

1. 緒言

人間の運動解析において、動作中の関節モーメントなどを推定することは、医療やスポーツの分野で重要な技術として位置付けられている。当研究室では、装着型の床反力センサとモーションセンサを開発し、ウェアラブルなシステムだけで運動解析を可能にした。これによって、精度向上などの課題は残されているものの、据え置き型のカメラシステムと床反力計を組み合わせたシステムよりも、使用場所・条件・範囲が大きく広がることが期待される。しかしながら、ウェアラブルなセンサシステムをより多くの運動に対応可能にする場合、多くのセンサを用いることになり、コストの増加はもちろん、センサの装着時間が長くなることや、スポーツの際には自然な動作の妨げになるなどの問題がある。この課題を解決するため、本研究では、特定の動作についてその動作に関する力学的な理論を用いることにより、少数のセンサでも、多数のセンサを用いた本格的なシステムと同等なシステムを構築し、有用な情報を得ることを目的としている。本稿では、少数のウェアラブルモーションセンサと動力学理論を組み合わせ、スイングの診断を行うことを考える。

2. 理論

ゴルフスイングの動作を、図1のように、腕とクラブを表す2つの剛体リンクからなるモデルと考え、鉛直面から $\phi$ 傾いたスイング平面での2次元運動であると仮定する。結合部はダウンスイング開始時に設定されたコック角よりも内側には変形しないとし、内向きのトルクが加わっている場合には2つの剛体は剛結されて1リンクとなり、結合部を開こうとする外向きのトルクが加わった場合にはそれを拘束する内力は発生せず回転はフリーのピンジョイントで結合された剛体の2リンク系となりリストターンが進むと考える。1リンク系の運動方程式からリストに加わるモーメント $M$ を計算し、 $M = 0$ となる瞬間がリストターン開始のタイミングとすれば、リストターン開始時の条件式が次のように得られる。

$$\dot{\theta}_{1w}^2 = \phi \ddot{\theta}_{1w} \quad (1)$$

$\theta_{1w}$ と $\ddot{\theta}_{1w}$ は、それぞれリストターン開始時におけるリストの角速度と角加速度であり、 $\phi$ は無次元の定数である。式(1)は、遠心力によるリストジョイントを開こうとするモーメントが、接線方向の慣性力によるリストを閉じようとするモーメントに打ち勝てば、リストターンが開始することを示す。そのタイミングは、リストターン開始までの加速パターンに大きく影響され、ダウンスイングの後半ほど加速度が大きくなるスイングでは、リストターン開始時の角速度がより大きくなる。その結果、大きいヘッドスピードにつながる。

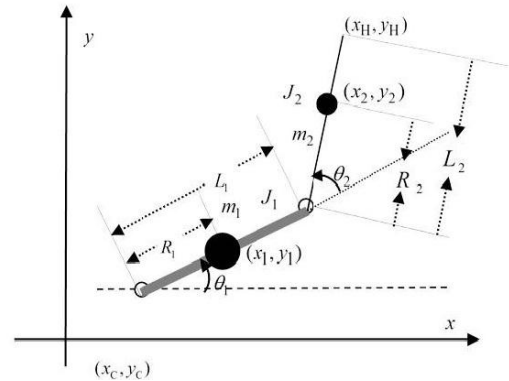


図1 スイング平面におけるゴルフスイングのモデル

3. 実験方法

2つのセンサを、前腕部と親指部分（クラブに相当）に取り付け、ゴルフスイングを行う。スイング時の2つのリンクの3次元角速度を計測し、それより角速度の絶対値を求め、その微分値を等価角加速度と定義する。親指部分にセンサを取り付けることで、クラブを持ち替えてもセンサシステムを使用できるようにしている。

4. 実験結果

図2は、上級者の等価角加速度の時間変化を示す。図より等価角加速度は、ダウンスイング開始から徐々に大きくなっており、リストターン開始時に大きい角速度を生み出すスイングになっていることがわかる。

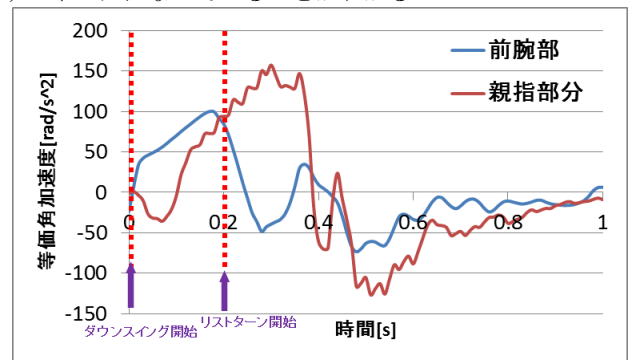


図2 上級者の前腕部及び親指部分における等価角加速度

5. 結言

ゴルフスイングを例として、少数のウェアラブルモーションセンサと動力学理論を組み合わせ、運動の評価を行うことを試みた結果、腕にとりつけたセンサの出力を信号処理した等価角加速度により、スイングの診断を行える見通しが得られた。

文献

- (1) 井上 喜雄 他5名「ゴルフスイングの動力学（スイングの加速パターンとリリースポイント）」、日本機械学会 [No. 13-34] シンポジウム：スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス 2013 講演論文集