

# 「未来の年表」に見る5Gの活用(遠隔治療)

よこはま高度実装技術コンソーシアム(YJC)

顧問 宮代 文夫

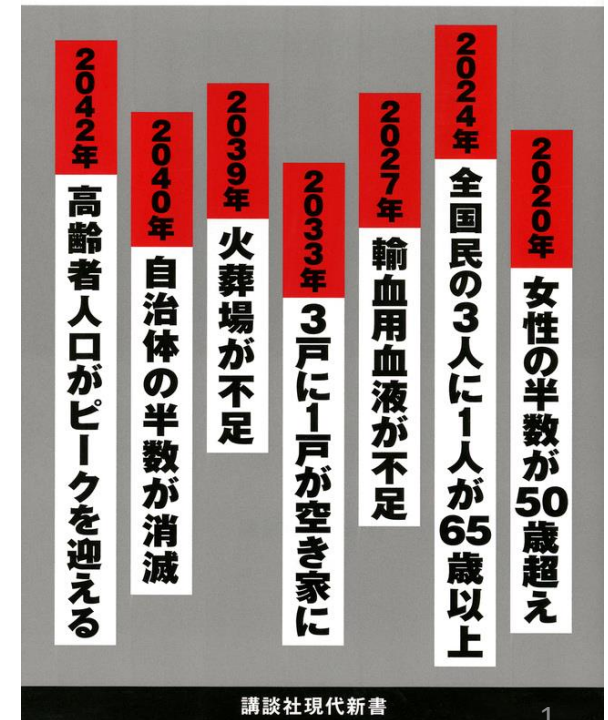
この「未来の年表」という本は図に示すように、最も確実に到来すると言われている“人口統計”を基本として、今後起こりうる事態をいろいろな角度から著述した本である。「狼が来た」風で、ややおどろおどろしい観もあるが、かなり真実に近い予測本といえよう。

