

令和4年10月5日
第6回建設施工におけるPAS導入に関するWG
資料3

令和3年度の検証結果 について

令和3年度 検証結果について (複数PAS、複数現場における検証)

令和3年度の実施	P 3 ~ P 4
1. 検証概要	
(1)ユースケース(職種)の設定	P 5 ~ P 6
(2)現場検証の概要	P 7 ~ P14
2. PAS公募と応募PAS	P15 ~ P17
3. 検証概要	P18 ~ P21
4. 検証結果	
(1)評価概要	P22 ~ P23
(2)主観調査	P24 ~ P32
(3)バイタルと作業量等 平時	P33 ~ P38
(4)バイタルと作業量等 災害対応	P39 ~ P40
(5)まとめ	P41 ~ P44

令和3年度検証目的

市販のPASは介護現場、物流現場などの屋内、
屋外でも開放地の農作業など軽作業向けに開発や商品化が先行

＜市販PASの特徴、先行活用環境＞

- ① **単一作業へ対応** : 単作業や反復作業を対象に一定の効果がでるよう機能設計
- ② **軽装備を前提** : 先行活用現場の多くはPASを単独で装着し利用
(作業装具や安全装備との併用装着は限定的)
- ③ **比較的開けた場所で利用** : 一定の嵩張りがある外骨格型でも利用しやすい環境

建設施工への
適用検証

検証目的

□ 建設施工への適用性はあるか

- 介護現場、物流現場向けに開発、普及が進んできたPASが建設現場でも有用か
- 苦渋作業の負担軽減、生産性や効率性の向上にどの程度貢献するのか

□ 早期導入に適する工種、作業（ユースケース）はどのようなものか

令和3年度のフィールド実証の概要

令和3年度の検証方針

検証目的

□ 建設施工における生産性向上への効果

- 苦渋作業の負担軽減、生産性や効率性の向上にどの程度貢献するのか

□ 建設施工において早期導入に適する工種、作業はどのようなものか

● 実現場での検証（案）

➤ 20現場程度で実証

各地方整備局等が施工している直轄工事の現場にて検証

（1技術につき 複数工種×複数現場× 1 工事 2 週間程度の検証）

1 工種 3 現場以上で検証。評価データ収集は国交省にて実施。

➤ 検証期間 10月後半～2月

建設施工：装着習熟期間、苦渋や疲労評価把握に有用な期間

災害対応：緊急対応を想定した期間

➤ ユースケース

建設技能者の身体的疲労軽減を目的に効果が期待できる工種を設定

➤ 検証PASの公募

前年度未検証のPASも含めた多数種類を希望工種等をふまえ現場とのマッチングを行い検証。
最大10技術(PAS)程度想定。

1. 検証概要

(1) ユースケース(工種)の設定

□ 苦渋性、作業継続性等の観点から平時の9工種、災害対応について検証候補を検討



コンクリートブロック敷設



コンクリートブロック設置



プレキャスト側溝据付



法面石材敷設

写真出典) 改訂6版 土木施工の実態と解説, 建設物価調査会

中腰、重量物持上げ・下げ・据付



芝張工



鉄筋組立



かご工（詰石）

写真出典) 改訂6版 土木施工の実態と解説, 建設物価調査会

中腰、指先、腕作業



コンクリート打設



地質調査

その他の長時間負荷作業



排水ポンプ設置



土のう造成

災害対応（排水ポンプ設置・土のう造成）

1. 検証概要

(2)現場検証の概要

PASの導入効果評価指標(案)

令和2年度の検討を踏まえ実フィールドでの検証においては以下の点を追加、考慮する。

- PASの動作・機能に加え、人にとっての使いやすさの評価
→ 長時間装着を考慮した現場適応性の評価
- PASの装着・非装着の比較だけでなく、連続作業時の疲労低減に伴う作業量の変化等を評価
→ 人の特性を考慮した生産性の評価
- 新たな評価として、疲労低減によるミス減少、作業正確性に着目
→ 人の疲労による安全性の評価

建設作業における評価指標

作業の特徴	現場における改善指標	導入によって期待される効果
• 機械でできない正確な据付作業 • 負荷の掛かる繰り返し作業	(長時間・連続の人力作業) • 負荷・疲労の低減 • 安定した作業量の確保 • ミス、事故の低減	• 建設技能者の就労、定着 (生産年齢の延長など)

災害対応の評価指標

作業の特徴	現場における改善指標
• 悪条件で危険と隣り合わせでの作業	(悪条件下での重負荷作業・危険回避) • 負荷の低減 • 安全の確保

バイタル、外的観測の種類

- “疲労”把握の考え方：肉体労働作業に伴うものとして身体（筋肉等）を対象
身体（筋肉等）、神経（視神経など）、心理（内面的）の3種
- 身体疲労の計測方法：
 - ①主観評価 アンケート等で疲労または軽減感、疲労部位の状況などについて把握、分析
 - ②バイタル計測
 - ・ **成分計測** 全身状態の評価として血液や唾液、汗などを医療機器などで分析
 - 医療関係の対応が必要な場合が多い
 - 感染症拡大予防などの面からも、建設現場での実施は非常に困難
 - ・ **接触計測**：各種センサーを皮膚に貼付けなどし身体内の変化を計測、分析
 - **全身**：心拍 光学センサー等により計測可、疲労や負荷が高いと心拍上昇等
胸部計測が最も高いが、腕部などでも一定の精度が期待される
 - **筋肉の個別部位**：筋電や筋音を測定することで一定の分析
 - 測定対象の**筋肉の部位別**にセンサーなどを張り付ける必要がある
 - ・ 筋電 直接皮膚に貼付け筋電変化を計測
 - ・ 筋音 筋疲労の程度による音の変化を計測
 - ③外的観測・計測
カメラなどにより作業や動作の変化を計測し分析
 - ・ **休憩頻度や休憩時間** 疲労の蓄積により休憩頻度の増加や延べ時間の増加等
 - ・ **動作速度** 疲労の蓄積により処理速度の低下、単位時間処理回数の低下等
 - ・ **ミス頻度** 筋疲労、全身疲労に伴う集中力の低下等による作業ミス、動作ミス等

ユースケースと評価・計測との対応(案) 建設施工(平常時)

- “**負荷、疲労の低減**”の評価としては、①**主観評価**と②**バイタル評価**、一部③**外的観測**で行う。
 - ・ バイタルは、医療行為などを伴わないものを実施する。
 - ・ 全身疲労変化の目安として、バイタルでは心拍を計測する。
 - ・ 部分疲労（筋肉部位疲労）の目安として筋電計測が推奨されているが、現場計測では誤差が大きいとともに、腰など評価部位にセンサー装着の必要がある。
 - ・ **詳細協力を得られる現場**においては、肌着内の個別部位にセンサー装着が必要な筋電計測も行う。
 - ・ 外的観測で、休憩状況を把握し頻度または延べ時間から疲労の変化の参考とする。
- “**安定した作業量の確保**”として、単位時間の作業量を把握する。
- 実験室における作業再現による計測は、今後の検討事項とする。

	負荷・疲労の低減						安定した作業量の確保	
	①主観評価※		②バイタル				③外的観測 カメラ計測 又は 目測	
	早さ変化	身体負担	心拍	代表部 筋電	部位別 筋電	最大持上 げ重量	休憩頻度 (又は時間)	単位時間 作業量
A:通常の現場	●	●	●				●	●
B:詳細協力が 得られる現場	●	●	●	(●)			●	●
(C:実験室)								

※ 1 主観評価では、この他に装着性の評価（重量、動きやすさ、着脱しやすさ等）を行う

※ 2 詳細協力が得られる現場：胸や腰部の皮膚に直接貼付け必要なセンサー装着など、作業員の方により細かな協力が得られる現場

ユースケースと評価・計測との対応(案) 災害対応

- 屋外訓練時に協力を得て評価を行う。
- “**負荷低減**”の評価としては、**主観評価**と**バイタル評価**で行う。
 - バイタルは、感染症拡大予防に資する方策で計測する。
 - 全身疲労変化の目安として心拍を計測する。
 - 部分疲労の目安として筋電計測が推奨されているが、現場計測では誤差が大きいとともに、腰など部位にセンサー装着の必要がある。
- “**安定した作業量の確保**”として、**単位時間の作業量**を把握する。
 - 災害時の排水ポンプ設営に要求される**最大負荷重量の瞬時増加**は主観評価と実験室評価にて行う。
 - 腰や腕など部位別の負荷、疲労の低減、最大持ち重量は**実験室**にて作業再現し計測する。

負荷の低減								安定した作業量の確保	
主観評価※				バイタル				外的観測 カメラ計測 又は 目測	
	早さ変化	身体負担	最大持上げ重量	心拍	代表部筋電	部位別筋電	最大持上げ重量	休憩頻度 (又は時間)	単位時間 作業量
A:屋外訓練	●	(●)	(●)	●	(●)				●
B:実験室 作業再現				●		●	●		●

※ 1 主観評価では、この他に装着性の評価（重量、動きやすさ、着脱しやすさ等）を行う

※ 2 身体負担、最大持上げ重量はポンプ設営の屋外訓練における実態に応じて設問を個別検討する

① バイタル計測 心拍の計測のため、以下何れかの装着にご協力をお願いしたい。

A	B
腕時計型	肌着＋センサー型 (専用スマホも付帯必要)
	
調査員が持参し、評価日の日中腕にはめていただきます。	- 素肌に直に着用が必要です。 - 専用スマホも付帯いただく必要があります。 - S,M,Lでサイズの事前指定が必要です。

習熟と計測タイミング

- **PAS貸与期間** 3週間程度
 - ・ 試用、習熟期間として**5～7営業日**を設ける
 - ・ 習熟期間内でメーカーによる装着指導又は中間チェックを受ける
 - ・ 習熟期間の後期に、計測機器による評価日を設ける
 - ・ 試着期間は検証技術によって、差が出ないようにする必要がある。
- **未装着作業評価**
 - ・ **装着作業の終了日の翌日作業時**に、計測機器による評価を行う
 - ・ 未装着作業再開後の一定営業日以降で事後アンケートを行う
- 工種により**同種作業の継続日が異なる**ため、実際の期日は個別に設定する。

	1Week					2Week					
営業日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10以降
装着初期指導											
装着作業											
未装着作業											
メーカーチェック 又は 装着、利用アドバイス											
評価計測(装着時)											
(未装着時)											
事後アンケート(振返り)											

アンケート評価項目

装着作業後の作業員へ、9段階評価※によりアンケートを実施。

※未装着時の作業を5として±4段階での評価

1) 作業に対する評価 ※工種により一部評価項目を変更

● 身体負荷変化への評価（7～8種）

腰 ①物の持上げ、②持ち下げ、③中腰の維持、④しゃがみの維持、

腕 ⑤持上げ下げ

手 ⑥手や指で物を握る動作

脚 ⑦移動

全体 ⑧作業全体を通した負荷変化感

● 作業動作の動きやすさ（9種）

①中腰に屈む動作 ②工種毎の特定動作 ③資材の持上げ ④資材を持つての移動

⑤資材の持下げ ⑥しゃがむ動作 ⑦位置合わせ ⑧しゃがみ維持移動 ⑨作業全体を通して

2) PAS自体の装着感、安全に関わる評価

● 評価着目点（5種）

①重量 ②動作への追従性 ③装着時の重量バランス ④動作の自由度 ⑤嵩張り

3) 総合評価要素

継続的な装着意思

2. PAS公募と応募PAS

PAS公募と応募

- 公募対象 実証時点で事業者等により市販等され市場流通されている機器
(研究開発途上であっても実証可能な機器)
- 公募期間 令和3年9月30日 ~ 令和3年10月29日
- 応募者 主に「パワーアシストスーツ」に関わる企業、大学研究機関等
- 応募数 23技術 (アクティブ9技術、パッシブ14技術)・16社・者
 - ◆ 1社・者にて複数技術の応募があったのは4技術1社、3技術1社、2技術2社

