

医学領域におけるハイビジョンの可能性

—脳神経外科顕微鏡下手術への導入から
世界初の立体撮影について—

奥寺 敬¹⁾ 竹前紀樹¹⁾ 京島和彦¹⁾
宜保浩彦¹⁾ 小林茂昭¹⁾ 金丸 敬²⁾
杉田虔一郎³⁾

- 1) 信州大学医学部脳神経外科学教室
- 2) 信州大学医学部附属病院中央手術部
- 3) 名古屋大学医学部脳神経外科学教室

Application of High-definition Television (Hi-vision) in Microneurosurgery with Stereoscopic Projection System

Hiroshi OKUDERA¹⁾, Toshiki TAKEMAE¹⁾, Kazuhiko KYOSHIMA¹⁾
Hirohiko GIBO¹⁾, Shigeaki KOBAYASHI¹⁾, Kei KANEMARU²⁾ and
Kenichiro SUGITA³⁾

- 1) *Department of Neurosurgery, Shinshu University School of Medicine*
- 2) *Department of Operating Room, Shinshu University Hospital*
- 3) *Department of Neurosurgery, Nagoya University School of Medicine*

High-definition television (HDTV) is a developing technology that will become widely available within a few years. It has excellent image quality and may be useful for recording medical data such as radiological images and operations, and especially for recording neurosurgical operations under the microscope.

The first recording with a standard operating microscope was performed at Shinshu University Hospital on December 14, 1987. HDTV provided bright, high-resolution images on the monitor display and on a screen using a projector.

Next, we attached two HDTV cameras to the output of the beam splitter of the operating microscope. The images from each HDTV camera were recorded separately on two HDTV recorders. We designed a stereoscopic projection method using a HDTV projector with 6 phototubes consisting of two sets of red-, green- and blue-phototubes. Two images from the output of the microscope are projected onto one screen with each deflecting filter. An observer can watch the screen stereoscopically using exclusively designed glasses with two deflecting filters.

The perspective obtained with stereoscopic HDTV projection is dramatic and realistic. No deterioration of the color tone and brightness was encountered by using deflecting filters.

The recorded HDTV images were converted to photographs by a digital image processing system. The quality of the converted photographs was equal to ordinary 35mm film. *Shinshu Med. J.*, 39 : 225—232, 1991

(Received for publication October 5, 1990)

Key words : high-definition TV, neurosurgery, microsurgery, three-dimensional image, medicine
ハイビジョン, 脳神経外科, 微小外科, 3次元映像, 医学

I はじめに

ハイビジョンは、現行のカラーテレビジョンシステムに次ぐ次世代テレビ技術を目指し、昭和45年より日本放送協会（以下NHK）技術陣を中心に開発がすすめられ、今や通産・郵政両省の主導による国家的プロジェクトとして実用段階に入りつつある新方式の高品位テレビジョンである。1,125本の走査線からなる9:16の縦横比の高画質映像を提供するハイビジョンは、従来のテレビのもつ性能に加え電子映像によるニューメディアとして様々な可能性を持ち、産業・文化・学術など多方面での応用が検討されている。われわれは、このハイビジョンの学術・教育分野での応用の可能性を検討するために、ハイビジョンを医療分野で初めて使用する機会を得たので、その詳細および結果、さらに今後の可能性につき報告する。

II 対象と方法

信州大学医学部附属病院で行われる脳神経外科手術のうちで、特に微小かつ高度な手術手技を要する巨大

脳動脈瘤2例（内頸動脈瘤および前大脳動脈瘤）および脳幹部病変3例（脳底動脈瘤・脳神経腫瘍・髄膜腫各1例）の計5症例の顕微鏡下手術をハイビジョンによる記録の対象とした。解像力については、ハイビジョン専用モニター画面による再生ならびにプロジェクターによる拡大投影を行い従来のNTSC（National Television Standard Committee）方式による映像と比較検討した。また、通常の録画方式の他に2台のハイビジョンVTRを用いて立体視用の双眼顕微鏡の左右の視野を別々に録画し、立体映像の映写を行った。

