

NC フライス加工機の異常検知システムの開発

長尾 達明、奥田 誠（情報・生産技術部 システム技術グループ）

高橋 和仁、横田 知宏（情報・生産技術部 試作加工グループ）

1. はじめに

NC フライス加工機での切削加工において、切削工具の摩耗による劣化や加工条件が不適切な場合には、ワークの加工面の仕上がりの低下、切削工具の折損、加工機の故障に結びつくことがある。異常検知システムは、様々なものが市販されているが、切削動力計を用いた高価な物や主軸モータの電流値の正常値からの差分で判断する物が多いのが現状である。

本研究では、切削動力計などの高価な装置を使用せずに異常検知できる安価なシステムの開発を目的とした。方法として、NC フライス加工機から取り出せるデータ（主軸回転速度、主軸負荷率、送り速度など）と、簡易に接続できる電流クランプで取得した電流値を利用した。これにより、切削加工の効率化を目指している企業に導入しやすいシステムとなることを目指した。

2. 異常検知システムの開発

本章では、開発した異常検知システムの概要を述べる。

2. 1 システム全体

今回使用する NC フライス加工機は、図 1 の（株）イワシタ製、NR2 で、NC コントローラにオプションとして、CC-Link¹⁾ のスレーブ局の機能がある。これにより、主軸回転速度などのデータを PLC（Programmable Logic Controller）の CC-Link のマスター局ユニットへ受け渡すことができる。また、主軸モータのケーブルに電流クランプを接続して、PLC の CT（Current Transformer）入力ユニットで電流値を受け取り、さらに、放射温度計のデータを電流値として、PLC の A/D 変換ユニットで受け取る構成とした。図 2 にシステム構成図を示す。



図 1 フライス盤

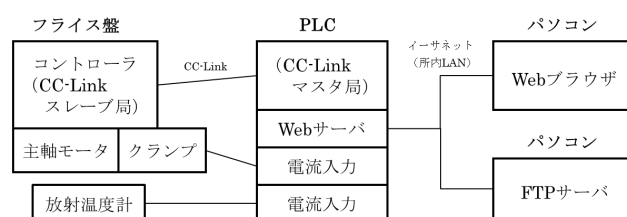


図 2 システム構成図

2. 2 PLC の構成

PLC は、図 3 に示すように三菱電機、MELSEC-Q シリーズを使用した。表 1 のユニットを組み合わせる必要なデータを取り込める構成とした。

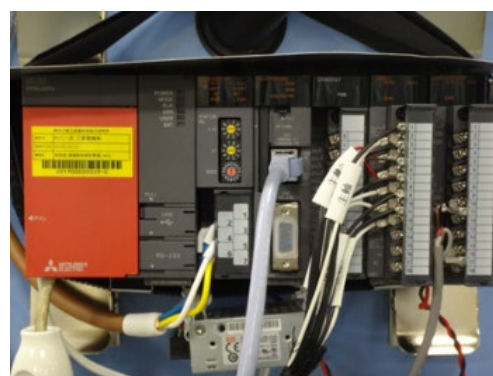


図 3 PLC

表 1 PLC の詳細

ユニット名	型名
CPU ユニット	Q00UJCPU
CC-Link ネットワークユニット	QJ61BT11N
Web サーバユニット	QJ71WS96
入出力ユニット	QX48Y57
CT 入力ユニット	Q68CT
アナログユニット	Q62AD-DGH

CC-Link ネットワークユニットは、マスター局の機能を持っており、スレーブ局のデータを吸い上げることができる。フライス盤の NC コントローラがスレーブ局の機能を持っているため、主軸回転数のデータなどをワードデータとして受け取っている。また、逆に NC コントローラへワードデータを書き込むことも可能である。CC-Link 通信をするための設定としては、局番、占有局数、ボーレートなどが

必要となる。

Web サーバユニットを所内ネットワークに接続するにあたり、当所のネットワーク管理者の許可を得て、所内用の IP アドレスが配賦された。デフォルトの IP アドレスから所内用の IP アドレスへ設定変更した。DHCP サーバから自動取得する方法もあるが、固定 IP アドレスでの設定の方が確実である。

