

平成30年6月14日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2017

課題番号：25282125

研究課題名(和文) 患者が自分で治療できる高血圧治療装置

研究課題名(英文) Patients' Self-control hypertension therapeutic devise

研究代表者

山家 智之 (Yambe, Tomoyuki)

東北大学・加齢医学研究所・教授

研究者番号：70241578

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の開発目標は、世界で初めての「患者が自分で血圧を下げることができる完全埋め込み型血圧低下装置」の開発である。そのために、完全埋め込み型血圧低下装置の開発研究を行い、試作したシステムの基本性能確認した後に、モックテストし動物実験倫理委員会の審査の後、動物実験を行って、その交感神経活動、血行動態に与える効果の検証を進めた。血圧低下装置のシステムは埋め込まれる電子冷却素子システムと経皮エネルギー伝送ユニット2次コイル、体外から電磁駆動力を供給する1次コイルから構成され簡便に埋込み手術を行うことができる。本研究の研究成果により、世界で初めてになる植込み型血圧治療装置の発明に成功した。

研究成果の概要(英文)：The aim of this invention is the development of the totally implantable hypertension control machine, which will be able to be used by the patients themselves. For that purpose, hypertension control machine was composed with the implantable renal nerve cooling device using Peltier elements, the secondary coil with control system, and the first coil placed outside of the human body. The results of our study showed the successful invention of the renal nerve control system.

研究分野：循環器学

キーワード：悪性高血圧 腎性高血圧 ペルチェ素子 経皮エネルギー伝送 腎神経

1. 研究開始当初の背景

本邦における高血圧患者は 4000 万に上るという報告もあり (日本高血圧学会)、高血圧は心筋梗塞、脳梗塞、解離性大動脈瘤の破裂などにも関連する、心血管イベント発生に関する最も重要なリスク因子の一つである。外来における適切な診療によってコントロールされる患者も多いが、薬剤抵抗性で、三剤以上の薬剤でも適切なコントロールが得られない重症の高血圧患者の予後は限定されているのが現状である。

そこで重症高血圧患者に関して適応のある場合は、副腎腫瘍の切除、腎動脈アブレーション手術などが行われているが、自律神経は一回切除すれば、再生することはないので、交感神経切除や腎動脈アブレーションを行えば、基本的に術後の人体において、自律神経制御は不可能になる。

我々はこれまで、腎交感神経活動に関する研究を長年継続しており、高血圧のコントロールに関しては腎交感神経の適切な制御が必要という概念を得た。そこで、完全に切除したり、交感神経を焼き切って再生不能にする切除手術ではなく、「患者が自分で、必要な時だけ血圧を下げることができる埋め込み型血圧低下装置」の発明に至った。

2. 研究の目的

本研究は、世界で初めての「患者が自分で、必要な時に、血圧を下げることができる完全埋め込み型血圧低下装置」の開発である。薬剤抵抗性の重症の高血圧患者に対して副腎腫瘍切除や、腎動脈の自律神経アブレーション手術などが行われてことがある。しかしながら、腎動脈のアブレーション手術は、腎動脈にある自律神経を焼き切ることになるので、術後、腎機能に対応する自律神経制御が不可能になるので、人体の需要や血圧の変化に対応した適切な腎機能制御が困難になる可能性がある。そこで、腎動脈の周辺に電子冷却素子を配置し、体外から必要な時だけ腎動脈を冷却し、腎交感神経を抑制することができれば、腎動脈が拡張し、レニンが適切に制御され、尿量が適切に増加し、血圧をコントロールすることができる。電子冷却素子は、体外から経皮エネルギー伝送システムにより駆動されるので安全である。

3. 研究の方法

患者は、自分で必要と判断した時に 1 次コイルを稼働させれば、腎動脈神経が冷却され、

腎交感神経活動が抑制されるので、腎動脈は拡張し、尿量は増加し、レニン・アンジオテンシン・アルドステロン系の液性因子が適度にコントロールされ、血圧は下がる。

しかも、自律神経を切断や、焼却する必要がなく、安全性が高い。

従って、患者は自宅で血圧を計りながら、あるいは、自分で体調や、症状を感じながら、適切な範囲に血圧をコントロールできるシステムが構成できる。交感神経節の手術や、腎動脈アブレーション手術のように、完全に自律神経を切除、あるいは、焼き切って、人体の自律神経機能を完全に破壊し、二度と自律神経の制御ができないように切除してしまう手術に比較すると、自律神経を温存し、必要な時だけ適切に制御することができる手術という意味で、決定的なアドバンテージがあると思われる。また、必要な時だけ治療を行うシステムなので、一生薬を飲み続ける必要もなく、医療費も削減できる。

