NC 複合工作機械の生産性向上に関する研究

Study on productivity improvement of NC combined machine tools

森本 喜隆
Morimoto Yoshitaka Kanazawa Institute of Technology

山本 宏幸
Yamamoto Hiroyuki Kanazawa Institute of Technology

山本 正
Yamamoto Tadashi
Precision Industry co., Ltd.

中村留精密工業株式会社
Nakamura-tome
Precision Industry co., Ltd.

荒井 智則
Arai Tomonori
Precision Industry co., Ltd.

中村留精密工業株式会社
Nakamura-tome
Precision Industry co., Ltd.

Multitasking machine has been widely grown popular because of machining ability for complex workpieces. However, it is difficult to create NC programs for these automatically. We develop to the method for creating the NC codes automatically even for the unskilled (non-expert) worker. After grouping by dividing processes of workpiece into the individual feature by using 3D-CAD system, the priority in the process is sought according to the proposed method. The divided individual process leads to make an NC program easily because of its simple feature. This report is focus on the process design, and creating the NC machining program in combination with certain fundamentals by combining the individual NC program that is vested previously for the divided feature.

Keyword: Productivity, Multitasking machine, Process Design, NC Program

1. 緒言

NC 旋盤ベースの複合加工機の生産性向上は、以下の項目により達成されてきた。

- 1) 機械としての動作性、高速応答性を追求し、一つの工程に要する加工時間の短縮を積み重ねて総加工時間の短縮。
- 2) 複合加工機の本領ともいえる複合加工機のための工程設計、NC プログラムの効率化による総加工時間の短縮。
- 3) 加工条件等の向上による超高速加工の実現による工作時間の低減。

これらの進展が今後も続くかどうかは、議論の分かれるところではあるが、特に、2)の工程設計、NC プログラムの効率化は、結局は熟練プログラマの出現をみるようになり、自動化を進めてきたにも拘わらず、現状では人間依存の“むずかしい工作機械”、“特定の人に頼る工作機械”と評される場面もある。そこで本研究では、複合加工機の工程設計について熟練プログラマがどのような思想のもとに工程設計を行い、NC プログラムを作成しているか調査を行い、この分析結果から NC プログラム作成のためのノウハウの中でも、工程決定基準における優先順位の明確化、同時加工の可能性の判断を明確にし、これらの情報を工程設計に反映する際の手法について検討する。ここでは、複合工作機械の工程設計を行うために、GT 手法（グループテクノロジー）により加工工程の優先順位を決定し、これに基づき NC プログラムを作成する方法について報告する。

2. 工程設計の概念

本研究では、設定したサンプルワークに対して、

- 1) 熟練プログラマが作成した NC プログラムについて、NC シミュレータを用いて解析し、加工工程の並び替え、工具の干渉回避に関する手法を分析する。
- 2) NC プログラムを作成する際には、3D-CAD を用いてサンプルワークをフィーチャ（加工形体）に分割し、それぞれの工程ごとに CAM を用いて NC プログラムを作成する。
- 3) このとき、スケジューリング手法、切削抵抗予測とワーク剛性から変形量の簡易予測、加工面性状を考慮した送り量に基づく加工時間の制限、さらに切削抵抗予測に基

づくエネルギー消費量をパラメータとして、これらの評価関数を構築し、評価関数を最小とするような工程となる NC プログラムを作成し、熟練プログラマ、一般プログラマの作成した NC プログラムとを比較し、複合加工機の有効活用技術の開発を行う。

これを実践するため、最初に 1)の加工優先順位を明示的に求める手法を開発する。ここでは、NC シミュレーションソフトウェアの加工時間表示機能から、サンプルの加工データを例に挙げ、熟練プログラマの NC プログラムと提案する手法に基づき作成した NC プログラムとを比較し工程設計手法の妥当性を検証する。

2-1 加工工程比較に用いる工作物

サンプル工作物として図 1 に示す $\phi 42.0\text{mm}$ の棒材から削出す工作物を対象とする。この工作物について熟練プログラマの NC プログラムと、一般プログラマが作成した NC プログラムとの比較を行うことで生産性の比較を行う。比較の方法はそれぞれのデータを工程ごとに分割し、各工程のマトリクス表に表すことで比較検証を行う。

2-2 工程順序の決定法

マトリクス表は数を縦横に記した行列を指し、この行列を用いて表の配列から問題の所在、問題の形態や問題解決のための着想を探ることで工程を求めるものである。本研究で利用したマトリクス表には図 2 に示すように縦軸に分割した工

Fig.1 Sample workpiece used for designed process

		1R	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1RF	外 外径右																				
2RF	外 外径左																				
3F	外 口面																				
4F	外 口面																				
5F	外 Z軸方向溝																				
6F	外 Z軸方向溝すり割り																				
7F	外 溝入れ																				
8F	外 センタ穴(34)																				
9F	外 穴(34)																				

