

3次元映像技術の医療機器応用

Application of 3-Dimensional Dome-Shaped Display for Medical Use

宮部 二郎* 溝尾 嘉章*
Jiro Miyabe Yoshiaki Mizoh

医療機器に3次元映像を用いることによる手術現場や医療教育現場の課題とそのソリューションについて解説し、3Dドームモニタの臨床研究の現状を報告する。特に、腹腔鏡下手術における3次元映像の提示に3Dドームモニタを用いることで、内視鏡手術の適用範囲を広げ、長時間見ても不快感が無いことにより、より低侵襲（ていしんしゅう）で安全な手術、かつ医療従事者に負荷が少ない機器の提供が可能であることを示した。

We explain the problem and the solution for operation sites and medical treatment education sites with medical equipment that use 3-dimensional images. We also report on the current state of clinical research using 3-dimensional dome monitors. In particular, laparoscopic surgery using 3-dimensional dome-shaped display systems expands the coverage of the laparoscopic procedure and there is no unpleasantness even if the doctor uses a 3-dimensional dome monitor for a long time. So it is useful for safer and more minimally invasive surgery. These results show us the possibility that medical equipment with low loads can be offered.

1. 内視鏡手術用3Dシステムの課題

医療現場における3次元映像（3D）の有効な利用方法としては、CT（Computed Tomography）やMRI（Magnetic Resonance Imaging）画像の立体視を用いた手術前検討や3次元立体内視鏡による手術があり、3次元映像を用いた医療従事者への教育の必要性も言われている。

特に内視鏡手術での縫合動作などにおいて2次元画面による操作の困難さが、術中の安全性の確保、手術時間の増大、内視鏡専門医の養成の困難さにつながり課題となっている。以前から3次元映像内視鏡はたびたび提案されてきたが^{1), 2), 3)}、3次元映像による有効性はあるものの、手術者の不快感、船酔いを引き起こす2～10時間以上に渡る長時間の手術に耐えうる3次元映像表示システムが無かった。

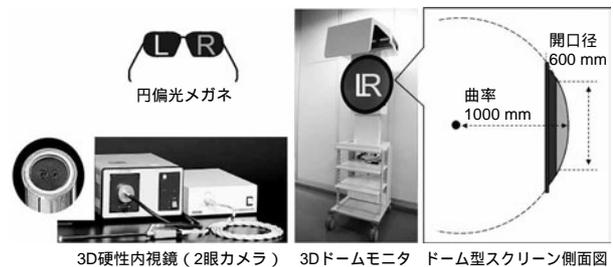
3次元映像をコンソール形式で観る映像が有用であるとの評価を得て米国を中心に普及してきた手術ロボットもある⁴⁾が、3次元映像を観ることができるのは術者に限られており、従来と同様なスタイルで手術スタッフ全員が同一画面を共有しながら手術を行うことができない。また、一台数億円と高価で、より安価なシステムが求められている。

2. 3Dドームモニタの開発と臨床研究

今回、ドーム型スクリーン「CyberDome」を用いた3Dドームモニタを開発し、手術現場での有用性について臨床研究を行った。

2.1 システム構成

第1図に示すように、硬性内視鏡には市販の認可済み3次元内視鏡装置を用い、3Dドームモニタにて映像を提示した。3Dドームモニタには開口径600 mmのドーム型スクリーンを用い、手術場照明や他モニタからのフリッカを低減するため、左右独立の円偏光成分をもつ映像を重ね合わせる。



第1図 3D内視鏡システム構成

Fig. 1 3-dimensional laparoscopic camera and 3-dimensional dome shaped display

輻輳角と焦点距離の差による術者の違和感を無くすため、曲率は手術台を挟んで術者の反対面にモニタを置いたときに術者の視点から画面上での輻輳角が一定になるよう1000 mmとした。2台のプロジェクタから左右の映像を左右の円偏光フィルターを通して投射し、その反射像を円偏光メガネで観ることにより、立体映像を観察することができる^{5), 6)}。

長時間の手術における拘束感、重量感を低減し、術中の電池交換の危険を回避するため、重量が約20 gの円偏光フィルターを用いた円偏光メガネを使用した。円偏光メガネは、電池が不要で清掃しやすく、半永久的に用いることができる。

この構成により、本立体映像提示システムは、

* パナソニック ヘルスケア（株）
Panasonic Healthcare Co., Ltd.