本研究の開発目標は、世界で初めての「患者が自分で血圧を下げることができる完全埋め込み型血圧低下装置」の開発であるので、そのために、完全埋め込み型血圧低下装置の開発研究を行い、試作したシステムの基本性能を恒温槽で確認した後に、モック循環回路でテストし、大学院医学系研究科動物実験倫理委員会の審査の後、健康な山羊を使った動物実験を行って、その交感神経活動、腎血流、心臓血管系における血行動態、腎機能、尿排泄に与える効果を確認する

完全埋め込み型血圧低下装置の開発研究を進め、血圧低下装置のシステムは、腎動脈周辺に埋め込まれる電子冷却素子システムとそれに融合した経皮エネルギー伝送ユニット 2 次コイル、さらにこれに体外から電磁駆動力を供給する 1 次コイルから構成されるシンプルなデバイスで、ペースメーカとほぼ同等の手術手技で簡便に埋込み手術を行うことができる。患者は、自分で必要と判断した時に 1 次コイルを稼働させれば、腎動脈神経が冷却され、腎交感神経活動が抑制されるので、腎動脈は拡張し、尿量は増加し、レニン・アンジオテンシン・アルドステロン系の液性因子が適度にコントロールされ、血圧は下がる。従って、患者は自宅で血圧を計りながら、あるいは、自分で症状を感じながら、適切に血圧をコントロールすることができる。そのため当初はまず、システムの試作品開発を目指し、試作したシステムの基本性能を恒温槽で確認した後に、モック循環回路でテストする。モック循環回路では、人工心臓を使った左心循環模擬回路で、腎動脈循環を再現し、試作システムの冷却作用と、反対側の温熱作用を最適化し、理想的なシステム開発を試みる。試作したシステムは、大学院医

学系研究科動物実験倫理委員会の審査の後、動物実験に供し、腎動脈神経の冷却試験を試み、その効果を確認する。具体的には、健康な山羊を使った動物実験を行い、麻酔導入の後、後腹膜にアプローチして腎動脈を剥離、腎動脈周辺に併走する腎交感神経周辺に電子冷却阻止を配置する。中心静脈圧、動脈圧、左房圧、肺動脈圧、心拍出量などの血行動態時系列曲線を記録すると同時に、腎交感神経活動をバイポーラ電極で計測し、腎動脈神経活動の抑制を確認する。

4. 研究成果

本研究の開発目標は、世界で初めての「患者が自分で血圧を下げることができる完全埋め込み型血圧低下装置」の開発である。

そのために、完全埋め込み型血圧低下装置の開発研究を行い、試作したシステムの基本性能確認した後に、モックテストし動物実験倫理委員会の審査の後、動物実験を行って、その交感神経活動、血行動態に与える効果の検証を進めた。

血圧低下装置のシステムは埋め込まれる電子冷却素子システムと経皮エネルギー伝送ユニット2次コイル、体外から電磁駆動力を供給する1次コイルから構成され、簡便に埋込み手術を行うことができる。

本研究の結果、世界で初めてになる植込み型血圧治療装置の発明に成功した。

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18件)

1. Okamoto E, Yano T, Miura H, Shiraishi Y, Yambe T, Mitamura Y. Measurement of hemodynamic changes with the axial flow blood pump installed in descending aorta. *J Artif Organs*. 2017 Dec;20(4):390-393. doi: 10.1007/s10047-017-0985-2. 査読有
2. Inoue Y, Yokota T, Sekitani T, Kaneko A, Woo T, Kobayashi S, Shibuya T, Tanaka M, Kosukegawa H, Saito I, Isoyama T, Abe Y, Yambe T, Someya T, Sekino M. Antithrombotic Protein Filter Composed of Hybrid Tissue-Fabric Material has a Long Lifetime. *Ann Biomed Eng*. 2017 May;45(5):1352-1364. doi: 10.1007/s10439-016-1781-5. 査読有
3. Yoshizawa M, Sugita N, Abe M, Tanaka A, Obara K, Yamauchi T, Homma N, Yambe T. Blood perfusion display based on video pulse wave. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2016 Aug;2016:4763-4767. doi:

