

ジャーク/加加速度の直接検出と応用

1. はじめに

ジャークとは加速度の時間的変化の割合、すなわち加速度を時間で微分した値のことである。日本語では加加速度あるいは躍度とも呼ばれている物理量である。英語で“jerk”という、「ぐいっと引くこと、急に動くこと」を意味し、重量挙げの種目のクリーン&ジャークもこの言葉からきている。

運動の基本式であるニュートンの運動方程式は加速度で表されているため、たとえ理工学系の大学生であったとしても一般的には加速度までしか習わない。そのため通常の研究者や技術者にはジャークという概念や言葉がなかなか普及しておらず、ましてや一般の人がジャークとして運動を認識することはない。これまでも振動を制御したり、乗り物の乗り心地をよくしたりするのにジャークは利用されているが、振動現象のより高度な評価、微振動の検出、ゆっくりした運動変化の検出、質点や構造体のさまざまな運動の解析や評価、衝撃の評価など、ジャークを利用すれば、速度や加速度までの物理量で議論するよりもさらに高度な学術的・工業的展開の可能性が有る。また人間は加速度よりもジャークに対する感覚が高いということも着目すべき点であり、ジャークの利用は人間工学やスポーツ工学あるいは医療/福祉分野の発展に寄与する可能性もある。

しかし残念ながら、現在はジャークを直接計測できるセンサはまだ市販されていない。電車やエレベータの乗り心地の制御、あるいは超精密NC工作機械の工具送り速度制御などで利用されているジャーク量は加速度センサの出力を微分するか、あるいはあらかじめ決められた経路や入力信号の軌道から予測されるジャークを算出して用いられており、ジャークを直接に計測して利用しているわけではない。ジャークセンサとして特許申請されている技術はいくつかあるが、その中でさえも

加速度出力を電気回路で微分信号に変換しているものもあり、純粋にジャークセンサと呼べるものは少ない。

ジャークセンサの研究例はいくつかあり、自動車の横滑りの検出や建築構造物の損傷の検出などに応用されている。しかしながら実用的な製品としてジャークを直接に計測して利用している例は見当たらない。ここでは圧電体を用いたジャークセンサの研究⁽¹⁾について紹介する。

2. 圧電式ジャークセンサの研究

図1は圧電式ジャークセンサの測定原理図である。構造は通常の圧電式加速度センサと同じである。本図において被測定対象が上下振動するとセンサの内部慣性が慣性力で圧電体をひずませ、圧電効果によって電荷が発生する。電荷量はひずみ量に比例するため、結果として加速度に比例する。このとき圧電体の両端電極を導電線で短絡すると、発生した電荷は導電線内を流れる。電荷の変化の割合すなわち時間微分が電流であるから、電流は加速度の時間微分値すなわちジャークに比例することになる。これがこの圧電式ジャークセンサの測定原理である。

筆者がこの測定原理のアイデアを思いついたときには、このような単純なことでジャークが測れるわけがないだろうと考えていた。しかし実際に図2のようなバイモルフ型の実験装置を用いて加振機で正弦波状に圧電素子を加振してみると、加振運動のジャーク量に対してゲインと位相ともに、測定した範囲内において周波数依存性がなく高い線形性を有することがわかり、原理的な有効性を確認することができた。

図1の測定原理は市販されている内蔵アンプを有さない電荷出力型の加速度ピックアップにもそのまま適用できる。そのため、新しくセンサのピックアップ部分を作製せずとも市販の加速度センサ素子を使えるというのも、この測定原理の利点である。図3は実際

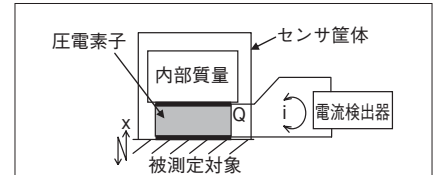


図1 圧電式ジャークセンサの測定原理

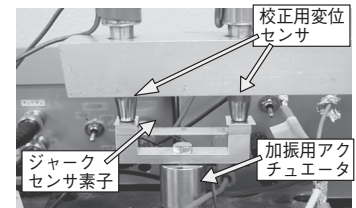


図2 バイモルフ素子による試作検証実験装置

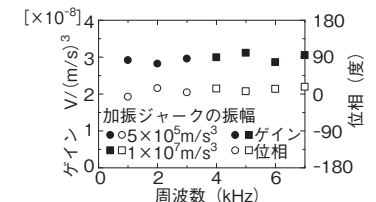


図3 圧電式ジャークセンサの周波数特性

に市販の加速度ピックアップ素子を用いて、本原理によってジャークを計測したときの周波数特性結果である。ゲインと位相ともに測定した範囲内で周波数依存性のない良好な線形出力が得られることが示されている。

3. おわりに

現在はセンサ感度を向上させるようにセンサ構造や計測回路などを検討中であり、将来的にはエレベータや車両の運動などのリアルタイムフィードバック制御などに応用できるようにしていきたい。ジャークという概念がより一般に浸透して広い分野で利用され、工業の発展に寄与することを希望する。

(原稿受付 2008年10月15日)

[辺見信彦 信州大学]

●文献

- (1) Henmi, N., ほか, A Study of a Piezoelectric Jerk Sensor—Improvement of Frequency Response—, Proc. ICMDT2007, (2007-5), B10, CD-R.