

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 2 日現在

機関番号：82406

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24300089

研究課題名(和文) 音声分析を用いたストレス評価および精神疾患スクリーニング技術の開発

研究課題名(英文) Stress evaluation and mental screening using voice emotion recognition technology

研究代表者

妻鳥 元太郎 (Tsumatori, Gentaro)

防衛医科大学校(医学教育部医学科進学課程及び専門課程、動物実験施設、共同利用研究・医学教育部医学科専門課程・教授)

研究者番号：00585698

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：メンタルヘルスのスクリーニング方法は正確であることと安価であることが必要である。従来から、自記式のアンケートが用いられてきているが、本法には作為による回答で結果を低く見積もってしまう欠点がある。我々は、音声感情認識という新規手法を用い、ストレスを評価するソフトウェアを開発した。このシステムは、声帯がストレスに影響を受けやすい副交感神経系により支配されていることに着目したものである。我々の結果では、声によるストレス評価の感度・特異度はGHQ30を用いたのとはほぼ同等で、かつ、うつ症例の報告バイアスも取り除くことができた。このシステムにはさらなる正確性を追求する余地があり、現在検討中である。

研究成果の概要(英文)：Mass screening methods for estimating mental health status require accuracy and cost-effectiveness to be performed. Traditionally, self-administered questionnaire has been widely conducted for this purpose. However, it has some limitation: we cannot avoid underestimation by factitious responses. We herein, invented software to evaluate stress using novel speech emotion recognition technology available to screening for mental disorders. This system is based on principle that vocal code receives parasympathetic innervation which is susceptible to various stressors. A result shows the sensitivity and specificity of stress evaluation by voices are almost equivalent to those by the GHQ-30, and we are able to eliminate the reporting bias to pick up depression cases. There is still a room for this system for improvement to pursuit more accuracy.

研究分野：防衛医学

キーワード：感情認知 ストレス科学 心理アセスメント 音声分析 健康管理

1. 研究開始当初の背景

(1) 一般に母集団の大きな対象に対してメンタルヘルスクエアを行う場合、自記式スクリーニング法で症例を絞り込み、カウンセリングや治療に持ち込むことが多い。しかしながら、自記式スクリーニングには reporting bias (自己の作為による過小評価) を排除することはできない。また、警察や軍隊などの災害対応での中心的な組織においては reporting bias が拡大する傾向がみられると言われている。これを回避するには回答者には操作のできない指標が必要であり、そのため精神科疾患やストレスの指標となりうるバイオマーカーを求めて研究が進められている。

(2) 図1に示すように非常に多くの生体物質がバイオマーカーの候補として研究されているがいずれも一長一短がある。血中コルチゾールや唾液アミラーゼのようにレスポンスが早くストレスが加わっている状況下でのみ検出できるものや、BDNFのようにメンタル以外の肉体的なストレス等でも変動するもの、あるいは多くのマーカーは、正常時と比較しないと個々の異常が評価できないなどの問題点が残る。そうした中、我々は先行研究で複数のサイトカインを計測しそれをパターン分析することで質的・量的ストレスの検知の可能性を示唆した。しかしながら、こうしたバイオマーカーによる検査は計測機器や試薬などが必要であり、価格が抑えられたとしてもコストの面では大規模なスクリーニングに不向きである。

(3) 回答者には自覚や操作ができない指標として、図1に示す生理学的な指標が候補としてあげられる。その中で音声は質的な要素を持っており、我々はその可能性を探ってきた。声帯は副交感神経である迷走神経から枝分かれする反回神経の支配を受けており、感情などの精神的な影響が及んでいる。例えば、人間は緊張すると声が上ずったり、悲しいと声が沈んだりする。さらに精神科医や心理カウンセラーなどの専門家においては、臨床経験から精神的な疾患の有無すら推量することが出来る場合が多い。このことは、音声を分析することで感情や、さらに進んでストレスや精神的疾患の有無をある程度まで判断することが可能であることを意味する。また、コンピュータによる音声分析によるスクリーニング法は ICT 技術を用いれば、一般に普及している携帯端末等を利用でき、低価格の設備投資やランニングコストで済むことが期待できる点で自記式スクリーニング法に引けを取らない。

