

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 8 月 24 日現在

機関番号：52605

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11540

研究課題名(和文) 生体・表現情報に基づく青年期発達指数の定量化及び区分化

研究課題名(英文) Quantification and factorization of adolescence developmental index based on the biological information

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) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では青年時に見られる軽度発達障害の検出に関する生体情報取得を目的としている。当該者は、特徴的な作業、特に集中を必要とする作業において高い能力を発揮することが知られている。その特性の見極めるため、我々は非侵襲な複合生体計測システムを構築した。システムは視線、顔の動き、心拍変動、そして重心揺動を計測でき、作業に対する集中具合を定量化することができる。また、集中を妨害する刺激の有無に対して各生体信号を比較することで、長時間作業に対する集中状態の持続性を評価した。理系的な能力の高い高等専門学校生を対象とした被験者間であるが、集中力の有無を分離可能なパラメータの存在を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

青年時に見られる軽度発達障害は、発達障害と診断を受けるレベルではないが、発達障害に類似した行動傾向・特性を示す。彼らはコミュニケーションが苦手で興味の対象が限定的であるなどの理由から、特別な対処や配慮が必要なマイノリティと位置付けられていることが多い。しかし、発達障害及び境界例の青年の中には特異な才能を開花可能な、個性豊かで高い知能を持つ人材が含まれている。そのため、彼らの特徴を伸ばす教育が必要不可欠であり、その特異性を発見し、レベルごとのフォローアップが重要となる。本研究ではその特徴として集中力の高さに着目して、日常生活で得られる生体情報から集中力が高い若年者の抽出を可能とした。

研究成果の概要(英文)：In this research, we aimed to detect the specific biometric information on the detection of mild developmental disorders in adolescents. The person with mild developmental disorders is known to be highly capable of performing characteristic tasks, especially those that require concentration. In order to determine the characteristics, we have constructed a non-invasive complex biometric system. The system can measure eye gaze, facial movements, heart rate variability, and center-of-gravity sway, and can quantify the degree of concentration on a task. In addition, by comparing each biological signal to the presence or absence of stimuli that interfere with concentration, we evaluated the continuity of the concentration state for long-term work. Although between subjects who were technical college students with high scientific ability, we confirmed the existence of parameters that can separate the presence and absence of concentration.

研究分野：コンピュータサイエンス

キーワード：集中力 生体計測 視線検出 頭部動作検出 心拍変動 重心揺動 機械学習

1. 研究開始当初の背景

社会への適応能力が不足している人々は現在の勤労世代に限らず、我が国の未来を担う青年層にも潜在的に多く存在する。これら青年たちが社会への不適応を呈する要因として、「発達障害 (Developmental disorders)」と呼ばれる高次脳機能障害がある。また、最近の研究では、発達障害と診断を受けるレベルではないが、発達障害に類似した行動傾向・特性を示す「サブクリニカルレベル (Sub-clinical level) の境界例」の存在が明らかにされている。彼らはコミュニケーションが苦手な興味の対象が限定的であるなどの理由から、特別な対処や配慮が必要なマイノリティと位置付けられていることが多い。

しかし、発達障害及び境界例の青年の中には特定の物事に強い興味を示す特徴から、特異な才能を開花可能な個性豊かで高い知能を持つ人材が含まれている。加えて、理数系科目・情報工学をはじめとした特定の専門分野に秀でている場合が多く、技術立国を目指す我が国にとって貴重な人材資源であるといえる。従って、彼らの潜在的な力を引き出し、社会に順応しながら産業界で活躍できる「Society 5.0」の実現は、我が国の将来を左右する喫緊の重要課題であると言える。



図1 発達障害及び境界例の青年の特徴

2. 研究の目的

本研究の目的は青年時に見られる軽度発達障害の定量化である。中でも、我々は発達障害及び境界例の青年に特徴的な集中力の高さに着目した。集中は人間の脳の活性化状態であり、従来はfMRIによる血流評価や脳の神経電位の活性度から評価される方法が研究されている。しかしながら、これら医学的知見に基づいた手法は特殊な状況下での評価であり、日常生活における活動から集中力を推し量ることはできない。

