

# 安全情報を可視化する安全行動サポートシステムを 活用した労働災害防止への取り組み

“Safety Action Support System” to Prevent Industrial Accidents by Visualizing Safety Information

菖蒲 鷹彦\*  
Takahiko SHOBU

吉田 直人\*  
Naoto YOSHIDA

北條 理恵子\*\*  
Rieko HOJO

清水 尚憲\*\*  
Shoken SHIMIZU

## 要旨

近年、産業現場での労働災害（労災）は増加傾向にある。特に重篤な労災は人財喪失のみならず、生産活動の停滞をもたらすため、経済活動全体に与える影響は甚大である。

このような背景から、製造業安全対策官民協議会の設立、労働安全に係る法律の改定など、官民をあげて労災防止活動が推進されている。

労災防止には、人の不安全行動などの安全に係る情報を正確かつ継続的に把握して改善施策を回し続けることが重要である。しかしながら、現状の情報収集は一般的な定期安全巡視やヒヤリングによるインシデントの要因分析など人手に頼った作業で、正確性と効率性に欠ける。従って、人手によらず情報を可視化する手段を確立できれば、安全管理プロセスの効率的改善が実施可能となり、労災リスクを効果的に低減できると考えた。

そこで、我々は人やモノの行動を正確に可視化することができる安全行動サポートシステムを開発し、人とフォークリフトが共存作業する現場にて活用実証を行った。実証は厚生労働省所管の（独）労働安全衛生総合研究所（安衛研）と、安全管理ワークのデジタルトランスフォーメーション（DX）化を推進中である材料コンポーネント事業本部機能材料事業部（PM事業部）と実施した。

その結果、事前に定義した不安全行動の情報を正確に可視化することと共に、インシデントの低減や安衛研 清水、北條らが提唱する新しい安全管理手法 Dynamic Risk Assessment（DRA）の有用性を実証することができた。

本稿では安全行動サポートシステムの特徴と活用事例を紹介する。

## Abstract

Industrial accidents are unfortunately still increasing. Especially, encountering a critical accident is not only a loss of work force but a major financial damage to the industry because of stopping production.

From this kind of circumstance, “Manufacturing Industry Safety Measures Public-Private Council” was established in Japan. Relevant laws and regulations have been modified to promote prevention of industrial accidents.

In order to accomplish the policy into implementation, it is critical that safety information should be accurately acquired and continuously monitored to improve the working environment and rules. However, as the current information gathering is a manual task such as general regular safety patrols and factor analysis of incidents by hearing, it lacks accuracy and efficiency. Therefore, it's important to visualize the safety information automatically for effective safety management and reduction of risk.

We have developed “Safety Action Support System” which visualizes the behavior of humans and machines, demonstrating its capability at a workplace where humans are working near folk lifts. It was conducted with “National Institute of Occupational Safety and Health, Japan” at the manufacturing site of our performance material (Performance Materials Business Unit, Material & Component Business Headquarters) where we are trying to improve safety of operation by DX.

As a result, unsafe behavior defined in advance was accurately visualized and the importance of “Dynamic Risk Assessment” was confirmed.

In this report, we describe the features of “Safety Action Support System,” and applications.

\*画像IoTソリューション事業部 サービスPF開発部 ソリューション開発グループ

\*\*（独）労働安全衛生総合研究所 機械システム安全研究グループ

## 1 はじめに

少子高齢化や世代交代に伴う労働力や経験不足により、産業現場ではノウハウの継承や安心・安全の維持が困難となり、労災は増加傾向にある<sup>1)</sup>。

特に重篤な労災は人財の喪失のみならず、生産活動の停滞・維持困窮化をもたらすため、経済活動全体に与える影響は甚大である。このような背景から、製造業では製造業安全対策官民協議会の設立、建設業では建設工事従事者の安全及び健康の確保の推進に関する法律の施行など、官民をあげて労災防止活動が推進されている。