撮影は1987年12月14日と1989年2月6日～7日の3日間行われ、5症例の顕微鏡下手術をハイビジョンカメラに収めた。初回は、ハイビジョンカメラ1台を用いたが、2回目（1989年2月6日～7日）の撮影では、立体映像の記録・再生を行うために2台のハイビジョンカメラを用いた。

撮影に使用した手術用顕微鏡は、信州大学医学部附属病院中央手術部、脳神経外科手術室に設置してある双眼視手術用顕微鏡NAGASHIMA Type V（永島医科器械製）である。本顕微鏡は、天井懸垂式であり、

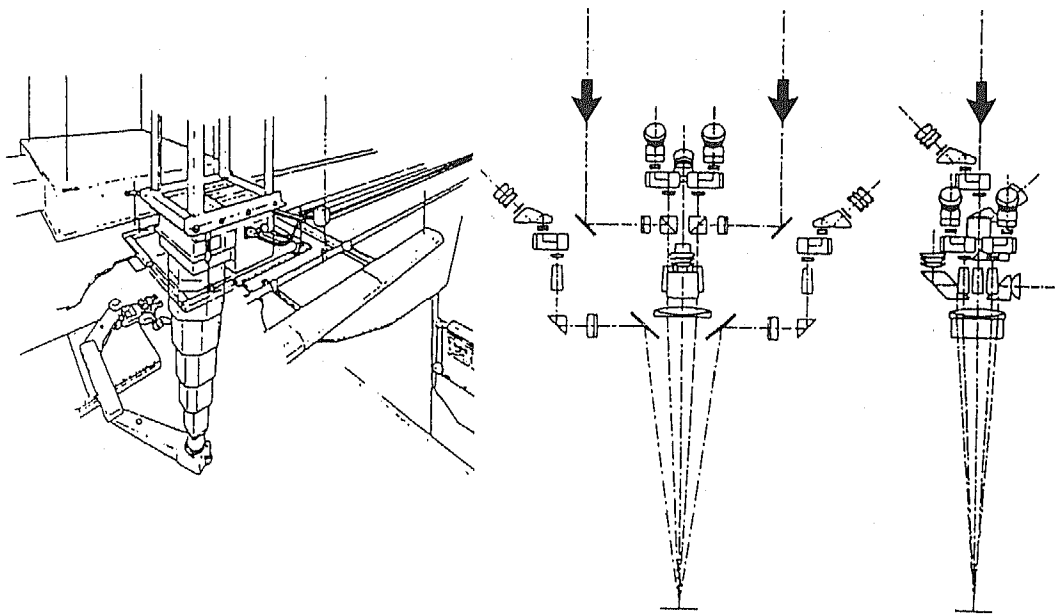


Fig. 1 Operating microscope (NAGASHIMA type V) and its optical structure. Black arrowhead indicates attachments for high-definition television (HDTV) camera.

