

日本工業規格

JIS
B 6194 : 1997
(ISO 230-4 : 1996)

工作機械—数値制御による 円運動精度試験方法通則

Machine tool—Test code for circular movement of numerically controlled machine tools

序文 この規格は、1996年に第1版として発行された **ISO 230-4**, Test code for machine tools-Part 4: Circular tests for numerically controlled machine tools を翻訳し、技術的内容及び規格票の様式を変更することなく作成した日本工業規格である。

なお、この規格で点線の下線を施してある箇所は、原国際規格にない事項である。

1. 適用範囲 この規格は、数値制御工作機械の二つの直進運動軸を同時に制御して円運動させたときの精度試験方法及び評価方法について規定する。

この規格に規定する試験は、**JIS B 6191** に規定する測定器又は精度がそれと同等以上と認められる測定器を使用して行う。

2. 引用規格 次に掲げる規格は、この規格に引用されることによって、この規格の規定の一部を構成する。これらの引用規格は、その最新版（追補を含む。）を適用する。

ISO 230-1 Test code for machine tools—Part 1: Geometric accuracy of machines operating under no-load or finishing conditions

備考 **JIS B 6119**（工作機械—静的精度試験方法及び工作精度試験方法通則）—1993 がこの規格と一致している。

3. 用語及び記号の定義 この規格で用いる用語及び記号の定義は、次による。

3.1 設定経路 工作機械の作業領域内の、指定した平面、中心位置及び直径（又は半径）で運動しなければならない円経路又は 90° 以上の数値制御でプログラムされた円弧経路。

3.2 実経路 設定経路上を運動するようにプログラムされた工作機械が実際に運動した経路。

3.3 円運動のヒステリシス, H 時計回りに円運動させたときの実経路の軌跡と反時計回りに円運動させたときの実経路の軌跡との半径の最大差（**図 1** 参照）。

備考1. 円運動のヒステリシスは、二つの実経路の軌跡の最小二乗円の中心を基準として求める。

記号

+ 二つの実経路の最小二乗円の中心

0 始点

1 時計回りの実経路

2 反時計回りの実経路

円運動のヒステリシス, $F_{XY}=0.008$ mm

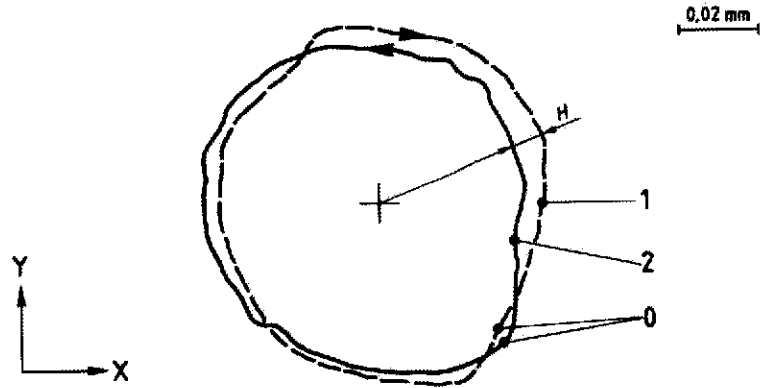


図1 円運動ヒステリシス H の評価

3.4 真円度, G 得られた実経路を二つの同心円（最小領域円, 図2参照）で挟んだときの最大内接円と最小外接円との半径差又は得られた実経路の最小二乗円を基準とし, その中心を同心として描いた最大半径円と最小半径円との半径差。

備考2. 真円度は, 取付誤差, 例えば, 測定器の心出し誤差を含まない。

3. 真円度の測定では, 回転半径の絶対長さを校正する必要はないが, 半径偏差の測定では, 回転半径の絶対長さを校正する必要がある。真円度 G と半径偏差 F との相違点については, **附属書 A (参考)** を参照。
4. 平面内にある線は, その線上のすべての点が二つの同心円の間であり, その同心円の半径差が許容値を超えないとき, 真円であるとみなす (**JIS B 6191** の 6.61 参照)。

