

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 | 菅間 敦 | （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 | 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 | 電気通信大学大学院情報理工学研究科 |
| 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について、令和4年度では、前年度に実施した建設作業者を対象としたインタビュー調査の結果と先行研究を基に、リスク回避行動を安全行動へ置き換え、建設作業者の安全行動を促進する要因について質問紙調査により数量的に検討した。その結果、安全知識・作業のスキル・状況認識・判断と安全行動の間に特定の認識・自覚が存在することや、「ケガ・事故後の自己・他者への影響の認識」が安全行動を間接的に促進する主要な変数であることが明らかとなった。また、前年度に実施した作業手順マニュアルの検討を基に、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し、建設現場の作業特性について分析した。さらに、非定型作業が含まれる課題を対象に、どのような作業に対して重点的な教育が必要であるか、どのように作業者に教示すべきかを実験的に検討し、新人作業者に対しては作業手順マニュアル等を用いて適切に「教える」ということが効果的である可能性が示唆され、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が明らかとなった。

次に、「行動後」に着目したアプローチでは、労働者のリスクテイキング行動(またはリスク回避行動)をメタ認知の観点から評価するための実験系と評価体系を試作し、予備実験までを行った。本実験系では映像から被験者の姿を削除し背景と骨格モデルだけの映像(匿名化映像)に変換した。この骨格モデルと背景だけの匿名化映像を、脚立作業を行った被験者に(自身が映っていると知らせることなく)提示することで、自分自身に対する客観的な評価や、それに続くメタ認知能力の獲得、安全行動への変容のための介入を試みた。予備実験の結果、安全性に関するメタ認知の先行研究と同様に、主観的視点は客観的視点よりも評価が高いことが示唆された。

今後も引き続き建設作業者の「行動前」と「行動後」に着目した研究を進め、それらの研究成果をもとに、有効な安全教育や安全対策について提案をまとめる予定である。

A. 研究目的

建設業は死亡リスクの高い業種であり、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）が実施されているが、それらの対策だけでは“設備・保護具を適切に使用しない”、“危ないとわかっていて不安全な行動をする”などの労働者の意図的なリスクテイキング行動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及びリスク回避行動に関して、国外では先行研究により要因等が検討されているが、社会制度や文化が異なるためそれらの知見を我が国へ適用できるかどうかは不明である。一方、我が国での先行研究は見当たらず、知見は非常に少ない。

また、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。①については労働災害リスクの高い層のリスクテイクの要因とリスク回避の要因を検討するため、特に作業経験に着目して研究を進めることとした。また、②については、リスクテイキング行動またはリスク回避行動を検出するようなリスク回避行動の促進を支援するデバイスの検討を行うこととした。

令和3年度では、①のアプローチの研究として、リスク回避行動（またはリスクテイキング行動）を促進する認知的要因についてのインタビュー調査、労働災害分析による災害傾向の把握を行った。また、令和4年度に実施する実験の予備調査として、作業手順マニュアルに関する被験者実験、建設現場での作業実態に関する観察調査、ヒアリング調査を行った。これらの結果、インタビュー調査ではリスク回避行動とリスクテイキング行動を促進する認知的要因をそれぞれ検討することができ、建設作業者が作業経験の浅い時期（作業経験2, 3年ごろ）のリスクテイキング行動の頻度を最も高いと評価していることがわかった。また、労働災害分析では年齢別・経験年数別の災害傾向を把握でき、特に経験の浅い労働者の災害リスクが高いことが明らかとなった。作業手順マニュアルに関する被験者実験、観察調査とヒアリング調査では従来の作業手順書とOJT（On the Job Training）の限界と、新たな作業支援の必要性が明らかとなるとともに、建設作業へのIE分析の適用可能性を把握できた。

また、②のアプローチとして、労働者のリスクテイキング行動（またはリスク回避行動）を検出し評価する支援デバイスの試作をするため、市販デバイスを用いた建設現場でのデータ取得に関する予備調査と、スマート脚立の試作を行った。これらの結果、市販デバイスを用いた予備調査では、データ取得時の問題点と映像を基にした作業者の骨格モデル化の可能性を検討できた。また、スマート脚立の試作では脚立の各支柱にかかっている荷重のバランスの可視化を検討でき、作業者へのフィードバックの方法など検討事項を把握できた。令和3年度の成果を受け、令和4年度では分担研究1～3を計画して、以下の目的によって研究を実施した。

