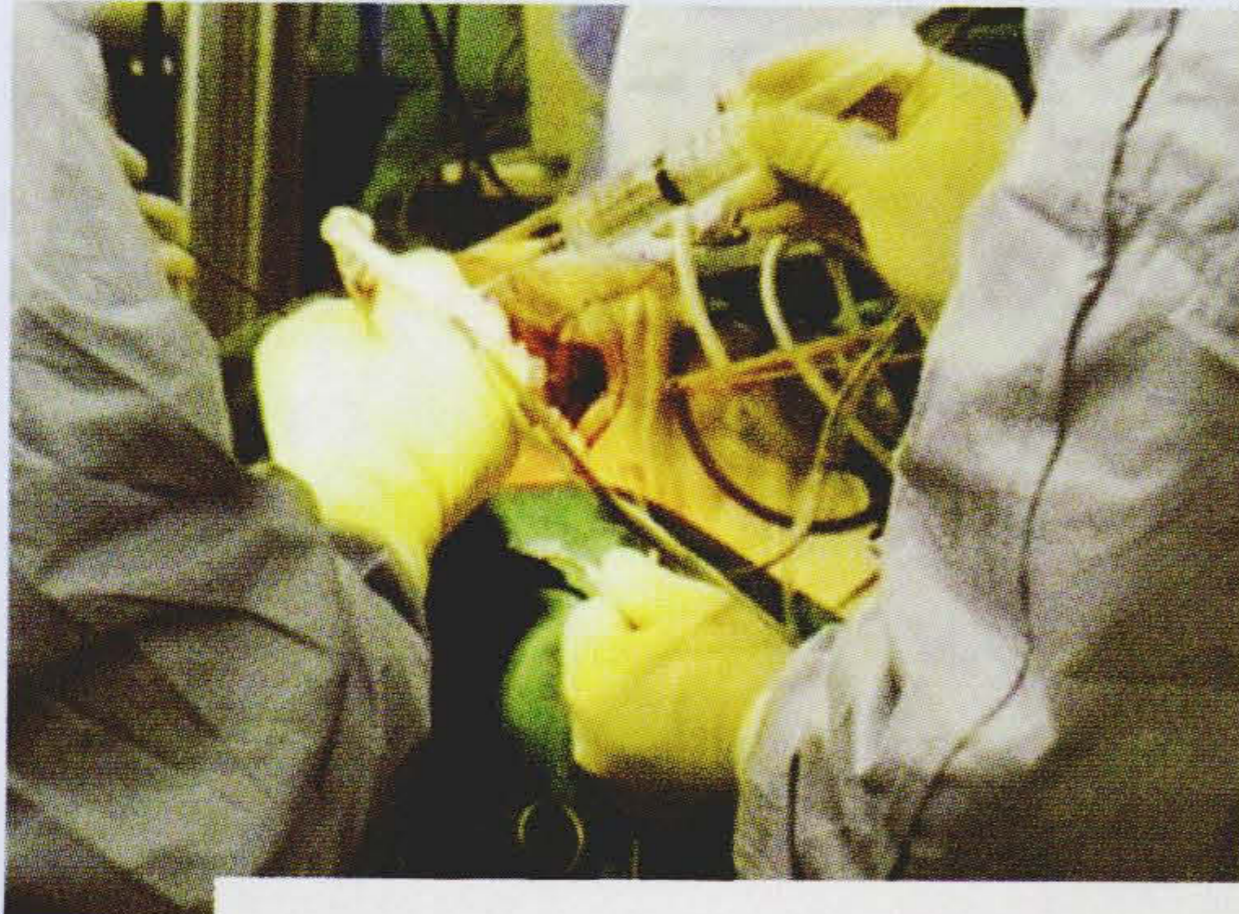


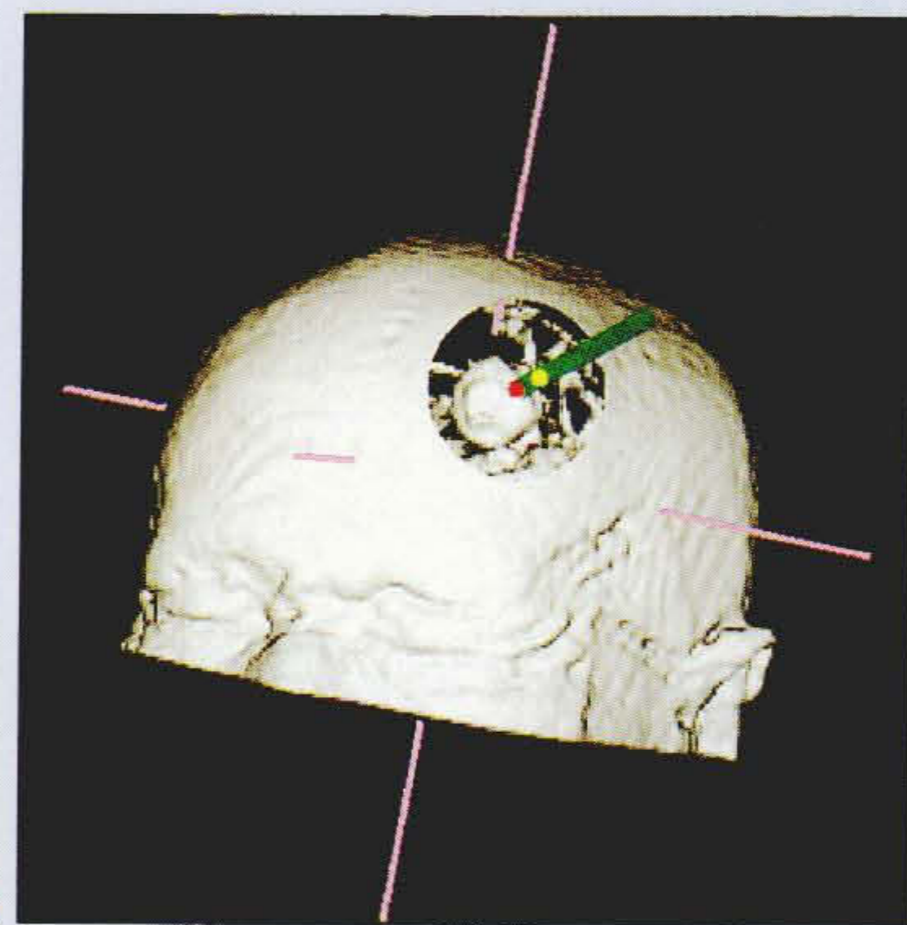
# 患者の負担を低減する手術支援システム

Surgery Support Systems for Reducing Patients' Burdens

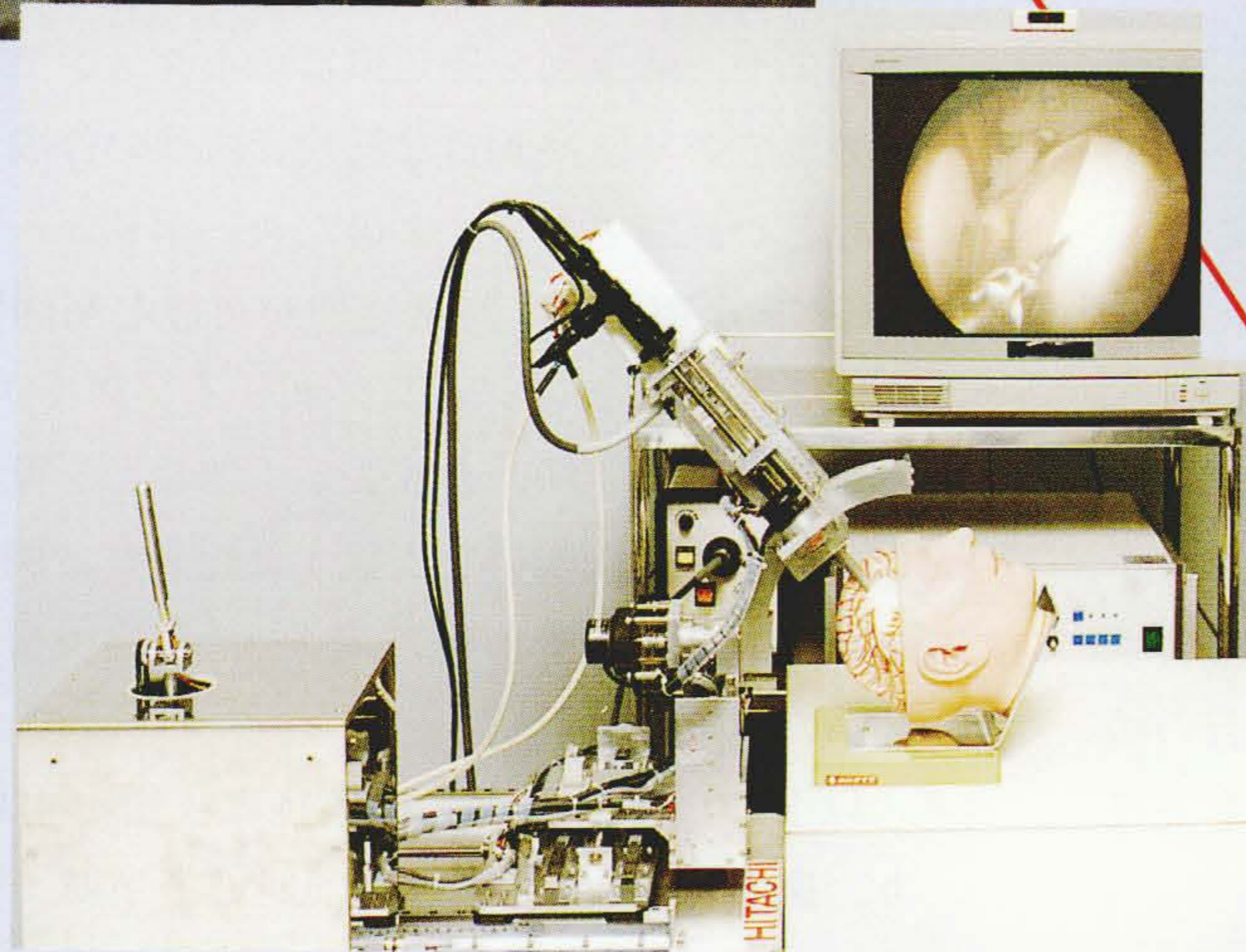
菅 和俊 Kazutoshi Kan 山本悦治 Etsuji Yamamoto  
及川道雄 Michio Oikawa 竹内裕之 Hiroshi Takeuchi



(a) 顕微鏡下微細手術



(b) 治療計画模擬例



(c) 手術操作支援システムの要素試作機

低侵襲手術\*支援システム

注：\*手術や治療時に、傷口や組織の破壊を最小に抑える手術法

## 低侵襲手術支援システム

低侵襲手術を手術支援システムで実現することができれば、患者の負担を低減し、安全性の高い外科手術が可能となる。

近年、X線断層撮像装置(X線CT)や核磁気共鳴撮像装置(MRI)などの高度な画像撮像技術に支えられた医療機器により、患者の体内の様子を容易に、そして高精度に計測することができるようになった。また、自動検査・分析装置による確度の高い検査技術の確立によって、短時間に多くの検査ができることから、患者に大きな負担をかけることなく、正確な診断ができるように

