

MTシステムの自動加工への適用に関する研究

— MT法による異常加工検出へのアプローチ —

釧路高専 ○二色祐徳、荒井誠、宮澤武
要旨

近年、MTシステムと呼ばれる新たなパターン情報処理理論が提案されている。本研究ではMTシステムのMT法を利用した工作機械の異常診断を行うことを目的とし、その適用可能性について報告する。

1. 目的

今日、コンピュータの発展に伴いさまざまなものが自動化されている。しかし、このように自動化が進んでいる現代でも、人間の感覚による判断を必要とする事象を取扱うことは困難である。近年、これらの問題を解決するために、MTシステム(Mahalanobis-Taguchi System)と呼ばれるパターン情報処理理論が提案された。これにより、コンピュータの活用範囲が大きく広がり、人間が判断すべき事象をコンピュータによって判断できるようになってきている。

本研究では、MTシステムのMT法について基本的な枠組みを理解するとともに、工作機械の異常診断(監視)の適用可能性を検証することを目的とした。

2. MTシステムとは

MTシステムとは、マハラノビス・タグチ・システムの略称であり、MTシステムの発端となったMT法と、マハラノビス・タグチ・アジョイント(MTA)法と、タグチ・シュミット(TS)法とに大別される。

MT法は、「タグチメソッド」で有名な田口玄一氏が、インドの数学者マハラノビスの考案したマハラノビス距離と呼ばれる尺度を使うことを提唱したパターン情報処理理論であり、「パターン情報処理とは計測尺度をつくることである」という考えに基づいている。パターンという考えを基に、パターンから対象がどれくらい離れているかをマハラノビス距離という尺度によって求め、そこから必要とされる判断を下すことがMT法の目的である。

2.1 MT法の手順

MT法は人間がものを認識する場合とほぼ同様の手順で行う。人間が知識を形成する場合、五感(多くの場合は視覚)から情報を得て、その特徴をいくつか抜き出して、整理している。そしてものを認識する場合は、対象の特徴を抜き出して、それらの特徴が自分の持っている知識と類似しているかを判断するのである。

MT法では、各種センサが五感に相当し、そのデータが直接特徴になる場合や、そのデータを処理して特徴とする場合がある。その特徴を一つの空間に整理して、それらの相関を求め、基準空間を作る。そして、認識を行う場合は、人間と同じように、対象の特徴と基準空間を比べてマハラノビス距離を求めるのである。

3. マハラノビス距離

MT法の手順の大部分がマハラノビス距離を求めるためのものである。マハラノビス距離とは、変数間の相関を用いた指標であり、基準データ群(特徴量の集まり)の相関を考慮した尺度である。以下の式(1)でマハラノビス距離が求められる。

$$D^2 = YR^{-1}Y^T/k \quad (Y^TはYの転置) \quad (1)$$

Y: 規準化された特徴量、R: 相関係数、k: サンプルの数

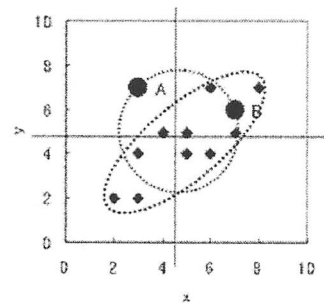


Fig. 1 Mahalanobis distance by points

Fig.1は、10個の点群と任意の点A、Bである。点Aと点Bは、点群の平均の座標値から同じ位置にあるが、点Aは点群から離れていて、点Bは点群の中にあるといえる。この二つについてマハラノビス距離を求めるとA=7.4、B=0.6となる。

4. 加工状態へのMT法の適用

MT法を利用する工作機械の異常検出が可能か検証した。このシステムは機械の振動による加速度から、正常・異常の状態を判断するものである。

具体的には、フライス型モデリングマシン(Roland CAMM-3)で材料を切削し、その切削中の機械の振動による加速度を特徴量とした。正常時の振動から基準空間を作成し、切り込みを深くした場合の振動の状態からマハラノビス距離を求めた。計算処理には行列計算用に開発されたMATLABを使用した。

振動は、ワイヤレス3軸加速度センサー(日立金属製)をフライス型モデリングマシン上部に取り付け計測した。

切削材料にはアルミ合金A5052を使用し、切削条件は直線とした。切削速度2m/sec、送り速度2mm/secで、切り込み量0.1mmを基準とし、切り込み量0.1~0.5mmまでのマハラノビス距離を求めた。Fig.2に実験装置の概要を示す。

