

センサーフュージョンによる行動モニタリングシステム

Achieving Safety with a Human Behavior Monitoring System

名古屋 浩*
Hiroshi NAGOYA

吉澤 将則*
Masanori YOSHIZAWA

細木 哲*
Tetsu HOSOKI

米竹 淳一郎*
Junichirou YONETAKE

要旨

少子高齢化に伴い国内産業においては労働力確保および安全・安心を提供するシステムの維持が困難となり、業界毎に問題が顕在化し始めている。

特に産業基盤としてのインフラ設備、基幹産業である建設、重工業などで大事故が度々起こるようになってきている。これらは老朽化した設備の改修だけでなく、メンテナンスを行うための業務システムの運用や、人の活動に起因すると考えられている。

これに対し、ICT、IoTなどの技術を活用することで改善を図る動きは活発となっているものの、インフラ設備や基幹産業は環境変化が大きい屋外かつ広大な敷地内での業務シーンが多いため、耐環境性に課題が多く残っている。

本稿ではこれらの課題を解決する行動モニタリングシステムを紹介する。

このシステムが顧客課題を解決するために取得し提供する情報は、動画とそれにタグ付けされた行動分析データである。さらにリアルタイムな検知結果の通知・共有と、ログデータを動画と関連付けることにより、原因の確認が容易になる。

差別化技術は、①動画データを保存・蓄積・管理するVMS (Video Management Software) を活用したセンサーフュージョン技術、②屋外環境であっても正確な行動分析データ取得を実現する3D LiDAR (Light Detection and Ranging) 技術、③行動解析技術、である。既存技術における課題を説明し、我々のシステム構成、出力データの特徴、コアデバイスであるLiDAR技術と、これらを活用した実証実験例について報告する。

このシステムにより、人起因で顕在化している不安全及び非効率による損失の削減と、データ分析で得られた予知・予測に基づいた対策提案により、インフラや建設、重工業での安全で安心な業務の継続が可能となる。国内インフラ設備や基幹産業の維持と持続的な成長を促す上で、不足する保守・メンテナンスや安全確認の労働力を補完するソリューションを提供していく。

Abstract

Japan's declining birthrate and aging population has begun to make it difficult for Japan's industries to secure labor and to maintain safety in the workplace. Major workplace accidents now occur frequently in work on Japan's infrastructure, in construction, and in heavy industries. These accidents are due not only to aging structures, plants, and equipment, but are also due to human behavior. ICT and IoT have a place in preventing these workplace accidents, but, because labor in these industries often takes place outdoors, the physical safety systems involved must be designed to withstand the extremes of local weather.

ICT and IoT allow a human behavior monitoring system that can help with these problems and under these conditions. Konica Minolta has developed such a monitoring system, one designed for the outdoors and in which video footage is tagged with human behavior analysis data. This system can gather, report, and share information in real time, making for easy identification of dangerous conditions.

Three technologies of this system are unique. First is sensor fusion technology using VMS (video management software). Second is 3D LiDAR (three-dimensional light detection and ranging) that accurately acquires data even outdoors. Third is human behavior analysis technology.

We discuss how these technologies compare to existing technologies, and we report on our system's PoC (proof of concept). Our system reduces losses due to accidents and to inefficiencies caused by human behavior. Countermeasures emerge from predictions based on data analysis, and these countermeasures complement existing maintenance and safety measures to encourage the growth of ever-improving avenues of safety.

1 はじめに

高度経済成長とそれを支えた社会資本整備によって生活の利便性・快適性が向上した一方で、それらインフラや設備の老朽化が致命的なリスクを抱える状況となっている。このリスクの高まりの背景には、インフラ・設備そのものの寿命による誤作動や破損といった事に加え、従事する作業者の高齢化・技能不足、利用者側の行動変化に起因する事故などが考えられている。

例えば鉄道交通での踏切事故について、衝突対象物別での踏切事故発生件数の推移をFig. 1に挙げると、事故の原因がここ数年で変化してきていることが判る。

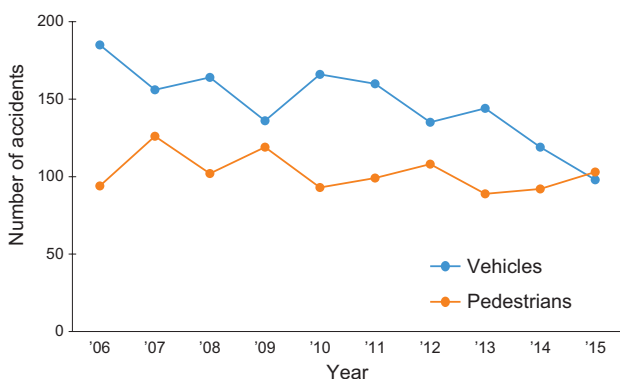


Fig. 1 Number of yearly accidents at rail crossings in Japan.

