

令和6年7月1日  
第9回建設施工における現場作業支援のDXIに関するWG  
資料-2

## (2) 令和6年度 調査検討方針

令和6年7月1日  
第9回建設施工における現場作業支援のDXIに関するWG  
資料-2-①

# ①パワーアシストスーツ(PAS)

## 疲労軽減効果の計測方法について

- R3実証実験では心拍数の変化から疲労度について評価を実施した。
- 疲労軽減効果を公表しているPAS開発メーカー9社の計測法を調査した。(主要メーカー23社)
- 農業分野の活用調査において、国立研究法人農業・食品産業技術総合研究機構(以下、農研機構)がPASの評価に関する研究を行っていることが分かったので、併せて調査を行った。

### 疲労軽減効果の計測方法の比較

計測法	計測事項	特徴・注意点	長所	短所
①筋電位	筋負担	作業動作で筋肉が収縮する時に筋肉で発生する電氣的活動を計測測定を目的とする筋肉を正確に捉えるには計測者の習熟が必要	ある程度の習熟が必要であるが計測は比較的簡単 筋肉の活動状態を直接計測するので、負担軽減が比較的正確に把握できる	アシストスーツの補助力(アシスト力)をうまく使える・使えない、力のある・ない、作業動作(使う筋肉)の違い等といった個人差により負担軽減効果が異なる。 現場作業での計測は可能ではあるが、電極位置のズレや発汗等による影響を受けやすい。
②呼気分析	疲労度	呼気ガス分析装置による計測	体全体のエネルギー消費量を算出できる	装置が大きく現場で使うのは難しい。屋外では風が吹くと測定値が変化する。 室内試験での実績はあるが、現場作業の計測は難しい。
③心拍数	疲労度	安静時と作業時の差で身体負荷を評価	計測が比較的簡単	体調や疲労状態、感情や周辺環境の影響を受けるため、正確な検証が難しい。
④シミュレーションやロボットによる測定	トルク 椎間板圧縮力	アシスト力(トルク等)を計測する。 アシスト力による身体負担の軽減効果(関節トルクや椎間板圧縮力)をシミュレーションする ヒューマノイドロボットを用いて身体負担の軽減効果(関節トルクや椎間板圧縮力)を計測する。	被験者による測定を行わないことで、個体差や体調等による差がなく、再現性が高い 各種製品を横並びで比較評価できる可能性がある	測定に特殊な装置が必要である。 各種製品を横並びで計測したとき、製造者が意図する使用条件(得意、不得意な動作等)が各製品で異なる場合に、製品により評価の有利、不利が生じる可能性がある。
⑤VAS法	疲労感 疲労蓄積	疲労度合いの主観的な感覚を数値化する	特別な計測装置を必要とせず疲労感等を数値化評価できる	評価は個人の主観に基づき、ばらつきが有るため母数確保が必要。

### 【疲労軽減効果の計測方法の考察】

- 筋電位、呼気分析、心拍数は採用例が多く傾向の把握は可能だが、気候や体調による個人差や汗などによる誤差が懸念されることから、長期間屋外で実施する計測には不向きであると判断
- 新たな方法として、シミュレーションやヒューマノイドロボットによる疲労軽減効果計測方法が挙げられているが、採用例が少なく建設現場での評価への転用について不確定
- 長期で屋外の試験を行う場合には、アンケートやヒアリング調査を継続して実施することで評価したい。
  - 長期間のPAS使用に関して継続調査を行い傾向を把握する

- 過年度調査結果より、中腰姿勢、単純・反復的な人力作業が比較的多い維持系の作業で効果が期待
- 維持管理工事は多種多様な作業が1年を通じて継続的に行われるので、これらの中から効果の高い作業を広い視点で選別

### ■河川維持

- ・ 人力除草
- ・ 伐木・伐竹:人力集積、人力積込み運搬
- ・ 堆積塵芥:人力処理
- ・ その他人力作業(堤防内に不法投棄された廃タイヤ、家電などのゴミ処理など)

### ■道路維持

- ・ 人力除草
- ・ 路面清掃(歩道掃き出し)
- ・ 側溝清掃、集水柵清掃(人力清掃)
- ・ 舗装補修(欠損部補修)
- ・ 路肩整正
- ・ 除雪作業(人力)
- ・ その他人力作業(機械作業の準備や付随する作業など)

## (2)令和6年度調査検討方針 ①パワーアシストスーツ(PAS)

### 【現場試験計画(案)】

- ・一年を通じて多種多様な人力作業がある維持管理工事を対象とする。
- ・救命胴衣や安全ベスト、冬季に防寒着(上下)の着用、車両による現場移動が頻繁にあることから、これらへの影響が少ない(脱着の必要がない)パッシブ型の中から調整機能などがある3種程度を選定する。
- ・河川系、道路系の直轄維持管理工事の受注社の中から選定する。
  - ※20~30着程度を想定
  - ※道路維持は雪寒地整含む:北海道、東北、北陸
  - ※河川維持は残り6地整から希望業者を選定
- ・期間:R6年9月~R7年12月頃
- ・長期間試験となることから、アンケートやヒアリング調査による定性的評価

