

# エキスパートシステムによる三次元座標測定省力化

佐野照雄・岩間貴司・藤原和徳・大柴勝彦

## Reducing process of 3-dimensional coordinate measurement by employing Expert System

Teruo SANÔ, Takashi IWAMA, Kazunori FUJIHARA and Katsuhiko OSHIBA

### 要 約

三次元座標測定機は、きわめて汎用性に優れる測定機であるが、高精度・高能率な三次元座標測定を行うためには、オペレータの熟練が必要とされる。

今回、三次元座標測定に関する専門知識の整理を行い、さらに市販のパソコン用エキスパートシェルを利用して三次元座標測定における「第2座標系の設定」を支援するエキスパートシステムの構築を行った。この結果、経験の少ないオペレータが三次元座標測定を行う場合、測定処理プログラム作成に必要なとされていた時間が短縮され省力化が可能となった。

### 1. はじめに

三次元座標測定機（以下三次元測定機）は、様々な形状を持つ被測定物の寸法を測定するために使用されているが、従来の一次的寸法測定と比較して、特に次の特徴を有する。

- ①測定に対する自由度・柔軟性がある
- ②測定能率の向上
- ③測定精度・信頼性の向上
- ④従来困難な測定を可能にする

しかし、これらの特徴を有効に活用するためにはオペレータの熟練が必要とされる。

高精度・高能率に三次元測定を行うためには、ハードウェアの的確な操作、および被測定物に対応した測定処理プログラムの作成が、オペレータに要求される。特に測定処理プログラムの作成は、被測定物が、様々な形状を有するため測定項目毎に、最適な処理コードを選択しなければならない。このため経験の少ないオペレータが、効率よく三次元測定を行う事を困難にしている。

今回、当センターに設備されている三次元測定機を対象機種として、市販のパソコン用エキスパートシェルを利用して、三次元測定に関する知識ベースの作成、およびエキスパートシステムの構築を行った。この結果、全測定工程の基準となる第2座標系の設定（後述）のための測定処理プログラムの支援が可能になった。

このことによって、経験の少ないオペレータでも対話形式で処理コードを決定することができるようになり、従来経験を要していた作業の単純化を図ることができた。

### 2. システム構成

エキスパートシェル	三次元座標測定機
ハードウェア PC98-XL (NEC)	ハードウェア GJ600 東京精密(株)
ソフトウェア 大 創 玄 エー・アイ・ソフト	ソフトウェア XYZAX 東京精密(株)

### 3. システムの構築

#### 3-1 知識の整理

図1は、一般的な三次元測定の測定手順である。一連の測定手順の中で、高精度・高能率な測定を行うために特に重要な手順は「第2座標系の設定」である。

第2座標系の設定とは、被測定物の加工上、あ

るいは図面上の基準（基準平面，原点，基準軸）と，三次元測定機の測定における基準とを一致させることである．図1(1)に設定手順例を示す．図2(a)に示す被測定物に測定基準を設定する場合には，図2(b)に示す処理コードを組合せることにより測定手順を作成する．

オペレータは作成した測定手順に沿って実際に測定機を操作し測定基準の設定を行う．そして，設定された基準に従い各種データの算出を行う．

基準平面設定→原点指定→基準軸設定……(1)

