

6. 本研究の知見に基づいた作業者を安全行動に  
導く対策の提言

高橋明子，島田行恭，平内和樹，菅間敦，  
島崎敢，石垣陽，中嶋良介，三品誠，西野真菜

## 6. 本研究の知見に基づいた作業者を安全行動に導く対策の提言

研究代表者 高橋 明子 ((独) 労働者健康安全機構労働安全 衛生総合研究所)	研究分担者 島田 行恭 ((独) 労働者健康安全機構労働安全 衛生総合研究所)
研究分担者 平内 和樹 ((独) 労働者健康安全機構労働安全 衛生総合研究所)	研究分担者 菅間 敦 (成蹊大学理工学部)
研究分担者 島崎 敢 (近畿大学生物理工学部)	研究分担者 石垣 陽 (電気通信大学国際社会実装センター)
研究分担者 中嶋 良介 (慶應義塾大学理工学部)	研究協力者 三品 誠 ((有) サイビジョン)
研究協力者 西野 真菜 (電気通信大学大学院情報理工学 研究科)	

6章では、2章～5章の研究から得られた知見に基づき、作業者を安全行動へ導くための安全対策と今後の課題について述べる。図1は、本研究で実施した各研究について「行動前/行動後」と「心理学的アプローチ/工学的アプローチ」の2つの観点から整理したものである。

### 「a. 建設作業における安全行動の促進要因の分析と知見に基づいた安全教育ツールの試作(2章)」による安全対策の提言と今後の課題

本研究では、建設作業者を対象としたインタビュー調査により建設作業者のリスクテイキング行動の要因(ベテラン作業員4カテゴリ-9サブカテゴリ;初心者4カテゴリ-14サブカテゴリ)とリスク回避行動(安全行動)の要因(内的要因を中心とした3カテゴリ-14サブカテゴリ)を定性的に抽出した(令和3年度)。次に、リスク回避行動を安全行動へ置き換え、インタビュー調査の結果をもとに作成した建設作業者を対象とした質問紙調査を実施し、建設作業者の安全行動を促進する要因と安全行動の関係を定量的に明らか

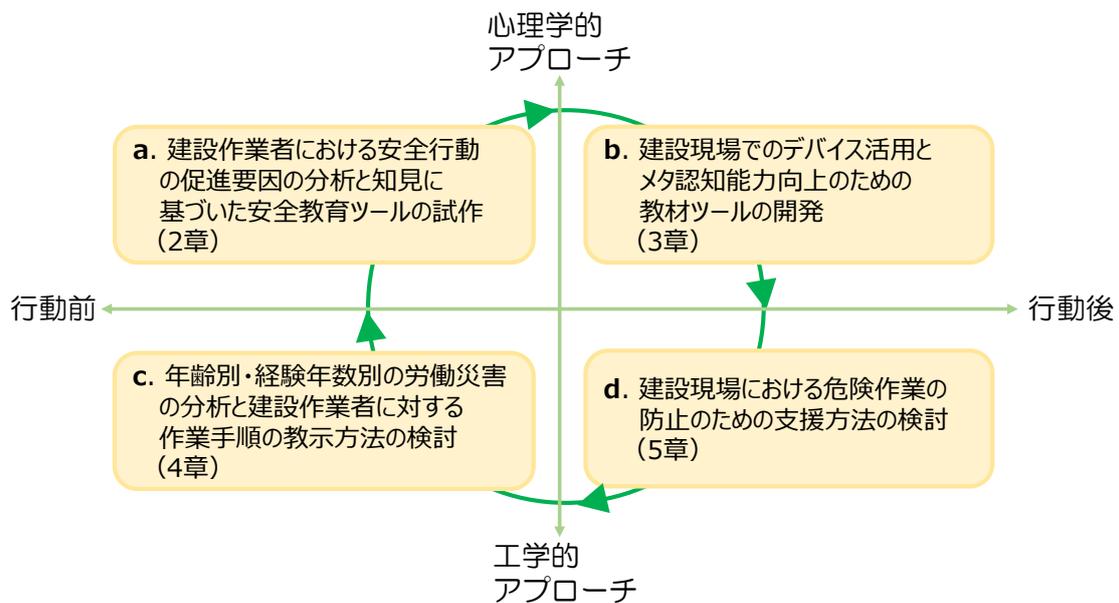


図1 各研究の位置づけ (再掲)