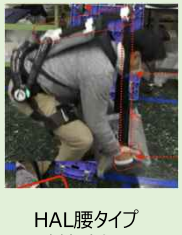
No.	会社名	製品名	助力部位					タイプ		重量 kg
			腕	腰	肩	腿	指	パッシブ	アクティブ	
①	GBS(株)	コネクテッド パワースーツ CrayX	●			○			○	7.4
②	(株)ネクスト	ATOUN MODEL Y	●	○					○	4.5
③	(株)ジェイテクト	J-PAS LUMBUS II	●	○	○				○	4.5
④	パワーアシストインテリジェンス(株)	PAIS-M100	●			○			○	4.7
⑤	ユービーアール(株)	サポートジャケット Ep+ ROBO	●			○			○	3.4
⑥	CYBERDYNE(株)	HAL腰タイプ作業支援用	●			○			○	3.1
⑦	(株)イノフィス	マッスルスーツEvery	●					○		3.8
⑧	トヨフレックス(株)	腰アシストスーツ Way-sist	●			○		○		3.8
⑨	法政大学	建設用アシストスーツ ハーネスバック	●					○		2.5
⑩	ダイヤ工業(株)	DARWING Hakobelude	●			○		○		0.8
⑪	(有)アトリエケー	ワーキングパワースーツX	○			○		○		0.75
⑫	ユービーアール(株)	サポートジャケット Bb+ PRO II	○			○		○		0.6
⑬	(株)スマートサポート	スマートスーツ	○					○		0.45
⑭	ダイヤ工業(株)	ワーキングアシストLB	○			○		○		0.4
⑮	ユービーアール(株)	サポートジャケット Bb+FIT WIDE	○			○		○		0.6

No.	会社名	製品名	助力部位					タイプ		重量 kg
			腕	腰	肩	腿	指	パッシブ	アクティブ	
⑯	(株)ネクスト	ATOUN MODEL Y+kote	○	●	○				○	5.8
⑰	CYBERDYNE(株)	HAL腰タイプ作業支援用(腕アシストタイプ)	○	●		○			○	3.5
⑱	ダイヤ工業(株)	DARWING Hakobelude腕パーツ付き	○	●	○	○		○		1.07
⑲	ダイヤ工業(株)	ワーキングアシストAS	○	○	○			○		0.53
⑳	(株)ガイドー	上向き作業用「TASK AR3.0」	○					○		1.7
㉑	(株)ソラリス	上腕アシストデバイス「TasKi」	○		○			○		2.2
㉒	(株)ジェビコ	MATExT	○	○				○		3.1
㉓	西尾レントオール	アイアン・ハンド					○		○	2.6

注1) 助力部位
○ 補助あり
● 中腰維持の補助あり

注2) ハッチ機種
腕部助力あり

応募して頂いたPAS一覧

パッシブ		アクティブ
ゴム	圧縮空気圧/ バネ	電動(充電電池)
 スマートスーツ	 マッスルスーツEvery	 J-PAS Lumbus II
 ワーキングアシストLB	 ハーネスバック	 ATOUN MODEL Y
 Bb+ PRO II		 CrayX
 Bb+FIT WIDE	 Way-sist	 PAIS-M100B
 Hakobelude		 EP-Robo
 ワーキングパワーX		 HAL腰タイプ 作業支援用
 ワーキングアシストAS	 TASK AR3.0	 ATOUN MODEL Y + Kote
 Hakobelude 腕パーツ付き	 TasKi	 HAL腰タイプ 腕補助付き
	 MATE x T	 アイアンハンド

指握り補助

3. 検証概要

試験実施日程

- 平時の建設施工は地方整備局の推薦に基づき**19工事現場**、**20作業**を検証候補
- 検証対象工種の施行時期変更や天候影響の順延などにより**4工事現場**は検証見送り
- 協力現場側の工程変更等で**15現場**で装着検証、ただし平時の建設施工は一定日数装着の**8工種**を評価対象
- 災害対応は訓練現場の協力により**2種**を検証

Code	No.	工種	地整	検証時期 2022年	検証日数	実装着 日数	天気	気温	備考
A	1	かご工	関東	1月2月	8	5日	晴	8℃	
	2	かご工	北陸	1月	10	5日	晴	2℃	
B	3	鉄筋工	関東	2月	10	7日	晴	10℃	
	4	鉄筋工	中部	—	—	—	—	—	検証見送り
C	5	鉄筋工	九州	1月2月	10	10日	晴	10℃	
	6	張芝工	東北	—	—	—	—	—	検証見送り
D (E)	7	張芝工	中部	2月	10	8日	晴	10℃	
	8	ブロック(縁石)敷設/L型(蓋)敷設	近畿	1月	9	5日	雨/雪	1℃	当初L型ブロック敷設で予定、検証は縁石に変更
F	9	コンクリートブロック敷設	関東	2月	10	6日	晴	3℃	
	10	コンクリートブロック敷設	四国	1月	10	8日	晴	10℃	
G	11	コンクリートブロック敷設	中国	—	—	—	—	—	検証見送り
	12	法面石材	近畿	1月	11	6日	雨/雪	3℃	
H	13	法面石材	北陸	2月	14	5日	曇	4℃	
	14	コンクリート打設	関東	—	—	—	—	—	検証見送り
I	15	コンクリート打設	九州	2月	10	5日	晴	1℃	
	16	地質調査	中部	1月	12	7日	晴	4℃	
J	17	地質調査	九州	1月	8	8日	晴	12℃	
	18	地質調査	九州	2月	10	7日	晴	10℃	
K	19	型枠工(当初予定:鉄筋工)	北海道	1月	10	3日	晴	12℃	気温は上屋内現場の値/ 工程変更に伴い装着対象工程も変更。装着日数が3日間に短縮のため評価せず
K	20	災害対応(土のう作成/排水ポンプ設営)	近畿	2月	2	2日	雨/晴	7℃	国土交通省技術事務所敷地における災害対応訓練の一環として実施

注) 天気、気温: 調査員立会による装着検証日の天気、正午の気温

検証現場と検証PASの対応

- 検証候補PASの機能特性、工種における作業環境を加味し検証現場に割付
- 協力現場の受入れ環境条件に応じて1現場あたり2～8種のPASを検証

				アクティブ（腰）						パッシブ（腰）								アクティブ（腰と腕）		パッシブ（腰と腕）		パッシブ（腕） アクティブ（手）				検 証 種 類 数		
	工種		地整	CrayX	Atoun ModelY	J-PAS LumibusII	PAIS-M100	Ep-ROBO	HAL腰タイプ作業支援用	マッスルスーツEvery	Way-sist	ハーネスバック	Hakobeude	ワーキングパワーX	Bb+ PROII	スマートスーツ	ワーキングアシストLB	Bb+FIT WIDE	ATOON MODEL Y+kote	HAL腰タイプ（腕アシスト）	Hakobeude 腕パーツ付き	ワーキングアシストAS	TaskAR	Taski	MATExT		アイアンハンド	
平時	かご工	A1	関東		●						●	●															●	4
		A2	北陸			●		●		●			●		●								●					6
	鉄筋工	B3	関東	△					●		●	●		●														4
		B5	九州		●					●								●		●	●							5
	張芝工	C7	中部										●						●									2
	ブロック（縁石）敷設	D8	近畿			●	●							△														2
	Coブロック敷設	F9	関東								●										●							2
		F10	四国				△							●									●					2
	法面石材	G12	近畿											●				●				●						3
		G13	北陸					●							●													2
	コンクリ打設	H15	九州							●					●	●			●									4
	地質調査	I16	中部																●							●		2
		I17	九州								●		●					●							●			4
		I18	九州					●							●	●								●			●	5
	型枠工	J19	北海道			△										●						●						2
災害対応	排水ポンプ、土のう作成	K20	近畿			●	●		●	●	●			●					●	●								8

凡例) ●検証 △当初予定も諸条件から装着体験のみとなったため検証対象外

検証現場における装着評価協力者(建設施工、平時)

建設施工（平時）

- 装着協力者数 男性 54人
 - 20代 13人
 - 30代 8人
 - 40代 13人
 - 50代 10人
 - 60歳代以上 8人
- （他 年齢未回答 2人）

※1 個人情報保護の点から年代別カテゴリーで設問

※2 60歳代以上には70歳代も含む（本人からの自己申告）

- 経験年数 1年 ～ 40年

• 体格

- 身長 159 c m ～ 185 c m
- 体重 50kg ～ 103kg
- BMI 18.0 ～ 32.1

※BMI（Body Mass Index）：体重kg/（身長（m）×身長（m））

4. 検証結果

(1) 評価概要

- 平時の検証対象 **4 工種**において装着により**主観調査で高評価かつ定量計測でも効果がみられた。**
- 平時の検証対象 **4 工種**ではPAS種類により、**主観調査で評価がみられた。**
- 経験年数が浅い者の主観調査は高評価であり、**新規入職者には効果的だと考えられる。** (P27)
- 連続装着により**アクティブは装着慣れによるスムーズさの向上がみられた。パッシブは機種間で評価が分かれた。** (P38)
- 災害対応は短時間反復作業の**土のう作成で疲労軽減の効果がみられた。**

<主観調査で身体負担軽減の高評価、定量計測でも効果>

- **かご工（緩斜面）**
 アクティブ（腰支援）：前屈み姿勢の反復や、作業全体で身体負担の軽減有 (P25)
 石詰め回数の増加、疲労軽減（心拍の穏やかな上昇）に効果有 (P34)
- **鉄筋工（床板）**
 アクティブ、パッシブ（腰支援）：2 種で評価差があるも、中腰・しゃがみ姿勢の維持で身体負担の軽減有 (P26)
 施工数量の増加、疲労軽減（低位で心拍推移）に効果有 (P35)
- **張芝工（堤防法面など）**
 パッシブ（腰支援）：斜面地の前屈み姿勢維持や、作業全体で身体負担の軽減有 (P27)
 施工数量の増加、疲労軽減（低位で心拍推移）に効果有 (P36)
- **法面石材工（壁面、天端）**
 パッシブ（腰支援、腕支援）：石材の持ち上げで腰及び腕の身体負担の軽減有 (P28)
 施工数量の増加、疲労軽減（低位で心拍推移）に効果有 (P37)

<主観調査で身体負担軽減に一定の評価>

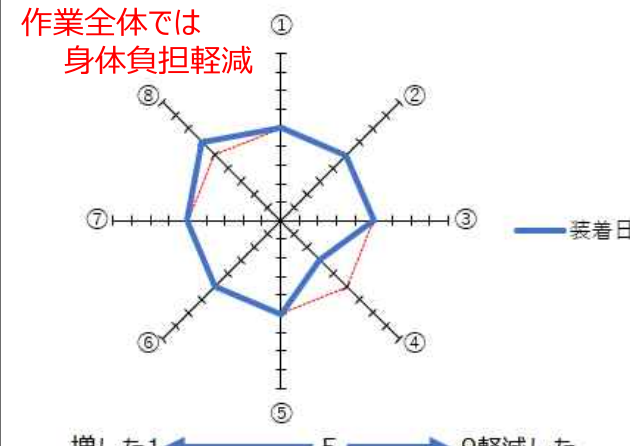
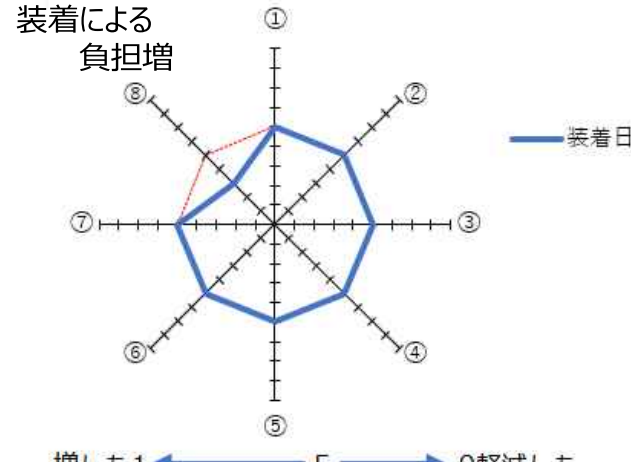
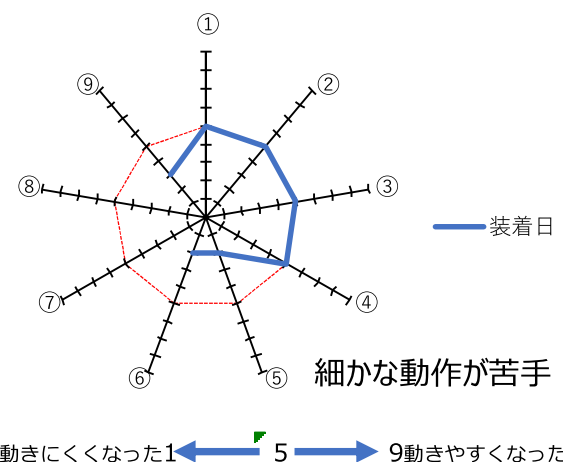
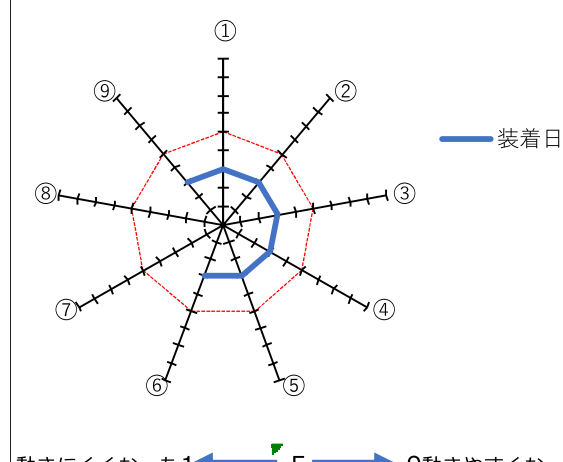
- **ブロック敷設工（縁石）**
 アクティブ（腰支援）：中腰・しゃがみ姿勢の維持で身体負担の軽減有 (P29)
- **コンクリートブロック敷設（天端）**
 パッシブ（腰支援、腕支援）：コンクリートブロックの持ち上げ下げで腕部負担の軽減有 (P30)
- **コンクリート打設（敷均し）**
 パッシブ（腰支援）：工具の持ち上げ下げや、前傾姿勢での身体負担の軽減有 (P31)
- **地質調査**
 パッシブ（腰支援、腕支援）：ロッドの持ち上げや、腕を上げた状態で行う作業での腕部負担の軽減有 (P32)

