MC・NC工作機械

高度な技術開発を続ける

空間誤差補正に関わる新しいISO規格

ISOのTC39／SC2分科委員会は、原則的に年に2回世界各地で会合を開き、工作機械の受け渡し検査に関する国際規格を議論している。空間精度という考え方が普及してきたのに合わせて、関連した新しい規格が幾つか提案されており、日本の貢献も少なくない。

まず、空間誤差の補正に関する標準報告書（ISO／TR16907）が、ドイツ、イタリアから提案されている。内容は、補正の原理や、補正データを作るために必要な情報など、補正を理解し、実行するための基本的な知識を示したもので、例えば空間誤差の測定法を規定したり、補正法をひとつに規定することを意図するものではない。ただし、具体的な内容はこれから議論されていく段階であり、日本のメーカーも注意を払う必要があるだろう。

工作機械の運動精度検査の基本規格のひとつであるISO230―1規格は、昨年改定され、空間精度という語が初めて定義されたとともに、工作機械の幾何誤差パラメーターや、幾何学モデルの基礎など、空間誤差の補正の基礎に関わる解説が、附属書として加えられた。また、レーザートラッカーなど、空間誤差の新しい測定法の記述も加えられた（図4参照）。

空間誤差を補正するためには、まずはそれを測定しなくてはならない。特に5軸加工機の旋回軸は、運動精度の測定法の規定がこれまで少なかったが、数年前から幾つかの規格の改定作業が続けられている。MCの補間運動精度の規格（ISO10791―6）には、旋回軸の運動精度を評価するためのボールバー試験が、附属書として加えられる。静的精度の検査規格（ISO10791―1）は、もともと主軸旋回形の5軸MCを対象として、回転中心軸の倒れなどを検査する方法を規定していたが、日本の工作機械メーカーが多く製造しているテーブル旋回形など、他の構造の5軸加工機を対象とした検査法が加えられる。また、附属の万能主軸頭に対する試験を別規格として独立させる方向で議論が進んでいる。MCの工作精度の検査規格（ISO10791―7）には、5軸加工の試験法が初めて加えられた。代表的なものは、1960年代に米国の航空宇宙規格（NAS979）に規定され、5軸加工機のメーカーで既に広く行われている円すい盤の加工試験である。今回、試験条件などを明確化し、ISO規格に提案された。全く新しい工作試験法として、旋回軸を割り出して穴加工を行うシンプルな加工試験や、S字の薄壁を同時5軸加工する試験も提案されているが、詳細はこれから議論される予定である。

以上3原案とも、国際規格原案（DIS）の段階まで進んでいるが、国際規格として正式発行されるまでにあと2年程度は必要と予想している。

図4　レーザートラッカー（ETALON社）

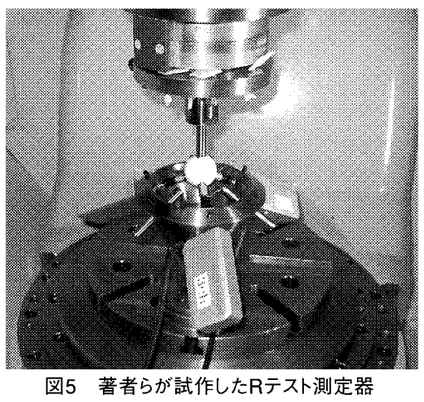

図5　著者らが試作したRテスト測定器

旋回軸の誤差マップの測定

空間誤差の補正機能を工作機械のメーカーまたはユーザが実際に活用した例は、筆者が知る限り、まだ決して多くない。その大きな原因は、機械の誤差マップを効率的に測定する方法が確立していないことである。新しい規格に採用された測定法のなかには、効率的・自動的な測定に適しているものも多い。旋回軸の誤差マップを、新しくISO規格に規定された測定法であるRテストで測定した例を紹介したい。

図5は、筆者らが試作したRテスト装置である。主軸に基準球を取り付け、三つの変位センサーを固定した治具をテーブルに設置する。変位センサーを球に当てる、回転テーブルを旋回するのと同期して、センサー台に対する球の変位が生じないように、直進軸で円弧補間運動を行う。実際には機械の運動誤差により、同期誤差が生じる。3つのセンサーの変位を組み合わせ、球の3次元変位を測定する。

図6は測定例である。回転テーブルを一回転したときの、球の軌跡を誤差を拡大して表示している。例えば、図6の測定軌跡が傾いているのは、回転軸の倒れを表している。回転軸の位置・姿勢の誤差を、図2に示した旋回軸の誤差マップの対応する格子点に入力していけば、補正用のマップが完成する。

Rテスト測定は、改定されたISO230―1規格に測定法が記述された。また、ISO10791―6規格の新しい試験法の多くで、使用可能な測定器の一つとして挙げられている。IBS Precision社（オランダ）などから商品化もされている。ただし、誤差マップの作成と補正に活用するためには、ソフトウエアの一層の充実が必要となるだろう。また、Rテスト測定は直進軸と旋回軸の同期運転を必要とするので、厳密には旋回軸だけでなく、直進軸の運動誤差の影響も含まれることには、十分な注意が必要である。

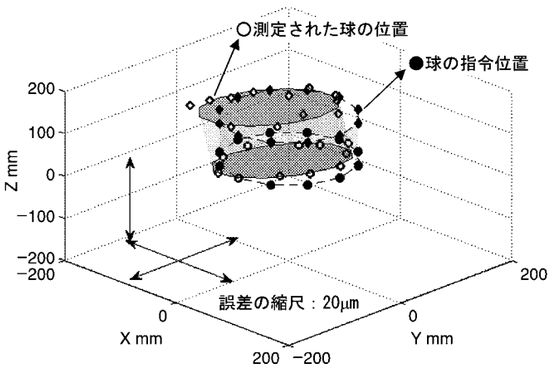

図6　Rテストの測定例。
回転テーブルを1回転したときの球の軌跡を、誤差を拡大して表示する

おわりに

工作機械では、機械的な調整（すり合わせ）によって精度を出す考え方が主流である。精度を高めるためには、計測と組み立て後の再調整を繰り返すしかないが、製造コストの観点との兼ね合いが問題となる。一方、3次元測定器の分野では、機械設計や、機械の据え付け・調整は、特に熱変形や経時変化の影響を抑えることに重点を置き、再現性の高い誤差は補正で低減する、という考え方はかなり以前から受け入れられている。今後は工作機械でも、一部のアプリケーションではソフトウエア的な空間誤差の補正が広がる可能性があると考えている。ただし、温度制御された環境で使われることが多い3次元測定器に対し、工作機械は環境の影響がより大きく、誤差の再現性を確保するのが困難な場合が多いことには十分な注意が必要である。

空間誤差の測定と補正を行うためのシステムが自動化され、普及すれば、工作機械メーカーだけでなく、一般のユーザーが使用環境に応じて定期的にキャリブレーションを実施し、常に工作機械の精度を最適に保つ、といった使い方も可能と思われる。そのためには、工作機械の幾何学モデルや、誤差パラメーターの意味など、ユーザーも最低限の知識を持つことが求められるだろう。