

平成 30 年 6 月 25 日現在

機関番号：35403

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16031

研究課題名(和文)患者に特化した手術支援のための血管構造解析とそのハンズフリー対話可視化操作の開発

研究課題名(英文) Patient-specific 3D-Visualization of the Liver and Vascular Structures for surgical assistance and its a touch-less Visualization of medical image

研究代表者

健山 智子 (Tateyama, Tomoko)

広島工業大学・情報学部・助教

研究者番号：90550153

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：外科医は一般的に手術中、複数の可視化装置から患者の解剖学的情報を確認するが、可視化で操作したデバイスは、衛生を維持するための再滅菌が必要である。あるいは、可視化操作において、執刀医が自ら直接見たい場所にアクセスすることは難しい。本研究では、外科医自身が操作し衛生状態を維持することが可能な非接触の可視化操作システムを開発する。開発システムは、L字型スクリーン上に提示された患者の解剖モデルをKINECTから得られたジェスチャ情報に基づいて操作を行う。この操作により回転・透過を調整し、執刀医自らが体内情報を直接確認できるシステムである。実験では、提案法が高精度な可視化実現を達成したことを示した。

研究成果の概要(英文)：During surgery, surgeons requests to use some contacting devices to display or visualize medical images and check the anatomic information of the patient. However, after operating the visualization device, re-sterilization is necessary in order to maintain hygiene. In this study, we develop a novel computer assistant surgery system using touch-less device system, which can manipulate by surgeon themselves and keep hygiene condition. The depth and skeleton information from Kinect are effectively utilized to produce marker-less hand extraction. The development system can manipulate the anatomical model of the patient presented on the L-shaped screen based on the gesture information obtained from KINECT. Our development system can visualize 3D medical image with L-shape type screen and 9 kinds of simple touch-less single handed interactions. Experiments show that the proposed system is able to achieve high accuracy.

研究分野：医用画像解析

キーワード：ハンズフリー医用画像可視化操作 ジェスチャ解析・認識 手術支援 Kinect L字型スクリーン

1. 研究開始当初の背景

臨床画像情報や機器の目覚ましい発展に伴い、今日の患者体内情報提示(臨床画像提示)システムは臨床医にとって新しい「目・脳・手」となり、患者個人体内の詳細な情報取得、高度な臨床手術支援や治療戦略を可能にした。現在開発中の臨床画像提示システムは可視化技術等を共通基盤技術とし、解剖学的理解や教育・支援診断へ広く応用されているが、外科治療分野、特に手術支援へ展開するためには以下の条件を満たす必要がある。

- (1) 手術中でも衛生を考慮した、執刀医自らのハンズフリー対話可視化操作の実現
- (2) 臨床医が患者医用画像中の臓器情報と血管構造を直感的に理解できる可視化と操作の実現

一般的な医用画像可視化操作は、マウスやポイントデバイスなど接触デバイスによる操作のため、手術室での利用では衛生面の考慮からデバイスの滅菌処理がその都度必要であるだけでなく、執刀医自らデバイス操作による患者体内情報の確認が直接行えない。ゆえに、手術中でも執刀医自らが患者臨床医用画像内対し注目箇所へ直感的に直接アクセスする、非接触デバイスを用いた対話可視化操作(ハンズフリー対話可視化操作)の実現が求められる。2010年に発表されたKinectは内蔵のDepthセンサーによって人物の姿勢や動作をコントローラやマーカーなしで認識できる非接触性デバイスである。医用分野では、2011年にL.Gallo[1]はKinectを用いた非接触型対話医用画像表示を報告し、国内では2012年、東京女子医科大学の吉光らは執刀医が術野を離脱せず、Kinectによる片手対話操作(以降、ハンズフリー対話可視化操作)で患者の臨床画像を操作・確認が可能な手術室向け非接触型画像操作システム「OPECT」の脳外科手術支援への応用について報告している[2]。