そこで、我々是非侵襲な複合生体計測システムを本研究にて構築した。システムは視線の動き、それに伴う頭部の動き、作業中の心拍変動、そして着座時の重心揺動を計測することができる。これにより、平常作業に対する集中具合を定量化するとともに、集中を妨害する刺激を加え、集中力の高さを評価することができる。また、継続的な妨害の有無に対して各生体信号を比較することで、長時間作業に対する集中状態の持続性についても評価を行うことができる。

3. 研究の方法

本研究では被験者の集中力を定量化するために、視線動作、表情変化、心拍変動、重心揺動の4つを対象を絞り、計測システムを開発した。図2に被験者と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) 上にプログラムで記述された実施タスクが表示される。被験者正面には視線の動きを検出可能な視線検出装置 (Tobii X1) と、頭部の動きを測定可能な高速カラーカメラ (Flea3, FLIR) を設置している。また心拍や重心の動揺を検出するセンサも備え、集中を必要とするタスクに対して、被験者の能力や生体情報の変化を捉えることができる。

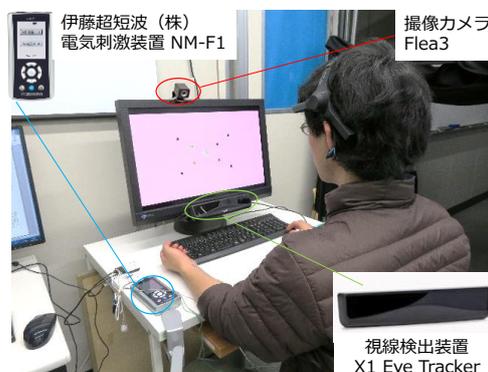


図2 被験者に対する実験システム全体像

(1) 視線の動き

視線動作と集中力においては直接的な関係を示す研究はこれまで報告されていない。しかし、集中が必要な作業においては特定の位置を固視したり、制御された視線の動きを行うことが定性的に明らかとなっている。固視については注意欠如・多動症児の検出に使われている事例があるが、入院を要する重傷者でもその特徴を明確に分離することは難しく^[1]、視線動作のみから関連特徴を抽出することは困難と考える。そこで我々は視線と頭部の動きの連動から、その作業への専念具合で集中力を定量化する方法を検討した。

例えば、文章を読むといった単純な作業においても、その文章の中身を理解しなければならない場合にはかなりの集中力が必要とされる。

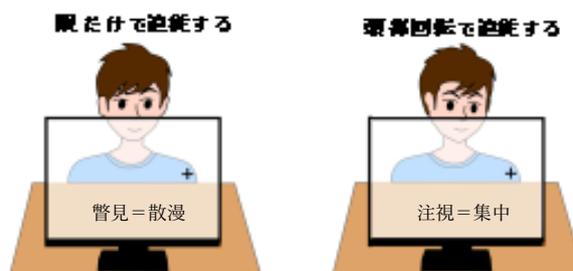


図3 作業における視線追従の区分け(仮説)

このとき、視線はなるべく固定されたほうが文字の意味を理解する上で有利である。しかし文章全体を理解するためには左右方向に移動しなければならず、結果として、集中力が要求される読解作業などにおいては、頭部の移動を伴った視線追従が行われると考えた。

(2) 視線連動の頭部の動き検出

集中力が必要な読解課題にて、視線の移動と連動した頭部運動を集中具合の手掛かりになると考え、その挙動を測定するシステムを開発した。ここで、視線の移動と頭部の動作を独立して取得するために、視線位置を計測する装置は据置型を採用している。この視線計測装置から得られる移動情報は眼球運動と頭部の動きが融合された情報であるため、別途設置した高速カメラで頭部動作を測定した結果を差し引くことにより、眼球運動と頭部運動を分離して評価が可能となる。

