

平成 30 年 5 月 19 日現在

機関番号：52605

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00415

研究課題名(和文)在宅検診を可能とする視線揺動からの精神状態解析

研究課題名(英文)Analytical development of home-based medical check for psychogenetic fatigue

研究代表者

山本 昇志 (Yamamoto, Shoji)

東京都立産業技術高等専門学校・ものづくり工学科・教授

研究者番号：70469576

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではストレスなどの心因的疲労が発生したときに起こりうる生態的な変化を、視線移動、表情、カメラ型心拍変動から抽出する手法を開発した。視線の動きでは、意図的に動作させる操作と脳での判断タスクを組み合わせ、その反応時間を測る方法を開発した。表情の変化に対しては、散漫と集中時における眼と口の開き具合を特徴として捉え、時系列な解析と状態変化を推定する方法を開発した。また、ストレス指標として著名な心拍変動についてはカメラで計測する方法に挑戦した。今回の心因的疲労負荷は一時的な計算課題等による簡易的なものであるが、いずれの方法でも正常状態との差を検出できる可能性を得た。

研究成果の概要(英文)：In this research, we developed the analytical method for psychogenetic fatigue by using three challengeable measurements such as Eye-tracking, Facial analysis, and Heart beat variability with camera. At the case of eye tracking, we can find the change of reaction time in the voluntary eye movement with judgment task in our brain. At the case of facial analysis, we developed the time-series estimation method of conscious condition. Moreover, we challenged a non-contact measurement of heart rate variability (HRV) by using the commercial-based camera. By adding the biometric-based idea to extract the hemoglobin signal from facial image, we can performed the reliable measurement of HRV with the non-contact method. As mentioned above, our research was accomplished the proposed plan, however, it is noted that our given stress for psychogenetic fatigue was a temporal brain load. Therefore, we should verify our methods in clinical case of psychogenetic fatigue as a future work.

研究分野：健康・医療情報学

キーワード：心因的疲労 生体計測 視線追跡 画像処理 時系列解析 非接触測定

1. 研究開始当初の背景

電子機器の集積・小型化やWIFI通信技術の進展は携帯端末や装着型デバイスの開発を促進し、次世代の新規産業として大きく脚光を浴びている。更にこれら端末から得られる情報を基に、図1に示すようなホームヘルスケア関連の製品が多く開発されている。これら製品の用途は診察行為ではなく予防推進に重点が当てられ、三大疾病の心疾患や脳血管疾患、あるいはそれらの原因となる成人病予防に対して極めて効果的だと考えられる。また、これらデバイスの普及は個人の病気の予防という側面だけでなく、増え続ける健康保険等の医療費抑制にもその効果が期待されている。

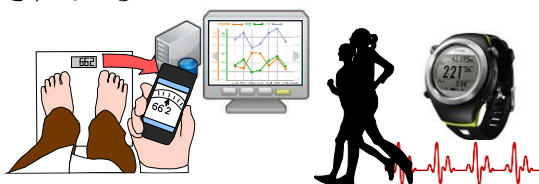


図1 ホームヘルスケア関連の製品

ところが、平成23年度に厚生労働省から発表された患者調査によると、最新の受療率のトップは上記の三大疾病ではなく、「精神及び行動の障害」である。いわゆる「心の病」が蔓延する背景には社会のグローバル化に伴う競争の激化と多様化の中で、労働者の心理的負担が原因だと推察されている。ところが、心の病は複雑化した環境の変化など様々な要素に因るところが多く、なかなか対策が難しい現代病である。また、これら精神的悩みは個人レベルの判断に依存が多いため、食欲不振や寝不足、更には嘔吐やめまいなど重症化が進み、手遅れになるケースも珍しくない。そのため、このような心因的な状況変化を日常生活から捉え、IoT技術の進歩が三大疾病と同様、心の病の重症化予防に寄与できる検出・予兆方法の開発が急務である。

