

ウェアラブルセンサを用いた疲労評価システムに対するリスクマネジメント

安藤ハザマ 正会員 ○大沼 和弘

1. はじめに

近年、日本国内における建設業就業者は高齢化が進行しており、生活習慣病の増加、メンタル不調による離職者の増加などとともに、建設作業員の心身の健康状態を日常的に管理することの重要性が一段と高まっている。建設作業員の健康管理手法として、定期健康診断が実施されている。しかし、このような健康診断は年間に1~2回実施される程度であり、建設作業員本人の体調の変化を把握することは困難な状況である。また、日常管理としては、現場朝礼時の問いかけや建設作業員本人の自己申告によるチェックが一般的であり、客観的なデータに基づく管理は十分に実施されていない状況である。

近年、様々なウェアラブルセンサを用いて生体データを測定することが可能となり、インターネットを利用した生体データ処理技術が開発されている。また、価格も低下しているため、産業への利用・展開が比較的容易となっていることから、建設作業員の健康管理においてもウェアラブルセンサを用いて作業中の健康状態をリアルタイムに把握することが可能となっている。しかし、このような技術は、建設現場に導入した事例がなく、これまでに経験していないリスクを含むことが考えられた。このため、ウェアラブルセンサを用いた建設作業員の健康管理システムの開発に対してリスクアセスメントを実施したので、その結果を報告する。

2. ウェアラブルセンサを用いた疲労評価システム

ウェアラブルセンサを用いた疲労評価システム「バイタルアイ[®]」(以下、本システムという。)は、ヘッドバンド型のウェアラブルセンサを用いて、建設作業員の脈波と体温をリアルタイムに測定する。また、ヘルメットに装着した計測デバイスでは、環境温度・湿度を測定して暑さ指数(WBGT)を算出し、建設作業員一人一人の作業環境を把握する。これらの測定データは、通信機器を介してクラウドに転送され、専用の解析プログラムにより脈波等のバイタルデータを評価することができる。また、脈波の変動から自律神経バランスの乱れを分析することにより、身体的・精神的疲労の定量的な評価が可能であり、この評価結果は、管理モニターで現場管理者が管理できるほか、身体的・精神的疲労に変調が確認された場合には、現場管理者は建設作業員本人にリアルタイムで警告を発信することができる。本システムの装着時のイメージを図-1に示す。



図-1 バイタルアイ[®]のイメージ

3. リスクマネジメント

建設作業員疲労評価においては、広範囲にわたるリスク源が想定され、様々な影響の発生が考えられる。このため、「JIS Q 31000 : 2010 (ISO 31000 : 2009) (ISO31000 と呼ぶ)¹⁾」に基づくリスクマネジメントを実施した。ISO 31000 では、リスクを「目的に対する不確かな影響」と定義しており、好ましい影響と好ましくない影響を考慮している。このため、本報告では、リスク影響のうち、好ましい影響をポジティブ、好ましくない影響をネガティブと表すものとする。なお、「JIS Z8051 : 2004 (ISO/IEC Guide 51 : 1999) (ISO Guide 51 と呼ぶ)²⁾」において、リスクは「危害の発生確率及びその危害の程度の組合せ」と定義されるが、本報告のネガティブなリスク影響に相当すると考えられる。

リスクマネジメントはISO 31000のプロセスに従い、まず組織の外部状況や内部状況について確定した後、リスクアセスメントを行った。リスクアセスメントでは、「リスク特定」、「リスク分析」、「リスク評価」の順に実施している。その後、「リスク対応」を検討した。なお、組織の外部状況として、安衛法などの法律や利用可能な技術、最近の社会情勢などを考慮した。また、内部状況としては、安全衛生管理状況や経営方針、保有技術などを考慮している。

4. リスクアセスメント

リスクアセスメントでは、まず、4M (Man : 人、Machine : 設備・機械、Medea : 環境、Management : 管理) に着目し、リスク源の抽出を行った。さらに、リスク評価では、「影響の大きさ」を三段階(軽:1、中:2、重:3)、「発生頻度」を三段階(低:1、中:2、高:3)に評価する。また、リスクレベルは「影響の大きさ」と「発生頻度」の積とし、リスクの対策の可否を三段階(③:即・抜本的対策が必要(リスクレベル:9・6)、②:対策が必要(リスクレベル:

キーワード ウェアラブルセンサ, バイタルデータ, 建設作業員, 疲労度評価, リスクマネジメント

連絡先 〒980-8640 仙台市青葉区片平 1-2-32 安藤ハザマ東北支店安全環境部 TEL022-266-8112

4・3・2)、①：対策の必要なし(リスクレベル：1)とした。なお、これらの評価は相対的な評価である。さらに、リスク対応の選択肢として、a) リスクを回避、b) 機会を追究、c) リスク源を除去、d) 起こりやすさを変える、e) 結果を変える、f) リスクの共有、g) リスクの保有を示し、想定される残留リスクを示している。