頭部の運動検出には顔特徴量を検出し、頭部全体の動きを三次元空間で推定するアルゴリズムを開発した。図4に示すように、各特徴量座標位置関係を三次元空間にマッピングして、射影変換にて生じる移動・回転パラメータを移動量から推定することにより、顔方向ベクトルの動きを記録可能である。

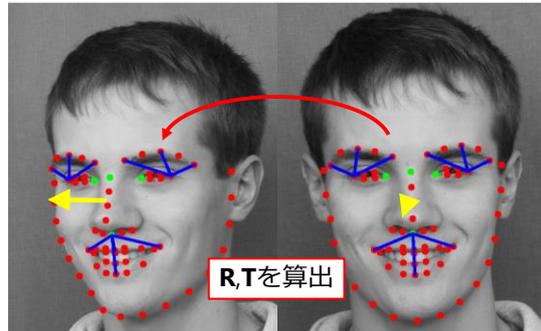


図4 顔特徴量からの頭部運動計測の手法

(3) カメラによる非接触な心拍変動計測

集中して作業を行う場合、脳の活動は活性化されるため、間接的に交感神経が優位になる可能性を持つ。ここで、交感神経の状態把握には心拍変動が従来から用いられているが、多くは接触式のセンシングであるため、被験者の余分な負担となりかねない。そこで我々は顔画像から拍動を検出して、心拍変動の変化を捉える手法を開発した。

顔画像を取得するカメラは前述の頭部動作計測用が利用できる。また、顔の動き自体を検出しているため、動いていても心拍が正確に捉えられる領域の抽出は可能である。

但し、顔画像からの心拍測定精度は、皮膚下の血管の密集度に大きく依存することがわかっているため、本研究では赤外線画像を併用することで、血流変化が大きな領域を抽出する工夫を行った。

図5に赤外線カメラで捉えた運動前後の被験者の温度変化を示す。血流が多い箇所は温度変化も大きく、心拍信号が正確に計測できる。よって本システムでは事前に検出位置の登録作業をお願いして、正確な心拍計測を行う。また、交感神経の状況に対してはLF/HF比を計算することで、その優位性を評価する。

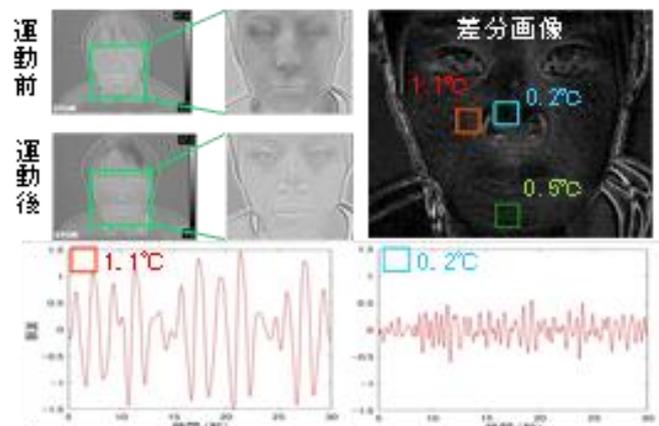


図5 体温変化による心拍測定位置の特定

(4) 着座時の重心揺動

集中力を図る上で、本研究では着座時の重心揺動にも着目した。定性的には文章読解などのタスクに対して、集中しているときは前のめりになり、且つ、リラックスしているときと比べて重心の変動は少ないと考えられる。これらの情報量も集中状態の検出に有益であると考え、図6に示す実験システムを開発した。