この本を何と総務省が取り上げた。そして**5Gと結びつけ、これから世の中で起こることのかなりの部分を5Gを初めとするハイテクで補おうとする策**を打ち出した。

ここでは、まず「5G」のあらましを解説し、これを**遠隔医療に応用する試行実験の例をいくつか紹介**して参考に供したい。

## 未来の年表

人口減少日本でこれから起きること  
河合雅司



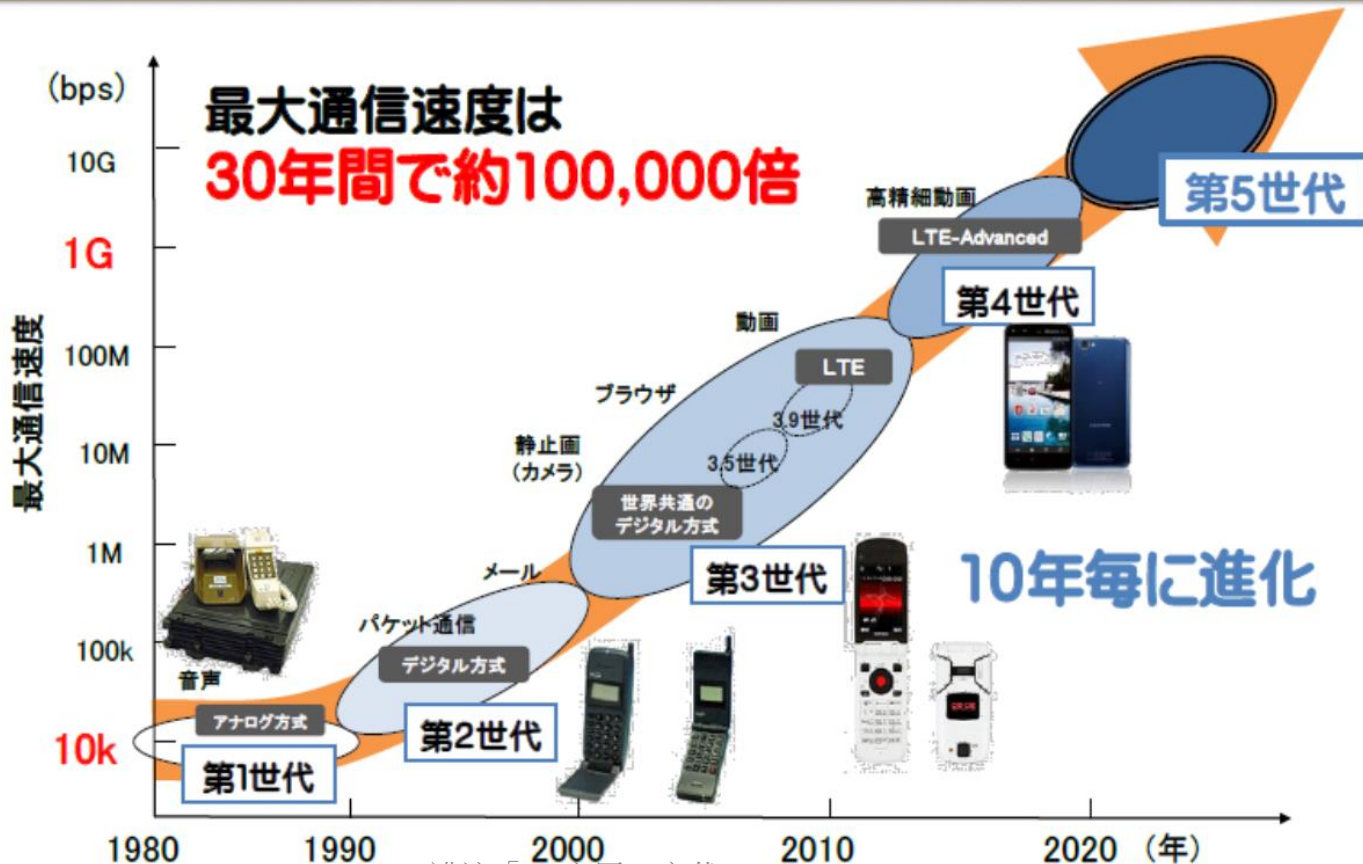
# 5G(次世代移動通信システム)の位置づけ

2020年の5G実現に向けた取組

2018年12月18日  
 総合通信基盤局  
 電波部 移動通信課  
 中里 学

## 移動通信システムの進化（第1世代～第5世代）

2



基地局、サービスエリア、使用周波数まで変わるので大事であるが、スマホ等の爆発的普及に伴い、進めざるを得ない状況となっている。

# 5Gとは何か①

3

- 最高伝送速度 10Gbps (現行LTEの100倍) : 超高速
- 100万台/km<sup>2</sup>の接続機器数 (現行LTEの100倍) : 多数同時接続
- 1ミリ秒程度の遅延 (現行LTEの1/10) : 超低遅延(リアルタイム)

→ IoTの基盤技術として期待



出典: 日経コミュニケーションズ 2015/4月号

# 5Gとは何か②

5Gとは、4Gを発展させた「超高速」だけでなく、「多数接続」、「超低遅延」といった新たな機能を持つ次世代の移動通信システム

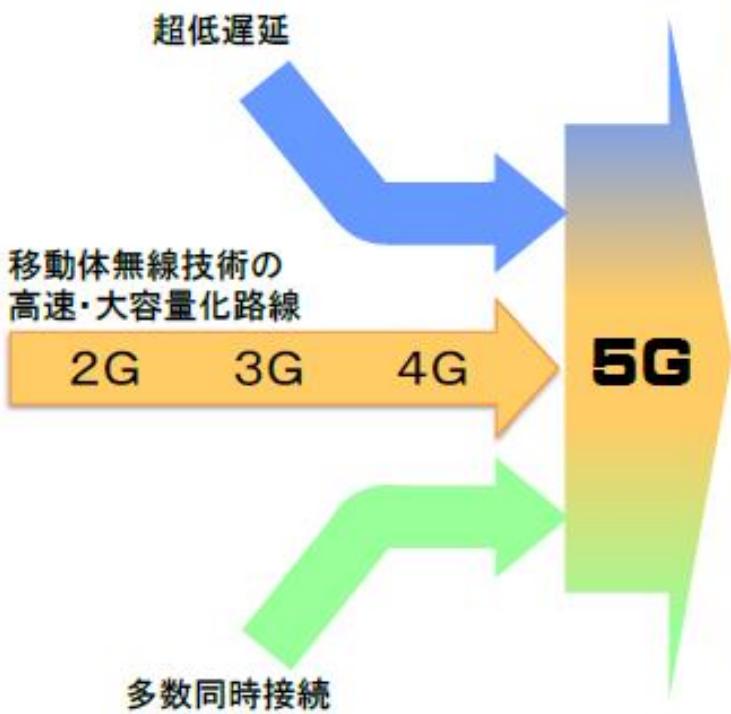
- ・「多数接続」
- ・「超低遅延」



家電、クルマなど、身の回りのあらゆる機器(モノ)がつながる

遠隔地においてもロボット等の操作をスムーズに行うことができる

## 5Gは、IoT時代のICT基盤



**超高速**  
現在の移動通信システムより100倍速いブロードバンドサービスを提供



⇒ 2時間の映画を3秒でダウンロード

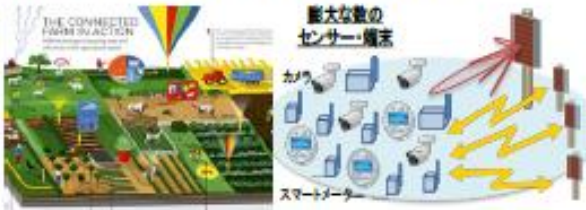
**超低遅延**  
利用者が遅延(タイムラグ)を意識することなく、リアルタイムに遠隔地のロボット等を操作・制御



ロボットを遠隔制御

⇒ ロボット等の精緻な操作をリアルタイム通信で実現

**多数同時接続**  
スマホ、PCをはじめ、身の回りのあらゆる機器がネットに接続



膨大な数のセンサー・端末

⇒ 自宅屋内の約100個の端末・センサーがネットに接続 (現行技術では、スマホ、PCなど数個)