<災害対応（短時間の強負荷）>

- **土のう作成** アクティブ（腰支援）：腰を落とした姿勢からのすくい上げ反復で身体負担の軽減有 (P40)

4. 検証結果 (2)主観評価

現場検証からの評価① 良好な評価(かご工)①

機体	アクティブ(腰支援)	アクティブ(腰支援)
継続装着意思	★★★★	★★
身体負担感	かご工 A1 50代 経験 29 年 身体の各部位への負担 作業全体では 身体負担軽減  増した1 ← 5 → 9 軽減した	かご工 A1 60歳以上 経験 21 年 身体の各部位への負担 装着による 負担増  増した1 ← 5 → 9 軽減した
動作・作業のしやすさ	作業・動作の動きやすさ  細かな動作が苦手 動きにくくなった1 ← 5 → 9 動きやすくなった	作業・動作の動きやすさ  動きにくくなった1 ← 5 → 9 動きやすくなった

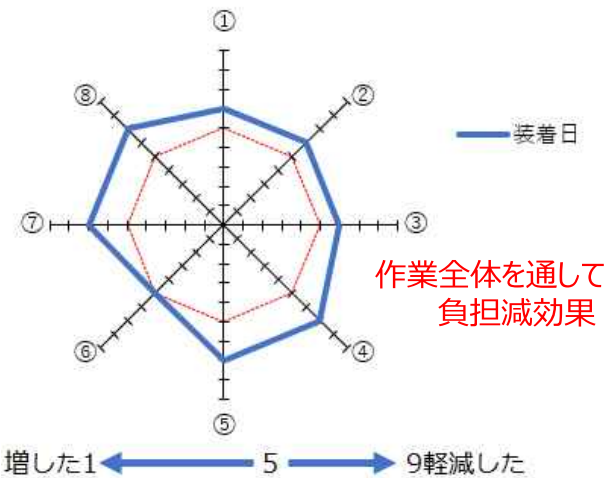
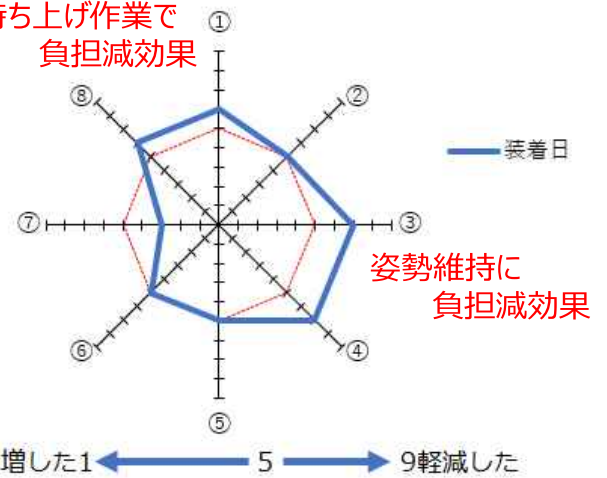
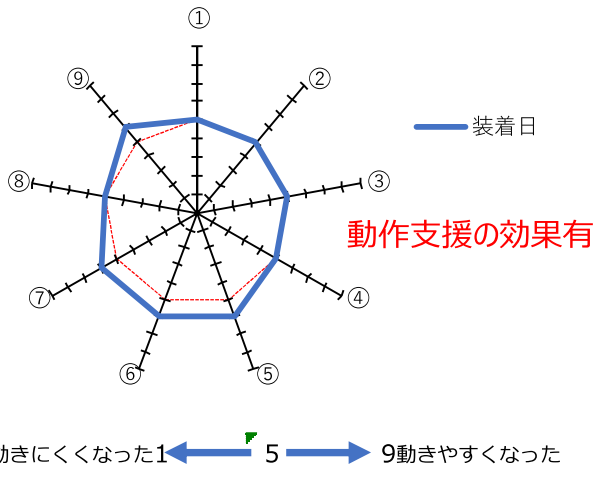
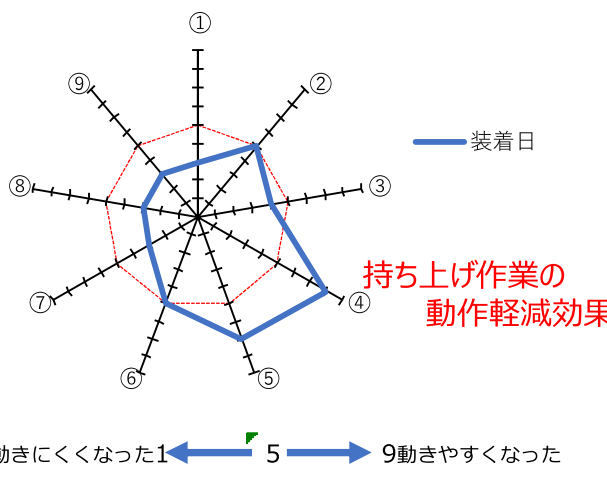
継続装着意思
低い★
高い★★★★

- 腰 ①持上げ
②持下げ
③中腰の維持
④しゃがみの維持
腕 ⑤持上げ下げ
手 ⑥手や指で物を握る動作
脚 ⑦移動
⑧作業全体を通して

作業・動作

- ①中腰に屈む動作
②石をつかむ
③石の持上げ
④石の持ち下げ
⑤位置合せ
⑥中腰維持での移動
⑦
⑧
⑨作業全体を通して

現場検証からの評価② 良好な評価(鉄筋工(床板))

機体	アクティブ(腰支援)	パッシブ(外骨格型・腰支援)
継続装着意思	★★★★	★
身体負担感	鉄筋工 B4 50代 経験 37 年 身体の各部位への負担  作業全体を通して負担減効果 増した1 ← 5 → 9軽減した	鉄筋工 B4 30代 経験 5 年 身体の各部位への負担  持ち上げ作業で負担減効果 姿勢維持に負担減効果 増した1 ← 5 → 9軽減した
	作業・動作の動きやすさ  動作支援の効果有 動きにくくなった1 ← 5 → 9動きやすくなった	作業・動作の動きやすさ  持ち上げ作業の動作軽減効果 動きにくくなった1 ← 5 → 9動きやすくなった

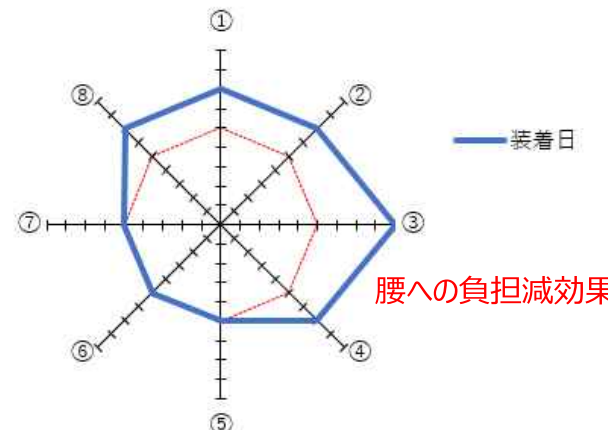
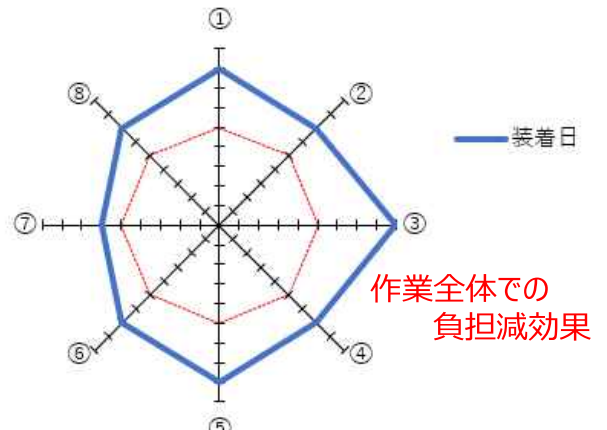
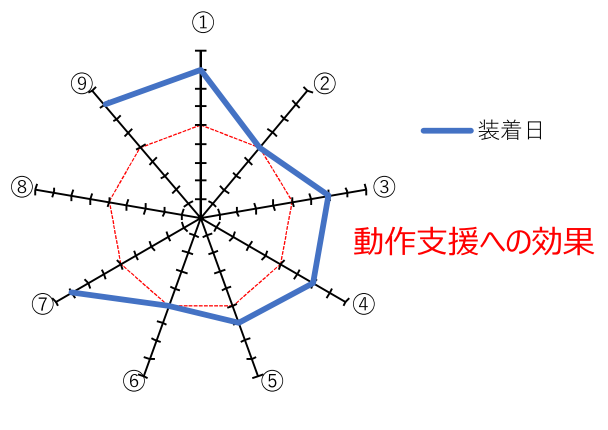
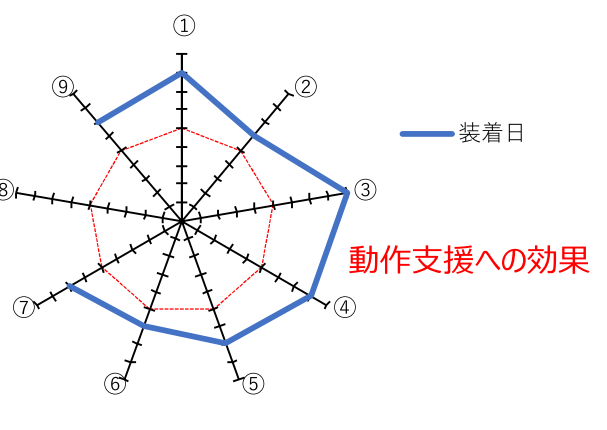
継続装着意思
低い★
高い★★★★

腰	①持ち上げ
	②持下げ
	③中腰の維持
	④しゃがみの維持
腕	⑤持ち上げ下げ
手	⑥手や指で物を握る動作
脚	⑦移動
	⑧作業全体を通して

作業・動作

- ①中腰に屈む動作
- ②鉄筋をつかむ
- ③鉄筋の持ち上げ
- ④鉄筋を持つての移動
- ⑤鉄筋の持ち下げ
- ⑥鉄筋の配置
- ⑦鉄筋の結束
- ⑧中腰維持での移動
- ⑨作業全体を通して

現場検証からの評価③ 良好な評価(張芝工)／新規入職者高評価

機体	パッシブ(身体フィット型:腰支援)	パッシブ(身体フィット型:腰支援)
継続装着意思	★★★★	★★
身体負担感	張芝工 C8 20代 経験 1年 身体の各部位への負担  腰への負担減効果 増した1 ← 5 → 9軽減した	張芝工 C8 40代 経験 1年 身体の各部位への負担  作業全体での負担減効果 増した1 ← 5 → 9軽減した
動作・作業のしやすさ	作業・動作の動きやすさ  動作支援への効果 動きにくくなった1 ← 5 → 9動きやすくなった	作業・動作の動きやすさ  動作支援への効果 動きにくくなった1 ← 5 → 9動きやすくなった

