

## 坑内測位技術による位置情報に基づく安全監視システムの開発

飛島建設 正会員 ○松田 浩朗, 正会員 松元 和伸  
 飛島建設 藤本 克郎, 武市 直人  
 関西大学 田頭 茂明

## 1. はじめに

トンネル建設工事においては、狭隘な範囲を建設機械が輻輳するため、建設機械と入坑者の接触など災害の危険性が高い。この対策として、超音波や IC タグを利用し、建設機械の通行検知<sup>1)</sup>や、建設機械周辺エリアの入坑者検知<sup>2)</sup>など、建設機械や入坑者が周辺に“存在する・しない”を検知する技術が開発されており、坑内作業の安全性を向上させている。

一方、著者らはトンネル坑内において、建設機械および入坑者の位置をリアルタイムに測位する技術を開発している<sup>3),4)</sup>。本測位技術は、前述の“存在する・しない”の検知技術と異なり、坑内全体において、建設機械および入坑者の識別とそれぞれの座標（絶対座標）が把握できる。

本測位技術を応用し、リアルタイムに得られる位置情報に基づき建設機械の接近を警告する安全監視システムを開発した。本論文では、システムの概要と現場に試験的に適用した結果について示す。

## 2. 安全監視システムの概要

建設機械の位置情報の取得方法として、無線 LAN 通信電波による測位技術（以下、無線 LAN 測位技術）<sup>3),4)</sup>を利用する。本測位技術は、無線 LAN 端末から発信する電波を無線 LAN 基地局で受信し、その電波強度から推定した距離と無線基地局の座標から、三角測量の原理で端末位置を推定するものであり（図-1 参照）、これまでの研究において<sup>4)</sup>、5m 程度の誤差で端末位置の測位が可能であることを確認している。

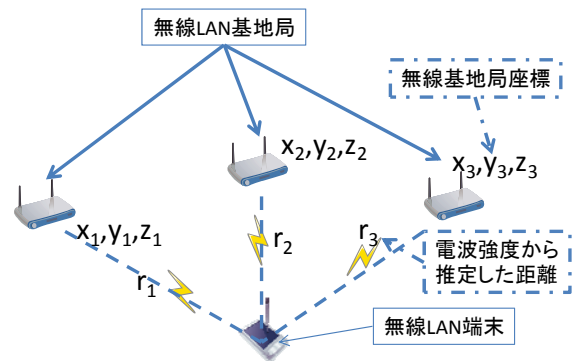


図-1 測位原理

開発したシステムの概要を図-2 に示す。本システムでは、無線 LAN 測位技術を利用し、①建設機械および入坑者を識別しその位置をリアルタイムに把握する。さらに、②任意の位置に警告機器を設置し、建設機械位置情報に基づき、警告機器位置に建設機械が接近した際に、建設機械の種類、方向、ならびに、距離を逐次警告機器により警告する。

本システムは、これまでの検知技術と異なるアプローチによって、より早く建設機械の接近を警告することが可能であり、坑内の安全性を高めることができると考えられる。

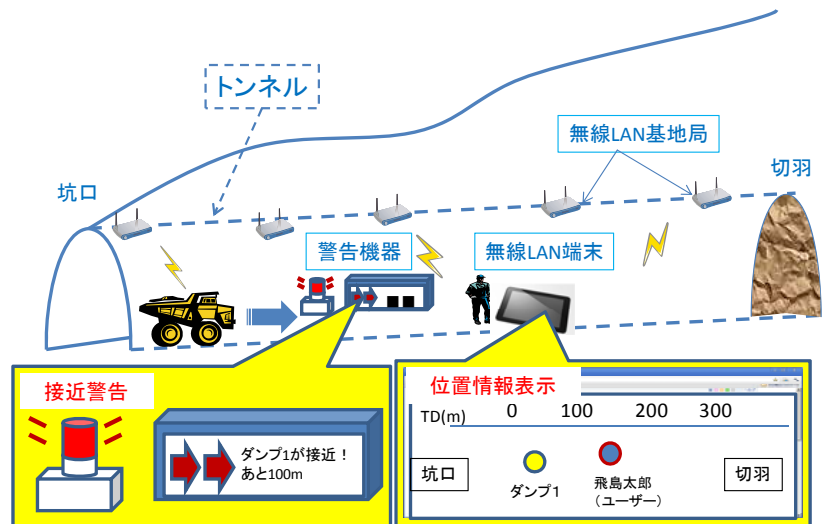


図-2 トンネル坑内における測位技術を応用した安全監視システムの概要

キーワード 坑内測位, 位置情報, 安全監視

連絡先 〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472 飛島建設株式会社技術研究所 TEL04-7198-7572

### 3. 試験適用

本システムの動作検証を目的として、建設中のトンネル坑内に試験的に適用した。適用した現場は、一般国道 400 号下塩原第二トンネル（仮称）本体建設工事（栃木県：トンネル延長 1,458m）である。試験適用は、坑口より 60m 程度トンネル掘削が進行した時点で行っている。本適用では、①建設機械および入坑者の識別と位置把握、および、②位置情報に基づく警告、の動作について検証した。

