

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 5日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008～2011

課題番号：20300066

研究課題名（和文）

大規模仮想化人体データベースの構築とその認識理解に基づく診断治療の融合的支援

研究課題名（英文）

Integrated Assistance of Diagnosis and Treatment Based on Large-scale Virtualized Human Body Database and Its Understanding

研究代表者

森 健策 (Kensaku Mori)

名古屋大学・情報連携統括本部・教授

研究者番号：10293664

研究成果の概要（和文）：

本研究課題では大規模仮想化人体データベースを構築し、それを基に医用画像の認識理解を行うことで、診断や治療を融合的に支援する手法を検討する。特に、大規模仮想化人体データベースに基づいた新しい医用画像認識理解手法について取り組む。本研究では、600例程度の仮想化人体データベースを構築した。また、仮想化人体データベースを利用して、臓器形状の差異を画像クラスタリングを利用して分類し、その結果を用いて腹部 CT 像から主要臓器を認識理解する手法を実現した。さらに、その結果を内視鏡手術の診断治療支援に利用する方法を検討した。

研究成果の概要（英文）：

This research project aims to construct large-scale virtualized human database and to develop method to understand and recognize medical images. Also the project investigates method to utilize such results to assist diagnosis and treatment. Especially, this project aims to develop new scheme of medical image understanding and recognition. This project constructed virtualized human body database including over 600 volumes with organ labeling. Also the project developed a method to perform clustering these volumes based of differences of anatomical structures. Such clustering results were utilized for abdominal CT volume segmentation. Also, the project investigated several methods to utilize such results in diagnosis and treatment process of endoscopic surgery.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	5,400,000	1,620,000	7,020,000
2009年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
2010年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2011年度	2,600,000	780,000	3,380,000
総計	14,500,000	4,350,000	18,850,000

研究分野：画像処理

科研費の分科・細目：情報学 知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：画像認識 医用画像処理 画像データベース 知覚情報処理 画像情報処理

## 1. 研究開始当初の背景

多列 CT 装置に代表される医用イメージングの発展により高精細な人体3次元画像を取得することが可能となった。高精細かつ大量の医用画像を自動的に解析することで画像

診断プロセスを支援する手法の開発、ならびに、外科手術計画作成・治療を支援するシステムの開発が求められている。患者に負担の少ない手術である内視鏡下手術が注目されているが、内視鏡の視野は狭く医師の負担は

大きい。CT 像などの 3 次元医用画像を用いて患者毎の人体構造を手術前・手術中に提示することで、手術をスムーズに進めることができると考えられる。医用画像を用いて診断もしくは治療計画の立案を行う場合、異常な部位はどこにあり、それが正常な形態とどのように違うかを把握する必要がある。しかしながら、人体の解剖学的構造には、数多くのバリエーションがある。臓器形状の差異、血管分岐構造の差異によって、手術方法の選択自体も異なることになる。このような解剖学的構造の違いを手術前に計算機が理解し、診断情報として提示し、さらに、手術中には手術ナビゲーションシステムと連動して手術の進行状況に応じてこれらの情報をリアルタイム表示できれば、よりの確な診断治療支援が可能になると考える。

研究代表者らは仮想化内視鏡システムを用いた人体内部のナビゲーションに基づく新しい形の画像診断支援システムの開発を進めてきた。また、名大医学部と共同で内視鏡下手術シミュレーションシステムの研究を進め、100 名以上の CT 画像を処理してきた。臨床医との密な共同研究の中で、解剖学的構造の違いを計算機が理解し、その情報を基に診断治療を支援することが極めて重要であることが知られた。そのため、大規模な仮想化人体データベースを構築し、そこから解剖学的に同一な症例を検索し、そこに付加されている情報を用いて、診断と治療を融合的に支援できるのではないかと考えた。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、(1)人体構造そのものをメディア情報とみなした 1000 例以上の大規模仮想化人体データベースの構築 (コンテンツデータベース)、(2)個体差(バリエーション)を含めた解剖学的構造記述手法の実現 (コンテンツ記述)、(3)仮想化人体データベースを利用した多次元医用画像認識理解による内視鏡下手術のための診断治療プロセスの融合的支援 (画像からのコンテンツ記述自動生成とその医学的応用)である。この研究は、大規模仮想化人体データベースを構築し、そのデータベースを基に個々の患者の解剖学的構造を計算機が理解することで、診断から治療(手術)に至るまでの過程を融合的に支援する手法の確立を目指す。具体的に、腹腔鏡下手術を行う上で必要となる診断 (手術計画立案) から実際の手術までを融合的に支援する画像認識理解手法を実現する。本研究では、特にコンテンツ生成と利用の観点から研究を進めるものである。

