

報道関係各位

高度遠隔医療ネットワークの実用化研究プロジェクト
8K 腹腔鏡映像をローカル 5G を含む回線で伝送し遠隔手術指導を行う
臨床試験を世界に先駆けて実施

2025 年 2 月 7 日
一般財団法人 NHK 財団

発表のポイント

- 8K スーパーハイビジョン映像システムで撮影した手術映像をローカル 5G を含む回線を通してリアルタイムに伝送し、遠隔から手術支援（指導）するシステムについて 2 月 13 日に臨床試験を行います。
- 2021 年に行った動物での実証実験の結果、本物に迫る立体感を保持した 8K の映像により遠隔地でも手術状況を詳細に把握でき、遠隔支援（指導）を加えることで、外科医（術者）の内視鏡技術が向上し、手術時間が短縮することを確認しています。
- 2022 年度からは、有線およびローカル 5G 回線を利用した超高速通信による安定な伝送について検討を進めてきました。
- 2024 年 5 月には、有線回線を用いて、8K 腹腔鏡手術システムの映像を伝送し遠隔手術指導を行う臨床試験を国立研究開発法人国立がん研究センター中央病院と共同で実施し、成功裏に終わりました。
- 今回は 5 月の臨床試験で用いた伝送路の一部を、病院内設備としての利用が検討されているローカル 5G に変更して臨床試験を実施し、遠隔手術指導の有用性および 8K 映像伝送におけるローカル 5G を含む伝送路の可用性を確認します。
- 本試験の結果を踏まえ、医療機器としての承認に向けた計画を策定し、本システムの社会実装によりわが国のみならず世界的にも課題である外科医や高度医療技術の偏在並びに不足の解消に寄与することを目指します。

遠隔手術支援（指導）側



術者側



通信回線

概要

一般財団法人 NHK 財団(理事長:田中宏暁、所在地:東京都世田谷区)と国立研究開発法人 国立がん研究センター中央病院は、日本発の 8K スーパーハイビジョン技術(以下、8K 技術)を用いた腹腔鏡手術システムで手術映像をリアルタイムに送受信し、遠隔で手術支援(指導)を行うことが臨床で有用かを確認するため、大腸がん患者さんを対象とした臨床試験を世界に先駆けて 2024 年 5 月 7, 8 日に実施し、有線通信系を利用した遠隔手術指導下の若手外科医による手術が問題なく実施できることを確認するとともに、通常外科医 3 名で行う腹腔鏡手術を 1 名減らしても質の高い腹腔鏡下手術が実施できることを確認しました。

今回の臨床試験では、将来の医療施設の通信インフラとして利用が検討されているローカル 5G システムを手術施設側および遠隔手術指導側それぞれに新たに導入し、本システムでの手術指導の安全性、有用性と、広帯域伝送を必要とする 8K 映像伝送でのローカル 5G システムの可用性を評価します。

本システムでは、8K 技術ならではの超高精細映像による「本物に迫る立体感」を保持した手術現場の映像を、伝送画質と遅延を最適化した状態で伝えることで、遠隔地においても手術状況を詳細に把握することが可能です。また、8K カメラに取り付けられた腹腔鏡を、腹腔を俯瞰する位置に半固定して得られる 8K 映像と、その一部を電子ズームで拡大表示した映像を手術室と遠隔地(指導側)双方の 8K モニタに並べて表示し、リアルタイムにアノテーションと音声で技術指導を行います。本システムは 2016 年より開発を開始し、2021 年には動物を用いた実証実験において、外科医の内視鏡技術の向上と、手術時間の短縮を確認しました。本試験では大腸がん患者さんでの安全性と有用性を評価し、その結果を踏まえ、医療機器としての承認に向けた計画の策定および遠隔手術指導の普及を進めてまいります。さらに本臨床試験で利用したローカル 5G を含む通信回線の利用事例を通して、日本外科学会で予定されている遠隔手術ガイドラインの改定に貢献してまいります。

本プロジェクトについて

本プロジェクトは、国立研究開発法人日本医療研究開発機構(AMED)「8K 等高精細映像データ利活用研究事業」の支援により 2016 年に始動し、8K 技術を用いた新しい腹腔鏡手術システムの開発とそれを応用した遠隔手術支援システムに関する研究を進め、2021 年に遠隔手術支援(手術指導)の実証実験を動物で行い実用化に向けた有用性を確認しました。