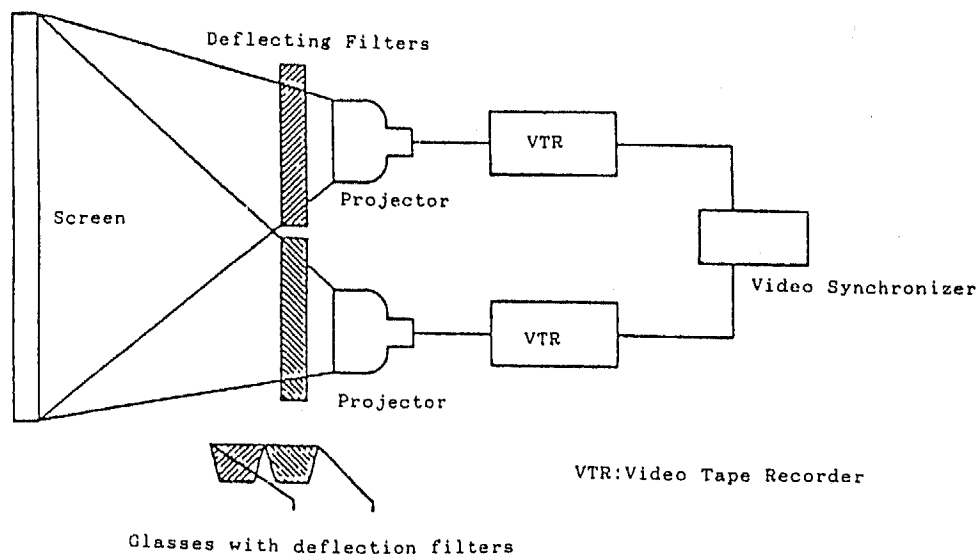


Fig. 2 System layout of original stereoscopic HDTV projection system

術者用の双眼の鏡筒のそれぞれに beam splitter をとりつけ左右両視野用の 2 台のビデオカメラが接続可能となっている²⁾ (Fig. 1)。われわれは、従来、本顕微鏡に通常の小型ビデオカメラをそれぞれ取り付け左右の視野を別々に中継しプリズム付きの立体視鏡で 2 台のモニター画面の立体視を行っていた³⁾。また記録は U-matic および S-VHS 規格 (いずれも NTSC 方式) VTR にそれぞれ別個に録画していた。今回は、この手術顕微鏡ビデオシステムのかわりにハイビジョンを導入し撮影ならびに録画を行った。

ハイビジョンカメラとしては、初回は NHK の試作型ハイビジョンカメラ (カメラとホルダーを含めて 20 kg) を用いたが、立体撮影の際には従来型より軽量となったハープ管付きハイビジョンカメラ (1 台の重量約 6.5 kg) を 2 台用いた。また、ハイビジョン用カメラを手術用顕微鏡に接続するために、高精度のハイビジョン接続リングを試作した。特に立体撮影の際には、ハイビジョンの高画質画面上で左右の光軸を一致させるためにさらに高精度の接続リングを試作した。

ハイビジョン映像の録画は、専用のハイビジョン用 VTR を用いた。立体撮影の際には、2 台用い左右視野を同時記録した。

拡大映写には、初回は通常のプロジェクターを用いたが、立体投影の際には、新たに偏光メガネを用い立体視するシステムを試作した。プロジェクターとして三洋電機製のハイビジョン用 6 管式プロジェクターを

用い、上の赤・緑・青 3 管で左視野映像を下の赤・緑・青 3 管で右視野映像を同一スクリーン上に投影し、投影の際、上下 3 管それぞれに直交する偏光フィルターを取り付け、同じ光軸の偏光メガネでこれを立体視する方法を用いた (Fig. 2)。

また、ハイビジョンのマルチメディアとしての特徴を応用し、凸版印刷(株)の協力により記録映像をデジタル変換印刷し、従来の 35mm フィルムによる写真との画質の比較を行った (Fig. 3, 4)。

III 結 果

初回の撮影の際には、ハイビジョンカメラの手術用顕微鏡への取付作業とカメラリハーサルを含めほぼ 1 日を要した。また、当初はハイビジョンカメラの重量が問題となった。われわれの手術用顕微鏡は天井懸垂式であり、垂直方向の落下を防ぐためにかなりの過負荷に耐えるように設計されているものの、ハイビジョンカメラの重量のため初回撮影終了時には、顕微鏡の駆動系の一部が故障したが、技術的に問題はなく撮影を行うことができた。

ハイビジョン専用モニターによる再生画像の画質は当初の予想を上回るもので、35mm の映画に匹敵するものであった。このため、従来の方式で不満の強かった解像力の問題はほぼ解消され臨床用に充分使用可能と思われた。また、初回撮影の翌日、当科医局で試写会を行ったところ、学内外から約 100 名の参加があり

