

スマホ世代の大学生を対象とした入力インタフェースの多角的な測定環境構築の提案

越智 徹^{†1} 倉橋 農^{†2} 出木原 裕順^{†3} 今井 正文^{†4} 倉本 充子^{†5}

概要：キーボード・マウス・タッチといった入力デバイスを実際にどのように用いているかについての客観的データは、ICT教育や新たなデバイス・方式の評価など、多くの分野での利用が期待されている。

本研究では、手指の動作や視線の移動といった入力時の動作様態 (Motion tracking data) と、入力の結果を包括的かつ低コストに収集する汎用的な手法を提案する。従前、測定時の課題としては単純な文字入力为主体であったが、加えて e-Learning システムを利用したシミュレーション課題や実際に近い環境での評価を行う。我々は本発表において、思考過程の推測や、計測手法と分析の実用性の検証、タブレット教材などの UX 評価など、研究・教育現場での具体的な応用方法を提案する。

キーワード：情報教育、キーボード、フリック入力、タブレット、視線計測

A Proposal for Constructing Multi-Dimensional Measurement Environment for Input Interfaces: How Do the University Students in the Smartphone Generation Use Them?

TORU OCHI^{†1} MINORI KURAHASHI^{†2} HIROYUKI DEKIHARA^{†3}
MASAFUMI IMAI^{†4} ATSUKO KURAMOTO^{†5}

1. はじめに

かつて、ユーザによるコンピュータへの文字入力及び操作は、キーボードとマウスが主流であったが、スマートフォンを始めとするタッチ型デバイスの普及が進んでおり、音声入力のような新しい入力方式も台頭している。しかしながら、入力方式に関する先行研究 [1-3] は各デバイス別に行われることが多く、また単純な文字入力結果の評価に偏っていることが多い。スマートデバイスの普及により、今後は、このような入力方式に関する研究では、入力時の動作様態も含めた、包括的なデータをもとにした実際に近い利用環境での評価が求められる。

そこで、我々は各種デバイスを用いた入力手法の多角的かつ量的なデータを収集・評価するための低コストで、かつ、情報分野専門外の研究者らも活用できる手法について提案する。

2. 大学生とスマホ

一般に、大学生はスマホ（本稿ではあえてスマートフォンの俗称である「スマホ」を使用する）を肌身離さず持ち歩き、友人たちと LINE に代表されるメッセージングアプ

リを通じて濃密なコミュニケーションを取っていると言われている。これを裏付けるデータとして、例えば総務省の平成 30 年版情報通信白書[4]では、13 歳から 19 歳のスマホによるインターネット利用率が 82.2%、20 歳から 29 歳までの同利用率が 94.8%である。また、過去に筆者が行った調査[5]では、約 98%の大学生がスマホを所有していると回答している。これらから、大学生はほぼ全員がスマホを所有し、インターネット接続に利用していると考えて差し支えないだろう。大学生はスマホをいつでも携帯し、インターネットに常に接続できる環境にあるため、気軽に情報にアクセスし、また発信できる。しかし、一方で近年特に騒がれているように、twitter や Facebook, Instagram といった SNS による悪ふざけや迷惑行為の披露、さらにはアルバイト先で仲間内での迷惑行為、いわゆる「バイトテロ」がたびたび問題になっている。最近記憶に新しいのは、2019 年 1 月に寿司チェーンで魚の切り身を 1 度ごみ箱に捨てたが、それを拾い上げて調理する様子を撮影・拡散した事例だろうか。この事例では、その後寿司チェーンが被害届を出し、10 代のアルバイト店員は書類送検された。(2019 年 5 月 29 日にマスコミ各社で報道)

以上のように、大学生とスマホは切っても切り離せない

^{†1} 大阪工業大学

^{†2} 大阪大学

^{†3} 広島修道大学

^{†4} 豊橋創造大学

^{†5} 広島国際大学

関係にあり、その一方でかつてインターネット接続のほぼ唯一の手段であり、情報を生産するために欠かせない道具でもあった PC の価値が、特に個人において下がりつつある。5 年前の 2014 年の状況についてまとめた ICT 総研による 2015 年度スマートデバイス需要動向調査[6]では、次のように述べている。

- スマートデバイスの出荷台数は、2014 年度過去最多の 3,683 万台を記録。
- タブレット端末は、2015 年度 1,054 万台の見込。ノート PC と出荷台数逆転へ。
- 法人市場への浸透が、今後のさらなるスマートデバイス市場拡大のカギに。
- 腕時計端末の所有意向は、1 年後に 4.6 倍に。ガラケーの所有意向は 38% 減

