

労働災害の低減を目指して 作業員の装備や行動の安全性を ディープラーニングで確認

日立ソリューションズは建築現場などでの作業員の安全装備の装着の有無や特定の危険な行動をディープラーニングでチェックする「作業員安全確保支援ソリューション」をリリースしました。開発環境と実行環境に OpenVINO™ ツールキットを採用し、インテル® プロセッサ上で実用的な認識性能を実現しています。

HITACHI
Inspire the Next

◎株式会社 日立ソリューションズ

会社名：株式会社日立ソリューションズ

住所：〒140-0002 東京都品川区東品川 4-12-7
日立ソリューションズタワー

事業内容：ソフトウェア・サービス事業
情報処理機器販売事業

<https://www.hitachi-solutions.co.jp>



写真右から、岡本光平氏、梅村隆氏、中川麻衣子氏



サステナブルシティビジネス事業部
新事業推進部 主任技師
岡本 光平 氏



サステナブルシティビジネス事業部
梅村 隆 氏

全産業の 1/3 を占める建設業界での死亡災害 AI を活用した IT システムを活用して労災の撲滅に挑む

労働災害の撲滅は産業界にとって長年の課題の 1 つです。中でも死亡災害が全業種の中でおよそ 1/3 を占めているのが建設業界で、墜落・転落を筆頭に毎年数百人の方が亡くなっています。そのため厚生労働省も労働災害防止計画を推進して建設業界の労働災害の低減に取り組んでいます。^[*1]

2019年2月1日から労働安全衛生法施行令の改正により、規定高さ以上の高所作業においては墜落時の安全性が高いフルハーネス型の墜落制止用器具着用が原則として義務付けられました。墜落制止用器具の背中から伸びるランヤードの先にフックがあり、高所での作業時や移動時は親綱などに取り付けなければなりません。

これらの課題に、IT と AI を活用して労災の撲滅に挑むのが、日立製作所の 100% 子会社である日立ソリューションズ(本社・東京都品川区)です。

「当社が得意とする IT と AI を組み合わせて社会に貢献できないかと考えたときに、建設業界のお客様から労働災害が課題であるというお話を伺い、安全対策に生かせるのではないかと考え、開発に着手しました」と、サステナブルシティビジネス事業部の岡本光平氏は説明します。

具体的には、AI を活用した次のようなソリューションの開発を進めています。

- ・墜落制止用器具(安全帯)の着用有無の検出、および親綱などへのフック掛け忘れの検出
- ・建機の作動範囲への立ち入りや接近検出、クレーンの吊り荷下への立ち入り検出
- ・製造業などで使われている安全行動を守らない行動の検出(ポケットに手を入れて歩く、携帯電話やスマートフォンを触りながら歩く、手すりを持たずに階段を昇降する、斜め横断をする、指先確認をしていない)

現場にはさまざまな職能の作業員が工程に応じて出入りし、人数は大規模な場合で 1,000 人を超えることも珍しくありません。監督者が行動を逐一確認することは難しいのが実状です。そこで構内の各所にカメラを取り付けて、安全の維持に必要な遠隔での監視を AI で補完しようというのが同社の狙いです。

フルハーネス型墜落制止用器具など 安全装備の適切な装着を AI で確認

日立ソリューションズが開発した「作業員安全確保支援ソリューション」のシステム概要を図 1 に示します。作業員の入場ゲートなどにカメラを設置し、装備を装着しているかどうかをディープラーニングによる画像認識で検出し、認識結果を監督者の PC に表示するとともに、未装着とみなされる場合は報知することもできるのが主な機能です。

対象の装備は、フルハーネス型の墜落制止用器具、ヘルメット、ゴーグル、グローブ、マスクですが、要望に応じて追加で AI に学習させることで、他の装備にも対応することが可能です。

システムの説明に戻ると、カメラで撮影した画像の認識処理は、外部クラウドが場内に設置した PC またはサーバーで行われます。学習済みモデル(推論エンジン)は後述するようにインテル® プロセッサに最適化されているため、アクセラレーターは必要ありません。

