

第2章 ライフ分野(医療、災害報道等)への貢献と課題

「ライフ」の領域として、医療・ワーク・生活・高齢・教育・放送など多くの分野が考えられるが、その中で「命」に直結したより逼迫したニーズが考えられる「医療」と「災害報道」の分野で、テラヘルツ波の応用用途の調査を行った。その結果、先端医療においては術野映像の3D 高精細かつリアルタイム性が、災害報道では取材画像の速報性が強いニーズとして既に存在し、それぞれ高速大容量な無線通信回線技術によって抜本的に解決がはかれることがわかった。以下、それらの分野へのテラヘルツ波の無線情報通信による貢献と課題についてまとめる。

※術野:手術する術者の視界

(テーマ1) インテリジェント手術室と高速大容量ネットワーク

(講師) 東京女子医科大学 先端生命医科学研究所 教授 伊関 洋

東京女子医科大学 先端生命医科学研究所 准教授 村垣 善浩

(テーマ2) Innovative ICT による“医領”解放構想

(講師) 神戸大学大学院 医学研究科 内科学講座消化器内科学分野

特命講師 杉本 真樹

2-1 手術における3D 高精細画像

これまで医療の手術現場において、執刀医とサポート医師の間で術野情報を共有することは当たり前に行われてきたが、近年、手術ロボットのダ・ヴィンチに代表される内視鏡手術装置の普及に伴い、術野映像の撮影と再生に立体視技術を用いる機会が多くなってきている。これは執刀医さえも術野を直接見ることができない内視鏡手術において、術具と臓器との距離をより正確に理解するために有効な手段だからである。

手術を正確に進めるには、術野画像はハイビジョン以上であることが必須であり、現在は横方向の画素数が約 2000 (通称 2K) の機器が使用されているが、既に約 4000 (通称 4K) を導入しようという動きも始まっている。従って、医療現場では、通常画像の 8 倍の伝送量 (4 倍の総画素数 × 2 枚の画像) が必要な立体視画像を高速に伝送する要求がある。

また、執刀医とサポート医師の間で共有する術野画像は、手術の正確性のため、リアルタイムな映像であることが必須である。

加えて、手術室内の器具・機器のデータのやり取りに、コード自体を無くす(ワイヤレス化する)こ



Apple Inc. web site より転用 (<http://www.apple.com/science/profiles/maki/>)

とが望まれている。手術室や手術室内の器具・機器は定期的に、それぞれに要求されるレベルに従って滅菌／消毒／清掃する必要があるが、機器のコード類で床に置かれるものは汚れが付着しやすく清掃に手間がかかるため、ワイヤレス化が望まれている。つまり、リアルタイム立体視高精細画像伝送とワイヤレス化は将来の手術室において同時に実現されるべき課題であり、テラヘルツ波を用いなければ実現できないニーズがそこにある。

手術患者の術野情報を執刀医とサポート医師間で共有している良い例として、東京女子医科大学が、手術中にベッドごと患者をスライドさせて MRI 画像を撮影できるようにした「インテリジェント手術室」を実現し、実際に脳腫瘍の摘出率を飛躍的に向上させていることが挙げられる。

「インテリジェント手術室」では、執刀医・サポート医師・スタッフの手術中の室内動線までも手術



計画に入られている。よって清掃のし易さに加え、室内動線の計画自由度を向上するために画像装置を含む手術室内の機器のワイヤレス化が強く望まれている。同時に、将来は手術室内に 2K ハイビジョン換算で 20 チャンネル分の伝送システムを確保したいという要求もある。リアルタイムでの 2K ハイビジョン 20 チャンネルを送れる伝送システムは、テラヘルツ波を用いることによって解決できるニーズである。

一方、術野情報は、実際に手術している患者の術野以外だけでなく、手術前シミュレーション／手術ナビゲーション／教育材料モデルにも利用されており、ここでも、現実に近いイメージを得るために立体視や 3D の高精細画像が用いられている。ここで言う立体視画像とは、右目と左目用の 2 枚の絵を、それぞれの視界を電子的にスイッチしたり、異なる色のレンズを通して分離する眼鏡を通して見せる技術であり、3D 画像とは電子的立体形状データをディスプレイに表示するとともに立体形状を自由な向きに変えられる画像のことである。

術野情報をシミュレーション／ナビゲーション／教育材料として活用している良い例として、神戸大学が「OsiriX(オザイリクス)」という無料の医療用画像処理ソフトを



Apple Inc. web site より転用
(<http://www.apple.com/science/profiles/maki/>)

iPad 等の汎用機器と組合せることで高位平準な医療技術の普及を図っていることが挙げられる。神戸大学では iPad を使って、術者が頭を動かさずに、視線だけを動かせば確認できるナビゲーション方法や、内視鏡手術中に患者の手術箇所の体表面にプロジェクターでコンピュータ処理した 3D 体内画像を投影する方法(イメージオーバーレイ)を提案している。また、東京慈恵会医科大学でも手術中に術者の視野に手術ナビゲーション画像を重ねる方法を研究されており、特にスーパーコンピュータを用いて手術中に形を変える臓器をリアルタイムに 3D 画像合成することが提案されている。

