

平成30年6月18日現在

機関番号：12601

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2016～2017

課題番号：16H06687

研究課題名(和文) スポーツの実戦における心理的状態の変動が感覚運動情報処理に及ぼす影響

研究課題名(英文) Estimation of player's condition in sports using wearable bioelectrodes

研究代表者

井尻 哲也(Ijiri, Tetsuya)

東京大学・大学院総合文化研究科・助教

研究者番号：10784431

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の主たる目的は、実戦環境におけるアスリートの心理状態の変動を個人と、チームスポーツの集団において定量評価する手法を開発することであった。平成28年度においては、基礎データとして野球とバスケットボールの試合および練習時における心電図、体幹部の加速度信号の計測を、協力チームに対して継続的に行った。28年度内に、それらのデータを用いて、個人内の試合中における心理状態の変動を定量化するための手法を確立することができた。平成29年度に、上記の手法をさらに発展させ、チームメイトまたは選手・コーチ間の同期・非同期性を分析することで、集団としての心理状態の変動を評価することができた。

研究成果の概要(英文)：Different physical and mental conditions cause the human heart rate to fluctuate. However, it is difficult to record physiological data in real sports situations without impeding an athlete's movement, and no effective method has been established for quantifying changes in an athlete's heart rate that are unrelated to exercise intensity. Using a recently developed wearable bioelectrode ("hitoe"), we performed electrocardiographic and bodily acceleration measurements on baseball and basketball players during actual practice and game situations. We constructed a linear regression model that accurately predicts each player's current heart rate using acceleration data. By subtracting the estimated heart rates ("physical HR") from actually measured HR, we estimated mentally affected heart rate of the players during a game. Our proposed method effectively detected increases in the players' heart rates that were related to the game situations rather than to the exercise intensity.

研究分野：運動制御

キーワード：スポーツ メンタル ウェアラブルセンサ 緊張 情動

1. 研究開始当初の背景

スポーツの実戦環境におけるアスリートの緊張状態は経験が無いものには想像しがたいほどに大きいものである。しかし計測が困難であったことと、運動中の心理状態を定量的に評価する手法がなかったことから、実戦におけるアスリートの緊張と運動パフォーマンスの関係は不明な点が多い。近年の各種ウェアラブルセンサ技術の発展が、実戦環境でのアスリートの脳と身体で起きていることを包括的に計測することは可能になりつつある。しかし計測された心拍数などの生体情報は、心理的影響と身体活動量の影響をともに受けて変動するため、多様な運動をしているアスリートの生体情報から心理状態を推定することは困難であった。

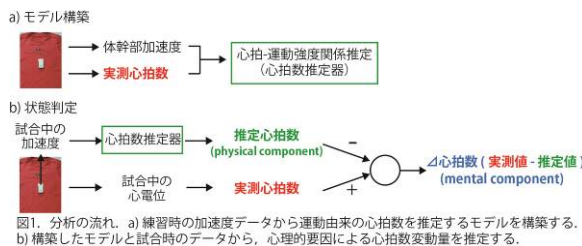
2. 研究の目的

そこで本研究では、非侵襲・非拘束のセンシングの技術を活用して計測したスポーツ実戦環境におけるアスリートの心拍数などの生体信号から、心理的要因による変動量を定量評価する方法を開発することを主たる目的とした。また、個人ごとにおいて構築された上記定量評価手法を、バスケットボールや野球等の集団競技におけるチーム全体の心理状態の変動の定量評価に拡張することを第2の目的とした。

3. 研究の方法

本研究では NTT 物性科学基礎研究所と東レ株式会社が共同開発したウェアラブル生体電極”hitoe”を搭載したインナーウェア C3fit (GoldWin 社製) を活用し、アスリートの心電図を計測し、同時に C3fit の胸部全面に装着したトランスミッター内部にある3軸加速度センサーによって、体幹部の加速度を計測した。以下に述べる分析過程は、図1に示すように心拍-運動強度関係推定ステップ(以下モデル構築ステップ)と、状態判定ステップに大別される。モデル構築ステップにおいて、練習日のみのデータを用いて被験者個人ごとの運動強度と心拍数の関係をモデル化した。そのモデルを用いて、状態判定ステップにおいては、試合日に新規取得したデータから被験者の試合日の心拍変動量を、運動強度を考量したうえで定量評価した。

