

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500197

研究課題名(和文)画像理解の手法による3次元多臓器の分離と検索に関する研究

研究課題名(英文)Computer vision techniques for recognition and retrieval of volumetric biological organs

研究代表者

井宮 淳(IMIYA, Atsushi)

千葉大学・統合情報センター・教授

研究者番号：10176505

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、集団から計測された多数の臓器画像から、個人差による変化、年齢による経年変動を統計的変動として、統計的に堅固な腹部規格化臓器モデルを診断のためのモデルとすることを提案するとともに、効率が良く、しかも例外値に対しても堅固な高次元データの照合法と検索法を構築する。そのために、(1)腹部と胸部とを対象とした多臓器データの単一臓器データへの分離・分割、(2)平均臓器の定義と計算法、(3)時系列学習による平均臓器の時間的変化追跡法の構築、(4)平均臓器を標準蓄積モデルとした病変変化部分の検索と照合について、統計的弾性変形理論の立場から臓器形状の数理モデルに付いて研究した。

研究成果の概要(英文)：In this research, we introduced a fast and robust method for registration, recognition and retrieval of volumetric biological organs. The method allows us to construct robust and repairable statistical models for organs in human torso. For the construction of models, (1) we develop a segmentation methods for organs in torso, (2) we define the average organ, (3) we clarify the difference among temporal, spatial and spatio-temporal averages of organs and (4) we construct a robust and reliable image registration method with data in large database dictionary.

研究分野：数理画像工学

キーワード：変分原理 データ蓄積 大域的整合計算 局所的整合計算 学習 臓器モデル 形状解析

1. 研究開始当初の背景

過去の医療過誤など起因する集団的な内臓疾患への長期的保障には、患者個人と集団の長期にわたる多臓器データの蓄積と経年変化を考慮した診断が必要である。また、集団の疾患データを以後の診断と治療に生かすためには臓器ごとの電子化された標準データの構築と検索技術が望まれる。そこで、本研究では画像理解の手法を利用し、多数の3次元臓器画像から規格化臓器を構築法する手法を提案するとともに、医学教育用への利用と高度診断支援として、種々の臓器に対して集団の中の平均値と例外値の関係を考慮しながら、個人差による変化と年齢による経年変動とに対して堅固な3次元臓器データの照合法と検索法を構築する。

2. 研究の目的

わが国における生活習慣の変化により内臓疾患の患者が増加し、胃癌、脳溢血など次々と国民病になる可能のある内臓疾患が現れている。国民病の予防には集団検診のように集団検診が有効である。また、過去の医療過誤などに起因する集団的な内臓疾患の長期的保障には、長期にわたるデータの蓄積と経年変化を考慮した診断が必要である。多量のデータを扱う経年的集団検診では、モデルデータを利用した疑わしいデータと健全なデータとの効率的な識別分類が必要となる。現状では判別は、判読医の訓練と長年の経験によって行われている。しかし、対象となる臓器の種類増加と判別すべき病変の多様化に伴い判読医の養成に長い時間が掛かることが問題となっている。そこで、医学教育用への利用と高度診断支援として、臓器ごとの電子化された標準データの構築と検索技術が望まれている。

3. 研究の方法

モデルデータを利用する判別として、データを大量に蓄積する事例データベース利用型識別、標準データを用意するモデル規範型識

別の二つが代表的である。本研究では、臓器データの3次元標準モデル規範型による診断分別支援方式を構築することを目的とする。

臓器のような非剛体3次元形状は個人により異なっている。また、個人においても経年変化がある。そこで、標準的な形状に変換して、個人差や経年変化を記録する必要がある。さらに、情報論的には例外値であっても健康な臓器も存在する。したがって、診断支援には例外値に対しても堅固な判別手法が求められる。

臓器形状を規格化して代表的なデータからの変化として個々のデータを表現する手法として、曲面を球面に変換する方法がある。この手法は人類学において頭骨の規格化データの表現のための1つの方法として利用されてきた。また近年、アルツハイマー症候群の診断を目的として、脳の表面を球面に変換した球面規格化脳表現が利用されている。脳の診断、規格化はCT技術を中心と3次元映像化技術の発展により可能となってきた。一方、脳以外に医学診断において、検査の初期に行われる映像診断はX線透過による2次元透視画像診断が主流である。その後、必要に応じてMRIなどによる3次元診断に進む。したがって、3次元検索はもとより、初期検査である2次元透過画像から3次元分布の検索ができれば、3次元診断をさらに効率化できる。2次元透過像からの3次元形状の検索は、画像理解における見かけからの3次元理解と同様の手順で行うことができる。

