

トンネル坑内における 5G 電波伝搬距離の測定と建機の遠隔操作実験

～2019 年度総務省 5G 実証実験^(*)～

ソフトバンク(株) 先端技術開発本部 田島 裕輔, 君塚 靖大
 大成建設(株) 技術センター 生産技術開発部 ○正会員 青木 浩章, 正会員 後藤 洸一
 (株)カナモト 広域特需営業部 吉田 道信, 清水 亮

1. はじめに

国土交通省が提唱する「i-Construction（以下、i-Con）」に基づき、工事現場では ICT（情報通信技術）を活用した技術によって生産性の向上等が望まれている。工事現場で ICT 活用を考えると、優れた IoT 機器や処理ソフトウェアといった具体的なアイテムが先に着目されがちであるが、それらが十分に機能を発揮できるインフラもまた重要であると考えている。日本でも、2020 年 3 月から都市部を中心に第 5 世代移動通信システム（以下、5G）が商用化されるため、通信事業者と建設業をはじめ各産業間で 5G インフラを活用する実証試験が盛んに行われている。筆者らは、総務省が主催した 5G 実証実験において、ソフトバンクが開発した可搬型 5G 設備「おでかけ 5G」を工事用インフラとして活用し、トンネル工事現場の i-Con 化を 2019.11～2020.3 迄実施した。本報は、その実験の一部として実施した電波到達距離測定実験と建機の遠隔操作実験について述べる。



写真-1 トンネル内に設置した可搬型 5G 設備「おでかけ 5G」

2. 実証場所と実験の概要について

2.1 実施場所

工事名称：北海道新幹線、後志トンネル（落合）他工事
 発注者名：独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構
 受注者名：大成・佐藤・田中・堀松 JV
 工期：平成 27 年 3 月 26 日～令和 4 年 6 月 24 日
 主な工事：トンネル掘削工 4,865m（標準断面積：65 m²）

2.2 実験の概要

① 5G 電波伝搬特性（到達距離）

写真-1 の様に、トンネル坑口付近に切羽向けに 5G 電波基地局を設置し坑内の何処まで到達するかを測定した。

② 建設機械の遠隔操作

①において測定した結果の範囲内で、5G 通信を使用した建設機械の遠隔操作を実施した。遠隔操作は、(株)カナモトが開発した建機搭載型遠隔操作システム「カナロボ」を搭載して、4t 級クローラダンプと 12t 級の油圧ショベルの 2 機種にそれぞれカナロボを搭載して実験を行った。

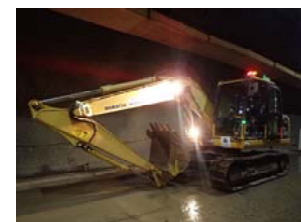


写真-2 実験で使用了機械・車両
 （上：電測車 中：クローラダンプ
 下：油圧ショベル）

キーワード 5G , トンネル , 遠隔操作 , 搭乗型ロボット , 無俯瞰映像 , 可搬型

連絡先 〒105-7317 東京都港区東新橋 1-9-1 ソフトバンク(株) 先端技術開発本部先端事業企画部 TEL 03-6889-6804

〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター生産技術開発部 TEL045-814-7247

〒105-0012 東京都港区芝大門 1-7-7 浜松町 K ビル 3 階 (株)カナモト 広域特需営業部 特需課 TEL03-5408-7466

3. 実験と結果について

3.1 5G 電波伝搬特性（到達距離）

写真-2 上に示すような電測車を使ってトンネル坑内の 5G 電波の処理速度（UL 側スループット）を距離毎に計測しながら走行して図-1 の結果を得た．現場は曲線（R=6,500m）を含む区間を有しており，奥手が直視できない環境である上，工事用資機材等も有する環境であったため，事前検討では数百 m 程度の到達距離を予想していた．しかし，現実にはそれを大きく上回って電波が遠くまで到達していた．なお，1,400m 地点はトンネル断面の大部分を蓋う「覆工セントル」が位置しており（よって，それより切羽側で電測車計測をしていない），以遠は急激に処理速度が落ちると予想される．

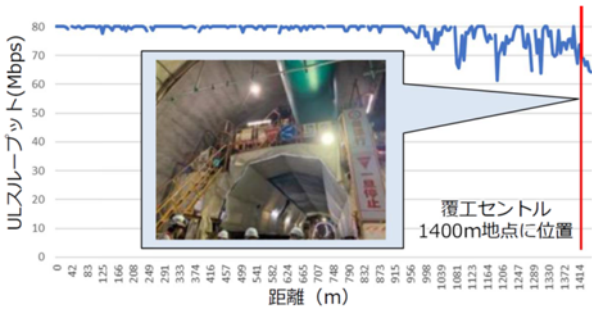


図-1 トンネル距離とスループットの関係

3.2 建設機械の遠隔操作

写真-2 の中・下に示す 2 機種を遠隔操作した．映像情報を基に操舵する遠隔操作は，通常は車載映像と俯瞰映像を同時に見ながら実施する事が多い．しかし，俯瞰映像取得の設備を数多く作る事は遠隔操作には資するが，現場としては技術面，経済面で困難なケースが多い．そこで今回の実験では，5G 通信の大容量通信という特徴を生かして，従来施工と同様の車載映像に加えて，車載出来る大容量のセンサー情報を加えることで「俯瞰映像無」で実験する事とした．図-3 に本実験の遠隔操作支援情報一覧を記す．特記するセンサーを 2 点挙げると，1つは Lidar（汎用 16Line）で，センシングによって得られる大容量の点群情報からトンネル壁面と前方の障害物検出等を実施，もう 1 つが大成建設㈱が開発した AI による人体検知システムの採用である．いずれも従来の Wi-Fi や小電力通信では円滑な送受信が困難な通信要件で有るが，5G 通信であれば可能であった．各機が遠隔操作で実施できたことは，①クローラダンプ：遠隔操作にて 1,400m 走破②油圧ショベル：遠隔操作にて 1 t 土のう袋のつり上げ移動，の 2 点で，両社とも俯瞰映像無で成功できた．



図-2 本実験の概要図

名称	方向	台数	容量
車載画像	Up	4 台	40～60Mbps
建機制御	Down	1 台	40Kbps
建機振動	Up	1 台	40Kbps
Lidar	Up	1 台	70Mbps
人体検知	Up	1 台	15Mbps

図-3 遠隔操作支援情報一覧

(Up80Mbps の通信機を 2 台車載)

4. まとめ

「可搬型 5G 設備（おでかけ 5G）」の検証は，前年度の明かり環境に続き今回はトンネル環境にて検証であった．その結果より，多くの工事現場に適応できる通信インフラであると考えている．工事現場では，工事内容に合致した仮設備を整備して本工事に着手するケースが多い．現場の ICT 化を進めて行くのであれば，「仮設通信」が今後は必要で，通信電波の選定では 5G が有力になってゆく可能性は高い．今回実証したケースは，現段階においてもトンネル災害等の調査や応急作業等に活用できる技術であり 5G の有効な活用法の 1 つであると考えている．5G を活用した建設生産性の向上については継続して調査研究を重ねたい．

(※1) 正式名称は，総務省の「多数の端末からの同時接続要求を処理可能とする第 5 世代移動通信システムの技術的条件等に関する調査検討の請負」である．また，本実験に参画・協力頂いております皆様にこの場をお借りして感謝致します．