

brain synapses. Glial biology: Functional interactions among glia & neurons. Gordon Research Conference 2006. Ventura, Mar.

- 30) 山田千晶, 繁富英治, 鈴木岳之(共立薬大), 加藤総夫. *In vivo* 神経節 gene-silencing によるシナプス伝達の機能的変化. 第 80 回日本薬理学会年会. 名古屋, 3 月. [J Pharmacol Sci 2007; 103(Suppl 1): 103]
- 31) 加藤総夫, 井村泰子. グリア伝達物質による神経興奮非依存性シナプス伝達誘発. 第 84 回日本生理学会大会シンポジウム. 大阪, 3 月. [J Physiol Sci 2007; 57(Suppl): S10]
- 32) 山田千晶, 繁富英治, 鈴木岳之(共立薬大), 加藤総夫. アデノシン受容体の *in vivo* 神経節ノックダウンによるシナプス前抑制の減弱. 第 84 回日本生理学会大会. 大阪, 3 月. [J Physiol Sci 2007; 57(Suppl): S149]
- 33) 山本清文, 井村泰子, 繁富英治, 野口 淳, 加藤総夫. 孤束複合体シナプス前性短期可塑性のシナプス後ニューロン依存的差異. 第 84 回日本生理学会大会. 大阪, 3 月. [J Physiol Sci 2007; 57(Suppl): S149]
- 34) 高野一夫, 加藤総夫. 迷走神経吸息促進反射に対する孤束核 P2X 受容体遮断効果は求心性発火頻度依存的である. 第 84 回日本生理学会大会. 大阪, 3 月. [J Physiol Sci 2007; 57(Suppl): S213]

## 高次元医用画像工学研究所

教授: 鈴木 直樹 医用生体工学, 医用画像工学, 医用高次元画像, 医用バーチャルリアリティ, 生物工学, 生物学

講師: 服部 麻木 医用生体工学, 医用画像工学, 医用高次元画像, 医用バーチャルリアリティ

### 研究概要

#### I. リアルタイムイメージングによる高次元医用画像の臨床への応用

CT や MRI などの画像診断装置から, 無侵襲に得た生体の機能的, 形態的データを用いた医用高次元画像技術の開発およびその臨床応用に関する研究を行っている。特に, 各臨床の現場に即した三次元・四次元画像の応用法, そのための高速処理表示法などの開発を行っている。いずれも本学各講座ほか, 九州大学, 大阪大学, 北米メイヨークリニックなどとの共同研究として進めている。

#### II. 術中支援用 Data fusion システムの開発

術中に肉眼では見ることができない皮膚や臓器の下の血管や腫瘍等の内部構造を三次元像として術野に重畳表示する術中ナビゲーションシステムの開発を行っている。これまでにロボット手術用 Data fusion システムや第三病院手術棟内に設計, 建築したハイテクナビゲーション手術室におけるナビゲーションシステムの開発を行ってきた。本年度では, ハイテクナビゲーション手術室にて, ビデオスルー方式のナビゲーション画像表示装置を用いて, 本学外科学講座との共同研究で, 本学倫理委員会の承諾を得て, 肝臓手術 2 例および血管外科手術 1 例におけるナビゲーション手術を行った。

#### III. 無拘束計測による人体動作の時空間的解析システムの開発

全身動作を無拘束な状況で定量的に計測するために, 外径 4 m のリング上に 60 台, リングの上部に 5 台のデジタルビデオカメラがリング中央を向くように配置され, 全カメラが同期して撮影を行うことが可能な装置, DSVC(Dynamic Spatial Video Camera)の開発を行っている。本研究は, DSVC と全身 MRI 画像から構築した骨格モデルを用いて, 無拘束状況下で人体の全身動作に伴う骨格構造動態変化の

解析を可能とすることを目的としている。本年度では、DSVCで獲得した被験者の体表面形状と標準体型の骨格モデルを最適変形化（サイジング）し、体表面上の各部の動きを関節角度の変化に換算し、無拘束状況下で被験者の全身の骨格構造動態の推定と、その可視化を実現した。

#### IV. 内視鏡型ロボットシステムの開発

経口的に腹腔内に到達し、腹腔内臓器に対して手術手技を実施すること（いわゆる NOTES）が可能な内視鏡型手術ロボットシステムの開発を行っている。これまでに左右の鉗子アームにより自由な外科的処置が消化管内で可能な内視鏡ロボットの設計、製作を行ってきた。この一連の過程で、本ロボットのコンセプトを拡張し、血管内での手技が可能なロボットシステムの開発を行った。本ロボットは、その先端に小型のステレオ CCD カメラと2つの鉗子型マニピュレータ、および鉗子孔を持ち、血管内での作業が可能なサイズとしたロボットである。また血管内でクリアな術野を確保するための機構を設けるとともに、リアルタイム四次元超音波断層法を用い、術中ナビゲーションを行うことも可能とした。