現在、神戸大学の、術者の頭を動かす必要のないナビゲーションは、手術前に、予め iPad に必要な 3D データを入れてから術者の手元に置いて操作しているが、将来、超低被爆 X 線撮像装置が実現され、東京慈恵医科大学が研究しているリアルタイム 3D 合成などの技術が実用化されれば、手術中、術者はリアルタイムに患者の臓器を把握しながら手術を行うことができようと思われる。手術室内の医療機器間(X 線撮像装置～外部のスーパーコンピュータ～iPad 間)のデータのやり取りは有線ではなく、ワイヤレス化が求められているため、そこに大容量のデータを無線伝送するニーズが生まれると思われる。よって、3D 高精細リアルタイム伝送という要求からテラヘルツ波の利用シーンがそこに予測される。

なお、医師同士が相互に3D 高精細画像や立体視画像を共有し、さらにマウス操作も共有化して、画像を動かしながら言葉だけでは表現しづらい患部の状況や周りの臓器、血管などについて具体的に確認し議論することが大変有益であることは分かっていた。しかし、実際に従来の通信回線を使ってこのような試みを行っても、精細度の低さと遅延から実用的に足りないため利用されていなかった。しかし、本検討会で行った、10Gbps の速度を有する JGN2Plus の高速有線回線と 120GHz のテラヘルツ無線機を使って、関東と関西の両拠点を結んだデモ実験により、その有用性があらためて実証された。

2-2 リアルタイムで患者の様態を確認しながらの手術

画像情報によって明確かつ直感的に把握できる映像医療診断機器の発展と普及はめざましい。CT や MRI などは術前や術後の診断だけではなく、手術中に用いて治療と診断の工程を一体化することによって、術経過を的確に把握し、リアルタイムに手術方針を判断することが既に広まりつつある。また、MRI や PDD(光線力学診断)などによる多数の断層診断画像を、コンピュータ支援の画像処理によって連続した3D 画像に再構築しデータフュージョン(3D 画像の重ね合わせ)することによって、患部と患部以外の境界を明確に把握することや、術具先端がどの位置に触れているかを、映像ナビゲーションや警告音などによってリアルタイムに執刀医や手術のサポートスタッフに提示することが、一般化されつつある。また、詳細は後述するが、術中の判断を執刀医の個人的な経験や技量に依存する従来の手術形式から、術中 MRI 等を活用し、手術に必要な情報を手術室外にいる戦略統括者に集約して、それらの情報から戦略統括者が術中判断や戦略方針を

決定し、手術全体を統括・指示する手術形式にすることで、術後生存率を飛躍的に高める手術方法が実現されている。

このような高い術後生存率や低侵襲を目指した先端的な手術では、術野映像や術前の診断画像などを使った支援が急速に発展しつつあり、これらは術中にリアルタイムに提示される必要がある。もし執刀医の視覚情報と操作の間に遅延が生じる場合には、術具が手術に関係のない臓器に触れたり、縫合のホッチキスの位置がずれたりするなど、手術の不確実性や事故などに繋がる可能性がある。また、支援画像の遅延によって執刀医の疲労をかえって増大することや、術具を使いこなすために特別な技能を必要とするならば、本来の手術を支援する目的からは本末転倒となる。以上から、手術の術野映像や支援画像のリアルタイム性は、執刀医にとって必須のニーズであることがわかった。

では、執刀医が円滑で安全と感じるリアルタイム性とはどの程度であるかとの疑問に対し、東京女子医科大学の伊関教授は「外科医はワンフレームの遅延がわかるぐらいに感覚を研ぎ澄ましている」と答えている。つまり、手術への支障の有無に関わらず、執刀医にとってはフレーム遅れやフレーム飛ばしがあっても感応し気になること、したがって、術野の高精細映像は1フレーム以下の遅延で伝送する必要があり、非圧縮・非伸長の映像・画像を高速に通信するニーズのあることが明確となった。言い換えれば、現行のインターネット通信回線では、圧縮・伸長を行い、フレーム落ちを前提としているため、先端手術を支えるインフラとしては不十分であると思われる。

また、前述した合理的な手術の判断に必要な情報を手術統括者に一元的に集約する先端的な医療システムでは、執刀医だけでなく、助手、手術介助、看護師、麻酔医師らのスタッフメンバーのサポートのもとで役割を分担し、術野映像医や手術の進行状況、患者の様態、ME 機器の動態、スタッフの動線、術前診断画像などの全ての情報が時間的にずれることなく、リアルタイムで手術統括者に提示されることが、的確な判断を行う上で非常に重要である。さらに、これらの手術情報は、手術統括者だけでなく支援するスタッフ全員にも共有され、それぞれの担うべき役割や行動が迅速に理解されること、言い換えれば手術の方針がスタッフ全員に臨場感をもって共有化されることが、手術の円滑な進行には必須となる。これらスタッフへの手術情報の提示は、映像を使うことが最も直感的で確実に理解できる手段であるが、これを実現するには膨大な映像情報をリアルタイムに手術室内外に伝送する必要が生じ、したがって、高速で大容量の無線通信技術に強いニーズが既にある。

