



2019年度試験実施結果 ～その2～

試験グループ3

「都市又は郊外における5Gの超高速通信を活かしたユースケースの実証試験」

試験グループ4

「屋内環境における5Gの超高速通信を活かしたユースケースの実証試験」



試験グループ3代表
KDDI株式会社

まつなが あきら
松永 彰



試験グループ4代表
株式会社国際電気通信基礎技術研究所

よこやま ひろゆき
横山 浩之

1. はじめに

筆者らは、総務省の技術試験事務「令和元年度5G総合実証試験」^[1]のうち、「複数基地局、複数端末の環境下で都市又は郊外において端末からの上り平均300Mbpsを超える超高速通信を可能とする第5世代移动通信システムの技術的条件等に関する調査検討の請負」（以下、都市又は郊外における5Gの超高速通信を活かしたユースケースの実証試験）及び「屋内において端末上り平均300Mbpsを超える超高速通信の実現」（以下、屋内環境における5Gの超高速通信を活かしたユースケースの実証試験）の一環として、第5世代移动通信システム（以下、5G）の特長を活かしたユースケースの実証試験を実施した。本稿ではその概要を紹介する。試験の様子を、Web上に動画として紹介する^[2]。

2. 都市又は郊外における5Gの超高速通信を活かしたユースケースの実証試験

試験グループ3 KDDI株式会社

松永 彰、中野 哲、中尾 允彦、志田 裕紀、酒井 清一郎

5Gを活用した4つのユースケースを想定し、パートナーと実証試験を実施した（表1）。本試験は、複数基地局、複数端末の環境下で、ユーザ端末からの上り通信における超高速通信を実現することを技術目標とした。

2.1 ニュースポーツ「スラックライン」大会の活性化への応用

ニュースポーツの普及促進においては、観客の競技ルールの理解不足や技の難度が分からない等の要因により、面白さを伝えきれていないことや、観客同士や選手と観客の一体感の醸成不足が課題となっている。本試験はこれらの課題を解決し、地域に根付いたスポーツ大会を盛り上げることによって、地域社会の活性化を図ることを目的とした。2019年9月に長野県小布施総合公園で開催された「2019スラックラインワールドカップジャパン・フルコンボ」において、5Gの超高速・低遅延通信を活用した、ニュースポーツ「ス

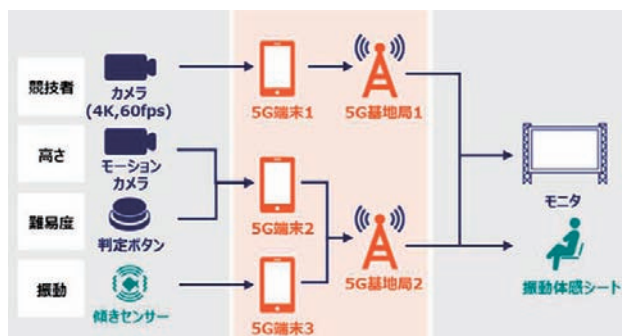


■図1. スラックライン競技の様子

■表1. ユースケースの一覧

ユースケース	周波数帯	実施者・パートナー
ニュースポーツ「スラックライン」大会の活性化への応用*	28GHz	KDDI、Goolight、アソビズム、スラックライン推進機構、小布施町
山岳登山者見守りシステムにおける登山者発見・空間共有への応用*	28GHz	KDDI、信州大学、中央アルプス観光、駒ヶ根市
高精細360度VR映像を用いた観光業促進への応用*	28GHz	KDDI、東海大学、エア・カメラ、Agrid、南阿蘇村
統合施工管理システムへの応用	28GHz 3.7GHz	KDDI、大林組、NEC

*2018年度に総務省が実施した「5G活用アイデアコンテスト」で上位に入賞した案件^[3]