(4) 研究協力者である光吉らによって既に音声からヒトの感情を読み取る技術は確立されている(光吉・特許 4704952)。我々の先行研究において、音声から得られた感情と脳内の活動がリンクしていることが fMRI によって確認されており、本技術を利用してストレスによる感情の変化を捉えることに成功しているが、感情の変化だけではストレスの強度を計測することは困難であった。従って、本研究では、ストレス評価・あるいは精神疾患スクリーニングのための音声分析アルゴリズムを新たに開発し、ICT 技術によるスクリーニングシステムを構築することを計画した。

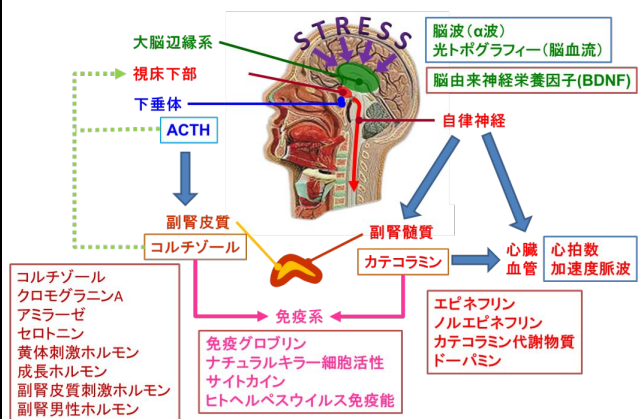


図1 ストレス評価方法(生理学的検査とバイオマーカー)

2. 研究の目的

本研究の目的は、声帯が精神的な影響を受けやすい副交感神経の支配を受けていることに注目し、コンピュータプログラムによる音声分析を用いたストレス評価および PTSD や鬱病のスクリーニング技術を開発し、評価することである。スクリーニングのバイアス縮小を目指し、さらに携帯端末等を用いるシステムを構築しスクリーニングに要するコスト面の低下を目指す。

3. 研究の方法

本研究においては、音声解析によるストレスおよび鬱度評価アルゴリズムの開発、得られたアルゴリズム(音声解析プログラム)による評価の妥当性の検証、ICT 技術を用いたスクリーニングシステムの構築を行う。

(1) 音声によるストレス評価、鬱度評価プログラムの作製(平成 24 年度)

まず、これまで我々が蓄積してきた音声データ(約 500 人分)を用いて、音声によるストレス評価、鬱度評価プログラムのプロトタイプを作成する。音声を解析するには、音声の随意成分(話者が意識的に変えられる成分)と不随意成分(話者が意識的には変えられない成分)とに分離する必要があるが(図

2) その部分の技術については既に先行研究において開発済である。蓄積された音声データは、自記式アンケート(GHQ-30:標準的な精神状況調査票)・各種バイオマーカー(サイトカイン 27 種類、BDNF、ヒトヘルペスウイルス活性、唾液アミラーゼ、DROM 等)・面談によりデータ採取時の精神的状況がラベリングされている。本研究におけるプログラムの開発は、ラベリングされたデータから各精神的状況に特徴的な信号パターンを抽出しその強度を得ることに主眼を置く。手法的には感情分析に使用した音声の基本周波数と音声強度の変化あるいは音声の立ち上がりや立下りのパターンによる分類などの他、新たにフーリエ解析等を加え解析する。

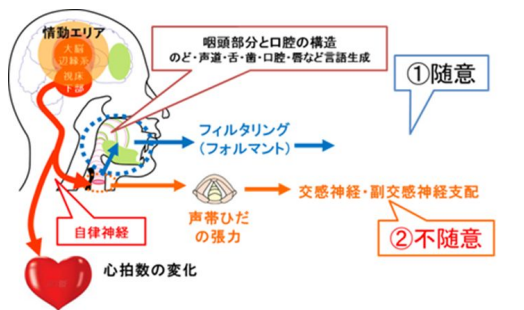


図2 音声の随意成分と不随意成分

(2) 音声解析プログラムによる解析結果の臨床的妥当性評価(平成 24 年度)

新しく作成されたプログラムの妥当性を評価するために、別の先行的研究で収集した音声データ(約 1000 人分)を用いて評価する。この音声データについても自記式アンケート・各種バイオマーカー・面談によりデータ採取時の精神的状況がラベリングされているので、解析結果の再現性の評価が可能である。

(3) 音声解析プログラムのバージョンアップ(平成 25 年度)

アルゴリズムの強化およびパラメーターの調整等のバージョンアップを実施する。バージョンアップ後には、同様に臨床的・脳生理学的評価を実施するが、そのためのデータサンプリングは 24 年度の研究と並行して実施しておく。

