

I . 厚生労働科学研究費補助金 総括研究報告書

厚生労働省科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）

総括研究報告書

作業経験の異なる建設作業者のリスク回避の認知過程に関する特性分析と
リスク回避行動促進のための支援デバイスの検討

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	慶応義塾大学理工学部
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

研究要旨

本研究は、建設作業者のリスクテイキング行動による労働災害を防止するため、労働者がなぜリスク回避行動（またはリスクテイキング行動）をとるのかという「行動前」に着目したアプローチと、労働者のリスクテイキング行動（またはリスク回避行動）を検出し評価するという「行動後」に着目したアプローチによる研究を実施している。

「行動前」に着目したアプローチとして分担研究1『建設作業者の安全行動を促進する安全教育ツールの試作』を行った。分担研究1では建設作業者を対象としたインタビュー調査（令和3年度）と質問紙調査（令和4年度）により建設作業者が「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ことが明らかになったことから、この結果をもとに、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安全教育ツールの原案を作成した。さらに、安全教育ツールの建設業での適用可能性を高める方法やツールの内容の適切さを検討するため、ハウスメーカーA社の安全担当者にヒアリング調査を行った。その結果、カードや実施手順のワークブックの項目、デザインに関する修正の指摘があったため、それらをもとにカードを修正し、試作版を完成させた。また、ツールの建設業での適用可能性を高めるために、ツールによる訓練効果や実施の満足感の必要性、実施方法の工夫点について意見を得ることができた。建設作業者の安全教育ツールによる訓練効果を検証すること、ツール使用のモチベーションを高める仕掛けを検討することが今後の課題である。

次に、「行動後」に着目したアプローチとして分担研究2『動画像解析を用いた脚立作業の危険検知システムの開発』と分担研究3『メタ認知能力向上のための教材ツールの開発と評価』を行った。分担研究2では、脚立作業に起因する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。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をもとに、脚立作業における危険な作業の特性について検討した。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ずれることにより作業のやりにくくなり、作業に要する時間も長くなった。そこで、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。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、先行研究をもとに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）かを判定するものであった。実験室内の検証実験では、作業者の危険を正し

く検知することが可能であることが確認された。今後は本研究で開発した危険検知システムの実際の現場で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、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。

分担研究 3 では、建設現場における脚立作業の安全性向上を目的として、作業者のメタ認知能力を高める教育手法の検証と、実践的な安全教材の開発を行った。まず他者の作業動画を評価し、自身の作業を振り返ることによるメタ認知能力の向上が脚立作業の安全性に及ぼす影響を実験で検証した。その結果、自身の作業を振り返った群は、準備段階や脚立上での作業において安全性の向上傾向が見られたが、統計的有意差は認められなかった。次に、動画を活用した安全教材「脚立の安全な使い方ワークブック」を開発した。この教材は、他者評価と自己振り返りのプロセスを含み、メタ認知能力と安全意識の向上を目指すものであった。開発した教材の効果を検証するための調査を実施した結果、参加者の脚立使用ルールに対する知識と、他者作業の評価を通じて、自身の安全性に対する自己評価が有意に低下することが明らかになり、メタ認知能力の向上が示唆された。本研究を通じて、メタ認知能力を育成するプロセスの重要性と、他者評価と自己振り返りを組み込んだ実践的な安全教育の有効性が示された。今後は自己評価の精度向上など、さらなる検討課題も残されている。

A. 研究目的

建設業は他業種に比べ死亡リスクの高い業種である。厚生労働省が推進する第14次労働災害防止計画（2023～2027年度）の中でも、建設業は業種別の労働災害防止対策の推進の対象業種として挙げられ、2027年までのアウトカム指標として死亡者数を2022年度と比較して15%減少させることが目標とされている[1]。このような状況から、建設業ではすでに様々な工学的対策（例えば、設備・保護具の使用の義務化）や管理的対策（例えば、法令で決められた安全教育、自主的な安全活動）が実施されている。その一方で、建設現場では作業者の不適切な行動により多くの労働災害が発生していることが指摘されており[2]、従来の対策だけでは“設備・保護具を適切に使用しない”、“危ないとわかっているが安全な行動をする”などの労働者のリスクテイキング行動による労働災害を防止するのは難しい。

