

ゼネコンで考えた重機に搭載する 360° 3D モニターシステム「ぐる見えくん」開発物語

後付け、取外しを可能にした安価なモニターシステムが出来上がるまで

布施 尚行

建設現場において一度重機災害が起きれば、被災した作業員は命に係わる大けがをする。残念ながら5年前当社において、油圧ショベル右側でしゃがんでいた作業員と重機が接触して死亡災害に至る重大災害が発生した。

この事故を二度と起こさないために「世の中に出回る ICT 技術を活用して重機災害を防ぐアイテム（システム）を開発せよ」と社長からの命を受け、自社で重機に搭載する安全装置の開発、商品化までの経緯を紹介する。

キーワード：重機の死角、360° 3D モニター、後付け、取外し、安価

1. はじめに

建機メーカーの各社は、重機災害防止のために各種多様な安全装置を開発し重機に搭載しているが、建機リース会社からレンタルする重機には、まだそれらの安全装置が搭載された重機は数少ない。油圧ショベルを例に挙げれば、後方確認カメラが搭載された重機は広く利用されているが、運転手からの死角と言われる右側面を確認する安全装置が搭載された重機となると、建機リース会社のオプション等で対応し、安価なものではなかった。

2. 開発の背景

重機災害の防止、すなわち重機と作業員の接触事故防止を図る上で当社は、忘れてはならない事故がある。それは2017年6月に発生した油圧ショベルと作業員が接触した事故である。

この事故は、後方確認カメラが搭載された油圧ショベルを使用していたが、進行方向に対して90°向きを変えて移動中に作業員と接触した事故であった。

当該重機には後方確認カメラを搭載していたが、右側面でしゃがんでシートの片付けをしていた作業員に気付くことは出来なかった事故（写真-1）である。

この事故が契機となり、当時検討した事故の原因、背後要因の振返りを行い、更に油圧ショベルに従事する多数の重機運転手にヒアリングを行い、運転手が事故防止に求める意見（図-1）を集約した。



写真-1 油圧ショベルと作業員の接触事故

◆重機運転手が求める安全装置の上位2つ

- ①運転席から死角となる重機後方と右側面の情報が運転席で見えるもの。
- ②重機作業半径に作業員が立入った時は、作業員と接触しないために重機が自動停止する装置。

図-1 重機運転手に行ったヒアリング結果

アンケート結果は、元請けの立場でも想定した通りの結果であり、この上記2項目に的を絞って、社内にプロジェクトチームを立ち上げた。

3. 開発の過程

(1) まずは情報収集から

プロジェクトチームを立ち上げたがどのように ICT

と結び付ければ良いか分からず、当時東京ビッグサイトや幕張メッセで行われる ICT 関連の展示会に行き、情報を求め歩いた。

その中でヒントを得たのは自動車業界の展示会で、自動車の周囲を確認するサラウンドビューシステムである。当時は某自動車会社のテレビ CM でよく耳にする用語であったが、その仕組みを理解する中で「重機にも応用出来る」と確信した。

確信した理由は、以下の通り（図一2）である。

◆サラウンドビューシステムの仕組みと特性

- ①重機の前後左右の4面の車体最外方にカメラを取り付ければ画像構成が出来る。
- ②上記カメラ位置の高さが不揃いでも補正することで機能は保たれる。

図一2 重機への応用が可能な理由

(2) 奥深いサラウンドビューシステム

更にこのシステムに精通している有識者と情報交換する中で、車体外周を見るサラウンドビューシステムには開発メーカー毎に多種多様であり、上から見た俯瞰映像を提供する2次元的ビューシステムを基本に更に進化した、視点を自由に変えて俯瞰映像を提供する3次元的ビューシステムがあることが分かった。

