

小型逡倍インクリメンタルエンコーダ 「PP031T」,「PP031H」の開発

荘司 祐大

Yoshihiro Shoji

伊藤 昭二

Shoji Itoh

山崎 智仁

Tomohito Yamazaki

1. まえがき

我が国の主要産業である自動車産業、その部品加工に欠かせない工作機械では、より精密な部品を作るために加工精度の向上が求められている。また、半導体の製造装置や産業用ロボットなどにも精密位置決め、精密駆動が求められている。これらの実現のために、機械装置に搭載されるサーボモータの位置検出装置であるエンコーダには従来にくらべてより高分解能化が求められている。

また、地球環境保護の観点から、消費電力の低減はもちろんのこと、装置の小型化の要求も強くあり、エンコーダにも小型、小径なものが求められている。

エンコーダは大別して回転量に応じたパルスを出力するインクリメンタル方式と、回転角度の絶対位置を信号に変換して出力するアブソリュート方式に分けられる。当社の「SANMOTION R」シリーズモータにはアブソリュートエンコーダが標準で搭載されるが、上位装置との組合せや、制御方式の理由からインクリメンタルエンコーダが要求される場合も多く、特に海外のお客さまからは「SANMOTION R」シリーズモータに取り付けが可能なインクリメンタルエンコーダの要求が高い。

このような要求を背景に、小型、小径ながらも電気逡倍を行うことで、高分解能化を実現したインクリメンタルエンコーダ「PP031T」と「PP031H」の開発を行った。

本稿では「PP031T」と「PP031H」の仕様と特長を紹介する。

2. 仕様

エンコーダの高分解能化技術として、元の信号の整数倍のパルス数を得る電気逡倍が用いられる。エンコーダに用いられる電気逡倍の主な方式として、抵抗分割方式とADコンバータ分割方式がある。今回、抵抗分割方式の「PP031T」とADコンバータ分割方式の「PP031H」の2種類の逡倍方式のエンコーダを開発した。抵抗分割方式は回転角度に応じてリアルタイムで信号が出力される。そのため、出力されたパルスを直接使った速度制御を行う場合や、特定のパルスをトリガにして制御を行う場合などに適している。それに対して、ADコンバータ分割方式では演算を行ってパルスを出力するため出力遅れ時間が存在するものの、抵抗分割方式より高分解能化ができる。

当社の従来の小型インクリメンタルエンコーダには逡倍なしで

2048P/Rまでの「PP031」と、ADコンバータ分割方式を用いて25000P/Rまで高分解能化した「PP038」がある。表1に開発品と従来品の仕様比較を示す。

光学式インクリメンタルエンコーダの場合、回転ディスクのスリット数を増やすことで高分解能化することができる。しかし、同じ径でスリット数を増やした場合には個々のスリットの間隔は狭くなり、スリットの間隔が狭いと光の回折現象により得られる信号の振幅が減少してしまう。回折の影響を少なくするためには、回転ディスクと固定マスクとのギャップを狭くする必要があり、各部品をスラスト方向に変動しないようにする構造上の工夫や、エンコーダの組付け時のギャップ調整が難しくなるという課題があった。このため従来製品の「PP031」では、2048P/R以上の高分解能化は困難であった。また「PP038」は25000P/Rまでの高分解能を有するものの、「PP031」と同様にギャップが狭く、消費電力が多いことが課題となっていた。

今回開発した「PP031T」と「PP031H」は、回転ディスクのスリット数を少なくして電気逡倍方式を用いることにより、ギャップを5倍(一部の製品は2.5倍)と広く設定できるようにするとともに、「PP031T」では最大10000P/R、「PP031H」では最大25000P/Rの高分解能化を実現している。また、回路部品の見直しにより、消費電力は「PP038」と比べて半分程度に低減している。

図1に「PP031T」の外観を示す。外形寸法は、 $\phi 31 \times 22\text{mm}$ で「PP031」と同寸法、「PP038」と比較すると体積比で40%以上の小型化を実現している。

