

新たな安全概念 Fool Education の適用例

宍戸紀之¹・○安孫周¹・杉原幸信²・上村靖司²

(1:長岡技術科学大学大学院 工学研究科 2:長岡技術科学大学 機械創造工学専攻)

1. 諸言

日本の国土の約半分は、積雪寒冷地域に指定されており冬季には多量の雪が降る。この雪や氷によって引き起こされる人的被害を人身雪害と呼び、平均して一冬に 1,000 人規模で起きている。この人身雪害の発生する要因とその割合を図 1 に示す^[1]。約 8 割は除雪作業中に安全装備の不使用や道具の誤使用によって引き起こされていることから、人身事故を減らしていくには道具の誤使用対策が必要である。道具の誤使用を防ぐ安全概念としては「Fool Proof」が広く知られている。これは、「誤使用に対し使用者を守り抜くように設計する」という概念であり、作業者の道具の熟練度が低くても危険なく扱えるという利点がある。しかし、熟練した作業者にとっては作業効率を悪化させる機能として邪魔になり、安全措置を無力化して事故を起こしてしまう事例もある。特に雪国特有の道具は野外で使用されることが多く、また除雪作業は過酷環境かつ重労働であることから、作業効率の低下を防ぐために安全措置の無力化は発生しやすい。^{[2][3]}

そのため、宍戸らは、雪国発の新たな安全概念 Fool Education を提案した^[4]。Fool Education とは、道具の使用を通じて自然に作業者の安全意識やスキルを向上させるという新たな概念であり、これは Assistive, Casual, Education という 3 つの指針を持つ。Fool Proof と Fool Education の

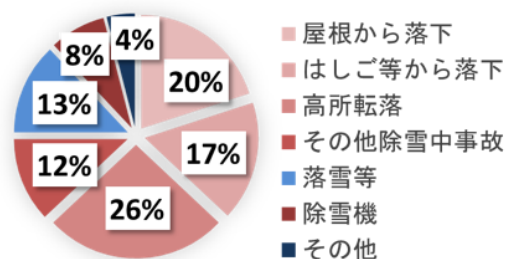


図 1 人身雪害の被害が発生する原因^[1]

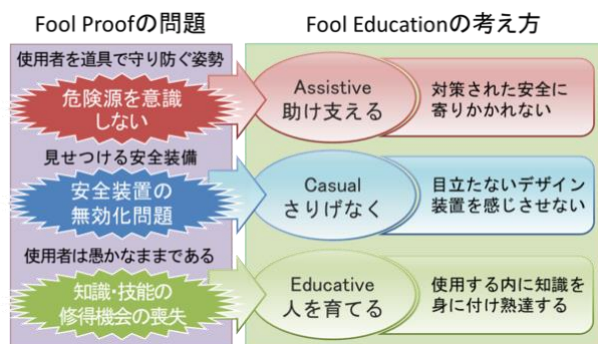


図 2 Fool Proof と Fool Education の違い

要点を比較して、現したものを図 2 に示す。

本研究では、学習理論と対応付けながら具体的に Fool Education を道具に適用した例を紹介する。「ある刺激に対して、何らかの特定の反応を引き出す学習方法」のことを指す古典的条件づけを主体とした学習方法を直接個人教育法と定義し、また「生体は何らかの行動をした直後に、強化、すなわち行動に随伴する結果によって新たな行動が形成される」ことを指すオペラント条件づけを主体とした学習方法を間接個人教育法と定義する^{[5][6]}。この二つの教育法について Fool Education を対応づけて、直接個人教育法ではハシゴの「立てかけ角度」、間接個人教育法ではスマートコップの「持ち手位置」の教育の効果を調査する。

2. Fool Education とは

Fool Education とは、「Assistive」、「Casual」、「Education」の 3 つの指針によって定義されている。「Assistive」は国際安全規格 ISO/IEC Guide 51 および ISO 12100 に定義されるリスクアセスメントを行った際のリスクの優先度において「不休災害」以下となる優先度のリスクに対し、3 ステップメソッドにおける「本質的安全設計」をあえてスキップし、「防護によるリスク低減」から対処をスタートすることを指す。「Casual」は安全設計を行う上で外見に影響を及ぼさない程度の機能付加にとどめるか、後述する「Education」を行うための機能を満たすようにする程度に限ることを指す。「Education」は行動主義心理学の条件づけ学習に基づき、道具のインタラクションを通して人間に対して学習を促すことを指す。

提案する Fool Education の最大の特徴は上記の「Education」にある。使用者に対して潜在的、無意識的な学習を促すことによって、仮に Fool Education で実装した安全措置を無力化されてもおお安全な使用を維持し続けることができると考えている。本研究ではこの Fool Education の効果を調査するべく、「Education」のアプローチの仕方を変えた「直接個人教育」と「間接個人教育」を提案し実験を行った。