- 10.1109/EMBC.2016.7591792. 査読有
4. Tsuboko Y, Shiraishi Y, Yamada A, Yambe T, Miura H, Mura S, Yamagishi M. Engineering based assessment for a shape design of a pediatric ePTFE pulmonary conduit valve. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2016 Aug;2016:4313-4316. doi: 10.1109/EMBC.2016.7591681. 査読有
5. 高血圧治療を目的とした埋込型腎神経冷却デバイスの改良, 弓場 充, 白石 泰之, 中潟 寛, 山田 昭博, 坪子 侑佑, 井上 雄介, 佐々木 一益, 平 恭紀, 渡辺 祥太, 池田 純平, 荒川 友哉, 山家智之, 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会講演要旨集 2016 巻 Page745-747(2016.09)査読有
6. Hirohashi Y, Tanaka A, Yoshizawa M, Sugita N, Abe M, Kato T, Shiraishi Y, Miura H, Yambe T. Sensorless cardiac phase detection for synchronized control of ventricular assist devices using nonlinear kernel regression model. *J Artif Organs*. 2016 Jun;19(2):114-20. doi: 10.1007/s10047-015-0880-7 査読有
7. Yagi J, Fujiwara T, Yambe T, Okuyama M, Kawachi I, Sakai A. Does social capital reduce child behavior problems? Results from the Great East Japan Earthquake follow-up for Children Study. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol*. 2016 Aug;51(8):1117-23. doi: 10.1007/s00127-016-1227-2, 査読有
8. Watanabe M, Kaneko S, Takayama S, Shiraishi Y, Numata T, Saito N, Seki T, Sugita N, Konno S, Yambe T, Yoshizawa M, Yaegashi N, Ishii T. The Pilot Study of Evaluating Fluctuation in the Blood Flow Volume of the Radial Artery, a Site for Traditional Pulse Diagnosis. *Medicines (Basel)*. 2016 May 17;3(2). pii: E11. doi: 10.3390/medicines3020011. 査読有
9. Okamoto E, Yano T, Shiraishi Y, Miura H, Yambe T, Mitamura Y. Initial Acute Animal Experiment Using a New Miniature Axial Flow Pump in Series With the Natural Heart. *Artif Organs*. 2015 Aug;39(8):701-4. doi: 10.1111/aor.12558. 査読有
10. Yamada A, Shiraishi Y, Miura H, Hashem HM, Tsuboko Y, Yamagishi M, Yambe T. Development of a thermodynamic control system for the Fontan circulation pulsation device using shape memory alloy fibers. *J Artif Organs*. 2015 Sep;18(3):199-205. doi: 10.1007/s10047-015-0827-z., 査読有
11. Koizumi R, Funamoto K, Hayase T, Kanke Y, Shibata M, Shiraishi Y, Yambe T. Numerical analysis of hemodynamic changes in the left atrium due to atrial fibrillation. *J Biomech*. 2015 Feb 5;48(3):472-8. doi:10.1016/j.jbiomech. 査読有