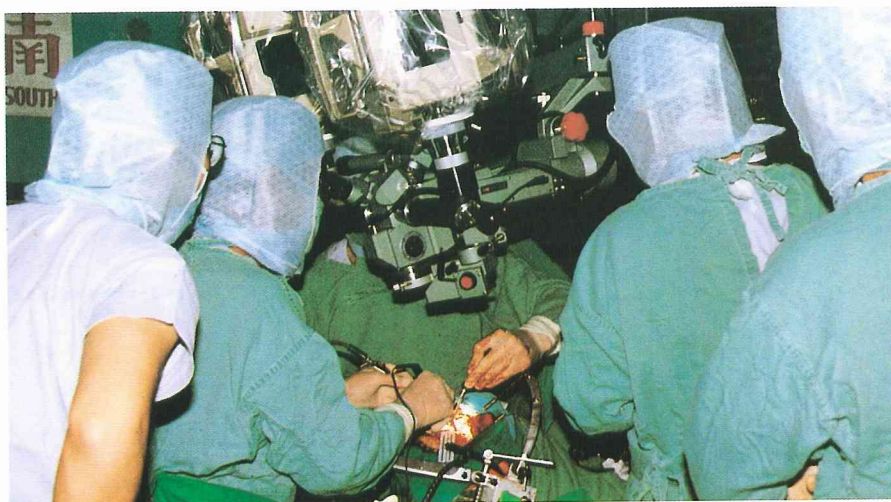


Fig. 3

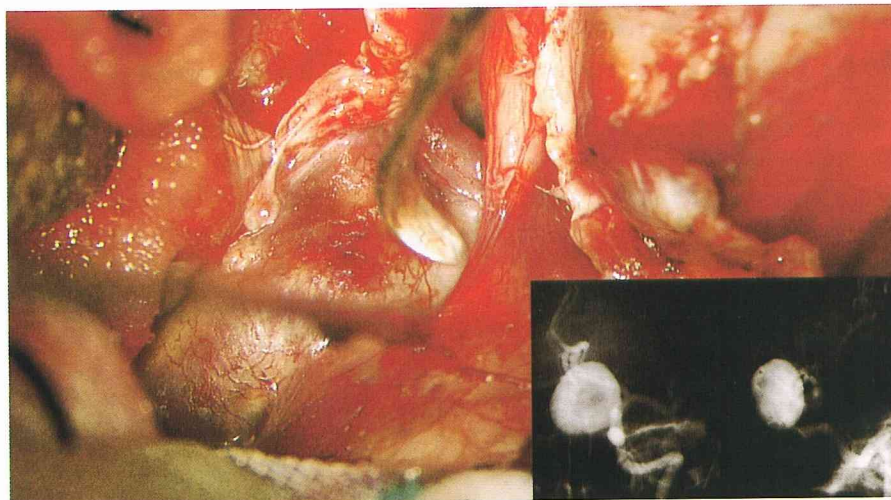


Fig. 4a

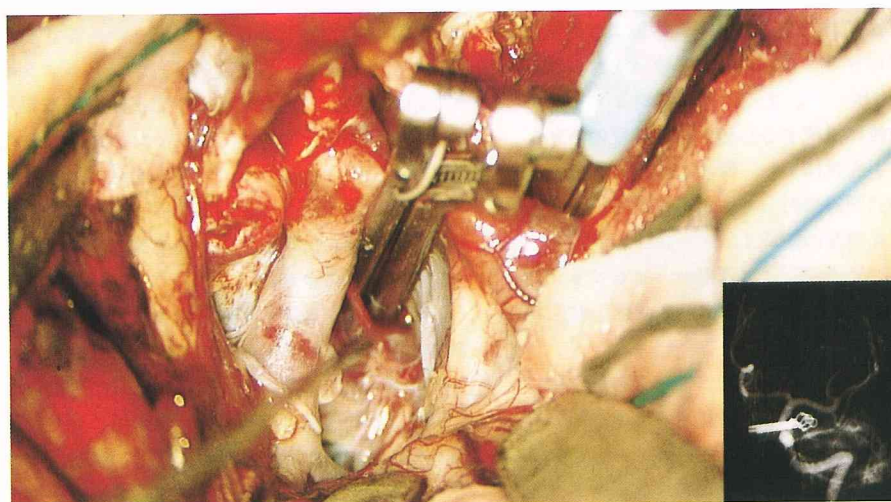


Fig. 4b

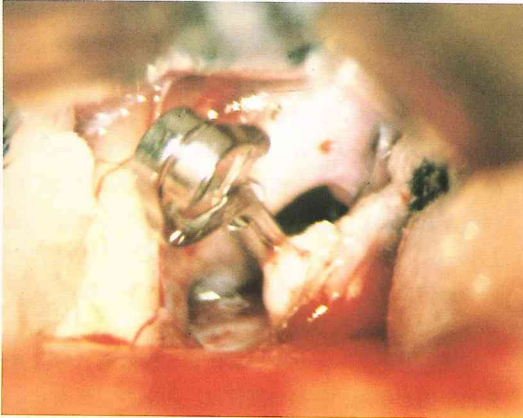


Fig. 5a

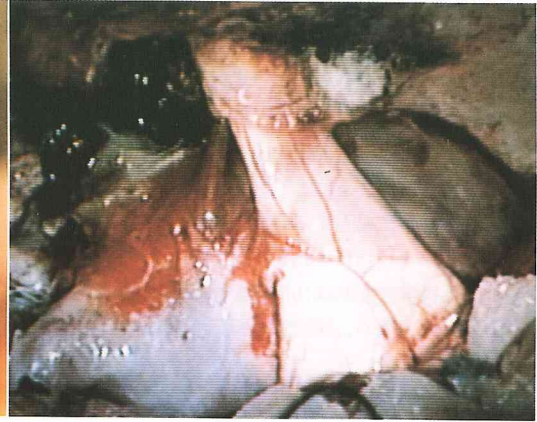


Fig. 5b

関係者のハイビジョン医学映像に対する高い関心を物語った。

プロジェクターによる映写は、初回撮影した2症例の手術を編集し、翌1988年3月24日～26日の第8回日本脳神経外科コンgresの会場（名古屋）で特設展示として行われた。ハイビジョンの高品位画質は、拡大投影にも耐えるものであり、35mm映画と同等の画質で顕微鏡下手術を拡大投影することができた。さらに1989年の第9回日本脳神経外科コンgres（福岡）では、ハイビジョン映像を35mmフィルムに変換し上映した。これらの学会での上映に際し学会に参加した全国の脳神経外科医に評価を依頼したが、従来のNTSC方式による画質より明らかに優れているとの意見が圧倒的であった。

また、それぞれの症例で術中の重要な場面を選択し、凸版印刷(株)により開発されたDigital image processing systemを用いてハイビジョン画像をデジタル変換し「絵はがき」としてdirect printingした。Fig. 3に手術室の全景を、Fig. 4に巨大脳動脈瘤症例のクリ

ッピング手術の術中所見を示す。これらは、いずれもハイビジョン映像からデジタル画像処理システムによりデータ変換され直接印刷されたものである。Fig. 4の写真の縦：横比は9：16で、これはハイビジョンの実際の画面の比率に等しい。ハイビジョン静止画のデジタル変換によるprint-outは、画質・解像力とも従来の35mmカラーフィルムとほぼ同等であり、臨床使用に耐えるものであることが判る。

ハイビジョン画像の立体映写は、2回目の撮影時に収録した症例を用いて1989年4月4日～7日にかけて名古屋市で開催された第2回国際脳動脈瘤ワークショップで行われた。ハイビジョンの特徴である鮮明な高画質は立体映写でも保たれており、6管プロジェクターを3管ずつに分割したことや偏光フィルターや偏光メガネによる画面の明るさの低下は問題とはならなかった。また、立体視そのものは、我々脳神経外科医が手術用顕微鏡による立体視に慣れているためか、自然でまったく抵抗のないものであった。ただし、顕微鏡による手術映像の立体投影は、従来の肉眼立体視の術野

Fig. 3 A photograph converted from recorded HDTV images. HDTV recording of microneurosurgery in Shinshu University Hospital.

Fig. 4 Photographs converted from HDTV images under operative microscope. A case with huge cerebral aneurysm at anterior communication artery. Dissection of aneurysm with meticulous attention (a) and succesful clipping preserving parent artery using double clip method (b).

Fig. 5 Conventional photographs of microneurosurgery using 35 mm color films. A picture by a still camera mounted on microscope (a) and a shot of NTSC TV monitor (b). Note the difference of image quality between conventional method and HDTV (Fig. 4).