体幹部の加速度から推定される心拍数は運動の影響を受けて変動する心拍数であり、その推定値と実測心拍数との差分値は、主として非運動(メンタル)由来成分と解釈できる。



開発した心拍数推定モデルの詳細を以下に示す。まず、トレッドミル歩行のような定常運動においては、直近の加速度の単純な積算によって精度よく次の心拍数を予測することができることが知られている(吉武裕2001)。しかし、実環境でのスポーツにおいては、実行する運動はその種類も強度も定常ではないため、体動による直前の加速度値を単純に積算した値からは、必ずしもその時点での瞬時心拍数を精度よく予測できない。そのため、本研究では、1) 過去15分の加速度信号の積算値を用いること、2) 直近の運動が心拍数に及ぼす影響は大きく、過去に遡るほどその影響が小さくなるという生体の特徴を計算に反映するために、加速度信号を積算する前に、過去の信号を減衰させるためのフィルタをかけること、の2点をモデルに組み込んだ(図2)。

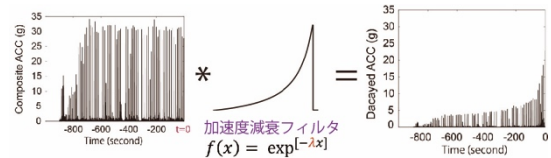


図2. 心拍数推定器の加速度減衰フィルターの仕様。過去15分の加速度合成値に減衰フィルタをかけることで、過去の加速度を小さく、直近の加速度を大きく重み付けしている。

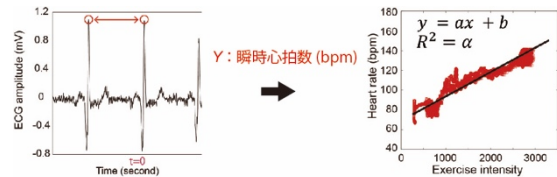


図3. 実測心拍数と運動強度推定値の線形回帰モデル。図2で示した運動強度推定値を、心拍数が検出される毎に算出し、実測心拍数との線形回帰式を作成する。その回帰式の決定係数 α を求め、 α を最大化するような加速度減衰フィルタの定数 λ を求めた。

減衰させた加速度合成値を積分した値を運動強度推定値と定義し、心拍数を検出する毎に運動強度推定値を算出した。心拍数と運動強度推定値の関係を定式化するために、図3に示したように2変数間の線形回帰式とその決定係数 α を求めた。この α が最大化するように、加速度減衰フィルタの減衰の強さを最適化した。減衰の強さは個人ごとに異なり、心肺機能の強い個人は減衰が強くなる、すなわち過去の運動が現在の心拍数に及ぼす影響が小さいということになる。

4. 研究成果

上述のモデルを構築するための基礎データ計測として、共同研究先の NTT グループと、C3fit 着用して、複数日における野球の練習時と試合時の心拍数と加速度を計測し(図4a)、練習時のデータに基づいて個人ごとに運動強度(加速度データから計算)から心拍数を予測

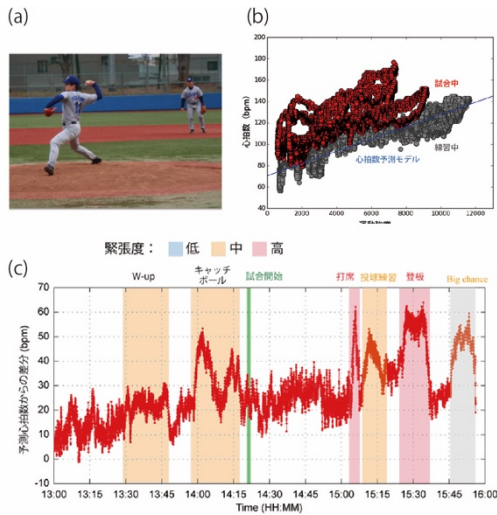


図4. (a) 実験風景. 元読売巨人軍桑田真澄氏らとともに野球の試合を行い, hitoe インナーウェアで心拍数と加速度を計測. (b) ある被験者における, 加速度から求められた運動強度に基づいて心拍数を予測するモデルの予測値 (灰色) と実際の野球の試合での心拍数 (赤色). 両者の差分が非運動 (メンタル) 由来成分と解釈される. (c) 両者の差分の時系列変化. 試合中のイベントごとに非運動 (メンタル) 由来成分が大きく変動していることがわかる.

