



2019年度試験実施結果 ～その3～

試験グループ5

「高速移動環境における5Gの低遅延・高信頼通信を活かしたユースケースの実証試験」

試験グループ6

「屋内環境及び都市又は郊外における5Gの多数同時接続通信を活かしたユースケースの実証試験」



試験グループ5代表
ソフトバンク株式会社

よしの ひとし
吉野 仁



試験グループ6代表
Wireless City Planning株式会社

ふなよし ひでと
船吉 秀人

5G高信頼・低遅延通信を用いたコネクテッドカー・自動運転車の実現に向けた実証試験

試験グループ5 ソフトバンク株式会社 先端技術開発本部
吉野 仁、三上 学

1. はじめに

第5世代移動通信システム(5G)は従来の能力拡張である拡張モバイルブロードバンド通信(eMBB: enhanced Mobile Broadband)に加えて、超高信頼・低遅延通信(URLLC: Ultra Reliable and Low Latency Communication)や多数接続通信(m-MTC: massive Machine Type Communication)を新たな領域としており、高高度情報化社会の社会基盤として期待されている。既に、eMBBについては商用化が開始されている。5Gの新領域であるURLLCとm-MTCは産業用途で新しい市場を開拓できる可能性がある。この新領域においては、具体的な5G利活用の確立が急務である。

我が国においては2017年度から2019年度まで総務省の5G総合実証試験が行われた^[1]。本実証試験は、商用に向けての5G無線システムの技術評価のみならず、移动通信業界以外の5Gを利活用することになる業界(Vertical sector)と連携して5Gの実証試験を行うことを求めている。

本実証試験においてソフトバンク(株)及びワイヤレスシティプランニング(株)は、5GのURLLC領域を担当する試験グループ(GV: Group V)に属している。5G URLLCの実証試験の実施においては、ミッションクリティカルなユースケースを取り上げ、乗用車の遠隔操作やトラックの隊列走行に5Gを適用する検討を行った。本稿ではGVの活動について報告する。

2. 被災時の避難誘導(スマート交差点)

コネクテッドカーの分野で、5Gの低遅延性を活かして、被災時の避難における安全かつ迅速な避難誘導を行う実証試験

験を行った。本試験は、北九州市と北九州産業学術推進機構の協力を得て、日本信号(株)をパートナーとして、北九州学研都市(福岡県北九州市)で2020年3月に実施した。被災時の避難においては、車の衝突事故や渋滞が問題となる。5Gを活用したスマート交差点により衝突事故を回避しスムーズな避難を確保できるかを実証した。デモシナリオとしては、(i) 災害避難時の交差点でのスムーズな車の合流制御、(ii) 交差点での車同士の衝突事故の回避や歩行者の保護を検討した。5Gを被災時の避難誘導に活用する上での検証においては、(i) 交差点のスマート化に際して、5Gの大容量・低遅延通信を活用することで、スマート交差点システムの交差点側のコストの大幅な低減が可能かどうか、(ii) 5Gの低遅延性を活かして、交差点での衝突防止などの高機能な交差点の制御を、交差点に進入する車に対してできるかどうか、(iii) 路肩に交通制御のための特別な設備を設置しなくても、広域ネットワークである5Gの大容量低遅延通信を活用することで低コストかつ高機能なスマート交差点が構築できるか等の課題がある。

図1に5Gを利活用した避難誘導実証試験のシナリオを示



■図1. 避難誘導実証試験のシナリオ



す。同図において、交差点Aに監視カメラ(4K画像)が設置されており、監視カメラの動画は信号柱に設置された5G端末により、5G基地局直下のMEC(Mobile Edge Computing)サーバーに伝送される。MECサーバーにおいてはAI画像処理により交差点に進入する車(同図では優先道路を走る赤い車と非優先道路から合流する白い車)の位置を認識し、あらかじめ決められた範囲内に接近した場合、車両同士が近づき過ぎているという警告を5G回線を通して、車載端末に発する。さらに、近接した場合、衝突防止のため、非優先道路上から交差点に進入する車(同図では白い車)に5G回線を通じて停止コマンドを送出し、白い車を停止させ、衝突を回避する。また、歩行者が交差点を横切する場合も、監視カメラ画像から、AI画像処理により歩行者を検知し、歩行者と車両が一定の範囲内に近接している場合は、車両に停止コマンドを基地局直下のMECサーバーから車載の5G端末に送出して車両に警告を与え、さらに、車両を停止させる。