以上から、出荷台数ベースでは 2014 年度でスマートデバイスはノート PC を上回っており、いわゆる「若者の PC 離れ」がしばしば言われるようになった。データがなく印象論になってしまうが、筆者をはじめとした大学初年次生への情報リテラシー授業では、新入生がタイピングできないことがよく話に挙げられる。

ここで「最近の大学生はスマホばかり使っているからキーボードが打てない」と嘆くのは簡単であるが、そもそもスマホネイティブ世代とも言える最近の大学生は、どのようにしてスマホへの入力作業を行っているのか、もし入力操作を何らかの形でデータ化できれば、タイピング訓練時の視線や手指の位置を踏まえた効率的な訓練方法の提案、視線や手指動作と思考の過程の関係を知る、UI 開発における言語化されないフィードバック得るといった、研究教育への寄与も可能ではないかと考えている。また、同じくタブレット機器の操作も何らかの形でデータ化を行うことにより、今後のタブレット機器を用いた指導に関しても、より適切な指導やアプリの提案ができるのではないかと考えている。

3. 先行研究

我々は 2017 年において主にタブレット機器を対象とした視線計測インタフェースを試作し、実験を行った[7]。この先行研究では、液晶モニター下部に設置する視線計測機器をタブレット機器に応用している。

図 1 に示すように、視線計測機器は液晶モニター下部に設置する。もしこの機器をタブレット機器にそのまま使用すると、図 2 に示すように、操作の際の両手が計測機器を塞いでしまい、視線計測は行えない。このため、タブレット機器でも正しく視線計測可能な製品も発売されている。例えば Tobii 社から図 3 の製品が提供されている。ただし、数十万円で販売されているため、気軽に購入することはできず、購入コストの問題がある。そこで、我々は図 4、図 5

に示すような安価な視線計測機器を使用したタブレット機器を制作し、タブレット機器を利用したコンテンツ視聴に関して視線計測を試みた。図 6 は過去に行った実験の様子である。我々の製作した実験装置では、図 4 のように視線計測装置をタブレットからやや離し、また手が直接ぶつからないように距離を取っているため、図 2 の問題が生じず、視線計測が行えることを確認している。

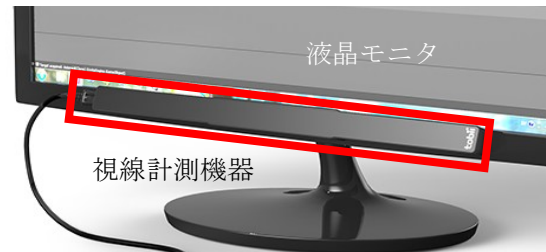


図 1 視線計測機器



図 2 タブレット機器と計測機器

我々が開発したこのシステムでは、視線計測装置は安価なゲーミングデバイスを用いており、当時約 3 万円で購入した。その他、資材費を含めても 4 万円以下で実現できており、低コストである。



図 3 タブレット用専用計測機器の例



図4 開発したタブレット用視線計測機器

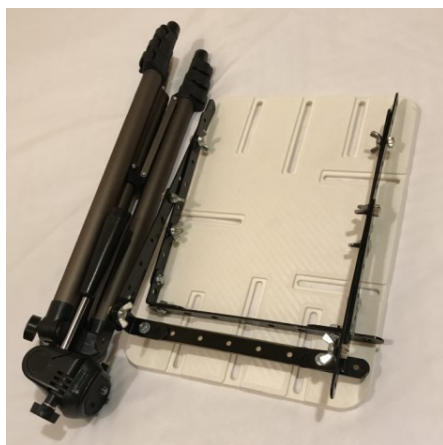


図5 スタンド部



図6 タブレット機器による視線計測実験の例

4. 提案システム

4.1 概要

以上の先行研究を元に、我々は手指の動作や視線の移動

といった入力時の動作様態（Motion tracking data）と、入力の結果を包括的かつ低コストに収集する汎用的な手法を提案する（図7）。従前、測定時の課題としては単純な文字入力結果の評価が主体であったが、提案システムでは、加えて 1) e-Learning システムを利用したシンプルな記述課題、2) タブレット機器での教材視聴という、実際に近い環境での評価を行うことも構想している（図8）。

このうち、1) では思考過程の推測を精緻化し、2) ではユーザエクスペリエンス(UX)により、ユーザにより良い学習を提供できるような効果的なインターフェース(UI)の開発に寄与し、計測手法と分析の実用性の検証、研究・教育現場での具体的な応用方法を提案するものである。