なってきた。

このような背景の中で、診断だけでなく治療でも技術革新が進んでいる。治療、特に外科治療では、低侵襲手術を行うことで患者の負担を低減することができる。さらに、入院期間の短縮などにより、医療費を抑えることができる。日立製作所は、このような低侵襲手術を実現するための手術支援システムの開発に取り組んでいる。

## 1. はじめに

治療、特に外科的治療では、低侵襲手術の発達・普及により、患者の負担の低減が期待されている。この低侵襲手術は、体表に開けた小さな穴から内部を観察しながら外科的治療を行うものであり、大きな開頭や開腹をしないため、患者の肉体的、精神的負担の低減を図ることができる。さらに、手術時の傷口が小さいことから、治療期間の短縮や長期入院に伴うリハビリテーションが不要になるなど、患者の費用面での負担を低減することもできる(図1参照)。

低侵襲手術の課題は、この小さな穴を通して医師の目や手の能力をいかに発揮できるようにするかにある。そこで、この目と手の機能を支援するために、低侵襲な手術支援システムを構築した。

ここでは、この構想と取組みについて述べる。

## 2. 低侵襲手術支援システムの概要

一般に手術支援システムとは外科手術を支援するシステムのことであり、腫瘍(しゅよう)などの手術では患部領域が視覚的に不明確なことが多く、術中に術前の診断画像を提示するなどの画像情報の支援が求められていた。

日立製作所が研究を進めている低侵襲手術支援システムは、この従来の手術支援システムを拡張し、低侵襲手術を支援するものである。このシステムは、主に目の機能を支援する「画像処理システム」と、手の機能を支援する「手術操作支援システム」から成る。

手を操作するために目としての機能は必須のものである。これを支援する画像処理システムについては3章で述べる。診断や手術で医師の判断を支援するとともに、インフォームドコンセント(説明に基づく同意)によって

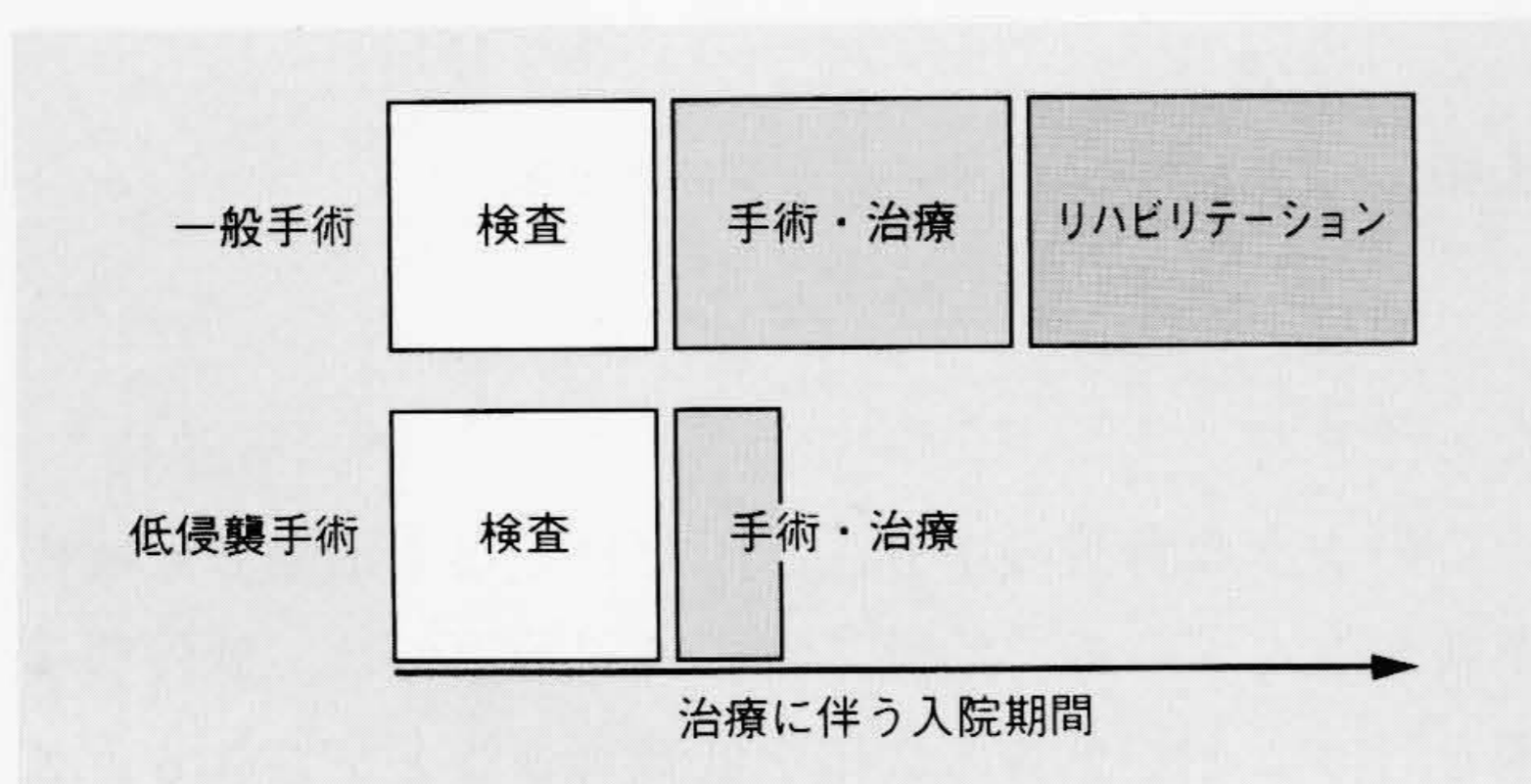


図1 患者の負担の低減

一般手術に比べて低侵襲手術では、外科治療での手術から治癒までの時間や入院期間が短くなり、リハビリテーションも不要になると言われている。

患者の理解を高め、精神的負担を低減できる。

さらに、手の機能を支援するものとして、体表に開けた小さな穴から内部を観察し、かつ操作性よく医師の操作や処置を実現する手術操作支援システムを提案している。現在は、脳外科手術での手術操作支援システムの開発を進めている。この取組みについては4章で述べる。

