

(第40回未来医学研究会大会<特集II>)フロンティア
ナー報告
インテルテクノロジーがもたらす次世代医療技術革新

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-05-16 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 吉光, 喜太郎 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.20780/00031871

フロントランナー報告

インテルテクノロジーがもたらす 次世代医療技術革新



吉光 喜太郎
Kitaro YOSHIMITSU

1. はじめに

2018年に突入した時代を生きる我々は目下 Internet of Things (IoT)、Artificial Intelligence (AI) といった言葉を日常的に耳にする時代の真っ只中にいる。時代の流れの中でIoT、AIといった言葉はコンセプトとして実際の世の中での実現に先行して発信されてきたものの、これらの言葉を使用する技術者達の頭の中ではすでに言葉より前に実現されており、今このタイミングにおいては徐々にこれらがモダリティやソリューションという実態として一般の人たちの目にも多く映るようになってきた。このデジタルデータにあふれた世の中は、当初技術者たちがイメージしていた世の中の形態に変貌を遂げつつある。医療の分野においてももれなくデジタル化は加速し、再生医療、AI画像診断、ロボット手術、スマート治療室は誰もが一度は耳にする時代になり、医療現場においては時代の最先端技術を取り入れながら最新のアップデートを続けることが人類の健康寿命に大きく貢献している。最新の医療は先端技術、科学的根拠に基づいたリサーチを背景に研究開発

されるものである。そのため、医療スタッフが確信の元に信頼性の高い医療が提供できる施設は、安心かつ高品質治療を望み求める患者にとっても魅力的である。本稿では筆者がIntel Corporationと共同で取り組んだ医療ソリューションの開発に関し、2例の実例を述べる。

2. 外科手術における 高精度意思決定を支援する ジェスチャーインタフェースの 開発と臨床応用

2-1. 外科手術における手術中意思決定の背景

執刀外科医は手術中の重要な局面で、正確な判断をして手術手技を進めるために、重要なキーとなる医用画像を参照して意思決定を行う。一昔前まで手術スタッフはこれらの医用画像をフィルムとして手術室内に設置されたシャカステンに掲げたり、予め手術前に検討し印刷された紙を術野から見やすい場所に掲示するなどして手術中に参照していた。近年これらの医用画像、特に従来のフィルム画像はデジタル化され、医用情報サーバー端末PACS (Picture Archiving and Communication

System)や電子カルテに電子データとして格納されており、閲覧の際には画像表示用端末のディスプレイに表示される。画像閲覧時に執刀医は術野を離れてディスプレイに向かうため、外科手技を一旦停止し、術野を離れてディスプレイ前に足を運ぶことで手技リズムが乱れてしまうことのストレスが常に付きまとう。更に執刀医は滅菌手袋を着用するため、画像表示用端末のキーボードやマウスを直接操作できず、外回りの手術スタッフに口頭指示で画像操作を依頼する。ここでは口頭指示によるミスコミュニケーションの発生が少なくはなく、執刀医と手術スタッフの双方にストレスである。この問題は多くの医療機関で抱えている共通の課題であり、執刀医が術野や患者近傍にいながらにして意のままに非接触、かつ執刀医自身が画像を操作できるソリューションの開発は多くの外科医が求めていた。東京女子医科大学先端工学外科学分野では外科手術中に参照する医用画像操作時の課題を解決すべく、ジェスチャーインタフェースを提案し、その機能試作開発を2010年2月より世界に先駆けて着手した。ジェスチャーインタフェースの最大のメリットは、執刀医が術野を離れることなく自身の手振り動作で、医用画像を意図するままに操作できることである。これにより一刻を争う臨床現場における迅速意思決定を可能とするだけでなく、画像閲覧時に清潔野を離れることで懸念される不潔物との接触による感染リスクを回避し、清潔維持を実現するソリューションとして有用であると考えられる。次項以降2010年から2017年までに我々が研究・開発を行い、2018年現在臨床現場で役立っている医用画像閲覧用ジェスチャーインタフェースについて開発経験を元に論述する。

