

テラヘルツ波帯の情報通信利用に 関する調査検討 WG-1「ライフ」

テラヘルツ合同フォーラム報告 2011.6.27

平成22年度 テラヘルツ波帯の
情報通信利用に関する調査検討会
WG-1: 細江、桐野、栗山、松岡、久々津

WG-1 「ライフ」分野の調査検討

- ・「ライフ」分野として、医療・ワーク・生活・高齢・教育・放送などの中で、特に「命」に直結する逼迫したニーズが考えられる「医療」と「災害報道」で、以下のテラヘルツ波の応用用途の調査を行った。

1. 「インテリジェント手術室と高速大容量ネットワーク」

東京女子医科大学 先端生命医科学研究所
教授 伊関 洋・ 准教授 村垣善浩 両先生

2. 「Innovative ICTによる“医領”解放構想」

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 杉本真樹先生

3. 「報道現場でのテラヘルツ利用イメージ」

関西テレビ放送(株) 栗山和久様

1. 「インテリジェント手術室と高速大容量ネットワーク」

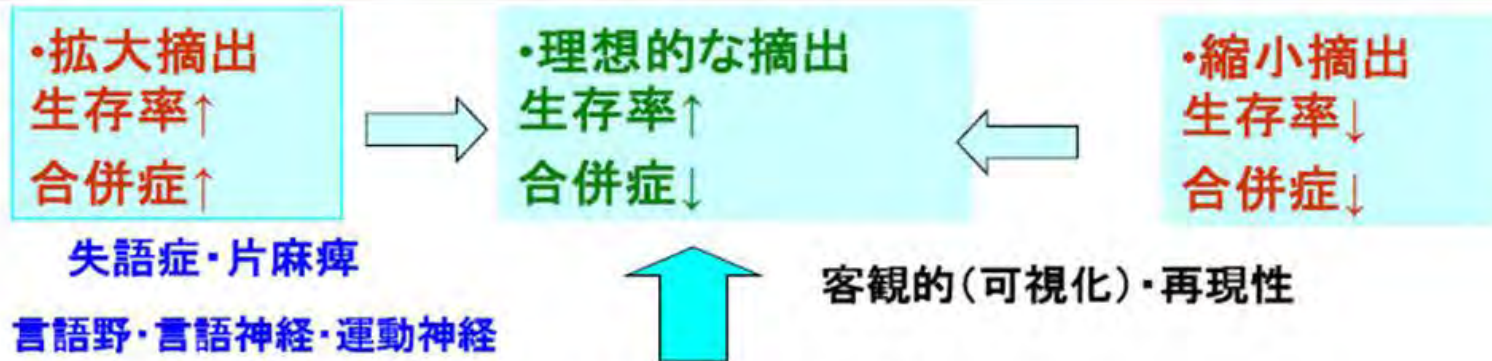
調査先： 東京女子医科大学 伊関 洋・村垣善浩 両先生

脳外科領域(悪性脳腫瘍の摘出手術)

- * コンピュータ支援手術が普及(主に映像情報支援)
術中MRI、形態ナビゲーション、化学ナビゲーション、等。
- * QOT(治療の質)の高い医療の普及を阻む障害
執刀医の職人芸、保険点数、コスト、設備稼働率
- * 今後の展望
 - ・ 手術プロセスのマネジメント
(定量的な情報に基づく術中判断、ワークフローの最適化)
 - ・ 戦略デスクによる統括手術
(診断・手術情報の集約して術中判断を分離、手術方針のスタッフ共有化)
 - ・ 予測制御型医療(起こり得る状況が対策された手術)

悪性脳腫瘍（グリオーマ）摘出のジレンマ

境界不鮮明・周囲正常脳損傷による重篤な合併症



適切な術中情報

患者のバイタル情報、手術の進行と状況、スタッフの動き、判断因子の測定把握、ナビゲーション情報、……

これらの多岐にわたる全ての情報を、執刀医が術中に把握し適切な判断をする事は、極めて困難。

手術をチームワークにより分業化し、その統率を手術室外の戦略デスクで行うことで、執刀医の経験と勘に頼らない客観情報に基づく冷静で的確な術中判断を実現し、執刀医は施術に専念することでQOTを高め、術後生存率を向上する。

⇒術中判断や方針決定に必要な全ての情報を手術室外の戦略デスクへ集約し、判断・決定された手術方針を手術室内のスタッフへ共有化するには、**手術室内外で膨大な画像情報の伝送が必要となる。**

* 術中情報の統合提示による リアルタイム手術戦略構築と支援

インテリジェント手術室

Acta Neurochir (Wien) 2006 Sup98:67-75
Acta Neurochir (Wien) 2010 in press

0.3T (永久磁石)



