

反復動作における熟練度計測ウェアラブルコンピュータ

佐野友亮[†] 内田拓也[†] 高橋光[†] 星川悟[†] 根本翔太[†]
榎土惟大[†] 平井弘一[†] 長岡大地[†] 横田裕貴[†] 松下宗一郎[†]

ダーツ投擲といった、運動の繰り返し精度が競技の結果に大きく影響を与えるようなスポーツにおいて、利き腕の手首に装着することで練習中にフォームをチェックすることのできるウェアラブルコンピュータを考えた。ダーツを投げる直前までの回転運動を 3 軸角速度センサにて計測し、角速度時間積算による回転角度の推定をベースとして、反復動作の精度を表現する特徴量の検討を行っている。

A Wristwatch Computer that Tells How You Can Repeat the Same Action

YUSUKE SANO[†] TAKUYA UCHIDA[†] HIKARU TAKAHASHI[†]
SATORU HOSHIKAWA[†] SHOTA NEMOTO[†] NOBUHIRO ENOKIDO[†]
HIROKAZU HIRAI[†] DAICHI NAGAOKA[†] YUKI YOKOTA[†]
SOICHIRO MATSUSHITA[†]

We have investigated a wristwatch-like wireless motion sensing device to distinguish throwing forms between beginners and experienced players in darts game. Evaluation parameters derived by integrating the angular velocity signals concerning the throwing form clearly showed the differences between them.

1. はじめに

現在様々なスポーツのフォーム練習方法として、動作を繰り返し行う反復練習が広く行われているが、バスケットボールのフリースローやダーツの投擲などのように、フォームの正確さが直接得点に結びつく競技がある。ここで、ダーツという競技は室内で行う競技であり、公平性を確保するために競技中の気温や風速といった環境がほぼ一定である上、的（まと）までの距離や高さも極めて厳密に規定されている。このため、競技の習熟者は 1 度狙った場所に当てることができれば、同じフォームにて同じ場所に当て続けることができると言われている。一方、異なるフォームにおいても的の同じ場所に命中する可能性が残るものの、競技の場にて安定した結果を残すためには、最終的には正しいフォームを固めることが重要となる。そして、競技の得点に加えてフォームの繰り返しの精度を評価することには一定の意義があると思われる。

手指を用いた投擲動作では、指先の運動が投擲物の軌道に少なからず影響していることが予想される一方で、ダーツの投擲ではその投方から手首のひねりが運動エネルギーの主たる発生源となっていると考えられる。そこで本研究では、実際の投擲動作に影響を与えにくく、取り付けが容易である手首取り付け型のウェアラブルコンピュータを考え、投擲動作における反復再現性を表現する運動特徴量の探索を試みた。

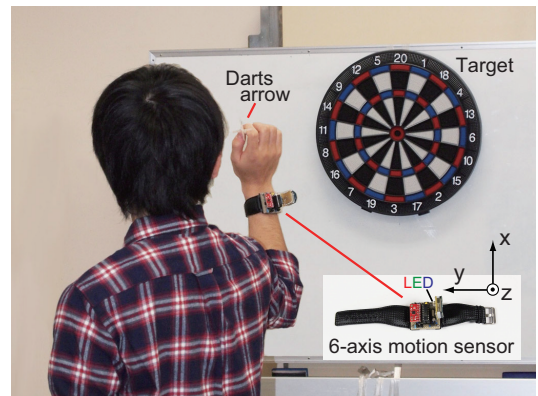


図 1 手首装着型ウェアラブルコンピュータ
Figure 1 A wristwatch-type wearable computer

2. 手首装着型ウェアラブルコンピュータ

図 1 に本研究にて作成した手首装着型ウェアラブルコンピュータを示す。一般的な腕時計の文字盤に相当する部分に、市販の 6 軸(加速度 3 軸: $\pm 16G$, 角速度 3 軸: $\pm 2000\text{dps}$) モーションセンサ, 16 ビットマイコン, 2.4GHz ワイヤレス通信モジュール, 及び電池を集積したものであり、サンプリング周波数 100Hz にて連続 5 時間以上の動作が可能である。また、外部の PC 等に依存する事ことなく投擲練習者に評価結果を伝えるため、フルカラーの LED を併せて搭載している。尚、回転軸については、ダーツを航空機に見立て、的に正対して構えた際の姿勢において、roll (x 軸), yaw (y 軸), pitch (z 軸) としてそれぞれ呼称している。

[†] 東京工科大学
Tokyo University of Technology

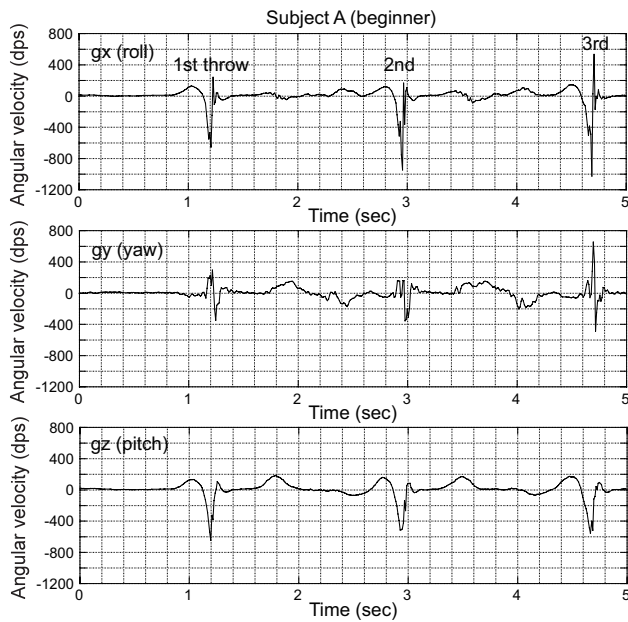


図 2 初心者の投擲における 3 軸角速度波形
Figure 2 3-axis angular velocity signals (beginner)

