

要旨

評価システムは、製品の幾何公差を評価するために、三次元測定機による形状測定結果である座標値の点列から平面、円筒面などの数学モデルに変換し幾何公差を求める。形状の数学モデルを求めるために最小領域法を用いているが、解法として最適化技法が使われているので、用いる最適化技法により精度や計算時間が異なる。そのため、精度を調べるための標準テストピースモデルの構築を行う。

1. はじめに

製品の形状の複雑化、生産の自動化に伴い、三次元測定機とその評価システムが急速に普及してきている。三次元測定機による形状測定結果はx、y、z軸の座標値の点列として得られるが、評価システムにより点列を測定の目的に合った情報に変換することが必要となる。そのため、評価システムは測定点列から、円、平面、円筒面等の数学モデルに変換し、数学モデルを用いて幾何公差を求め、製品の幾何公差を評価する。

形状の数学モデルを計算するために、最小領域法による様々な手法が提案されている。計算の際、最適化技法が使われているため、多峰性の有無や、収束性により、精度や計算時間が異なる。すなわち、評価結果は数学モデルを計算するための最適化技法に大きく左右される。このため、これらの手法に対して、その精度、計算時間を調べるための標準テストピースモデルを構築する必要がある。

本研究では標準テストピースモデルの基本的概念、構築方法を述べる。さらに具体的な例として、最小領域法に対する円と平面の標準テストピースモデルを構築し、評価方法を明らかにする。

2. 標準テストピースモデルの基本的概念と構築方法

評価システムは、測定点を入力し評価を行なうため、標準テストピースモデルは点列から構成される必要がある。また、評価システムの出力は形状の数学モデルの数式、ベクトル、幾何公差であるため、精度を調べるためには標準テストピースモデルの形状について数式、ベクトル、最小領域の幅を表さなければならない。以上の条件を満たす標準テストピースモデルの概念を図1に示す。

標準テストピースモデルは、Abstract TestpieceとStandard Testpieceに分けて考えることができる。Standard Testpieceとは、点で表すモデルであり、Abstract Testpieceとは数式で表すモデルである。すなわち、1つのAbstract Testpieceから複数のStandard

Testpieceを作成することができる。なお図1のように、Form type：直線、円、平面など形状の種類、

Definition Point：最小領域を規定する点、

Explicit Representation：数式又はベクトルによるテストピースモデルの表現、円の場合は次式で表せ、

$$(x-a)^2 + (y-b)^2 = r^2 \quad (1)$$

Deviation：領域の幅（円の場合は真円度）、

Zone：テストピースモデルの範囲

Point Number：発生させる点の数、

Associative Point：最小領域内に発生させる点。

また、最小領域法による評価システムを評価するための標準テストピースモデルは以下のような手順で構築する。

- (1) Form Typeを選ぶ。
- (2) 選ばれた形状に対して、Definition Pointを与える。
- (3) Definition Pointから最小領域を求め、形状を数式またはベクトルで表示し、領域の幅も表示する。
- (4) 発生させる測定点数を決め、求めた最小領域内に適当な乱数を使いAssociative Pointを発生する。

標準テストピースモデルを用いた評価システムの評価方法は、Associative Pointを評価システムに入力して得られる形状を表現する数式、ベクトル、領域の幅と、標準テストピースモデルで与える数式、ベクトル領域の幅を比較する。

3. 円の標準テストピースモデル

Form Typeが円のテストピースモデルを決定するためには、Definition Pointを4点与え、そこから最小領域を設定し、Associative Pointを発生させる必要がある。最初にDefinition Pointから最小領域を求める方法を説明する。求める領域が最小領域となるためには以下の条件が必要である。

- (1) Definition Pointの4点は必ず領域内にある。
 - (2) 2つの境界曲線は同心円である。
 - (3) 境界線のDeviationである半径差が最小である。
- これらを式で表す。条件(1)、(2)は次式で表すことが

できる。

$$\begin{cases} r1^2 \leq (x_i - a)^2 + (y_i - b)^2 \\ r2^2 \geq (x_i - a)^2 + (y_i - b)^2 \end{cases} \quad (2)$$

