

複数センサー連携による 広域現場監視ソリューション ～AIエッジで作業現場の安全監視を実現～

前 孝宏 渡辺 孝弘
福泉 真隆

建設業は立入禁止エリアへの侵入や接触事故といった労働災害が他業種と比べて多く発生しているため、作業現場の安全性向上が大きな課題となっている。厚生労働省は「第13次労働災害防止計画」でICTの活用を推奨しているが、機器・システムの設置・撤去の手間がICT活用の課題となっている。

OKIは3D-LiDARとカメラを組合せたセンサー（以降、一体型センサー）、920MHz帯無線、AIエッジコンピューター（AE2100）といった自社コア技術を活用して、作業現場の安全監視にDXを導入する取組みを支援している¹⁾。一体型センサーを導入することで現場内の人・車両・重機を高精度で同時に検出・識別²⁾し、920MHz無線を活用した警報機により警報することが可能である。さらに、AIエッジコンピューターを活用することで作業現場でのリアルタイム性の高い安全監視を実現可能である。

図1は現場監視ソリューションのロードマップである。OKIは、現場内の特定の危険エリアへの侵入を予防する可搬型エリア侵入監視システム「Motion Alert」を2020年5月に発売開始した。同システムを設置することにより、人が現場内の特定エリアへ侵入することを予防可能である。また、Motion Alertの発展形として、複数の一体型センサーを連携させ、現場の管理者が容易に現場全体を広域監視可能なソリューションの開発を進めている。

本稿では、Motion Alertの紹介と広域現場監視ソリューション開発への取組みについて述べる。

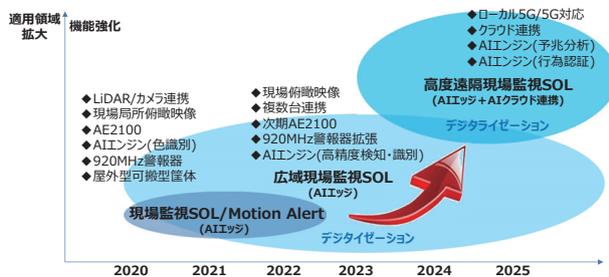


図1 現場監視ソリューションのロードマップ

Motion Alert

Motion Alertは建設現場にある広範囲な立入禁止エリアをリアルタイムに監視し、現場作業の安全性向上（落下事故予防、接触事故予防、転落事故予防など）を支援するシステムである。

Motion Alertの構成と動作概要を図2に示す。Motion Alertはセンサー装置と警報機から構成される可搬型システムであり、工事現場への設置と移設が容易である。センサー装置は3D-LiDARとカメラ4台から構成された一体型センサーと、AE2100を内蔵した筐体部分から構成され、360度方向、25m半径の範囲の監視が可能である。図3にMotion Alertの動作画面イメージを示す。作業員が立入禁止エリアをタブレットPC上で設定すると、立入禁止エリアに侵入してくる人を検知し警報機が鳴動して危険を知らせる。ただし、危険エリア内に侵入が許可された立入許可者は、ヘルメットの色を変える（例えば赤色）ことにより立入許可者か否かを判定することも可能である。警報機の鳴動は立入禁止エリア手前の範囲に人が侵入すると「注意」を、立入禁止エリア内に侵入すると「警告」を発報する。これらの結果はLTEなどの通信回線を通じて遠隔地でも監視可能である。

