

令和 2 年 6 月 9 日現在

機関番号：53101

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K18683

研究課題名(和文)英文読解時における生体信号計測による「つまづきの可視化」のための技術の開発

研究課題名(英文) Visualizing Learners' Difficulties in English Reading using Biological Signal Measurement

研究代表者

土田 泰子(Tsuchida, Yasuko)

長岡工業高等専門学校・一般教育科・教授

研究者番号：30455125

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、英文読解時に視線や脳波などの生体信号を計測し、そのデータ群から作成した自己組織化マップを参照することにより、学習者が今あると予測される学習状況を一目で診断することができる技術を開発することを目指した。英語能力と視線、脳波との関係性について調査し、自己組織化マップを用いた推定手法の開発を行った。実験結果から、一部の視線情報とTOEIC L&Rテストスコアとの間に相関関係があることが確認できた。TOEIC L&Rテストスコアの推定モデルについては、推定誤差率が7.95%となった。今後は、さらに被験者を増やしデータ数を充実させることにより、推定精度の向上が可能だと考えている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究ではSOMによる多次元データ解析の手法を用いることで、従来の数十倍の変数から成るデータ群をパターン認識し、学習者の特性を視覚化して英語力の診断に活用することを目指した。医療や生化学の分野では先進的に取り組まれている多次元データ解析を、英語教育の分野に応用することは探索的性質が非常に強い。本研究の成果により従来のテスト形式とは異なる、全く新たな英語力の判定手法が提供されることとなり、それに応じた新たな指導法の開発や、英語力向上の鍵となる未知の問題を発見する手掛かりとなることが考えられ、英語教育の分野に対する貢献だけでなく、新たな学問分野や産業に発展する可能性が大いに期待できると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we measured biological signals such as gaze and EEG on reading, and created a self-diagnose method to know learner's current and expected learning situation by referring to the self-organizing map. We investigated the relationship between English language ability and gaze / EEG, and developed an estimation method using a self-organizing map. The results showed that there was a correlation between some gaze information and TOEIC L&R test scores. The estimation error rate for the model for estimating TOEIC L&R test scores was 7.95%. In the future, it will be possible to improve the estimation accuracy by increasing the number of subjects and enriching the data.

研究分野：コミュニケーション

キーワード：視線計測 脳波 英文読解 生体信号

1. 研究開始当初の背景

活躍フィールドのグローバル化に伴い、技術者や研究者の英語力向上は継続的な課題である^[1]。英語に苦手意識を持つ人は多いが、具体的に英語の何が苦手なのかを知るためには、現状では英検やTOEICテストなどの受験を通しての診断を参考にしたり、学生の場合には英語教師が授業の様子やテスト時の誤答などから推測したりしていることが多く、何を改善すべきかの判断は、学習者の主観や指導者の経験に基づいて行われている。一方で、学習者が特定の学習を行う上でストレスを感じている場合には、まばたきが増えたり、視線の動向が不安定になったり、脳波や心拍数などの生体信号が変化をすることが明らかになっている。そこで、視線計測と生体信号計測を組み合わせることにより学習者の意識しない「つまづきを可視化する」ことができるのではないかと考えた。

本研究代表者は、英語教育を主な研究フィールドとする一方で、これまでも英単語学習プログラムの開発^[2]や英語多読支援システム開発など^[3]、他分野の研究者との分野横断的な研究活動に取り組んで来た。より効果的な教育方法を模索する中で、これまで学習者の主観や教師の経験に依存していた「学習者のつまづき」の分析について、より客観的な方法で検出できるのではないかと考えるようになった。また、本研究代表者が所属する教育機関では分野横断型研究を推進しており^[4]、英語教育と計測工学を組み合わせることによる新たな展開という発想を得るのに十分な環境であった。そして学習者のつまづきを明らかにするために、英文読解時の視線動向や生体信号を計測して分析することにより、英文を難しいと感じている場合すなわち「つまづいている場合」に、これらの数値や波形が変化し、何らかの特性を見いだせるのではないかと考えた。また、英文読解時における脳波の変化について実験を行う中で、被験者の英語力や英文の難易度に応じた変化の特性があるのではないかと推察を得た。これらのことから、視線動向と生体信号の計測によるつまづきの可視化という着想を得た。

