



## 「医療」×「5G」

株式会社NTTドコモ 5G イノベーション推進室

おくむら ゆきひろ  
奥村 幸彦



### 1. はじめに

東京オリンピック・パラリンピックが開催される2020年に、本格的な商用サービスの開始をめざしている第5世代移動通信システム(5G)は、高速化モバイルブロードバンド(eMBB: enhanced Mobile Broad Band)、超高信頼・低遅延(URLLC: Ultra Reliable and Low Latency Communication)、超多数接続(mMTC: massive Machine Type Communication)などの特長を持つ次世代移動通信システムであり、その特長を活かした多様なサービスの創出が期待されている。

これまでNTTドコモ(以下、ドコモ)では、世界の主要なモバイルベンダと5G技術の検証のための実験協力や、5G無線インタフェースの国際標準仕様策定作業への貢献を積極的に行いつつ、5Gを応用した新たなサービスの創出に向けて、自動車、鉄道、観光、スポーツ、エンターテインメント、放送、製造、防犯・警備、医療などの多岐にわたる業界のパートナーと幅広く連携した取組みを進めて来た。本稿では、その中でも、国内においてドコモが先行する形で取り組んできている「医療」への5G応用に関して、具体的な事例を取り上げ、そのコンセプト、実証試験(トライアル)・模擬試験(デモンストラーション)の実施状況について紹介する。

### 2. 地域医療の充実に向けた5Gの活用

全国的な地方における人口減少・過疎化の進行などにより、地方と都市部の地域格差は益々拡大し、医療分野においても地域における医療サービスや医師の偏在対策が課題となっている。この課題の解消にも寄与すべく、ドコモは和歌山県、和歌山県立医科大学(以下、県立医大)と連携して、山間部・過疎地などにおいても都市部にある総合病院と同様の高度な医療を提供可能とすることで地域医療の充実が図れるよう、5Gを活用した遠隔診療サービスの高度化に関する実証試験を、総務省の5G総合実証試験として2017年度に開始した<sup>[1]</sup>。

2018年2~3月に実施した実証試験では、県立医大地域医療支援センター(上野 雅巳センター長)と県内日高川町にある国保川上診療所(平林 直樹所長。以下、診療所)との間で5Gを活用した遠隔診療システムを構築し、診療所の医師と県立医大附属病院の専門医が、高精細な診断映像を共有しつつ、テレビ会議越しに円滑なコミュニケーションを行いながら3診療科(皮膚科・整形外科・循環器内科)について遠隔診療の実証試験を実施した結果、約40km離れた拠点間であるにもかかわらず、専門医と患者があたかも同じ診察室内にいるかのように診療が進められ、5Gを用いた遠隔診療の有効性を示すことができた<sup>[2]</sup>。

これら2017年度の実証試験をベースとして、診療シナリオのさらなる拡充の可能性を追求すべく、2018年度には、診療所周辺地域の患者宅などにおける訪問診療シーンにおいて、5Gを活用した遠隔診療を適用する実証試験を実施した<sup>[3]\*1</sup>。診療所の医師が患者宅を訪問して遠隔診療を行うにあたり、医師が患者宅へ携行した医療機器(ポータブルエコー、小型4K接写カメラ)から出力される複数の高精細診断映像と、県立医大の専門医とリアルタイムにコミュニケーションするための4Kテレビ会議映像を、無線周波数として4.5GHz帯を用いる5G移動局から5G基地局へ高速無線伝送した上で光回線により県立医大へ転送するようにした。ここで、2017年度の実証試験における5G移動局の通信可能エリアに対して、2018年度の実証試験においては、基地局のアンテナ設置位置と高さを調整し、異なる場所に点在する患者宅をカバー可能な、より広い5G通信エリアを確保し、5Gの無線通信性能の評価も含めた実践的な検証を行った。2018年10月に事前試験を行った上で、2019年1月15日~24日にかけて実施した本試験では、循環器内科の2症例と精神科、栄養指導の各1症例について遠隔訪問診療を実施した。循環器内科の診療では、診療所医師が心疾患の既往歴のある患者の自宅を訪問して、エコー・4Kカメラ・4Kテレビ会議の各映像を通して県立医大の循環器内科

