

運動中のスポーツ選手からのリアルタイム・バイタルデータ収集システムの研究開発 (122307002)

Real-Time Vital Data Collection System from Athletes during Exercise

研究代表者

奥畑 宏之 株式会社シンセシス

Hiroyuki Okuhata Synthesis Corporation

研究分担者

伊勢 正尚[†] 渡邊 賢治[†] 有銘 能亜[†] 原 晋介^{††} 辻岡 哲夫^{††} 中村 肇^{†††} 河端 隆志^{††††}

Masanao Ise[†] Kenji Watanabe[†] Noah Arime[†]

Shinsuke Hara^{††} Tetsuo Tsujioka^{††} Hajime Nakamura^{†††} Takashi Kawabata^{††††}

[†]株式会社シンセシス ^{††}大阪市立大学大学院工学研究科

^{†††}大阪市立大学大学院医学研究科 ^{††††}関西大学人間健康学部

[†]Synthesis Corporation ^{††}Graduate School of Engineering, Osaka City University

^{†††}Graduate School of Medicine, Osaka City University

^{††††}School of Health and Well-being, Kansai University

研究期間 平成 24 年度～平成 25 年度

概要

腰部に装着するだけで、運動中のスポーツ選手から負担をかけることなく、心拍数、消費エネルギーおよび体表温度といったバイタルデータを取得できるバイタルセンシング方式と、これを装着している運動中の複数の選手からバイタルデータをリアルタイムかつ同時に収集できる無線通信方式を研究開発する。データ取得頻度や精度といった取得バイタルデータの有効性をスポーツ生理学および医学の研究者が検証し、一方、データの表示法に関してはスポーツ監督・トレーナーとの意見交換に基づき、現場で真に求められているシステムを構築する。試合中あるいは練習中のサッカー選手にバイタルセンサーを実際に装着してデータを収集するフィールド実験を繰り返し行うことにより、実用的なバイタルデータ収集システムの実現を目指す。

1. まえがき

アスリート養成の分野では、練習による身体能力の把握、健康管理、疲労による病気や怪我の回避のために、運動中の人間からバイタル情報を収集しリアルタイムにモニタすることが求められている。例えば、運動中の目標心拍数は、カルボーネン法により計算されるが、これには運動中の心拍数のセンシングが不可欠である。また、運動中のエネルギー消費量については、典型的な運動に対して適正な値があらかじめ計算されており、単位時間当たりの適正なエネルギー消費量は、年齢、体重と性差によって大きく異なる。さらに、運動中の体温については、運動開始時には 37℃ 以下であることが望ましく、運動中では 40℃ が限界であることが知られている。この限界を超えると、意識の低下を招くことがある。一方では、サッカーの元日本代表選手が練習中に倒れ、病院で死亡したことは記憶に新しい。このように、アスリート養成の分野で、スポーツ生理学的観点と健康管理の観点から、運動している人間からバイタル情報をリアルタイムに収集しモニタすることの重要性は容易に理解できる。しかし、アスリート向けに現在販売されているバイタルセンサーはそのほとんどが蓄積型であり、また、携帯電話やスマートフォンに接続できるバイタルセンサーは多数出回っているが、アスリートは大きく重いスマートフォンを装着して練習できない。これらのセンサーもすべて蓄積型である。

我々は、本研究開発の中で、運動中の人間からの心拍センシングとそのデータの無線伝送について新しい方式を提案し、フィールドの格闘技と言われるサッカーの試合中でその有効性を検証してきた。これまで、ワイヤレスバイタルセンサーノードを 22 人の選手全員に装着し、彼らのバイタル情報をリアルタイム、定期的かつ高信頼に一か所に収集できることを実証してきた。

2. 研究開発内容及び成果

2. 1 バイタルセンシング法

心電位あるいは脈波をセンシングすることにより、心拍は計算できる。また、3 軸加速度をセンシングすれば、エネルギー消費量は計算できる。体表温度は、人体のどの部位でもセンシングできるが、心電位は心臓の近くで、一方、3 軸加速度は下半身でそれぞれセンシングすることが好ましい。我々は、人間の腰部一箇所に装着するだけで、心電位 (ECG: ElectroCardioGraphy) あるいは光電脈波 (PPG: PhotoPlethysmoGraphy) により心拍を計算し、3 軸加速度からエネルギー消費を計算し、そして体表温度をセンシングできるバイタルセンシング法を研究開発した。

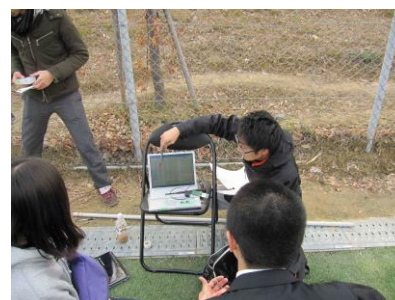
ECG による運動中の心拍センシングで問題となるのが発汗である。ECG では、電極を用いて、心電位を直接センシングするため、発汗により電極間に電流が流れると、心電位は正確にセンシングできなくなる。対策としては、電極間距離を大きくする他にはないため、我々はこのアプローチを捨て、最終的に PPG による心拍センシングを選択した。PPG による運動中の心拍センシングで問題となるのが体動である。PPG の原理は、LED/光検出器を用いて、拍動による体組織厚の変化等をセンシングすることである。運動中には、運動に伴い体組織も変化するため、センシングした脈波の中に体動が含まれる。特に、走行や跳躍といった激しい運動時には、脈波の周波数成分と体動の周波数成分が重なることから、非線形処理を用いないと、脈波から体動をキャンセルできない。キャンセルするには体動だけをセンシングする必要があり、それが鍵となる。我々は、LED/光検出器を工夫することにより、体動だけをセンシングできることを発見し、激しい運動時であっても正確に心拍をセンシングする方法を研究開発した。