図2に実証試験を行った北九州学研都市のコースを示す。

また、図3に実証試験用に設置された信号機、監視カメラ及び5G無線端末、図4に実証試験用の5G基地局、図5に



■図5. 5G無線端末を載せた遠隔運転車両

5G無線端末を車載した遠隔操作可能な車両の写真を示す。

本実証試験の結果、スマート交差点において5G無線端末と監視カメラ(4K程度の解像度)があれば、交差点に高価なセンサーを設置しなくても、歩行者保護や車両の衝突防止が可能なスマート交差点を低コストで実現できることを示せた。また、交差点動画のAI解析等の高度な画像解析は、5G基地局直下のMECサーバーで集約して行うことができ、スマート交差点システムの交差点側の設置及び保守コストを大幅に低減できる可能性も示せた。

3. 放置車両の遠隔操作への5Gの適用

コネクテッドカーの分野で、5Gの低遅延性を活かして、車両の遠隔操作の実証試験を行った。本試験は、北九州市と北九州産業学術推進機構の協力を得て、遠隔操作車両を開発するFEVジャパン(株)をパートナーとして、北九州学研都市(福岡県北九州市)で2020年3月に実施した。被災時の迅速な救援/復旧を目的として、災害救援における道路の啓開のための放置車両の遠隔操作による撤去というデモシナリオで、本実証試験は実施された。災害救援においては、速やかに道路上の障害物を除去(啓開)し、災害救援車両の走行を可能とする必要がある。専用の周波数帯を用いた無線操縦システムや無線LANなどの局所的な遠隔操作と異なり、5G通信は、広域のセルラー通信網として活用できるので、数百km以上離れた場所から、遠隔操作で、道路上に放置された車両を空き地などに移動撤去することが可能である。すなわち、5Gを利用することで、被災現場外で災害救援/復旧活動がリアルタイムでできることになる。

上記を実証するため、5Gを用いて遠隔車両操作センターから車両に設置されたオンボードカメラで前方を見ながら、



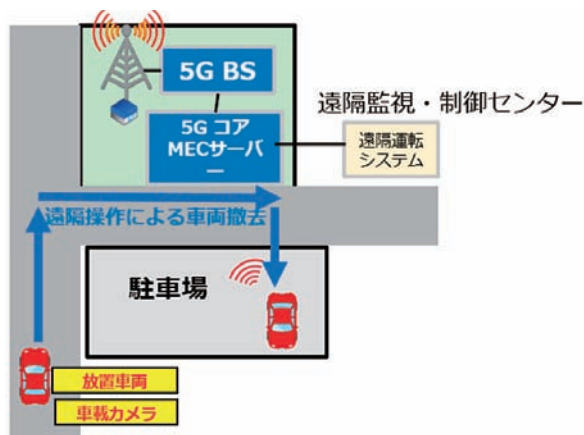
■図2. 実証試験コース(北九州学研都市)



■図3. スマート交差点



■図4. 試験用5G基地局



■図6. 放置車両の遠隔操作実証シナリオ



■図7. 放置車両の遠隔操作（遠隔車両操作センター）

車両の遠隔操縦を行い、道路上に放置された車両を空き地に移動する実証試験を行った（図6）。ただし、本試験では5G無線操縦を体感できるように、遠隔地からの操縦ではなく、実験用5G基地局直下に遠隔車両操作センターを設置した。図7に遠隔車両操作センターにおける車両の遠隔運転デモの様子を示す。