\*1 本実証試験は、ドコモが実施主体となり総務省から請け負った平成30年度5G総合実証試験「屋外において平均4~8Gbpsの超高速通信を可能とする第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」として実施した。



■ 図1. 地域医療の充実に向けた遠隔訪問診療・遠隔教育

専門医に診てもらいながら遠隔訪問診療を進めた。同診療では、特にエコーについて、適切なセンサープローブの当て方などを専門医が診療所医師へリアルタイムに指示を行いつつ、カラードップラー映像を含む高精細エコー映像を5G伝送することで、患者宅においても迅速かつ的確な診断を行うことができた。図1・上側写真に遠隔訪問診療の様子を示すとともに、以下に試験参加した医師の意見・感想を示す。

<専門医> エコーの映像が素晴らしく、これだけ鮮明に見られれば、臨場感があり、自分が目の前の患者を実際にエコー検査しているのとなかなか近い感覚で診療が可能と感じた。今すぐにでも日常的に使っていききたいシステムであり、ぜひ早期に実現して欲しい。

<診療所医師> いわゆる「交通弱者」の人が増えてきているので、へき地医療を担うものとしては、大変有難いことだと思っている。5Gで鮮明な診断映像を専門医に送った上で正確な診断を行い、診療を進めることにより、今後も5Gの利点が活かして行けると考えている。

2018年度の実証試験では、5G遠隔診療システムのさらなる応用事例として、医療従事者への遠隔教育を想定した実証試験も実施した<sup>[3]</sup>。具体的には、専門外の医師が内視鏡（胃カメラ）の適切な操作について医大の内科指導医のアドバイスを受けながら内視鏡トレーニングモデル（訓練用人型ファントム）を用いて訓練するシーンについても試験を実施した。これまでの遠隔診療と同

様、胃カメラの鮮明な映像に加えて、訓練を受ける医師の操作状況のモニタ映像としても機能する4Kテレビ会議映像を5Gにより同時伝送することで、2人の医師が距離を感じることなく指導を進めることができた（図1・下側写真）。試験参加した指導医からは「普段、内視鏡を扱うことのない医師を対象にレクチャーを行ったが、遠隔指導でもスムーズに内視鏡操作ができたので、教育にとどまらず実際の検査も可能ではないかと感じた」との評価を得た。このような5Gを活用した遠隔教育が普及すれば、医師のスキル向上のための教育機会を増やし、医療水準の向上に資するものと期待される。

### 3. 5Gで実現する次世代移動診療車

働き方改革の推進、地域格差の解消、大規模災害への対応などの社会課題の解決にも寄与する医療ソリューションとして、5Gを活用した次世代移動診療車による遠隔診療の実現が考えられる。総合診療・各種健診へ対応する医療機器を搭載し、超高速・低遅延で通信可能な5Gを介してネットワーク接続された次世代移動診療車が、職場や各種施設、無医地区、災害現場などに赴き、総合病院の専門医との間で高精細の診断映像とテレビ会議映像を用いた遠隔診療を行うことができれば、より広いエリアでタイムリーに高度な医療を提供することが可能となる。

今回、NTT東日本関東病院（以下、関東病院）とドコ



■図2. 次世代移動診療車による遠隔妊婦健診

モは共同で、この5Gを活用する次世代移動診療車の具体的な利用シーンの一例として、病院の産婦人科医師（以下、病院医師）が移動診療車の総合診療科医師（以下、診療車医師）とテレビ会議を介してリアルタイムにコミュニケーションしながら移動診療車搭載の医療機器を用いて遠隔妊婦健診を行うシーンについて模擬試験を実施し、5Gを活用する次世代移動診療車の実用性を検証した。

