

令和元年6月19日現在

機関番号：17102

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2014～2018

課題番号：26108001

研究課題名（和文）医用画像に基づく計算解剖学の多元化と高度知能化診断・治療への展開

研究課題名（英文）Multidisciplinary computational anatomy and its application to highly intelligent diagnosis and therapy

研究代表者

橋爪 誠（HASHIZUME, MAKOTO）

九州大学・先端医療イノベーションセンター・名誉教授

研究者番号：90198664

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 75,700,000円

研究成果の概要（和文）：総括班主導で領域全体を管理運営し、総括班内の各WGが各班の有機的な連携を支援した。DB構築支援WGは臨床系計画班から得られたデータベースを拡充した。学理構築支援WGは論文リストを作成し、融合支援WGは、関連資料の英語化をすすめ、渉外WGは業績をwebに掲載し、Newsletterを発行した。人材育成WGは著名な研究者を招聘しセミナーを開催した。臨床支援WGは各班の連携関係の統合整備を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

複雑かつ多様に変化する人体臓器の形態や機能を、数理統計的に統一して扱う新しい理論の提案と、それに基づいて構築する多元計算解剖モデルや認識理解アルゴリズムなどの基盤技術に学術的特色がある。また、新しい理論や基盤技術を多様なデータに組織的に適用・評価することで、高次元のモデリング技術と次世代の認識理解技術を確立すると同時に、新しい臨床課題に取り組む点にも特色がある。

研究成果の概要（英文）：The all groups were managed and operated by the coordination committee, and each WG in the coordination committee supported the organic cooperation of each group. The DB support WG has expanded the database obtained from the clinical planned research groups. The Academic Development Support WG created publication lists, the Fusion Support WG worked to translate the related materials into English, the External Affairs WG published the results on the web, and published the Newsletter. The Human Resources Development WG invited prominent researchers to hold a seminar. The Clinical Support WG has integrated and maintained the cooperative relationship of each group.

研究分野：複合領域

キーワード：多元計算解剖学 医用画像 医用イメージング

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

人体臓器などのモデルとその応用に関する国内外の関連研究動向について触れる。まず、人体の総合的理解を目的とする学問領域として Physiome があげられる。Physiome がゲノム・タンパクから細胞、組織、そして臓器へとボトムアップで生命現象の理解を目指すのに対し、臓器形状の数理統計モデルを出発点とする。これは上記4つの概念において多元化する計算解剖学のアプローチは相補的役割を果たすといえる。医用画像解析に基づく診断支援・画像誘導治療システム分野においては、NA-MIC (全米医用画像解析連合)や ERC-CISST (計算機統合手術システム研究センター)、経産省 NEDO「インテリジェント手術機器研究開発」などが代表的なものである。いずれも計算解剖モデルの開発を主眼としてはいない。さらに、人体解剖・生理機能の計算機モデル分野においては、米国 UCLA・LONI (脳画像研究所)などで脳を対象にした取組がなされているが、本申請のように、個体差の極めて大きい胸部・腹部を中心に全身をその対象としたものはない。本申請が狙いとしているような多様な特徴に注目した数理統計的モデル化を行い、その上で個人固有の解剖や機能を理解することについては、その重要性にも関わらず十分な研究が行われていない。本申請によって、最初に述べた4つの軸に沿ってモデルを拡張し、多元かつ精緻な数理統計モデルに基づき人体の総合的理解を進めることは、高度に知能化された診断・治療法の創成およびその関連研究につながり、周辺および関連分野の飛躍的な発展が期待されるとの認識に至り、本申請を行うこととした。

### 2. 研究の目的

研究レベルから実際の臨床で撮影されている各種医用画像に含まれる、数百に及ぶ解剖・病理構造を対象とし、以下の課題に取り組む。

1. 計算解剖モデルの多元化：空間、時間、機能、病理の4つの軸の方向に従来の計算解剖モデルを拡張し、マルチスケール時空間、マルチフィジクス、病理を含む臓器組織の物性などの情報を統一して扱えるようにする。
2. 高度に知能化された診断・治療法の創成：画期的な診断・治療法の確立を目指し、拡張した多元計算解剖モデルを利用した生体シミュレーションによる高度な予測や判断に基づく診断アルゴリズム、および新しい治療機器の設計・開発に応用する。
3. 計算解剖学の学理の再構築と強化：計算解剖モデルの多元化のための基礎数理、多元計算解剖モデルの構築論や基盤技術論、さらにはそれらの臨床応用論などについて、計算解剖学の学理の再構築と強化を図る。