建設業における労働者のリスクテイキング行動や安全行動に関して、先行研究を概観すると、国外ではリスクテイキング行動や安全行動を促進する組織的要因や個人的要因等が調査により明らかにされている[3]～[6]。しかし、社会経済的特性や文化が異なるためそれらの知見を我が国へそのまま適用できるかどうかは不明である。また、行動科学に基づく安全行動の介入アプローチとして、作業者の行動自体に着目し、作業者とともに安全行動の目標設定をしたうえで、管理者等の観察者が作業者の安全行動に関する観察結果を作業員へフィードバックすることにより、作業員の安全行動を促進させる取り組みが実施されている[7][8]。これらにより安全行動が向上することが明らかにされているが、現場に適用するには実施コスト等の面で課題が残る。これらのことから、建設作業員のリスクテイキング行動による労働災害防止のため、さらに多角的な対策を検討する必要がある。

労働者のリスクテイキング行動を抑制しリスク回避行動（安全行動）を促進するには、労働者の行動前に着目し、①労働者がなぜリスク回避行動（またはリスクテイキング行動）をとるのかという認知的要因を明らかにするアプローチと、行動後に着目し②労働者のリスクテイキング行動（またはリスク回避行動）を検出し評価するアプローチの両面からの研究を実施し、それらの知見を基に安全教育や安全対策へどのように展開するかについて検討することが重要である。令和5年度は、令和3年度と令和4年度の研究成果をもとに分担研究1～3を実施した。①については分担研究1『建設作業員の安全行動を促進する安全教育ツールの試作』として、令和3年度と令和4年度の結果から建設作業員の安全行動の促進要因を明らかにし、それに基づき建設作業員の安全行動を促進するための安全教育

ツールを試作した。また、②については、分担研究 2『動画画像解析を用いた脚立作業の危険検知システムの開発』として、作業者の危険作業の特性の分析結果をもとに、脚立からの墜落・転落の可能性のある作業を検知する危険検知システムを設計開発し、実験室実験により有用性を検証した。さらに、分担研究 3『メタ認知能力向上のための教材ツールの開発と評価』として、他者の作業映像の安全性を評価し、自分の作業を振り返ることで作業の安全性向上について実験的に検討した。また、この結果に基づき、メタ認知能力向上に資する教材を作成した。

A-1. 分担研究 1：『建設作業者の安全行動を促進する安全教育ツールの試作』

建設作業者を対象としたインタビュー調査（令和 3 年度）と質問紙調査（令和 4 年度）の結果から得られた建設作業者の安全行動を促進する要因をもとに、建設作業者の安全行動を促進する安全教育ツールを試作することを目的とする。

A-2. 分担研究 2：『動画画像解析を用いた脚立作業の危険検知システムの開発』

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、脚立作業における危険な作業の特性を分析する。そして、危険な作業の特性を理解した上で、脚立から墜落・転落の可能性のある作業に対して警告を発する危険検知システムを開発し、その可能性を検討することを目的とする。

A-3. 分担研究 3：『メタ認知能力向上のための教材ツールの開発と評価』

令和 3 年度の結果を踏まえ、映像の匿名化を行わずに、他者の作業映像を評価し、評価者視点を身に着けた上で、自分の作業を振り返ることにより、作業の安全性が向上するかを検討する。この結果に基づき、現場で活用しやすいメタ認知能力向上に資する教材を開発し、効果検証を行う。