従来は車が主たる衝突対象であったのに対して、最近では歩行者の比率が上回ってきている。また、歩行者事故の当事者のおよそ半数を60歳以上の高齢者が占める状況となっており、「渡りきれない」「認識できない」といった高齢者特有の行動特性に起因する事例が増えている。

このような従来では想定していなかった行動変容に対して、あらゆるフィールドで人やモノの行動をデータ化し継続的な改善サイクルの仕組みを整えることで持続可能な社会環境の維持向上に貢献できると考えた。

実世界（フィジカル空間）にある多様なデータをセンサーネットワークで収集し、サイバー空間で大規模データ処理技術を駆使して分析／知識化を行い、そこで創出した情報／価値により、産業の活性化や社会問題の解決を図っていくコネクティッド・フィジカル・システム（CPS: Cyber Physical System）について紹介する。

2 技術課題

人の行動を可視化する技術として、監視カメラを活用したいくつかの技術が開発されている。代表的な例は、店舗や施設の混雑状況やレジの行列の人数を可視化する人数カウントや、店舗内でのお客様の位置情報を計測して軌跡やヒートマップを表示する動線解析などである。

これらの技術は安定したコントラストが得られる場合には有効である。ただし、屋外の朝日や夕日などによる逆光や暗闇等の環境下においても、人の行動を監視した

い場合は、監視カメラ単独ではハレーションや光量の問題がある。また、単一の監視カメラによる動線解析では、2次元の画像から位置を推定するため、正確な位置情報をとらえることはできない。

そのほか、ビーコンを用いた動線解析の技術がある。これは複数のビーコンを固定設置し、移動する受信機側の位置を推定する手法と、複数の受信機を固定設置し、移動するビーコンの位置を特定する手法がある。これらの技術は、工場等の特定の人物のみの行動を可視化する場合には有効な技術であるが、動線を解析したい人物全てにビーコン、もしくは受信機を携帯してもらう必要がある。そのため、屋外での不特定多数の人物の動線を解析するような場合には、ビーコンもしくは受信機の携帯を前提とするこれらの技術を用いることは、現実的な手法ではない。

物体の存在や位置を正確に測定するには、2次元（平面）のLiDARを用いることもできる。ただし、線走査となるため、物体の断面形状と位置は検知できるものの、形状までは判断できず、人物と人物以外の区別をすることは難しい。

3 行動モニタリングシステムの開発

我々は、これら従来手法の課題を解決する、複数のカメラやセンサー同士を連携させる屋外使用が可能な行動モニタリングシステムを開発した。本システムにより、リアルタイムに異常検知し通知を行うことや、予知予測に繋がる解析を行うための人物の位置・大きさ・温度データ等の取得が行える。本システムの概略構成をFig. 2に示す。Mobotix社の可視／サーマルカメラと自社開発した3D LiDARを入力機器とし、各機器のデータをVMSを利用してデータの統合・解析を行い、結果を出力している。

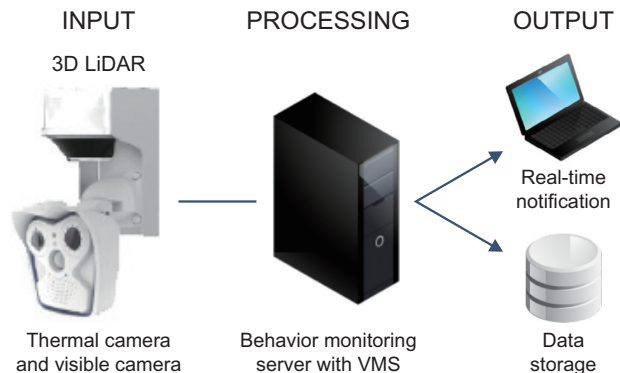


Fig. 2 Behavior monitoring system.