• 902 cases (Mar. 2000 – Oct. 2010)

手術戦略デスク



HV20chに相当する画像情報の伝送と保管

THzの
有効性

- ・ 施術と効果確認
- ・ 映像、音などの手術情報の収集、スタッフの行動情報の収集、患者動態の記録、有意情報の選択的提示と共有化
- ・ スタッフの動きを阻害せず、かつ汚染を防ぐため、**ワイヤレス化を強く要望。**

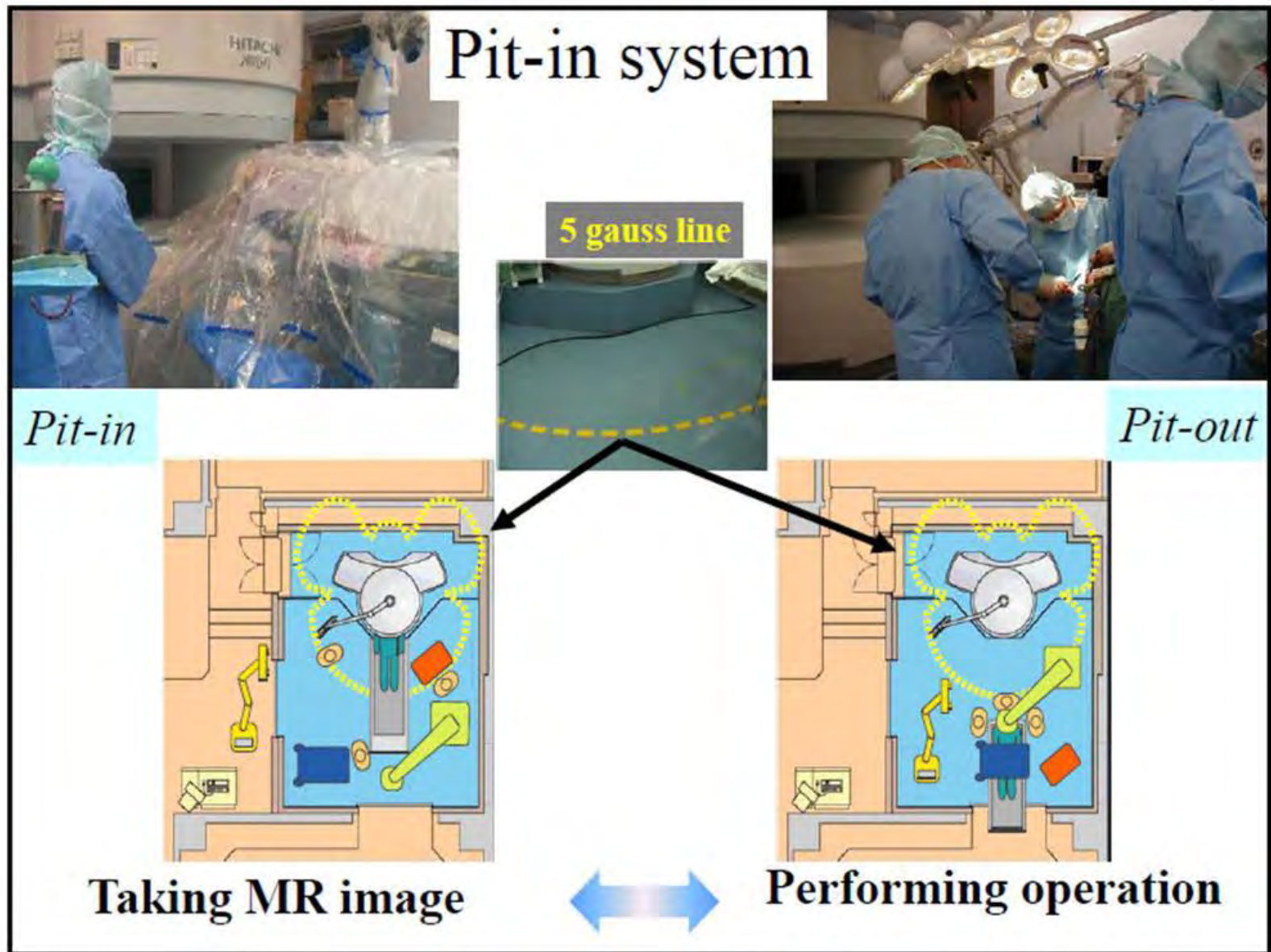
- ・ 手術情報の統合と手術戦略の支援
(分析・発見⇒告知⇒評価・徹底)
患者動態の予測、有意情報の抽出と選択表示、手術計画と行為の実時間監視、最適リソースの管理と割り当て、手術情報の記録と管理