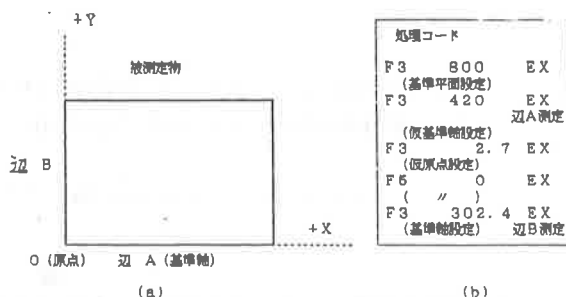


図2 第2座標系設定例

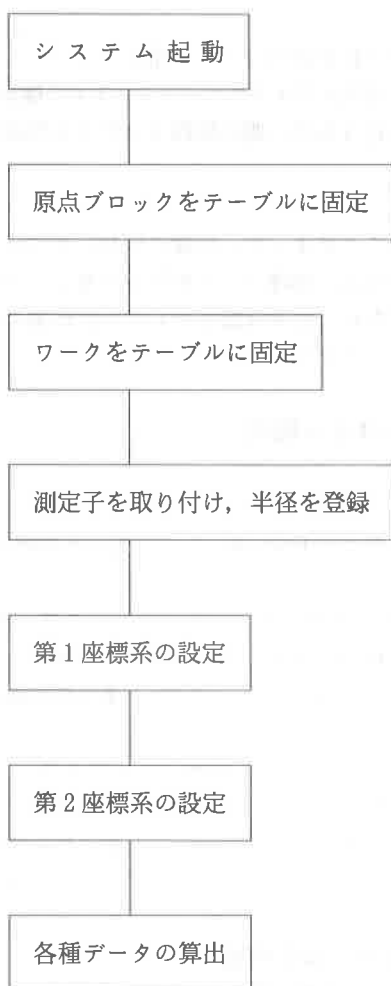


図1 測定手順

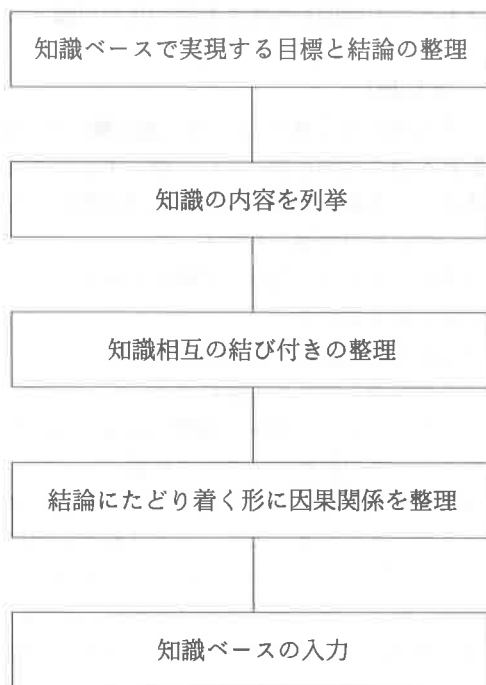


図3 知識整理の流れ図

図3に，エキスパートシステムを構築するための知識整理の流れ図を示す．

今回，三次元測定における「第2座標系の設定」のためのエキスパートシステムの構築を行ったが，以下の過程で知識整理を行った．

1) 知識ベースの実行結果としての最終目標（結

論)を、基準平面設定、原点設定及び基準軸設定を最適に行うための測定処理コードをエキスパートシステムの支援により、CRTに表示し、さらにプリンターに出力する事とした。

- 2) 基準平面設定、原点設定、基準軸設定に関連する知識をランダムに列挙し、さらに各知識の因果関係を整理した。それらの知識をもとに最終目標を枝の先端とする樹形図を作成した。(図4)

### 3-2 知識ベースの構成

作成した「第2座標系設定」のための知識ベースは、事象変数及び選択肢により構成される。

事象変数は、「第2座標系の設定」を表現する知識の関係を示す最小の単位である。(表1)

選択肢は、各知識を一定のグループにまとめたもので、事象変数の「\*\*\*\*\*」の部分には、これらの選択肢(表2)から選択しなければならない。

Table 1: Incident Variables. A grid of Japanese text and symbols (numbers, brackets) representing logical relationships between variables.

表1 事象変数

Table 2: Selection Options. A grid of Japanese text and symbols, providing specific choices for the incident variables.