パソコンの Web ブラウザで Web サーバユニットへアクセスして、PLC のデータをモニタする場合、Web ブラウザ画面を逐次更新するためにはパソコンに Java VM(Virtual Machine)インストールしておく必要がある。これは、Web サーバユニットのデフォルトの Web サーバが、Java で作成されているためである。最近の多くのパソコンは、Java VM をインストールしていないため、それを必要としない HTML ファイルを作成することにした。

Web サーバユニットは、CPU ユニットの内部メモリの複数個を指定して 1 つのデータのかたまり(タグデータ)として扱うタグ機能がある。そのタグデータにアクセスできるような HTML ファイルを作成して、Web サーバユニットへ書き込むことにより、所内ネットワークに接続しているパソコンの Web ブラウザで図 4 のようにタグデータを見ることを可能とした。

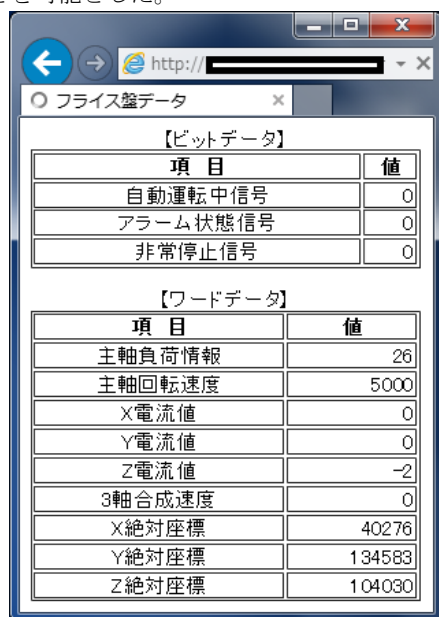


図 4 Web ブラウザ画面

タグデータを 0.1 秒間隔で csv ファイルに保存するためには、高速ロギングの機能が必要であり、そのために Web サーバユニットにコンパクトフラッシュカードを挿入して、そこに保存できるようにした。また、ロギングを自動で開始するためにイベント監視機能を使用して、主軸回転数が 10 を超えた時に保存を始めるようにした。保存された csv ファイルは、1 回の加工終了毎に FTP サーバへ自動転送されるようにした。

CT 入力ユニットは、主軸モータのケーブルに設置したクランプ式の分割形電流センサの電流を取り込んで、主軸モータの電流値を測定している。

アナログユニットは、放射温度計 (HORIBA 製、IT-480) から出力される 4~20mA の電流を取り込んでいる。

最終的に csv ファイルには、19 種類のデータを 0.1 秒間隔で保存することになった。

2. 3 データ取得の動作確認

実際のフライス加工において、データ取得が可能であることを確認した。

図 5 のように直径 10mm のスクエアエンドミルで SS400 の被削材の 150mm の長さを側面切削し、切削速度 (V)、送り量 (f)、径方向切込 (ae)、軸方向切込 (ap) の 4 条件の組み合わせを変えることにした。

まず、図 6 のようにフライス盤の主軸モータの電流値が安定するまで、回転開始から 2 分程度必要であることが分かった。また、径方向切込 (ae) の違いにより、加工中の主軸モータの電流値に差があることを確認した。

