

ウェアラブルデバイスを用いた血圧測定による労働者安全管理の可能性

飛鳥建設 正会員 ○松田 浩朗
 飛鳥建設 正会員 松元 和伸
 関西大学 田頭 茂明

1. はじめに

近年、建設工事の安全性向上の観点から、労働者の脈拍や体温といったバイタルデータのモニタリングの研究開発が進められている¹⁾。これらは、得られたバイタルデータから労働者の体調を管理し、熱中症等の疾病を未然に防ぐことで労働災害を防止することを目的としている。筆者らも、労働者の装着による負担の少ないウェアラブルデバイスに着目し、これを用いた労働者の耳孔体温や脈拍数のモニタリング手法について研究を行っている²⁾。

一方、IoT (Internet of Things) 関連の機器の普及が急速に進んでおり、ヘルスケア分野においては血圧を測定できるウェアラブルデバイスも市販されている。血圧は、熱中症のうち体温変化がない熱失神³⁾や、身体的・精神的疲労など労働者の体調を評価するうえで重要な情報と考えられる。

本研究では、血圧が測定可能なウェアラブルデバイスの測定性能を室内実験および現場実験により検証し、本デバイスの建設工事における労働者の安全管理への適用可能性を検討する。

2. 使用デバイス

図-1 に使用したウェアラブルデバイス (以下、デバイス) を示す。手首に装着するブレスレット型で、液晶表示部背面 (内側) に SpO₂ (血中酸素濃度) センサ、および ECG (心電) センサを備えている。収縮期血圧 (以下、最高血圧) および拡張期血圧 (以下、最低血圧) は、これらのセンサ値に基づき PWTT 法⁴⁾により推定される。このため、本デバイスは従来のカフ式血圧計と異なり、軽量、連続測定可能 (心拍 1 拍毎測定)、カフによる圧迫の負担がない、などの特長を有しており、労働者の安全管理のためのバイタルデータモニタリング機器として有用である。

3. 室内実験

本デバイスの血圧測定性能を検証するために、室内実験を実施した。本実験では、携帯型カフ式血圧計による測定も合わせて実施し測定値を比較した。また、血圧値を変化させる目的で、被験者にフィットネスバイクによる運動負荷を与えた (図-2 参照)。被験者は 40 代男性で、卓上血圧計にて測定した安静時最高血圧は 121mmHg、また、最低血圧は 81mmHg である。実験時間は 2400 秒 (40 分) とし、与えた負荷は測定から 600 秒区間は無負荷、600 秒から 1500 秒区間は 60W、1500 秒から 1800 秒区間は 80W、1800 秒から 2400 秒区間は無負荷とした。なお、デバイスは連続測定 (心拍 1 拍毎: 約 1 秒間隔)、カフ式血圧計は 300 秒間隔とした。

図-3 に血圧測定結果を示す。図中、横軸は測定開始からの経過時間で、実線、および破線は、それぞれデバイスによる最高血圧、および最低血圧測定結果を示す。また、丸印、および三角印は、それぞれカフ式血圧計による最高血圧、および最低血圧測定結果を示す。図より、無負荷の測定開始から 600 秒区間、および 1800



図-1 検証デバイス



図-2 室内実験状況の一例

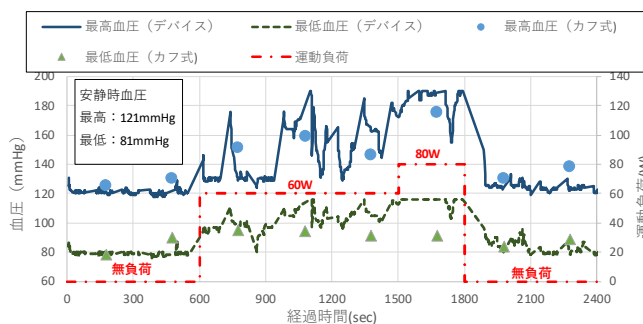


図-3 血圧測定結果 (室内実験)

キーワード バイタルデータ, ウェアラブルデバイス, 血圧, 安全管理

連絡先 〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472 飛鳥建設株式会社 技術研究所 TEL 04-7198-7572

秒から 2400 秒区間の無負荷時は、デバイスによる血圧測定値は安定している。一方、600 秒から 1500 秒区間、および、1500 秒から 1800 秒区間はデバイスの測定値は大きくばらついている。表-1 に、デバイスおよびカフ式血圧計のそれぞれの区間の測定値の平均とその差を示す。表より、最高血圧は 10mmHg 程度、最低血圧は 10~20mmHg 程度の差となっており、運動負荷に伴う血圧上昇・下降の傾向は確認できる。以上のように、本デバイスは、血圧上昇・下降の傾向を把握できることから、労働者の安全管理に適用できる可能性が示された。