計画班による上記の課題への取り組みを支援するために、総括班では数理系研究者による数理支援ワーキンググループ(WG)を設置し、各班への数理面での支援・強化を確実にする。その他の主なWGとしては、基本ソフトウェアの開発整備、計算基盤の提供など工学的な側面からの融合研究を支援する融合支援WG、領域内の全研究者がアクセス可能なデータベースを構築するWG、重要な臨床課題を領域全体で取り組む研究を支援する臨床支援WGなどを設置する。

### 3. 研究の方法

領域内における有機的連携に基づいた研究を推進するには、研究支援活動が欠かせない。これらの研究支援活動は、領域代表を中心とする総括班を中心に数理支援、融合支援、データベース、臨床支援のワーキンググループ(WG)を設けた。更に、若手研究者育成や対外交流のために、人材育成WG、渉外WG、国際WGを設け、本領域の特色を踏まえ総括班は以下の研究支援活動を実施した。

### 4. 研究成果

総括班主導で領域全体の管理運営に当たると同時に、総括班の下に特定の課題を担当するWGを設置し、それぞれに以下に示す役割を果たした。なお、下線はWG主査である。

数理支援WG(本谷・井宮):A01で開発される数理的基盤がA02、A03で効率的に活用されるとともに、多元計算解剖における応用的課題が数理的課題へとフィードバックされるよう、数理支援WGを設置した。

融合支援WG(森・小林):領域内における有機的な融合研究の促進ができるよう、領域内で共通利用可能なソフトウェア基盤の開発と提供を行った。具体的には、クラウド型ソフトウェア共有基盤など、計画班間の共同研究が容易となる情報基盤を提供した。

データベースWG(清水・縄野・小田):マルチモダリティ・マルチスケール画像に加え時間軸方向の情報も付加されたデータベースは、本領域において極めて重要な役割を果たした。領域内における研究の飛躍的発展を期すためには、これらの画像データを収集し、配信する枠組みが必要となる。そこで、データベースを集中的に構築し、各研究班に配信した。

臨床支援WG(木戸・菅野):多元計算解剖の観点から、臨床の場における課題発見とその解決法の探求は本分野において極めて重要である。領域内における臨床的課題を整理し、その解決法を領域全体で探求する組織を設置した。研究成果のみならず、臨床の場における要求に基づいた領域内の有機的連携が可能となった。

人材育成WG(佐藤・鈴木):本分野を将来担う若手研究員の人材育成は各計画研究の推進の観点からも必要不可欠である。国内外における学会発表に加え、総括班が主催する計算解剖セミナー、若手向けセミナーや領域内のインターンシップ、若手研究者が参加するためサマースク

ル 若手研究者らが自主的に開催するワークショップ開催等を企画立案実施する WG を設置し人材育成を図った。

渉外 WG (仁木・目加田): 国民から託された貴重な税金によって本申請領域は実施された。そのために、継続的に社会と対話しながら研究を進めることは重要である。これらは計画班が個々に実施するのではなく、総括班がリーダーシップをとりながら進めることが望ましい。そこで、「社会との対話」を担う渉外 WG を設置し、小中高生向けの講座、公開市民講座、JSPS が募集する「ひらめきときめきサイエンス」などを通じて、社会への研究成果還元を積極的に進めた。国際 WG (藤田・増谷): 本申請領域における研究を成功に導くためには、国際レベルでの議論も重要である。毎年開催の国際シンポジウムや各領域内外での会議などにより、国外の研究者とも密にディスカッションを行い、国際的に最高水準の研究と人材育成を推進できるよう配慮した。平成 27 年度からは公募班の参入したため、各 WG が橋渡しとなって、計画班や公募班間の連携がとれる体制を作った。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 415 件)

