

まえがき

この規格は、工業標準化法第 12 条第 1 項の規定に基づき、社団法人日本工作機械工業会(JMTBA)／財団法人日本規格協会(JSA)から、工業標準原案を具して日本工業規格を制定すべきとの申出があり、日本工業標準調査会の審議を経て、経済産業大臣が制定した日本工業規格である。

制定に当たっては、日本工業規格と国際規格との対比、国際規格に一致した日本工業規格の作成及び日本工業規格を基礎にした国際規格原案の提案を容易にするために、**ISO 230-6:2002, Test code for machine tools—Part 6: Determination of positioning accuracy on body and face diagonals (Diagonal displacement tests)**を基礎として用いた。

この規格の一部が、技術的性質をもつ特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権、又は出願公開後の実用新案登録出願に抵触する可能性があることに注意を喚起する。経済産業大臣及び日本工業標準調査会は、このような技術的性質をもつ特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権、又は出願公開後の実用新案登録出願にかかわる確認について、責任はもたない。

JIS B 6196 には、次に示す附属書がある。

附属書 A (参考) レーザ干渉測長器の設置手順

目 次

	ページ
序文.....	1
1. 適用範囲.....	1
2. 引用規格.....	1
3. 定義.....	2
4. 一般事項.....	4
4.1 測定単位.....	4
4.2 JIS B 6191 及び JIS B 6192 の参照.....	4
4.3 実施する検査.....	4
4.4 測定器.....	4
4.5 検査していない直進軸の位置.....	4
4.6 測定の不確かさ.....	4
5. 試験方法, 試験事項及び設定方法.....	5
5.1 試験方法.....	5
5.2 目標位置.....	5
5.3 測定.....	5
5.4 送り速度.....	5
5.5 設置手順.....	5
6. 結果の解析.....	5
7. 製造業者と使用者との協定事項.....	6
8. 結果の表示.....	6
8.1 表示方法.....	6
8.2 評価事項.....	6
附属書 A (参考) レーザ干渉測長器の設置手順.....	8

工作機械試験通則—対角位置決め精度試験

Test code for machine tools—Determination of positioning accuracy on body and face diagonals (Diagonal displacement tests)

序文 この規格は、2002年に第1版として発行された ISO 230-6, Test code for machine tools—Part 6: Determination of positioning accuracy on body and face diagonals (Diagonal displacement tests)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、原国際規格にはない事項である。

1. 適用範囲 この規格は、X、Y及びZ軸の内の2軸又は3軸を同時制御することによって、数値制御工作機械の加工空間内の直方体の対角線に沿って行う位置決め精度試験（以下、対角位置決め精度試験という。）について規定する。対角位置決め精度試験は、工作機械の空間性能を評価するために行う。

直方体の対角位置決め精度試験は、JIS B 6192に規定した機械の軸に平行な位置決め精度試験又は JIS B 6194に規定した円運動精度試験を補完するためのものである。

対角位置決め精度試験は、受渡し目的のために適用するが、試験項目は、機械性能の保証のための比較指標としても利用できる。

備考 この規格の対応国際規格を、次に示す。

なお、対応の程度を表す記号は、ISO/IEC Guide 21に基づき、IDT（一致している）、MOD（修正している）、NEQ（同等でない）とする。

ISO 230-6:2002, Test code for machine tools—Part 6: Determination of positioning accuracy on body and face diagonals (Diagonal displacement tests) (IDT)

2. 引用規格 次に掲げる規格は、この規格に引用することによって、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。

JIS B 6191 工作機械—静的精度試験方法及び工作精度試験方法通則

備考 ISO 230-1:1996, Test code for machine tools—Part 1: Geometric accuracy of machines operating under no-load or finishing conditions からの引用事項は、この規格の該当事項と同等である。

JIS B 6192 工作機械—数値制御による位置決め精度試験方法通則

備考 ISO 230-2:1997, Test code for machine tools—Part 2: Determination of accuracy and repeatability of positioning numerically controlled axes からの引用事項は、この規格の該当事項と同等である。

JIS B 6193 工作機械—熱変形試験方法通則

備考 ISO 230-3:2001, Test code for machine tools—Part 3: Determination of thermal effects が、この規格と一致している。

