

# アスファルトフィニッシャ遠隔操作技術の開発

世紀東急工業(株) 技術研究所 ○竹内 海歩  
同上 磯部 雅紀  
同上 板東 芳博

## 1. はじめに

近年、建設業界においては、少子高齢化や労働人口の減少によって技術の継承、省人力化が喫緊の課題となっており、その対応策の一つとして建設機械の自動化が進められている。舗設現場においては、アスファルトフィニッシャ（以下、AF）の操作を行うのに通常2～3名のオペレータが現場に常駐する必要があり、またその機械操作が煩雑であることに対して専門技術者が不足していることが問題点として挙げられる。そこで筆者らは、AFの遠隔操作技術および施工中のステアリング操作の自動化技術の開発を行った。

本報では、AFの遠隔操作技術開発の取り組みと、実際の舗設現場で遠隔操作を実施した結果について報告する。

## 2. システムの概要

道路舗装工事で使用する大型AFはAF運転手と、スクリード付近で敷き均し厚さや施工幅員の調整を行うアジャストマンの2名1組で操作するのが一般的である。AF運転手の役割はAFの走行制御を中心に、ダンプトラックからアスファルト合材を荷受けし、バーフィーダを介してAF後部のスクリードへスムーズに合材を送り届ける役割を担っている。

当開発では、AF運転手の作業を遠隔化することとし、表-1に示す作業を遠隔で行うものとして選定した。

システム全体の構成としては、AFの前方および全周をカメラで撮影し、そのデータを携帯電話回線を用いてクラウドを介し遠隔操作室へ送信し、その映像をもとに遠隔操作を行う。遠隔操作室側からも同様に、遠隔操作のデータを携帯電話回線を用いてAFに送信し、AFの各種装置を操作するシステムである。システムの概略を図-1に示す。

表-1 遠隔操作を行う作業項目

| 制御系統 | 遠隔操作可能な作業 |
|------|-----------|
| 走行関係 | 前後進       |
|      | ステアリング操作  |
|      | 速度調整      |
| 作業関係 | ホッパ開閉     |
|      | バーフィーダ操作  |
|      | スクリュ操作    |
| その他  | ダンプ誘導装置   |
|      | ホーン操作     |

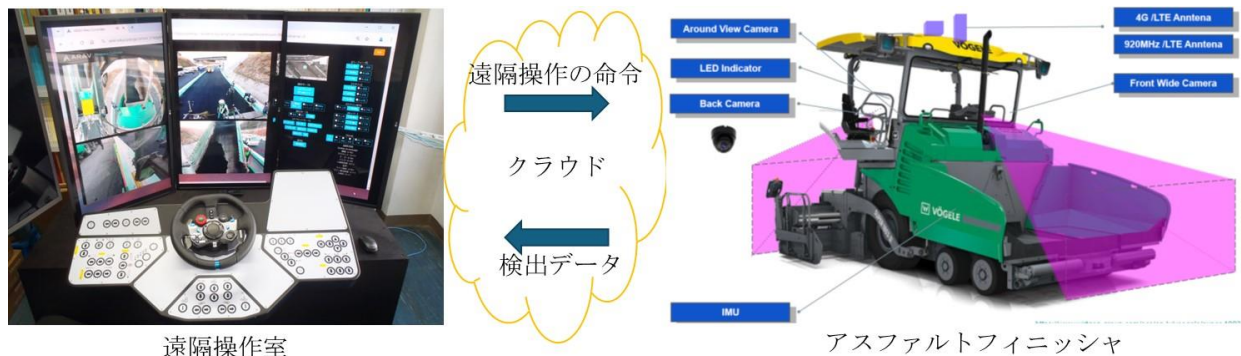


図-1 遠隔操作システムの概略イメージ

### 3. システムの実装

今回システム実装を行った外国製ホイール式 AF は、CAN バスと呼ばれる制御システムを採用しており、AF に流れている CAN バスの信号を解析することで AF 制御の仕組みを把握することができる。

制御信号解析の結果、AF 本体の走行に関する制御（前後進、速度制御、ステアリング操作）は電氣的な制御に対応することが困難であることが分かった。よって、これらの操作は写真-1 に示すような制御装置を AF 操作盤に設置し、機械的な制御を行うものとした。

