

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

渡辺 孝弘 塚本 明利

OKIは顕在化する社会課題の解決に向けて、デジタル変革を支援するIoTソリューションの提供を進めている。特に、「製造」、「建設」、「交通」の分野では人・モノ・コトを「見える化」することで安全性向上、業務効率化などが可能となる。OKIはこれまで画像センシング技術によって「見える化」を実現し、顔画像から年齢・性別を計測する技術を販売促進支援などに応用してきた。現在、われわれは安全管理支援などに適用するために、より高度化したセンシング技術によるIoTソリューションの実現を目指している。本稿では、画像センシングとLiDARによって高度化したセンシング技術を用いた現場監視ソリューションについて紹介する。

画像センシング技術の発展とIoTソリューション

近年、様々な分野で社会課題が顕在化してきている。例えば、「製造」、「建設」、「交通」の分野では、少子高齢化による高齢者の増加と労働力不足などの課題に対して、事故防止のため安全性向上、業務効率化によるコスト削減などの改善が求められている。これらの課題に対して、OKIはセンシング技術、ネットワーク技術、データ処理・運用技術をベースとしたIoTソリューションによる解決を目指している。

OKIは長年にわたり画像センシング技術の開発に取り組み、顔検出技術と顔の年齢・性別判定技術を利用したRESCAT[®]*1)、車両検出技術を利用した映像トラフィックカウンターなどを実現してきた^{1)、2)}。しかし、従来の画像センシング技術では、工場や建設における工事現場のように夜間の屋外など照明環境の悪い条件や、ほこりや微細な塵(ちり)などで遠方が視認しづらい特殊な環境では、必要な認識精度を達成できない場合があった。そこで、われわれはこれまで開発してきた画像センシング技術に、そのような環境でも安定して3次元距離情報を得られるLiDARによるセンシング技術を融合することで、高精度なセンシングを可能にする技術を開発した。

その技術を応用したIoTソリューションの例が現場監視ソリューションである。現場監視ソリューションとは工場や工事現場など特殊な環境の現場を「見える化」することで現場の安全性向上、及び作業の効率化を実現す

*1) RESCAT[®]は、沖電気工業株式会社の登録商標です。

るソリューションである。

画像センシング技術

画像センシング技術とは、カメラで撮影された画像データを処理して画像中から物体を検出、追跡、認識する技術である。通常、監視カメラによる画像センシングには下記の特長がある。

①広域(数十m～数百m)の監視領域の状況のセンシング可能。

②現場の実際の画像により現場状況の目視確認可能。

監視領域の範囲は、画像センサーの解像度、及び認識対象物の大きさにより変化する。画像解像度が低いほど、また、対象物が小さいほど監視領域の範囲は狭くなり、逆に画像解像度が高いほど、また、対象物が大きいほど、監視領域は広がる。

ここでは監視カメラ画像から物体を検出するために重要な人物検出技術の概要を説明する³⁾。人物の検出は、顔検出の結果と輪郭線の形状を特徴としたパターンマッチングの組み合わせにより行う。多数の部分特徴パターンで投票するため、混雑などで体の一部が隠れていても人物を検出可能である(図1)。

次頁の図1のように画像センシング技術は十分な照明環境で、かつ視界が良好な環境では実用的な精度を実現できている。しかし、画像センシング技術には下記のような課題がある。