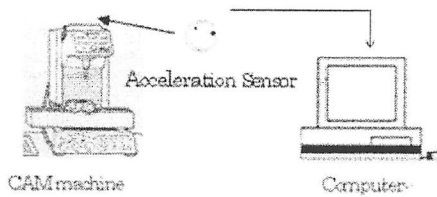
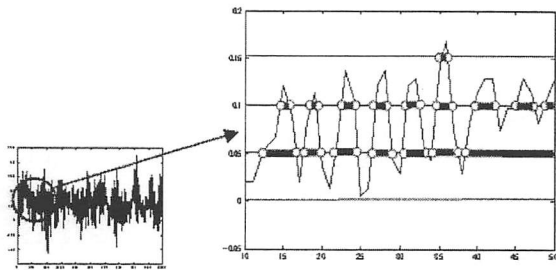


Fig. 2 Experiment system

4.1 基準空間の作成

特徴量の抽出には、振動による加速度の波形を利用した。Fig.3の(a)は、特徴量となる波形データの一部である。(b)は(a)をさらに拡大したものである。この波形に複数の基準線を等間隔に引き、基準線と波形が交差する回数 (b)中の丸の数) と、基準線より上側に波形がある箇所の長さ (b)中の太線の長さ) を特徴量とした。これらは、振動数や振幅の情報と同時に、波形パターンとしての情報を併せ持つことになる。



(a) wave data (b) Feature amount extraction
Fig.3 Standard wave pattern

4.2 実験結果

作成した基準空間より、式 (1) を用いて、対象となる切削量のマハラノビス距離を求めた。結果をTable.1とFig.4に示す。この結果から、切込み量が増えるにしたがいマハラノビス距離も大きくなっていることがわかる。しかし、最小値は切り込み量が増えても低い値であり、切込み量に関係なく基準空間に近い波形パターンが現われることがわかった。これでは異常診断に適用できない。そこで、30秒毎のマハラノビス距離の平均値を用いることとして異常診断をすることにした。

これより、切り込み量の変化によるマハラノビス距離が分類できることとなった。Fig5に示すように、閾値を設けることで異常を判断できることがわかった。

Table.1 Mahalanobis distance of object

切り込み量 (mm)	サンプル数 (sec)	平均値	最大値	最小値
0.1	180	1.09	3.08	0.09
0.3	180	41.87	259.66	0.88
0.5	180	183.38	576.26	20.46

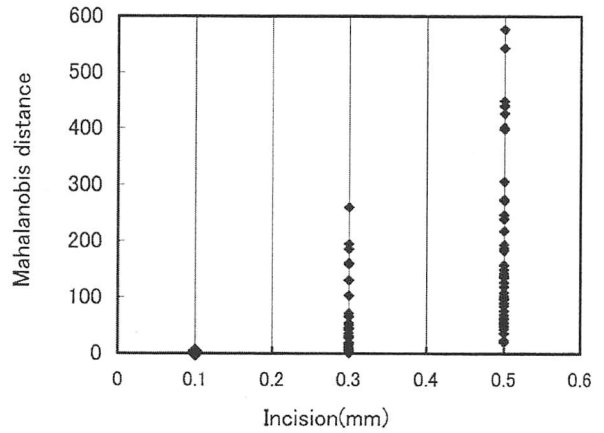


Fig.4 mahalanobis distance

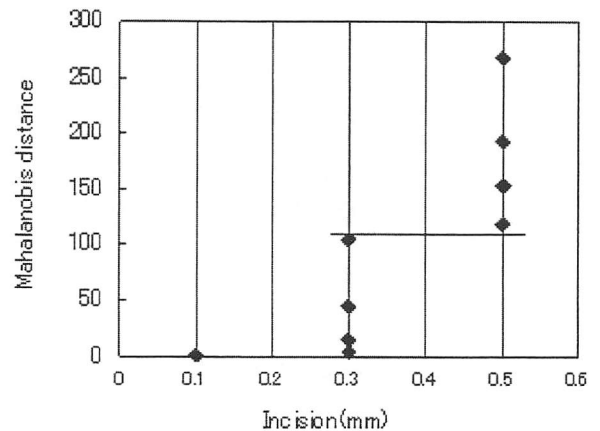


Fig. 5 Average of mahalanobis distance every 30 seconds

以上のことから、フライス型モデリングマシンの切削状態を振動のマハラノビス距離として、次の関係が得られた。

正常 < 120 < 異常

これを基に、連続運転しているモデリングマシンの稼動状態を30秒間で診断できることがわかった。

5.まとめ

加工状態の異常検出にMT法を適用できるかを検証した。その結果から

- (1) 加速度センサーで振動を計測することでマハラノビス距離を求めることを示した。
- (2) 基準空間の設定により、高負荷状態では高いマハラノビス距離が求められた。

となり、本研究で提案するMT法による異常加工検出が適用可能であることが分かった。

今後、実際のNC工作機械などの加工状態への適用について追実験を行う予定である。

参考文献

- (1) 手島 昌一, MTS法によるパターン認識, 株式会社プローブ, (2002).
- (2) 大山 陽一, MTS法を利用したパターン認識についての基礎研究, 日本機械学会北海道学生会第34会学生員卒業研究発表会講演論文集, (2005), 341.