JIS B 6194 工作機械—数値制御による円運動精度試験方法通則

備考 ISO 230-4:1996, Test code for machine tools—Part 4: Circular tests for numerically controlled machine tools が、この規格と一致している。

3. 定義 この規格で用いる主な用語の定義は、次による。

3.1 作業空間 (working volume) 加工に必要な直進軸の移動量で決まる体積 (工具交換のような補助的な動作のための移動量は、含まない)。

3.2 直方体の対角線 (body diagonal), D 工作機械の作業空間における直方体の対角線 (図 1 参照)。

備考1. 作業空間内に、4 本の“直方体の対角線”を決定できる。

2. 使用者は、対角線の始点を使用してどの対角線であるかを区別してもよい。例えば、 $+X+Y-Z$ は、 $+X+Y-Z$ から $-X-Y+Z$ に向かう対角線である。また、NNP のように、X 軸は正 (P)、Y 軸は負 (N)、Z 軸は正 (P) のように、移動の方向を示して区別してもよい。

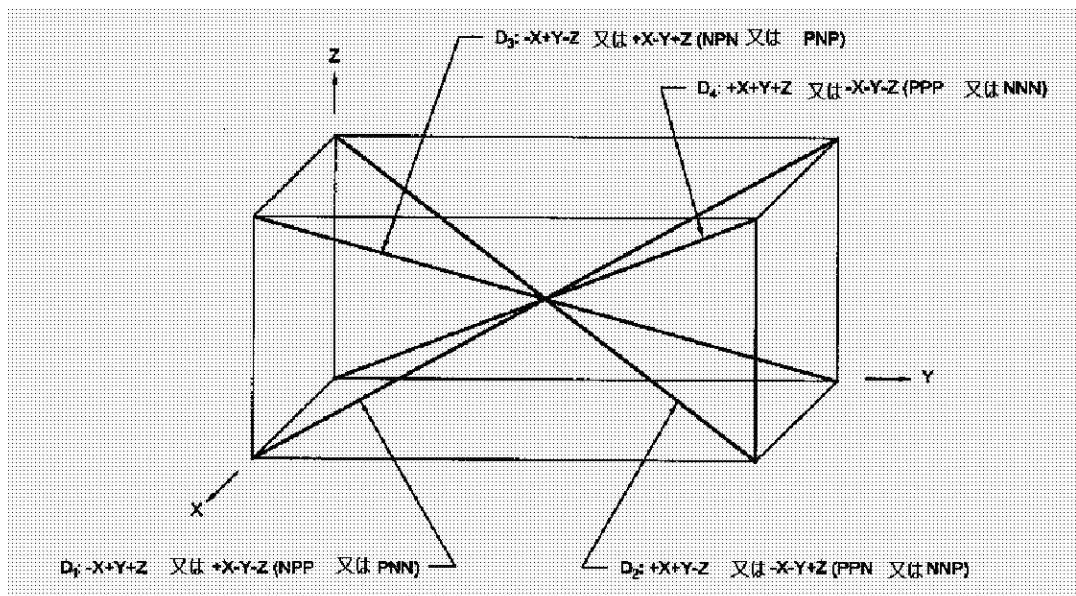


図 1 直方体の四つの対角線

3.3 面の対角線 (face diagonal), F 工作機械の作業空間における直方体の面の対角線 (図 2 参照)。

備考1. 作業空間内に、面の対角線 6 本を決定できる。それぞれの対角線に対して、第 3 軸上の位置を決定する必要がある。面の対角線を決定する面は、図 2 に示すように外側の面又は中央の断面とするのが望ましい。

2. 面の対角線は、その始点で区別してよい。例えば、 $+X-Y$ は、 $+X-Y$ から $+X+Y$ に向かう線である。第 3 軸を定義するためには、 $+X-Y Z300$ のように表示して、 $Z=300$ の位置にある XY 対角線を表してよい。別の方法として、NP 又は NP300 と表示し、X が負 (N)、Y が正 (P)、Z はなしというように移動方向の表示も可能である。
3. 面の対角線は、一般に図 2 に示すようにそれぞれの面内で交差する二つの対角線である。

