラフ

図 4 および図 5 は動作内容が同じにもかかわらず、動作波形そのものに大きな違いが見られ、Eject のタイミングを表す測定箇所による違いが大きいことが明らかである。また、図 6 は、Change 動作の波形の一例を示したものである。

5. 解析に使用した項目と単位空間について

解析の前に、消費電流データを測定する際に生じた測定するタイミングによるズレについて、動作の開始するタイミングが等しくなるように修正した。

今回の解析では、MT法により使用した消費電流データの測定した電流値を項目として逆行列距離を算出した²⁾。しかし、電流値を項目とするとその項目数は 1 つの動作で数千項目存在することになり、一度にそのような巨大な逆行列は解析することが出来ない。よって 5 つの動作の消費電流データをまず、内部で行われている機械動作(エリアと呼ぶことにした)ごとに分け、さらにその分けた消費電流データを解析可能な規模にまで項目を減らし、それぞれに逆行列距離を求めて分割距離とし、表 2 に示すような消費電流データ全体を示す 61 の項目とした。このような、多くの解析項目を細かく分けて分割距離を算出し、その分割距離をまとめて最終的にひとつの逆行列距離を算出する手法をマルチMT法と呼ぶ。今回は測定した消費電流データから Loading1,2、Change、Eject1,

の4種ずつを内部での機械動作ごとに分割し、MT法から得られる距離による評価を行った。

表2 項目と分割した内部動作(エリア)との対応表

Change	項目順
エリア1	1~6
エリア2	7~10
エリア3	11~16
エリア4	17~19
エリア5	20~22
Eject1	
エリア1	23~24
エリア2	25~26
エリア3	27~29
エリア4	30~37
Loading1	
エリア1	38~42
エリア2	43~44
エリア3	45~47
エリア4	48~49
Loading2	
エリア1	50~54
エリア2	55~56
エリア3	57~59
エリア4	60~61

基準となる単位空間は、MTシステムを参照した文献¹⁾に統一し、データの作成した分割距離による各項目が、その平均値±1.5σの範囲内のデータを使用した。データ群について、全データ数の1/3が単位空間の範囲内に収まっている。

表3 解析データの分布

	データ数
単位空間データ	488
判別データ	1186

6. 解析結果

表3のように分けたデータ群に対し、MT法を適用して距離D²を出した。以下の図7はその解析結果について、縦軸を距離D²とし、抜粋した正常品のデータと動作異常品のデータを横軸に並べたものである。

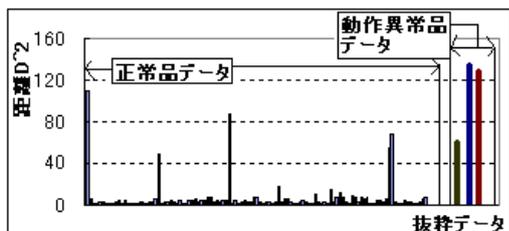


図7 解析したデータの距離の抜粋

解析の結果、図7のように、ほとんどのデータは距離が小さく収まっていることが分かった。また、

正常品のデータの中にも一部距離が大きくなったデータが存在した。その距離の大きいデータ(距離が40以上)を図7の横軸の左から順に、比較用としてその右側に横軸の左から60番以降のデータを抜粋し、表4としてまとめた。

表4 距離の離れたデータとその他の一覧

距離40以上のデータ	距離D ²	抜粋順	距離D ²
1	109.1	60	3.068384
2	48.5	61	2.328194
3	87.6	62	1.714098
4	54.1	63	2.429616
5	67.4	64	18.77318
6	59.2	65	2.27646
7	134.9	66	5.559227
8	128.6	67	5.260204

表4の距離が大きい解析結果が出たデータの1と3は測定データの方に入力ミスがあることが分かった。

しかし表4の解析結果から、動作異常品を含めて距離が大きくなった製品を識別できた。よって、図7の動作異常を示す3製品に対し、距離が大きくなった原因となる項目を特定するため、直交表L₆₄により項目診断を行い、その結果を要因効果図として図8、図9に示した。項目番号は表2に、図の示すデータは表4の距離が40以上のデータの番号に対応している。