## 3. 手術操作を支援する画像処理システム

2章で述べたように、低侵襲手術を実現するうえで、画像情報による支援は必須である。術前にX線CT(断層撮像装置)やMRI(核磁気共鳴撮像装置)などで計測したデータを用いた三次元画像情報を提示することにより、医師の目としての機能を補助し、より安全な手術のための支援を行うことができる。この画像処理について以下に述べる。

手術操作を支援する三次元画像処理では、微細な領域の描出や、病巣部と周辺臓器のセグメンテーションなどが必要であり、高画質な三次元画像の作成、軟組織の抽出などが課題となる。このため、ボリュームレンダリング手法<sup>1)</sup>を用いた、対話処理が可能な高画質三次元画像作成手法や、リージョングロウイング手法<sup>2)</sup>を用いた半自動領域抽出手法、合成表示手法などを開発した。さらに、術前の計画作業を支援するために、関心領域限定レンダリング手法や治療アプローチ決定支援手法などを開発した<sup>3)</sup>。

以上のような三次元画像処理技術を用いることにより、図2に示すような三次元画像が作成できる。このような画像を利用して、術前に患部を三次元的に把握しながら手術計画を行い、患者にできるだけ負担のかからないアプローチを検討することができる。

この三次元画像処理を内視鏡を用いた低侵襲手術に利用することにより、医師の負担を軽減し、正確な手術操作支援を行うことが可能となる。従来の内視鏡画像だけに頼った手術では、観察できる視野が狭く、二次元的な情報であるため、全体的な位置関係や三次元的な位置関係の把握が困難であった。画像処理手段を持つ三次元画像処理装置を用いて、術前に計測したデータと術中に計測される各種情報をリアルタイムに合成して提示することにより、医師の目の機能を補助することができる(図3参照)。

