

# 自動車用ジャイロセンサ

## エプソントヨコム

### 1. はじめに

エプソントヨコムは、セイコーエプソンの水晶事業と東洋通信機が2005年10月1日に事業統合して誕生した、水晶デバイス事業を展開する会社である。

当社は、TD：Timing Devices（水晶振動子、水晶発振器など）、SD：Sensing Devices（ジャイロセンサなど）、OD：Optical Devices（光学部品など）の3つのデバイス（3D）を柱とし、様々な分野に対し、水晶デバイス商品を供給している。

当社の自動車用水晶デバイス分野において、前述したSDのジャイロセンサについて紹介する。

ジャイロセンサは、自動車用としては、自動車の回転運動を検知する用途で使われる。カーナビ用途では自動車の進路の変更を、車両制御用途では自動車の細かな挙動を計測する。当社では、現在カーナビ向けのジャイロセンサ「XV-8000」シリーズを実用化している。本稿では、水晶を使ったジャイロセンサの用途や基本的な構造を解説する。

### 2. 自動車用ジャイロセンサの用途

水晶やセラミックス、Si、エリンパといった金属など、ジャイロセンサの素子素材には多々あるが、当社が採用している水晶には、温度に対する安定性が高いという特徴がある。

ジャイロセンサは、自動車の運転を支援する電子部品の1つで、大きく分けるとカーナビ用と車両制御用の2種類になる。

カーナビ用のジャイロセンサは、自動車の進行方向の変化を検出することで、現在地を特定するものである。例えばトンネル内など、GPSを受信できないエリアでは、ジャイロセンサを用いることで、トンネル内に左右の分岐点がある場合でも、どちらに進んだのかを把握することが可能になる。

一方、車両制御用のジャイロセンサは、荒れた道での車両の挙動を検出する用途に使う。車両が不安定な

場合は、4輪に個別にブレーキをかけることで車両の挙動を安定させて、運転を支援する。

ジャイロセンサは、単位時間当たりの回転量を示す角速度（角度/s）を計測する。角速度は、計測する方向に応じて、ヨーやピッチ、ロールがあるが、これら3軸のうち、最も多く使われているのがヨーの検出である。自動車の走行路は基本的に平面である場合が多いため、平面上で左右に曲がる角度を求めることで、操作性や快適性を向上する。凹凸のある道を走れば、前後の回転であるピッチや、左右方向の回転であるロールが多くなるため、立体的な回転も検知して回転を抑える必要性も高まる。しかし多くのメーカーは、ジャイロセンサを多く搭載するとコストも高くなることから、ヨーの検出の優先順位を高くしている。

ジャイロセンサとしばしば混同されるセンサとして、加速度センサがある。加速度センサは直線運動や重力方向をよく計測できるが、角速度のような回転運動の計測は苦手である。運動を表現する上で、加速度と角速度は異なる物理量として、1台の自動車に加速度センサとジャイロセンサの両方を搭載するケースが多い。

現在のカーナビゲーションシステムの多くは、すでに1軸（ヨー）のジャイロセンサを備えている。一方で、価格を抑えた汎用タイプのパーソナルナビゲーションデバイス（PND）へのジャイロセンサの搭載は始まったばかりである。日本国内市場では、ソニーが2007年11月に発売したPND「NV-U2」において、PNDとしては業界で初めてジャイロセンサを備えた。

ジャイロセンサは、横滑り防止装置（ESC）にも使われている（図1）。自動車のステアリングホイールの切れ角と、ヨーの値を比較することで、自動車の挙動が適正かどうかを判定する。ステアリングホイールを少ししか切っていないのに大きなヨーレートが発生した場合などは、自動車の横滑りが発生したと検知する。