*** 高度先端医療の手術室内外の情報伝送において、
テラヘルツ波を使うメリット： 高速・大容量・無線**

- 非圧縮で高精細な術野を遅延無くリアルタイムで得られるので、タイミングを外さずに的確な判断ができる。
- 膨大な容量が扱えるので、スタッフへの情報提示に直感的に把握できる映像を用いて、有効かつ容易に手術情報の共有化が図れる。
- 指向性が強く周波数帯が離れているので、術中で使用するMRI等への影響が少ない。
- ワイヤレスのため、術中診断と手術の切り替え時にスタッフの動きを阻害しない。 また、床を引きずるケーブルによる汚染を抜本的に防止できる。
- アドホックな高速大容量無線LANが容易に敷設できるので、拡張工事などが容易に出来ない病院でも、手術室と離れた戦略ディスクへの回線を、従来LANと独立して設置できる。

高度先端医療で手術室内外に伝送される 具体的な情報例

* 専用の術中MRIによる施術効果の確認と、
戦略デスクやスタッフとの共有



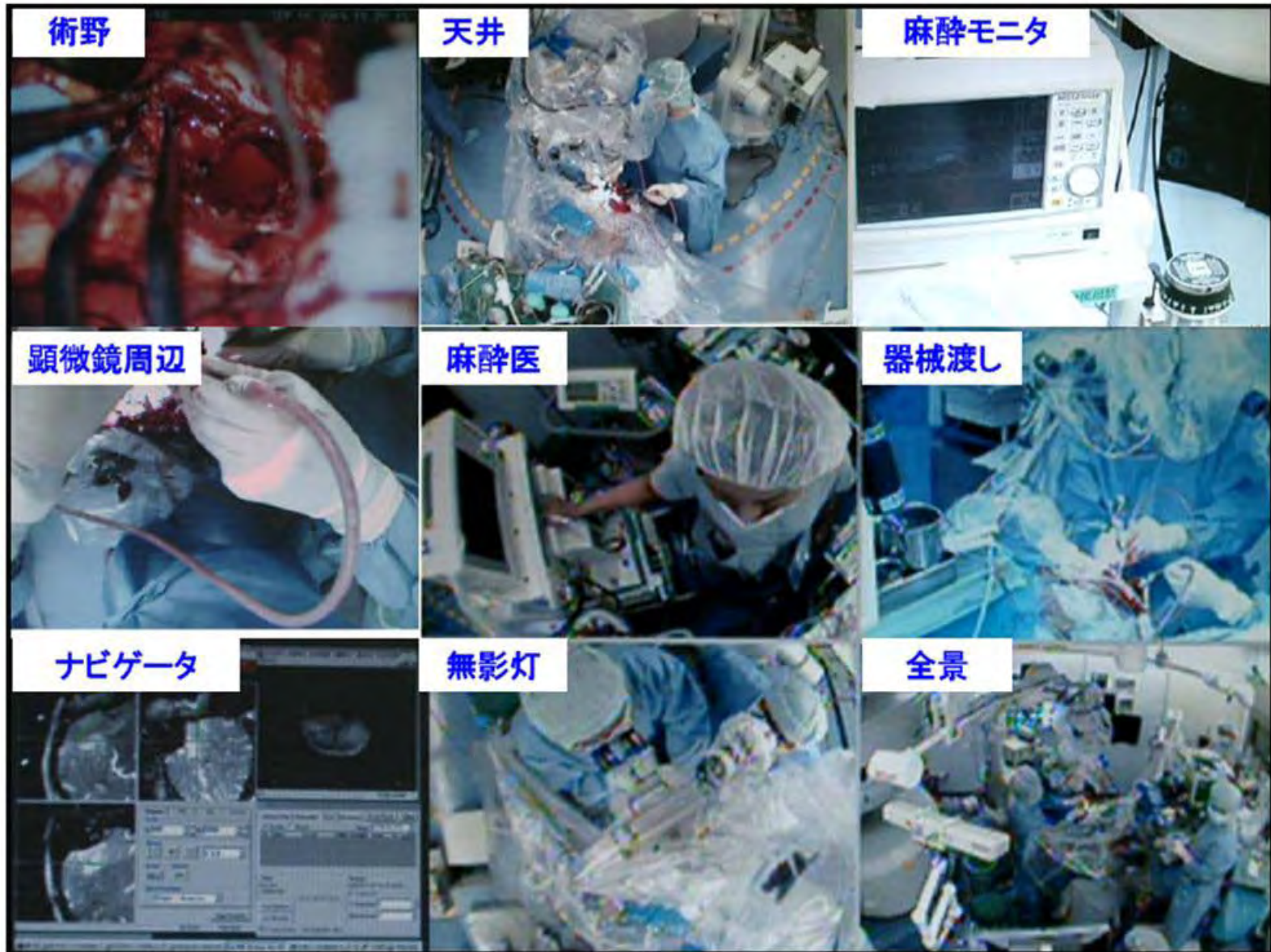


* 左のMRIで腫瘍削除結果を確認し、手術台を引き出して手術位置へセットするところ。天井にはたくさんの超音波センサーがつけられ、人や手術具に取り付けられた発信器により位置が検出されモニターされる。この位置検出は、適宜校正する。