■ 図2. システム構成概要



■ 図3. 会場内のモニタ映像及び振動体感シート

ラックライン」の新しい観戦体験を実証した。

スラックラインは幅5cmのライン上でジャンプをしながらアクロバティックな技を展開し、その難易度や美しさを競い合うスポーツである(図1)。

本実証試験では、地上5mに2つの5G基地局を設置、3台の5G端末を配置し、ユースケースとして2つの試験を実施した(図2)。

まず、モーションカメラの映像から自動判定したジャンプの高さと審査員により判定した技の難易度や連続回数などの情報を競技の4K高精細映像と共に5Gで伝送した。それらの情報を映像化して合成し、会場内のモニタにリアルタイムに中継することにより、観客が難易度等を理解できるようにした。さらに、スラックラインに設置した傾きセンサで選手がラインに接触する瞬間の振動を検出し、5G経由で観客席に設置した振動体感シートに伝送した。5Gの低遅延性を活かすことにより振動情報は41~50ms程度の遅延で伝送できたことから、観客は眼前の競技とシンクロしてジャンプ時の衝撃を体感し、選手と一体となる臨場感を体験できた。体験した観客からは「まるで跳んでいるようだ。スラックラインをやってみたい。」等の感想が寄せられた(図3)。

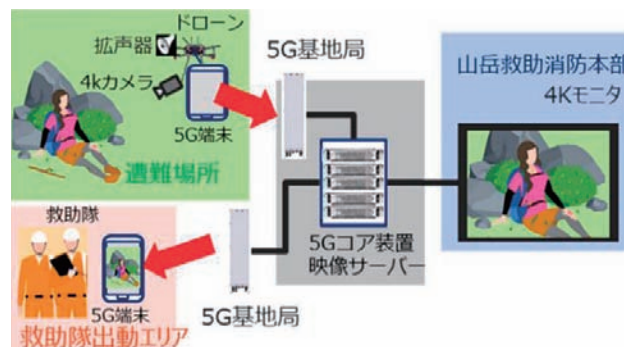
本試験を通じ、5Gの超高速・低遅延通信を活用した伝送システムが、ニュースポーツの普及において重要な競技ルールや技の難易度の理解を促進し、また、新たな感動体験の提供に貢献できることを確認できた。

2.2 山岳登山者見守りシステムにおける登山者発見・空間共有への応用

近年、山岳登山者の遭難事故の増加に伴い、救助業務の負担増が課題となっている。この解決に向けて、登山者にGPS機能付きLPWA端末を携帯させ、遭難の際にGPSで認識した位置情報をLPWAにて捜索本部に伝送し、登山者の場所を検知する登山者見守りシステムが開発されている。

本実証試験は、登山者見守りシステムにより遭難者の位置情報を正確に把握した上で、機体が小さく機動性に優れたドローンから、5Gの特長である上りの超高速通信を活用して遭難現場の精細な映像を伝送することで、遭難救助業務の改善に寄与することを目的とした。まず、4Kカメラや拡声器及び5G端末を搭載したドローンから、拡声器を通じて遭難者に呼びかけた際の反応を撮影する。次に、その4K高精細映像を山岳救助消防本部のモニタや、救助隊員の所持するタブレット型5G端末等に中継伝送を行う(図4)。これらの実現性を検証するため、2019年10月に長野県ホテル千畳敷周辺で試験を実施した。

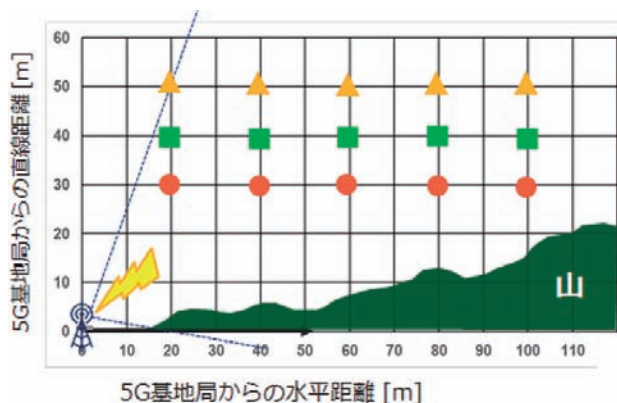
ユースケース試験に先立ち、上空の無線環境及び5G性能を評価するため、5G端末をドローンに搭載し、15ポイン



