1

ソフトウェアの誤差伝播を利用したCMMの不確かさ推定

Estimation of Uncertainty of CMM by Software Error Propagation

M1 王韜

背景と目的

三次元計測では，三次元測定機本体の不確かさ以外にも，測定対象，測定環境，測定戦略などの影響により，不確かさが変わるため，不確かさを正確に推定することが難しい．
本研究では，種々の条件における不確かさを推定する手法を研究する．

基本的な手法の概要

提案手法は基本的にソフトウェアの誤差伝播に基づいて測定の不確かさを推定する．測定点座標の不確かさ行列**S**が推定できれば，測定値の不確かさは誤差伝播によって計算できる．

そこで，この手法のキーとなる技術は，誤差行列**S**の推定である．測定点座標の持つ多くの不確かさ要因を解析することで，できるだけ実際に近い誤差行列の推定を行う．

$$\mathbf{P} = \left(P_{1x} \quad P_{1y} \quad \cdots \quad P_{nx} \quad P_{ny}\right)^t$$

$$\mathbf{D} = \left(D_1 \quad \cdots \quad D_m\right)^t$$

$$\mathbf{D} = \mathbf{F}(\mathbf{P})$$

$$\mathbf{A} = \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \mathbf{P}}$$

$$\mathbf{T} = \mathbf{A}^t\mathbf{S}\mathbf{A}$$

A：ソフトウェアの誤差伝播のヤコビ行列
S：測定点座標の誤差行列.
P：測定点座標
T：パラメータの不確かさ行列
F：測定値を計算するソフトウェア

ヤコビ行列Aの推定

ヤコビ行列**A**は，各測定点P_iのX座標P_{ix}，Y座標P_{iy}と測定値D_jの関係について，数値的な差分を取ることで求める．

$$\mathbf{A} = \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \mathbf{P}} = \begin{pmatrix} a_{1,1} & \cdots & a_{1,mP} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{2n,1} & \cdots & a_{2n,m} \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{D}_{ix} = \mathbf{F}\left(P_{1x} \quad \cdots \quad P_{ix} + d \quad \cdots \quad P_{ny}\right)$$

$$a_{2i-1,j} = \frac{D_{j,ix} - D_j}{d}, \qquad a_{2i,j} = \frac{D_{j,iy} - D_j}{d}$$

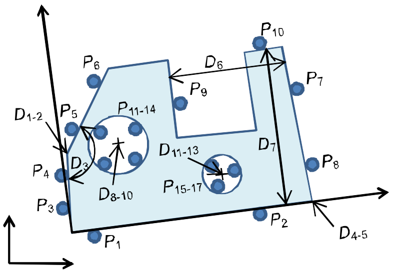


図1　測定点と測定値の関係：P1～P17は測定点，D1～D13は測定値を示す

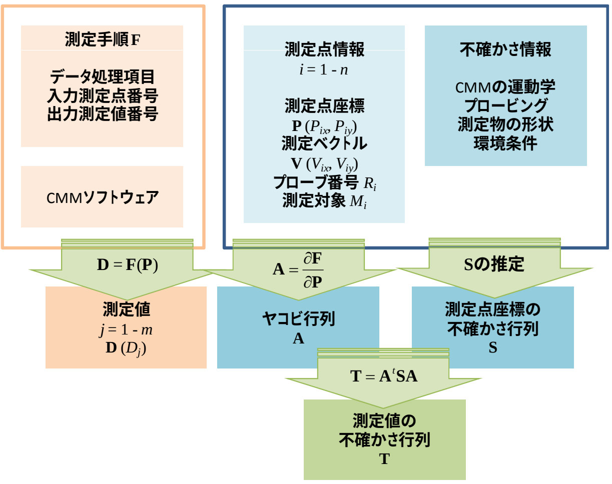
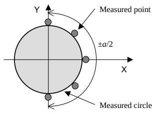


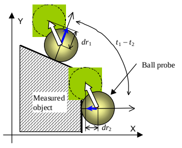
図2　ソフトウェアの誤差伝播による不確かさ推定の基本的な流れ

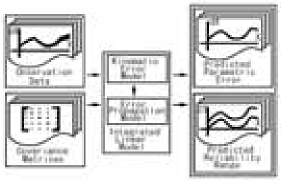
測定点座標の不確かさ行列Sの推定

各測定点の座標が持つ不確かさとして，以下の要因を考えることとする．

（1）CMMの運動学補正
（2）プロービング
（3）測定物の形状偏差
（4）測定環境







今後の検討事項

（1）理論的な検討とヤコビ行列の計算
（2）測定点座標の不確かさ行列の推定
（3）結果の検証