表2 選択肢

### 三次元座標測定機の座標設定

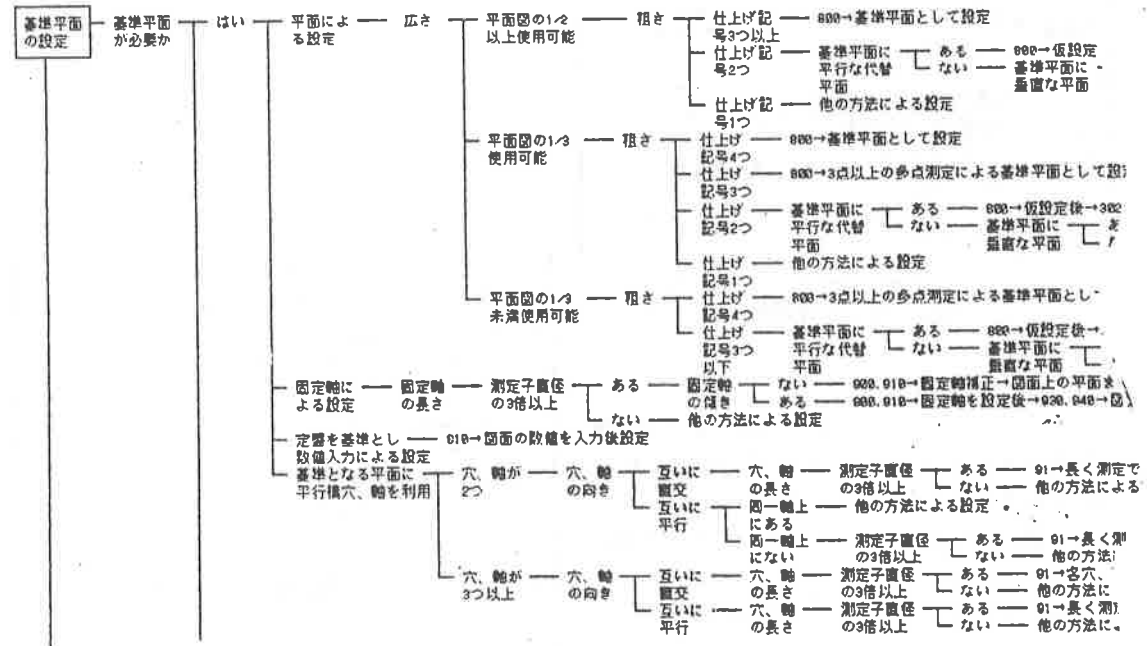


図4 樹形図

前述の図3に示される「知識相互の結び付き」を構成するのがルールである。このルールは、事実及びオペレータの経験に基づき作成され、今回使用したエキスパートシステムのルールはIF～THENルール、つまり、「もし (IF) , ～という条件が満たされれば、そのときは (THEN) ～という結論が成立する」という形式である。

図5にルールの作成例を示す。

もし か か か か か か か か ならば	<p>1) 原点の設定は必要ですか'はい'</p> <p>2) 軸を利用して原点を設定しますか'穴・軸'</p> <p>3) 何箇所の穴・軸を利用しますか'1つ'</p> <p>4) 利用箇所の形状は?'穴'</p> <p>5) 穴径が測定子直径より'大きい'</p> <p>6) 穴径が測定子直径より'2倍以上深い'である</p> <p>7) 穴の全長の'1/2以上'使用可能</p> <p>8) 傾きが'ない'</p> <p>9) 原点の設定は'22, 102, 112, 172→穴の中心に原点を設定'</p>
10) 推論子優先順位: または	
11) 解説	
1	穴・大・2深・1/2<・傾無
もし か か か か か か か か ならば	<p>1) 原点の設定は必要ですか'はい'</p> <p>2) 軸を利用して原点を設定しますか'穴・軸'</p> <p>3) 何箇所の穴・軸を利用しますか'1つ'</p> <p>4) 利用箇所の形状は?'穴'</p> <p>5) 穴径が測定子直径より'大きい'</p> <p>6) 穴径が測定子直径より'2倍以上深い'である</p> <p>7) 穴の全長の'1/2以上'使用可能</p> <p>8) 傾きが'ある'</p> <p>9) 原点の設定は'102, 112, 172→穴の中心と基準平面の交点に原点設定'</p>
10) 推論子優先順位: または	
11) 解説	
1	傾有り
もし か か か か か か か か ならば	<p>1) 原点の設定は必要ですか'はい'</p> <p>2) 軸を利用して原点を設定しますか'穴・軸'</p> <p>3) 何箇所の穴・軸を利用しますか'1つ'</p> <p>4) 利用箇所の形状は?'穴'</p> <p>5) 穴径が測定子直径より'大きい'</p> <p>6) 穴径が測定子直径より'2倍以上深い'である</p> <p>7) 穴の全長の'1/2以下'使用可能</p> <p>8) 傾きが'ない'</p> <p>9) 原点の設定は'22, 102, 112, 172→多点測定により'</p>
10) 推論子優先順位: または	
11) 解説	
1	1/2>・傾無
もし か か か か か か か か ならば	<p>1) 原点の設定は必要ですか'はい'</p> <p>2) 軸を利用して原点を設定しますか'穴・軸'</p> <p>3) 何箇所の穴・軸を利用しますか'1つ'</p> <p>4) 利用箇所の形状は?'穴'</p> <p>5) 穴径が測定子直径より'大きい'</p> <p>6) 穴径が測定子直径より'2倍以上深い'である</p> <p>7) 穴の全長の'1/2以下'使用可能</p> <p>8) 傾きが'ある'</p> <p>9) 原点の設定は'102, 112, 172→多点測定により原点設定'</p>
10) 推論子優先順位: または	
11) 解説	
1	傾有り