また、危険が検知されたときの映像は蓄積されているので、その映像を分析することで、危険行動の検出・識別、更には回避・予測などに利用可能である。

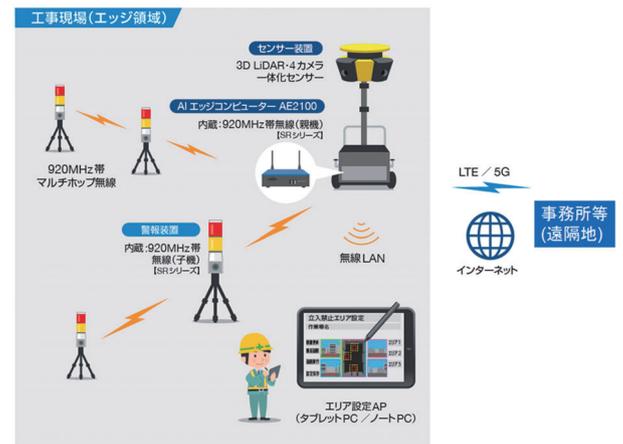


図2 Motion Alertのシステム構成と動作概要

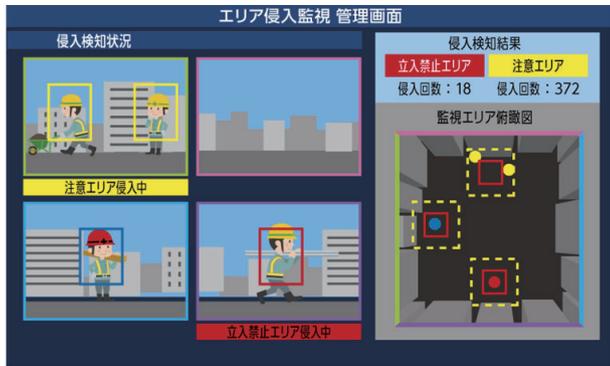


図3 Motion Alert の動作画面イメージ

広域現場監視ソリューション

Motion Alertを発売した後、1台のMotion Alertが対応できない広い現場全体の監視や死角の多い現場の監視をより簡単に行いたいという要望が多数顕在化した。また、手動で設定した立入禁止エリアへの侵入監視だけでなく、重機の動作範囲内に自動的に立入禁止エリアを作成し、人と重機の接触事故を予防したいとの要望も多い。

そこで、現場に設置した複数の一体型センサーを連携させて、現場全体の人と重機を自動的に監視可能な広域現場監視ソリューションを開発している。図4に示すように、監視したい現場に複数の一体型センサーを設置し、現場全体の人と重機の位置を俯瞰(ふかん)図上へ表示することで、人と重機の接触といった危険な状況が発生しないように広域監視が可能になる。

本章では、広域現場監視ソリューションで検討している機能について述べる。

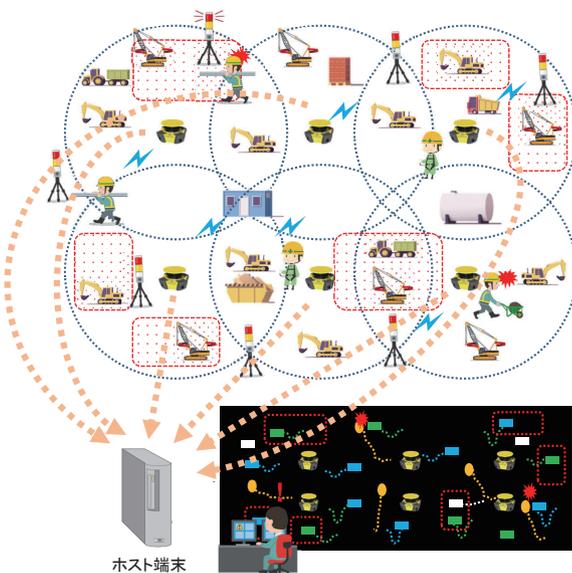


図4 広域現場監視ソリューションによる現場監視

(1) 複数の一体型センサーの連携

複数の一体型センサーを連携させる方式には、すべてのセンサーデータをホスト端末に集約させてホスト端末が一括処理する方式と、各センサーに付属するエッジ端末で個別処理を行い、処理結果だけをホスト端末に送信する方式とがある。広域現場監視ソリューションでは、図5のように、それぞれの一体型センサーに付属するエッジ端末で処理した物体検出結果を、ホスト端末に送信して統合する方式を採用して開発している。