にした (令和4年度)。質問紙調査の特徴的な結果としては、「安全知識・作業のスキル・状況認識・判断」が直接的に「安全行動」へ影響するのではなく、「安全知識・作業のスキル・状況認識・判断」が「特定の自覚・認識」を介して「安全行動」を促進することや、「特定の自覚・認識」の中で、特に建設作業者が「ケガ・事故後の自己・他者への影響の認識」をすることが安全行動を促進する主要な変数であることがわかった。これらのことから、さらに建設作業者が労働災害に遭った時に自己や他者へどのような影響があるかについて具体的にイメージできるようにするカードゲーム形式の安全教育ツールの原案を作成した (令和5年度)。この原案についてハウスメーカーの安全担当者を対象としたヒアリング調査を行った結果をもとに、内容の修正をし安全教育ツールの試作版を作成した。

安全対策の提言として、本研究で作成した安全教育ツールについて、建設業での適用可能性や訓練効果が認められれば、建設業における安全行動を促進するための新たな安全活動の一つとして提案することができるだろう。また、質問紙調査の結果から、作業者の特定の認識・自覚、例えば、正しい作業と効率性・作業性・安全性・正確性とのポジティブな関連を認識することや指導的立場になることによって責任の自覚させることが安全行動につながることを定量的に明らかにすることができた。このような作業者の特定の認識・自覚は安全対策を考える際に重視すべきポイントを示しており、具体的な安全対策案を検討しやすいと考えられる。そのため、作業者の特定の認識・自覚に着目すれば効果的な安全対策を提案

できるだろう。

今後の課題として、本研究で作成した安全教育ツールについて、ヒアリング調査の結果、学習者の学習意欲を高める工夫の必要性が指摘されたため、ARCS モデルなどを用いて学習意欲を高めるデザインを取り入れる検討する必要がある。そのうえで安全教育ツールを建設作業員や建設会社の安全担当者に使ってもらい、建設業での適用可能性と訓練効果を検証していきたい。また、質問紙調査の結果で得られた安全行動を促進する作業員の特定の認識・自覚を向上させる安全対策についても検討していくとともに、本研究の成果を建設業へフィードバックし、エビデンスに基づいた効果的な安全対策の重要性を示していくことも必要であるだろう。

#### **「b. 建設現場でのデバイス活用とメタ認知能力向上のための教材ツールの開発（3章）」による安全対策の提言と今後の課題**

本研究において得られた知見として、現在利用可能なウェアラブル型の市販デバイスを建設作業員の安全支援デバイスとして活用することには一定の課題が確認された。具体的には、バッテリー持続時間の制約やデバイスの発熱など、現場環境下での利用を考えた場合の技術的な課題が存在することがわかった。加えて、作業員がデバイスの装着を面倒に感じ、実際に着用してもらえるかという運用面での懸念も生じた。

そこで、定置型のデバイスを使った危険挙動の自動検出手法について検討を行った。本手法については一定の実現可能性が認められ、適切に運用されれば効果的な安全支援が期待できる可能性が示唆された(詳細は4章を参照)。

また、定置型デバイスで撮影された動画を匿名化した上で、作業員に自己評価してもらう手法も試みた。しかしながら、動画の匿名化に多大な時間と手間がかかることから、現場で気軽に利用するには課題があることが判明した。さらに、単に自身の動画を視聴するだけでは、本来意図した安全面での行動変容が起きにくい可能性も確認された。

一方で、メタ認知(自己の行動を振り返る能力)を高めるための有効な手段として、必ずしも自分の作業動画は必須ではなく、「自分の過去の行動を想起する」ことでも一定の効果が期待できることが示された。具体的には、第三者の動画を評価することで安全面での着眼点や評価者視点を養成した上で、自身の過去の行動をメタ認知的に振り返る手法を試行したところ、自己評価の低下など、行動改善の兆しが確認できた。

以上の知見を踏まえ、スマートフォンなど現場の作業員が既に所持しているデバイスを

活用し、動画と紙媒体を組み合わせたハイブリッド型の教材の効果を検証したところ、メタ認知能力向上の効果が確認できた。

本研究の結果からの安全対策の提言として、現時点ではウェアラブル型デバイスを建設現場で安全支援に活用することは現実的ではないことが示された。バッテリー継続時間の制約、デバイスが作業の邪魔になること、運用の手間、信頼性や安定性の課題などを考えると、今後も引き続きウェアラブルデバイスの性能向上を中止しつつ実用化の可能性を探っていく必要がある。また、既存のウェアラブルデバイスを活用するだけでなく、建設業のニーズをデバイスメーカーなどに伝えた上で積極的に共同開発などを行っていくべきだと考えられる。

