

## 生産性と安全性の向上を目的とした バッテリー機関車の自動運転システムの開発

平田 惣一\*1・谷崎 英典\*2

### 概 要

近年、トンネルの長距離化に伴い無人化や自動運転等による生産性向上に繋がる技術が求められている。また上下水道管のバイパスネットワーク化等で用いられる小断面のシールド工事では、坑内作業員の退避場所が確保できない狭い作業空間で資材運搬作業等が進められており、安全性の向上が求められている。そこで生産性向上と安全性向上を目的として、人とモノの違いが判別可能な高精度 AI カメラを搭載したバッテリー機関車の自動運転制御による運行管理システムを開発し、実証実験により実用性を確認した。

キーワード：AI カメラ、遠隔監視、資材運搬

### DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR BATTERY LOCOMOTIVES TO IMPROVE PRODUCTIVITY AND SAFETY

Souichi HIRATA \*1, Hidenori TANIZAKI \*2

### Abstract

In recent years, as tunnels have become longer, there has been a growing demand for technologies that can improve productivity through unmanned and automated operations. In shield tunneling projects with small cross-sections, such as bypass networks for water and sewage pipes, material hauling and other operations are carried out in confined areas where it is impossible to provide evacuation routes for workers, and thus further safety improvements are required. In order to improve productivity and safety, we developed an operation management system using an automatic operation control for a battery-powered locomotive equipped with a high-precision AI camera that can distinguish between people and objects, and confirmed its viability through experiment.

Keywords: AI camera, Remote monitoring, Material handling

---

\*1 Associate General Manager, Machinery & Electrical Engineering Department, Civil Engineering Division

\*2 General Manager, Machinery & Electrical Engineering Department, Civil Engineering Division

## 生産性と安全性の向上を目的としたバッテリー機関車の自動運転システムの開発

平田 惣一\*1・谷崎 英典\*2

## 1. はじめに

近年、施工延長が長距離化するシールドトンネル工事において、発進立坑からのセグメント運搬の無人化や、自動運転による生産性向上に繋がる技術開発が求められている。

また小断面のシールド工事では、坑内作業空間が狭いため、作業員の退避場所を物理的に確保できない箇所もあり、安全性の向上も求められている。図-1に示すように切羽部においては、電源や制御機器・送排泥設備などが搭載された後続台車並びに、風管やセグメント搬送装置が配置されており、トンネル内で最も坑内空間が狭いエリアとなっている。

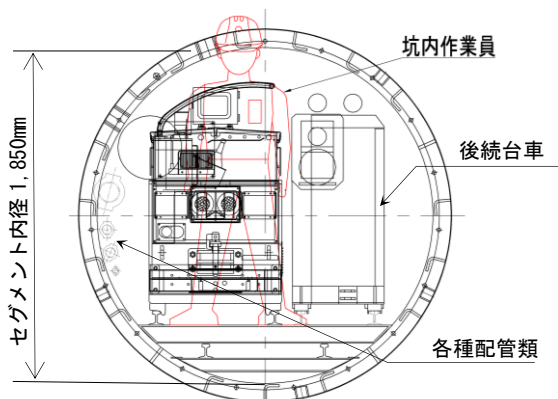


図-1 小断面シールドの概略断面図

このような施工環境において、人とモノの違いが判別可能な高精度 AI カメラシステムを搭載したバッテリー機関車の自動運転システムを開発した。本稿では、開発した自動運転システムを現場に導入して行った実証実験の概要を報告する。

実証実験を行った工事の概要

北区王子五丁目地内から同区昭和町三丁目地先間配水本管（1000mm・800mm）用トンネル築造及びトンネル内配管工事

東京都水道局発注

セグメント内径φ1,850mm

シールド延長L=2,229.6m

実証実験期間7ヶ月（2022.4～2022.10）

## 2. Wi-Fi による坑内ネットワークを使用した自動無人化による生産性向上

従来から使用している誘導無線による運行管理システムの特徴は、レール間に配線された誘導無線システムと、バッテリー機関車底面に装備された誘導無線アンテナ間の通信により、自動運転を行っている。車両の位置情報は、要所に設置したデータキャリアを利用して運行エリアを把握していた。総じて、バッテリー機関車から発する情報量が圧倒的に少なかった。

