

ジャイロをめぐる小さな物語。

進化し続ける圧電振動ジャイロと
これからの応用展開。



それは「フーコーの振り子」 から始まった。

CFにも起用され、大きな話題となった自転車ロボット「ムラタセイサク君」。彼の倒れそうで倒れないユーモラスな自律低速走行を可能にしているのが、今回ご紹介するジャイロである。現在では自動車のナビゲーションシステムやビデオカメラの手振れ防止に幅広く活躍しているジャイロだが、その普及にいたるまでの物語を読み解くには、19世紀まで歴史を遡らなければならない。

プロローグの主人公は、地球の自転を知ることができる歴史上で、最も有名な振り子を発明したフランスの科学者フーコーである。

1851年、彼が発明した博物館などでお馴染みの巨大な「フーコーの振り子」は、当時理論的にはわかっていたがそれまで実証されていなかった地球の自転で生じる「コリオリの力」

をはじめて証明。これは天体を使わずに地球上の情報だけで、地球の自転速度の測定を可能にした物理学的なエポックメイキングであり、さらに彼はその1年後に、いわゆる地球ゴマのような装置「ジャイロスコープ」を、やはり歴史上はじめて作っている。これは回転するジャイロが一定方向を保持する性質を利用して、今度は地球の自転を可視化しようとした試みであり、地球の運動を「見るもの」として「ジャイロスコープ」という名が付けられたという。

150年以上前にフーコーにより作り出された大きな振り子とジャイロスコープ。この2つの装置が現代のジャイロにつながっていく。20世紀に入り、まずジャイロスコープの原理を利用した船舶用のコマ型ジャイロコンパスが発明され、1950年代には機械式のジャイロが主に軍事用として船舶や航空機に利用され、1970年代に入るとロケットや民間航空機

などにも搭載されるようになる。

またこの頃には「コリオリの力」を利用した振動型やレーザーを利用した光ファイバー型など、それまでの機械式のように回転する駆動部分を持たない新方式のジャイロも次々と開発されていった。

しかし、それらの用途は依然特殊な用途に限られており、ゆえに非常に高価で、一般用機器に普及するためには、まだ、あるひとつの革新を待たなければならなかった。

1989年、村田製作所は、圧電セラミックスを応用した圧電振動ジャイロ「ジャイロスター®」の実用化に成功。これは振動ジャイロの一種で、それまでのジャイロでは不可能であった小型化、軽量化、ローコスト化を一挙に実現した快挙であり、この革新を契機にジャイロの一般用機器への普及が急速に加速していった。

圧電振動ジャイロの原理と商品化への道程。

バイモルフ振動子という新たな革新。

それでは「ジャイロスター®」に新しく採用されたバイモルフ振動子とは、どのような振動子なのだろう。

2を意味する「バイ」という言葉からもわかるように、2枚の圧電セラミックスを貼りあわせた構造で、圧電セラミックスの分極が互いに向き合うように接合されている。この圧電セラミックスに電圧を加えると、一方の圧電セラミックスが伸び、他方が縮むように設計されており、屈曲振動による効率的な駆動がおこなえる。

また振動子の駆動は、振動子上面に形成された左右2つの電極に電圧を加えておこなうが、角速度の検出も駆動と同様に振動子上面の左右の電極でおこなうようになっている。（※図1参照）

このように駆動と検出を兼用している点については、初代モデルの三角柱振動子タイプと同じ構成であり、回路が大幅に簡素化できるという大きなメリットもしっかりと継承している。ではバイモルフ振動子はどのように作られるのだろうか。その製造プロセスを紹介しておこう。

- ①ユニットと呼ばれる30mm×40mmの平板セラミックスの両面に電極形成をおこない高電圧をかけて分極。
- ②分極された2枚の圧電セラミックス板を分極方向が互いに逆方向になるように接着。
- ③接着された圧電セラミックスを1μ以下の加工精度で、個々の振動子サイズにダイシングカット。
- ④同時に振動子の表面中央に溝を入れ、上面電極を左右の2つに分割し、裏面と合わせ3つの電極を形成。

以上のようなプロセスで、1つの振動子が完成する。バイモルフタイプの大きな特徴である側面に電極がなく、平面的な構造は、振動子の加工を容易にするだけでなく、ローコスト化には不可欠な製品組み立ての簡素化にも大きく貢献している。

さらに小さく、高精度に、しかもローコストで。

れた振動子を直接回路基板上に搭載することが可能になった。また振動子の調整工程と回路の見直しにより、回路部品点数の削減にも成功している。

さらに振動子と回路が搭載されている回路基板を金属キャップで覆うキャップベース構造を採用したことにより、これまで外形を形成していた樹脂部品が不必要になり、構造の簡略化と部品点数の削減も実現している。

そして、もうひとつの大きな改良がSMD化である。これまでの振動ジャイロは大きさの制限からピンタイプが主であり、主に手作業によりハンダ実装する必要があったが、表面実装に対応することにより、自動マウンターによる高速、高密度実装を可能にした。

また無鉛ハンダによるリフロー炉でのハンダ付けにも対応できるように、耐熱温度を向上。内部回路に使用しているはんだも無鉛ハンダを使用しているという。

このニューモデルの体積は、約0.2cc。小型であることが大きなメリットであった従来モデルよりも、さらに体積

を約40%も削減している。

このようにさらに小さく進化した「ジャイロスター®」は、これまで蓄積されてきた小型化と生産性の高い設計コンセプト、生産技術のノウハウを引き継ぎながら、新たなコンセプトを導入することで、超小型化を実現した画期的なモデルといえるだろう。一般的に小型化することにより、感度の低下やS/N比の悪化などが問題になることがあるが、新しい「ジャイロスター®」は、旧モデルと同等の基本性能を実現。しかも振動子が小型化されたことで、応答性は旧モデルに比べて大幅に改善されているという。

＊ ＊ ＊
約150年前の「フーコーの振り子」の原理は、圧電振動ジャイロに応用され、現在ではわずか10mmのセラミックスの振動子が、さまざまな機器の中で、振り子と同じ役割を果たしている。ここまでの角速度センサの普及は、圧電振動ジャイロの小型化、高精度化、ローコスト化の実現なしにはありえなかったともいえる。

今後の応用展開としては、今回の「ジャイロスター®」の主な市場である一般用機器用途だけでも、急速に普及しつつあるデジタルカメラへの手ぶれ補正技術への応用をはじめ、各種ロボットやラジコン模型の運動制御、ポインティングデバイス、ヘッドマウントディスプレイ、電子機器とのヒューマンインターフェイス技術への応用などが考えられており、その活躍が期待されている領域はこれからさらに大きく広がっていくだろう。

ENC-03M	ENC-03J(従来品)
キャップ	表ぶた
支持ピン	支持ピン
振動子	振動子
	センサ胴体
HIC基板	HIC基板
	裏ぶた