図5 ルール作成例

### 3-3 推論方式

エキスパートシステムにおける最も基本的な推論制御の方式は、前向き推論と後向き推論である。前向き推論とは、推論が初期状態からスタートし、次々に選択肢を選択することによって目標状態になるように制御する方式である。

後向き推論は、これとは逆に目標状態からスタートとする方式である。

今回使用したエキスパートシステムは、後向き推

論方式を採用している。

## 4. 結果及び考察

図6に示される被測定物について、本エキスパートシステムを利用し、第2座標系設定のための処理コードを出力した例を、図7に示す。

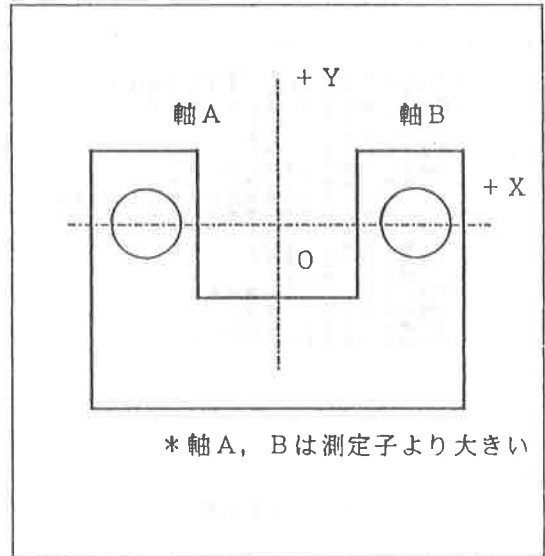


図6 被測定物

```

ファイル名      IAKZ.KU      出力制御      原点設定
-----
原点の設定は
(1) 基準点設定→基準軸設定→62.4で原点設定...J1
***** 解 説 *****
以下の処理コードで基準の設定を行って下さい
1. 原点設定 → 32, 102, 112
2. 原点軸設定 → 33, 36, 103, 106, 113, 116
3. 原点設定 → 62, 4を入力
その後 F5 0 . P5 1
-----
画面を読み終ったらF10キーを押して下さい      ESC:キャンセル      画面ヘルプ
HOW印 請 再実行 全画面戻      戻 る 順 次へ進む
-----
記録番号      164      演習技術員-穴災      -電管機数      191
記録番号      65      演習技術員-穴災      -電管機数      91

```

図7 処理コード出力

オペレータは、対話形式でエキスパートシステムを操作し、被測定物について、エキスパートシステムの各質問に答えることにより、最適な「第2座標系設定」のための測定処理コードを獲得することが可能となった。(表3に各質問及び選択肢を示す。下線の選択肢を順次選択することにより図7の出力結果が得られる。)

