

NC工作機械の運動精度向上への取り組み

神戸大学大学院工学研究科 助教

佐藤 隆太

数値制御(NC)工作機械の運動精度は製品の品質を左右する大きな要因であり、運動精度向上のための取り組みが継続的になされている。特に近年では空間上の3次元的な運動誤差や5軸制御マシニングセンター(MC)の回転軸に存在する幾何偏差の補正が、測定技術と制御技術の進歩によって可能になりつつあり、特に5軸制御MCや複合加工機といった、より複雑な工作機械の運動精度向上が進んでいる。ここではNC工作機械に存在する運動誤差要因とその補正方法を整理するとともに、今後のさらなる運動精度向上のために必要な技術課題について考える。

NC工作機械の運動精度

バラレルメカニズム加工工作機械を除く一般的なNC工作機械では、それぞれが1自由度の運動を受け持つ複数の送り軸を積み上げることで、工具、工作物の多自由度運動を実現している。すなわち各送り軸の持つ運動誤差の合計が工具、工作物の相対運動における運動誤差として表れることを意味している。

それぞれの直進軸や回転軸は、図1に示すように位置誤差と姿勢誤差とを有する。例えば直進軸の位置誤差を考えると、送り方向の位置誤差と送り方向に直角な方向の位置誤差とがあり、送り方向の位置誤差は位置決め誤差に相当し、他の二つは真直度誤差に相当する。さらにヒッチ、ロー

ル、ヨーといった姿勢誤差も加わり、各軸に6自由度の誤差が存在する。なおサーボ系の追従遅れなどによる誤差は送り方向の位置誤差となる。回転軸についても、回転軸回転中心線の位置と姿勢誤差を有する。しかし、回転軸を有する

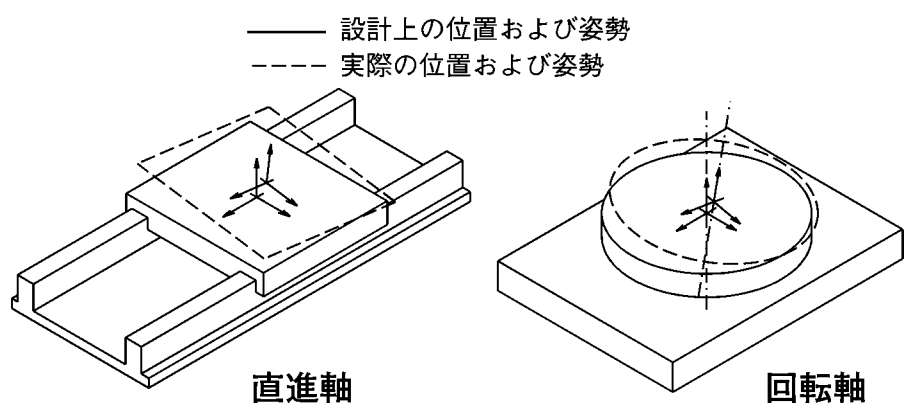


図1 各軸の位置および姿勢誤差

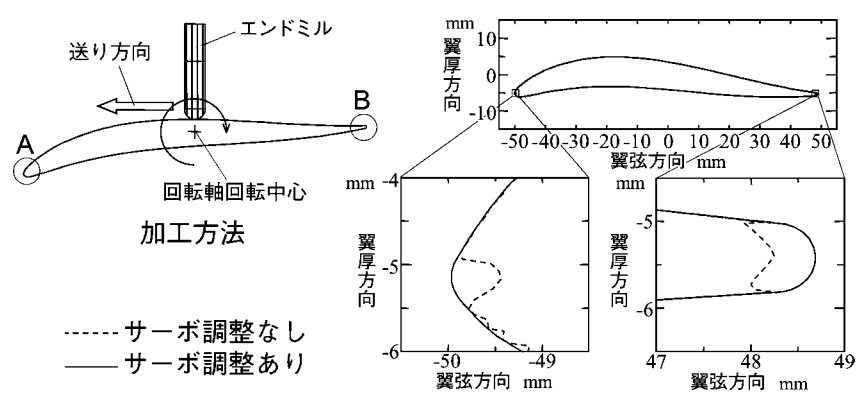


図3 翼端部で生じる形状誤差とサーボ調整の効果

NC工作機械の運動精度向上は今後も機械そのものの高精度化とNC装置による補正機能の高度化とが両輪となって進むと予想され、NC装置による補正をより効果的に活用することを機械設計の段階でも考慮する必要がある。さらにNC工