### 【アンケート調査項目】定期的に実施

- ①生産性に関する効果
  - ・効果が見込まれる作業の抽出
    - 作業内容ごと:作業負荷、作業時間の増減
- ②疲労・腰痛軽減に関する効果
  - ・腰痛軽減への寄与、腰痛発生状況の変化
    - 腰痛発生頻度、通院状況、休業状況の変化
- ③作業性や装着性
  - ・使用感や作業のしやすさ、支障の調査
    - 暑さ、動きやすさ、腰袋や安全带等との干渉
    - 着脱の容易性、正しい着用の容易性
    - 車両の乗り降り
- ④その他
  - ・継続使用意欲の有無等
  - ・改善点

- 維持管理工事は1年を通じて色々な作業を実施することから、長期で試験を実施する。
- 維持系の作業に適したパッシブ型を使用する。
- 長期的にPASを使用してもらい定期的に、使用感、作業寄与等についてアンケート調査を実施
- アンケート結果から、効果的のある作業や課題等を抽出

## アクティブ型を活用している協同組合徳島県解体業協会への調査について

### 【アンケート・ヒアリング】

- ・加盟会社へのアンケートを協会に仲介依頼中  
アンケート対象会社: PASの借出し実績のある会社  
アンケート対象者: 所属技能者
  
- ・アンケート内容:  
作業者目線での意見聴取  
※長期試験(パッシブ型使用)と同様の内容
  - ①生産性に関する効果
  - ②疲労・腰痛軽減に関する効果
  - ③作業性や装着性
  - ④その他
    - ・パッシブ型等他製品の使用経験の有無
    - ・適切な費用
    - ・改善点
  
- ・ヒアリング  
利用実績の多い会社の技能者に詳細ヒアリング

○ 実際に使用している技能者にアンケートと対面ヒアリングを実施予定

○ アクティブ型PASが活用可能な作業の抽出

# (2)令和6年度調査検討方針 ①パワーアシストスーツ(PAS)

令和6年度

令和7年度

- ・活用事例調査
- ・新規開発技術、改良状況調査

効果測定方法調査

パッシブ型  
直轄工事での長期試験、アンケート調査

目標

- ・利用促進及び改良へ向けた課題整理
- ・現場試験結果の整理

アクティブ型  
活用調査、現場試験方法の検討

アクティブ型  
現場試験検討

## 調査内容

- ・製造者による効果測定方法の調査
- ・PAS活用事業者への効果が高い作業、活用のコツを調査
- ・新製品の確認、製品改良状況調査
- ・建設業におけるシェアの調査を継続

## 直轄工事での現場試験

- パッシブ型
  - ・試験対象・方法の検討
  - ・河川・道路維持管理工事の受注者へ貸与、長期的に追跡調査
  - ・使用者へのアンケート結果による定性的評価
- アクティブ型
  - ・活用会社の調査から現場試験を検討

## 調査・現場試験の整理

- ・活用する上での課題
- ・PAS着用の留意点
- ・効果が見込める作業の選別
- ・活用事例とりまとめ

令和6年7月1日  
第9回建設施工における現場作業支援のDXIに関するWG  
資料-2-②

## ②XR技術（視覚拡張技術）

○国土交通省では2016年から推進されてきた「i-Construction」をさらに発展させ、施工、データ連携、施工管理のオートメーション化による少ない人数で、安全に快適な環境で働く生産性の高い建設現場を目指す「i-Construction 2.0」が、令和6年4月16日に策定されている。

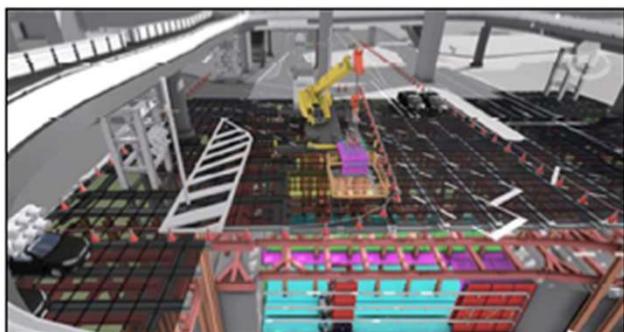
## 2. データ連携のオートメーション化 —デジタルツイン—



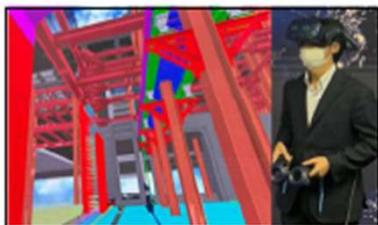
- 最適な施工計画の検討や手戻り防止のため、工程が複雑な工事などはBIM/CIMにより4Dモデルを構築し、事前のシミュレーションやAR・VRの活用により、関係者間で施工イメージを共有し、手戻りやミスの防止、現場作業の効率化を進める。
- デジタルツインを容易に整備できるよう国土交通データプラットフォームの連携データを拡充するとともに、データの提供機能を強化。

