

ウェアラブルセンサを用いたテニス上達支援システムの提案と考察

増田 大輝[†] 田坂 和之^{††} 大岸 智彦^{††} 小花 貞夫^{†††}
 電気通信大学 情報理工学部[†] / 大学院情報理工学研究科^{††}
 (株) KDDI 研究所^{††}

1. はじめに

近年、体に装着するウェアラブルなセンサデバイス（以下センサと言う）を使って体の状態や状況を監視し、それに基づいて人の安全で快適な活動を支援するサービスの提供が注目されている。筆者らは、ウェアラブルセンサを用いてテニス初心者のスイングフォーム（以下フォームと言う）を分析し、コーチ（人）に代わって上達のアドバイスを行うシステムの実現手法を検討している。本稿では、提案システムの概要と実現に向けた基礎実験の結果について報告する。

2. 提案システムの概要と関連研究

2.1 提案システムの概要

提案システムは体に装着する複数の小型センサと PC から構成され、センサを体に装着した状態でボールを打ち、その際のセンサの計測データを PC に無線で伝送する。PC 側では計測データからフォームを分析し、適切なアドバイスを行う。

提案システムの対象者は、基本動作を覚える段階の初心者（および初級者）とする。

2.2 関連研究

フォームの分析のために、手首、足首と腰に付けた加速度センサと画像認識を使ってフォアハンド、バックハンド、サーブを区別する研究[1]がある。また、フォーム改善のためにフォアハンドの腰の回転を検知する研究[2]があるが、打つ時に腰や腕など複数の要素が絡んでくるテニスで適切なアドバイスを出せるものではない。アドバイスを行う研究には、サーブの動きを解析するもの[3]があるが、サーブが試合の勝敗を大きく左右する上級者を対象に分析を行っているものである。

3. 基礎実験

3.1 実験概要

初心者および初級者にとって最も基本的な動作

A Study on Progress Assist System for Tennis using Wearable Sensors.

[†]Daiki Masuda, ^{††}Kazuyuki Tasaka, ^{††}Tomohiko Ohgishi, ^{†††}Sadao Obana

[†]Faculty of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

^{††}KDDI R&D Laboratories, Inc.

^{†††}Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

であるフォアハンドのフォームを対象とし、実際にボールを打った際のセンサのデータから、フォームの分析が可能かの基礎的な実験を行った。

テニス教本[4][5]等で指摘されるフォーム分析のポイントとなる体の部位に合わせ、被験者の頭、上腕、腰、左足（軸足）首の 4 箇所にセンサを装着し（図 1）、フォアハンドでボールを打った際の各センサの加速度・角速度を測定した。被験者は、今回、習熟度の異なる 15 人（初級 4, 中級 5, 上級 6）を対象とした。初心者だけでないのは、評価するときに良いフォームと比較するためである。

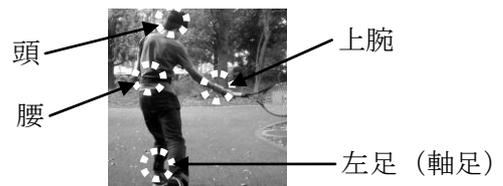


図 1. センサの装着箇所

センサには、ATR-Promotion 社 TSND121 を使用した。計測データは Bluetooth により PC に送られ、PC でフォームの分析処理を行う。

3.2 実験結果

(1) 振り始め・インパクト・振り終わりの検出

まず、フォームを分析する際に最も重要となる、ボールとラケットが接触するインパクトの時点の検出を行った。図 2 に示すとおり、インパクトの瞬間は手に大きな衝撃がかかるため、上腕に装着したセンサの加速度（3 軸の二乗平均平方根）が最大となる時点がインパクトの瞬間として検出できた。また、インパクト付近の加速度の値の変化から振り始めと振り終わりの時間も検出できることがわかった。ここで、振り始めとは、ラケットを引き終わってからボールに向かって振り始める瞬間を指し、振り終わりは、インパクト後にラケットを振り切り終わった瞬間を指す。

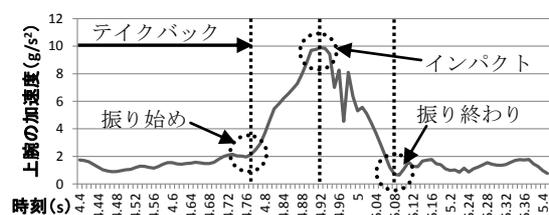


図 2. 上腕の加速度の二乗平均平方根

(2) フォームの分析

上記(1)で検出した振り始め・インパクト・振り終わりの時点と各センサの値に基づき、フォームを分析した。その際の分析項目と分析方法を表1に示す。表中の分析項目は、テニス教本[4][5]およびコーチの意見から抽出したもので、分析方法は実験により分析可能と判明したものを記載した。フォーム分析の基準として分析項目ごとに評価値を算出し、中・上級者の多くが条件を満たしている値を適正值と定めた。