12. Shibata M, Hanzawa K, Ueda S, Yambe T. Deep venous thrombosis among disaster shelter inhabitants following the March 2011 earthquake and tsunami in Japan: a descriptive study. *Phlebology*. 2014 May;29(4):257-66. doi: 10.1177/0268355512474252. 査読有
 13. Kosaka R, Nishida M, Maruyama O, Yambe T, Imachi K, Yamane T. Effect of a bearing gap on hemolytic property in a hydrodynamically levitated centrifugal blood pump with a semi-open impeller. *Biomed Mater Eng*. 2013;23(1-2):37-47. doi: 10.3233/BME-120730. 査読有
 14. Okamoto E, Kikuchi S, Miura H, Shiraishi Y, Yambe T, Mitamura Y. Transcutaneous communication system using the human body as conductive medium: influence of transmission data current on the heart. *Biomed Mater Eng*. 2013;23(1-2):155-62. doi: 10.3233/BME-120740. 査読有
 15. Kim SH, Ishiyama K, Hashi S, Shiraishi Y, Hayatsu Y, Akiyama M, Saiki Y, Yambe T. Preliminary validation of a new magnetic wireless blood pump. *Artif Organs*. 2013 Oct;37(10):920-6. doi: 10.1111/aor.12093. 査読有
 16. Yamada A, Shiraishi Y, Miura H, Yambe T, Omran MH, Shiga T, Tsuboko Y, Homma D, Yamagishi M. Peristaltic hemodynamics of a new pediatric circulatory assist system for Fontan circulation using shape memory alloy fibers. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2013;2013:683-6. doi: 10.1109/EMBC.2013.6609592. 査読有
 17. Tanaka A, Moriya A, Yoshizawa M, Shiraishi Y, Yambe T. Interbeat control of ventricular assist device for variable pump performance. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2013;2013:5735-8. doi: 10.1109/EMBC.2013.6610853. 査読有
 18. Miura H, Saito I, Sato F, Shiraishi Y, Yambe T, Matsuki H. A new control method depending on primary phase angle of transcutaneous energy transmission system for artificial heart. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2013;2013:5723-6. doi: 10.1109/EMBC.2013.6610850. 査読有
- [学会発表](計26件)
1. Tomoya Arakawa, Yasuyuki Shiraishi, Yusuke Tsuboko, Tomohiro Takano, Masumi Takano, Hitoshi Yokoyama, Tomoyuki Yambe, Ventricular afterload coupling simulation with stent graft installation, 5th Biomedical Sciences & Technology Symposium, Faculty of Medicine and Health Sciences (FMHS), Macquarie University, Sydney · Australia, 2017/11/15
 2. Masato Karube, Yasuyuki Shiraishi, Akihiro Yamada, Yusuke Inoue, Yasunori Taira, Aoi Nakahata, Tomoya Arakawa, Mituru Yuba, Tatuya Genda, Masaaki Yamagishi, Tomoyuki Yambe, Design of a mock pulmonary circulation system using lung specimen for evaluation of Fontan regulation clip, 5th Biomedical Sciences & Technology Symposium, Faculty of Medicine and Health Sciences (FMHS), Macquarie University, Sydney · Australia, 2017/11/15
 3. 荒川友哉, 白石泰之, 坪子侑佑, 高野智弘, 高野真澄, 横山斉, 山家智之, ステントグラフト挿入部位の違いによる血行動態への影響解明, 第4回加齢研リトリート, 蔵王センタープラザ, 山形・日本, 2017/10/27
 4. 軽部雅人, 白石泰之, 山田昭博, 井上雄介, 平恭紀, 中畑碧, 荒川智哉, 弓場充, 源田達也, 坪子侑佑, 山家智之, 新鮮摘出肺を用いたハイブリッド模擬循環試験装置開発の試み, 第4回加齢研リトリート, 蔵王センタープラザ, 山形・日本, 2017/10/27
 5. 軽部雅人, 白石泰之, 山田昭博, 坪子侑佑, 中畑碧, 山家智之, Mock pulmonary circulatory system for the examination of a new fontan clip for congenital heart failure, 第55回日本人工臓器学会, 法政大学, 東京・日本, 2017/9/2
 6. 源田達也, 荒川友哉, 白石泰之, 大久保由華, 榛沢和彦, Mingzi Chang, Yujie Li, 太田信, Yi Qian, 平恭紀, 山田昭博, 井上雄介, 山家智之, Hydrodynamic simulation with aortic dissection model in a mechanical circulatory system, 第55回日本人工臓器学会, 法政大学, 東京・日本, 2017/9/2
 7. 弓場充, 中潟寛, 白石泰之, 山田昭博, 井上雄介, 平恭紀, 山家智之, 高血圧治療用埋め込み型腎神経冷却システムの体内排熱に関する基礎検討, 第55回日本人工臓器学会, 法政大学, 東京・日本, 2017/9/2
 8. 荒川友哉, 白石泰之, 坪子侑佑, 山田昭博, 井上雄介, 佐々木一益, 平恭紀, 弓場充, 軽部雅人, 源田達也, 高野智弘, 高野真澄, 横山斉, 山家智之, 循環シミュレーターを用いた大動脈ステント挿入時の心機能負荷変化に関する基礎検討, 第55回日本人工臓器学会, 法政大学, 東京・日本, 2017/9/2
 9. 山田昭博, 井上雄介, 白石泰之, 平恭紀, 荒川友哉, 弓場充, 軽部雅人, 源田達也, 阿部裕輔, 山家智之, 自律神経応答解析を用いた心臓血管系研究, 第3回医工学懇親議会(夏期議会), ホテルティダムーン, 鹿児島県・日本, 2017/7/29