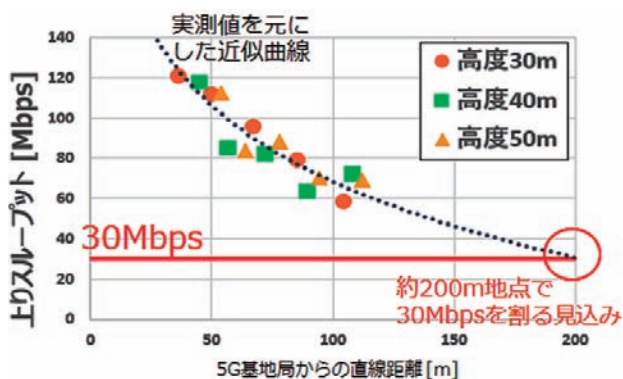
■ 図4. 山岳登山者見守り実証試験の概要



■ 図5. ドローン外観



■ 図6. 測定ポイント



■ 図7. 測定結果

トにおける上りスループットを測定した(図5、図6)。本試験の構成では、ユースケースの4K映像伝送のために求められる上り30Mbpsを達成する範囲としては、5G基地局から約200m程度であると推察される(図7)。

次に、遭難を想定する場所及び救助隊出動エリアに5G基地局を設置して、ドローンから高精細4K映像を5Gによって本部及び救助隊員へ伝送し、遭難現場の状況をより精



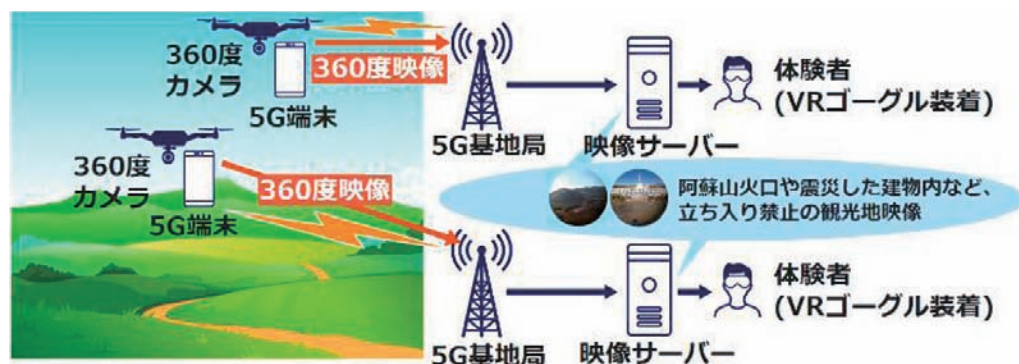
■ 図8. 山岳登山者見守り実証試験の様子

細に把握できることを実演にて示した(図8)。実演に参加頂いた救助隊員からも「遭難者の状況をより正確に把握できる」と実現への期待が寄せられた。

2.3 高精細360度VR映像を用いた観光業促進への応用

熊本地震以降、観光客数の回復を起爆剤とする観光業活性化は南阿蘇村の大きな課題となっているが、阿蘇山火口や希少植物の群生地など、阿蘇地域の観光地は安全面・環境保全の観点から立ち入りが厳しく制限されている場所が多く、従来通りの観光方法では地域の魅力を十分に伝えきれていない。本実証試験では、高精細360度VRカメラを搭載したドローンを当該観光地で飛行させ、撮影した映像を、現地を訪れた観光客にVRゴーグルでリアルタイムに見せることで、安全かつ環境破壊をすることのない観光手段を提供し、阿蘇地域の更なる魅力発信を実現するユースケースを想定した(図9)。

