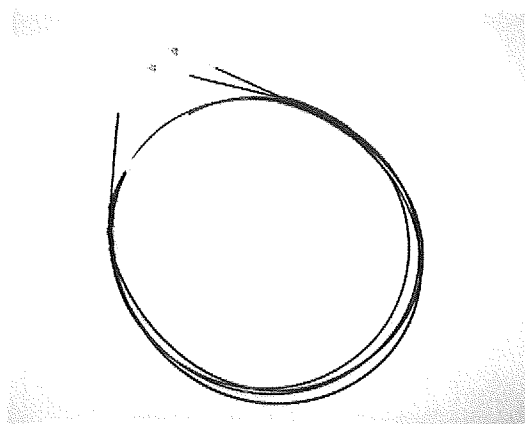
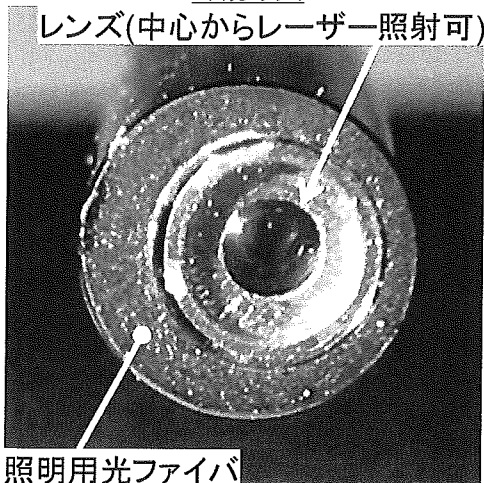


Table 1 複合型光ファイバ스코プの仕様

項目	仕様
レーザー伝送部 コア径	約 100 μ m
レーザー伝送部 クラッド径	約 120 μ m
コア材質	石英ガラス
クラッド材質	石英ガラス
画像伝送用画素数	約 9,000 画素
画角	約 50°
対物レンズの材質	石英ガラス
先端剛体部分の長さ	10~20mm(対物レンズ 部分を含む)
スコープ(柔軟部分) の全体外径	約 ϕ 2.0mm
スコープ全長	3m
スコープ(柔軟部分) の可撓性	最小曲げ半径約 45mm
防水	先端部分は防水構造
滅菌処理	EOG 滅菌可能



外観写真



先端部拡大写真

Fig.5 製作した複合型光ファイバ스코プ

(b) レーザー発生装置

小集光径のレーザービーム形成が可能なレーザー発生装置を以下の仕様に基づき製作した。本装置は IPG 製のファイバレーザーを使用している。出力は電流設定値 0~100%に対して、0~50W の出力が可能である。

【レーザー発生装置の仕様】

発振波長 : 1075 \pm 5nm
 レーザー種類 : Yb ファイバレーザー
 (イッテルビウム)
 出力 : 最大 50W (CW 発振)
 レーザー出力端 : SM ファイバ+コリメート
 レンズ付
 レーザー発振制御 : DC0-5V 外部信号による
 ON-OFF 制御機構, PC に
 による制御が可能
 所要電源 : 単相 AC110/220V 50/60Hz
 最大消費電力 : 300W
 冷却 : 空冷式

(c) カップリング装置

レーザー発生装置から出射されるレーザー光を入射し、複合型光ファイバに導光可能なカップリング装置を製作した。本装置はレーザー光入射光学系として、1075nm の波長を入射可能で、レーザー光を反射するレーザー光導光光学系には誘電体多層膜ミラーを使用し、各光学部品は AR コートを施した。また、複合型光ファイバを接続するコネクタ部にはデジタル温度指示計を設置し、温度上昇を常時監視可能とした。複合型光ファイバの接続部には SMA コネクタ用レセプタクル(光軸, フォーカス調整機構付き)を使用し、結像光学系として、集光レンズ系, 誘電体多層膜ミラー, 結像レンズで構成している。撮像用 CCD カメラには、1/4 インチ・デジタルカラーカメラを適用した。映像信号は BNC コネクタ取り合いによる通常の NTSC 信号出力である。

(d) 基本性能試験

(a)~(c)に述べた装置を JIS 規格の 19 インチラックにすべて搭載した。機器を搭載した様子を Fig.6 に示す。本装置は胎内外科治療用レーザー内視鏡器具(通称: Tainai-LaMiel)の試作機とし、各性能試験を実施した。