被験者が作業時に着座する椅子を購入して、下部に荷重を測定可能なロードセルを設置した。ロードセルは耐荷重が20Kgのものを72度ピッチの5方向に設置して、その出力を12bitのA/D変換を通じてマイコンに記録した。A/D変換の速度は1KHzで5つの信号を200Hzごとに切り替えて測定できるため、人間の重心の揺動を測るには十分である。また、無負荷時に重心座標が中心になるような校正処理を組み込むことで、重心からの荷重移動を正確に計測することができる。

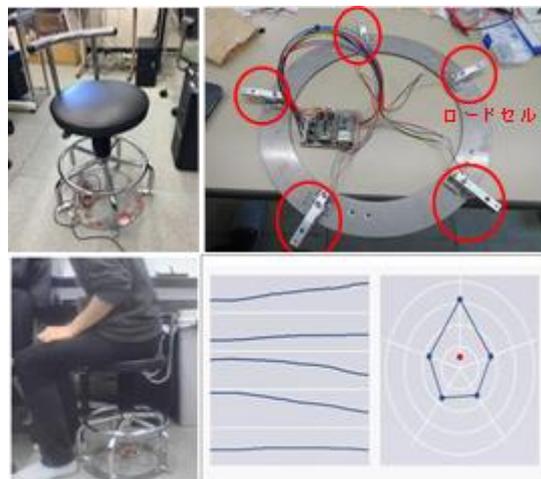


図6 着座式の重心揺動計測システム

4. 研究成果

集中の高さを推し量るために様々な実験と条件を検討した。中でも、様々な言語読解と、外部からの刺激（電氣的刺激）に対する耐力を試みたケースで明確な違いが現れた。なお、どの実験においても約 10 名の被験者に協力を得ているが、いずれも当校学生であり、プログラミングや電子工作を得意とする 19-20 歳の男子学生である。

(1) 言語理解タスク

集中力を要するタスクとして、複数の言語で書かれたレポート課題の理解を試行した。言語は中国語、英語、日本語の 3 種で、日本語を母国語としている彼らには特に集中しなくとも問題は理解できる。一方、英語と中国語については日本語に比べて単語と文脈を理解しなければならず、自ずと集中せざるを得ない条件設定とした。表示画面を図 7、測定結果を図 8 に示す。上段は視線移動の軌跡であり、下段は頭部の動きを示している。ここで、中国語に対しては途中で理解を諦めて視線ですら追わない学生が多発したので、英語と日本語での結果を一例として示す。



図 7 異種言語の理解に対する読解タスク

結果から、英語読解の方が視線の動きも安定しながら、頭部を追従させていることがわかる。両文章とも文章中に一か所だけミススペルを入れておいたが、英語の方がミスを見つける学生が多数存在したので、集中していたことが伺える。よって、視線だけでなく、頭部の動きも集中具合を評価する上で重要なパラメータと言える。