運用としては外部クラウドを利用する方法がより簡単と考えられますが、現場によってはインターネットの常時接続が確保できなかったり、時には 4G(LTE)などの公衆網も利用できなかったりすることもあるため、場内のローカル環境でも処理できるように構成しています。

体形違いや装備の有無に応じた画像を 複数の現場で撮影し学習に使用

本システムの開発は次のように行われました(図 2 上)。まず、建設業某社の協力のもと、実際の複数の現場で作業員の姿を撮影し、学習用の画像を取得しました。作業員の体形の違い、装備の有無、着衣や装備の色違い、時間帯の違い(明るさや照明の違い)など、さまざまなバリエーションで撮影し、延べ撮影枚数は数千枚に及んだそうです。このうち、実際の学習には 600 枚を使用しました。

学習に先立って、前処理として背景の除去を行っています。「作業現場に2つと同じものはありません。また、作業の進行状況に応じて、フロアの景色もどんどん変化していきます。対象装備の認識精度を高めるためにも、雑音となる背景の除去は不可欠と考えました」と、サブティナブルシティビジネス事業部の梅村 隆氏は説明します。

ただし、複数現場にも適用できる製品開発を行っているそうです。「お客様から異なる認識要件が求められた場合は、多少の画像取得と追加学習程度で対応することにして、まずは汎用性の高いシステムを目指しました」(梅村氏)。

学習済みモデルの作成には、ubuntu 上で動作する TensorFlow Keras(tf.keras)を使用しています。

OpenVINO™ ツールキットを採用し オンプレミスやクラウドでの実行環境を構築

安全装備の着用を認識する学習済みモデルの実行環境として日立ソリューションズが選択したのが、インテル® プロセッサでした。

「建設業界などのお客様にこのシステムを広く使っていただくには、導入のハードルやコストをできるだけ抑える必要があると考えました。ディープラーニングの推論性能だけに着目すれば AI アクセラレーターを用いる方法もありますが、専用のハードウェアやクラウド・インスタンスを調達しなければなりません。一方、インテル® プロセッサであれば、クラウドで構成するにしてもオンプレミスで構成するにしても調達が容易で、コストも抑えられます」(岡本氏)。

学習済みモデルを実行環境に落とし込むにはいくつかの方法があります。日立ソリューションズが選択したのが、インテルが無償で提供している OpenVINO™ ツールキットでした。

図 1. 日立ソリューションズが開発した「作業員安全確保支援ソリューション」のシステム構成例(クラウドを用いた場合)

