

Kinect[®] を用いた自転車トレーニングシステムに関する研究 -移動手段における自転車利用促進に向けて-

情報科学科 メディア情報コース 林 秀和 指導教員：奥田 隆史

1 はじめに

近年、移動手段として、高速・長距離走行可能なスポーツタイプの自転車(以下、スポーツ自転車)を用いることが着目されている [1][2]。スポーツ自転車で快適に走行するためには、体力が向上する乗車トレーニング(以下、乗車トレ)を、適した運動強度で、かつ正しい乗車姿勢(以下、適正乗車姿勢)を維持しておこなわなければならない [3]。しかし、スポーツ自転車の形状は一般的な自転車の形状と異なるため、適正乗車姿勢体得には時間がかかる。また、従来の乗車トレには複数のセンシングデバイスを必要とするため、経済コストがかかる問題がある。

そこで本研究では、利用者の体力向上、適正乗車姿勢維持・体得を支援する自転車トレーニングシステムを提案・構築・評価する。提案システムは Microsoft 社の Kinect[®] [4] を用いる。

2 自転車トレーニングシステム

本稿で提案する自転車トレーニングシステムは体力向上サブシステム、心拍数計測サブシステム、姿勢維持サブシステムの3つのサブシステムから構成される(図1参照)。

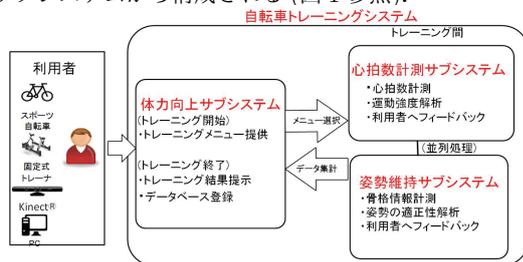


図1 自転車トレーニングシステムの構成図

体力向上サブシステムは、乗車トレ開始時にトレーニングメニュー提供、乗車トレ終了時にトレーニング結果提示をおこなう。利用者の体力向上を支援する。心拍数計測サブシステムは、乗車トレ間、利用者の心拍数を計測し、運動強度解析をおこなう。姿勢維持サブシステムは、乗車トレ間、利用者の骨格情報を計測し、姿勢解析をおこなうことにより適正乗車姿勢維持・体得を支援する。ここで、心拍数計測サブシステム・姿勢維持サブシステムの心拍数・骨格情報計測において、Kinect[®] を用いる。

提案システムは、スポーツ自転車、固定式トレーナー(RealPower CT RITMO[®], Elite 社)、Kinect[®]、PC(パーソナルコンピュータ)を必要とする。各要素を図2のように設置する。スポーツ自転車が固定された状態で固定式トレーナーを原点 $p = (x_0, y_0, z_0)$ に、Kinect[®] を位置 $q = (x_0, 150\text{cm}, 60\text{cm})$ にそれぞれ設置する。PC は Kinect[®] を接続した状態で設置する。

提案システムにおいて、利用者は固定式トレーナーによる室内乗車トレをおこなう。提案システム起動時、体力向上サブシステムが作動し、複数のトレーニングメニューを利用者へ提示する。利用者はメニューを選択し、乗車トレを開始する。乗車トレ間は、心拍数計測サブシステム、姿勢維持サブシステムが作動し、Kinect[®]・PCによる計測・解析がおこなわれる。Kinect[®] は利用者の心拍数・骨格情報を計測し、計測情報をPCへ送信する。計測情報より、PCは利用者の運動強度・姿勢を解析し、解析結果をリアルタイムで利用者へ通知(図3参照)する。乗車トレ終了時、体力向上サブシステムが作動し、トレーニング結果として、乗車トレ間に計測・解析した情報を集計し、提示する。

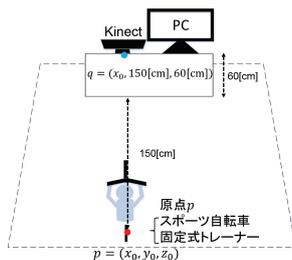


図2 各要素設置環境

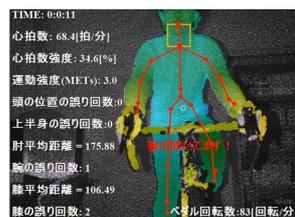


図3 乗車トレ間の通知例

2.1 体力向上サブシステム

体力向上サブシステムが提供する n 種類の乗車トレ w ($1 \leq w \leq n$) は、5段階で評価される運動強度指標 METs [5] m ($1 \leq m \leq 5$) が1時間あたり b_{mw} [時間] 含まれる。体力向上サブシステムは、期間 T において、 w を合計 t_w [時間] おこなうよう利用者へ促す。このとき、 t_w は以下の線形計画問題:

線形計画問題

$$\begin{aligned} & \text{Minimize} && \sum_{w=1}^n t_w \\ & \text{Subject to} && \sum_{w=1}^n b_{mw} t_w \geq O_m, \quad t_w \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

を解くことにより求めることができる [6]。ただし、 l_w [EX] は w を1時間おこなったときの身体負荷量 [5] であり、 O_m [時間] は T 間で利用者が獲得すべき m の総時間 [3] である。

乗車トレ終了時はトレーニング結果として、乗車トレ実施時間、心拍数・運動強度の変化、姿勢解析結果を利用者へ提示する。

2.2 心拍数計測サブシステム

心拍数計測システムにおいて、上田智章氏が考案した手法 [7] を用い、Kinect[®] は、フレーム i ($0 < i < \infty$) あたりの心拍数 HR_i [拍/分] の計測をおこなう。

Kinect[®] は1秒あたり30フレームを取得するため、乗車トレ間の利用者のフレーム j における5秒あたりの平均心拍数 $HR_{ave}(j)$ [拍/分] は、過去150フレームの心拍数をさかのぼることにより、

$$HR_{ave}(j) = \frac{1}{150} \sum_{i=j-150}^j HR_i, \quad (150 \leq i \leq j) \quad (2)$$

と求めることができる。ここで $HR_{ave}(j)$ を取得したとき、この心拍数強度 $\%HR(j)$ は

$$\%HR(j) = \frac{HR_{ave}(j)}{HR_{max}} \times 100 \quad (3)$$

となる。ただし、 HR_{max} [拍/分] は利用者の心拍数の上限である最大心拍数であり、利用者の年齢 a [歳] を用い、 $HR_{max} = 220 - a$ より推定値を求めることができる [3]。心拍数強度より METs を導出し、運動強度として解析する。解析運動強度がトレーニングメニューの METs の範囲外ならば利用者へ通知する。

2.3 姿勢維持サブシステム

適正乗車姿勢の判断には、頭・首・背中・骨盤・両肘・両膝の各骨格の位置を用いる [3]。

Kinect[®] は乗車トレ時の利用者の各骨格情報(骨格種類、および骨格座標 (x, y)) を計測し、PCへ送信する。各受信骨格情報において、PCは利用者の適正乗車姿勢時の骨格情報(適正值)を用い、姿勢が適正であるか判断する。適正值はあらかじめ保持しているものとする。判断基準項目に対し、2秒以上許容範囲外ならば、乗車姿勢を不適正と判断し、利用者へ通知する。

3 おわりに

本稿では、スポーツ自転車乗車における体力向上、適正乗車姿勢維持・体得を支援する、Kinect[®] を用いた自転車トレーニングシステムを提案・構築した。また、提案システムは、様々な利用者にとって利便性があり、一般的な乗車姿勢体得システムと比較し、経済コストが非常に低いという評価が自転車店より得られた。今後の課題は体力向上サブシステムの線形計画問題を拡張し、体力の向上を定量・定性的に評価することなどである。

参考文献

- [1] インタープレス, “Green Mobility”, <http://green-mobility.jp>, 2014.
- [2] 疋田智, 『自転車ツーキニスト』, 公文社, 2003.
- [3] 竹谷賢二, 『バイシクルトレーニング』, ベースボールマガジン, 2011.
- [4] Kinect for Windows, “Voice, Movement and Gesture Recognition Technology”, <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows>, 2014.
- [5] 厚生労働省, “健康づくりのための運動指針 2006”, <http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/undou01/pdf/data.pdf>, 2006.
- [6] 今野浩, 『線形計画法』, 日科技連, 1987.
- [7] 上田智章, “奥行きカメラで俺センシング! 第一回脈波と呼吸の可視化”, pp. 119-121, トランジスタ技術, 2013年4月号.