

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）

分担研究報告書

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

研究分担者 中嶋 良介

（電気通信大学）

研究協力者 西野 真菜

（電気通信大学）

研究要旨

本研究では、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した。具体的には、まず、ハウスメーカーA社の作業経験が長い熟練作業員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、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、作業員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。次に、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(どのような作業で動画を活用すべきか)、どのように作業員に教示すべきかを実験的に検討した。その結果、定型作業を含む課題に従事されている建設現場の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。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。

A. 研究目的

厚生労働省の統計[1]によると、令和3年の建設業の休業4日以上之死傷者数は16,079人（全産業の約10.7%）、死亡者数は288人（全産業の約33.2%）であり、建設業では死亡災害や重篤災害の割合が高くなっている。

このような現状に対して、実際の建設現場では作業者に作業手順マニュアルを用いた安全教育が行われている。ただし、それらは文字のみで書かれていることが多く、また、抽象的な表現も多いため、作業経験の浅い作業者では作業手順マニュアルを見ただけでは安全に作業が遂行できないことが予想される。この問題に対して、令和3年度に実施した研究[2][3]では、作業の教示方法として作業手順マニュアルに動画を用いることが作業順守率の向上に有効であることを示している。しかし、建設現場の全ての作業に対して動画を用いることは現実的に困難であり、その活用方法を検討していく必要があることもわかってきた。

そこで本研究では、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。

B. 研究方法

1) 実際の建設現場の実態調査

建設現場の作業特性を分析するため、ハウスメーカーA社の作業経験が長い熟練作業員2名（どちらも経験年数が約45年）の作業の様子についてビデオカメラ8台を用いて撮影する。調査は2日に分けて行い、それぞれ2時間ずつ撮影する。なお、対象とする作業は、板の貼り付け作業（作業員A）と断熱材の挿入作業（作業員B）とする。次に、撮影動画に対してIEの考え方[4]をもとに作業を分類し、その内訳を作業時間の割合の観点で分析する。また、一般的に建設現場は非定型作業が多く、その標準化が難しいと考えられているが、その実態についても調査する。

2) 建設現場の特性を考慮した実験

上記1)の実態調査より、建設現場では非定型作業が含まれる作業が多く、また、作業方向によっても作業性が大きく異なることが確認された。そこで、このような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（どのような作業で動画を活用すべきか）、どのように作業者に教示すべきかを実験的に検討する。

課題作業として、被験者には採寸や貼り付け、ネジ締めといった作業を課す。その際、実際の建設現場における開口部や突出物といったハザードを模したものを混入する。具体的には、被験者に対して、はじめに作業完了時の完成像を提示するとともに、作業に必要な汎用的な用具である脚立(長谷川工業株式会社製:RS2.0-12, 株式会社ピカコーポレイション製:JOB-90E, JOB-150E)や電動ドライバー(株式会社マキタ製:TD022D)の使い方について動画を用いて教育した後、後述する 3 種類の方法で作業手順の教示し、ハザードにも注意しながら課題作業をしてもらう。

本実験では、作業手順の教示方法として、何も教えずに課題作業を行う場合(以後、「教えない」と呼ぶ)と、事前に実験者が用意した紙の作業手順マニュアル(令和3年度の研究を基に実験者が作成)を用いて教示した上で課題作業を行う場合(以後、「教える」と呼ぶ)、事前に被験者自身に作業手順を紙に記載してもらった上で課題作業を行う場合(以後、「考えさせる」と呼ぶ)の3水準を被験者間要因とする。また、作業方向による作業性の違いも検討するため、作業の作業方向として床面と机面、壁面、天井面の4水準を被験者内要因とする。

本実験では、新人作業者を想定し、建設現場での作業経験を有しない被験者12名を教示方法別に4名ずつ3つのグループに分割して実験を実施する。実験の前に被験者に対して、実験の概要と方法について説明し、作業着や保護具を装着した上で、用具の使い方などにも十分に習熟してから3種類の教示方法のいずれかで作業を教示し、実験の様子は6台のビデオカメラと被験者の視点を計測するためのアイカメラを用いて撮影する。

(倫理面への配慮)

実験前に被験者に対して実験の概要と方法について文書と口頭の両方で説明し、同意書に署名することによりインフォームド・コンセントを得られた被験者にのみ、実験を実施する。

C. 研究結果

1) 実際の建設現場の実態調査

板の貼り付け作業では主体作業が36%(主作業29%, 付随作業7%), 付帯作業が64%(準備作業55%, 運搬作業9%)であり、断熱材の挿入作業では主体作業が69%(主作業46%, 付随作業23%), 付帯作業が31%(準備作業17%, 運搬作業13%)であり、作業内容によって主体作業と付帯作業の割合が大きく異なることが確認された。