2. 研究の目的

本研究提案ではまず、ストレスの蓄積具合が顕著に現れる生理的な特徴量の確定を目標とする。但し、日常生活で使用可能であることを前提と考え、非接触・非侵襲を制約条件と設定する。ストレスは自律神経系の働きに大きく影響を及ぼすため、特徴量として眼球運動や表情変化そして呼吸間隔などを評価の対象とする。続いて、本研究提案では上記特徴量の検出を顕在化させる手法を確立する。眼球の動きや表情、呼吸などの生理現象は日常行動でも活動を行っているが、特定の動作を誘導した場合、自律神経系の影響が顕著に現れる可能性を持つ。また、僅かな変化でも、時系列で捉えた経時変化は確実な変化を捉える可能性がある。それ故、特徴量抽出と顕在化を組み合わせることで、今まで困難であったストレスの蓄積具合を定量化する仕組みを確立する。

3. 研究の方法

本研究は主に視線動作、表情変化、心拍変動の3つを対象を絞り、その生体変化の検出と顕在化に挑戦した。

3.1 視線の反応速度

視線動作を司るのは中脳にある上丘(superior colliculus)が主であるが、動いているものや変化している対象物を追跡や注視する視線動作は、更に上位の前頭葉や側頭葉からの指令が大きく影響する(図2)。よって、心因的ストレスなどで脳の判断機能が低下した場合、視線動作の反応時間に差が現れると仮説して実験を構成した。

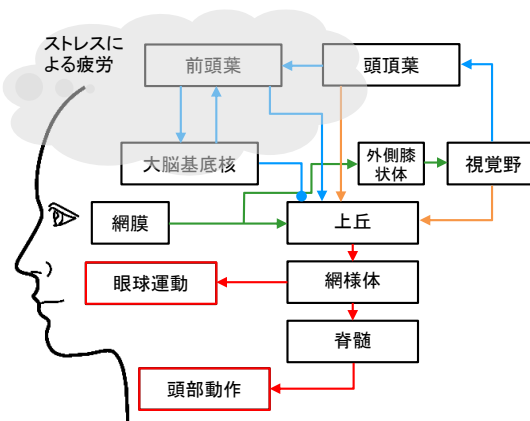


図2 脳の各機能と視線動作の関連

図3に構築した実験システムを示す。色再現が正確に行えるディスプレイ(EIZO ColorEdge CX241)上にコンピュータグラフィックスで作成した制御可能な指標や数字が視線検出装置と連動して提示可能である。視線検出装置(Tobii X1)は30フレーム/秒で眼球の角膜反射を計ることで、その位置を正確に検出することができる。

ここで、脳の判断機能に生じた遅れを視線の動きとして捉えるために、我々は意図的な判断が必要なアンチサカード動作に注目した。図4に示すように、この動作は指標が動く方向と反対方向に視線を動かす意識的タスクが課されるため、単純な眼球の追従動作と異なり、脳の判断機能が必要とされる。実験では更に形状の認識や言葉の認識など、脳の様々な部位における判断課題も加えて、その反応速度の遅れを評価した。



図3 視線動作計測の実験システム

<視線を動かすタスク>

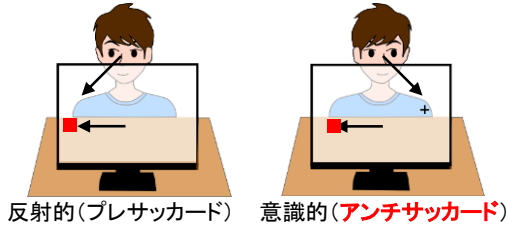


図4 反射的/意識的動作の違い

3. 2 顔特徴量に基づく表情変化検出

ストレスなどの心因的疲労が重なると、人間は動作が緩慢になると共に、その表情変化にも影響が現れることが定性的に知られている。そこで我々は、顔の特徴量を抽出する画像処理アルゴリズムを用い、集中力が失われて散漫になった状態での表情変化を時系列に評価した。抽出した顔の特徴点は図5に示すような12点で、その時系列変化を分類・モデル化して、回帰による予測手法などを適用することで、心因的状態が変化する具合を定量化することに挑戦した。



図5 顔特徴量と簡易脳波計測

3. 3 カメラによる非接触な心拍変動計測

瞬時的なストレスなどの心因的疲労は我々を緊張状態にすることが一般的に知られている。そのため、心拍変動による自律神経の変化を捉えることで、交感神経の優位度からストレス量を定量化する研究が多く行われている。しかしながら、これら研究のほとんどは接触式の心電計を用いており、測定評価自体がストレスになることも少なくない。そこで我々是非接触で取得可能なカメラ画像から心拍変動を測定するシステムの開発に挑戦した。本手法は図6に示すように、MITのDaniel^[1]らが提唱しているが、彼らの手法は周囲環境の光源変化に弱いという欠点が存在する。我々はこれら欠点を解決した実用的な手法を開発した。