2018年5月に実施した模擬試験では、移動診療車を模擬したスペースに4Dエコー\*2、4Kカメラ、乾式臨床化学分析装置、ベッドサイドモニタなどの医療機器を、総合病院の診察室に医用画像管理システムPACS (Picture Archiving and Communication System) をそれぞれ配置し、更に双方の拠点に4Kテレビ会議システムを設置した上で、各医療機器の出力映像とテレビ会議映像を、模擬移動診療車と総合病院間で実際に5G及び光ファイバを介して一括伝送した（図2）。模擬試験のシナリオは、関東病院の産婦人科・杉田 匡聡主任医長の監修のもと、実際に起こり得る妊婦健診を想定した以下の3つのシーンを実行した。

【シーン①】 移動診療車に「赤ちゃんの動きが少ない」と訴える妊婦が到着し、診療車医師が病院医師に声をかけて健診を開始。最初に、病院医師が週数と母親の体重の増加状況を確認し、胎児の順調な発育を確認。

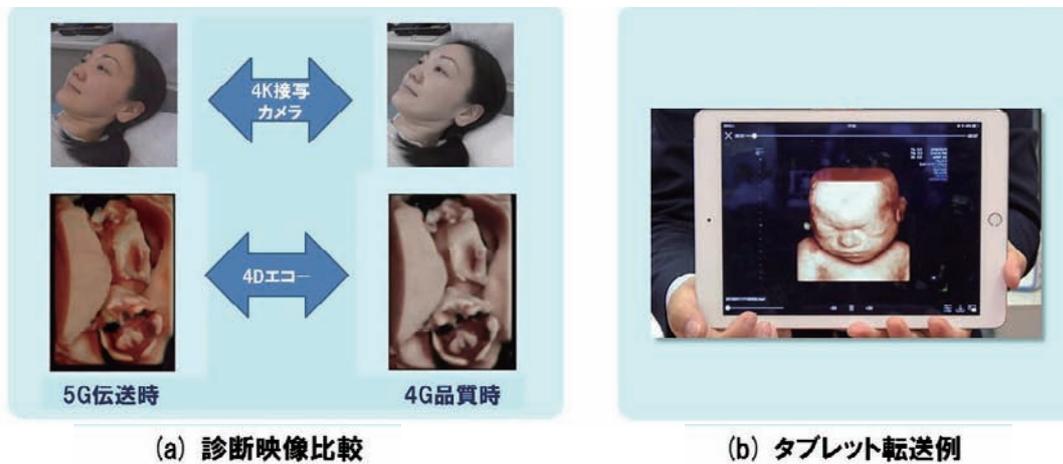
【シーン②】 現在の胎児の様子を4Dエコーにより撮影した検査映像をリアルタイムに移動診療車から病院へ伝送し、病院医師によりBPD（胎児頭大横径）が週数相当であること、心臓の正常な鼓動、頭部・腕・足にかけての順調な発育の様子等を確認し、胎児に問題の無いことを確認。さらに、PACSに記録されていた過去の妊婦健診の際の検査映像と比較しても発育状況が順調であることを確認。

【シーン③】 診療車到着時に試行した妊婦の採血検査の結果を診療車医師が確認し、ヘモグロビン値が若干の貧血を示していることを報告しつつ、4Kカメラでライブ撮影した妊婦の顔色を病院医師に伝送。確かに貧血気味であることを確認した病院医師から、貧血が原因で胎児に栄養が回らずに胎動が弱まった可能性を指摘し、分食により栄養をしっかりと摂れるようにすることなどを指導して健診を完了。

以上の模擬試験の参加者から得られた意見・考察を以下に示す。

<病院医師> 5Gは、4Gに比べて鮮明なエコー映像とカメラ映像（図3（a））が同時に伝送され、妊婦の顔色や皮膚の状態も一緒に確認することができるとともに、テレビ電話会議により医師同士で相談しながらスムーズな診察ができ、非常に有用性が高い。

\*2 4D（4次元）エコーは、立体的な3D（3次元）超音波診断（エコー）画像を、更に時間的な変化も精度よく観測できるようにしたもので、胎児の動きに着目した診断に用いる。