絵が自然で、輻輳誤差が少ない
 左右同時に映像信号を観ることでフリッカが無い
 3次元映像の上下左右の視野角が広く、横から観る助手や背の高低にかかわらず、3次元映像を感知可能
 メガネが軽く、電池交換不要で違和感が無い
 という特長をもち、長時間の手術に耐えうるシステムとなりうる。

2.2 臨床研究と結果

〔1〕臨床研究プロトコル概略

電氣的機械的安全性の確認、動物実験などの後、臨床研究倫理委員会の承認後、患者のインフォームドコンセントを得た上で、実際の手術現場における臨床研究を行った。臨床研究の安全性を担保するため手術室のメインモニタは変更せず、3Dドームモニタはサブモニタとして手術室へ導入した。3Dドームモニタを用いた臨床研究の例を、第2図、第3図、第4図に示す⁷⁾。中央の円形モニタがサブモニタとして用いている3Dドームモニタで、左がメインモニタ、手前が術者、助手、カメラを持つスコوبا、器械出し看護師である。第4図に示すように全員が円偏光メガネを装着しており、術中での円偏光メガネの取り外しやかけ直しは外回り看護師が対応する。本立体映像提示システムにより手術スタッフ全員で立体視の共有が可能であった。

〔2〕臨床研究の結果

胃全摘術や前立腺全摘術などの約40症例の臨床研究^{8), 9), 10)}を行い、全例無事手術を終えているが、手術の術式によって、医師の指示に基づき全時間で3D手術を行う場合と、縫合などの立体視が必要なシーンでのみ用いる場合があった。診療科や術式によって、3D手術の有用性は異なった。

消化器外科における胆嚢（たんのう）摘出術や胃全摘術などにおいては、確実な奥行き感を提供し、実質臓器表面の凹凸から病変同定に有効なこと、煩雑な縫合で糸のコントロールが容易、針の向き、運針点の推測が容易なことがあった。3次元映像による疲労感は、許容範囲であるという評価も得られた。これにより、臨床現場から早急な導入を図りたいという評価が得られている^{9), 10)}。

泌尿器科における前立腺全摘術などでは、出血量の低減や手術時間の短縮についての可能性が示唆された⁸⁾。

これらのうち15症例では、手術の全時間において術者・助手が円偏光メガネを着用し、3Dドームモニタを主に手術を行った。これらの最短3時間から最長8時間の手術においても、不快感や疲労感の増加の報告は無かった。

一方で、課題は色表現、精細度の不十分さで、特に腹部外科においては、術野の3D感覚よりも臓器間の微細な

構造や色変化が優先され、全手術時間をこの3Dモニタで行うことが困難な術式もあることがわかった。

〔3〕考察

当初、初心者に向いていると思われていた3Dドームモニタによる3次元映像手術は、内視鏡下手術になれた術者ほどストレスが軽減し、経験の少ない外科医の支援だけでなく、経験豊富な外科医が高度な手術を行う際により有効であることがわかった^{9), 10)}。

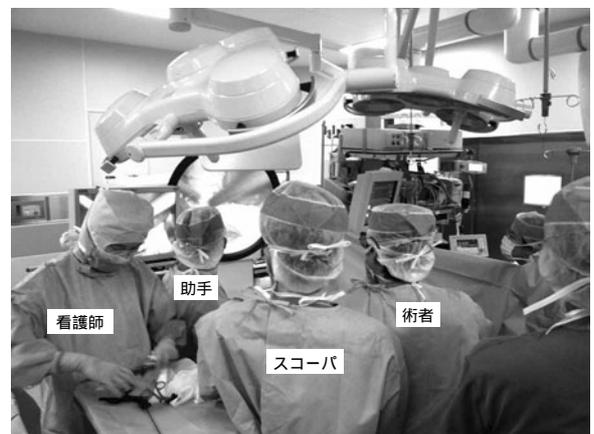
3. 3Dドームモニタの展開可能性

本技術で用いた3Dドームモニタは、第4図に示すように従来と同様なスタイルで内視鏡手術を行うことが可能で、専門医や専門スタッフを養成する必要はない。さらに内視鏡手術のみでなく、脳外科、眼科、耳鼻咽喉科などの手術顕微鏡下での手術や眼底カメラ撮影、開腹・開頭・