記号

+ 最小領域円中心

0 始点

1 最小領域円

2 実経路

真円度, $G_{XY}=0.012$ mm

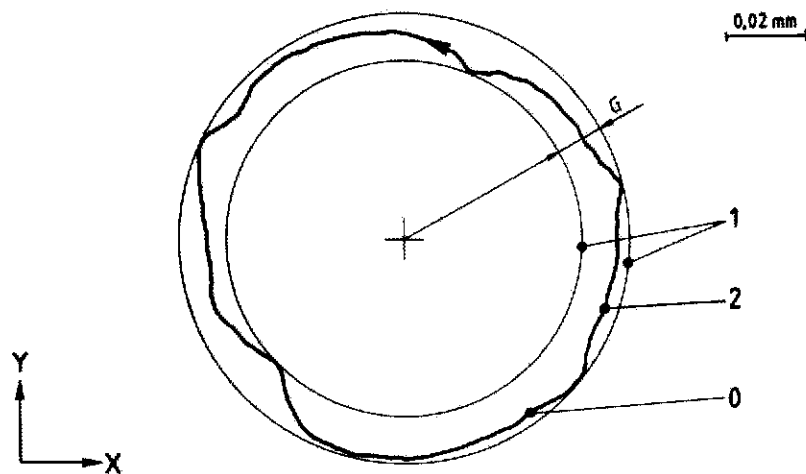


図2 真円度 G の評価

3.5 半径偏差, F 設定経路と実経路との偏差。設定経路の中心は, 次のいずれかによって求める。

- a) 工作機械上に取り付けた測定器の心出しによる中心。
- b) 実経路が全円の場合は, 最小二乗円の中心。

備考5. 正の偏差は, 円又は円弧の中心から離れる向きの偏差であり, 負の偏差は, 円又は円弧の中心に近づく向きの偏差である。半径偏差の最大値を F_{max} で, 最小値を F_{min} で表す (図3参照)。

6. a) の場合の測定器の心出し誤差は, 半径偏差 F に含まれる。
7. 半径偏差 F と真円度 G との相違点は, **附属書 A (参考)** 参照。

記号

+ 設定経路の中心

0 始点

1 設定経路

2 実経路

半径偏差, $F_{ZX, \max} = +0.008 \text{ mm}$

$F_{ZX, \min} = -0.006 \text{ mm}$

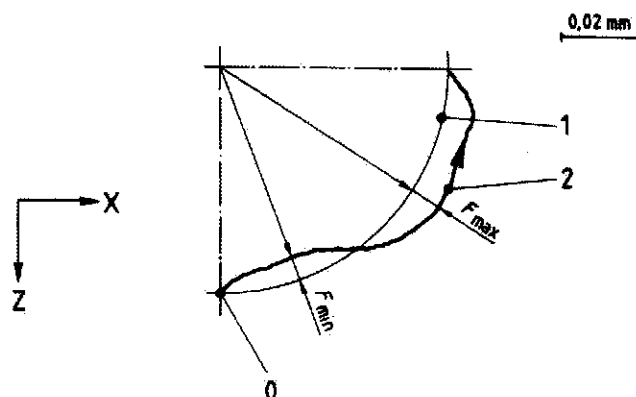


図3 半径偏差 F の評価

3.6 制御軸 円運動させるのに必要な制御軸。

3.7 円運動の向き 真円度 G と半径偏差 F との円運動の向き（時計回り又は反時計回り）は、円運動する制御軸の名称を表す添字によって表示する。すなわち、運動の向きは、最初の添字で示した軸の正の部分から次の添字で示した軸の正の部分に向かうように表し、例えば、 X 軸と Y 軸とを同時制御して時計回りに円運動させたときの真円度は、 G_{YX} で表示し、反時計回りに運動させたときの真円度は、 G_{XY} で表示する。

4. 試験条件

4.1 環境 環境温度を制御できる場合は、 20°C に設定しなければならない。半径偏差の測定に際して、環境温度を 20°C に設定できない場合は、測定器の出力と機械の設定値とを 20°C に補正した結果が得られるようにしなければならない。

機械、及び関連する場合においては測定器も、試験前に温度が安定した状態になるまで十分に長い時間（できれば一晚）試験環境の中に置いておかなければならない。また、これらは、風、日光、暖房器などの外部熱源からの影響がないように保護しておかなければならない。

