

## 科学研究費補助金研究成果報告書

平成 24 年 5 月 25 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究 (A)

研究期間：2009～2011

課題番号：21680044

研究課題名 (和文) 三次元医用画像における構造・力学特性の統合表現法の開発

研究課題名 (英文) On integration of structure and physical properties into three-dimensional medical images

研究代表者

中尾 恵 (Megumi NAKAO)

京都大学・情報学研究科・准教授

研究者番号：10362526

研究成果の概要 (和文)：

本研究では、世界初のモデリングフリー術前シミュレーションの概念を提案し、大規模化する三次元医用画像における人体・臓器の構造・力学特性の統合表現法を開発する。研究期間において、本概念を具現化する構造・力学特性の記述形式と手術中に想定される手術プロセスの可視化・共有を可能とする弾性変形計算・レンダリング方法を考案した。試作したモデリングフリー手術計画支援システムを関連大学病院の術前計画に導入し、患者実測データを適用した試用試験を通して提案手法の妥当性、試作システムの有用性を評価した。

研究成果の概要 (英文)：

This research proposes a novel concept of modeling-free preoperative simulation and develops a set of methods on integration of structure and physical properties into three-dimensional medical images. We described a format for storing structure and physical properties and produced deformation/rendering methods to visualize surgical process. The developed modeling-free preoperative planning system was introduced to cooperated university hospital. The performance and usability were validated through several tests using several patient CT data.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
21年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
22年度	2,700,000	810,000	3,510,000
23年度	2,000,000	600,000	2,600,000
年度			
年度			
総計	9,300,000	2,790,000	12,090,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・医用システム

キーワード：医用グラフィクス, 弾性変形, 医用画像処理, 手術支援

## 1. 研究開始当初の背景

近年、内視鏡下手術に代表される先端医療技術の普及とその安全管理、手術時間の短縮と医師の負担減少などが患者と医師の双方のニーズとなっている。CTやMRIなどの撮像機器の進歩により、一人の患者から一回で1000枚程度の大規模な断層画像集合(以下、

三次元医用画像)が取得される機会も増加し、診断だけでなく、手術計画や術中ナビゲーションへの利用が期待されている。医用画像のセグメンテーションに代表される画像認識・分類に関する研究により、多くの臓器を解剖学的単位で抽出できるようになりつつある。一方、手術計画や術中ナビゲーション

に必要不可欠な人体・臓器の局所構造と力学特性に関する情報は別の枠組みとして扱われてきた。整形・形成領域などでは三次元医用画像から表面形状モデルを作成し、複雑な形状を持つ硬組織同士の接合方法の計画や応力解析などに用いられている。しかし、現状では形状・力学モデルの製作に四面体メッシュ形式などに関する工学知識が必要で、かつ、時間も要している。症例データごとに逐次メッシュの制作を必要とする従来の方式は、多忙な医師が数日後に実施する手術をシミュレートするという臨床現場におけるニーズに十分に答えられていない。さらに生体の大部分を占める軟組織に関してはその力学現象の複雑さと計測の困難さ故に、シミュレート対象とすること自体が難しく、力学計算モデルを含めて解決が望まれる研究テーマとなっている。

これら課題を踏まえ、提案者は三次元医用画像と生体の構造・力学特性に関する情報を統合的に扱う方式を模索してきた。医師が医用画像を読み込むだけで、モデリングフリーで手術プロセスや術中に生じる力学現象を即座に検討できるワンクリック術前シミュレーション環境、及び、そのために必要な次世代の医用画像・力学特性の記述形式の枠組みについて検討してきた。本枠組みは、手術シミュレーションへの応用を前提として人体・臓器の複雑な力学特性を効果的にモデル化し、かつ、シミュレーションの実施に要する知識・作業コストのハードルを大幅に下げられる可能性を持つ。国内多数の機関で開発されている手術シミュレーションの医師による実用を可能にし、臨床現場における普及に大きく貢献できるものと考え、本着想に至った。