2. 研究の目的

学習者の英語力を測定するためには、TOEICテストや英検などの外部試験を利用できるが、結果が出るまでには日数を要し、即時的な測定は難しい。また、診断も大まかなものとなり、評価の低い項目をどのように改善するのかについては、学習者の自己判断に委ねられる。本研究では英文読解時に視線や脳波などの生体信号を計測し、そのデータ群から作成した自己組織化マップを参照することにより、学習者が今あると予測される学習状況を一目で診断することができる技術を開発する。自己組織化マップ (Self-organizing Map, 以下 SOM) とは、入力されたデータ群について、似ているデータを近くに、似ていないデータを遠くに表示することでデータを組織化して配置し、地図のように可視化するものである。SOMは医療や生化学の分野で多次元データを低次元化して解析する際に用いられるが、他の分野でも、例えば膨大な顧客の購買履歴から得たビッグデータを SOMにより低次元化し、収益の上がる製品開発を行うために活用するなど、近年応用が広がっている。本研究では英文読解時に視線動向、脳波、心拍数、呼吸数の計測を同時に行い、SOMを作成する。英文の難易度と学習者の英語力によって視線動向の特性が変化し、脳波や心拍数、呼吸数も変化することから、SOMにより学習者の特性をパターン認識し、得られたパターンについて英語教育の視点からの分析を加えて分類し視覚化する。その結果、即時的に英語力を測定し、評価の低い項目を診断してつまづきを可視化する技術を構築することを目指す。

3. 研究の方法

研究では、まず被験者の英語能力と英文読解中の視線情報、脳波との関係性について調査する。その結果に基づき、自己組織化マップを用いて英語能力を推定可能かどうかを検討する。

(1) 視線情報

様々な視線情報の中でも、本研究では英文読解中の停留、逆行、読解速度、瞳孔径、瞬目について分析を行う。

停留 (Fixation) は、視線移動の合間に視線が一定の場所に留まる状態である。先行研究^[5]から、停留と読者の英語能力との間に何らかの関係があることが示されている。逆行 (Regression) は、視線移動の際に通常の向きとは逆の向きに視線移動することを言い、文章読解時には一度読んだ箇所に戻りもう一度読み返す状態である。先行研究^[6]では、逆行は全停留時間の内約 10~15%で起こっており、英文の理解と何らかの関係がある可能性が示されている。読解速度 (Reading speed [wpm]) とは、1分間あたりの読解語数を表す。TOEICを時間内に解き終わる目安が 150[wpm]と言われており、学習者の英語力が高いほど読解速度は速くなるとされている^[7]。

瞳孔径 (Pupil diameter [mm]) は光量又は自律神経の状態によって変化し、ヒトの場合 2~8[mm]程度の間で変化する。ヒトが明所、又は鎮静状態にあるとき縮瞳が生じ瞳孔径は小さくなる。またヒトが暗所、又は興奮状態にあるとき散瞳が生じ瞳孔径は大きくなる^[8]。

瞬目 (瞬き) (Blink) は一般に 1分間 20~30 回程度行うと言われており、ヒトが意識を集中する、又は緊張状態にあると回数が多くなるとされている^[9]。

本研究はこれらの視線情報に対して、英語能力との相関性評価を行うとともに、英語能力の推定材料として用いる。

(2) 脳波情報

脳波には様々な周波数帯があるが、本研究では、 α 波と β 波と呼ばれる周波数帯についての計測・解析を行う。

α 波とは、リラックス・閉眼時に出現するとされる脳波の周波数帯である。読解する英文が難しい、すなわち脳への認知負荷が高い場合には、活性化した脳が沈静化するのに時間がかかり、 α 波の出現が遅れると考えられる。また、 β 波とは、覚醒時に定常的に出現するとされる脳波である。

通常、脳波を計測するには国際 10-20 法 (図 1) と呼ばれる電極配置で行うが、本研究では、 α 波が優位に出現するとされる後頭部 (国際 10-20 法における O1, O2) と、脳波計測における主要な位置 (国際 10-20 法における Fp1, Fp2, C3, C4, Cz, A1, A2) の計 9 個の電極配置 (図 2) で行う。

