

30. センサネットワーク技術を活用した作業員見守りツールの開発

－合材工場と道路建設現場における取り組み－

株式会社NIPPPO
株式会社NIPPPO
株式会社NIPPPO

○ 駒坂 翼
宮本 多佳
中田 真弥

1. はじめに

建設業界においては、熟練技能労働者の退職や若手入職者の減少により、近い将来労働者不足が懸念されている。限られた人数の中で行う業務は、一人一人の業務負担を増やし、ワークライフバランスの乱れや注意力の欠如を生むことが予測できる。人員の確保や省人、省力化技術の導入とともに、現在働いている労働者が安全かつ健康に働き続けられる環境の整備が必要である。

筆者らは、安全かつ健康に働き続けられる環境の整備のために、センサネットワーク技術を活用した作業員見守りツールを開発した。ここでは合材工場および道路建設現場における取り組みについて紹介する。

2. 合材工場における取り組み

2.1 現状と課題

合材工場は、アスファルト混合物を製造するアスファルトプラント、再生骨材および再生路盤材を製造する破砕プラントなどで構成される。写真-1 は一般的な合材工場である。



写真-1 合材工場

工場は広い敷地内に屋内と屋外が複雑に混在し、建屋内には多くの装置が設置されていることから、安全管理、稼働管理のために多数の監視カメラを設置しているものの死角が多い。また、作業員とは無線機を利用して

居場所の確認をするが、装置の騒音が大きくままならぬ状況である。このようなことから、作業員の安全確認を補完するツールを開発するに至った。

2.2 工場用見守りツールの概要

2.2.1 開発コンセプト

前述の現状と課題を踏まえ、下記3つのコンセプトをもとに開発を行った。

- (1) 屋内外いずれにおいてもリアルタイムで位置が検知できる
- (2) 検知された作業員の位置は、操作室のモニターで確認することが出来る
- (3) 作業の邪魔にならず負担の少ない端末

2.2.2 位置検知と情報集積

屋内外での位置検知をするために、GNSS（衛星測位システム）とビーコン（Bluetooth Low Energy を使用した信号発信機）を併用したハイブリッド型 IC タグ（以下、IC タグ）を採用した。これにより、作業員が屋内にいればビーコンで、屋外にいれば GNSS で位置が検知される。位置検知のイメージを図-1 に示す。検知した情報は、作業員が IC タグとセットで携帯するスマートフォンを介してクラウドサーバーに集積される。

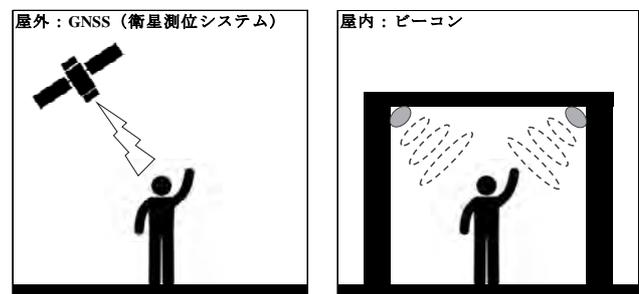


図-1 IC タグの位置検知イメージ

2.2.3 リアルタイムビュー

集積されたデータは、アプリケーションにより可視化され、操作室に設置したモニターでリアルタイムに誰がどこにいるかを確認できる。（図-2）

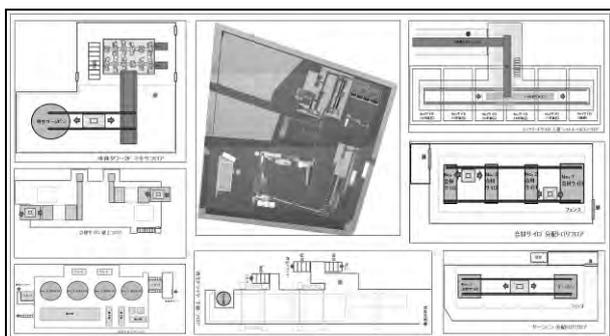


図-2 リアルタイムビュー

2.3 導入事例

新設合材工場において、作業員見守りツールを導入した。工場内を18のブロックに区切り5~10m程度の間隔でビーコンを設置(写真-2)、作業員にはそれぞれ個別のICタグとスマートフォンを携帯させた(写真-3)。これにより操作室に設置した専用モニターで作業員の居場所をリアルタイムに確認することができ、安全管理等に役立っている。さらにICタグには気圧センサと加速度センサが内蔵されており、作業員が転倒した際には同モニターに警告音とともに、位置情報がピックアップされる。これにより今まで死角となっていた場所を含めた位置検知が可能となった。