現在は、日本医療研究開発機構「高度遠隔医療ネットワーク実用化研究事業」(課題番号「24hsa422001h0003」)の支援下で、日本外科学会、日本内視鏡外科学会、日本ロボット外科学会、その他関連学会と連携して行う「手術支援ロボットを用いた遠隔手術の実現に向けた実証研究」の一課題である「8K 映像伝達による次世代型遠隔手術の概念実証」において実施しています(図 1)。

8K 映像は、従来のハイビジョンの 16 倍にあたる 3,300 万画素の超高精細映像で、その密度は人間の網膜に迫ると言われる日本発の最先端の放送技術です。この 8K 映像を遠隔手術支援型の内視鏡手術機器に応用するのは初の試みで、本臨床試験で有用性が示された場合には、質の高い遠隔手術支援が実現し、わが国の課題である外科医や高度医療技術の偏在並びに不足の解消に寄与することが期待されます(図 2、図 3、図 4)。

参考

2016 年 11 月 15 日プレスリリース

8K スーパーハイビジョン技術を医療応用する初の国家プロジェクト腹腔鏡手術システムでの実用化目指し始動

https://www.ncc.go.jp/jp/information/pr_release/2016/1115/index.html

2021 年 11 月 2 日プレスリリース

8K スーパーハイビジョン技術を医療応用する国家プロジェクト

8K 腹腔鏡手術システムによる映像を伝送し遠隔で手術支援を行う世界初の実証実験で医学的有用性を確認

https://www.ncc.go.jp/jp/information/pr_release/2021/1102/index.html

2024 年 5 月 7 日プレスリリース

高度遠隔医療ネットワークプロジェクト

8K 腹腔鏡手術システムによる映像を伝送し遠隔で手術指導を行う臨床試験を世界に先駆けて開始

https://www.ncc.go.jp/jp/information/pr_release/2024/0507_1/index.html

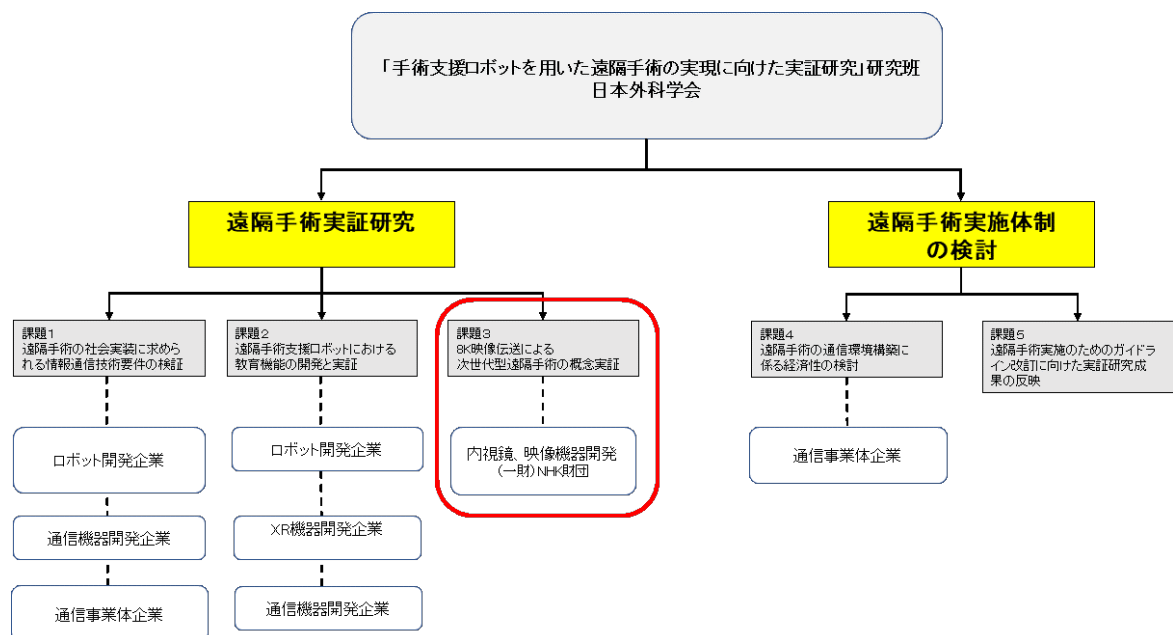
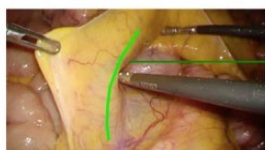