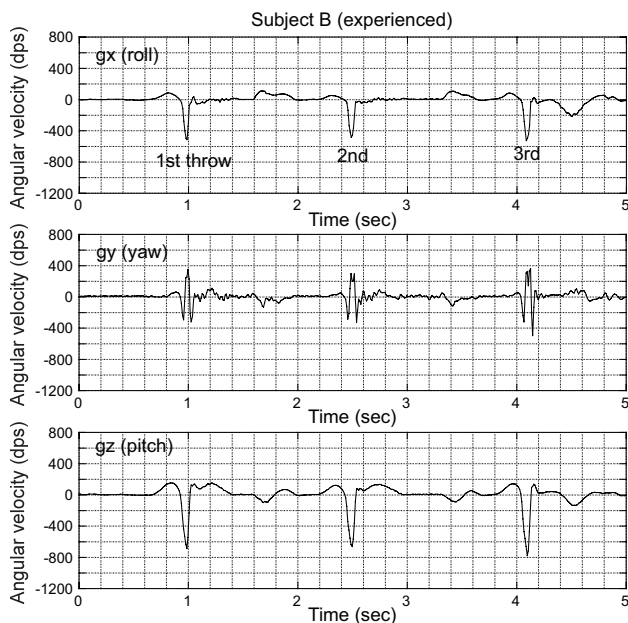


図 3 経験者の投擲における 3 軸角速度波形
Figure 3 3-axis angular velocity signals (experienced player)

図 2 は初心者において、実際にダーツの投擲を競技と同じ状況にて 3 回連続して行った際に、手首装着型モーションセンサにて計測した運動波形である。ここでは、各回転軸まわりの運動について、投擲回数ごとに若干の差異が認められるものの、どの程度の精度で繰り返し運動が行われていたのかを目視にて評価することは困難であった。続いて図 3 は競技経験者について 3 回の投擲を連続して行ってもらった際の運動波計であるが、やや roll 角速度の大きさならびに波形の鋭さに差異が認められる他は、初心者と経験者との間でそれほど顕著な違いは見られなかった。

3. 運動反復再現性の推定

角速度センサによる身体運動の計測では、加速度センサによる計測と比較して、重力の影響を受けにくいことや、振動衝撃には原理上感度を持たないことから、投擲動作の再現性の評価において有用であることが期待される。そこで、文献[1]にて報告した角速度 = 0 となる時刻を起点とする回転角度推定の手法をベースに、投擲動作時の波形観測結果より以下のような特徴量計算アルゴリズムを考案した。

- (1) 投擲の前後で確実に角速度 = 0 となる pitch 角 (gz) について、角速度=0 を負の方向に過ぎた時刻 t_0 を記録する。
- (2) gz が再び 0 をよぎるまでの間に、gz が最大となった時の時刻 t_1 を記録するとともに、 t_0 から t_1 までにおける gz の積算量から回転角度 rz を計算する。また、この間の gz の最大値 gzp を併せて記録しておく。
- (3) gz の積算時間区間において、pitch 角速度 gx の時間積算を行い、回転角度 rx を計算する。

ここで、yaw 角 gy については、ダーツが左右方向へと外れることと関連しているが、指先の力加減によってもダーツ軌道が大きく変化してしまうことから、まずはダーツに加えられる主たる運動量の再現性を考えることとした。

表 1 投擲における運動特徴量の計算結果

Table 1 Motion feature parameter for throwing

初心者	1 投目	2 投目	3 投目
gz ピーク値 (dps)	648.7	518.7	561.4
rz 回転角 (deg)	23.2	16.8	24.7
rx 回転角 (deg)	26.4	35.2	28.3

経験者	1 投目	2 投目	3 投目
gz ピーク値 (dps)	690.9	666.2	781.0
rz 回転角 (deg)	27.1	28.2	28.0
rx 回転角 (deg)	23.0	25.0	26.7

表 1 は、図 2 及び図 3 にて示した初心者と経験者の投擲波形に対し、上記の計算アルゴリズムを適用した結果である。ここで、pitch 角におけるピーク角速度については両者の間で顕著な相違は認められないものの、pitch, roll の各軸における投擲時の回転角 rx, ry では経験者の方が安定していることが分かった。この計算アルゴリズムは一般的なパターンマッチング手法に比べて計算量が小さいことから、今後はより多くの被験者について検討を行った上で、腕時計型デバイス単独でのフォーム練習システムを目指したい。

参考文献

1) 山口凌雅, 松下宗一郎, 他: 手の運動技巧を鍛えるウェアラブルコンピュータ, インタラクシオン 2014 インタラクティブデモセッション, 発表番号 A3-5, 2014 年 3 月 (東京)。