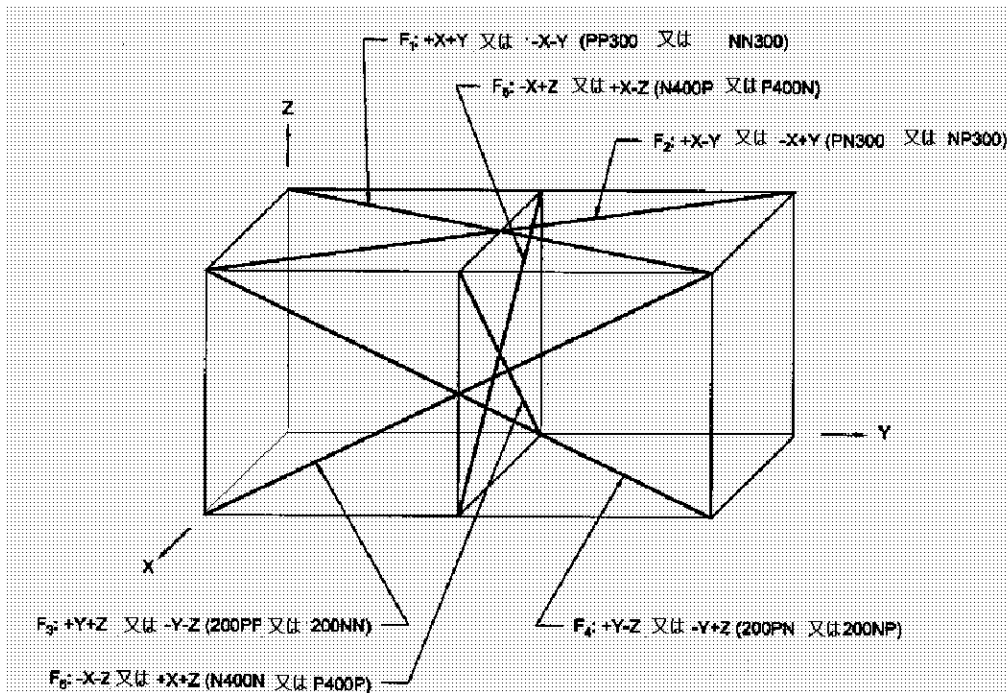


図 2 直方体の面の対角線

3.4 直方体の対角位置決めの系統偏差 (diagonal systematic deviation of positioning), E_d 直方体の四つの対角線上での位置決めの両方向系統偏差 (JIS B 6192 による。), E_1, E_2, E_3 及び E_4 の内の最大値 (E_i の評価は, 図 3 参照)。

$$E_d = \max. [E_1, E_2, E_3, E_4]$$

3.5 面の対角位置決めの系統偏差 (diagonal systematic deviation of positioning in face diagonal), $E_b(\mathbf{ab})$ 面の二つの対角線における位置決めの両方向系統偏差 (JIS B 6192 による。), $E_1(\mathbf{ab})$ 及び $E_2(\mathbf{ab})$ の内の最大値。“ab” は, 測定する座標平面を表す。

例 XY 面内における面の対角線について

$$E_d(\mathbf{XY}) = \max. [E_1(\mathbf{XY}), E_2(\mathbf{XY})]$$

3.6 直方体の対角反転値 (diagonal reversal value), B_d 直方体の四つの対角線上の反転値 B_1, B_2, B_3 及び B_4 の内の最大値 (B_i の評価は, 図 3 参照)。