図 1 本事業の全体像



8K遠隔手術支援ソリューションシステム



- ・「ここ、そこ」などの暗黙知にアノテーションを付けることで、より綿密なコミュニケーションが可能。
- ・8K ならではの「本物に迫る立体感」による高い質での遠隔手術支援の実現
- ・8K ならではの「本物に迫る立体感」による高い質での医師教育の効率化

図 2 8K 遠隔手術支援ソリューションシステム
8K スーパーハイビジョン技術を用いた腹腔鏡手術システムによる
遠隔手術支援システムのイメージ

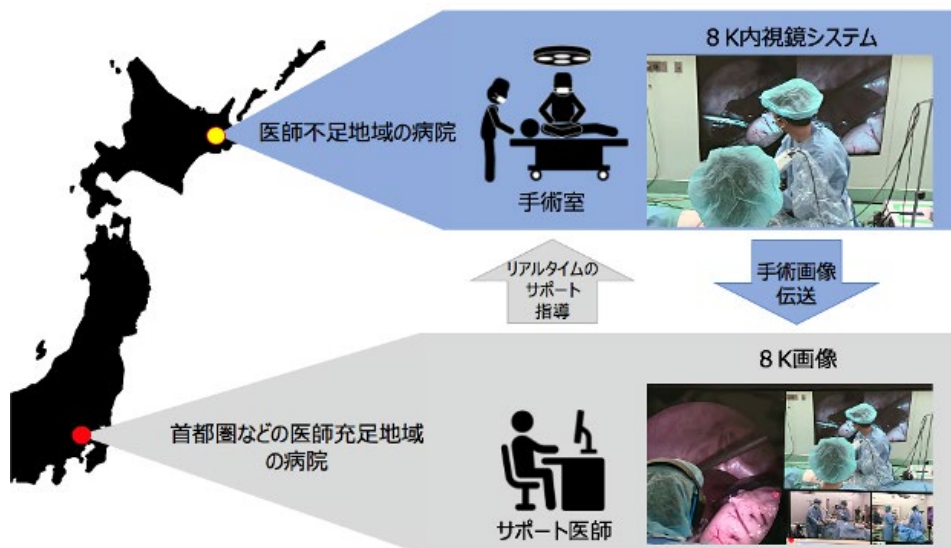


図 3 本プロジェクトによる課題解決イメージ
医師が不足している地域の病院と首都圏など医師が充足している地域の病院とをつなぎ、
外科医の偏在を補います。

既存技術との比較イメージ

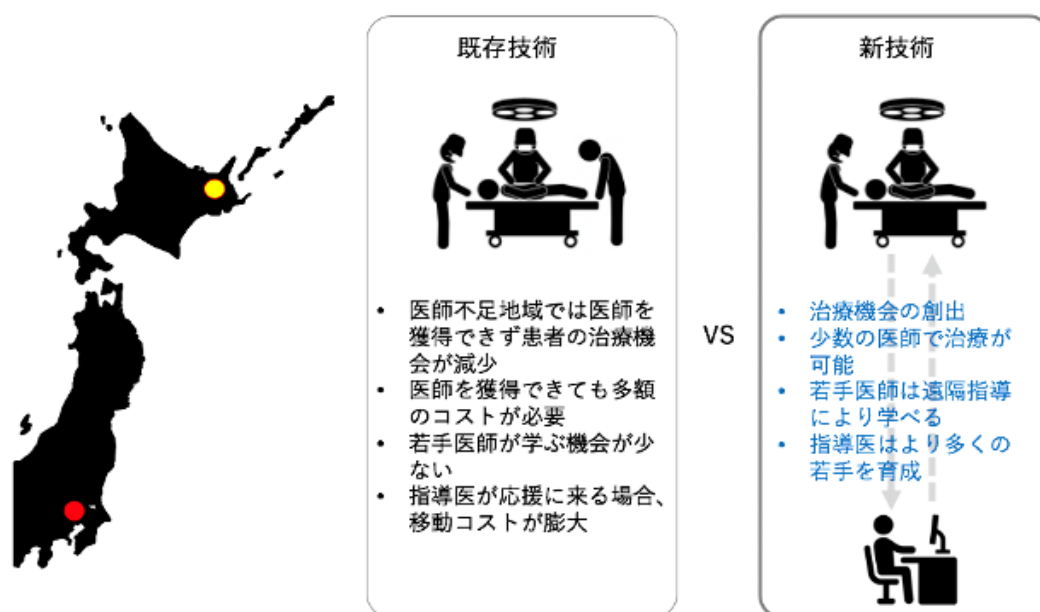


図 4 本プロジェクトによる課題解決イメージ
既存技術の課題と本プロジェクトによる新技術での課題解決

臨床試験の実施概要・目標

本プロジェクトでは、AMED の支援により実施した先行研究「8K スーパーハイビジョン技術を用いた新しい遠隔手術支援型内視鏡（硬性鏡）手術システムの開発と高精細映像データの利活用に関する研究開発」（2019 年度から 2021 年度実施）で開発した試作器の実用化・普及を目指し、超高精細ながら大容量の 8K 映像を、ローカル 5G 等の無線も含むネットワークで低遅延・高画質で送受信し、遠隔から手術指導を行うことで、遠隔地において少ない外科医でも質の高い手術の実施が可能か臨床試験で検討を行います。

