

# 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

### 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

研究分担者 島崎 敢

（近畿大学）

研究協力者 石垣 陽

（電気通信大学）

研究協力者 三品 誠

（有限会社サイビジョン，名古屋大学）

#### 研究要旨

本研究グループでは、次世代の建設作業現場におけるカメラ・IoT デバイスの活用方法を検討し、提言を行うことを目指している。初年度は各種デバイスを実際に建設作業現場で利用し、取得したデータからニーズを精査した。第二年度では作業者の客観的なメタ認知の評価や、それに続く安全行動への変容のための介入をテーマに被験者実験を行った。そのために、脚立を用いた高所作業の骨格モデル映像（匿名化映像）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、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、この動作の危険度や不安定さを専門家の作成した評価尺度に基づいた点数化した。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。

## A. 研究目的

今年度（第二年度）は、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。

さらに最終年度（第三年度）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

不安全行動を防止するには労働者のメタ認知能力の向上が必要とされる。既に交通分野では自分の運転を他者視点で見せ、行動改善を行った先行研究（中村ら）がある。先行研究では、タクシー会社を出庫してすぐの一時停止交差点で隠し撮り 顔とナンバーをぼかし処理（非匿名化）して、自分の一時停止映像を評価した後に、ネタバラシで行動が改善することを確かめた。本研究では、この交通分野の先行例が、建設分野にも適用可能であるかどうかを確かめる。

そこで昨年度開発した、建設作業の映像から、リアルタイム骨格モデルを推定するシステム（図1）を用いて、次の被検者実験を行った。実験概要を図2に示す。

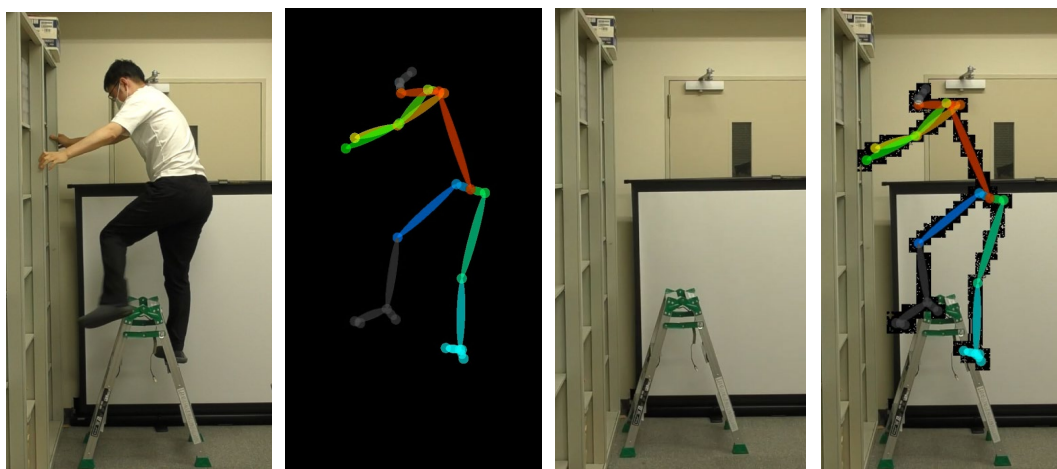


図1 匿名化ビデオの作成過程（左から元画像、姿勢推定画像、背景画像、合成画像）

まず元画像から OpenPose により姿勢推定画像を得た後に、背景画像を合成することによ

って、匿名化された作業者の画像を作成した。これにより特徴点を抽出するとともに、映像を見ただけでは個人を識別できない映像を作成した。次に匿名化映像を、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メタ認知の評価や、それに続く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た点数化した。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。