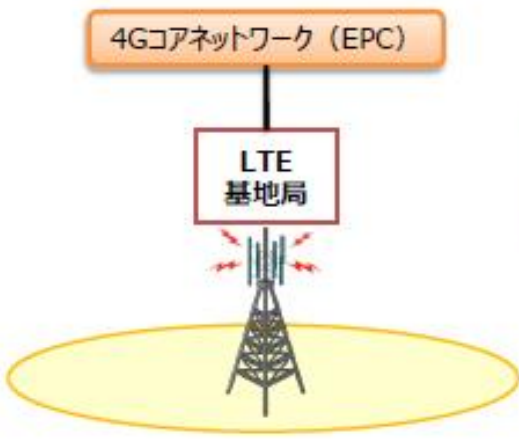
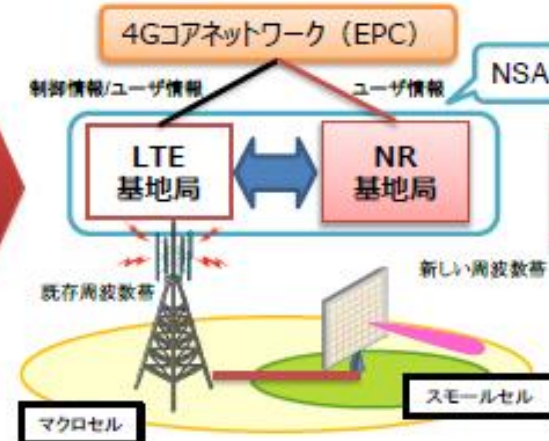
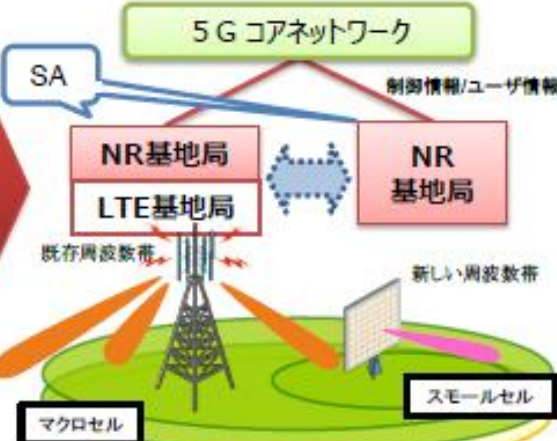
社会的なインパクト大

# 4Gから5Gへの移行

例えば、次のような5Gへの移行シナリオが想定される。

【2020年】 通信需要の高いエリアを対象に、5G用の新しい周波数帯を用いた「超高速」サービスが提供。新たな無線技術(NR)に対応した基地局は、LTE基地局と連携するNSA(Non-Standalone)構成で運用。

【202X年】 ネットワークスライシング等に対応した5Gコアネットワークが導入されるとともに、SA(Standalone)構成のNR基地局の運用が開始され、既存周波数帯域へのNR導入が進展。超高速、多数同時接続、高信頼・低遅延などの要求条件に対応した5Gサービスの提供が開始。

現在【LTEの面展開】	2020年【5G導入当初】	202X年【5G普及期】
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>● LTE、LTE-Advancedをベースとしたネットワーク構成であり、3GPPでの検討状況を踏まえ、上りCAの導入や256QAM導入などの高度化</li> <li>● 800MHz、2GHzなどの周波数帯を用いて、スマートフォン向けサービスを念頭に、高いスループットを実現する面的なサービスエリアを展開</li> <li>● NB-IoTやeMTCなどのワイドエリア、省電力を特徴としたIoT技術を先行導入</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● コストを抑えつつ、円滑な5G導入を実現するため、NR基地局とLTE基地局が連携したNSA構成のシステムが導入</li> <li>● 需要の高いエリア等を中心に、5G用周波数帯を用いた「超高速」サービスが提供され、eMTC/NB-IoT等によるIoTサービスが普及</li> <li>● 高い周波数帯の活用が進展するとともに、Massive MIMOなどの新たな技術の導入が加速</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 「超高速」、「多数同時接続」、「低遅延」の全ての要求条件に対応したサービスが提供</li> <li>● ネットワークスライシング等に対応した5Gコアネットワークが導入され、モバイル・エッジ・コンピューティング(MEC)の導入も進展</li> <li>● SA構成のNR基地局の導入が開始(NSA構成の基地局も併存)。既存周波数帯にもNR導入が進展</li> <li>● 広く普及しているLTEについては、継続的にサービスを提供</li> <li>● WRC-19で特定された周波数帯域も活用</li> </ul>

# 5G実現に向けた欧州の取組状況

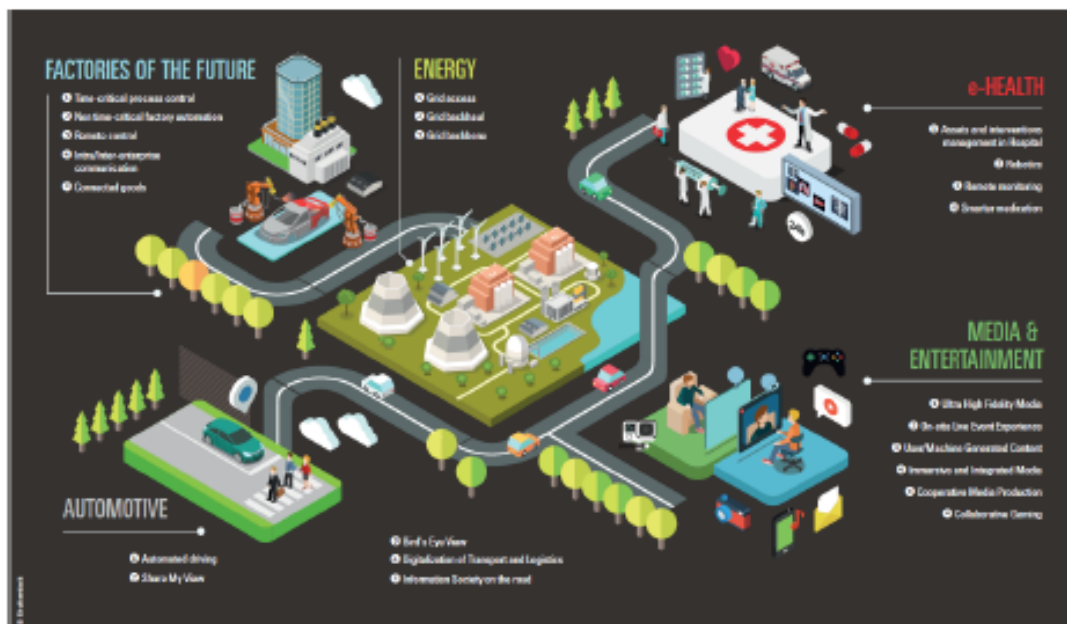
○ 2015年、産学官連携による5G推進機関である「5G PPP(Public Private Partnership)」を設置し、5Gのコンセプト等を検討。