写真-2 ビーコン設置状況



写真-3 ICタグ携帯状況

2.4 今後の取り組み

合材工場において重篤災害が起こりやすい状況は、立ち入り禁止エリアへの侵入や装置の稼働部に手を出すことである。このような状況には、フェ

ンスの設置やルールの制定など防止策がとられている。しかし、作業員の意思で取り払うことができ、事故につながっていることは否めない。

このような状況に対応するため、作業員見守りツール上で立ち入り禁止エリアにジオフェンス(仮想境界線)機能を付加し、接近した作業員に警告を発するシステムや、さらには稼働部を自動制御、停止させるシステム(図-3)などにも取り組んでいきたい。

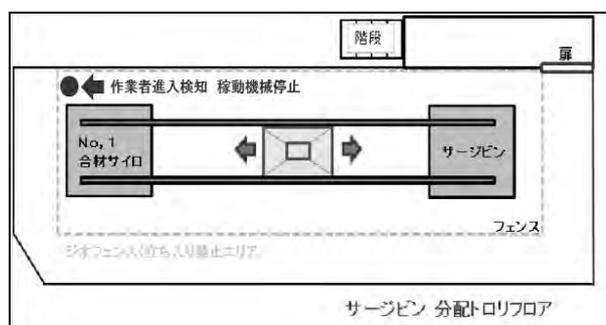


図-3 ジオフェンスシステムイメージ

3. 道路建設現場における取り組み

3.1 現状と課題

道路建設現場では、屋外での連続作業だけでなく、炎天下や夜間での作業もあることから、作業員の体調管理は非常に重要である。一般的な体調管理としては、下記のような管理や対応が行われている。

- (1) 新規入場教育時、直近の健康診断結果の提出やヒアリング
- (2) 朝礼時、作業員同士で顔色などの確認
- (3) 現場巡視時、各作業員とのコミュニケーションによる体調の確認
- (4) 休憩所やテントなどの設置
- (5) 熱中症時期にはWBGT指数の掲示など、気象情報に関する注意喚起

このような管理や対応は、客観的な指標や数値によるものは少なく、確認者や作業員自身の自己判断に委ねている割合が大きい。また、資料提出時や確認時というような瞬間的な管理方法で実施しているため、その結果がいつまで有効なのか不確かである。また、リアルタイム性がないことも課題に挙げられる。

3.2 道路建設現場用見守りツールの概要

3.2.1 開発コンセプトとシステムイメージ

前述の現状と課題を踏まえ、下記5つのコンセプトと図-4のようなシステムイメージをもとに開発を行った。

- (1) 客観的な指標、数値を用いて管理する
- (2) 取得データがリアルタイムで計測できる
- (3) 異常時を作業員本人、周辺作業員および管理者が認識できる機能を持つ