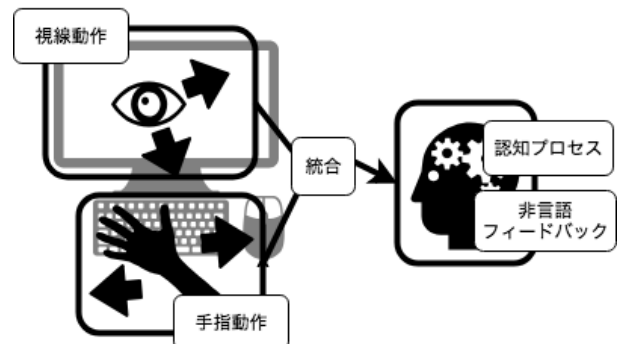


図7 入力結果と動作様態の測定

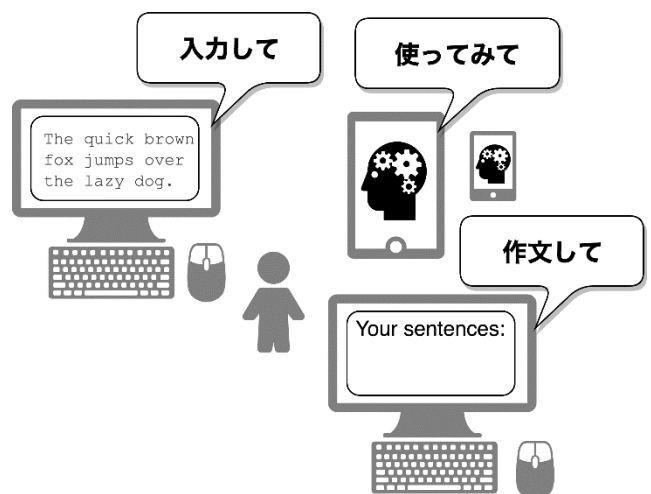


図8 実際の環境を用いた評価と検証

入力結果と同時に入力様態の記録を得ることで、タイピング訓練時の視線や手指の位置を踏まえた効率的な訓練方法の提案、視線や手指動作と思考の過程の関係をj知る、UI開発における言語化されないフィードバック得るといった、研究教育への寄与が可能となるのではないかと。

本提案の測定環境は音声入力やゲーム用のコントローラなど、視線や手指の動作を伴う入力方式全般で利用可能であり、新規に開発する機器や手法への応用も視野に入れている。また、民生用機器と標準化された技術を用い、人的・

物質的に低いコストでシステムを構築するため、オンライン教材開発や ICT 教育における入力方式の検討といった、入力方式の評価を必要とする研究全般において、条件を揃えた検証が可能となる。

4.2 コスト

本提案システムは、計測用の PC やタブレット機器、キーボードなどを除き、次の機器から構成される予定である。

- 視線計測機器
- 視線計測用 Web カメラ
- 手首動作計測器 (LeapMotion)

このうち、視線計測機器は先行研究で述べた機器と同一の製品をリファレンスとして用いる。その後、Web カメラでリアルタイムに映像処理を行い、代替可能性を調査する。視線計測機器は約 3 万円程度だが、Web カメラで代替すれば安価なものであれば、原稿執筆時点で 3 千円程度である。手首動作計測には、3D ジェスチャーセンサの Leap Motion を用いる予定である。Leap Motion は本来ジェスチャー操作を認識して PC を操作するための入力機器だが、ライブラリを通じて手首の動作をトラッキング可能なため、手首動作計測機器として用いる。原稿執筆時点での販売価格は約 1 万円で、Web カメラと組み合わせても 1 万 3 千円程度で購入可能である。例えば 5 人同時に計測実験を行う場合でもコストは 6 万 5 千円程度で収まるため、低コストであると言える。最も、ここでコストが問題になるのはデータ収集用の PC や操作対象である PC 及びタブレット機器のコストかもしれない。

4.3 計測環境の構築

データの計測について、システム構成を図 9 に示す。

本提案システムは、1) データ収集用の PC [A] にデータに接続されたセンサで、視線および手指動作の計測を行う (図 9)。PC [A] はリアルタイムのモニタリング装置を兼ねる。2) 課題提示用 PC [B] で実験課題を提示する。同時にタッチ/マウスとキーボードによる入力結果の記録を行い、画面録画データとともにリアルタイムでデータ収集用コンピュータに転送する。3) 課題への回答を記録し、画面録画データとともにリアルタイムで PC [A] に転送する。

視線と手首動作の計測イメージを図 10 に示す。図 10 左の泡状で示しているのが視線、右の骨格イメージで示しているのが手首動作である。視線については 2 節で述べた先行研究においてすでに動作している。