10. 弓場充、白石泰之、中瀧寛、井上雄介、山田昭博、平恭紀、山家智之、冷却プロセスによる神経活動制御のための基礎検討、第3回東北大学若手研究者アンサンブルワークショップ、東北大学災害科学国際研究所、宮城県・日本、2017/07/03
11. 坪子侑佑、白石泰之、山家智之、小児用肺動脈弁葉挙動評価のための加振試験系の構築、第56回日本生体医工学会大会、東北大学、宮城県・日本、2017/05/03
12. 弓場充、中瀧寛、白石泰之、井上雄介、山田昭博、坪子侑佑、山家智之、高血圧治療のための埋込型腎神経冷却デバイスの改良と神経への冷却効果評価、第56回日本生体医工学会大会、東北大学、宮城県・日本、2017/05/03
13. 大泉健太郎、田中明、吉澤誠、白石泰之、山家智之、ハイブリッドモックシステムを用いた循環状態の異常の再現と制御法の評価、第56回日本生体医工学会大会、東北大学、宮城県・日本、2017/05/04
14. 神保有紀、田中明、吉澤誠、白石泰之、山家智之、本村禎、体外設置型補助人工心臓におけるカニューレが補助流量に与える影響と制御、第56回日本生体医工学会大会、東北大学、宮城県・日本、2017/05/04
15. Yusuke Inoue, Yasuyuki Shiraishi, Akihiro Yamada, Yusuke Tsuboko, Yasunori Taira, Junpei Ikeda, Tomoya Arakawa, Mitsuru Yuba, Yusuke Abe, Takashi Isoyama, Itsuro Saito, Tomoyuki Yambe, Effect on microcirculation by total artificial heart: Observation of the blood vessels, 4th Biomedical Sciences & 3rd Biomedical Engineering Symposium, Faculty of Medicine and Health Sciences (FMHS), Macquarie University, Sydney · Australia, 2017/2/24
16. Yusuke Tsuboko, Yasuyuki Shiraishi, Akihiro Yamada, Yusuke Inoue, Tomoyuki Yambe, Preclinical approach for improving the shape design of paediatric pulmonary valved conduit, 4th Biomedical Sciences & 3rd Biomedical Engineering Symposium, Faculty of Medicine and Health Sciences (FMHS), Macquarie University, Sydney · Australia, 2017/2/24
17. Yuka Okubo, Yasuyuki Shiraishi, Akihiro Yamada, Yusuke Inoue, Tomoyuki Yambe, Design and development of a new vascular stent, 4th Biomedical Sciences & 3rd Biomedical Engineering Symposium, Faculty of Medicine and Health Sciences (FMHS), Macquarie University, Sydney · Australia, 2017/2/24
18. Tomoya Arakawa, Yasuyuki Shiraishi, Yusuke Tsuboko, Akihiro Yamada, Junpei Ikeda, Mitsuru Yuba, Tomohiro Takano, Masumi Takano, Hiroshi Yokoyama, Tomoyuki Yambe, Hemodynamic evaluation of a stent graft in goat experiments, 4th Biomedical Sciences & 3rd Biomedical Engineering Symposium, Faculty of Medicine and Health Sciences (FMHS), Macquarie University, Sydney · Australia, 2017/2/24
19. Mitsuru Yuba, Hiroshi Nakagata, Yasuyuki Shiraishi, Yusuke Inoue, Akihiro Yamada, Yusuke Tsuboko, Tomoyuki Yambe, Evaluation of adhesive reaction for percutaneous ports of implantable artificial organs, 4th Biomedical Sciences & 3rd Biomedical Engineering Symposium, Faculty of Medicine and Health Sciences (FMHS), Macquarie University, Sydney · Australia, 2017/2/24
20. 池田純平、白石泰之、坪子侑佑、山田昭博、平恭紀、井上雄介、荒川友哉、弓場充、本間大、山岸正明、山家智之、下大静脈 肺動脈バイパス動物モデルを用いた Fontan 循環用逆流抑制デバイスの評価、第45回人工心臓と補助循環懇話会学術集会、華やぎの章 慶山、山梨県・日本、2017/02/17
21. 荒川友哉、白石泰之、坪子侑佑、山家智之、大動脈ステント設計の定量評価を目的とした大動脈血管モデル拡張径評価の試み、第45回人工心臓と補助循環懇話会学術集会、華やぎの章 慶山、山梨県・日本、2017/02/17
22. 齋藤大、白石泰之、坪子侑佑、小林由佳、渡邊健太郎、荒川友哉、山田昭博、井上雄介、山家智之、中枢 - 末梢動脈系血行力学連関の医工学的モデリングによる橈骨動脈脈波解析の試み、第45回人工心臓と補助循環懇話会学術集会、華やぎの章 慶山、山梨県・日本、2017/02/18
23. Dai Saito, Yuka Kobayashi, Kentaro Watanabe, Yusuke Tsuboko, Yasuyuki Shiraishi, Tomoya Arakawa, Akihiro Yamada, Yusuke Inoue, Yasunori Taira, Junpei Ikeda, Mitsuru Yuba, Tomoyuki Yambe, Assessment of Oriental Pulse Diagnosis in a Mock Circulatory System, The 3rd JSMBE Medical Engineering and Preclinical Studies Group Meeting/ 3rd Biomedical Science and Technology Symposium (Macquarie-Tohoku Symposium)/ Technical Section on Biomedical Engineering for Neuroendovascular Therapy, JSME, Institute of Fluid Science, Tohoku University, Miyagi, Japan, 2016/11/9
24. Yuka Kobayashi, Dai Saito, Kentaro Watanabe, Yasuyuki Shiraishi, Yusuke Tsuboko, Mitsuru Yuba, Akihiro Yamada, Yusuke Inoue, Yasunori Taira, Junpei Ikeda, Tomoya Arakawa, Tomoyuki Yambe, Effect