## 2. 研究の目的

本研究では、次世代のモデリングフリー術前計画支援(図1)の確立を目指し、三次元医用画像における人体・臓器の局所構造・力学特性の統合表現法を開発する。三次元医用画像は中身の詰まったボリュームデータで

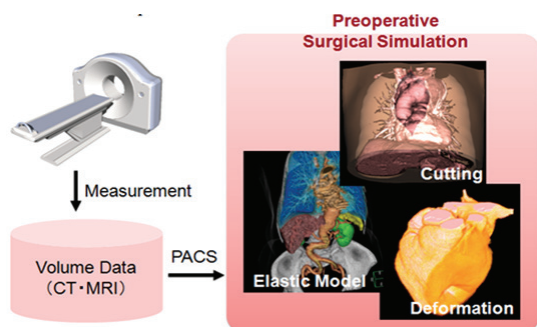


図1. 構造・力学特性付き医用画像によるモデリングフリー術前シミュレーション概念図

ある。ボリュームレンダリングに代表されるボリューム可視化技術は三次元医用画像をディスプレイに投影し、その投影方法を変化させる。我々は画素値のみではなく、構造・力学特性モデルをバックグラウンドで併用する。

従来から構造力学解析におけるメッシュ形式は特定の表面形状を定義し、力学特性を頂点単位で定義する別のデータ構造として用いられてきた。これに対し本研究では、表面形状のみを扱うのではなく、ボリューム空間全体を個々の医用画像に最適な頂点配置でサンプリングし、かつ、局所構造と力学条件を併せ持つボリュームサンプリングメッシュの概念を提案する。本メッシュをボリューム空間に重畳して持つことで、生体内部の硬さの分布、接触状態などの力学的関係を手術シミュレーションに妥当なサンプリング間隔で定義する。図2は一例として非常にサンプリング間隔が非常に大きい場合のイメージ図であり、各頂点の色が固定点や操作点などの力学条件の属性を示している。患者ごとのCT/MRIなどの三次元医用画像の撮像後、即座にこの構造・力学特性の統合処理を実施し、以後構造・力学特性付き三次元医用画像として管理することを想定している。

患者個人の三次元医用画像からモデリングフリーで即座に術前シミュレーションを可能とする点において、従来のシミュレーションプロセスの概念から飛躍があり、新たな情報処理技術の創生が見込める。また、我が国はCTの普及率が世界一であり、世界に先駆けて医用画像と構造・力学特性の統合形式を整備することは意義が大きい。泌尿器科、呼吸器外科、心臓血管外科の外科医らのニーズに基づいて、臨床現場への導入を試みる点も特色の一つである。本研究の遂行により、臨床における下記のような社会的、学術的貢献が見込める。

- 三次元医用画像を処理する放射線科医師らの負担減少
- 複雑で手間が要するシミュレーション

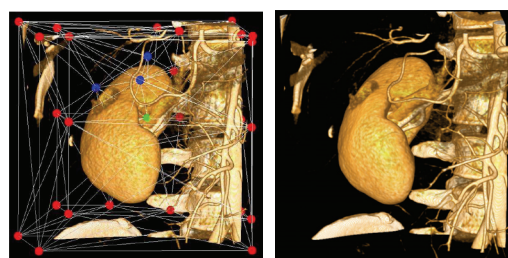


図2(左) ボリュームサンプリングメッシュと(右) 手術時における臓器変形の表現

プロセスからの脱却と三次元医用画像の利用率向上

- 各診療科における綿密な術前計画と外科医の間での情報共有
- 術中における計画内容の動的参照による手術安全性の向上

### 3. 研究の方法

本研究期間において、概ね次の4項目に関して研究開発を実施した。

- A) 三次元医用画像における構造・力学特性の統合記述形式の開発
- B) 提案形式上での手術プロセスの表現法とそのデータベースの構築
- C) 臓器の大変形および切開・切除などの複雑な力学現象のリアルタイム演算
- D) モデリングフリー術前シミュレーション試作システムの開発と試用試験