デジタルツインの技術を活用して、設計情報をAR・VRにより現場に投影し、施工のイメージを関係者全員に共有することが記載されている。

### BIM/CIMによる施工計画の確認・検討例



4D施工シミュレーションによる最適な施工計画の検討



VR(仮想現実)による不具合や安全性の確認



AR(拡張現実)による施工イメージの共有

### 国土交通データプラットフォーム

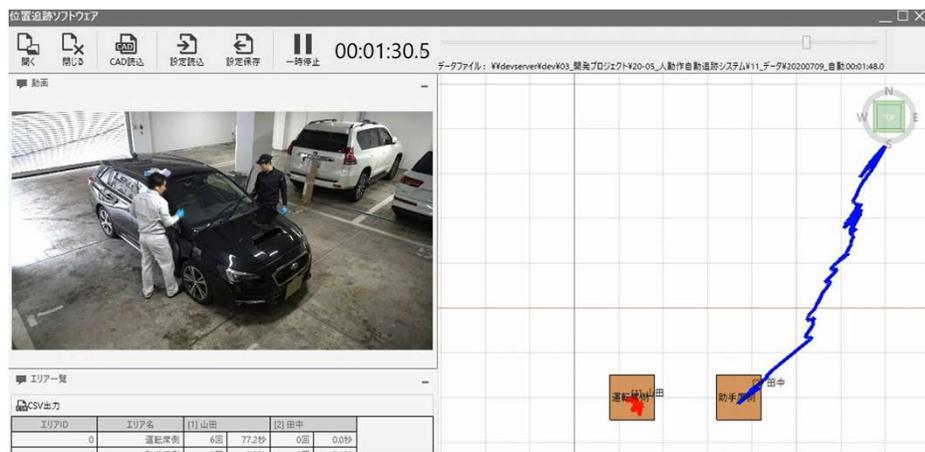
連携データの増加や、データ提供機能の強化により、デジタルツインの構築や各種シミュレーションに必要な情報の一元的な提供を目指す



## 建設現場におけるXR技術活用事例について

### 【現場内作業員の位置や動作把握の活用】

モーションキャプチャーによる人の作業のデータ化による技能伝承は、従来、熟練者と未習熟者の2者比較解析にて差異/作業の急所の洗い出しに活用されていた。身体姿勢の物理量に閾値を設定し、閾値を越えた作業姿勢を自動抽出。抽出した姿勢の作業ラベリング(分類)を行うことで、現場内での作業員の位置や作業内容の分析から作業指示が行える機能が付加されることが期待される。



作業員の位置や動作把握技術の例

(アキュイティ株式会社 <https://www.acuity-inc.co.jp/>)

### 【XRデバイスを活用したドローン作業支援】

ドローンによる空撮映像にダム堤体や岩級区分の3Dモデルを重畳し、自由な視点で現場全体を確認できる。現地での移動時間を大幅に短縮した。



### 【AR埋設物可視化システム】

地下埋設物の3Dモデルをタブレット端末に映し出される風景映像に投影して可視化する。埋設物情報が更新された場合には3Dモデルをデータベースに再登録することで簡単に更新できる。



Shimz AR Eye (清水建設株式会社・株式会社菱友システムズ)

## 令和6年度

- ・技術の開発状況調査
- ・現場ニーズの調査
- ・現場実証の可否検討

### 調査内容・検討整理事項

- ・開発状況を調査
- ・建設現場における活用事例の調査
- ・現場で作成されるXR技術と親和性の高いデータの把握
- ・大手ゼネコンの動向に加え、中小ゼネコンにおける事例を調査