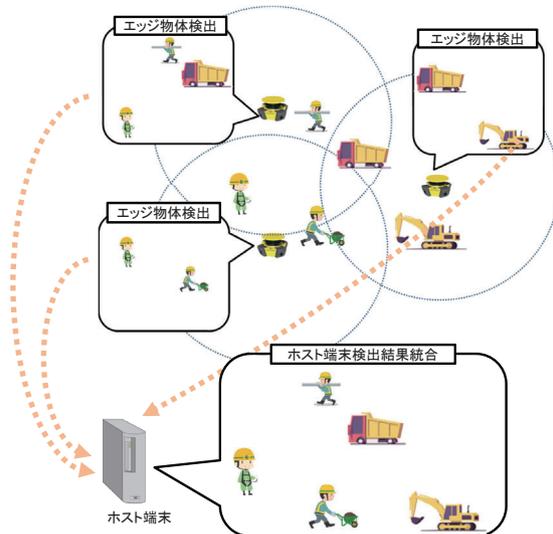


図5 エッジ検出処理を用いた結果統合事例

エッジ処理によるメリットとしてネットワークの負荷軽減及び物体検出処理の負荷分散が挙げられる。一般的に3D-LiDARが送信する点群データは巨大かつ連続したデータとなるため、そのまま送信するとネットワークへの負荷が大きくなる。また、物体検出処理は入力される点群サイズに比例して負荷が増大する。そのため複数の3D-LiDARから得られる点群データを統合するような方式ではホスト端末に高度な処理性能が求められる。しかし、前述したエッジ処理による複数センサー連携では、エッジ端末が送信するデータは物体検出結果に限られるためデータ量が減少しネットワーク負荷軽減が見込める。さらに、検出処理がエッジ端末で分散処理されるため、エッジ端末の数が変更されてもホスト端末の負荷は大きく変化せず、センサー台数を柔軟に増設することが可能である。そのため、現場の状況に応じて処理のリアルタイム性を損なわず柔軟にセンサー台数を変更することが可能となる。

以上、検出結果の座標情報だけをホスト端末に送信することを前提に説明したが、検出物体の点群情報もホスト端末に送信することで、検出物体に関して高度な分析が可能になる。図6は建設現場内の重機の点群を合成した事例で

ある。単体センサーの検出結果の点群では重機の形状までは判別ができないが、複数のセンサーで検出した点群を合成すると重機の形状が判別可能である。複数のセンサーの点群を活用することにより、重機の位置だけではなく、重機の種類などを識別することで、現場の動きを詳細に記録することが可能になる。

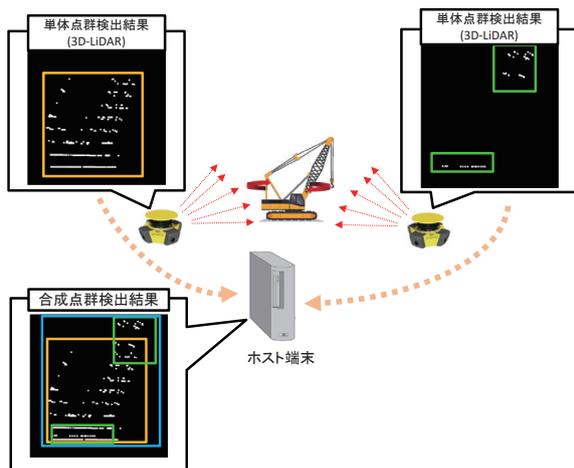


図6 各センサー検出結果の合成点群事例(重機)

(2) 車両・重機検出/動線管理

作業現場では人と重機の接触事故を予防したいとの要望も多いため、広域現場監視ソリューションでは人だけでなく、車両・重機も検出対象とする。3D-LiDARを活用した物体検出により、現場内の人と重機の位置を正確に把握可能である。作業中の重機に人が近づいた場合や、移動する人と重機が接近する可能性がある場合に警報を発することで、人と重機の接触事故を予防可能なようになる。

また、人と重機の動線を検出し管理することで、現場作業の安全性を評価することが可能である。図7は現場の人と車両の動線管理事例である。現場内の人と重機の動線を管理することで、規定した経路が順守されているか、人と重機の動線が交わっていないかなどの観点から安全性を評価することが可能となる。

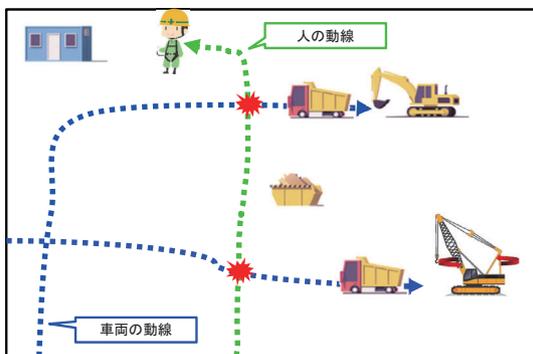


図7 現場の人と車両の動線管理事例

(3) 画像AIの活用

OKIは2000年代前半から画像の機械学習³⁾、近年はエッジデバイスでAIを活用するモデルの軽量化技術^{4),5)}に取り組み、広域現場監視ソリューションへ画像AIを活用可能な技術基盤をもっている。