初年度は本概念を具現化する記述形式と力学演算・可視化の基本アルゴリズムを開発し、ボリュームデータに対する一般的な変形・加工操作をユーザによるモデリング作業を必要とせずに表出することを目指した。三次元医用画像の空間全体を求める表現に応じてサンプリングし、かつ、局所構造と力学条件をバックグラウンドで併せ持つ新たなメッシュの概念を提案した。

次年度は、症例や手術に合わせて臓器の空間分布や弾性情報を保持したボリュームサンプリングメッシュを構築し、構造・力学特性パラメータを個人の医用画像に最適化するアルゴリズムを開発した。また、提案する構造・力学特性付き三次元医用画像の枠組みの上で、手術中に想定される手術プロセスを術前に精緻にシミュレートするための力学変形演算・可視化方法を開発した。

最終年度では、構築した理論・アルゴリズムに基づいたモデリングフリー手術計画支援システムを開発した。関連大学病院の術前計画に導入し、患者実測データを適用した試用試験を通して開発モデルの妥当性、試作システムの有用性を評価した。

### 4. 研究成果

初年度は、提案するモデリングフリー術前計画支援の概念を具現化する記述形式と力学変形演算・可視化の基本アルゴリズムを開発することを目指した。具体的な研究成果は下記のとおりである。

- (1) 三次元医用画像における構造・力学特性の統合記述形式の開発  
三次元医用画像に構造・力学特性を統合するための基本構造となる新しいメッシュ（ボリューム代替メッシュ）の概念について探究し、

その具体的な記述形式を定めた。

- (2) 生体内部・臓器の局所力学特性の付与方式の開発

三次元医用画像を硬組織からなる非変形領域と軟組織からなる変形領域に分類し、レンダリングされた像に対して直接的に弾性値などの境界条件を付与することで即座に変形解析を可能とする枠組みを開発した。

- (3) ボリューム代替メッシュにおける実時間力学演算アルゴリズムの開発

押し込み・引張りなどの変形操作や切除などの表現を可能とする新規アルゴリズムを開発した。単一臓器のモデリングでは難しかった周辺の血管・軟組織を含めた変形などのシミュレータを可能とした。

- (4) ボリューム代替メッシュの時間変化に対応したボリューム可視化法の開発

力学計算によって時間変化するメッシュの頂点位置や位相構造を、三次元医用画像上に変形や加工の結果として可視化するレンダリングアルゴリズムを開発した。

平成 22 年度では、臓器の空間分布や弾性情報を保持したボリュームサンプリングメッシュを症例や手術に合わせてカスタマイズする方法について検討した。また、術前計画の中で手術中に想定される手術プロセスの可視化・共有を可能とする弾性変形計算・レンダリング方法を開発した。

- (5) ボリュームサンプリングメッシュのカスタマイズ法の開発

初年度に構成したメッシュの頂点配置や位相構造を、画像の特徴量、手術対象部位などを指標として患者個人の CT 画像に位置合わせすることによって、手術に特化した弾性変形を患者ボリューム像上に即座に表現可能とする方法を開発した。

- (6) ボリュームサンプリングメッシュを用いた外科手術プロセス表現法の開発

手術中には組織のひねりや回転を伴う大変形が生じるが、実時間で自然な大変形を安定的に表現できるモデルは報告例がない。本研究では局所座標系に基づく弾性変形モデルを開発し、体積を保存した臓器変形を高速に表現可能であることを確認した。