2-2. ジェスチャーインタフェース

プロトタイプの開発

ジェスチャーインタフェースが過酷な臨床環境で使用され得るほどにその環境での信頼性を勝ち取ったのが、Kinectセンサ(Microsoft Corporation, WA, USA)の登場である。日本国内では2010年11月に発売が開始されたKinectセンサは小型深度センシング技術と、画像処理技術を駆使し、操作対象者をシルエット形状で認識する仕様を有した画期的なモーションセンサであった。Kinectセンサの一番の特徴は、深度センサを用いることで操作者の身体をスケルトン認識、またはシルエットとして捕捉し、操作者の動作を“直接的”に認識できることである。従来技術において操作者の動作認識技術は、操作者の体に特徴のある柄もしくは目立つ色のついたマーカを貼りつけ、ステレオカメラと動作解析ソフトを組合せた高価なシステムを用いて、それら対象となるマーカの三次元位置を測定し、マーカ同士の相対的位置関係が予めコンピュータにインプットしている型条件に当てはまるか否かを判断することで“間接的”に動作を同定していた。Kinectセンサはこのマーカを介した間接的動作同定方法とは大きく異なり、マーカレスで動作認識を行える点で大きく異なっている。このKinectセンサを用いて開発したジェスチャーインタフェース搭載の医用画像閲覧システムは2011年5月に東京女子医科大学インテリジェント手術室にて脳外科手術に実装され、悪性脳腫瘍摘出術の外科操作意思決定のための画像参照に用いられた。本インタフェースは以後多くの臨床使用を経験し以下の重点的な改良を加え開発が進められた。1) 執刀医が手術中に術野から両手離して画像操作することは非現実的であるため、左右どちらか片手で操作できる仕様にする。2) 慌ただしい状況で使用することが想定されることから、操作者がKinectセンサに認識さ

れているか否か一目で把握できるGUIにすること。3) 高度な設定機能や複雑な操作系を持たせず、可能な限り単純明快で使用が容易なソフトウェア構成にすること。以上のような臨床現場からのフィードバックを即座に反映し、検証を進める作業を頻繁に繰り返しながら開発が進められた。ジェスチャーインタフェースを使用する執刀医は工学技術を把握する一方、開発を進める工学系研究者は医師や手術スタッフと長い時間を共有し、手術現場にて多くの知見を得ることで医療現場に適した機器、理想とされる機器やインタフェースの仕様を幅広く認知している。このような開発スタッフにより生み出されたジェスチャーインタフェースは、工学を理解した医師と医療を理解した工学技術者による粘り強いニーズ・シーズマッチングにより、最適な操作性・機能性を見出し製品化へ結び付けた医工学ソリューションソフトウェアであり2012年10月「Opect」として正式に製品化リリースされた。

2-3. Opectの臨床経験から見えてきた課題

Opectの導入により、滅菌手袋を着用した執刀医は画像表示用端末のマウスやキーボードなどを操作することなく直感的な手振り動作で術野にしながら自らの意志で画像を操作し情報参照、手術戦略立案ができる。Opectは脳神経外科や呼吸器外科などの手術において国内外で260症例を超える使用実績を経験し、手術進行の迅速化、手術効率・手術品質の大幅な向上に貢献してきた。脳神経外科では術中MRIと術中病理画像、呼吸器外科では術前の胸部CT画像と事前に三次元ボリュームレンダリングされた画像を特定の角度から観察できる画像の一部を表示させている。使用した医師からは「清潔のまま操作できるのは大変便利で、画像の確認にストレスを感じなくなった」、「血管の通り方を術野ですぐに画像を確

認できるので、迷うことなく自信を持って手技が進められる。」と言った評価を得ており、執刀医が手術中に清潔のまま自ら必要な情報へ“直感的”にアクセスできることを確認した。

一方、ジェスチャーインタフェースが抱える解決すべき問題点も明らかになった。問題点1)：Opectは医用画像サーバから独立したシステムであるため、手術中に閲覧すべき画像を事前にOpect内に取り込んでおく必要がある。この手間がOpectの使用を躊躇する原因の1つであった。問題点2)：執刀外科医は自身が慣れ親しんだビューア、通常施工する画像処理手法にて表現された画像を操作したいという要望が多かった。問題点3) Kinectセンサはあまり近づきすぎるとセンサが反応せず、大画面の前で操作したい時などは取って距離をとって操作しなければならず、大画面で参照することの利点を活かすことができない。Kinectセンサは医療以外にも多くのニーズに対しマーケットを拡大し、その利点を活かした幅広い普及を実現したが、2017年10月生産終了が発表され1つの時代に終止符を打った。

2-4. ジェスチャーインタフェースの

PACSビューアへの展開

冒頭にも述べた通り、デジタル技術の爆発的な拡大により医用画像は現在多くの医療機関で画像所見にフィルムとして使用されることなく、院内PACSに格納された患者個々のデジタル画像として扱われている。これらのデジタル医用画像は病棟、外来、手術室に設置された画像表示端末に接続されたディスプレイに表示することで医療スタッフは院内の多数の場所で画像を自由に参照できる。2014年、既に製品市販化されている医療画像表示端末であるPACSビューアを対象に非接触で画像を操作できる試みを実装することを目的とし、Opectで作成したジェスチャーアルゴリズム