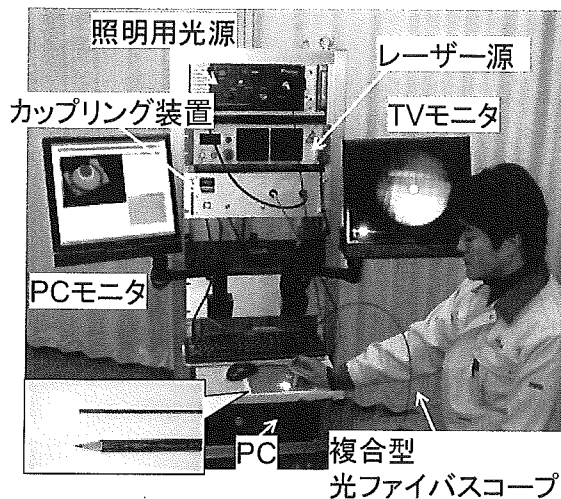


Fig.6 胎内外科治療用レーザー内視鏡器具 (Tainai-LaMiel)の試作機

【レーザー伝送試験】

複合型光ファイバスコープにレーザー光を導光し、実際に焼灼している様子を Fig.7 に示す。試験条件として、大気中にてスコープ先端からカラーチャート紙を10mm 離し、スコープ先端から3W のレーザー光を出力し、2秒間照射している。このように対象物の観察と焼灼が並行して行えることが示された。

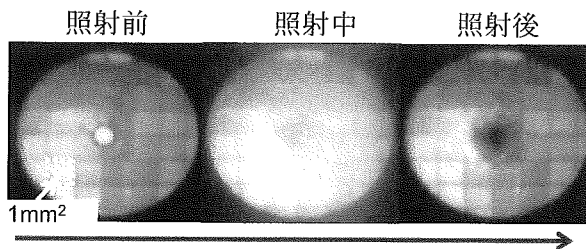


Fig.7 レーザー焼灼模擬試験

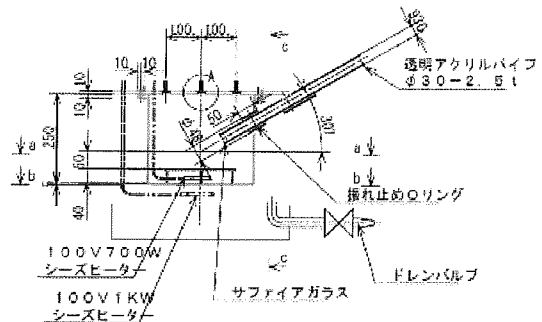
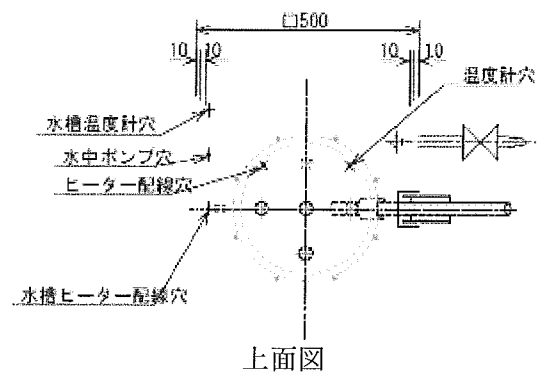
【性能比較試験】

胎児外科手術で通常使用される光ファイバ(直径 ϕ 0.6mm, 先端部にレンズなし)と複合型光ファイバスコープ(先端部に石英製レンズあり)によるレーザー照射の焼灼性能を比較する試験を行った。照射対象物として豚の肝臓を用いた。試験では、光ファイバ先端から出射されるレーザー出力を10,20,30,40W とし、対象物(豚の肝臓)までの距離を5,10,15,20mm に変化させて、その焼灼程度を観察した。

試験は胎内を模擬した水槽内で実施するものとし、Fig.8 に示すような水槽を製作した。本水槽は2重構造で、外側の水槽(50cm 角)と内側の水槽(ϕ 30cm)内にはそれぞれヒータを設置している。任意の水温になった後は内側の

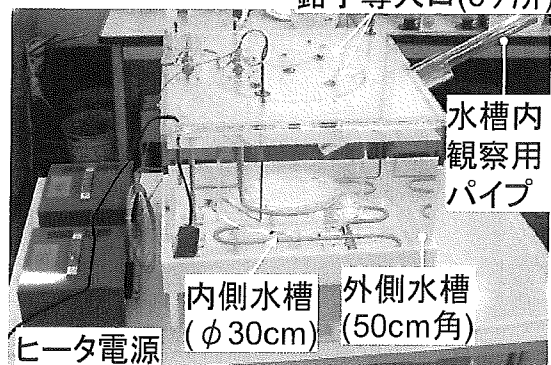
水槽のみヒータを切り、外側の水槽で温度調節を行うことで、内側水槽内の温度変化及び水流をなるべく少なくし、対流が起きないように配慮した。なお、水槽内には生理食塩水を満たし、水温は37℃を保持した。