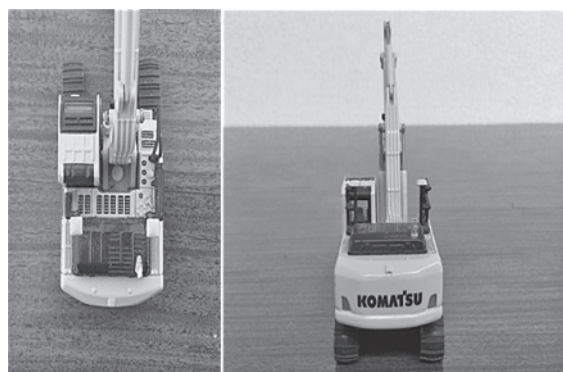
社長から開発を一任されている立場としては、「安価でシンプル」なシステムを開発したい思いであったが、有識者からの助言は「2次元の世界はもう終わり。これからは3次元の世界」であった。

確かに3次元（以後3Dと称す）で見る映像は綺麗でかつ立体的な情報が得られ、今まで見たことのない映像だった。開発の発端となった当社の災害（写真一1）の再発防止を図るには最適なシステムだった。

直ぐに社に戻り、3D視野で見るこのシステムの有効性と重機災害防止に役立つアイテムにカスタマイズして開発（写真一2）することを訴え、3Dシステムで重機災害防止を図る開発が承認された。

(3) 建設機械にカスタマイズする課題の克服

今回当社が選んだ3Dシステムは、(株)ソシオネクストの「OMNIVIEW（オムニビュー）」（以下、本3Dシステムという）である。自動車業界では運転手の視覚補助として活用されており、実績のあるこの装置。既に建設機械の遠隔操作への用途として展開はされていたが、これは運転支援目的の用途である。今回の開



写真一2 運転席のモニター画面で見るイメージ

発目的は、安全支援装置として使用することなので、(株)ソシオネクストのシステムエンジニアと建設機械にカメラを取り付ける方法や配線ルートに関して助言・指導してもらうために、建設機械に精通した(株)アクティオの2社をプロジェクトチームに交え、3社で業務提携を結んで鉄建オリジナルの重機安全装置の開発をスタートさせた。

開発当初は、重機運転手が求める2項目（図一1）を満たす要求事項のほかに、下記に挙げる要求（表一1）を当社から行ったが、悉く却下された。その中でも開発においては、こだわりを持って行った（図一3）。

実物の重機（今回の実機検証に用いた重機は、事故を起こした重機と同型機種0.4m³級後方小旋回油圧ショベル）で検証を行い、その都度議論を行った。

表一1 カスタマイズしたい項目

要求事項	判定	理由
360° 3D ビュー画面	○	
人 検 知 機 能	×	億単位の開発費が必要
自 動 停 止 機 能	×	メーカー保証外になる
無 線 配 線	×	画像に時差が生じる
タッチ画面操作機能	×	億単位の開発費が必要
後 付 け・取 外 し	○	
載 せ 替 え	○	
防 塵 防 雨 機 能	△	屋内仕様のため

◆カスタマイズする上でこだわり（コンセプト）

- ①この安全装置を扱う上で、重機運転手に余計な操作はさせない。
- ②重機が始動する直前に機械の外周を確認する映像を運転手に見せる。
- ③取付費用込みで100万円以下の安全装置にする。

図一3 開発する上でこだわった項目

リース会社からレンタルする重機に取付けることが前提であるので、機器を取付ける際には重機本体に孔明け加工や新規のボルト止めは、機械返却後に修繕費を請求されてしまうので、既存のボルト止め箇所を利用して添加する固定方法を基本に検討した。

カメラの取付け一つにおいても各面毎に検討を行い、場所によっては直接カメラを取付けると機械動作に支障するため、ブラケットを介してカメラを取付ける工夫も行った(写真—3, 4)。



写真—3 カメラの固定方法 (右側面)



写真—4 ブラケットを使ったカメラの固定 (前面)