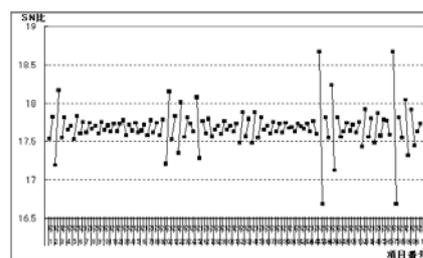


図8 異常を示したデータ6の要因効果図

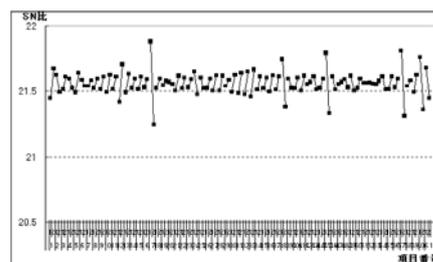


図9 異常を示したデータ7の要因効果図

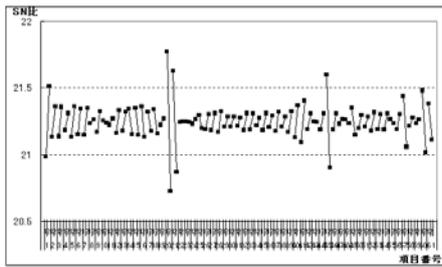


図 10 異常を示したデータ 8 の要因効果図

図 8～図 10 より距離に対して強い影響がある項目がグラフの左上がりの大きさにより確認できた。よって、そのうち図 10 の異常の原因となった Change 項目と Loading1 項目の消費電流データを図 11 と図 12 に示す。

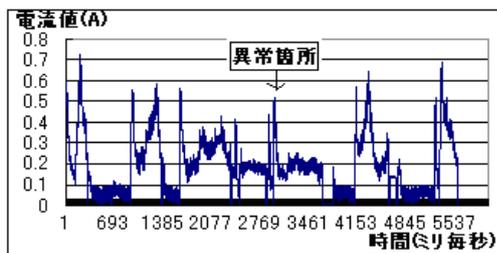


図 11 異常を示したデータ 8 の Change の波形グラフ

図 11 と図 6 を比較すると、この製品はディスクの番地変更時を示す約 2.5 秒後の波形が穏やかな部分において、逆に消費電流値を異常に増加していることがわかった。

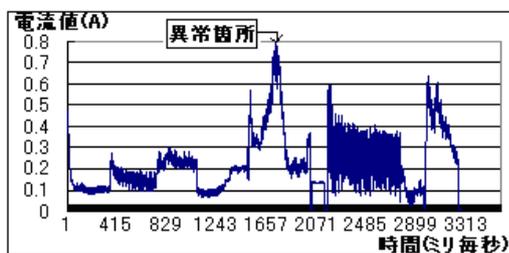


図 12 異常を示したデータ 8 の Loading1 の波形グラフ

図 12 と図 2 を比較すると、このデータも、Loading1 の 1.5 秒後ほどの中間部分の消費電流値が大きく増加していることがわかった。また、他の消費電流の波形グラフからは異常は確認できなかった。

7. 考察

今回の消費電流測定値を使った解析によって、動作異常を起こした製品を識別することが出来た。検査では正常とされた製品において、消費電流の波形データに通常とは異なる波形を示すデータがあることが分かった。また、その部位を直交表 L₆₄ による項目診断の方法で特定できた。

また、解析対象からははずした Eject2 は図 4 と図 5 のように、動作のタイミングのズレが大きいため修正が難しく、測定の際は、このズレに対する注意が重要であることがわかった。

8. まとめ

今回の解析により分かったことを以下に示す。

- (1) 今回の解析によって市場より動作異常が確認された製品について動作異常を検出することが出来た。
- (2) 動作異常が確認されていない製品について、電流値を時系列的に評価することにより、消費電流値を異常に増加させているデータが存在することが分かった。
- (3) 項目診断によって消費電流値が異常に増加している箇所を特定することが出来た。
- (4) 消費電流データを分割して解析することによって、実際の出荷後に起こした動作異常のデータとその他の正常品のデータとの距離に大きな差が出てくることが分かった。
- (5) 解析の結果、正常品内の距離の大きいデータが出荷後に動作異常を起こしていたと仮定すると、メーカー側に市場不良の情報が生かされていない可能性が示唆される。

9. 参考文献

- 1) 浅井他：MT システムの品質管理への応用，品質工学会誌，Vol.16，No4，(2008)，p86-91
- 2) 田口玄一：品質工学便覧，日刊工業新聞社，(2007)，p 170-177