表1. フォームの分析項目と分析方法

分析項目	分析方法*	適正值
振り切り	インパクト前の加速度/ インパクト後の加速度 (二乗平均平方根)	1.15 未満
腰の回転	腰の角速度(一軸)	190[° /s]以上
スイングスピード	上腕の加速度(二乗平均 平方根)より速度を計算	5[m/s] 以上
足の静止	足の加速度 (二乗平均平方根)	特定時間内で 3G[m/s ²]未満
ボールの凝視	頭の角速度(一軸)	—

*分析する範囲はいずれもインパクト付近とする。

以下に主な分析項目について述べる。

a) 振り切り

振り切っていない場合には、スイングが途中で止まるので、インパクト前から加速度が小さくなり始める(図3)。今回、インパクトの0.3秒前から0.1秒前の加速度の二乗平均平方根の和を、インパクト後0.1秒から0.3秒の和で割ったものを評価値とすることとした。計算範囲は、必ず振り始めていることとインパクト付近は衝撃で加速度が乱れることを考慮した結果である。

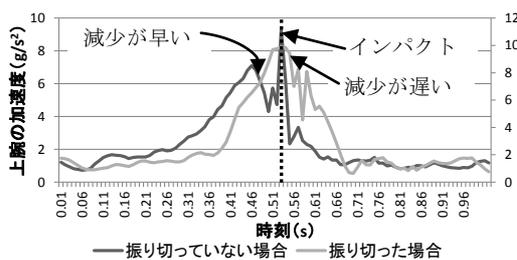


図3. 振り切ったかどうかによる違い

b) 腰の回転

正しいフォームでは、体重が乗ったボールを打つためにインパクト直前に腰が大きく回転する[2]。このため、インパクト付近の腰の角速度の最大値により判定することとした。

c) 足の静止

正確なインパクトを行うには、インパクトの直前・直後に軸足が静止している必要がある。足の加速度を用い、インパクト前から振り終わりまでの間で静止していたか判定することとした(図4)。

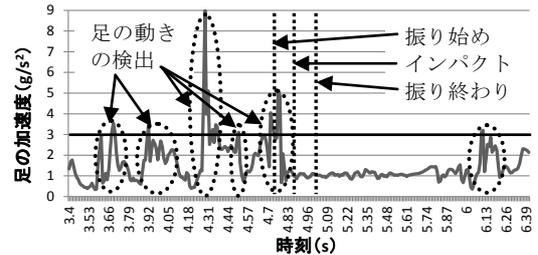


図4. 足の加速度の一例

d) ボールの凝視

打つ前にボールから目を離すと、ラケットの芯に当たらなくなる。打つ前はボールを見ているので頭はほとんど動かさず、インパクト付近にボールを追って頭が回転する。インパクトの直前から振り終わりの間に頭を動かしたかをその角速度により判定することとした。

4. 考察

(1) どのフォームの分析項目についても、表1の分析方法により概ね分析可能であることがわかった。しかし以下のような課題が見つかった。

- ・ 振り切りの分析では、「多少振り切っている」と「最後まで振り切っている」の判別が難しい場合が一部見受けられた。上腕加速度の3軸の二乗平均平方根だけでなく、軸毎の分析も必要と思われる。
- ・ 足の静止の分析では、軸足だけでなく他方の足が静止しているかも分析対象とするのがフォーム分析に必要であることがわかった。
- ・ スイングスピード等には体格差や男女差があると考えられ、適正值の考慮が必要である。

(2) 今回のフォアハンドのフォーム分析の手法は、上腕の振り方の違いなどを考慮すればバックハンドにも十分応用できるものと考えられる。

5. おわりに

ウェアラブルセンサを用いてテニスのフォアハンドのフォーム分析が可能であることが分かった。今後、フォーム分析精度の向上、バックハンド等の他スイングへの応用ならびにフォーム改善のアドバイス方法等の検討、検証を行う。

参考文献

[1] Ciarán Ó Conaire, et al., "Combining Inertial and Visual Sensing for Human Action Recognition in Tennis," ARTEMIS 2010 - 1st ACM international workshop on Analysis and retrieval of tracked events and motion in imagery streams, pp.51-56 (2010).
 [2] Yuri Iijima, et al., "Measurement and analysis of tennis swing motion using 3D gyro sensor," Proceedings of SICE Annual Conference 2010, pp.274-277 (2010).
 [3] Amin Ahmadi, et al., "Towards a wearable device for skill assessment and skill acquisition of a tennis player during the first serve," Sports Technology Vol.2, No.3-4, pp.129-136 (2009).
 [4] 日本プロテニス協会『テニス教本』スキージャーナル(1999)
 [5] 日本テニス協会『新版テニス指導教本』大修館書店(2005)