

要 旨

生産の自動化に伴う部品検査の自動化のために三次元測定機による検証システムの利用が望まれている。一方、データムに最大実体公差方式が適用された部品は組立性を最大限に保証するが、三次元測定機による検証方法は未だ提案されていない。本研究では、最大実体公差方式がデータム及び複数の形体に適用された場合の機能ゲージモデルによる公差検証法を提案する。

1.はじめに

三次元測定機を用いた公差検証は、測定された座標点集合を様々な数値解析手法を用いて指定された公差と比較することで行われる。一方、組立性を保証する公差方式である最大実体公差方式 (MMP) が適用された部品の公差検証は機能ゲージを用いて行われているが、その場合の座標測定による検証は始められたばかりであり、データム形体にMMPが適用された場合の検証法は未だ提案されていない[1]。

本研究では上記の公差検証法を制約条件付き最適化手法として定式化し、その有効性を計算機による公差検証実験により示す。

2.三次元測定機による幾何公差検証の現状

現在までに行われている幾何公差の検証は以下のとおりである (Table-1参照)。

- ・形体マッチングを用いた測定点の最小領域導出による形状公差検証
- ・データムから位置/姿勢に制約を与えての形体マッチングを用いた最小領域導出による位置/姿勢公差検証[2]
- ・仮想ゲージを用いた最大内接領域導出によるMMP適用公差の検証[3]

しかし、データムにMMPが適用された場合の検証法は未だ解決されていないため、本研究ではこの検証法を提案する (Table-1ハッチング部参照)。

3.機能ゲージモデルによる公差検証法の提案とその 数学的定式化

3.1 提案する機能ゲージモデルの概念

データムにMMPが適用された場合に考慮しなければならないことは次の4つである。

- (1) 公差付き形体とデータム間の姿勢の制約
 - (2) MMPデータムの寸法と位置の制約
 - (3) 公差付き形体の最大内接領域の導出
 - (4) 公差付き形体とMMPデータム間の位置/姿勢の制約
- これら全てを考慮した公差検証を行うために、(1)データムBからの姿勢を保ち、(2)「データム穴Aの寸法が最大実体状態 (MMC) より大きくなった分だけ位置がずれてもよい」という関係から得られる侵してはならない領域 (実効寸法) と(3)公差付き形体評価のための可変寸法形体とをもち、(4)データムA部と公差付き形体との間に制約をもつ機能ゲージモデル (Fig.1参照) を提案する。

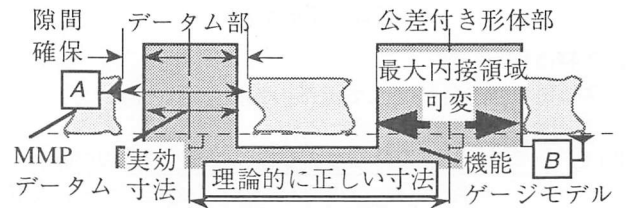


Figure-1 提案する機能ゲージモデル

Table-1 幾何公差検証における本研究の位置付け

公差		評価対象		error	制約条件	criticon	unknown	
幾何公差	形状	平面	実形体	$e_i=f(D_A, R_A)$	-	$\text{Min}[E]$ $E/2-e_i \geq 0, -E/2-e \leq 0$	D_A, R_A, E	
		円筒	実形体	$e_i=f(D_A, R_A, r)$	-	$\text{Min}[E]$ $E/2-e_i \geq 0, -E/2-e \leq 0$	D_A, R_A, r, E	
			実派生形体	未解決	-	未解決	未解決	
	データム 関連公差	姿勢	平面	実形体	$e_i=f(D_A, R_A)$	$R_A=g_2(u, v)$	$\text{Min}[E]$ $E/2-e_i \geq 0, -E/2-e \leq 0$	D_A, R_A, E
			円筒	実派生形体	未解決	未解決	未解決	未解決
		位置	平面	実形体	$e_i=f(D_A, R_A)$	$g_1(D_A)=0$ $R_A=g_2(u, v)$	$\text{Min}[E]$ $E/2-e_i \geq 0, -E/2-e \leq 0$	D_A, R_A, E
				実派生形体	未解決	未解決	未解決	未解決
			円筒	MMP	実形体の機能	$e_i=f(D_A, R_A, r)$	$R_A=g_2(u, v)$	$\text{Max}[r], e_i \geq 0$ $(\text{Min}[r], e_i \leq 0)$
		MMP データム		実形体の機能	$e_{ij}=f(D_A, R_A, r)$ $e_{dat j}=f(D_A, R_A, r_{dat})$	$R_A=g_2(u, v)$	$\text{Max}[r], e_{ij} \geq 0, e_{dat j} \geq 0$ $(\text{Min}[r], e_{ij} \leq 0, e_{dat j} \leq 0)$	D_A, R_A, r
	振れ	円筒	実形体	$e_i=f(D_A, R_A, r)$	$g_1(D_A)=0$ $R_A=g_2(u, v)$	$\text{Min}[E]$ $E/2-e_i \geq 0, -E/2-e \leq 0$	D_A, R_A, r, E	

3.2 微小変位スクリー法

微小変位スクリー法とはある形体を測定点に対して最適化手法によりマッチングする技術である。本研究では機能ゲージモデル挿入の手法として微小変位スクリー法を複合形体へ拡張した方法^[4]を用いる。機能ゲージモデルの変位を平行移動 D_A と回転移動 R_A とすると、測定点とマッチング後形体との誤差 e_{ij} は、Fig.2から(1)式で表される。

$$e_{ij} = \overrightarrow{M_{thij}} \cdot \mathbf{n}_{ij} - \left\{ \mathbf{D}_A \cdot \mathbf{n}_{ij} + (\mathbf{A} \mathbf{M}_{thij} \times \mathbf{n}_{ij}) \cdot \mathbf{R}_A \right\} \quad (1)$$