さらに、MRIや超音波スキャナなどの術中での画像を処理、合成して提示することによって、より効果的で信頼性の高い画像情報の支援が可能となる。

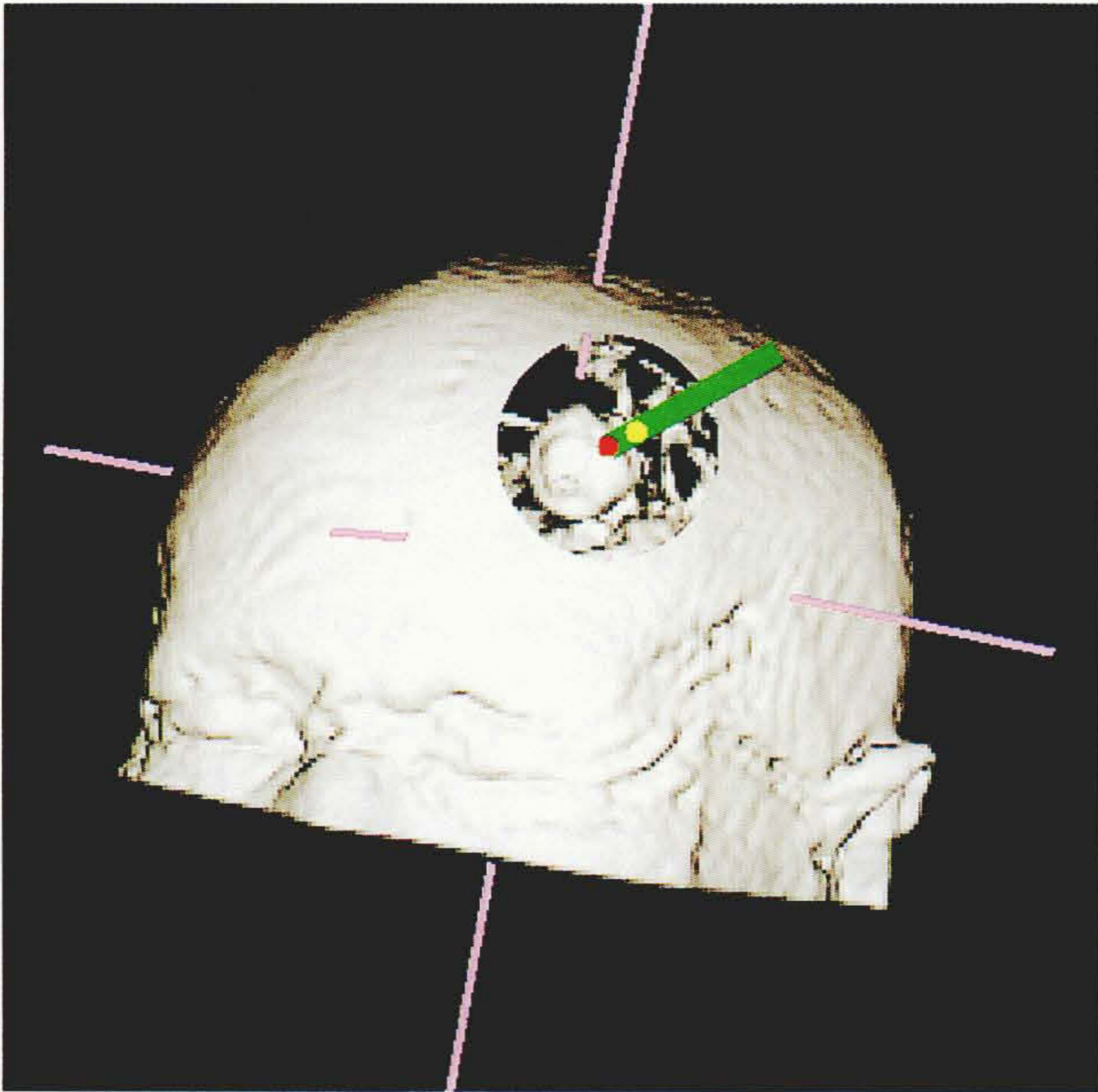
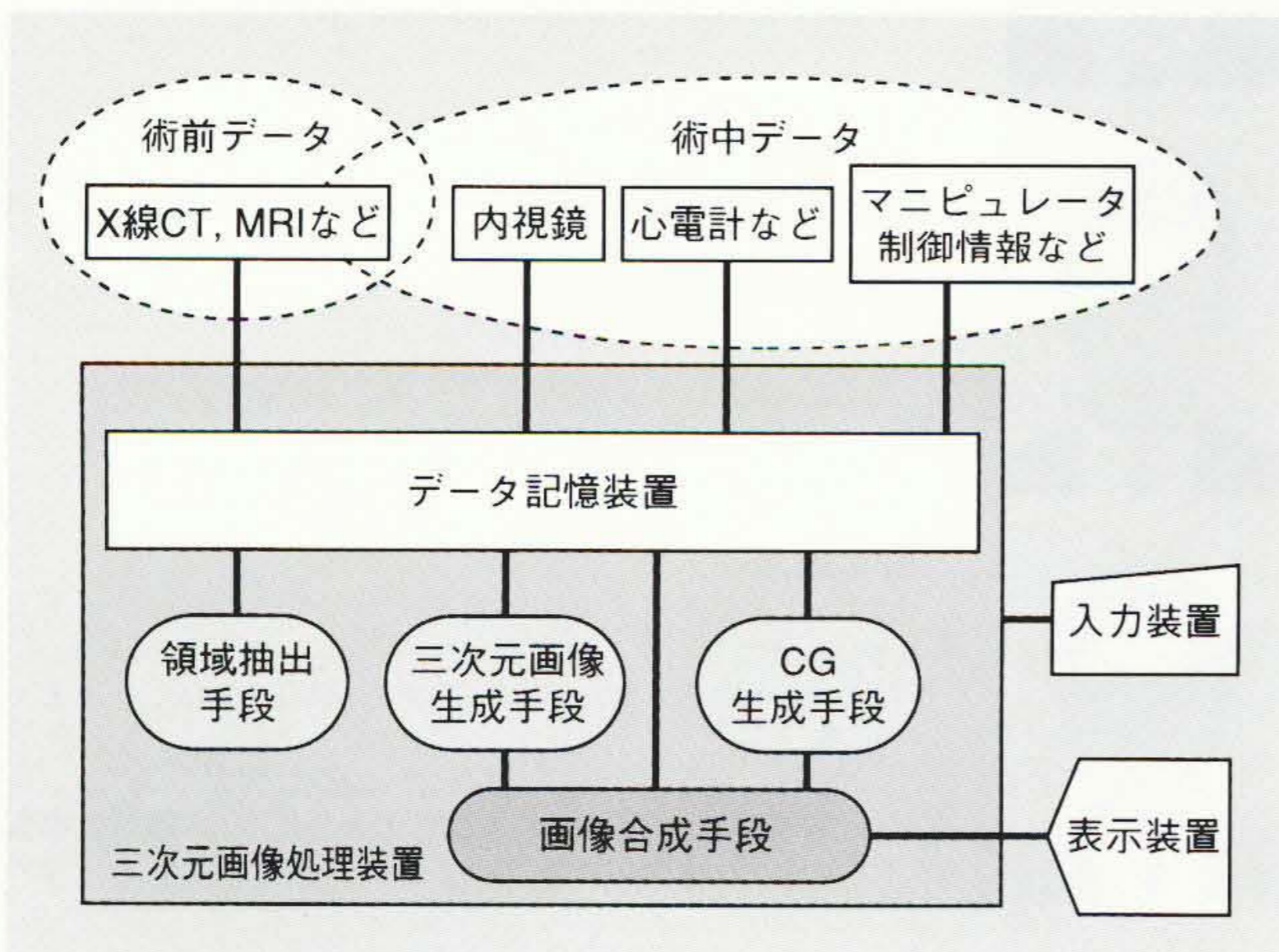


図2 脳外科手術での治療計画模擬例

小さな穴から手術を行う際のアプローチ方法の検討例を示す。緑色の直線はアプローチ方向、赤色の点はターゲット位置、黄色の点は皮膚上のアプローチ位置、ピンク色の直線は基準座標系をそれぞれ示す。

#### 4. 低侵襲な手術操作支援システム

低侵襲な手術操作支援システムは、医師の助手、または医師自身の高機能な手となるものである。そのため、協調的操作ができ、コンピュータによる人と機械の双方



注：略語説明 CT (Computed Tomography), MRI (Magnetic Resonance Imaging) CG (Computer Graphics)

図3 手術操作を支援する画像処理システムの構成

画像処理装置では、術前にX線CTやMRIなどで計測したデータ、術中に計測される内視鏡や心電計のデータ、また、マニピュレータの制御情報などから手術操作を支援する画像情報を生成し、表示装置へ提示する。