そこで、作業内容に着目すると、どちらの作業も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が確認された。非定型作業の例としては、床の清掃や部材のサイズ調整などであり、非定型作業が発生する要因としては、建設現場では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という特性が考えられる。これは、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と言え、環境変化にも対応可能な教示方法を検討する必要があることがわかった。また、同様の作業をする場合でも、作業方向(天井面や壁面、床面など)により作業性(作業効率や作業姿勢、危険性)が大きく異なることが確認された。したがって、作業方向により作業性がどのように異なるか検証し、その違いをどのように教示するか検討する必要があることもわかった。

2) 建設現場の特性を考慮した実験

教示方法ごとの平均作業時間を図1に示す。図1より、「教えない」と「考えさせる」では平均作業時間が同程度となったのに対し、「教える」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。次に、作業方向ごとの平均作業時間を図2に示す。図2より、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た。

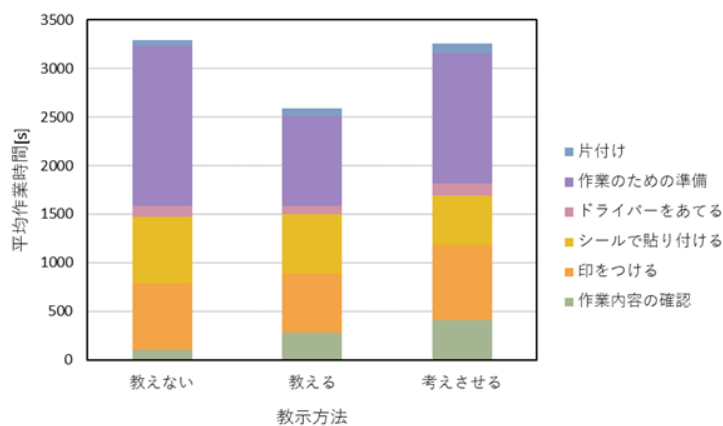


図1 教示方法別平均作業時間

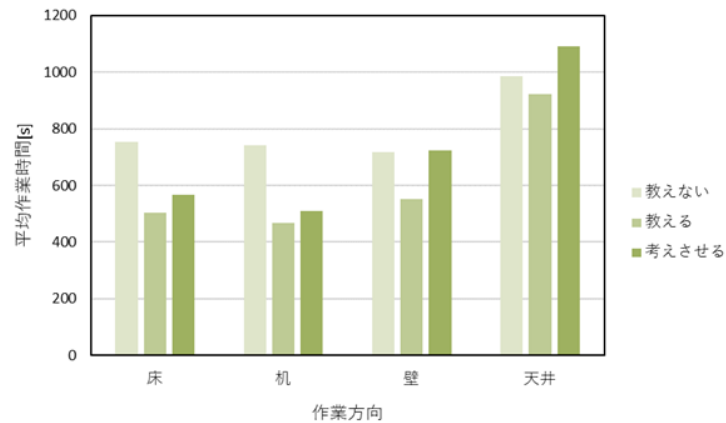


図2 作業方向ごとの教示方法別平均作業時間

D. 考察

実験結果より、教示方法「教える」において作業時間が短くなること、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た。また、床面と机面では「教える」と「考えさせる」の平均作業時間が短くなる一方で、壁面や天井面では「教える」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「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「教える」が有効であることを示唆する結果であり、これは、脚立上での作業域が新人作業員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。

以上のことより、非定型作業を含む課題に従事されている建設現場の新人作業員に対しては「教える」という教示方法が効果的である可能性があり、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が明らかになった。

E. 結論

本研究では、建設現場の実態調査により、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、作業員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明らかになった。また、このような建設現場の特性を考慮した実験により、非定型作業を含む課題に従事されている建設現場の新人作業員に対し

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明らかになった。

今後は、実態調査や実験を通じて得られた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。

参考文献

- [1] 厚生労働省, 労働災発生状況(令和3年労働災害発生状況),
<https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei11/rousai-hassei/> (参照 2023年5月10日)
- [2] Mana Nishino, Ryosuke Nakajima, Akiko Takahashi, Atsushi Sugama: A Fundamental Study on Easy-To-Understand Work Procedure Manuals for Safety Work in Construction Sites, Proceedings of 2021 IEEE 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications, Paper ID 39, 2021.
- [3] Mana Nishino, Ryosuke Nakajima, Akiko Takahashi, Atsushi Sugama, Kazuki Hiranai: A Proposal for Work Procedure Manuals to Improve Work Compliance Rates in Construction Sites, 人間工学 57 卷 Supplement 2号, p. J2, 2021.
- [4] 藤田彰久: IEの基礎, 建帛社, 1997.

F. 健康危険情報

(分担研究報告書には記入せずに、総括研究報告書にまとめて記入)

G. 研究発表

1) 論文発表

なし

2) 学会発表

(発表誌名巻号・頁・発行年等も記入)

- [1] 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.
- [2] 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, 2022.
- [3] 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, 2023.

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