するモデルを作成した. また, 試合時に計測した実測心拍数と, 加速度から推定された心拍数の差分を算出し, 手法の有効性を実験的に確認した (図 4b, c).

図 4b はある投手のデータであるが, 練習時のデータ (灰色) に示したように運動強度推定値と実測心拍数の間には線形関係が見られ, 求めた線形回帰式の決定係数は 0.86 であった. すなわち心拍数変動の大部分は, 被験者が非常常で多様な運動をしている状況においても, 大部分は運動量を反映した加速度データから高い精度で推定できることがわかった.

また, 試合で計測した同被験者の実測心拍数は (図 4b の赤色), 運動強度推定値から推定される推定心拍数よりも高くなった. この実測心拍数と推定心拍数との差分値が非運動 (メンタル) 由来成分と解釈できる. この差分値を試合の時系列データとしてみると (図 4c), 試合のイベントに応じて, 差分値の上昇が見られることがわかる. すなわち, 単純に実測心拍数だけを見たときにはわからない, 心理的要因による心拍数の変動を, 本手法は抽出できていることが推測される.

次に, 本手法を更に発展させ, バスケットボールのような集団競技におけるチームの心理状態を定量評価するために, 中学生バスケットボールチームの協力を得て, 3 日間の練習および複数の公式戦中の心電図および体幹部の加速度を, 出場選手と, 同チームのコーチにおいて計測した (図 5). 野球のデータと同様に, 各個人ごとに心拍数推定モデルを作成し, 試合時の心理的要因による心拍数の変動量を算出した (図 6). 野球に比べ, 運動強度が高いバスケットボールにおいても, 体幹部の加速度から運動由来の心拍数変動量が高

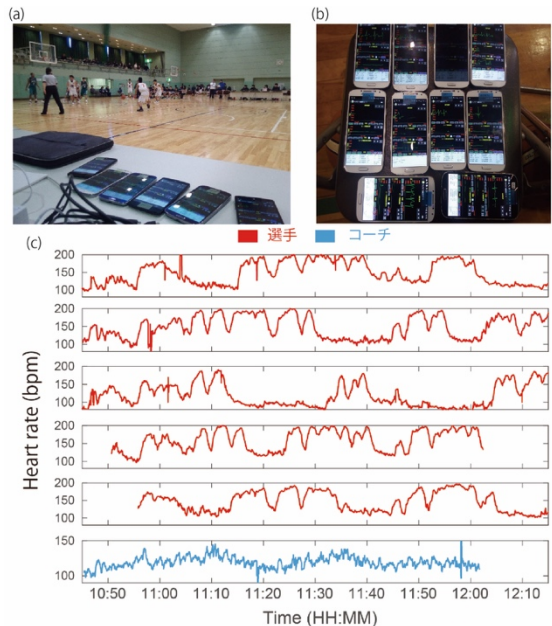


図5. (a) バスケットボールの試合中の測定風景. 選手は計測用のインナーウェアを着用している. (b) 測定デバイス. (c) 選手 (赤) とコーチ (青) の試合中の心拍数変動

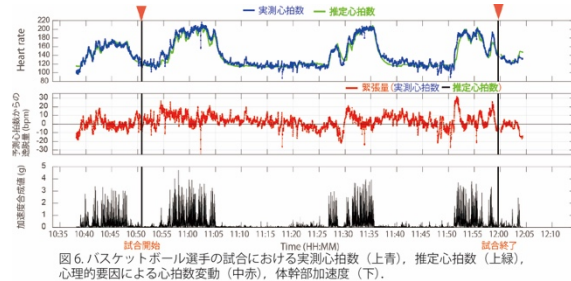


図6. バスケットボール選手の試合における実測心拍数 (上青), 推定心拍数 (上緑), 心理的要因による心拍数変動 (中赤), 体幹部加速度 (下).