B. 研究方法

分担研究 1～3 の研究方法は以下の通りであった。

B-1. 分担研究 1：『建設作業者の安全行動を促進する安全教育ツールの試作』

建設作業者を対象としたインタビュー調査（令和 3 年度）と質問紙調査（令和 4 年度）

の研究の結果、建設作業者は労働災害に遭った後に自己や他者へ及ぼす影響を具体的に認識していることが安全行動につながるということが明らかになった。このことから、建設作業者が労働災害に遭った後の自己や他者への影響をイメージするための安全教育ツールとして、カードゲームの原案を試作した。さらに、ハウスメーカーA社の安全担当者2名を対象に、安全教育ツールの内容の適切さと建設業でのツールの適用可能性に関してヒアリング調査を行った。具体的には、「安全教育ツールの内容」、建設業での「安全教育ツールによる安全教育を実施する状況・タイミング」、「安全教育ツールを使っていたために必要なこと」、「安全教育ツールを使い続けていくために必要なこと」について意見を伺い、その結果をもとに安全教育ツールの試作版を作成した。加えて、令和4年度に実施した質問紙調査の結果を一般の方々にも理解しやすいように、インフォグラフィックスを作成した。

B-2. 分担研究2：『動画像解析を用いた脚立作業の危険検知システムの開発』

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検討した。そして、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。

B-3. 分担研究3：『メタ認知能力向上のための教材ツールの開発と評価』

本研究では、建設現場での脚立作業の安全性を向上させることを目指し、作業者のメタ認知能力を高める教育手法と安全教材を開発し、その効果を評価した。具体的には、大学生20名を対象に、他者の動画を評価し自己の作業を振り返る行為が安全性に与える影響を検証する実験を行った。参加者をメタ認知群と非メタ認知群の2つのグループに分け、メタ認知群は初回の脚立作業後に自身の動画を振り返り、その経験を踏まえて二回目の作業を行い、非メタ認知群は振り返りをせずに二回目の作業を直接実施した。作業の安全性は、専門家が脚立選び、設置、昇り降り、作業の各段階で評価した。

上記研究結果を踏まえ開発した「脚立の安全な使い方ワークブック」の効果を評価するために実施された調査研究では、建設業に従事する脚立使用者200名をオンライン調査の対象とした。調査は、参加者が最初に自身の脚立作業の安全性を評価することから始めた。その後、特定の脚立使用ルールに関する教育動画を視聴し、各ルールの認知度と遵守状況を評価した。次に、ルール違反が含まれる作業映像を見て、映像中の人物のルール遵守状況を評価した。最終的には、自身の脚立作業の安全性を再評価し、調査開始前後の自己評

価の変化を分析した。このプロセスを通じて、教材が脚立使用時の安全性に対する自己認識にどのような影響を与えたかを検証した。

C. 研究結果・考察

分担研究 1～3 の研究結果・考察は以下の通りであった。

C-1. 分担研究 1：『建設作業者の安全行動を促進する安全教育ツールの試作』

建設作業者の労働災害後の自己や他者への影響をイメージするカードゲームの原案として、7つの手順を検討した。7つの手順は、①起きそうな労働災害を全員でイメージする、②被災者を決める、③被災者のケガの重篤度を決める、④各自の労働災害直後の対処行動をイメージする、⑤労働災害の自分や他人への影響をイメージする、⑥自分や他人との良好な状態をイメージする、⑦安全行動をイメージする、であった。

ハウスメーカーA社の安全担当者2名を対象としたヒアリング調査の結果、安全教育ツールの内容について、「③被災者のケガの重篤度を決める」のケガの種類と休業期間の修正、「④各自の労働災害直後の対処行動をイメージする」の表現の修正、「⑤労働災害の自分や他人への影響をイメージする」の項目の追加、「⑥自分や他人との良好な状態をイメージする」の具体例の追加、「⑦安全行動をイメージする」の記入欄の修正に関する指摘があった。これらの指摘をもとに、内容を修正し試作版を完成させた。ツールの建設業での適用可能性の向上について、訓練効果や「やって良かった」という実施の満足感が必要なこと、「事例のパターン（事故の型）を増やす」、「5年に一度実施する」という実施方法の工夫について意見を得ることができた。