本研究では、集団から計測された多数の臓器画像から、個人差による変化、年齢による経年変動を統計的変動として、統計的に堅固な腹部規格化臓器モデルを診断のためのモデルとすることを提案するとともに、効率が良く、しかも例外値に対しても堅固な高次元データの照合法と検索法を構築する。そのために、

1. 腹部と胸部とを対象とした多臓器デ

ータの単一臓器データへの分離・分割

2. 平均臓器の定義と計算法

3. 時系列学習による平均臓器の時間的変化追跡法の構築

4. 平均臓器を標準蓄積モデルとした病変変化部分の検索と照合

について、統計的弾性変形理論の立場から臓器形状の数値モデルに付いて研究する。

通常の臓器は3次元空間に浮遊する変形形状である。しかし、多種類の臓器が混在する胸部画像や腹部画像に対して、判読医は画像からの臓器の分割に位置情報と濃淡情報とを共に利用している。すなわち、臓器の分割・分類には各点が濃淡値を持った4次元データと考える必要がある。さらに経年変化を考えると、時間変数を考慮した5次元データを分類する問題となる。このような高次元空間で表現される臓器全体のなす集合を臓器空間と呼ぶことにする。抽象的な高次元データから標準モデルを構築するためには個々の臓器の形状の違いだけでなく濃淡値の分布も考慮した分類尺度を決定する必要がある。本研究では、集合間の食い違いを計る尺度であるグラモフ・ハウスドルフ距離を利用して、臓器空間の中での臓器間の距離尺度を構成する。

グラモフ・ハウスドルフ距離は異なる次元に分布する2つの点集合を標準空間に変換してその間の食い違いを数量化する距離尺度である。標準空間への変換は、局所距離構造を保存したまま曲面を変化させる曲率流によって実現される。この変形は、脳の標準化に利用されている。しかし、個人差による形状の変動が大きい脳以外の臓器に適用するためには個々のデータならびにデータ集合の確率構造を保存する変換を取り扱う必要がある。また、臓器の3次元濃淡画像を標準空間に変形するためには、構造保存曲率流を数値計算する必要がある。そこで、以下の3点を中心に研究を進める。

1. 胸部画像や腹部画像に存在する多種類

の臓器を分類するために、位置と濃淡値とを対してデータの分類法をパターン識別理論に元づいて構築する。

2. 臓器の局所状態を分類するためには、曲がった空間の中の確率変動を記述し分類する必要がある。そこで、画像理解において開発された隠れマルコフ過程とベイズ推定の手法によって曲面上の微小変動を抽出する手法を開発する。
3. 効率的な数値計算のために、CGにおいて開発されてきたモーフィング手法を参考に、局所変動構造を保存する変形の数値計算に適した定式化を行う。

多数の3次元臓器画像はデータ量が多いため、既存のパターン分類法では大きな計算容量と長い計算時間を必要とする。そこで、(1) データを圧縮してからパターン認識を行う「疎パターン認識」に基づいて、データの必要な部分を必要な量だけ圧縮して1枚の画像の中に撮像されている多数の臓器をこの臓器に分割する手法を開発する。ついで、(2) 分割された臓器を標準化し、分類するためには、平面画像やユークリッド空間の点集合を分類する理論に変えて、抽象表現空間の分類理論を構築する必要がある。そこで、超曲面上の分布に対するパターン識別理論を開発する。

形状を電子的に変形する技術はモーフィングと呼ばれ、変形後の形状に元の形状曲面上のパターンを貼り付ける技術はモザイクと呼ばれる。この二つの技術は、現在では商業映画の編集などに利用されており、芸術支援としては完成された技術である。しかし、形状とその中の濃淡値とが共に確率的に変動する臓器モデルに対応するためには、新たに、臓器の局所的な確率変動を記述するテンソル量に対するモーフィングとモザイク技術を開発する必要がある。

また当然、臓器の特徴点をMRIなどの再構成画像列から高精度計算する手法を開発する必

要がある。画像列の中の局所構造を抽出する手法として画像理解の中で開発された境界抽出手法はそのままでは、臓器のように位置情報と濃淡状とが共に確率構造を持つ画像に適用することはできない。そこで新たに、確率構造を考慮した局所構造の記述法と、その計測値からの計算法を開発する必要がある。すなわち、画像理解で利用される点集合モデルからの局所幾何構造の計算法を、統計的に揺らぎのあるデータからの計算法に拡張する必要がある。

通常の臓器は3次元空間に浮遊する変形形状である。しかし、判読医は画像からの臓器の分割に位置情報と濃淡情報とを共に利用している。すなわち、臓器の分割・分類には各点が濃淡値を持った4次元データを取り扱う必要がある。さらに臓器の経年変化を考えると、時間変数を考慮した5次元データを分類する問題となる。抽象的な高次元データから標準モデルを構築するためには個々の臓器の違いだけでなく濃淡値の分布、経年変化も考慮した分類尺度を決定する必要がある。本研究では、集合間の食い違いを計る尺度であるグラモフ・ハウスドルフ距離と構造の食い違いを測るグラフ整合距離とを組み合わせ多臓器分布臓器間の距離尺度を構成し、腹部に分布する多様な臓器の参照、判別を行う統計的に堅固な手法を開発する。