今後の展望と技術課題

作機械が持つ機能のみでは解決不可能な問題も生じ、より上流のCAM/CAEにおける工具経路生成の段階から工作機械の軸構成や運動特性を考慮することが、今後のさらなる運動精度向上のために検討すべき技術課題であろう。

各軸を駆動するサーボ系の調整による高精度化

例えばタービンブレードやインペラ(回転翼)のような複雑な形状を回転軸と直進軸の同時制御により加工する場合、各軸の速度が追従遅れが生じ、形状精度に大きな影響を及ぼす。タービンブレードを加工する場合の事例を図3に示す。図3のAとBのような翼端部では曲率が急激に変化し、結果として回転軸の回転速度も急激に変化する

ため、サーボ調整を適切に行うことで、5軸全ての運動による影響が結果に表れる。図2には、幾何偏差による影響の補正を行わない場合には幾何偏差の影響により円弧全体が偏心し、さらに直径も小さくなってしまっている。一方、幾何偏差による影響を補正した場合に

は、実際の加工試験と同様の運動をボールバを用いて測定すること。この幾何偏差の測定と評価については数多くの研究開発がなされてきた。その結果、基準球とタッチセンサ、ボールバー法、基準球と変位計などを用いたさまざまな測定方法が開発され、それに対応してNC装置側でもその補正が可能になりつつある。

回転軸に存在する幾何偏差の補正による高精度化

回転軸回転中心線の位置誤差や姿勢誤差を総称して「幾何偏差」と呼ぶことが可能であり、図2の形状精度の測定結果はボールバ法によるものである。図2には、幾何偏差による影響を補正しなかった場合と補正した場合の両方の結果を表示している。図2によると、幾何偏差による影響の補正を行わない場合には幾何偏差の影響により円弧全体が偏心し、さらに直径も小さくなってしまっている。一方、幾何偏差による影響を補正した場合に

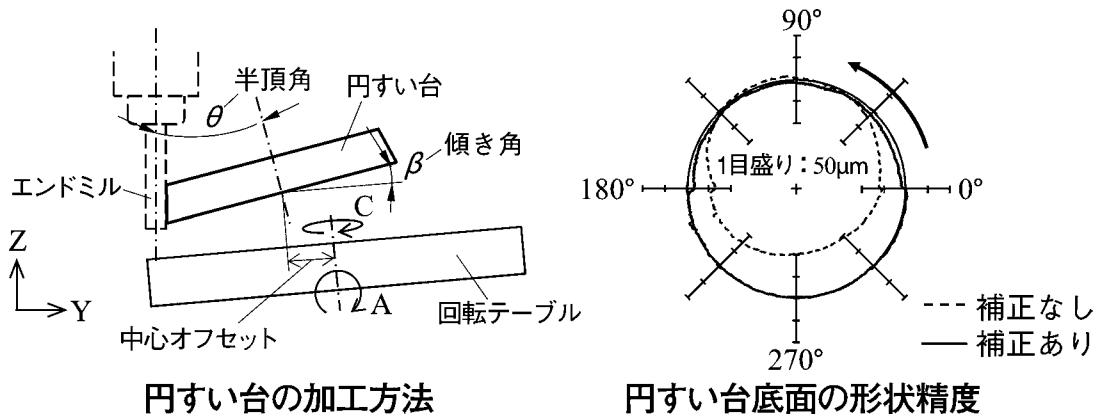


図2 円すい台加工における幾何偏差補正の効果

はそれらの問題が改善されている。幾何偏差による影響の補正は、幾何偏差が存在した場合に生じる工具先端位置のずれを直進軸3軸の補正量として与えることで可能である。ただし、ボールエンドミルによる加工では工具先端位置のみを補正するだけでは問題はないが、例えばドリルによる穴あけ加工やスクエアエンドミルの外周刃による面加工では工具先端位置に加えて工具姿勢も問題となるため、工具先端位置のみの補正では十分である。通常の5軸制御MCでは二つの回転軸を使って工具姿勢を制御しているため、本質的に補正不可能な姿勢誤差が存在することが予測され、さらなる高精度化のためにはこの問題を技術的に解決する必要がある。