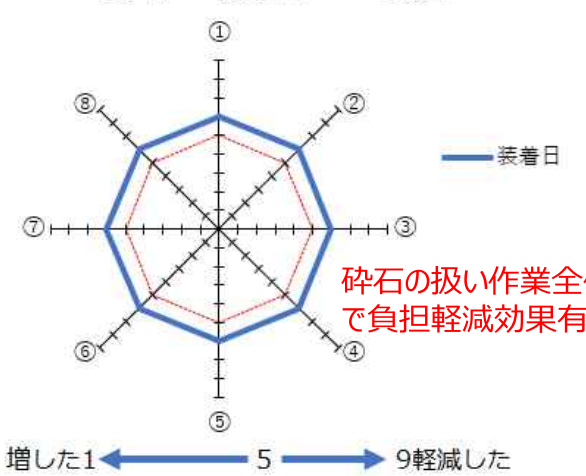
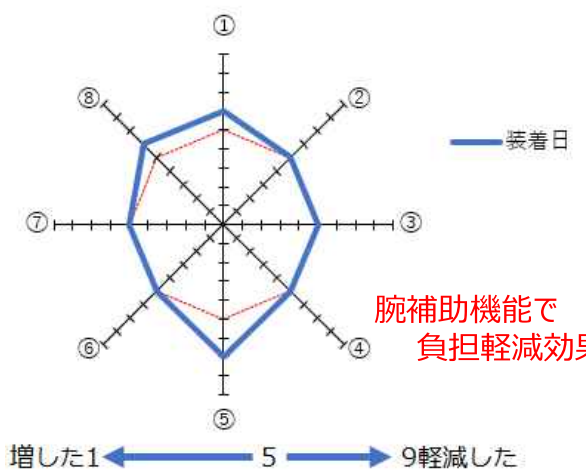
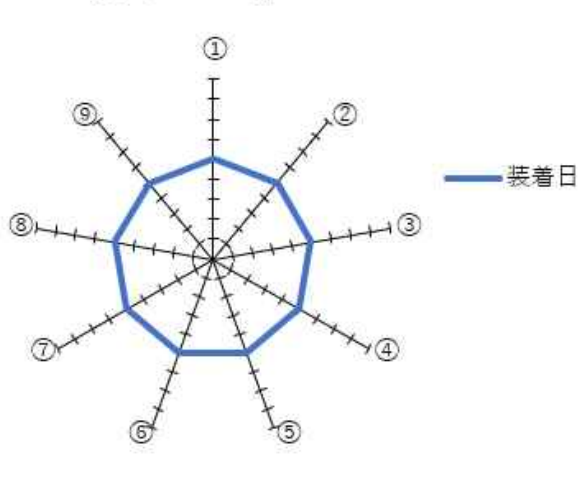
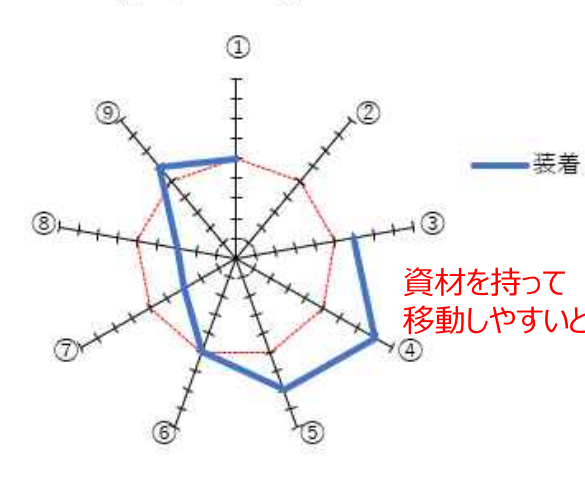
継続装着意思
低い★
高い★★★★

腰	①持上げ
	②持下げ
	③中腰の維持
	④しゃがみの維持
腕	⑤持上げ下げ
手	⑥手や指で物を握る動作
脚	⑦移動
	⑧作業全体を通して

作業・動作
①中腰に屈む動作
②芝の束をつかむ
③芝の束の持上げ下げ
④芝の束を持つての移動
⑤芝の貼り付け
⑥芝の位置調整と押しつけ
⑦中腰維持での移動
⑧
⑨作業全体を通して

経験年数が浅く作業慣れしていないため身体負担感の軽減、動作・作業のしやすさが高評価

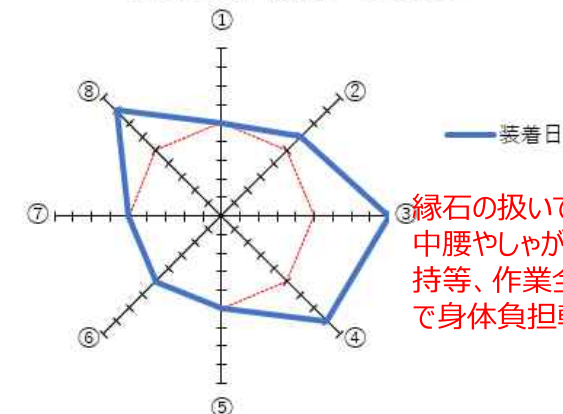
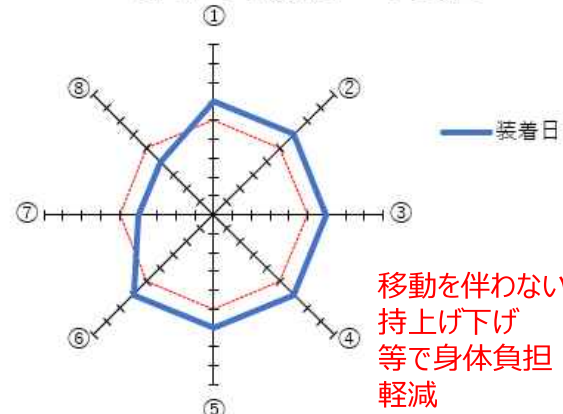
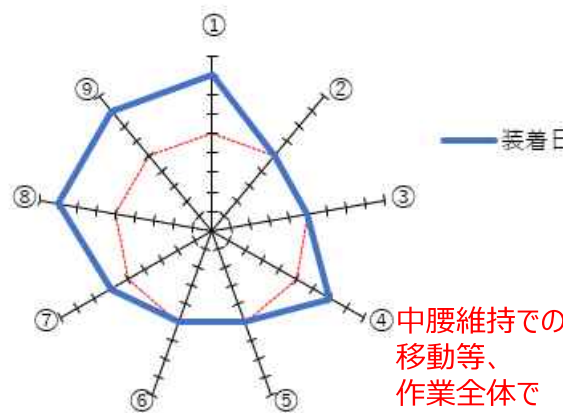
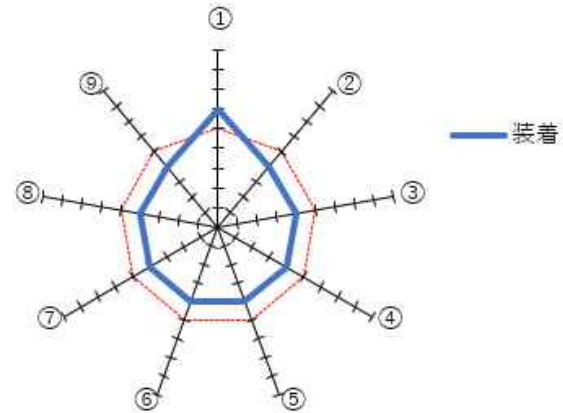
現場検証からの評価④ 良好な評価(法面石材)

機体	パッシフ(腰支援)	パッシブ(腰支援、腕支援)
継続装着意思	★★★★	★★★★
身体負担感	法面石材 G13 50代 経験 30 年 身体の各部位への負担  増した1 ← 5 → 9軽減した	法面石材 G13 0 経験 11 年 身体の各部位への負担  増した1 ← 5 → 9軽減した
動作・作業のしやすさ	作業・動作の動きやすさ  動きにくくなった1 ← 5 → 9動きやすくなった	作業・動作の動きやすさ  動きにくくなった1 ← 5 → 9動きやすくなった

継続装着意思
低い★
高い★★★★

腰	①持上げ
	②持下げ
	③中腰の維持
	④しゃがみの維持
腕	⑤持上げ下げ
手	⑥手や指で物を握る動作
脚	⑦移動
	⑧作業全体を通して

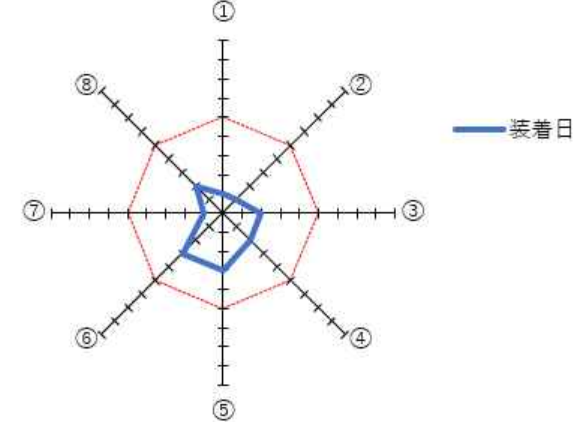
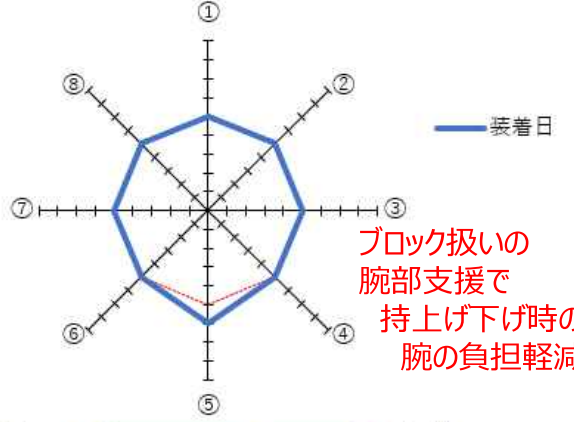
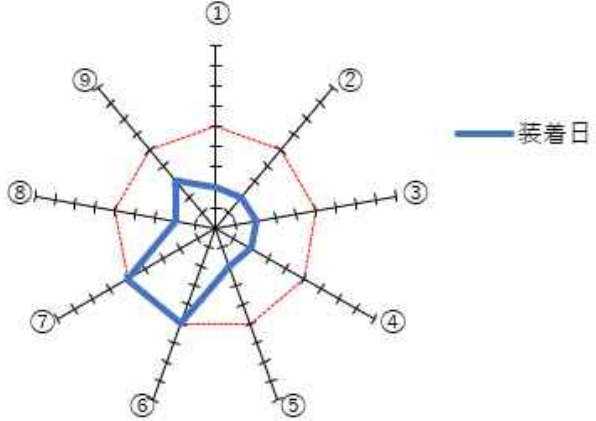
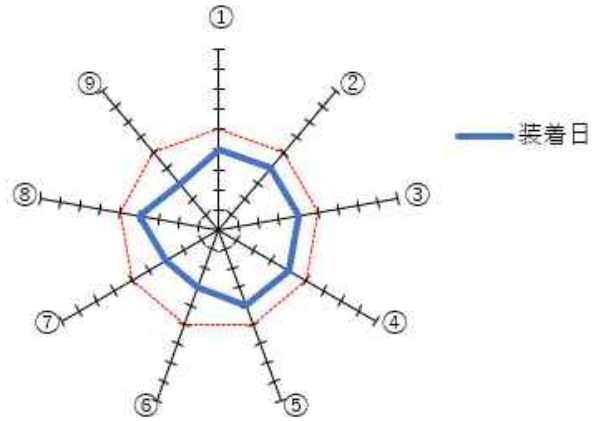
- ①中腰に屈む動作
- ②設置場所のモルタルを均す
- ③資材(丸石など)の持上げ
- ④資材を持つての移動
- ⑤資材の持下げ(仮置き)
- ⑥しゃがむ動作
- ⑦位置合わせ
- ⑧しゃがみ維持での移動
- ⑨作業全体を通して

機体	アクティブ(腰支援)	
継続 装着意思	★★★★	
身体 負担感	L型側溝 E10 40代 経験 20 年 身体の各部位への負担  増した1 ← 5 → 9 軽減した	L型側溝 E10 40代 経験 17 年 身体の各部位への負担  増した1 ← 5 → 9 軽減した
	③縁石の扱いで 中腰やしりがみ維持等、作業全体 で身体負担軽減	移動を伴わない 持上げ下げ 等で身体負担 軽減
動作 ・作業の しやすさ	作業・動作の動きやすさ  動きにくくなった1 ← 5 → 9 動きやすくなった	作業・動作の動きやすさ  動きにくくなった1 ← 5 → 9 動きやすくなった
	④中腰維持での 移動等、 作業全体で 動きやすさ	

継続装着意思
低い★
高い★★★★

- | | |
|---|-------------|
| 腰 | ①持上げ |
| | ②持下げ |
| | ③中腰の維持 |
| | ④しりがみの維持 |
| 腕 | ⑤持上げ下げ |
| 手 | ⑥手や指で物を握る動作 |
| 脚 | ⑦移動 |
| | ⑧作業全体を通して |