* 手術中。4つのモニターが手術室内に設置され、手術映像や診断情報が映し出されて、スタッフが共有している。同様に、戦略デスクにもリアルタイムに伝送されている。

* 戦略デスクに送られ、手術室内のスタッフと共有される手術状況画像情報



* 戦略デスクのコンソール表示例

- 表示されている画像以外にも術中判断に必要な診断画像などが、データベースから必要に応じて引き出され、表示を切り替えられる。

手術戦略デスク

MRIコンソール MEP 患者・BIS・ナビ・術野

ローカルワークスペース(術前診断画像など)

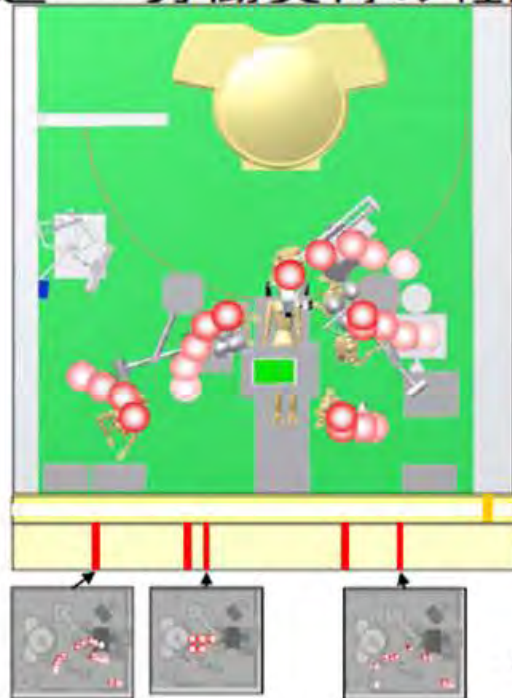
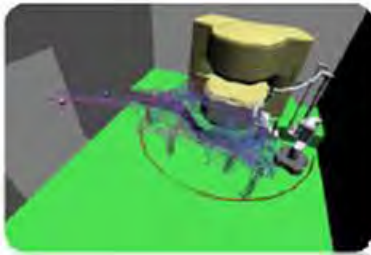
手術室内の映像・音声・診断情報の供覧・機器の遠隔操作を可能に

多次元画像情報・診断情報をさらに統合

- * 手術室天井に設けられた超音波センサー群により、術中のスタッフの動きが収集され、ワークフローの検証とプロセス改善に使われる。

手術ワークフローの効率化

- どの作業で時間・労力がかかっているのか
 - 効率的に動けば、手術時間を短縮できる
 - 共同作業の促進 → 労働負荷の軽減



時間がかかった
ポイント

共同作業が
うまくいかなかったポイント

* 悪性脳腫瘍における術後生存率

Survival Rates of Glioma Patients

WHO grade	N	1年	2年	3年	4年	5年
I	5	100	100	100	100	100
II	56	98	98	90	90	90 69
III	44	95	90	86	78	78 25
IV	44	62	<u>28</u>	13	13	13 7
III+IV	88	78	59	50	42	42 18

astro+oligo+ependy

Japan tumor registry (1990-95)

- ・ 高速大容量通信に支えられたインテリジェント手術室と戦略デスクによって、重症例で従来の2～3倍という極めて高い術後5年生存率を実現している。

2. 「Innovative ICTによる“医領”解放構想」

調査先： 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 杉本真樹先生

- ・ 汎用のICTツールを積極的に医療領域に利用して、スキルに依存せず、術者の負担が少ない手術を実現し、治療の質(QOT)を高めることと、より効率の良い医師育成・教育を図る。



- ・ 医療用画像処理のフリーソフトであるOsiriX(オザイリクス)を用いて、MRIなどの断層画像を3D接続レンダリングや立体視情報とすることで、手術戦略や方針決定、ナビゲーション、さらには医師の教育にも使える映像情報を提供する。
- ・ PCを使った難しい操作ではなく、iPadやiPhone等の扱い易いICTツールで実現していることが、医療現場において実用的で効果が高い。