#### V. 手術シミュレーションシステムの腹腔鏡手術への応用

腹腔鏡下大腸切除術において、術前に患者の血管走向や他臓器との位置関係を正確に把握し、手術手順などの検討やトレーニングを行う手術シミュレーションシステムの開発を行っている。本システムでは、患者ごとの臓器データを軟組織モデルとして扱うことができ、リアルタイムかつインタラクティブにシミュレーションを実行することが可能となった。本年度では、本学倫理委員会の承諾を得て、腹腔鏡補助下大腸切除術（Laparoscopic Assisted Colorectal Surgery, LACS）5症例に対して術前シミュレーションを適用した。その結果、術前に郭清範囲および処理する血管を決定することができるようになり、手術自体の安全性の向上を目指した。

本研究は本学外科学講座との共同研究で行っている。

#### VI. 設置人工関節動作の可視化とその解析システムの開発

人工股関節設置後患者の下肢骨格の CT データより骨格モデルを再構築し、患者の日常動作データをその骨格モデルに与え駆動することで、動作時の人工股関節周辺の状態をリアルタイムかつ定量的に解

析するシステムの開発を行っている。また、術中にリアルタイムに人工骨頭上での圧力を計測可能なセンサを作製し、術前に構築した患者の骨格・骨格筋モデルと術中計測結果に基づき、患者ごとに最適なインプラント設置を支援するシステムを開発した。本システムを用いることで、人工股関節全置換術後患者の股関節可動範囲と、股関節に加わる圧力とを同時に可視化、解析することが可能となった。これにより、患者ごとに脱臼のリスクのある肢位を予測し、術後の日常生活動作における脱臼を最小限に抑えるインプラントの形状を選択する指標を得ることができたと考える。

本研究は大阪大学医学部との共同研究として行っている。

#### VII. 四次元人体モデル「Virtual Anatomia」の開発

「生きているヒト」の詳細な解剖学的形状を持ち、かつ心臓の内部や全身骨格の動態も四次元データとして併せ持つ人体モデル、「Virtual Anatomia」の開発をソフトウェア企業との共同研究で行っている。このデジタル人体モデルは、正常ボランティアの全身 MRI データから構築し、骨格系、内臓系、血管系をあわせ、421 パーツから構成されている。また、全身の構造をインタラクティブに任意の視点で観察、解析することを可能とした。さらに、心臓が拍動する際の内部の動態変化もリアルタイムに観察することができる。また、複数の日常動作に対する骨格動態の四次元データを搭載することで、時空間的に自由な環境で全身骨格の動きを観察、解析することも可能とした。

#### 「点検・評価」

本年度の方針としては、昨年終了した文部科学省ハイテクリサーチセンター整備事業プロジェクトテーマ「医用バーチャルリアリティ（VR）による医学・工学連係体制での新治療法の開発」で培った開発技術を発展させ、これらをさらに臨床応用へ向かわせるための努力を行った。同整備事業により第三病院内に設置されたハイテクナビゲーション手術室を利用した、学内臨床各科との共同で行ったナビゲーション手術の臨床試験もこの活動の範疇に入る。また内視鏡手術ロボットの技術開発に関しては文部科学省科学研究費補助金（基盤研究（S））によるプロジェクトに継承することができ、これも九州大学医学部などの応援を得て、現在順調に進めることができていると考える。

学会関連では、平成18年10月に本研究所が主催して第15回日本コンピュータ外科学会大会(大会長、鈴木直樹)を、本学U1棟を会場として開催することができた。同学会は平成6年に当時の本学放射線医学教室故川上憲司教授が同学会第3回大会を主催して以来12年ぶりの本学での開催となった。

また鈴木直樹は平成19年1月に北米カルフォルニアに本部を持つ国際学会であるMedicine Meets Virtual Realty (MMVR) からThe Satava Award (サタバ賞)を授与された。MMVRは、バーチャルリアリティを医学に応用することを推進することを目的とし、同賞はこの分野に貢献し、かつこれからの医学に新しいビジョンを持つ一個人もしくは一団体に与えられる年次賞であった。同賞は今年で13回目となり、はじめての日本人受賞となった。