一方で、定置型のデバイスを用いた危険挙動の自動検出手法については、一定の実現可能性が確認された。しかしながら、単に監視や罰則を目的としていると受け取られれば、現場での導入は困難になるであろう。作業員にこうした新しい取り組みを受け入れてもらうためのインセンティブ設計が必要不可欠である。危険挙動検出 AI と、生成 AI などと組み合わせ音声での声掛けやフィードバック機能を搭載したシステムを開発することも有効であろう。作業員に対し、単なる監視にとどまらず、安全作業を行うメリットを実感できるような仕組みや、安全支援デバイスを活用すると仕事が楽しくなると感じてもらえるような仕組みを構築することが重要である。

本研究では、教育の重要性も改めて確認された。デバイスによるリアルタイムの支援を行わずとも、メタ認知能力(自身の行動を振り返る能力)を育成することで、安全意識の向上が期待できる。ただし、紙媒体だけの教育には限界があり、動画などの視覚資料を組み合わせた教材の工夫が求められる。

さらに、現場では記述的規範(周りの人がやっていることを正しいと考える傾向)の影響により、本来危険であると認識しつつも危険行為を余儀なくされる場合もあることが示唆された。このような事態を避けるためには、経営者・管理者側が安全な作業を理解し、安全な作業環境を整備することが何より重要である。

建設現場の安全対策は、単一の切り口からのアプローチでは不十分である。デバイスの活用、教育体制の強化、経営陣の安全意識の向上など、多角的なアプローチを組み合わせることが肝要であると考えられる。

今後の課題としては、次のことが挙げられる。

デバイスの信頼性・安定性の確保

研究レベルでは一定の技術実現は可能であるものの、建設現場で高い信頼性を求められるデバイスを開発するには多くの課題がある。しかしながら、デバイスの活用が安全対策に有効である可能性も示されたため、技術の更なる発展に伴い、段階的な現場導入を検討することも重要である。

#### インセンティブ設計

新しい安全対策を現場に浸透させるためには、作業員にインセンティブを与え、新たな取り組みのメリットを実感してもらう必要がある。どのようなインセンティブが効果的かを検討し、設計することが課題となる。

#### 安全教育の時間確保

メタ認知能力の育成など、安全教育を徹底するためには一定の時間の確保が必須である。作業現場の生産性を維持しつつ、いかに教育の時間を確保するかが課題である。また短時間で達成できる教育ツールの開発も求められる。

#### 経営陣・管理者の安全意識改革

記述的規範の影響を排除し、本当に安全な作業環境を実現するには、経営陣・管理者自身の安全に対する意識改革が不可欠である。トップダウンでの安全文化の定着を進めることが重要な課題といえ、そのための新しいツールの開発も求められる。

#### 多角的アプローチの協調

デバイス活用、教育の強化、経営陣の意識改革など、様々な安全対策を一体的に進めていくことが求められる。個別の施策間での調整を十分に行い、相乗効果が発揮できる体制を整備することが課題である。

### 「c. 年齢別・経験年数別の労働災害の分析と建設作業者の教育方法の検討（4章）」による安全対策の提言と今後

本研究では、まず労働災害発生率における経験年数の影響を明らかにするため、労働者死傷病報告による死傷者数データ、労働力調査統計による年齢別労働者数データ、賃金構造基本統計調査による年齢別・勤続年数別労働者数データを用いて、年齢別・経験年数別の千人率を推計して比較した。分析の結果、全産業および建設業の集計値について、千人率が最も高くなるのは、高年齢（50歳以上）かつ経験1年未満の労働者であることが示された。また全ての年代において、経験年数の浅い労働者の方が、経験の長い労働者よりも千人率が高くなることが示された。これらのことから、災害発生率の分析において経験年数を加味して

分析を進め、災害対策も経験年数に着目して立案・実施する重要性が示唆された。

そこで次に、実際の建設現場について IE (Industrial Engineering) 手法を用いて実態調査を実施するとともに、新人作業者の効果的な教育方法について実験的に検討した。その結果、非定型作業が含まれる建設現場のような作業においては、作業手順マニュアル等を用いて適切に「教える」ということが「教えない」や「考えさせる」と比較して作業性の観点で効果的であり、特に、脚立を用いる作業に対しては脚立上での作業域など想像しづらいことなどに対して重点的な教育が必要であることも示された。また、その作業手順マニュアルの可能性について検討するため、建設現場で一般的に使用されている紙による作業手順マニュアルの改善方法を考案するとともに、動画による作業手順マニュアルを試作し、その有効性を実験的に検証した。その結果、改善後の動画による作業手順マニュアルを用いることで作業遵守率が最も高くなり、作業のやりとばし、やり忘れといった重大なエラーの発生率も低くなることが確認された。