- (7) 大規模三次元画像の特徴量に基づく実時間ボリューム可視化法の開発

次世代の大規模三次元医用画像に対応して汎用 PC 上でリアルタイム可視化を可能とするアルゴリズムの開発を試みた。GPU コンピ

ューティングを駆使し、画像の特徴量に基づく詳細度制御によって高速化を図る新規レンダリング法を考案し、テストデータを用いてその有効性を確認した。

最終年度では、昨年度までに構築した理論・アルゴリズムに基づいたモデリングフリー手術計画支援システムを開発した。関連大学病院の術前計画に導入し、患者実測データを適用した試用試験を通して開発モデルの妥当性、試作システムの有用性を評価した。

#### (8) モデリングフリー術前シミュレーション試作システムの開発

これまでに開発したアルゴリズムを統合し、三次元医用画像を読み込み後、即座に想定する手術プロセスをシミュレートし、結果を実時間で可視化できる試作システムを構築した。また、医師が簡便な操作で複数の手術アプローチを検討できるインターフェースを開発した。

#### (9) 人体・臓器の構造・力学特性テンプレートの構築

腎腫瘍及び肝がんを対象として、人体・臓器の構造・力学特性を保持した臓器テンプレートを構築した。生体の局所的な弾性分布や組織の接触・固定状態などを保持し、個人の医用画像に位置合わせすることで生体内部の力学特性をより精緻かつ簡便に再現できる枠組みを考案・実装した。

#### (10) 外科手術プロセスの可視化

泌尿器科、胆肝脾・移植外科など複数の診療科における腫瘍摘出術を対象として、体系化された手技を臓器に対する変形や切除などの組み合わせによって記述し、一連の手術プロセスを可視化するアルゴリズムを開発した。

#### (11) 試作システムの術前計画及び術中支援における試用試験

泌尿器科、胆肝脾・移植外科の術前カンファレンスにおける使用を想定した試用試験を実施した。提案する枠組みにより、三次元画像を可視化するだけでなく、変形や加工などの手術プロセスを医師が普段から見慣れたレンダリング像上で直接的にシミュレートでき、術前計画及び術中支援に有効であることを確認した。

### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 6 件)

- [1] M. Nakao, K. Maeda, R. Haraguchi, K. Kurosaki, K. Kagisaki, I. Shiraishi, K. Nakazawa, K. Minato, "Cardiovascular

Modeling of Congenital Heart Disease Based on Neonatal Echocardiographic Images," IEEE Trans. on Information Technology in Biomedicine, Vol.16, No.1, pp. 70-79, 2012

- [2] 前田 一真, 原口 亮, 中尾 恵, 黒寄 健一, 鍵崎 康治, 白石 公, 中沢 一雄, 湊 小太郎, "新生児エコー画像に基づく先天性心疾患の心血管形状モデル構築支援システム" 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 16, No. 3, pp.507-516, 2011.
- [3] 湊 小太郎, 中尾 恵, "医用画像3次元可視化ソフトの将来", 生体医工学, Vol. 49, No. 2, pp. 359-360, 2011.
- [4] K. W. C. Hung, M. Nakao, K. Yoshimura and K. Minato, "Background incorporated Volumetric Model for Patient-Specific Surgical Simulation: A Segmentation-free, Modeling-free Framework", Int. J. Computer Assisted Radiology and Surgery, Vol. 6, No. 1, pp. 35-45, 2011.
- [5] K. Imanishi, M. Nakao, M. Kioka, M. Mori, M. Yoshida, T. Takahashi and K. Minato, "Interactive Bone Drilling using a 2D Pointing Device to Support Microendoscopic Discectomy Planning", Int. J. Computer Assisted Radiology and Surgery, Vol. 5, No. 5, pp. 461-469, 2010.
- [6] M. Nakao and K. Minato, "Physics-based Interactive Volume Manipulation for Sharing Surgical Process", IEEE Trans. on Information Technology in Biomedicine, Vol.14, No. 3, pp. 809-816, 2010.

