

A18 5軸制御マシニングセンタの運動精度試験方法標準化 —提案した ISO 規格原案—

Standardization of testing methods for kinematic motion of five-axis machining centers
— Draft proposal for ISO standard —

- 堤 正臣(農工大), 井原之敏(大工大), 斎藤明德(日大), 三島 望 (産総研),
炭木創一 (京大), 山本元芳 (日工会), 小林正彦(日工会), 米谷理史 (日工会)
Masaomi TSUTSUMI, Tokyo University of A&T, 2-24-16, Naka-cho, Koganei, Tokyo
Yukitoshi IHARA, Osaka Institute of Technology, 5-16-1, Omiya, Asahi-ku, Osaka
Akinori SAITO, Nihon University, Tamuramachi, Koriyama, Fukushima
Nozomu MISHIMA, AIST, 1-1-1 Umezono, Tsukuba, Ibaraki
Soichi IBARAKI, Kyoto University, Yoshida-honcho, Sakyo-ku, Kyoto
Motoyoshi YAMAMOTO, Masahiko KOBAYASHI, Tadafumi YONETANI, JMTBA.

We developed an ISO draft proposal for testing the kinematic accuracy of five-axis machining centers. The draft proposal consists of the existing document of ISO 10791-1 for three axis machines and three normative annexes for five axis machining centers. In the annexes, five testing objectives and their tolerances corresponding to structural configurations are proposed. The kinematic tests include two-axis motion, three-axis motion and five-axis motion. The object of the two axis motion is to check the synchronous accuracy of a linear axis and a rotary axis, and the object of the three-axis motion is to check the geometric accuracy of two-linear axes and one rotary axis. Two kinds of five-axis motions is also defined. One motion is to check the overall geometric accuracy and the other motion is to check the overall kinematic accuracy.

Key words: machining center, five axes, kinematic motion, testing method, ISO standard

1. 結 言

筆者らは、日本工作機械工業会に設置された研究会において標準化を目指して「5軸制御マシニングセンタ運動精度測定方法」の検討を進めてきた。これまで、5軸制御マシニングセンタに関する検査規格は、国際的にも十分に整備されておらず、特にテーブル旋回形に対応できる検査規格はまったくない状態で業界からも標準化が強く要請されていた。

そのために、筆者らはテーブル旋回形に集中して検査方法を体系化してきた。本稿では、今回、ISO TC39/SC2/WG3に提出し、審議にかけられている運動精度測定原案について紹介する。

2. マシニングセンタ検査規格

マシニングセンタの検査規格は、10部から構成された大きな規格である。この規格は、一部5軸機にも対応できる検査事項も入っているが、主に3軸制御マシニングセンタを対象としたものである。

現在、世界的に見ても5軸機は急速な勢いで普及しており、5軸機が見本市の展示の目玉になっているほどである。しかもその大部分がテーブル側に旋回2軸を有するテーブル旋回形である。

そこで、日本は、5軸制御マシニングセンタの性能評価方法に関する規格を開発することを、新作業項目(NWI)として提案し、承認された。その結果、ISO TC39/SC2は、WG3を復活させて、その議長に日本の代表委員を当てることを決めた。

3. 5軸制御マシニングセンタ検査規格

WG3は、5軸制御マシニングセンタ専用の規格を新規に開発するのではなく、既存のマシニングセンタ検査規格の附属書を改正し、5軸機固有の検査方法の必要な静的精度(幾何学的精度)、運動精度、工作精度、場合によっては、位置決め精度の試験方法及び許容値を追加することとした。ただし、静的精度に関しては新たに第11部として形態に合わせて5軸機固有の検査事項を定めることとしている。

これらの試験方法のうち、日本がもっとも力を入れてきた運動精度試験方法について、すでにISO 10791-6の改正案を提出し、9月中旬を締切として各国から意見を

求め、議論を開始したところである。

10月には、その意見を集約し、ほぼ全体が固まるものと思われる。従って、この講演会のおりには、さらに具体的な案になっていると思われる。

本稿では、提案した当初案に基づいて、その規格の概要について紹介する。

4. 第6部運動試験方法の改正内容

4.1 概要 第6部は、運動学的試験(kinematic test)とも呼ばれたもので、静的な状態ではなく動的な状態における機械の性能を評価することを目的として制定されたものである。代表的な測定方法に、円弧補間運動がある。

今回の改正に際して規格本体は、直交軸だけに適用する試験方法とした、現在の規格にある主軸頭旋回形を対象とした試験方法は、附属書Aに移動させることとし、表1のような構成とする事とした。

表1 ISO 10791-6の基本的な構成

規格本体	X, Y, Zの直交座標系だけに関する運動
附属書A	主軸頭旋回形の運動検査
附属書B	テーブル旋回形の運動検査
附属書C	主軸頭・テーブル旋回形の運動検査

4.2 同時2軸, 3軸及び5軸制御による試験

規格では、同時制御精度が重要な評価因子になるとして、いままでない試験方法を入れている。大別すると、一定速度で運動している状態と、急激に速度が変化する状態について、すでに普及している測定器であるボールバーを利用して試験する方法を提案している。

(1) 急激な速度変動を伴う運動

急激に速度が変化する状態とは、5軸加工の代表例であるタービンブレードの加工のときによく見られる状態で、直進軸と回転軸とがいずれも急激な速度変化をするために起こる現象を測定する方法を提案している。

その一つの方法が、X軸とC軸とを使った同時2軸制御である。この方法では、X軸の応答に対してC軸の遅れがあることを把握できる。(図1及び図2参照)