実証試験は、2019年12月、南阿蘇村にある道の駅「あそ望の郷くぎの」敷地内に2局の5G基地局を設置し、実施した(図10)。



■ 図9. VR映像を用いた観光業促進実証試験の概要



(a)水平方向



(b)垂直方向

■図10. 構築した5G評価環境



■図11. 実証試験の様子

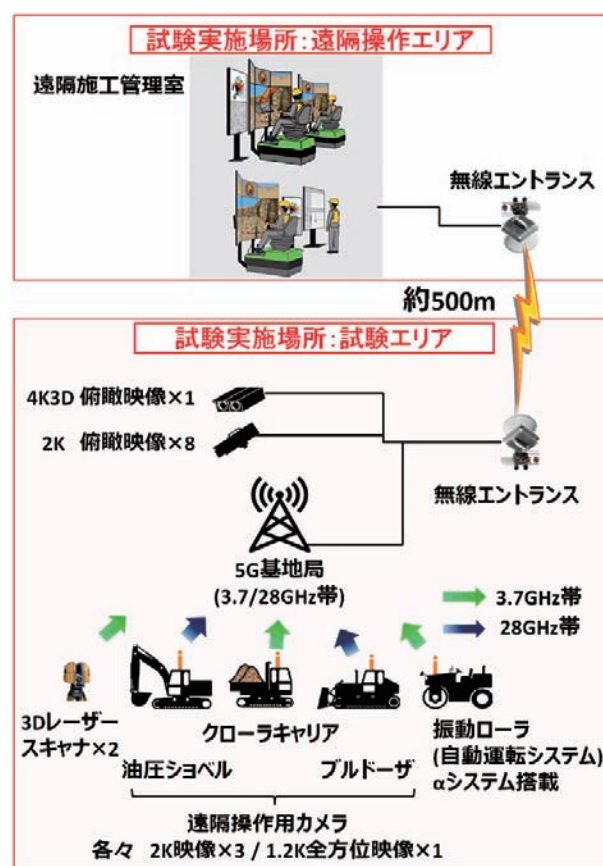
2機の5G端末を搭載したドローンが、空中で2つの基地局のエリアをまたぎ、基地局から最大67m離れた空域まで飛行した。各々のドローン上で高精細360度VR映像を撮影し、2台のVRゴーグルに途切れることなくリアルタイム伝送した(図11)。ドローンから伝送される上記のライブ映像と、立ち入り禁止となっている震災遺構や、地域の映像や異なる季節の映像等を録画した映像を階層化し、体験者が切り替えて楽しむ観光サービスイメージの体験も行った。現地の観光関係者で試験のパートナーである「あそ望の郷みなみあそ」の社長は、「かつて好評だったヘリでの空中遊覧は、現在騒音等の問題で中止しているが、今回のデモは足元や背後も見える点に優位性を感じた。画質も良く、今後更なる向上を期待する。」と述べ、5Gを活用した魅力ある観光サービス創出の可能性が見いだせた。

2.4 統合施工管理システムへの応用

本実証試験は、建設工事において、現場作業員の人手不足を解消すること、また、現場の膨大な施工作业データをリアルタイムに管理し全体工程の効率化を図ることを目的とする。5Gの超高速・低遅延通信を活用し、ダム工事現場において、道路造成を模擬した試験を実施した。

5G総合実証試験においては、5Gを利用した建設機械(建機)の遠隔操作試験を2017年度から実施しており、2017年度は建機単体の遠隔操作を実証した。2018年度は土砂災害からの復旧を想定して、5Gネットワークを被災地に迅速に構築し、連携した建機2台を遠隔操作し土砂を撤去する実証試験を実施した。

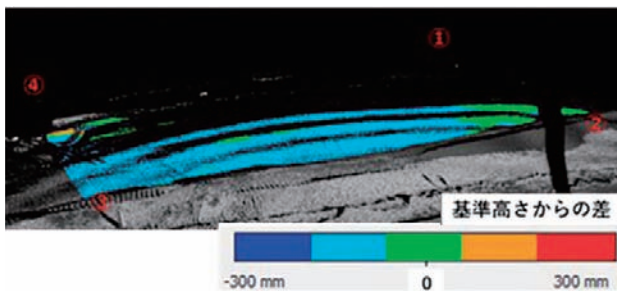
2019年度は、施工図面に基づく一般的な工事へ遠隔操作を適用することを想定し、建機の施工状況を把握するマシンガイダンスシステムや施工結果を測定する3Dレーザースキャナと遠隔操作システムを組み合わせた「統合施工管理システム」を構築し、2020年2月に三重県川上ダムにて、模擬道路造成の試験を実施した。5Gで遠隔操作される3台の建機(油圧ショベル、クローラキャリア、ブルドーザ)と、