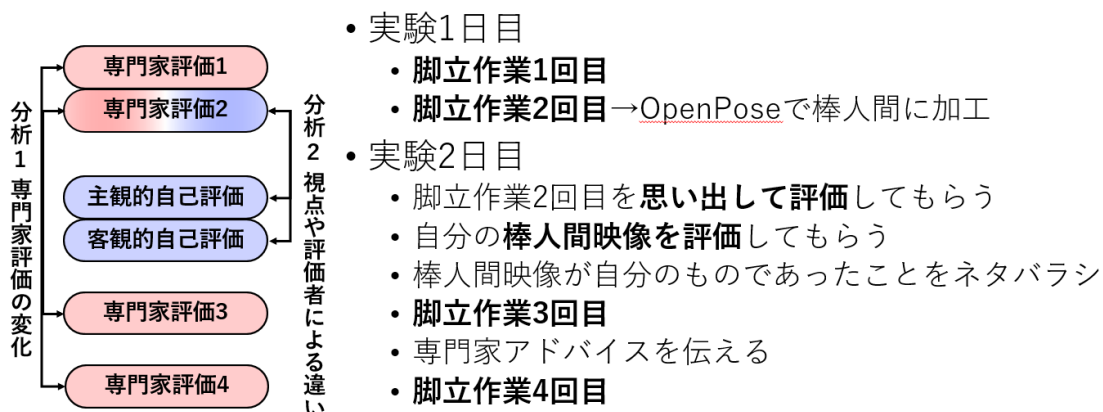


図2 実験概要

作業内容（タスク）は、250cmの高さに45センチ間隔でABCDEの付箋（ターゲット）を設置することとし、具体的には、脚立に登りAC・BD・CEに付箋を同時貼りさせた。なお、脚立の選択や設置方法などは自由とした（図3）。実験参加者は建設現場の作業員と、建物のメンテナンスの作業員とした。

評価のポイントは次の3点とし、絶対に怪我をしないと思えば100点をつけるように教示した上で、各100点満点で自己評価してもらった。なお、100点に満たない理由も同時にヒアリングした。

- 脚立選び・設置方法・移動
- 脚立の登り降り
- 脚立上での作業

専門家評価のポイントは次の通りである。

- 脚立選び・設置方法・移動
  - 開き止め金具をロックしているか
  - 脚立を完全に開いたか
  - 脚立の支柱に浮き（がたつき）がないかを事前に確認したか
  - 壁面に対して昇降面が正対するように脚立を設置しているか、壁に近づけすぎたり、遠ざけすぎたりしていないか
- 脚立の登り降り
  - 昇降面に背を向けて降りていないか
  - ステップを飛ばして降りていないか
  - 踏み外しがないようにステップ位置を目視確認したか
- 脚立上での作業
  - 不適切な立ち方をしていないか
  - 両足の他に体を脚立に接触させているか（3点支持）
  - 体の左右方向（またぎの場合は前後）へのオーバーリーチや体のひねりがな  
いか
  - （頭の上側での）上向き作業または伸びあがった姿勢での作業をしていない  
か