車両の遠隔操作については、従来から専用周波数帯システムや無線LANシステムを用いて、遠隔操作者の有視界かつ電波の到達する距離（数十mから数百m）で行われていた。5G通信の大容量・低遅延性を活用することにより、操作者の視界に代わって高精細・低遅延通信により車載カメラでの目視及び車両の操作が可能となることが実証できた。さらに、5Gのネットワークの遅延を含めた場合でも数10msの低遅延であることから、将来は、数百km離れた場所からの遠隔操作も可能となる。本実証試験により、5Gの低遅延・大容量かつネットワークの広域性を活用して、災害発生時において被災地外から遠隔操作で災害復旧を行うことの実現性を示せた。

4. トラックの隊列走行への5Gの適用

自動運転車の分野で、5Gの高信頼・低遅延性を活かして、トラックの隊列走行（後続車自動運転）の実証試験を行った。トラック隊列走行では、数台のトラックが隊列車群を形成し走行する。車車間の通信を用いて隊列車群を一体に制御する。

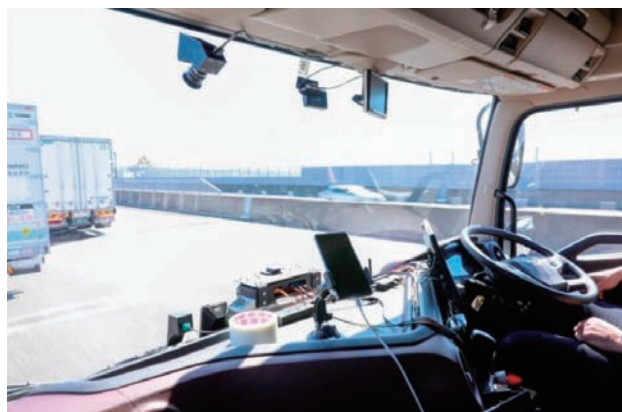
トラックの隊列走行により様々な社会課題の解決が可能となる。隊列走行により車間距離を短くして走行させることで走行空気抵抗を低減し、燃費向上が可能となる。3台のトラックの隊列走行により時速80km車間距離4mのとき15%の燃料削減率となることが実証されている^[2]。さらに隊列走行の車間距離を2mに短縮すると25%の燃料削減効果となることが知られている。同時に、車間距離の短縮により道路の交通容量を増大させることができ、渋滞が緩和される。これによりCO₂の削減がさらに可能となる。また、我が国においてはドライバーの高齢化や過労運転が社会課題となっている。隊列走行により、ドライバーの運転負荷の軽減や安全性の向上が期待される。

5G通信を車車間通信に活用すれば、制御の遅れによるハンチング（車間の変動）の少ない安定した走行が可能となる。更なる燃費低減、道路の交通容量の増大のためには、安全を確保しつつ一層の車間距離の短縮と隊列車両数の増大が必要で、低遅延かつ高信頼の通信を実現できる5G URLLCのこの分野への利活用が期待される。

2019年度は、5G高信頼・低遅延通信を活かして、隊列車両の車間距離を10m（2018年度は35m）に短縮し、さらに、後続車の先頭車両への追尾（操舵制御）の実証試験を2020年2月に、新東名高速道路において実施した。本試験は、車両開発を行う先進モビリティ（株）をパートナーとして、経済産業省及び国土交通省の隊列走行プロジェクトの支援を得て実施した。さらに、5G NR（New Radio）Sidelink（車



■図8. 5Gを用いた隊列走行試験（新東名高速道路）



■図9. 5Gを用いた先行車自動追従試験

車間直接通信)における無線リソースの基地局制御モードと、自律制御モードの動的切替試験も新東名高速道路沿いに複数の5G基地局を設置して行った。

図8及び図9に新東名高速道路での実験の様態を示す。

5. おわりに

5G高信頼低遅延通信 (URLLC) をコネクテッドカー及び自動運転車の分野に応用した実証試験を実施した。コネクテッドカーに関しては、北九州市において、スマート交差点及び車両の遠隔操作の実証試験を実施した。実際のユースケースとしては、被災時の安全かつ迅速な避難誘導と、被災道路の啓開を取り上げて実証試験を行った。その結果、5Gの活用によりスマート交差点の交差点側を低コストにできること、道路啓開のための車両除去に関しては数百km離れた被災地外からも遠隔操作で車両撤去ができる可能性を示した。

