

AI搭載ステレオカメラによる人検知型 重機自動停止装置「EyeThink」の開発

日本道路㈱ 北信越支店 ○工藤 朗
小野寺 旭
本社 技術部 太田 考信

1. はじめに

建設業においては、建設機械との接触事故防止のため監視警報装置が開発・実用化されている。しかし、舗装業では車線規制内の限られた空間に作業従事者やロードローラなどとの混在作業が余儀なくされ、接触災害は今なお根絶されていない。特に、舗装の品質（締固め度・平坦性）の確保のため、ローラの転圧作業は時速 6～10 km の前後進を繰り返して舗装体の締固めを行い、最終的には平坦な舗装表面に仕上げる必要がある。

そのため運転員は、前後進ともに直進度を意識した運転操作が求められ、後退するときは運転員が振り返って後方の安全確認とハンドル操作を行っている。後方視認状態の運転員の視野および視界は狭まるため、危険回避行動をとるためのレバー操作の誤操作や判断ミスによる遅れを生じさせる懸念がある。それゆえローラ転圧作業中の接触事故が絶えないのが現状である。

2. 自動停止装置「EyeThink」の開発

2.1 人口知能 AI による人の識別

建設現場において、運転員の判断に代わり建設機械の動きを自動的に停止する、安全確実な安全補助装置は実用されつつある。

舗装業では、限られた空間内に複数の作業従事者・重機が混在し、作業範囲や作業姿勢の変化も大きく、監視対象物である「人」とモノを区別する必要がある。当社は、この課題を解決するため AI 技術（人工知能）を採用し、ステレオカメラを利用した重機自動停止装置を開発し社有機械に導入した（写真-1）。

AI 技術の活用により、作業中の複雑な動きや作業姿勢を学習（ディープラーニング）させたことで「人」の識別性能を大幅に向上することができた。（写真-2）

これにより、検知エリア内の検知物が「人物」「物体」であるか否かを AI が判断する。

なお、AI には自己学習機能を有しているが、当該「EyeThink」の自己学習機能は停止している。これは誤った自己学習により「人」への誤認識をさせないためである。

また、自己学習機能を有効とした場合、実際に現場へ導入する際の信頼性・安全性の検証が必要である。



写真-1 「EyeThink」搭載のタイヤローラ

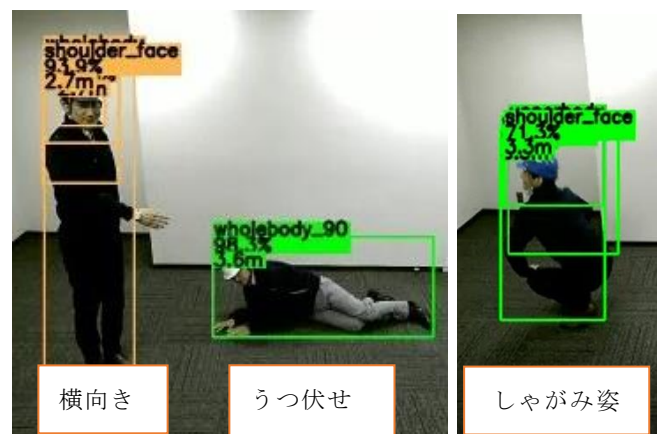


写真-2 学習姿勢画像例

2.2 停止させる制御

2.2.1 距離計測

本システムは、双眼レンズ構造のステレオカメラの左右レンズにて撮影された画素数の差異から対象物までの距離を正確に計測する。測距性能は概ね 15m であるが、検知可能距離の上限を 10m としている。当該ステレオカメラを写真-3 に示す。



写真-3 ステレオカメラ

2.2.2 ブレーキ制御方式

ロードローラ転圧機を停止させるための制御の方法は、走行用油圧ポンプのサーボソレノイド（可変容量ポンプ）を中立化することにより制動をかける H S T（油圧）ブレーキを作動せるものである。

駆動部分に改造や加工を加えた場合、道路交通法等の法律に抵触する恐れがあるため、運転員が操作する前後進レバーに着目し、強制的に前後進レバーを動かし、ローラのブレーキ動作を操作する方式とした。ブレーキ制御装置の外観を写真-4 に示す。



