

トンネル内外における車両位置検知システムの開発

鹿島建設(株) 正会員 ○桑島 奨 森本直樹 女賀崇司 藤原大輔

1. 背景および目的

山岳トンネル工事では、トンネル内でダンプトラックやアジテータ車などの大型車両が複数台稼働しており、これらがすれ違う際には決められた位置（拡幅部）で待機するなどの安全対策がとられ、互いの位置関係を正確にリアルタイムで把握することは、効率性と安全性の面で重要となる。しかしながら、非 GNSS 環境下における移動車両の測位は、Wi-Fi などの無線電波強度を利用した精度 100~200m 程度のいわゆるゾーン検知に留まっていた。また、坑内と坑外の双方を行き来する車両の位置情報は、それぞれの測位方式の違いにより、別々のシステムを別々の画面で操作するなど、現場運用が煩雑になる課題があった。

そこで、トンネル内外における車両の位置情報をシームレスに測位し、車両運行状況の一元管理を行うシステムを開発した（図-1）。

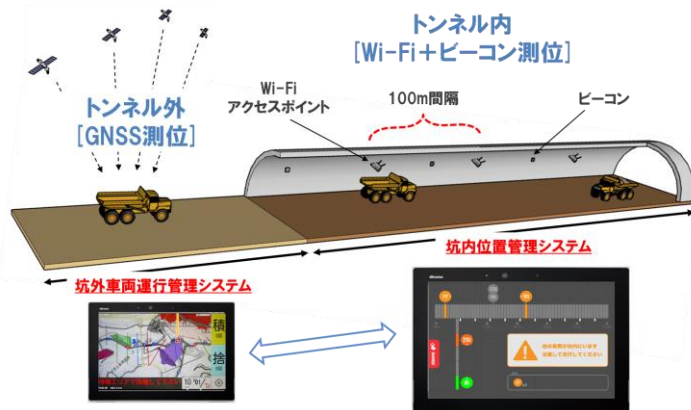


図-1 坑内外シームレス位置検知のイメージ

2. システム概要

本システムは、専用アプリケーション（以下、専用アプリ）をインストールした Android タブレット端末を各車両の運転席に搭載し、管理サーバ側で車両の運行状況を一元管理するシステムで、以下の特徴を有する。

(1) トンネル内外のシームレス位置検知

専用アプリは、坑内では Wi-Fi アクセスポイント（以下、AP）とビーコンの電波強度から自己位置を測位し、坑外では GNSS による単独測位を行う。測位結果は、管理サーバへ自動送信し、車両情報（端末 ID、位置、走行方向など）をもとに坑内外の全車両の運行状況を管理する。ドライバーの端末による運行状況の確認は、坑内においては専用アプリ上でデフォルト表示（図-2）し、坑外では既存の車両運行管理アプリで表示することで、リアルタイムの状況把握を可能とした。なお、これらのアプリ画面は、坑口通過時に専用アプリが坑内外を判定し、自動で切り替る。また、WEB 管理サイト（図-3）を構築し、事務所などの遠隔地からも現場の運行状況を確認できる。

(2) 坑内における測位精度向上

トンネル現場では坑内での IP 電話やデータ通信の利用を目的として 100~200m おきに AP が敷設されており、端末アプリはこれらの AP の電波を検知する。端末アプリは、検知した電波情報（電波強度および AP 識別情報）と各 AP の設置位置情報をもとに、電波強度を按分し自己位置を算出する。

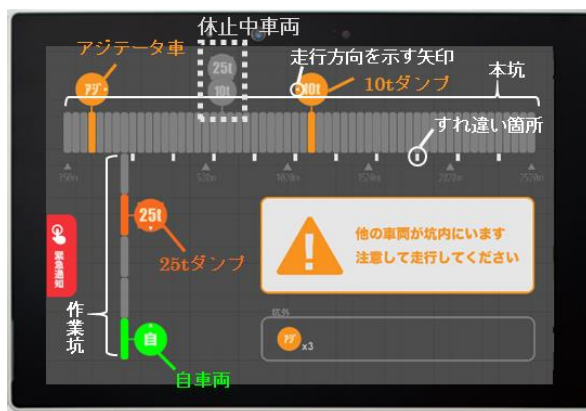


図-2 車載端末専用アプリケーション画面



図-3 WEB 管理サイト画面

ビーコンは、AP の各中間地点に設置することで絶対位置の補正の役割を担っており、電波強度が低く精度

キーワード トンネル, 屋内測位, 位置検知, Wi-Fi, ビーコン, 運行管理
連絡先 〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11 鹿島建設(株)土木管理本部生産性推進部 TEL03-5544-0836