- (4) 作業の邪魔にならず装着感の少ない端末
- (5) 継続的に管理できるもの

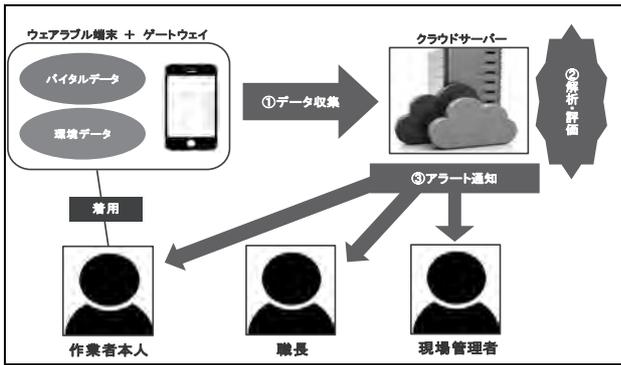


図-4 システムイメージ

3.2.2 測定端末の選定

測定端末選定のため、複数の作業者に数種類のバイタルデータ（生態情報）測定用端末を装着してもらい、使用後にアンケートを実施し評価を行った。アンケートを用いた現場評価結果（表-1）より、腕時計式測定端末を採用した（写真-4）。また、環境データの取得に関しては、装着感の少ないキーホルダ型端末を採用した（写真-4）。

表-1 現場評価結果

バイタルデータ 測定方式（測定箇所）	評価項目						合計点
	視認のし易さ	装着感	追従性	持続時間	データ精度	コスト	
①腕時計式	○	○	○	×	○	○	15
②耳たぶクリップ式	○	△	△	○	△	△	10
③シャツ（上着）式	×	○	×	△	×	△	5
④胸バンド式	×	×	○	△	○	×	7
⑤腕錶式	△	△	×	×	△	○	6

※配点 ○:3点 △:1点 ×:0点



写真-4 測定端末携行状況

3.2.3 管理者画面

端末により収集されたデータはスマートフォンを介してリアルタイムでクラウドサーバーへ集積される。集積されたデータは、図-5のように管理者画面に整理され、タブレットまたはスマートフォンで閲覧することができる。



図-5 管理者画面

3.2.4 アラート機能

取得したバイタルデータあるいは環境データが設定した閾値を超過した場合、作業者本人と管理者に警告を通知するシステムを採用している。通知方法は、作業者が携行しているスマートフォンおよび管理者が携行しているタブレット等に警告音とともにメッセージを送信するものである。

3.2.5 アラート機能の閾値

アラート機能の閾値を設定する上で、様々な状況下のデータを収集し、影響力のある要因に関して検証する必要があるため、実際の現場において、データ収集のために実証実験を行った。朝礼時に各種センサを起動し、作業終了までデータ収集を行い、作業者には作業終了後に時間ごとの作業内容や主観による疲労具合を数値化し報告させた。

その結果、ブレーカを用いた破碎作業など肉体的負荷が大きい作業は、バイタルデータも大きく変化しており（図-6）、作業負荷の大きさが作業者のバイタルデータに影響することが確認できた。また、同じ作業者の季節ごとのデータを比較した結果、夏場のような高温多湿環境においてバイタルデータが大きく変化しており、四季や天候など気象条件がバイタルデータに影響することが確認できた。更にこの変化は、年齢の高い作業者のほうが大きくなる傾向も確認できた。これらの要因を考慮し、アラート機能の閾値を決定した。

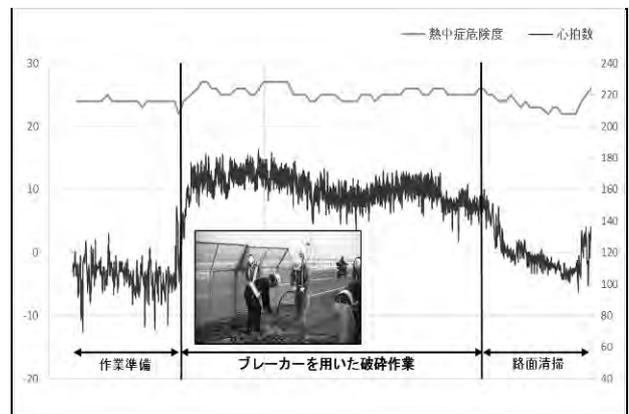


図-6 破碎作業時のバイタルデータ

3.3 導入事例

作業員数が多く、同一工種の作業が連続する大型の高速道路建設現場において、本ツールを導入した。対象者は、作業負荷の大きいコンクリート舗装工と熱環境負荷の大きいアスファルト舗装工の作業員とした。管理者1名に対し作業員3名を1チームとして(図-7)、4チーム計16名に導入した。