通常の光ファイバ(直径 ϕ 0.6mm, 先端部にレンズなし)によるレーザー出力及び対象物までの距離に対する焼灼痕の直径及び深さとの関係のグラフを Fig.9 に示す。焼灼程度は照射痕の直径と深さを顕微鏡にて計測した。計測結果から、対象物までの距離とレーザー出力の変化によって焼灼結果が大きく変動していることがわかる。ところで、距離5mm で出力40W の場合、対象物の表面が激しく破裂しており、実際の手術においても、過出力には十分気をつける必要があると言える。



側面図

鉗子導入口(5ヶ所)



外観写真

Fig.8 胎内模擬試験用水槽

次に、複合型光ファイバコープ(先端部に石英製レンズあり)によるレーザー出力及び対象物までの距離に対する焼灼痕の直径及び深さとの関係のグラフを Fig.10 に示す. 試験の結果から、距離 10mm において、出力変化に対して照射痕の直径と深さがそれぞれ変動しておらず、常に一定の焼灼結果が得られている。また、対象物との距離が 10mm を超えると極端に焼灼性能が減少していることも明らかとなった。これは、先端部に装着したレーザー集光兼映像取得用石英レンズの焦点距離を 10mm として設計・製作しているため、対象物との距離がレーザー焦点距離を超えると、画角と同様にレーザー光が拡がっているためであるが、反面、安全性が確保できるといえる。