また、従来の手術支援は臓器と血管分布の可視化を行い、執刀医がポインティングデバイスを操作した手術ラインの提示シミュレーションが可能になった。我々は臨床支援として、臨床医の知識・経験を反映し、患者個人に特化した肝臓情報と脈管分布可視化と対話操作手術支援システムを開発した[3]。内部の血管構造を直接対話で確認することで、任意箇所からの切離影響に対して直感的な理解につながる。ゆえに、上記を十分に考慮した手術支援の確立に期待が高まっている。

2. 研究の目的

本研究では、執刀医自らの対話操作により医用画像内の臓器情報とその血管構造解析が直感的に理解・操作できる、手術支援のための血管構造解析とハンズフリー対話可視化操作支援について研究を行う。先行研究の事前シミュレーションを手術室で再現し、執刀医がその場で対話操作が可能とし、その可視化支援を提示するシステムを構築する。

3. 研究の方法

本研究の構成を図1に示す。提案手法は、大きく、可視化のVisualization Moduleと対話操作のInteraction Moduleにより構成した。得られた医用画像から本研究の対象となる肝臓領域とその内部の血管構造(肝動脈・肝門脈・肝静脈)を画像解析の手法から認識・抽出し、計算解剖モデルとして仮想空間上に可視化提示する(Visualization Module)。また、医用画像の可視化操作では、Kinect V2から得られた手の領域のDepth画像から、ハンドジェスチャを認識し、認識されたハンドジェスチャに基づいてVisualization Module上の計算解剖モデルについて、可視化操作を行う(Interaction Module)。

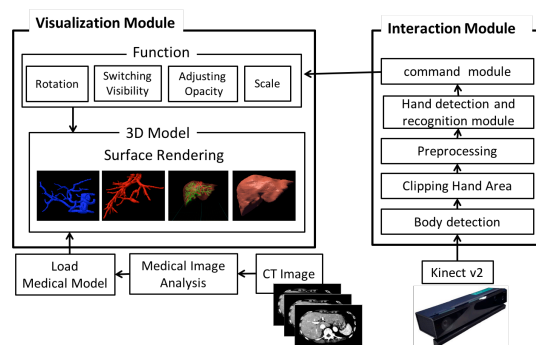


図1：提案手法の概要

(1) Visualization Module

CTやMRなど得られた3次元医用画像からの計算解剖モデルは、これまで我々グループが開発してきた医用画像解析手法を用いて行う[3]。血管構造を三次元可視化する手法として、本研究では、Frangiらの提案する、Multiscale Filter[4]に基づく手法から三次元の線状構造を抽出し、抽出された線状構造からグラフ理論に基づいた血管構造を解析した。また、解析の造影画像は、肝動脈、肝門脈、肝静脈であり、この3つの画像は、肝門脈画像について位置合わせを行うことで、仮想空間上で三次元可視化を行った(図2)。

