手の運動技巧を鍛えるウェアラブルコンピュータ

山口凌雅† 岡村拓弥† 甲田陽平† 榎土惟大† 西村祐哉†
横田裕貴† 加賀谷友章† 渡邉宏優† 引地正太郎† 松下宗一郎†

腕時計型のウェアラブルコンピュータは日常生活で利用した場合の違和感が小さく，習熟に時間を要するような手運動の計測や，これに伴うコンピュータインタラクションをいつでもどこでも気軽に行える可能性がある．そこで，本研究ではゼロ点安定度の高い３軸角速度センサーを用い，ゼロ点交差時を時間原点とした積算演算を行うことで，ボーリングの投球動作における利き手の運動特徴をリアルタイムにて計測するシステムの検討を行った．

A Wearable Computer for Hand Skill Training

RYOGA YAMAGUCHI† TAKUYA OKAMURA† YOHEI KODA†
NOBUHIRO ENOKIDO† YUYA NISHIMURA† YUKI YOKOTA†
TOMOAKI KAGAYA† HIROMASA WATANABE† SHOTARO HIKICHI †
SOICHIRO MATSUSHITA†

We have investigated a wristwatch-like wearable computer consisting of a highly-stable 3-axis gyroscope to analyze throwing motion in bowling. A time-integration calculation while the sign of angular velocity remains unchanged showed a possibility of a real-time diagnosis of throwing with a low-power microprocessor on the wearable device.

1. はじめに

いつでもどこでも手軽に利用できるコンピュータとしてスマートフォンが近年急速に普及しており，搭載されている運動センサーを利用した運動状況推定に関する研究が数多く行われている．一方，身体の特定の部位にセンサやコンピュータを装着するウェアラブルコンピュータにて手足の運動を計測することで，習熟に時間のかかる特殊な運動技巧を学ぶといった，より詳細な運動状況推定を行えることが知られている．しかしながら，社会的に広く認知されているスマートフォンのような携帯型コンピュータに対し，装着部位やデバイス自体の形状に特徴をもつことが多いウェアラブルコンピュータでは，見た目が奇異であることに加え，装着や使用に際しての制約条件のために，いつでもどこでも手軽に利用できるものとはなっていなかった．

そのような中で，本研究では利用者の手首位置に装着する腕時計型のウェアラブルコンピュータについて検討を行ってきた．そして，手首位置に高精度な運動センサを取り付けることで，手触り感の検出やギター演奏の巧拙分析といった，動きの有無や大小よりも一歩踏み込んだ情報を取得できることが分かっている[1][2]．ここでは，利用者の姿勢変動やセンサー装着位置のずれ等によって生じる重力や衝撃からの影響を受けにくいことから，小型の３軸角速度センサーの有用性が示唆されている．また，角速度センサーで従来大きな問題となっていたゼロ点や感度の変動がほとんど生じないデバイスが製造されており，角速度を時間積算することに基づいた運動認識アルゴリズムの実用性が飛躍的に向上してきている．そこで本研究では，多くの人々が行っているにも関わらず，巧拙の差が明確に現れてしまうスポーツ運動の例としてボーリングの投球を取り上げ，正しい投法や，手首の捻りでカーブをかけるといった技巧をリアルタイムで評価できるシステムの検討を行った．

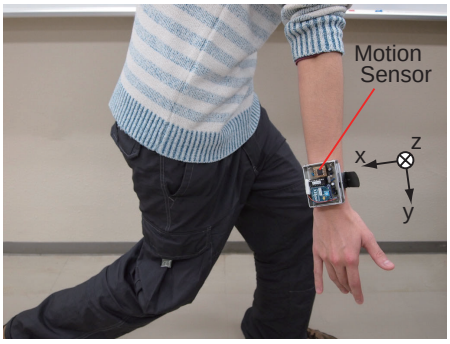

図 1 ボーリング投球を分析するセンサデバイス
Figure 1 Wearable motion sensor for throwing analysis

2. 腕時計型モーション分析デバイス

図 1 はボーリング投球フォーム分析の様子を示したものであり，利き腕の手首に装着するデバイスは 6 軸モーションセンサ(3 軸加速度:±3G 及び 3 軸角速度:±1000deg/sec)，モーションを解析する低消費電力 16 ビットマイクロコントローラ，ワイヤレス通信モジュールにより構成されている．運動をできる限り妨げないためデバイスの総重量は約 81 グラムに抑えられており，解析モードでは連続 10 時間の利用が可能である．また，サンプリング周波数は 400Hz であり，運動波形データや投球動作の解析結果をワイヤレス通信にて外部のデバイスに送信することができる．