$$B_d = \max. [B_1, B_2, B_3, B_4]$$

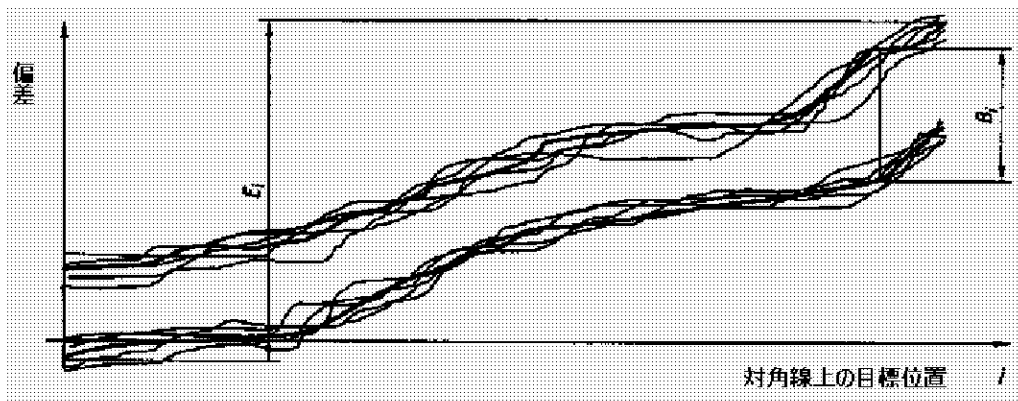


図 3 E_1 及び B_1 の求め方

3.7 面の対角反転値 (diagonal reversal value for face diagonal), $B_d(\text{ab})$ 面の二つの対角線上における反転値 (JIS B 6192 による。) $B_1(\text{ab})$ 及び $B_2(\text{ab})$ の内の最大値。ここに, ab は測定する座標平面を表す。

3.8 空間性能 (volumetric performance) 作業空間, 又は製造業者と使用者との間で協定した作業空間より小さな空間において, 意図した機能を実行する工作機械の能力。より小さくした空間で行った試験事項には, すべて“縮小空間 (reduced volume)”と表示する。

例 $E_d(\text{縮小空間}) = 0.012 \text{ mm}$

4. 一般事項

4.1 測定単位 この規格では, 長さ及び長さの偏差は, mm で表す。

4.2 JIS B 6191 及び JIS B 6192 の参照 この規格を適用するに当たって, 特に試験前の機械の据付け, 運動部品の暖機運転及び測定器の推奨精度については, JIS B 6191 を参照。

また, 測定器の設定, 結果の評価及び結果の表示については, JIS B 6192 を参照。

4.3 実施する検査 機械を検査するときは, 必ずしもこの規格に示されたすべての検査を行う必要はない。この検査が受渡しのために必要なとき, 使用者は, 製造業者との協定に基づいて関心のある機械の構成要素及び/又は特性に関係する検査事項を選択してもよい。検査事項は, 機械を発注するときに明確にしなければならない。実施する検査事項の指定がなく, また, その検査に要する経費についての協定もない状態でこの規格をただ受取検査に引用するだけでは, 受渡当事者間の拘束条件にはならない。

4.4 測定器 レーザ干渉測長器又は同等の精度をもつ他の測定器を使用してもよい (JIS B 6191 の 2.2 参照)。

4.5 検査していない直進軸の位置 試験していない直進軸上のスライド又は運動部品の位置は, 試験報告書に記載しなければならない。

4.6 測定の不確かさ 測定の不確かさの影響は, 次による。

- 測定に使用する測定器の不確かさ
- 測定器の心出しの不確かさ (固定光路誤差, 余弦誤差, JIS B 6191 の A.13 参照)
- 環境の影響, 例えば温度の影響 (JIS B 6193 及び ISO/TS 16015 参照)

試験の合成測定不確かさは, 許容値のある割合よりも大きくなければならない。許容できるその割合は, 製造業者と使用者との協定によることが望ましい。

5. 試験方法, 試験事項及び設定方法

5.1 試験方法 試験方法は、直進軸に平行に位置決めしたときの位置を測定するのではなく、工作機械の作業空間内の立方体の対角線に平行に位置決めしたときの位置を測定する点を除いて、JIS B 6192 に規定する直進軸の位置決め精度試験方法と同じである。

