

# 複合現実感型スポーツトレーニング支援技術基盤の研究開発 (162107006)

## Mixed Reality Technology for Sports Training Support

### 研究代表者

武富 貴史 奈良先端科学技術大学院大学

Takafumi Taketomi Nara Institute of Science and Technology

### 研究分担者

山本 豪志朗<sup>†</sup>

Goshiro Yamamoto<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 京都大学

<sup>†</sup>Kyoto University

研究期間 平成 28 年度～平成 30 年度

## 概要

本研究課題では、現役のアスリートを対象とした複合現実感技術を用いたスポーツトレーニング支援システムの研究開発を目的としている。スポーツの中でも 2020 年のオリンピック種目である陸上競技、自転車競技に着目し研究開発を行った。具体的な成果として、1) トレーニング映像への各種センサ情報頂上表示によるトレーニング結果フィードバックのための要素技術および可視化手法の開発、2) トレーニング映像からのアスリート動作取得のための要素技術開発、3) 持続可能なトレーニングのための方法論の確立、4) 新たなイメージトレーニング手法の実現へ向けた初期検討、が挙げられる。

## 1. まえがき

スポーツトレーニングの分野では、従来はアスリートの経験に基づき運動時のフォームの確認・修正などを行っていたが、モーションキャプチャや各種計測機器から取得されるデータに基づいた情報がコーチングの際に用いられるようになってきている。収集した情報はコーチやアスリートが目視して判断するために用いられることを考慮すれば、スポーツパフォーマンス研究を効果的に推進するためには、計測された運動時のデータの可視化技術は必須である。そこで、本研究開発課題では、直感的なデータの可視化が可能である複合現実感技術を用いて、スポーツトレーニングデータの可視化を試みる。特に、本研究課題では、スポーツの中でも 2020 年のオリンピック種目である陸上競技、自転車競技に着目し研究開発を行うこととした。

## 2. 研究開発内容及び成果

以下では、本研究課題の取り組みの成果について、陸上競技、自転車競技、新たなトレーニング方法の開発、の項目に分類し紹介する。

### 陸上競技

本研究課題では、陸上競技の中でもスプリント走を対象とした複合現実型のトレーニング支援技術の開発に取り組んだ。特に鹿屋体育大学スポーツパフォーマンス研究棟に設置してある 50m のトラックを走行した際の映像データおよび床反力データを同時に観察することを可能とする複合現実感技術を用いた可視化技術の開発に取り組んだ。トラックの床下にはフォースプレートが設置しており、走行時の力量（鉛直方向・進行方向・左右方向）の測定結果が取得可能となっている。取得された床反力データには、フォースプレート自身の振動による一定周波数のノイズが含まれている。本研究課題では、まず、このノイズを除去することに取り組んだ。いくつかのデータを解析した結果、このノイズの周波数は 100Hz 付近であることを確認することが出来たため、特定の周波数を除去することが可能なノッチフィルタを用いてノイズの除去を行った。このようにノイズを除去した床反力データを動画像上へ頂上表示した。床反力データを動画像上へ幾何学的に正しく重

畳表示するためには、三次元床反力データが取得される座標系とカメラの座標系の幾何学的な関係を取得する必要



図 1 三次元床反力データの重畳表示結果

がある。そこで、我々は、トレーニング時の映像の撮影は、多くの場合、三脚上に固定されたカメラを用いて撮影されることに着目し、三脚上に固定されたカメラの回転運動を撮影された動画像を解析することで推定する手法を開発した。開発した手法を用いて頂上表示した結果を図 1 に示す。また、この他にも複数視点から撮影した動画像から三次元の人体姿勢をロバストに推定する手法も開発した。

### 自転車競技

自転車のペダリングデータについて、室内実験環境だけでなく、実走路上でのデータ計測の実現に取り組んだ。実走路上においてリアルタイムにデータを取得するために企業の協力を得ながらリアルタイムパワーメータの開発を行った（図 2）。開発したリアルタイムパワーメータを用いることで、場所にこだわらずペダリング時の踏み込む力を計測できることを確認した。また、ペダリング時の踏力計測に加え、競技者自身の身体動作の細微な違いを把握し、トレーニングに還元するために、パワーメータのみでは計測できない膝の動きを観測するシステム開発に取り組んだ。具体的には、自転車前方から競技者の膝を捉えるような画角となるようカメラを設置し、ペダリング時の膝の動きを映像記録し、機械学習に基づく膝位置推定処理を行った（図 3）。推定結果については、室内にて高精度に追跡可