●照明が不十分な環境でのセンシング

照明が不十分で暗い環境では対象物の輪郭などの画像特徴が十分抽出できず、センシング精度が劣化する(図2)。

●微塵などで視界が低下した環境でのセンシング

微細な塵などで遠方の視界が低下する場合も対象物の特徴を捉えられずセンシング精度が劣化する。照明環境が悪いとその影響が顕著になる。

特に、われわれが目指す「製造」、「建設」、「交通」の分野では上記のような特殊な環境も多く、実用化に向けて課題となっている。

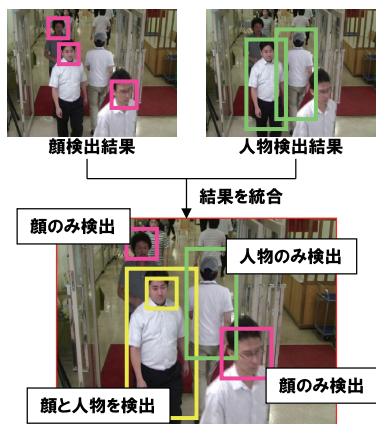


図1 人物検出結果の例



図2 照明が不十分で検出に失敗した例

LiDARによるセンシング技術

LiDARとは光によって検知と測距を行うセンサーである。基本的な原理は、レーザーを使って近赤外光のパルスを発射し、そのパルスが反射して戻ってくる時間を計測することで物体までの距離を計測するものである。この基本原理を用いてLiDARユニットを中心に全周囲方向にレーザー光を照射しながら計測していくことで、LiDARの周辺にある物体までの距離情報を3次元的に獲得可能である。また、LiDARはレーザー光の特性と電子デバイスの進歩により100m程度先の物体までの距離を、1秒間に100万回以上計測可能である。図3はLiDARのセンシング特性を図式化したものである。

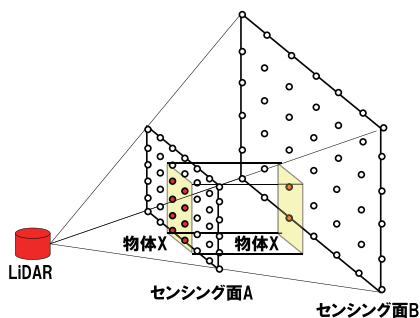


図3 LiDARのセンシング特性を表す図

図3のLiDARは1秒間に7x7の49点をセンシングするもので、近距離のセンシング面Aと遠距離のセンシング面Bで物体Xをセンシングした結果である。近距離の方が密にセンシング可能なことが分かる。LiDARはセンシング対象物までの距離が近い、またはセンシング範囲が狭ければ高解像度なセンシングが可能となる。一方で、センシング対象物までの距離が長い、またはセンシング範囲が広ければ低解像度のセンシングとなる。

図4は高解像度のLiDARのセンシング距離データを画像化した例である。図4では画像化したデータを視認してトラックがあることが認識可能である。一方、図5(a)は低解像度のLiDARのセンシング距離データを画像化した例である。図5(b)はその時のLiDAR周辺のカメラ画像である。図5(a)では図4のように対象物体の形状の認識は難しいが、対象物までの距離は計測できており、なんらかの物体の存在は確認可能である。以上、LiDARによるセンシングの特長は、照明が不十分な環境、及びある程度視界が低下した環境でも100m程度先までのセンシング可能なことである。

一方で、「製造」、「建設」、「交通」の分野で広範囲の物体を検知するような目的のためのLiDARのセンシングではLiDARのセンシング解像度が低くなり、近接する物体の分離、及び形状による物体認識が困難という課題がある。

