

NCフライス盤のレトロフィット

新堀邦夫 石川正雄 高塚徹 ○中坪俊一 藤田和之 中鉢健太

1. はじめに

レトロフィットとは、古いNC (Numerical control : 数値制御) 工作機械に現在のNC工作機械と同じ最新の制御器及びサーボモーター等の周辺機器を組みこむことにより、最新の機械と同等の能力を持つNC工作機械へと改造することをいう。あまり聴きなれない言葉かもしれないが、工作機械業界ではここ数年標準化されつつある。本研究所の技術部において、このレトロフィットを自分たちの手でおこなった内容を報告する。

2. NCフライス盤導入の経緯

大量生産・大量消費の時代に突入し、民間企業では30年以上前からいち早く工作機械のNC化ならびにNC機の導入が進んだ。大学においても学生教育という面で工学系を中心に導入が進められた。また実験装置開発という面でも、工作センターを保有する大学および研究機関や工学系の附置研究所などにおいても導入された。しかし多くの大学の小規模な工作室においては数千万円もするNC工作機械を購入できるような状況にはなく、今現在も汎用型工作機械で実験装置開発に携わっている方も多い。我々も后者であり、10数年ぐらい前より複雑・高精度な実験装置開発の要求に対して現有の工作機械では時間的に答えられなくなった。さらに、治具の製作など様々な工程を踏まないと製作できない物も多くなった。そのためNC機を必要としていたが、なかなか導入されない状況にあった。その折、工学部精密機械工学科（現情報科学研究科 システム情報学専攻 システム創成学講座）での教官の異動やカリキュラム変更、そして講座付き技術職員の定年のため不要になったNCフライス盤を譲り受けた。

3. NCフライス盤のレトロフィットへ向けて

移管に先立ち、実際に使用状況等を退職予定の技術職員の方から話を聞き、長く使用できるかどうかの検討をした。その結果、①工作機械本体の問題はなく現在も稼働中であるが、制御系の方は25年も経過しており更新が必要である、②本体の整備と制御器の更新をすればさらに20年以上使用可能である、という結論に達した。

一番の問題となったのが、制御系の更新である。多くの工作機械メーカーは自社の制御器を組み込んではおらず、FANUCという工作機械の制御器において世界一のシェアを誇るメーカーの製品をアッセンブリーで購入し自社の工作機械へ組み込んでいる。そこで我々は制御系の部品を購入し、組み込めばレトロフィットになるのではないかと考えた。その後、FANUCの情報を数社から入手し、部品が供給されるか？自分たちでレトロフィットができるか？などを検討したが、すべて答えは『NO』であった。これはある意味当然のことで、動作保障の問題や工作機械本体との整合性の問題などを乗り越えなければならぬからである。しかし、我々はこれらの問題の対処方法をあまり検討せずFANUCと交渉を始めた。

実際に FANUC との交渉を始めると、意外にも障害となりそうなことが FANUC の担当者の協力と我々の決断によりスムーズに解決された。これは以下のような偶然と必然が組み合わさったからである。

1. 工作機械本体に関する整備は、こちらが責任をもって整備をする。
(担当：中坪、中鉢)
2. 制御系のサーボモーターと工作機械本体との結合をこちらが担当する。
(担当：新堀、中坪、藤田、中鉢)
3. 制御器と本体のコネクター接続（結線）をすべてこちらが担当する。
(担当：石川、高塚)
4. 工作機械の取り扱い説明書や図面、制御器の結線図等正確な資料が残っていた。
5. FANUC の制御器にシーケンス制御を簡略化できる機能の機種が存在した。
6. FANUC と NC フライス盤の移管先である旧精密機械工学科が共同研究をしていた。
7. FANUC の担当者が、北大工学部の出身であった。

図 1 は、今回レトロフィットした牧野フライス製作所社製 NC フライス盤（型式 KSNCC-70）である。図 2 はレトロフィット前の同機である。



図 1 レトロフィットした後の NC フライス盤



図 2 レトロフィットする前の NC フライス盤

4. レトロフィットの工程

工学部より移管・輸送後のレトロフィット工程として、まず本体の整備と FANUC より資料提供を受けたコネクター接続の結線をおこなった。コネクター接続の結線に関しては、石川・高塚が約 200 本におよぶ半田付けと結線作業をおこなった。サーボモーターが納入されその動作が確認できるまでは整備ができない部分があり、稼動部以外の分解整備をおこなった。この整備中に工作機械の重要な部分であるセーフティボルト（図 3）の破損に気付いた。