さらに、今後、遠隔医療のツールとして期待される手術ロボットにおいても、神戸大学医学部の杉本特命講師は執刀医が観察する没入型のハイビジョン3D 立体視術野映像に加えて、同一視野内に術前の患者の3D 診断画像を入れることで、手術を支援し安全性と確実性を高めることを既に行っている。

これらの術前や術中の診断画像から再構築された3D 支援画像は、手術の進行状況に応じて簡単な操作でビューポイントを滑らかに素早く変えられることが、リアルタイムに判断を要求される

手術においては重要である。そのため、前述の杉本特命講師により、安価な汎用のゲーム端末や iPad などを利用した自由度の高いジェスチャー入力が、手術現場で試みられている。操作の自由度に伴って、膨大な3D レンダリングやビューポイントの高速な画像計算と、その結果を執刀医や助手医師の視野内へリアルタイムに提示することが求められるが、前者の高速な画像計算は、OsiriX などの最適化されたソフトウェアと高速な汎用コンピュータを使うことにより、ほぼ実現されている。しかし、後者のリアルタイムな画像表示については、通信回線を経由するために無線回線だけでなく現行の有線回線についても、回線速度の低さが高精細とリアルタイム性を実現する上で大きな課題となっている。

例えば、手術ロボットによる遠隔手術を考えた場合に、ロボットのアームを有する手術装置と、そこから離れた場所にある手術者が操作する操作装置をつなぐ通信回線の形態は、手術装置からは無線回線によって高速な光ファイバーなどの有線回線に接続し、有線回線で長距離を伝送され、操作装置の近くまで送られた後に、さらに無線回線で操作装置やディスプレイ装置に接続されることが想定される。ハイビジョンで非圧縮・非伸長の 3D 立体視された術野視野と3D 支援画像の必要帯域は、 $1.5\text{Gbps} \times 3\text{映像} = 4.5\text{Gbps}$ であり、この通信におけるリアルタイム性は、有線回線と無線回線、およびその変換部を含めてこの伝送帯域が保証されなければ成り立たない。従って、この分野においては無線回線のみを高速大容量にしても、本来の利便性や恩恵は得られないと思われ、テラヘルツ波による無線技術の実用化と並行して、高速大容量な有線回線の技術開発と整備を進める必要がある。結論として、遠隔手術などの先端医療の実現においては、無線回線と有線回線の両方を高速大容量にして遠隔地とのリアルタイム性を確保することが必要であり、この実現無くしては医療手術などの遠隔化はあり得ないことが明確となった。



また、術中ではないが、術前に専門的な診断や手術の方針をたてる場合にも、あえて複数の医師によって症例や治療方針を議論することが、その判断の確度を高めよりの確な方針を得るには必要という意見を、前述した教授達からいただいた。その際に、高精細の画像や映像情報をリアルタイムに共有化できると、遠隔で離れた場所にいる医師同士でも、その議論を高い臨場感で違和感なく円滑に行うことができる(本

研究会のデモ実験により実証された)。さらに、僻地や過疎地の医療現場で専門医師が不足していても、あるいは患者数が少なく医師の治療経験が乏しくても、都市の専門医師や経験豊富な医師からより深い診断や確度の高い手術の戦略方針を得ることが可能となり、そのための医師の移

動にかかる時間や負担をゼロにできるので、より本質的な地域医療活動に時間と情熱をかけることが可能となる。

以上の調査および検討から、「高精細な医療映像をリアルタイムに伝送できることは、医療を遠隔で行えることに直結している」ことがわかった。ここでいう「遠隔」とは屋内・屋外を問わず、近距離においては手術情報の共有による執刀医と手術スタッフの役割分担であり、執刀医から戦略統括者への術中判断の役割移譲と統合・統括化であり、遠距離においては手術ロボットによる手術現場と操作部の分離であり、高度な診断と治療が都市を離れた僻地・過疎地でも受けられることであり、離れた場所でも医師の医療技術の指導や習得が互いにできること、等である。いずれも、的確な高度治療によって術後の生存率や QoL を飛躍的に高め、国民の健康・安全・安心を高いレベルで維持することに直接的な関わりがある。従って、今後、日本がこれらを実現し、医療先進国家として豊かな社会を形成していく上では、映像情報のリアルタイムな伝送に必要な高速大容量通信は必須の技術であり、それゆえ、この技術の開発には国家的な対応を必要としている。

2-3 インテリジェントオペ室

東京女子医科大学では、MRI などの先端医療画像情報を実際の手術に応用した「インテリジェント手術室」と、冷静で合理的な術中判断と手術の指揮・統括を行う「戦略デスク」を創案し、脳腫瘍の摘出手術を行っており、既に 900 例以上を施術した結果、症例によっては従来法による国内平均の 2~3 倍近い 5 年生存率と高い術後 QoL を誇っている。