## 3. 研究の方法

### (1) 仮想化人体データベース仕様設計

本研究課題で開発する大規模仮想化人体デ

ータベースの仕様設計を行う。特に、「解剖学的構造データベース」を核として、大規模仮想化人体データベースの設計を行う。この設計は、次に示す解剖学的構造記述法と密接に関係する。

### (2) 解剖学的構造記述法の検討

腹部領域における臓器・血管・リンパ節といった解剖学的構造とそのバリエーションを記述する手法を検討する。

(3) 解剖学的構造自動抽出手法検討と実現  
入力される 3 次元 CT/MRI 像から各種臓器を精度よくセグメンテーションする手法を検討する。ここでは、レベルセット法などこれまでに画像処理分野で研究されてきた手法とともに、データベースに格納されている臓器位置情報などを参照するなど、大規模仮想化人体データベースを利用したセグメンテーション法を検討する。

### (4) 仮想化人体データベースのための解剖学的構造入力システム実現

仮想化人体データベースは単なる多次元医用画像の集合ではなく、解剖学的構造を記述したデータも含まれる。そのために、仮想化人体データベースに臓器領域情報を効率的に入力可能な方法を検討する。大規模仮想化人体データベース構築のための半自動セグメンテーション手法や自動セグメンテーション手法利用も検討する。

### (5) 診断治療支援情報統合提示法の検討

大規模仮想化人体データベースに基づく診断治療支援情報統合提示において、どのような情報を提示すべきかを検討する。たとえば、症例毎、手技毎に、システムはどんな部分を注目しなければならないのか、システムにどんな機能が必要であるかを検討する。高速表示方法なども検討する。

### (6) 解剖学的構造自動抽出手法の拡充

(3)をさらに拡張し。仮想化人体データベースをより積極的に利用して個人毎の 3 次元医用画像から各種臓器、血管等を自動的に抽出するアルゴリズムの開発を行う。この時点では仮想化人体データベースが順次整いつつあるため、個人差を考慮した解剖学的構造精密抽出手法を実現する。これらの処理はすべて自動的に行われるようにし、医師の手助けがなくても完全自動で抽出できる手法の実現を目指す。

### (7) 臓器個体差理解手法の実現

各臓器情報を基に解剖学的構造の個体差を計算機が理解する手法を確立する。例えば標準的な形状パターンと比較してどのように形状パターンが異なるのか、複数ある形状パターンのうちどのパターンに属するのかなどを解析する手法を開発する。仮想化人体データベースに登録されている多数の画像を自動クラスタリングすることで実現する。

### (8) 臓器構造理解結果を利用した情報提示

## 機構の開発

診断ならびに手術に必要な情報を自動提示する手法を引き続き開発する。入力画像が与えられた場合、(7)の手法を利用して、もっとも解剖学的構造が類似するクラスタを算出し、そのクラスタにあらかじめ付与された情報を参照することで臓器構造を理解し、得られた結果を用いることで診断ならびに手術に必要な情報を自動提示する手法を検討する。

### (9) 試験運用

これまでに開発されたシステムを臨床の場において試験運用し、問題点を洗い出すとともに、得られた知見をシステム改良へとフィードバックする。

### (10) 仮想化人体データベースのための画像収集

名古屋大学附属病院・愛知県立がんセンターにて撮影される内視鏡下手術支援用CT像を収集する。また、解剖学的構造情報を付加する。

## 4. 研究成果

### (1) 仮想化人体データベース

#### ① 仮想化人体データベース仕様検討

本研究課題で開発する大規模仮想化人体データベースの仕様設計を進めた。特に、「解剖学的構造データベース」「解剖学的構造バリエーションの記述」を核として、大規模仮想化人体データベースを検討した。

#### ② 解剖学的構造記述法の検討

腹部領域における臓器・血管といった解剖学的構造とそのバリエーションを記述する手法を検討した。ここでは、画像として臓器形状のばらつきを表現する方法、ならびに、グラフ表現として脈管系を表現する手法を検討した。研究を進める過程で、特に、臓器形状情報を記述する手法に注目し、CT画像とそこに含まれる臓器領域情報をペアとして格納し、それをクラスタリング手法によって、臓器形状ごとにまとめて格納する手法を検討した。似通った臓器形状の画像をクラスタとして分類する手法は、一種の解剖学的構造バリエーションの記述として捉えることができる。