図-3 に、機器設置状況を示す。トンネル坑口よりトンネル進行方向に 10m 間隔で 2 台ずつ無線 LAN 基地局を計 10 台設置し、無線ネットワークを構築した。また、坑口から 20m の位置に警告機器を設置した。さらに、ネットワーク内に計算用サーバを設置し、無線 LAN 通信電波情報の集約、およびその情報に基づく測位計算を行った。本サーバに、Web サーバ機能と警告機器制御アプリケーションとを併せて実装し、情報端末における Web ブラウザによる位置情報の確認と警告機器の制御を行った。

図-4 に、本システムの試験適用の状況の一例を示す。測位端末としては、無線 LAN 発信機器および無線 LAN 情報端末を利用した。試験適用では、建設機械ではなく、人間が無線 LAN 発信機器を所持し、建設機械の移動を模擬した（無線 LAN 発信機器の名称を「ダンプ 1」とした）。なお、測位時間間隔および警告機器制御時間間隔は 1 秒とした。また警告範囲は、警告機器より  $\pm 20\text{m}$  の範囲とした。

試験適用においては、坑内における建設機械および入坑者が識別され、その位置が情報端末画面上においてリアルタイム（1 秒間隔）に、5m 程度の誤差の範囲内で把握することが可能であった（図-4(b) 参照）。また、建設機械が警告範囲内に侵入した際に、警告灯の点灯と、警告機器位置へ接近する建設機械名、警告機器位置までの距離、ならびに、進行方向の警告表示盤での表示が可能（図-4(c) 参照）であった。さらに、位置情報の変化に応じて逐次警告表示内容が更新された。

### 4. おわりに

本研究では、開発した位置情報に基づく安全監視システムを現場に試験的に適用した。無線 LAN 測位技術によりリアルタイムに得られる位置情報に基づき、警告機器において、接近する建設機械名、その距離、ならびに進行方向の警告が可能であった。今後、本システムの有効性を向上させるために、試験適用による課題の抽出や改善改良を実施していく予定である。

**謝辞：**本研究にご協力いただきました栃木県大田原土木事務所の方々をはじめ関係各位に感謝の意を表します。

**参考文献** 1)佐田達典, 山地宏志, 大津慎一, 長野祐司, 山田文孝, 泉国彦: IC タグを用いた車両運行管理システムの開発, 三井住友建設技術研究所報告, pp.25-30, 2006. 2)磁界と IC タグを利用して重機周囲を常時監視する「アラウンドウォッチャー」開発: <http://www.kajima.co.jp/news/press/201212/5c1-j.htm>, 2012. 3)松田浩朗, 松元和伸, 小林薫, 筒井隆規, 田頭茂明: 無線 LAN 通信電波を利用した測位技術の測位精度に関する研究, 土木学会第 66 回年次学術講演会講演概要集, pp.131-132, 2011. 4)松田浩朗, 松元和伸, 田頭茂明: 無線 LAN 測位技術の測位精度に関する研究, 土木学会第 67 回年次学術講演会講演概要集, pp.549-550, 2012.

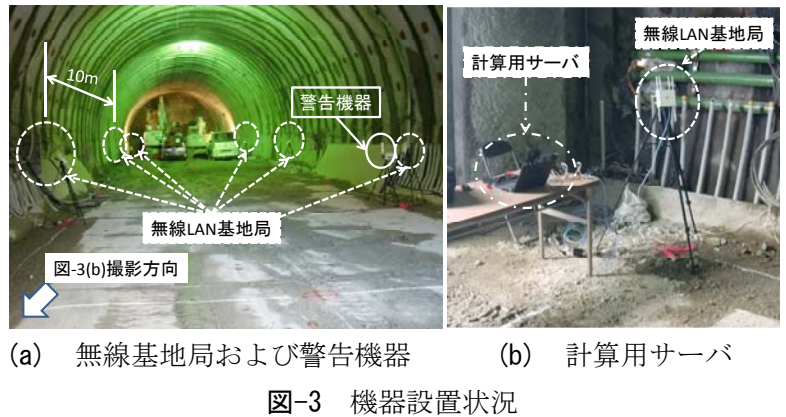
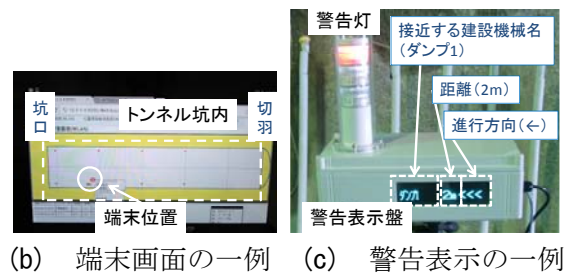


図-3 機器設置状況



(a) システム動作状況



(b) 端末画面の一例 (c) 警告表示の一例

図-4 試験適用の状況の一例