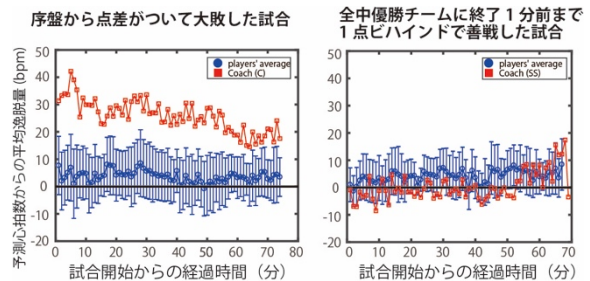


図7. バスケットボールの試合における出場選手 (青) とコーチ (赤) の心理的要因による心拍数変動量. 出場選手コーチの心拍数変動量が大きく乖離している試合 (左) と一致している試合 (右) があることが分かる.

い精度で推定できていることが, 図 6 上段の実測心拍数, 推定心拍数の差が小さいことから見て取れる.

さらに, 出場選手全員の, 心理的要因による心拍数変動量の平均値の時系列データ (図 7 青色) がコーチのそれと大きく乖離した試合 (図 7 左) とおおよそ一致している試合 (図 7 右) があることも分かり, 本手法が集団競技の心理状態評価にも一定の有効性があることが分かった.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

1. 井尻 哲也, 中澤 公孝: 特集 野球のバッティングにおけるタイミング制御. 日本神経回路学会, 査読無 24, 3 pp124-131, 2017.
2. 持田岳美, 木村聡貴, 井尻哲也, 柏野牧夫: 特集 ウェアラブル端末, 6章 ウェアラブルセンサを活用したスポーツシーンでの心身状態の解説とフィードバック. 映像情報メディア学会誌, 査読無, 71(3), pp 301-305, 2017.
3. Toshihisa Kimura, Takemi Mochida, Tetsuya Ijiri, Makio Kashino, "Body-mind Sonification to Improve Players Actions in Sports", NTT Technical Review, 査読有, 2016 Vol.14, No. 1
4. 木村 聡貴, 持田 岳美, 井尻 哲也, 柏野 牧夫: 小特集 ICT で強くなる・健康になる, 情報科学でスポーツパフォーマンス向上を支援する. 電子情報通信学会 通信ソサイエティマガジン, 査読無, 37, pp23-28, 2016.
5. 柏野 牧夫, 持田 岳美, 井尻 哲也, 木村 聡貴: ウェアラブルセンサを用いたスポーツ中の心身状態の解説と調整 - 潜在脳機能に基づくスポーツ上達支援を目指して-. バイオメカニクス研究, 19(4), 査読無, pp230-239, 2016

[学会発表] (計 6 件)

1. 井尻 哲也, 木村聡貴, 柏野牧夫, 中澤公孝 (査読有, ポスター) "VR 打撃システムにおける打者の挙動とその個人間差の定量評価", 日本野球科学研究会第 5 回大会, 神戸, Nov. 2017
2. 三木豪, 那須大毅, 小林裕央, 井尻 哲也, 桑田真澄, 中澤公孝 "投球中の筋活動と投球位置のバラツキの関係性", 日本野球科学研究会第 5 回大会, 神戸, Nov. 2017
3. 小林裕央, 桑田真澄, 井尻 哲也, 三木豪, 小川哲也, 中澤公孝. (査読有, ポスター) "小学生から大学生における投球コントロールの比較", 日本野球科学研究会第 5 回大会, 神戸, Nov. 2017
4. 井尻 哲也, 高橋正仁, 石飛博之, 中澤公孝 (査読有, ポスター) "チームスポーツにおける試合中の心理的要因による心拍変動量の定量評価 (Estimation of athletes' heart rate variability in team sports)", 第 72 回日本体力医学会大会, 愛媛, Sep. 2017
5. 井尻 哲也, 木村聡貴, 柏野牧夫 (査読有, ポスター) "ウェアラブル生体電極を用いて試合中のアスリートの心理的要因による心拍変動量を定量評価する", 第 71 回日本

体力医学会大会, 岩手, Sep. 2016

6. 井尻 哲也, 木村聡貴, 柏野牧夫 (査読有, ポスター) "ウェアラブルセンサを用いて試合中の緊張量を定量評価する新手法の提案", 日本野球科学研究会第 4 回大会, 東京, Nov. 2016

[図書] (計 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井尻 哲也 (Ijiri, Tetsuya)
東京大学・大学院総合文化研究科・助教
研究者番号: 10784431

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号:

(4) 研究協力者

()