

H29地域協働研究（ステージⅠ）

H29-Ⅰ-18「自転車競技用トレーニングシステムの開発と地域活性化」

課題提案者：岩手県立紫波総合高等学校、株式会社テーキアールマニュファクチャリングジャパン
研究代表者：ソフトウェア情報学部 佐藤永欣
研究チーム員：猿舘貢（岩手県立紫波総合高等学校）、佐々木毅（株式会社テーキアールマニュファクチャリングジャパン）

＜要 旨＞

本研究では、自転車トラック競技の練習に使用する自転車トレーニングシステムの開発を行った。このシステムは、地磁気・加速度・ジャイロの各3軸からなる運動センサ、車載カメラ、車載中継器、コーチ用PCからなり、自転車選手のトラックでの練習において車体のブレなどの計測、至近距離からのギヤの使い方、ペダリングの観察ができ、効果的に指導できる。高等学校の自転車部で使用され、国体での優勝やアジア選手権入賞といった成績につながった。

1 研究の概要

岩手県紫波町では1970年の岩手国体の際に1周333.3mの自転車競技トラックが建設され、現在でもプロの競輪選手が本拠地とするなど自転車競技が盛んである。ロードも含めて自転車のまちとして一般向けプロモーションも行われ、スポーツを通じた健康なまちづくりという方向に発展しつつある。紫波町の自転車競技場を練習場所の一つとする紫波総合高校自転車競技部は、国体入賞やプロの競輪選手を輩出するなど、岩手県内でも強豪であるが、全国的にも強豪の一つである。同部の依頼により、2015年ごろから自転車トレーニングシステムの開発を実施している。

自転車競技では乗車姿勢やペダリングが重要である。しかし、トラックを周回中の自転車選手のペダリングや乗車姿勢のような重要な競技技術の指導をするためには、コーチがバイクで追走する必要があり、危険であった。このため、技術指導はローラー台での指導が中心であり、実際のトラック周回や試合の場面を想定した指導を実施するのは難しかった。自転車トレーニングシステムは速度センサ、地磁気・加速度・ジャイロセンサやカメラなどを自転車に取り付ける。これらを用いて、速度、車体のブレや漕ぎムラなどを計測するほか、カメラによるビデオ画像でペダルの使い方や他の自転車との間合いなどをコーチが常に確認できるようになる。これにより、効果的・効率的な指導を実現し、競技成績を向上させることで地域活性化につなげることを狙う。

本年度は市販へ向けた信頼性向上とデザインの検討のほか、体調センサの一部として非侵襲血中乳酸濃度センサの開発を進めた。

2 研究の内容

自転車トレーニングシステムは地磁気・加速度・ジャイロ9軸センサ、USBカメラ、中継器からなる車載モジュール群と、コーチが使用するモニタPCからなる（図1）。中継器とセンサの間はBluetoothによる通信、中継器とPCはWi-Fiによる通信である。また、Bluetoothで通信するセンサを追加することも可能な構成であ

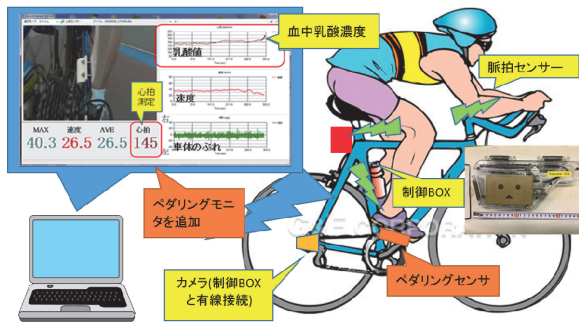


図1 自転車トレーニングシステム

る。2015年ごろから開発を進め、図2に示すような車載中継器と地磁気・加速度・ジャイロ9軸センサとBluetoothモジュールからなる運動センサを開発した。その後、微妙な体調不良を見逃したり、体調不良をおして練習を行ったことによるより回復の遅れや、健康な状態でも練習のし過ぎによる故障の防止を目的に、体調センサを開発しているほか、自転車競技の技術指導上大きな意味を持つ、ペダルにかかるトルクやペダルの角度を測定するペダルセンサの技術開発などを進めてきた。

体調センサの機能として、心拍の連続測定、乳酸濃度の測定がある。体内の乳酸は運動による老廃物として生成されるため血液中や筋肉中の乳酸の濃度は疲労の度合

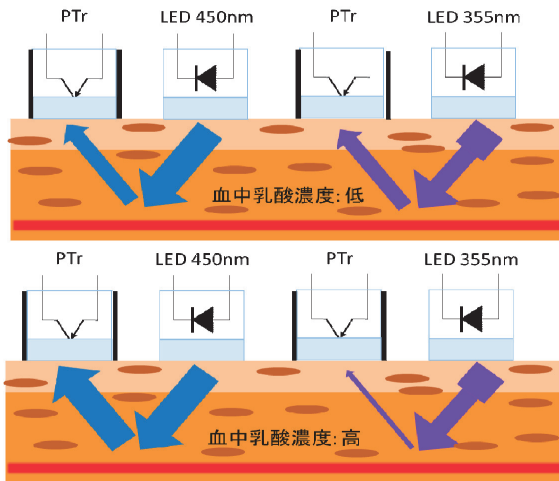


図2 非侵襲血中乳酸濃度センサの原理

いの目安として利用できる。心拍数の変化などから乳酸濃度を推定する方法もあるが、本研究では直接的に測定できる非侵襲血中乳酸濃度センサを開発している。従来、体内の乳酸濃度測定は採血して使い捨てのセンサチップを使用する方法だけが実用化されている。この方法は測定結果は正確であるが、連続測定ができない、微量であるが採血の必要があるなどの問題点があった。