■図12. システム構成概要

1台の自動運転される建機（振動ローラ）によって道路を造成するとともに、一般的な工事において重要となる高精度な出来形管理と、道路工事において最も重要な剛性（かたさ）のリアルタイム品質管理も遠隔で実施した（図12）。試験の結果、映像伝送遅延は140ms～220msとなった。一般に、違和感なく遠隔操作するための目標値は200ms未満とされており、オペレータからは、十分に施工可能であるとの感想が得られた。

また、マシンガイダンスシステムの画面においてブルドーザによる土砂の敷均しの様子や、振動ローラの地面転圧回数を色分けで示して施工の様子を確認すること、3Dレーザースキャナにより造成道路の凹凸を測定し結果を表示することができた。施工の状況を施工監督者にリアルタイムに提示することが可能になった（図13）。



■図13. 道路造成後の基準高さとの誤差

今回の道路造成試験では、運搬及び造成に関わる作業時間を実測し、国土交通省の標準歩掛と比較した。一般に遠隔操作による施工は標準歩掛の1.5～2.0倍の時間を要するとされているが、本試験では約1.4倍の時間となり、良好な結果が得られた。これは高精細な映像の伝送と3Dレーザースキャナなどの補助情報を総合的に利用できたこと、また、遠隔施工管理室において連携する建機のオペレータが隣席で操作できたことにより、建機の騒音のため施工現場では実現できないオペレータ間の円滑なコミュニケーションが実施できたことが理由と考えられる。遠隔操作に携わったオペレータからは、「違和感のない操作感覚である」

との感想が得られ、「遠隔操作では快適な環境下で施工を行うことができる」と好評であった。

今回の造成現場は基盤が粘性土質で軟弱で施工面の凹凸がでやすく、繊細な操作を必要とするブルドーザの土の敷均しといった作業を映像越しの遠隔操作で実施するには難易度が高いことが分かり、出来形を求める作業に関してはシステムに改善の余地があることが判明した。本試験のマシンガイダンスシステムでは、オペレータが土を敷き均すブレード（排土板）の操作と建機の方向操作に従事したが、自動化された近年のシステムを導入すれば、オペレータは建機の方向操作のみに集中し、遠隔手動操作では難易度の高いブレード操作は自動化システムに任せることにより要求精度を確保できると期待される。

今回の試験を通じて、5Gを用いた建機の遠隔操作による道路造成を実証し、一般的な工事へ5Gを適用できる可能性を示すことができた。現在、建設産業では製造業のように製造拠点を固定できないため現場での施工が前提となっているが、遠隔操作によって、建設過程の一部を常設拠点へ集約できる可能性や、作業員を含めた働き方及び生産管理の変革への案を示せたものと考えられる。

3. 屋内環境における5Gの超高速通信を活かしたユースケースの実証試験

試験グループ4 株式会社国際電気通信基礎技術研究所

横山 浩之

5Gを活用した3つのユースケースを想定し、パートナーと実証試験を実施した（表2）。本試験は、屋内環境におけるユーザ端末からの上り通信を想定した超高速通信を実現することを技術目標とした。

3.1 選手と観客の一体感を演出するスポーツ観戦

地方競技場の活性化を図るため、5Gの特長である超高速通信を活用して選手のコンディションと観客の応援の盛り上がり度を共有し、選手と観客に一体感をもたらす新しいスポーツ観戦方法の実証試験を、2019年10月、大阪府東大

■表2. ユースケースの一覧

ユースケース	周波数帯	実施者・パートナー
選手と観客の一体感を演出するスポーツ観戦*	28GHz	ATR、KDDI、ジュビターテレコム、データスタジアム、Knows、テクタイト
酪農・畜産業の効率化*	28GHz	ATR、KDDI、早稲田大学、宮崎大学、上土幌町、とかち村上牧場
軽種馬育成産業の支援*	28GHz	ATR、KDDI、東京大学、シャープ、新冠町、日高軽種馬共同育成公社

*2018年度に総務省が実施した「5G利活用アイデアコンテスト」で上位に入賞した案件^[3]



阪市の花園ラグビー場において実施した。センサ情報から選手の疲労度や応援度などを可視化し、競技映像と合成後、5G端末やスタジアムビジョンへ配信した(図14、図15)。選手の疲労時に観客へ応援を促すよう演出し、ハーフタイムでは、観客同士がゲーム要素を含んだ応援合戦などを行った。