4.2 試験する機械 機械は、完成したもので、完全に運転できる状態になければならない。水平出し及び運転試験は、円運動試験を始める前に完了しておかなければならない。

すべての試験は、無負荷状態、すなわち、工作物を取り付けない状態で行わなければならない。

4.3 暖機運転 機械を通常の運転状態の下で試験するために、製造業者の指定に基づいて、又は受渡当事者間で合意した適切な暖機運転を行った後に試験しなければならない。

暖機運転の条件が決められていない場合には、機械の予備運転は、測定器の設定に必要なものに限らなければならない。

4.4 測定条件の項目 測定条件の項目は、次による。

- a) 設定経路の直径（又は半径）
- b) 円運動の速度
- c) 円運動の向き（時計回り又は反時計回り、3.7 参照）
- d) 円運動を行う制御軸
- e) 工作機械の作業領域内の測定器の位置
- f) 温度（環境温度、測定器の温度及び機械の温度）この項目は、半径偏差の測定だけに適用する。
- g) 測定データの収集方法 [360° 以外の場合には測定角度範囲、運動の始点と終点、データサンプリング

数 (デジタル処理の場合), データ記録の始点と終点, データの平滑化処理の有無]

- h) 使用した補正機能
- i) 試験していない他の軸の運動部品の位置

4.5 測定器の校正 半径偏差を測定するためには, 測定器の基準寸法が分かっているなければならない。

5. 測定手順 円運動のヒステリシス H を求めるためには, 時計回り及び反時計回りの経路を連続して測定しなければならない。測定値は, 象限切替時の突起を含む実経路の軌跡から求めなければならない。

備考8. 円弧から半径偏差を求めるときには, 測定器の心出し誤差を含む取付誤差を最小にするのが望ましい。

6. 試験結果の表示方法 試験結果の表示は, 次の項目を記載するとともに, 測定した軌跡を図示するのが望ましい。

- a) 円運動のヒステリシス, H 。
- b) 真円度, G : 時計回り及び反時計回りの両方について表示する。
- c) 半径偏差, F_{\max} 及び F_{\min} : 時計回り及び反時計回りの両方について, 20°C に補正した結果を表示する。

それぞれの試験結果の表示例を, 図 4 から 図 6 に示す。

検査報告書には, 次の事項を記載しなければならない。

- 試験の実施日
- 機械の名称
- 測定器の名称
- 測定条件 (4.4 参照)

実経路の軌跡を表示した図には, 表示倍率を記載しなければならない。

7. 受渡当事者間で合意すべき事項 受渡当事者間で合意すべき事項は, 次による。

- a) 機械の試験に先立って行う暖機運転 (4.3 参照)
- b) 測定条件 (4.4 参照)
- c) 円運動のヒステリシス H , 真円度 G , 及び半径偏差 F [(6. a), 6. b), 6. c) 参照] のうち必要な試験項目。

試験実施日 : yy/mm/dd

機械の名称 : xyz

測定器の名称 : abc

測定条件

設定経路の直径 :	40mm
円運動の速度 :	500mm/min
円運動の向き :	—
円運動を行う制御軸 (X, Y, Z) :	XY

工作機械の作業領域内の測定器の位置

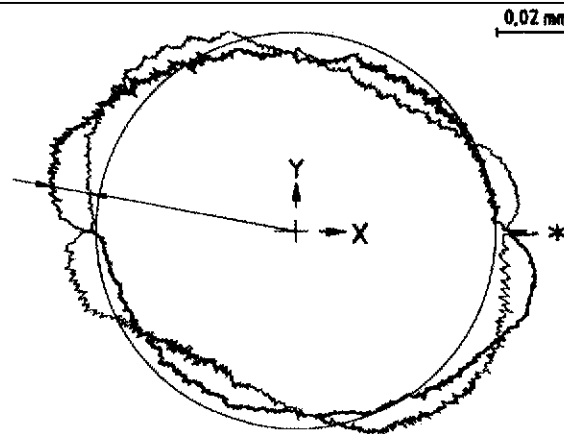
—円の中心位置 (X/Y/Z) :	250/250/100mm
—工具基準までのオフセット (X/Y/Z) :	0/0/−80mm
—工作物基準までのオフセット (X/Y/Z) :	0/0/30mm

