ご購入はこちら

スポーツ×エレクトロニクス

第2回　ペダルを漕ぐ力をひずみゲージで3次元解析する

桐山 善守

写真1　ひずみゲージを使えばペダリング時の踏力を解析して選手にフィードバックできる

力（Force）は，物体を動かしたり変形させたりすることができます．雑誌を手に持ち，ページをめくることができるのも，手や指先から適切な力を発揮することができるからです．この力を計測することができれば，身体の負担や身体動作のパフォーマンスを評価できます．力の計測にはさまざまな方法がありますが，ここではひずみゲージ（strain gauge）を利用した力の計測方法とその応用例として自転車をこぐ場合のペダリング踏力の計測について紹介します（**写真1**）．

ひずみゲージで力を測るための3要点

● 物は外力が加わると変形する

ひずみとは，元の長さ（l）に対する変化量（Δl）の比を表す物理量で，

$\varepsilon (= \Delta l / l)$

として定義されます．

誤解を恐れずに言えば，ひずみゲージの計測原理はそれほど難しいものでありません．力の作用する物体にひずみゲージを貼付し，ひずみゲージを介してその物体に力が作用したときの変形（ひずみ）を電圧として取得します．得られたひずみと物体の構造や材質との関係から力を計測できます．つまり，ひずみゲージを用いて力を計測するには，

①ひずみゲージと電圧の関係
②ひずみと力の関係
③ひずみと物体の関係

の3つの関係が分かればよいのです．

①ひずみゲージと電圧の関係

ひずみゲージは，センサ部にひずみが生じると電気的抵抗が変化することを利用したセンサです．**図1**のように，非常に細い金属抵抗線を薄片上に接着したものが一般的であり，ひずみゲージを取り付けた物体が変形すると，それに応じてこの金属抵抗線も伸び縮みすることで抵抗値が変化します．

元の抵抗値をR［Ω］とすると，ひずみεとこのひずみが生じたことによるRの微小変化ΔRとの関係は，次式で表されます．

$$\Delta R = K R \varepsilon \quad \cdots\cdots (1)$$

ここでKはゲージ率と呼ばれ，ひずみゲージの感度を表しています．この値は，ひずみゲージの抵抗線の材料によって決まる値であり，購入したひずみゲージの資料などに記載されています．ひずみが生じることで，抵抗がRから$R+\Delta R$に変化するので，一定の電流が流れている回路であれば，ΔRに応じて電圧が変化することになります．

②ひずみゲージと力の関係（力の計測方法）

ひずみゲージは，ひずみを計測しているのであって，力そのものを計測しているわけではありません．

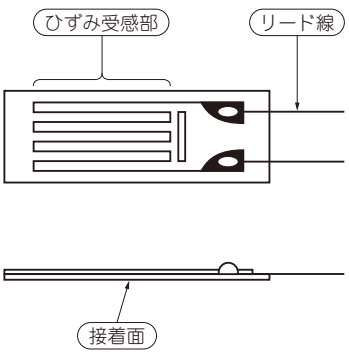

図1　ひずみゲージの構造
受感部に金属ひずみゲージを用いたものが一般的．より感度の高い半導体を用いたものもある

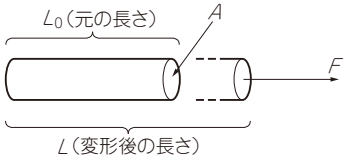

図2　棒に力を加えたときの変形
実際には直径も細くもなるが，ここでは単純化のため長さ方向のみの変化としている

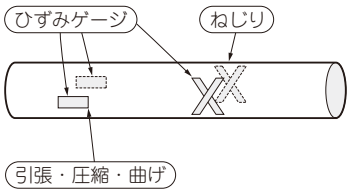

図3　ひずみゲージの典型的な貼付方法
より多くのひずみゲージを貼付することで，誤差を軽減し精度を高められる