とくらべアイピースによる視野の制限がなく視野を広く感じるため、長時間観察するとやや疲労すること、また低倍率の広い視野の際には奥行き方向の立体感が実際より強調された。しかし、この問題は実際の眼球間距離より投影の左右視野中心の距離が遠いために立体感が強調されたことによるもので、ハイビジョンシステムそのものに起因するものではないと考えられた。また、1989年4月13日～15日にかけて松本市で、信州大学脳神経外科学教室開講10周年記念行事としてハイビジョンの立体画像の公開映写を行い多数の市民に脳神経外科手術を供覧した。

IV 考 察

頭蓋内病変に対する開頭術は、正常な脳組織の最大限の保護を行うことを前提とする。このため、開頭の部位や範囲には制約があり、通常の脳神経外科手術は、頭蓋骨に最大で直径10cm程度の骨窓をあけ、硬膜を切開し脳組織を脳溝や脳裂にそって剝離し病変に到達し、この円錐型の術野の最深部で手術操作を行う。したがって、脳神経外科手術は、その創世期より拡大鏡、眼鏡型ルーベなどを用いた微小外科手術が盛んに試みられた。このような術野の特殊性のため、双眼による立体視顕微鏡が1960年代初めより脳神経外科手術に応用されるや否や、急速に全世界に普及し、脳神経外科の手術手技・手術成績の飛躍的な向上をもたらした¹¹⁾¹⁵⁾。わが国でも、1970年代になり双眼立体視顕微鏡が開発され、以後、様々な改良を重ね現在に至っている¹²⁾²⁰⁾。しかし、顕微鏡手術は、術者の数に制約があり、若手医師や学生を対象とする教育にはビデオカメラによる中継を必要とした。われわれは、1970年代より手術室内での中継を行い、1982年より中継ラインを手術室から100m離れた研究室まで延長し、実際の顕微鏡下手術を中継し教育・研究目的に活用している。また、双眼立体視用の顕微鏡が左右の2つの光軸系をもつ²⁾ことを応用し、それぞれを別のビデオカメラで中継しプリズムを用いて立体視するシステムを開発し手術室内で使用している³⁾。また、手術の記録は、VTRで行いU-matic方式およびVHS方式(いずれもNTSC方式)を用いる。再生は、医局内など少人数を対象とした場合は通常のモニターを用いる。近年、学会など大会場で行う場合は大型ビデオプロジェクターが導入され学会のセッションとして定着している。

われわれが、microneurosurgeryの中継・記録にハイビジョンの応用を企画した1987年頃は、前述したよ

うに脳神経外科領域では手術の記録法としてU-maticビデオが普及しており、学会年次総会や関連学会・研究会においてビデオによる手術症例報告や術式の検討などのセッションが活発に開催されていた。しかし、従来のビデオシステムによる顕微鏡下手術の映像は解像力が不十分で、写真撮影を併用しなければならず外科医として決して満足のいくものではなかった。われわれが、ハイビジョンに注目したのは、従来のテレビのほぼ倍にあたる1,125本の走査線による高品位画像の解像力であった。

結果として、ハイビジョンによる顕微鏡下の脳神経外科手術の中継や記録の画質は、従来のビデオとくらべ明らかに優れていた(Fig. 5)。また、再生画像も通常の映画(35mmフィルム)と同等の画質であり、従来方式で問題となった顕微鏡下画像の画質の劣化はほとんど認められなかった^{9)・21)}。すなわちハイビジョンを中継・録画に用いることにより、見る者は術者の視野を術者とはほぼ同じ解像度で観察することが可能となり、学生や若手医師の医学教育にきわめて有用と考えられた。さらにハイビジョンの画質は単なる教育レベルにとどまらず手術手技の研究や新しい手術手技の開発にも充分応用することが可能と思われた。また、静止画像のデジタル変換による写真化・スライド化は、ハイビジョンが従来のスティルカメラによる35mmスライドにとってかわる可能性を示唆しており、臨床医学のみならず基礎医学領域においても有用な機能と考えられる。光ディスクなどの周辺機器が整備されれば、電子映像の特徴を生かしハイビジョン静止画像をファイリングデータベースとして使用することも可能となり、応用範囲も医用画像や電子顕微鏡などへ広がるものと予想される⁹⁾。