- | |
|------------|
| ①中腰に屈む動作 |
| ②資材をつかむ |
| ③資材の持上げ |
| ④資材を持つての移動 |
| ⑤資材の持下げ |
| ⑥押しつけ |
| ⑦位置合わせ |
| ⑧中腰維持での移動 |
| ⑨作業全体を通して |

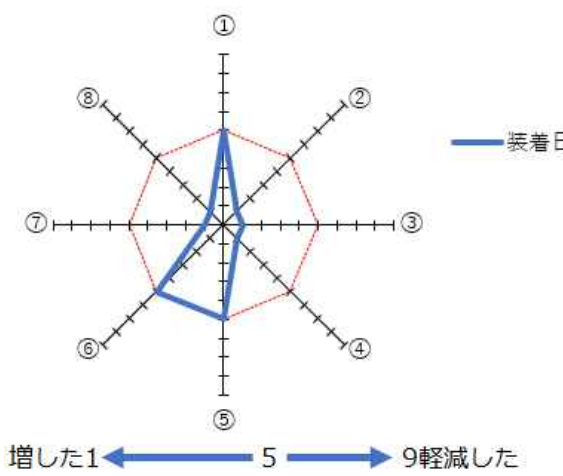
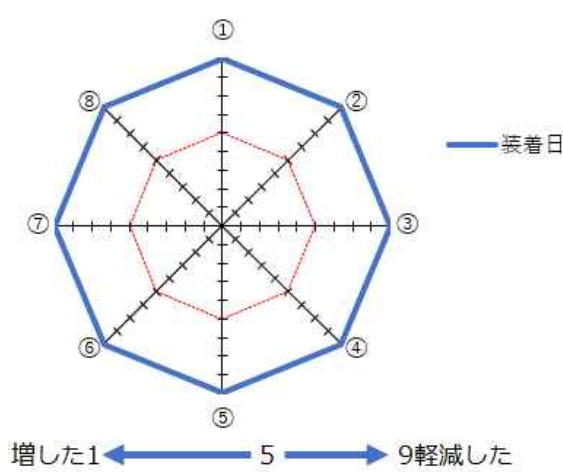
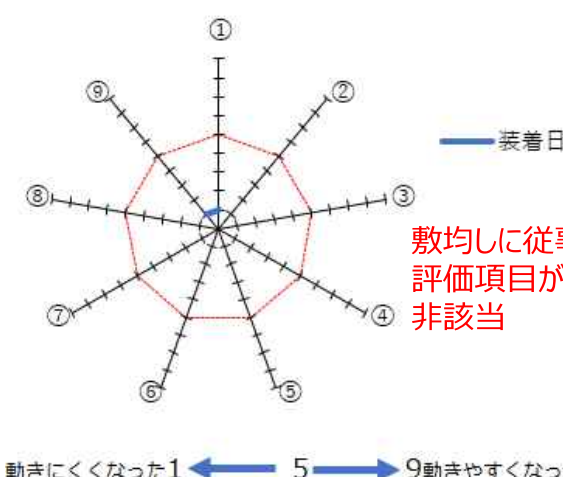
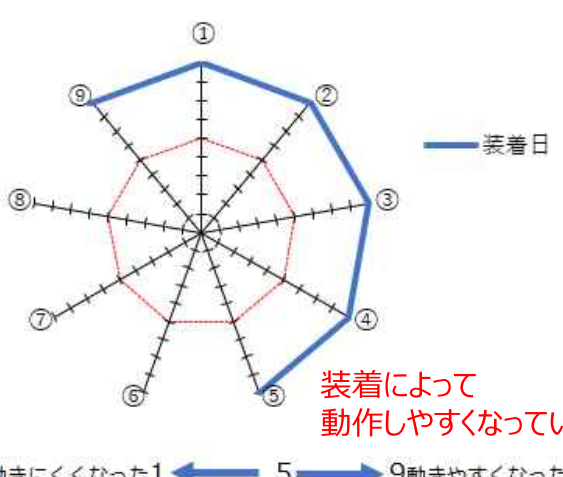
機体	パッシブ(腰支援)	パッシブ(腰・腕支援)
継続 装着意思	★	★★
身体 負担感	CoブロックF11 20代 経験 1年 身体の各部位への負担  増した1 ← 5 → 9 軽減した	CoブロックF11 40代 経験 20年 身体の各部位への負担  増した1 ← 5 → 9 軽減した ブロック扱いの 腕部支援で 持上げ下げ時の 腕の負担軽減
	作業・動作の動きやすさ  動きにくくなった1 ← 5 → 9 動きやすくなった	作業・動作の動きやすさ  動きにくくなった1 ← 5 → 9 動きやすくなった

継続装着意思
低い★
高い★★★★

- | | |
|---|-------------|
| 腰 | ①持上げ |
| | ②持下げ |
| | ③中腰の維持 |
| | ④しゃがみの維持 |
| 腕 | ⑤持上げ下げ |
| 手 | ⑥手や指で物を握る動作 |
| 脚 | ⑦移動 |
| | ⑧作業全体を通して |

- | |
|------------|
| ①中腰に屈む動作 |
| ②資材をつかむ |
| ③資材の持上げ |
| ④資材を持つての移動 |
| ⑤資材の持下げ |
| ⑥押しつけ |
| ⑦位置合わせ |
| ⑧中腰維持での移動 |
| ⑨作業全体を通して |

現場検証からの評価⑦ 良好な評価(コンクリート打設)

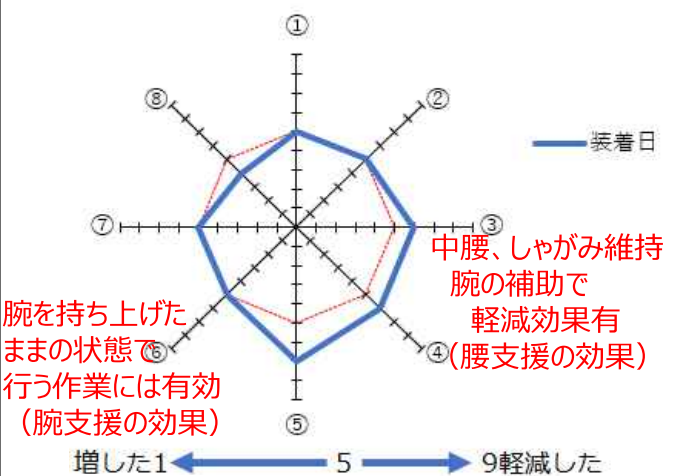
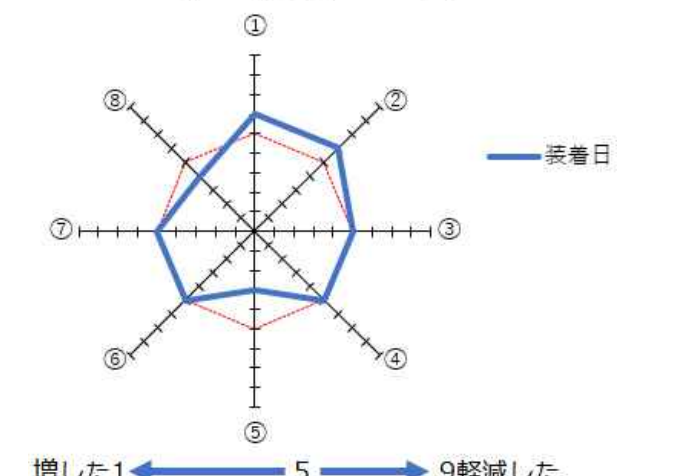
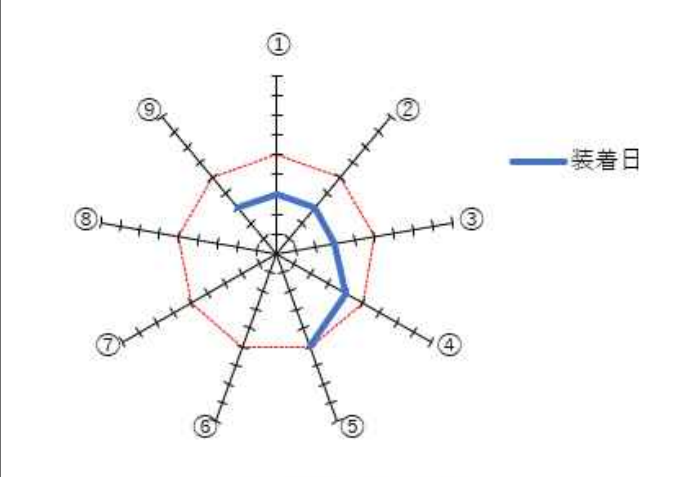
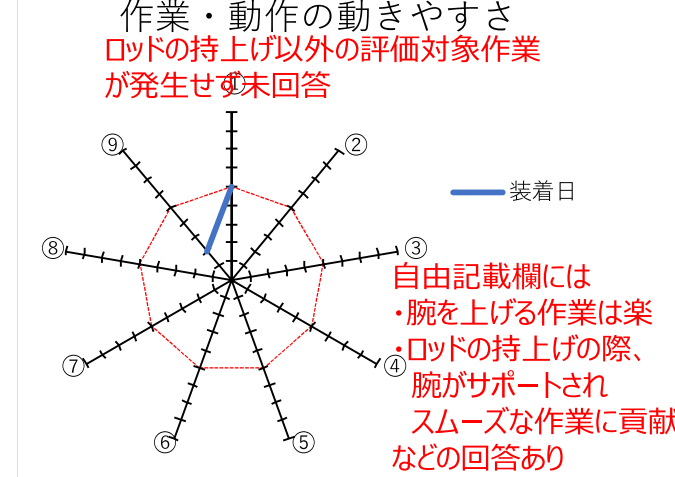
機体	パッシブ(腰支援:外骨格)	パッシブ(腰支援:身体フィット)
継続 装着意思	★	★★★★
身体 負担感	コンクリ打設 H16 30代 経験 1年 身体の各部位への負担  増した1 ← 5 → 9 軽減した	コンクリ打設 H16 20代 経験 10年 身体の各部位への負担  増した1 ← 5 → 9 軽減した
動作 ・作業の しやすさ	作業・動作の動きやすさ  動きにくくなった1 ← 5 → 9 動きやすくなった 敷均しに従事で 評価項目が 非該当	作業・動作の動きやすさ  動きにくくなった1 ← 5 → 9 動きやすくなった 装着によって 動作しやすくなっている

継続装着意思
低い★
高い★★★★

腰	①持上げ
	②持下げ
	③中腰の維持
	④しゃがみの維持
腕	⑤持上げ下げ
手	⑥手や指で物を握る動作
脚	⑦移動
	⑧作業全体を通して

作業・動作
①中腰に屈む動作
②圧送ホースをつかむ
③圧送ホースの持上げ
④圧送ホースを持ての移動
⑤圧送ホース先を流し込み 位置に保持
⑥
⑦
⑧
⑨作業全体を通して

現場検証からの評価⑧ 良好な評価(地質調査)

機体	パッシブ(腕支援)とパッシブ(腰支援)	パッシブ(腰・腕支援)
継続装着意思	★	★★★★
身体負担感	地質調査 I19 40代 経験 27年 身体の各部位への負担  中腰、しゃがみ維持 腕の補助で 軽減効果有 ④(腰支援の効果) 腕を持ち上げた ままの状態⑤ 行う作業には有効 (腕支援の効果) 増した1 ← 5 → 9軽減した	地質調査 I17 20代 経験 3年 身体の各部位への負担  増した1 ← 5 → 9軽減した
動作・作業のしやすさ	作業・動作の動きやすさ  動きにくくなった1 ← 5 → 9動きやすくなった	作業・動作の動きやすさ ロッドの持ち上げ以外の評価対象作業 が発生せず未回答  自由記載欄には ・腕を上げる作業は楽 ・ロッドの持ち上げの際、 腕がサポートされ スムーズな作業に貢献 などの回答あり 動きにくくなった1 ← 5 → 9動きやすくなった

継続装着意思
低い★
高い★★★★

腰	①持上げ
	②持下げ
	③中腰の維持
	④しゃがみの維持
腕	⑤持上げ下げ
手	⑥手や指で物を握る動作
脚	⑦移動
	⑧作業全体を通して

作業・動作
①ボーリングロッドの持ち上げ
②ボーリングマシンにロッドを据付
③掘削部にロッド先端を押しつけ
④ボーリングロッドを継ぎ足し
⑤ボーリングマシンの位置を変える作業
⑥
⑦
⑧
⑨作業全体を通して