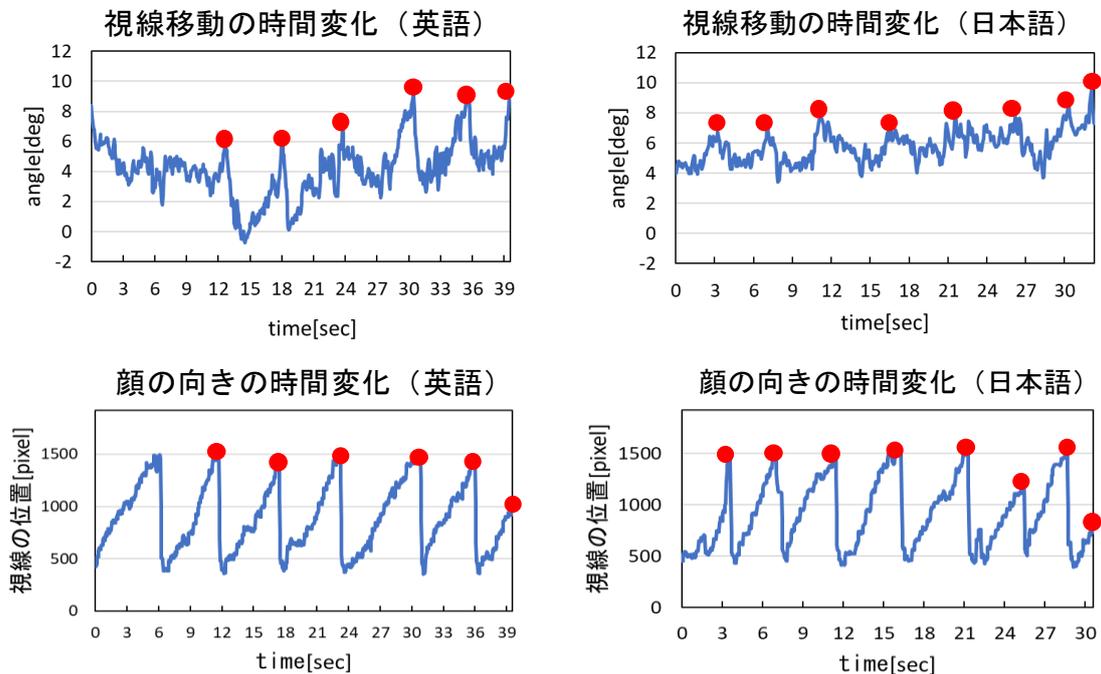


図 8 各読解タスクの視線及び顔の動き移動

(2) 外部刺激に対する耐力

続いて行った実験では、内田式クリペリン検査を課題として採用した。この課題は並べられた一桁の数字を前後で計算するもので、間違わないように行うためには継続した集中力が必要となる。図 9 には各計算過程で視線が移動した時間（速度）の測定例を示す。上段は理系科目があまり得意でない学生、下段は理系に長けた学生の例である。1 回 10 分の試験中に妨害が 20 回入り、同試験を連続 10 回行った時の 1 回目と 10 回目を示す。

理系科目が得意でない学生は当初、妨害が気になり、なかなか活動的な計算ができていない。最終的には妨害への慣れも生じて計算ができるようになった。一方、理系科目が得意な学生は最初から妨害を気に留めず、終始計算を行い続けた。

これらの結果を反映して、一回目の計算過程における視線の移動速度，頭部の動き量，そして心拍変動におけるL/F比をパラメータとして理系科目の得意不得意（自己申告）での分類を実施した．手法は多項式化したロジスティック回帰を用いている．回帰結果を図10に示すが，非常に高い感度で分別することが可能であった．