写真-4 制御装置

2.3 システムの装着性や可搬性

「EyeThink」システムは 6 つのユニットから構成され、ロードローラ側の改造は不要である。電源供給用の配線を車両バッテリーに接続するだけで装着することが可能である。

これにより各現場で使用するレンタル機械への装着も容易に行うことが出来き、可搬性の高いシステムである。

3 システム概要

3.1 構成機器

「EyeThink」システムは 4 つの主要な機器構成となる（写真-5）。

a) ステレオカメラ

AI を搭載したステレオカメラで人やモノの検知および距離計測し、各データを制御盤ボックスに転送する。

b) 制御盤ボックス

カメラからのデータに基づき、検知エリア内における人の有無の検知、予め設定された警報領域ごとの検出、制動装置を即座に制御する。また、システムによる自動停止措置時、警報ブザーおよび警報ランプにて注意喚起情報を発信する。

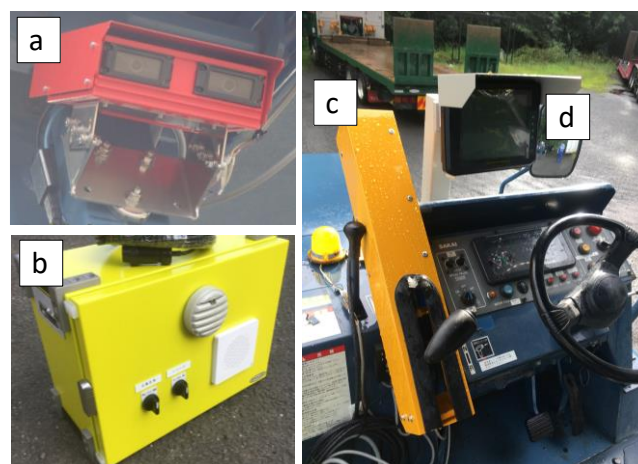


写真-5 機器構成

c) 制御装置

制御盤ボックスからの信号制御に応じて、操作レバーを動作させ減速・停止させる。

d) パネル PC

リアルタイムにカメラの検知状態を表示し、運転員が「EyeThink」システムの動作状態の把握および検知距離・範囲等の設定を行う(写真-6)。

3.2 自動停止操作の原理

検知エリアは、ステレオカメラにて撮影されている範囲内で任意に設定することが可能で、施工現場条件や機種などに応じて幅および距離(奥行)の範囲が設定できる。

更にエリアの中で3つの異なる検知範囲を設定することが可能である。ローラからの近距離の Near Zone と遠距離の Far Zone を設定することもできる。

これにより「停止域」「減速域1」「減速域2」と段階的に作業速度が減速し、舗装表面の仕上がりに影響を与えることなく自動停止でき、ロードローラの急制動により舗装の仕上げ不良やローラマーク発生を防止する。

検知範囲の概念図を図-1に、検知画像を写真-7および写真-8に示す。

人を検知すると瞬時に制御装置が作動して、減速位置や停止位置にロードローラの制動動作を制御する。

人検知は、人間が行う様々な体勢を概ね、8万枚以上の画像データとしてAIに学習させたことで識別性能を向上させている。

また、人物と物体を個別に検知認識でき監視対象物か否かの判断も可能なため、狭小現場でも有効な安全装置であると考えている。

3.3 自動停止後のシステム復旧操作

作業従事者とローラなどの近接・混在作業中にシステムにより自動停止した場合、制御装置のシリンダーがロックされロードローラの前後進ができない状態となる。また自動停止後、検知物の「人」が検知エリアを出たとしてもシリンダーロックは継続される。