3. ハシゴたてかけ角度の学習

直接個人教育法では、許容できないリスクに対して「危険検知型システム」を構築し、そこに Fool Education の考え方を適応して、どのような効果があるのかを調査した。ケーススタディのハシゴの「立てかけ角度」の対策について、Fool Education を適応し、ある刺激に対して、何らかの特定の反応を引き出す学習方法である古典的条件づけ学習を用いて解決する^[6]。

3.1 実験方法

実験で使用する安全装置の仕様は「ハシゴの角度を測定し、 $75 \pm 5^\circ$ の範囲外にある際に大音量圧電ブザーを鳴動させる」だけのシンプルなデバイスとした。実験時の天気は雪で、地面には薄い積雪が確認された。実験は2人1組で行い、被験者はまず本安全装置を取り付けずに高さ 3.24m の屋根上へ登る想定でハシゴを立てかけてもらい、被験者2人組が「この立てかけ方で良い」と納得したらレーザー距離計の角度計機能でその時の立てかけ角度を計測した。次に、特に説明を入れずに本安全装置をハシゴに取り付けて同じように立てかけてもらい、角度に納得したら、レーザー距離計の角度計機能でその時の立てかけ角度を計測した。この計測後、本安全装置の機能を解説し、アンケートを取って実験終了とした。アンケートの設問と選択肢を以下に示す。

設問 1：本安全装置(鳴動して立てかけ補助する装置)は便利だったか：便利で分かりやすかった／便利だが分かりにくかった／無くても変わらないがあるだけまし／無くても変わらないしただ邪魔だった

設問 2：本安全装置を使わずに立てかけた際の安定性に対する自信はどうか：0点／50点／100点

設問 3： 75° というハシゴの角度は自分が思っていた角度と比べてどうか：垂直に近い気がした／思っていた通りだった／水平に近い気がした

設問 4：自由記述欄

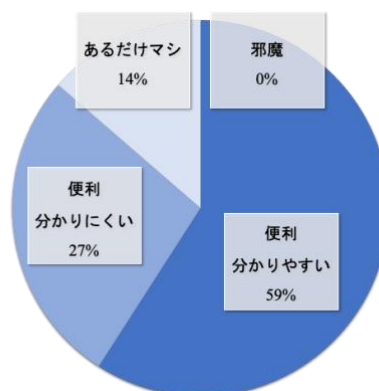


図5 アンケート結果(設問 1:N=22)

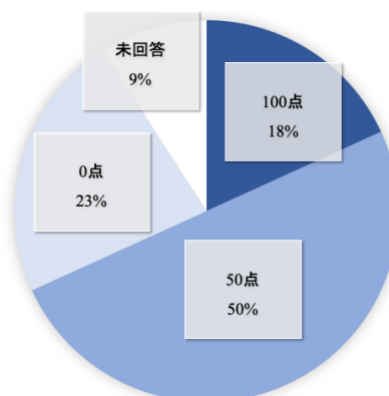


図6 アンケート結果(設問 2:N=22)

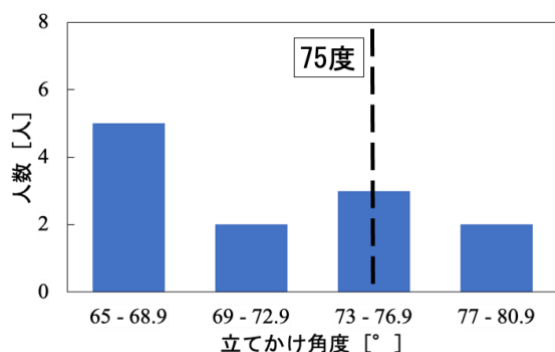


図3 安全装置なしの場合の立てかけ角度

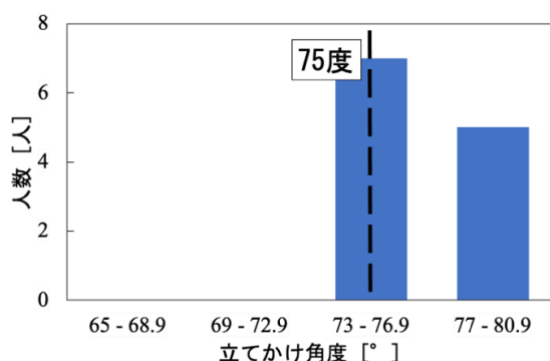


図4 安全装置ありの場合の立てかけ角度

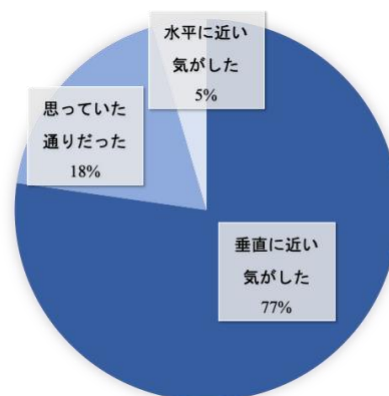


図7 アンケート結果(設問 3:N=22)