最近では、ESCを発展させ、積極的に車両の挙動を安定させるためのビークルスタビリティコントロールシ

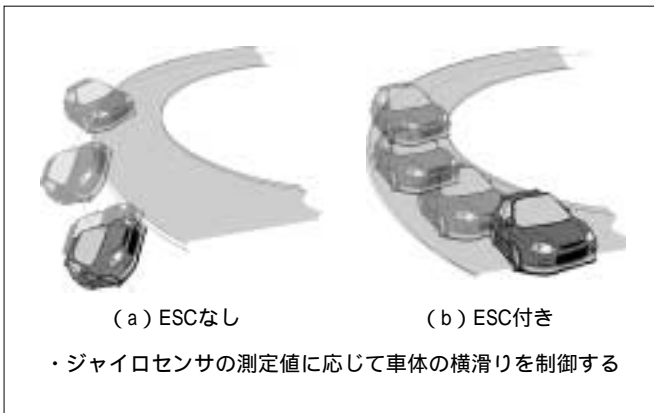


図1 ESCの効果

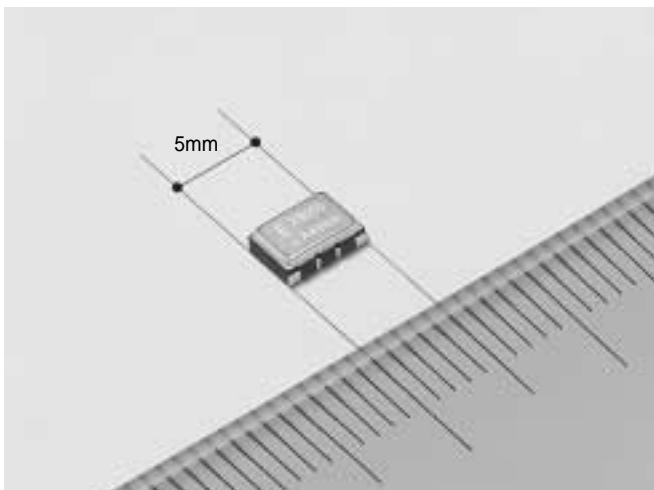


写真1 「XV-8000CB」

システムが採用されるようになってきた。これは、ESCを応用し、4輪に個別に油圧ブレーキをかけることで車両の挙動を安定化させるものである。

### 3. エプソントヨコムのジャイロセンサ

当社では、カーナビゲーションの測位手法であるDR (Dead Reckoning : 推測航法) 向けとして最適かつ、システムの高性能化が実現可能な、世界最小サイズの超小型・薄型の高精度ジャイロセンサ「XV-8000CB」を商品化し、2006年12月よりサンプル対応を開始した。

本製品は、水晶を用いたジャイロ素子の優れた安定性に加え、当社独自の高度な水晶微細加工技術/低消費電力アナログ回路技術/パッケージング技術を駆使し、高精度でありながら世界最小サイズ (5.0×3.2×1.3mm) を実現した。また、独自の素子構造を採用したことにより、耐振動・耐衝撃特性に優れた構造を持っている。

カーナビゲーションを中心とするGPSアプリケーション

表1 「XV-8000」シリーズの主な仕様

| 項目             | 仕様   |
|----------------|--|
| 電源電圧 (V)       | 4.75 ~ 5.25  |
| 使用温度範囲 ( )     | -40 ~ 85   |
| 感度 (mV/deg./s) | 25.0   |
| 0点電圧 (V)       | 2.5  |
| 0点電圧温度変化量 (%)  | ± 3.5  |
| 検出範囲 (deg./s)  | ± 60   |
| 外形寸法 (mm)      | 5.0×3.2×1.3t (XV-8000CB)<br>6.0×4.8×3.3t (XV-8000LK) |



写真2 「XV-8000LK」

ンでは、さらなる高機能・高精度化が要求されており、本製品の超小型・薄型構造はセットの高密度化に寄与し、設計自由度を向上させ、システムの高機能化に貢献すると考える (写真1、表1)。