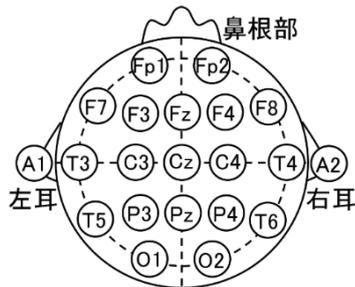


図 1 国際 10-20 法による電極配置

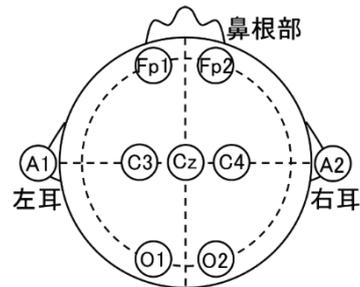


図 2 本研究における電極配置

(3) 使用機器

視線計測には、ディテクト社の非接触型視線計測システム QG-PLUS (図 3) を用いた。QG-PLUS は据置型の視線計測装置で、本体から赤外線を送り、被験者の瞳孔で反射された赤外線を受け取ることで被験者の眼球運動を計測する装置である。

脳波計測には、(株) ミュキ技研の生体信号収録装置 Polymate Pro MP600 (図 4) を用いた。この装置は、脳波や筋電位、脈波などの生体信号を計測することができる。頭皮に装着した電極をこの装置に接続することにより脳波を計測する。また、PC に接続することによりリアルタイムに計測情報を確認することができる。



図 3 視線計測装置



図 4 生体信号計測装置

(4) 実験手順

TOEIC L&R テストスコアの異なる 24 名の学生 (表 1) を被験者として、以下に述べる実験を行う。被験者に PC のディスプレイに表示した英文を 1 分間読んでもらい、その際の被験者の視線を QG-PLUS、脳波を生体信号収録装置 Polymate Pro MP6000 を用いて計測する。具体的には、読みやすさレベル (YL) がそれぞれ 1.0~1.9, 2.0~2.9, 3.0~3.9 の英語多読本をフィクションとノンフィクションの 2 冊ずつ、TOEIC L&R テストの長文読解問題、英語雑誌をそれぞれ 2 冊ずつ、表 2 に示すような 8 種類の英文で計 10 冊用意し実験を行う。視線計測については、英文読解中の視線の停留時間、逆行回数、読解速度、瞳孔径、瞬目回数について英語能力との相関係数を算出し評価を行う。

表 1 被験者の TOEIC L&R テストスコア

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H
Total score	940	840	795	685	685	685	685	680
Reading score	445	385	360	275	295	255	315	295
被験者	I	J	K	L	M	N	O	P
Total score	650	585	580	540	520	505	495	470
Reading score	285	235	*	245	205	215	215	155
被験者	Q	R	S	T	U	V	W	X
Total score	450	430	425	420	400	395	380	360
Reading score	200	150	160	220	145	185	200	155

表 2 英文の難易度と実験用 ID

ID	英文の難易度
1	YL1.0~1.9[フィクション]
2	YL1.0~1.9[ノンフィクション]
3	YL2.0~2.9[フィクション]
4	YL2.0~2.9[ノンフィクション]
5	YL3.0~3.9[フィクション]
6	YL3.0~3.9[ノンフィクション]
7	TOEIC L&R Test (Reading test, part 7)
8	英語雑誌

(5) 実験結果と考察

まず視線計測の結果と考察について述べる。各視線情報と被験者の TOEIC スコアとの相関係数を表 3 に示す。実験の結果、停留の中でも 0.20[s] < t < 0.40[s] の停留に正の相関が、0.80[s] < t < 1.00[s] の停留に弱い負の相関がそれぞれ見られた。これにより、英語能力が高くなるにつれて停留時間が短くなると考えられる。読解速度については、全体的に正の相関が見られたことから、英語能力が高くなるにつれて英文読解が速くなると考えられる。また、瞳孔径の平均についても正の相関が見られた。この結果より、英語能力が高くなるにつれて文章に対する理解が深まるため、他の被験者と比べて興奮状態となるために散瞳が起きるのではないかと考えられる。逆行回数と瞬目回数については、本実験では相関が見られなかった。これらの結果から、複数の視線情報を推定材料として用いることで、被験者の TOEIC L&R テストスコアを推定することができるかと予想される。

表 3 各視線情報と TOEIC L&R テストスコアとの相関係数

	停留時間の割合			
	~0.20[s]	0.20[s]~0.40[s]	0.40[s]~0.60[s]	0.60[s]~0.80[s]
ID1	0.043	0.449	0.147	-0.209
ID2	0.015	0.433	0.168	-0.223
ID3	-0.069	0.508	-0.019	-0.334
ID4	-0.062	0.415	0.122	-0.110
ID5	-0.049	0.296	0.059	0.006
ID6	0.000	0.427	0.072	-0.231
ID7	-0.069	0.534	0.189	-0.021
ID8	-0.089	0.475	0.332	-0.136