Fig.2 Sorted matrix table by priority of process

工程番号	工程	スピンドル	工程			
7	外	右	穴あけ	1	1	
9	外	左	エンドミル	10	10	10
10	外	左	穴あけ	10	10	10
11	外	左	穴あけ	10	10	10
12	外	左	エンドミル	10	10	10

Fig.3 Entry example of a matrix table

程とそれらに割り振った番号、横軸に縦軸で割り振った数字が書いてあり、表の内部には工程ごとに他の工程に優先するかが記入されている。図2に示す記入例では、7番の溝入れを行うには溝入れより先に1番の外形削りを行わなければ加工不可能であることからマトリクス表の縦軸の7番と横軸の1番の所に円で囲ったように1の記入を行う。これを繰り返し、1を記入した合計が最も少ない工程から加工順序を決定する。

3. マトリクス表の改善

3-1 工程順序の並び替え

ここではマトリクス表の改善も行っている。2-2 で作成したマトリクス表では工程の順番が決められた工程ではなくデータから分割された順になっており、順序が分かりにくくなっている。そこでマトリクス表に記入された工程の順番を、実際に加工を行う順番にするためのプログラムの作成を行った。具体的にはエクセルのマクロを使用し、先に記入した数値の合計が小さい順に並べ替えることで工程を実際の加工工程順に並び替えを行っている。

3-2 工程順序の追加

次に工程の変更に伴う NC プログラムの修正に必要な新しい工程の追加、修正用の工程順序変更プログラムを工程マトリクス内で動作するように作成している。これにより新たに工程が必要となった場合には工程を示すマトリクス内で、開発したプログラムにより容易に工程の順序の追加が可能となった。

3-3 加工条件に応じたグループ分け

NC 複合作業機械では、タレットの変更などグループ分けが必要な場合がある。そこで図3の円で囲った箇所ですすように3-1でマトリクス表の内部に記入した1を一桁大きくした値である10を記入することでこのグループ分けを行う。これにより3-1の作業を行う際にそのグループと他のグループの混同が発生しなくなる。なお一つのグループの工程が10以上ある際には、混乱を避けるためには、ここで示す数値ではなく文字記号として記入して問題発生を回避することもできる。

Fig.4 Changes of process sequence
(a) by professional worker (b) proposed processes

アッパータレット			アンダータレット		
工程番号	スピンドル	工程	スピンドル	工程	
1	左	穴あけ			
2			左	外形加工	
3	右	外形加工			
20	右	ポケット加工	右	ポケット加工	

Fig.5 Sorted matrix table by individual turret

4. 工作物の準備方法による工程の比較

棒材をスピンドルに装着し工作物を加工後に切断する加工工程(a)と、あらかじめ所定の長さに工作物を準備した後に加工する加工工程(b)を準備し、これら二つの加工時間をシミュレーションソフトウェアの加工時間表示機能を使用して比較する。この結果、加工工程(b)の方が加工時間は短くなった。この理由として加工工程(a)では連続加工による生産性を優先して図4(a)に示すように1番の右端面の加工後、工作物の持ち換えを行い、2番の左端面の加工を行い、再度持ち換えを行っている。これに対して、加工工程(b)は、図4(b)に示すように2番の左面の外形加工を後回しにし、持ち替えの回数を減らしたために加工時間の短縮が得られている。このようにマトリクス表を使用して加工工程を整理し、工程設計を行うことは、作業者にとって理解しやすいという利点がある。これらの加工工程を自動的に導出することが今後の課題となる。

5. 複合作業機械に適応した工程設計手法

これまで、工程設計を行う際に、加工工程を順序立てて決定する手法について検討してきたが、この方法では、複数の工具が同時に加工を行うような複雑な加工工程の分離には対応できない。そこで新たな工程設計方法として、複合作業機械に対応可能な方法を示す。図5ではこれまでのマトリクス表を改善し、複数タレットの同時加工を考慮したものを示す。同時加工を行う場合には円で示した工程番号20のように加工工程の番号を揃えて記入することで、同時加工に対応した工程設計にも対応が可能となっている。これにより、生産効率を考慮した NC プログラムの作成が可能となる。

6. 結言

- 1) マトリクス表を用いることにより、加工工程を整理し、加工順序の決定を容易に行うことができる。
- 2) 複合作業機械の使用を前提としたマトリクス表により同時加工を考慮した工程設計が可能となる。
- 3) これらの手法を用いることで工程設計を効率的に行うことが可能となった。

参考文献

- (1) 戸根木光次:GT 手法応用マニュアル, 新技術センター, (1989)