2024 年 5 月に実施した臨床試験では、開発した 8K 遠隔手術指導型内視鏡手術システムを用いた遠隔手術指導のもとでの手術の安全性、有用性を、有線の高速通信回線を用いて検証しました。また、外科医数 2 名での手術完遂度などを評価し、腹腔鏡手術で通常外科医 3 名で行うところ、外科医を 1 名減らしても質の高い腹腔鏡下直腸切除術が実施できるかどうかを確認し、3 例の症例に対して通信障害なく遠隔手術指導下の手術を無事終了する結果が得られました。

今回の臨床試験では、医療機関の将来の通信インフラとして期待されているローカル 5G を通信回線の一部に導入し、8K 医療映像の伝送におけるローカル 5G システムの可用性を検証します（図 5 参照）。これらの結果を踏まえて、近い将来の医療機器としての承認に向けた具体的計画の策定に取り組んでいきます。またこうしたローカル 5G を含む通信回線の利用事例を通して、日本外科学会で予定されている遠隔手術ガイドラインの改定に貢献してまいります。

研究課題名： 国立研究開発法人日本医療研究開発機構(AMED)「手術支援ロボットを用いた遠隔手術の実現に向けた実証研究」

https://www.amed.go.jp/koubo/12/01/1201C_00040.html

代表者： 一般社団法人日本外科学会 森 正樹

共同研究者： 国立がん研究センター中央病院、NHK 財団

<目標>

1. 8K 内視鏡システムにより得られた高精細な手術映像やアノテーション等のデータを、手術を実施する医師と遠隔地にて指導する医師との間でスムーズに送受信し、得られた情報から術中の重要点の提示等を可能とする遠隔手術支援システムの開発・改良を実施
2. 遠隔地に8K映像を伝送する回線として有線・無線の各種回線の利用可能性を検証し、医療データの伝送に必要な高いセキュリティと8K映像の安定伝送を検証(3例は有線回線のみを利用:5月に実施済み、2例は手術施設、指導施設それぞれにローカル5Gを利用:今回)
3. 遠隔手術支援システムの医療上の有用性等について検証し、医療機器としての実用化・普及に向けた具体的計画を策定