表1 自由記述欄の回答

ありがとうございました！
急か緩いかで音を分けるといいと思う
ブザーがうるさい！
75度 に立てかけざるを得ない
倒れにくい自信になってよい(信頼感あり)
登ると倒れてしまいそう
思ったより垂直で怖い

これらの実験とアンケートを10組20人に実施した。また、事情により2人1組を作れなかった被験者2人にも実験に参加してもらい、ハシゴの立てかけ角度12データとアンケート22データを収集した。

3.2 実験結果

本実験で得られた安全装置の有無によるハシゴの立てかけ角度の変化を図3、図4に示す。次に、各設問に対するアンケート結果をそれぞれ図5、図6、図7、表1に示す。

3.3 考察

まず、実験結果の図3より、安全装置を取り付けていないはしごでは被験者は各々バラバラな角度ではしごを屋根に立てかけていることが分かる。そして、図4より、安全装置を説明なく取り付けると、多くの被験者が、安全装置が鳴動しない $75^{\circ} \pm 5^{\circ}$ の範囲に立て掛けるようになったことが分かる。これより、本安全装置によって 75° の立て掛けを教示することに成功していることが分かった。また、図5の「安全装置は便利だったか」という問いに対し、安全装置自体の説明をしていないにもかかわらず「便利で分かりやすかった」と答えた被験者が約6割存在し、自由記述欄にも「ブザーの音がうるさい」「 75° に立て掛けざるを得ない」という声もあった。このことから「大きな音が鳴動」している意味が受動的に「危険だろう」と学習され、「今のハシゴの角度」と暗黙に結びつけることに成功したことが分かった。

これらにより、古典的条件づけ学習による「はしごの安定立て掛けの熟達」を遂行することができた。

4. スコップ持ち手位置の学習

間接個人教育法では、定量的にスキルを判定するスマートスコップに対し、具体的にスキルをどのように上達させればよいかFool Educationを適応して調査した。スマートスコップにおいて言及されていなかったハンドリング位置に着目し、持ち手位置を教育するデバイスを取付けて実験を行う。

4.1 実験方法

本安全装置の実験は実験時点で雪が降っていなかったため、屋内で砂1kgをビニール袋に詰め厚手の靴下に入れて先端を結んだ模擬雪を用いた。実験は一人ずつ行い、被験者はまずグリップを取り付けない状態で約10kgの模擬雪を除雪してもらう。その後、グリップ部を取り付けて約20kgの模擬雪を除雪してもらう。最後に、もう一度グリップを取り外した状態で約10kgの模擬雪を除雪してもらい、実験終了とした。一連の実験はカメラを用いて動画を撮影しており、実験終了後に動画から被験者の持ち手位置を推定、親指付け根からさじ部までの距離を求めた。

また、この実験が終わってから約3か月後にこの実験に参加した被験者をもう一度招集し、「これから除雪をする」と想定して「スコップを構えてもらった。構えた際の写真を撮り、動画と同じように被験者の持ち手位置を推定、親指付け根からさじ部までの距離を求めた。

