

協調安全を用いた高所作業の安全・安心化による作業者の ウェルビーイングの向上

森 朋仁^{*1} 福井 秀利^{*2} 稲田 宏治^{*3}
中井 龍暢^{*4} 清水 隆義^{*2} 藤田 俊弘^{*5}

Improving the well-being of workers by making work at heights safe and ANSHIN using collaborative safety

Tomohito Mori^{*1}, Hidetoshi Fukui^{*2}, Koji Inada^{*3}, Tatsunobu Nakai^{*4}, Takayoshi Shimizu^{*2} and Toshihiro Fujita^{*5}

Abstract – In working at heights using elevating vehicles, while having multiple safety-conscious interfaces, during ascent, a worker may overlook an upper structure such as a beam and get caught between it and the handrail of the elevating vehicle, resulting in a serious accident. Therefore, we constructed a collaborative safety/Safety 2.0 system using distance sensors and 3-position enabling switches that can immediately stop the ascent even if the worker overlooks the structure or gets caught between the structure and the handrail. Then, we report a discussion on the usability of the system and its psychological impact on workers.

Keywords: Safety, ANSHIN, Well-being, Collaborative, and Construction

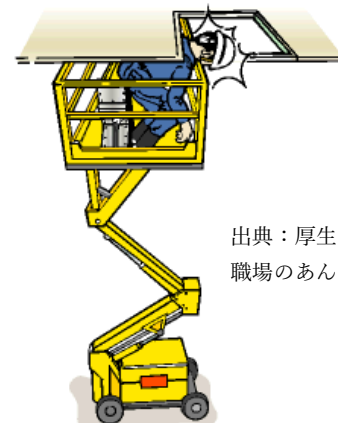
1. はじめに

建設現場や土木工事などでは、高い場所で作業をするときに作業員の足場となる作業床を備えた建設車両である自走式の高所作業車が数多く使用されている。自走式の高所作業車には、アーム形状のブーム型と垂直に上昇するシザーズ型やマストが付いたパーティカル型があり、とりわけ、狭いところに入りこんで、小回りの利くシザーズ型やパーティカル型は、利便性が高く、数多く使用されている。

そして、このシザーズ型やパーティカル型で、図1に示すように、上昇時に、作業者が梁など上部の固定構造物の存在に気が付かずに上昇し、手すりとの間に体や腕を挟まれ逃げられずに重傷を負うといった、重大事故が発生する可能性がある。

このような事故に対する安全対策の一つとして、図2に示す通り、高所作業車にはフットペダルが搭載されている。フットペダルは上昇を許可する役割を担っており、

足で踏みこんだ状態で、上昇レバーを操作すると上昇することができる。もし、操作ミスなどで上部固定構造物に接触するなど、作業者が異常を認識したら、フットペダルから足を離せば上昇は停止するので、重大な事故に至らないような仕組みとしている。また、仮に上部の固定構造物に気が付かずに上昇し、衝突してしまっても、手すりとの間に体が挟みこまれないよう、手すりから体を外に出して上昇することを禁止する運用ルールとなっている。このような安全対策を実施しているにもかかわらず、事故が発生するのは、3つの原因が考えられる。1つ目は、フットペダルの故意の無効化である。作業者は



出典：厚生労働省
職場のあんぜんサイト

図1 高所作業車における上部の固定構造物との挟まれ事故のイメージ

Fig. 1 Image of an accident involving a fixed upper structure and pinching in a vehicle working at heights

*1: 大和ハウス工業(株) 技術統括本部 安全部
*2: IDEC(株) 国際標準化・協調安全4次元推進部
*3: IDEC(株) コラボレーション技術開発部
*4: IDEC(株) 協調安全・VisionZeroグローバル推進部
*5: IDEC(株) 常務執行役員 技術経営担当
*1: Safety Management Department, Daiwa House Industry Co.,Ltd.
*2: International Standardization & Collaborative safety department, IDEC Corporation.
*3 Collaborative Safety & Vision Zero Global Promotion department, IDEC Corporation
*4: Collaboration Technology Department, IDEC Corporation
*5: Senior Executive Officer, Management of Technology, IDEC Corporation