データの収集方法

—始点 :	第 4 象限
—終点 :	第 4 象限
—データサンプリング数 (デジタル処理の場合) :	1 500
—データの平滑化処理の有無 :	無

使用した補正機能 : 無

試験していない他の軸の運動部品の位置 : Z=150mm



記号

+ 二つの実経路の最小二乗円の中心

* 始点

太線 +Yから+Xの向きの実経路

細線 +Xから+Yの向きの実経路

円運動のヒステリシス, $H_{XY}=0.014 \text{ mm}$

図 4 円運動ヒステリシス H の測定結果の表示例

試験実施日 : yy/mm/dd

機械の名称 : xyz

測定器の名称 : abc

測定条件

設定経路の直径 :	250mm
円運動の速度 :	1 000mm/min
円運動の向き :	+X から+Y
円運動を行う制御軸 (X, Y, Z) :	XY

工作機械の作業領域内の測定器の位置

-円の中心位置 (X/Y/Z) :	250/250/300mm
-工具基準までのオフセット (X/Y/Z) :	0/0/-80mm
-工作物基準までのオフセット (X/Y/Z) :	0/0/230mm

データの収集方法

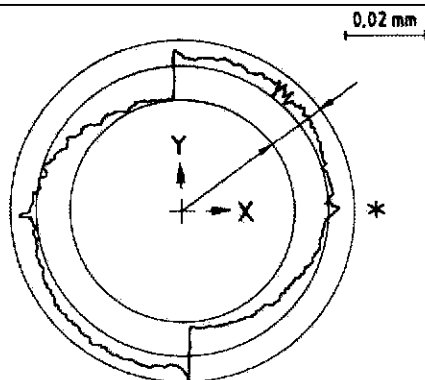
-始点 :	第4象限
-終点 :	第4象限
-データサンプリング数 (デジタル処理の場合) :	1 800
-データの平滑化処理の有無 :	無

使用した補正機能 :

無

試験していない他の軸の運動部品の位置 :

Z=350mm



記号

+ 最小領域円の中心

* 始点

真円度, $G_{XY}=0.018$ mm

図5 真円度 G の測定結果の表示例

試験実施日 : yy/mm/dd

機械の名称 : xyz

測定器の名称 : abc

測定条件

設定経路の直径 :	150mm
円運動の速度 :	300mm/min
円運動の向き :	+X から+Y
円運動を行う制御軸 (X, Y, Z) :	XY

工作機械の作業領域内の測定器の位置

-円の中心位置 (X/Y/Z) :	250/250/100mm
-工具基準までのオフセット (X/Y/Z) :	0/0/-80mm
-工作物基準までのオフセット (X/Y/Z) :	0/0/30mm

温度

-環境温度 :	22℃
-測定器温度 :	22℃
-機械温度 :	22℃

データの収集方法

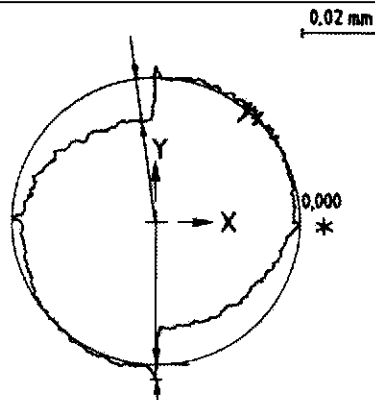
-始点 :	第4象限
-終点 :	第4象限
-データサンプリング数 (デジタル処理の場合) :	1 800
-データの平滑化処理の有無 :	無

使用した補正機能 :

温度

試験していない他の軸の運動部品の位置 :

Z=150mm



記号

+ 最小二乗円の中心

* 始点

0.000 設定経路

半径偏差 : $F_{YX, \max} = +0.005 \text{ mm}$

$F_{YX, \min} = -0.013 \text{ mm}$

図 6 半径偏差 F の測定結果の表示例

附属書 A (参考)