■図3. 遠隔妊婦健診における診断映像

＜妊婦＞ 妊婦健診は最初4週に1回から、その後2週に1回必要となる。一方で地方に行くと産婦人科のクリニックや病院は少なく、妊婦にとって定期的に休みをとって遠くの産婦人科を受診するのは負担がかかるため、気軽に遠隔妊婦健診ができると、とても助かる。

以上より、5Gを活用した次世代移動診療車による遠隔妊婦健診の有用性を示すことができた。将来的には、遠隔診療中に病院へ送られPACSに記録された診断映像をスマートフォンやタブレットなどへ転送して表示すること（図3 (b)）も可能であり、家族が胎児の元気な様子をリアルタイムに確認するなどの応用も考えられる。

## 4. 救急医療の高度化に向けた5Gの活用

救急医療分野においては、高齢化に伴う循環器疾患や脳血管障害を有する患者の増加や地域における医師不足への対策などが課題となっているが、このような課題の解決にも寄与すべく5Gを活用した救急搬送の高度化ソリューションの実現に向けた実証試験を行った。

救急指定病院、救急車、ドクターカーの間に5Gを用いた無線通信回線を設定し、診断用の高精細映像の伝送を可能とする環境を構築。救急搬送中の時間を更に有効活用し、適切な処置を行うまでの時間の短縮と救命率の向上をめざしたもので、前橋市情報政策課及び消防局（以下、消防局）、前橋赤十字病院高度救急救命センター（以下、高度救急救命センター）、前橋工科大学、ICTまちづくり共通プラットフォーム推進機構、日本電気とドコモが連携し、2018年度の総務省5G総合実証試験として実施した<sup>[3]\*1</sup>。

今回の実証試験では、救急救命対応を要する患者に対

する確かつ迅速な処置が可能となることをめざした、①マイナンバーカードを活用した患者情報を確認するシステム（救急搬送支援システム）、②映像と音声により三者間でリアルタイムコミュニケーションするテレビ電話会議システム、③救急車とドクターカーから患者の様子を映した高精細映像と医療機器の出力映像を病院へ伝送（救急車の映像はドクターカーにも伝送）するシステムから構成された複合的なシステムを構築・使用した。2018年12月の事前試験の後、前橋市役所内に高度救急救命センター及び消防局通信指令室を模擬したスペースを設置するとともに、無線周波数として28GHz帯を使用する5G基地局を設置し、5G移動局を搭載した救急車及びドクターカーが前橋市役所周辺の道路などを走行及び同市役所駐車場に停止した状態において、高度救急救命センターの中村 光伸センター長と消防局の救急隊員の監修による以下の5つのシーンから成る救急医療現場の実践的なシナリオによる本試験を2019年2月12～15日に実施した。

【シーン①】交通事故にあった人が倒れて動けなくなっているとのことで119番通報があり、通信指令室より救急車とドクターカーの出動が要請される。同要請を受けて救急車が現場へ急行するとともに医師を乗せたドクターカーが出動。

【シーン②】救急車が先行して現場に到着し、事故にあった患者を収容した後、搬送を開始。患者の意識は無い状態であったが、マイナンバーカードの活用により、患者情報を確認し、同情報をリアルタイムに病院とドクターカーへ共有。

【シーン③】救急車は患者の容体などを高精細な映像で病院とドクターカーへ伝送しつつ、医師からの指示を受



■図4. 救急医療の高度化に向けた実証試験模様



■図5. 救急搬送時（ドクターカー）診断映像比較

けて救急隊員が適切な処置を施しながら、ドクターカーとのドッキングポイントへ急行。

【シーン④】救急車とドクターカーが概ね同時刻にドッキングポイントへ到着したところで、患者をドクターカーへ速やかに乗せかえる。その後、ドクターカーの医師と高度救急救命センターの医師とが連携して継続的な診断及び適切な処置を施しながら、収容先となる高度救急救命センター（救急指定病院）へ急行。

【シーン⑤】収容先の病院では、予め共有された患者の情報により受入れ体制を整え、ドクターカーが病院へ到着すると直ちに専門医が必要な処置を開始。

以上の実証試験の様相を図4に示すとともに、同試験に参加した医師の感想を以下に示す。

- ・複数の情報、すなわち患者本人の状態、検査機器からの情報、周囲の状況などを同時に確認することができていたので、患者を目の前に対応していると同様の状況を再現できた。さらに、現場、救急車、ドクターカー、高度救急救命センターが一体化している印象を受けた。