基本的な考え方は、手術において執刀医は術中の判断を戦略デスクに任せて手術作業に専念し、人を介さないでできることは機械や装置で行って、数時間におよぶ手術の負担を軽減することと、術中に手術に関するあらゆる情報を取り続けて手術室外の戦略デスクに一元的に集約し、それらのデータをもとに合理的で的確な術中の判断や戦略方針の決定を冷静に行うこと、としている。疾病の患部を正確に過不足無く取り除くことで、再発を防止しながら同時に後遺症の発生を低減するこのような先端手術とは、従来では執刀医個人に頼っていた術中判断を、チームワークによる合理的で効率の良い分担によって、より総合的で緻密、かつ冷静で最も的確な判断や手術方針を迅速に得て、高い術後生存率を有する質の高い手術を実現するものである。

インテリジェント手術室では、術中 MRI 診断、術中診断映像情報、術野映像、患者の音声と映像、バイタル表示、術具の動き、執刀医・サポート医師・スタッフの手術中の室内動線、など、手術室内で起きる全ての情報が採取されて戦略デスクに送られる。手術室内には、それらの手術情報と術前の映像診断情報、戦略デスクから送られてきた指示映像などが、5つの高精細ディスプレイに表示されるようになっている。さらに、術具の患部に対する位置が計測され、そのリアルタイムな結果が MRI 画像上の映像や警告音で執刀医に知らされ、1mm 以下の高精度でナビゲーション

して手術を支援している。また、手術室に隣接して、全ての手術情報を記録するコーナーがあり、顕微鏡術野を3D立体視で執刀医以外も観察でき、記録している。

手術室外にある戦略デスクでは、インテリジェント手術室から採取された手術情報の全てが集約され表示・管理できるようになっており、術前診断や術具の位置情報などをインテリジェント手術室内へ映像情報で提示し、手術スタッフとの情報共有化と医師の意見の統合化を図り、術中の判断と戦略方針について指示・統括を行う。また、これらの映像情報の記録から、手術中のスタッフの動線やイベントのタイミングまで分析することができ、この分析から予めスタッフの合理的な動きや留意点を盛り込んだ、無駄やミスの起きない手術計画を立案し遂行している。

インテリジェント手術室と戦略デスク、さらに画像サーバーとの間では、術前・術中の診断映像や施術映像などの18chにおよぶ膨大な映像情報が、同期を取りながら行き来している。戦略デスクをより効率的に運用するには、現状でも「ハイビジョン映像で20ch程は必要」というニーズがあり、このような大容量の情報を遅延無く同期を取り、かつ手術室内に簡素で汚染や事故の心配がない無線通信で実現するには、テラヘルツ波を用いた高速大容量の無線通信回線が必要と思われる。

術野映像や手術室内映像については、現状はハイビジョンより高精細な映像に対して強いニーズがある訳ではないが、カメラアングルが限られる手術室内で、術野と手術室内などに複数台のカメラを設置し、並行して映像取得している現状を考えると、潜在的には高精細画像の要求は高いと思われる。例えば、高精細カメラで術野全体をモニターしながら、必要に応じて患部の指示部分の拡大表示が電子ズームによって瞬時に行え、かつその拡大映像においても細部の状態まで把握できる十分な精細さを満足しているならば、戦略デスクからの指示をより明確にでき、全体の利便性を落とさずにカメラやディスプレイの数を削減でき、より簡素で軽量な手術室や戦略デスクにすることが可能であろう。しかし通信回線においては、高精細化によりさらに画像情報量が増えるため、これらをリアルタイムに伝送するにはますますテラヘルツ波を使った高速大容量の無線回線のニーズが大きくなると思われる。

今回の先端的な手術システムを構築する際に必要となる高速大容量の通信回線は、屋内回線がほとんどなので、有線回線に頼らずテラヘルツ波による無線通信回線のみで構成することが可能である。そのため、容易に敷設できて、システムの冗長性や発展性に容易に追従できるという要求が、テラヘルツ波による屋内無線回線に対して潜在的なニーズとしてあり、重要と思われる。

再発を防止し、高い生存率と術後QoLを実現する高品質な脳腫瘍摘出手術は、結果として医療費の国費負担を削減すると思われる。今回の1カ所の先端医療手術室による900例を超える高品質な手術を手がかりに試算すると、手術後の再発、あるいは重篤な後遺症などによって、仮に術後の医療費として、一例当たり平均100万円の国費が充てられるとすると、高い術後生存率やQoLによって、それが平均的に半減したとして4億5千万円の削減効果がこれまでにあったことになる。このような再発率を画期的に低減する先端医療システムが国内に広く普及することは、

経済的に国益に叶うだけでなく、日本が世界的にも先進医療国家としての地位を形成する上で大きな推進力となることは明らかである。

この項の結論として、合理的で無駄のない先端的な高度医療を実現していく上で、テラヘルツ波による高速大容量の無線通信技術は基盤技術となり得ることが明らかとなった。

2-4 手術室内の機器のワイヤレス化のニーズ

近年、待合室や病棟等の低規制エリアでは、携帯電話や無線 LAN の使用が許可されるようになっているが、生命維持装置が置かれる確率の高い手術室等の高規制エリアでは、通常は電波を発射する機器の使用は禁止されている。東京女子医科大学においても同様に、インテリジェント手術室内での無線機器の使用は基本的に制限しているが、戦略デスクの判断を術者に伝えるための PHS だけは使用可能としている。その理由は以下のとおりである。