ムの移植実装を試みた。我々は東京女子医科大学に導入されているPACSビューア(Shade Quest, 横河医療ソリューションズ株式会社製)に対し非接触ジェスチャーインタフェースの実装を試みた。実装にあたり、センシングデバイスをKinectセンサからRealSense(SR300, Intel Corporation, CA, USA)に変更した。インテルが提供するRealSense用SDKは操作者の動作認識精度が高く、Kinectセンサが操作者の身体全体をキャプチャするのにに対し、操作者の手の動作のみを認識することに特化していることから手術内でのシステム操作使用に最適である。認識エリアはRealSenseから0.2~1.0 mが高精度な動作捕捉が可能な理想的動作領域として定義されており、執刀医が大画面を前にして画像操作できるためKinectセンサ使用時に課題として挙げられた項目を克服できる。PACSビューアには術前の高精細画像や手術プランニング画像が提示され、手術中には開頭手技開始前に的確な術野を確保するための開頭デザイン、アプローチ角度を決定する際や、摘出手技直前の摘出工程計画の再確認に使用されることが多い。このPACSビューアにおいて有効な動作は、DICOM画像シリーズを上下に送るスクロール、またはサムネイル一覧を参照するための①時計回り動作②反時計回り動作、画面内の操作したいDICOM画像シリーズを選択する③クリック動作、画面表示を初期レイアウトに戻すための④上方向のスワイプ動作、操作中の画像をフルスクリーン表示するために拡大／縮小するために⑤手を前方に押し出す動作、DICOM画像シリーズを選択し、表示領域に引っ張ってくるための⑥ドラッグ・アンド・ドロップ操作である。執刀脳外科医は閲覧するタイミングで、ビューア画面に対し小さく手振り動作することで、画像を意図のままに操作することが可能である。小さな手振り動作で画像操作が可能のため、不潔物との接

触による感染リスクも回避でき清潔維持しながらの最適な意思決定が実現される。本ジェスチャーインタフェースを製品販売されているPACSビューアに実装したことで、Opect運用時に課題とされていた院内画像サーバとの連携や、医師が普段から使い慣れているシステムへの対応が実現され、将来的には他社端末に対応することで普及拡大が期待できる。本インタフェースの定量的評価として、本システムを使用した4名の医師により術中の使用の後ユーザエクスペリエンスを評価した。評価項目はNatural User Interface (NUI)の概念に基づき、システムの操作性、画像表示系、効率性、将来性、動作種の各項目について5段階評価で実施した(5が最良)。評価結果は操作性 4.67 ± 0.58 、表示系 4.67 ± 0.58 、効率性 4.67 ± 0.58 、将来性5.00、動作種 4.0 ± 1.0 であった。動作種が直感的で単純であったことから、操作に慣れるための時間を必要としないほどスムーズに操作できる医師もいた。

2-5. ジェスチャーインタフェースの今後

2011年のKinectセンサの登場は、従来絶対的に必要不可欠とされていたモーション検出のためのマーカの使用を駆逐するものであり、加えて誰でも安価に入手可能であったことから、動作解析研究分野にある種の革命をもたらしたとも言え、当該技術分野の研究・開発が加速的に進みきっかけにもなった。とりわけを接触が望ましくない環境における使用の有効性は大きく、リハビリテーションの分野や、手術室においてもその実装における操作性、有用性が従来手術室で考えられていたインタフェースの概念を大きく変えるものであった。Kinectセンサの後を追うように発表されたRealSenseは更に手のみの認識というところに特化した特徴を有し、製造、セキュリティ分野に加えて医用応用という形で社会貢献したことで、

次世代医療の創造に更なる可能性を提示することができたと考える。ジェスチャーインタフェースの手術室における親和性は今後も有用であると考えており、今後技術の進歩に伴って提案されてくるであろう新たな機器や治療法の中に当然のごとく組み込まれる機能として発展していくと考えている。