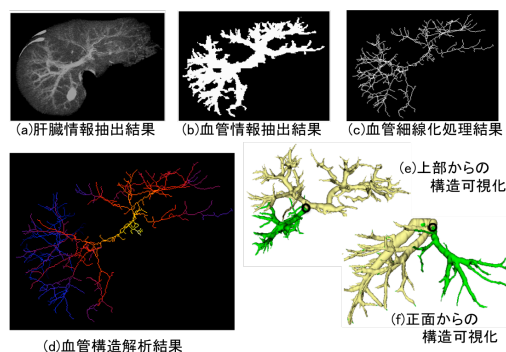


図2：血管構造の可視化

(2) Interaction Module

臨場感および没入感を得るため、図3に示すL字型スクリーン空間上で立体視可視化を

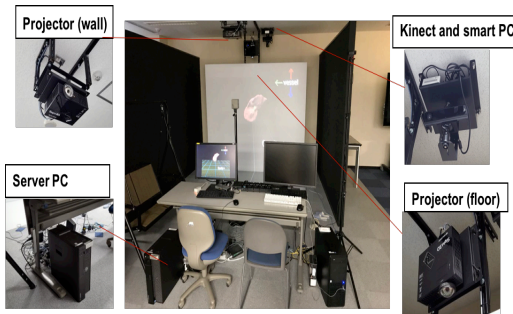


図3：提案システムの構成（L字型スクリーン）

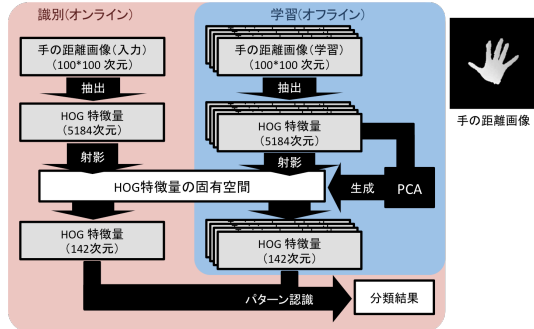


図4：ジェスチャの学習・認識の流れ

提示する。ジェスチャ認識には、Kinect から得られた Depth 画像を用いて手指形状の認識を行った。この Kinect は、図3のシステム空間上の前面スクリーン上部に設置し、上部から手指形状を認識する。本システムは立命館大学情報理工学部にて設置した。

本研究で利用するジェスチャ認識の流れを図4に示す。Kinectの認識空間5m以内に操作候補ユーザが複数存在する場合、Kinectに最も近いユーザを操作者として識別した。また、手術室での利用を本研究では焦点においている。したがって、本研究のジェスチャのデータベースは、すべて右手片手でのジェスチャにもとづいて構成した。本研究では、図5に示す9種類のジェスチャについて認識を行った。学習データとして、10名より各ジェスチャを100枚ずつ取得した。また、ジェスチャの手の大きさを考慮し、もと形状の0.9倍、1.1倍の大きさも合わせて考慮するため、全学習データは300枚x10名となる。ジ

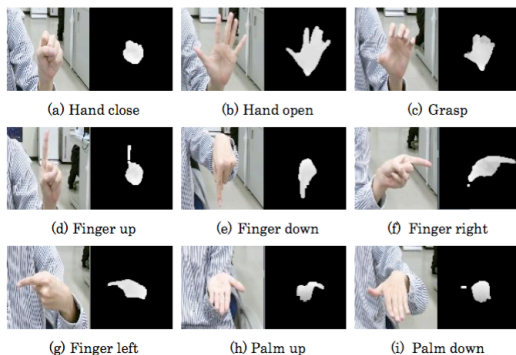


図5：本研究で採用したジェスチャ9種類

ェスチャ認識の手法として、HOG 特徴量より手指形状の認識を行う。しかし、HOG 特徴量をそのまま用いると、5184次元となるため、主成分分析により、95%の142次元に次元圧縮を行い、ジェスチャ形状をSVMにより学習を行い、テスト画像を認識する。

4. 研究成果

本研究で開発したシステムを操作している様子を提示したのが、図6である。

提案した手指形状の認識について、フレーム単体（非リアルタイム）での認識結果を図7に示す。各形状は概ね、80%以上の認識を示しており、ジェスチャ認識として十分妥当な成果である。最も認識結果の高い形状は、もっともシンプルな手のひら全体の提示、Hand Openであった。また、Palm Down, Palm Up, Hand Graspの3形状が認識バリエーションとして広がった。この3形状間は、正面からでは違う形状でも、本システムのように上部からデータ取得を行うと近い形状であり、その影響があることも十分に示唆される。今後の研究では、カラー画像を導入し、より精度の高い手指情報の認識手法確立が課題となることも本研究より提示された。

また、手術現場では、臨床医のジェスチャ変更のタイミングにあわせ、提示する可視化の情報を変更する必要がある。本研究では、リアルタイムでもジェスチャ変更に従って、認識のタイミングとして、任意数のフレームで最も認識された形状をジェスチャとして認識した。結果を図8に示す。この結果から、すべてのフレーム間での認識ではピークが提示されていたが、フレーム間で量子化を行うことで、ジェスチャ採用を一定時間維持している。これによりジェスチャ操作の精度を十分維持しながら、ジェスチャ変更にも十分追従できるようにし、システム利用効果の向上にもつながる解決を行った。