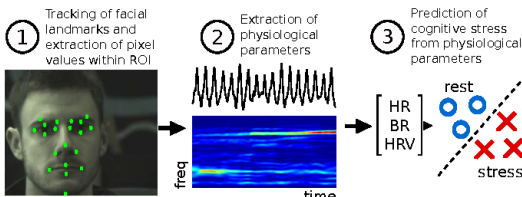


図6 カメラからの心拍変動測定 (従来)

[1]Daniel M., et al., "Remote measurement of cognitive stress via heart rate variability", DOI: 10.1109/EMBC.2014.6944243, (2014).

4. 研究成果

前章で提案した各手法の有効性はストレスなどの心因的疲労の前後で試されることが望ましい。しかしながら実際に精神的苦痛を被験者に与えるのは困難であるため、過度の計算課題などを施し、一時的な負荷を与える前後での状態変化を評価した。

4. 1 視線反応時間

最初に、アンチサッカード動作のみを用いた視線移動の反応試験を行ったが、アンチサッカードのみでは計算負荷前後で顕著な差は得られなかった。そこで、4色(赤, 青, 緑, 黄)と3形状(○, □, △)を組み合わせ指標を左右に複数出現させ、色は同じであるが形が異なる対象物が存在する方向に対してアンチサッカード動作(反対方向を向く)という認識判断過程を追加した。この色や形の認識は主に側頭葉で司られると考えられている。図7に結果を示すが、この判断を加えると計算負荷後に反応時間が遅れるという変化を得ることができた。同様の実験を10名の被験者に対して行ったところ、いずれの被験者でも遅れが観察され、視線の移動動作が脳機能の状態に左右されることが明らかとなった。

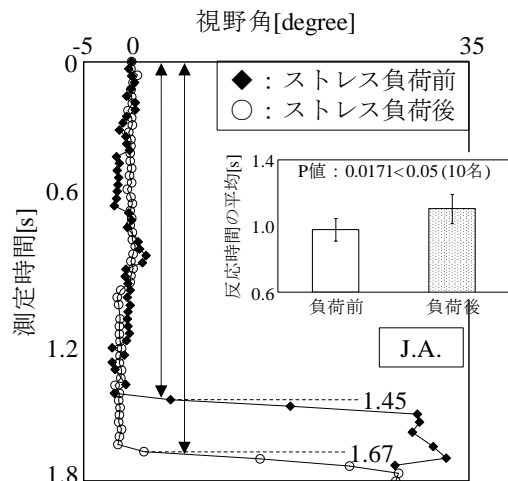


図7 色形状識別による反応時間変化

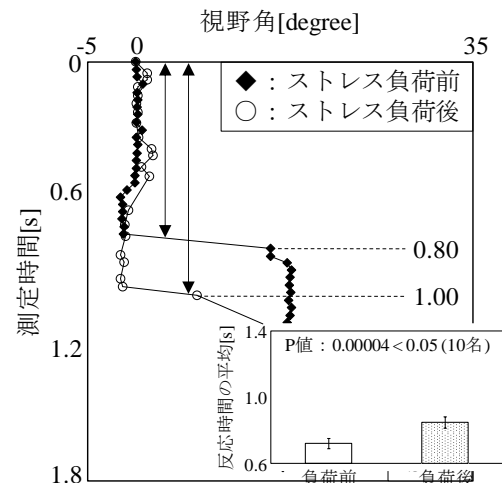


図8 逆ストループによる反応時間変化

更に我々は言語を司る前頭葉の影響にも着目して、逆ストローク判断とアンチサッケードを組み合わせ手法を実施した。結果を図 8 に示すが、色・形状判断と同様に、計算負荷後のケースで視線移動が遅れる現象を観察することができた。10名の被験者でも同様の結果となり、脳の思考・記憶・判断を司る部位の機能が視線の動作反応に影響を与えていることは明らかである。よって、ストレス等の心因的疲労で脳機能が低下した場合、本手法は非接触で簡単な操作から心因状態を推察することが可能である。