○ 140の実証プロジェクト、20の5G実証都市、10の国境を跨ぐコネクテッドカー実証を実施中。

○ 5G向け周波数帯として、700MHz帯、3.6GHz帯、26GHz帯を割当予定。

○ 2020年中にはすべての加盟国で5Gサービスを開始することを目指す。



5G PPPを中心に、5Gの重点分野として  
①自動車、②工場・製造、③エネルギー、  
④医療・健康、⑤メディア  
を特定し、実証試験等の連携強化を検討。  
2017年から要素技術の検証試験を実施。  
2018年以降、利活用を想定した実証を2億ユーロ規模で実施予定。

韓国、米国が主導権争いをして  
いる。日本は来年の五輪が実験  
場。欧州は静観。医療は重点  
分野の一つ!!

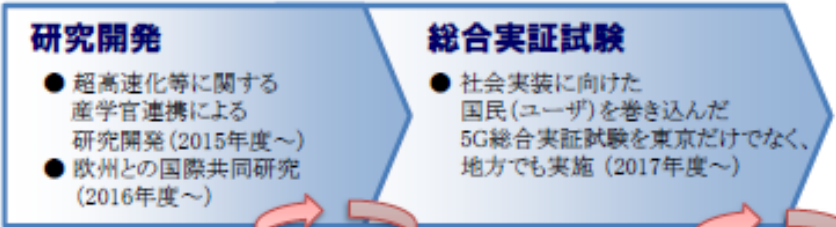
EU-Japan Symposium on 5G (2016年2月) 5G PPPプレゼン資料より

# 5G実現に向けたロードマップ

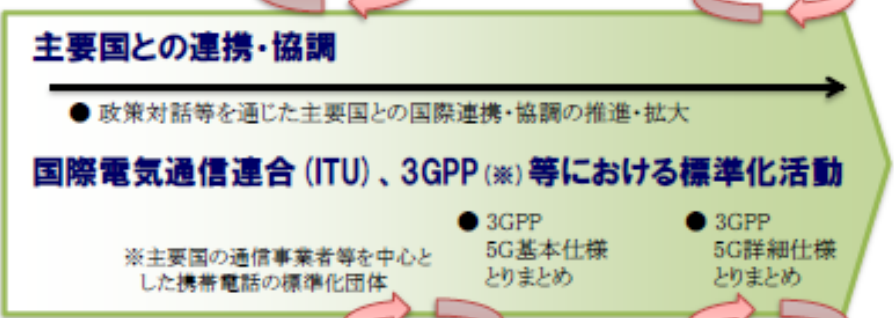
2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021年度



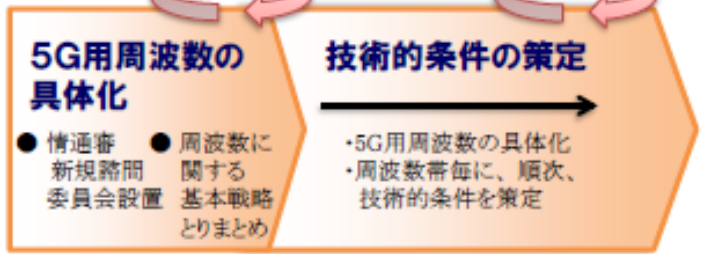
研究開発・総合実証試験の推進



国際連携・協調の強化

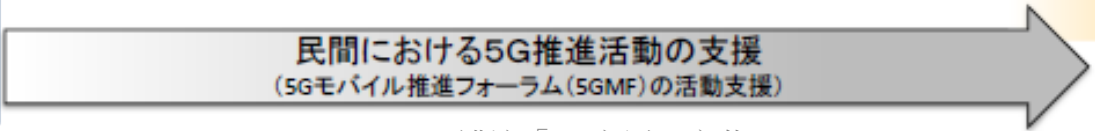


5G用周波数の具体化



世界の先頭グループの一員として5Gを実現

更なる進化・高度化



## 2040年の社会～「未来の年表」より

23

- 少子高齢化の深刻化等により、**今後我が国は「静かなる有事」を迎える。**

年	起こること
2023年	企業の人件費がピークを迎え、経営を苦しめる 労働力人口が5年間で約300万人も減る一方、団塊ジュニア世代が高賃金をもらう50代に突入
2024年	<b>3人に1人が65歳以上の「超・高齢者大国」へ</b> 全国民の6人に1人が75歳以上、毎年の死亡者は出生数の2倍。老老介護がのしかかる
2025年	ついに <b>東京都も人口減少へ</b>
2026年	<b>認知症患者が700万人規模に</b>
2030年	<b>百貨店も銀行も老人ホームも地方から消える</b> 生産年齢人口が極端に減り、全国の都道府県の80%が生産力不足に陥る
2040年	<b>自治体の半数が消滅の危機に</b>
2042年	<b>高齢者人口が約4000万人とピークに</b> 就職氷河期世代が老い、独居高齢者が大量に生まれる2042年こそ「日本最大のピンチ」