真円度 G と半径偏差 F との相違点

この附属書 (参考) は、真円度 G と半径偏差 F との相違点について参考のために示すものであって、規定の一部ではない。

表 A.1

項目	真円度 G	半径偏差 F
形状の偏差 ⁽¹⁾	含む。	含む。
直径の偏差 ⁽²⁾	最小領域円の直径を評価しないので、含まない。	含む。
位置の偏差 ⁽³⁾	実経路だけが最小領域円の位置を定義するので、含まない。	部分円弧の場合には含む。全円の場合には含まない。
注⁽¹⁾ 幾何学的円と実経路との偏差 [例えば、だ (槽) 円形状偏差] 注⁽²⁾ 設定経路の直径と実経路の直径との偏差 注⁽³⁾ 設定経路の中心の位置と実経路の中心の位置との偏差 (例えば、X 方向及び Y 方向の位置の偏差)		

附属書 B (参考)

円運動軌跡に及ぼす機械の代表的な偏差の影響

この附属書 B (参考) は、円運動の試験結果と機械の代表的な偏差との関係について、参考のために例示するものであって、規定の一部ではない。

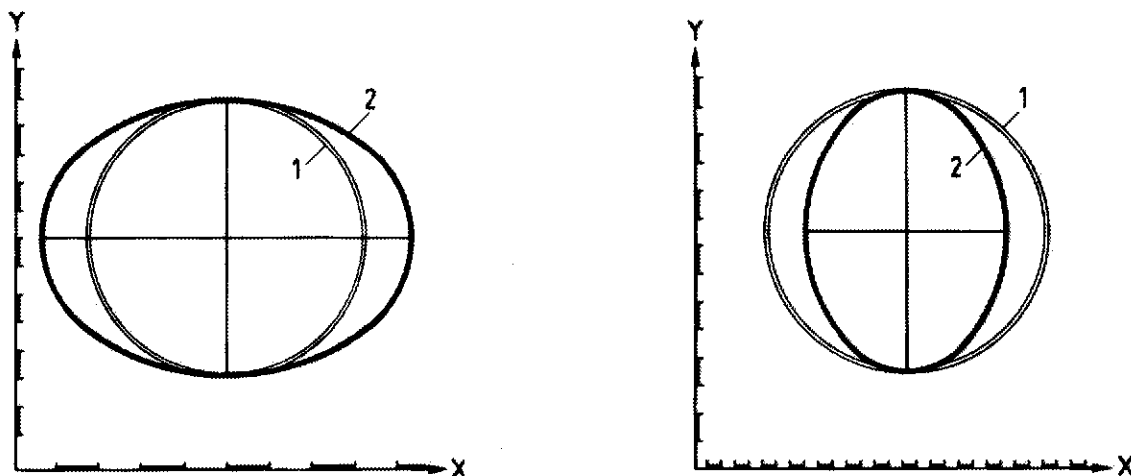
B.1 一般 この附属書は、円運動の試験結果と機械の代表的な偏差との関係について示す。一般に、この附属書に示す幾つかの代表的な偏差は、実経路の軌跡においては複雑に絡み合っ現れる。したがって、この附属書に示す代表的な偏差だけで実経路の軌跡の解析を行うのは十分でない。

数値制御工作機械の二つの直進運動軸を同時に制御したときの円運動の軌跡は、その二つの運動の機械的な偏差及び数値制御系とその駆動系とで生じる偏差の影響を受ける。

B.2 機械的な偏差の影響

B.2.1 位置精度の影響 X 軸の移動量が他の軸の移動量よりも大きいとき、例えば、位置検出器に偏差があるときには、実経路の軌跡は、X 軸に平行な長軸をもつだ (楕) 円になる。ここで、Y 軸に位置の偏差がなければ、Y 軸方向の経路の直径は、変化しない (Y 軸方向の直径は、設定経路の直径に等しい) [図 B.1a)参照]。