また、当社はカーナビ向けジャイロセンサの取り組みとして、傾けて実装できる「XV-8000LK」も用意している (写真2)。

自動車のインパネは、内部に多くの部品があるため、カーナビ本体の設置面は傾いているケースが多い。一般的に、取り付けられたダッシュボードの形状により傾いたジャイロセンサは、DRソフトウェアで補正することでDRの精度を高めている。しかし、ダッシュボードの傾きによっては、DRソフトウェアでは十分に補正しきれない場合もあり、ジャイロセンサそのものの傾斜実装への市場要求があった。

XV-8000LKは、取り付け角度の自由度をさらに向上させるため、センサを傾斜させて実装した製品である。センサの設置面を10度もしくは20度傾けることで、水平の基板の上にセンサを搭載するのと同じように組み込める。

### 4. ジャイロセンサの原理

ジャイロセンサは、センサ本体の回転量を電気信号



に変換することで角速度として算出する。代表的なジャイロセンサの構造が、センサ内部の振動を利用する振動ジャイロと呼ばれるものである。

センサに外から回転力が加わると、センサ内の振動する部位に垂直方向に“コリオリの力”と呼ばれる力が発生する(図2)。

コリオリの力とは、19世紀にフランスの物理学者Gaspard-Gustave de Coriolisが提唱した物理量で、回転する座標系で作用する慣性力を示す。コリオリの力は、センサ内に新たな振動を発生させ、この振動から角速度を求めることができる。

XV-8000シリーズは、内部の振動部に水晶素材を使用し、当社オリジナルのT字型の水晶を並べた“ダブルT字構造”を採用している。ダブルT字構造は左右対称であり、外部からの加速度や衝撃に影響されにくいというメリットがある。センサ部が外部からの振動に影響されやすいと、振動から回転量を求める時の誤差が大きくなってしまふ。

当社のジャイロセンサは“駆動アーム”と“検出アーム”、中心にある“固定部”によって構成されている(図3)。センサを動作させると、駆動アームに交番振動電界をかけて、駆動アームを常時左右に振動させておく。この時駆動アームの一方が左に動くとき、もう一方は右に動く。左右の駆動アームは対称に動くため、中心にある固定部に力がかからず、固定部は動かない。

次に、外からセンサに回転力が加わると、駆動アームは左右の動きを継続しながらもコリオリの力が働くため、上下にも振動する。

駆動アームの上下の振動は、片方が上に動いた時はもう一方は下に動く。駆動アームが上下に振動すると固定部にも回転する力が加わり、固定部が回転する。固定部が回転することで、検出アームは