また、本研究における医用画像のハンズフリー対話可視化操作について、ユーザによる主観評価を行った。認識は5段階のリッカード尺度より評価し、3をちょうど良い、1に近いほど感じ方を「弱い」、5に近づくほど感じ方が「強い」としてユーザ評価を15名に対して行った。今回、医用画像対話操作と



図6：システム操作の様子

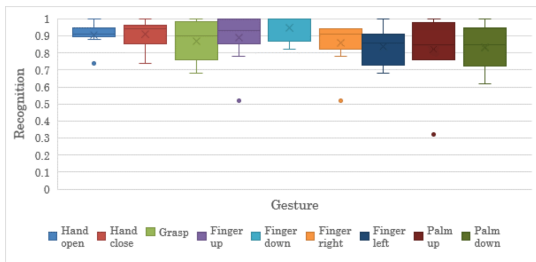
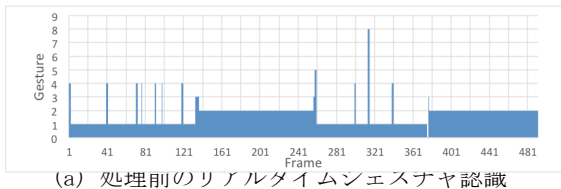


図 7：フレーム単体におけるジェスチャ認識



(a) 処理前のリアルタイムジェスチャ認識

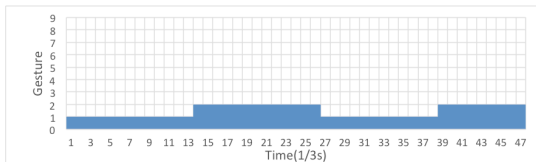


図 8：リアルタイムでのジェスチャ認識

して、3次元空間上に提示した肝臓と血管構造に対し、「回転」「不透明度変換」「対象臓器の表示・非表示」について行った。表示に対する評価項目では、臓器の立体感、臓器の明確さ、臓器のリアリティ、肝臓と血管の把握のしやすさを設けた。各操作に関する評価項目では、直感的、円滑さ、精度、疲労度を設けた。その他の項目では、移動範囲、没入感、習得のしやすさを設けた。

臓器の立体感は、10名が3を評価した。また、臓器と血管の構造、それ以外の項目は4に集中しており、十分な表現力で可視化提示されているとの評価が得られた。回転操作も概ね4に評価が集中しているが、3の評価も十分に高い。回転は、Graspをジェスチャとして採用していたので、回転に対する疲労感や回転に対するコメントより検討すると、ユーザとしてはやや直感性を感じなかったことが評価につながった可能性が高い。回転には、

		1	2	3	4	5
		← weak		normal	→	strong
Visualization	three-dimensionality		1	10	1	3
	clearness			1	8	6
	reality		1	3	8	3
	easy to understand			3	5	7
Rotation of models	intuitive		2	2	6	5
	Smoothness		1	3	4	7
	accuracy		1	4	6	4
Adjustment of opacity	Fatigue		3	4	5	7
	intuitive		1	4	3	6
	Smoothness		1	5	3	6
switch display or non-display	accuracy		2	6	3	4
	Fatigue		1	4	3	6
	intuitive		1	6	3	5
others	Smoothness		1	6	3	5
	accuracy		3	4	7	1
	Fatigue		3	3	3	6
	Wearing comfort of glasses		2	7	4	2
	range of movement			4	6	5
	immersion feeling			2	8	5
	easy to learn			2	7	6

図 9：システム操作に対するジェスチャ評価

別のジェスチャを検討する必要があり、最適なジェスチャを設けることも重要な課題である。

他、臓器の非表示の切り替え、不透明の調整については、3に集中し、概ねよい評価が得られている。また、これらの操作から直感的な情報を把握につながっていると評価が得られた。以上の成果より、本研究で提示する臓器モデルについて、ハンズフリー医用画像可視化操作が実現されたと示唆される。