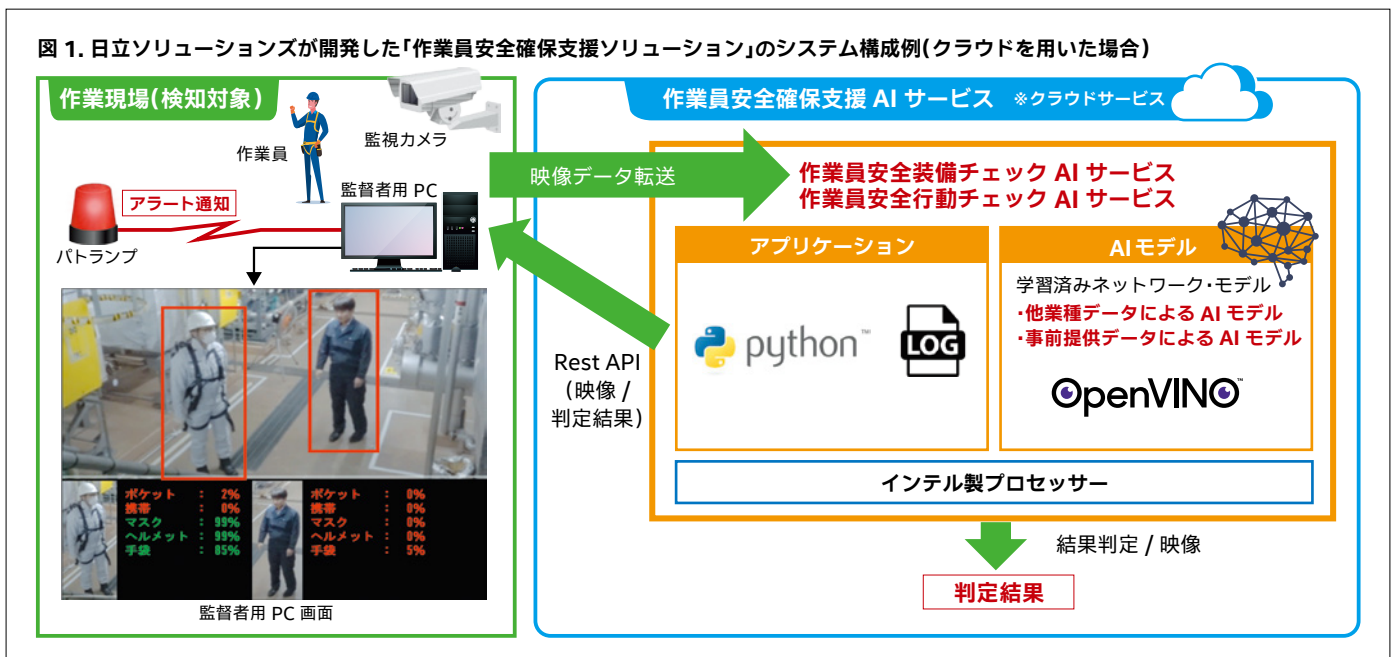
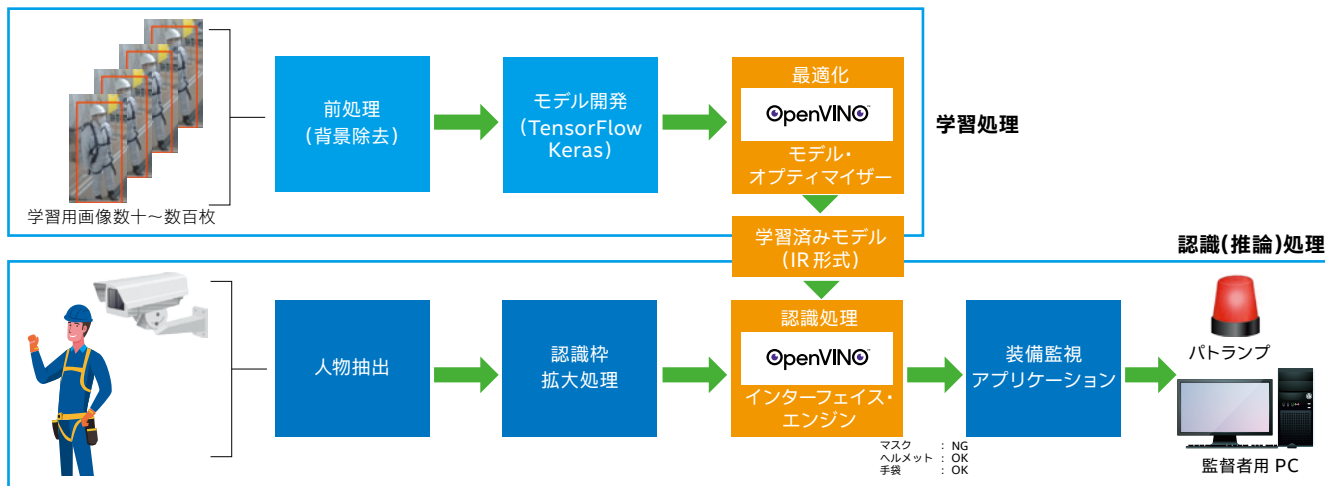


図 2. 学習と認識の大まかな流れ。

OpenVINO™ ツールキットのモデル・オプティマイザーでインテル® プロセッサー向けの最適化を行い、インファレンス・エンジンで認識処理を効率的に実行



OpenVINO™ ツールキットは、TensorFlow Keras などのディープラーニング・フレームワークで開発した学習済みモデルを、インテル® Xeon® プロセッサーやインテル® Core™ プロセッサー・ファミリーなどで実行できるように、「モデル・オプティマイザー」によって最適化を行ったのち、実行可能な形式に変換するツールです（巻末のコラム参照）。