リスク評価表を表-1に示す。この結果、適切なリスク対応を実施することで、技術開発段階におけるリスクレベルの低下が確認された。

表-1 ウェアラブルセンサを用いた建設作業員疲労評価システムに対するリスクアセスメント

・リスク評価 影響の大きさ【軽1 中2 重3】、発生頻度【低1 中2 高3】、リスクレベル【影響の大きさ×発生頻度】 対策の要否【3:即・基本的対策が必要(9-6) 2:対策が必要(4-3-2) ①:対策の必要なし(1)】

・リスク対応の選択肢 a)リスクを回避、b)機会を追究、c)リスク源を除去、d)起こりやすさを変える、e)結果を変える、f)リスクの共有、g)リスクの保有

段階	リスク源	影響を受ける領域、事象	使用形態(通常使用/頻使用/他)	リスク影響		現状					対策実施後					
				ポジティブ	ネガティブ	影響の大きさ	発生頻度	リスクレベル	対応の要否	対応の選択肢	対応	影響の大きさ	発生頻度	リスクレベル	対策実施後の評価	残留リスク
1	人	作業員がセンサを壊してデータが取れない	通常使用	○	2	2	4	②	d	取扱い方法の教育	2	1	2	②	データの欠損	e)リスクの保有
2	人	作業員がセンサ取付け方を誤る	通常使用	○	2	2	4	②	d	取扱い方法の教育	2	1	2	②	データの欠損	e)リスクの保有
3	設備・機械	センサ形状が突起部となり、装着時、擦り傷を生じる	通常使用	○	2	2	4	②	e	形状変更	1	2	2	②	怪我の発生	e)リスクの保有
4	設備・機械	センサが圧迫により破損し、怪我を生じる	通常使用	○	2	2	4	②	e	材質変更	1	2	2	②	怪我の発生	e)リスクの保有
5	設備・機械	センサが外れ、目に入る	通常使用	○	2	2	4	②	e	形状変更	1	2	2	②	怪我の発生	e)リスクの保有
6	設備・機械	センサ配線が断線し、感電する	通常使用	○	2	2	4	②	e	配線変更	1	2	2	②	怪我の発生	e)リスクの保有
7	設備・機械	ハンダが溶け出し、火傷を生じる	通常使用	○	2	2	4	②	e	断熱材設置	1	2	2	②	怪我の発生	e)リスクの保有
8	設備・機械	センサ装着バンドが変質し、皮膚を傷める	通常使用	○	2	2	4	②	e	材質変更	1	2	2	②	怪我の発生	e)リスクの保有
9	設備・機械	計測デバイス接触による負傷(擦れ、かすれ)	通常使用	○	2	2	4	②	d	測定デバイスの改良	2	1	2	②	怪我の発生	e)リスクの保有
10	設備・機械	計測デバイス装着による違和感・ストレスの発生	通常使用	○	2	2	4	③	d	測定デバイスの改良	2	1	2	②	ストレスの発生	e)リスクの保有
11	設備・機械	センサおよび装着バンドによる違和感・ストレスの発生	通常使用	○	2	2	4	②	e	形状・材質変更	1	2	2	②	ストレスの発生	e)リスクの保有
12	設備・機械	センサ装着により、ヘルメットの安全機能が低下する	通常使用	○	2	2	4	②	d	使用方法教育	2	1	2	②	怪我の発生	e)リスクの保有
13	設備・機械	屋外作業時、センサ配線に落着く	通常使用	○	2	2	4	②	e	荒天時の作業中止	1	2	2	②	怪我の発生	e)リスクの保有
14	設備・機械	センサデバイスの不具合発生(電池切れ、本体の故障)	通常使用	○	2	3	6	③	d	警告の追加	2	1	2	②	データの欠損	e)リスクの保有
15	設備・機械	ウェアラブルセンサが準備できない	通常使用	○	3	2	6	③	d	開発体制の整備	3	1	3	②	データの欠損	e)リスクの保有
16	設備・機械	通信系(Bluetoothなど、センサデバイス搭載型)の故障	通常使用	○	2	2	4	②	d	信頼性の向上	2	1	2	②	データの欠損	e)リスクの保有
17	設備・機械	通信系(Bluetoothなど、センサデバイス搭載型)が準備できない	通常使用	○	3	2	6	③	d	適正システムの選定	3	1	3	②	健康障害の発生	e)リスクの保有
18	設備・機械	通信系(wifi、スマートフォンなどの基地局)の故障	通常使用	○	2	2	4	②	d	信頼性の向上	2	1	2	②	データの欠損	e)リスクの保有
19	設備・機械	通信系(wifi、スマートフォンなどの基地局)が準備できない	通常使用	○	3	2	6	③	d	適正システムの選定	3	1	3	②	健康障害の発生	e)リスクの保有
20	設備・機械	クラウドが準備できない	通常使用	○	3	2	6	③	d	適正システムの選定	3	1	3	②	健康障害の発生	e)リスクの保有
21	設備・機械	解析ソフトが準備できない	通常使用	○	3	2	6	③	d	適正システムの選定	3	1	3	②	健康障害の発生	e)リスクの保有