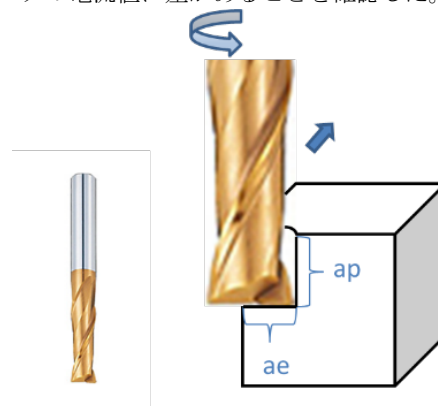


図 5 エンドミルと加工部分の拡大

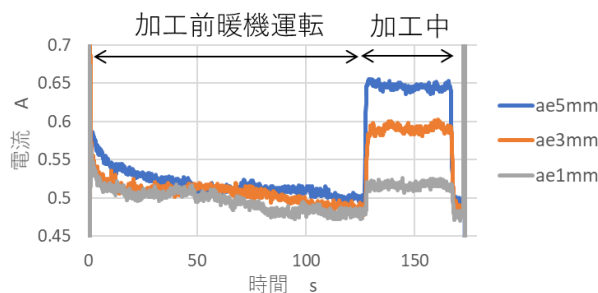


図 6 主軸モータ電流値

3. 異常検知ができるパラメータの検証

直径 10mm のスクエアエンドミルで S50C の被削材の側面切削について、表 2 に示す条件で加工を行った。

表 2 実験条件

切削速度 (V)	50~100 m/min
送り量 (f)	0.05、0.1、0.15 mm/t
径方向切込 (ae)	0.5、1、3、5 mm
軸方向切込 (ap)	1、5 mm

V : 100 m/min、f : 0.05 mm/t、ae : 5 mm、ap : 5 mm の時に、図 7 の赤丸部分のように主軸電流値の変化を記録し、

また、その時の工具の状態をマイクロスコープで観察すると図 8 のように黄金色のコーティング部分が剥がれて破損していることが確認できた。なお、それ以外の加工条件においては、主軸モータの電流値の急激な変動はなく、また、工具の破損も見られなかった。

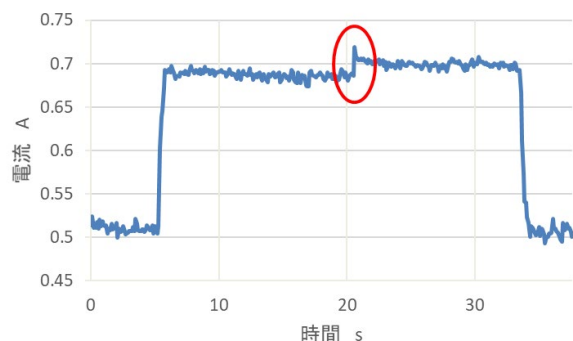
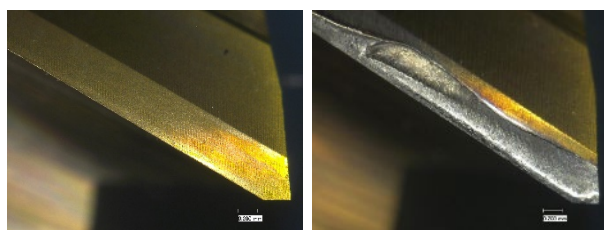


図 7 破損時の主軸電流波形



(a) 新品工具 (b) 破損工具

図 8 新品の工具と破損した工具の写真

また、図9のように加工時間経過および径方向切込(ae)に応じて、工具温度が増加することを確認できた。しかし、温度からは破損時における変化を捉えることはできなかった。

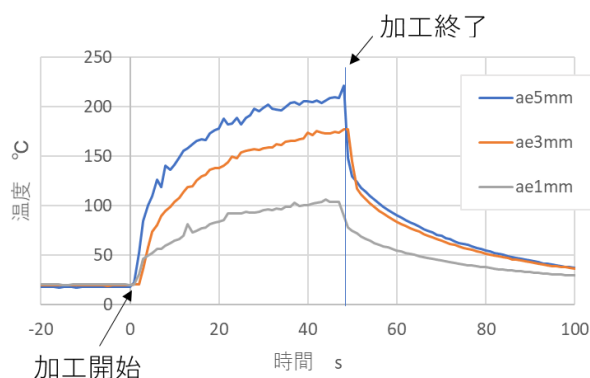


図 9 工具温度変化の一例

4. まとめ

本研究では、NC フライス加工機の異常検知システムを安価に開発するという目的において、次のような成果が得られた。

- 1) PLC の Web サーバユニットを用いることは、データ取得のシステムを自作でカスタマイズする場合において、有効な手段であることを確認できた。

- 2) 異常検知について、主軸モータの電流が急激に変動した時に工具が破損することが確認出来た。

【参考文献】

1. CLPA : 「CC-Link 仕様書 (概要, プロトコル編)」, (一社) CC-Link 協会, BAP-05026-M (2011)

【外部発表】

口頭発表 1 件