向ネットワークを持ち、目的に合った形態のマスター スレーブ マニピュレータ システムを構想している。この概念をHUMAN (Hyper Utility Mechatronic Assistant : 高機能アシスタント) マニピュレータシステム<sup>4)</sup>と呼ぶ。

現在、特に脳外科手術を対象に「脳腫瘍等手術支援システム」として開発を進めているものの全体イメージを図4に示す。この中で日立製作所は、手術操作支援システムの開発を担当し、このシステムは、管状の先端部を持つスレーブとしてのマニピュレータと、医師が操作するマスターとしての操作入力装置などから成る。

その要素となるのは、外形数ミリメートル程度の細い中空管の先端が多自由度で動かせる微細ガイドマニピュレータと、その先端に設けられる微細鉗(かん)子などから成る微細マニピュレータである(図5参照)。そして、同図に示すように、複数の微細マニピュレータと内視鏡レンズを一体として微細マニピュレータシステム<sup>5)</sup>とし、この部分を小さな穴から進入させる。

医師は、画像処理技術に支援された内視鏡による術野画像を見ながら、操作入力装置を介して、小さな穴から挿入した微細マニピュレータシステムを操作する。これにより、必要な治療がこれまでよりもはるかに小さな切開で可能となり、低侵襲手術が実現できる。さらに、人間の手で直接操作する能力以上の微細な動作が可能となるので、医師の従来の技術を越える、精密で高度な手術治療が実現できると考える。