この開発した行動モニタリングシステムを用いることで、人物の位置を正確に捉え、データ化し、データ解析を行う一連の処理が可能となる。人物の位置データを利用した事例として、Fig. 3に展示会場における顧客の動線解析の例を示す。人物の位置データから、移動履歴をプ

ロットすると Fig. 3 上側のような動線が描ける。また、滞在者の滞在時間と累積移動量の関係をプロットすることで、Fig. 3 下側のような滞在者の分類解析も可能となる。

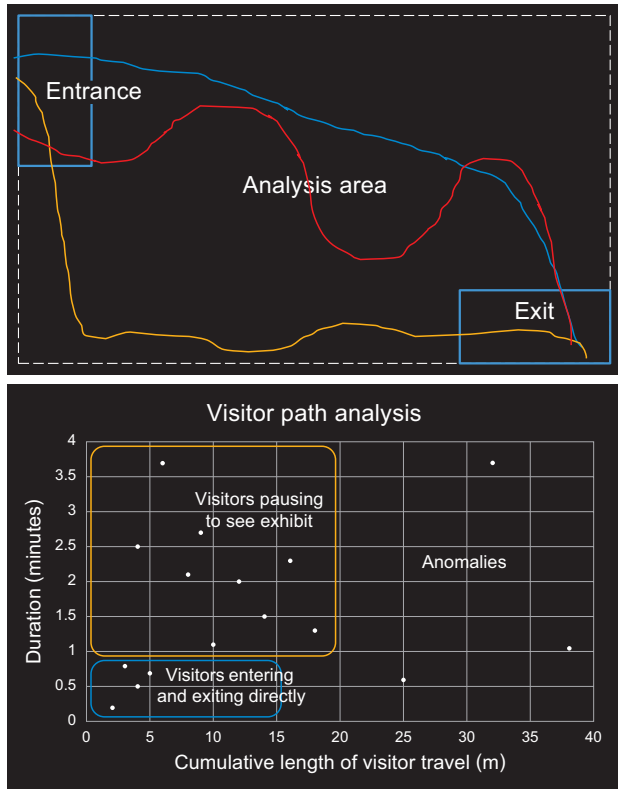


Fig. 3 User interface presenting behavior analysis.
Above: paths of visitors. Below: results of behavior analysis.

VMSを利用したデータの統合について説明する。Fig. 4では行動データからカメラ映像上に矩形の検知枠を重畳し、ユーザーへ解析対象がわかりやすい情報提示が行える。さらに、同時に録画されたサーマルカメラ映像と連携をすることで、対象の温度情報が付加できる。この温度情報から、人物をより正確に捉えることや、モニタリングしている領域の熱源を捉えて危険を予兆することも可能となる。

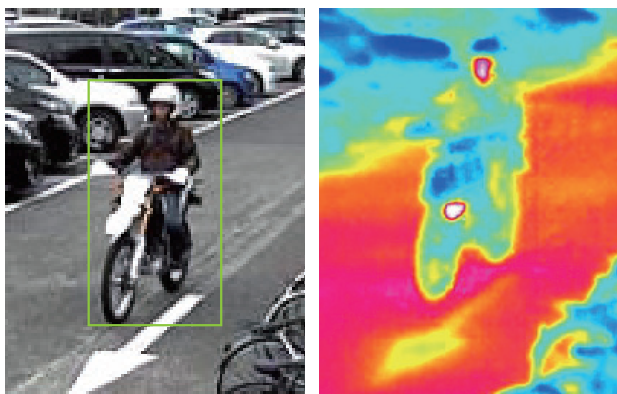


Fig. 4 Image fusion. Left: visible image.
The green rectangle framing the object of observation is generated from data captured by 3D LiDAR. Right: the corresponding thermal image.

人物の位置を正確に捉えるための差別化技術が3D LiDARである (Fig. 5, Table 1)。コニカミノルタの強みである光学設計技術、画像処理技術により、三次元上の位置や大きさを捉え、人物に相当する大きさの対象のみを判別し抽出することが可能である。このデータを活用して、侵入検知や、通行人数カウント、ヒートマップ/行動軌跡の解析を個々の人物に対して実施できる。



Fig. 5 Left: 3D LiDAR. Right: captured 3D LiDAR image presented on 3D viewer.

Table 1 3D LiDAR specifications.

Scan angle	Horizontal: 120° Vertical: 15°
Angular resolution	Horizontal: 0.13° Vertical: 0.625°
Scanning frequency	10 Hz
Range with 10 % reflectivity	28 m on center area (typical)*
Weight	< 2.3 kg
Dimensions (L x W x H)	152.5 mm x 176 mm x 131 mm
Power consumption	20 W (steady rate)

* Actual value depends on condition of environment.