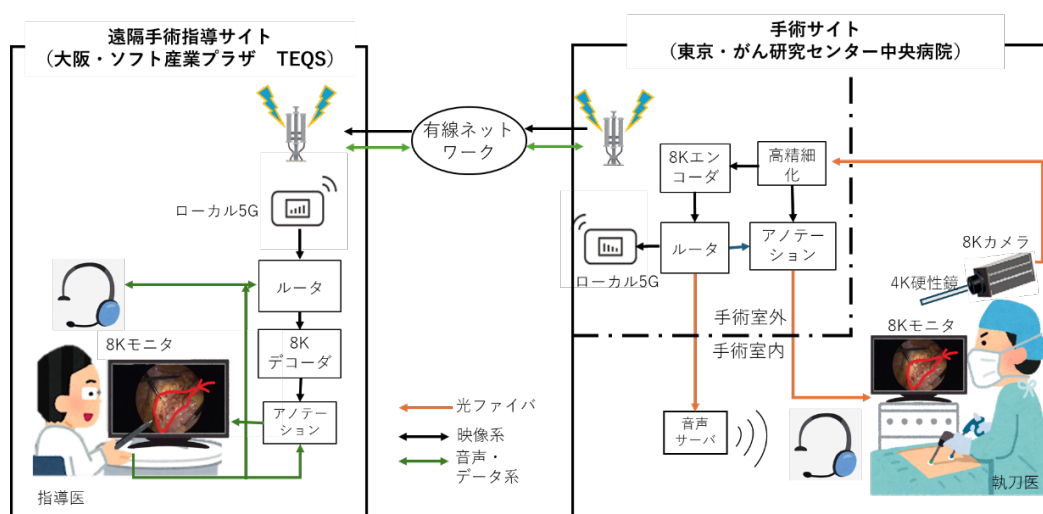


図5 臨床試験で用いるシステム構成概要

これまでの成果

前回プロジェクトでは、先行研究(2016～2018年度)の課題であった視野展開の困難さの克服(主としてカメラの軽量化)に取り組むとともに、8K映像を遠隔指導に必要十分な低遅延伝送できるシステムを構築し、実証実験で医学的有用性を確認しました。

実証実験では、一般財団法人 NHK 財団と池上通信株式会社が共同開発した小型8K内視鏡カメラを用いた腹腔鏡手術システムを使い、手術室を想定した実験サイト(千葉県)で実施される動物の直腸切除術の生映像を光ファイバ、5G等のブロードバンドを使って遠隔地(京都府の京阪奈オープンイノベーションセンター)に低遅延でライブ配信するとともに、外科医3名での手術に対し遠隔支援がある場合とない場合での内視鏡手術技術の改善度を評価しました。

その結果

- 8K 内視鏡映像に遠隔支援を加えることで、外科医の内視鏡技術が向上し、手術時間が短縮することを確認しました。
- 8K 内視鏡遠隔手術支援システムの映像伝送では、映像伝送レート 80Mbps、遅延時間約 600 ミリ秒で伝送できることを確認し、医療従事者による別の評価実験で得られた同システムに必要な映像伝送レート 80Mbps 以上、許容映像遅延時間 1.3 秒以下という基準を満足することが確認されました。

<内視鏡カメラの開発履歴>

2015 年には放送用小型 8K カメラと 4K 内視鏡を用いて、ブタの腹腔内映像の撮影に成功しました(図6左)。

2016～2014 年度には同じ撮像素子を用いて第1世代の腹腔鏡用 8K カメラを開発し、臨床試験により 8K 腹腔鏡手術システムの有効性を確認しました(図 6 中央)。一方でカメラおよびカメラを支えるアームの重量と大きさが原因で術野展開が困難な場面が一部にあるという課題が残りました。

この結果を踏まえてカメラの小型化を進め、2020 年に第 2 世代の腹腔鏡用 8K 解像度カメラを開発しました(図 6 右)。第 2 世代の 8K 解像度カメラはカメラヘッドの質量で 210g となり、市販のスコープホルダーが利用可能となりました。