† 東京工科大学
Tokyo University of Technology

© 2014 Information Processing Society of Japan

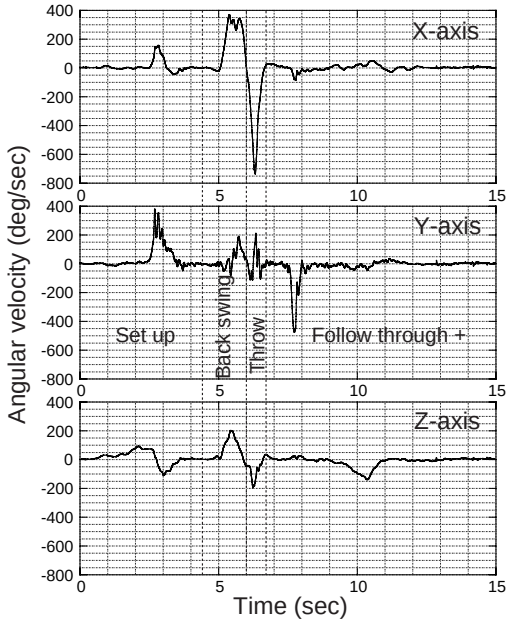

図 2　投球時における手首位置での角速度信号波形の例

Figure 2 Waveforms of 3-axis angular velocity while throwing

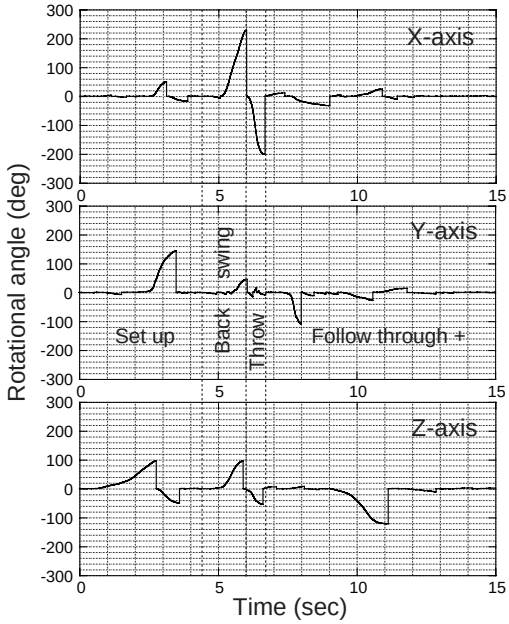

図 3　角速度時間積算演算による投球運動の解析例

Figure 3 Time-integrated waveforms of angular velocity

図２は，ボーリングの投球に比較的慣れている被験者について，ボールを持たない状態での投球動作に対する運動計測を行った結果であり，ボールを手元に一旦持ち上げるセットアップの動作から，腕を後方に引くバックスウィング，腕を前に出して行くスローイング，さらには投球完了後のフォロースルーまでの 3 軸角速度の波形を示している．ここで，ボールを正しく投げるためには，手の甲が地面と平行になる姿勢が必要となることから，手首を前後にスナップさせる方向である X 軸周りの角速度がスローイング時に約 700 度毎秒程度と非常に大きな値を記録している．

図３は，図２に示した投球動作に対する角速度信号波形に前記のアルゴリズムを適用した結果であり，時間積算による一種の平滑化の作用と相まって，投球時に生じた運動特徴を，より容易に見いだすことができる．例えば，X 軸周りの回転運動では，セットアップ位置からバックスウィングまでの角度変化が約 220 度であり，スローイングでの角度変化である約 200 度とほぼ一致していることが分かる．更には，手首を捻りながら，カーブするボールを投げる技巧について検討を行った結果，初心者では投げるごとに各軸の角速度積算値が大きくばらつくことが分かった．

3. 角速度時間積算によるモーション分析

図２のような角速度波形から，様々な投球フォームにおける特徴や巧拙を分析することは可能であるが，重力に感度を持ち，絶対的な姿勢位置についての情報が得られる加速度信号とは異なり，角速度信号を直感的に理解することは困難である．そこで本研究では使用した角速度センサーのゼロ点が極めて安定していることを利用し，以下のようなアルゴリズムにて回転運動の様態を分析した．

- X, Y, Z の各軸ごとに，角速度がゼロ点を交差する毎に角度の積算値をゼロにする
- 角速度の符号が変化しない間は，サンプリング周期ごとに角速度の値を積算していく
- 角速度がゼロ点を交差してから，再び交差がおきるまでの経過時間とともに，角速度の積算値，経過時間内で発生した最大の角速度を記録する

4. まとめと今後の展望

本研究では，日常生活において気軽に利用することのできる腕時計型のウェアラブルコンピュータにより，巧拙の差が出やすいボーリングの投球フォームをリアルタイムで分析するシステムの検討を行った．高精度な角速度センサーからの信号波形に対し，ゼロ点交差時を起点・終点として時間積算することで，非力なマイクロコントローラにおいても有意な運動情報をリアルタイムにて得られることから，投球モーションを利用したゲームによるトレーニングツール等, 幅広いインタラクションへの展開が期待される．

参考文献

1) 平山貴之，他：E-motional Touch: 手触り感を入力するインタフェース，インタラクション 2013，発表番号 2EXB-41 (2013).
2) Matsushita S. and Iwase D.: Detecting Strumming Action While Playing Guitar, ACM Proceedings of International Symposium on Wearable Computers (ISWC2013), pp.145-146, Zurich (2013).

© 2014 Information Processing Society of Japan