

# バッテリー不要多回転アブソリュートセンサの開発

根岸 徳行

## Development of a Battery-free Multi-turn Absolute Sensor

Yasuyuki NEGISHI

*In recent years, higher accuracy and better reliability are demanded to motors, especially stepping motors used in critical positioning applications. Such systems typically utilize absolute feedback with battery backup mounted on the motor that performs closed loop control. However, since the battery frequently needs to be replaced, a maintenance-free, battery-free, multi-turn absolute encoder is required.*

*From these requirements, a battery free, multi-turn absolute encoder, entitled the "ABZO sensor" was developed. The closed loop stepping motor system, the **AZ** series, adopted the sensor and is currently on the market.*

### 1. はじめに

近年、高い生産性が求められる装置などには主電源が切られても位置情報を保持し続けるシステムが求められることがあります。そのような装置に使われるモーターには、バッテリーを使用して多回転位置情報を保持し続けるバッテリーバックアップ方式エンコーダが広く使われています。オリエンタルモーターでもサーボモーターユニット、およびクロードループステッピングモーターユニット  $\alpha$ STEP などにこのシステムを使用しています。

しかし、主電源喪失後の位置情報の保持期間は、バッテリーの能力に依存し、エンコーダを使用したモーターでは、フル充電状態のバッテリーで2週間程度が限界です。通常の使用方法であれば、バッテリーが完全放電するまで主電源を切ったままにすることは少ないため、充電する手間はそれほどないと考えられます。しかし、長期休業や海外への輸送などでは復旧時に原点再調整が必要となる場合があります。さらに、近年ではバッテリーの輸送に関する規制が厳しくなりバッテリーを接続した状態での輸送は困難です。

また、バッテリーの寿命は3~4年程度であるため、定期的な交換が必要であり、そのたびに装置原点の再設定が必要となります。

バッテリーバックアップ方式はこれらの問題があるため、バッテリーを必要としない多回転アブソリュートエンコーダが求められ、歯車機構を用いた機械式多回転アブソリュートセンサが考案されました。しかし、機械式のセンサは構造が複雑で大型になり、高価なセンサとなって

しまうため、いまだに主流はバッテリーを使用したバッテリーバックアップシステムとなっています。そこでオリエンタルモーターは、高精度樹脂部品の採用と、小型化にこだわった機構設計を行いました。さらに、近年急速に進歩している磁気センサを併用することにより、小型で安価な多回転アブソリュートセンサの開発に成功しました(特許出願中)。オリエンタルモーターはこのセンサに「ABZO (アブゾ) センサ」という愛称を付けています(図1参照)。

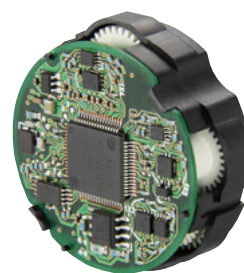


図1 ABZO センサ外観

このABZOセンサを搭載した「AZシリーズ」は、 $\alpha$ STEPの「チューニングレス」「高効率」などの特長を継承しつつ、バッテリー不要で多回転アブソリュートシステムを実現できるモーターです(図2参照)。

ここでは、このABZOセンサおよびAZシリーズについて説明します。



図2 AZシリーズ

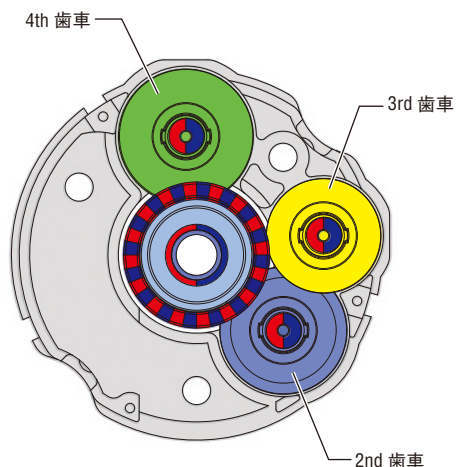


図4 歯車と磁石の設置状態

## 2. 「ABZOセンサ」の位置検出原理と構造

ABZOセンサは、1回転(360°)内の座標を、中央のモーターシャフトに設置した磁石と、その直上に設置した回路基板上の磁気センサで検出します。この磁石は、中心に2極の着磁面、外周に多極の着磁面を持つ特殊な磁石となっています(図3参照)。

中心の2極着磁面から出ている磁束の向きを読み取ることによって大まかな座標を検出し、同時に外周の多極着磁面から読み取れる磁束の位相と組み合わせ、精密な位置座標を算出する方式を採っています。