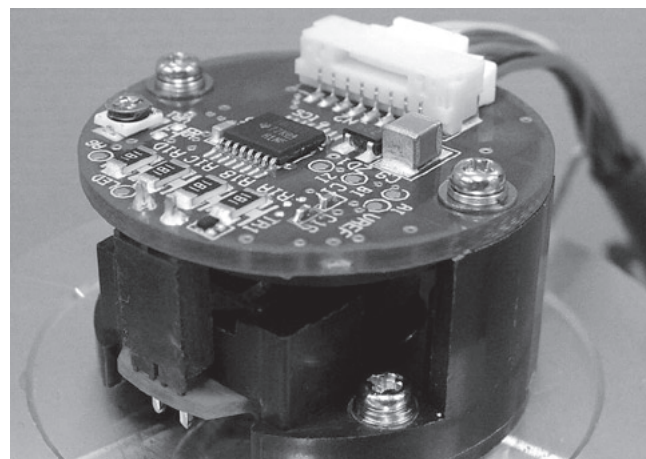


図1 「PP031T」の外観

表1 仕様の比較

項目	開発品		従来品	
	PP031T	PP031H	PP031	PP038
パルス(P/R)	1000～10000	1000～25000	200～2048	5000～25000
スリット数	500, 512, 625	500, 512, 625, 1024, 1250	200, 500, 1000, 2000, 2048	2048, 2500
遜倍方式	抵抗分割	ADコンバータ分割	—	ADコンバータ分割
遜倍数	×2, ×4, ×8, ×16	×2, ×4, ×5, ×8, ×10, ×16, ×20	なし(×1)	×2, ×4, ×8, ×10
消費電流 ^{※1}	200mA以下	200mA以下	280mA以下	380mA以下
回転ディスクと固定マスクのギャップ ^{※2}	5倍	5倍 2.5倍(1024P/R以上)	1 (2000P/R以上)	1
外形寸法	φ31×22mm	φ31×22mm	φ31×22mm	φ38×26mm
応答周波数	1600kHz ^{※3}	2000kHz ^{※3}	300kHz	2000kHz
出力遅れ時間	なし	1μsec	なし	6μsec

※1: ラインドライバ電流を含む ※2: PP031のギャップを1とする ※3: 遜倍前の最大周波数: 100kHz

3. 特長

3.1 スラスト変動に対する許容向上

既に述べたように回転ディスクのスリット数が多くなると、光の回折などの影響で固定マスクとのギャップを狭くする必要がある。しかし、本開発品では高パルスを実現するために遜倍方式を用いたことにより、「PP031T」のスリット数は最大でも625P/Rと少なく、回転ディスクと固定マスクとのギャップを従来の5倍と広くとることができた。これにより、従来組付け時に行っていたギャップ調整が簡単になるとともに、モータのスラスト変動の許容量が大きくなる。このため、スラスト変動を抑えるための変更は不要となり、取り付け周りなどの軽微な変更だけで「SANMOTION R」シリーズモータに搭載することができるようになった。さらに、比較的シャフトのスラスト変動の大きい大型モータにも直接搭載することができるようになった。

3.2 IC化による部品の集積化

図2、図3、および図4に「PP031」、「PP031T」、および「PP031H」の回路ブロック図を示す。「PP031」などの従来のエンコーダでは、受光素子(PD)の出力信号を、波形成形用の専用部品で増幅などの処理を行っていた。これに対して、「PP031T」と「PP031H」では受光素子と増幅器、コンパレータを1つのパッケージとしたフォトダイオードIC(以下「PDIC」という。)を開発し採用した。従来の受光素子では微弱な電流信号が基板パターンを流れていたが、PDICからは増幅された電圧信号が出力されるため、外部からのノイズに対して強くなるというメリットがある。加えてPDIC化により部品点数が大幅に削減できたため、製造コストの低減、製品の小型化および低消費電流化を実現した。さらに、「PP031H」ではひとつのASICに遜倍機能と省配線機能を集積しており、基板1枚で構成されている。同等機能の「PP038」が基板3枚で構成されているのに対し、大幅な部品点数の削減と小型化を達成している。表2に使用部品の比較を示す。

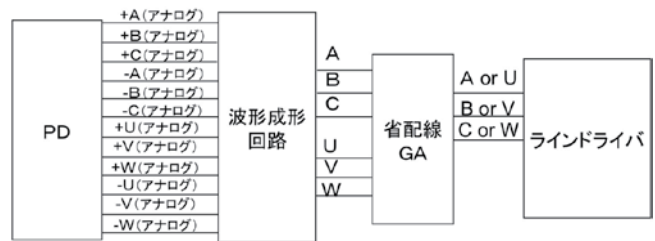


図2 「PP031」の回路ブロック図

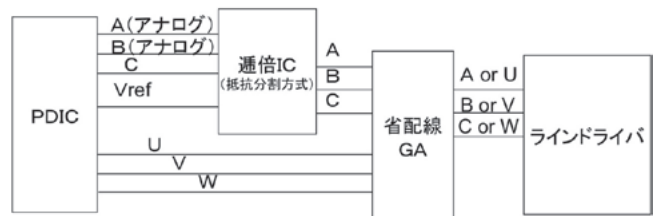


図3 「PP031T」の回路ブロック図(開発品)



図4 「PP031H」の回路ブロック図(開発品)

表2 使用部品の比較

項目	開発品		従来品	
	PP031T	PP031H	PP031	PP038
部品点数	約60	約80	約70	約130
IC数	5	6	6	11
基板枚数	1	1	1	3