4. 研究成果

本研究では、集団から計測された多数の臓器画像から、個人差による変化、年齢による経年変動を統計的変動として、統計的に堅固な腹部規格化臓器モデルを診断のためのモデルとすることを提案するとともに、効率が良く、しかも例外値に対しても堅固な高次元データの照合法と検索法を構築する。そのために、(1)腹部と胸部とを対象とした多臓器データの単一臓器データへの分離・分割、(2)平均臓器の定義と計算法、(3)時系列学習による平均臓器の時間的变化追跡法の構築、(4)平均臓器

を標準蓄積モデルとした病変変化部分の検索と照合について、統計的弾性変形理論の立場から臓器形状の数理モデルに付いて研究した。

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 5 件)

1. Shun Inagaki, Hayato Itoh, Atsushi Imiya: Multiple Alignment of Spatiotemporal Deformable Objects for the Average-Organ Computation, 353-366, in Lourdes de Agapito, Michael M. Bronstein, Carsten Rother eds. Lecture Notes in Computer Science 8928, Springer 2015, ISBN 978-3-319-16219-5
2. Shun Inagaki, Atsushi Imiya: Variational Deformation Method for the Computation of the Average Shape of Organs. CVPR Workshops2014: 343-350, 2014
3. Shun Inagaki, Atsushi Imiya, Hidekata Hontani, Shohei Hanaoka, Yoshitaka Masutani: Variational Method for Computing Average Images of Biological Organs. 440-451 in Arjan Kuijper, Kristian Bredies, Thomas Pock, Horst Bischof eds. Scale Space and Variational Methods in Computer Vision, Lecture Notes in Computer Science 7893, Springer 2013, ISBN 978-3-642-38266-6.
4. Keiko Morita, Atsushi Imiya, Tomoya Sakai, Hidekata Hontani, Yoshitaka Masutani: The Mean Boundary Curve of Anatomical Objects. 313-324 in Jacques Blanc-Talon, Wilfried Philips, Dan C. Popescu, Paul Scheunders, Pavel Zemcik eds. Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems, Lecture Notes in Computer Science 7517, Springer 2012, ISBN 978-3-642-33139-8
5. Keiko Morita, Atsushi Imiya, Tomoya Sakai, Hidekata Hontani, Yoshitaka Masutani: Alignment and Morphing for the Boundary Curves of Anatomical Organs. in Georgy L. Gimel'farb, Edwin R. Hancock, Atsushi Imiya, Arjan Kuijper, Mineichi Kudo, Shinichiro Omachi, Terry Windeatt, Keiji Yamada eds. Structural, Syntactic, and Statistical Pattern Recognition, Lecture Notes in Computer Science 7626, Springer 2012, ISBN 978-3-642-34165-6

[学会発表](計 3 件)

1. Hayato Itoh, Atsushi Imiya, Tomoya Sakai: Global Volumetric Image Registration Using Local Linear Property of Image Manifold. Computer Vision - ACCV 2014 Workshops - Singapore, Singapore, November 1-2, 2014,
2. Hayato Itoh, Atsushi Imiya, Tomoya Sakai:

Two-Dimensional Global
Image Registration Using Local Linear
Property of Image Manifold.
22nd International Conference on Pattern
Recognition, Stockholm, Sweden, August
24-28, 2014.

- Hayato Itoh, Tomoya Sakai, Kazuhiko Kawamoto, Atsushi Imiya:
Dimension Reduction Methods for Image
Pattern Recognition. Similarity-Based
Pattern Recognition - Second International
Workshop, SIMBAD 2013, York, UK, July
3-5, 2013

〔図書〕(計 1 件)

- Georgy L. Gimel'farb, Edwin R. Hancock,
Atsushi Imiya, Arjan Kuijper, Mineichi
Kudo, Shinichiro Omachi, Terry Windeatt,
Keiji Yamada: Structural, Syntactic, and
Statistical Pattern Recognition - Joint IAPR
International Workshop, SSPR&SPR 2012,
Hiroshima, Japan, November 7-9, 2012.
Proceedings. Lecture Notes in Computer
Science 7626, Springer 2012, ISBN
978-3-642-34165-6

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等
なし

6. 研究組織

- (1)研究代表者 井宮 淳
(IMIYA, Atsushi)
千葉大学・統合情報センター・教授
研究者番号：10176505

- (2)研究分担者

該当なし

(3)連携研究者

該当なし