また、本研究所の研究成果をできるだけ広い分野に貢献することを考え、4次元人体図鑑ソフトウェア「Virtual Anatomia」を開発し、ソフトウェア企業の協力を得て市販を開始した。同ソフトウェアはデジタル化された人体の3次元的な構造を、心拍動などの4次元的变化を含めてリアルタイムに扱える機能を持たせた、新しい形式の定量的人体データベースとなった。

なお、本研究所としてはこれからも学内、学外との緊密な共同研究体勢を維持するとともに、国外の同じ領域の研究機関との良い意味での競争力の強化、国際共同研究活動の強化を目指し、今後も努力を続ける所存である。

## 研究業績

### I. 原著論文

- 1) Suzuki N, Hattori A, Suzuki S, Otake Y. Development of a surgical robot system for endovascular surgery with augmented reality function. Stud Health Technol Inform 2007; 125: 460-3.
- 2) Takatsu A, Suzuki N, Hattori A, Shigeta A, Abe S. High-dimensional medical imaging and virtual reality techniques. Rechtsmedizin 2007; 17(1): 13-8.
- 3) Suzuki S, Suzuki N, Hattori A, Eto K, Yanaga K. Surgery simulation using patient-specific models for laparoscopic colectomy. Stud Health Technol Inform 2007; 125: 464-6.
- 4) Otake Y, Suzuki N, Hattori A, Miki H (Osaka National Hospital), Yamamura M (Kyowa-kai Hospital), Yonenobu K (Osaka Minami National

Hospital), Ochi T (Sagamihara National Hospital), Sugano N (Osaka Univ). System for intraoperative evaluation of soft-tissue-generated forces during total hip arthroplasty by measurement of the pressure distribution in artificial joints. Comput Aided Surg 2007; 12(1): 53-9.

- 5) Otake Y, Suzuki N, Hattori A, Shigeta Y<sup>1)</sup>, Ogawa T<sup>1)</sup>, Fukushima S<sup>1)</sup>, Kobayashi K<sup>1)</sup> (<sup>1</sup>Tsurumi Univ), Uchiyama A (Waseda Univ). Real-time mandibular movement analysis system using 4-dimensional cranial bone model. Systems and Computers in Japan 2006; 37(8): 1-12.
- 6) 鈴木薫之, 鈴木直樹, 服部麻木, 小西晃造<sup>1)</sup>, 家入里志<sup>1)</sup>, 橋爪 誠<sup>1)</sup> (<sup>1</sup>九大). 手術計画・訓練・教育のための遠隔手術シミュレーション. MED IMAG TEC 2007; 25(1): 25-30.

### II. 総説

- 1) 大竹義人, 鈴木直樹, 服部麻木, 重田優子<sup>1)</sup>, 小川匠<sup>1)</sup> (<sup>1</sup>鶴見大). リアルタイムイメージングを用いた人体の動作解析システム. 画像ラボ 2006; 17(4): 16-8.
- 2) 鈴木薫之, 鈴木直樹. 患者臓器モデルを用いた手術シミュレーション. 日コンピュータ外会誌 2006; 8(2): 77-80.
- 3) 鈴木薫之, 鈴木直樹. 医用VR技術を活用した手術シミュレーションシステム. 3D映像 2006; 20(2): 16-21.

### III. 学会発表

- 1) Suzuki N, Hattori A, Hayashibe M, Suzuki S, Otake Y, Fukuyo T (Shinko Optical), Kobayashi S. Design of a surgical robotic system for cardiac and endovascular surgery. Computer Assisted Radiology and Surgery 20th International Congress and Exhibition. Osaka, June.
- 2) Suzuki N. (Invited lecture) The 3D medical image and surgical simulation. Computer Assisted Radiology and Surgery 20th International Congress and Exhibition. Osaka, June.
- 3) Otake Y, Suzuki N, Hattori A, Hayashibe M, Miki H<sup>1)</sup>, Yamamura M (Kyowa-kai Hospital), Sugano N<sup>1)</sup> (<sup>1</sup>Osaka Univ), Yonenobu K (Osaka Minami National Hospital), Ochi T (Sagamihara National Hospital). Evaluation of hip dislocation in a patient after total hip arthroplasty by intraoperative measurements of soft-tissue-generated forces and with a 4D muscle model. Computer Assisted Radiology and Surgery 20th International Congress and Exhibition. Osaka, June.