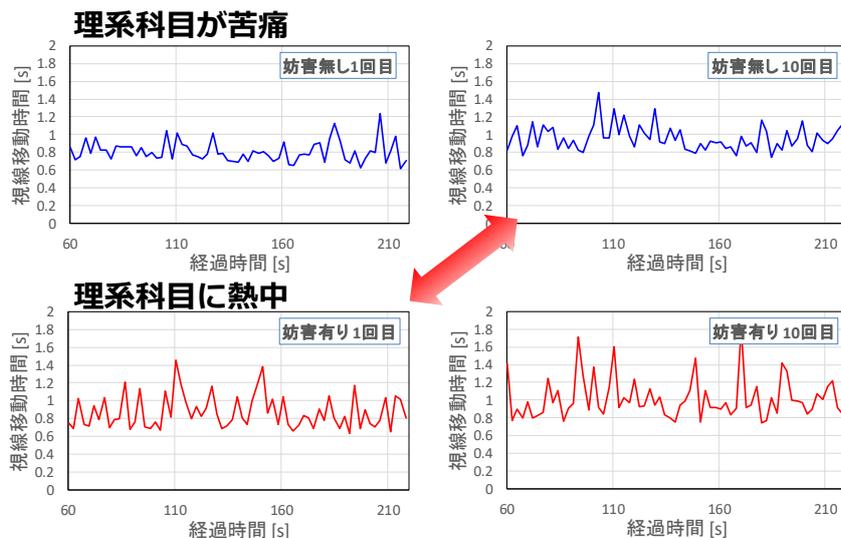


図9 連続試験時の視線移動時間の変化

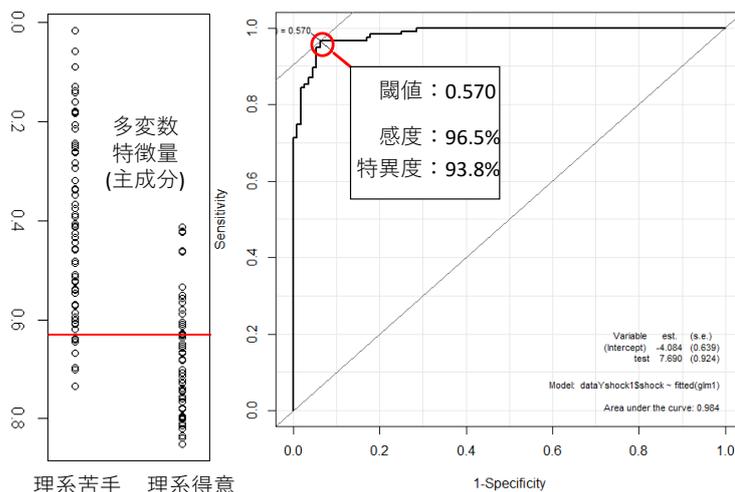


図10 視線移動+表情変化+心拍変動のロジスティック重回帰結果

(3) まとめ

本研究では発達障害及び境界例の青年を分類するために、彼らに特徴的な集中力の高さに着目して、視線移動，頭部挙動，心拍変動，着座重心揺動を計測した．各計測値には集中すべき条件タスクにおいて若干の差が現れ，最終的には分類手法を用いて多変量解析を行った結果，理系科目が苦手な学生と得意な学生の明確な分類が可能となった．なお，IQや心理試験を組み合わせた実験は引き続き継続中であり，今回明らかにした生体信号による発達障害の特徴を今後も明確化していく．また，今回は着座時の重心揺動には顕著な差が現れなかったが，集中と散漫には体動も関連しているのは明らかのため，作業も含めた集中具合の解析にも適用を検討していく．更に，本取組みは国際的な協業（ブラジル：サンパウロ大学）の下で実施され，今後も継続していく所存である．



参考文献

[1] 福島，追跡眼球運動の異常と広汎性発達障害の脳機能病態，精神経誌(2008)110巻，10号．

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ryota Nomura, Takashi Komuro, Shoji Yamamoto, Norimichi Tsumura	4. 巻 8巻4号
2. 論文標題 Object Manipulation for Perceiving a Sense of Material using User-Perspective Mobile Augmented Reality	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ITE Transactions on Media Technology and Applications	6. 最初と最後の頁 pp.245-251
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3169/mta.8.245	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 Kensuke Fukumoto, Junki Yoshii, Yuto Hirasawa, Takeshi Yamazoe, Shoji Yamamoto, Norimichi Tsumura	4. 巻 Vol.64, No.1
2. 論文標題 Unglossy to Glossy Image Conversion Using Deep Photo Style Transfer	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Imaging Science and Technology	6. 最初と最後の頁 10506(1-9)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2352/J.ImagingSci.Technol.2020.64.1.010506	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 Shoji Yamamoto, Yuto Hirasawa, Ryota Domon, Hiroshi Kintou, Norimichi Tsumura	4. 巻 Vol.27, Issue.1
2. 論文標題 Improved viewpoint entropy to evaluate material appearance under various lighting positions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of OPTICAL REVIEW	6. 最初と最後の頁 45-59
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10043-019-00563-x	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14件（うち招待講演 1件／うち国際学会 6件）