カメラ機器の取付方法の検討と並行して、運転手に見せる映像構成をどのようにするか、システムエンジニアと議論を重ね、本3Dシステムの特性を活かした

◆本3Dシステムの特性を活かした映像構成

《待機モード》 ※エンジン始動を含む
操作前に外周を連続して確認出来る映像

《作業モード》
作業中、作業半径内に立入る作業員がいないか確認出来る映像

図—4 運転手に提供する映像構成

映像構成となった(図—4)。

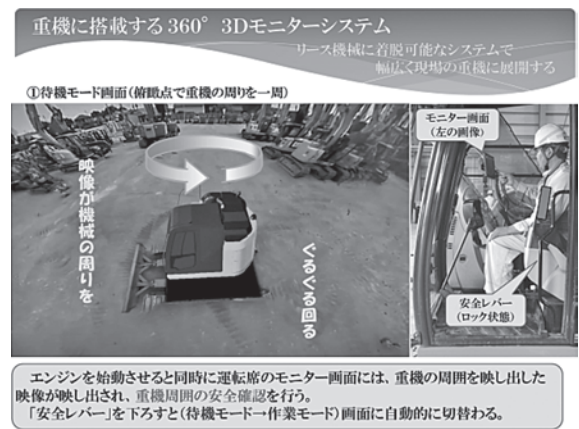
(4) カスタマイズする上での最大難関

ここまで順調に進んできたが、完成の一手手前で行く手を阻む壁が生じた。それは映像の切替方法である。

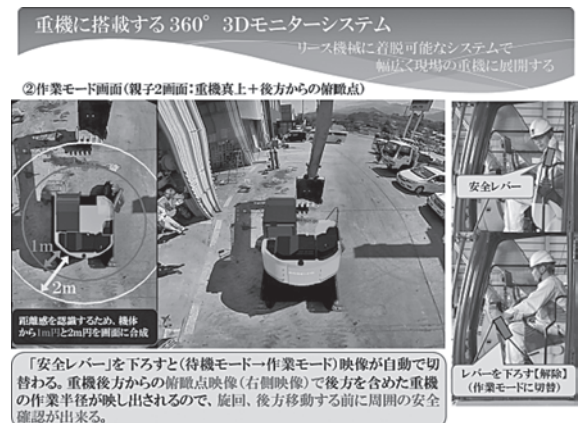
切替スイッチを付ければ画像を切替えることは簡単であるが、その都度運転手に操作する手間を与えれば面倒な手間となり、運転手は切替えることはしないはずである。更に図—3で記した通り「重機運転手に余計な操作はさせない」コンセプトは崩したくなかった。

アクティオの機械整備士と機械操作手順を改めて見直し、実機を使った実演をする中で解決策が見出された。それは機械の乗降時に扱う「安全レバー」であった。

早速映像切替えの信号を安全レバーに紐付けることをアクティオに相談したところ、紐付け行為は機械の改造には当たらないとの見解を得て、この大きな壁を突破することが出来た。映像の切替方法は以下の通り(図—5, 6)である。



図—5 安全レバー作動時 (待機モード)



図—6 安全レバー解除時 (作業モード)

(5) デモ機の完成がゴールではない

構想から1年かけてデモ機が完成した。社内においてこの安全装置の有効性が認められ、耐久性試験、他社建機メーカーへの対応検証等に数千万円が必要であったが、この要求も認められ、開発は第2ステージに入った。

自動車用に開発された本3Dシステムを建設機械に応用する訳だが、建設機械の振動や土埃によるシステムへの影響など、耐久性を検証する必要があった。

その耐久性試験を行う環境として選んだのはトンネル現場である。閉所的な環境で岩盤を砕きながらの掘削、モルタル吹付等は、建設機械にとっては劣悪な環境であるが、この安全装置の検証を行うには最適な現場と考え、北海道新幹線のトンネル現場で使用している建設機械で検証を行った(写真—5, 6)。



写真—5 耐久性検証を行った重機とその現場環境



写真—6 運転手による確認(暗所環境でも鮮明な映像)

取付け後、振動によるカメラの落下、土埃による動作不良も無く期待通りの成果を上げた。

しかし検証を始めてから3ヶ月が経過した頃、現場より「モニター画面の映像がかすんでいる」と連絡があった。現場に乗り込み現物を確認すると原因は、繰返しトンネル坑内で行われている吹付けモルタルがカ

◆重機運転手の評価 ベスト5

- ①見えなかった所が見える。
- ②待機モードの映像は斬新。見た事ない映像。
- ③薄暗い場所なのに明るく見える。
- ④画面が自動で切替わる。
※待機モード→作業モード→待機モード
- ⑤振動作業でも映像がブレない。