Motion Alertでは、作業者のヘルメット色を画像AIで識別し立入許可者を判定していた。また、図8のように、作業員が安全装備を装着しているかどうかの判定や、作業員の危険行動の認識などに画像AIが活用可能である。

広域現場監視ソリューションでは各センサーにAIエッジコンピューター(AE2100)を用いるため、エッジ端末で画像AIが実行可能となる。画像AIの活用で、人や重機の位置や動線だけでなく、作業員や重機の状況をより詳しく分析した高度な安全監視の実現が期待できる。



図8 作業員の安全装備装着判定イメージ

(4) 無線LAN/ローカル5G/5G活用

建設工事現場では、工事の進捗に応じて一体型センサーの設置場所が変更されるため、センサー間通信は無線LANで行うことを検討している。センサーデータの処理をエッジで行うことにより、センサー間の通信容量は低減され、無線LANでも遅延なく監視できる。一体型センサーの設置や位置変更をする際にケーブルの配線する必要がなくなるため、作業現場への導入が容易となる。

また、高解像度の画像をホスト側に送信することが可能になれば、エッジで動作させることが不可能な高性能な画像AIの処理をホスト側で実施することが可能となるため、ローカル5Gや5Gの活用も検討していく。

(5) 警報機

Motion Alertでは、立入禁止エリアの周辺に920MHz帯無線を活用した警報機を設置することで、周囲に立入禁止の警報を行っているが、作業員や重機のオペレーターに対

して、危険な状態にあることを直接警報したいという要望も多い。そこで、個人が携帯可能な警報機の開発と、特定の警報器への発報を行う方法を検討していく。

まとめ

複数の一体型センサーが連携して現場全体を監視する広域現場監視ソリューション開発の取り組みを紹介した。本ソリューションを利用することで、危険なエリアへの侵入監視だけでなく、人と重機が接触するなどの危険な状況を自動的に監視するとともに、現場管理者が作業現場の現状を簡単に把握できるようになる。

また、建設業と同様に、労働災害の多い製造業や運輸業の作業現場でも、建設業と同じく作業現場の安全性の向上が課題となっている。プラント工場や鉄道沿線工事などは建設工事現場に近い環境のため、今後はそれらの分野に対してもMotion Alertや広域現場監視ソリューションを展開していく予定である。

今後、労働力不足に伴い現場で監視する人員確保も困難になってくると考え、遠方より現場の状況を集約して効率的に監視する高度遠隔運用にも取り組んでいく。

参考文献

- 1) 山本剛司、渡辺孝弘、山道昇、稲葉稔智、寺山知幸:インフラモニタリングソリューション～デジタル変革による建設/インフラの安全と生産性向上～、OKIテクニカルレビュー 第236号、Vol.87 No.2、pp.20-23、2020年
- 2) 渡辺孝弘、塚本明利:画像センサーとLiDARによるセンシング融合技術を用いた現場監視ソリューション、OKIテクニカルレビュー 第230号、Vol.84 No.2、pp.14-17、2017年
- 3) 須崎昌彦:OKIのAI技術と適用事例、OKIテクニカルレビュー 第233号、Vol.86 No.1、pp.8-11、2019年
- 4) Yamamoto Kohei, Kurato Maeno:"PCAS:Pruning Channels with Attention Statistics for Deep Network Compression", BMVC2019
- 5) Yamamoto Kohei:Learnable Companding Quantization for Accurate Low-bit Neural Networks, Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2021

● 筆者紹介

前孝宏:Takahiro Mae. ソリューションシステム事業本部 DX事業推進センター

渡辺孝弘:Takahiro Watanabe. ソリューションシステム事業本部 社会インフラソリューション事業部 ビジネス開発部
福泉真隆:Masataka Fukuizumi. イノベーション推進センター センシング技術研究開発部

TIP 【基本用語解説】

3D-LiDAR

レーザー光により対象の距離や方向を3次元的に測定するセンサー。

920MHz帯無線

日本では915.9～929.7MHzを使用する周波数帯で、2012年7月から利用可能。無線LANなどで主に使われている2.4GHz帯と比較して電波到達性が高く、障害物があっても回り込んで届くため、ビルや工場のような障害物の多い場所や屋外での利用にも向いている。海外ではサブギガ帯と呼ばれ、同様の周波数帯がスマートメーターなどに広く利用されている。