備考 縦横の軸の長さの比が大ききな機械については、この対角変位試験は、機械の系統偏差に対して鈍感になる。

測定は、作業空間の直方体の四つの対角線（図 1 参照）において行う。

2 次元の機械、例えば旋盤については、直方体の対角線の代わりに面の対角線（図 2 参照）で行う。

また、工作機械の作業空間の面の対角線についても、必要に応じて、幾つか又は 6 面すべてについて、製造業者と使用者との協定に基づいて行う。

5.2 目標位置 対角線の長さ 1 m について最小 5 点、又は 1 m 未満の場合には全長で最小 5 点の目標位置を選ぶ。

P_1 及び P_2 が、測定器をセットしたときの対角線の終点である。対角線上での目標位置間の間隔を I_d とすると

$$P_1 = (X_1, Y_1, Z_1)$$

$$P_2 = (X_2, Y_2, Z_2)$$

対角線の長さ = D

$$D = P_2 - P_1 = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2 + (Z_2 - Z_1)^2} \dots\dots\dots (1)$$

X 方向の移動距離 X_v は、

$$X_v = X_2 - X_1$$

X 方向の間隔 I_x は、

$$I_x = \frac{I_d}{D} X_v \dots\dots\dots (2)$$

Y 及び Z 方向の全移動距離及び間隔も同様に求める。NC プログラムの作成に当たっては、式(2)に従って 3 軸それぞれの間隔を決めるのが最もよい。終点 P_2 と間隔 I_d とについては、数字の丸め誤差を許容するため、修正が必要な場合もある。

5.3 測定 測定は、標準試験サイクル（JIS B 6192 の 4.3 参照）に従って、すべての目標位置で行う。各目標位置で、それぞれの方向から 5 回測定する。

備考 2 000 mm 以下の対角線は、2 000 mm を超える対角線と異なる扱いをしない。それは、系統偏差 E 及び反転値 B を求める以外に、特に繰返し精度について計算するわけではないからである。

5.4 送り速度 位置決めするときの送り速度は、製造業者と使用者とで協定する。ただし、送り速度は最高速度の 20 % を超えてはならない。

5.5 設置手順 測定器は、作業空間の対角線上に近似的に設置する。始点と終点とは測定信号を得るためにジョグ送りコマンドを使って工作機械を運転して心出しする。工作機械はこの 2 点間において目標位置にベクトル送り（直線補間送り）で位置決めするようにプログラムする。

レーザ干渉測定器の詳細な設置手順を、**附属書 A** に参考に示す。

6. 結果の解析 それぞれの対角線に対して得られたデータは、両方向系統偏差 E 及び反転値 B 求め方（図 3 参照）を除いて、JIS B 6192 に従って解析する。

7. 製造業者と使用者との協定事項 製造業者と使用者との協定すべき事項は、次による。

- a) 測定前 12 時間及び測定中において、1 時間当たりの環境温度こう配の最大値 (JIS B 6192 の 3.1 参照)
- b) 測定器の配置及び温度センサの位置 (関係する場合は) (JIS B 6192 の 4.3.1 参照)
- c) 機械を試験する前に行う暖機運転 (JIS B 6192 の 3.3 参照)
- d) 目標位置間の送り速度
- e) 試験していないスライド又は運動部品の位置
- f) 各目標位置におけるドウェル時間
- g) 最初と最後の目標位置
- h) 試験の合成測定不確かさが超えてはならない許容値の割合
- i) 関係する場合は、縮小した空間の大きさと位置

8. 結果の表示

8.1 **表示方法** 試験報告書には、各対角線の測定結果 ($E\uparrow$ 及び $E\downarrow$) の図とともに、次の事項を記載して、表示するのが望ましい。

- 工作物保持部及び工具保持部に対する測定器の位置
- 機械部品上の温度センサの位置及び補正プログラムの種類
- 試験日
- 機械名称、形 (横形又は立て形) 及び座標移動距離
- 使用した測定器の一覧表、製造業者名、型式、製造番号を含む。
- 軸の位置決めに使った機械スケールの種類及び公称膨張差 (NDE) 補正に使った熱膨張係数 (例えば、Z 軸用のボールねじ及び回転レゾルバ、並びに X 及び Y 軸用のガラス製スケール)
- 試験中の軸の名称
- 送り速度及び各目標位置でのドウェル時間
- 最初及び最後の目標位置 (P_1 及び P_2) 及び対角線上の位置決め間隔 (I_d)
- 機械の試験に先立って行う暖機運転 (サイクル数又はアイドルリング時間及び送り速度)
- 機械スケール及び工作物を代表する機械の関係する部品に取り付けた検出器の温度、少なくとも試験の開始時と終了時
- 室温、及び関係する場合には、試験の開始時と終了時での大気圧及び湿度
- 組込形の補正プログラムの試験中での使用の有無
- 適用できる場合には、空気又は油シャワーの使用
- 試験の合成測定不確かさ
- 関係する場合には、縮小した空間の大きさと位置

