

# 各種情報を利用した計測技術に関する研究

今井智彦、西嶋隆、飯田佳弘、浅野良直

## Development of measurement technology using various sensors

Tomohiko Imai, Takashi Nishijima, Yoshihiro Iida and Yoshinao Asano

機械金属加工企業の現場では、作業員の経験と勘を頼りに、問題発生の予防、問題発生時の原因究明および再発防止策の検討を行っているのが現状である。本研究は加工企業への一助となる加工に関する情報の計測技術について検討する。本報告では、切削加工機の状態を把握するための測定方法、および県内企業において行った加工状態の測定について述べた。県内企業にてテスト加工および通常業務の測定を行い、振動、音および電流等のデータを収集し、テスト加工における比較検討や通常業務における問題発生時の原因究明に活用できることを確認した。

### 1. はじめに

製造業においては、製品加工時に発生する問題を低減し、生産性を向上させることが、非常に重要な課題である。機械金属加工企業における問題発生の要因には、加工条件の設定ミス等の人的要因、工具の状態等の機械的要因、周辺温度等の環境的要因があげられる。これらに対し、中小企業の現場では、作業員の経験と勘を頼りに、問題発生の予防、問題発生時の原因究明および再発防止策の検討を行っているのが現状である。今後、生産性のさらなる向上を目指すためには、作業員の経験と勘だけに頼るのではなく、加工に関する情報を収集・解析し、加工問題への対処を効果的に行っていくことが必要である。このことは、現状の改善に停まらず、新たな加工への取り組みを行う際にも有益である。

本研究では、加工問題の要因のうち、加工機に係る要因を対象とし、この解決のために用いる加工に関する情報の計測技術について検討する。本報告では、加工機の状態を把握するための測定方法、および県内企業において行った加工状態の測定について報告する。

### 2. 実験

#### 2.1 加工状態の測定方法

今回は、切削加工を行う加工機を対象に、加工中の状態を把握するため、加工機に取り付けるセンサ、およびセンサからの情報を収集する方法を検討する。

中小企業の現場にはNC制御の切削加工機が複数設置されているが、昨今のNC加工機のように状態モニタ用のセンサがあらかじめ組み込まれていることは少ない。既存の加工機にセンサを組み込む際、加工機自体の改修が必要になると、生産が停滞するだけでなく、改修経費がかかり、また加工機の保守契約等に影響を与える。そこで、加工機を改造することなく、比較的簡易に取り付けられるセンサを選択して用いる。

図1に構成の概要を示す。切削加工機は、工具を取り

付けた主軸を回転させた状態で、工具を被削材に接触させて被削材を切り削る。その際、接触により振動や音が発生し、また主軸を回転させるモータの消費電流が変化する。そこで、振動、音および電流の情報を取得するため、それぞれ加速度センサ（353B15、PCB Piezotronics社製）、マイク（378B02、PCB Piezotronics社製）、電流センサ（CTF-200A、マルチ計測器(株)製）を用いる。また、高精度な加工を行うときは、加工機を取り巻く温度の影響を受けることから、加工室内の温度、加工室外の温湿度の情報を取得するため、温度センサ（SK-LT II-4 + SK-L200T II D、(株)佐藤計量器製作所製）および温湿度センサ（SK-LTH II  $\alpha$ -2 + SK-L200TH II  $\alpha$  D、(株)佐藤計量器製作所製）を用いる。さらに、加工中の様子を撮影するため、カメラ（UI-2210RE-C-HQ、iDS社製）を用いる。各センサの取付方法は次のとおりである。加速度センサはマグネットベースを使用して測定面に吸着させる。電流センサはクランプ式であり、既設の電線を挟む形で取り付ける。マイク、カメラはマグネットホルダを使用して設置位置に吸着させる。温度および温湿度センサは結束バンド等で固定する。

各センサ情報はパーソナルコンピュータ上に収集し、蓄積する。今回用いるセンサのうち、加速度センサ、マ

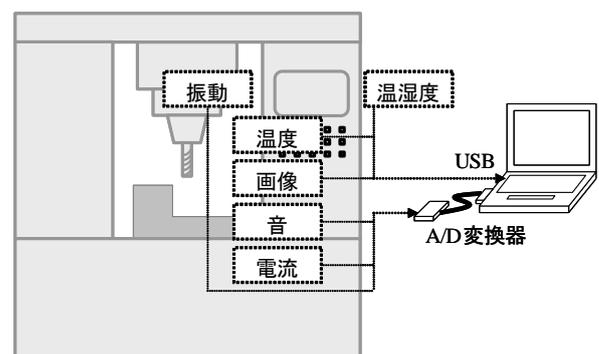
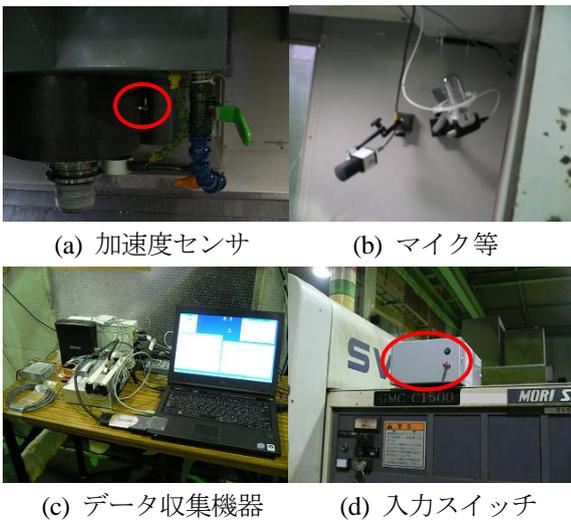