以上のことから、実際の建設現場においては年齢に関わらず経験年数の短い新人作業員に対して、作業手順マニュアルなどを用いて適切に教えることが重要であり、そのためのツールとして動画などの利用も効果的であると考えられる。なお、ここでいう「教える」とは、その教材である作業手順マニュアルを順序立てて構成し、材料や用具、工具などの名称といった専門用語を含めて新人作業員が理解できる平易な表現で記載されたもので、さらに必要に応じて図や絵、写真などを用いて作成されたものを用いてはじめて成立する教示方法であり、建設業全体として既存の作業手順マニュアルの問題点を分析し、改善し、管理し続けていく IE 的な体制づくり・文化づくりも重要な論点であると考えている。

今後の課題として、様々な建設現場に適用可能な効率的な作業手順マニュアルの作成方法について検討するとともに、動画の活用も含めた効果的な教育のあり方をさらに検討し、実際の建設現場からフィードバックを得ながら社会実装を推進していきたいと考えている。

#### **「d. 建設現場における危険作業の防止のための支援方法の検討 (5章)」による安全対策の提言と今後の課題**

本研究では、脚立作業に起因する墜落・転落などの労働災害の未然防止を目指し、脚立作業中の動画像から危険性の高い作業を検知・警告するシステムについて検討した。まず、脚立への立ち方と設置位置が脚立作業の安全性と効率性について調査した先行研究の実験データをもとに、脚立作業における危険な作業の特性について分析した。その結果、脚立作業

における作業点に対して作業者の重心が中心から左右、あるいは、前後方向にずれるにつれて主観的な作業のやりにくさが高くなり、かつ、作業に要する時間も長くなることが確認された。そこで次に、脚立作業時の作業者の重心に着目し、作業者の危険検知システムを設計・開発した。具体的には、カメラで撮影された動画像から脚立と作業者を検出し、作業者の3次元骨格データから脚立への立ち方と重心位置を推定する。そして、先行研究の実験データを用いて予め作成された外れ値検出プログラムを用いて、入力データが正常値（安全作業）か外れ値（危険作業）かを判定し、外れ値として検出された作業に対しては、音や光を用いて作業者に対してその危険性を警告するものである。

本システムを実際の建設現場に適用することで、建設作業者の脚立からの墜落・転落をリアルタイムに警告することが可能となると考えられる。また、本システムで得られる作業ログから脚立の使用回数・使用時間、危険作業の頻度などを定量的に解析して見える化することで建設作業者のみならず、現場管理者の現場改善活動にも寄与する可能性があり、このような解析技術を用いた安全管理マネジメントのあり方についても建設業全体として推進する必要があると考えている。

今後の課題として、開発した危険検知システムを実際の現場に適用し、その有用性を検証する予定である。また、本システムの発展的な活用方法として、単に建設作業者にその危険性をフィードバック（ネガティブ・フィードバック）するだけでなく、作業ルールに基づいて作業が遂行されているか否かを安全性の観点から評価し、ポジティブ・フィードバックすることも考え、作業者と本システムのインタラクションのあり方も含めて検討を進める予定である。

第1章で述べたように、これまで建設作業者のリスクテイキング行動による労働災害防止の研究は実施されているものの、さらに多角的な研究を行い、効果的な安全対策を検討していく必要があると考えられた。本研究では作業者の「行動前/行動後」と「心理学/工学」を掛け合わせた4つのアプローチにより、建設作業者のリスクテイキング行動による労働災害防止のための様々な知見を得て、安全対策の提言を行うことができた。また同時に、今後の課題についても明確にすることができた。これからも引き続き研究を進めていく必要があるが、本研究で得られた知見が建設業におけるリスクテイキング行動による労働災害防止の一助となれば幸いである。加えて、リスクテイキング行動による労働災害防止は他業種にも通じる重要な課題である。本研究の成果が、近年特に労働者の作業行動に起因する労

働災害が多発している第三次産業の労働災害防止にも資するものとなることを期待する.