問題点としては、現時点ではハイビジョン用のカメラやモニター、VTRが大型であり価格も高価であることがあげられる。また、ハイビジョンシステムそのものが開発中であり汎用性がないため手術用顕微鏡システムに取り付ける際にかなりの改造を要した¹⁰⁾。しかし、これらの問題点も技術革新により容易に克服されるものであり、ハイビジョンの実用化の時点では解決されるものと考えられる。また、ハイビジョンの関連機器の開発は通産省の指導のもとで強力に推進されており、液晶による大型壁掛けテレビや小型カメラの実用化も時間の問題と予想される。

最後に、ハイビジョンの現状および今後の方向性について簡単にまとめ、医学・医療分野での応用の位置

づけを検討する。NHKにより開発されたハイビジョンは、単なる高品位・大型の新型映像メディアとして期待されているだけでなく、通信、映画、出版、図書館、印刷、教育、コンピューターグラフィックスなど様々な分野への応用が企画されている¹¹⁾。すでに、郵政省の高度映像都市（ハイビジョン・シティ）構想は、ハイビジョンを高度情報化社会の中心メディアとして位置付けており、すでに全国23のモデル都市で様々な分野で応用が検討され実用化段階に入っている¹²⁾。

われわれの行った脳神経外科手術への応用実験は、医学領域での我国最初の試みであり各方面より注目を集めた。結果として、単なる画質の向上にとどまらず、若手医師や学生教育への応用、さらにハイビジョン記録による手術手技の研究が可能と考えられ、これら教育や研究を通してハイビジョンが医療の質をも向上させる可能性を示したものととして各方面より関心が寄せられ¹³⁾⁻¹⁵⁾、1989年度のハイビジョンアワード'89（ハイビジョン推進協議会主催、郵政省後援）の選定委員会特別賞に選定された⁹⁾。

その後、脳神経外科領域では、われわれの応用実験の成果を踏まえ、三井記念病院、東京大学医学部、京都大学医学部などで臨床実験（おもに録画）が行われ様々な学会や研究会で公開されている。他科領域では、顕微鏡を使用したものとしては、これまでに眼科、耳鼻科（いずれも東京大学医学部）での応用も行われた。通常撮影では、国立がんセンター（当時在籍した幕内信州大学第1外科教授の手術例など）、大阪大学医学部や東京大学医学部などで、肝切除、肺癌手術、開心術など様々な手術が収録され実用化の可能性が検討されている。また、内視鏡画像やX線写真などをハイビジョン化する試みも活発に行われており画像処理の領域での応用も検討されている¹⁶⁾。

また、将来の可能性としてハイビジョンによる患者情報の伝達をあげることができる。ハイビジョン放送は、画像の情報量が多く現行の方式の約5倍の周波数を必要とするとされる。現行のVHF (Very High Frequency) およびUHF (Ultra High Frequency)

周波数帯域にこのような「空き」がないことよりハイビジョン本放送は、衛星放送によるSHF (Super High Frequency) 周波数帯域を用いることが決定している。具体的には、1984年に打ち上げられた放送衛星BS-II aより基礎実験が行われ、1986年12月には放送衛星BS-II bによりSHFによる世界初のハイビジョン放送が成功している。衛星放送は、医学領域では、災害時や救急医療での伝達手段として、また学会などに際し遠隔地との情報交換に応用される可能性があり、この分野でも将来的には民生用の放送と同じようにハイビジョン化されるものと予想される。また、放送衛星以外の経路として、光ファイバーおよびISDN (B規格) での送信が成功しており今後全国レベルで普及するものと思われる。

現在、高品位テレビ技術は日本のハイビジョンのほか、欧州、米国でも開発が行われている。今後、規格統一など様々な問題が予想されるものの、将来的に高品位テレビが導入されることは確実であり、画像情報を多用するわれわれ医学・医療関係者も常に積極的に関心を持つべきであろう。