⇒ さらにこれを遠隔医療に発展させるには、膨大な高精細画像情報をリアルタイムに伝送できることが不可欠。

*** 医師のナレッジと医療情報を、遠隔医領の移動と時間の負荷から解放することにテラヘルツ波を使うメリット： 高速・大容量**

- 先端医療における画像診断と治療の一体化は、既に強いニーズと実現に向けた動きがある。
- 医療を遠隔で行うためには、高精細な医療映像をリアルタイムで伝送できることが必須である。
- 先端医療の推進とその成果の普及、あるいは遠隔医療・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。
- 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。

* 医領解放の具体例:

- ・ 腹腔鏡手術用ロボット(ダビンチ): リアルタイムな3D立体視の内視鏡映像による高臨場感を利用して、遠隔からでも高度な手術や的確な手術支援が行える。
- ・ この能力を引き出し、QOTの高い手術を実現するのに最も重要な点は、手術現場と操作現場間での高精細映像情報とロボット制御信号の遅延のないリアルタイムな伝送である。これが実現しなければ、遠隔ロボット手術は成り立たない。現状は、伝送インフラが整わないため、両端末は隣接や近接して置かれている。

THzの有効性



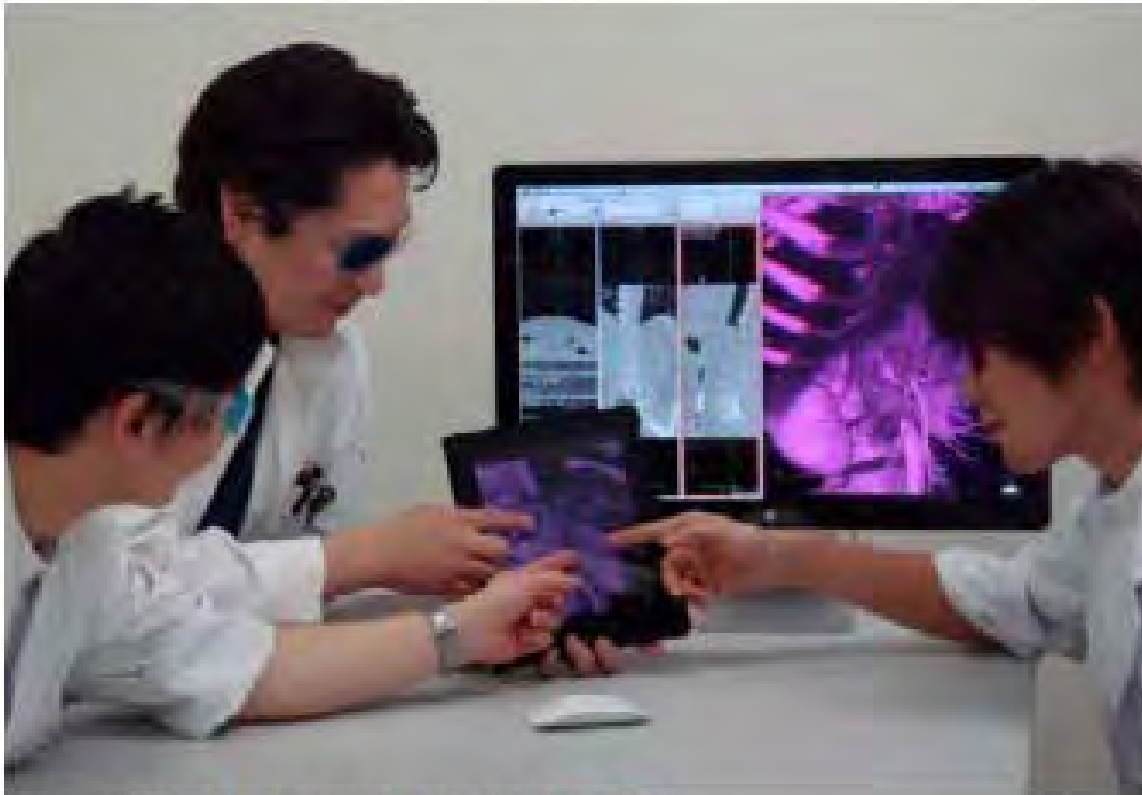
(写真提供:神戸大学 杉本真樹)



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

- ・ 予めCTやMRI等で撮影された患者の臓器情報から、医療用画像処理フリープログラムOsiriXを使って3D画像を再構築し、腹腔鏡手術に際して、臓器の位置関係や手術具の位置をリアルタイムで重ねて表示し、確認しながら施術できるナビゲーション・システムを開発。
- ・ 遠隔地から手術のメンタリングするには、これらの手術画像情報が遅延無く共有される必要がある。

THzの有効性



(写真提供:神戸大学 杉本真樹)