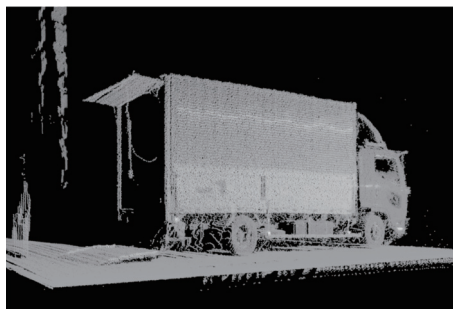


図4 LiDARによる高解像度なセンシング距離データを画像化した例

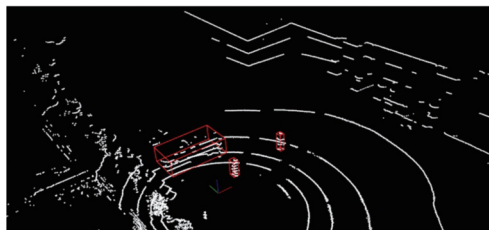


図5(a) LiDARによる低解像度なセンシング距離データを画像化した例



図 5(b) (a) の環境のカメラ画像

画像センサーとLiDARによるセンシング融合技術

画像センシングとLiDARによるセンシングは、それぞれ課題があるが、お互いの長を組み合わせることでその課題を解決して高精度なセンシングが実現可能である。画像センシングの課題は照明が不十分な環境及び視界が低下した環境では精度が劣化する欠点があったが、LiDARによるセンシングの特長はその欠点を補える。一方、LiDARは広域かつ遠方をセンシングする場合、物体検出とその距離は計測できても、分離、及び認識の欠点があったが、画像センシングはその欠点を補える。

具体的な方式概要は次の通りである。予め固定設置されたカメラとLiDARによって得られるカメラ画像上の位置とLiDARでの3次元位置の対応付けておく(キャリブレーション)。その上で、まずLiDARで広範囲かつ遠方までセンシングすることで物体を検出する。ただし、LiDARによる遠方、広範囲のセンシングではおおそ大きさは分かっていてもその物体の詳細は識別できない。次に検出されたLiDARの3次元位置に基づいてキャリブレーションの結果からその検出物体位置周辺の画像位置を特定し、その画像情報を詳細に分析することでその物体の種類、重なりなどを認識する。以下、その具体的な方式を説明する。

LiDARによるセンシングでは人や車両などの物体を検出する。ただし、遠方の物体は解像度が低くなり物体への反射点数が少ない。このような条件下で安定的に距離情報から物体から抽出するために、予め地面や壁などの背景部分の距離情報を得ておき、背景部分の距離情報との差分処理によって物体を検出する。つまり、背景部分の距離と異なるある程度まとまった領域を一つの物体候補として検出する。この処理によって物体の位置とおおよその大きさが検出される。その結果を図 6(a) に示す。図 6(a)では連続する反射点のまとまりを物体候補として検出し、直方体で表している。

次に、LiDARによるセンシング物体候補の位置情報に基づいて物体候補周辺の画像データを画像センシング処理して物体を認識する。LiDARが検出した位置情報と

おおそその物体の大きさ情報によって画像データ中の処理する領域を限定することで高速かつ詳細な分析が可能となる。具体的には限定された領域内でコントラスト補正処理によって最適な補正を行い、さらに上記で説明した人物検出技術、または深層学習方式などによる物体認識技術により物体の認識、及び物体の重なり認識などを処理する。これらの処理は画像全体で行うと精度劣化及び処理時間が長くなり課題となるが、LiDARセンシングによる物体候補位置を限定しているため、高速かつ高精度な認識が可能となる。その結果を図 6(b)に示す。図 6 (a)では物体の存在までは検出できたが、その物体の分離、及び認識ができていない。図 6(b)では人と車両の2つの物体が重なっていることが検出され、この結果に基づいて人と車両が認識されている。このようにして画像センサーとLiDARによるセンシング融合技術により高精度なセンシングを実現する。



図 6(a) LiDAR による物体候補の例



図 6(b) (a) の物体候補領域の画像データに基づく物体検出結果の例

現場監視ソリューション

これまで述べてきた画像とLiDARのセンシング融合技術を、製造現場や工事現場での安全支援に応用した現場監視ソリューションを説明する。

工場や工事現場では、暗い、騒音が大きい、微細な塵などで視界が不十分という環境も多く、そのような環境の影響もあり事故が発生し易い。例えば、作業員が進入禁止区域に誤って侵入する事故、作業員と作業車両、あるいは作業車両同士が接触する事故などである。そのような事故を事前に防止するために、画像とLiDARによるセ