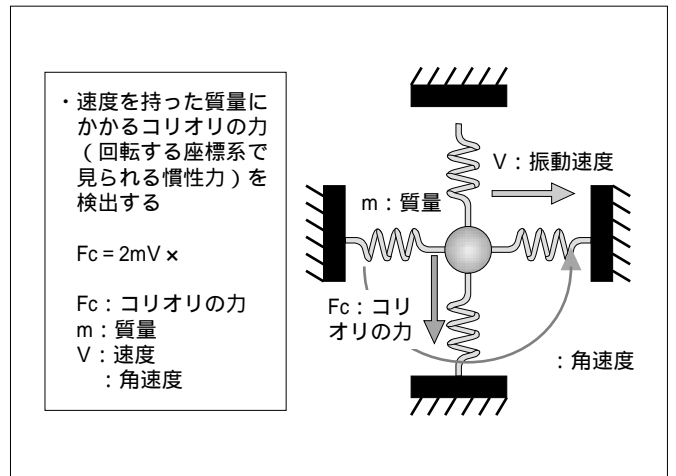


図2 コリオリの力

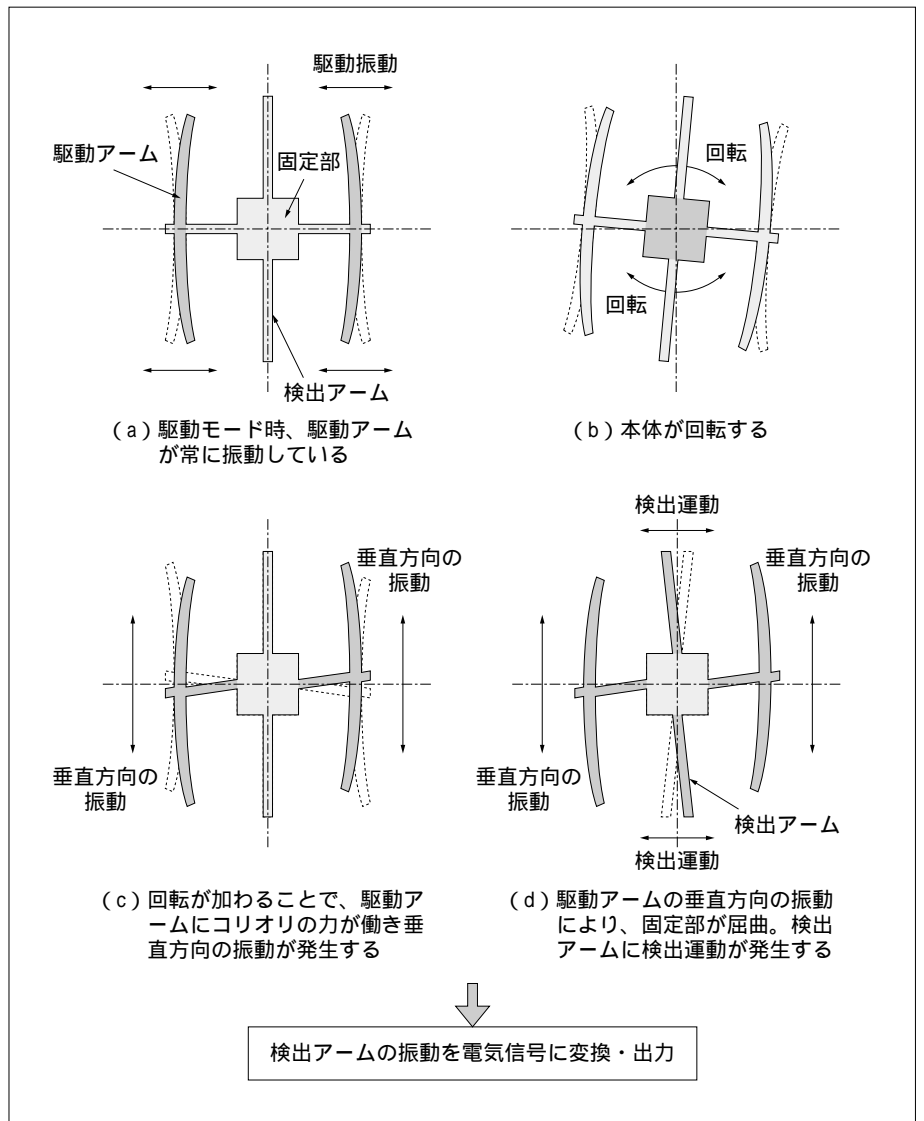


図3 ジャイロセンサの構造と原理

左右に振動を始める。この振動を、電荷の変化に置き換えることで、センサに加わった回転の角速度が求められる。ジャイロセンサの信号処理の流れは、次のようになる(図4)。

発振回路で、一定の電流を流して駆動アームを振動させる。

外部から回転力(角速度)を受ける。

コリオリの力が発生する。

コリオリの力で検出アームの振動を検出する。

検出した信号を増幅して、波形を補正する。

駆動アームの振動位相を90度ずらしたものを、検出アームの振動波形と比較して、角速度を算出する。例えば、検出アームの振動では、回転角-30度(左向き30度)と30度(右向き30度)の回転では異なる位相の信号が出力される。これと駆動振動の波形を比較することで、正確な角速度と回転方向が求められる。