(4) 携帯端末によるスクリーニングシステムの構築(平成 25~26 年度)

スクリーニングシステムの運用においてよりコストダウンを図るために、既に普及している携帯端末でも利用できるよう複数の

OS へ移植する。先行研究で開発された感情認識プログラム(光吉・特願 06105143.9)は既に一般的な OS (Windows ®) 以外に携帯端末の OS (Android ®) への移植が完了しており、移植そのものはそれほど難しくはない。しかし本研究で開発されたプログラムの判定精度に対する評価を実施する必要がある。また、集団に対するスクリーニングを視野に置き、携帯端末での検査結果を通信によりサーバーに蓄積し、健康管理者が確認できるようにシステムを構築する(図 3)。

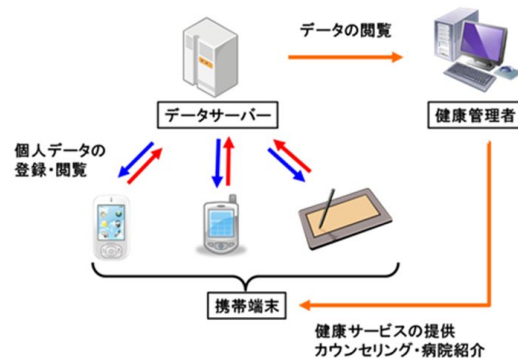


図3 音声によるスクリーニングシステム概念図

4. 研究成果

(1) 音声によるストレス評価、鬱度評価プログラムの作製とプログラム解析結果の臨床的妥当性評価

これまで我々が蓄積してきた音声データ(約 500 人分)を用いて、音声によるストレス評価、鬱度評価プログラムのプロトタイプを作成した。しかしながら、音声の録音状態が不良のものが多く、各精神的状況に特徴的な信号パターンの抽出が十分にできず、自記式アンケート(GHQ-30:標準的な精神状況調査票)・各種バイオマーカー(サイトカイン 27 種類等)・面談によりデータ採取時の精神的状況を完全に判別することが出来なかった。そこで、音声解析プログラムによる解析結果の臨床的妥当性評価に用いる予定であった 1,000 人分のデータのうち約半分を、プログラムの学習用に使用しプログラムの精度をあげることにした。

音声解析プログラムによる解析結果の脳生理学的妥当性についての検討では、光トポグラフィーによる大脳皮質の血流計測と音声による解析との比較を実施すべく、光トポグラフィーによる大脳皮質の血流計測について健康人によるパイロットスタディーを実施したが、安定した成績が得られず、被験者集団への適応は見送った。

恒常業務につく自衛官 444 名と東日本大震災に派遣された自衛官 1004 名に対して自記式の心理テスト(GHQ30)と音声ストレス評

価（改訂後のプログラム）を実施し、どちらかの検査で異常と判断された者のうち、面接の同意を得た225名に対して面接の結果と比較した。

		カウンセリング等		
		+	-	
うつ度	50≤	26	162	188
	50>	3	34	37
		29	196	

感度: 0.897
特異度: 0.173
陽性的中率: 0.138
陰性的中率: 0.919

		カウンセリング等		
		+	-	
GHQ30	7≤	27	123	150
	7>	2	73	75
		29	196	

感度: 0.931
特異度: 0.372
陽性的中率: 0.180
陰性的中率: 0.973

表1 音声分析と質問紙によるストレス評価結果

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3件)

Suzuki G, Tokuno S, Nibuya M, Ishida T, Yamamoto T, Mukai Y, Mitani K, Tsumatori G, 他2名, Decreased Plasma Brain-Derived Neurotrophic Factor and Vascular Endothelial Growth Factor Concentrations during Military Training, PLoS One, 査読有, 9(2)e89455, 2014, 1-9, DOI: 10.1371/journal.pone.0089455

鈴木豪, 小原健幸, 三谷圭二, 徳野慎二, 他4名, 唾液アミラーゼ、ヒトヘルペスウイルス6及び視覚的評価尺度を用いた陸上自衛隊の軍事訓練による精神身体的ストレス反応の評価、防衛衛生、査読有、61(1,2)、2014、11-18

Otabe H, Nibuya M, Shimazaki K, Toda H, Suzuki G, 他2名, Electroconvulsive seizures enhance autophagy signaling in rat hippocampus, Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry, 査読有、50、2014、37-43、DOI:10.1016/j.pnpbp.2013.11.012.