そこで Wi-Fi による大容量・高速通信が可能な坑内ネットワークを構築することにより、セ



写真-1 中央制御室監視モニタ画面

\*1 土木本部 機電部 担当部長

\*2 土木本部 機電部 部長

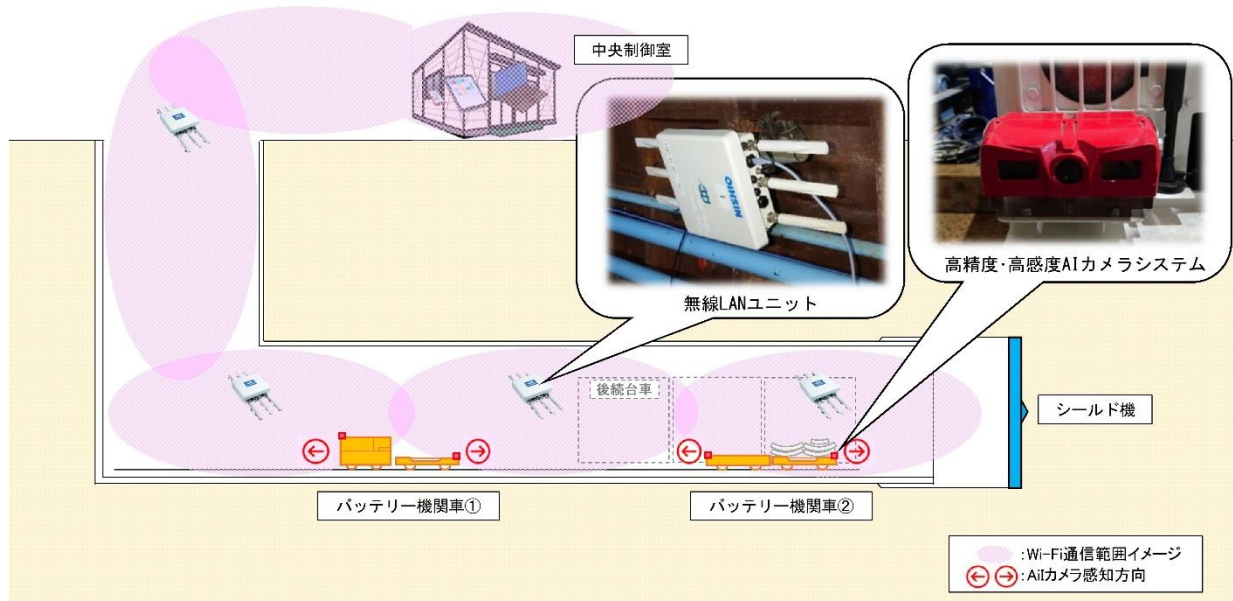


図-2 坑内 Wi-Fi ネットワーク (イメージ図)

グメント運搬台車の進行方向と位置情報（メートル単位の精度）、また前方・後方のカメラ映像をバッテリー機関車から直接発信し、Wi-Fi 通信網を介して中央制御室で把握・管理できるようにした。写真-1 に示すように、中央制御室に設置されるモニタ画面には、バッテリー機関車の速度や位置等の情報が表示され、リアルタイムで監視ができる。

Wi-Fi ネットワークは、図-2 に示すように中央制御室から切羽まで坑内全域をカバーするように、無線 LAN ユニット（PicoCELA システム）を概ね 100m 毎に設置した。また無線 LAN ユニットはシールド機の進捗に合わせて増設し、Wi-Fi の空白地帯を生じさせないようにした。このように、長距離路線を対象とした坑内運行管理システムのネットワークに、Wi-Fi を使用した事例は建設業界初である。