3. 手術状況を迅速に遠隔共有する手術映像情報統合・配信ソリューションの開発

3-1. 外科手術における情報の多次元化の背景

冒頭にも述べた通り、近年の外科手術は手術情報のデジタル化に伴い、異種多種情報を多次的に組合せ術中外科操作の意思決定をしている。執刀外科医や手術スタッフにはこれらの情報を限られた時間で迅速、かつ的確に処理判断することが求められるが、情報は手術室内外に映像、画像、または文字で表現されており、スムーズな処理は時として時間を要するため手術リズムを乱す。東京女子医科大学インテリジェント手術室では2000年代初頭より、手術室における映像情報を集約して手術室内に設置された大画面に表示するだけでなく、ベテラン医師の居室に院内ネットワークを介して転送する「戦略デスク」を構築し、ベテラン医師によるクロスチェックを行うことで手術中のリスクマネジメント、ディスカッションによる意思決定アドバイスに役立てている。この戦略デスクはさながら新幹線の管制システムやF1レースにおけるバトルステーションのように現場の情報を一括管理することであらゆる事象に素早く対応できる体制が整えられている。この戦略デスクでは機器を構成する映像配信用のネットワークビデオエンコーダ等の機材が高価であるこ

とや、ネットワーク帯域の圧迫が、優れたコンセプトを有するソリューションであるにも関わらず幅広い普及拡大の妨げとして課題とされていた。4K画質の映像インフラの普及に伴い映像の高画質化が進むに連れ、高性能なネットワーク回線が求められるが、現実的に構築の費用や維持費は導入拡大の妨げになりうる。

3-2. ビデオ会議システムとしての

映像統合配信システム

上記課題を解決するため、我々はUNITE (Intel Corporation, CA, USA) を用いた手術映像統合配信システムを提案し、その機能試作機を開発した。本試作機はデジタル/アナログ映像を統合処理可能であり、コネクタ形状はHDMI、SDI、DVI、BNC、およびコンポジットに対応している。各種映像は手術室に設置されたクライアントコンピュータにコンバータを介しUSBポート経由で取り込まれる。試作機ではMRI装置のディスプレイ画面(DVI)、PACSビューア(HDMI)、ネットワークカメラ2台(インターネットブラウザ経由で読み込み)、手術顕微鏡画面(SDI)、手術ナビゲーション画面(SDI)、覚醒下手術時画像統合装置画面(BNC)の計7種の映像を2画面に分け、それぞれ4つと3つに分割した表示をした。映像伝送先の医局にはハブコンピュータが設置され、クライアントコンピュータ側からPINコードを入力することで、ハブコンピュータへ接続され映像伝送が開始される。本試作機の基本的なシステム評価として、東京女子医科大学インテリジェント手術室において、本試作機を使用して映像伝送した場合の手術室-医局間におけるネットワーク上のトラフィック状況を計測し、従来の戦略デスクを使用していたときのトラフィック量と比較した。その結果本試作機は従来型の戦略デスクと比べてトラフィックが約1/4に低減していることがわかった。

4. おわりに

本稿ではインテルテクノロジーを例に我々が開発に取り組んだ医療ソリューション開発の実例を共有した。冒頭にも述べた通り、デジタル技術は加速的に進化を遂げており、今後我々が従来想像もしえなかった技術が世の中を変えていくことは想像に難くない。医療分野においてもそれは同様であり、新たな治療法、新たな薬が不治の病を克服していくことであろう。未来医学研究会員である我々は情報にあふれる時代に生きる人間として、科学的根拠に基づいた真実に基づき未来へつなげる医療を創造していくべきと考える。

謝辞

本稿を掲載するにあたり、当該研究・開発活動を大いにご指導いただいた東京女子医科大学、伊関洋先生、村垣善浩先生、正宗賢先生をはじめとする先端工学外科学分野の先生方、丸山隆志先生をはじめとする脳神経外科の先生方、Jennifer M.Esposito氏、清水由香氏をはじめとするIntel Corporationの皆様、田中敏朗氏、佐藤紳一郎氏をはじめとする横河医療ソリューションズ株式会社の皆様に深く感謝申し上げます。

略 歴

- | | |
|--------|---|
| 2009年 | 東京電機大学大学院先端科学技術研究科修了
博士(工学) |
| 2009年 | 東京女子医科大学先端生命医科学研究所
先端工学外科学分野博士研究員 |
| 2010年 | 同 特任助教 |
| 2012年 | ハーバード大学医学部/
ブリガムアンドウィメンズ病院放射線科 特任研究員 |
| 2014年 | 東京女子医科大学 博士(医学)取得 |
| 2015年～ | 東京慈恵会医科大学 先端医療情報技術研究講座
訪問研究員 |
| 2017年～ | 早稲田大学大学院 先進理工学研究科 非常勤講師 |
| 2017年～ | 株式会社日立製作所ヘルスケアビジネスユニット
外科治療ソリューション本部主任技師 |
| 2017年～ | 東京女子医科大学 先端生命医科学研究所
非常勤講師 |
| 2017年～ | 福島県立医科大学 医学部 非常勤講師 |