対話形式でエキスパートシステムを利用する場合、三次元座標測定の前知識が少なくても効率よく推論が進められるためには、判断項目を単純明快に設定しなければならない。

そこで、今回、「第2座標系設定」に関する後向き推論を行うために判断すべき問題をより単純な複数個の副問題に分割し、さらにそれらの一つ一つをより単純な複数個の副副問題に分割することを繰り返して、すべてをきわめて単純な問題に分割し、問題の縮小表現を行った。

このことにより、三次元測定の経験が少ないオペレータが対話形式でエキスパートシステムを利用する場合、短時間で必要とする「第2座標系の設定」を行うことが可能となった。

また、エキスパートシステムにとって重要な機能の一つに、知識ベースと推論機構とが独立している事が挙げられる。

今回使用したエキスパートシステムはこの機能を満たす。したがって、エキスパートシステムを構築しようとするときに、知識ベースの構築にだけ専念すればよく、さらに、エキスパートシステムの改訂も知識ベースを更新するだけで可能となるため知識ベースの強化が進めやすいことがわかった。

したがって今後、新しい問題のためのエキスパートシステムを構築する場合にも、推論機構を新たに構築する必要はなく、推論機構を修正する場合も、知識ベースにその新しい問題に係わる知識を蓄えれば効率良くエキスパートシステムを構築することが可能である。

## 5. まとめ

市販のパソコン用エキスパートシェルを利用して、三次元座標測定における「第2座標系の設定」を支援するエキスパートシステムを構築し、三次元座標測定における測定時間の短縮化が可能となったが、以下にその特長をまとめる。

①基準平面設定を支援する。

②軸・穴を利用した原点設定を支援する。

③軸・穴を利用した基準軸設定を支援する。

今後の課題は、さらに知識ベースの構築を進め、軸・穴以外の形状を持つ被測定物についての原点設定、および基準軸設定を支援するエキスパートシステムを構築して行きたい。

原点の設定は必要ですか  
 (1) はい  
(2) いいえ

何を利用して原点を設定しますか  
 (1) 穴・軸  
(2) その他

何箇の穴、軸を利用しますか  
 (1) 1つ  
(2) 2つ  
 (3) 無し  
 (4) 多数  
 (5) 3つ以上

どこに原点を設定しますか  
(1) 中点  
 (2) その他

組合せは  
 (1) 穴・穴  
 (2) 軸・穴  
 (3) 穴・軸  
(4) 軸・軸  
 (5) その他

である  
 2つの軸径の組合せは  
 (1) 2つの軸径が測定子より大きい  
(2) 2つの軸径が測定子より小さい  
 (3) 1つの軸径が大きく、1つの軸径が小さい

である  
 2つの軸の長さが測定子直径より  
(1) 2倍以上長い  
 (2) 短い  
 (3) 1つは2倍以上長く、1つは短い

2つの軸の全周の  
(1) 1/2以上  
 (2) 1/2以下  
 (3) 2倍以上  
 (4) 以上  
 (5) 以下  
 (6) 1倍  
 (7) 片方の穴が1/2以上  
 (8) 片方の軸が1/2以上  
 (9) 仮原点側が1/2以上  
 (10) 仮基準軸側が1/2以上

使用可能  
 2つの軸の傾きは  
 (1) 2つとも傾いている  
(2) 2つとも傾いていない  
 (3) 1つが傾き、他方は傾いていない  
 (4) 基準軸側に傾きがある  
 (5) 原点側に傾きがある

である

原点の設定は  
 (1) 仮原点設定→仮基準軸設定→62.4で原点設定

表3 画面出力過程

## 文 献

- 1) 赤木新介：AI技術によるシステム設計論，コロナ社
- 2) 高橋三雄：パソコンエキスパートシステム入門，  
エー・アイ・ソフト社
- 3) 大創玄チュートリアルマニュアル，A. I. SOFT
- 4) 大創玄リファレンスマニュアル，A. I. SOFT
- 5) XYZAX User's Manual，東京精密(株)