	停留時間の割合		逆行回数	読解速度 [wpm]	瞳孔径 [mm] の平均
	0.80[s]~1.00[s]	1.00[s]~			
ID1	-0.256	-0.412	0.240	0.671	0.473
ID2	-0.268	-0.370	-0.115	0.579	0.510
ID3	-0.142	-0.260	0.009	0.661	0.355
ID4	-0.350	-0.229	-0.053	0.630	0.318
ID5	-0.155	-0.153	-0.266	0.546	0.550
ID6	-0.293	-0.276	-0.057	0.562	0.639
ID7	-0.458	-0.328	0.062	0.704	0.517
ID8	-0.248	-0.331	0.105	0.678	0.476

	瞬目回数
最大-平均	-0.056
平均-最小	0.016

次に脳波計測の結果と考察について述べる。得られた時系列データにフーリエ変換を施し、周波数スペクトルを算出する。その周波数スペクトルから α 波の定義区間である 8~13[Hz] と β 波の定義区間である 13~40[Hz] における総面積を台形公式により算出したデータと脳波全体の α 波、 β 波の割合データを用意し解析を行った。以下に台形公式により算出したデータの α/β 平均値の結果を示す。

図 5 は、縦軸が被験者の α/β 平均値を示しており、この値が高いほど快適に、低いほど脳に対する文章の負荷が高かったと考えられる。また、横軸が文章の難易度である。この図から、被験者の TOEIC スコアと脳波にはある種の相関関係が見受けられた。 α 波はリラックスしている時に出現するがストレスや緊張によって大きく減衰する。 β 波は α 波ほどの減衰をしないと言われている。よって、今回の検証から、 α 波に着目した解析をすることにより、被験者の TOEIC L&R テストスコアを推定することができるかと予想される。

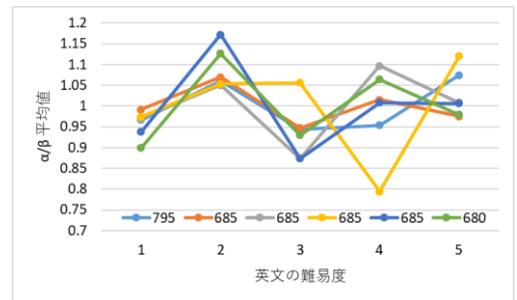


図 5 被験者の α/β 平均値

(6) 自己組織化マップを用いた推定手法の検討

実験で得られた視線情報を基に英語能力の推定モデルを構築するため、自己組織化マップ (Self-Organizing Map: SOM) を作成可能なデータ分析用ソフトウェア Viscovery SOMine を使用する。自己組織化マップは教師なし学習の一つで、高次元データを 2 次元平面上に表現し部分集合に分割 (クラスタリング) することでデータの分析が容易になるデータ解析方法である。

得られた種々の視線情報について、自己組織化マップを用いての英語能力の推定について検討を行う。被験者 24 名の視線・脳波データに対して、前節の実験結果を基にデータの重み付けを 3 パターン行い、クラスタリングを行う。具体的には、脳波を周波数帯で区切ったデータの重要度を 1.5、それ以外を 0.7 としたものをパターン 1。 α 波の割合の重要度を 1.5、それ以外を 0.7 としたものをパターン 2。 α/β の割合の重要度を 1.5、それ以外を 0.7 としたものをパターン 3 とする。これは、第 3 章で述べた実験結果から、 α 波に関係するデータを用いて解析を行う事でより精度の高い推定が出来るのではないかと考えたためである。

視線データについては、3 パターン統一して視線情報のうち英語能力との間に相関が見られるものの重要度を 1.5、弱い相関が見られるものを 1.2、ほとんど相関が見られないものを 0.7 とする。また、クラスタリングの結果に対して未知の検証用データ (表 4) を追加し、英語能力推定の精度の検証を行う。検証の方法として、追加データの近傍 3 点のスコアの平均を算出し、追加データとの差を計算したものを推定誤差として 3 パターンで比較を行う。

Viscovery SOMine を用いたクラスタリングの結果を図6～8に示す。図を見ると、一部スコアの近いデータが同一クラスタ内に配置されているが、全データがその限りではなく、これだけではTOEIC L&R テストスコアの推定モデルが構築されているか判断することは難しい。

