

# マイクロサージェリ用細孔径(6.5mm)立体視硬性内視鏡システム

辻 隆之\*

## はじめに

胆嚢摘出術に腹腔鏡が使用されて以来、小さな創部で従来と同じように内臓手術ができる内視鏡下の外科手術が盛んになった<sup>1)2)3)</sup>。同じ結果をより小さな侵襲 (less invasive) でえることができるからである。創部が小さいので術後の回復が早い、美容上も好ましい、とくに入院料の高いアメリカでは早く退院でき医療費が節約できる、などの理由で急速にわが国でも受け入れられ、胆嚢摘出術以外にヘルニアや最近では腸切除などまで行われるようになった。

従来より2次元の腹腔鏡画像モニタリング下で手術しているが、最近になって距離感がより容易に把握できる3次元視内視鏡が開発され、臨床に導入されるようになった<sup>4)</sup>。

本稿ではそれを心臓外科手術用にさらに小型化したシステムについて紹介する。

## 1. 外科用内視鏡

ガストロカメラで代表される軟性内視鏡は画像用オプティカル (光) ファイバが使用されている。それに対して光学レンズを組み合わせ、それを照明用光ファイバとともにステンレス鋼製の円筒管内に納めた内視鏡を硬性内視鏡という。画質は、光ファイバ1本が一つの画素になってそれらが多数 (数千本) 集まって画像を構成する軟性内視鏡より、内視鏡先端から観察対象を光ファイバで導光して照明し、その反射光をレンズ光学系を介して観察する硬性内視鏡のほうがはるかに優れてい

る。surgical laparoscope は、関節鏡や胆道鏡など診断用として当初開発された硬性内視鏡が、腹腔鏡として外科手術に使用されたものである。

画像を固体撮像素子 (Charge-Couple Device : CCD) 上に誘導し、それをテレビ画面上に拡大してディスプレイする硬性腹腔鏡システムを使用して行なう手術を、laparoscopic surgery という。しかし、従来の硬性内視鏡は光ファイバ内視鏡と同様のいずれも2次元画像であり、それらからは奥行き感 (depth perception) がえられない。

2次元視腹腔鏡下胆嚢摘出術の場合、20~30症例を経験すれば手術操作に習熟できるといわれている。しかし、3次元視内視鏡を用いるほうが、深度感覚が容易にえられるので、初心者でも安全に手術操作が行え、手術時間も短縮できる。

## 2. 本装置の構成<sup>5)</sup>

### 1) 硬性内視鏡部

本硬性内視鏡は外径2.7mmのレンズ光学系2光路 (光学管) が外径6.5mmのステンレス鋼製の直管内に納められている。2本の光学管と外径6.5mmのステンレスシャフト管の間隙には光源 (SHINKO OPTICAL CL-75X) からの照明用導光ファイバが充填してあり、その構成は先端部から見ると図1のようである。

光学系は2光路のなす角度 (輻輳角) が約4度に固定されており、それをマイクロプリズムで平行にする。外視野70度内の、対物レンズから5~50mmの距離にある対象物を観察することができる。おのおの光路の10枚のリレーレンズを介して、アジャスト部にある接眼レンズに到達した左右画像の焦点を1枚のCCD単板 (41万画素) 上に結

\*国立循環器病センター研究所

ばせる。

その外観は図2, その構造は図3のようである。ステンレスシャフトの長さは165mm, それに接続してある光源入光部(ライトガイド・ジョイント), 接眼レンズから成るアダプタ部, CCD部, および電気系コネクタ端部までの長さは100mmである。すなわち外径6.5mmの硬性3次元視内視鏡の全長は265mmである。本硬性内視鏡, 電気コード, 光学系ライトガイドはガス(EOG)滅菌できる。

2) 画像処理部

CCD上でえられる左右の画像を画像処理装置と高速スキャンコンバータでリアルタイムでデジタル信号処理し, ふたつの画像に分離して, それらを左右各パネルの中央に毎秒60回(60Hz)で再構成する。さらにおおのこの画像を電子的に2倍の大きさに拡大する。その拡大左右画像を高速スキャンコンバータで倍速(120Hz)にして, CRT上の中央に左右交互に表示する。すなわち, 本装置は時分割方式の立体視システムである。画面の応答時間の遅い現在の液晶ディスプレイは本方式には使用できない。

3) 画像表示・記録部

本システムでは, 左右画像切換えタイミングと連動して赤外線エミッタから出る赤外線リモートコントロールされる軽量の液晶シャッター偏光眼鏡(Crystal Eyes, StereoGraphics社製)を術者がつける。何人でもこの眼鏡をつければ立体画像が見える。画像が14インチのCRT(GVM-1412, SONY社製)上に直径約200mmの円形に表示された場合, 実物とそのCRT上での大きさの関係は5~6倍の拡大率になる。記録はビデオ(SVO-9600, SONY社製)で記録する。それを再生すれば, リモコン式液晶シャッター偏光眼鏡で立体視できる。外科手術に重要な赤色の発色は良好である。

3. 動物実験による観察結果

ラットの心臓と大血管を図4のように観察したところ, マイクロサージェリを行なうに十分な解像力と術野の拡大画像がえられた。イヌの心腔から血液を排除して心腔内を観察したところ, 図5のように弁膜と腱索がCRT上に立体視できた。

