

ECF ジェットを用いた液体マイクロレートジャイロ

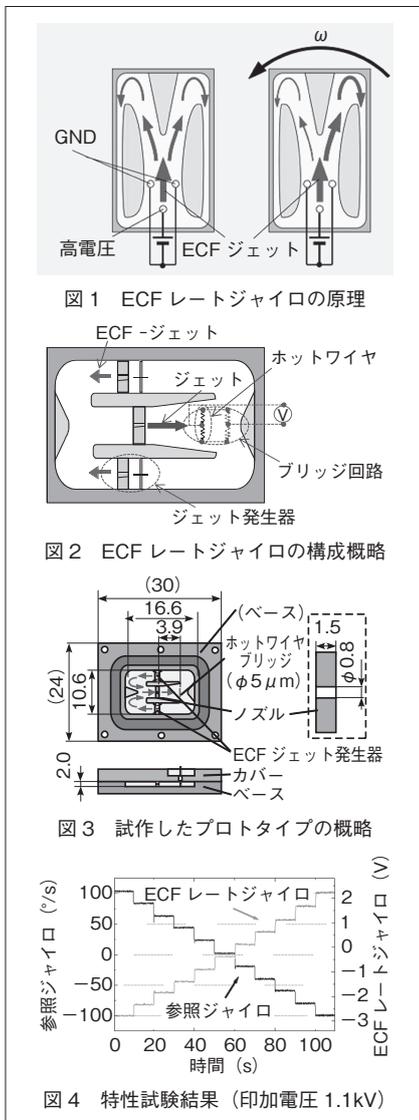


図1 ECF レートジャイロの原理

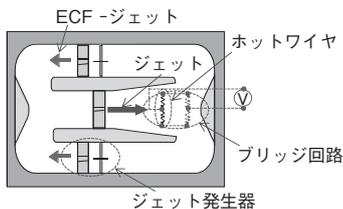


図2 ECF レートジャイロの構成概略

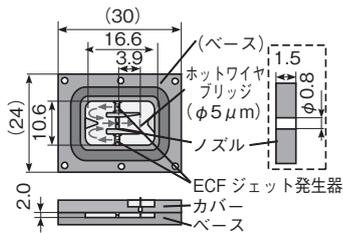


図3 試作したプロトタイプ概略

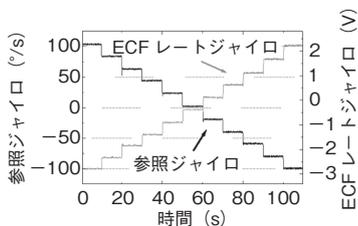


図4 特性試験結果 (印加電圧 1.1kV)

1. はじめに

レートジャイロとは、空間内に原点をとくに定めることなく、物体の回転に伴う角速度を計測するセンサ⁽¹⁾である。回転に伴うコリオリ力を計測原理に用いるものが多い。従来、ジャイロスコープは主に船舶、航空、宇宙分野で使用され、光学式や機械式などが用いられてきた。これらは高精度であるが、一般に大形で高価であるため、一般産業用には不向きである。しかし近年、ジャイロスコープの使用用途は、カメラの手振れ補正やカーナビゲーションシステム、自動車のスピンを防ぐためのヨーレート制御などにも広がりを見せ、小形で安価なジャイロスコープへの関心が高まっている。

現在、小形で低価格であることが要

求される分野で標準的に用いられているのが振動式ジャイロ⁽¹⁾であるが、精度が低く、センサ内部に振動要素を有するため、外部振動との共振の問題がある。いっぽう、耐衝撃性が要求される特殊分野でよく用いられているのがガスレートジャイロ⁽¹⁾である。ガスレートジャイロは、耐振動性、耐衝撃性に優れているが、ガス流を発生させるためのポンプが必要なため、小形化に限界があり、また高価である。

著者らは、ガスレートジャイロの長所を持ち、小形で安価なレートジャイロとして、以下の液体ジェット駆動のECFマイクロレートジャイロ⁽²⁾を提案している。

ここで液体ジェットマイクロレートジャイロに用いている電界共役流体 (Electro-Conjugate Fluid, 以下 ECF) は、直流高電圧の印加によって電極対間に活発なジェット流を発生する機能性流体で、著者らによりマイクロモータなどのマイクロパワー源およびマイクロセンサへの適用可能性が示されている。図1に示すように、このジェット流に角速度が加わった際のコリオリ力による偏流を検知することでレートジャイロとしての機能を発揮する。この ECF ジェットを応用することにより、駆動方式がシンプルになり、かさばるポンプを内蔵せず、部品点数が激減してマイクロ化が図れる可能性がある。このレートジャイロは原理上、極薄 (厚さ 1mm) かつ 1cm 四方程度に小さく造れることが大きな特長である。また、本方式によるレートジャイロは回転機構、振動要素などの機械的可動部を有しないことによる高い耐振動・衝撃性を有すること、また微小化するほど高パワー密度化するという優れた特性も有しているため、現在のマイクロジャイロの主流となっている振動ジャイロの欠点を解決し、次世代マイクロレートジャイロのスタンダードとなりうる優れた技術シーズである。

2. 動作原理と構成

図2に本研究で提案する小形極薄 ECF レートジャイロの構成概略図を示す。ECF レートジャイロは、ジェット発生部、壁を隔てて三つに分けられた流路部、ノズル部、2本のセンシング用ホットワイヤおよび内部に充填された ECF から構成されている。電極対に直流高電圧を印加すると、ECF

効果によりジェット流が生じ、内部を循環する。この状態において図1の右のように紙面に垂直な z 軸まわりに角速度が加わると、 z 軸とノズル後方で流れ方向に互いに直交する方向 (外積方向) にコリオリ力が生じ、中央の流路において偏流が生じる。この偏流量をなんらかの方法で検出することにより、入力された角速度を検出できる。偏流の検出方法は、図2に示すように、ガスレートジャイロ⁽¹⁾で採用されている方法と同様に2本のホットワイヤによるブリッジ回路を用いている。

3. プロトタイプの試作および実験

図3のように、ECF マイクロレートジャイロのプロトタイプを試作した。

CW (Clock Wise: 時計回り) 方向に角速度を印加してリファレンス用 MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) ジャイロの出力とプロトタイプの出力を比較した。

特性試験の結果を図4に示す。アンプの特性が逆符号のため出力は参照値に対して反転しているが、図より十分な精度が得られていることがわかる。現在、目標値として、寸法 $15 \times 10 \times 1.0$ mm 以下、検出範囲 $\pm 100^\circ/\text{s}$ 、バイアス $1000^\circ/\text{h}$ 以下、周波数特性 10Hz 以上、直線性 0.5% 以下を目指しており、十分達成できると考えている。

4. おわりに

ECF レートジャイロの小形極薄軽量および低価格である特徴を考えると、振動ジャイロに次ぐ新方式のジャイロとして具体化されることにより、自動車への応用はもとより、ウェアラブルなレートジャイロとして、ロボットへの採用、人体運動計測といったこれまで用いられなかった新しい分野への適用が促進され、また、マルチセンサ化が進むなど、レートジャイロの使い方に革命を起こす可能性を持つと考えている。

(原稿受付 2009年8月17日)

[横田 眞一 東京工業大学 精密工学研究所]

●文 献

- (1) 多摩川精機(株)編, ジャイロ活用技術入門, (2002), 工業調査会.
- (2) 横田眞一・今村恒彦・鈴木 守・竹村研治郎・枝村一弥・熊谷秀夫, 電界共役流体を用いたマイクロ液体レートジャイロの研究, 日本機械学会論文集, 75-750, C (2009), 496.