以前は、手術室内のスピーカとマイクを使用して戦略デスクと術者が会話していたが、従来の手術に比べて多くの術中情報から普遍的な判断を行う戦略デスクに対し、術者は従来と同様の情報しか得られないため戦略デスクの判断と食い違う場合があった。戦略デスクと会話することで術者は戦略デスクの判断を理解できるのだが、理解するまでの会話はサポートスタッフにも伝わり、術者の判断力が劣るとの誤解を招いて術者のプライドとモチベーションが下がるというデメリットがあった。そのため、現在では、戦略デスクと術者は PHS を利用しているとのことである。なお、以上の理由から、PHS(1.9GHz 帯)だけは使用を許可しているが、無線 LAN(2.4GHz 帯)については使用禁止にしているとのことである。

この無線 I/F の使用可否の区分けは、PHS の出力電力が多くても数 10mW に対して無線 LAN では 10mW/MHz という規格から総出力では 100mW 以上と大きいことと、MRI 装置の受信コイルが(周波数帯は 100MHz 以下であるものの)僅かなラジオ放送波が存在しても影響されて撮影画像にノイズが入るほど高感度なことが理由と思われる。つまり、ラジオ放送波からの妨害を阻止するために MRI 装置を設置しているインテリジェント手術室には厳重なシールドが施されているが、言い換えれば強力な電波を放射する機器を手術室内で使用すれば、室内壁のシールド機能により全電力が反射されて手術室内に充満し、MRI 等の微弱な電磁波を受信する医療機器は重大な影響を受けるということになる。よって近年 MIMO 技術を採用した、より高速な 5GHz 帯の無線 LAN も普及し始めているが、もし 2.4GHz 帯と同様の課題を有しているならば手術室内への導入は困難であると思われる。

これに対して、テラヘルツの周波数は数 100GHz 以上と MRI 装置を含む医療機器の使用周波

数とは極めて離れている。さらに波長が短いために機器を小さくしてもアンテナ利得が高いことから、短距離の室内通信用途であれば数mW程度の低出力で高品質な通信が可能であるとともに、送信ビームの向きを制御することにより多チャンネル化も可能である。よってテラヘルツは手術室内の無線化を進めるために極めて相性の良い無線 I/F であると思われる。

遠隔医療においては手術室内の映像を遠く離れた医療施設に届ける必要があることから、これまで述べたような高速大容量データを扱うギガビットの有線通信が不可欠であり、JGN2 等の高速回線が必要となる。

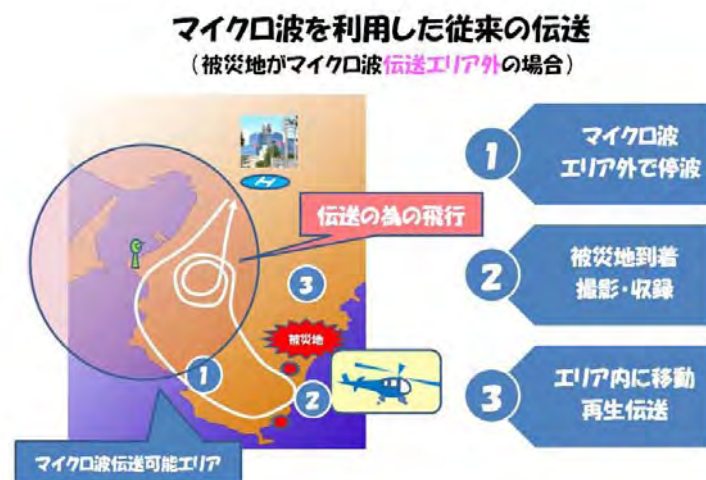
一方、病院内の通常ネットワーク上には外来処理やレセプト処理の日常業務に伴うデータが流れており、この通常ネットワーク上に遠隔医療に必要なギガビット通信を混在させると日常業務に影響を与える可能性があり、双方から分離が要求されている。

また将来の手術室を実現するにはシステムを少しずつ進化させることが必要となるが、通常ネットワークとギガビット通信用ネットワークの進化のサイクルが異なる場合、気まぐれな工事休業ができない病院においては双方の計画が進まないことになる。このためには機器の特異性の強いギガビット通信用ネットワークをアドホック的に構築するのが望ましいと考えられる。また東京女子医科大学のように手術室(インテリジェント手術室)とモニタ室(戦略デスク)が別の棟に離れている場合も多いことから、異なる建物間や異なる階層間をアドホック的に接続する必要も多く、ワイヤレスリンクは必須要素と思われる。

以上から、今後、大量のギガビット通信が必要な医療施設等で導入が進むと予想される 10GBase-T イーサネットのワイヤレスリンクや JGN2 等の高速有線回線のラストワンマイルとして、テラヘルツの無線通信装置に対するニーズは、大変、大きいと思われる。

2-5 放送分野におけるワイヤレス化のニーズ

災害発生時には報道機関による現場からの取材情報が、そのまま救助活動の初動の判断材料となるため、その速報性や的確さが、救える人命の数や質を直接左右する可能性がある。中でも被災地上空に短時間で到達できる放送局の取材用ヘリコプターは防振撮影装置やマイクロ波による映像伝送装置を駆使して被災状況を速報でき、災害時