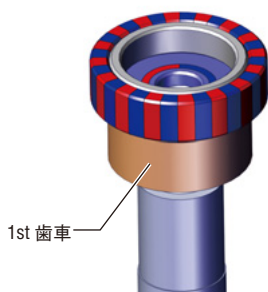


図3 モーターシャフトに設置した磁石と1st 歯車  
 ※図の青、赤部は磁石の極を表しています。  
 実際には色はついていません。

多回転座標の検出は、モーターシャフトに設置した先程の磁石と、その周りに配置した歯車に設置した磁石の、磁束の向きを読み取って検出しています。中心のモーターシャフトに1つの歯車(1st 歯車)を配し、その歯車から並列に2列の歯車列を持つ構造となっています。第1列は2段構成の歯車(1st/2nd 歯車、2nd/3rd 歯車)で、第2列は1段構成の歯車(1st/4th 歯車)を配しています(図4参照)。

それぞれの歯車対は歯数差を持っており、モーターシャフト1回転ごとにかみ合う歯車の位相が変化します。この歯数比から生じる位相差を利用して1歯(1ピッチ)単位で歯車位相を検出し、その位相の組み合わせから多回転座標を算出しています(図5参照)。

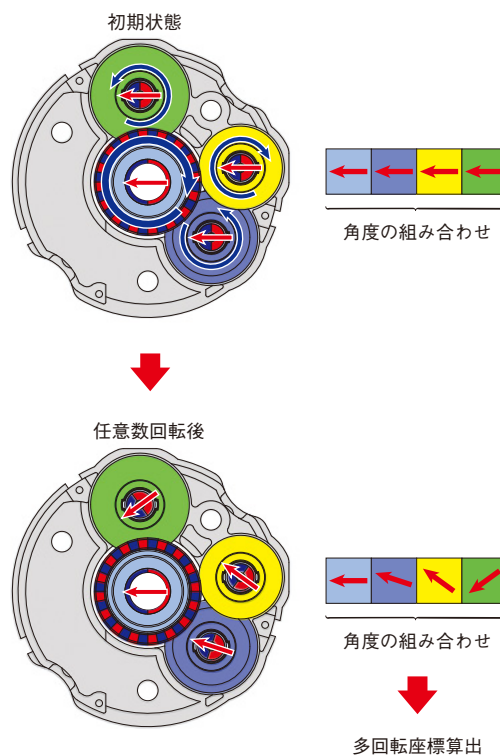


図5 多回転座標算出原理のイメージ

そのため、バックラッシは1ピッチ未満であれば検出が可能です。しかし、座標検出の誤差要因としてバックラッシのほかに複数の磁石が近接していることによる磁気干渉の影響や、部品精度に起因する誤差などが存在します。それらを考慮し、バックラッシは歯車1ピッチよりもさらに小さい設計値としています。

全歯車の位相は1800回転で初期の位相に戻るよう設計しています。これにより、ABZOセンサは1800回転分の多回転座標が検出可能です。多回転座標検出量1800回転という数は、オリエンタルモーターのギヤードモーター減速比バリエーションの公倍数となっており、ギヤヘッド出力軸での座標管理が容易になります。

多回転検出原理について例を用いてさらに詳細に説明します。

駆動側9枚、被動側10枚の歯車対があるとします。このとき、駆動側が1回転すると、被動側は1歯分の $36^\circ$  ( $360^\circ/10$ ) 少ない回転角 $324^\circ$ 回ります。これを繰り返すと歯車対の位置関係は、1回転ごとに $36^\circ$ ずれていき、10回転で元の位置関係に戻ります。

この歯車の組み合わせを使うと、10回転分の多回転座標を検出できます。この複数の歯車位相差から多回転座標を検出する原理は、時計の時針・分針・秒針のそれぞれの角度の組み合わせ(位相)から時刻を読み取る原理に似ています。

歯車とセンサ筐体には以下の理由から樹脂材料を採用しています。

- ・ ABZOセンサは磁石と磁気センサを用いており、構造体に磁性体を用いると磁束の向きに影響を及ぼし、位置検出が難しくなります。樹脂材料は非磁性のため、検出精度に影響を与えません。
- ・ 自己潤滑性があり、耐摩耗性に優れています。
- ・ 金属材料に比べてセンサ部を含むモーター重量を軽くでき、また歯車機構部の慣性モーメントを小さくできます。
- ・ センサ全体を小型にするため、磁気センサを実装した回路基板を歯車機構部に近接する構造としました。導体材料を使用すると、摩耗粉が生じた場合電子回路を短絡させる恐れがあります。
- ・ 摩耗粉の電子回路への侵入を防ごうとすると、構造が複雑化し、部品コストの上昇、組立性(生産性)の悪化につながります。

### 3. ABZOセンサの耐久性

これまで説明したとおり、ABZOセンサは歯車機構を用いて多回転位置検出を実現しています。ABZOセンサの歯車は、動力の伝達が目的ではなく、多回転検出のために歯車に位相差を持たせて回すだけの目的に使用しています。そのためほぼ無負荷の状態でも駆動しています。また、材料には自己潤滑性を有し耐摩耗性に優れた樹脂と樹脂専用グリースを使用し、高い耐久性をもたせています。

