

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 9 月 28 日現在

機関番号：32651

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H00857

研究課題名(和文) 生体構造に適した、実空間に表示可能な四次元画像表示装置の開発とその臨床応用

研究課題名(英文) Development of a display system for projecting human four-dimensional phenomena in space

研究代表者

鈴木 直樹 (Suzuki, Naoki)

東京慈恵会医科大学・医学部・教授

研究者番号：40147327

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,500,000円

研究成果の概要(和文)：われわれは4次元画像データを空間に表示できる画像表示装置の開発を行っている。ある方向からの照射光を可視光波長と霧の粒子に照射して発生するミー散乱とチンダル現象を利用し、同心円上の複数の方向からそれぞれの方向に合致した投影像を中心部の1点に向けてプロジェクションすることにより、立体像を空間に表示することができる。この方法により、時間変化を示す立体像Z方向に連続した断層データ群を逆投影して3次元画像化することに類似した状況を実空間内に物理的に発生して可視化させることができ、かつこれを時間軸方向に自由な立体像とすることにより4次元画像表示を可能とした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

四次元表示における時間軸方向での情報については、コンピュータからの指示により回転、拡大はもとより可能であり、時間軸も正方向、逆方向に変化させること時間軸を拡大して速い動きをゆっくりと観察することが可能となる。すなわち四次元現象を「実像として時空間的に操作して観察」することが可能となる。以上が実現することにより複雑な人体内部での四次元現象を医師、医学研究者が空間的にも時間的にも精度良く観察できることにより、より正確で詳細な病態の発見、手術支援を含む安全で安心な治療手法の獲得を可能とさせ、総じて医用画像臨床応用全般での能力範囲拡大を生じさせることができる点に意義があると考えられる。

研究成果の概要(英文)：At present, there is no device that can display the true 4D image data of the 4D phenomenon of the human body with the current technology. We have developed an image display device that can display 4D image data in space. We used Mie scattering and Tyndall phenomenon generated by irradiating visible light wavelength and fog particles with light from a certain direction. By generating quantitative 3D image that matches each direction from a plurality of directions on concentric circles toward one point in the center, a stereoscopic image can be displayed in space. By this method, it was possible to physically generate and visualize a quantitative 3D image in real space similar to back projecting a tomographic data group that is continuous in the Z direction of a stereoscopic image showing temporal changes, and by making this a free stereoscopic image in the time axis direction, it was possible to display true 4D images.

研究分野：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

キーワード：四次元画像表示装置 四次元データ 手術ナビゲーション

1. 研究開始当初の背景

言うまでもなく人体は四次元現象である。心臓、四肢を例にとればわかるように人体はどの部分を取り出してみても必ず立体的構造を持ち、そして拍動、運動により時空間的変化を見せる四次元的な存在である。先端医用画像技術と最近の画像処理技術は着実に医学に貢献し、人体の四次元現象を四次元データとして計測し得る時代となって来た。そしてまだわずかではあるが臨床医学においても生体の四次元データの利用が始まろうとしている。

われわれの研究チームにおいても人体の四次元現象を画像化する研究を行い、全身レベルでの内臓、血管、骨格筋を含む体内構造を四次元画像として表示する方法の開発研究[1,2]や成長に代表されるような長い時間を経て変化する体内の可視化技術の開発[3]などを行っている。

しかしながらこれらの研究を行う際、またこれらのデータを臨床応用する際、せっかくの「四次元データを真に四次元的に表示する方法がまだこの世に存在しない」のも今日における大きな事実である。データ自身が四次元構造を持ちながら、これをモニターという二次元に投影して暫定的に使用するというやや理不尽なことが日常行われている。

これからの医学領域での研究、臨床において患者の状態を四次元的に表示して診断し、かつ四次元的な病態の変化を把握してその未来をシミュレーションすること、また手術室において四次元画像の手術部位投影による時空間的手術ナビゲーションができるようになれば、新たな病態の把握、新しい治療法の創出につながることは必至であると考えられる。

2. 研究の目的

生体の動態を四次元画像として把握する手段が活用されはじめているが、現実には四次元データを真に四次元的に表示する表示装置はまだこの世の中に存在しない。人体の構造と動態を充分表示可能な高い時空間分解能を持つ四次元画像表示装置の開発とその臨床応用を目的とする。特に申請案件では四次元画像を空間上に実像として結像させる方法をとるため、観察者がごく自然な状況下で患者患部の状態を診断し、かつ治療面でも手術ナビゲーションなどの臨床応用に活用することが可能となることを想定している。