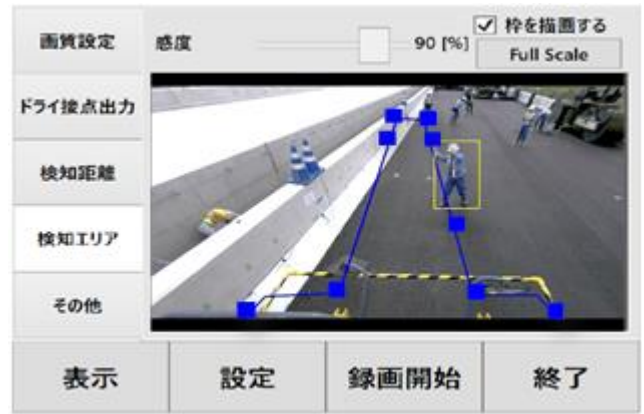


写真-6 パネル PC 範囲設定画面

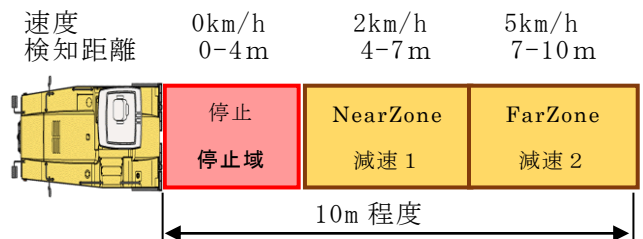


図-1 検知範囲の概念図(例)



写真-7 検知画像 減速域

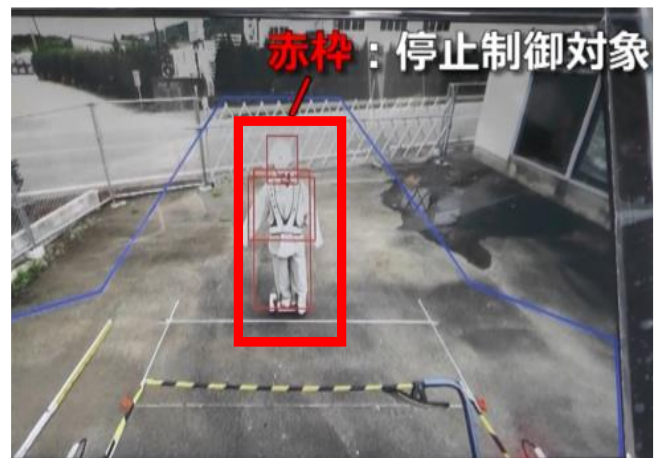


写真-8 検知画像 停止域

そこで、運転員の直接目視による後方の安全確認した後に、自動停止装置「EyeThink」システムを迅速に復旧できる機構を設けた（写真-9）。復旧ボックスには、押しボタンスイッチを設置し、ボタンを押すことで「EyeThink」システムのロック状態を迅速に解除し通常監視状態にするものである。

施工端部での転圧時に作業従事者と十分な距離を確保できず、「人」を検知・自動停止し後退できない場合を想定し設置したものである。

これにより、「EyeThink」システムのメイン電源を切断することなく自動停止装置を迅速に復旧でき、システムを常に有効な状態で保持することができる。



写真-9 システム復旧ボックス

4. 施工現場での適用

自動停止装置「EyeThink（NETIS 登録番号 SK-200007-A）」を搭載したタイヤローラを大規模現場を中心に導入した。導入した現場を表-1 に示す。

表-1 導入した現場

導入年度	発注者	施工区分	導入場所
2018年6月	NEXCO西日本	昼間施工	三重県
2019年8月	NEXCO東日本	昼間施工	新潟県
2019年10月	国土交通省 北陸地方整備局	夜間施工	新潟県
2020年8月	国土交通省 北陸地方整備局	夜間施工	富山県
2021年10月	国土交通省 北陸地方整備局	昼間施工	新潟県

2018年6月より、新設高速道路舗装工事を皮切りに現場運用を開始した（写真-10）。2019年10月より北陸地方整備局管内の夜間修繕舗装工事の安全対策技術として同システムを導入し、稼働している状況である（写真-11）。夜間工事において、一般走行車のライトにより発生したカラーコーンの影を「人」と認識し数回停止した事例が報告され、今回の事象をAIに学習（ディープラーニング）させた。それ以降、昼夜問わず、人検知への検出動作に問題がないことを確認した。



写真-10 高速道路舗装工事の転圧作業

5 おわりに

本システム導入により、建設現場での接触災害を撲滅でき、作業従事者を守ることができる。開発したシステムの構成はシンプルで可搬性もあり、各現場でレンタルされたロードローラへ容易に装着可能である。

今後、「EyeThink」の活躍の場を広げ、転圧機以外の汎用建設機械への搭載を予定している。



写真-11 夜間修繕舗装工事の検知状況