現在、手術操作支援システムの要素試作機(23ページの

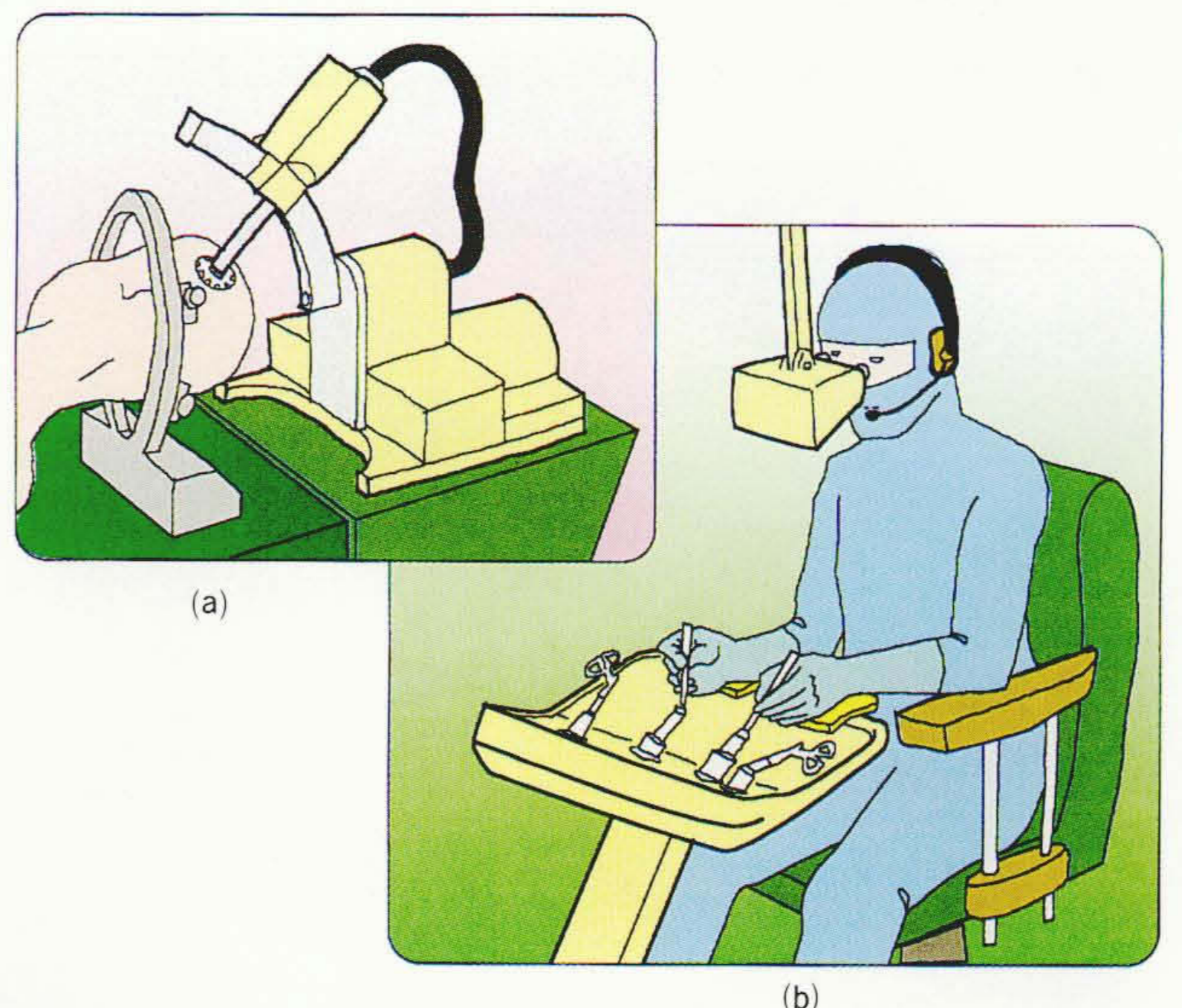


図4 「脳腫瘍等手術支援システム」の全体イメージ

患者とマニピュレータを(a)に、医師の操作入力装置を(b)にそれぞれ示す。患者には低侵襲手術を、医師には良好な操作性を提供する。

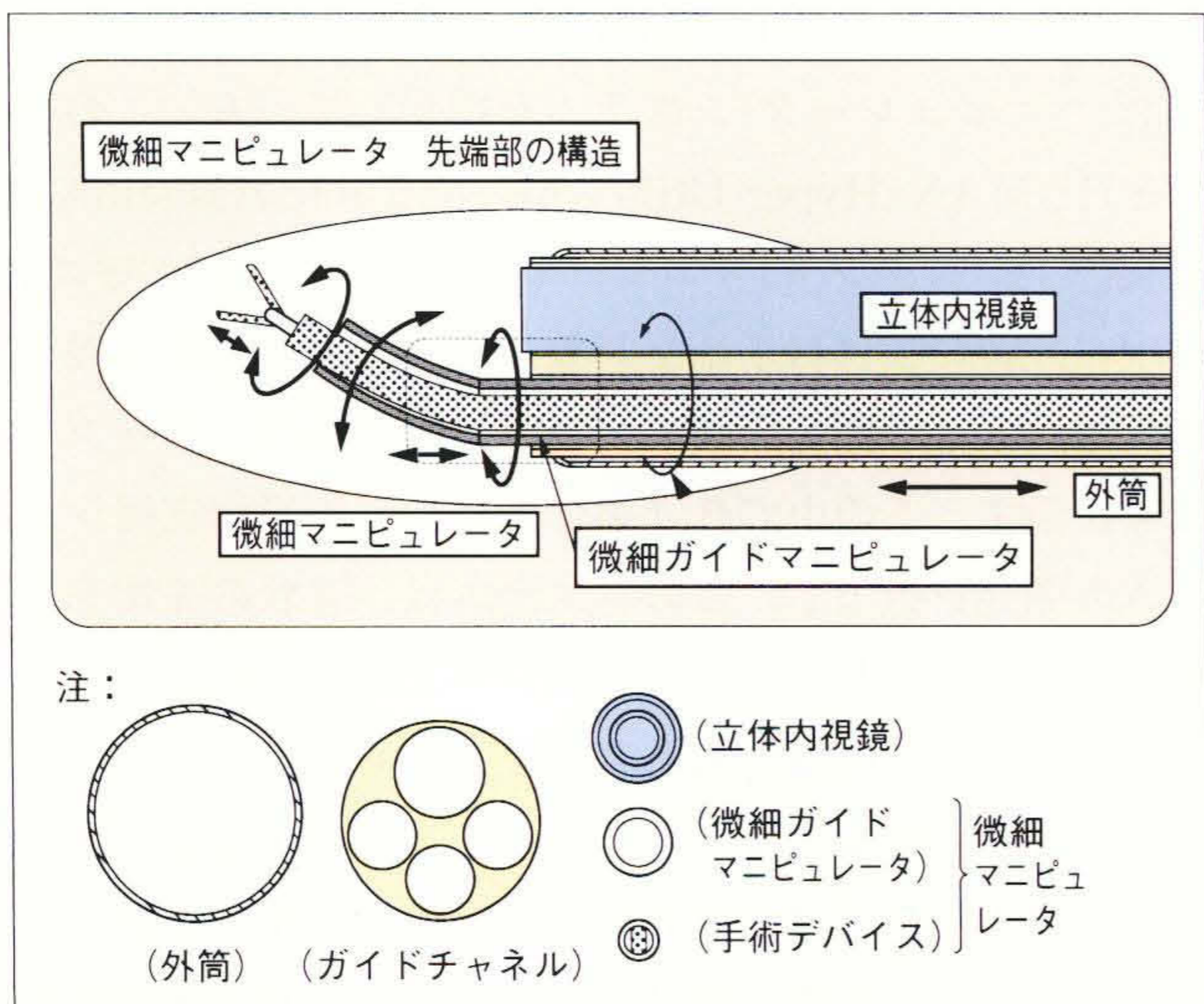


図5 微細マニピュレータシステムの構造

図4のマニピュレータの管状の先端部を特に微細マニピュレータと呼び、内視鏡のレンズと微細ガイドマニピュレータを複数束ねた構造としている。手術デバイスとは、微細鉗子やレーザーメスなどのことである。

図参照)により、微細ガイドマニピュレータの先端部が3自由度で駆動できることを確認し、システム実現の見通しを得ている(図6参照)。

## 5. おわりに

ここでは、医師の目となり手の機能となる「低侵襲手術支援システム」について述べた。

低侵襲手術を支援する手術支援システムでは、外科治療での患者の負担を低減することができる。また、診断に有効なMRIや超音波スキャナなどを活用し、高度な低侵襲手術が行えるシステムへの展開が期待されている。

