

## 実用技術紹介

### 減速機構をもつロボットアームのインクリメンタルエンコーダを用いた絶対位置検出方法

平林 友一 宮澤比呂之 小谷憲昭  
セイコーエプソン(株)

#### 1. はじめに

産業用ロボットをはじめとする機械装置の位置検出器として、エンコーダが広く用いられている。このエンコーダには、相対位置のみを測定するインクリメンタルタイプと、絶対位置を測定できるアブソリュートタイプが存在する。近年、アブソリュートタイプの利用が増加しているが、コスト、形状、保守性等においてインクリメンタルタイプのほうが優れているため、産業界ではいまだインクリメンタルタイプが主役の座を堅持している。減速機構をもつ装置の位置検出器として、インクリメンタルエンコーダを使用する場合、位置を初期化するために「原点復帰」と呼ばれる操作が必要となる。この原点復帰は、減速機構の出力側に ON/OFF センサを設置し、ON/OFF センサ出力

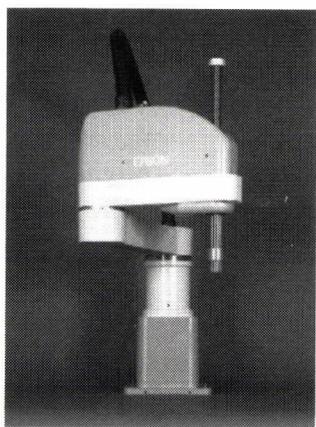


図1 スカラタイプ産業用ロボット SSR-H 554-BN

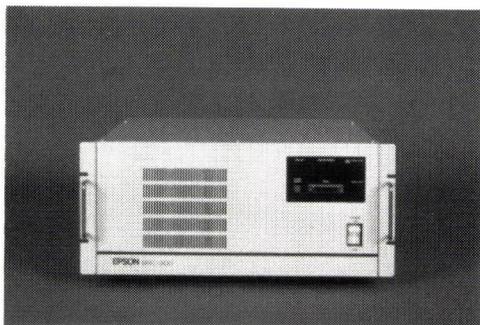


図2 産業用ロボットコントローラ SRC-300

が変化する位置に最も近いエンコーダの基準位置を示す Z 相出力を検出した位置を既知の値に初期化する方法が一般的である。しかし、この方法では角度を初期化できる位置が 1 点に固定されてしまうため、ロボットアーム等の用途では装置のレイアウトが制約されてしまうという大きな問題が存在する。これに対応するため、ユーザの仕様に応じて ON/OFF センサの位置を変更したり、ON/OFF センサの数を増やす、ON/OFF センサの出力が変化する間隔を位置により変え、この間隔をエンコーダで測定して原点復帰できる位置を複数化する方法等が実用化されているが、標準化、コスト、調整作業の複雑化等の問題が存在するため、一般的には用いられてはいない。

これらの課題に対して、我々は ON/OFF センサ出力の変化位置と Z 相出力位置の関係に絶対位置情報を織り込む方法を考案することで、原点復帰位置を複数化する技術を実用化した。本方法は、従来の装置構成に対して、同一なハードウェアと、簡潔なアルゴリズムの導入で実現できるため、応用範囲が広く汎用性が高い。

この技術を図 1 に示す当社の産業用ロボット BN/BL シリーズと、図 2 に示すロボットコントローラ SRC-300 に採用し、微少な移動で原点復帰を完了することでアブソリュートエンコーダ搭載機と同等の使いやすさを提供し、ユーザから好評をいただいている。

#### 2. 原 理

本技術の原理を図 3 に示す。一般的には、減速機出力軸側に図 4(a) に示す ON/OFF センサ出力が 1 点で変化するスリット板を設け、この ON/OFF センサ出力の変化する位置を検出後、Z 相検出位置で初期化を行う。これに対し、本方法では同図(b) に示す等間隔の凹凸形状をもつスリット板を使用し、ON/OFF センサ出力を等間隔で変化させる。このスリット形状では、ON/OFF センサ出力の情報だけでは絶対位置を検出できないことは明らかである。そこで、この ON/OFF センサ出力と Z 相出力の位置関係に着目する。

減速機出力軸において、Z 相出力位置の整数倍の角度に対して、スリット板の凹凸角度を  $\Delta\theta_{sz}$  だけずらす。このようにすると、ノギスの内目盛りと外目盛りの関係と同様に、ON/OFF センサ出力が変化する位置から Z 相が出力されるまでの角度は、それぞれのスリット板のエッジにお