[学会発表](計27件)

鈴木豪, 近藤一博, 丹生谷正史, 小林伸行, 徳野慎二, 他12名, 精神身体的負荷・精神的負荷反応バイオマーカーとしての唾液ヒトヘルペスウイルス6 (HHV-6)、ヒトヘルペスウイルス7 (HHV-7) 量、および深睡眠時間の検討、第42回日本神経精神薬理学会、2012、10月18日、栃木県総合文化センター(栃木県)

鈴木豪, 山本泰輔, 丹生谷正史, 徳野慎二, 小原健幸, 牧隆之, 石田徹, 山本哲生, 高橋行広, 清水邦夫, 妻鳥元太郎, 他2名, 精神+身体負荷・精神負荷反応バイオマーカーとしての深睡眠時間の検討、第127回日本薬理学会関東部会、2012年、10月20日、東京国際フォーラム(東京都)

鈴木豪, 山本泰輔, 近藤一博, 小林伸行, 徳野慎二, 丹生谷正史, 小原健幸, 石田徹, 七見匡哉, 山本哲生, 高橋行広, 立花正一, 妻鳥元太郎, 他2名, 国際平和協力活動評価としての深睡眠時間、唾液ヒトヘルペスウイルス6(HHV-6)、ヒトヘルペスウイルス7(HHV-7)量の検討、第58回防衛衛生学会、2013年1月31日、電子装備研究所(東京都)

鈴木豪, 徳野慎二, 川崎真知子, 丹生谷正史, 山本泰輔, 小原健幸, 牧隆之, 石田徹, 山本哲生, 高橋行広, 戸田裕之, 清水邦夫, 立花正一, 妻鳥元太郎, 他2名, 精神負荷反応バイオマーカーとしての深睡眠時間、血中BDNF、タンパクの検

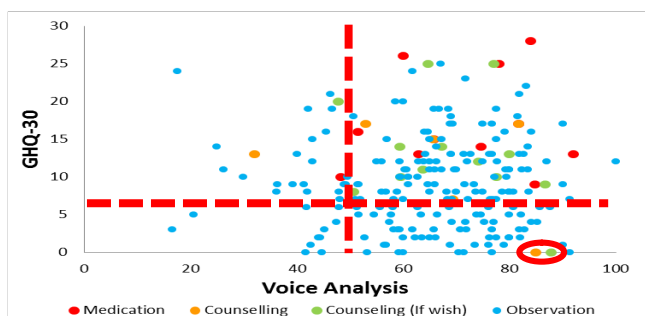


図4 音声分析と質問紙によるストレス評価結果

その結果、音声ストレス評価は検査の感度・特異度とも GHQ30 と同程度であり(表1) 問題であった reporting bias については図4の赤丸で囲まれた2例に示すとおり GHQ30では正常となるケースを高いうつ度として検出することができた(9th International Conference on Early Psychosis (Tokyo), 2014.11.17-19等で学会発表し投稿準備中)。

本研究ではさらにアルゴリズムを進化させ、感情の変化パターンからストレスの程度(元気圧:仮称)をレンジャー訓練の前・中・後で、自記式アンケート(GHQ30)、血液バイオマーカー(BDNF)と共に測定し比較したところ、音声分析、GHQ30、BDNFの全てで同様のストレス変化傾向を示した(学会発表・投稿準備中)。

(2) 携帯端末によるスクリーニングシステムの構築について

残念ながら、アルゴリズムの改訂作業が大幅に遅れたため、3年間の研究期間内には携帯端末によるスクリーニングシステム構築までには至らなかった。

しかしながら、本研究テーマは斬新でありかつニーズも高いところから、本研究費による成果を踏まえ、分担研究者の徳野慎一が東京大学へ移籍し、大学院医学系研究科音声分析病態学という講座を立ち上げ本格的に研究を継続することとなった。今後大いに研究の発展が期待されるところである。