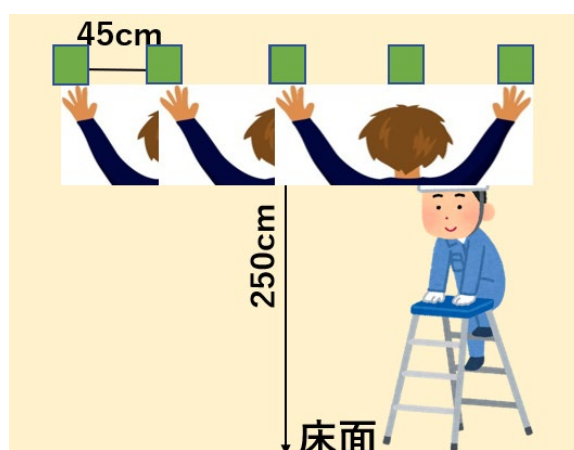


図3 作業内容の詳細

なお実験にあたり、初年度に制作した、脚立の各支柱にかかっている荷重のバランスを可

視化する装置（スマート脚立、図4）による計測も併せて行った。

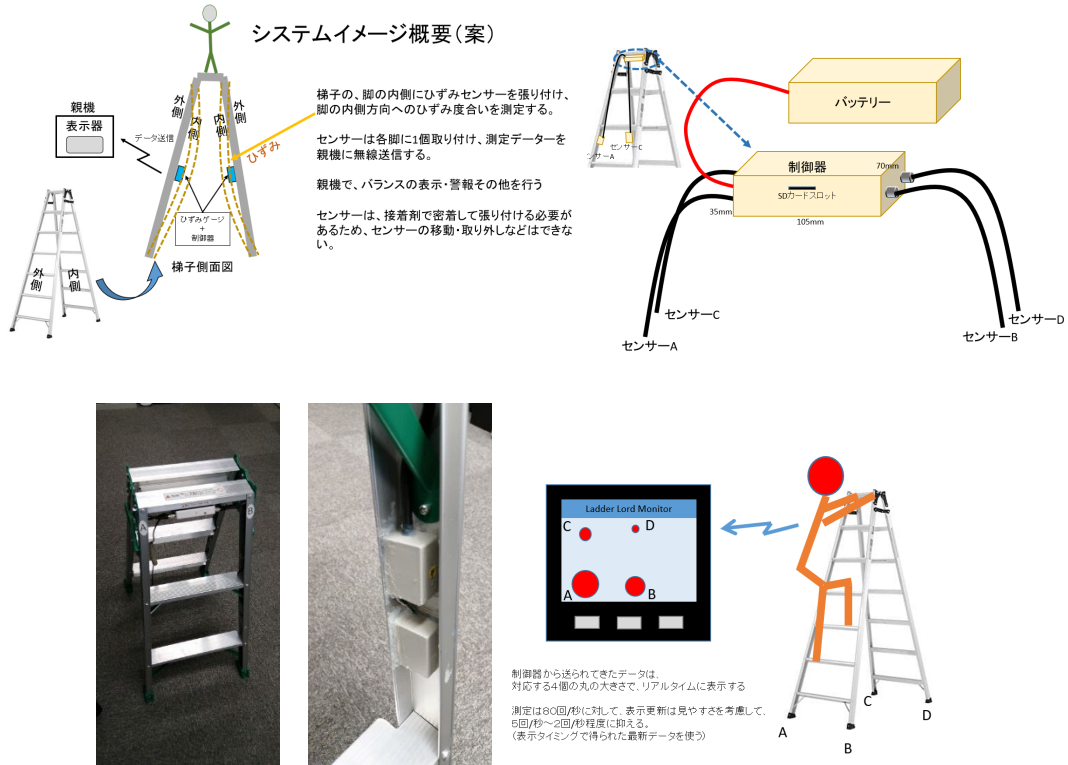


図2 完成したスマート脚立の試作品

このスマート脚立は、脚立の各脚への負荷（ひずみ）度合いを測定し、脚ごとの負荷（ひずみ）度合いを%で記録する。測定したデータの脚ごとの値を合計し、各脚に係る負荷を百分率で表す。データ記録形式はカンマ区切りの CSV 形式ファイルでマイクロ SD カードに記録される。

### C. 結果と考察

実験結果から、分析1として専門家評価の変化（図3）、分析2として視点や評価者による違い（図4）、作業時間の推移（図5）、脚立移動回数の推移（図6）をまとめた。先行研究と同様に評価は「主観的視点>客観的視点」であった。

### 分析1の結果

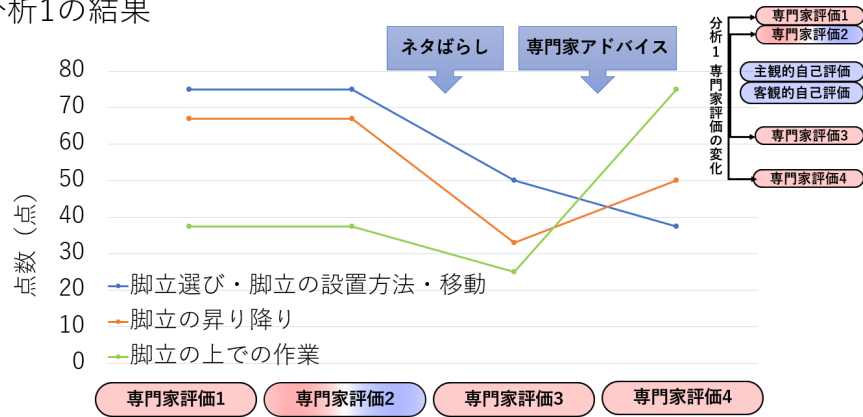


図3 専門家評価の変化 (分析1)