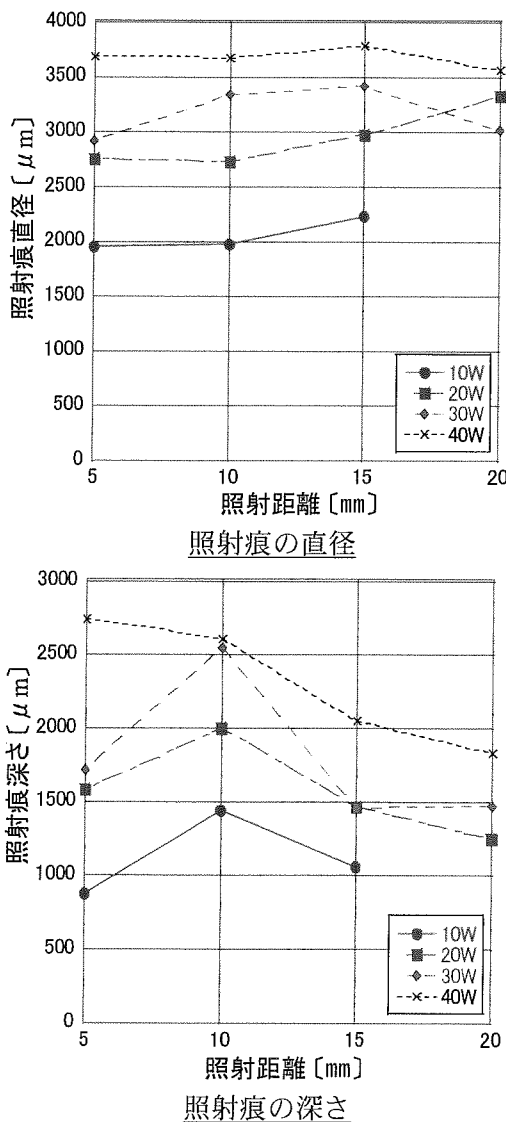


Fig.9 通常の光ファイバ(φ0.6mm)を使用したレーザー焼灼試験の結果:レーザー出力及び対象物までの距離に対する焼灼痕の直径及び深さとの関係

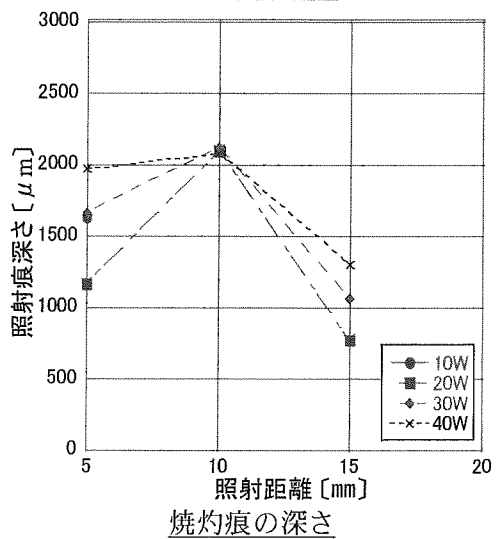
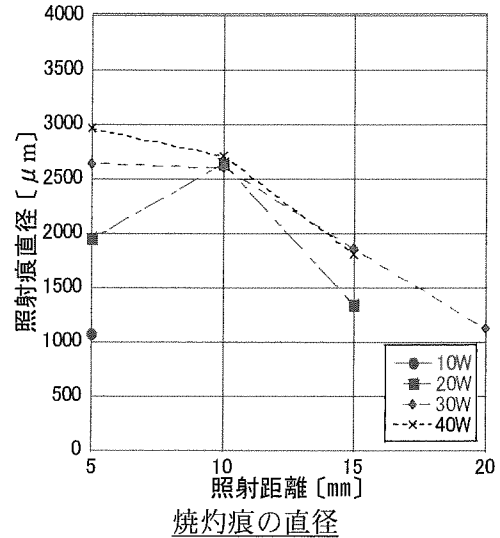


Fig.10 複合型光ファイバコープを使用したレーザー焼灼試験の結果:レーザー出力及び対象物までの距離に対する焼灼痕の直径及び深さとの関係

(2) 内視鏡画像を拡大表示する方法

これまでに研究されている内視鏡の視野を拡大する方法では、センサや手術用ロボットを使用して内視鏡カメラの動き及び位置情報を取得し、それに合わせて画像を拡大表示している。

しかし、実際の手術において、患者は常に一定位置に固定されているわけではないため、内視鏡の絶対位置情報や相対位置取得のためにはキャリブレーションが必要であり、また、センサを取り付けることにより術者の操作が煩雑になるという問題点が挙げられる。そこで本研究では、視野範囲の拡大のため、履歴画像を用いて作業空間についての大きな静止画マップを作り、実映像と重ね合わせて表示するシス

テムを検討した。言い換えると、術者の手振れを明に利用して画像領域を拡張するソフトウェアを開発するものである。これによって、視野範囲の拡大化と、胎内における胎盤や胎児のマッピングの簡単化を目指した。

開発したシステムは、①前処理部、②映像表示部、③静止画像抽出部、④静止画像整形部、⑤静止画像貼り合わせ部、⑥貼り合わせ映像表示部の6つのパートから構成され、内視鏡カメラから取得した画像のみを元にリアルタイムで擬似広角画像を作成し、左右、上下、前後、回転、など内視鏡カメラの不規則な速度変化に対応した。本システムは CPU3.6GHz×2、メモリ 4GB、FSB 800MHz のパーソナルコンピュータで構成した。開発したソフトウェアを使用し、各パートの処理毎に分けて豚足を観察した様子を Fig.11 に示す。

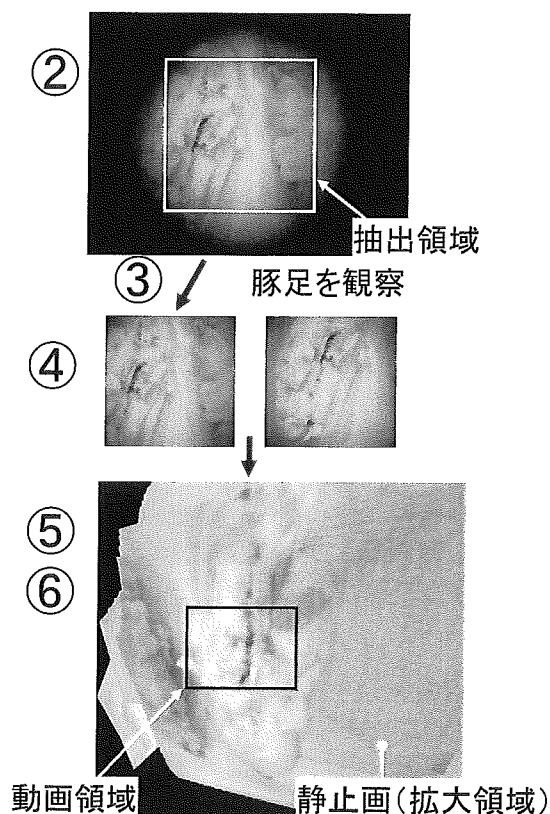


Fig.11 画像拡大処理の流れ

観察試験の結果、背景が黄色で、観察対象が豚足のような背景と対象物が見分け難い場合でも、問題なく特徴点が抽出でき、画像拡大が可能であることが示された。しかし、更新周期が最大で 5Hz 程度であり、本システムの処理速度が遅いという結果となった。