討、第58回 防衛衛生学会、2013年1月31日、電子装備研究所(東京都)
鈴木豪、丹生谷正史、徳野慎一、三谷圭二、小原健幸、牧隆之、石田徹、山本泰輔、山本哲生、高橋行広、田中徹平、清水邦夫、丸山徹、立花正一、妻鳥元太郎、他2名、身体+精神的負荷反応バイオマーカーとしての血中BDNF(脳由来神経栄養因子)タンパク、深睡眠時間の検討、第58回 防衛衛生学会、2013年1月31日、電子装備研究所(東京都)
染田英利、徳野慎一、重村淳、柳川錬平、妻鳥元太郎、相馬署及び南相馬署管内における歯科身元確認作業従事者を対象としたメンタルヘルス調査、第11回 日本トラウマティックストレス学会、2012、6月10日、クローバープラザ(春日市)
Suzuki G、Nibuya M、Tokuno S、Obara T、Yamamoto T、Takahashi Y、Yamamoto、Tanaka T、Shimizu K、Maruyama T、Tsumatoi G、他2名、Concentration of Brain-derived neurotrophic factor (BDNF) in plasma as biomarker for mental and physical stress、11th world congress of biological psychiatry、2013、6月25日、(京都府)
Nibuya M、Tanaka T、Toda H、Suzuki G、他2名、Activation of autophagy signaling by electroconvulsive seizure in rat brain、11th world congress of biological psychiatry、2013、6月25日、(京都府)
Shimizu K、Tsunoda T、Yamamoto T、Nibuya M、Toda H、Tanaka T、Otabe H、Suzuki G、他2名、The level of serum hormones representing hypothalamus-pituitary-adrenal and thyroid functions in a rat model of posttraumatic stress disorder using a shuttle box、The level of serum hormones representing hypothalamus-pituitary-adrenal and thyroid functions in a rat model of posttraumatic stress disorder using a shuttle box、11th world congress of biological psychiatry、2013、6月25日、(京都府)
Shimizu K、Tsunoda T、Yamamoto T、Nibuya M、Kikuchi A、Toda H、Tanaka T、Otabe H、Suzuki G、他2名、Correlation between reduction of hippocampal 5-bromo-2'-deoxyuride positive cells and behaviors in a rat model of posttraumatic stress disorder using a shuttle box、11th world congress of biological psychiatry、2013、6月25日、(京都府)
大宮康宏、中村光晃、篠原修二、光吉俊

二、徳野慎一、見守りのための音声からストレスを計測する技術の一検討、第1回 看護理工学会学術集会、2013、10月5日、東京大学(東京都)
徳野慎一、鈴木豪、妻鳥元太郎、音声感情認識技術を用いたストレス評価、防衛技術シンポジウム2013、2013、10月29-30日、グランドヒル市ヶ谷(東京都)
徳野慎一、鈴木豪、山本泰輔、小松里美、光吉俊二、大宮康宏、妻鳥元太郎、音声感情認識技術によるストレス強度判定の試み、第33回 精神科診断学会(シンポジウム)、2013、11月8日、ピアザ淡海(滋賀県)
関山敦生、うつ病、統合失調症における血中サイトカイン・ケモカイン濃度プロファイルの検討、第33回 精神科診断学会(シンポジウム)、2013、11月8日、ピアザ淡海(滋賀県)
Suzuki G、Nibuya M、Tokuno S、Takahashi Y、Mitani K、Kawasaki M、Toda H、Takahashi T、Inoue H、Matsuo H、Takada Y、Isida T、Maki T、Yamamoto T、Yamamoto T、Shimizu K、Maruyama T、Yoshino A、Tsumatori G、他2名、Plasma Brain-derived Neurotrophic Factor (BDNF), Cytokines, and BDNF promoter methylation as markers of stress reaction in mental and physical environments、Society of Neuroscience 2013、2013、11月13日、San Diego (USA)
Tokuno S、Shimozono Sota、Tsumatori G、Usage of Emotion Recognition in Stress Resilience Program. 40th ICMM World Congress on Military Medicine、2013、12月7-12日、(Saudi Arabia)
関山敦生、血液検査によるストレス把握とうつ病発症回避サービスの提供、第二回未病社会の診断技術研究会、2013、12月13日、東京大学(東京)
関山敦生、血液検査によるストレス把握とうつ病発症回避サービスの提供、関係3省(総務、厚労、経産)による健康寿命の延伸セミナー、2014、2月13日、大阪府合同庁舎1号館(大阪府)
鈴木豪、山本泰輔、丹生谷正史、徳野慎一、七見匡哉、石田徹、山本哲生、向井保雄、宮崎誠樹、丸山徹、立花正一、妻鳥元太郎、他3名、国際平和協力活動評価としての血漿 Brain-derived Neurotrophic Factor及びサイトカインの検討、第59回 防衛衛生学会、2014、2月26日、自衛隊中央病院(東京都)
鈴木豪、徳野慎一、丹生谷正史、三谷圭二、牧隆之、石田徹、山本泰輔、山