すでに現在予備的研究を行い、この結果、試作装置による限られた数のプロジェクションデータによる表示ではあるが「空間への四次元画像投影」に成功している（図1参照）、申請研究ではまず四次元表示装置の空間分解能を高めるための研究を行う。この内容は四次元像表示空間とする滅菌水を用いたミスト発生装置の構造の開発と改良、空間投影像の表示装置と表示手法の開発と改良、さらに人体構造の投影画像への高速処理法の開発を行い、空間投影像の分解能、鮮鋭度の評価法を構築して開発各段階の画像を評価し画質向上をめざす。この方式がMRI、CTデータを元にした人体の解剖学的構造、その動態を表示しうる空間分解能、時空間分解能を有するまでにして手法の基礎的完成を目指す。またある時点間での三次元画像同士の最適な補間を行うことにより時間分解能の向上を目指すための開発研究、これを高速に行うためのハードウェアの開発も目指す。さらに基本方式並びに基本装置完成後の次の段階として、臨床への応用に進む。開発された装置については倫理委員会での認可取得後、実際の医療現場において使用し、臨床応用における実用性を検討するまでを行う。特にどの臨床領域のどのような目的、すなわち診断から手術支援までどの程度使用できるかを見極めさらにその応用目的に特化した結像手法の改良、画像処理手法の改良、システム全体の改良を行う。装置構造としては、滅菌水の使用は開発装置の手術室内での使用を可能とするためであり、手術支援、ナビゲーション手術への利用を可能とするためである。特に現在臨床研究として行っている腹部手術ナビゲーションにこの画像表示装置を用い、肝胆膵領域での臓器内腫瘍と血管系の空間表示、形成外科領域における手、足背部の骨格、腱の空間表示、産科領域での胎児動態の表示に適した表示装置の特化、画像処理装置の特化までを行い、最終的に研究期間内に臨床応用可能な四次元表示装置の完成を目指す。さらに診療科ごとに最適な表示手法、画像処理手法を構築し臨床応用面での完成も目指す。

3. 研究の方法

1) 要素技術の開発

この年度内に試作装置を基盤とした原理の追求とできるだけ空間分解能の高い画像表示装置構築のための要素開発を行うものとした。

まずここに、ヒト（観察者）の視覚のメカニズムに対して、開発しようとする画像表示法の特徴を述べる。本手法は、前述のごとく空間に実像を結像させる立体画像であるため、従来よりある偏光メガネ、ヘッドマウントディスプレイ、レティナルスキャン（網膜照射）などによる立体視と異なるのは、これらが眼球運動による画像の消失や不自然なステレオ視による眼、脳の疲労を生じさせない表示法となることである。また本表示法では観察者の両眼における自然な視差を活用でき、眼に不自然な距離調整をさせる必要がないため、観察者はあたかも空間上の物体を見るのと同じ条件下で、実感をもって空間上に結像された患者患部の立体像を色彩を持って観察することが可能となる特徴を持っている。またスケールを1対1の実寸とすれば、立体的形状のみならず、患者患部の位置、臓器表面の深さを実感し計測することが可能となる。またこの手法の特色としてガラスケース内などの閉鎖空間ではない空間上に結像させているため、指を入れて深さを確認する手のひらで表面をなぞるなどの操作も可能となる。そして空間結像方式であるが故に複数の観察者による観察も可能であり四次元像を前にした討議も可能となる。

これを実現させる最初の段階として、まず空間分解の向上のために以下の研究開発作業を行うものとした。まず空間上に結像させるための鍵は円柱上のミスト（霧）の流れを発生させる装置の設計と政策を行った。発生した霧を安定した層流として空間に放出する装置に装着するハニカム構造の整流管の構造と霧を押し出すポンプを製作し、これらの特性の整合性をとり、中心部の濃度が高く周辺部に向けて濃度の低いガウス分布上の霧の流れを作るための制御機構を構築するものとした。またこの霧の流れに対して多方向からプロジェクションデータを照射できる小型プロジェクタ群の開発とその輝度向上を目指した。さらに小型プロジェクタ群を最適な空間配置にし、かつ精度の高い照射位置を保持できる照射アセンブリ機構を設計製作するものとした。そして状態の変化に伴う空間画像の劣化を防ぐため、テストパターンの随時表示によるリアルタイムフィードバック型の画像処理機能の開発もあわせて行うものとした。