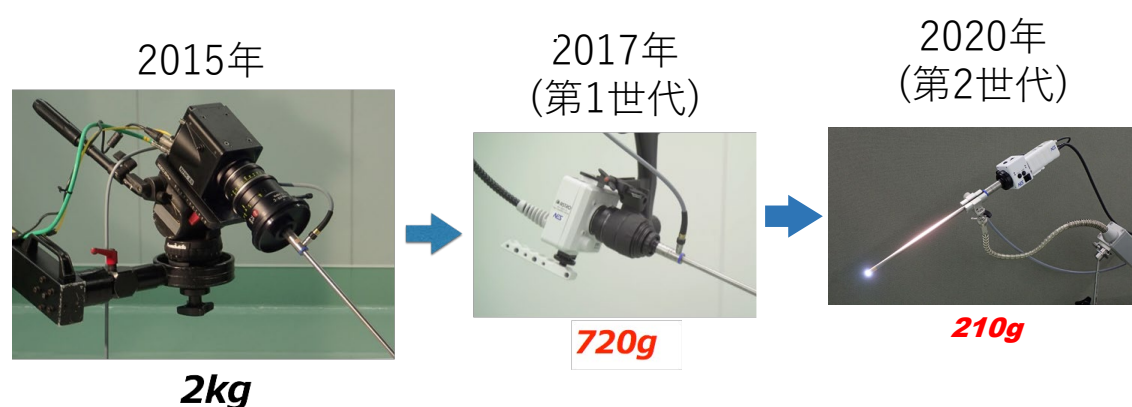


図 6 本プロジェクトで開発した内視鏡カメラの変遷

<腹腔鏡用 8K 解像度カメラの仕様>

第 1 世代および第 2 世代の腹腔鏡用 8K カメラの仕様は表 1 の通りです。いずれも解像度は腹腔鏡を接続した状態で 3600TV 本であり、8K の性能を確保できています。同時に第 2 世代カメラは第 1 世代に比べて、容積で 1/7 以下、質量で 1/3 以下と、大幅な小型・軽量化を実現しています。

第 2 世代のカメラでは、縦と横の画素数が等しく、すなわち撮像エリアが正方形という特徴を持っています。これは腹腔鏡の像が、顕微鏡と同様に円形であることから横長である必要がないためです。これを実現するため、専用の撮像部を開発しました(第1世代のカメラは通常の放送用カメラと同じく有効画素数比は 16:9)。

このカメラシステムでは、この特徴を利用して 8K 映像を画面の左側に、8K 映像の一部を 2 倍あるいは 4 倍に拡大した映像を画面の右側に表示するモードを備えています。拡大映像の位置と倍率はジョイスティックなどのユーザインタフェース（以下 UI）を用いて移動することが可能です。従ってスコープホルダに内視鏡を固定したままでも、UI を操作することで患部の拡大表示や表示位置の変更が可能です。また手術中の執刀医がメスや鉗子から手を放すことなくカメラを操作できるよう、足操作型のジョイスティックも開発しました。

表1 第1世代および第2世代の腹腔鏡用8Kカメラの仕様

	第1世代カメラ(2017)	第2世代カメラ(2020)
イメージセンサ 有効撮像サイズ(mm)	1.7 型 24.6x13.8	1/1.8 型 6.2x6.2
レンズマウント	M4/3	C
有効画素数	7680×4320	3840×3840
解像度(腹腔鏡込)	3600TV 本	3600TV 本
感度	2000lx, F5.6	2000lx, F5.6
フレーム周波数	60Hz	60Hz
カメラ質量	720g	210g
カメラサイズ(mm)	120W×120H×73D	34W×40H×99.5D
消費電力(W)	8.0(ファンあり)	5.4(ファンなし)

＜今回の臨床試験で用いるネットワーク＞

今回の臨床試験は、図5に示されているように、東京・中央区築地のがん研究センター中央病院の手術室と指導医のいる医療施設を想定した大阪市住之江区のソフト産業プラザ TEQS とを通信回線で結んで、手術室から伝送されてくる 8K 腹腔鏡映像を指導医が見ながら 8K モニタ上にペンで描画したり音声で指示することにより手術を指導するものです。

今回の臨床試験では有線回線とローカル 5G を組み合わせて図7の回線構成で実験を行います。それぞれの特徴を表2および表3に示します。8K 映像の伝送にあたっては、手術が安全に遂行できることを保証するため、図7に示すようにローカル 5G を含む回線を本線とし、共用高速回線の有線回線を予備回線とし手術中の 8K 映像を平行して伝送しています。一方の回線に問題が発生した場合でも瞬時に他方に切り替えることができ、手術の安全性が確保されます。

表2 臨床試験で用いている回線および特徴

回線	網	帯域(実績)	セキュリティ	特徴	用途
A 社	専用	200Mbps 超	物理的	ベンチャー企業の独自回線+足回り	本線
B 社	共用	200Mbps 超	VPN*	プロバイダ向けバックボーン+足回り	予備

*VPN: Virtual Private Network(ソフトウェアで専用線と同様のセキュリティを確保している回線)