今後は安全教育ツールによる訓練の効果を検証すること、安全教育ツールの使用に関してモチベーションを高めるような仕掛けを検討することが課題である。

C-2. 分担研究 2：『動画像解析を用いた脚立作業の危険検知システムの開発』

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検討した結果、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(片側 or またぎ)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。実験室内の検証実験においては、作業者の危険を正しく検知することが可能であることが確認された。今後は本研究で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。また、本システムの発展的な活用方法として、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。

C-3. 分担研究3:『メタ認知能力向上のための教材ツールの開発と評価』

他者の作業動画を評価し、自身の作業を振り返るプロセスを経た結果、メタ認知能力が向上する可能性が示唆された。特に準備段階や脚立上での作業において、メタ認知群が安全性の向上傾向を示した。自己評価の正確性にも課題が残り、統計的に有意差は認められなかった点は、サンプルサイズの制約や、実験環境が実際の現場と異なることが影響している可能性がある。

「脚立の安全な使い方ワークブック」の教育効果の測定では、参加者は脚立使用ルールの認知率が向上し、他者の作業評価を通じて自身の安全性に対する自己評価が有意に低下した。これは参加者が自身の欠点を認識し、行動をより厳しく振り返るようになったことを示しており、メタ認知能力の向上が示唆された。

本研究における二つの実験から得られた知見は、建設現場での脚立作業の安全性向上に向けた教育手法の有効性を示唆している。第一の実験では、他者の作業動画を評価し自己の作業を振り返ることがメタ認知能力及び作業の安全性を向上させる可能性が見られたが、統計的に有意な差は確認できなかった。これはサンプルサイズの制約や実験環境の限界によるものである可能性がある。第二の実験では、ワークブックを通じた学習が参加者の脚立使用に対する認識と行動にポジティブな影響を与えたことが明らかになった。

これらの結果は、教材を用いた教育が脚立作業の安全性を高めるために有効であり、特に自己振り返りと他者評価を組み合わせることの重要性を示している。しかし、自己評価の正確性向上や長期的な行動変容を図るためには、さらなる研究と改善が必要である。今

後は、これらの教育手法をさらに発展させ、より広範囲な実践的応用を目指すべきである。

D. 結論

令和5年度は分担研究1～3を実施した。

まず「行動前」に着目したアプローチについては分担研究1『建設作業者の安全行動を促進する安全教育ツールの試作』を行った。建設作業者を対象としたインタビュー調査（令和3年度）と質問紙調査（令和4年度）の成果をもとに、建設作業者の安全行動を促進する安全教育ツールとして、建設作業者が労働災害に遭った後の自己や他者への影響をイメージするための安全教育ツールの原案を作成した。さらに、ハウスメーカーA社の安全担当者へのヒアリング調査をもとに安全教育ツールの試作版を作成した。

また、「行動後」に着目したアプローチについては分担研究2『動画像解析を用いた脚立作業の危険検知システムの開発』と分担研究3『メタ認知能力向上のための教材ツールの開発と評価』を行った。分担研究2では、まず脚立の立ち方と設置位置が脚立作業の安全性と効率性に及ぼす影響に関する先行研究をもとに、脚立作業の危険作業について検討し、作業者の重心が中心からずれることにより作業がやりにくく、所要時間が長くなることがわかった。次に、この結果をもとに危険検知システムを開発・設計した。撮影された動画像から作業者と脚立を検出し、脚立の立ち方と重心位置を推定して、外れ値検出プログラムにより、この入力データが安全作業か危険作業かを判定するというものであった。実験室実験では、開発したシステムにより作業者の危険を正しく検知することが可能であることが確認された。