労災防止には、要因の9割以上となる人の不安全行動を起点に安全に係る情報を正確かつ継続的に把握して改善施策を回し続けることが重要である。しかしながら、安全担当者や安全管理者は複数の業務を抱えるため、情報収集は一般的な定期安全巡視やヒヤリハット報告など属人的で部分的になっている。また、労災や不安全行動の要因分析もヒヤリングや現場検証などに限られ、正確性と効率性に欠ける。従って、人手によらず現場稼働中の情報を可視化する手段を確立できれば、安全管理プロセスの効率的改善が実施可能となり、労災リスク（以下、リスク）を効果的に低減することができる考えた。

同様に、安衛研の清水らは、人と機械が同じ空間・時間で協調作業する今日の生産システムにおいて、リスクは人や機械の行動に伴い時々刻々と変化し、適切な安全管理を行うためには行動を正確かつ継続的に捉えて分析・定量化する手法が必要であると提唱している<sup>2), 3)</sup>。そして、ICT・IoT技術を活用した動的リスクに対応可能な新しい安全管理システムDynamic Risk Assessment (DRA)<sup>2), 3)</sup>の開発に取り組んでいる。

以上のように、人や機械（モノ）の行動を正確かつ継続的に可視化する手段は、リスクを効率的に低減する安全管理ワークの実現のために重要な技術である。我々は、独自の光学技術により、これを下支えする3D LiDARと、これを核とした安全行動サポートシステムを開発した。

本稿では、安全行動サポートシステムの特徴、安衛研とPM事業部と取り組んだ人とフォークリフトの協調作業現場における安全行動サポートシステムの活用事例について紹介する。

## 2 安全行動サポートシステム<sup>4)</sup>

我々は、高い環境ロバスト性で人やモノを正確に検知して、その位置などの行動に係るデータを取得できる3D LiDAR<sup>5)</sup>と、3D LiDARをはじめ複数のカメラやその他センサーとも連携し、高度な解析の実行を可能にした安全行動サポートシステムを開発した。ここでは、その特徴を紹介する。

本システムの概略構成をFig.1に示す。これは各機器の取得データの解析、VMS (Video Management System)を用いた解析結果の統合および出力が可能なシステムである。

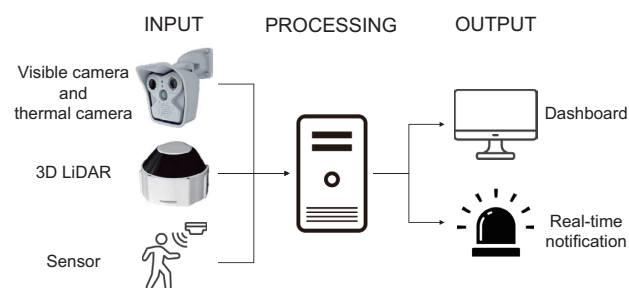


Fig. 1 Schematic view of "Safety Action Support System".

Our "Safety Action Support System" automatically analyzes obtained data and it is integrated and outputted by our VMS (Video Management System).

本システムを展示会会場で使用した例で、3D LiDARで取得した物体の位置や大きさのデータを活用した動線解析、属性分類、解析結果の統合および出力の画像IoT技術の活用事例を次ページFig.2に示す。

動線解析は、位置データ履歴から動線を取得して、Fig.2(a)のように空間上に設定した複数の仮想エリアの通過方向から入退場を判別（1から4を入場、逆を退場）、その人数をカウントした（Fig.2(b)）。

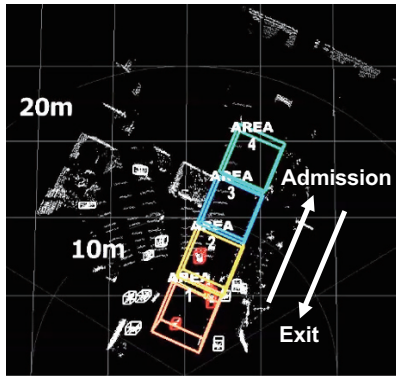
属性分類は、大きさデータから人サイズの抽出を行い、抽出された対象（身長160cm以上/以下）のエリア滞在時間を求めた（Fig.2(c)）。

これらの解析結果は、状況把握と要因分析をより詳細に行えるようにカメラ映像と時間同期して、タグ付けと重畳出力が可能である。本事例では仮想エリアに滞在していることを条件として、滞在者を太線枠、非滞在者を破線枠で表示した（※掲載の都合で太線/破線としているが、実際は枠の色が異なる）。また、重畳される情報は算出された距離情報などもあり、各々の枠上部への表示が可能である（Fig.2(d)）。