インテル® プラットフォームに最適化されるため、他のランタイムよりも高速に実行できるのが特徴です。

「OpenVINO™ ツールキットを製品開発に適用したのは当社としては初めてでしたが、最適化の効果は素晴らしく、評価の過程で、2 世代くらい前のインテル® Core™ i5 プロセッサーを搭載したノート PC でも毎秒 10 フレーム程度の十分な認識性能を確認できました」（梅村氏）。

認識処理は、人物を最初に認識し、その枠をやや広げた範囲に対して学習済みモデルを適用し、装備の認識を行っています（図 2 下）。すなわち 2 段階の推論によって検出を行っています。

装備認識の正答率は 93% 以上が確認しています。「残りの 7% も、撮影のタイミングで作業員が振り返った、画角内に体全体が入らなかった、といったエラーがほとんどで、実用的には問題ありません」（岡本氏）。

現場のニーズに応じてカスタマイズ 将来は作業員の「次の行動」の予測も

建設業某社との共同検証を経て「作業員安全確保支援ソリューション」は 2021 年 6 月にリリースされました。

システムは現場の状況や顧客の要望に合わせて構築されますが、例えば、5カ所の入場ゲートがある大規模な現場にこのシステムを導入する場合、最新のデスクトップ PC 1 台に 5 台のカメラを接続して 5 系統の装備認識を並列処理したとして、毎秒 0.5 ~ 1 フレーム程度の性能が得ら

れる見込みです。「性能値だけを見ると遅いように感じますが、入場ゲートでの警告に用いるだけです、1秒から 2秒程度の遅延があっても特に問題はありません」と岡本氏は説明します。

なお、現在は装備の有無の確認機能ですが、高所作業時にフックを親綱に適切に掛けているかどうかを含め、作業員の行動をチェックするシステムの開発を進めています。「高所の足場を移動する時や他の作業員とすれ違う時などに、面倒だからとフックを掛けない場合もあるそうです。そこで足場の一角などにカメラを取り付けて、安全でない行動を検出するシステムを構想しています。早ければ 2021 年度中に建設業某社と共同で検証を行う予定です」と梅村氏は説明します。

現場に据え付けるカメラ台数が増えたり認識対象が増えたりするにつれ、プラットフォームの性能がボトルネックになる可能性があります。その課題に対しては、高性能なインテル® Xeon® プロセッサーの各コアの上にコンテナを構成し、多台数のカメラに対する推論を並列に処理するシステムを構想中です。

より高い性能が必要になったときは、インテル® Modivius™ ビジョン・プロセッシング・ユニット（インテル® ニューラル・コンピュータ・スティック 2）やインテル® FPGA を用いて、さらなる高速化を図っていくことも検討しています。岡本氏は、「指定したハードウェア・プラットフォームに対して最適化を行ってくれることが、OpenVINO™ ツールキットの大きなメリットです。性能ニーズに応じたスケーラブルなデプロイを実現できますので、今後の展開でも活用していきたいと考えています」と述べています。

さらに将来は、作業員の「次の行動」を予測して警告を発するようなシステムの開発にも取り組んでいく予定です。労働安全のトータル・ソリューションとして機能を拡充しながら、労働災害のゼロ化に IT と AI で貢献していきたい考えです。

