

特集

ごみ焼却施設と収集運搬におけるDXの展開②

ウェアラブル端末を利用した 安全衛生向上

廃棄物処理施設における安全見守りサービス 「Work Mate」の活用

JFEエンジニアリング(株) 庄司 大作・中村 高陽・田部 史朗
(株)ユビテック 大坪 弘晶・大貫 誠

1 はじめに

廃棄物処理施設の安全・安心な運営においては、運転員の安全衛生として労働災害の防止が非常に重要である。廃棄物処理施設に特有の課題として、高温の作業場所が多く熱中症の発生リスクが高いことや、炉室など見通しの悪い構造の場所が多く災害発生時に被災者の早期発見・救助が困難であることが挙げられる。

JFEエンジニアリング(株) (以下、当社) では、ウェアラブル端末を利用した安全見守りシステムである(株)ユビテックの「Work Mate」に着目した。位置情報を取得することができることに加え、ウェアラブル端末によってバイタル情報を取得できるため、従来は事前対策が困難であった熱中症の予兆を検知できることが特徴で

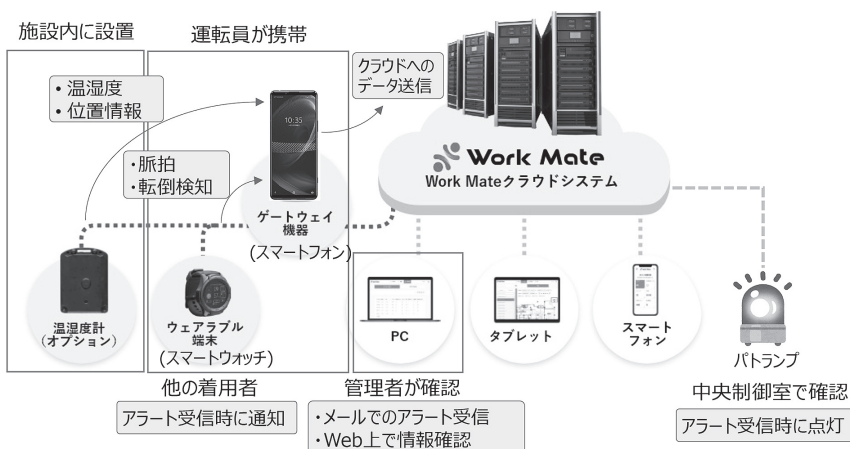
ある。しかし、実運用に向けた課題として、廃棄物処理施設において実際の評価と機能改善が必要であると考えた。

そこで、バイタル情報を用いた熱中症予兆検知機能の有効性を確認するとともに、廃棄物処理施設特有の構造に適した位置表示方法、および測位方法について開発を実施し、当社の運営工場における実証評価を行った。本稿では、その取り組みについて紹介する。

2 ウェアラブル端末を利用した安全見守りシステム

2-1 システム構成

第1図に、今回評価を行った安全管理システム「Work Mate」のシステム構成を示す。運転



第1図 システム構成

員がウェアラブル端末（スマートウォッチ）を着用することで、バイタル情報を取得する。バイタル情報はゲートウェイ（スマートフォン）を経由して、クラウドにデータが送信される。また、施設内の各所にビーコン（電波発信機能と温湿度測定機能を持つ）を設置することで、運転員がビーコンの近くに滞在あるいは通過した際に温湿度データと運転員の位置情報データもゲートウェイに送信される。これらのクラウドに送信されたデータを基にシステムで各種のアラーム判定が行われる。また、バイタル情報や位置情報はPCなどからシステム画面を開くことで、リアルタイムで確認することも可能である。

アラートが発生した際には、当該の運転員を含めたウェアラブル端末着用者に通知が行われるとともに、管理者に対してメールなどによる通知が行われる。更に、中央制御室に設置したパトランプが点灯し周囲の人員にも通知される。

2-2 主な機能と評価項目

システムの主な機能について第1表に記載す

る。本稿では特に、③熱中症予兆検知機能の有効性確認と、④位置測位機能における廃棄物処理施設向け測位方法の開発について詳細を報告する。

③ 熱中症予兆検知

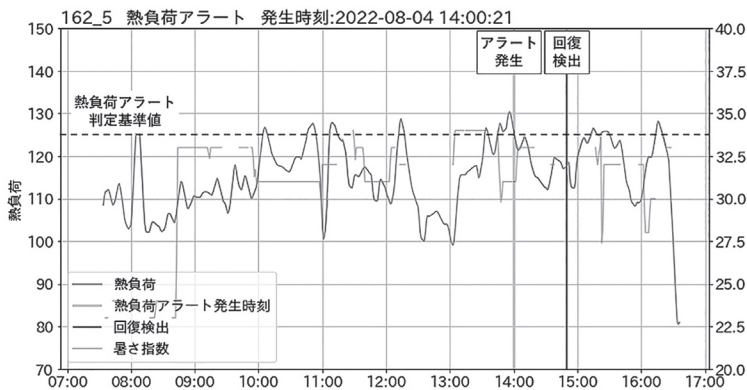
2022年7月から10月にかけて評価を行った。この期間に、システムにおける熱負荷アラートは合計で12件発生した。熱負荷アラートが発生する条件はバイタル情報から算出される熱負荷が一定値以上かつ、暑さ指数（WBGT）が28℃以上の状態が15分間以上継続した場合と設定している。熱負荷アラートが発生した際の実際のデータ例を第2図に示す。暑さ指数が28℃を超える場所で作業を行っていた際に、判定基準値（点線）を超えた熱負荷が15分継続したために熱負荷アラートが発生している。