AF の前後進を制御するレバーはカム+リンク機構により操作するものとし（写真-2）、走行速度ダイヤルは、ダイヤルをサーボモータで回転させて AF の走行速度をコントロールする。ステアリング操作も同様にサーボモータを用いて制御信号をステアリングに伝えてステアリング制御を行う仕組みとした。

走行系以外の作業系の操作（ホッパ、バーフィーダ、スクリュ、ダンプ誘導装置、ホーン）は CAN バスに介入することで電氣的な制御を可能とした。

AF 周囲の画像を撮影するカメラとしては、フロントカメラ、バックカメラ、アラウンドビューカメラ、自動操舵の画像認識用カメラの合計 4 台を設置した。そして、遠隔操作室と映像や信号の通信を行う通信機器と制御用コンピュータを収納したボックスを設置したものが AF 側の装備となる。

遠隔操作室側の設備は図-1 左側に示すように、制御用コンピュータ、モニタ、ステアリングゲームパッド、操作盤からなり、操作盤は実際の AF の操作盤に近い形状のものを作製した。

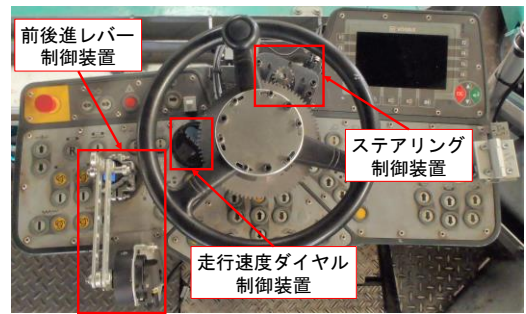


写真-1 AF 操作盤の制御機器設置状況



写真-2 AF 前後進レバー制御装置

### 4. AI による自動操舵機能の付加

AF 運転手は舗設作業時 AF 本体の運転に加え、合材の供給状況や AF 周囲の安全確認などに配慮しなければならない。そこで遠隔操作時にもその負担を軽減するために、AF のステアリングを自動操舵することを試みた。

本自動操舵システムは、既にクローラタイプの AF で実用化されている三次元設計データを用いて自動操舵するものとは異なり、自動車の自動運転に用いられている AI 画像認識による自動操舵技術を応用したもので、切削端部や舗装定規の画像を AI によって認識し自動操舵するものである。写真-3 に示すようにスクリーン端部に認識用カメラを設置し、図-2 に示すように舗装定規の両端を認識しその中央を走行ラインと認識するようにプログラミングした。



写真-3 自動操舵走行用カメラ

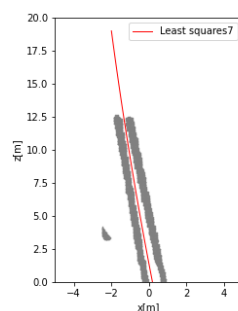


図-2 AI による走行ルート作成イメージ



## 5. 安全対策

本システムは将来的に舗設作業の無人化を想定しているものであるが、それを実現するには安全面の対策を講じる必要がある。

本システムでは、いかなる場合でも瞬時に AF を停止させることができるように写真-4 に示すような無線式の非常停止端末を重機に配備しており、非常停止端末のボタンを押下することで AF のエンジンが停止する仕様となっている。またこの非常停止端末を用いることで遠隔からの操作を切り離し、重機側に操作の権限を戻すことも可能である。

また写真-5 に示すようにシステム上ではフロントカメラ上に映った人間を認識できるようになっており、これにより AF を自動停止させることも可能である。しかし現状の AF での舗設作業時は AF 周辺に人間が立ち入ることは避けられず、自動停止を機能させると舗設作業が進まなくなることが考えられるため、現時点では AF を自動停止させる機能は持たせていない。今後の現場検証によりデータを蓄積し、自動停止機能の装備の検討を進めていく予定である。



写真-4 非常停止端末



写真-5 AIによる人間立ち入り認識

## 6. 屋外検証

システムを実装した AF で自社構内での動作実証を行った。遠隔操作室での画面からの視認状況を写真-6 に示す。

遠隔操作による AF の前後進制御、ステアリング操作、作業装置（ホップ開閉、バーフィード操作、スクリュ操作、ホーン、ダンプ誘導装置）は想定通り動作することが確認できた。