実証実験をもとに設定したアラート機能の閾値の妥当性検証やアラート発生機能の効果、管理者画面の利用効果について確認した。

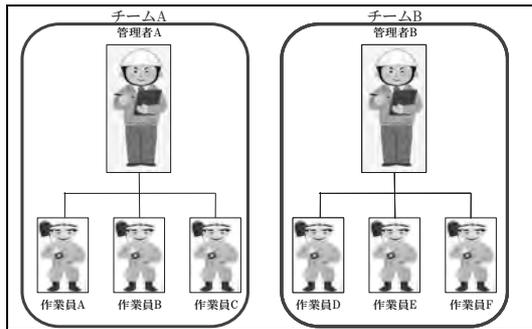


図-7 導入体制図

アラート機能の閾値の妥当性については、別途計測を行った心電図データや作業員の主観による報告を照らし合わせて検証を行った。「自覚しているよりも警告音が多く鳴りすぎている」などの意見があったものの、数値的には本人が気づいていない危険を検知しているため、客観的な指標、数値を用いた判定という意味では妥当な閾値だと考えられる。

アラート発生機能の効果に関しては、発生時、未発生時の各場面で下記の効果を確認した。

[発生時]

- (1) 作業員が警告内容の確認を行う
- (2) 周辺作業員が警告音の発生者を確認し、問題ないかどうか声をかける

[未発生時]

- (1) 作業員が表示されるバイタルデータや環境データの確認を行う
- (2) 作業員同士がお互いに声をかけ気遣う場面が自然と増えた

今導入において、装着者だけでなく周辺作業員の体調管理に対する意識の向上に効果があることを確認した。

また、管理者からはやむを得ず現場を離れることもあるため、手持ちのタブレットで作業員の体調を遠隔かつリアルタイムで一括管理できるツールは便利であるとの評価を得た。アラート頻度の多い作業員に対しては、管理者ツールのメッセージ機能を活用し、休息や水分補給の指示を遠隔で行っていた。

各効果検証の結果からも「作業員見守りツール」の道路建設現場への導入は、一定の効果が期待できることを確認した。

3.4 今後の取り組み

今回、開発した見守りツールは、取得したデータが一定の閾値を超過した際にアラートとして通知するものである。効果が期待できるものではあるが、瞬間的な管理方法という面を脱していないと感じている。

筆者らは、コンセプトの中でも謳っている継続的に管理できるツールを目指しており、試行錯誤を繰り返している。

例えば、現在の見守りツールにおいて取得データの利用は、取得直後の閾値超過判定に限定されている。しかし、取得したデータを蓄積していくことにより、個々の正常時と異常時のバイタルデータをパターン化し、閾値超過判定直後だけでなく予防段階での判定ができると考えている。

また、健康面だけでなく安全面での利用方法として、作業員のバイタルデータに異常が検知された際に、操縦する建設機械が停止する機能や運転アシスト機能の利用などが考えられる。どちらも近年大きな発展をみせているICT、IoT技術との連携が不可欠であるが、今後の取り組みとして視野に入れている。

4. 取得データの取り扱い

センサネットワーク技術は、特定の個人を識別できる可能性のあるデータを扱うため、個人情報保護法に抵触する恐れがある。ICT、IoT技術の発展に伴い、法改正も進められているが、個人情報の適切かつ効果的な活用のために、下記のようなルールにもとづき取り組んでいる。

- (1) 利用目的を本人に説明し、承諾を得てから情報の取得および活用を行う
- (2) 情報漏えいが生じないようにセキュリティ管理を行う（IDパスワード入力機能やウイルス対策ソフトの利用）
- (3) 個人情報を第三者に提供する場合は、本人の同意を得るとともに提供元の記録、保管を行う
- (4) 本人より取得データの確認またはデータ取得を中止したいとの要求があった際は、速やかに対応を行う

5. おわりに

技能労働者の減少が想定されるなか、作業場の安全管理や作業員の体調管理については、年々緊急性、重要性が高まっている。

筆者らは、今後も検証を続け、精度や信頼性を高めるとともに、より多くの現場へ普及、展開を図っていきたいと考える。