4 実証試験

行動モニタリングシステムの実証試験を社内で開催されたイベントで実施した。開催時間帯は職場の建屋からイベント会場の経路を多数の従業員が行き交い、これら全ての人の行動をデータ化した。

延べ数千人の行動をデータ化し、メインストリートにおける通行量の推移を、最大値を1とした比率でFig. 6に示す。Aはイベント開始前の入場時ピーク、Bはイベント終了後の退場時ピークを表している。

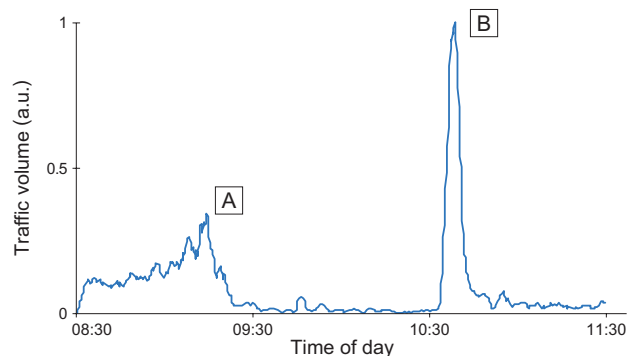


Fig. 6 Trends of pedestrian traffic volume at a company event.
The gradually rising peak at point A reflects pedestrians entering the event hall. The sharply rising peak at point B reflects pedestrians departing at the end of the event.

またFig. 7に歩行者の平均速度の推移を、最大値を1とした比率で示す。Fig. 6のB点に対応するC時刻において、速度の落ち込みが見られ滞留が発生している事が判る。

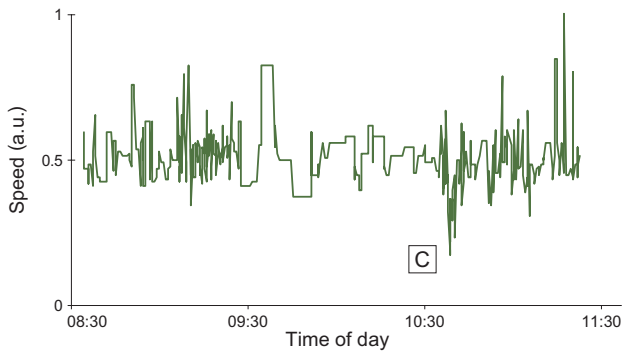


Fig. 7 Trends of pedestrian traffic speed at the same company event.
Pedestrian speed at point C reflects a rush of pedestrians leaving the event hall.

また、Fig. 8にはこの時間帯の滞留密度分布図を表す。滞留の発生エリアが赤色で特定されている。

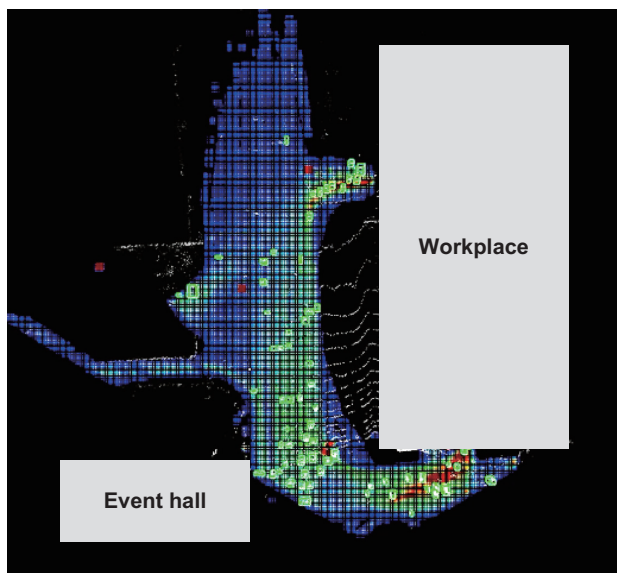


Fig. 8 Impeding pedestrian traffic.
Blue shows low-end impedance of pedestrian traffic, red shows high-end impedance.

このように個々人の行動をデータ化することにより、リアルタイムにその場の状況を可視化し、顕在化しているリスクには迅速に対応を取ることができる。またこれらの行動データから、不安全や非効率に繋がるシーンの傾向を定量的に掴んでいくことで重大リスクの予兆や予測に繋がられる。

5 まとめと今後の展開

行動モニタリングシステムによって、人の行動をデータ化して解析し、その特性を可視化することが実現できるようになった。

行動モニタリングシステムが「行動」とその「特性」の可視化を実現することで、課題解決の結果・効果確認を定量的に行えるようになる。

このように構造化され分析・蓄積された行動データは、別システムから得られたデータ（他のセンサーデータや気象情報等のオープンデータ）と組み合わせることで、顧客が気づいていない潜在的な課題の抽出に対し有効に活用できる。

顕在課題の解決だけでなく、潜在課題の一つであるヒヤリハットを可視化し注意喚起・予防するサービスの提供により、課題提起型デジタルカンパニーとして基盤産業の安心・安全と経済維持・成長を支援する。