D. 考察

(1) レーザー照射機能を有する内視鏡システムの試作

今年度は極細径の複合型光ファイバの先端部に石英製のレーザー集光兼画像結像用レンズを適用し、外径 2.2mm の複合型光ファイバスコープを完成させた。基本性能試験の結果、レーザー集光性能は良いが、画像結像範囲(焦点深度)が狭く、画角がやや狭くなった。反面、それによって、焼灼性能も 10mm の焦点距離で最大の効果を発揮することができ、常に一定の焼灼性能が得られることが明らかとなった。また、焦点からずれた場合には焼灼性能が低下して、焼き過ぎを防止するという安全性も確保できている。この先端部に装着するレンズ材質を他の材質に変更し、屈折率を変えることで、レーザー集光性能と画像結像性能のバランスを見直し、更なる焼灼性能の向上とレーザー光の過出力に対する安全性の確保ができるのではないかと考えられる。また、対象物に別の波長の光を照射することで、距離情報及び血管の血流状態を取得可能であると推察され、今回製作したカップリング装置を改造し、これらの機能を融合させることができると考えられる。平成 18 年度はこうした改良を加えつつ、先端レンズをさらに小型化し、複合型光ファイバスコープの全体外径を 1mm 程度に小型化することも検討予定である。

(2) 内視鏡画像を拡大表示する方法

内視鏡カメラの画像を画像情報のみで拡大する方法を開発し、観察試験を行った結果、背景が黄色で、観察対象が豚足のような背景と対象物が見分け難い場合でも、問題なく特徴点が抽出でき、画像拡大が可能であることが示された。しかし、画像処理の受け渡しにハードディスクを使用しており、保存・読み出しに時間がかかり、画像更新周期が遅くなった。そこで、ハードディスクを介さずにメモリ上での受け渡しを実装することで更新周期の向上を計ることができると考えられる。また、特徴点の比較方法には、特徴点付近の画像の特徴量を使用している。しかし、特徴量のみでの比較では画像の張り合わせを失敗することがある。そこで、特徴量の比較後に、対応する各特徴点の位置関係を調べることで解消することができると考えられる。平成 18 年度にはこうした検討を行う予定である。また、実際の羊水中において内視鏡カメラで撮影された画像を利用し、画像拡大試験を実施したい考えである。

E. 結論

今年度は外径 2.2mm のレーザー照射機能と観察機能が一体化した内視鏡システムの試作に成功した。本システムを使用して基本性能試験を行った結果、通常の光ファイバを使用したレーザー焼灼と比較し、複合型光ファイバスコープはレーザー出力の変動によらず、焼灼痕の大きさと深さが常に一定であり、安定した焼灼が可能であることが示された。並行して、視野の狭い内視鏡カメラからの映像のみを利用して、画像拡大を行う方法を開発し、その有効性を確認した。

F. 健康危険情報 統括報告書に記載

G. 研究発表

1. 論文発表 なし

2. 学会発表

- [1] Kiyoshi Oka, Tetsuya Nakamura, Kanako Harada, Yoshinao Ohkawa, Tsuneo Hidaka, Toshio Chiba, "Development of laser forceps for fetal surgical treatment", World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering (WC2006), Aug.27-Sep.1, 2006 COEX Seoul, Korea

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

- [1] 内視鏡画像拡大方法(出願準備中)
[2] 胎内における外科治療用レーザー内視鏡(出願準備中)

研究 成果 の 刊 行 に 関 す る 一 覧 表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の 編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
本年度は該当なし							