講談社現代新書「未来の年表」（河合雅司著、株式会社講談社、2017年）より抜粋



**ICTによる労働力人口減少への対策が必須**

総務省資料による



- 農業就業人口は、65歳以上が全体の6割、75歳以上が3割を占めるなど、農業に従事する者の高齢化が進展
- 様々な情報を収集する農業用センサーに加え、給餌ロボット、散水・薬剤散布ドローンなどの実現により、自宅からの畜産/農作業管理が実現が期待



農業就業人口、基幹的農業従事者数の推移

(単位：千人、％、歳)

	平成2年 (2010)	17 (2025)	21 (2030)	23 (2031)
農業就業人口	3,891	3,331	2,606	2,601
65歳以上	2,026	1,391	1,020	1,376
(割合)	(52.0)	(50.2)	(61.6)	(50.7)
75歳以上	699	492	609	835
(割合)	(17.9)	(29.5)	(23.0)	(31.7)
平均年齢	61.1	63.2	65.8	65.9
基幹的農業従事者	2,420	2,211	2,051	1,952
65歳以上	1,228	1,287	1,293	1,106
(割合)	(51.2)	(57.4)	(61.1)	(56.1)
75歳以上	306	452	509	517
(割合)	(12.7)	(20.5)	(28.7)	(22.8)
平均年齢	62.0	64.0	64.1	65.0

資料：農林水産省「農村実態調査」、「農林労働実態調査」

総務省資料による

- 平成27年の救急出動件数は、約600万件（消防防災ヘリコプターの件数含む）、**搬送人員数は約550万人となり、過去最高を更新。**
- 超低遅延通信が実現できることで、**移動中でも高精細映像を用いた遠隔手術などが実現**