ンシング融合技術により物体を安定して検出、追跡、認識して現場環境を「見える化」することは有効である。

具体的には、画像とLiDARによるセンシング技術を利用して、図7(a)に示すように、複数のカメラとLiDARにより現場をセンシングする。複数のカメラとLiDARにより現場をセンシングすることで監視の死角を少なくする。このようにしてセンシング処理により検知された人や車両などの移動物体は図7(b)のように俯瞰(ふかん)画像化されて表示される。その処理結果に基づいて作業員が進入禁止エリアに進入しようとした場合や、作業員と現場を走行する作業車両とが接触しそうな場合に警告を発することが可能になる。加えて、上記の処理結果をデータベースに蓄積することで、その後の詳細分析が可能となる。例えば、上記のような危険な状況が発生した場合、蓄積データからその状況の前後を後で確認することにより、その危険な状況が発生した原因を分析し、その分析結果に基づいて作業手順や作業環境の改善により作業の効率化に応用が可能となる。

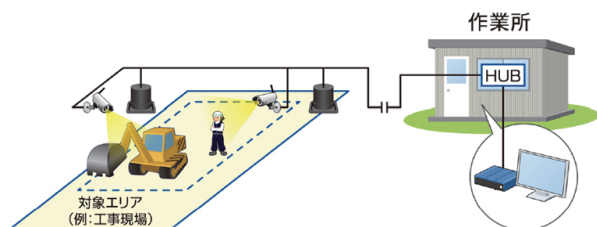


図7(a) 現場監視ソリューションにおけるセンシングのイメージ

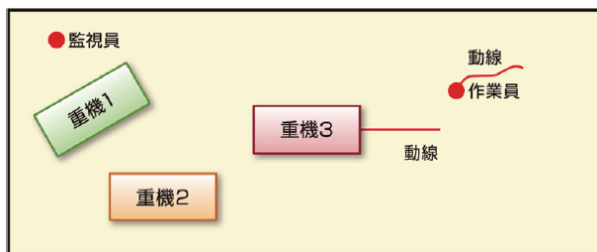


図7(b) センシング結果の俯瞰画像のイメージ

まとめ

画像とLiDARのセンシング融合技術を利用した現場監視ソリューションについて紹介した。画像とLiDARによるセンシング融合技術は他の分野における特殊な環境下への応用も期待できる。さらにわれわれは画像とLiDARによるセンシング融合技術に電波センシングも融合する技術の検討も進めている。電波センシングは環境

によって乱反射した電波の影響により人や車両の識別精度が劣化することはあるが、LiDAR同様に照明環境の影響を受けずに、LiDARより視界がより不十分な環境で利用が可能である。加えて広範囲を高フレームレートでセンシングすることが可能で、かつ物体の速度もセンシング可能である。これらの特性からより視界不良の工事現場でのセンシング、また、交差点のような車両、二輪車、歩行者が複雑に行き来するような環境でもより高精度なセンシングが期待できる。今後、われわれはこのような技術開発を進めることで、デジタル変革を支援する様々なIoTソリューションを実現していく計画を進めている。

参考文献

- 1) 塚本明利、他：映像認識による広告効果測定支援システム「RESCAT」、OKIテクニカルレビュー第218号、Vol.78 No.1、pp.32-35、2011年10月
- 2) 渡辺孝弘、他：社会インフラ事業における映像センシング技術、OKIテクニカルレビュー226号、Vol.82 No.2、pp.20-23、2015年12月
- 3) 保田浩之、他：スマート社会実現のためのOKIのセンシング技術、OKIテクニカルレビュー第219号、Vol.79 No.1、pp.12-15、2012年4月

筆者紹介

渡辺孝弘：Takahiro Watanabe. 情報通信事業本部 基盤技術センター 先端技術開発部

塚本明利：Akitoshi Tsukamoto. 情報通信事業本部 基盤技術センター 先端技術開発部

TiPO【基本用語解説】

LiDAR (Light Detection and Ranging)

レーザー光により対象の距離や方向を測定するセンサー。