に威力を発揮する。

3月11日に発生した東日本大震災では地震発生直後にフライトした取材ヘリからの映像が津波の想像を絶する威力と被害の様子を生々しく伝えた。

災害現場の緊迫した状況の下、搭載燃料による限られた飛行時間でいかに多くの的確な情報を収集し速報できるかが、人命救助と災害の拡大防止に極めて重要であることが再確認された。

通常、取材ヘリによる撮影を行う場合、マイクロ波伝送可能エリア内であれば撮影している映像をリアルタイムに伝送できる。しかし、受信基地から離れているためマイクロ波による伝送ができない遠隔地の場合には撮影(機内収録)→送信可能エリアへ移動→伝送(待機飛行)という過程が必要で余分に時間がかかる。

またリアルタイムに再生を行う伝送方法では収録時間と同じ伝送時間が必要となるため、災害時など長時間にわたって撮影した映像を伝送する際には伝送のためだけの飛行時間が発生することがある。生放送で伝えきれない被災地に1分でも早く救援部隊を送り込むため、また乗員の安全確保の観点からも伝送に要する時間を少しでも減らすことが望まれる。

大規模災害時により多くの被災地から生放送を行うためにはマイクロ波受信基地の増設が必要となるが、山間地の多い国土を全てカバーするのは地理的条件や建設費の面からも困難が伴う。このため、比較的安価に広いエリアで迅速に空撮映像を伝送できる新たな方法が求められている。

テラヘルツを利用した映像伝送イメージ
(被災地がマイクロ波伝送エリア外の場合)



一方で、昨今、業務用映像機器の分野でも民生品と同様に従来のテープに代わってディスクやメモリなどに映像を電子ファイルで記録する製品が増えつつある。再生によるリアルタイム伝送と異なり、映像をファイル転送する場合は、伝送路の速度が速ければ速いほど短時間で伝送が終了する。小規模で安価なテラヘルツの受信設備が各地域に分散設

置され、放送局と高速無線 LAN で接続されればマイクロ波による伝送が不可能な遠隔地の取材映像(ファイル)を最寄りのテラヘルツ受信設備に短時間で転送でき、速報性が向上する。また取材ヘリの飛行時間も短縮することができる。

現在、放送局で扱われる映像機器の記録レートは 50~150Mbps 程度であるが、仮にテラヘルツ帯を利用して 50Mbps で記録された映像を 5Gbps の高速通信で伝送することができれば、収録時間の 100 分の 1(1時間収録したものを1分以内)の時間で転送可能となる。

テラヘルツ帯の大容量通信は高画質な映像を伝送することも可能にする。マイクロ波を利用した伝送の場合は 1.5Gbps の HD 映像を伝送路の品質により 10Mbps～60Mbps 程度に圧縮して伝送しているため、映像品質の劣化を避けられない。テラヘルツによる高ビットレートの伝送路が確保できる場合には、非圧縮のHD映像による生中継も可能となり、被災地の状況をより詳細に伝えることができるようになる。

このように、テラヘルツ帯を利用してヘリコプターと地上との間で高速通信が可能となれば、上空からの映像ファイルを瞬時に転送することや、より高精細な映像を伝送することが可能となるが、この実現には、技術的に克服すべき課題がある。

テラヘルツ帯の電波は直進性が強いいため、パラボラアンテナのような指向性の高いアンテナを利用する場合には、送受信アンテナの方向調整をマイクロ波に比べて極めて精密に行う必要がある。そのため、機体が常に振動しているヘリコプターと地上との間で安定した伝送路を確立するのは現状では難しい。空撮用カメラで実用化されている高性能な防振技術の応用や、平面アンテナの利用、ミリ秒単位の断続的なパケット伝送など送受信技術の総合的な向上により、地上とヘリとの間で高速通信が可能になることが期待される。

テレビ報道はフィルムカメラで始まり、フィルムの現像が不要な ENG(Electronic News Gathering)、衛星を利用した SNG(Satellite News Gathering)の時代を経て、今や、インターネットを利用して世界中から安価に映像を伝送できる時代になった。視聴者が携帯電話や小型のデジタルカメラで撮影した映像が放送されることや、インターネット上のコミュニケーションツールを利用して、視聴者同士が情報を相互に発信・受信することも珍しくない。

災害時に被災地の高精細な映像を撮影・伝送し、被災者の救援や被害の拡大防止に寄与するという放送局にしかできない災害報道を、これまで以上に広範囲かつ迅速に行うため、テラヘルツ帯が活用できることを認識した。

2-6 まとめ(テラヘルツの医療現場への貢献と課題)

「ライフ」では、医療分野と災害報道分野において、テラヘルツ波による情報通信の利活用を調査検討した結果、得られた応用ニーズを以下にまとめる。

1. 医療クラウド: 高速で大容量なテラヘルツ波による無線回線と有線回線によって、移動の時間と負荷を負わないで、必要な医師のナレッジと医療情報をリアルタイムかつ高臨場感で供給する。