が低下しやすい AP 間の中間地点において位置測位精度の低下を防ぐ。また、図面情報を元にカーナビゲーションシステムに用いられるマップマッチングを行うことで、車両位置がトンネルの線形から外れないよう位置情報を補正する。

(3) 切羽到達回数の自動カウント

WEB 管理サイトでは各車両の運行状況表示に加え、車種ごとに切羽へ到達した回数を自動的にカウントする機能を実装した(図-3)。これにより、ずり出し時におけるダンプの土砂運搬回数および吹付け時におけるアジテータ車の往来回数を可視化でき、掘削の進捗状況をリアルタイムに把握することが可能である。

3. 坑内測位における実証試験

本システムについて「平成 29-32 年度 日下川新規放水路工事」にてトンネル内での測位精度を評価するための実証試験を行った。検証方法は、100m 間隔に設置されている AP 設置地点、ビーコン設置地点、および AP-ビーコン間の中間地点の計 30 ヶ所において、専用アプリを搭載した Android タブレット端末を持った測定者が 50 秒間測位を行い、計測地点との測位誤差を計測した。なお、専用アプリの測位回数は 1 秒間に 1 回とした。

現場での実証試験の結果、トンネル内における測位誤差は、88.5%の確率で 25m 以内に収まり、非 GNSS 環境下においても車両運行管理に必要な精度を満たすことが確認できた(図-4)。なお、誤差が大きくなる箇所については、AP およびビーコンの設置地点に大型車両が一時的に停車しており、これに電波が遮断され、電波強度が低下したことが原因であるとわかった。

4. システムの効果

本システムにより、ドライバーが手動でアプリケーション切替えをすることなく、シームレスに現場全域における全車両の運行状況把握を実現した。これにより、ドライバーは本来の作業に集中しつつ、他車の位置情報を把握できるため、限られた離合箇所を効率的に利用できた。また、ダンプトラックおよびアジテータ車の切羽到達回数の自動カウント機能を使って掘削作業の進捗をリアルタイムに把握できた。これらの結果、トンネル掘削の 1 サイクルタイムあたりの車両待機時間が 10%程度削減できた。さらに、坑内における測位精度の向上により、狭隘部におけるすれ違い防止や、見通しの悪い作業坑と本坑の交差部における進入管理を実現し、安全性の向上にも繋がった。この他、メッセージング機能などによる専用アプリ-WEB 管理サイト間での双方向コミュニケーションを可能とし、安全性・生産性を向上させた。

5. 今後の課題

今後は、坑内における測位精度を向上させるとともに、汎用性の向上や運用負荷の低減を図るための機能開発を行う。また、車両以外の物体(人や資材など)の位置把握や複数現場の集中管理など、適用範囲の拡大を進め、安全性と生産性の双方を向上させる。

参考文献

- 1) 藤本健治郎：GPS 車両運行管理システムについて、電気設備学会誌，37 巻 10 号，p720-723，2017。

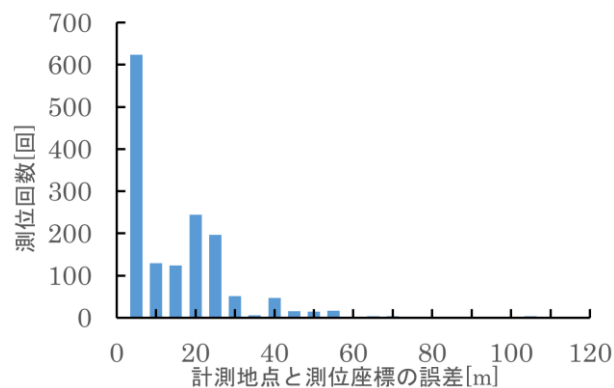


図-4 トンネル内における測位誤差



図-5 車載端末の設置状況



図-6 現場事務所でのモニタリング状