22	設備・機械	警告システムが準備できない	通常使用	○	2	2	4	③	d	適正システムの選定	2	1	2	②	健康障害の発生	e)リスクの保有
23	環境	発注者が安全衛生活動を奨励	通常使用	○					b	発注者への説明					安全活動の評価	b)機会の追求
24	環境	近隣住民が気味悪がる(労働者がデバイスを装着することに対する不安の発起)	通常使用	○	2	1	2	②	g	近隣住民説明	1	1	1	①		
25	環境	発注者が測定を認めない(作業能率低下などデバイス起因悪影響懸念、守秘義務への影響)	通常使用	○	2	1	2	②	e	発注者への説明	1	1	1	①		
26	環境	近隣住民が気味悪がる(労働者がデバイスを装着することに対する不安の発起)	通常使用	○	2	1	2	②	e	地域住民への説明	1	1	1	①		
27	環境	保有技術のPRIによる営業効果	通常使用	○					b	プレス発表の実施					保有技術の優位性	b)機会の追求
28	環境	生体データ専用のうわきが立つ	その他	○	2	1	2	②	e	成果の積極的な公表	1	1	1	①		
29	環境	労働組合等が生体情報の管理に反対する	通常使用	○	2	1	2	②	e	労働組合への説明	1	1	1	①		
30	環境	経営者の安全衛生管理意識が低く、システム導入に反対する	通常使用	○	2	1	2	②	e	経営者への説明	1	1	1	①		
31	管理	生体データの詳細な体調変化の把握による健康管理向上	通常使用	○					b	客観的指標の確立					客観的指標による衛生管理	b)機会の追求
32	管理	生体データの体調把握が不十分なため、労働者が倒れる	通常使用	○	2	2	4	②	d	管理方法のマニュアル化	2	1	2	②	疲労の発生	e)リスクの保有
33	管理	倒れた労働者(家族)が元請け会社を訴える	通常使用	○	3	2	6	②	d	適用業界の説明	3	1	3	②	訴訟の発生	e)リスクの保有
34	管理	労働者が元請け会社の差別待遇を訴える	通常使用	○	3	2	6	②	d	倫理規定の策定	3	1	3	②	訴訟の発生	e)リスクの保有
35	管理	クラウドの利用した労働者の健康状態管理	通常使用	○					b	本支店、企業者等の教育					本支店、企業者等の利用	b)機会の追求
36	管理	生体データなど個人情報(センサ・生体データの漏洩による会社の社会的イメージ低下、信用低下)	通常使用	○	3	2	6	②	d	セキュリティ対策の構築	3	1	3	②	個人情報の漏洩	e)リスクの保有
37	管理	情報漏洩時、情報管理に対応できない(ハッキングなど)	通常使用	○	2	2	4	②	d	管理マニュアルの整備	2	1	2	②	情報管理の不備	e)リスクの保有
38	管理	リアルタイム分析による警報発令	通常使用	○					b	警報システムの構築					警報システムの活用	b)機会の追求
39	管理	リアルタイム分析における誤報発令	通常使用	○	2	2	4	②	d	利用マニュアルの策定	2	1	2	②	誤報発令	e)リスクの保有
40	管理	システム導入費用の発生	通常使用	○	3	3	9	③	d	適正コストでの運用	3	1	3	②	運用コストの発生	e)リスクの保有
41	管理	システム導入費用の発生	通常使用	○	3	3	9	③	d	適正コストでの運用	3	2	6	③	開発の撤退	a)リスクの回避
42	管理	健康管理に活用できない	通常使用	○	3	3	9	③	d	利用技術の開発	3	1	3	②	技術の不活用	e)リスクの保有
43	管理	健康管理に活用できない	通常使用	○	3	3	9	③	d	利用技術の開発	3	2	6	③	開発の撤退	a)リスクの回避

5. まとめ

ウェアラブルセンサを用いた建設作業員の疲労評価システムの開発に対し、ISO31000のリスクマネジメントを適用し、リスク評価を行った。その結果、適切なリスク対応を実施することで、リスクレベルが低下することが確認できた。しかしながら、影響の大きなリスク源を保有する事項も残ることから、現場での運用段階においては、リスクの共有や回避対策についても検討が必要であり、今後検討を続ける予定である。

謝辞

本報告は長岡技術科学大学大学院システム安全専攻における研究成果の一部である。岡本満喜子准教授及び芳司俊郎准教授のご指導に対して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 日本工業規格、JIS Q 31000 : 2010 (ISO 31000 : 2009) リスクマネジメントー原則及び指針
- 2) 日本工業規格、JIS Z8051 : 2004 (ISO/IEC Guide 51 : 1999) 安全側面-規格への導入指針