図2 高所作業車に搭載されている安全機能
Fig. 2 Safety features on elevating vehicles

上昇するたびにフットペダルを踏むのが面倒であるため、例えばガムテープを利用して、常時踏まれているようにペダルを固定している場合がある。この場合、作業者が足を離しても、上昇は止まらず、重大な災害に繋がる可能性がある。2つ目は、作業者が挟まれてもフットペダルを離すことができない場合がある。これは、挟まれた時の動揺や、姿勢によって足を踏み込んでしまい、離すことができない、などによるものである。結果的に上昇が止まらないので、重大な災害に繋がる可能性がある。3つ目は、運用ルールが守られず、手すりから外に体が飛び出している場合がある。その理由は、作業者が高所で行う作業の準備をするため図面や工具に気をとられていること、上昇時の揺れに耐えるため手すりを持っていることなどが挙げられる。

2. 人と機械の共存、協働現場に適用できる協調安全の考え方

ものづくり分野では機械安全の考え方が 30 年ほど前から普及しており、危険な機械が動作しているときは、人を近づけない、人が危険な機械に近づくときは、機械を停止するという隔離と停止の原則により安全を確保している^[1]。しかし、昨今の技術の進歩により、人と機械が共存、協働する現場も増えてきており、そういった環境では、隔離と停止ではなく、人と機械が協調し安全を確保するという新しい安全の考え方である協調安全/Safety2.0^{[2][3][4]}が広がってきている。協調安全とは、人と機械と環境が、情報を共有することで協調して安全を構築する安全の概念である。また、図3に示すとおり、Safety2.0は、情報通信技術（ICT）等を活用し、人と機械と環境が、情報を共有することで、安全を確保する協調安全の技術的方策である。先に挙げた高所作業車のアプリケーションでは、作業者である人と高所作業車という機械が共存・協働しており、協調安全の考え方を適用するのにふさわしいと考えられる。

また、この協調安全の考え方は、図4に示すとおり、ものづくり分野のみならず、物流や交通、土木や建築、農業など幅広い分野に適用される概念であり、社会全体の安全、安心の実現に大きく貢献する。

3. 高所作業車に協調安全/Safety2.0を適用

そこで、協調安全/Safety2.0の考え方を土木建築分野の高所作業車アプリに適用することで、冒頭に述べた課題の解決を行った。適用した協調安全システムを図5に



図3 人とモノ・機械と環境が情報を共有し実現される協調安全

Fig. 3 Collaborative safety realized by sharing information between humans, machines, and the environment



出典：日経 BP 総研 Safety2.0プロジェクト冊子

図4 様々な分野に適用できる協調安全

Fig.4 Collaborative safety that can be applied to a variety of fields

示す。従来から使用されているフットペダルと上昇レバーのシステムに加えて、予期しない危険な事態に遭遇した場合、人は手を放す、もしくは手を押し込むという反射動作を行うという特性を利用して、手を放しても、押し込んでも機械を停止させることができる3ポジションイネーブルスイッチ^{[5][6]}と上部構造物との距離を測定し、危険情報を人に伝えるための超音波センサを搭載した。このシステムは、作業者がフットペダルに加えて、3ポジションイネーブルスイッチを同時に操作しながら、上昇レバーの操作で上昇し、梁などの上部構造物に設定距離よりも近づくと、超音波センサが上部構造物を検知し、高所作業車は上昇を停止する。これにより、作業者に上部構造物が近づいているという気づきを与えることができる。そして、上昇停止後、一旦3ポジションイネーブルスイッチとフットスイッチから手足を離してから、再操作を行うことで、作業者は上部構造物に注意しながら