動作・作業のしやすさは、装着全体を通じては低めの評価となっているが、単発の動作そのものでは、効果が確認された

4. 検証結果

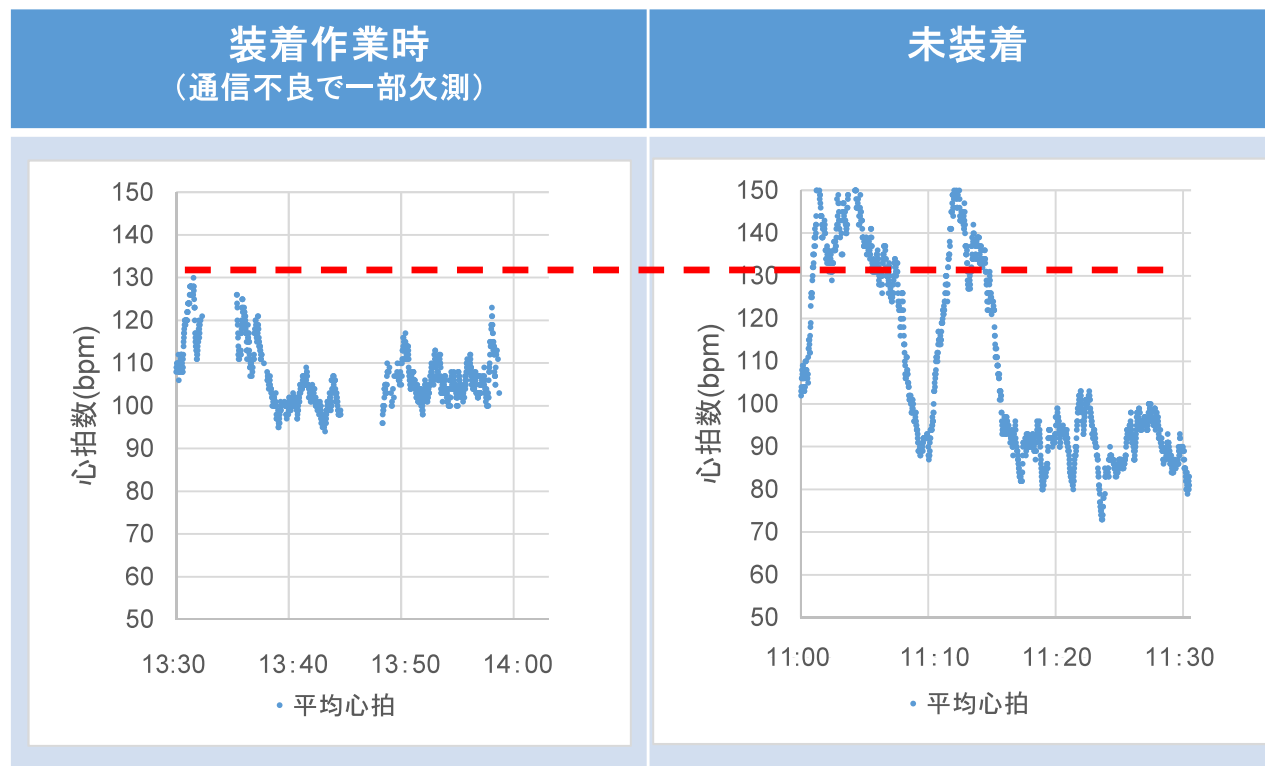
(3) バイタルと作業量等 平時

現場検証からの評価① バイタルと作業量変化(かご工)

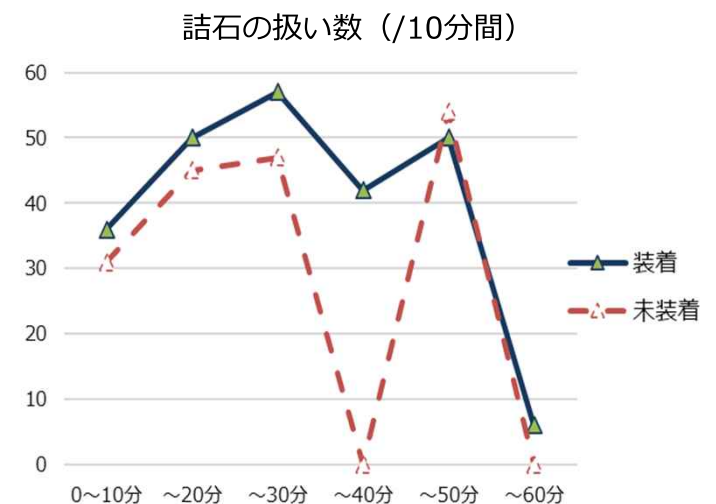
アクティブ(腰支援)

- 前屈み、立位を多数回繰り返す高負荷、継続作業において、身体負荷の目安である心拍の変化に差が生じた例もあった。
- 負荷の低減によると見られる作業の継続、量の向上が計測された。

かご工 心拍変化 50歳代、経験37年



作業時の様子
アクティブ(腰支援)
作業支援用



※未装着時の30分過ぎ、作業者の自主小休止が発生

現場検証からの評価② バイタルと作業量変化(鉄筋工)

アクティブ(腰支援)

- 前屈み、立位を多数回繰り返す高負荷、継続作業において、身体負荷の目安である心拍の変化に差が生じた例もあった。
- 負荷の低減によると見られる作業量の向上が計測された。

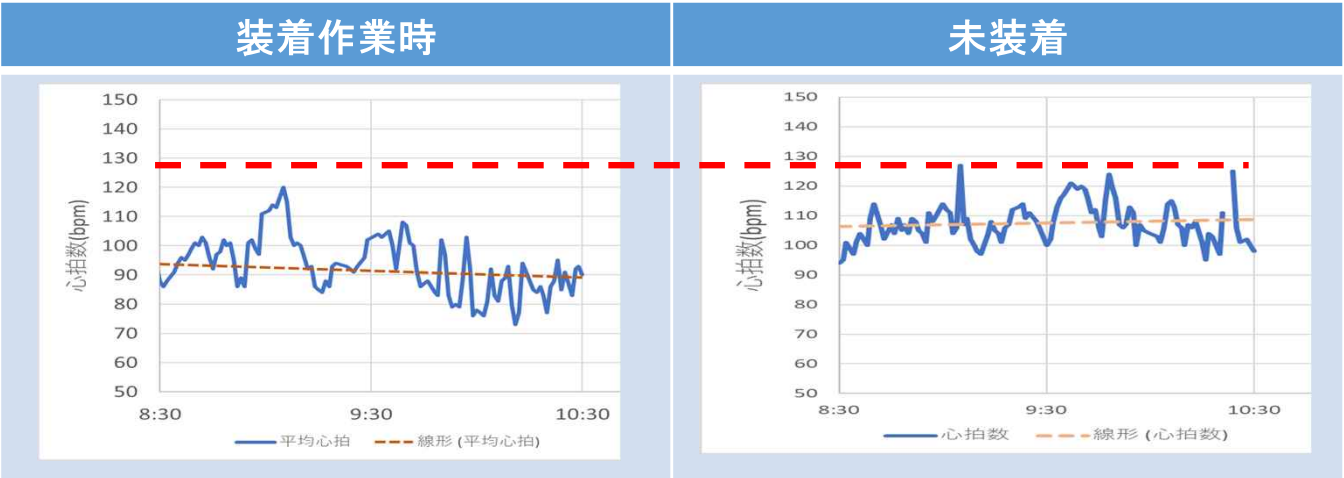
パッシブ(腰支援)

- 身体負荷の目安である心拍の変化は穏やかである例もあった。

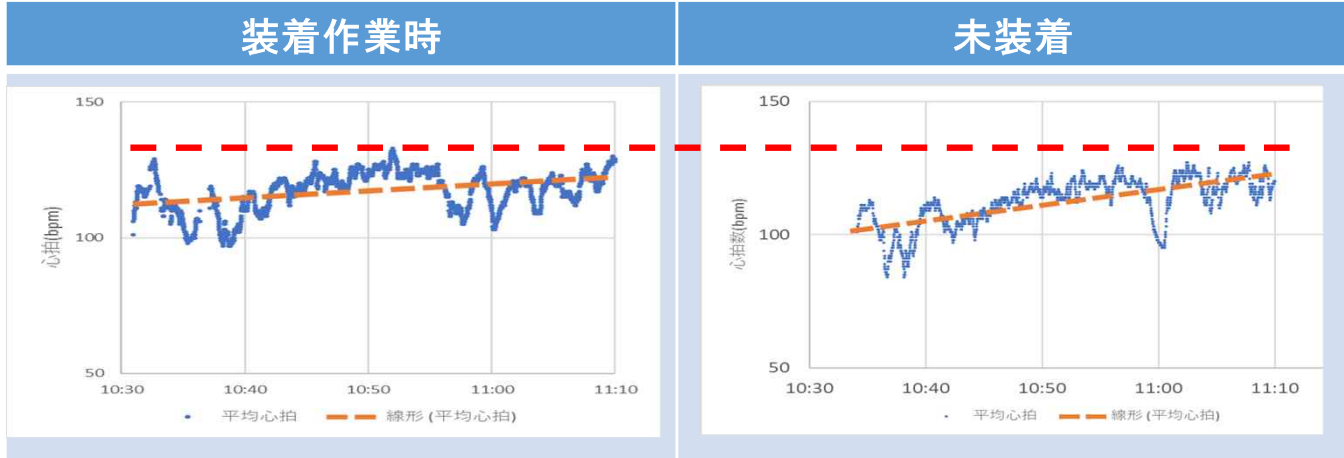


作業時の様子
アクティブ(腰支援)
作業支援用

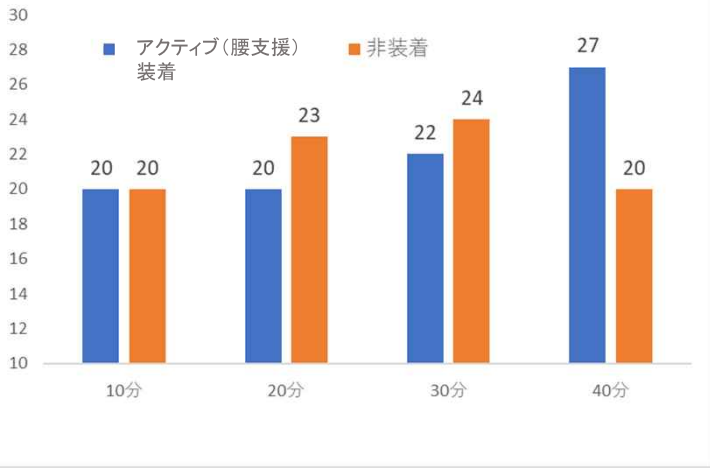
鉄筋工(床板、配筋準備作業) 心拍変化50歳代、経験37年 アクティブ(腰支援)



鉄筋工(床板、配筋準備作業) 心拍変化 50歳代、経験9年 パッシブ(腰支援)



配筋準備の差込本数



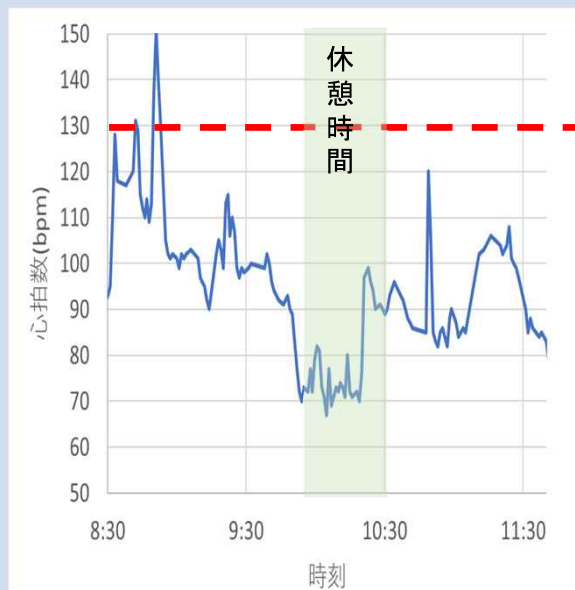
現場検証からの評価③ バイタルと作業量変化(張芝工)

パッシブ(腰支援)