- [International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery]
- 4) Saito T (Waseda Univ), Suzuki N, Hattori A, Hayashibe M, Suzuki S, Otake Y. Marker-less whole body skeletal motion analysis based on a body surface model constructed from multi-camera images. Computer Assisted Radiology and Surgery 20th International Congress and Exhibition. Osaka, June. [International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery]
  - 5) Hattori A, Suzuki N, Suzuki S, Hayashibe M, Otake Y, Kobayashi S. General development plan of surgical robotic systems. Computer Assisted Radiology and Surgery 20th International Congress and Exhibition. Osaka, June. [International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery]
  - 6) Suzuki S, Suzuki N, Hattori A, Konishi K<sup>1)</sup>, Ieiri S<sup>1)</sup>, Hashizume M<sup>1)</sup> (Kyushu Univ Hospital). Tele-surgery simulation experiment of da Vinci surgery training between Japan and Thailand. Computer Assisted Radiology and Surgery 20th International Congress and Exhibition. Osaka, June. [International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery]
  - 7) Suzuki S, Suzuki N, Eto K, Hattori A, Yanaga K. Laparoscopic colorectal surgery simulation using real-time deformable model with anisotropic tissue properties. Computer Assisted Radiology and Surgery 20th International Congress and Exhibition. Osaka, June. [International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery]
  - 8) Nakata N, Oowaki K, Fukuda K, Suzuki N. RadXOOPS: interactive radiology education using open source e-learning content management server and low cost portable client devices. Computer Assisted Radiology and Surgery 20th International Congress and Exhibition. Osaka, June. [International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery]
  - 9) Hayashibe M, Suzuki N, Hattori A, Otake Y, Suzuki S. 3D organ shape acquisition for laparoscopic surgery navigation using infrared camera. Computer Assisted Radiology and Surgery 20th International Congress and Exhibition. Osaka, June. [International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery]
  - 10) Murakami EA, Suzuki N, Hattori A, Hayashibe M, Suzuki S, Otake Y. Contact force estimation from the driving wire tension of master-slave endoscopic surgery robot. Computer Assisted Radiology and Surgery 20th International Congress and Exhibition. Osaka, June. [International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery]
  - 11) 鈴木直樹. リアルタイムイメージングのリハビリテーションへの応用. 第43回日本リハビリテーション医学会学術集会. 東京, 6月.
  - 12) 鈴木直樹. リアルタイムイメージングが拓く新しい医療と地球の過去. 第10回岐阜シンポジウム. 岐阜, 7月.
  - 13) 鈴木直樹. VR技術を用いた手術シミュレーションとナビゲーション. 第6回日本VR医学会学術大会. 大阪, 9月.
  - 14) 鈴木直樹. 生体の四次元的計測と解析. 第48回歯科基礎医学会総会. 横浜, 9月.
  - 15) 鈴木直樹. 可視化技術で見る人間の未来と地球の過去. 可視化情報学会二十五周年記念特別セミナー. 東京, 10月.
  - 16) 服部麻木. 医用VR技術のロボット外科への応用. 第10回日本適応医学会学術集会. 東京, 6月. [日本適応医学会第10回学術集会抄録集]
  - 17) 斎藤俊邦(早稲田大), 鈴木直樹, 服部麻木, 鈴木薫之, 大竹義人. DSVCを用いたマーカーレス動作解析システム～全身動作を対象とした骨格構造の動態推定と定量的解析～. 第15回コンピュータ外科学会大会. 東京, 10月. [第15回コンピュータ外科学会大会・第16回コンピュータ支援画像診断学会大会合同論文集]
  - 18) 中田典生, 鈴木直樹, 鈴木薫之, 大竹義人, 服部麻木, 福田国彦. 分散型CTデータ保存についての検討: コンピュータ手術シミュレーション時代の画像保存の実用的提案. 第15回コンピュータ外科学会大会. 東京, 10月. [第15回コンピュータ外科学会大会・第16回コンピュータ支援画像診断学会大会合同論文集]
  - 19) 鈴木直樹, 服部麻木, 鈴木薫之, 大竹義人, 小林進. 血管内治療のための手術ロボットシステムの開発. 第15回コンピュータ外科学会大会. 東京, 10月. [第15回コンピュータ外科学会大会・第16回コンピュータ支援画像診断学会大会合同論文集]
  - 20) 衛藤謙, 鈴木薫之, 鈴木直樹, 服部麻木, 小菅誠, 横山正人, 渡部通章, 小川匡市, 穴澤貞夫, 矢永勝彦. 腹腔鏡補助下大腸切除術における手術シミュレーションシステムの臨床応用. 第15回コンピュータ外科学会大会. 東京, 10月. [第15回コンピュータ外科学会大会・第16回コンピュータ支援画像診断学会大会合同論文集]