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
<u>Chiba T</u> , <u>Yamashita H</u> , <u>Dohi T</u> .	Newly developed endoscopic forceps manipulator for intrauterine surgery.	Proc.of IFMSS 2005 24th annual meeting			2005
Tetsuji Dohi, Kiyoshi Matsumoto, <u>Isao Shimoyama</u> .	“The Flexible Micro Resonator for the Magnetic Resonance Catheter,”	The 13th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems		2143-2146	2005
<u>千葉敏雄</u> , <u>北野良博</u> , <u>北川道弘</u>	先天性横隔膜ヘルニアと胎児外科治療 (2)	診断と治療社	72(4)	486-491	2005
<u>千葉敏雄</u> , <u>北野良博</u> , <u>北川道弘</u>	先天性横隔膜ヘルニアと胎児外科治療 (3)	診断と治療社	72(5)	626-631	2005
<u>千葉敏雄</u>	横隔膜ヘルニア	医学書院	59(9)	1249-1257	2005
<u>千葉敏雄</u> , <u>北野良博</u> , <u>黒田達夫</u> , <u>本名敏郎</u> , <u>北川道弘</u>	先天性嚢胞性肺疾患 (CCAM) に対する胎児手術	東京医学社	37(6)	649-657	2005
<u>千葉敏雄</u>	胎児に対するコンピュータ支援手術/治療の可能性	第14回日本コンピュータ外科学会大会・第15回コンピュータ支援画像診断学会大会合同論文集		31-32	2005
<u>山下 紘正</u> , <u>松宮 潔</u> , <u>正宗 賢</u> , <u>廖 洪恩</u> , <u>千葉 敏雄</u> , <u>土肥 健純</u>	胎児外科手術用多自由度屈曲マニピュレータの開発	第14回日本コンピュータ外科学会大会・第15回コンピュータ支援画像診断学会大会合同論文集		239-240	2005
<u>坪内広太</u> , <u>原田香奈子</u> , <u>千葉敏雄</u> , <u>絵野沢伸</u> , <u>藤江正克</u>	胎児手術用吸引型スタビライザの開発	第14回日本コンピュータ外科学会大会/第15回コンピュータ支援画像診断学会大会合同論文集		45-46	2005
<u>原田香奈子</u> , <u>中村哲也</u> , <u>千葉敏雄</u> , <u>藤江正克</u>	低侵襲胎児手術を対象としたレーザー搭載微細マニピュレータ	第14回日本コンピュータ外科学会大会/第15回コンピュータ支援画像診断学会大会合同論文集		221-222	2005

研 究 成 果 に 関 す る 一 覧 表

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
中村 亮一, 鈴木 浩一, 村垣 善浩, 伊関 洋	直感的な作業進捗度・重要度理解のためのカラー等高線機能を備えた脳神経外科手術用ナビゲーションシステム	第14回日本コンピュータ外科学会大会/第15回コンピュータ支援画像診断学会大会合同論文集		153-154	2005
Satoshi Hayashi, Haruhiko Sago, Reiko Hayashi, Satoshi Nakagawa, Michihiko Kitagawa, Katsuyuki Miyasaka, Toshiro Chiba, Michiya Natori.	Manifestation of Mirror Syndrome after Fetoscopic Laser Photocoagulation in Severe Twin-Twin Transfusion Syndrome.	Fetal Diagn Ther	2006(21)	51-54	2006
Kanako Harada, Tetsumiya Nakamura, Toshiro Chiba, Masakatsu G. Fujie.	Bending Laser Manipulator for Intrauterine Surgery.	IEEE / RAS-EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechanics (BioRob2006)		Day3-160	2006
千葉敏雄, 北川道弘	胎児胸水の管理と治療	診断と治療社	73(1)	111-116	2006
千葉敏雄	胎内治療	メディカ出版	2006(1)	442-463	2006
千葉敏雄, 上岡克彦	胎児閉塞性尿路疾患の周産期管理と治療(1)	診断と治療社	73(2)	244-248	2006
千葉敏雄, 上岡克彦	胎児閉塞性尿路疾患の周産期管理と治療(2)	診断と治療社	73(3)	373-378	2006
Kota Tsubouchi, Shin Enosawa, Kanako Harada, Jun Okamoto, Masakatsu G. Fujie, Toshio Chiba.	Evaluation of relationship between viscoelastic stress and strain of fetal rat skin as a guide for designing structure and dynamic performance of manipulator for fetal surgery.	Surgery Today		in press	2006
Kanako Harada, Kentaro Iwase, Kota Tsubouchi, Toshio Chiba, Kousuke Kishi, Tetsumiya Nakamura, Masakatsu G. Fujie.	Manipulator and forceps navigation for intrauterine fetal surgery.	Journal of Robotics and Mechatronics		in press	2006
R. Nakamura, H. Suzuki, Y. Muragaki, H. Iseki	Neuro-navigation system with colour-mapped contour generator for quantitative recognition of task progress and importance.	Proc. of 19th International Congress and Exhibition of Computer Assisted Radiology and Surgery CARS2006		acceptd	2006