分担研究3では、作業者のメタ認知能力を高める教育手法と安全教材を開発し、その効果を評価した。大学生を対象に、他者の動画を評価し自己の作業を振り返る行為が安全性に与える影響を検証する実験を行い、メタ認知能力及び作業の安全性を向上させる可能性が見られたが、統計的に有意ではなかった。これらの結果を踏まえ、「脚立の安全な使い方ワークブック」を開発し、建設業に従事する脚立使用者を対象としたオンライン調査により効果を検証した。調査は自身の脚立作業の安全性を評価した後、他者のルール違反が含まれる作業映像を見て映像中の人物のルール遵守状況を評価した。その後、自身の脚立作業の安全性を再評価し、調査前後の自己評価の変化を分析した。その結果、参加者は脚立使用ルールの認知率が向上し、他者の作業評価により自己評価が低下することが明らかとなり、メタ認知能力の向上が示唆された。

以上のように、令和 5 年度は、建設作業者の「行動前」と「行動後」のアプローチそれぞれについて、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研究成果を得ることができた。

文献

- [1] 厚生労働省（2023）第 14 次労働災害防止計画，厚生労働省，
<https://www.mhlw.go.jp/content/11200000/001116307.pdf>
- [2] Suraji, A., Duff, A. R., & Peckitt, S. J. (2001) Development of causal model of construction accident causation, *Journal of Construction Engineering and Management*, 127(4), 337-344.
- [3] Man, S. S., Chan, A. H. S, Alabdulkarim, S., & Zhang, T. (2021) The effect of personal and organizational factors on the risk-taking behavior of Hong Kong construction workers, *Safety Science*, 136, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.105155>.
- [4] Low, B. K. L., Man, S. S., Chan, A. H. S., & Alabdulkarim, S. (2019) Construction worker risk-taking behavior model with individual and organizational factors, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, 1335, <https://doi.org/10.3390/ijerph16081335>.
- [5] Guo, B. H. W., Yiu, T. W., & Gonzalez, V. A. (2016) Pre-dicting safety behavior in the construction industry: Development and test of an integrative model, *Safety Science*, 84, 1-11.
- [6] Shin, D., Gwak, H., & Lee, D. (2015) Modeling the pre-dictors of safety behavior in construction workers, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 21(3), 298-311.
- [7] Lingard, H., & Rowlinson, S. (1997) Behavior-based safety management in Hong Kong's construction industry, *Journal of Safety Research*, 28(4), 243-256.
- [8] Choudhry, R. M. (2014) Behavior-based safety on construction sites: A case study, *Accident Analysis and Prevention*, 70, 14-23.

E. 健康危険情報

該当なし

F. 研究発表

1) 論文発表

なし

2) 学会発表

[1] Akiko Takahashi, Makoto Mishina: A Preliminary Survey of Factors Promoting Risk-Taking Behavior or Safety Behavior for Construction Workers in Japan, Joint Congress of ICOH-WOPS & APA-PFAW 2023, Abstract Book, P2-22, 2023.

[2] 高橋明子, 三品誠, 菅知絵美: 建設作業における安全行動の促進要因の分析, 日本応用心理学会第89回大会発表論文集, p.48, 2023.

[3] 西岡虎太郎, 島崎敢, 石垣陽, 菅間敦, 中嶋良介, 高橋明子: 脚立作業の匿名化映像を用いた安全教育手法の検討, 2023年度日本設備管理学会春季研究発表大会論文集, C-1.1, 2023.

[4] 西野真菜, 平内和樹, 菅間敦, 高橋明子: 建設現場における作業への作業の教示方法と作業方向の相違が作業性に及ぼす影響, 2023年度日本設備管理学会春季研究発表大会論文集, C-1.2, 2023.

[5] 西野真菜, 平内和樹, 菅間敦, 高橋明子, 島田行恭, 石垣陽, 島崎敢, 三品誠, 中嶋良介: IE視点を用いた建設現場における新人作業者の教育方法に関する一考察, 安全工学シンポジウム2023講演予稿集, p.246-247, 2023.

3) メディア報道

[1] 労働新聞社 安全スタッフ ニュース, 脚立の労災予防に学習ツール 動画と点検表で行動を客観視 電通大など研究グループ 2024.05.10,
<https://www.rodco.jp/news/176809/> (2024.05.15 参照)

H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

なし

1) 特許取得

なし

2) 実用新案登録

なし

3) その他

なし