再上昇することが可能となる。つまり、3ポジションイネーブルスイッチやフットスイッチを何かで固定して無効化するのを防ぐことができる。また、仮に作業者が梁などの固定構造物に接触してしまった場合、衝突に驚いた作業者がたとえフットペダルから足を離すことができなくても、3ポジションイネーブルスイッチを離すか、押し込むことにより、上昇は停止する。結果として、万が一接触したとしても大きな怪我を防止することができる。一方で、作業者は、上昇操作を行う際、左手で3ポジションイネーブルスイッチを操作しながら、右手で上昇レバーを操作する。加えて、右足はフットペダルを踏んでいるため、作業者の位置が固定され、手すりから外に身を乗り出すことを防ぐ。また、3ポジションイネーブルスイッチの近くに設けられた取手を上昇時の揺れに対して支えることができる。以上のことから、このシステムは、安全装置の無効化防止と衝突した場合でも重大な事故を防ぐ、そして、人の位置を固定することができ、手すりから外に身を乗り出すことを防ぐ操作手順、操作方法となっているため、自然と運用ルールに従い安全行動を促すシステムである。

つまり、上部の固定構造物が近づいているという環境情報を作業者に伝えて、上昇を一旦停止することで作業者に注意を与え、上部の固定構造物に十分気を付けて再上昇するように安全行動を促す。また、万が一衝突するなど上昇時の異常情報を高所作業車に伝えて上昇を停止させる。このような協調安全方策により、作業者の安全性が向上することはもちろん、危険な時は上昇が止まるという安心感も向上する。そして、安心感の向上により作業に集中することができるため、効率性も向上すると考えられる。