また、本研究を通して、いくつかの研究課題も同時に確認された。そのひとつとして、ハンズフリー医用画像可視化操作では、どのようなジェスチャが操作として最適であるかの検討、さらに、今回 Kinect を上部に設置しジェスチャ取得・認識を行っているが、このように、上部からの認識について、どのジェスチャが最適であるかの研究など、システムの精度向上に必要な課題解決を目的とした研究を継続し、報告する。

参考文献：

- [1]. Gallo, L., Pierluigi P. A., Ciampi, M., "Controller-free exploration of medical image data: experiencing the Kinect", National Research Council of Italy Institute for High Performance Computing and Networking, 2011
- [2]. Yoshimitsu K, Muragaki Y, Maruyama T, Yamato M, Iseki H, Neurosurgery. 2014 Mar;10 Suppl 1:46-50; discussion 50.
- [3]. 健山智子, 海堀昌樹, 陳延偉, et al.: 患者に特化した肝臓情報とその脈管分布可視化及び対話かつ直感的な手術支援システムの構築, Medical Imaging Technology, vol. 31, no. 3, pp. 176-188, 2013, 10.
- [4]. A. F. Frangi, et al, "Multiscale vessel enhancement filtering," in MICCAI98, 1998, vol. 1496 pp. 130-137.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 6 件)

1. Liu, J. Q., Tatemura T, Y. W. Chen et al.: A kinect-based real-time hand gesture interaction system for touchless visualization of hepatic structure in surgery. Med. Imaging Inf. Sci. (2018, In Press) (査読あり) (著者 5 名)
2. Nguyen Dai Hung Linh, Yen Wei Chen, Furukawa Akira, Tomoko Tatemura (11/13), Computerized Assessment of Small Bowel Motility Function Using Cine-MR Imaging: Preliminary Results in Super-Pixel Segmental Method, 交通医学 71(3・4), 88-96, 2017-07 (査読あり) (著者 13 名).
3. Jia-Qing Liu, Ryoma Fujii, Tomoko