4. 2 表情変化

顔の特徴量としては、微笑ではあるが、目の開き具合と口の開き具合にその変化が伺えた。そこでわれわれは両者の変化と脳波(γ波、知覚や意識に関連付けられている)の変化を解析した。その結果、図 9 に示すように、脳波から推測される脳機能低下と、目は閉じて口は開く変化との相関が高くなることが明らかになった。また、この変化を時系列に解析した重回帰モデルを構築し、SOM(自己組織化マップ)上で、その状態変化が可視化できるようなシステムを構築した。結果を図 10 に示す。

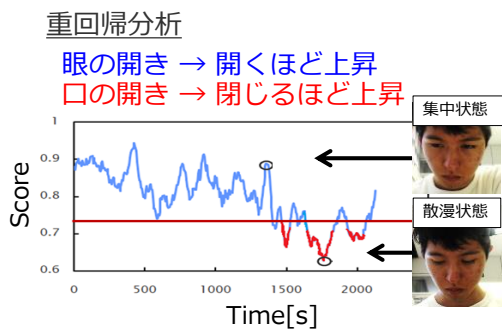


図 9 表情変化成分の重回帰結果

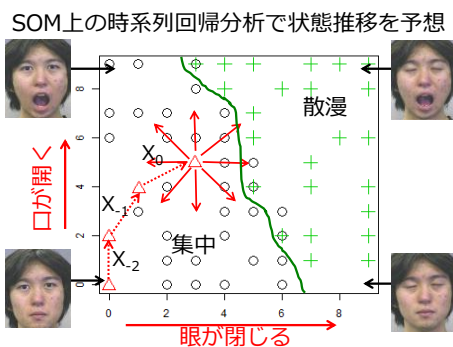


図 10 SOM による状態の推移予測

4. 3 心拍変動

ストレスなどの心因的疲労に対して心拍変動が有益な指標であることは多くの研究で取り込まれている。我々はこの心拍変動をカメラ画像から取得する方法に挑戦した。カメラからの出力である RGB 各信号には心拍で生じるわずかな肌色変化が含まれている。Daniel らはバンドパスフィルタと独立成分

分析でこれら微小な信号から心拍情報を取得できる手法を開発した。しかしながら、独立成分分析は RGB いずれの信号から心拍信号が得られているのかわからず、各信号全体が変動する照明変化などに弱い。そこで我々は肌色の成分分離として独立主成分を適用して、血流変化に最も影響されるヘモグロビン成分で安定した心拍を抽出する手法を開発した。この手法はヘモグロビン成分のみを分離できるため、照明変化等に強く、通常の照明環境下でも安定した心拍を検出することができる。

この手法を用いて、計算負荷前後での新縛変動を検出した。結果を図 11 に示すが、計算を行っている間から終了にかけて、交感神経が優位に働き、自律神経が緊張状態に遷移していることがわかる。