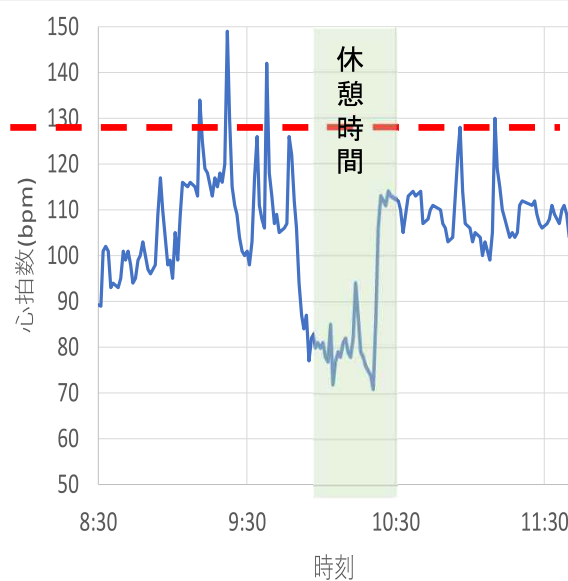
- ・ 苦渋姿勢のままの継続作業で、身体負荷の目安である心拍の変化に差が生じた例もあった。
- ・ 負荷の低減によるとみられる作業量の向上が計測された。

張芝工(目串(竹串)打ち作業) 心拍変化 40歳代、経験37年

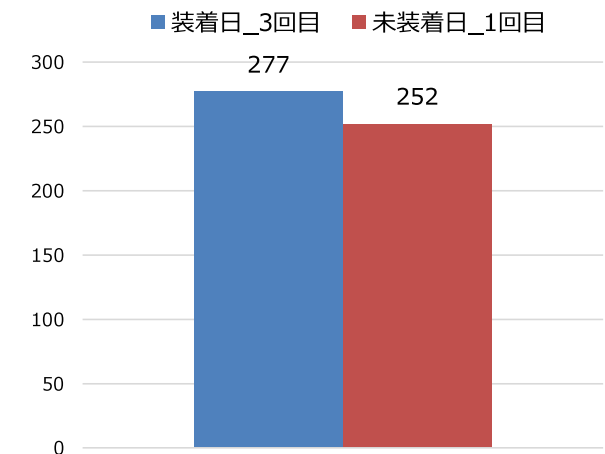
装着作業時



未装着



作業時の様子
パッシブ(腰支援)



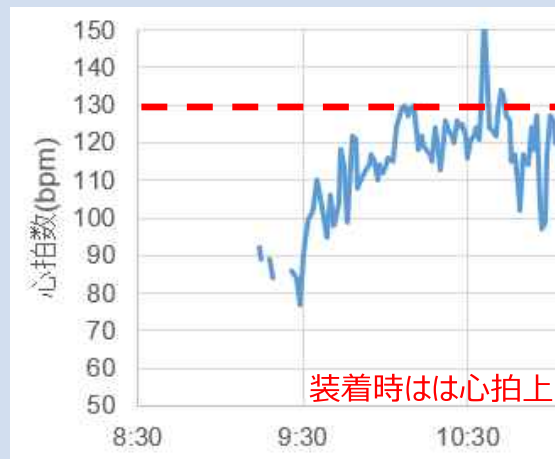
竹串打ち込み本数

パッシブ(腰支援、腕支援)

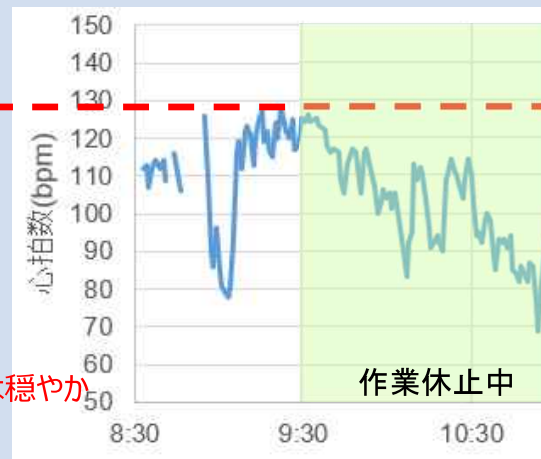
- 足下に並べた10~20kg程度の石材を積み上げる重労働において、身体負荷の目安である心拍の変化は穏やかである例もあった。
- 負荷の低減によるとみられる作業量の向上が計測された。

法面石材工(作業) 心拍変化 50歳代、経験11年

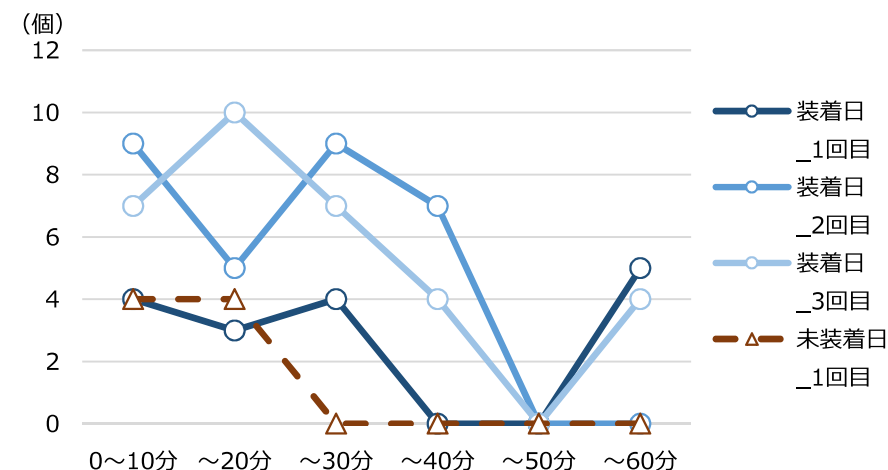
装着作業時



未装着



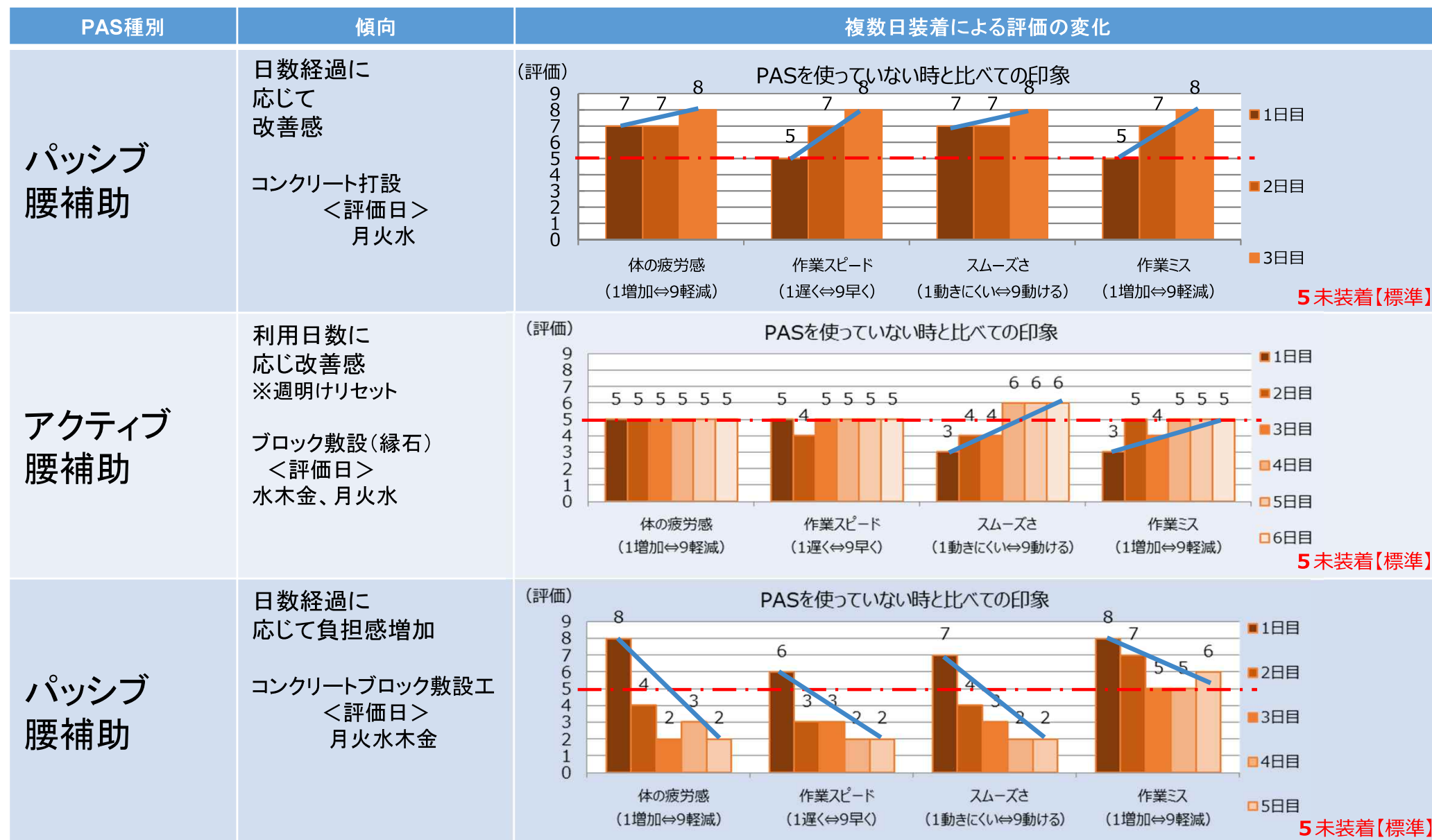
作業時の様子 パッシブ(腕パーツ付)



積んだ石材の個数(単位:個)

現場検証からの評価④ 複数日装着による評価変化

- 複数日装着で習熟等により評価が良好になっていくタイプと悪化していくタイプが混在
- どのタイミングで装着指導を行ったかも影響しているとみられる部分がある



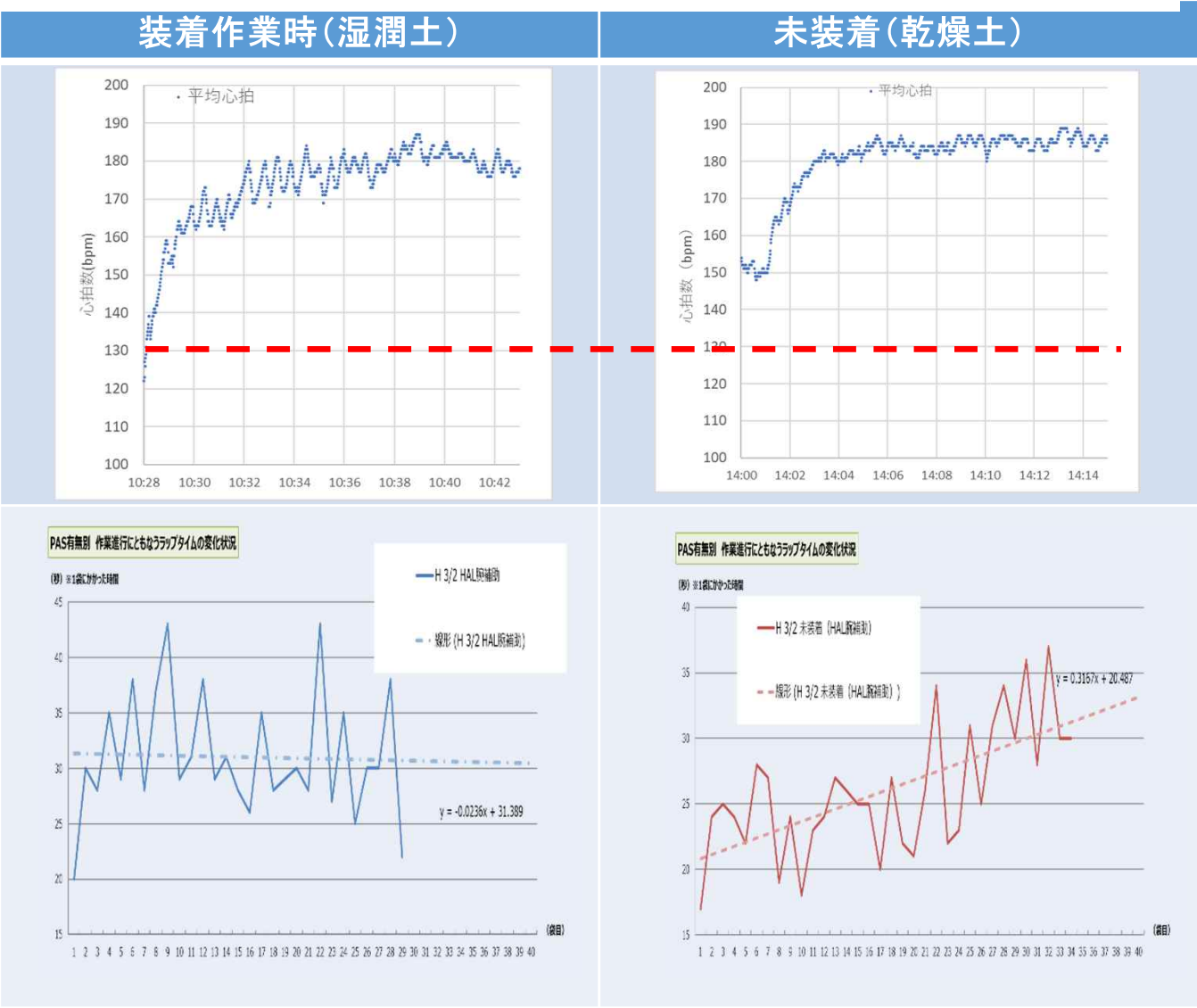
4. 検証結果

(4) バイタルと作業量等 災害対応

現場検証からの評価 災害対応：短時間強負荷(土のう作成)