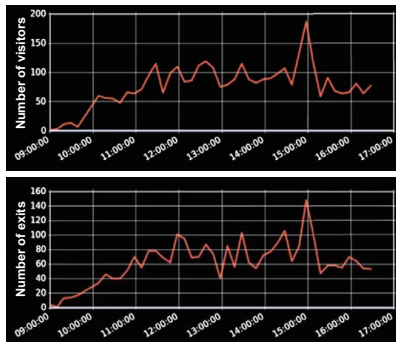
安全行動サポートシステムでは、本事例で活用した情報以外にも、位置データから速度/加速度、可視映像から性別や物体認識、サーマル映像から異常発熱など、様々な情報が得られるので、人やモノの特徴や行動をより正確に把握することができる。

## 3 荷役作業現場における安全行動サポートシステムの活用事例

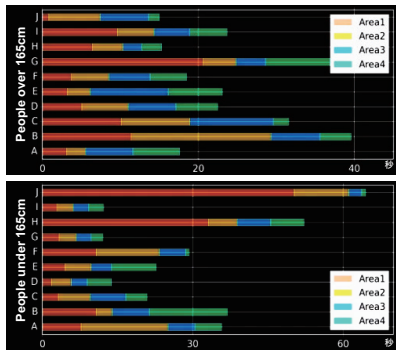
PM事業部では労災の撲滅を目指して、会社・組織・個人の三位一体の安全活動の強化とそれを支える安全文化の醸成、外部知見の積極的導入など新しい安全管理システムの構築に取り組んでいる。一方で、インシデントやケガを伴わない物損事故などの要因解析と安全施策を的確に行って労災の芽を早期に摘むために、現場の事実をより正確に把握することを課題としている。この課題解決に向けてセンシング技術の活用やDX化を推進中である。このような背景から、科学的見地に基づいて労災予防に関する研究などに取り組んでいる安衛研と我々が安全行動サポートシステムの活用実証を行った。



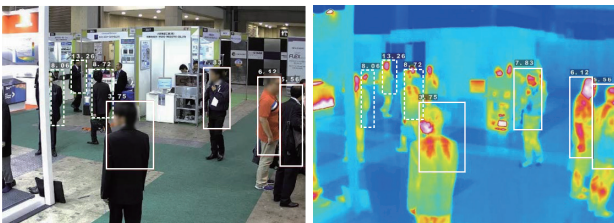
(a) Overview of the place by 3D LiDAR.  
Three-dimensional position information acquired by 3D LiDAR enable to be displayed from a bird's-eye view.  
Four virtual areas (AREA1-4) are set in the space.



(b) Access counting.  
Information of traffic line of human is extracted by 3D LiDAR information.  
Directions of visitors are determined by the direction of the traffic lines.  
The number of people in the space is calculated by using the in/out information.



(c) Staying time at areas.  
Categories of people were determined based on height by 3D LiDAR.  
Staying time in certain area of people were calculated from the determined individuals.



(d) Tagging to camera images.  
Obtained analysis results are overlappingly displayed on;  
(left) visual images, (right) thermal images as tags.

Fig. 2 Visualized behavior by the "Safety Action Support System".  
Example of application of "Safety Action Support System" at exhibition place. The data is shown the traffic line, category attribution, and integrated results were analyzed from human data, such as location and size obtained by 3D LiDAR.