3.3 調光機能

前述のPDICには受光した光信号を加算し、その量に応じてLED電流を自動調整する機能を持たせた。この機能により、LEDの発光効率が低下した場合にも、LED電流を増加させ安定した出力を得ることができる。また、この機能では受光基板が最適位置にある場合にLED電流が最小となるため、受光基板の位置調整時にLED電流をパラメータとして利用できる。

3.4 通倍用固定マスク

電気通倍に用いる入力信号は高精度な信号を得るために正弦波に近いことが望ましい。従来の固定マスクパターンで生成される信号は理論的には三角波となり、大きな歪みを持つ。この歪みは基本成分以外の高次の成分によるものであり基本波成分に対し3次は約11%、5次は約4%、7次は約2%の振幅を持つ。基本波に対する高調波成分の割合の2乗平均によって表される歪み率(27次まで)は約12%にもなる。

本開発品(「PP031T」,「PP031H」)では歪み率を低減する通倍用固定マスクパターンを考案し、それを適用している。従来の固定マスクパターンは回転ディスクスリットの周期と等しい間隔で配置されていた。それに対し、通倍用固定マスクではスリットの間隔を3次および5次の成分を打消すように配置している。図5にPP031Tに用いている通倍用固定マスクパターンを示す。図5は500P/Rの例であり、回転ディスクスリットのピッチよりも僅かに小さいピッチで配置することにより3次の成分を打消している。これにより歪み率は1%以下を実現し、通倍後の信号の高精度化に寄与している(Pat. Pend.)。



図5 通倍用固定マスクパターン

A相信号とB相信号の出力相互位相差は理想的には常に25%となる。しかし、実際にはディスクの精度や芯ブレなどの影響でバラツキが生じる。通倍エンコーダではさらに内挿誤差により出力相互位相差のバラツキが大きくなる。内挿誤差の主な要因は前述の入力信号の歪みにある。角度精度という観点から見れば出力相互位相差のバラツキの累積が真値からの偏差であり、バラツキを小さくすることは高精度化と等しい。図6に通倍用固定マスクを使用した場合と、従来マスクを使用した場合の1回転の出力相互位相差(実測値)を示す。図6から通倍用固定マスクの効果で出力相互位相差のバラツキが減少していることが判る。

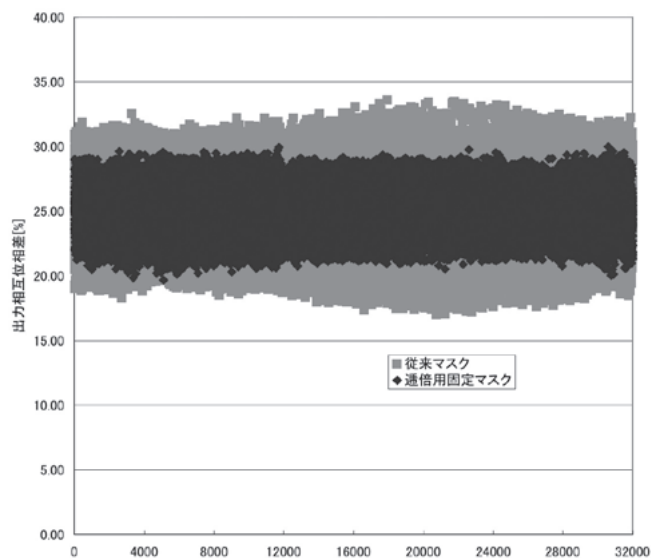


図6 出力相互位相差のマスクによる差(500×16 P/R)

4. むすび

高分解能化、小型化の要求を背景に開発した小型通倍インクリメンタルエンコーダ「PP031T」と「PP031H」の仕様と特長を紹介した。

本開発品ではディスクのスリット数を減らして回転ディスクと固定マスクとのギャップを広く設計し、電気通倍方式を採用することで高分解能化を実現した。また、PDIC化により部品を集積し小型化を実現した。PDICには調光機能を備え、LEDの発光効率低下に対して信頼性を確保した。加えて、通倍用の固定マスクを適用したことで、内挿誤差が減少し、信号の高精度化を実現した。

「PP031T」と「PP031H」は、業界トップクラスの性能を誇る「SANMOTION R」シリーズモータに搭載可能な小型高分解能インクリメンタルエンコーダとして、顧客装置の新たな可能性の追求に貢献できると考える。



莊司 祐大
2006年入社
サーボシステム事業部 設計第一部
エンコーダの開発、設計に従事。



伊藤 昭二
1980年入社
サーボシステム事業部 設計第一部
エンコーダの開発、設計に従事。



山崎 智仁
1998年入社
サーボシステム事業部 設計第一部
エンコーダの開発、設計に従事。