もう一つの方法は、同時5軸制御運動を利用するもので、円すい台をフライス削りする場合を想定した運動である。この運動の場合には採用する条件によって各軸の

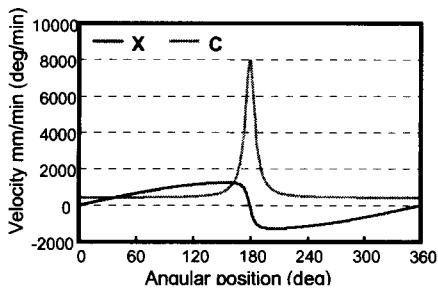


図1 同時2軸制御時の運動速度変化

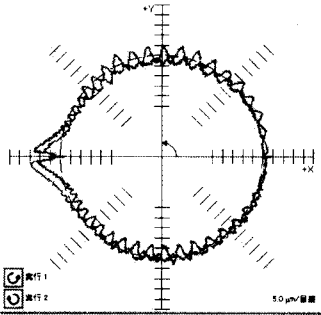


図2 同時2軸制御運動による軌跡

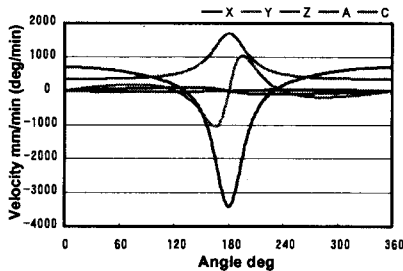


図3 同時5軸制御時の運動速度変化 (円すい)

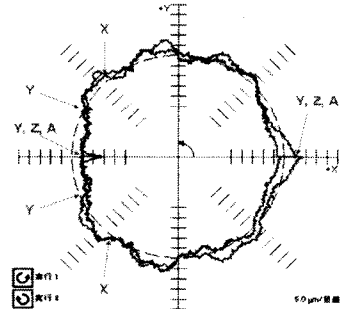


図4 同時5軸制御運動による軌跡と反転位置 (円すい)
半頂角 15° 、傾き角 15° 、直径 200mm、送り速度 1m/min

運動の様子が大きく変化することである。規格原案では、円すい台の半頂角を 15° としているが、円すい台の底面を 15° 傾けると、各軸はすべて正弦波運動となつて、急激な速度変化をしないが、 10° 又は 15° 傾けた場合は、正弦波運動ではなくなり、特に 20° 傾けた場合には、X軸の速度変化が急激になり、円弧軌跡からの狂いが大きくなったりする。また、 10° 傾けた場合には、軸の反転位置の数が多く現れたりする。ただし、この運動では、急激な速度変化による追従遅れか、機械の他の誤差によるものであるかを判断するのは難しい。(図3、図4参照)

(2) 一定速度運動

一定の速度で運動している状態では、機械の幾何学的な精度や送り駆動機構の速度むら、バックラッシなどの主に機械構造や機構に起因する誤差の評価が対象となる。

同時制御軸数は、3軸及び5軸である。同時3軸制御運動の場合には、ボールバーの感度方向の違いによって

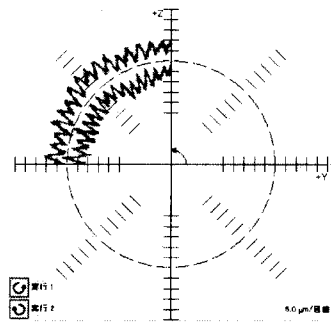


図5 同時3軸制御運動の軌跡 (A軸の接線方向)

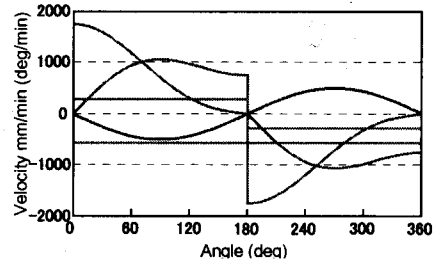


図6 同時5軸制御時の運動速度変化

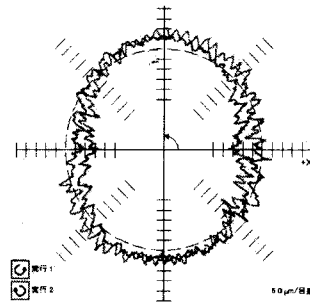


図7 同時5軸制御運動による軌跡 (接線方向)

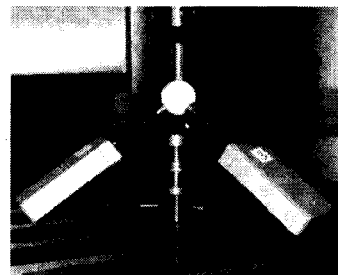


図8 スイス提案の測定器 (R-test)

検出される誤差が異なる。ボールバーの軸を円運動の接線方向に設置すると、回転軸の回転むら、例えばウォームギヤであれば、ピッチ誤差が検出される。(図5参照)

それ以外の向きにおける運動では、ピッチ誤差は現れない。そのことを利用して幾何偏差と検出された円弧の偏心率とが一定の関係にあることを利用して、幾何偏差を求めることができる。

同時5軸制御運動では、回転軸が等速運動、直進軸が不等速運動となるが、全5軸運動時の幾何偏差の影響、ピッチ誤差、バックラッシの影響を評価できる。(図6、7参照)

5. まとめ

この提案した規格原案に対して、スイスから多くのコメントが寄せられている。とくにその中では、R-testと呼ばれる装置による測定を入れるように求められており、それを代替試験方法として規定することを考えている。