- ・ iPadを用いて、OsiriXにより3D化された臓器映像を赤青の立体視に変換し、眼鏡をかけることで立体的な臓器の位置関係を、指し示したり動かしたりしながら学ぶことが出来る。

- ・ 遠隔での指導や医師同士で手術方針を議論する際に、高精細画像がリアルタイムに共有できることが、実用的な価値を発揮する上で重要である。

THzの有効性

- ・医療用画像処理フリープログラムOsiriXを使って、市販ICT機器(iPhone、iPod、iPad)上で3Dの医療画像を自由な方向から観察することが出来るシステムを開発。

- ①僻地でも医療情報の送受信が可能： 僻地医療、緊急医療を展開可能。
- ②3D画像で立体感も把握できるので、効率の良い医療教育ツールとして使用可能。
- ③小学校などの解剖授業で、カエル等の代替生物を使う必要が無い。 人間そのものをICT上で解剖し、臓器の位置やしきみについて理解を深める教育ツールに使える。

Nos entrailles en trois dimensions sur iPhone

◆ Les images de notre colonne vertébrale ou de nos poumons peuvent aussi être visionnées sur iPhone grâce à une application. Et à quoi cela sert-il? Non pas à débarquer chez son toubib pour lui déclarer de quelle maladie on souffre, mais plutôt à partager des informations. Imaginez que vous ayez été opéré du genou. Les clichés vous appartiennent et font partie de votre dossier médical. Ils peuvent vous être remis sous forme de CD. Le logiciel OsiriX les traduit en images 3D. Une fois transférées sur l'iPhone, elles peuvent être montrées à votre médecin de famille, à votre physio ou autres spécialistes, qui peuvent ainsi visualiser dans le détail l'intervention et agir en conséquence. Du côté des praticiens, les données médicales sont strictement protégées et ne voyagent pas de service en service. Mais on peut imaginer un cardiologue ou un chirurgien appelé en urgence sur son parcours de golf. Il peut sur place consulter le dossier de son patient et réagir. La précision des images fait d'OsiriX sur iPhone un précieux auxiliaire, mais évidemment pas un outil de diagnostic. ◊



L'application OsiriX n'est pas un gadget. C'est un accessoire complémentaire, utile au patient comme au médecin. DR

THzの有効性

⇒ 通信速度が遅いため、より高速な通信が欲しい。(杉本先生)

* 高度先端医療における、テラヘルツ波を使った 情報通信の応用ニーズのまとめ

・ 既に以下の強いニーズがある。

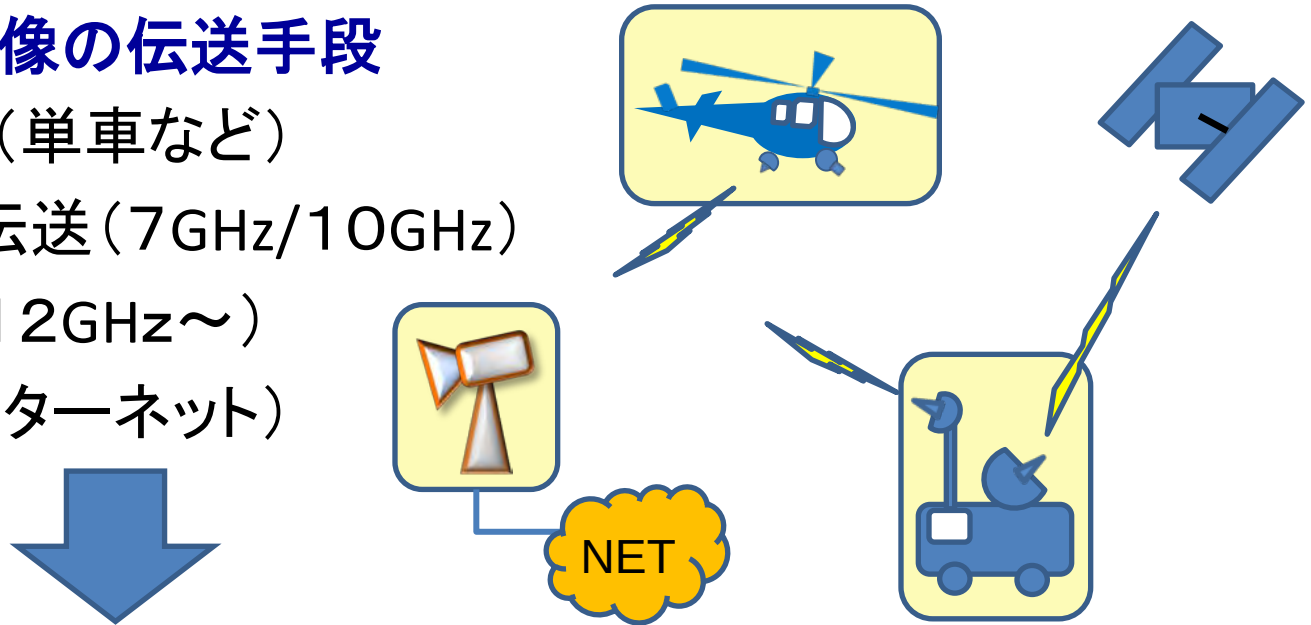
1. 医療クラウド： 高速で大容量なテラヘルツ波による無線回線と有線回線によって、必要な医師のナレッジと医療情報を移動の時間と負荷をおわないで、リアルタイムかつ高臨場感で供給でき、遠隔医療を推進する上で、必須の技術である。
2. 医療情報のクラウド構築と利用： 大容量の映像情報が多い医療分野で、無線通信回線に現行の電波無線より桁違いに高速なテラヘルツ波を用いることで、診断と治療のデータベースの統合と共有化が推進でき、医療を高位均一化できる。
3. 医領解放： 医療を場所や機関、組織、立場などを超えて、境界無く広く普及させるには、テラヘルツ波による高速で大容量な無線通信は、簡易な基地局の整備が必要であるが、現状の汎用のインターネット回線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。