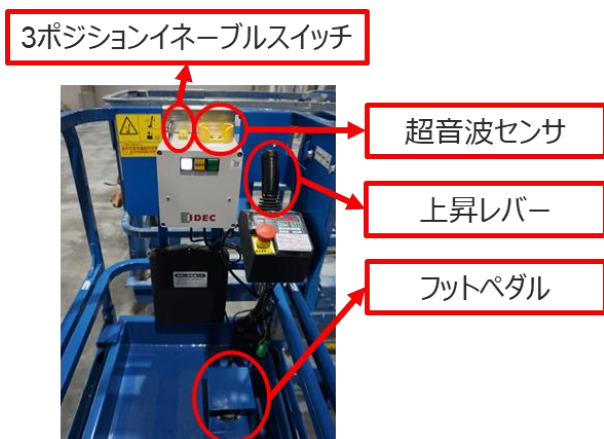


図5 高所作業車の上昇時挟まれ防止対策

Fig.5 Measures to prevent being pinched when ascending

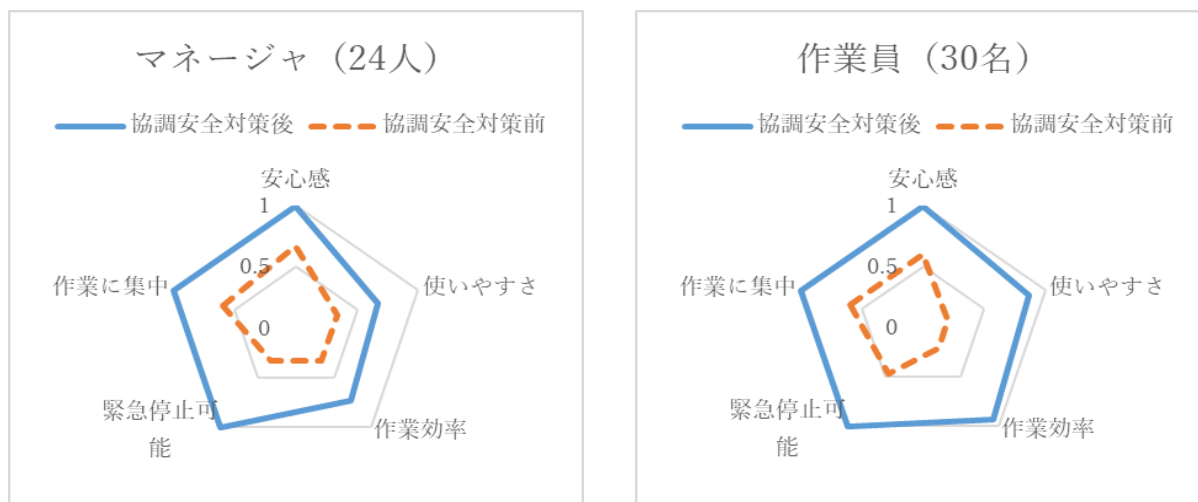


図6 マネージャ (24名) と作業員 (30名) のアンケート結果
Fig.6 Questionnaire results for managers (24) and workers (30)

4. 協調安全/Safety2.0の導入による効果

現場のマネージャ24人ならびに作業員30人に対して、アンケート調査を行うことで、効果の確認を行うため、図6に示すようにデータを最高が“1”になるようノーマライズし、レーダチャートにまとめた。アンケートの項目は、「安心感はあるか」、「作業に集中できるか」、「緊急停止できると感じるか」、「作業効率は上がったか」、「使いやすいか」である。まず、協調安全/Safety2.0システムの導入前後を比較すると、導入後は、3 ポジションイネーブルスイッチによる緊急停止機能が追加されているため、緊急停止できると感じる人がともに増えている。それに伴って、危ない時は緊急停止できるという安心感も上昇している。そして安心感が増したことで、作業に集中することができると感じる人が増えたという結果が得られた。これは、実際に作業する作業員だけではなく、現場を監督する立場のマネージャも作業員の作業は安全であると感じていることを示している。一方、アンケート結果では、使いやすさと作業効率が向上しているが、3 ポジションイネーブルスイッチや超音波センサの検知による一時停止時の再操作など操作手順は増えているため、追加的な調査が必要だと考える。ただし、少なくとも追加された3 ポジションイネーブルスイッチの操作などにそれほど負担を感じていないということがわかる。以上の結果から、身体的な安全性のみならず、安心感および作業への集中力や作業性、使いやすさといった効率性に繋がるファクターも向上している。さらに、作業員の安全性や安心感が向上しているため、現場のマネージャも作業員の安全な作業を安心して監督することができると感じている。つまり、高所作業に関連する現場にいる作業員および監督者のウェルビーイング向上につながっていると言える。

5. おわりに

土木・建設分野の高所作業アプリケーションに対して、協調安全/Safety2.0を導入し、その効果を確認することができた。われわれは、建設現場のみならず、ものづくり、農業、医療などその他の分野についても、協調安全/Safety2.0の社会実装を進めていくとともに、現場からのフィードバックを得ることで、その効果を継続的に測定していく。そして、これからも、すべての働く人々の安全性および安心感を向上し、作業性や能力の向上も含め、ウェルビーイングを高めていく所存である。

6. 参考文献

- [1] ISO 12100(JIS B 9700) : 機械類の安全性 - 設計のための一般原則 - リスクアセスメント及びリスク低減(2010).
- [2] 福井 他: 人-機械共存環境における安全性と生産性の両立を実現する協調安全システム: ヒューマンインタフェースシンポジウム(2018)
- [3] 福井 他: 安全性と生産性を高いレベルで両立させる協調安全システムの導入事例: ヒューマンインタフェースシンポジウム(2019)
- [4] 梶屋俊幸: Safety 2.0 適合審査登録制度開発と国際標準化の道筋; 標準化と品質管理; Vol. 72 No.5, pp.23-30 (2019)
- [5] 福井 他: 機械安全における3 ポジションイネーブルスイッチの人間工学的必要性: ヒューマンインタフェースシンポジウム (2007) pp. 759-764
- [6] 福井 他: 安全性および操作性の向上を迫ったロボット操作のティーチングペンダントの開発: ヒューマンインタフェースシンポジウム (2009) pp. 1095-1100