1. 清水昭伸: AI による医用画像のコンピュータ支援診断. 最新医学書院, in press, 2019 <http://www.pieronline.jp/content/article/0370-8241/74030/358> 査読有
2. Hosoya K, Sasaki R, Tanji K, Itoh H, Imiya A: Variational Method for Multiresolution Image Registration. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*. 310, 157-158, 2018 <http://ebooks.iospress.nl/volumearticle/50876> 査読有
3. Roth HR, Oda H, Zhou X, Shimizu N, Yang Y, Hayashi Y, Oda M, Fujiwara M, Misawa K, Mori K: An application of cascaded 3D fully convolutional networks for medical image segmentation. *Computerized Medical Imaging and Graphics* 66, 90-99, 2018 doi: 10.1016/j.compmedig 査読有
4. Kotani N, Nakano T, Ida Y, Ito R, Hashizume M, Yamaguchi A, Seo M, Araki T, Hojo Y, Honke K, Murakoshi T: Analysis of lipid raft molecules in the living brain slices. *Neurochem Int* 119, 140-150, 2018 doi: 10.1016/j.neuint.2017.08.012 査読有
5. Chung Y, Yang D, Gasparrini A, Vicedo-Cabrera AM, Fook Sheng Ng C, Kim Y, Honda Y, Hashizume M: Changing Susceptibility to Non-Optimum Temperatures in Japan, 1972-2012: The Role of Climate, Demographic, and Socioeconomic Factors. *Environ Health Perspect*, 126(5), 57002, 2018 doi: 10.1289/EHP2546 査読有
6. 橋爪 誠: 【内視鏡外科の進歩】内視鏡外科の未来像 AI と多元計算解剖学(解説/特集). *消化器外科* 41(13), 1865-1872, 2018 <https://www.herusu-shuppan.co.jp/gs201812/> 査読有
7. Hanaoka S, Shimizu A, Nemoto M, Nomura Y, Miki S, Yoshikawa T, Hayashi N, Ohtomo K, Masutani Y: Automatic detection of over 100 anatomical landmarks in medical CT images: a framework with independent detectors and combinatorial optimization. *Medical Image Analysis* 35, 192-214, 2017 doi: 10.1016/j.media.2016.04.001 査読有
8. 仁木 登、藤田廣志、森健策: 多元計算解剖学の応用システム. *Medical Imaging Technology*. 34, 144-150, 2016 査読有 <http://mol.medicalonline.jp/library/archive/search?jo=en9meite&ye=2016&vo=34&issue=3&UserID=133.5.64.89>
9. 小林英津子、木戸尚治、大内田研宙、橋爪 誠: 多元計算解剖学の展開. *Med Imag Tech* 34, 151-156, 2016 査読有 <http://mol.medicalonline.jp/library/archive/search?jo=en9meite&ye=2016&vo=34&issue=3&UserID=133.5.64.89>
10. Yang L, Wang J, Kobayashi E, Ando T, Yamashita H, Sakuma I, Chiba T: Image mapping of untracked free-hand endoscopic views to an ultrasound image-constructed 3D placenta model. *the International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery* 11, 223-234, 2015 doi: 10.1002/rcs.1592 査読有
11. Matsuzaki T, Oda M, Kitasaka T, Hayashi Y, Misawa K, Mori K: Automated anatomical labeling of abdominal arteries and hepatic portal system extracted from abdominal CT volumes. *Medical Image Analysis* 20, 152-161, 2015 査読有 doi: 10.1016/j.media.2014.11.002
12. 森 健策: 特集 / マルチモダリティ医用画像の統合解析: マルチモダリティ画像の融合治療応用を目的とした CT/超音波/内視鏡画像融合. *Medical Imaging Technology*. 33, 170-176, 2015 [https://www.jstage.jst.go.jp/article/mit/33/4/33\\_170/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/mit/33/4/33_170/_pdf) 査読有
13. 森 健策: 3D プリンティングの現状と将来展望: 医用画像処理と 3D プリンタによる臓器実体モデル作成とその利用. *光技術コンタクト* 53, 20-27, 2015 査読有 [http://www.joem.or.jp/back\\_number.htm#2015-2](http://www.joem.or.jp/back_number.htm#2015-2)
14. 大内田研宙、橋爪 誠: 多元系酸解剖学への新展開 特集 医用画像に基づく計算解剖学の創生と診断・治療支援の高度化. *INNERVISION* 29, 2014 査読有

〔学会発表〕(計 719 件)