日本は、人口が減少傾向にあり、経済規模が縮小する中で、高齢化と地方の過疎化を突き進んでおり、医師の確保は、これからますます重要となる課題である。高速大容量の通信回線は、双方が超臨場感のあるコミュニケーションや高精細3Dの医療画像などをリアルタイムに共有でき、必要な医療情報や専門医師の判断・指導、場合によっては手術なども、遠隔から支援・実施することを可能にする。地方や過疎地においては、医師の数や専門性が不足しており、今後、更なる高齢化に伴い、ますます地方と都市との医療格差が広がることが懸念されているが、この問題に対し、高速大容量の通信技術の積極的な活用により、医師や患者の移動の時間や負担を減少させ、適切な医療を広く行き渡らせることができ得ると思われる。

なお、これまでの調査検討から、高速大容量の無線と有線の通信回線が整備されない限り、遠隔医療や専門性の高い先端医療情報の共有や普及は極めて難しく、また、孤立した個々の医療機関のみの負担で、広めることも極めて難しいと思われる。

- ・以上の背景から、医療のクラウドという視点でテラヘルツ波の利活用をまとめると、
 - ①高精細な医療映像をリアルタイムで伝送できることは、医療を遠隔で行えることに直結している。
 - ②医療が遠隔で行えることについては、既に強いニーズがある。
 - ③先端医療において診断と治療の一体化が必須であり、既に強いニーズと実現に向けた動きがある。
 - ④先端医療やその成果の普及、遠隔医療・僻地医療の実現において、高速大容量の通信インフラは必須である。
 - ⑤テラヘルツ波による無線通信は、これらのニーズを満たす上で、医療機関の屋内の高速回線や、医療装置やセンサーと高速の有線回線間を結ぶ高速大容量の無線回線(ラストワンマイル領域)で、極めて有効かつ必要と思われる。

・利活用の調査検討で明らかとなった「遠隔」で行う医療ニーズの例：

- ①執刀医と他の手術スタッフとの手術情報の共有化：
チームワークによる手術において、分担したスタッフ間の容易で確実な意思疎通をリアルタイムな映像により図ることで、高い術後生存率とQoLを得る手術を行う。
- ②手術室内の手術スタッフと室外の手術戦略統括者との術中判断の統合・統括化：
手術室内外で必要な手術情報を共有することにより、手術方針を合理的で緻密に判断し迅速に決定して、術後生存率を向上する。
- ③遠隔手術における手術ロボットの手術現場と操作部での術野と操作の共有化：
リアルタイムな3D立体視高精細映像による超臨場感を利用し、遠隔から高度な手術や的確な手術支援を行うことにより、質が高く成功確度の高い手術を実現する。
- ④僻地の医療現場と都市の専門医による診断・治療指導：
医師不足の医療現場でも、的確な判断や専門的な指導が得られ、結果として、より多くの患者に対して、より適切で質の高い治療が提供でき、医療費の低減に繋がる。

⑤診断や手術方法を医師同士で検討し、確度を向上：

高精細3D 診断画像などを共有して、具体的で実際の検討や議論ができること。(本研究会のデモ実験により、テラヘルツ波の無線回線と JGN2plus の有線回線により、これが実用レベルで実現できることが実証された)

⑥ベテラン医師による若手医師の効率良い育成・指導：

テレメンタリングにおいて、高精細の3D 立体視映像を共有化することで、傍らで指導されているような臨場感のもとに、効率の良い医療技術の指導と習得ができること。

2. 医療情報のクラウド構築と利用： 診断と治療のデータベースの統合と共有化

先端医療に携わる医師から、医療の発展に最も重要となる症例や治療のデータベースと、その横断的な利用体系について、極めて厳しい現状と早急な整備の必要性がヒアリングされた。医療の質を高めていく上で、国家的な財産とも言える診断や治療の研究情報が、個々の医療機関や地域のネットワークで閉じて孤立化しており、より有効に使われないまま、眠っているという。これらの診断画像や映像情報を含む膨大な医療データベースが、簡便・有意に利用されるには、各医療機関が有している映像などのデータベースをタギングして容易に引き出せる形にし、共有化することと、ダウンロードの負担が少ない高速大容量の通信回線を利活用することが必須となる。その各医療機関を接続する高速で大容量な有線回線の両端には、高速性が保持され簡便な大容量無線回線が必要となる。

特に無線通信回線では、現行の電波無線より桁違いに高速なテラヘルツ波を用いることが、大容量の映像情報が多い医療分野には適していると思われる。

3. 医領解放：医療を場所や機関、組織、立場などを超えて、境界無く広く普及させる。

医療を場所や機関、組織、立場などを超えて広く普及させるには、携帯電話やタブレット PC などの汎用無線 ICT ツールの利用が非常に効果的であることを、実践している医師からヒアリングした。これら汎用無線 ICT ツールによって、通信インフラも医師も乏しい過疎や緊急医療が求められている現場でも、診断や治療などに必要な医療情報を送ったり受けることが可能となる。しかし、現状の汎用のインターネット回線を利用する限りは、医療画像などの大容量情報を扱うには高速性や回線容量において限界があるため、広く効果を上げるにはまだ制約が大きい。テラヘルツ波による高速で大容量な無線通信は、簡易な基地局の整備が必要であるが、この制約を越えて医療サービスを受ける領域を拡大し、普及を促進する技術と思われる。