### 分析2の結果

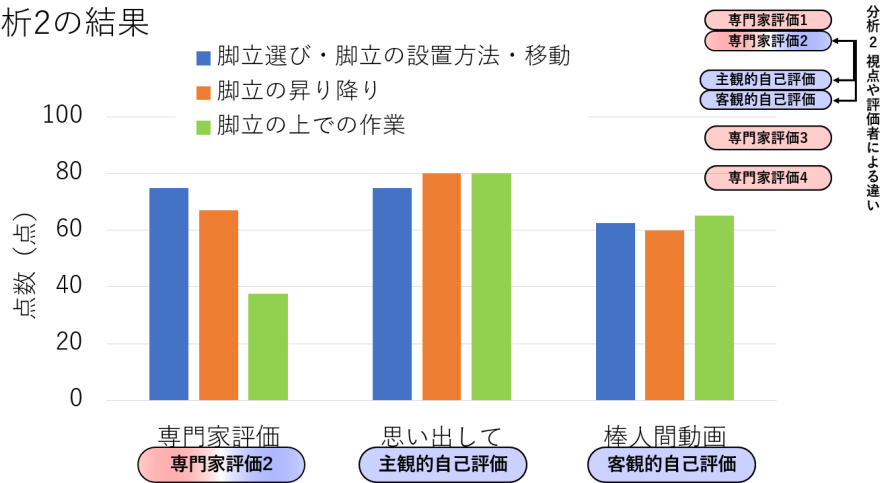


図4 視点や評価者による違い (分析2)

### 作業時間の推移

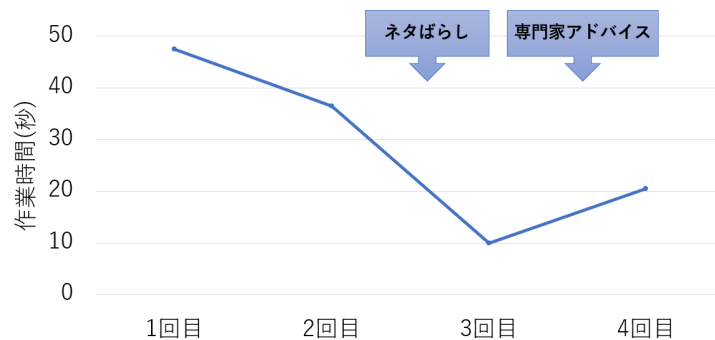


図5 作業時間の推移

脚立移動回数の推移

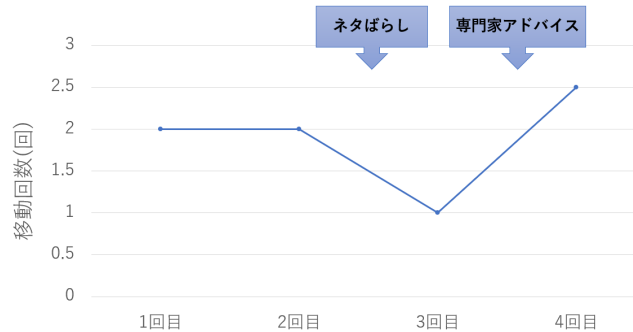


図5 脚立移動階数の推移

#### D. 結論

先行研究と異なり、ネタバラシ後に成績が低下した。また、専門家アドバイスを伝えることで成績は持ち直し、脚立の移動などの安全行動が復活した。なお、棒人間動画評価時に「作業が遅い」「これでは仕事が終わらない」などの発言があり、安全性より作業スピードに着目した可能性（ネタバラシ後に作業スピードは上がった）が考えられる。今後は、作業スピードではなく安全性に着目させる方法の検討が必要だといえる。また、実験参加者を増やす必要がある他、ベテラン以外（初心者など）のデータを取る必要がある。これらは来年度に対応する。

#### 文献

中村愛・島崎敢・石田敏郎 2013 交差点における一時停止行動の自己評価バイアス, 交通心理学研究, 29(1), 16-24.

#### E. 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)

#### F. 研究発表

##### 1) 論文発表

なし

2) 学会発表

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(2022)  
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

西岡虎太郎・島崎敢・石垣陽・菅間敦・中嶋良介・高橋明子 2023/6 脚立作業の匿名化映  
像を用いた安全教育手法の検討, 日本設備管理学会 2023 年度春季研究発表大会で発表予定

G. 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