また、条件(3)すなわち目的関数は次式で表される。

$$f = r1^2 - r2^2 \quad (3)$$

これを線形計画法により同心円の中心(a, b)と半径r1, r2を求める。

次にAssociative Pointの生成法について説明する。図2のようにAssociative PointはDeviationをDとすると、(4)式のように表すことができ、パラメータθ, dを乱数により与えることによりAssociative Pointを得ることができる。

$$p(x, y) = ((r1 + d)\cos \theta + x, (r1 + d)\sin \theta + y) \quad (4)$$

$$0 \leq \theta \leq 360, 0 \leq d \leq D$$

4. 平面の標準テストピースモデル

Form Typeが平面のテストピースモデルを決定するためには、Definition Pointを4点与え、そこから最小領域を設定し、Associative Pointを発生させる必要がある。最初にDefinition Pointから最小領域を求める方法を説明する。

平面が最小領域となると、2つの境界平面のうち1つの境界平面に1つ以上の測定点、もう一方の境界平面に2つ以上の測定点を最低限含む。これは、各々の境界平面に1点ずつの場合の領域の幅と、更に1点が平面上にのる場合を比べると、後者の方が領域の幅は小さくなるためである。

Definition Pointとして、図3(a)のように平面α1が点v1, v2を含み、平面α2が点v3を含む場合を考える。平行な2平面は、3点v1, v2, v3を2平面上に含みながら、線分v1 v2を軸として動く。これは2次元的な動きであるから、直線の標準テストピースモデルの考え方をを用いることが可能である[1]。従って、平面が最小領域となると、4点は全て境界平面上にある。この時、4点は、3点と1点に別れる場合と、2点と2点に別れる場合がある。4点が平面にのる組み合わせのうち最も領域の幅が小さくなるものを選ぶことにより、最小領域が求まり、平面の式、領域の幅を決定できる。

次にAssociative Pointの生成法について説明する。図3(b)のように片方の平面上に2つのベクトルa, bを置き、平面に垂直方向に長さDである1つのベクトルcをとると、Associative Pointは(5)式のように表すことができ、パラメータs, t, uを乱数により与えることによりAssociative Pointを得ることができる。

$$p(x, y, z) = s\vec{a} + t\vec{b} + u\vec{c} \quad (5)$$

$$0 \leq s \leq 1, 0 \leq t \leq 1, 0 \leq u \leq 1$$

5. おわりに

本研究では、最小領域法に対する標準テストピースモデルの構築を目的として研究を行い、以下の結論を得た。

- (1) 最小領域法のための標準テストピースモデルの基本的概念、構築方法を明らかにした。
- (2) 最小領域法のための円と平面の標準テストピースモデルの構築において、最小領域の定義と、測定点発生方法を明らかにした。

参考文献

- [1] 田中ほか: "三次元測定機の評価システムに対する標準テストピースモデル", 1992精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, pp.609-610

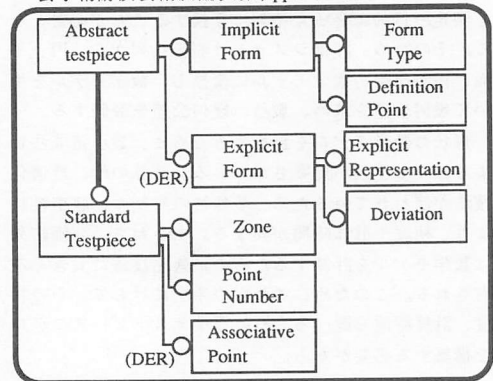


図1 標準テストピースモデルの概念図

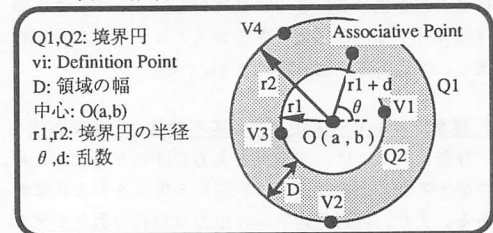


図2 円の標準テストピースモデルの構築

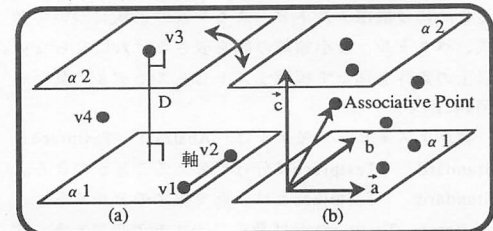


図3. 平面の標準テストピースモデルの構築