このように、新しいTV規格であるハイビジョンは、医学領域においては、単なる高品位テレビ以上に様々なメリットを持つものであり、今後の発展に注目すべきものと考えられる。

V 結 語

ハイビジョンの脳神経外科手術での使用経験について述べた。また、医学におけるハイビジョンのニューメディアとしての可能性や今後の展望についてまとめた。ハイビジョンは、外科手術手技や医用画像情報の記録法として有望なメディアであり、今後の発展に期待したい。

稿を終えるに当たり、技術援助をいただいたNHKエンタープライズ、NHKテクニカルサービス、NHKハイビジョン事業化推進プロジェクト、ハイビジョン普及支援センターならびに顕微鏡の改造に御協力いただいた永島医科器械(株)のスタッフに深謝します。

文 献

- 1) Kobayashi, S., Sugita, K. and Matsuo, K.: An improved neurosurgical system: new operating table, chair, microscope and other instrumentation. *Neurosurg Rev*, 7:75-80, 1984
- 2) 永島医科器械技術部: 天井懸垂型手術用顕微鏡V型・構造編, pp. 1-3, 永島医科器械株式会社 (社内資料), 東京, 1986

- 3) Sugita, K., Ohhigashi, Y. and Kobayashi, S.: Stereoscopic television system for use with the operating microscope. *J Neurosurg*, 62: 610-611, 1985
- 4) Rand, R. W. and Jannetta, P. J.: Microneurosurgery: application of the biocular surgical microscope in brain tumors, intracranial aneurysms, spinal cord disease, and nerve reconstruction. *Clin Neurosurg*, 15: 319-342, 1968
- 5) Sugita, K. and Tsugane, R.: Triplescope for neurosurgery (Nagashima II). In: Koos, W., (ed.), *Clinical Microneurosurgery*, pp. 5-6, Thieme, Stuttgart, 1976
- 6) NHK 報道部: ハイビジョンの立体映像. *NHK エンタープライズ (報道資料)*, 東京, 1989
- 7) 奥寺 敬, 小林茂昭, 竹前紀彦, 京島和彦, 宜保浩彦, 金丸 敬: HDTV system による脳神経外科手術の立体映像撮影. *3D 映像*, 3: 11-14, 1989
- 8) Okudera, H., Kobayashi, S., Takemae, T. and Sugita, K.: Stereoscopic HDTV (High definition TV) projection system for use with the operating microscope. In: Sugita, K. and Shibuya, M., (eds.), *Intracranial aneurysms and arteriovenous malformations*, pp. 413-414, Nagoya COOP Press, Nagoya, 1990
- 9) 小林茂昭, 奥寺 敬, 竹前紀樹: 脳神経外科手術のハイビジョン立体撮影. *NEW MEDIA*, 8: 18-20, 1990
- 10) 福田輝文: ハイビジョン医学・医療応用のシステム開発の課題. *NEW MEDIA*, 8: 27-29, 1990
- 11) 志賀信夫: ハイビジョンの特性が拓く新文化. *ハイビジョン文化研究会(編)*, *ハイビジョンの創造と文化*, pp. 175-221, 日本放送出版協会, 東京, 1990
- 12) 高度映像都市構想懇談会(編): *ハイビジョン・シティ*. pp. 15-29, 日刊工業新聞社, 東京, 1988
- 13) 日経産業新聞(編): *高品位テレビ・ビジネス*. pp. 9-33, 日本経済新聞社, 東京, 1990
- 14) 通商産業省新映像産業室: *ハイビジョンビジネスの可能性への挑戦*. pp.29-39, 通商産業調査会, 東京, 1988
- 15) 奥寺 敬: ハイビジョンの可能性と課題—医学特に脳神経外科領域における可能性と課題 (パネルディスカッション). *情報通信学会誌*, 28: (印刷中), 1991
- 16) 赤川忠明: ハイビジョンソフト「医学・医療応用事例」. *ハイビジョン・シティ*, 1: 51-52, 1990

(2. 10. 5 受稿)