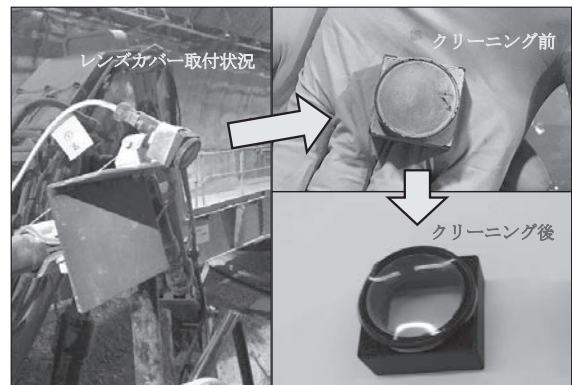
図—7 モニター画面を見た重機運転手の評価

メラレンズに付着したものであった(図—7)。

当初は研磨材の入ったクリーナーで対応しようと考えたが、清掃のためにカメラを取外す必要があり、その都度キャリブレーションを行う手間も発生し、不評であった。打開策を検討するなか、システムエンジニアからレンズカバーの提案があった(写真—7)。

レンズカバーの製作については、カメラレンズに合うように3Dプリンターでフレームを製作し、レンズをはめるもので、4個/組を数千円に対応可能にした。

これと並行してリース市場で広く使われている建機メーカー各社の0.2~0.7m³級油圧ショベルで検証を行い、カメラの取付ブラケットの標準化を図った。



写真—7 カメラレンズカバーの導入

4. 完成した安全装置「ぐる見えくん」

デモ機の完成から更に1年、構想から起算すると2年を要したが、ゼネコンの発想で考えた重機と作業員の接触事故防止を図る安全装置が完成した。

この装置の最大の特徴である図—5, 6の機能から「ぐる見えくん」(以下、本安全装置という)と命名し、商標登録出願と特許出願を行い、特許出願は2021年12月に公開され、商標登録は2021年4月末に完

- ①0.25 m³級以上の油圧ショベルに後付け搭載可能。
※一部出来ない機種あり
- ②運転席がキャビン仕様の重機であれば搭載可能
- ③装置の取付・キャリブレーションは3時間、取外しは1時間で可能（熟練の整備士の場合）
- ④システム本体，取付と取外しの費用は約80万円。
※東京近郊の現場の場合（遠方は要出張費）

図一8 本安全装置の取付条件



写真一9 運転手から見える本安全装置の視界

了している。

なお，本安全装置の取付条件等は，以下の通りである（図一8）。

5. 更に進化を遂げる本安全装置

ブレーカー付きを含む油圧ショベル系統で実用性の検証を行ってきた本安全装置であるが，図一8で記載の通り運転席がキャビン仕様の重機であれば搭載可能を証明するために4.9tクローラークレーンへの適用を行うほか，当社が得意とする鉄道工事への実用展開を図るため，鉄道工事用機械（軌陸車）への検証も行い，本安全装置の適用可能な建設機械の範囲を広げた（写真一8，9）。



写真一8 軌陸クレーンへの応用

6. おわりに

本稿では，過去に起こした事故を教訓に当社自ら考案した安全装置を紹介した訳だが，自動車業界の技術を建設業界に取り入れたもので「開発」に相応しいものか賛否別れるところである。しかし建設現場で広く使われているリース機械や協力会社が持込む重機が360°の視野を映像を通して得られ，重機運転手からの死角を無くすシステム「ぐる見えくん」は，間違いなく安全性の向上に役立つものと言える。

社内向けにプロモーションビデオを作成し，社内において広く普及展開を図っているところであるが，本稿を読まれた皆さんにも是非使って頂きたい。飛躍的に既存の重機の安全性が高まる本システムを活用してもらい，建設現場における重機災害が減少する一助となればと願っている。

JCM/A

【筆者紹介】

布施 尚行（ふせ たかゆき）
鉄建建設株式会社
東京鉄道支店 鉄道安全部
部長