表-1 区間平均値とその差

区間(sec)	区間平均値				差(デバイス-カフ式)	
	最高血圧 (デバイス)	最低血圧 (デバイス)	最大血圧 (カフ式)	最低血圧 (カフ式)	最高血圧	最低血圧
0~600 : 無負荷	121	79	128	84	-6	-5
600~1500 : 60W	146	102	152	93	-6	8
1500~1800 : 80W	182	114	175	91	7	23
1800~2400 : 無負荷	125	84	134	87	-9	-2



図-4 現場実験状況の一例

4. 現場実験

現場の労働者への適用性を検証する目的で現場実験を実施した。実施状況の一例を図-4 に示す。被験者は建設工事の施工管理を担当する 50 代男性で、卓上血圧計にて測定した安静時最高血圧は 154mmHg、また、最低血圧は 87mmHg である。実験時間は 6000 秒 (100 分) とし、測定開始から 2100 秒区間は自動車の運転、2100 秒から 6000 秒区間は作業の指示や荷物の搬入など現場業務を行っていた。なお、室内実験と同様にデバイスは連続測定(心拍 1 拍毎: 約 1 秒間隔)、カフ式血圧計は 300 秒間隔とした。

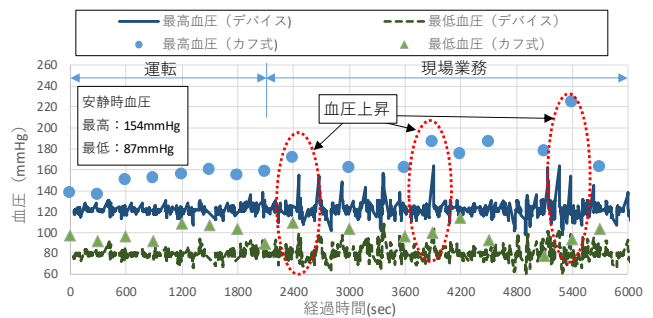


図-5 血圧測定結果 (現場実験)

図-5 に血圧測定結果を示す。図より、運転時の血圧測定値においてカフ式血圧計とデバイスの測定値に大きな差が認められる。カフ式血圧計の測定値は被験者の安静時血圧に近い値を示しているものの、デバイスの測定値は最高血圧、および最低血圧がそれぞれ、120mmHg、および 80mmHg を中心にばらついており、全体として大きな差が生じている。これは、デバイスは PWTT 法により相対的な血圧変化を測定していることから、絶対値に信頼性が無いと考えられる。また、現場業務時において、カフ式血圧計の測定値に血圧の上昇が見られる時間 (経過時間 2400 秒, 3900 秒, 5400 秒) に、デバイスの測定値にピークが認められるものの、測定値のばらつきが大きく、血圧上昇の傾向は見られない。これは、血圧の上昇をもたらす運動により、装着位置と心臓との高さ変化が生じ、測定ノイズが大きくなることが原因の一つと推察される。

5. おわりに

本研究では、血圧が測定可能なウェアラブルデバイスの建設工事における労働者の安全管理への適用可能性を検討した。従来のカフ式血圧計に比べ装着する労働者の負担が少ないこと、また、血圧変化の全体的な傾向が把握できることが示された。ただし、得られる値が血圧の絶対値ではなく相対的な変化であり、また、測定ノイズの問題もあることから、そのまま建設工事の安全管理に適用することは難しいと考える。今後、測定精度向上手法や有効な運用方法について検討する予定である。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP17H01741 の助成を受けたものです。

参考文献 1) 河西奈保子, 小笠原隆行, 中島寛, 塚田信吾: 着るだけで生体情報計測を可能とする機能素材 hitoe の開発及び実用化, 通信ソサイエティマガジン, 電機情報通信学会, No.41, pp.17-23, 2017. 2) 松田浩朗, 松元和伸, 田頭茂明, 小林薫: 生体信号に基づく労働者安全管理に関する基礎的研究, 土木学会第 71 回年次学術講演会, CS7, pp.69-70, 2016. 3) 熱中症・テーパーパック健康ニュース: <http://www.t-pec.co.jp/health-news/2005/08.html>, (参照 2018.3.23). 4) 須郷義広, 酒井智之, 寺尾真美, 鶴川貞二, 落合亮一: 運動負荷中の心電図と SpO2 脈波を用いた非侵襲連続心拍出血量測定のエコードップラーに対する一致度とトレンドの追従性, 医療機器学, Vol.83, No.3, pp.273-282, 2013.