8.2 **評価事項** 次の評価事項は、数値で表す。

a) 直方体の対角線について

- 位置決め両方向系統偏差 : E_1, E_2, E_3 及び E_4
- 反転値 : B_1, B_2, B_3 及び B_4
- 直方体の対角位置決め系統偏差 : E_d
- 直方体の対角反転値 : B_d

b) 面の対角線について

- 位置決め両方向系統偏差： $E_1(\mathbf{ab})$ 及び $E_2(\mathbf{ab})$
- 反転値： $B_1(\mathbf{ab})$ 及び $B_2(\mathbf{ab})$
- 直方体の対角位置決め系統偏差： $E_d(\mathbf{ab})$
- 面の対角反転値： $B_d(\mathbf{ab})$

附属書 A (参考) レーザ干渉測長器の設置手順

この附属書は、本体に関連する事柄を補足するもので、規定の一部ではない。

A.1 一般 この附属書は、対角位置決め精度試験におけるレーザ干渉測長器の詳細な設置手順について示す。

A.2 手順 まず、ステアリングミラーがテーブルのコーナにくるように、レーザヘッド、干渉計及びステアリングミラーは、テーブル上に定置し、反射鏡は、主軸に取り付ける（作業空間がテーブルの範囲を超える場合には、取付けジグを必要とするかもしれない）。偏光式の測長器の場合は、調整式ミラーを、遠い側の干渉計と主軸に取り付けた反射鏡との間に置くのが最もよい。干渉計は、距離による誤差（dead path error）を最小にするために、調整式ミラーの極力近くに置くべきである。調整式ミラーは、光軸軌跡のピッチ又はヨーのいずれかの調整に使うべきで、同時にこの二つの調整を行ってはならない。これは、レーザ光線の偏光を妨げないためである。反射鏡は、主軸軸線のロールに対する感度を鈍くするために、主軸中心線に取り付け、主軸を固定する。主軸を固定できない場合には、主軸ブラケットを使うのが望ましい。横形の機械では、主軸頭が光束と干渉しないように、反射鏡を主軸頭から離して置く必要がある場合がある。実際には、材料の温度センサを使用して、結果を 20 °Cでの状態に換算する必要がある。センサは、工作物保持部の中央に置く。

次に、レーザ光軸が作業領域の直方体の対角線をほぼ通るようにステアリングミラーの角度を調整する。

反射鏡を取り付けた主軸を、測定する直方体の対角線の終端に対して適切な位置まで移動させておおよその心出しをするために、ステアリングミラーと一緒に光軸を調整する。この段階で、光軸がステアリングミラー面上に戻りの光軸のために十分な余裕がとれるように往路の光軸をステアリングミラー上に位置合わせできていることを確認する。

次に、反射鏡を取り付けた主軸をステアリングミラーのすぐ近くまで移動させて、ジョグ送りコマンドを使って、正確に光軸の心出しができるように機械を位置決めし、その位置を記録する。ここで、測定しようとする直方体の対角線に平行に最も遠い位置にまで機械を移動し、ジョグコマンドを使用して、戻りの光束が正しく得られるように位置決めを行う。最もよい結果を得るためには、その位置は、もっとも望ましい位置から 6 mm 以内の範囲である。その位置を記録する。

最後に、データを収集するために、始点と終点との間で、求めた間隔で、指定された回数往復させて、また、位置決めの向きを変えるときに時間も加えて、これらの 2 点間で、直線補間送り（ベクトル送り）するようにプログラムする。対角線に平行な送り運動においては、一定の移動間隔で繰り返して測定を行う場合には、数値を丸めたために発生する累積誤差を含まないようにプログラムする必要がある。