また時間軸領域に関しても時間分解能の向上のために以下の研究開発作業を行うものとした。時間分解能向上の鍵はこの空間表示に適した、立体像の時間軸上での配列法の最適化とその表示法の構築である。空間に結像した、その対象物の動的変化を観察者が最も認識しやすい条件を見つけ出し、時間軸上での立体画像の補間作業を行うとともに、最終表示画像に遅延のない高速な画像表示速度を保てるだけの画像処理速度の高速化を行うものとした。

また、最終的に本研究開発により生み出される四次元表示画像を想定し、また同時にこの年度において共同研究を行う臨床各科ごとにどのような臨床例において患者疾病部位の四次元画像を行うことが効果的か洗い出し作業を行い、これに適した臨床例の蓄積作業をおこなうものとした。

2) 四次元表示装置の完成

要素技術として開発した円柱上のミスト（霧）の流れを発生させる装置、小型プロジェクタ群の照射アセンブリ機構、画像処理システムを結合させ装置を完成させるものとした。

また空間に結像させた画像に対する時空間分解の計測法を開発するものとした。なぜならモニターに表示された画像の分解能を評価する方法はあっても空間上に表示された立体像の分解能を評価するための手法がないため、このための評価法、テストパターンを作製して手法を決める必要があった。そしてこの手法をもって開発装置の検証をしつつ装置自体の改良を行う。ドライファントムを用いた撮像と表示の実験を行うとともに、研究所内のCT装置と動物実験施設を用いてブタによる実験により臓器内構造、血管走行これらの動的変化の認識率を検証して行くものとした。

3) 実用を目指した2号機の制作

これまでの評価と技術的蓄積を活用した2号機野作製を開始し、この年度最終時期に完成をさせるものとした。さらにこの2号機によって手術室への適応を目的とした開発装置の機能向上を行う。四次元表示装置利用は腹部外科と産婦人科領域のグループと形成外科、整形外科領域のグループに分け、それぞれに適した四次元画像表示を行えるソフトウェアのオプション、表示機構自体の変更を行い本格的な臨床応用を開始するものとした。

4. 研究成果

心臓の拍動、四肢の運動など人体の動的変化、すなわち4次元現象を定量的に捉え、解析することはこれからの医学に大きな貢献となるはずである。しかしながら 現実には4次元データを真に4次元的に表示することのできる表示装置は、まだこの世の中に存在していない。最近の生体画像技術の発展により、ようやく生体の4次元データを取得できるようになりながら、これらを従来のモニターという2次元平面的に投影して暫定的に使用するという、理不尽な手法が日常臨床でも行われている。

まず2019年度に4次元表示装置の表示原理の追求と照射アセンブリ機構の開発とミスト発生装置の開発を実施した。われわれが実現しようとしている4次元画像の表示装置は、コンピュータ内の仮想空間における演算による立体構造の構築ではなく、光学的な結像による実空間での立体像の構築ができる機能を持たせることが必須である。このためには最適の条件を満たす空間的濃度分布を持つ円柱上のミスト（霧）の流れの周囲に同心円上に配置したプロジェクタ群から対象物のプロジェクションデータを投影し、複数のプロジェクションデータを光学的に空間合成して立体像を実空間上に結像させるものである。要素技術開発としては、まず空間上に結像させるための鍵でもある円柱上のミスト（霧）の流れを発生装置構造の開発に務めた。発生した霧を安定した層流として空間に放出する装置に装着するハニカム構造の整流管の構造と霧を押し出すポンプを設計して試験装置を製作した。ハニカム構造の内部形状と材質を変化させることにより、中心部の濃度が高く周辺部に向けて濃度の低いガウス分布上の霧の流れを作るための制御機構を構築することに成功した。特にハニカム構造の材質と内面表面の性状がミスト濃度分布の安定性を決定することを発見した。複数方向からのデータのプロジェクション法についてはプロジェクションの方向とプロジェクション数を変更できる試験装置を開発し、これらの条件が変わることにより結像される画像がどのように変化し、観察者の認識が変わってくるかを調べた。特に1対1の実寸で患者患部の位置、臓器表面の深さを実感して計測するた

めの表示条件を絞り込み、結像させている空間に指を入れた際の画像全体への影響なども調査した。結果的に空間結像方式であるが故に複数の観察者による観察も可能であり、4次元像を前にした複数の観察者による討議も可能となることも証明することができた。