表4 検証用被験者のTOEIC L&R テストスコア

被験者	a	b	c	d
Total score	705	555	535	505
Reading score	340	235	255	210

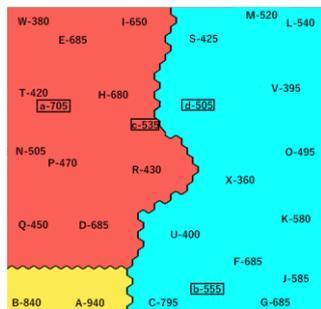


図6 クラスタリング結果 (パターン1)

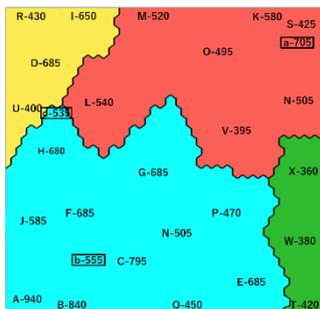


図7 クラスタリング結果 (パターン2)

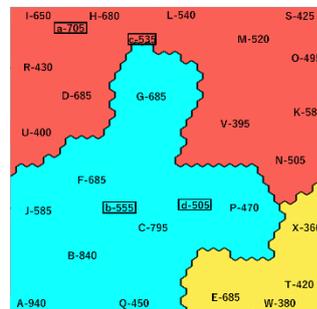


図8 クラスタリング結果 (パターン3)

次に、追加データを用いたTOEIC L&R テストスコア推定精度の検証結果を表5, 6に示す。検証データから最も距離の近い3点のスコアの平均をとったものを検証用のデータ評価値とする。表を見てわかるように、3パターンの中からクラスタリング結果の中では、パターン1が実際のTOEIC L&R テストスコアと推定結果との誤差率が7.95%と最も小さく、本研究で構築した推定モデルの中では最も推定精度が高いモデルであると言える。

表5 3パターンの検証結果

Total score	パターン1		パターン2		パターン3	
	評価値	推定誤差	評価値	推定誤差	評価値	推定誤差
705	523.33	181.67	503.3	201.67	586.67	118.33
555	626.67	71.67	773.33	218.33	773.33	218.33
535	538.33	3.33	540	5	635	100
505	446.67	58.33	650	145	553.33	48.33

表6 3パターンの推定誤差率

	パターン1	パターン2	パターン3
平均誤差	78.75	142.50	123.75
誤差率[%]	7.95	14.39	12.50

誤差率=平均誤差/990*100

4. 研究成果

本研究では、英語能力と視線、脳波との関係性について調査し、自己組織化マップを用いた推定手法の開発について検討を行った。実験結果から、一部の視線情報とTOEIC L&R テストスコアとの間に相関関係があることが確認できた。TOEIC L&R テストスコアの推定モデルについては、推定誤差率が7.95%となった。今後は、さらに被験者を増やしデータ数を充実させることにより、推定精度の向上が可能だと考えている。

参考文献

- [1] 文部科学省：「グローバル化に対応した英語教育改革実施計画」について、www.mext.go.jp/a_menu/kokusai/gaikokugo/1343704.htm
- [2] 土田「英語学習ソフトウェア開発による学科連携的教育プログラムの試み」全国高等専門学校英語教育学会研究論集、第29号、pp.69-76、2010.
- [3] 土田、大湊、他4名「長岡高専における英語多読実践と教育効果に関する研究」全国高等専門学校英語教育学会研究論集、第34号、pp.39-48、2015.
- [4] 土田、外山、村上、赤澤、桐生、池田、井山、床井「SDICによる分野横断型教育・研究推進活動」長岡工業高等専門学校研究紀要、第51号、pp.87-96、2015.
- [5] 林田賢二、井村誠考、視線の動きに基づく英語多読支援、情報処理学会 インタラクシオン2017、944-946、2017.
- [6] 釣井千恵、山科美和子、日本人英語学習者のリーディングプロセス、英米評論第22号、桃山学院大学英语英米文学会、pp.61-101、2008
- [7] 山科美和子、釣井千恵、第2言語の語彙処理能力とリーディング力：単語認知と読書量・読解速度との関連を探る、英米評論第24号、桃山学院大学英语英米文学会、pp.237-260、2010.
- [8] SGS 総合栄養学院、交感神経と副交感神経、<https://sgs.liranet.jp/sgs-blog/2199>
- [9] 坪田智子、ヒューマンインタフェースのための顔情報の計測に基づくユーザの心理状態推定、奈良先端科学技術大学院大学学術リポジトリ、2001