X 軸の移動量が小さく、Y 軸に位置の偏差がなければ、実経路の軌跡は、Y 軸方向に平行な長軸をもつだ (楕) 円になる (Y 軸方向の直径は、設定経路の直径に等しい) [図 B.1b)参照]。



a) X 軸の移動量が大きい場合

b) X 軸の移動量が小さい場合

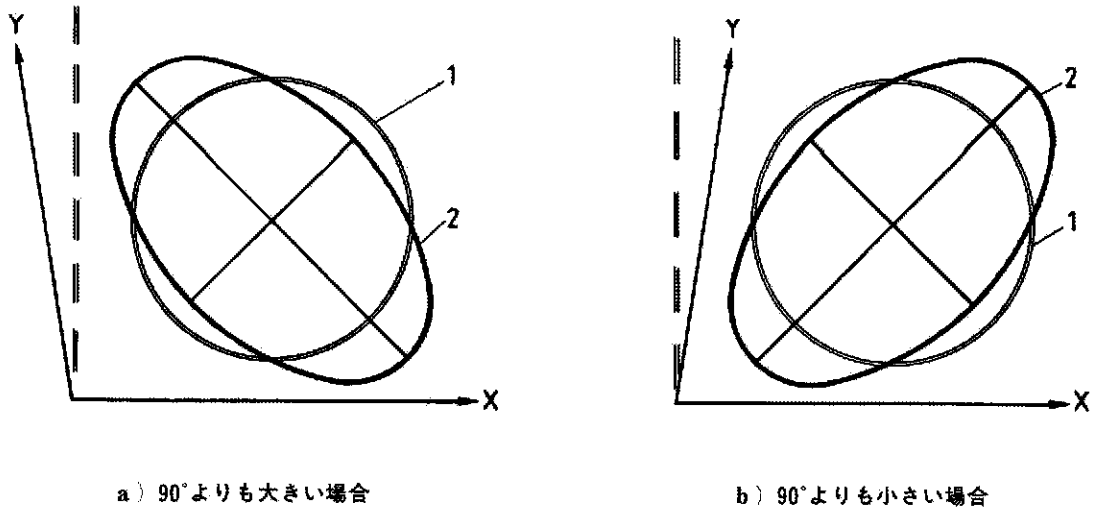
記号

1: 設定経路

2: 実経路

図 B.1 円運動軌跡に及ぼす位置精度の影響

B.2.2 二つの運動軸の直角度の影響 XY 平面内にだけ直角度の偏差がある場合、X 軸と Y 軸とが直角でなく、この二つの軸のなす角度が 90° より大きいとき [図 B.2a)参照]、長軸が 45° 傾いた楕円になり、この二つの軸のなす角度が 90° より小さいとき [図 B.2b)参照]、長軸が -45° 傾いた楕円になる。



記号
 1: 設定経路
 2: 実経路

図 B.2 円運動軌跡に及ぼす二つの軸の直角度の影響

B.2.3 周期的偏差の影響 周期的偏差は、実経路の軌跡に影響を及ぼす。周期的な位置決め偏差がある実際の軌跡は、図 B.3 のようになる。

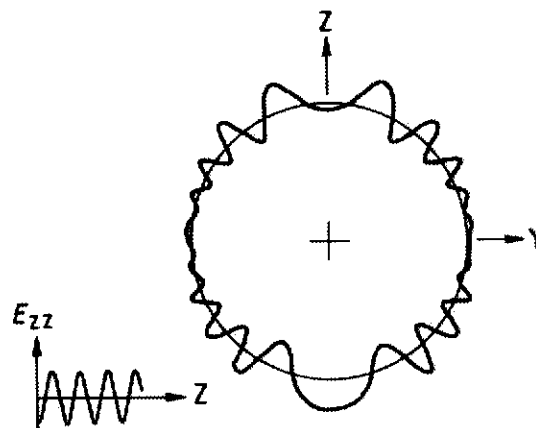


図 B.3 Z 軸の周期的偏差の影響

B.3 数値制御系及び送り駆動系の影響 一つの直進運動制御軸が生成する実経路は、数値制御系及び駆動系の影響を受ける。円運動の速度が一定の場合、それぞれの軸の運動は正弦及び余弦に従って変化するが、実経路は、各軸の移動量、速度、加速度などの影響を受けて複雑な変化を示す。