図1 構成概要

イクおよび電流センサの情報については、パーソナルコンピュータに取り付けた A/D 変換器 (ADA16-32/2(CB)F、(株)コンテック製) を介して収集する。温度、温湿度センサおよびカメラの情報については USB を介して収集する。収集したデータには、データ間の関連性を持たせるため、タイムスタンプ (データ収集時の日時) を付与する。データを収集するタイミングについては、専用の入力スイッチを設け、スイッチの ON/OFF 状態をパーソナルコンピュータ上に取り込み、ON のときだけデータ収集を行うようにする。

## 2. 2 加工状態の測定

県内企業の協力のもと、前節の測定方法を用いて、加工状態の測定を行う。図 2 に設置風景を示す。加速度センサは主軸側面に取り付ける (図 2(a))。マイク、温度センサおよびカメラは加工室内の壁面等に取り付ける (図 2(b))。温湿度センサは加工室外の壁面に取り付ける。電流センサは加工機の制御盤内部に設置された主軸用制御ユニットの配線に取り付ける。データ収集機器 (パーソナルコンピュータ等) は加工機の側面に設置し (図 2(c))、入力スイッチは加工機正面にある操作盤付近に設置する (図 2(d))。



(a) 加速度センサ (b) マイク等  
(c) データ収集機器 (d) 入力スイッチ

図 2 設置風景

表 1 工具仕様および加工条件

工具種	No.1 (現使用品)	No.2 (試用品)
工具径(mm)	φ7	
材質	HSS	HSSE
表面処理	無	TiN
被削材	SUS304	
加工内容	貫通穴あけ (計 216 個)	
加工条件		
回転速度(rpm)	S600	S700
送り速度(mm/min)	F60	F100

## 2. 2. 1 テスト加工

当該企業では穴あけ加工を行うときは、長年使用し、加工条件を熟知しているドリル工具を用いている。昨今のドリルは材質、表面処理の改良が進んでいるとの情報を持っているが、その導入を検討するまでには至っていない。そこで、現在使用しているドリルと、材質が異なり表面処理が施されているドリルとの比較を、センサのデータを用いて行う。表 1 に比較する工具の仕様および加工条件を示す。被削材については SUS304 とし、寸法は t9×50×300mm とする。加工内容については、被削材 1 つ当たり 72 個の貫通穴を 12mm 間隔であけ、これを 3 回繰り返す、合計 216 個の貫通穴をあける。加工条件については、工具 No.1 は当該企業にて通常用いる条件を、工具 No.2 は工具メーカーの推奨条件を設定する。

## 2. 2. 2 通常業務

通常業務にて加工中の状態を測定することは、相当量の部品加工を行う場合には十分な効果が期待できる。例えば、製造初期に測定を行うと、正常時のデータはもちろんのこと、問題発生時のデータも十分に取得することができ、様々な比較ができると考えられる。当該企業は多品種少量の部品加工が主な業務であるため、正常時および問題発生時のデータが多岐に渡り、また問題発生時のデータを得にくいと考えられる。しかし、これまでにセンサを用いたデータ収集を行ったことがなく、どのようなデータが得られるか未知であることから、今回はシーケンスプログラムを用いて加工するときのデータ収集を試行する。このとき、もし問題が発生した場合は、当該企業の作業員は事後検討のために問題発生時の状況および原因の推定を書面に記録する。

## 3. 結果及び考察

### 3. 1 テスト加工の測定結果

パーソナルコンピュータ上に蓄積した測定データのうち、振動、音および電流について、次の手順にてデータ処理を行った。まず、カメラにて取得した画像データを参照し、1、36、72、108、144、180、216 番目の穴加工の時間を確認した。次に、その時間をもとに MATLAB<sup>1)</sup>を用いて、穴毎に振動、音および電流データを抜粋し、二乗平均平方根 (RMS) を算出した。図 3 にその結果を示す。なお、図中の空転とは、加工機に工具 No.1 を取り付け、主軸を回転させただけの状態を意味する。図 3 より、工具 No.2 は工具 No.1 と比較し、振動は大きく、音圧は小さい傾向にあった。今回は両ドリルとも 216 個の貫通穴をあけることができ、その後刃先を観察したところ特に問題も見当たらなかったことから、振動について工具 No.2 の方が大きい値を示したのは加工条件の影響が大きいと考えられる。また、音圧について工具 No.1 の値が大きくなったときは耳障りな金属音を発していた。何らかの摩擦が起きていると考えられ、今回以上の加工数になった際に工具摩耗等に影響がで