3. 「報道現場でのテラヘルツ利用イメージ」

調査先：関西テレビ放送(株) 栗山和久様

* 従来の放送映像の伝送手段

- テープ搬送(単車など)
- マイクロ波伝送(7GHz/10GHz)
- 衛星伝送(12GHz～)
- IP伝送(インターネット)



リアルタイム伝送が主流(10分の映像伝送に10分かかる)

* 最近の伝送手段の動向

収録メディアの変化(テープからメモリ・HDDへ)

⇒リアルタイム伝送からファイル転送へ

* リアルタイム伝送とファイル転送の比較

伝送手段	記録ビットレート > 伝送路のビットレートの場合	記録ビットレート < 伝送路のビットレート の場合
リアルタイム伝送	伝送路に合わせて圧縮する必要がある ⇒画質劣化	オリジナルの記録レートで伝送できる (伝送に必要な時間は記録時間と同じ)
ファイル転送	撮影時間以上の時間をかけて伝送する必要がある (画質は元映像と同じ)	撮影時間より短い時間で伝送が可能！ (画質は元映像と同じ)

THzの有効性

* テラヘルツ波の活用

テラヘルツ波を使った伝送によって、
高ビットレート&機器の小型・低消費電力化
が実現可能。

⇒より高画質な取材映像を短時間で転送できる。

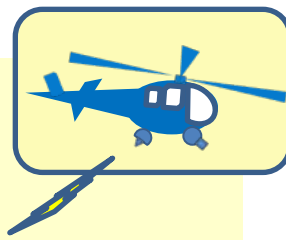
* 高速ファイル伝送イメージ

【1時間】(3600秒)の映像の伝送時間(予想)

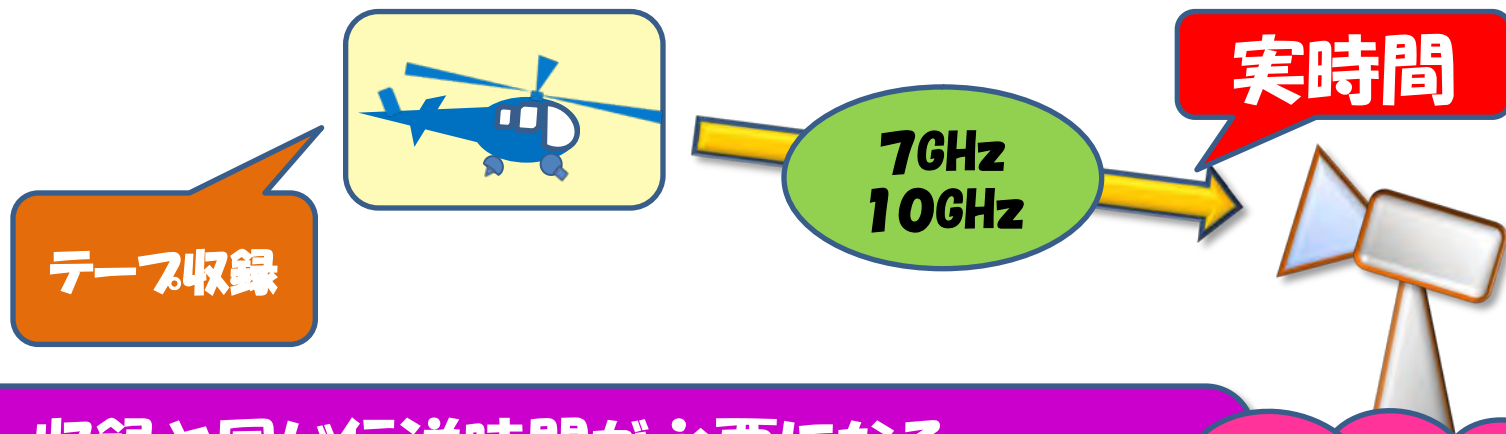
伝送速度 (伝送路)	記録ビットレート	
	5 0 Mbps (HD通常画質)	1 0 0 Mbps (HD高画質)
1 0 Mbps (通常LAN)	5 時間	1 0 時間
5 0 Mbps (高速LAN)	1 時間	2 時間
1 0 Gbps (120GHz)	1 8 秒	3 6 秒
5 0 Gbps (テラヘルツ)	3. 6秒	7. 2秒
1 0 0 Gbps (テラヘルツ)	1. 8秒	3. 6秒