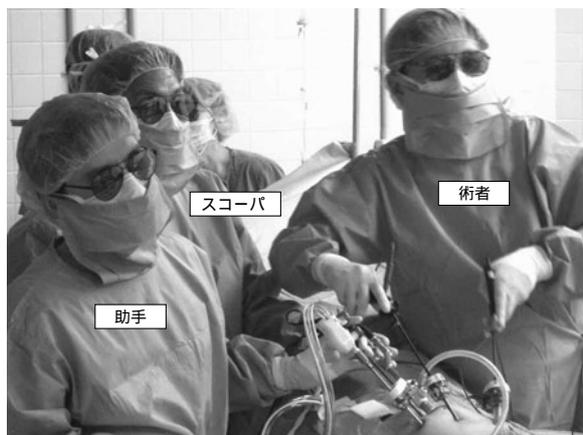
第2図 臨床研究の例 1

Fig. 2 Example 1 of clinical research



第3図 臨床研究の例 2

Fig. 3 Example 2 of clinical research



第4図 臨床研究の例3

Fig. 4 Example 3 of clinical research

開口手術などにおいても、3D映像を術者以外の周囲に共有することが可能で、研修医などへの技術伝承に高い教育効果を得ることができる。また術前シミュレーションにおけるCTやMRIなどのモダリティ映像との連携、さらに教育用シミュレータへの応用が期待される。

4. 動向と展望

本3Dドームモニタはスタンダード画質専用だが、臨床現場からは高画質化を望む声が多く、ハイビジョン化される3次元内視鏡カメラに早急に対応する必要がある。

また、3次元内視鏡システムを用いた手術は、今後、低侵襲で安全かつ術者に負担が少ない手術に不可欠な手法として普及展開していくと思われる。

本研究を進めるに当たり、多大なご支援をいただいた九州大学大学院医学研究院 橋爪誠教授、西宮市立中央病院泌尿器科 瀧内秀和部長 はじめ関係各位に感謝いたします。

参考文献

- 1) 秋元成太：泌尿器内視鏡（医学書院）p.24 (1996).
- 2) オリンパス（株）：手術者の眼精疲労の低減に向けて、「高精細3D観察システム」を開発
<http://www.olympus.co.jp/jp/news/2004b/nr0411263dsysj.cfm>
(参照2010.12.5).
- 3) 福与恒男：3次元腹腔鏡の開発（硬性内視鏡），医機学，No.11, pp.749-753 (2005).
- 4) 橋爪誠：医療とロボット技術 都市問題研究 8月号, 61-8, pp.20-32 (2009).
- 5) 山本厚行 他：ドーム型スクリーンを用いた内視鏡外科手術向け立体映像提示システムの開発と評価 日本バーチャルリアリティ学会第13回大会論文集, p.325 (2008).
- 6) 澤田一哉：ドーム型高臨場感立体映像提示システム 映像情報メディア学会誌, pp.1731-1734 (2009).
- 7) 大内田研宙 他：ハイビジョン対応新規腹腔鏡用ドーム型立体映像提示システムの開発 日本内視鏡外科学会雑誌, No.7, p.311 (2009).
- 8) 瀧内秀和 他：腹腔鏡下根治的前立腺全摘術における3次元立体内視鏡の有用性 第98回日本泌尿器科学会総会, p.143 (2010).
- 9) 鬼丸学 他：ドーム型立体内視鏡映像提示システム（3DD）の有用性の検討～臨床症例15例の使用経験～ 平成21年度日本生体医工学会九州支部学術講演会 (2010).
- 10) 大内田研宙 他：ドーム型立体内視鏡映像提示システムの臨床症例における有用性の検討 第65回日本消化器外科学会総会ワークショップ10, 内視鏡外科手術における最新の話題 (2010).