また2020年度では作製したミスト装置、小型プロジェクタ群の照射アセンブリ機構、画像処理システムを結合させ、装置の1号機を完成させたが思った通りの空間解像度を持つ表示画像が得られなかった。しかし装置のどの部分を改良すると最終的な空間解像度がどのように向上するかを技術要素ごとに検討してこれを克服できた。これには今まで確かな手法のなかった、空間上に表示された立体像の分解能を評価するための手法の構築を行ったことが問題の洗いだしを明確化したと考える。このために製作した何種類かのテストパターンも適確に役立った。検討の結果、来年度の予算を繰り越して1号機の改良作業を行うことができ、結果的にほぼ順調な研究の進行状況を取り戻すことができた。

また2021年度では、装置各部の機能拡張、すなわち円柱上ミストの濃度の空間的、時間的安定化、同心円上に配置したプロジェクタ群の照射機能の能力向上を図り、最終的な空間表示画像の空間解像度と時間解像度を向上させることができた。また臨床系の研究分担者からの強い要望により、体内構造をVolume rendering法で表示した画像においても高い空間分解能、時間分解能を得るべく、計測データの前処理のためのソフトウェアの構築と、開発した表示手法を現場で効率よく使用できるようにするためのユーザビリティの向上を行うことができた。この開発装置による症例の検討を腹部外科領域、形成外科における臨床データを素材として実施した。さらに装置本体をハイテクナビゲーション手術実験室に仮設置し、手術場での環境における4次元表示像の認識性等、装置の安定性を評価することができた。研究開始より3年目にして、本手法により時間変化を示す立体像Z方向に連続した断層データ群を逆投影して3次元画像化することに類似した状況を実空間内に物理的に発生して可視化させることができ、かつこれを時間軸方向に自由な立体像とすることにより4次元画像表示を可能とすることができたと言える。

最終年度には2号機を完成させ、この装置のためのソフトウェアの最終開発と臨床的評価を行った。具体的には安定化したミスト発生装置の装備、投影するプロジェクション画像の表示位置的誤差を少なくし下装置を完成させ、総じて精度の高い空間投影を行う事のできる表示装置を完成させた。さら臨床で多く用いられているX線CT画像、MRI画像のボリュームレンダリング法による空間表示像が、より臨床医にとって医学的情報を認識しやすい画像とするための画像表示ソフトウェアの最終的な改良、追加開発を行った。表示画像を腹部領域ならびに整形外科、形成外科領域での実際の臨床データを用いて患部の4次元画像を空間投影し、臨床医による最終的な評価を行った。さらに空間表示上での空間分解能向上だけでなく、4次元画像の重要な要素である人体の動き、すなわち時間軸上において動きのある画像の精度を上げるために、このためのソフトウェアも効率化してリアルタイム性を高め、総じて搭載ソフトウェアのプレプロセッシング能力を高めることにより、表示画像の時間分解能を上げることができた。

[1] Suzuki N, Hattori A, Hashizume M. Development of Four Dimensional Human Model that Enables Deformation of Skin, Organs and Blood Vessel System During Body Movement - Visualizing Movements of the Musculoskeletal System, Studies in Health Technology and Informatics 2016; 220; 396-402.

[2] Suzuki N, Hattori A, Hashizume M. Development of 4D human body model that enables deformation of skin, organ and blood vessel according to dynamic change, Lecture Notes in Computer Science 2015; 9365; 80-91.

