

スポット型ゲートウェイによる脈拍モニタリングシステムの開発

Development of Heart Rate Monitoring System Using Spot Type Gateway

松田 浩朗^{*1}
Hiroaki Matsuda

松元 和伸^{*1}
Kazunobu Matsumoto

藤本 克郎^{*2}
Katsuro Fujimoto

宇都宮 基宏^{*2}
Motohiro Utsunomiya

【キーワード】 安全管理 脈拍 モニタリング ゲートウェイ

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に関する研究開発が進められている¹⁾。これは、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を目的としている。筆者らも、ウェアラブルデバイスに着目し、これを用いた労働者のバイタルデータのモニタリングに関する研究を進めている²⁾。

ここで、これまで開発された建設工事向けのバイタルデータのモニタリングシステムは、バイタルデータを取得するセンサと、データを集約するサーバとをつなぐゲートウェイ機器として、労働者に所持させた携帯通信端末（スマートフォン）を利用するものが多い。この方法では、労働者それぞれに携帯通信端末を所持させる必要があることや、管理者は労働者が所持している携帯通信端末の管理も必要となる。

筆者らは、この課題の解決方法として、周辺労働者の共通のゲートウェイ機器を作業集中箇所に設置することで、労働者および管理者の負担を軽減する、スポット型ゲートウェイによる方法を考案した。また、本方法を利用した脈拍モニタリングシステムを開発し、トンネル建設工事において有効性を検証する試験を実施した。さらに、開発システムを現場にて試験的に適用した。本報では、その結果について示す。

2. スポット型ゲートウェイ

スポット型ゲートウェイに必要な機能は、任意のセンサ、および、サーバとの通信である。近年、ウェアラブルデバイスの通信規格として BLE (Bluetooth Low Energy) の採用が多い。一方、特にトンネル建設工事では携帯電話網による通信が困難であることから、トンネル坑内に無線 LAN による通信設備を構築することが多い。このため、BLE および無線 LAN 通信機能を有する機器をスポット型ゲートウェイのハードとして採用した。採用した機器を図-1に示す。本機器はシングルボードコンピュータで、センサ、および、サーバとの通信アプリケー

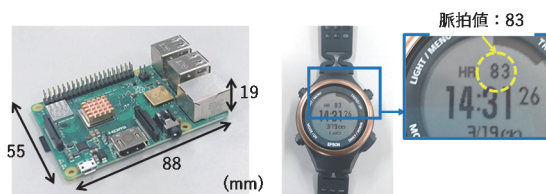


図-1 採用機器 図-2 使用した脈拍センサ

ションの開発とその実装により、ゲートウェイ機能を実現している。

3. 脈拍モニタリングシステム

上述したスポット型ゲートウェイを、バイタルデータのモニタリングへ応用することを目的として、ウェアラブル脈拍センサを利用した脈拍モニタリングシステムを開発した。使用した腕時計型の脈拍センサを図-2に示す。また、開発したシステムの概要を図-3に示す。本システムは、スポット型ゲートウェイ、脈拍センサ、サーバで構成される。労働者それぞれに脈拍センサを装着させ常時脈拍を計測する。なおスポット型ゲートウェイは周辺労働者の脈拍センサを定期的受信し、サーバに送信する。サーバは、あらかじめ登録した脈拍センサとその装着ユーザ情報、および、ゲートウェイとその設置場所情報から、ユーザ名、現在位置、ならびに、脈拍数を一元管理する。また、設定した警告値を超えた場合に SNS アプリケーションのグループチャットへ警告情報を送信する機能を有している。

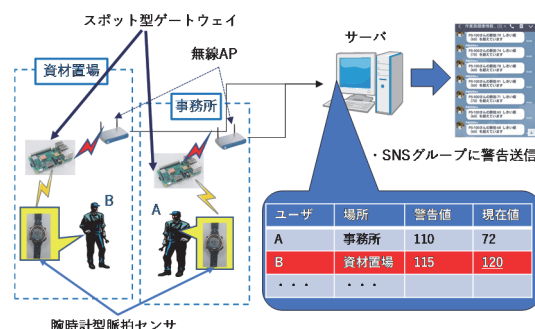


図-3 脈拍モニタリングシステムの概要

1. 技術研究所 研究開発 G 第一研究室 2. 名古屋支店 赤羽根トンネル作業所
3. 九州支店 名護東トンネル作業所

4. 開発システムの検証

開発システムをトンネル建設工事において試験的に適用し、有効性を検証した。検証現場は、豊川用水二期東部幹線併設水路赤羽根下流工区工事（発注者：独立行政法人水資源機構）である。本検証では、スポット型ゲートウェイ設置位置において、脈拍センサを装着した労働者の脈拍値を常時モニタリングできることを確認するものである。