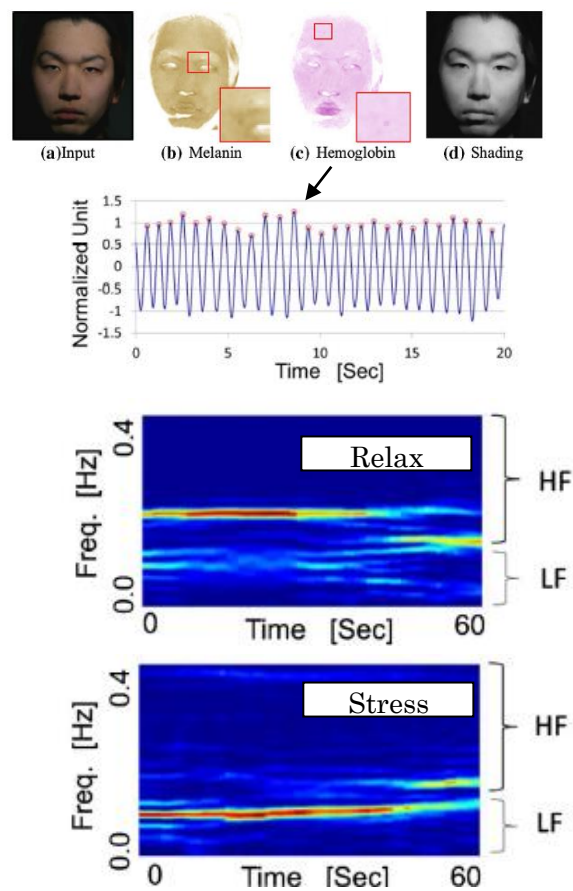


図 11 血流量変化からの心因的疲労推定

5. 結論

本研究ではストレスなどの心因的疲労が発生したときに起こりうる生態的な変化を、視線移動、表情、カメラ型心拍変動から抽出する手法を開発した。今回のストレス負荷は一時的な計算等による簡易的なものであるが、いずれの方法でも正常状態との差を検出できる可能性を得た。今後は心因的疲労に対する症例的な変化での適用を検討していくとともに、各変化を統合することで、よりの確に精神的な疲労状態を捉えるシステムの開発につなげていく所存である。

6. 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 5 件, 関連含む)

[1] Munenori Fukunishi, Taku Yonezawa, Genki Okada, Kouki Kurita, Shoji Yamamoto, Norimichi Tsumura, “Remote Measurement of Pulse Transit Time Based on Fluctuation of Hemoglobin Component”, Pacific Area Longevity Medical Society; PALMS, No. 13, pp. 41-49, (2017).

[2] Munenori Fukunishi, Kouki Kurita, Shoji Yamamoto, Norimichi Tsumura, “Non-contact Video-based Estimation of Heart Rate Variability Spectrogram from Hemoglobin Composition”, Journal of Artificial Life and Robotics, DOI 10.1007/s10015-017-0382-1, (2017).

[3] Shoji Yamamoto, Natsumi Hosokawa, Mayu Yokoya, Norimichi Tsumura, “Acceptable Distortion and Magnification of Images on Reflective Surfaces in an Augmented-reality System”, Journal of OPTICAL REVIEW, Vol. 23, Issue 6, pp. 976-985, (2016).

[4] Ryota Domon, Shoji Yamamoto, Kentaro Hikosaka, Norimichi Tsumura, “Real-time Rendering of Translucent Material by Contrast-Reversing Procedure”, Bulletin of the Society of Photography and Imaging of Japan, Vol. 26, No. 2, pp. 18-22, (2016).

[5] Toshimitsu Kugimoto, Shoji Yamamoto, Ryota Domon, Kentaro Hikosaka, Norimichi Tsumura, “Transformation of environment map by changing the captured position in a cuboidal room”, Journal of OPTICAL REVIEW, Vol. 23, Issue 3, pp. 549-558, (2016).

[学会発表] (計 17 件)

[1] Junki Yoshii, Yuto Hirasawa, Norimichi Tsumura, Shoji Yamamoto, “Evaluation of Concentration on the Tasks in Building Device Independent Graininess Reproduction Model”, “International Conference on Photonics Solutions (ICPS2017), P229, Pattaya, Thailand, (Nov, 2017).

[2] Shoji Yamamoto, Takeshi Okamoto, Kaoru Inoue, Norimichi Tsumura, “Visual Assessable Inspection of Short-term Memory with Eye Tracking”, Proceedings of OSA Fall Vision Meeting, P27, Washington D. C, USA, (Oct, 2017).

[3] Junki Yoshii, Shoji Yamamoto, Yuto Hirasawa, Hiroshi Kintou, Norimichi Tsumura, “Device Independent

Graininess Reproduction: Preliminary study”, The 25th Color Imaging Conference, (CIC25), pp. 269-273, Lillehammer, Norway, (Sep, 2017).

[4] Taku Yonezawa, Shoji Yamamoto, Hirokazu Doi, Kazuyuki Shinohara, Norimichi Tsumura, “Biological Responsiveness in Observing Sexual Attractiveness of Woman”, IEEE Workshop on Attractiveness Computing in Multimedia (BigMM 2017), DOI:10.1109/BigMM.2017.89, California, USA, (Apr, 2017).