生産性向上効果として、セグメント運搬システムにおいてバッテリー機関車を自動運転とすることで、これまで必要としていた運転手を削減できることを確認した。

### 3. AI カメラを用いたリアルタイム遠隔監視システムによる安全性向上

小断面シールド工事では写真-2 で示すと

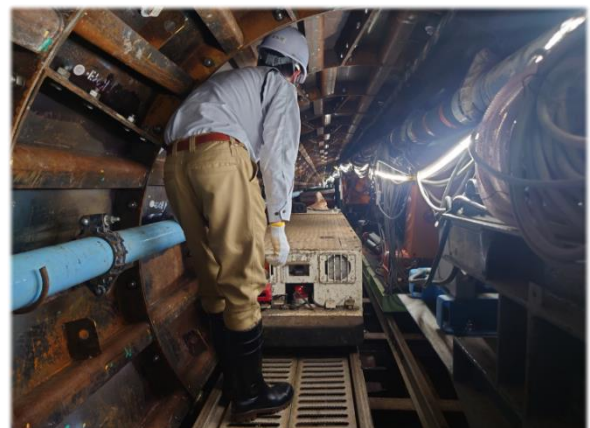


写真-2 坑内作業員の退避状況が確保できない状況

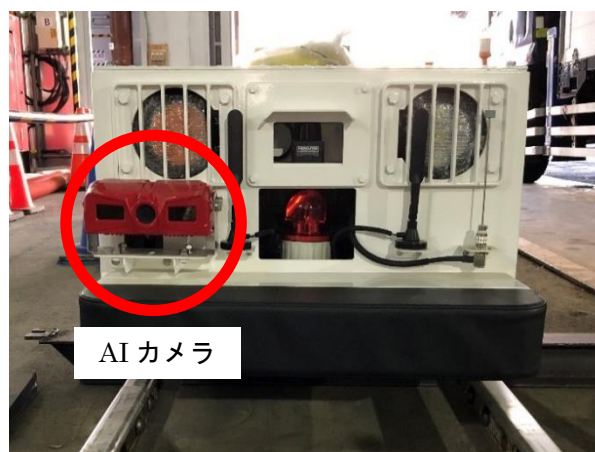


写真-3 AI カメラ取付位置

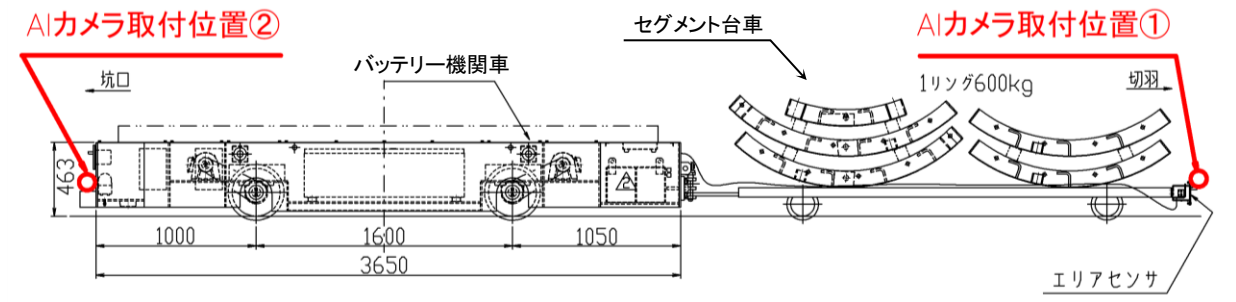


図-3 AIカメラ取付位置図

おり、坑内作業員の退避場所が確保できない狭い作業エリアがあるため、バッテリー機関車との接触防止を図り安全性を向上させる必要がある。

今回開発した自動運搬システムでは、バッテリー機関車の先端とセグメント台車の後端に搭載した2台のAIカメラにより、支障物が人であるかモノであるかの判定が可能となっている(図-3, 写真-3)。

人とモノを高精度で判別できるAIカメラの採用により、バッテリー機関車は周囲の状況に合わせた3パターンの運転制御方法を自動で選択することができる。



写真-4 AIカメラによる判定試験状況(人)

#### ①パターン

通常速度 6km/h で運行中人を感知した場合は 8m 手前で警報を発して注意を促し、4m 手前から最徐行 1km/h で接近し、人が退避しない場合は 1m 手前で停止する(写真-4)。

#### ②パターン

①と同様に最徐行 1km/h で接近し、接近中に人が退避した場合は停止せず通常速度 6km/h に戻して運転を再開する。

#### ③パターン

AIカメラによりモノを感知した場合は、警報を発することなく通常速度 6km/h で運行し、モノの 1m 手前で停止する(写真-5)。



写真-5 AIカメラによる判定試験状況(モノ)

AIカメラで人とモノを高速・高精度で判別し、バッテリー機関車の徐行・停止といった自動運転制御により、逸走や坑内作業員との接触が防止でき安全性を向上することができた。

## 4. まとめ

生産性向上と安全性向上を目的として、人とモノの違いが判別可能な高精度 AI カメラを搭載したバッテリー機関車の自動運転制御による運行管理システムを開発し、実証実験により実用性を確認した。