#### ③ 仮想化人体データベースのための解剖学的構造入力法

仮想化人体データベースは単なる多次元医用画像の集合ではなく、解剖学的構造を記述したデータも含まれる。そのために、臓器領域情報などの解剖学的構造を効果的に入力可能なシステムを実現し、仮想化人体データベース構築に利用した。また、グラフカット法などを利用した半セグメンテーション手法も開発した。

#### ④ 仮想化人体データベースのための画像収集

名古屋大学附属病院・愛知県立がんセンターにて撮影される内視鏡下手術支援用CT像/MRI像を収集した。研究期間全体で、668例の画像を収集した。

### ⑤ コンテンツとしての仮想化人体データベース整備

④ならびにこれまでに収集された画像には対して手動で解剖学的構造情報を付加し、仮想化人体データベースとしての整備を図った。ここで整備された画像は、臓器個体差理解手法ならびに情報提示機構の検討に利用されている。

### (2) 解剖学的構造理解手法実現

#### ① 臓器個体差理解手法の実現

各臓器情報を基に解剖学的構造の個体差を計算機が理解する手法を確立した。(1)②の検討結果に基づき、これまでに蓄積された画像群から、形状の差異に応じて自動的にクラスタリングする手法を開発し、その結果を(2)②の入力画像のセグメンテーション処理に利用する手法を開発した。画像群のクラスタリングにおいて、臓器形状の違いをより多く反映する類似度指標やクラスタリング手法も合わせて導入した。その結果を入力画像のセグメンテーション処理に利用することで、より正確に個体差をある典型例に分類する一手段を実現した。ここで、別途開発された高速画像レジストレーション法を利用することで、画像のクラスタリングならびにセグメンテーションを行った。

#### ② 解剖学的構造自動抽出手法の実現

入力される3次元CT/MRI像から各種臓器を精度よくセグメンテーションする様々な手法の実装を行った。大規模仮想化人体データベースをより積極的に利用して個人毎の3次元医用画像から主要臓器を自動的に抽出するアルゴリズムの開発を行った。ここでは、(2)①のクラスタ分類結果を利用した。抽出率は症例によって20%-70%と低い場合もあるが、ほぼ自動的に画像セグメンテーションを行うアルゴリズムを構築した(図1)。

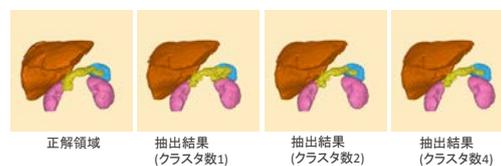


図1 腹部臓器自動セグメンテーション結果例

### (3) 内視鏡下手術支援を中心とした臨床利用

#### ① 臓器構造理解結果を利用した情報提示機構の開発

個人毎の解剖学的構造を可視化するとともに、内視鏡下手術に必要な診断治療を支援するために最も適した情報を患者毎に自動選

択する手法を実現した。解剖学的構造の理解結果と仮想化人体データベースを利用して、アプローチ経路、鉗子挿入位置、リンパ位置等を術者に提示する手法を開発した。

#### ② 臨床利用のための高速処理

高速に可視化するために、GPGPUとよばれる専用プロセッサを利用した高速描画法を開発し、臨床の場における評価を開始した。

#### ③ 臨床の場における試験運用

開発したシステムの臨床の場における試験運用を実施し、システムの問題点を洗い出した。また、得られた知見によりシステムを改良した。

#### (4) 成果の位置づけ

当初の計画以上に進展したと考える。特に、大規模仮想化人体データベースを臓器形状の個人差を基にクラスタリングし、そこから類似する画像を検索し、解剖学的構造を自動抽出する手法を実現できた点は、世界的に見ても類がなく、非常にインパクトのある研究であるといえる。画像群とそれに対応する臓器領域情報を入力すれば、クラスタリングによって、類型画像に分類し、それをセグメンテーション処理に利用する手法が確立できた点は、評価に値する。また、このセグメンテーション結果は、内視鏡手術支援にも利用可能である。よって、本研究課題の大きなテーマである「大規模仮想化人体データベース」を最大限に活用した画像認識理解機構の実現が達成できたといえよう。また、これらの処理はオフライン処理であり、かつ、精度は十分では言えない症例もあるが、当初は難しいと考えた大規模仮想化人体データベースを利用した内視鏡手術支援手法がある程度確立されたことは、評価に値する。

#### (5) 今後の展望

処理の高速化、解剖学的構造認識精度のさらなる向上、仮想化人体データベースの一層の拡充は今後も継続する必要がある。特に、データベースの規模と画像認識理解精度の関係の調査は興味深い。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 25 件)

