

小型路面切削機：周囲確認補助システムの開発

小型路面切削機における作業員安全性向上への取り組み

小 西 剛

現在、道路舗装はコスト面や工期の面、施工後の即時解放が可能という理由によりアスファルト舗装の割合が高く、その修繕法として切削オーバーレイ工法が主流となっている。

この工法に必須となる施工機械として、路面切削機があり施工幅や用途により様々なサイズの機械が開発され運用されている。今回、その中でも小型の路面切削機を対象とした、周囲状況の把握の補助を行い、警告及び衝突防止につながる機能を開発した。

キーワード：小型路面切削機、AI カメラ、衝突軽減、マシンコントロール、警告、安全性向上

1. はじめに

舗装道路の修繕工事の内、切削オーバーレイ工法は最初期に施工する工程であり、後工程への影響を出さない為、路面切削機のオペレータは、正確かつスムーズな施工を求められる。

その為、オペレータは周囲の状況よりも作業へ意識が集中することは致し方ないことである。

このような現状を踏まえて、従来の緊急停止装置に加え、その補助として機械側で危険状況を把握、オペレータへ警告及び機械停止を含めたシステムを開発したので紹介する。

2. 開発の背景

路面切削機は様々あり、その内、小型切削機と呼ば

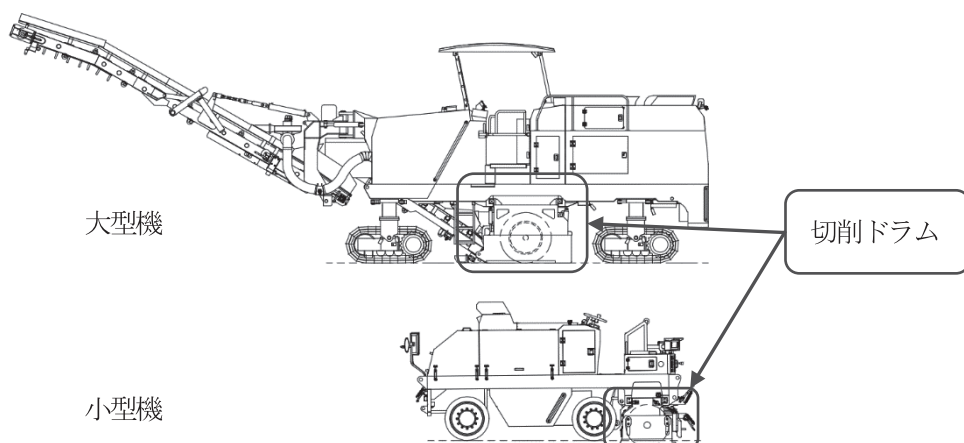
れるタイプについては、大型機と比して、切削装置であるドラムユニットが機械後部に配置されている(図一1)。

その為、壁際からの切削作業を可能とすることにより、端部の切削残りを削減し、橋梁の継ぎ目等の横断切削をも可能としている。

小型切削機は、基本的にワンマンオペレーションでの運用がなされており、操作部が機械後方に集中している特性上、機械前方側の死角が発生する。

又、オペレータは切削前の位置合わせの際においては切削開始地点、切削作業中においては、切削深さ・進行方向の確認、操舵の補正等を機械後部のドラムユニット周辺へ意識が集中している為、機械の周囲の状況把握やオペレータ自身の状況把握が後手になることがしばしば発生する。

上記の使用状況により、危険な状況に陥る前に、オペレータもしくは周囲の作業員へ周囲の状況把握を補



図一1 路面切削機比較



写真—1 機械全景

助するシステムを開発する必要がある。

3. 開発装置の概要・特徴

今回紹介する装置は、魚眼レンズを搭載した AI カメラを採用し、機械前後に配置することで、機体全周囲を視認可能とした（写真—1）。

又、検知範囲に人が立ち入った際に、オペレータもしくは周囲の作業員へ危険状況の周知を可能とした。

4. システムの概要

(1) AI カメラシステムの搭載

今回、採用した AI カメラシステムは、カメラを上方より下面に向け搭載することで、360 度視野角を確保する。

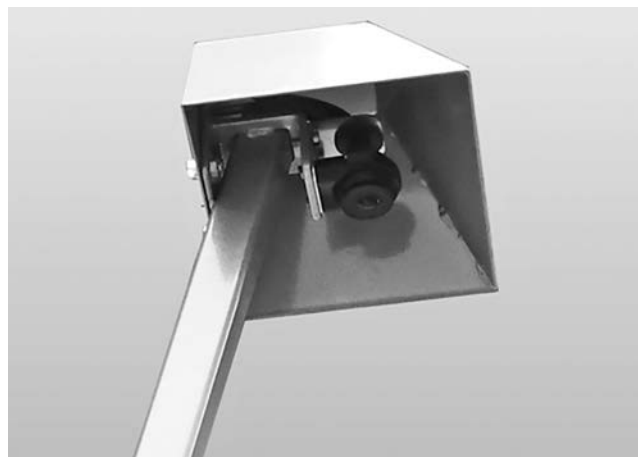
撮影された画像は機械上に設置したディスプレイにより確認可能としている（写真—2、3）。