実証現場は複数の人とフォークリフトが交錯しながら作業を行う荷役作業現場を選定した。フォークリフト起因の労災は過去10年間、約2,000件/年<sup>6)</sup>も発生しているため、全国的に安全管理の変革を求められる作業の一つである。この現場において、安衛研 清水らの提唱するDRAのプロセスに則り、フォークリフトとの接触災害防止に必要なインシデント情報の正確な可視化に取り組んだ。

最初に、接触リスクの抽出、すなわち、作業者とフォークリフトの移動経路の交差点（リスクポイント<sup>3)</sup>）を可視化するために、カメラ映像から目視にて作業者とフォークリフトの行動（作業）を分析した。リスクポイントの可視化結果（Fig. 3）と現場環境（Fig. 4）を示す。これより各作業工程や作業に伴う移動による接触リスクの有無を、正確に可視化することができた。

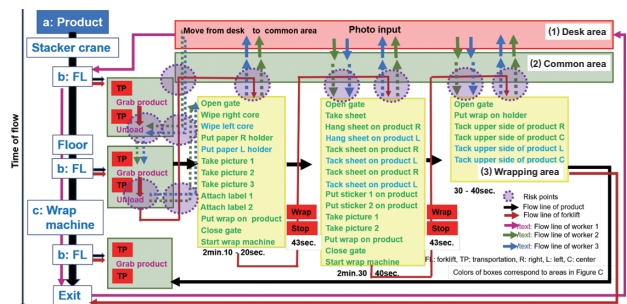


Fig. 3 Visualization of risk points.

The scheme shows movement of workers and folk lifts in a cargo work. A product (upper-left), goes down toward exit after operations (1), (2), and (3) written on the right side. Black and red lines indicate traffic lines of products and folk lift, respectively. Other colors (pink, green, blue) correspond to workers. Broken line arrows are risky operations and purple circles are risk points.

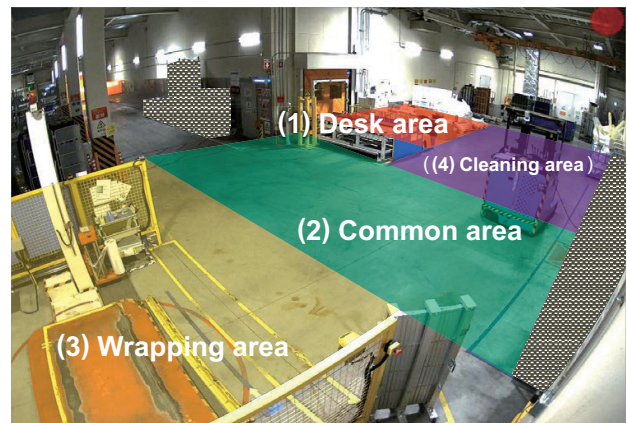


Fig. 4 Demonstration place of cargo work.

Operations (1), (2), and (3) are done in the numbered places of photo.

次に、映像やリスクポイントの可視化結果を踏まえ、インシデントの定義とその可視化を行った。インシデントは現場のフォークリフト操縦者と作業者の接近により危険を感じる距離を検証して2.2mとした（止まっているフォークリフトの周囲から作業者が近づき、操縦席にいる操縦者が前後左右で危険を感じる距離をプロット。



その中から最長距離を選定。)。この計測を接近検知センサーで行い、検知結果を映像にタグ付けした。計測は12日間行い、本稿ではそのうち4日間のインシデント発生推移 (Fig. 5) と発生時の映像キャプチャの一例 (Fig. 6) を示す。

		Day 1	Day 2	Day 3	Day 4
8:00	9:00	0	3	0	1
9:00	9:30	9	1	5	7
9:30	10:00	0	1	0	0
10:00	10:30	19	6	15	7
10:30	11:00	4	0	6	8
11:00	11:30	13	0	5	0
11:30	12:00	0	0	0	0
12:00	12:30	0	0	0	0
12:30	13:00	0	0	0	0
13:00	13:30	20	20	39	1
13:30	14:00	1	4	11	20
14:00	14:30	8	4	0	5
14:30	15:00	0	0	0	0
15:00	15:30	0	0	0	0
15:30	16:00	12	0	0	0
16:00	16:30	0	22	11	5
16:30	17:00	8	1	3	5
17:00	17:30	0	0	3	0

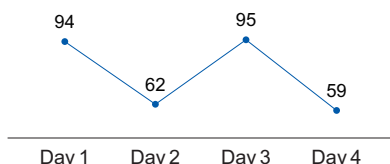


Fig. 5 The number of incidents.

Table shows the numbers of incidents in a timeline of a day. Change in daily total is also graphically shown in the lower part.