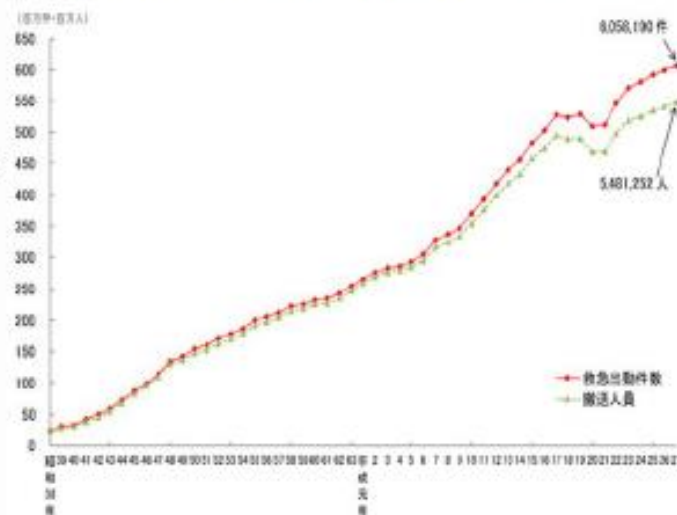
## 救急医療が変わる



高速・超低遅延通信で医療マシンを遠隔操作

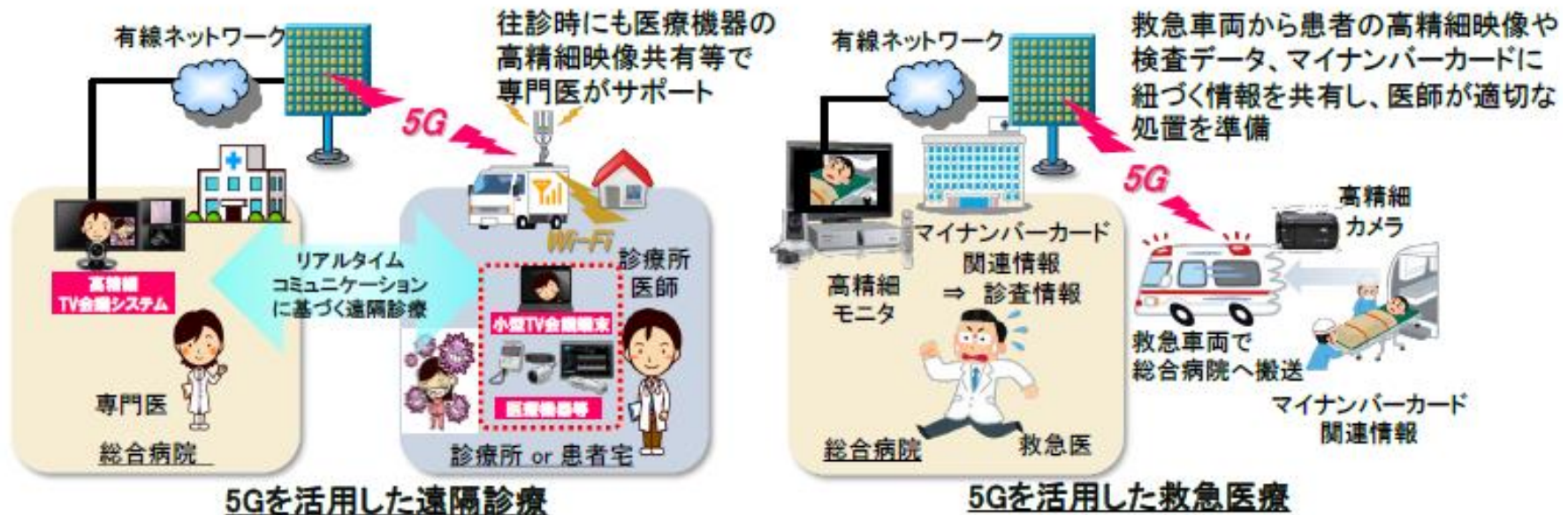
ヘリ内で緊急手術

## 救急出動件数及び搬送人員数の推移



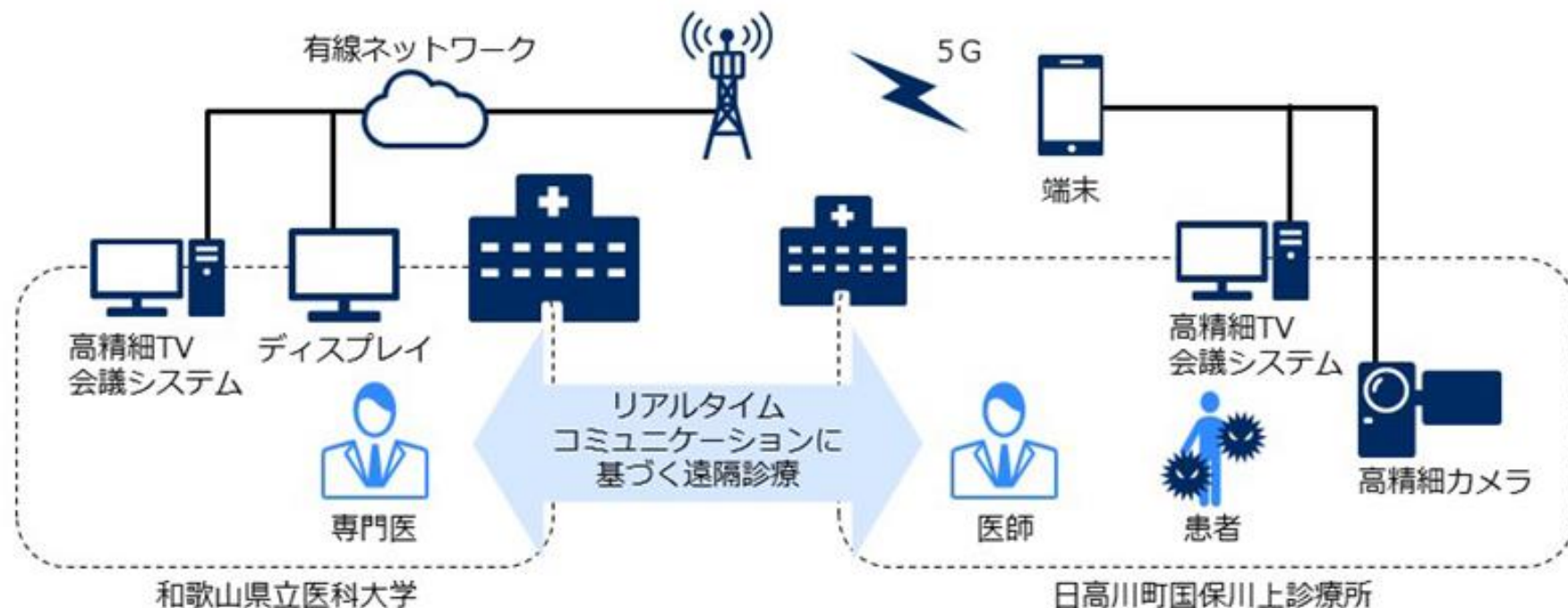
出典:平成28年版 救急救助の現況(消防庁)

1. 技術目標: 端末あたり平均2-4Gbpsの超高速通信の実現(基地局あたり平均4-8Gbps)
2. 周波数: 4.5GHz帯、28GHz帯
3. 応用分野: 医療(健康、介護)
4. 実施者: NTTドコモ、和歌山県、和歌山県立医科大学、前橋市、TOPIC、前橋赤十字病院、前橋市消防局、前橋工科大学、日本電気、NTTコミュニケーションズ、NTTビズリンク、他
5. 実施場所: 和歌山県立医科大学(和歌山県和歌山市)、国保川上診療所(和歌山県日高川町)、群馬県前橋市、他
6. 試験内容: 総合病院の専門医と診療所医師を5Gで接続することで実現する遠隔診療(診療所)や往診(患者宅)のサポートに関する実証、救急医療における5Gによる搬送中患者の高精細映像・検査データ等の事前送信に関する実証を行う。



# 遠隔医療実験例 - 1 : 問診用高精細TV会議

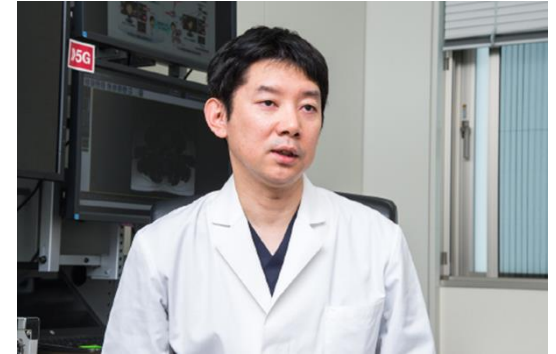
実証試験の内容は、和歌山県立医科大学と川上診療所に4Kモニターを設置し、エコー動画や4Kの高精細カメラで撮影した患部画像を、5Gを使って診療所から和歌山県立医科大学へ高速伝送。双方の医師が映像を見ながらTV会議によるリアルタイムなコミュニケーションを図るというものだ。



試験でのポイントは、5G を活用した「問診用高精細TV会議」と「診断用高精細映像伝送」という、2つの映像伝送の検証。システム構築では、5Gの基地局と端末局装置、さらに4Kの高精細画像伝送のコーデック技術が重要な役割を担う(機材・装置はNEC)。