熱負荷アラートの対象となった運転員の状態としては、熱中症の自覚症状はなく余裕があるものの、暑さを強く感じるとともに多量の発汗

第1表 主な機能

機能	内容
①バイタル情報可視化	バイタル情報(体調の変化、疲労、身体負荷など)を可視化
②転倒・転落検知	加速度センサにより転倒・転落を検知
③熱中症予兆検知	バイタル情報と周囲の温湿度を基に、熱負荷レベルを推定
④位置測位	運転員の現在の位置を検出し、リアルタイムで画面上に表示

※「Work Mate」は医療機器ではなく、疾病の診断、治療、予防を目的としません



第2図 熱負荷アラート発生時のデータ例

があるという状況であった。このことから、熱中症が発生する前の適切なタイミングでアラートが発生していると判断している。

システムではアラートが発生するとウェアラブル端末に休憩を促すメッセージ（第3図(a)）が表示されるとともに、管理者や他のウェアラブル端末着用者に通知が送られる。管理者はアラーム発生者に声掛けを行い、休憩や水分補給を促すことができるため、従来よりも一步早く熱中症の対策を行うことが可能となった。また、高い熱負荷状態からの回復検出も行われ、同様に管理者や他の着用者にも通知するため、回復を確認することができる（第3図(b)）。

このように、本システムによる熱中症予兆の



(a) アラート発生時（着用者）



(b) 回復時の通知（他の着用者）

第3図 熱負荷アラート発生時の表示

検知は、熱中症発生の対策として非常に有効であると考えている。なお、評価期間において実際に熱中症の発生はなかった。

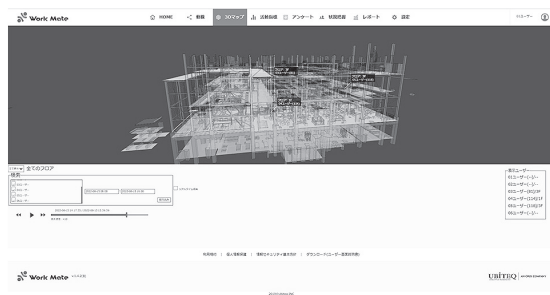
4 位置測位

4-1 位置測位の重要性と課題

廃棄物処理施設は一般的に、多くの階層や区画に分かれているうえに多数の機器が設置されており、見通しの悪い構造であることが多い。そのため運転員が施設内で被災した際に、その所在がすぐにわからずに救助に時間がかかる恐れがあり、迅速かつ正確に運転員の位置を把握することが非常に重要である。そこで、①視認性に優れた位置表示方法、および②廃棄物処理施設向け測位方法について、開発を実施した。

4-2 位置表示方法の開発

当初平面図での位置表示を検討したものの、更に視認性に優れた位置表示方法として3D表示機能を新たに開発した。開発した3D表示画面を第4図に示す。施設全体の様子が一望できるため、施設内に運転員が全部で何人居るか、それぞれがどこに居るかが一目でわかるようになっている。施設の設計時の3DCADデータを利用しているため、画面上での回転や拡大・縮小をはじめ、特定の階のみを抜き出して表示することや時刻を巻き戻しての表示も可能である。このように、視認性に優れた位置表示を行うことによって、迅速な位置把握を可能とした。

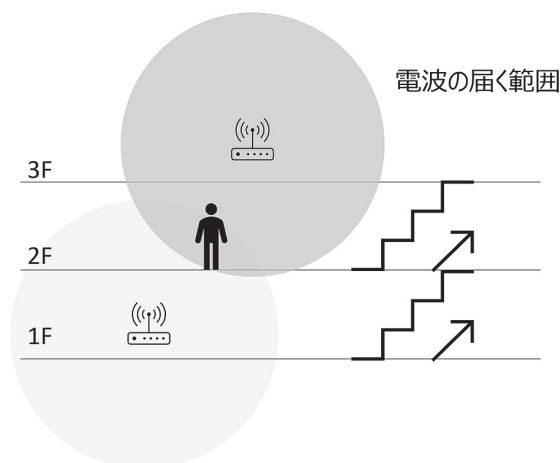


第4図 3D位置表示画面

4-3 廃棄物処理施設向け測位方法の開発

性能を評価する中で、システム標準の測位方法では、炉室の吹き抜けなど施設特有の構造で測位精度が低下することがわかった。例えば第5図のような位置関係の場合に、2階に居る運転員の位置が1階あるいは3階と判定されてしまうことがあった。このような状況での測位精度を改善するため、複数のビーコンの電波を受信した際にはその電波強度を基に演算を行い、2階に居ると正しく判定することができる新たな測位方法の開発を実施した。

測位方法の新規開発によって測位精度を向上させたことで、運転員が施設内で被災した際にも迅速かつ正確に位置を把握し、救助に向かうことが可能となった。



第5図 2階に居ると判定すべき例

5 おわりに

当社の運営工場においてウェアラブル端末を利用した安全管理システム「Work Mate」の実証評価を行い、熱中症予兆検知機能の有効性を確認するとともに、廃棄物処理施設の構造に適した位置表示方法および測位方法について開発を実施した。本システムを用いて安全衛生を向上させ、安全・安心な施設運営に繋げていく所存である。

謝辞

本取り組みにあたり、多大なるご協力を賜り本稿をご快諾頂いた岩国市様、ご協力いただいた関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

筆者紹介

庄司 大作・中村 高陽・田部 史朗
JFE エンジニアリング(株)
環境本部開発センター DX推進部

大坪 弘晶・大貫 誠
(株)ユビテック IoT事業第2部
IoTイノベーション室