<今回の臨床試験で用いるローカル 5G 設備>

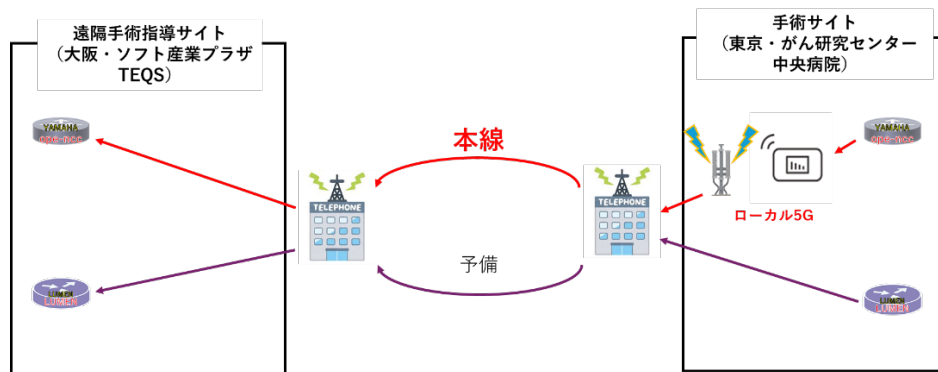
今回の臨床試験で用いるローカル 5G 設備の諸元は表3の通りです。

表 3 臨床試験で用いるローカル5G の諸元

使用場所	使用周波数	空中線電力	モード
東京側 Up-link (C 社)	4650.00MHz	500mW	準同期
大阪側 Down-link(D 社)	4849.86MHz	1W	同期

今回の臨床試験では、図 5 に示されているように、がん研究センター中央病院の手術室と指導サイトである大阪・ソフト産業プラザ TEQS それぞれに、ローカル 5G 設備を設置しています。上りと下りのそれぞれのローカル5G の特性を調査するため、2 例の臨床試験の内、1 例目は図 7 の「1 例目の回線構成」で示す指導サイト側、2 例目では「2 例目の回線構成」で示す手術室側でローカル5G を用いる回線構成としています。これら 2 回の臨床試験を通して、ローカル 5G のアップリンク、ダウンリンクでの 8K 映像伝送を検証します。なお、NHK 財団は本実証実験の実施に向けて、国立がん研究センター中央病院内および ATC ビル内で、総務省よりローカル 5G の実験試験局の免許を取得しました。

1 例目の回線構成



2例目の回線構成



図 7 ローカル 5G 利用時の回線の本線・予備系

<8K 遠隔手術指導での伝送パラメータ>

システム構築にあたっては、手術室から指導医サイトまで 8K 映像を伝送する際に必要な伝送帯域(所要ビットレート)と、手術室の医師と指導医サイトにいる医師との間のコミュニケーションがスムーズに行えるための許容映像遅延時間を、医療従事者を評定者とする主観評価実験によって求めました。その結果、表4に示すように、H.265 符号化システムを用いた場合の所要ビットレートは 80Mbps 以上、許容遅延時間は 1.3 秒以下という結果となりました。

今回の臨床試験では、8K 映像伝送のビットレートは 90Mbps、遅延時間は 450 ミリ秒で実施する予定です。これらは事前にビットレートと遅延時間のマージンを測定した上で決定したものです。いずれもシステム要件を十分満足しています。

表4 評価実験で求めたシステム要件と臨床試験での使用条件

事前評価実験に基づくシステム要件		臨床試験時の使用条件	
所要ビットレート	80Mbps 以上	伝送ビットレート	90Mbps
(符号化方式)	H.265*	(使用コーデック)	H.265
許容遅延時間**	1.3 秒以下	遅延時間	450ms
(伝送プロトコル)	UDP/RTP***	(伝送プロトコル)	UDP/RTP

*: H.265 は映像を圧縮する符号化方式の一種。衛星放送の4K8K テレビ放送で用いられている。地上デジタル放送で用いられている MPEG2 方式に比べて約 4 倍の圧縮能力があるといわれており、8K 映像の圧縮まで対応している。

**: 許容遅延時間は「手術映像を見ながら手術室と指導室の間のコミュニケーションがスムーズに行えるか?」という主観評価に対する許容限(5 段階評価の 3)

***: UDP/RTP (User Datagram Protocol/Real-time Transport Protocol) はインターネット上のアプリケーション間の通信プロトコルの一種で、リアルタイムにデータストリームを配送する方式。映像や音声の伝送に用いられる。

<報道関係からのお問い合わせ先>

一般財団法人 NHK 財団 技術事業本部

〒157-0073 東京都世田谷区砧 1-10-11

TEL: 03-5494-2400(代表) <https://www.nhk-fdn.or.jp/>