A-1. 分担研究1：『建設作業者の脚立作業の安全行動の促進要因に関する質問紙調査』

令和3年度に実施した建設作業者を対象としたインタビュー調査の結果と先行研究を基に、リスク回避行動を安全行動へ置き換え、建設作業者の安全行動を促進する要因について質問紙調査によって数量的に検討することを目的とする。

A-2. 分担研究2：『建設現場における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の検討』

令和3年度に実施した作業手順マニュアルの検討を基に、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し、作業特性を理解した上で建設現場において新人作業者をどのように教育すべきか実験的に検討することを目的とする。

A-3. 分担研究3：『脚立作業の骨格モデル化の評価及びメタ認知能力向上実験』

市販デバイスを用いて建設現場でのデータ収集と発話内容の検討を行い、建設現場の安全を支援するデバイスについて予備的な検討を行うことを目的とする。また、脚立作業を対象に支援デバイスを試作し、リスクテイキング行動を検出・評価できるかどうかについての検討も並行して実施する。

最終年度（R4年度）においては建設作業者の脚立作業の安全行動の改善に向けて、上述の支援デバイスを用いて、客観的に自身の安全行動を認知できる「メタ認知」の度合いを評価した上で、その安全行動を行動させる情報提示（介入）を試行するための被検者実験を行う。

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の促進要因に関する質問紙調査』

調査対象者は、一般社団法人住宅生産団体連合会工事 CS・安全委員会の協力を受け、ハウスメーカーに所属している、もしくは、請負関係のある建設作業者 510 名を対象とした。令和 3 年度に実施したインタビュー調査の結果と先行研究を基に、建設作業者の安全行動を促進する要因に関する質問紙調査票を作成した。

B-2. 分担研究 2：『建設現場における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の検討』

実態調査では、ハウスメーカー A 社の作業経験が長い熟練作業者 2 名の作業の様子についてビデオカメラ 8 台を用いて分析した。また、実態調査の結果を基に、建設現場のように非定型作業が含まれる課題を対象に、どのような作業に対して重点的な教育が必要であるか（どのような作業で令和 3 年度に検討した動画を活用した作業手順マニュアルを活用すべきか）、どのように作業者に教示すべきかを実験的に検討した。

B-3. 分担研究 3：『脚立作業の骨格モデル化の評価及びメタ認知能力向上実験』

匿名化映像を、脚立作業を行った被験者に（自身が映っていると知らせることなく）提示することで、自分自身に対する客観的な評価や、それに続くメタ認知能力の獲得、安全行動への変容のための介入を試みた。そのために、脚立を用いた高所作業の骨格モデル映像をニューラルネットワークによる骨格推定システム OpenPose を用いて作成し、この動作の危険度や不安定さなどを専門家の作成した評価尺度に基づいて点数化した。実験参加者は自分の作業であっても、自分であることがわからないので、はじめに脚立を使った高所作業をしてもらい、その映像を骨格モデル化した映像を含む映像を、危険度や不安定さなどの観点から評価した。続けて自分自身が映っていることを知らせた（すなわち匿名化を解除した）後で再度作業を行った。さらに自分の作業に対する専門家の評価やアドバイスを伝えもう一度作業を行った。

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:『建設作業者の脚立作業のリスクテイキング行動とリスク回避行動の促進要因に関するインタビュー調査』

回答に不備があったデータを削除した結果、有効回答数は 431 名であった。因子分析を行って因子数と決定した後、仮説に近い初期モデルについて共分散構造分析を行った。しかし、モデルの適合度が十分でなかったため、変数間の関係を修正し、再度共分散構造分析を行った。その結果、モデルの適合度がおおむね十分な値を示した。

各変数の関係性を見ると、「ケガ・事故後の自己・他者への影響の認識」を持つことが複数の認識・自覚を持つこと（「良い体勢・位置と効率性・作業性・安全性・正確性との関連の認識」を持つこと、「事前の片付けと効率性・作業性・安全性・正確性との関連の認識」を持つこと、「指導的立場への就任による責任の自覚」を持つこと）へ有意に影響した。また、「ケガ・事故後の自己・他者への影響の認識」を持つことが「作業のスキル・状況認識・判断」を持つことや「仕事と主体的に関わる態度」を持つことを媒介し、特定の認識・自覚である「事前の片付けと効率性・作業性・安全性・正確性との関連の認識」を持つこと、「指導的立場への就任による責任の自覚」を持つことなどへ有意に影響した。このように、作業者の「ケガ・事故後の自己・他者への影響の認識」が高まることで、特定の認識・自覚に直接的あるいは間接的につながっており、「ケガ・事故後の自己・他者への影響の認識」の高まりがこれらの特定の認識・自覚へ影響する主要な変数であると考えられた。