4. 災害報道の速報性： 被災状況を迅速かつ的確に把握し伝える。

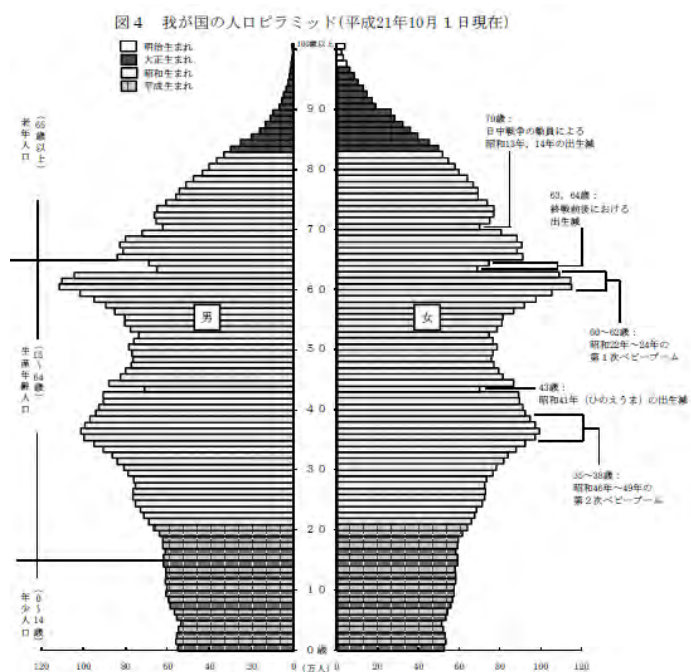
災害時に被災状況を的確かつ速やかに報道するには、ヘリコプターによる取材が有効であるが、現状は機上からの取材映像の伝送に時間と場所が制約され、取材行動の領域を狭める要因

となっている。テラヘルツ波による高速大容量な無線通信が、機上からの取材映像の伝送に使われれば、より短時間で取材映像の伝送ができ、限られた燃料で、より多くの被災地の取材に時間を使うことが可能となる。指向性の強いテラヘルツ波を、振動がある機上から安定して送受信するための技術的な課題や、簡易な基地局を分散配置する必要などはあるが、ヘリコプターの活動領域を拡大し、より多くの人命を救う初動取材情報の速報性を格段に向上できると考えられる。

・課題:

本調査検討から、テラヘルツ波による高速大容量な無線通信技術の利活用において、国民の命に直接関わる先端医療と災害報道の分野で、以下の特徴が明確となった。

- ①国民の命に関わる分野では既に強いニーズがあり、実現による国家的なメリットは大きい。
- ②先端性が高いため、すぐに産業として寄与できる大規模な用途市場が、現状では明確にし難い。
- ③当初からは大きな市場規模を想定できないため、開発費用の民間負担はリスクが大きすぎ、民間努力のみで研究レベルを脱して迅速な製品化や実用化に移行するのはほぼ不可能である。
- ④高速ネットワーク技術として価値を発揮するには、並行して有線回線の高速大容量化も実現する必要がある。しかし、民間にその体力は無い。



つまり、テラヘルツ波による無線通信技術は、このまま民間主導による技術開発を行っても進行は遅く、その普及によって大きな恩恵を受けるのが国民の健康・安全・安心分野であることを考慮すると、国が主導を取った育成と国家戦略的な目的をもった展開を進めるべきと思われる。

現在、日本発で創り上げた民生用のICT機器市場は海外に奪われつつあり、国際競争力のある産業技術が国内に乏しい中であって、日本が先行してきた先端技術であるテラヘルツ波無線の通信技術を、今後どのように発展させ展開すれば良いであろうか。

世界に先駆けて真っ先に高齢化社会に突入している日本は、これに対応した医療技術とノウハウを世界に先駆けて、いち早く獲得できる立場にある。この機会を積極的に捉えて、高齢社会

に有用な先端技術を開発しノウハウを蓄積することが、これからの産業を発展させていく上では重要と思われる。人口分布からわかることは、日本の高齢化は 20 年後には止まる(団塊世代の高齢者の大半はいなくなり、日本は高齢国家になる)時限付きの社会課題ということである。この間に、高齢社会を豊かにする技術やノウハウを日本がどれだけ獲得・蓄積できて、遅れて高齢社会を迎える韓国や中国などの海外諸国に対し、どれだけ価値を提供できるかは、今後の日本の国家的な成長の岐路を決めると思われる。

また、災害が起きてもテラヘルツ波による高速大容量無線通信技術により、迅速に被災状況を把握することができ、その結果、国や地方自治体の災害対策システムが効率よく機能し、人命が損なわれないのであれば、国内だけでなく海外の災害にも広く寄与でき、国家の品位を大いに高めるであろう。

テラヘルツ波を使った無線の情報通信技術は、日本が誇れる高い先端技術であるだけでなく、日本が高齢社会や災害に低損失な社会を先行して実現し、高い技術とノウハウを蓄積していくための重要な基盤技術でもあり、医療や災害報道の分野で今後、市場優位性を築くための起点となり得る技術に思われる。