図3 セーフティボルト（左）とその取り付け位置（右）

このセーフティボルトはY軸の稼動部いわゆるヘッドを固定している重要な部分であり、めったに壊れるものではない。主軸とよばれる回転軸が、何らかのプログラムミスにより工作物を許容トルク以上の能力で無理に削ろうとしたなど、人為的なミスでZ軸に対して負荷が掛かる。そのためセーフティボルトが折れZ軸に対して、それ以上の負荷が掛からないようにリミットスイッチが働いたと考えられる。この折れたセーフティボルトの材質を調べ、採寸をおこない新しく製作し取り付けた。一般にこのような破損が起きた場合に、主軸が振れるなどの現象が起こる。長年の使用によるベアリングの磨耗等の影響もあるが、今回は損傷が少なく主軸は $4\mu\text{m} \pm 2\mu\text{m}$ 程度の振れしかなかった。当面、我々が使用目的とする範囲では問題がないが、今後の整備の課題のひとつとなった。

サーボモーターの納入後、モーターと本体をつなぐアタッチメントを製作した。FANUCから提示された以下の①と②の条件に従い製作した。①モーターと本体のギヤの噛み合わせは、元々付いていたDCサーボモーターと同じギヤ比で製作をする。②ギヤの遊び、いわゆるバックラッシュに関しては制御系で補正できるため、本体側には必要ない。これらの加工には、X軸、Y軸、Z軸およびサーキュラーテーブルの4箇所へ施され、はめ合い精度は $2/100\text{mm}$ 以内とした。製作したアタッチメントを図4に、製作したアタッチメントとモーターを取り付けた状態を図5に示した。



図4 アタッチメント



図5 モーターを取り付けた状態

5. 動作確認と諸問題

我々が担当した部分がすべて終わり、FANUCの担当者に制御系の設定をしてもらった。その後、我々で動作確認をおこなった（図 6）。制御器の設定に関しては、FANUCの一万数千通りのパラメーター設定のうち、今回の制御に必要とされる約 400 程度の設定を FANUC 担当者と確認しながらおこなった。トライアンドエラーを繰り返しながら、本体の X 軸、Y 軸、Z 軸方向の動作が確認された。心配された本体バックラッシュは X 軸 19 μ m、Y 軸 14 μ m、Z 軸 2 μ mであったため、制御器の機能を利用して補正をおこなった。



図 6 動作確認風景

長期使用による消耗のためギヤ鳴りがあるが、想像以上の動きにメンバー一同感動した。その後、機械の精度的な問題や制御器の具合などを、実際に加工をしながら検証した。加工精度に関しては、我々が想像していた範囲内（10mm以内）であり、加工にはまったく問題ない。先に述べたギヤ鳴りに関しては、故障の問題を懸念し整備に取り掛かった。一番初めに取り掛かった場所は、高周波の金属音が出ていた電磁ブレーキ* である。実際に中身を取り外して整備をおこなったのが図 7-9 である。クラッチ板の磨耗もしくはネジのゆるみなどによる「びれ」が原因と予想されていた。しかし分解した結果、緩みとは逆に何らかの原因で締め付けられる力がかかり擦れていた。そのため、カーボン等をすべて取り除きクラッチ板の隙間を規定値の範囲内にした結果、クラッチからの音はなくなり正常に動作が確認された。モーターへの負担を考えると、その他のギヤ鳴りは使用には問題ないと FANUC の確認を得ているが、現在も使いながら整備をしている。



図 7 整備前



図 8 整備中



図 9 部品

6. おわりに

今回の NC 旋盤の整備ならびに移管に関して、当時の本堂所長・若土所長ならびに将来計画委員の皆様のご理解とご協力のもと、できましたことを深くお礼申し上げます。また、移管に関してご助言していただいた元工学部技術職員の金子一郎氏、レトロフィットに関して本業以外の部分までご協力していただいた FANUC 株式会社北海道支社の角政廣氏には心よりお礼申し上げます。

* 今回導入したサーボモーターには、レトロフィット前まで使用してきた DC サーボモーターと電磁ブレーキの組み合わせに匹敵する Z 軸制御機能ならびにトルク保持力があるが、止まったり動いたりなどを繰り返す連続使用でのサーボモーターの負担を減らすため、電磁ブレーキを継続して使用した。