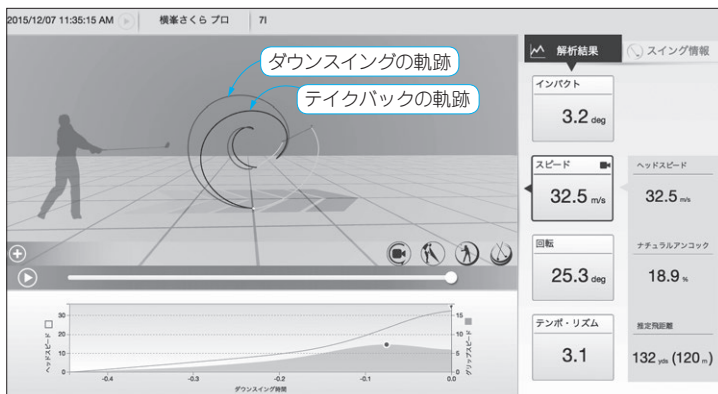


## 相性ピッタリ! 高精度加速度/ 角速度センサでゴルフのスイングを測る

仰木 裕嗣



(a) ウェアラブル・センサ M-Tracer



(b) 解析ソフトウェア

図1 3軸加速度 & 角速度センサでゴルフのスイングを解析

筆者の研究室とセイコーエプソンで共同開発した。

インパクト▶ターゲット方向を基準としたフェースの向き。回転▶トップ時のシャフト軸周りの回転角度。テンポ・リズム▶バックスイング時間÷ダウンスイング時間。ナチュラルアンコック▶ダウンスイング中の最大グリップ・スピードとインパクト時のグリップ・スピードの減速比率。腕のエネルギーをどれだけシャフトに移せたかという指標(力学量ではない)

### ● ゴルフなどのスイングは3軸加速度/ジャイロ・センサで測りやすい

筆者の研究室とセイコーエプソンはゴルフ向けのウェアラブル・センサM-Tracerを開発しました(図1)。M-Tracerには、3軸加速度センサと3軸ジャイロ・センサが内蔵されています。ゴルフ・クラブのシャフトに取り付けてスイングします。

本器を用いることで、以下が可視化されます。

- スイングの軌道
- 衝突時のフェース角度
- 腕からクラブに伝達したエネルギー

運動の力学モデルを表す数式には加速度の項や、角速度の項が現れます。3軸加速度/ジャイロ・センサは、これらの量を直接計測できることから、運動の力学計算に向いています。

このセンサ・デバイスは、「どうもスイングの調子が悪いけど、どこが悪いのかな?」、「強く振っている

注1: 低ノイズ:  $0.005 (^{\circ}/s)/\sqrt{Hz}$ 。他社は例えば  $0.02 (^{\circ}/s)/\sqrt{Hz}$ 。  
温度特性(-40~+80℃):  $\pm 0.2^{\circ}/s$ 。他社は例えば  $-50 \sim +100^{\circ}/s$  とばらつく。

注2: 同社では水晶加工技術とセンシング技術とが結びついたものをQMEMSと呼んでいる。QMEMSは水晶技術の「Quartz」と微細加工技術の「MEMS」を合わせた造語。

のにどうもヘッド・スピードが上がらないな」といったゴルファの悩み解決が目的です。ヒトの運動をモデル化し、実際に多くのゴルファを被験者として検証実験する、という地道な作業を経て完成しました。

### ● キー・デバイス: 水晶MEMSによる高精度ジャイロ・センサ

ゴルフ・クラブとボールが衝突する際に、フェース面が少しでもずれていれば、飛球方向は大きく違ってしまいます。この計算には精密な角度計算が必要です。クラブ・ヘッドの姿勢推定は、ジャイロ・センサによる角速度の積分によります。

得られた姿勢角度を手がかりに、加速度の重力成分を取り除いたものを積分することでクラブ・ヘッドの軌道を求めます。

セイコーエプソンは発振器がベースの水晶加工技術を持っています。同社のジャイロ・センサは、極めて高精度で、これまでの超音波音叉型ジャイロ・センサに比べて格段にノイズ特性や、温度特性などが改善されています注1、注2。この精密なジャイロ・センサが製品化されたことによって、ゴルフ・スイングの精密計測が実測したといっても過言ではありません。

おおぎ・ゆうじ