この方法でゲージのデータム部と公差付き形体部との位置/姿勢が保たれ、3.1 (4)の条件を満たす。

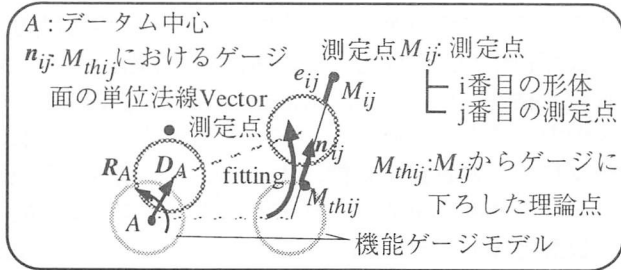


Figure-2 複合円筒の微小変位

3.3 制約条件の数学的定式化

Fig.3のような部品の場合、機能ゲージモデル挿入の際の制約条件は以下で与えられる。

(1) 公差付き形体とデータムとの姿勢関係^[2]

$$\mathbf{R}_A = u\mathbf{l}_i + v\mathbf{C}_D \quad (u, v \text{ は任意}) \quad (2)$$

(2) データム穴内部における実効寸法の確保

本研究ではデータム穴内部での機能ゲージモデル挿入領域の確保のため(3)式の制約条件を付加する。

$$e_{dat}(\mathbf{D}_A, \mathbf{R}_A, r_d) \geq 0 \quad (r_d: \text{定数}) \quad (3)$$

(3) 公差付き形体の最大内接領域導出^[3]

$$e_{ij}(\mathbf{D}_A, \mathbf{R}_A, r_i) \geq 0 \quad (r_i: \text{変数}) \quad (4)$$

$$\text{Max} [r_i] \quad (\text{目的関数}) \quad (5)$$

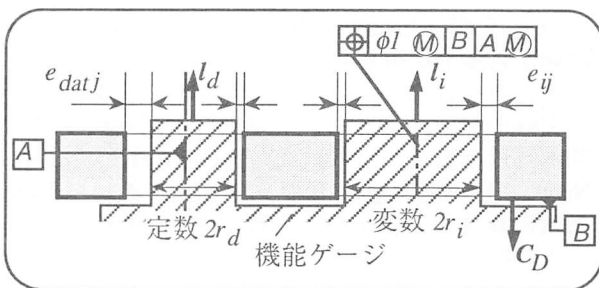


Figure-3 制約条件考察の断面

4. 計算機実験による検証

計算機によりFig.4に示す図面の公差検証実験を行った。測定点データはTable-2に示す領域に一様乱数で発生させた。これは明らかに公差を満たすデータである。このデータに対し提案する方法を適用した結果がFig.5であり、得られたゲージ寸法は図面から得られる実効寸法19.9より大きいため公差を満たすと判定される。この結果より提案した方法の有効性が示された。

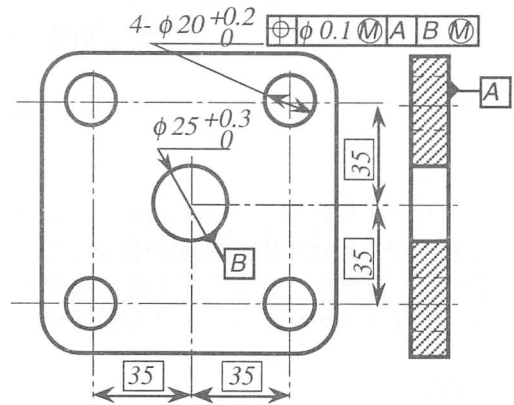


Figure-4 検査図面

Table-2 テストピースデータ

形体	中心位置	最小直径	領域幅	点数
データム形体	真位置	25	0.15	30
公差付き形体	真位置	20	0.10	30

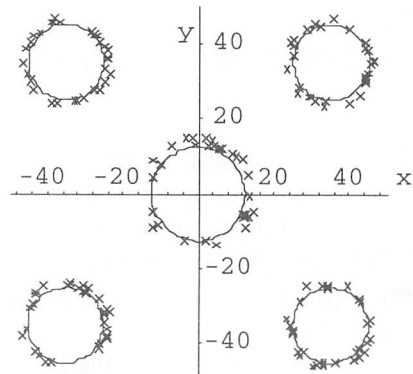


Figure-5 公差検証実験の結果

5. 結論

- 本研究では以下のことを行った。
 - 幾何学的に制約をもつ複数の形体にMMPが適用された場合の機能ゲージモデルを用いた公差検証法を提案した。
 - 提案した方法において公差検証を制約付き最適化手法へと定式化した。
 - 提案した方法の有効性を計算機実験により示した。

【参考文献】

- 桑田：新しい幾何公差方式、日本規格協会、1993
- 田中他：幾何学的制約条件を伴う関連形体の評価方法に関する研究（第1報）、精密工学会誌 Vol.61, No.8, 1995
- 田中他：幾何学的制約条件を伴う関連形体の評価方法に関する研究（第2報）、精密工学会誌 Vol.62, No.5, 1996
- 田中他：座標測定における複合形体の形状評価（第1報）、精密工学会誌 Vol.62, No.1, 1996