

フラットパネルディスプレイ (FPD) やエヒキタス機器に代表される家電・工業品の小型・精密化・多機能・高性能化、さらには低価格化が急速に進捗する中、それを製造する加工機械の役割はますます重要となっており、超精密加工を支える要素技術の一つとして精密位置決め技術が挙げられるが、その精度は加工機の運動精度のみならず、機械を自在に操る位置決め制御技術による高速度高精度にも大きく依存する。競争力があり高付加価値差別化が可能、かつ製造コストの削減や製品の低価格化も実現可能な超精密加工機械には設計・調整の工数が少なく、機械設置環境に適合可能な「次世代の位置決め制御技術」の導入が有望だ。

超精密加工機における位置決め技術

高い運動精度要求

周辺要素技術との組み合わせで満たす

●超精密加工機に求められる位置決め機構の動向と課題
「超精密位置決め」とは産業界や学界などの程度の精度と認識されているところか。超精密位置決めにおけるアンケート調査(精密工学会誌の08年10月号)によれば、大多数は「精密」を1等級前後、「超精密」を1等級程度ととらえ、将来の到達限界を0.1μm以下と考えているところである。それらの理由や限界要因としては、センサや測定器の精度限界、機械設置環境変動や外乱への対策限界のほか、ストロークと精度の比、再現性や安定性などの運動条件要因も併せて挙げている。

さまざまな機械や製品に対して、多様に変化に富む位置決め仕様が要求されている点にも言及している。例えば高速度回転などの複合動作条件の複雑な位置決め、1μmを超すストロークの動作、100%程度の重量移動部の位置決め、1μmを超す加速速度や毎分10回転の送り速度など、従来機械に対する位置決めや加工スループット向上を目指す要素が多い。これらの仕様に対し、回転モーターから直線モーターへの移行、1μmの高分解能リニアエンコーダーの普及や性能向上など、機械構造のみならず、

名古屋工業大学大学院
工学部材料科学科 准教授
教授 岩崎 誠

強い位置決め制御系の構築

●超精密加工を実現する位置決め制御技術
与えられた機械システム(制御対象)が持つ運動精度を要求値引き出すために、次世代の位置決め制御系が構築すべき点は何であるか。それは前述の課題を大まかに集約して「高速度・高精度かつ外乱に機械変動に強い位置決め制御系を構築することであり、制御工学の観点からは「フィードバック制御」がインテリジェントな大きき選んで応答域を

拡大することが本質である。

しかし、機械振動や制御系のむだ時間などの阻害要因がシステムの不安定化や精度劣化を引き起こすため、応答域拡大の実現は一般に容易でない。それを可能とするアプローチの一つに、制御対象の特性を積極的に利用したフィードフォワード制御を付加する「自由度制御系」の導入が挙げられる。

図は筆者らがさまざまなマイクロニクス機器の位置決め制御系に適用してきた「自由度制御系」の構成で、各コンポーネントの役割・効果を併記したものである。自由度制御は、センサ情報を使ったフィードバック制御によりシステムの安定化(不安定にならない)ロバスト化(外乱や機械振動に頑強を図り、フィードフォワード制御によって高速度高精度を確保する)ものである。その結果、機械振動の抑制、外乱の抑圧、機構や環境

SUCINO

Xion-III-5AX

エンジンオン

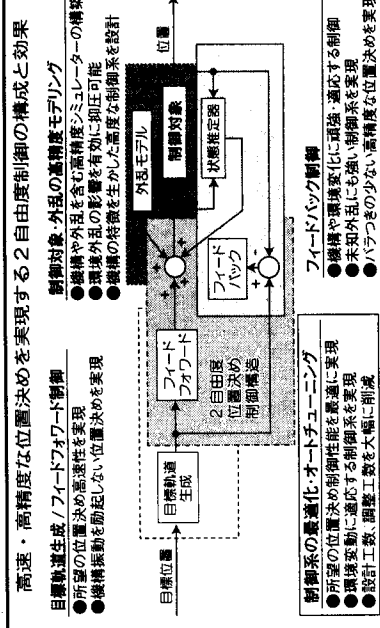
超小型・5軸制御精密形状加工マシン

騒音劣化の発生、周囲温度変動、経年劣化、製品の個体差のばらつき、設置床面など、周囲環境からの外乱に対して、頑強な応答可能なフィードバック制御を制御工学に即ち設計可能である。一方、所望の目標位置に対する目標軌道生成やフィードフォワード制御は、精密モータを積極的に活用することで所望の高速度高精度を保証し、かつ機械振動を励起しない高精度な位置決めを実現する。筆者らの最近の研究では駆動アクチュエータの制約(トルクや推力の達成度、摩擦などの外乱の影響、駆動音などを最小限のレベルに抑える)ロバストな目標軌道生成を関係し、制御品への搭載を検討している。さらに、この軌道生成法は「所望の位置決め性能を達成するために、最適な機械構造はどうあるべきか」を提示する発露性も秘めている。

競争力向上 高付加価値生む

●超精密位置決め技術の意義

わが国の精密加工機械は精度生産性信頼性ともに現在世界トップレベルにあるとは言い難くないが、一方で後発の新興メーカーの競争力アップも目覚ましい。今後、も現状の地位を維持するためにも、高付加価値の低価格製品を開発し、競争力向上が求められる。位置決め制御技術に対するソリューションとして、制御系の最適化やオートマテュエーション技術が実用性の観点からも有望である。筆者らは以前より運動理論や導行的アルゴリズムなどを適用したオートマテュエーション技術を開発し、前述の精密加工機械の制御パラメータの調整など加工場出荷時や機械設置現場で自動的に正しい設計工数と調整工数を大幅に削減を実現してきた。これらの技術は省力化や製品・製造コスト減に大きく寄与するものである。



形に寄与する加工パラメータの最適化による安定加工を実現している。図はワイヤ放電加工による硬化クマ(Si₃N₄)セラミックスの加工精度を保持した例である。我が国が誇る超精密加工技術による高精度加工を実現できる電源開発が実用化のポイントとなっている。

放電加工は、もはや加工材料の制約がなくなっている。また、加工は表面に形成される熱影響層は発熱の熱によって表面改質技術なただ、高精度加工は高いレベルにあり、今は加工速度や電極製作においてさらなるアップグレードが望まれる。超精密加工による走査放電加工では、加工効率や低価格化の傾向があり、この点が解決されれば定量的な発展を遂げるであろう。