- Tateyama, Yutaro Iwamoto, Yen-Wei Chen, Kinect-Based Gesture Recognition for Touchless Visualization of Medical Images, International Journal on Computer Electrical Engineering, Vol. 9, pp. 421-429 (2017) (査読あり)
4. J. Liu, T. Tateyama(2/5), Y. W. Chen, et. al.: Kinect-Based Gesture Recognition for Touchless Visualization of Medical Images, International Journal of Computer and Electrical Engineering vol. 9, no. 2, pp. 421-429, 2017 (Best Paper Award: 査読あり) (著者 5 名).
 5. 陳延偉, 健山智子(3/7), 古川顕, 他: “肝臓の統計形状モデル構築と肝硬変症支援診断への応用”, インナービジョン 2016 年 7 月号, 2016, Vol. 31, No. 7, pp. 33-36. 2016 (査読あり) (著者 7 名)
 6. T. Kitrungrotsakul, T. Tateyama(2/5), Y. W. Chen, et. al.: Interactive Segmentation and Visualization System for Medical Images on Mobile Devices, J. Adv. Simulat. Sci Eng., Vol. 2, No. 1, pp. 96-107, 2016. 7 (査読あり) (著者 5 名).
 7. 健山智子, 陳延偉: 球面調和関数による三次元臓器モデリングと可視化への応用”, 日本医用画像工学会解説講座「講座: 三次元データのモデリングと可視化技術の基礎と最前線, 医用画像可視化への応用 (1), 日本医用画像工学会 Vol. 3 pp. 55-66, 2015. 3. (査読あり)
- [学会発表] (計 27 件)
1. Liu Jiaqing, Fujii Ryoma, Tateyama Tomoko, Iwamoto Yutaro, Chen Yen-wei: Kinect-Based Real-Time Gesture Recognition Using Deep Convolutional Neural Networks for Touchless Visualization of Hepatic Anatomical Models in Surgery, Innovation in Medicine and Healthcare 2018, Springer, pp. 223-229, 2018.
 2. T. Tateyama, Y. W. Chen: Development of Computer Aided Diagnosis based on Computer Anatomy and its application to Virtual Experience System, 7 th Hiroshima Congerence on Education and Science in Dentistry, (Special Lecture), 2018.
 3. 加納翔太, 健山智子, 陳延偉: タッチレス医用画像可視化操作確立のためのジェスチャ解析, 29 年度日本知能情報ファジイ学会中国・四国支部大会, 2017.
 4. 折本研, 健山智子(2/5), 松本慎平: 広告画像からの高精度なキーワード自動付与を目的とした機械学習による文字領域認識, 29 年度日本知能情報ファジイ学会中国・四国支部大会, 2017 (著者 5 名).
 5. 辻永成樹, 健山智子(5/6), 陳延偉, 他: L 字スクリーンと Kinect を用いた体感型 VR キャンパス案内システム, 平成 29 年度電気関係学会関西支部連合大会 (G12-4), 2017, (優秀論文発表賞)(著者 6 名).
 6. 木上飛鳥, 西川俊, 健山智子: バーチャルリアリティによる体験型キャンパスガイドシステムの開発, 2017 年度電気学会電子・情報・システム部門大会, TC20-2, 2017(査読なし).
 7. J. Liu, R. Fujii, T. Tateyama, Y. Iwamoto, and Y. W. Chen: Kinect-Based Gesture Recognition for Touchless Visualization of Medical Images, 第 36 回日本医用画像工学会大会, OP2-3, 2017(口頭発表).
 8. Wan. Yi, Tomoko. Tateyama(5/6), Yen. Wei. Chen ,et. al.: Development of a Collaborative and Mobile Platform for 3D Medical Image Analysis, 第 36 回日本医用画像工学会大会, OP5-6, 2017 (口頭発表) (著者 6 名).
 9. Tomoko Tateyama(1/9), Ayako Taniguchi, Kazuki Otsuki, Akira Furukawa, Yen. Wei. Chen, et. al. : Quantitative Assessment of Small Bowel Motility Using Cine MR Sequence Images and Superpixels, Innovation in Medicine and Healthcare 2017, Springer, pp. 173-181, 2017 (口頭発表)(著者 9 名).
 10. 健山智子, 陳延偉: 計算解剖学を用いた疾患診断支援システムの開発と体験型 VR システムへの応用, 信学技報, v117, n20, MICT2017-9, pp. 43-43, 2017(MICT 研究会招待講演).
 11. 健山智子: 球面調和関数による計算解剖モデル構築と知的対話可視化操作による臨床支援の開発, IEEE SMCHiroshima, Special Lecture, 2016(招待講演)
 12. 加藤絢子, 山岸秀一, 健山智子: 複数人による非接触型 PC 操作方法の研究, 28 年度日本知能情報ファジイ学会中国・四国支部, S1-1, 2016(口頭発表).
 13. 山口展生, 藤井亮馬, 岩本祐太郎, 健山智子, 陳延偉, 二面スクリーンを用いた大学上空での空中ブランコ VR 体験システムの構築, 平成 29 年度電気関係学会関西支部連合大会 (G13-8), 2016.
 14. Ryoma. Fujii, Tomoko. Tateyama(2/6), Yen. Wei. Chen, et. al.: A Touchless Visualization System for Medical Volumes Based on Kinect Gesture Recognition,” Innovation in Medicine and Healthcare 2016, Springer, pp. 209-215, 2016. (口頭発表)(著者 6 名).
 15. Hasegawa Kyoko, Tateyama Tomoko(4/6), Chen Yen-Wei, Tanaka Satoshi: Fused Visualization with