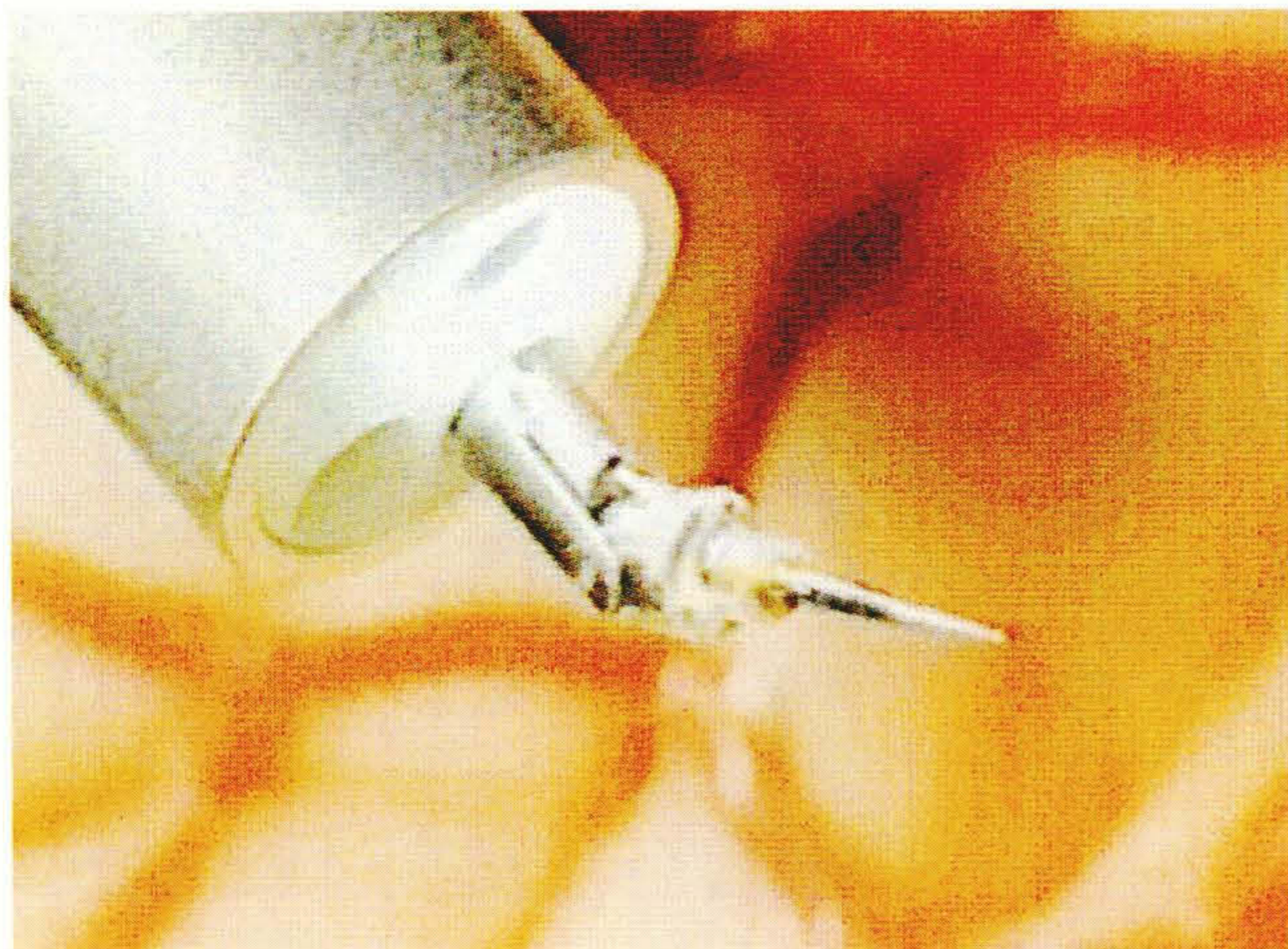


図6 要素試作機の先端部

1本の微細ガイドマニピュレータの先端に針を付けたものを示す。将来は、ここに鉗子などの術具を設ける。

このような画像処理や、手術操作支援技術を駆使した低侵襲手術支援システムを提供することで、高度先端医療への貢献を図り、さらに、このシステムを普及させていくことによって、より多くの患者が負担の少ない手術を受けられ、外科手術の治癒率の向上に貢献していくことができるものと考えます。

なお、「脳腫瘍等手術支援システム」の開発は、医療福祉機器技術研究開発制度の一環として、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)からの委託によって実施したものである。

## 参考文献

- 1) M. Levoy: Display of Surface from Volume Data, IEEE CG & A, Vol. 8, No. 5, pp. 29~37(1988)
- 2) 関口, 外: リージョングローイングをベースにした対話型三次元領域抽出, 電子情報通信学会論文誌(D-II), J76-D-II-2, pp. 350~358(1993)
- 3) 及川, 外: 3次元画像処理システムの手術計画支援機能の開発, 第5回コンピュータ支援画像診断学会, 第4回日本コンピュータ外科学会合同論文集, pp. 51~52(1995)
- 4) 菅, 外: 脳外科手術における高機能アシスタント(HUMAN)・マニピュレータシステム構想, 第5回脳神経外科手術と機器学会予稿集, p. 103(1996)
- 5) 菅, 外: 脳外科手術用微細マニピュレータの構想, 第36回日本エム・イー学会大会論文集, p. 244(1997)

## 執筆者紹介



### 菅 和俊

1981年日立製作所入社, 機械研究所 医療福祉機器開発プロジェクト 所属  
現在, 手術支援システムの研究・開発に従事  
計測自動制御学会会員, 日本ロボット学会会員, 日本コンピュータ外科学会会員  
E-mail: kan018@merl.hitachi.co.jp



### 及川道雄

1992年日立製作所入社, システム開発研究所 第1部 所属  
現在, 医用三次元画像処理システムの研究・開発に従事  
日本医用画像工学会会員, 日本コンピュータ外科学会会員  
E-mail: oikawa@sdl.hitachi.co.jp



### 山本悦治

1978年日立製作所入社, 中央研究所 メディカルシステム研究部 所属  
現在, 医療機器, 環境計測に関する研究開発のとりまとめに従事  
工学博士  
電子情報通信学会会員, 日本ME学会会員, 日本磁気共鳴医学会会員, 日本医用画像工学会会員, 日本コンピュータ外科学会会員  
E-mail: e-yamam@crl.hitachi.co.jp



### 竹内裕之

1971年日立製作所入社, 医療システム推進本部 マーケティング部 所属  
現在, 高度医療関連ビジネスの創出に従事  
理学博士  
米国IEEE会員, SPIE会員, 電子情報通信学会会員, 応用物理学会会員, 日本物理学会会員  
E-mail: HIROSHIT@cm.o3head.hitachi.co.jp