- ・5G伝送された映像は非常に鮮明で、今までよりも情報量が多く、従来（4G）と比較するとその差は歴然である（図5）。このような映像があれば適切な指示が出せ、結果的に患者の診断・治療の時間を短縮することにつながると思う。

複数の5G移動局を活用した今回の実証試験を通して、病院などの医療機関の外で患者の処置を行う場面が含ま



■ 図6. モバイルSCOTのシステムイメージ

れる救急医療分野においても傷病者の早期の容体把握と迅速な医療処置に対して、5Gが有効であることを確認できた。今後、救急車やドクターカーに設置する機器や病院（救急救命センター）との連携方式を精査することで、さらなる救急医療の高度化、救急搬送時間の短縮が期待される。

## 5. 5Gで実現する高度医療システム「モバイルSCOT」

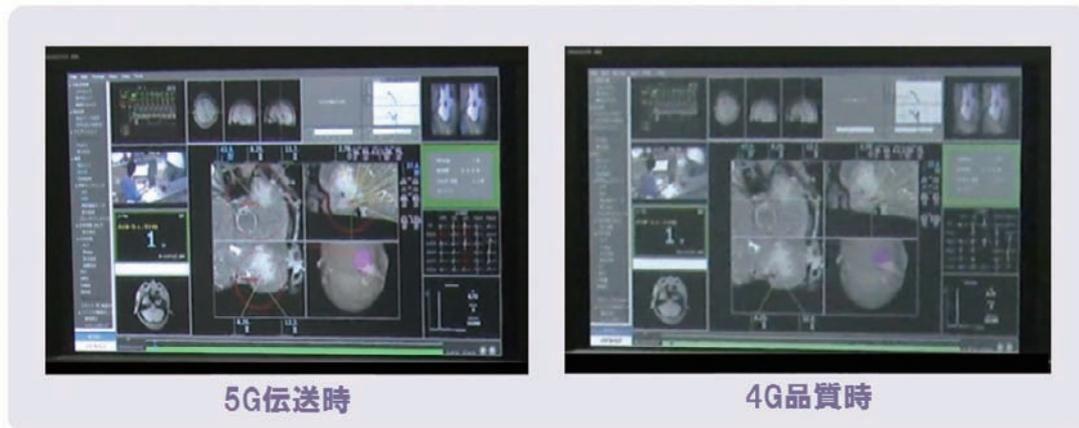
最先端の臨床研究を推進する東京女子医科大学（以下、女子医大）では、手術室内の医療機器のパッケージ化・ネットワーク化・情報化により安全で高度な医療を実現するSCOT®（Smart Cyber Operating Theater®）\*3の開発を進めている。このSCOTに、5Gの超高速・低遅延通信を応用することで、幅広い環境で高い水準の医療を提供可能とする「モバイルSCOT」について紹介する。

SCOTは、最新のIoT技術を活用した未来指向のスマートな治療室（手術室）で、女子医大先端生命医学研究所の村垣 善浩教授が主導し、5大学、11企業が共同で開発・実用化を進めている。SCOTは大きく3つの要素「パッケージ化」、「ネットワーク化」、「情報化」により構成されている。手術室にある多種多様な医療機器を診療科・症例に応じてパッケージ化し、パッケージ化された機器からの出力をネットワーク化によって時刻同期して記録

した上で、これらを意味のある情報に変換（情報化）。執刀医をはじめとする手術スタッフへ提供することで、手術中の意思決定プロセスを的確かつ迅速に行えるようにしている。情報化の対象は、MRIなどの医用検査機器の画像、手術ナビゲーションシステムからの術具位置、4K8K外視鏡の術野映像、患者の生体情報など多岐にわたるが、これらを統合して表示するアプリケーションを「戦略デスク」と呼び、その統合表示画面は手術室内に加えて手術室の外にも送ることができ、経験豊富な熟練医師が同画面をリアルタイムに参照しながら手術室内の執刀医を外からアドバイスすることが可能である。熟練医師が管制塔として手術全体を監視することにより、均一かつ高水準な医療の提供をめざす。