- Non-uniform Transparent Surface for Volumetric Data Using Stochastic Point-Based Rendering, Innovation in Medicine and Healthcare 2016, Springer, Vol.60, pp.237-246 (口頭発表)(著者 6 名).
16. R.Xu, S.Tanaka, T.Tateyama(5/7), Y.W.Chen, S.Kido, et al.: Transparent Visualization of Large-Scale and Complex Polygon Meshes Using a Stochastic Point-Based Rendering Method, SIGGRAPH Asia 2015 Symposium on Visualization in High Performance Computing, 2015 (Oral Presentation)(著者 7 名).
 17. T.Tateyama(1/10), A.Furukawa, Y.W.Chen, et al.: Efficient Shape Representation of Abdominal Organs Based on Spherical Harmonic Functions (SPHARM), 29th Computer Assisted Radiology and Surgery, 2015(口頭発表: 査読あり)(著者 10 名).
 18. C.Dong, Y.W.Chen, T.Tateyama, et al., "A Knowledge-based Interactive Liver Segmentation using Random Walks," The 2015 11th International Conference on Natural Computation (ICNC'15) and the 2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD'15), 2015 (著者 8 名).
 19. Yen-Wei Chen, Tomoko Tateyama, et al., "Automated Assessment of Small Bowel Motility Function Based on Simple Linear Iterative Clustering (SLIC)," The 2015 11th International Conference on Natural Computation (ICNC'15) and the 2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD'15), 2015.
 20. Chunhua Dong, Yen-Wei Chen, Amir Hossein Foruzan, Tomoko Tateyama(6/9), "Segmentation of liver and spleen based on computational anatomy models," Computers in Biology and Medicine, Vol. 67, pp.146-160, 2015 (著者 9 名).
 21. 李迎博, 董春華, 健山智子, 陳延偉: Iterative 確率アトラスとテンプレートマッチングを用いた肝臓セグメンテーション, 信学技報, vol. 115, no. 139, MI2015-34, pp. 13-17, 2015 年
 22. 藤井亮馬, 健山智子, 田中英俊, 上谷芽衣, 徐睿, 田中覚, 陳延偉: Kinect を用いたハンズフリー対話による三次元医用画像可視化システムの開発, 信学技報, vol. 115, no. 139, MI2015-38, pp. 33-38, 2015 年
 23. Shuaizhen Zhu, Tomoko Tateyama, Yen-Wei Chen et.al.: Development of Interactive and Collaborative 3D Medical Image Visualization and Analysis System, 信学技報, vol. 115, no. 139, MI2015-42, pp. 59-64, 2015 年 (著者 6 名).
 24. 藤井亮馬, 健山智子, 田中英俊, 上谷芽衣, 徐睿, 田中覚, 陳延偉: Kinect を用いたハンズフリー対話による三次元医用画像の可視化操作, 平成 29 年度電気関係学会関西支部連合大会 (G12-6), 2015.
 25. 大槻和輝, 谷口絢子, 健山智子, 古川顕, 金崎周造, 若宮誠, 陳延偉: ブロックマッチング法を用いた小腸収縮運動の自動解析, 平成 29 年度電気関係学会関西支部連合大会 (G12-7) (優秀論文発表賞), 2015.
 26. 小野真理子, 田中英俊, 椎野顯彦, 健山智子, 陳延偉: バイラテラルフィルタを用いたラクナ梗塞初期候補検出精度の向上, 平成 29 年度電気関係学会関西支部連合大会 (G12-8), 2015.
 27. 小野真理子, 田中英俊, 椎野顯彦, 健山智子, 陳延偉: マルチモダリティ特徴を用いたラクナ梗塞候補検出精度の向上, 2015 年度電子情報通信学会総合大会, D-16-5, 2015 年
- [産業財産権]
○取得状況 (計 1 件)
- 名称: 手術支援システム及びコンピュータプログラム
発明者: 陳延偉, 健山智子, 進藤典, 増田優, アミラ・ホセイン・フローゼン, 海堀昌樹, 権 雅憲, 津田匠
権利者: 学校法人立命館
種類: 特許公報 (B2)
番号: 特許第 6032517
取得年月日: 6032517 (2016/11/04)
国内外の別: 国際公開第 2010/021309 (WO, A1)
- [その他]
1. 健山智子:
<https://carp.cc.it-hiroshima.ac.jp/~tateyama/>
2. iVal WebSite
<https://sites.google.com/site/ivalithiroshima/>
6. 研究組織
(1) 研究代表者
健山智子 (TATEYAMA Tomoko)
広島工業大学・情報学部・助教
研究者番号: 90550153