自動運転車の分野に関しては、トラックの隊列走行(後続車自動運転)に5Gを適用し、新東名高速道路において、走行試験を行った。その結果、トラックの隊列走行に必要な小容量低遅延通信(車両制御用)と大容量低遅延通信(後続車両監視用)の2つの事例について5Gが有効であることを実証した。

参考文献

- [1] 総務省, “5G総合実証試験の開始,” 報道資料, http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban14_02000297.html, 2017年5月.
- [2] 青木 啓二, “自動運転・隊列走行の実現に向けて ―自動運転技術の開発状況について―,” pp.303-309, 情報処理 Vol.54 No.4, Apr. 2013.

5G多数同時接続の早期導入のための実証試験

試験グループ6 Wireless City Planning株式会社

先端技術開発本部 先端技術研究部

船吉 秀人、田島 裕輔

1. はじめに

2020年の商用化に向けて第5世代移動通信システム(以下、5G)の製品の開発及び実装が現在行われている。5Gは次世代の社会基盤として期待されているが、その特長である超高速通信のみならず、超高信頼・低遅延や多数同時接続も活かした具体的な利活用ケースの確立が急務である。

そこで本稿では、2020年の5G商用サービス開始と同時に、その利活用ケースとして地域課題の解決を対象として、安心安全、省人化及びどこでも使えることをテーマに5G利活用アイデアコンテストで提案されたi-Constructionと、人手不足が深刻な物流業界をテーマとしたスマート物流の実証実験について紹介する。

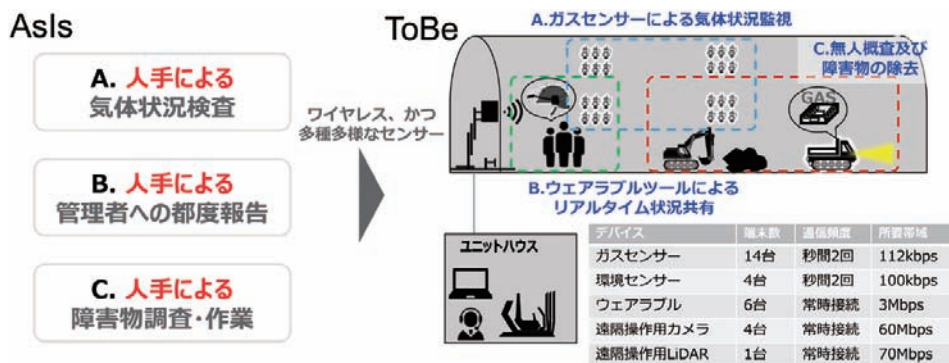
2. 5G for i-Construction

日本の生産年齢人口の減少により、様々な業種の労働生産性の向上策として、ICT(情報通信技術)機器などの高度化、データの利活用による移動や労力の削減、生産性の向上が求められている。また、日本は山岳が多く、社会インフラとしてトンネルが多数ある。トンネルの工事現場では、落盤や土砂崩れ、酸欠、火災などの重大な事故が起ることもあり、安心して安全な労働環境の実現が求められている。