* 具体的な事例:

災害報道時のヘリコプターからの伝送



現在の空撮伝送



- 収録と同じ伝送時間が必要になる
→特にマイクロ波エリア外では、伝送のために
フライト時間が延びることがある
→騒音、燃料消費、速報性の問題がある

60分の映像伝送に
60分必要

- 伝送路に合わせて映像を圧縮する必要がある(画質劣化)
→カメラの収録は140Mbpsでも受信映像は20Mbps~60Mbps程度に落ちる

被災地が伝送エリア内の場合



1

離 陸
伝送開始

2

被災地到着
生中継

3

現場離脱
帰着・給油

被災地が伝送エリア外の場合



THzを利用した空撮伝送



メモリ・ディスク
ファイル記録

5Gbps

THz

ファイル伝送



収録時間よりも短時間で伝送可能

→伝送の為にフライト時間がほぼ不要に
→騒音低減、燃料節約、速報性の向上

eco!

60分映像
(50Mbps)
を36秒で
伝送できる

伝送路に依存せず、画質劣化がない

→50Mbpsで収録したものは50Mbpsのファイルとして受信側で再生できる

被災地が伝送エリア外の場合



1

離陸後波出し
エリア外で停波

2

被災地到着
撮影・収録

3

THz基地に
ファイル伝送

・ 南海地震時の空撮取材 想定スケジュール

テラヘルツ伝送（50 Gbps）
基地→本社（50 Gbps LAN）の場合

現在のフライトプラン

- ・ 空港離陸（8：00）
- ・ 被災地上空（8：40～9：40）
- ・ 現場離脱（9：40）
- ・ 伝送可能空域へ移動（9：50）
- ・ 伝送開始（9：50～10：50）

1時間の映像を1時間かけて・・・

- ・ 最寄空港へ着陸（11：00）
- ・ 給油（11：10～11：40）
- ・ 離陸（11：50）

伝送終了

テラヘルツ利用のプラン

- ・ 空港離陸（8：00）
- ・ 被災地上空（8：40～9：40）
- ・ 現場離脱（9：40）
- ・ テラヘルツアクセスポイントへ移動（10：00）

- ・ 数秒でファイル転送完了！
まだ1時間飛べる！

⇒ 給油または次の取材へ

伝送終了

テラヘルツによる高速伝送により本社に速やかに映像を届けられ、
1フライト（同じ燃料）で多くの被災地を撮影できる。

・ 大事件・事故発生時の伝送 (取材する災害地域が多数)

テラヘルツ伝送 / 基地→本社
共に(50Gbps の場合)

現在のフライトプラン

- ・ 中継車現場到着
- ・ マイクロ波伝送
- ・ 取材カメラが多数到着

伝送量<素材発生量

全ての映像を伝送不可

⇒伝送ワークフローの破綻

テラヘルツ利用のプラン

- ・ 取材班現場到着
- ・ 伝送班現場映像回収
- ・ 最寄の簡素なアクセスポイントへ移動
(10分圏内)
- ・ 回収映像をファイル転送
(60分素材を10秒以内に転送)

テラヘルツによる高速伝送により、膨大な取材映像情報を本社に速やかに映像を届けることができ、被災地の状況を迅速に俯瞰的に把握できる。

* 報道現場での利用についてのまとめ

- テラヘルツによる高速伝送が可能になれば、
災害報道などの速報性が飛躍的に向上する。
- 課 題：
 - ヘリ⇔地上間の送受信安定性の向上
(アンテナ防振など)
 - 送信機器の小型化・低消費電力化
 - 受信基地の低価格化・多数整備
 - 地上高速LANの整備