

令和 5 年 6 月 28 日現在

機関番号：32641

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K14991

研究課題名(和文) 土木工事現場における咀嚼筋活動と表情変化に着目したマルチモーダル危険検出システム

研究課題名(英文) Multimodal Hazard Detection System Focusing on Masticatory Muscle Activity and Facial Expression Changes at Construction Site

研究代表者

濱崎 峻資 (Shunsuke, Hamasaki)

中央大学・理工学部・助教

研究者番号：10849003

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、安全と効率を両立させたマネジメントのため、土木工事現場において作業員が認知した危険事象について、その発生を検出し収集するシステムを構築することである。本研究ではいわば作業員をセンサとして、現場において作業員の認知できる危険事象を観測させようとするアプローチをとった。作業員が危険事象を認知すると惹起される恐怖や驚きなどのネガティブな情動を、作業員の筋活動や顔に現れる表情変化を計測することで検出するシステムを構築し、検証を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

少子高齢化が進む日本では、土木建設工事の現場においても就業者数の減少による労働力不足が問題となっている。建設機械の完全な自動化にはまだ技術面・コスト面でハードルが高く、徐々に自動化されていく建設機械と作業員とが現場で共存していく必要があり、今まで以上に動的に変化していく工事現場の中での安全性は喫緊の課題である。土木建設工事現場のいつどこで危険事象が発生しているのかを知る必要があるが、経験を基にした定性的・主観的な検討しか行われていない。本研究の成果により、作業員の認知した危険事象の客観的な収集が可能になり、安全と効率を両立した現場の構築に寄与できる点で意義深い。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to construct a system to detect and collect the occurrence of incidental events perceived by workers at construction site for the management of both safety and efficiency. The approach taken in this study is to use the workers as sensors to observe the incidental events that they can recognize on construction site. We constructed and verified a system that detects negative emotions such as fear and surprise induced by workers' perception of incidental events by measuring their muscle activities and facial expression changes.

研究分野：安全，ヒューマンロボットインタラクション

キーワード：建設現場の安全 生体計測

1. 研究開始当初の背景

厚生労働省の労働災害統計によると、全産業における死亡事故のうち建設業における死亡者数は34.0%を占める。建設業における死亡災害に着目すると、昭和48年以降減少傾向にあったが近年横ばいとなっており、建設現場における作業員の安全が重要な課題であることを示している。現在多くの現場では安全のため作業員と建設機械の活動スペースを区分することで両者の距離を広く保つ方策がとられているが、安全のために作業員の移動範囲を過剰に狭く制限することは、作業効率に悪影響を与える恐れがある。工事の効率と現場の安全とを両立させるための解決手法が社会的・学術的に求められている。



図1 想定環境の一例

建設機械に設置したセンサなどにより両者が近づいた際に警告を発するシステムも用いられているが、あくまで危険の直前に警告を発するにとどまっており、抜本的な解決のためにはマネジメント段階で安全と効率を両立させた計画の立案が必要である。安全と効率を両立させた工事計画の立案のためにはいつどこに危険事象が発生するのかを予想する必要があり、そのためにはまず土木建設工事現場のいつどこで危険事象が発生しているのかを知る必要があるが、経験を基にした定性的・主観的な検討しか行われていない。例えば、近年多くの建設現場ではヒヤリハット報告などといった形で作業員からのヒアリングにより経験した危険事象を収集しているが、質・量ともに不十分である。一方で、申請者を含め、体温や心拍の継続的な計測を通じ、人間が危険事象を経験した瞬間を捉えようとする試みも行われている。これはいわば作業員をセンサとして、現場において作業員の認知できる危険事象を観測しようとする考え方であり、効果的なアプローチであるが、現場作業では身体運動を伴うことが影響し、芳しい結果は報告されていない。静的でない建設工事現場において、何を計測することで作業員の認知した危険状況を取得する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、動的に変化する工事現場状況に対応するため、作業員の計測に着目した。計測内容については作業員の心拍及び咀嚼筋活動、顔の映像に着目した。監視カメラ等での観察では、オクルージョンの発生などカメラの位置やアングルを随時変更する必要がある場合がある。その点、作業員は動的に変化する工事現場状況に対応して動くため、動的に変化する工事現場状況への対応が可能であり、優れた手法である。以上のように、本研究では建設工事現場において作業員が認知した危険事象の発生を検出し収集するシステムを構築することを目的とする。