1. 発表者名 浅倉拓也, 山本昇志
2. 発表標題 映像情報メディア学会創立70周年記念大会
3. 学会等名 周波数に着目した注意機構による音声感情認識”, 映像情報メディア学会創立70周年記念大会, 13C-2, (2020.12.22, オンライン).
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takuya Asakura, Shunsuke Akama, Eri Shimokawara, Toru Yamaguchi, Shoji Yamamoto
2. 発表標題 Emotional Speech Generator by using Generative Adversarial Networks
3. 学会等名 The 10th International Symposium on Information and Communication Technology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Junki Yoshii, Shoji Yamamoto, Kazuki Nagasawa, Wataru Arai, Satoshi Kaneko, Keita Hirai, and Norimichi Tsumura
2. 発表標題 Estimation of Layered Ink Layout from Arbitrary Skin Color and Translucency in Inkjet 3D Printer
3. 学会等名 The 27th Color Imaging Conference, (CIC27) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Zar Zar Tun, Seiji Tsunozaki, Takashi Komuro, Shoji Yamamoto, Norimichi Tsumura
2. 発表標題 Measuring Reflectance of Anisotropic Materials using Two Handheld Cameras
3. 学会等名 Lecture Notes in Computer Science (ISVC 2019), (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Bivariate BRDF Estimation Based on Compressed Sensing
2. 発表標題 Haru Otani, Takashi Komuro, Shoji Yamamoto, Norimichi Tsumura
3. 学会等名 Lecture Notes in Computer Science (CGI 2019), (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本昇志, 津村徳道
2. 発表標題 非接触生体計測を用いた心因的な状態変化の検出
3. 学会等名 第17回 医用分光学研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梅園真実, 廣田弘樹, 小室孝, 山本昇志
2. 発表標題 指関節の三次元計測による手作業の評価手法
3. 学会等名 映像情報メディア学会技術報告, Vol.44, No.4, pp.27-30
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 浅倉拓也, 山本昇志
2. 発表標題 CycleGANを用いた感情的音声の生成
3. 学会等名 電子情報通信学会 魅力工学研究会シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shunsuke Akama, Akihiro Matsufuji, Eri Shimogawara, Shoji Yamamoto, Toru Yamaguchi
2. 発表標題 Successive human tracking and posture estimation with multiple omnidirectional cameras
3. 学会等名 The 2018 Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Munenori Fukunishi, Kouki Kurita, Shoji Yamamoto, Norimichi Tsumura,
2. 発表標題 Video Based Measurement of Heart Rate and Heart Rate Variability Spectrogram from Estimated Hemoglobin Information
3. 学会等名 2018 IEEE/CVF Conference on CVPR Workshops (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浅倉拓也, 赤間俊介, 山本昇志
2. 発表標題 敵対的生成ネットワークを利用した感情豊かな音声の生成
3. 学会等名 映像情報メディア学会技術報告, Vol.43, No.8, pp.37-40, (2019.3.8, 東京).
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本健志, 岡田貞実, 井上薫, 山本昇志,
2. 発表標題 能動的な刺激による生体信号変化と集中具合の関連性評価
3. 学会等名 映像情報メディア学会年次大会予稿集, 22B-4, (2018.12.21, 東京).
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中島正人, 恒崎正滋, 小室孝, 山本昇志
2. 発表標題 感情推定を目的とする頭部姿勢検出に関する基礎的な検討
3. 学会等名 映像情報メディア学会年次大会予稿集, 21C-3, (2018.12.21, 東京).
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本健志, 山本昇志, 井上 薫
2. 発表標題 フロー心理状態を探る計測技術
3. 学会等名 電子情報通信学会 魅力工学研究会シンポジウム, Poster, (2018.9.05, 大阪).
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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	津村 徳道 (tsumura norimichi) (00272344)	千葉大学・大学院工学研究院・准教授 (12501)	
研究分担者	土居 裕和 (doi hirokazu) (40437827)	国士舘大学・理工学部・准教授 (32616)	

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
---------	---------