カメラより取り込んだ画像を AI 搭載の画像処理ユニットがフォームにて人間を認識・判定を行い、設定された注意範囲内の人間を黄色枠で囲み、危険範囲内の人間は赤枠で表示される。

各範囲で人間を検出した際は、機械に搭載した積層信号灯（黄・赤）を、注意範囲内で黄色に、危険範囲内では赤色に点灯と共にブザーを鳴らすことで、オペレータ及び機械周囲の作業員に対して警告する。

(2) 検知範囲の指定

小型路面切削機の現場は、オペレータのみならず誘導員やスコップマン等の作業員が機械の近傍で作業されている場合が多い。又、中央線合わせの切削の場合、



写真—2 魚眼カメラ



写真—3 表示ディスプレイ

対向車が機械のすぐ脇を走行している状況となる。

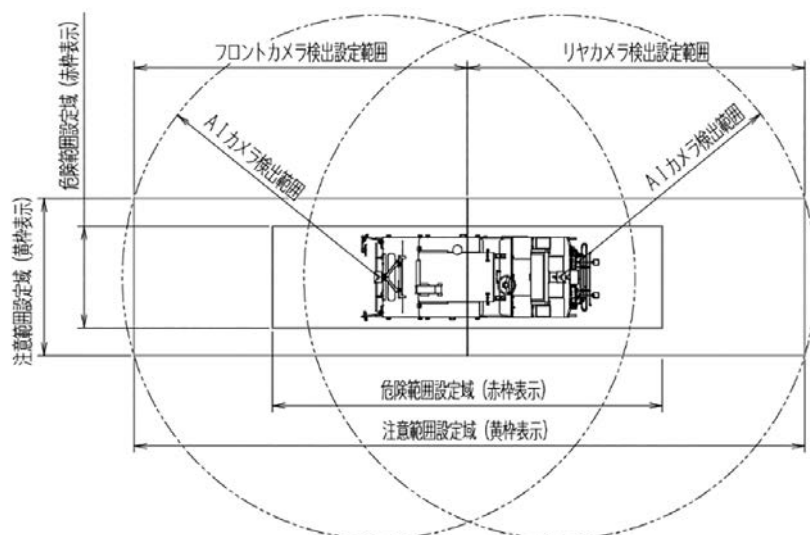
その為、カメラの視認範囲のすべてを検知範囲に設定してしまうと、常時反応してしまい実用性を喪失する懸念があった。

対策として、人間の検出範囲を絞り込むことで、範囲内での安全性向上・実用性の担保を図っている（図—2）。

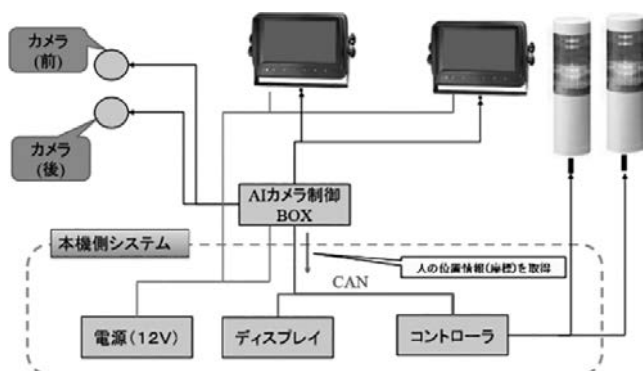
今回、装置を搭載した切削機は、走行モードが移動用の「高速モード」と切削作業時の「低速モード」の二種類ありそれぞれ安全性・作業性にかかわる特性が異なる。その為、各走行モードにおいて認識範囲の設定が必要であり、それを切り替え可能なシステムであることが望ましい。