[3] 服部麻木, 鈴木直樹, 中田亮輔, 小幡聡, 神保教広, 宗崎良太, 赤星朋比古, 田口智章, 家入里志, 橋爪誠. 小児の成長を解析するための四次元現象表示システムの開発. J JSCAS 2015; 17(3): 177.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yasuda Jungo, Okamoto Tomoyoshi, Onda Shinji, Fujioka Shuuichi, Yanaga Katsuhiko, Suzuki Naoki, Hattori Asaki	4. 巻 13
2. 論文標題 Application of image guided navigation system for laparoscopic hepatobiliary surgery	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Asian Journal of Endoscopic Surgery	6. 最初と最後の頁 39 ~ 45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ases.12696	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Yasuda J, Okamoto T, Onda S, Futagawa Y, Yanaga K, Suzuki N, Hattori A	4. 巻 14
2. 論文標題 Novel navigation system by augmented reality technology using a tablet PC for hepatobiliary and pancreatic surgery	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery	6. 最初と最後の頁 e1921
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/rcs.1921	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kimura T, Kubota M, Suzuki N, Hattori A, Marumo K	4. 巻 39
2. 論文標題 Comparison of Intercuneiform 1-2 Joint Mobility Between Hallux Valgus and Normal Feet Using Weightbearing Computed Tomography and 3-Dimensional Analysis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Foot and Ankle International	6. 最初と最後の頁 355-360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/1071100717744174	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kimura Tadashi, Kubota Makoto, Suzuki Naoki, Hattori Asaki, Marumo Keishi	4. 巻 39
2. 論文標題 Comparison of Intercuneiform 1-2 Joint Mobility Between Hallux Valgus and Normal Feet Using Weightbearing Computed Tomography and 3-Dimensional Analysis	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Foot & Ankle International	6. 最初と最後の頁 355 ~ 360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/1071100717744174	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計26件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 鈴木直樹, 服部麻木, 岡本友好, 坂井滋和, 半田晴久
2. 発表標題 各術者からの視点でナビゲーション画像を得られる多視点型手術ナビゲーションシステムの構築
3. 学会等名 第29回日本コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木直樹, 服部麻木, 大滝正子, 西和彦
2. 発表標題 Digital Body の構築 高速に MRI により全身の 3 次元データを取得できる手法の開発
3. 学会等名 第29回日本コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木直樹, 服部麻木, 橋爪誠
2. 発表標題 空間投影可能な4次元表示装置における画像の時空間分解能の向上
3. 学会等名 第29回日本コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木直樹, 服部麻木, 神保教広, 西和彦
2. 発表標題 病態の 4 次元解析における臓器内構造の表示機能について
3. 学会等名 第29回日本コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 服部麻木, 兼平卓, 岡本友好, 二川康郎, 松本倫典, 阿部恭平, 安田淳吾, 恩田真二, 池上徹, 鈴木直樹
2. 発表標題 位置認識誘導型ナビゲーションシステム(recognized position-guided navigation system)の臨床応用
3. 学会等名 第29回日本コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木直樹, 服部麻木, 橋爪誠
2. 発表標題 人体の4次元現象の空間表示装置の開発
3. 学会等名 第28回日本コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木直樹, 服部麻木, 大滝正子, 西和彦
2. 発表標題 DIGITAL BODYの構築と仮想空間上におけるヒトの変化の時空間的解析
3. 学会等名 第28回日本コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 兼平卓, 岡本友好, 二川康郎, 阿部恭平, 安田淳吾, 恩田真二, 矢永勝彦, 鈴木直樹
2. 発表標題 位置認識誘導型ナビゲーションシステム(recognized position-guided navigation system)の有用性
3. 学会等名 第28回日本コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 兼平卓, 岡本友好, 二川康郎, 阿部恭平, 安田淳吾, 恩田真二, 矢永勝彦, 鈴木直樹, 服部麻木
2. 発表標題 位置認識誘導型ナビゲーションシステム(recognized position-guided navigation system)の開発
3. 学会等名 第27回日本コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 服部麻木, 鈴木直樹, 大滝正子, 橋爪誠
2. 発表標題 四次元人体モデルの開発とMRIによる骨格筋の動態計測
3. 学会等名 第57回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高木偉博, 服部麻木, 鈴木直樹
2. 発表標題 超音波を用いた事前データモデルを用いない腹腔鏡手術ナビゲーションの基礎的検討
3. 学会等名 第57回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村正, 窪田誠, 鈴木直樹, 服部麻木, 丸毛啓史
2. 発表標題 3次元解析システムと荷重位 CT を用いた楔状骨周囲と母趾列の関節可動性の評価~健常足と外反母趾 足の比較~
3. 学会等名 第57回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 服部麻木, 兼平卓, 岡本友好, 二川康郎, 恩田真二, 安田淳吾, 矢永勝彦, 鈴木直樹
2. 発表標題 開腹下手術の術中ナビゲーションシステムの新しい機能の開発
3. 学会等名 第37回日本医用画像工学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kimura.T, Kubota M, Hattori H, Minagawa K, Suzuki N, Hattori A, Marumo K
2. 発表標題 Evaluation of joint mobility around the cuneiform between hallux valgus and normal feet using 3D analysis system and weight-bearing CT
3. 学会等名 International foot and ankle biomechanics
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村正, 窪田誠, 服部英和, 皆川和彦, 鈴木直樹, 服部麻木, 齋藤充, 丸毛啓史
2. 発表標題 外反母趾足と健常足の第1中足骨の捻れの評価 足部CTと3次元画像解析システムを用いて
3. 学会等名 第91回日本整形外科学会学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村正, 窪田誠, 服部英和, 山下隆之, 雨谷えりか, 池上拓, 玉川明香, 鈴木直樹, 服部麻木, 丸毛啓史
2. 発表標題 荷重位CTと3次元解析システムを用いた外反母趾足と健常足における母趾列の各関節の荷重負荷による変位の解析
3. 学会等名 第43回日本足の外科学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安田淳吾, 矢永勝彦, 恩田真二, 藤原佑樹, 兼平卓, 二川康郎, 岡本友好, 大木隆生, 鈴木直樹, 服部麻木
2. 発表標題 イメージガイド型ナビゲーションの肝切除術への応用
3. 学会等名 第117回日本外科学会定期学術集会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木直樹, 服部麻木, 北川久, 橋爪誠
2. 発表標題 軟組織変形を伴う四次元人体モデルの開発と評価
3. 学会等名 第56回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 服部麻木, 安田淳吾, 岡本友好, 藤原佑樹, 鈴木文武, 二川康郎, 恩田真二, 矢永勝彦, 鈴木直樹
2. 発表標題 タブレット型PCを用いた開腹手術用イメージガイド下ナビゲーションシステムの開発
3. 学会等名 第56回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 服部麻木, 安田淳吾, 岡本友好, 藤原佑樹, 二川康郎, 恩田真二, 矢永勝彦, 鈴木直樹
2. 発表標題 肝胆膵領域における外科手術のためのタブレットPC型ナビゲーションシステム
3. 学会等名 第36回日本医用画像工学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木直樹, 服部麻木, 北川久, 橋爪誠
2. 発表標題 MRIによる骨格筋動態の計測法の開発と筋変形の四次元表示
3. 学会等名 第36回日本医用画像工学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 安田淳吾, 恩田真二, 二川康朗, 岡本友好, 矢永勝彦, 鈴木直樹, 服部麻木
2. 発表標題 肝臓ナビゲーション手術による過去の時相CTを用いたvanishing tumorの切除
3. 学会等名 第26回日本コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高木偉博, 服部麻木, 鈴木直樹
2. 発表標題 婦人科腹腔鏡下悪性腫瘍手術におけるナビゲーション手術の基礎的検討
3. 学会等名 第26回日本コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 服部麻木, 安田淳吾, 岡本友好, 兼平卓, 二川康郎, 恩田真二, 矢永勝彦, 鈴木直樹
2. 発表標題 肝胆膵領域の手術ナビゲーションに適したユーザインタフェースと機能の開発
3. 学会等名 第26回日本コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 木村正, 窪田誠, 鈴木直樹, 服部麻木, 丸毛啓史
2. 発表標題 外反母趾患者における近位骨切り手術前後のTMT関節の可動性変化
3. 学会等名 第26回日本コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木直樹
2. 発表標題 VR (仮想現実) 技術の整形外科領域での臨床応用と可能性
3. 学会等名 第12回日本CAOS研究会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 鈴木直樹, 服部麻木	4. 発行年 2018年
2. 出版社 誠文堂新光社	5. 総ページ数 164
3. 書名 高次元医用画像工学とその臨床応用	