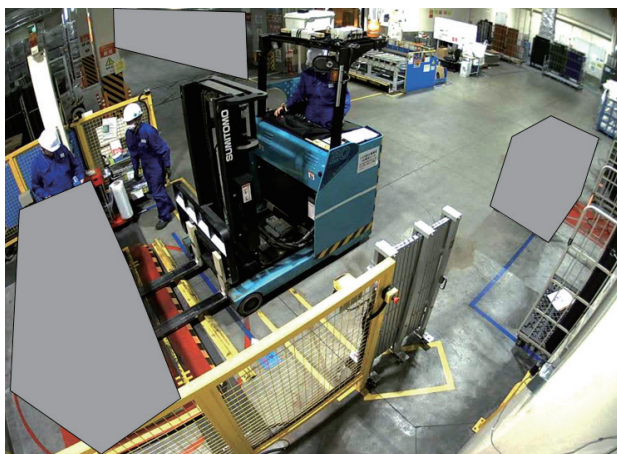


Fig. 6 A scene of incident.

A typical scene of incident. A worker stands by the folk lift at distance of several dozen centimeters. If the folk lift is misoperated, the worker could be hit by the folk lift and injured pinched by guards, leading to a serious accident.

このように現場のインシデント、つまり、現場作業の安全課題を映像と定量的なデータで可視化できることで、要因分析、施策の検討と実施、効果確認といった改善サイクルを回すことが可能となった。この改善サイクルを残りの8日間で二巡して、インシデントが減少したことを確認し、DRAの有用性を示した (成果は今後の学会で発表)。

以上のように、安全行動サポートシステムの活用によって、人や機械 (モノ) の行動を正確かつ継続的に可視化し、行動の解析を加えることで、安全に係る情報を把握できることを実証した。この結果より、安全性と生産性の相関関係を分析して、作業全体の最適化などにも展開できる可能性がある。

#### 4 まとめと今後の展望

安全行動サポートシステムによって、人やモノの行動を正確かつ継続的に可視化し、行動の解析を加えることで、現場作業の安全課題などの安全に係る情報を正確かつ継続的に可視化できることを実証できた。これにより、安全課題の可視化・施策立案・施策の効果確認といった、安全管理サイクルの効率的な改善が可能となる。

今回の実証では、インシデントを接近検知センサーで計測し、リスクポイントの可視化をカメラ映像から目視で行った。安全担当者や安全管理者は複数の業務を抱えているため、大量のデータ解析やその情報化作業を行うことは難しい。一方で、現場へのシステム実装や運用管理も容易にできることが望ましい。このように、日々の安全管理ワークには手軽さも求められる。この実現に向けては、FORXAI<sup>7)</sup>の活用が有用であると考えている。

今後も関係各所の方々のご協力を頂きながら、深刻な社会課題である労災の防止に向けて、画像IoT技術を起点とした行動可視化技術の開発を進め、産業現場の安全課題の解決と経済活動の成長に貢献していく所存である。

#### ●参考文献

- 1) 厚生労働省：令和元年労働災害動向調査 (事業所調査 (事業所規模100人以上) 及び総合工事業調査) の概況 (2020)
- 2) RIEKO HOJO, Takahiko Shobu, Naoto Yoshida, Takeo Kiyohara, Christoph F. Bordlein, Shoken Shimizu: "A Task Analysis Including Worksite Area and Time Factors at a Manufacturing Company", Culturo-Behavior Science Conference Online (2020)
- 3) SHOKEN SHIMIZU, Takahiko Shobu, Naoto Yoshida, Takeo Kiyohara, Christoph F. Bordlein, Rieko Hojo: "Dynamic Risk Assessment to Promote Collaborative Safety Among Human, Machine, and Environment", Culturo-Behavior Science Conference Online (2020)
- 4) 菅浦鷹彦, 米竹淳一郎: "人の動きを可視化する行動モニタリングシステムを活用した社会課題への取り組み", OplusE, Vol. 42, No. 2, アドコム・メディア, pp. 167-172 (2020)
- 5) <https://www.konicaminolta.com/jp-ja/future/3dlr/index.html> (2020)
- 6) 厚生労働省：労働災害統計 (2010~2019)
- 7) <https://forxai.konicaminolta.com/> (2020)