角速度を出力する。

### 5. ジャイロセンサ素子の製造方法

当社は水晶の加工法として、従来の“機械加工”ではなく、“フォトリソグラフィ加工”を用いている(図5)。

機械加工は、水晶のウェーハを機械で細かく切断し、これをドラムに入れて回転することで摩擦加工する。この方法では、水晶チップの面方向にばらつきがあり、ジャイロセンサで用いるような、小型で複雑な形状の加工には向かない。

フォトリソ加工は、半導体製造技術のMEMS(Micro Electro Mechanical System)を応用し、水晶のウェーハ上に膜を形成し、その上に回路パターンを書き込んだ感光膜を形成する。感光膜に光を当てることで、光の当たった感光部と、当たらなかった部分に分けられる。

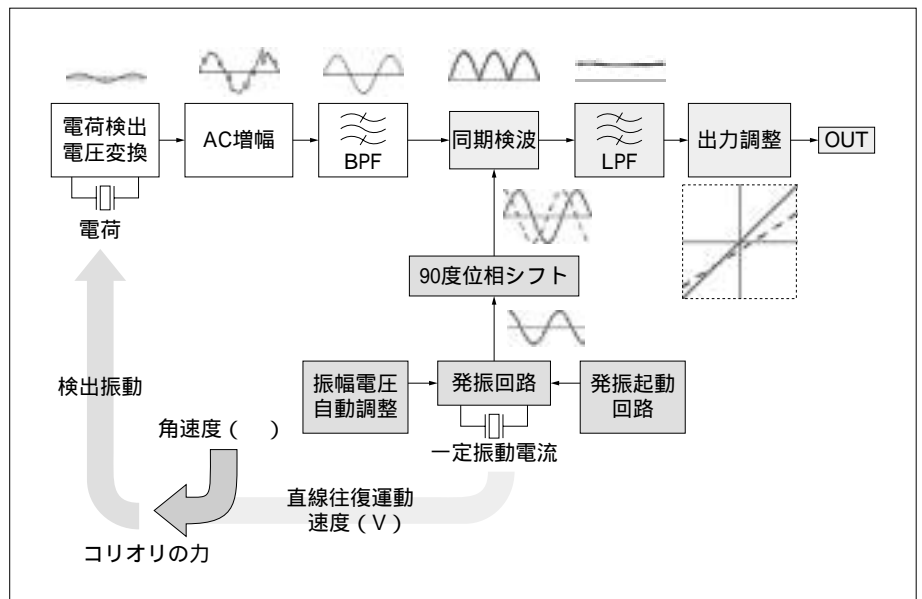


図4 センサの信号処理(センサ用LSI)