of Atrial Fibrillation under the Mechanical Circulatory Support on Pulse Diagnosis, The 3rd JSMBE Medical Engineering and Preclinical Studies Group Meeting/ 3rd Biomedical Science and Technology Symposium (Macquarie-Tohoku Symposium)/ Technical Section on Biomedical Engineering for Neuroendovascular Therapy, JSME, Institute of Fluid Science, Tohoku University, Miyagi, Japan, 2016/11/9

25. Kentaro Watanabe, Dai Saito, Yuka Kobayashi, Yasuyuki Shiraishi, Yusuke Tsuboko, Akihiro Yamada, Yusuke Inoue, Yasunori Taira, Junpei Ikeda, Tomoya Arakawa, Mitsuru Yuba, Tomoyuki Yambe, Difference of Pulse Pressure for Pulse Diagnosis by the Use of Two Types of Rotary Blood Pumps, The 3rd JSMBE Medical Engineering and Preclinical Studies Group Meeting/ 3rd Biomedical Science and Technology Symposium (Macquarie-Tohoku Symposium)/ Technical Section on Biomedical Engineering for Neuroendovascular Therapy, JSME, Institute of Fluid Science, Tohoku University, Miyagi, Japan, 2016/11/9
26. 山家智之、阿部裕輔, お家に帰った人工臓器 = 人工臓器の在宅管理に向けた医工学, 第53回日本生体医工学学会, 仙台国際センター, 宮城県・日本, 2014/6/26

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計1件)

名称：生体情報計測装置、生体情報計測方法
生体情報表示装置及び生体情報表示方法
発明者：吉澤誠、山家智之他
権利者：国立大学法人東北大学
種類：特許
番号：特開 2016-190022
出願年月日：2016年2月23日
国内外の別：国内

6. 研究組織

(1)研究代表者

山家 智之 (YAMBE, Tomoyuki)
東北大学・加齢医学研究所・教授
研究者番号：70241578

(2)研究分担者

白石 泰之 (SHIRAIISHI, Yasuyuki)
東北大学・加齢医学研究所・准教授
研究者番号：00329137

吉澤 誠 (YOSHIKAWA, Makoto)

東北大学・サイバーサイエンスセンター・教授

研究者番号：60166931

三浦 英和 (MIURA, Hidekazu)

鈴鹿医療科学大学・医用工学部・准教授
研究者番号：50451894