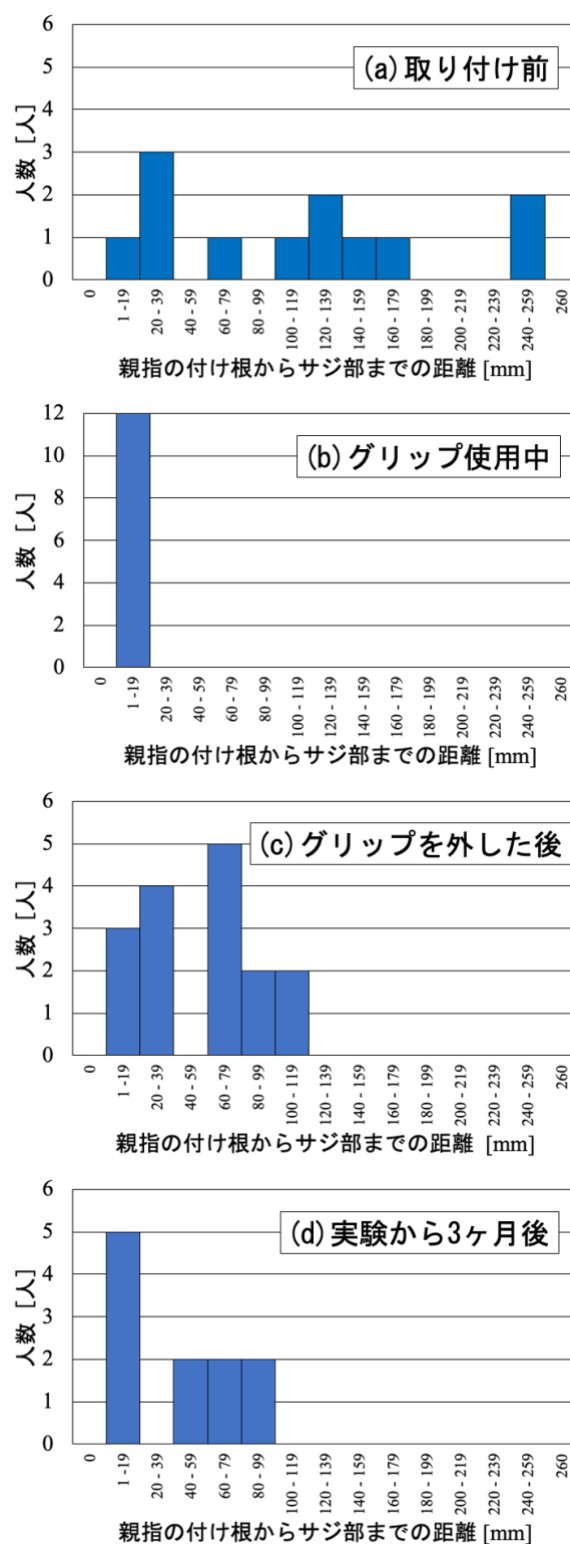


図8 持ち手位置の測定結果(N=16, (d)のみN=8)

4.2 実験結果

ハンドリング教育デバイスを用いた実験では、取り付け前は被験者がまばらな位置を持っていたのに対し、取り付け後はほとんどの人が適切な位置を持つようになり、教育効果があったことが確認された。また実験後に取り付けた安全装置類をすべて外し、そのスコープにて除雪作業を行ってもらった結果、教育前と後で持ち手位置には有意に差があり、Fool Education では「無力化されてもお安全を維持できる」ことが確認できた。

5. 結言

可搬はしごの安全な立てかけを使用者に促すため、古典的条件づけ学習を重視する Fool Education を適応し、はしごの立てかけにおいて安全装置の有無でどのような違いがあるか実験を行なった。その結果、安全装置を取り付けていないはしごの立てかけでは、被験者はバラバラな角度で立てかけていたが、そこで特に説明をせず安全装置を取り付けると多くの人がはしご立てかけの推奨角度 75° で立てかけるようになった。このことから Fool Education での「はしごの安全な立てかけを教示する」ことを達成した。

スマートスコープに関して、除雪スキルを上達させるための「道具の扱い方」に関する具体的な説明が無く、素人が真に受けて評価を受けると腰痛やぎっくり腰、椎間板ヘルニアを患うリスクがあった。このリスクに対し Fool Education を適応し、上達を促すための最適解と考えられるグリップを試作し、模擬雪を除雪する実験を行なった。その結果、グリップ無しの状態では、まばらな位置を持っていた被験者がグリップをしばらく使用した後にグリップを取り外し、再度除雪をさせるとグリップを取り付ける前とは明らかにスコープのさじ部に近い位置を持つようになった。また、この実験の3ヶ月後に被験者に対し不意にスコープでの除雪作業の構えを取らせると、やはりスコープのさじ部に近い位置を持った。これにより、Fool Education は安全意識を無意識下に刷り込む学習ができ、安全装置が無くとも安全を維持できることが分かった。

今後の展望として、Fool Education が多種多様な道具に適用され、IoT 技術も有効に導入することでより広い範囲で活用できることを目指している。

文献

- [1] 増田宗一郎(2017), 除雪作業中のハシゴ事故分析とその対策に関する研究.
- [2] 東奈樹沙・大垣直明・谷口尚弘・金子真司・山内剛(2004), 『除雪カルテ』の作成とその活用に関する研究 その1『地区カルテ』の作成と分析, 日本雪工学会.
- [3] 谷口尚弘・湯川崇・苔米地司(2011), 積雪寒冷地における戸建住宅居住者の除排雪行動に関する研究 第37巻, pp.35-39.

- [4] 宍戸紀之, 上村靖司, 杉原幸信(2020), 雪国発の新たな安全概念 Fool Education の提案, 雪氷研究大会(2020・オンライン)講演要旨集, p14.
- [5] KUMAR Surender, KIM Yong Seob, OH Kun Seoku(2019), 筑紫女学園大学研究紀要 14号, p124.
- [6] 佐伯 胖(2014), そもそも「学ぶ」とはどうか: 正統的周辺参加論の前と後, 組織科学 Vol.48 No.2, p.39.