B.3.1 バックラッシュとその補正の影響 二つの直進運動軸にバックラッシュがあるとき、実経路の軌跡は、それぞれ中心の異なる四つの円弧で表される (図 B.4 参照)。

位置のフィードバックが行われているとき、検出されたバックラッシュは数値制御によって補正できるが、補正すると象限の切替点で突起を生じる（図 B.5 参照）。この突起の高さは、バックラッシュが大きいほど、また、数値制御の位置ループゲインが小さいほど高くなる。

象限切替時の突起は、円弧補間削りを行った場合には現れるが、位置決め精度試験（例えば、JIS B 6192 による。）では現れない。位置決め精度試験は、機械の運動が停止した後、位置の測定が行われるためである。

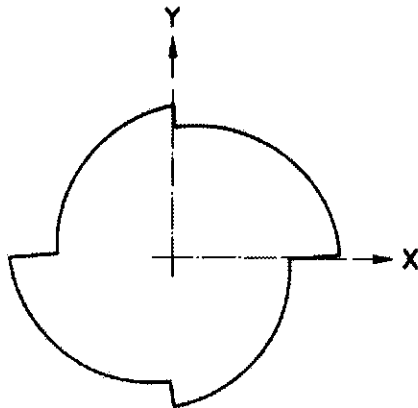


図 B.4 バックラッシュ補正前

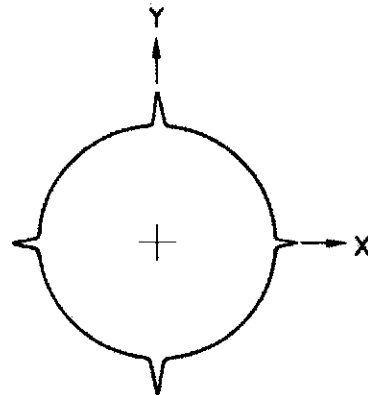
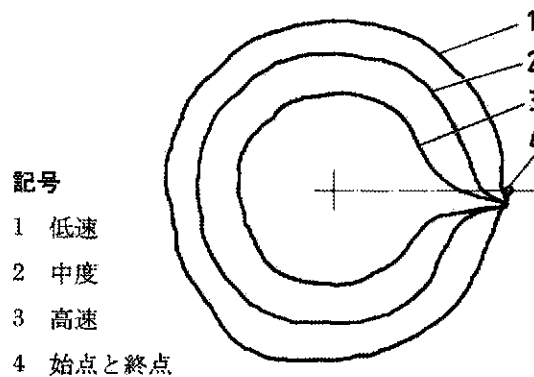


図 B.5 バックラッシュ補正後

B.3.2 送り速度の影響 送り速度が高くなると、半径減少を生じて、一般に実経路は設定経路よりも半径が小さくなる（図 B.6 参照）。



記号

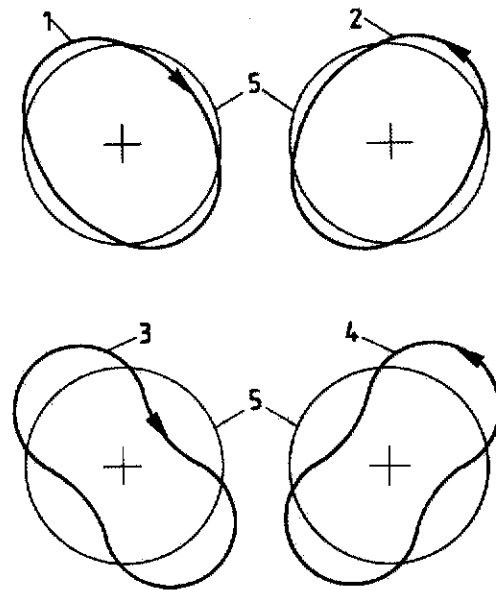
- 1 低速
- 2 中度
- 3 高速
- 4 始点と終点

図 B.6 送り速度の影響（円運動の実経路）

B.3.3 追従特性に差がある場合（位置ループゲインの不一致） 関係する二つの軸の追従特性に差がある場合、実経路の軌跡は、長軸が 45° 又は -45° 傾いた楕円になる（図 B.7 参照）。