そこで、AI カメラシステムの制御ユニットと機械側のコントローラを CAN にて接続し、選択された走行モードに応じた検知範囲の切り替えを可能とした（図—3）。

切削作業時に使用する「作業モード」選択時は、機械の近傍にいる他の作業員や対向車の運転手等を検知しないよう、機械幅方向の検知範囲を機械の正面部及

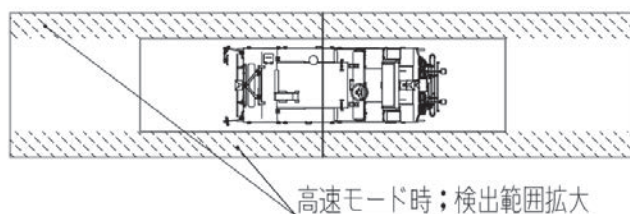


図一2 検知範囲設定

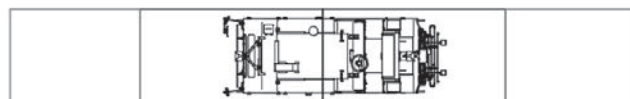


図一3 システム構成イメージ

高速モード時



低速モード時



図一4 検知範囲設定

び背面部にすることで、作業性への影響を低減している。

移動用に使用する「高速モード」選択時は機械幅方向の近傍部まで検知範囲を拡大することで、安全性の担保を図っている（図一4）。

進行方向も認識し、認識範囲を進行方向上に限定することで、実用性の確保をしている。

作業灯・前照灯の点灯を条件とし、目視範囲が狭くなる夜間において検知範囲を拡大することで、より早く人を検知可能としている。

(3) 機械との連動

前項で述べた通り、AIカメラシステムの制御ユニットと機械側のコントローラ間でCAN通信することで、それぞれの走行モードを選択時に人間を検知した際の走行制御や警告方法などを個別で設定可能とした。

「高速モード」選択時は、走行最大速度は5.6 km/hとなるが、「注意範囲」内にて人間が検知された際には、減速制御が働くことで走行速度を走行最大速度に対し50%迄自動的に減速する。

その際、検知箇所が機械の正面・背面である場合、

ブザーを鳴らし、積層信号灯を「黄色」点灯させる。

正面・背面以外の場合は、積層信号灯の「黄色」点滅させ注意喚起を図る。

「危険範囲」内で検知の際には、停止制御により走行を自動的に停止させ、ブザーが鳴り積層信号灯を「赤色」に点灯させる。

一度、減速制御・停止制御が働いた後、「検知範囲」から被検知者が検知範囲外に出た場合に、従来の速度への自動復帰はせず、機械側の前後進レバーを「中立」位置へ戻す（この際、走行は停止）操作を介して、再度、前後進レバーを操作することで、走行速度制御を通常状態へ復帰するようにした。

「低速モード」選択時は、最大速度が高速モードに比して遅く、切削作業中においては、さらに低速域での走行となる。

「注意範囲」内にて人間が検知された際は、ブザーが鳴り、積層灯が「黄色」に点灯する。

「危険範囲」内にて人間を検知した際は、ブザーが

表―1 検知範囲別制御

走行モード	検知エリア	積層信号灯	ブザー	減速・停止制御
高速	危険範囲	赤色（点灯）	ON	走行停止
	注意範囲（前後）	黄色（点灯）	ON	50%減速
	注意範囲（側面近傍）	黄色（点滅）	OFF	50%減速
低速	危険範囲	赤色（点灯）	ON	無し
	注意範囲（前後）	黄色（点灯）	ON	無し
	注意範囲（側面近傍）	非検知		

鳴り、積層灯が「赤色」に点灯する。

又、高速モード時のように、減速・停止制御を有効にすると、作業性や仕上がり面への影響が懸念される為、「低速モード」時においては、光及び音によるガイダンスとした（表―1）。

5. 稼働実績

現在、本装置での社内検証試験のみ。

夜間試験においては、対向車のハイビームに影響を受けることなく反応。

今後は、さらなる検知精度の向上を行い、製品化に向けての開発を行う。

6. おわりに

本装置は、標準仕様機へのオプションとして、換装可能ユニットとして開発をスタートしており、従来の

カメラではオペレータに依存せざるを得ない「確認作業」を AI による自動判定化により「ヌケ・モレ」の低減を目指す。

その中で AI カメラシステムや一部だが機械側への MC といった新機能を盛り込んだ。

今後も現場のニーズと作業員の安全向上に応える技術開発に取り組んでいきたい。

JCMMA

《参考文献》

- 1) 福川光男 “舗装技術者のための建設機械の知識”，第8章 8－1（令和2年）

【筆者紹介】

小西 剛（こにし つよし）
範多機械㈱
技術統括部