先端が生理食塩水中に浸漬した場合や対物レンズに水分が滴状に付着した場合には, 画面がぼやけて見えなかった。しかし, 最初見えていたのに

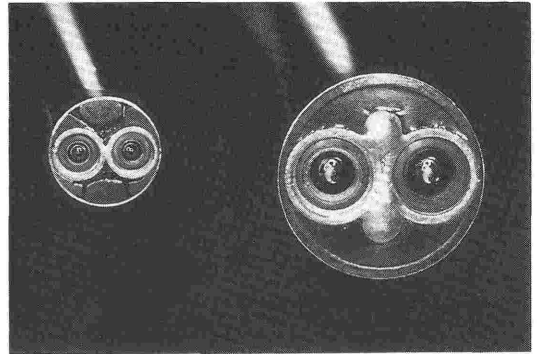


図1 立体視硬性内視鏡先端部の外観 (左: 外径6.5mmの本内視鏡, 右: 外径16mmの腹腔鏡用立体視硬性内視鏡<sup>3)</sup>)

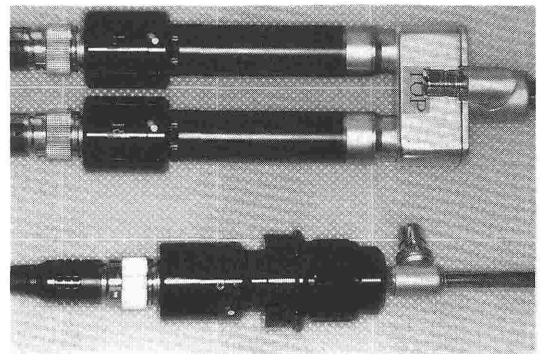


図2 立体視硬性内視鏡(上: 腹腔鏡用内視鏡, 下: 本内視鏡)の, 右から左に光源接続部, アダプタ部, CCD部, コードコネクタ部およびコード

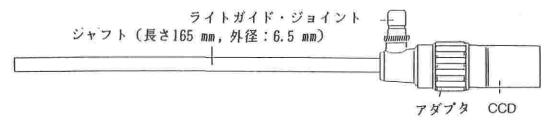


図3 本内視鏡の構造の模式図

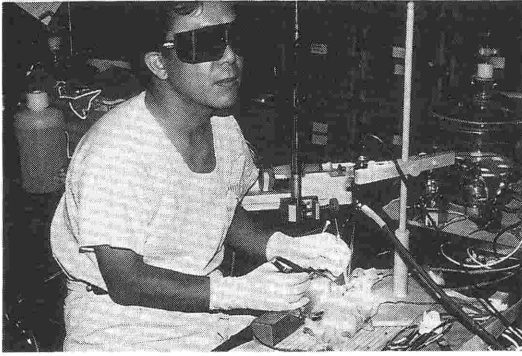


図4 ラットを使用した実験時のモニタリングの状況(術者は赤外線同期の液晶眼鏡を使用中)

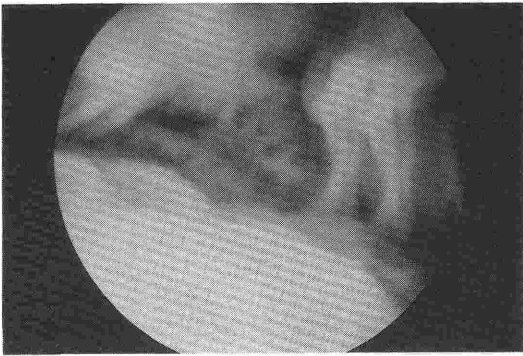


図5 イヌ右心腔内の立体視画像  
(左右画像が重複している。右側に腱索が、上下に三尖弁付着部がみえる)

次第に画像がくすむように見えなくなるレンズ表面の結露による画像のにじみ (fogging) はなかった。それらをビデオ記録し、再生し、立体視できた。

#### 4. 本システムの現状

外径6.5mmの立体視硬性内視鏡は光学系におけるマイクロマシンである。特にCCDをはじめ電

子画像装置とマイクロレンズなど光学技術が世界でもっとも進んでいるわが国で、われわれの要望により開発された装置である。本内視鏡は前方直視であるが、先端にプリズムを設けて角度をつければ、側方や斜め前方を見ることができる。

小さなギャップや心腔や脳室など小さな閉鎖空間を観察するニーズが外科で高まっているので、小型化の促進と視野角度に変化をつけることが望まれる。さらに、現在の内視鏡下腹腔内手術に使われている手術器具と同様の機能を持つ器具を、心臓外科や脳外科用に変えてそれらを小型化しなければならない。

より大きな画素数のCCDの開発を行って画像の分解能を上げ、任意の拡大精密画像をズームングでき、薄型の高品位テレビでそれをディスプレイできればさらに好ましい。臨床の現場からニーズが発生すれば、わが国でこそそれらの実現が可能であろう。

#### 結 語

本装置は心臓手術や脳外科手術のマイクロサージェリに応用できる。本システムは電子画像でえられるので、マルチメディア医療<sup>6)</sup>の重要なデバイスになりうると考えられる。

#### 文 献

- 1) Cuschieri A, Berci G : laparoscopic biliary surgery, Blackwell Scientific Publications London 1991
- 2) 山川達郎 : 腹腔鏡下外科手術。診断と治療社 東京, 1992
- 3) 橋本大定 : 腹壁吊り上げ法による腹腔鏡下胆嚢摘出術。南山堂, 東京, 1994
- 4) 橋本大定 : 三次元内視鏡。手術 48(6) : 693-697, 1994
- 5) 辻 隆之, 橋本大定, 福与恒雄ほか : 細孔径(外径6.5mm)立体視硬性内視鏡システムの開発。医器誌投稿中
- 6) 特集マルチメディア医療。新医療 10(238) : 114-127, 1994