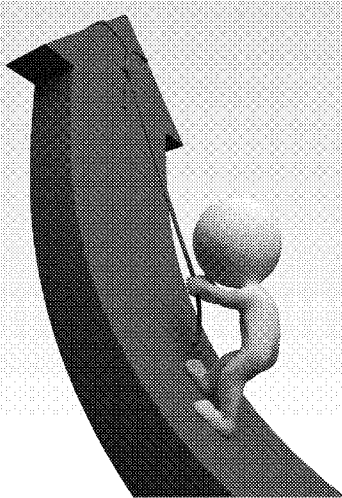
LOKUMA

「オークマの知能化技術」動画をご覧いただけます。

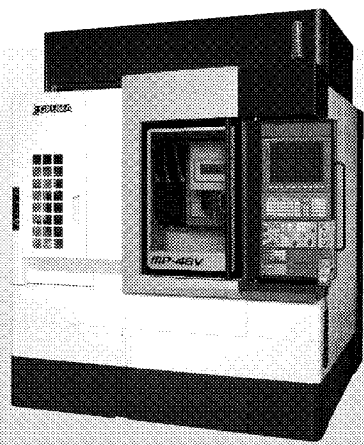


ミクロン単位の精度と高生産性を両立させるサーモフレンドリーコンセプト

サーモフレンドリーコンセプトは、機械を素直に変形させ、熱変位を予測可能な状態とする“機械設計”と、なくすことの出来ない熱変位を正確に制御する“制御技術”の融合です。今日もまた、さらなる進化を続けています。



知能化技術で もっと高精度に、もっと使いやすく



- 1998年 新開発のLB300は箱形ベッド上に主軸台・刃物台の主要ユニットを最適配置したボックススラントベッド構造を採用し、抜群の寸法安定性と高い剛性を実現
- 2001年 サーモフレンドリーコンセプト搭載の立形マシニングセンタMB-V発表。加工物の経時加工寸法変化10μm以下を実現
- 2002年 日本機械学会賞(技術)受賞
- 2005年 ものづくり日本大賞 優秀賞受賞
- 2008年 大型機用の機能を追加した門形マシニングセンタに適用
- 2011年 進化したサーモフレンドリーコンセプト搭載の立形マシニングセンタMP-46V発表。加工物の経時加工寸法変化テーブル全域で5μm(実績)を実現

オークマ株式会社

〒480-0193 愛知県丹羽郡大口町下小口5-25-1 TEL 0587-95-7823 FAX 0587-95-4091 営業部
●支店/北関東 048-720-1411 東京 046-229-1025 名古屋 0587-95-0911 大阪 06-6339-9081
●営業所/山形 仙台 郡山 日立 新潟 太田 東京 三島 浜松 安城 長野 金沢 京滋 明石 岡山 広島 高松 九州

サーモフレンドリーコンセプト 検索
www.okuma.co.jp/

JTEKT

株式会社ジェイテクト
JTEKT CORPORATION

JTEKT

Koyo TOYODA

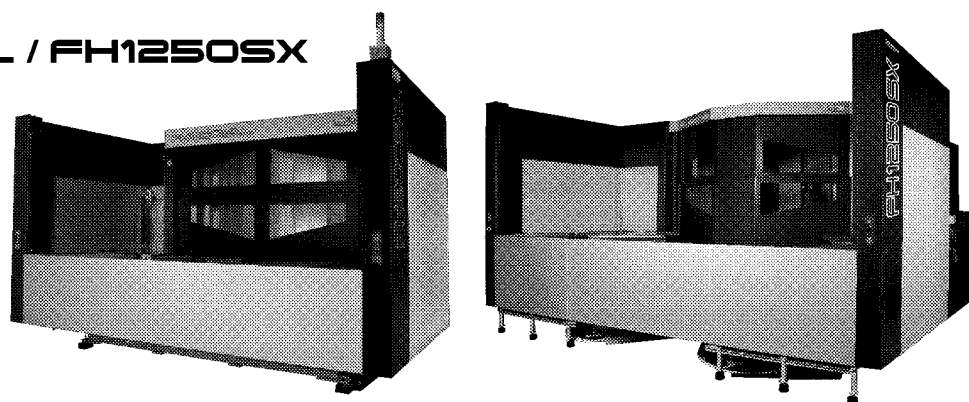
ジェイテクトはものづくりで日本の力になりたい

エネルギー関連、航空宇宙産業、建設機械、輸送機械

あらゆる産業の大型部品加工をトップレベルで実現

「大きい」「速い」「強い」、3つの分野で同クラストップレベルを達成。さらに、工作物への接近性と視認性を大幅に向上させ、安心・安全な機械づくりを目指しています。

TOYODA 機形マシニングセンタ FH800SXL / FH1250SX



◆資料請求はこちら 工作機械・メカトロ事業本部 〒448-8652 愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 TEL 0566-25-5430 FAX 0566-25-5467

www.jtekt.co.jp