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 9件）

1. 発表者名 Yasuko Tsuchida, Ryota Yako, Akira Shimoda, Shigehiro Toyama, Keisuke Takebe, and Yuki Murakami
2. 発表標題 Assessment of English Reading Ability using Bio Signals
3. 学会等名 Asian CHI Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryota Yako, Yasuko Tsuchida, Shigehiro Toyama, Keisuke Takebe, and Yuki Murakami
2. 発表標題 Analysis of Brain waves and its Characteristics in the Reading Process for Effective Feedback in English Language Learning
3. 学会等名 Asian CHI Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akira Shimoda, Yasuko Tsuchida, Shigehiro Toyama, Keisuke Takebe, and Yuki Murakami
2. 発表標題 Analysis of Eye Tracking Characteristics in Reading Process
3. 学会等名 Asian CHI Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaki Wada, Shigehiro Toyama, Keisuke Takebe, Yasuko Tsuchida
2. 発表標題 Gaze Position Estimation with Neural Network
3. 学会等名 Asian CHI Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akira Shimoda, Yasuko Tsuchida, Shigehiro Toyama, Keisuke Takebe, Yuki Murakami
2. 発表標題 The Verification of Correlation between English ability and Eye Movement in Reading Process using Eye Tracking
3. 学会等名 The 4th International Conference on "Science of Technology Innovation" (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryota Yako, Yasuko Tsuchida, Shigehiro Toyama, Keisuke Takebe, Yuki Murakami
2. 発表標題 EEG Trend Analysis for English Language Ability Estimation
3. 学会等名 The 4th International Conference on "Science of Technology Innovation" (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 下田明、八子亮太、土田泰子、外山茂浩、竹部啓輔、村上祐貴
2. 発表標題 生体情報を用いた英語能力推定手法の検討
3. 学会等名 Interaction 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 和田政輝、下田明、八子亮太、土田泰子、外山茂浩
2. 発表標題 深層学習を用いた生体信号による英語能力推定
3. 学会等名 Interaction 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yasuko Tsuchida, Ryota Yako, Akira Shimoda, Shigehiro Toyama, Keisuke Takebe, and Yuki Murakami
2. 発表標題 Analysis of Biological Signals in English Reading
3. 学会等名 Smasys 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryota Yako, Yasuko Tsuchida, Shigehiro Toyama, Keisuke Takebe, Yuki Murakami
2. 発表標題 Analysis of Biological Signals and its Characteristics in the Reading Process
3. 学会等名 Smasys 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akira Shimoda, Yasuko Tsuchida, Shigehiro Toyama, Keisuke Takebe, and Yuki Murakami
2. 発表標題 Analysis of Eye Tracking and its Characteristics in the Reading Process
3. 学会等名 Smasys 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 八子亮太, 土田泰子, 外山茂浩, 竹部啓輔, 村上裕貴
2. 発表標題 英文読解時の脳波解析における順序効果の検討
3. 学会等名 高専シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 下田明, 土田泰子, 外山茂浩, 竹部啓輔, 村上裕貴
2. 発表標題 英文読解時の視線計測における順序効果の検証
3. 学会等名 高専シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 和田政輝, 外山茂浩, 竹部啓輔, 土田泰子
2. 発表標題 視線計測における瞳孔位置と計測制度の関係
3. 学会等名 高専シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 八子亮太, 土田泰子, 外山茂浩, 竹部啓輔, 村上裕貴
2. 発表標題 英文読解時における脳波を用いた英語力の判定
3. 学会等名 Interaction 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 下田明, 土田泰子, 外山茂浩, 竹部啓輔, 村上裕貴
2. 発表標題 文書読解時の視線計測に基づく英語力の判定
3. 学会等名 Interaction 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 八子亮太, 土田泰子, 外山茂浩, 竹部啓輔, 村上祐貴
2. 発表標題 文章読解時における読者の脳波測定
3. 学会等名 平成29年度(第27回)電気学会東京支部新潟支所研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 下田明, 土田泰子, 外山茂浩, 竹部啓輔, 村上祐貴
2. 発表標題 視線解析による英文読解時の眼球運動と英語力の関係評価
3. 学会等名 第23回高専シンポジウム in 神戸
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	竹部 啓輔 (Takebe Keisuke) (10303710)	長岡工業高等専門学校・電子制御工学科・准教授 (53101)	
研究分担者	外山 茂浩 (Toyama Shigehiro) (60342507)	長岡工業高等専門学校・電子制御工学科・教授 (53101)	
研究分担者	村上 祐貴 (Murakami Yuki) (70509166)	長岡工業高等専門学校・環境都市工学科・教授 (53101)	