〔学会発表〕(計 37 件)

- [1] 小田 裕也, 中尾 恵, 今西 勁峰, 田浦 康二郎, 湊 小太郎, "肝切除術支援のための臓器切離プロセスの可視化", 電子情報通信学会技術報告 (MI), pp. 61-65, Jan 2012.
- [2] 加村 翔平, 中尾 恵, 今西 勁峰, 湊 小太郎, "三次元画像診断支援を目的としたすりガラス状陰影のボリューム可視化法", 電子情報通信学会技術報告 (MI), pp. 153-158, Jan 2012.
- [3] 佐藤 省三, 中尾 恵, 今西 勁峰, 木岡 雅彦, 吉田 宗人, 湊 小太郎, "内視鏡下脊椎後方手術における奥行き情報を反映した拡張内視鏡像生成", 電子情報通信学会技術報告 (MI), pp. 56-60, Jan 2012.
- [4] M. Nakao, Y. Masuda, R. Haraguchi, K. Kurosaki, K. Kagisaki, I. Shiraishi, K.

- Nakazawa and K. Minato, "Interactive Cardiovascular Editor Using Echocardiographic Images", Int. Conf. Artificial Reality and Tele-existence, p154, Nov 2011.
- [5] Y. Oda, M. Nakao, K. Imanishi, K. Taura and K. Minato, "Direct Volume Manipulation for Navigating Liver Resection", Int. Conf. Artificial Reality and Tele-existence, p158, Nov 2011.
- [6] 小田 裕也, 中尾 恵, 今西 勁峰, 田浦 康二朗, 湊 小太郎, "臓器変形に対応した肝切除ナビゲーションの提案", 第 11 回日本 VR 医学会学術大会, p26, Aug 2011.
- [7] 田浦 康二朗, 中尾 恵, 黒田 知宏, 湊 小太郎, 波多野 悦朗, 上本 伸二, "肝切除術における Virtual Reality ~ Plissimo Era の使用経験~", 第 11 回日本 VR 医学会学術大会, p25, Aug 2011.
- [8] 糸 直人, 山岡 励, 三國 信啓, 黒田 知宏, 中尾 恵, 岡本 和也, 竹村 匡正, 宮本 亨, 吉原 博幸, "脳外科手術支援を目的とした重力による脳の内部変形シミュレーション", 第 11 回日本 VR 医学会学術大会, p28, Aug 2011.
- [9] 木岡 雅彦, 今西 勁峰, 中尾 恵, 湊 小太郎, 佐藤 省三, 森 正人, 高橋 隆, 吉田 宗人, 南出 晃人, 籠谷 良平, 今中 良一, 高嶋 伸幸, 竹村 知晃, 井上 陽次, 高山 強, "脊椎内視鏡手術中ナビゲーションにおける磁気センサーを用いた鏡筒先端位置測位法の確立", 第 11 回日本 VR 医学会学術大会, p23, Aug 2011.
- [10] 中尾 恵, 五十嵐 匠真, 小久保 雅樹, 湊 小太郎, "放射線治療における動体追尾照射のための肺呼吸変形モデルのパラメータ最適化", 第 50 回生体医工学会大会, 01-6-2, p90, Apr 2011.
- [11] 五十嵐 匠真, 中尾 恵, 小久保 雅樹, 湊 小太郎, "放射線治療における動体追尾照射のための肺腫瘍の三次元位置推定方法", 電子情報通信学会技術報告 (MI), Vol. 110, pp. 57-62, Jan 2011.
- [12] 衛藤 聖, 中尾 恵, 杉浦 忠男, 湊 小太郎, "局所構造の大きさに基づくボリューム探索", 電子情報通信学会技術報告 (MI), Vol. 110, pp.153-156, Jan 2011.
- [13] 前田 一真, 原口 亮, 中尾 恵, 黒寄 健一, 鍵崎 康治, 中沢 一雄, 湊 小太郎, "新生児心エコー画像に基づく先天性心疾患の心血管形状モデリングシステムの開発", 電子情報通信学会技術報告 (MI), Vol. 110, pp. 17-22, Jan 2011.
- [14] K. Imanishi, M. Nakao and K. Minato, "Direct Volume Drilling of Internal Structures using a 2D Pointing Device", ACM SIGGRAPH Asia Poster, Dec 2010.
- [15] K. W. C. Hung, M. Nakao, K. Yoshimura and K. Minato, "Direct Model Generation for Subject-specific Non-segmented Medical Volume Data", 生体医工学シンポジウム講演予稿集, pp. 534-537, Sep 2010.
- [16] 五十嵐 匠真, 中尾 恵, 小久保 雅樹, 湊 小太郎, "放射線動体追尾照射のための肺腫瘍の位置推定と自動位置合わせ", 第 10 回日本 VR 医学会学術大会, p17, Sep 2010.
- [17] 今西 勁峰, 中尾 恵, 木岡 雅彦, 森 正人, 吉田 宗人, 高橋 隆, 湊 小太郎, "2D ポインティングデバイスを用いた MED 法のための切削計画支援手法", 第 10 回日本 VR 医学会学術大会, p13, Sep 2010.
- [18] 山岡 励, 糸 直人, 中尾 恵, 黒田 知宏, 岡本 和也, 竹村 匡正, 湊 小太郎, 吉原 博幸, "ブレインシフトの再現を目指した有限要素変形モデルへの自重変形の導入", 第 10 回日本 VR 医学会学術大会, p15, Sep 2010.
- [19] K. W. C. Hung, M. Nakao, K. Yoshimura and K. Minato, "Volume Proxy Mesh and New Mesh Quality Evaluation Method in Modeling Objects with Background Elements", International Conference on Geometry and Graphics, pp. 155-156, Aug 2010.
- [20] 坂部 祥貴, 中尾 恵, 木岡 雅彦, 吉田 宗人, 湊 小太郎, "椎骨と神経の同時可視化のための CT-MRI 非剛体位置合わせ", 医用画像工学会大会, OP7-03, July 2010.
- [21] 前田 一真, 原口 亮, 中尾 恵, 黒寄 健一, 中沢 一雄, 湊 小太郎, "心エコー画像を用いた先天性心疾患の心血管形状モデリング", 医用画像工学会大会, OP1-07, July 2010.
- [22] 衛藤 聖, 中尾 恵, 杉浦 忠男, 湊 小太郎, "脈管の太さを指標としたボリューム可視化法の提案", 第 49 生体医工学会大会, FC-24-6, 2010.
- [23] 畑 丈智, 中尾 恵, 木岡 雅彦, 吉田 宗人, 今中 良一, 湊 小太郎, "内視鏡下脊椎後方手術における切削計画支援のためのリアルタイム応力解析", 第 49 生体医工学会大会, FC-25-2, 2010.
- [24] M. Nakao, K. W. C. Hung, S. Yano, K. Yoshimura and K. Minato, "Adaptive Proxy Geometry for Direct Volume Manipulation", IEEE Pacific