非侵襲型乳酸センサは、皮膚表面から450nmの青色光と355nmの紫外線を照射し、フォトダイオードかフォトランジスタで受光できた光の強度で乳酸の濃度を測定する。乳酸の蛍光スペクトルを検討すると450nm付近に蛍光があり、355nm付近に強い吸光波長がある。すなわち、乳酸の濃度が高くなると355nmは受光できなくなり、450nmの光の強度は上がる。

3 これまで得られた研究の成果

ヘッドバンド型体調センサの試作を行い、光学式心拍計の動作を確認したほか、非侵襲血中乳酸濃度センサの基礎的な開発を実施した。3Dプリンタを用いて試作したヘッドバンド型センサを図3に示す。ヘッドバンド型センサはヘルメットの中に装着し、額かこめかみ付近にLEDとフォトダイオード、後頭部にコントロールモジュールと無線モジュールを取り付ける。試作品を装用し、脈波などの取得を行った。ただし、LEDとフォトダイオードの厚みがあるため、額に当たって痛いなどの問題がある。このため、センサの薄型化やヘッドバンドへの埋め込み、ヘッドバンド型ではない形状などを引き続き検討する。

乳酸は350nm付近に吸光、450nm付近に蛍光スペクトルを持つ[1][2]。皮膚から355nm、450nmのLEDの光を入射し、乳酸濃度が上昇すれば反射光がそれぞれ355nmでは減少、450nmでは増加することを確認するのが非侵襲血中乳酸濃度センサの原理である。赤外線領域の波長で同様の原理により動作する非侵襲血糖センサの技術をもとに開発している。

平成28年度までに450nmを使用して心拍による血流の変化をとらえたほか、LEDからの発光のデジタル制御と汎用プロセッサのデジタル入力ポート用いた受光検出の実装を行ってきた。平成29年度は355nmの入射のさせ方と受光方法について検討を行った。355nmの光は皮膚表面で吸収されるため、実用的な受光感度を実現するためにはLEDから皮膚に効率よく入射させる必要がある。本年度、LEDのモールドパッケージを削って研磨するなどし、皮膚への入射光をなるべく大きくするなどの試験を行った。モールドのドーム部分を削って光が拡散しないようにし、発光素子部分との距離を可能な限り最小にすると、フォトダイオードで検出可能な量の光を皮膚に入射することができた。

このほか、図4に示すように、自転車トレーニングシステムのコーチ用PCに体調センサを取り扱いための追加開発をおこなった。開発中の非侵襲乳酸センサのほか、単純な心拍計にも対応している。ただし、単純な心

拍計を実際に使用するためには自転車トレーニングシステムの車載中継器のソフトウェアの変更が必要である。



図3 ヘッドバンド型体調センサの試作品（上）と装着イメージ（下）

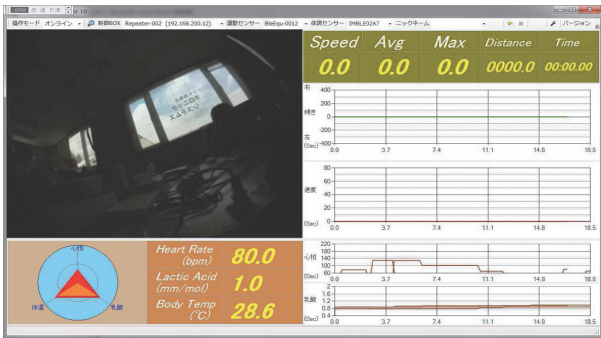


図4 自転車トレーニングシステムの追加開発部分のスクリーンキャプチャ

4 今後の具体的な展開

引き続き非侵襲血中乳酸濃度センサの開発を進めるほか、心拍からの疲労度計算機能の実装、ペダルセンサのハードウェア実装と自転車トレーニングシステム本体への統合、一般向けの市販に向けた開発を継続する。

参考文献

- [1] Liza Rassai, Wouter Olthuis, Seiya Tsujimura, Ernst J.R. Sudhölter, Albert van den Berg, “Lactate biosensors: Current status and outlook”, Analytical and bioanalytical chemistry. Vol. 406, No.1, 2013, 10.1007/s00216-013-7307-1.
- [2] 鶴岡典子, 皮下微小還流による皮膚貼り付け型生体成分センサ, 東北大学博士論文, 2015.