図2 試作パワーメータ

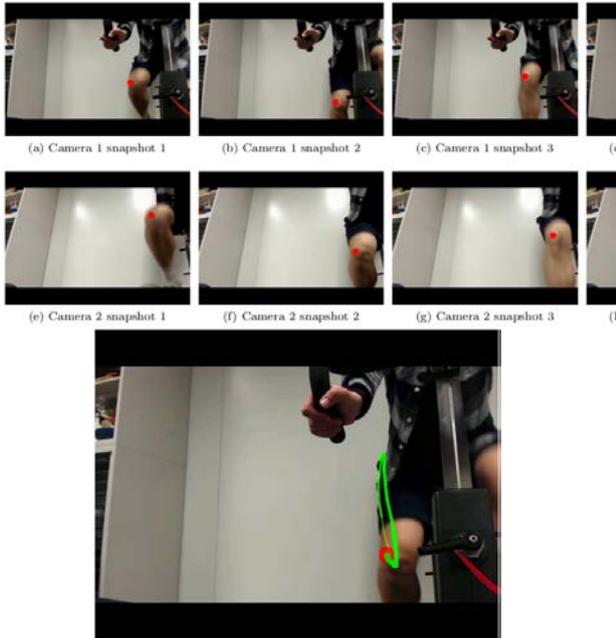


図3 映像からの膝運動の計測と可視化[Y1]

能なモーションキャプチャを真値として、カメラ映像から膝の位置を求めた結果を比較した結果、十分な精度を実現できることを確認している。

#### トレーニング方法の開発

一般のユーザへ向けたシステムの開発に取り組むこととしていた。一般のユーザを対象としたトレーニングにおいては、運動へのモチベーションの維持が大きな課題となることが知られている。そこで、モチベーションを持続可能な基礎トレーニング支援システムの開発および評価を行った。持続可能なトレーニングの実現のために、運動を伴うゲームを開発した(図4)。また、複合現実感技術の一種である顔交換技術を用いて、動作映像中の顔を観察者本人の顔に交換することで、イメージトレーニングに適した映像を生成することに取り組んだ。被験者実験を行い、映像観察時の運動誘発電位(MEP)計測した結果、顔交換映像を観察した場合は、他人映像を観察する場合に比べて、MEP振幅値が上昇していることが分かった(図5)。さらに、MEP振幅値の上昇は顔交換映像の自己認識度合いとの相関があることが分かった。

### 3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取組

本研究課題では、複合現実感技術を用いたスポーツトレーニング支援の要素技術の開発を行った。開発した技術については、現場の指導者およびアスリートから一定の評価を得ている。しかしながら、日常のトレーニングで利用でき



図4 開発したゲームの外観と被験者実験の様子

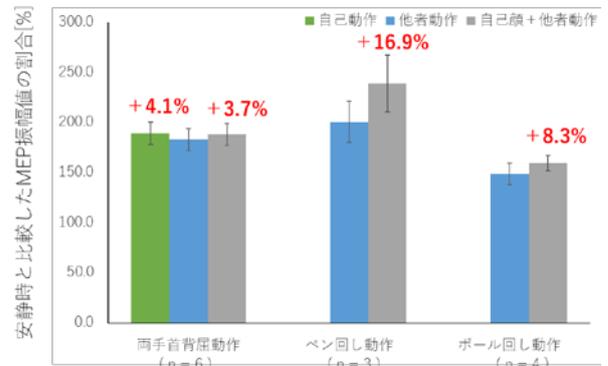


図5 MEP測定結果

るようなシステムとはなっておらず、今後システムとしての完成度を上げる必要がある。また、ゲーミフィケーションを取り入れたトレーニング方法については、一般のユーザへの拡張を考えた場合に必須であり、今回の研究で得られた知見が様々な年齢のユーザを対象としたトレーニングシステムの開発に役立つ。さらに、顔交換技術のイメージトレーニング応用については、まだ初期段階の結果であるが、実験によりその効果が示唆されており、新たなトレーニング方法の確立へと結びつく可能性がある。

#### 4. むすび

本研究では、複合現実感技術を用いたスポーツトレーニング支援に取り組んだ。今後、実際の現場で利用可能なシステムの構築に取り組み、その効果について検証する。

#### 【誌上发表リスト】

- [1] O. Kaplan, G. Yamamoto, T. Taketomi, A. Plopski, C. Sandor, and H. Kato: "Exergame Experience of Young and Old Individuals Under Different Difficulty Adjustment Methods", Computers, Vol. 7, No. 4, pp. 1-20, Nov. 2018.
- [2] O. Kaplan, G. Yamamoto, T. Taketomi, A. Plopski, and H. Kato: "Video-based Visualization of Knee Movement in Cycling for Quantitative and Qualitative Monitoring", Proc. of APMAR, Mar. 2019.
- [3] T. Taketomi, Y. Yoshitake, G. Yamamoto, C. Sandor, and H. Kato: "3D Ground Reaction Force Visualization onto Training Video for Sprint Training Support System", Proc. ICAT-EGVE, pp. 25-26, Nov. 2017.

#### 【受賞リスト】

- [1] 渡邊裕宣、松村遥、武富貴史、Alexander Plopski、権田智也、加藤博一、吉武康栄、優秀講演賞、「動作観察による運動学習を促進させる顔変換システムの有用性の検証」、2019年3月5日