- Visualization, pp.161-178, Mar 2010.
- [25] Y. Fujiyoshi, M. Nakao, T. Iwasaki and K. Minato, "Direct Meshing with Topological Structures from Multi-material Volume Data", IEEE Pacific Visualization(Poster), pp.1-2, Mar 2010. **(Best Poster Award)**
- [26] 井上 喜仁, 中尾 恵, 今西 勁峰, 木岡 雅彦, 森 正人, 吉田宗人, 高橋 隆, 湊 小太郎, "内視鏡下脊椎後方手術計画支援のためのボリューム切削システムの開発", 電子情報通信学会技術報告(MI), Vol. 109, pp.31-35, Jan 2010.
- [27] 森 正人, 木岡 雅彦, 今西 勁峰, 中尾 恵, 吉田 宗人, 湊 小太郎, 高橋 隆, "脊椎内視鏡手術における安全性を向上させるための内視鏡のレンズ特性を反映したボリュームレンダリング", 医療の質・安全学会 第4回学術大会, p164, Nov 2009. **(ベストポスター賞)**
- [28] 道畑 暁, 中尾 恵, 湊 小太郎, "局所座標系に基づくひねり・回転に対応した有限要素変形モデル", 第14回日本バーチャルリアリティ学会大会, 1D4-3, Sep 2009.
- [29] 藤吉 泰晴, 中尾 恵, 岩崎 拓也, 湊 小太郎, "多値ボリュームラベルからの位相構造を反映した四面体メッシュの構築", 第14回日本バーチャルリアリティ学会大会, 1D4-2, Sep 2009.
- [30] K. W. C. Hung, M. Nakao and K. Minato, "Direct Volume Sampling Approach to Practical Patient-Specific Surgical Simulation", 第9回日本VR医学会学術大会, p17, 2009.
- [31] 木岡 雅彦, 吉田 宗人, 井上 喜仁, 中尾 恵, 湊 小太郎, 今西 勁峰, 今中良一, 森 正人, 高橋 隆, "腰部脊柱管狭窄症に対する脊椎内視鏡手術ナビゲーションシステム", 第9回日本VR医学会学術大会, p12, 2009.
- [32] 森 正人, 高橋 隆, 井上 喜仁, 中尾 恵, 湊 小太郎, 今西 勁峰, 今中良一, 木岡 雅彦, 吉田 宗人, "内視鏡のレンズ特性を反映したボリュームレンダリング", 第9回日本VR医学会学術大会, p14, 2009.
- [33] 藤吉 泰晴, 中尾 恵, 岩崎 拓也, 湊 小太郎, "肺の亜区域構造を反映したメッシュモデルの構築", 第28回日本医用画像工学会大会, P08, Aug 2009.
- [34] 井上 喜仁, 中尾 恵, 今西 勁峰, 木岡 雅彦, 森 正人, 吉田 宗人, 高橋 隆, 湊 小太郎, "内視鏡下脊椎後方手術計画支援のためのボリューム切削方法", 第28回日本医用画像工学会大会, OP6-02, Aug 2009.