また、特定の認識・自覚である「事前の片付けと効率性・作業性・安全性・正確性との関連の認識」を持つことが「良い体勢・位置と効率性・作業性・安全性・正確性との関連の認識」を持つことを媒介し、安全行動である「安全遵守」をすることを有意に高めた。さらに、「指導的立場への就任による責任の自覚」を持つことによって、「安全遵守」をすることともう一つの安全行動である「安全参加」をすることの両方が有意に高まり、「加齢による体力の衰えの自覚」を持つことで、「安全参加」も有意に高まった。建設作業者の安全行動へ影響する要因を調べた先行研究では、「安全知識」や「知識・スキル」が直接的に安全行動へ影響するモデルが検討されているが、本研究では、安全知識・作業のスキル・状況認識・判断と安全行動の間に特定の認識・自覚が存在することが確認され、本研究によって建設作業者の安全行動の促進要因に関する新しい知見が得られたと言える。

今後は質問紙調査の結果を基に、建設作業者の安全行動を促進するための有効な安全教

育と安全対策について検討する。

C-2. 分担研究2：『建設現場における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の検討』

実態調査の結果、建設現場の作業特性として、大きな定型作業のサイクルの中に非定型作業が共通して発生していること、作業が進むことにより作業対象の位置や必要な用具(脚立など)といった作業環境が逐次変化していくので、作業者自身が段取りを考えながら作業を遂行する必要があること、同様の作業をする場合でも作業方向によって作業性が大きく異なることが示された。

また、非定型作業が含まれる課題を対象とした実験の結果、教示方法ごとの平均作業時間は作業手順を「教えない」と「考えさせる」の被験者群では平均作業時間が同程度となったのに対し、作業手順を「教える」の被験者群では短くなり、特に作業のための準備の時間が短くなることが確認された。また、同じ作業でも作業方向によって平均作業時間が大きく異なることが確認され、床面と机面では作業手順を「教える」と「考えさせる」の被験者群の平均作業時間が短くなる一方で、壁面や天井面では作業手順を「教える」の被験者群の平均作業時間が短くなることが確認された。すなわち、脚立を使用しない作業では作業手順を「教える」と「考えさせる」が有効である一方で、脚立を使用する作業では作業手順を「教える」が有効であることがわかった。これは、脚立上での作業域が初心者にとって想像しづらく、脚立の置き直しや作業のやり直しが発生していることが影響していると考えられる。

これらのことから、建設現場の新人作業者に対しては作業手順を「教える」という教示方法が効果的である可能性が示唆され、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が明らかになった。

今後は、得られた実験データを安全性の観点からさらに詳細に分析するとともに、脚立を用いた作業に対して、動画の活用も含めて効果的な教育方法を検討する予定である。

C-3. 分担研究3：『脚立作業の骨格モデル化の評価及びメタ認知能力向上実験』

予備実験の結果、安全性に関するメタ認知の先行研究と同様に、主観的視点は客観的視点よりも評価が高いことが示唆された。しかし先行研究とは異なり、自分自身が映っていることを知らせた(すなわち匿名化を解除した)後になると、不安全行動が増加することが観察された。この背景として、今回の被験者が主に職人気質のベテランであり、安全性よりも効

率性を重視する性格にあったことが影響していると考えられた。そこで今後は若手・初心者の作業員や、他の気質を持った被験者を対象として、より大きな規模で被験者実験を実施する予定である。また、効率性よりも安全性を重視してもらうために有効な教示方法についても検討を行う予定である。

また今後、刺激映像にはベテラン作業員による理想的な映像や、不安全行動を含む映像も準備する。さらに R3 年度に開発したスマート脚立による荷重分布データも併せて分析することにより、不安全行動の度合いを定量化してゲージ等により可視化し、被験者に提示することも検討する。なお、この実験を行う際に、ウェアラブルカメラも並行して用いることで、一人称視点での映像も得られるため、一人称視点映像の評価も条件に加えることも検討している。さらにこれらの評価結果が、一般人と建設作業員で異なるか、また職業経験の長短によって異なるかも検証可能である。