- 本哲生、向井保雄、川崎真知子、清水邦夫、立花正一、妻鳥元太郎、他3名、身体+精神的負荷反応及び精神的付負荷反応バイオマーカーとしての血中サイトカインの検討、第59回 防衛衛生学会、2014、2月26日、自衛隊中央病院(東京都)
- ⑳ 鈴木 豪、高橋知久、丹生谷正史、高橋行広、徳野慎一、林充昭、戸田裕之、井上寛規、松尾洋行、高田雄三、山本泰輔、石田徹、向井保雄、清水邦夫、丸山徹、立花正一、妻鳥元太郎、他2名、身体+精神的負荷反応及び精神的付負荷反応バイオマーカーとしての血球DNAメチル化率(Brain-derived Neurotrophic Factor調節領域)の検討、第59回 防衛衛生学会、2014、2月26日、自衛隊中央病院(東京都)
- ㉑ 鈴木 豪、高橋知久、丹生谷正史、高橋行広、徳野慎一、林充昭、戸田裕之、井上寛規、松尾洋行、高田雄三、山本泰輔、石田徹、向井保雄、清水邦夫、丸山徹、立花正一、妻鳥元太郎他2名、シャトル箱法によるPTSDモデルに対するデキサメタゾン抑制試験におけるHPA系の過剰抑制について、第59回 防衛衛生学会、2014、2月26日、自衛隊中央病院(東京都)
- ㉒ 徳野慎一、他3名、音声感情認識技術によるストレスレジリエンスプログラムの効果判定、第59回 防衛衛生学会、2014、2月26日、自衛隊中央病院(東京都)
- ㉓ 徳野慎一、防衛医学研究の過去・現在・未来、第60回防衛衛生学会(招待講演)、2015、2月6日、陸上自衛隊衛生学校(東京都)
- ㉔ Tokuno S, Mitsuyoshi S, Suzuki G, Tsumatori G, Stress Evaluation by voice: a novel stress evaluation technology, 9th International Conference on Early Psychosis, 2014、11月17日 - 19日、(東京都)
- ㉕ Tokuno S, Mitsuyoshi S, Suzuki G, Tsumatori G, Stress Evaluation using voice emotion recognition technology: A novel stress evaluation technology for disaster responders, XVI World Congress of Psychiatry, 2014、9月14日 - 18日、Madrid (Spain)
- ㉖ 徳野慎一、音声感情認識技術によるストレス強度判定、第110回精神神経医学会年次学術集会(シンポジウム)2014、6月26日 - 28日、パシフィコ横浜(横浜市)

〔図書〕(計1件)

エルベス・キャメロン・リチー、パトリシア・J・ワトソンマシュー・J・フリードマン編 計見一雄、鈴木満監訳(16章翻訳担当 鈴木豪)、弘文堂、巨大惨禍への精神医学的介入 自然災害・事故・戦争・テロ等への専門的備え、第16章 大量破壊兵器によってもたら

される心理的悪影響の緩和、2013、520(341-362)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)
取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

妻鳥元太郎(TSUMATORI, Gentaro)
防衛医科大学校医学教育部医学科専門課程・教授
研究者番号: 00585698

(2) 研究分担者

徳野慎一(TOKUNO, Shinichi)
防衛医科大学校医学教育部医学科専門課程・兼務講師 東京大学医学部附属病院・特任准教授
研究者番号: 40508339

矢作直樹(YAHAGI, Naoki)

東京大学医学部附属病院・教授
研究者番号: 60158045

関山敦生(SEKIYAMA, Atsuo)

大阪市立大学・医学研究科・准教授 大学院・教授
研究者番号: 30403702

(3) 連携研究者

研究協力者 連携協力者
鈴木 豪(SUZUKI, Go)
防衛医科大学校医学教育部医学科専門課程・兼務講師 宇宙航空研究開発機構
研究者番号: 50649035

(4) 研究協力者

光吉俊二(SHUNJI, Mitsuyoshi)
大宮康宏(OOMIYA, Yasuhiro)
田中靖人(TANAKA, Yasuto)
染田英利(SOMEDA, Hidetoshi)