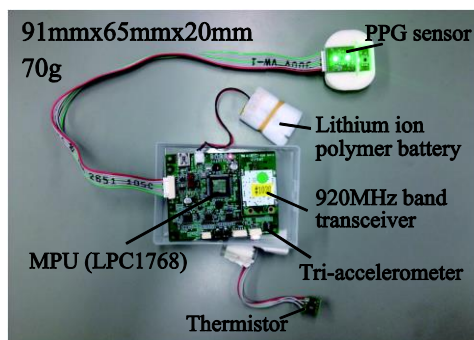
(a) バイタルセンサーノードの装着



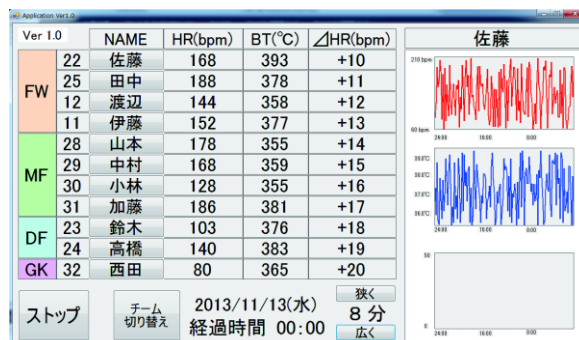
(c) フィールド実験



(d) ユーザーインターフェースの説明



(b) バイタルセンサーノード



(e) ディスプレイ表示画面

図1 研究開発したリアルタイム・バイタルデータ収集システム

2. 2 無線伝送法

2.4GHz ISM 帯では、通信方式やそのモジュール等、多種多様なデバイスが安価に入手できるが、この周波数帯の信号は、伝送距離は短く、人体等により容易にブロックされるという特徴を持つ。一方、920MHz 帯の通信方式の伝送速度は比較的低速であるが、伝送距離が長く、ブロッキングに強いという特徴を持つ。

このように、これら2つの周波数帯の通信方式には一長一短があるため、フィールド実験により、我々はそれらの伝送特性を比較することにした。フィールド実験では、サッカー選手22名の後腰部にバイタルセンサーノードを装着し、90分間の試合中に彼らのバイタルデータを10秒に1回1台のノートPCに収集するものであった。バイタルセンサーノードは2.4GHz ISM 帯と920MHz 帯の両方で同時に信号を送信できる。フィールド実験の結果、2.4GHz ISM 帯の無線通信方式では、フィールドの周りに6台のデータ収集ノードを設置しても、パケット受信成功率が約80%にしかならないが、920MHz 帯の無線通信方式では、2台のデータ収集ノードを設置すれば、パケット受信成功率がほぼ100%になることが判明した。

2. 3 バイタルデータ収集システム

研究開発したリアルタイム・バイタルデータ収集システムを図1に示す。(a)はフィールド実験において、選手にバイタルセンサーノードを装着しているところであり、(b)がそのバイタルセンサーノードである。(c)はフィールド実験の風景であり、(d)は監督とトレーナーにユーザーインターフェースの説明を行っているところである。最後に、(e)は監督とトレーナーに対するヒアリングにより研究開発したディスプレイ画面である。選手名をクリックすれば、バイタルデータのヒストリが表示されるようになっている。

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

2020年に東京オリンピックが開催されることを受け、

アスリート養成の分野で、これまで勘や経験に頼っていた練習指導や健康管理を、科学的根拠に基づいたものに変えることが真に望まれている。その意味で、我々の研究開発したシステムのタイムリー性は高く、なるべく早く実用化したいと思っている。

さらに、トップアスリートとアスリートを対象としたシステム研究開発の後に、学校体育への展開を考えている。小学校や中学校での体育授業中の児童・生徒にバイタルセンサーノードを装着し、健康管理や疾病予防に役立てたいと思っている。これらにより、日々のヘルスケアの重要性の認識とその定着に結び付けたいと願っている。

4. むすび

運動中のスポーツ選手からのリアルタイム・バイタルデータ収集システムの研究開発についての内容と成果を解説した。大学と企業が地域に密着し、また、工学者、医学者とスポーツ生理学者が協力して研究開発を行い、システム実現の可能性を示すことができた。解決すべきいくつかの問題がまだ残されているが、実用化へ向け、研究開発をさらに推進したいと思っている。

【誌上発表リスト】

- [1] S. Hara et al., "Development of a Real-Time Vital Data Collection System from Players during a Football Game", in Proc. IEEE Healthcom 2013, in CD-ROM (2013年10月10日)
- [2] T. Shimazaki et al., "Cancellation of Motion Artifact Induced by Exercise for PPG-Based Heart Rate Sensing", in Proc. IEEE EMBC 2014, in CD-ROM (2014年8月28日)
- [3] S. Hara et al., "Elements of a Real-Time Vital Signs Monitoring System for Players during a Football Game", in Proc. IEEE Healthcom 2014 (2014年10月15-17日)

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://www.c.info.eng.osaka-cu.ac.jp/projects/ict-sports/>