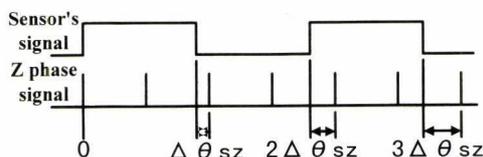
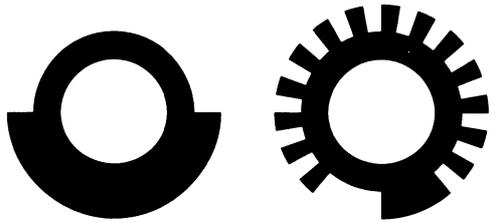


図3 原理図



(a)従来のスリット板形状 (b)本方法のスリット板形状  
図4 スリット板形状

いて  $\Delta\theta_{sz}$  間隔で変化する。このセンサ出力の変化点から Z 相出力点間の角度はインクリメンタルエンコーダを使って測定できるので、この測定値からスリット板のエッジ位置を特定し、関節角度の絶対位置を求めることができる。 $\Delta\theta_{sz}$  は ON/OFF センサの精度、減速比  $R$ 、エンコーダ分解能と安全率を考慮して設定することができるため、装置に応じた設計が可能である。

### 3. 適用例

表 1 に BN シリーズの絶対位置検出に関する設計パラメータを示す。 $\theta_1$  軸を例にとると、減速比  $R$  が 80 であるため、エンコーダ軸に直結された入力軸 1 回転で出力軸は、 $\theta_{zw}=4.5$  度回転する。この出力軸に  $\theta_{sw}=8.85$  度間隔に凹凸加工したスリット板が取り付けられている。図 5 に  $\theta_1$  軸の構造を示す。この構成で、 $\theta_{zw} \times 2 = 9.0$  度間隔で出力される一つおきの Z 相出力と、 $\theta_{sw}=8.85$  度間隔で出力される ON/OFF センサ出力エッジの位置関係は、 $\Delta\theta_{sz}=9.0-8.85=0.15$  度間隔で変化する。したがって、スリット板のエッジ位置は  $\theta_{zw}/\Delta\theta_{sw}=4.5/0.15=30$  箇所 で判別することができる。8,192[pulse/rev]の分解能をもつエンコーダを用いると、 $\Delta\theta_{sw}$  に相当するエンコーダのパルス数  $\Delta P_{sw}$  は 171[pulse]に相当する。

このように、従来の方法に対してスリット板の形状変更とソフトウェアを追加することで、 $\theta_1$  軸で 30 点、 $\theta_2$  軸で 48 点の原点復帰点を設け、 $\theta_1$  軸で最大 8.85 度、 $\theta_2$  軸で最大 7.05 度の移動で原点復帰を完了することを実現した。

表 1 SSR-H 554-BN 絶対位置検出用パラメータ

	$\theta_1$ axis	$\theta_2$ axis
$\theta_{sw}$	8.85deg	7.05deg
$\theta_{zw}$	4.5deg	7.2deg
$\Delta\theta_{sz}$	0.15deg	0.15deg
$\Delta P_{sz}$	171pulse	273pulse
Encoder Division	8192p/rev	8192p/rev
Division Number	30	48
Reduction Rate R	50	80

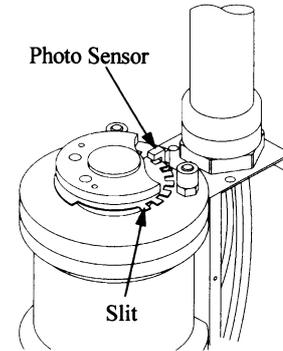


図5  $\theta_1$  軸構造

### 4. まとめ

エンコーダが利用されてから現在に至るまで、一つの ON/OFF センサしか使わなければ原点復帰位置は 1 点に限定されるのは当たり前という概念にとらわれず、ON/OFF センサ出力と Z 相出力との位置関係を利用して、低コストで原点復帰点を複数化する技術を開発した。本技術は 1994 年 4 月から販売を開始した BN/BL シリーズに適用され、2,000 台以上の実績を積み、その実用性が実証されている。

本技術のような要素技術を日本ロボット学会に評価していただいたことを光栄に受け止めるとともに、今後ともロボット産業/学会の発展に寄与し、人々の役に立つ技術開発に努めていきたい。