■図14. スポーツ観戦の実証試験イメージ



(a) 5G端末への配信映像



(b) スタジアムビジョンへの配信映像

■図15. スポーツ観戦の実証試験での配信映像

これらの技術を用いた演出により、スポーツイベントを盛り上げ、地方競技場への観戦客増加が期待される。

3.2 酪農・畜産業の高効率化

酪農・畜産業の効率化を目指して2つのユースケースを想定した試験を、2019年11月、北海道土幌町のとかち村上牧場において実施した(図16)。1つ目は、獣医が牛舎内で繁殖期の予兆確認や健康状態の診断などをする際、牛の居場所を5Gで伝送した4K映像から特定する試験である。牛舎内に複数の4Kカメラを設置し、留め具で柵に固定された給餌中の牛を撮影し、映像をサーバに5Gで伝送した。サーバ上で、牛の耳についた札(耳標)の識別番号を映像解析により読み取り、固定された牛の位置を番号でタブレットに表示した(図17(a))。



(a) 牛舎で牛を検索する試験



(b) 事務所で牛をモニタする試験

■図17. 酪農・畜産業の実証試験



■図16. 酪農・畜産業の実証試験の概要



■図18. 軽種馬育成産業支援の実証試験概要



■図19. 軽種馬育成産業支援の実証試験

2つ目は、搾乳量が減った牛など観察したい牛を事務所から4K映像で遠隔でモニタする試験である。事務所のパソコンに識別番号を入力すると、該当する牛を撮影している4Kカメラの映像が5Gでリアルタイムに伝送されることが確認できた(図17(b))。

牛の場所を目視で探すのに1頭あたり15分以上を要した時間を大幅に短縮するとともに、特定の牛を遠隔からモニタできるようになることで、作業の効率化が進むと期待される。

3.3 軽種馬育成産業の支援

軽種馬育成産業の支援として、馬主や生産牧場主が、預けた馬の育成状況を遠方から確認するために5Gを利活

用することを想定し、2019年11月に、北海道新冠町の日高軽種馬共同育成公社において、軽種馬(競走馬)を撮影した8K映像を5Gの超高速通信を活かして伝送する試験を実施した(図18)。5G基地局を厩舎内と、トレーニングコース脇の2か所に設置。厩舎内では、職員による見守りや獣医の遠隔診察を想定し、馬房に4Kカメラを4台設置。4つの4K映像を1つの8K映像に合成し、5Gで事務所へ伝送した。また、厩舎の廊下に設置した8Kカメラで馬が歩く姿を捉え、同様に5Gで事務所へ伝送した。トレーニングコースでは、ドローンに搭載した8Kカメラで馬の走る姿を捉え、上りスループット120Mbpsを超える8K映像の伝送に成功した(図19)。

トレーニングによる筋肉のつき方や毛並みの様子が遠隔モニタ越しに確認できたことから、5Gと8K映像が軽種馬育成にとって有用であることが確認できた。

この技術によって、馬主向けサービスが向上し、馬主間口の拡大や牧場映像配信による観光客増加が期待される。

4. おわりに

本稿では、「都市又は郊外における5Gの超高速通信を活かしたユースケースの実証試験」及び「屋内環境における5Gの超高速通信を活かしたユースケースの実証試験」の実施結果を紹介した。

謝辞

本試験にご協力いただいた総務省並びに連携機関各位に感謝する。

参考文献

- [1] 総務省, “令和元年度5G総合実証試験の開始”, https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban14_02000390.html, Aug. 2019.
- [2] Youtube KDDI officialチャンネルにおける各節の照会動画URL
 2.1節: https://youtu.be/S_mOloyQk6s
 2.2節: <https://youtu.be/Zr3u0xCfBuE>
 2.3節: <https://youtu.be/JcrIzK7nLac>
 2.4節: https://youtu.be/fZ_vm5U8LTI
 3.1節: <https://youtu.be/clhCCTTi-7U>
 3.2節: <https://youtu.be/DyQqvYx0mhY>
 3.3節: <https://youtu.be/WtvhSTebvLw>
- [3] 総務省, “5G利活用アイデアコンテスト”, <https://5g-contest.jp/>, Jan. 2019.