- [35] 道畑 暁, 中尾 恵, 湊 小太郎, "局所座標系に基づくひねりや回転に対応した弾性変形モデル", 情報処理学会VC/GCAD合同研究会, Jun 2009.
- [36] K. W. C. Hung, M. Nakao and K. Minato, "Automated Volume Sampling Optimization for Direct Volume Deformation in Patient-Specific Surgical Simulation", IEEE International Symposium on Biomedical Imaging, pp. 1051-1054, June 2009.
- [37] H. K. W. Cecilia, M. Nakao and K. Minato, "Volume Deformation of Organs with Surrounding Tissues in Tailor-made Surgical Simulations", 第48回生体医工学大会, Apr 2009.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 3 件)

名称: 画像処理装置、画像処理方法、およびプログラム

発明者: 中尾 恵, 湊 小太郎

権利者: 奈良先端科学技術大学院大学

種類: 特願

番号: 2011-182615

出願年月日: 平成22年8月24日

国内外の別: 国内

名称: 情報処理装置等,

発明者: 中尾 恵, 湊 小太郎

権利者: 奈良先端科学技術大学院大学

種類: PCT

番号: PCT/JP2010/54915

出願年月日: 平成22年3月23日

国内外の別: 国外

名称: 手術シミュレーション装置

発明者: 中尾 恵, 湊 小太郎

権利者: 奈良先端科学技術大学院大学

種類: PCT

番号: PCT/JP2009/064398

出願年月日: 平成21年8月17日

国内外の別: 国外

[その他]

ホームページ:

<http://www.bme.sys.i.kyoto-u.ac.jp/~meg/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

中尾 恵 (Megumi NAKAO)

京都大学・情報学研究科・准教授

研究者番号: 10362526