## 令和7年度

### 目標

事例集の策定

### 事例集の内容案

- ・建設現場における活用事例のとりまとめ
- ・データの活用されている技術のとりまとめ

## 令和6年度の調査対象など

検討事項	調査対象	調査先	検討内容
アプリケーションの開発状況の調査	アプリ開発者 他分野	インターネット、各種メディア、 展示会	建設分野向け、あるいは建設分野で 応用が期待される技術を抽出する。 対象とする項目：高度な画像処理や データ活用、新しいユーザーインター フェース、3Dモデル作成方法等
デバイス(XRグラス、 HMD、現場への投影 システム等)の建設現 場への適用性の調査	デバイス開発 者 メーカー	インターネット、各種メディア、 展示会	建設現場の環境等の条件を整理し、 各種デバイスについて仕様、価格、性 能、建設分野での適用性、今後の発 展性等を取りまとめる。
技術の普及活用状況 の調査	大手ゼネコン、 中小ゼネコン、 専門工事業者 等	インターネット、各種メディア、 展示会 情報を収集し、参考事例とな る企業にヒアリング	活用事例や技術に対するニーズ、普 及方策や普及に対する障壁を取りまと めて普及促進策の参考とする。
現場実証の検討	上記調査結果を基に検討する		各種技術の中から国として普及促進に 取り組むべき技術を抽出し、 抽出した技術に対する現場実証の要 否や方法を検討する。

令和6年7月1日  
第9回建設施工における現場作業支援のDXIに関するWG  
資料-2-③

### ③ドローン技術

## (2)令和6年度調査検討方針 ③ドローン技術

- 従来、ドローンは映像撮影や測量が主流であったが、近年はドローンによる直接的な作業をする技術が登場している。
- 高所における構造物への補修材吹付け等の作業にドローンを活用することで、足場設置の削減のほか、作業員による高所作業が不要となり、安全性にも寄与。

### 【塗料等吹付けドローン】

ドローンにより、人の手が届かない構造物等の対象に必要な養生材や補修材を散布できる仕組みを構築。  
生産性、安全性等の向上効果が見込まれる。



噴射状況



ドローン外観 (西武建設株式会社)

遠隔型スプレー缶噴射装置を搭載することで、空中からスプレー缶の噴射が可能。足場レスの高所作業を実現。

防錆剤やコンクリートの表面含浸材による構造物の軽補修作業や、点検時のマーキング作業等幅広い目的での使用が可能。



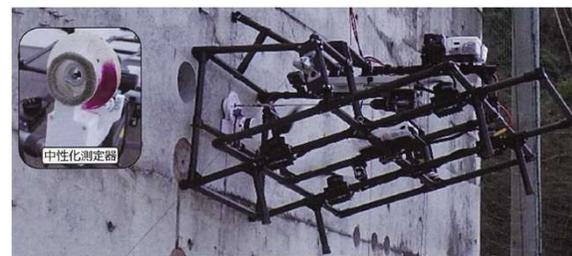
噴射状況



屋根補修時の様子 (東洋製罐株式会社)

### 【構造物微破壊検査ドローン】(開発中)

ドローンを建築物の外壁面などの検査に活用。切削機と「中性化測定器」を搭載し、計測対象箇所において切削機を外壁面に当て、コンクリートを削り取り粉塵を回収し、「中性化測定器」によって分析。コンクリートの劣化度が確認可能。



外壁面切削状況



中性化測定器

(国立研究開発法人 建築研究所、学校法人 東京理科大学、西武建設株式会社)

### 【重量物運搬ドローン】

75kg重量物運搬ドローンの機能評価及び実用を想定した飛行試験を実施。

人が入れない場所や、重たい荷物を持たないと行けない場面において、ドローンを活用することで安全かつ効率的な作業が行える。



運搬状況(古河産業株式会社)

# (2)令和6年度調査検討方針 ③ドローン技術

## 令和6年度

- 他分野活用状況調査
- 活用具体的事例の調査
- 現場での活用に向けた区分・条件等の整理

## 令和7年度

### 目標

- 活用促進、改良へ向けた課題整理
- 技術カタログ又は現場活用ガイドラインの検討策定

### 調査内容、検討整理事項

- ドローン関連技術の開発状況調査
- 農業、物流、警備等における活用事例について調査し、建設業への適用の可能性を検討
- 建設現場及びインフラ管理における平時、災害時の最新活用事例の調査整理

### 技術カタログの内容案

- 建設現場での活用事例
- ドローン選定の参考情報

## 令和6年度の調査対象など

検討事項	調査対象	調査先	検討内容
ドローン関連技術の開発状況調査	全般	各種展示会、インターネット、情報誌等	最新技術の調査
他分野における活用事例について調査し、建設業への適用の可能性を検討	農業 物流・配送 警備	各種展示会、インターネット、情報誌等	調査結果について以下の項目を整理 ・用途の明確化 ・技術と装備の選定 ・リスク評価と安全対策 ・費用対効果の分析 ・法令関係の対応状況 整理した結果を基に、建設業への適用性についてとりまとめる
建設現場及びインフラ管理におけるドローンの活用実績について、平時及び災害時毎に整理	施工業者	各種展示会、インターネット、情報誌等	建設施工におけるドローンの活用事例について調査
	行政	国土交通省直轄事務所	平時及び災害時におけるドローンの活用実績について、アンケート調査  平時：日常巡視、広報等を想定 災害時：風水害、地震等を想定