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 立体映像表示システム	発明者 鈴木直樹, 服部麻木, 橋爪誠	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2019-017526	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 立体映像表示システム	発明者 鈴木直樹, 服部麻木, 橋爪誠	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2019-017526	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 立体映像表示システム	発明者 鈴木直樹, 服部麻木, 橋爪誠	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、6731084	取得年 2020年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	花房 昭彦 (Hanafusa Akihiko) (10547839)	芝浦工業大学・システム理工学部・教授 (32619)	
研究分担者	坂井 滋和 (Sakai Shigekazu) (60264123)	早稲田大学・理工学術院・教授 (32689)	
研究分担者	宮脇 剛司 (Miyawaki Takeshi) (70246445)	東京慈恵会医科大学・医学部・教授 (32651)	
研究分担者	橋爪 誠 (Hashizume Makoto) (90198664)	一般財団法人ファジィシステム研究所・研究部・特別研究員 (77103)	
研究分担者	服部 麻木 (Hattori Asaki) (90312024)	東京慈恵会医科大学・医学部・准教授 (32651)	
研究分担者	西 和彦 (Nishi Kazuhiko) (70876440)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・特任専門員 (12601)	
研究分担者	岡本 友好 (Okamoto Tomoyoshi) (00246381)	東京慈恵会医科大学・医学部・教授 (32651)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	岡本 愛光 (Okamoto Aikou) (20204026)	東京慈恵会医科大学・医学部・教授 (32651)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関