- 短時間連続の土のう作成では、装着時に心拍の上昇が穏やかで、作成にかかる時間維持。
- 未装着時、初めは短時間で作成も負荷増加に応じて作成時間が長時間化していく。

災害対応(土のう作成) 心拍と作業時間変化 (40歳代、経験17年)



4. 検証結果 (5)まとめ

<身体負担感の軽減>
<動作・作業のしやすさ>
<安全性への影響>
<作業量の変化>

アクティブは重量物の持上げ下げ、パッシブは動き回りながらの作業で負担軽減を実感の工種多い
負担感軽減と併せて動作しやすさも両立の工種もあり
疲労が軽減され、動作のしやすさが高いものは安全性の増加に寄与
身体負担軽減により疲労が軽減され、作業量の増加となるものもある

工 種	現場 Code	身体負担感の 軽減	動作・作業の しやすさ	安全性への影響 (5要素の総和)	作業量の 変化	継続利用 意思	PAS種類	適用性
かご工（緩斜面）	A1	6	3	23	↑	3	アクティブ腰支援	○
（壁面）	A2	5	2	16	—	1	パッシブ身体フィット型・腰支援	
鉄筋工（床板系）	B3	7	6	27	↑	3	アクティブ腰支援	○
（柱・壁面系）	B5	3	4	24	—	1	アクティブ腰支援	
張芝工	C7	7	8	36	↑	4	パッシブ腰支援	○
ブロック敷設（縁石）	D8	8	8	38	↑	4	アクティブ腰支援	○
コンクリートブロック（天端）	F9	1	1	5	↘	1	パッシブ外骨格型・腰支援	
（天端と壁面）	F10	5	3	25	↘	2	パッシブ身体フィット型・腕・腰支援	○
法面石材（壁面）	G12	6	6	29	※	3	パッシブ身体フィット型・腰腕支援	○
（床面）	G13	5	5	25	↑	3	パッシブ身体フィット型・腰支援	○
コンクリ打設	H15	9	9	30	※	4	パッシブ身体フィット型・腰支援	○
地質調査（ロッド交換）	I16	7	7	27	※	3	パッシブ身体フィット型・腰支援	○
（機器調整）	I17	5	5	25	※	2	パッシブ身体フィット型・腰支援	
（ロッド交換/機器調整）	I18	7	6	25	※	4	パッシブ身体フィット型・腰支援	
排水ポンプ/土のう作成 注3)	K20	6	4	19	—	3	アクティブ腰支援	○
評価基準		9. 軽減した ↑ 5. 変わらない ↓ 1. 負担が増した	9. 動きやすくなった ↑ 5. 変わらない ↓ 1. 動き難くなった	45. 安全性が増した ↑ 25. 変わらない ↓ 1. 安全性が低下した	↑ 作業量増加 ↘ 作業量減少 — 同等 ※未計測 注4)	4. 利用したい 3. 改良があれば 利用したい 2. 分らない 1. 利用したくない		

注1) 検証現場により複数者またはPAS別に回答があった場合は身体負担軽減で最大値の回答者分を表示
注2) 身体負担感の軽減、動作・作業のしやすさは総合評価の最大値、“安全性の影響”は複数要素別、PAS別の合計値
注3) 災害対応の訓練として排水ポンプ、土のう作成は一体的に評価された結果
注4) 施工場所の現場安全性の面から検証員が立ち会えなかった現場、作業特性から定量計測が困難な工種

現場検証からの工種別の適用性

かご工（緩斜面）、鉄筋工（床板系）、張芝工、ブロック敷設工（縁石）、コンクリートブロック敷設（天端と壁面）、法面石材工（壁面、天端）、コンクリ打設（敷均し）、地質調査（ロッド交換）、土のう作成における早期の適用性を確認。

PAS種類	アクティブ			パッシブ		適用判断の解説	活用上の課題
支援部位 工種	腰	腕	指手 先	腰	腕	◎：早期適用性 △：改良などにより適用性 ▲：早期適用は困難 —：未検証	検証からの指摘点等
かご工 （緩斜面）	◎	—	△	▲	—	- 多様な石の扱い、斜面における継続した前屈姿勢維持に貢献 - アクティブは使い慣れることで作業量増にも貢献の可能性を観測	- 長時間同一姿勢時のPAS重量軽減（特にアクティブ） - かご内出入り時の脚部上下範囲制約
（壁面）	▲	—	—	▲	—	- かご内出入り時の枠幅が狭く外骨格系中心に出入り阻害 - かご内外で屈み継続が多く締め付けが支障	- 狭隘なかご内に入り屈み作業（アクティブ） - 屈み時の脚部締め付け感の軽減（パッシブ）
鉄筋工 （床板系）	◎	▲	—	▲	—	- 反復の立位前屈作業も多くアクティブ支援が有効かつ作業量増 - 腕補助は評価機会が限定的だったため継続検討が望ましい	- 中腰維持支援の長時間化（アクティブ） - 狭隘空間作業可能なコンパクト化（パッシブ）
（柱・壁面系）	▲	▲	—	△	—	フルハーネスを必要とし、かつ狭い範囲で上下に動き回る作業要求から負担減よりも動き難さで評価低下	安全帯必須環境が多いためフルハーネス併用への対応（パッシブ外骨格型）
張芝工	—	—	—	◎	—	法面で斜め前屈姿勢の維持に有効かつ作業量増にも貢献	脚固定部のずれ頻度の低減（パッシブ）
ブロック敷設 （縁石）	◎	▲	—	△	—	- 人力対応が多い縁石敷設で立位前屈時の負担減 - 腕補助は評価機会が限定的であったため継続検討が望ましい	脚固定部のずれ頻度の低減（パッシブ）
コンクリートブロック敷設 （天端）	▲	—	—	▲	—	- アクティブは法面端部で見下ろす作業時、追従動作ずれから安全不安 - パッシブは重量ブロックの扱いで負担減も左右の動き回りで違和感	- 斜面上段作業で追従違和感（アクティブ） - 屈み作業の脚固定部締め付け感（パッシブ）
（天端と壁面）	▲	—	—	△	△	- アクティブは法面端部で見下ろす作業時、追従動作ずれから安全不安 - パッシブは重量ブロックの扱いで腰と腕の負担減	斜面上段作業で追従違和感（アクティブ）
法面石材工 （壁面）	—	—	—	△	◎	- 多様な重さの碎石の持上げ下げや据付で貢献 - 腕補助では咄嗟の腱延ばしリスクの低減も期待	動き回り時の資材などへの引っかかり
（天端/床面）	◎	—	—	△	—	作業時の違和感是指摘されつつも、多様な重量の丸石扱いにおける作業量の維持や増加に貢献	中腰維持や持上げ下げの追従違和感
コンクリ打設 （バイブレーション）	—	—	—	△	—	重量があるバイブレーターの運搬、生コン内からの引き抜き含めて負担軽減に貢献	バイブレーター押し付け時の反力低減（パッシブ）
（敷均し）	—	—	—	◎	—	- 多頻度に繰り返す敷均し作業時の腰負担を軽減 - 脚がとられやすい打設直後の生コン上移動での貢献も期待	打設後の生コン内移動における脚部負担の軽減
地質調査 （ロッド交換）	▲	—	▲	△	◎	- ロッド交換のような見上げ時に負担軽減 - 屈んだままでの作業も多く、締め付けなどでは支障を感じやすい	- ロッド交換、見上げ作業頻度は特定の作業タイミング - 床面、腰高からの持上げ下げ、屈み維持での手先作業の機会多い
（機器調整）	▲	—	▲	△	▲	足元低さでの機器点検や調整作業、狭隘な箇所への入りこみ作業に支障を感じる機会が多く有用性を感じにくい	屈みや狭隘箇所への入り込みが一定あり、脚部違和感の緩和や
土のう作成	◎	△	—	△	—	- 短時間連続のすくい上げでアクティブ支援が有効かつ疲労減 - パッシブは腰を落とし足を広げた作業姿勢時に脚部しめつけ感	作業を途切れさせない腕補助機能のオンオフの改善
排水ポンプ設営	△	△	—	▲	—	設備の上げ下ろし、設置時の複数回のしゃがみや機器運搬時の斜面移動等時の動き阻害により評価低下	斜面移動時の追従違和感

現場検証からの監理者評価

<導入の有効性>

<装着時の初期指導>

<導入の可否>

一定の**導入有効性**を認めている

PAS種類に係らず“やや必要”も含め**大半の工種**で**必要性**を指摘

改良を前提とするものが中心となっており、**導入費用面**も判断に影響

工 種	現場 Code	導入の 有効性	装着指導説明の 必要性	建設作業員に 導入したいか	判断などの要因、意見
かご工（緩斜面）	A1	4.0	5.0	1.0	指、手の動きについてはアシストしてもらえるが、作業者の意図と異なる動作する場合があります事故、ケガの懸念
（壁面）	A2	4.0	5.0	2.0	今回はPASを着用する人の 体格・年齢・体力・持病(腰痛等) が良し悪しが大きく作用し個人差がでた。(腰痛持ち・60代以上の年配者には、PASは比較的良好だった。)
鉄筋工（床板系）	B3	2.9	5.0	1.3	着用していない時にくらべ、作業範囲がせまくなるため狭い場所ではできないと感じた。鉄筋工では必須の、フルハーネス、腰袋との兼用の装着ができない。
（柱・壁面系）	B5	2.8	3.3	1.7	軽量化が進めば体に対する負担をある程度低減できると思う。建設現場の場合、動きの速さを重要視し、動作にストレスを感じると使用するメリットを感じることが出来ない為
張芝工	C7	4.0	4.0	1.7	法面(1：3.0)上で足を踏ん張りながら中腰姿勢作業なので有効。実際に導入するとレンタル料金が発生するの、今のところ導入は考えていない。 発生するレンタル料に見合う効果 を感じれば考える。
ブロック敷設(縁石)	D8	3.7	4.9	1.9	重量のある二次製品の据付けは、作業員の腰に非常に負担がかかるので、腰への負担のみを考えた場合は有効であったと思う。 金銭的なもの次第 。
コンクリートブロック(天端)	F9	2.0	5.0	1.0	積ブロックが大型ブロックであったため、 重機を使用しての作業が中心 であるため、有効ではなかった。当初設計の間知ブロック積であれば有効だったと思う。
（天端と壁面）	F10	2.0	5.0	1.0	ベルト関係を締め付けられたため、痛さが残る。またゆるめると機能しないため。
法面石材（壁面）	G12	2.4	4.4	1.6	同じ石積工でも、石の間配り、石積、コン打設段取り～打設、清掃、型枠、埋戻し等々の作業がありすべての作業にあったPASは難しいと思うが、良いものが出来て普及には期待
（床面）	G13	3.5	5.0	2.0	作業中にもスーツがずれることなく、作業員の様々な動きに対応するようになれば、体の負担を大きく減らすことが出来ると感じたから。
コンクリ打設	H15	3.3	2.7	1.7	建設現場の場合、動きの速さを重視するのでストレスを感じてしまうと使用するメリットを感じることが出来ないが、その点に対応出来ている。ハーネスとの一体化が図ればベター。
地質調査（ロッド交換）	I16	1.0	5.0	2.0	-----
（機器調整）	I17	2.7	4.5	1.5	どの現場作業でも厳しいと思う。 特に狭いところに入るため、腕の部分が当たると思います。
（ロッド交換/機器調整）	I18	2.7	3.7	1.7	補助してくれる作業が限定される。価格が高額であるため、全作業員に適用できない。
排水ポンプ/土のう作成	K20	—	—	—	※災害対応訓練のため監理者による評価の対象外
評価基準		5. 非常に有効 4. やや有効 3. どちらとも言えない 2. あまり有効ではない 1. まったく有効でない	5. 非常に必要 4. やや必要 3. どちらとも言えない 2. あまり必要ではない 1. まったく必要ではない	3. 導入したい 2. 改良があれば導入したい 1. 導入したいとは思わない	注1) 検証現場により複数者またはPAS別に回答があった場合は平均値を表示 注2) 一部現場からは、当該項目に回答が得られていないものがある