D. 結論

令和 4 年度は分担研究 1～3 を実施した。「行動前」に着目したアプローチについては、まず建設作業員の安全行動を促進する要因について質問紙調査を行った結果、安全知識・作業のスキル・状況認識・判断と安全行動の間に特定の認識・自覚が存在することや、「ケガ・事故後の自己・他者への影響の認識」が安全行動を間接的に促進する主要な変数であることが明らかとなった。また、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し、建設現場の作業特性についての分析を行った。さらに、非定型作業が含まれる課題を対象に、どのような作業に対して重点的な教育が必要であるか、どのように作業員に教示すべきかを実験的に検討した結果、新人作業員に対しては作業手順マニュアル等を用いて適切に「教える」ということが効果的である可能性が示唆され、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が明らかとなった。

「行動後」に着目したアプローチについては、労働者のリスクテイキング行動（またはリスク回避行動）をメタ認知の観点から評価するための実験系と評価体系を試作し、予備実験までを行った。映像から被験者の姿を削除し背景と骨格モデルだけに変換した映像（匿名化映像）を、脚立作業を行った被験者に（自身が映っていると知らせることなく）提示することで、自分自身に対する客観的な評価や、それに続くメタ認知能力の獲得、安全行動への変容のための介入を試みた。予備実験の結果、安全性に関するメタ認知の先行研究と同様に、

主観的視点は客観的視点よりも評価が高いことが示唆された。

今後も引き続き建設作業者の「行動前」と「行動後」に着目した研究を進め、それらの研究成果をもとに、有効な安全対策や安全教育について提案をまとめる予定である。

E. 健康危険情報

該当なし

F. 研究発表

1) 論文発表

[1] 高橋明子, 三品誠, 大工職の建設作業者におけるリスクテイキング行動と安全行動の促進要因に関する予備的検討, 労働安全衛生研究, Vol.16, No.1, pp.71-82, 2023.

2) 学会発表

[1] 高橋明子, 三品誠, 島田行恭, 菅間敦, 平内和樹, 島崎敢, 石垣陽, 中嶋良介, 西野真菜: 建設作業者の行動に着目した労働災害防止, 安全工学シンポジウム 2022 講演予稿集, pp.310-311, 2022.

[2] 菅間敦, 平内和樹, 島田行恭, 高橋明子, 島崎敢, 石垣陽, 中嶋良介, 西野真菜, 三品誠: 年齢別・経験年数別の労働災害発生率の試算, 安全工学シンポジウム 2022 講演予稿集, pp.312-313, 2022.

[3] 西野真菜, 高橋明子, 菅間敦, 平内和樹, 島田行恭, 石垣陽, 島崎敢, 三品誠, 中嶋良介: 建設現場における作業者に提示する作業手順マニュアルの相違が作業効率と作業安全に及ぼす影響の分析, 安全工学シンポジウム 2022 講演予稿集, pp.314-317, 2022.

[4] 石垣陽, 島崎敢, 中嶋良介, 三品誠, 菅間敦, 平内和樹, 島田行恭, 西野真菜, 高橋明子: イキリ若手とベテランのメタ認知と教育能力向上に向けた挙動の匿名可視化, 安全工学シンポジウム 2022 講演予稿集, pp.318-319, 2022.

[5] 高橋明子, 三品誠: 大工職の建設作業者におけるリスクテイキング行動と安全行動の促進要因—インタビュー調査による予備的検討, 日本応用心理学会第 88 回大会, 2022.

[6] 岩井俊明, 平内和樹, 中嶋良介, 菅間敦, 高橋明子: 機械学習を用いた脚立作業の分析と危険作業検知システムの開発に関する基礎研究, 日本設備管理学会秋季研究発表大会論文集, pp.12-15, 大阪, 2022.

[7] 岩井俊明, 平内和樹, 菅間敦, 高橋明子, 中嶋良介: 動画像解析と機械学習を活用した脚立作業の危険検知システムの開発に関する研究, 2023 年度精密工学会春季大会学術講演会, pp. 33, 東京, 2023.

H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

1) 特許取得

なし

2) 実用新案登録

なし

3) その他

なし