1. Mori K, Nagara K, Nakamura S, Oda H, Roth HR, Oda M: Micro CT and Histopathological Image Registration Based on Deep-Learning Assisted Image Registration. RSNA2018, 2018年11月25~30日, 2018, USA
2. 坂東佳祐、鈴木秀宣、河田佳樹、仁木 登、飯沼 元: 造影マルチスライス CT 画像における大腸がんの転移性リンパ節解析. 第 37 回日本医用画像工学会大会、2018 年 7 月 25 ~ 27 日、茨城県
3. Kidera S, Kido S, Hirano Y, Mabu S, Tanaka N: Segmentation of lung nodules on MDCT images by using 3D Conv-DeconvNet. Computer Assisted Radiology and Surgery, 32th International Congress and Exhibition (CARS2018), 2018 年 6 月 20 ~ 22 日、Germany
4. 橋爪 誠: 多元計算解剖学の概念と臨床応用. 日本顕微鏡学会 第 74 回学術講演会、2018 年 5 月 29 ~ 31 日、福岡
5. 森 健策: 多元計算解剖学が拓く新たな医用画像処理技術. 第 9 回呼吸機能イメージング研究会学術集会、2017 年 1 月 27 ~ 28 日、京都
6. Shimizu A, Hontani H, Kobayashi N, Shono H, Mori K, Iwamoto C, Ouchida K, Oda Y, Hashizume M: A multi-scale and multi-modality statistical model of pancreas. Computer Assisted Radiology and Surgery 2016 年 06 月 21 日 ~ 25 日、Heidelberg Convention Center, Heidelberg, Germany
7. Fujita H: State-of-the-art of computer-aided diagnosis (CAD) for medical images. The 2015 International Symposium on Electrical and Electronics Engineering 2015 年 10 月 30 日、Ho Chi Minh City Univ. of Tech., Ho Chi Minh (Vietnam)
8. 橋爪 誠、本谷秀堅、森 健策、小林英津子、田中利恵、原口 亮、山田重人、花岡昇平: 多元計算解剖学と診断・治療支援への展開. 第 34 回日本医用画像工学会大会、2015 年 7 月 31 日、名古屋
9. 橋爪 誠: 医用画像に基づく計算解剖学の多元化と高度知能化診断・治療への展開 - 領域概要 -. 第 54 回日本生体医工学会大会、2015 年 05 月 08 日、名古屋
10. 森 健策、仁木 登、藤田廣志: 多元計算解剖学に基づいたコンピュータ診断・治療支援システム - 研究計画と研究進捗 -. 第 54 回日本生体医工学会大会. 2015 年 05 月 07 日 ~ 09 日、名古屋国際会議場
11. Shimizu M, Hara T, Yamaguchi Y, Katafuchi T, Fukuoka D, Itoh S, Muramatsu C, Zhou X, Fujita H: Z-score imaging of torso FDG-PET SUV and computer-aided diagnostic system based on anatomical Standardization. RSNA 2014: 100th Scientific Assembly and Annual Meeting, 2014 年 11 月 30 日 ~ 12 月 05 日, McCormick Place, Chicago, IL, USA

〔図書〕(計 21 件)

1. 橋爪 誠、誠文堂新光社、多元計算解剖学の基礎と臨床への応用、2018 年、304 頁
2. Muramatsu C, Fujita H, CRC Press, Computer Analysis of Mammograms, in Handbook of X-ray Imaging Physics and Technology. ed by P. Russo, 2018 年、1393 頁
3. 森 健策 他、共立出版、人工知能学大辞典、2017 年、1600 頁
4. 岩堀祐之、縄野 繁、中島義和 他、エヌ ティ エス、三次元画像センシングの新展開 ~ リアルタイム・高精度に向けた要素技術から産業応用まで ~、2015 年、320 頁

〔産業財産権〕

出願状況 (計 4 件)