- (1) 江間 慎弥, 北坂孝幸, 森健策, 目加田慶人, 井手一郎, 村瀬洋, 末永康仁, 高島博嗣, 森 雅樹, 名取博, “複数モデルの動的選択に基づく気管支枝名自動対応付け手法,” 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J91-D, No.7, 2008, pp.1851-1861 (査読有)
- (2) M. Oda, T. Kitasaka, K. Mori, Y. Suenaga, T. Takayama, H. Takabatake, M. Mori, H. Natori, S. Nawano, “Digital Bowel Cleansing Free Colonic Polyp Detection

Method for Fecal Tagging CT Colonography,” Academic Radiology, Vol.16, No.4, 2009, pp.486-494 (査読有)

- (3) 森 健策, “3次元画像情報を利用した医用画像診断支援,” 映像情報メディア学会誌, Vol.65, No.4, 2011, pp.448-452 (査読無)
- (4) B. Chen, K. Mori, T. Kitasaka, H. Honma, H. Takabatake, M. Mori, H. Natori, “Segmentation of lung metastasis on thoracic CT images based on local intensity structure analysis and pulmonary blood vessel information,” International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, Vol.6, Sup.1, 2011, pp.S371-S372 (査読有)
- (5) M. Oda, T. Nakaoka, T. Kitasaka, K. Furukawa, K. Misawa, M. Fujiwara, K. Mori, “Organ segmentation from 3D abdominal CT images based on atlas selection and graph cut,” Proceedings of MICCAI 2011 Workshop: Computational and Clinical Applications in Abdominal Imaging, LNCS 7029, 2011, pp.181-188 (査読有)
- (6) M. Oda, B. H. Hoang, T. Kitasaka, K. Misawa, M. Fujiwara, K. Mori, “Automated anatomical labeling method for abdominal arteries extracted from 3D abdominal CT images,” Proceedings of SPIE, Vol.8314, 2012, pp.83142F-1-6 (査読有)

〔学会発表〕(計 54 件)

- (1) 三澤一成, 伊藤誠二, 伊藤友一, 金光幸秀, 小森康司, 千田嘉毅, 佐野力, 清水泰博, 林雄一郎, 蔣振剛, 小田昌宏, 森健策, 藤原道隆, 小寺泰弘, 中尾昭公, “腹腔鏡下手術における術中ナビゲーションシステムの開発と臨床応用,” 第 19 回日本コンピュータ外科学会大会, 2010 年 11 月 2 日, 九州大学
- (2) M. Oda, M. Kito, T. Kitasaka, C. Tanaka, K. Misawa, M. Fujiwara, K. Mori, “Development of laparoscopic surgery planning system and its evaluation based on surgery,” International Forum on Medical Imaging in Asia, 2011 年 1 月 18 日, Tenbusu Naha
- (3) 中岡輝久, 小田昌宏, 北坂孝幸, 古川和宏, 三澤一成, 藤原道隆, 森健策, “臓器存在尤度アトラスとグラフカットを用いた腹部 3 次元 CT 像からの臓器領域抽出,” 電子情報通信学会医用画像研究会, 2011 年 1 月 20 日, 那覇市ぶんかテンプス館
- (4) 曲家迪, 二村幸孝, 陳斌, 小田昌宏, 北坂孝幸, 三澤一成, 森健策, “腹腔鏡手術支援のための 3 次元 CT 像からの腹壁領域抽出に関する研究,” 第 30 回日本医用画像工学会大会, 2011 年 8 月 5 日, 国際医療福祉大学 大田原キャンパス
- (5) B. H. Hoang, 小田昌宏, 北坂孝幸, 三澤