スポット型ゲートウェイ機器は、比較的作業が集中する坑口付近、坑内待避所（坑口から500m）、坑内複線部（坑口から900m）の3箇所に設置した。坑内待避所で

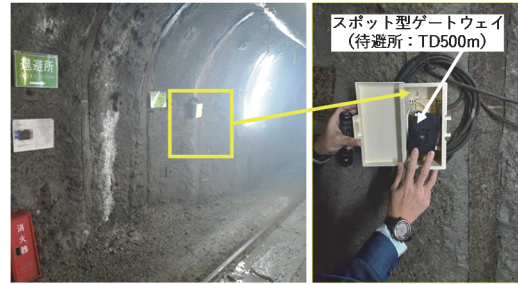


図-4 スポット型ゲートウェイ設置状況

のスポット型ゲートウェイ設置状況を図-4に示す。なお、脈拍値の更新間隔は1分とした。

脈拍計測状況の一例を図-5に示す。装着者によらず、脈拍は常時計測可能であった。また、スポット型ゲートウェイにより装着者の脈拍値がサーバに送信された。サーバの管理画面の一例を図-6に示す。サーバにおいて装着者の脈拍値、および、その経時変化が一元的に管理可能であった。ただし、本検証においては、スポット型ゲートウェイと脈拍センサ間が30mを超えると、データ取得のための通信が困難となった。

図-5 脈拍計測状況の一例



図-6 サーバ管理画面の一例

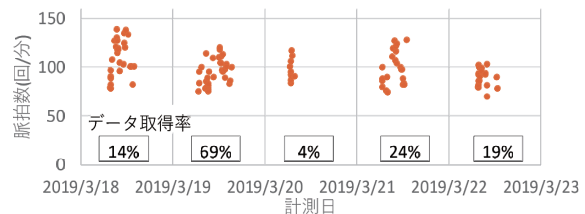


図-7 脈拍計測結果

以上のように、本システムでは脈拍センサ装着者に携帯通信端末を所持させる必要なく、労働者の脈拍値を常時モニタリングできることを確認した。また、労働者が作業するエリアに対して最大距離が30m以下となるようにスポット型ゲートウェイを配置する必要があることが示された。

5. 現場試験適用

開発したシステムを平成30年度名護東道路4号トンネル工事（発注者：内閣府沖縄総合事務局）において、トンネル掘削が始まる前に試験的に適用した。図-7に適用状況の一例を示す。本試験適用は、2019/3/18 から3/23の5日間実施した。脈拍値の更新間隔は2分とした。図-7に、脈拍計測結果を示す。図中横軸が計測日、縦軸が計測された脈拍数である。また図中に、期待されるデータ数（1日あたり240個）に対するサーバで取得したデータ数の割合であるデータ取得率を示す。図より、作業の負荷に応じて変化する脈拍が取得できている。ただし、欠測が多く、2019/3/20においては4%と極めて低い値となっている。これは、対象作業員の作業位置とスポット型ゲートウェイとの間に建設機械等の電波の障害

物が存在したことが原因と考えられる。今後予定している本格運用時において、スポット型ゲートウェイ配置の工夫により、改善していく予定である。

6. おわりに

本報では、考案したスポット型ゲートウェイとそれを利用した脈拍モニタリングシステムの有効性と運用の課題について示した。本格運用結果について今後報告する予定である。

謝辞：現場実験にご協力いただきました独立行政法人水資源機構豊川用水総合事業部および内閣府沖縄総合事務局の関係各位に謝意を表します。

【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: 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, 土木学会第73回年次学術講演会, pp.697-698, 2018.