名称: 生体内超音波三次元画像生成装置およびそれを用いた生体動脈血管形状検出装置

発明者: 本谷秀堅、野村香織、益田博之 他

権利者: 名古屋工業大学、(株)ユネクス 他

種類: 特許

番号: 特願 2016-033658

出願年月日: 2016 年 02 月 24 日

国内外の別: 国内

名称: 動脈血管検出装置および動脈血管評価装置

発明者: 本谷秀堅、益田博之、小山俊彦 他

権利者: 名古屋工業大学、(株)ユネクス 他

種類: 特許

番号: 特願 2016-005634

出願年月日: 2016 年 01 月 14 日

国内外の別: 国内

名称：画像処理装置、方法、及びプログラム  
発明者：清水昭伸，齊藤 篤  
権利者：東京農工大学  
種類：特許  
番号：PCT/JP2015/073277  
出願年月日：2015年10月13日  
国内外の別：外国

取得状況（計0件）

〔その他〕

ホームページ等

多元計算解剖学：[http://wiki.tagen-compana.org/mediawiki/index.php/Main\\_Page](http://wiki.tagen-compana.org/mediawiki/index.php/Main_Page)

diffusion Magnetic Resonance Image Analyzer:

<http://www.medimg.info.hiroshima-cu.ac.jp/diMaRIA/diMaRIA.htm>

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：目加田 慶人

ローマ字氏名：MEKADA YOSHITO

所属研究機関名：中京大学

部局名：工学部

職名：教授

研究者番号（8桁）：00282377

### (2) 研究分担者

研究分担者氏名：藤田 廣志

ローマ字氏名：FUJITA HIROSHI

所属研究機関名：岐阜大学

部局名：工学部

職名：特任教授・名誉教授

研究者番号（8桁）：10124033

### (3) 研究分担者

研究分担者氏名：井宮 淳

ローマ字氏名：IMIYA ATSUSHI

所属研究機関名：千葉大学

部局名：統合情報センター

職名：教授

研究者番号（8桁）：10176505

### (4) 研究分担者

研究分担者氏名：森 健策

ローマ字氏名：MORI KENSAKU

所属研究機関名：名古屋大学

部局名：情報学研究科

職名：教授

研究者番号（8桁）：10293664

### (5) 研究分担者

研究分担者氏名：増谷 佳孝

ローマ字氏名：MASUTANI YOSHITAKA

所属研究機関名：広島市立大学

部局名：情報科学研究科

職名：教授

研究者番号（8桁）：20345193

### (6) 研究分担者

研究分担者氏名：正宗 英津子（小林）

ローマ字氏名：MASAMUNE ETSUKO

所属研究機関名：東京女子医科大学

部局名：医学部

職名：准教授

研究者番号 (8桁): 20345268

(7)研究分担者

研究分担者氏名: 鈴木 直樹  
ローマ字氏名: SUZUKI NAOKI  
所属研究機関名: 東京慈恵会医科大学  
部局名: 医学部  
職名: 教授  
研究者番号 (8桁): 40147327

(8)研究分担者

研究分担者氏名: 縄野 繁  
ローマ字氏名: NAWANO SHIGERU  
所属研究機関名: 国際医療福祉大学  
部局名: 医学部  
職名: 教授  
研究者番号 (8桁): 40156005

(9)研究分担者

研究分担者氏名: 本谷 秀堅  
ローマ字氏名: HONTANI HIDEKATA  
所属研究機関名: 名古屋工業大学  
部局名: 工学(系)研究科(研究院)  
職名: 教授  
研究者番号 (8桁): 60282688

(10)研究分担者

研究分担者氏名: 佐藤 嘉伸  
ローマ字氏名: SATO YOSHINOBU  
所属研究機関名: 奈良先端科学技術大学院大学  
部局名: 先端科学技術研究科  
職名: 教授  
研究者番号 (8桁): 70243219

(11)研究分担者

研究分担者氏名: 仁木 登  
ローマ字氏名: NIKI NOBORU  
所属研究機関名: 徳島大学  
部局名: 大学院社会産業理工学研究部(理工学域)  
職名: 非常勤講師  
研究者番号 (8桁): 80116847

(12)研究分担者

研究分担者氏名: 清水 昭伸  
ローマ字氏名: SHIMIZU AKINOBU  
所属研究機関名: 東京農工大学  
部局名: 工学(系)研究科(研究院)  
職名: 教授  
研究者番号 (8桁): 80262880

(13)研究分担者

研究分担者氏名: 木戸 尚治  
ローマ字氏名: KIDO SHOJI  
所属研究機関名: 山口大学  
部局名: 大学院創成科学研究科  
職名: 教授  
研究者番号 (8桁): 90314814

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。