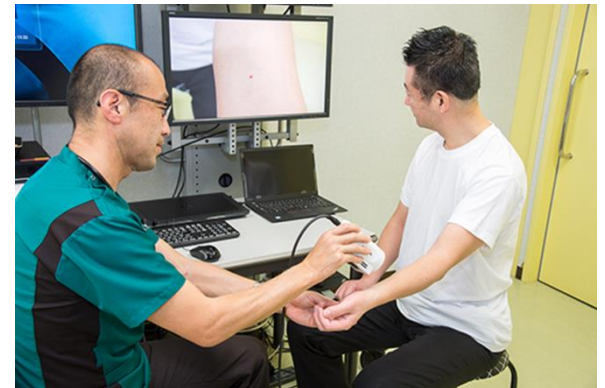
和歌山県立医科大学  
循環器内科 地域医療支援センター  
卒後臨床研修センター 講師  
山野 貴司氏

「声や映像の遅延もほとんどなく、特に画質の良さは想像以上でした。送られてきたエコー動画で見る心臓の動きも鮮明で、診断の質も上がると思います。また、TV会議を通しての患者さんとのやり取りは、Face to Faceで診察しているような感覚でした。皮膚の質感や患部の濃淡も明瞭で、皮膚科の医師も画質には驚嘆していました。」



一方で、山間部の川上診療所で実証試験に協力した医師は、その成果やメリットを、こう説明する。  
皮膚の接写により患部を共有

「実証試験では、まるで県立医科大学の先生がとりにいて、患部画像を一緒に見ているような臨場感を感じました。専門医からの意見は、患者さんにとって信頼感が高まるとともに、診療所の医師にとっても専門知識の蓄積というメリットがあります。こうした先進の医療サービスは、将来和歌山県以外にもぜひ広がって欲しいです」と平林医師は期待を込める。



5Gを活用した遠隔診療サービスが実用化されれば、山間部や離島等で暮らす人や高齢者が遠くの病院に通う負担を大幅に減らすことができる。また、近くの診療所に足を運ぶだけで専門医の意見が聞ける遠隔診療は、都市と遠隔地における医療格差の解消にも大きく貢献する。

さらに、遠隔診療はさまざまな診療所の医師のスキルアップにもつながり、地域全体の医療サービスの向上という成果も生み出せる。

「専門医からの確かなアドバイスを受けられる遠隔診療は、各地に赴任した経験の浅い医師にとっても心強い存在となるはず。また、災害や事故現場から小型エコーで撮影した映像を高速伝送するなど、緊急医療においても活用が期待できます。これからも、先進技術を積極的に取り入れて、地域全体の医療を支えていきたい」と、和歌山県立医大の山野医師は今後の期待について語る。

今回、実証試験の取りまとめ役として、通信インフラ提供や試験の性能評価を担うNTTドコモと、5Gの無線局装置を担当したNECのスタッフに、それぞれ今回のプロジェクトに対する思いを聞いた。

株式会社NTTドコモ

先進技術研究所 5G 推進室 5G方式研究グループ

主任研究員

増野 淳氏

「5Gの超高速通信は、エンターテインメント分野で注目を集めていますが、今回の高精細映像伝送を駆使した遠隔診療の試みは、医療分野における地域格差の是正に寄与し、社会的課題の解決にも役立つと感じています。今後も、ICTベンダーや多くの企業・団体と協業しながら、5G 活用による新たなビジネスモデルや価値を創出していきたいと考えています。」



NEC テレコムキャリアBU  
ワイヤレスアクセスソリューション事業部  
和田 翔

「NTTドコモ様とは、5Gの活用においてさまざまな協業を行っています。都市部と遠隔地の間にある医療サービスの壁を『無線の力』で超える今回の取り組みには、大きなやりがいがあります。今後は、通信速度や品質のさらなる向上によって、診療だけでなく処置の分野まで、5Gの無線の力で貢献できればと思います。」



遠隔診療をはじめとして、災害現場における無人の遠隔施工、AIを活用したパブリックセーフティなど、5Gによる幅広い取り組みを進めているNEC。格差をなくした誰にもやさしい社会、より安全・安心に暮らせる社会に向けて、5G活用への期待はますます膨らむ。

※ 本試験はNTTドコモが実施主体として総務省から請負った、平成29年度「人口密集地において10Gbpsを超える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の請負」として実施されました。

# 5Gによる遠隔医療－次世代移動診療車による遠隔診療－

-NTTドコモ・取締役 中村 寛 氏-

## 次世代移動診療車のコンセプト

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（図1）が、職場や各種施設、無医地区、災害現場などに赴き、総合病院との間で高精細の診断映像とテレビ会議映像を同時に用いた遠隔診療を行うことが出来れば、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。





## 「遠隔妊婦健診」の実証試験

今回、NTT東日本関東病院とドコモは共同で、この5Gを応用した次世代移動診療車の具体的な利用シーンの一例として、移動診療車の総合診療科ドクターと病院の産婦人科ドクターが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に搭載された各種医療機器を用いて遠隔妊婦健診することを想定した模擬試験の実施を通して、5Gを用いる次世代移動診療車による遠隔診療の実用性を検証した。