楕円の長軸は、円運動の向き（時計回り、又は反時計回り）によって、 45° 又は -45° 傾く。

円運動の速度が高くなると、設定経路からの偏差は大きくなる。



記号

- 1 低速送り時の時計回りの実経路
- 2 低速送り時の反時計回りの実経路
- 3 高速送り時の時計回りの実経路
- 4 高速送り時の反時計回りの実経路
- 5 設定経路

図 B.7 追従特性に差がある場合

附属書 C (参考)

直径及び速度の設定

この**附属書 C (参考)**は、直径及び送り速度の設定について参考のために示すものであって、規定の一部ではない。

設定経路の直径及び円運動の送り速度は、受渡当事者間で合意した値又は機種別規格に規定した値とする。

機種別規格に規定した直径又は送り速度と異なる値を選択した場合には、軸の加速度を一定に保つために次の式に従って、それぞれの値を決定するのが望ましい。

$$V_1 = V_2 \sqrt{\frac{D_1}{D_2}}$$

ここに、
 V_1 : 試験する送り速度
 V_2 : 規格に規定された送り速度
 D_1 : 設定直径
 D_2 : 規格に規定された直径

直径の変更は、最小限に抑えるのが望ましい。

- 設定経路の直径が大きくなると、機械的な偏差の影響が大きくなる。
- 送り速度が高くなると、追従特性の影響が大きくなる。

計算例)

規格に規定された直径 : $D_2 = 100 \text{ mm}$

規格に規定された送り速度 : $V_2 = 500 \text{ mm / min}$

設定直径 : $D_1 = 125 \text{ mm}$

試験する送り速度 : $V_1 = 500 \sqrt{\frac{125}{100}} = 559 \text{ mm / min}$

附属書 D (参考)

参考文献

この附属書 D (参考) に示す文献は、この規格原案の審議中に参考にした文献であり、参考のために挙げたものであって、規定の一部ではない。

- (1) ISO 230-2 : 1996, Test code for machine tools—Part 2 : Determination of accuracy and repeatability of positioning of numerically controlled machine tools
- (2) ANSI/ASME B5.54-1992, Methods for Performance Evaluation of Computer Numerically Controlled Machining Centers
- (3) J. B. Bryan, A simple method for testing measuring machines and machine tools, Part 1, Principles and applications, Precision Engineering, vol.4, No.2, (1982), pp61-69, Butterworth & Co.. Part 2, Construction details, Precision engineering, vol.4, No.3, (1982), pp125-138, Butterworth & Co
- (4) M. Burdekin and J. Park, Contisure—a computer aided system for assessing the contouring accuracy of NC machine tools, Proceedings of the 24 th International MATADOR conference (1988), pp197-203
- (5) 垣野義昭, 井原之敏, 篠原章翁, DBB 法による NC 工作機械の精度評価法, (1990), リアライズ社, 東京
- (6) W. Knapp and S. Hrovat, The circular test for testing NC-machine tools, (1987), S. Hrovat, Zurich
- (7) H. Nakazawa and K. Ito, Measurement System of Contouring Accuracy on NC Machine Tools, Bulletin of Japan Society of Precision Engineering, vol. 12, No.4, (1978) , pp189-194

原案作成委員会 構成表

	氏名	所属
(委員長)	堤 正 臣	東京農工大学
	吉 田 嘉太郎	千葉大学
	清 水 伸 二	上智大学
	岡 崎 祐 一	工業技術院機械技術研究所
	本 間 清	工業技術院標準部機械規格課
	山 村 修 蔵	財団法人日本規格協会
	三 瀬 良 介	トヨタ自動車株式会社
	古 橋 静 児	オークマ株式会社
	石 田 恒 一	ヤマザキマザック株式会社
	山 下 登志雄	株式会社松浦機械製作所
	石 垣 光	日立精機株式会社
	平 井 速 夫	三菱電機株式会社
	内 海 敬 二	株式会社牧野フライス製作所
	宮 村 謙 一	株式会社ソディック
	福 原 正 樹	三井精機工業株式会社
	(事務局)	高 見 保 雄
田 仁 哲		社団法人日本工作機械工業会