AI による自動操舵走行時の舗装定規の認識状況については、日射による影や舗装ジョイントなど基面のコントラストが変化する箇所で、舗装定規を正確に認識できず誤ったルートを作成する場合があった。そこでカメラ位置や画角、認識範囲などを調整することで、概ね舗装定規端部を正確に認識し正しい走行ルートの作成が可能となった。また AI による走行ルート作成に伴うステアリング自動制御機能についても問題なく動作することを確認した。

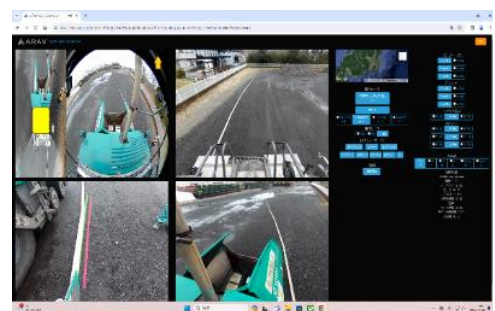


写真-6 遠隔操作室の画面表示

遠隔操作を実施する際に懸念されるデータ遅延については、最大で 1 秒以内であり実用上ほぼ問題ない程度であった。

## 7. 実際の舗設現場での検証

自社構内での検証結果を踏まえ、実道での現場検証を行った。現場は群馬県内の国道の修繕工事（切削オーバーレイ）および、新設工事の 2 箇所で検証を行った。

修繕工事現場での検証は、安全を考慮し AF オペレータは従来通り 2 名配置し、AF 運転手も従来通り運転席に搭乗させて作業を行った。また遠隔操作も遠隔操作用ノートパソコンを AF に搭載し AF 上から遠隔操作を行った。



写真-7 切削端部における AI 認識状況

現場での遠隔操作で問題なく動作することを確認した後、現場から約 100 k m 離れた栃木県の技術研究所から遠隔操作を行った。遠方からの操作においても通信の大きな遅延は無く作業可能であることが確認できた。また自動操舵の認識 AI は、当現場では舗装定規は使用しないため、写真-7 に示すように路面切削の端部の段差を認識させたが、AF の走行に支障をきたすような誤認識は発生しなかった。



写真-8 構造物端部における AI 認識状況

新設工事現場での検証においても、舗装定規は使用しなかったため、写真-8 に示すように道路構造物の端部の段差を認識させたが、問題なく自動操舵を行うことができた。また当現場では、栃木県の技術研究所から遠隔操作を行い、現場の AF 運転手を無人化して施工を行った。その操作状況と現場の様子を写真-9、写真-10 に示す。



写真-9 遠隔操作室からの操作状況



写真-10 AF 運転手無人での施工状況

## 8. 効果と課題

自社構内および現場における検証では当初目標とした AF の遠隔操作および自動操舵が動作することを確認できた。これにより従来 2 名体制で作業を行っていたオペレータが、1 名は現場へ赴かずに作業を行うことができ、舗設現場の生産性向上や機械オペレータの働き方改革の実現といった効果とともに、遠隔操作を行わない場合には、未熟なオペレータに対して遠隔で教育することも可能になり、人材育成における効果も期待できる。

一方でこれまでの検証において得られた課題を以下に示す。

- ① 架空物や路面構造、AF 周辺の特に敷き均し装置付近の視認がしにくいいため、カメラを追加するなどして視認性の向上を図る必要がある。
- ② 遠隔操作時に臨場感が感じられず現場の雰囲気が伝わりづらいため、カメラの追加や、現場の環境音や音声を遠隔操作室に伝えるためのマイクを設置するなどの改良を行う予定である。
- ③ 安全性を確保するための運用方法の確立が必要であり、非常停止装置などのシステム上の安全対策は施しているが、当面は遠隔操作時も従来通り AF は 2 名体制で運行し、安全面を含めたデータ収集を行う。

## 9. おわりに

今後は現場での検証を重ねて運用上の課題の抽出を行い、操作性や自動操舵の精度向上を図りながら、将来的には完全無人化を目指して開発に取り組んでいく所存である。