遠隔妊婦健診を模擬する形で実施した今回の実証試験では、実際の産婦人科医師の監修のもと、移動診療車を模擬したスペースに4Dエコー、4Kカメラ、乾式臨床化学分析装置、ベッドサイドモニタ等の医療機器を、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、さらに双方を接続する4Kテレビ会議システムを設置した上で、4Dエコー、4K接写カメラの各診断映像と4Kテレビ会議映像を、移動診療車と総合病院間で実際に5Gおよび光ファイバを介して一括してリアルタイム伝送した（図2）。



## 実証実験

実証試験では、実際に起こり得る妊婦健診を想定した3つのシーンを実行し、健診をサポートするツールとしてスマートフォン向け「母子健康手帳アプリ」（注2）も活用した。

【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、移動診療車の総合診療科医師（以下、診療車医師）が総合病院の産婦人科医師（以下、病院医師）に声をかけて健診を開始。最初に、妊婦がスマホアプリに普段入力していた健診結果を4Kカメラで撮影しながら病院へ伝送し、内容の確認を依頼。病院医師が週数と母親の体重の増加状況から、胎児の順調な発育を確認。

【シーン②】 現在の胎児の様子を2D及び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・足にかけて順調に発育している様子等を確認し、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】 妊婦の診療車到着時に試行した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摂れるようにすることなどを指導して、健診を完了。

# 実証試験で得られた意見と考察

## 【医師】

① 5Gは、4Gに比べて鮮明なエコー検査映像とカメラ映像（図3）が専門医に伝送され、同時に4Kテレビ電話会議により同時に総合病院の専門医と相談しながら診察が可能。

図3 エコー検査映像とカメラ映像

- ② 鮮明なカメラ映像により、妊婦（患者）の顔色や皮膚の状態、そして怪我の状態も一緒に確認することができ、非常に有用性が高い。
- ③ 遠隔診療の場合、普段の胎児の状態が分からない。母子健康手帳スマホアプリで母体と胎児の経過が一緒に見られることで、胎児の現在の状態と普段の状態を比較しながら健診することができる。産婦人科医に非常に有用である。

## 【看護師】

④ 離島や過疎地における妊産婦のケアを助産師がする場合、専門医へのアクセスが課題である。5G遠隔診療車により専門医へのアクセスが可能であり、安心してタイムリーに助産を提供しケアができる。助産の現場で有用である。

## 【妊婦】

⑤ 妊婦健診は、最初4週に1回から、その後2週に1回行われる。妊婦にとって、定期的に休みをとって受診するのは負担がかかる。さらに、追加的な受診はなかなか難しい。地方に行くと産婦人科のクリニックや病院は少なくなる。移動診療・遠隔妊婦健診のニーズは高い。5Gを活用した次世代移動診療車による遠隔健診や遠隔診療の実現は、必要な医療や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繋がるのが期待される。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4）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等の応用も考えられる。

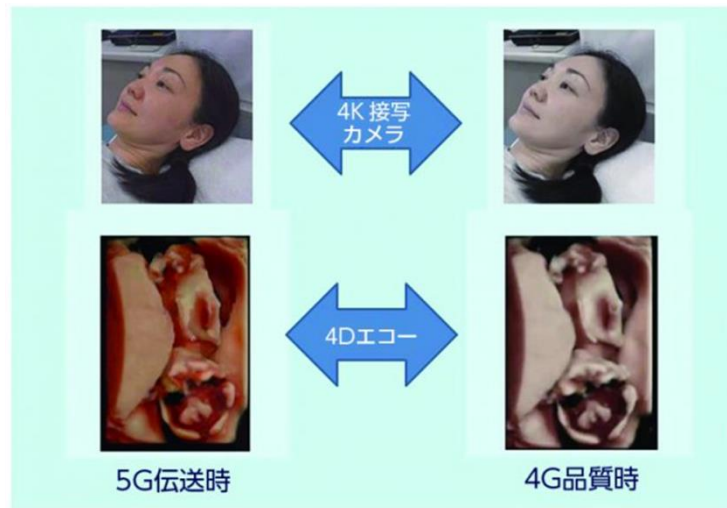


図4 診断映像の記録と表示

# 世界中どこからでも手術支援が 5G遠隔高度医療の最新事情

N T T ドコモでは 2 0 2 0 年に国内の 5 G の商用サービス開始を予定している。このインフラが整えば、将来的には手術支援ロボットや A I （人工知能）を組み合わせた遠隔医療が実施できる可能性があるという。

## ■ 移動式スマート手術室の開発も進行中

村垣教授らが実際に進めているのは、スマート治療室を移動式にした「モバイル S C O T （スコット）」の開発だ。**スマート治療室とは、手術で使う各種の医療機器をパッケージ化し、ネットワークでつなぐことで、術中の患者の状況などの情報をリアルタイムに整理統合し、医師やスタッフ間で共有できる手術室のこと。**同大が開発したスマート治療室は「S C O T」と呼ばれ、ベーシックタイプはすでに国内 5 施設の医療機関に導入され治療に使われている。

今年 2 月にスペインで開催された世界最大級のモバイル関連展示会「M W C 1 9 バルセロナ」で、N T T ドコモが 5 G コーナーで展示したひとつがモバイル S C O T の構想だ。

これは**S C O T を大型トレーラー内に設置した専用車で、災害現場などへ急行できるようにした動くスマート治療室**です。それで展示では、その手術に精通するドクターが高速鉄道で移動中という想定で、車内から 5 G を使った遠隔医療用の端末で実際にモバイル S C O T 内で手術をしている医師やスタッフにリアルタイムで助言や支援をすることといったことを表して展示しました」



モバイルSCOT」のイメージ模型（右上）、「MWC19バルセロナ」の展示（右下）（左は村垣善浩教授）／（提供写真）