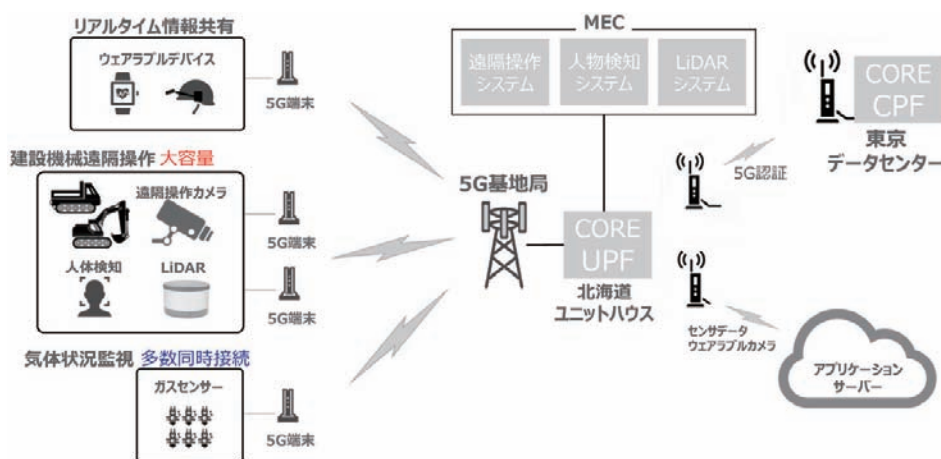
そこで本実証では、トンネル内の危険を検知するため、危険性の高い毒性ガスや可燃性ガス、労働環境の指標となる温度や二酸化炭素のセンサーを設置し、5Gでデータを収集することにより、それらの危険を検知しやすいようにする。また、災害時の初期安全確認として、無人の建設機械を遠隔操作しトンネル内の安全確認を実証する。

2.1 ガスセンサーや環境センサー、ウェアラブルセンサーによるトンネル工事現場の安全監視及び災害時の初期安全確認を想定した建設機械の遠隔操作

トンネル工事現場の安全監視として、ガスセンサーや環境センサー、ウェアラブルセンサーを使用し、トンネル工事現場で発生する危険性の高い毒性ガスや可燃性ガスのデータ収集、労働環境の指標となる温度や二酸化炭素などをリアルタイムに監視して、危険な値が検出された際には作業員へアラートを送る仕組みを実証した。



■ 図1. トンネル作業における課題と実証内容



■ 図2. システムアーキテクチャ



■ 図3. 試験結果

次にトンネル工事現場で、遠隔制御装置を搭載した油圧ショベル及びクローラダンプに5G端末を搭載し、トンネル外に設けた操作室から建設機械を遠隔操作できる環境を構築した。5Gの大容量通信とMECサーバーを活用することで、5Gの設置場所から約1,400mの地点で操作室からの建設機械の遠隔操作と、4台のフルHD画質カメラを搭載した建設機械から操作室への映像伝送がロスもなく低遅延で問題な

く行えることを実証した。また、建設機械にガスセンサーを設置し、トンネル内の環境を確認することも実証した。

2.2 様々な通信要件を統合するスライシング機能の確認

ガスセンサーや環境センサーなどのIoTデバイスを多数設置したトンネル工事現場で、災害発生時の安全確認として大容量通信を必要とする建設機械の遠隔操作を行うことで、無線通信の容量がひっ迫した場合を想定し、ネットワー



クスライシング機能によるアプリケーション単位の優先制御について性能を確認した。本スライシング機能を活用することにより、通信容量が逼迫した場合でも事前に設定したプライオリティープロファイルに応じて優先したいアプリケーションにはその必要帯域を確保することが可能となる。今回の実験では、人命に関わるガスセンサーのデータを高プライオリティーに設定し、建機の遠隔操作に必要な通信をその次に高いプライオリティーに設定した。これによりガスセンサーがデータの欠損なく通信可能であること、また、建機の遠隔操作に求められる映像データとその遅延量が許容内にて通信可能であることを実証した。