今回、女子医大とドコモは、SCOTの新たな展開として、5Gを活用してSCOTのモバイル化を図り、“いつでも”、“どこでも” SCOTを提供・利用できるようにすることをめざした「モバイルSCOT」コンセプトを提案し、国内外において模擬試験を実施してきている。モバイルSCOTは、スマート治療室を5Gによりモバイル化した「モバイルスマート治療室」と、戦略デスクを5Gによりモバイル化した「モバイル戦略デスク」のどちらか一方、または両方を導入するSCOTのモバイルバージョンであり、図6にモバイルSCOTのシステムイメージを示す。図6・左

\*3 SCOT及びSmart Cyber Operating Theaterは学校法人東京女子医科大学の登録商標。



■図7. 医療機器情報統合表示画面の映像比較

側は、モバイルスマート治療室を拡張機能付きのトラックに搭載するイメージを示しており、移動先で拡張部分を展開して、必要な治療スペースを確保するとともに、トラックに搭載された5G移動局を介してネットワーク接続し、モバイル戦略デスク（または従来の戦略デスク）との間で治療に必要な情報をやりとりする。一方、図6・右側は、鉄道で長時間移動中の医師がモバイル戦略デスクを客車内で使用するイメージを示しており、5G通信機能を搭載したタブレットやポータブルPC上に治療情報（統合表示画面、術野映像ほか）を伝送・表示しつつ、マイク付きヘッドホンを通じてスマート治療室内の執刀医へ音声により指示する。これまでに実施したモバイルSCOTの模擬試験では、図7に示すように統合表示画面を5Gで伝送した映像と4G品質で伝送した場合の映像を比較した結果、5Gの方がより鮮明な映像で患部の立体的かつ細かい形状を把握することが可能となり、5Gの有用性を示すことができている。

このようなモバイルスマート治療室のユースケースとしては、多数の人が集まる大規模なイベントやスポーツ競技大会などへ派遣することが考えられるとともに、高度医療を提供可能な病院や専門医が不足している地域を巡回することで、地域における医療格差の解消も期待される。また、大規模災害時には、多くの人が負傷し、現場周辺の病院が機能ダウンした際の代替機能を提供することで、傷病者が遠くの病院へ行くことなく現場で迅速かつ的確な治療を受けることが可能となる。一方、モバイル戦略デスクの利用シーンとしては、熟練医師が出張先や移動中であっても、タイムリーに手術支援を行うこ

とが挙げられ、モバイルSCOTの適用機会の拡大につながるものと期待される。

## 6. おわりに

5Gの特長を活かした医療分野における新しいソリューション実現に向けた取組みを紹介した。地域医療の充実及び救急医療の高度化に向けたシステムの構築と実証試験では、5Gの超高速通信を活かして複数の医療機器から出力される高精細映像とテレビ会議映像をリアルタイムに同時伝送するソリューションの遠隔診療における有効性について実証することができた。5Gの商用サービス開始以降、同ソリューションが普及・展開されることで、地方を含むより広いエリアにおいて高水準の医療サービスの提供が可能となり、地域医療・救急医療のさらなる発展が期待される。また、模擬試験を実施した5Gを活用する次世代移動診療車とモバイルSCOTの各構想も、今後段階的に実用化されることで、タイムリーかつ高度な医療を受けられる場所と機会を拡大し、医師不足、地方と都市部での医療格差、災害現場での医療の提供といった各種社会課題の解決へつながることが期待される。

### 参考文献

- [1] [https://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/2017/05/19\\_01.html](https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2017/05/19_01.html)
- [2] 奥村他、“5G総合実証試験におけるNTTドコモの取組み、” ITUジャーナル、Vol.48、No.11（2018年11月）
- [3] [https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/info/news\\_release/topics\\_190319\\_01.pdf](https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/info/news_release/topics_190319_01.pdf)