[5] Munenori Fukunishi, Taku Yonezawa, Genki Okada, Kouki Kurita, Shoji Yamamoto, Norimichi Tsumura, “Non-Contact Video based Estimation of Pulse Transit Time using Quantitation Method of Hemoglobin Level”, The 24th Color Imaging Conference, (CIC24), pp. 71-75, San Diego, USA, (Nov, 2016).

[6] Shoji Yamamoto, Hideaki Honda, Kaoru Inoue, Naoto Hara, Norimichi Tsumura, “The Difference of Velocity between Eye and Head Movement under Mental Fatigue Condition”, Proceedings of OSA Fall Vision Meeting, Session 3-3 (contributed), San Jose, CA, USA, (Oct, 2015).

[7] Taku Yonezawa, Shoji Yamamoto, Hirokazu Doi, Kazuyuki Shinohara, Norimichi Tsumura, “The Study of Relationships between Biological Information and Opposite Sex’s Attractiveness”, The 1st International Conference on Advanced Imaging, pp. 428-430, Tokyo, Japan, (Jun, 2015).

[8] 赤間俊祐, 松藤彰宏, 山本昇志, “複数の全方位画像を用いた人物の姿勢推定”, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 42, No. 6, pp. 49-52, (2018. 2. 24, 横浜).

[9] 中島正人, 鈴木玄貴, 山本昇志, “正規化相関を用いた瞬目動作における個人特徴量の抽出”, 映像情報メディア学会年次大会予稿集, 31B-4, (2017. 9. 1, 東京).

[10] 岡本健志, 鈴木玄貴, 山本昇志, “視線検出による効率的な短期記憶評価法の提案”, 映像情報メディア学会年次大会予稿集, 31B-2, (2017. 9. 1, 東京).

[11] 中島正人, 山本昇志, “高速度撮影を用いた瞬目動作における個人特徴量の抽出”, 電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会予稿, Vol. 22, No. 21, pp. 21, (2017. 3. 4, 品川).

[12] 松藤彰宏, 岡本健志, 山本昇志, “広視野ステレオカメラによる人物の姿勢や向きの推定”, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 41, No. 4, pp. 5-8, (2017. 2. 18, 横浜).

- [13]岡本健志, 松藤彰宏, 山本昇志, ” 視線検出を用いた系列位置効果の評価手法の開発”, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 41, No. 4, pp. 1-4, (2017. 2. 28, 横浜).
- [14]山本昇志, 本田秀明, 井上薫, 原直人, “視線挙動測定による状況判断能力の評価”, 第 52 回日本交通科学学会総会学術講演会, pp. 110-111, (2016. 6. 18, 東京).
- [15]本田秀明, 井上薫, 原直人, 津村徳道, 山本昇志, ” 心因的疲労の評価に適した視線誘導手法の検討”, 日本色彩学会 視覚情報基礎研究会, CSA-FVI-2015-16, (2015. 12. 19, 東京).
- [16]松藤彰宏, 鈴木亮太, 本田秀明, 山本昇志, 小林貴訓, ” 全方位カメラ画像からの継続的な人物追跡手法の提案”, 映像情報メディア学会冬季大会予稿集, 22B-3, (2015. 12. 15, 東京).
- [17]本田秀明, 井上薫, 原直人, 津村徳道, 山本昇志, ” 眼球と頭部の運動比較による心因的疲労の評価”, 日本眼科学会総会予稿集, 0-25, (2015. 9. 27, 岡山).

[図書] (計 0 件)

[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

http://www2.metro-cit.ac.jp/~yamasho/kaiken_15K00415.html

7. 研究組織

(1) 研究代表者

山本昇志 (SHOJI YAMAMOTO)
東京都立産業技術高等専門学校
ものづくり工学科 教授
研究者番号：7 0 4 6 9 5 7 6

(2) 研究分担者

津村徳道 (NORIMICHI TSUMURA)
千葉大学大学院 融合科学研究科
准教授
研究者番号：0 0 2 7 2 3 4 4

(2) 研究分担者

原 直人 (NAOTO HARA)
国際医療福祉大学 保健医療学部
教授
研究者番号：3 0 2 6 5 6 9 9

(3) 連携研究者

井上 薫 (KAORU INOUE)
首都大学東京大学院 人間健康科学研究科
准教授
研究者番号：9 0 2 5 9 1 4 3