3. スマート物流

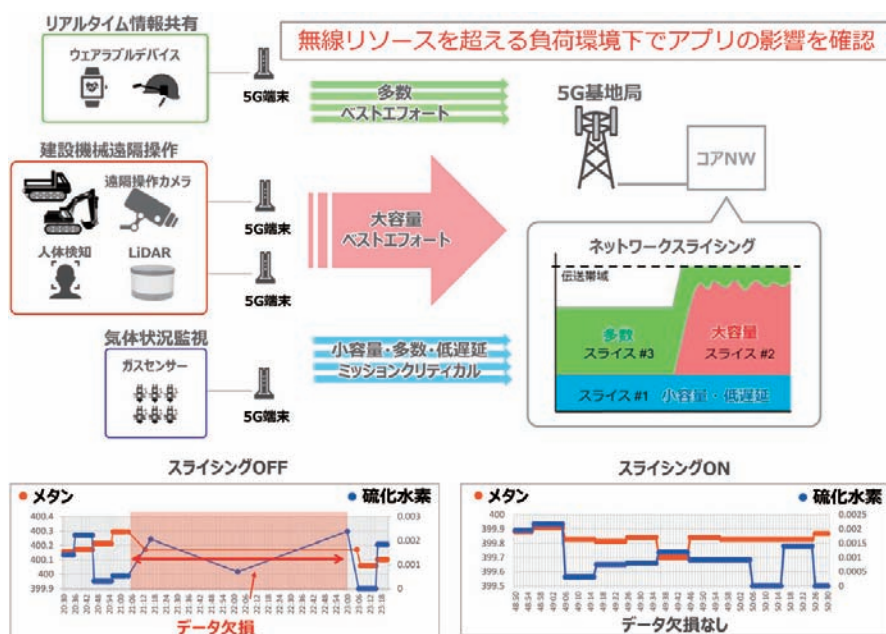
物流業界の大きな課題であるトラックドライバーの不足や

働き方改革などに対応するため、効率的な集荷システムの構築が望まれている。また、MaaS (Mobility as a Service) の発展とともに、貨客混載や共同輸送など様々な輸送方法が提案されており、その実現に向け、積載データを可視化するニーズが増えている。

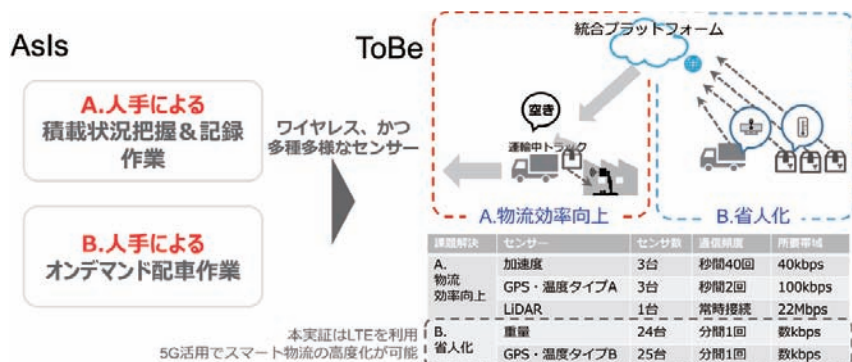
このような課題やニーズに対して、Wireless City Planning と日本通運は、5Gネットワークを活用して、LiDAR (レーザー scanner) によるトラックの積載状況の可視化や加速度センサーなどによる荷室への積み込みを判定する実証実験を行う。また、Cat. M1などを活用して、荷物の温度状態及び積載重量を確認する実証実験も行う。