- 一成, 森 健策, “3 次元腹部 CT 像における多クラス AdaBoost を用いた腹部血管領域への血管名自動対応付け手法,” 第 30 回日本医用画像工学会大会, 2011 年 8 月 5 日, 国際医療福祉大学 大田原キャンパス
- (6) 二村幸孝, 北坂孝幸, 本間裕敏, 高島博嗣, 森雅樹, 名取博, 森健策, “統計アトラスとグラフカットに基づく 3 次元胸部 CT 像からの肺葉抽出,” 第 30 回日本医用画像工学会大会, 2011 年 8 月 5 日, 国際医療福祉大学 大田原キャンパス
- (7) 森健策, “画像処理に基づく診断手術支援,” 第 12 回耳鼻咽喉科手術支援システム・ナビ研究会, 耳鼻咽喉科展望, 2011 年 10 月 23 日, 名古屋大学
- (8) 森健策, “コンピューターによる画像認識理解技術を利用した診断と治療の支援,” 第 16 回静岡健康・長寿学術フォーラム, 2011 年 10 月 21 日, 静岡県コンベンションアーツセンター
- (9) チョ 成文, 小田昌宏, 北坂孝幸, 三澤一成, 藤原道隆, 森 健策, “3 次元 CT 像からの複数臓器抽出における Affinity Propagation を用いた臓器存在尤度アトラス構築に関する検討,” 電子情報通信学会医用画像研究会, 2011 年 11 月 29 日, 兵庫県立大学 神戸ポートアイランドキャンパス
- (10) 坂本佳隆, 小田昌宏, 北坂孝幸, 縄野繁, 森健策, “局所濃度値特徴に基づく 3 次元腹部 CT 像からの肝血管腫の検出,” 第 20 回日本コンピュータ外科学会大会, 2011 年 11 月 22 日, 慶應義塾大学理工学部矢上キャンパス
- (11) 岸本 充博, 陳 斌, 小田 昌宏, 北坂 孝幸, 岩野 信吾, 森 健策, “気管支鏡検査における穿刺位置決定支援のための局所濃淡構造解析を用いた胸部造影 CT 像からのリンパ節抽出,” 第 20 回日本コンピュータ外科学会大会, 2011 年 11 月 22 日, 慶應義塾大学理工学部矢上キャンパス
- (12) 二村 幸孝, 北坂 孝幸, 本間 裕敏, 高島博嗣, 森 雅樹, 名取 博, 森 健策, “肺葉存在尤度アトラスを利用した 3 次元胸部 CT 像からの肺葉抽出,” 第 20 回日本コンピュータ外科学会大会, 2011 年 11 月 22 日, 慶應義塾大学理工学部矢上キャンパス
- (13) チョ 成文, 小田昌宏, 北坂孝幸, 三澤一成, 藤原 道隆, 森 健策, “腹部 3 次元 CT 像からの複数臓器抽出における臓器存在尤度アトラス作成のための Affinity Propagation を用いたクラスタリング手法の検討,” 第 20 回日本コンピュータ外科学会大会, 2011 年 11 月 22 日, 慶應義塾大学理工学部矢上キャンパス
- (14) ブイフイ ホァン, 小田 昌宏, 北坂 孝幸, 三澤一成, 藤原道隆, 森 健策, “3 次元腹部 CT 像における腹部血管への血管名自動命名手法に関する検討 -多症例を用いた命名性能評価-,” 第 20 回日本コンピュータ外科学会大会, 2011 年 11 月 22 日, 慶應義塾大学理工学部矢上キャンパス
- (15) ブイフイ ホァン, 小田昌宏, 二村幸孝, 北坂 孝幸, 三澤一成, 藤原 道隆, 森健策, “多クラス AdaBoost を用いた 3 次元腹部 CT 像における腹部血管領域への血管名自動命名手法に関する研究: 血管名識別器における検討,” 電子情報通信学会医用画像研究会, 2012 年 1 月 20 日, 那覇市ぶんかテンブス館
- [図書] (計 2 件)
- (1) 森健策, ㈱オーム社, “第 16 章 3 次元画像処理, 16.1 3 次元画像の構造 (pp.348-352), 16.2 3 次元画像の幾何学的変換と補間 (pp.352-355), 16.5 3 次元画像の幾何学的プリミティブへの変換 (pp.362-365),” 医用画像ハンドブック, 2010, pp.348-355, 362-365
- (2) 森健策, コロナ社, “画像情報処理(II) - 表示・グラフィックス編-,” 2008, 総 143 ページ
- [産業財産権]
- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)
- [その他]
- ホームページ等  
<http://www.newves.org>
6. 研究組織
- (1) 研究代表者  
 森 健策 (MORI KENSAK )  
 名古屋大学・情報連携統括本部・教授  
 研究者番号: 10293664
- (2) 研究分担者  
 藤原 道隆 (FUJIWARA MICHITAKA)  
 名古屋大学・医学部・准教授  
 研究者番号: 70378222
- (3) 連携研究者  
 末永康仁 (YASUHITO SUENAGA)  
 愛知工業大学・教授  
 研究者番号: 60293643  
 北坂孝幸 (TAKAYUKI KITASAKA)  
 愛知工業大学・准教授  
 研究者番号: 00362294  
 目加田慶人 (YOSHITO MEKADA)  
 中京大学・教授  
 研究者番号: 30126891

三澤一成 (KAZUNARI MISAWA)  
愛知県立がんセンター・研究員  
研究者番号：70538438