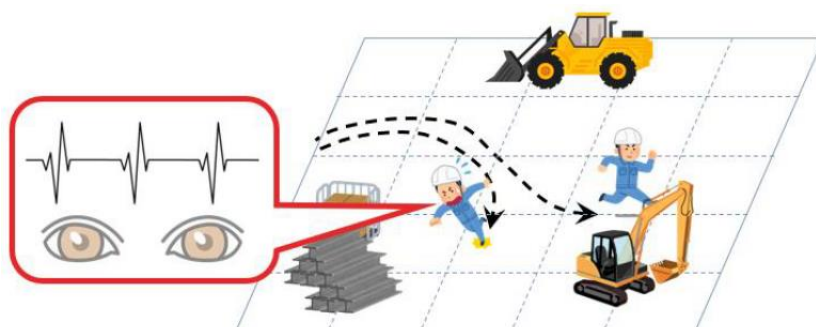


図2 研究のコンセプト

3. 研究の方法

本研究では、以下の段階を踏んで研究を遂行した。

(1) 機器の開発

(i) 咀嚼筋活動・心拍の観測

咀嚼筋活動が、驚きや恐怖といった現場における危険事象に惹起されるようなネガティブな情動と関連していることが報告されている。本研究ではこの知見を応用し、危険事象によるネガティブな情動を咀嚼筋活動から検知するため、現場作業員にも適用することができる咀嚼筋活動・心拍計測システムを開発した。S&ME社製データロガーDL-3100と各種センサ端子を用い、作業員の動作を妨げないことを重視してワイヤレスに筋電・心拍計測を行った。

(ii) 顔映像の観測

また、人間のとっさの感情は顔に現れやすいという知見を基に、作業員が危険事象を認知し、驚きあるいは恐怖といった情動が惹起されたときに生じる変化を顔映像から観測するシステムを開発する。作業員に対して測定を可能とするため、観測システムは作業員が被るヘルメットに搭載できるものとし、工事現場での作業を妨げないことに留意した開発を行った。

3Dプリンタで作成した治具でカメラを設置、Raspberry Pi 3Bとカメラを用いて計測を行い、計測実験に使えるよう測量機器 Total Station により正確な位置計測を行えるシステムとなっている。



図3 観測ヘルメット

(2) 計測実験

(i) VR実験（衝突）

まず、VRを用いた被験者実験を行った。ヘッドマウントディスプレイを用いて被験者に危険事象を疑似体験させ、危険事象を認知した際の咀嚼筋活動・心拍、顔映像を収集する。ヘッドマウントディスプレイを用いるため、顔映像の取得は目元だけにとどまったが、ヘッドマウントディスプレイ内にカメラを設置することで(1)で開発した機器と同様に映像を取得することができる。

VR実験では、全方位カメラを用いて撮影した臨場感のある危険事象を作成し、被験者に体験させた。なお、使用した映像は建設機械と人間の衝突である。

(ii) 現場実験（歩行）

(1)で開発した機器を用い、VRではなく実際に行動を行う人間を通じてデータの計測実験を行った。実際の現場で被験者に危険事象を体験させるのは困難であったため、転倒事故が発生する模擬環境を設置し、その環境における予実験を行った。

(3) 危険事象の検出システム

(1)で開発した機器を用いて(2)のように行った観測実験に基づき、危険検出システムを開発した。サポートベクターマシンにより、計測される作業員の情報のうち心拍、咬筋の活動時間、最大RMS、瞬目から、作業員の経験した危険事象を検出可能であることを確認した。

4. 研究成果

以上に示した通りの段階を踏んで研究を遂行し、提案手法の有効性を確認した。2020年ロボティクス・メカトロニクス講演会、The 37th International Symposium on Automation and Robotics in Construction 発表を行った。また、システム全体の実装と検証実験、データ解析までを行い、提案手法の有効性を確認し、国際学術論文誌への投稿準備を進めている。

本研究の成果により、マルチモーダルな被験者観測から工事現場における危険事象の発生検出を行うことが可能になり、現状主観的な報告にとどまっている危険の収集を客観的・効率的に改善していくことに寄与できると考えられる。本研究の成果は安全と効率を両立させた工事マネジメントにもつながる点でも意義深い。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Shunsuke Hamasaki, Mizuki Sugimoto, Ryosuke Yajima, Atsushi Yamashita, Keiji Nagatani and Hajime Asama
2. 発表標題 Investigation of Changes in Eye-Blink Rate by VR Experiment for Incident Detection at Construction Sites
3. 学会等名 37th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 杉本瑞生, 濱崎峻資, 谷島諒丞, 山川博司, 高草木薫, 永谷圭司, 山下淳, 浅間一
2. 発表標題 VR映像を用いた生体計測による土木・建設現場の作業員が危険を感じた場面の検出可能性の検証
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス 講演会 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mizuki Sugimoto, Shunsuke Hamasaki, Ryosuke Yajima, Hiroshi Yamakawa, Kaoru Takakusaki, Keiji Nagatani, Atsushi Yamashita and Hajime Asama
2. 発表標題 Incident Detection at Construction Sites via Heart-Rate and EMG Signal of Facial Muscle
3. 学会等名 37th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------