くるものと思われる。

### 3. 2 通常業務の測定結果

エンドミルによる溝加工中に折損が発生した事例があり、その測定データに対して次の手順にてデータ処理を行った。まず、カメラにて取得した映像データを参照し、加工開始前の時間を確認した。次に、その時間から1秒毎に MATLAB を用いて振動、音および電流データを抜粋し RMS を算出した。図 4 にその結果を示す。音データを確認したところ、図 4(a)の音についてはピークの部分が折損したときに対応する。この際、振動値も増加しているが、それより以前の時間でも振動値が増加している箇所があった。図 4(b)を見ると、振動値が増加した後、電流値が増加する傾向がみとれる。振動が発生する際、主軸の回転数を維持できず、これを補うため電流値が増大しているものと考えられる。また、同様の加工にて折損が発生しなかったときの測定データがあり、前述と同様にデータ処理確認したところ、振動と電流について折損時と同様の傾向がみられた。ここで作業員の記録をみると、工具刃の摩耗が原因と推定されていた。このこととデータを合わせ、改めて要因を推定したところ、工具摩耗も一因の可能性はあるが、被削材の固定方法が要因である可能性が高いことが考えられる。今回の固定方法は、加工中に被削材の一部が振動する可能性があり、この振動により工具と被削材が予期せぬ接触を起こし、工具の回転を妨げる可能性がある。

### 4. まとめ

本報告では、切削加工機の状態を把握するための測定方法、および県内企業において行った加工状態の測定について述べた。県内企業にてテスト加工および通常業務の測定を行い、振動、音および電流等のデータを収集し、テスト加工における比較検討や通常業務における問題発生時の原因究明に活用できることを確認した。

#### 【謝 辞】

本研究を実施するにあたり、実験にご協力いただいた株式会社丸富精工の方々に深く感謝の意を表します。

#### 【参考文献】

1)MATLAB ドキュメンテーション ,  
[http://www.mathworks.co.jp/access/helpdesk\\_ja\\_JP/help/helpdesk.html](http://www.mathworks.co.jp/access/helpdesk_ja_JP/help/helpdesk.html)

#### Abstract

In manufacturer, machine operator has been preventing the occurrence of a problem and investigating the source of a problem. In this study, we aim to measure various information of machine tool for helping the operator to judge the problem. This report indicates a measurement system for getting the state of machining using various sensors. Moreover, this

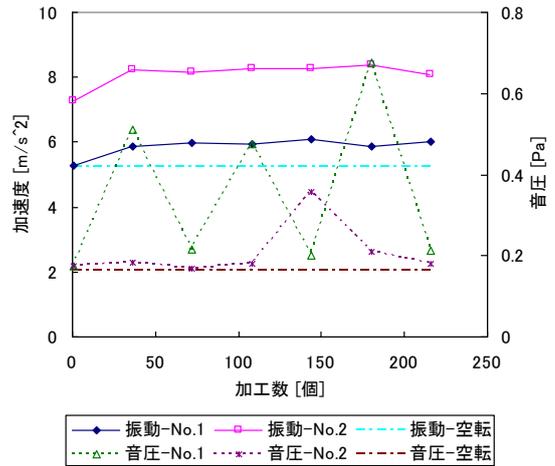
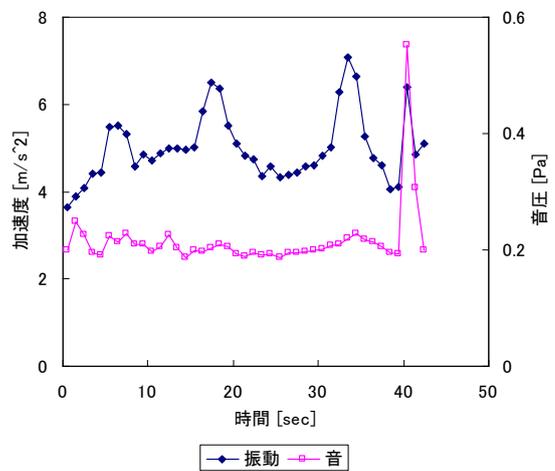
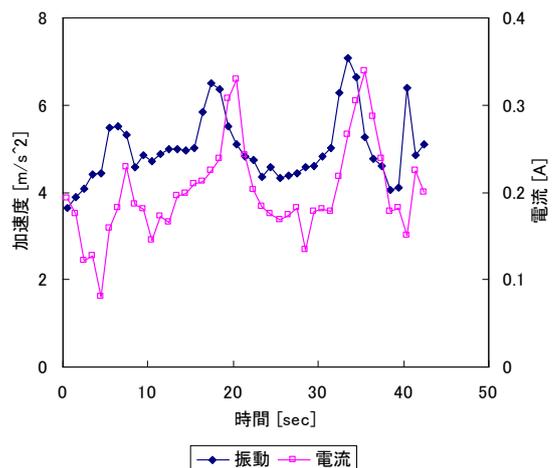


図3 テスト加工の振動・音 RMS



(a) 振動・音 RMS



(b) 振動・電流 RMS

図4 通常業務の結果例

indicates experiments about a measurement which was executed in a civil company. The system collected several kinds of information, which was useful to presume a problem at the company.