歯車の耐摩耗性と耐衝撃性の観点から、以下のように一方向連続運転試験と瞬時正逆運転試験を実施し、十分な耐久性があることを確認しました。

#### 1) 一方向連続運転試験

機構部温度(仕様上限温度)	85 [°C]
モーター回転速度	6000 [r/min]
試験時間	7000 [h]

上記の条件にて一定期間ごとにバックラッシを測定することで、歯車の歯面摩耗量の経時変化を調査しました。その結果、バックラッシに経時変化は認められませんでした。

#### 2) 瞬時正逆運転試験

機構部温度(仕様上限温度)	85 [°C]
モーター加速度(設定最大)	$5.46 \times 10^4$ [rad·s <sup>-2</sup> ]
正逆往復回数	$2.0 \times 10^8$

上記の条件にて試験を実施し、1)の試験結果と同様に、歯車間のバックラッシの初期的な増加、および経時変化は認められませんでした。

## 4. ABZOセンサを採用したAZシリーズの特長

AZシリーズは、バッテリー不要な多回転アブソリュートシステムを実現する、新開発ABZOセンサを実装したクローズドループステッピングモーターユニットです。

ABZOセンサ部でアブソリュート座標を検出でき、モーター内に原点を持つことができるため原点復帰運転が不要です。

あえて原点復帰運転を行う場合も、モーター内に原点を持つため、外部センサは不要です。

一般に外部センサを用いて高精度な原点復帰運転を行う際は、センサのON・OFF検出のサンプリング周期を考慮して極低速で原点復帰運転をする必要があります。場合によっては非常に長い時間を要します。また、原点復帰精度を向上させるためには、外部センサとZ相信号の併用や(図6参照)、押し当て原点復帰を用いるなどの工夫が必要です。

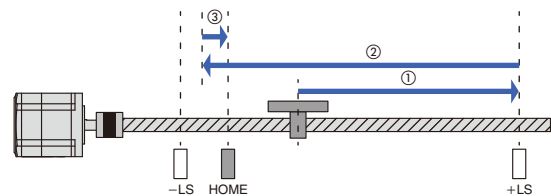


図6 これまでの制御モーターの原点検出

しかし、**AZ**シリーズを使用する場合は、速度やセンサ精度を気にする必要がありません。原点復帰の速度制限は、モーターが駆動できる範囲で自由に設定でき、モーターの位置決め精度をそのままに、高精度な原点復帰が可能です(図7参照)。

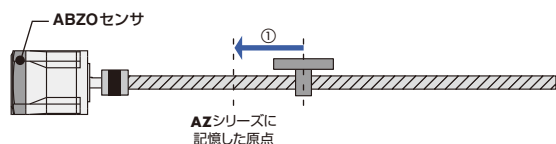


図7 AZシリーズの原点検出

また、装置側に設置するセンサ(リミットセンサなど)には光学式センサが使われることがしばしばあります。しかし光学式センサは、空気中のオイルミストやちりなどがセンサ故障の原因となったり、誤認識の原因となったりする場合があります。**AZ**シリーズを用いることでこれらのセンサを削減できるため、装置全体としてセンサ起因の不具合の影響を受けなくなります。

センサの削減はセンサ自体のコスト削減のほか、そのセンサに接続する配線コストの削減、配線作業に要する手間の削減につながります。また、装置原点を外部センサにて設定する場合、狙いの場所にセンサを設置する必要があり、微小距離の調整を必要とする場合があります。このような場合においても、**AZ**シリーズは「原点プリセット機能」により任意の点を容易に原点として設定でき、センサの設置調整の煩わしさがなく、調整に要するコストも削減できます。

さらに、バッテリーが不要であるため、バッテリー交換の必要がなくなり、交換コストを削減できます。また、バッテリー交換のためのアクセススペースを考慮する必要がなくなります。

また、バッテリーバックアップ方式のような位置情報保持期間に制限はなく、半永久的に位置情報を保持することが可能です。位置情報をモーター内に持つため、装置を一度分解し、モーターをドライバと完全に分離しても、位置情報は保たれます。たとえば、大型の装置を輸送する際に、制御盤と機構部を切り離れたのち、現地にて再組み上げを行うようなときにも、位置情報は保持されているため座標を再設定する必要がありません。

## 5. まとめ

新開発ABZOセンサを採用した**AZ**シリーズは、バッテリー不要な多回転アブソリュートシステムの構築を可能とします。また、外部センサの削減、メンテナンスコスト削減など、お客様の装置のトータルコストダウンに貢献できると考えられます。さらに、**αSTEP**で培ってきたクローズドループ制御による高信頼性と高効率技術を継承しつつ、シーケンス機能、各種モニタ機能等、「簡単・高機能・高性能」を提供します。

今後、このセンサの特長を生かした商品バリエーションの拡大を進めていきます。

筆者



根岸 徳行

MC 事業部