3.1 5GやMECサーバーを活用したトラックの積載状況の可視化及び荷室への積み込み判定

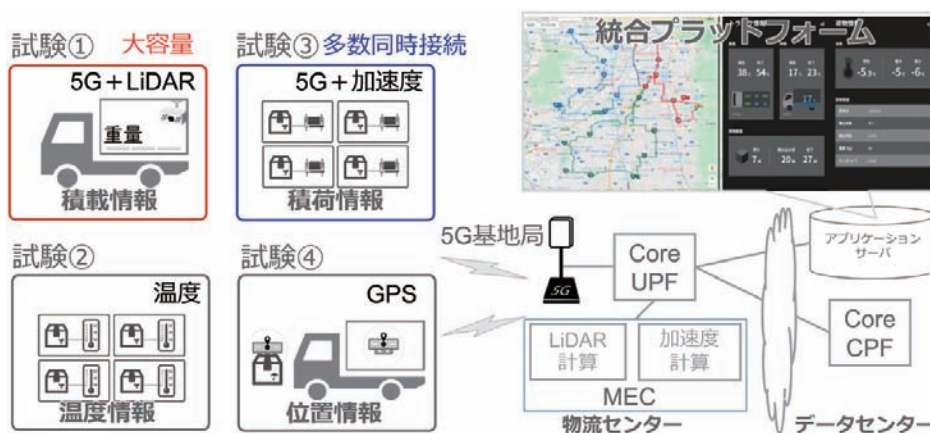
トラックの荷室の空き状態を可視化するため、LiDARで



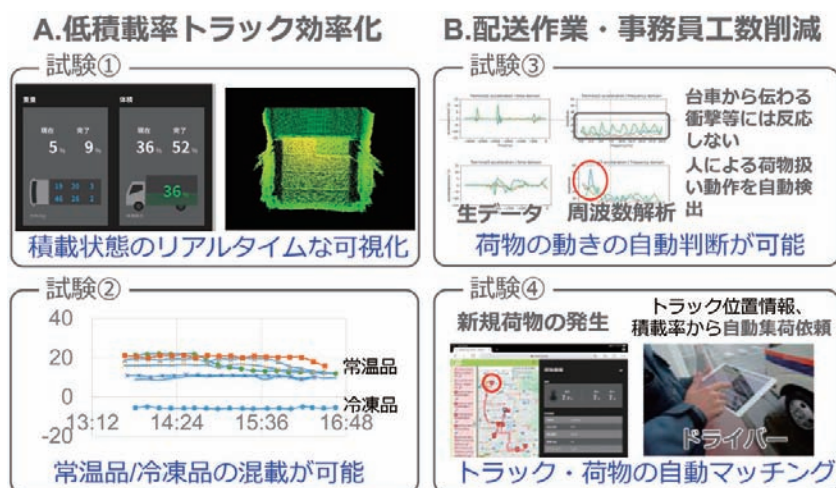
■ 図4. ネットワークスライシングの活用



■ 図5. 物流の集荷作業における課題と実証内容



■図6. システムアーキテクチャ



■図7. 試験結果

取得した荷室の点群データを5G端末を用いて、トラックと遠隔地にいる管理者へ伝送した。5Gの大容量通信とMECサーバーを活用することで、荷室の点群データのリアルタイムな伝送・解析が可能になり、管理者画面で積載状況を可視化することができた。また、高頻度でデータを伝送するセンサーを荷物に取り付けて、センサーの加速度データ及び位置情報データを基に、荷物が荷室へ積み込まれたかどうかを判定する検証を実施した。

4. おわりに

本稿では、地域課題の解決を対象とした5Gの社会実装に向けて、5G多数同時接続の性能を想定した2つの利用シナリオに関する実証内容を示してきた。i-Constructionで想定した災害時のトンネル復旧作業では、従来、状況が全く不明な環境で人による確認を行っていたが、建機の遠隔操作やガスセンサーでの状況把握により、一定の安全性の

向上を見込めることが実証された。スマート物流では、本システムを集荷作業で利用することで作業員の工数削減による省力化、さらには積載率向上による省人化につながる実証された。さらに、2つのユースケースに必要なトラフィック量は、ITU-Rで規定されているトラフィック量を超えるものであったが、5Gにより問題なく実現できることも明らかにできた。また、2つのユースケースをそれぞれ実現するためには5Gの超高速と多数同時接続を同時に満たすことがネットワークへの要件であったが、これを1台の基地局で実現できることも実証した。

本実験を通じ、5Gの社会実装へ向けたさらなる課題も発見されている。迅速かつ簡易に5G環境を構築するためのパッケージ化、5G端末の小型化・省電力化、低価格化そして測定精度の面を考慮したセンサデバイスの選定などが挙げられる。今後、これら課題に対して引き続き検討をしていく必要がある。