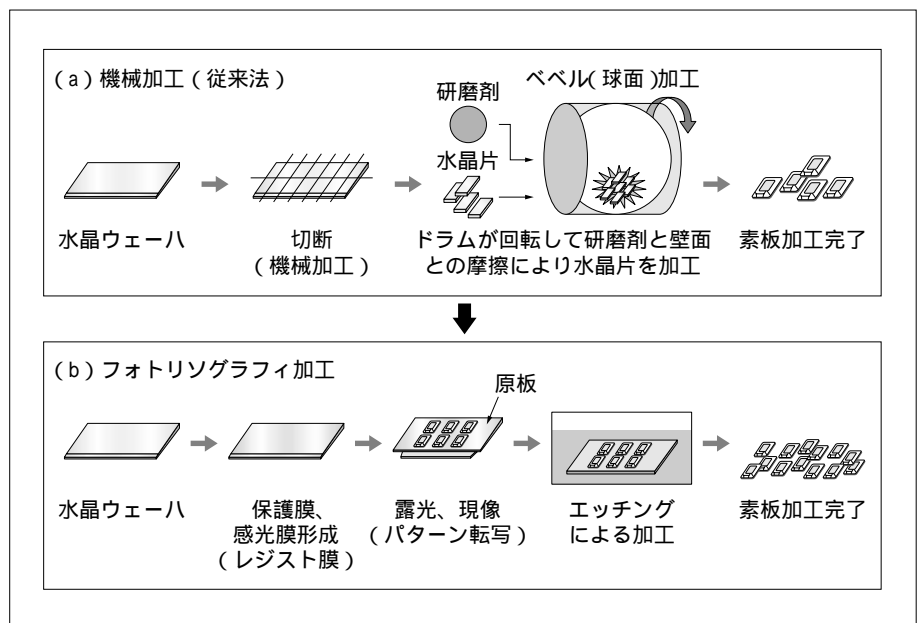


図5 「QMEMS」水晶加工方法

化学反応(エッチング)で光が当たった感光部を取り除くことで、3次元の回路パターンが残る。最後に回路パターンに沿って、各チップに切断することで水晶チップが完成する。

当社は、フォトリソ加工を用いた水晶の加工技術を「QMEMS」<sup>注</sup>と呼んでいる。高精度で温度安定性に優れたQUARTZ(水晶)と、MEMSを組み合わせた造語である。

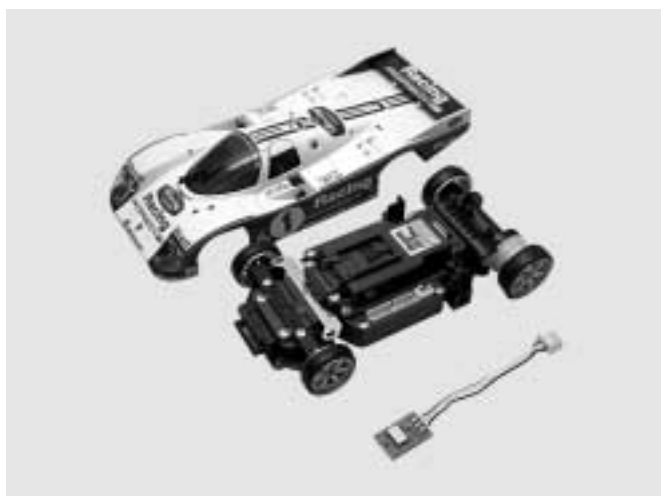


写真3 当社ジャイロセンサを使用したラジオコントロールカー

## 6. おわりに

ジャイロセンサは今後、自動車の車両制御との結びつきを強めると考えられる。

例えば今後、カーナビに地図の立体表示が増えることで、地図データから登りや降りを予測して、エンジンやブレーキ操作を支援する機能も技術的には可能になる。ジャイロセンサを組み合わせると走行時の路面の傾斜を測定することで、GPSの位置特定機能をより高めることができる。

ジャイロセンサによる乗り心地の改善も挙げられる。ジャイロセンサで、車体のロールやピッチなどの揺れを検知することで、揺れを抑える動きも可能である。現在でも、ゴルフ場のカートや農工機、電動車いすなどに採用されている例があり、近い将来は乗用車への採用も見込まれている。

また、自動車用途ではないが、2008年4月に娯楽用のラジオコントロールカーの制御用に当社のジャイロセンサが採用された（写真3）。

センサ本体の展望としては、小型化を進めたい。カーナビメーカーにとっては、センサを小型化することで、搭載は容易になる。ただし、サイズを小さくしても、ノイズ特性や温度特性、感度などの性能は継承したいと考えている。

当社では、当社オリジナルのQMEMSに代表される技術を用い、常に最小・高性能な水晶デバイスの提供を実現できるよう、商品開発を進めている。この活動を通じて、水晶デバイスユーザーの機能向上と性能向上、ユーザーの使いやすさに貢献できることを切望している。

注：「QMEMS」はエプソントヨコム(株)の登録商標である。