ビジョン・アプリケーションを高速化する OpenVINO™ ツールキット

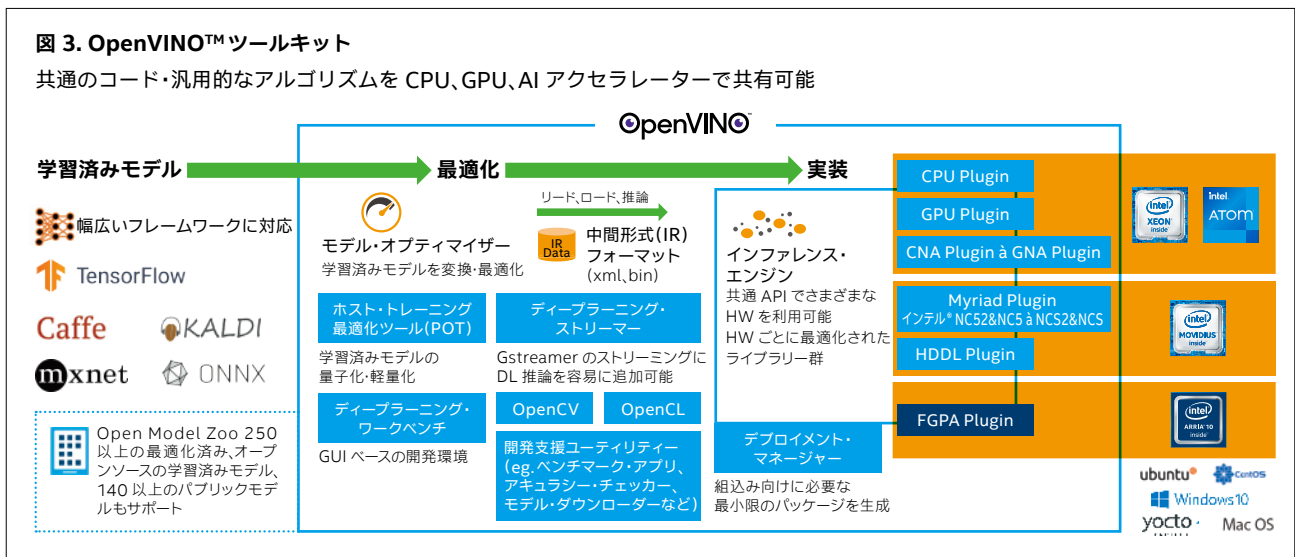
OpenVINO™ ツールキットはディープラーニング推論の高性能化を実現する開発環境およびライブラリー・スイートです。

ONNX 形式などを介して読み込んだ学習済みモデルを「モデル・最適化」で最適化し、IR (中間表現) 形式として出力します。IR 形式のモデルは OpenVINO™ ツールキットが提供するハードウェア・プラットフォームごとの「インファレンス・エンジン」(API セット)上で高速に実行します (図 3)。

実行環境のプラットフォームとしては、インテル® アーキテクチャーの CPU、内蔵 GPU、インテル® FPGA、インテル® Movidius™ ビジョン・プロセッシング・ユニットなど、インテルが提供するさまざまなハードウェアをサポートしています。

また、32ビット浮動小数点 (FP 32) から8ビット整数 (INT 8) への量子化も可能です。

OpenVINO™ ツールキットはインテルのウェブサイト^[*2]で無償で提供しています。



*1 : <https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000207439.html>

*2 : <https://www.intel.co.jp/content/www/jp/ja/internet-of-things/opencvino-toolkit.html>



この文書は情報提供のみを目的としています。この文書は現状のまま提供され、いかなる保証もいたしません。ここにいう保証には、商品適格性、他者の権利の非侵害性、特定目的への適合性、また、あらゆる提案書、仕様書、見本から生じる保証を含みますが、これらに限定されるものではありません。インテルはこの仕様の情報の使用に関する財産権の侵害を含む、いかなる責任も負いません。また、明示されているか否かにかかわらず、また禁反言によるとよらずにかかわらず、いかなる知的財産権のライセンスも許諾するものではありません。

Intel、インテル、Intel ロゴ、その他のインテルの名称やロゴは、Intel Corporation またはその子会社の商標です。

その他の社名、製品名などは、一般に各社の表示、商標または登録商標です。

インテル株式会社

〒100-0005 東京都千代田区丸の内 3-1-1

<http://www.intel.co.jp/>

©2021 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。

2021年6月

347197-001JA
JPN/2106/PDF/CB/IoTG/YY