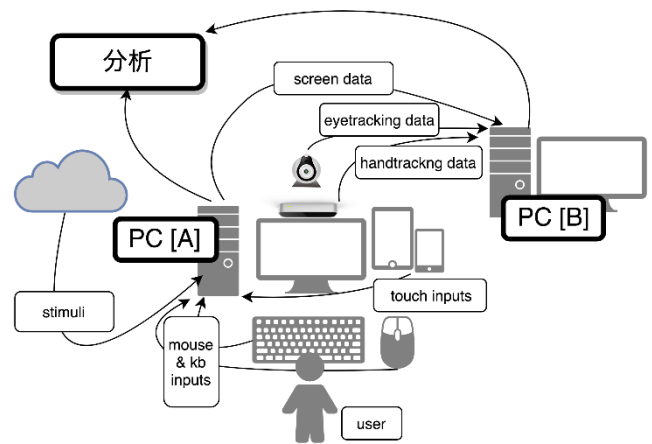


図 9 システム構成

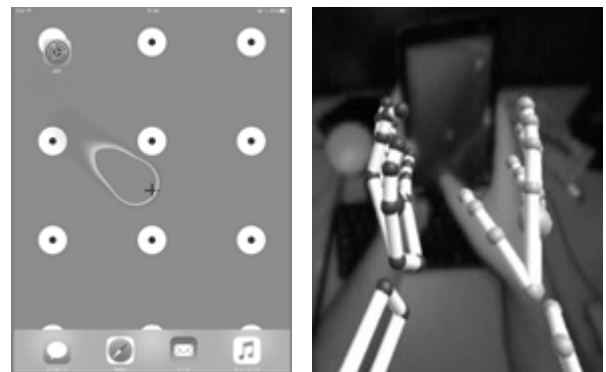


図 10 視線と手首動作の計測イメージ

4.4 測定と評価

本提案システムは、単純な文字入力データの測定による評価を予定している。評価の入力環境は、キーボード入力とフリック入力・トグル入力、それぞれについて PC 用モニターとモバイルデバイス画面を用いて比較する。また、測定時に事前にアンケート形式の調査を行った上で、次の各要素について測定を実施する。

- マウス・キーボード入力結果の取得
- タブ、矢印キー、ショートカット・キーなどの利用を含める
- タッチ操作、文字入力結果の取得
- 視線、手指動作の取得
- 操作中の画面録画

入力結果と視線・手指動作についてそれぞれ次の項目を評価する。

入力結果：

- 原文との一致率
- 漢字かな変換の変換精度
- 入力速度

視線・手指動作：

- キーボードを叩く間視線はどこにあるか

- フリック入力で視線はどこにあるか
- ホームポジションから手を離すか
- 入力動作がない間手指はどこにあるか

また、視線・手指動作の数値は原文との一致率やスピードと相関があるか、といった分析や、これらの結果から、タイピング時の視線や手指の位置により、効率的な訓練方法の提案ができないかなどを構想中である。

4.5 児童への応用

ここまで提案システムの環境や評価について述べたが、このシステムのきっかけとなったタブレット機器の視線計測実験は、もともと児童を対象とした、タブレット機器によるインタラクティブ英語ストーリーシステムの試作[8]に端を発している。我々はこの2016年に開始した研究において、児童でも簡単に使用できるタブレット端末（特にこの研究ではiPadを前提としていた）上で英語のデジタル絵本を作成し、英語を楽しく学べる教材を作成した。実際に男女の幼児・児童に使用してもらい、システムや内容についてインタビューを行って評価とした。個別のインタビューでの主観データ収集および、定量的データによる客観的根拠の取得のために、タブレット機器での視線計測環境を開発・実施した。

2020年度から実施予定の小学校の教育現場でのプログラミング教育での活用など、今後ますます初等教育の現場にもタブレット機器が導入されていくことが予想される。我々が提案する入力様態の計測環境は、タブレット機器を用いた教材評価の1つのパラメータとなりうる。また、2節に挙げた、フリック使用に習熟しているであろう大学生に加え、タッチパネルの操作によるデジタル教育へ移行する初・中等教育の現場においても、重要な評価指標となるであろう。

5. 関連研究

キーボード・マウスないしタッチデバイスによる入力の結果については、国内外を問わず多くの研究が行われている。また、国内では特に中・高等教育に現場におけるキーボード利用の習熟度と、スマートフォンを始めとするタッチデバイスの使用に大きな関心が寄せられている。しかしながら、入力結果だけでなく実際の使用でどのような身体的動作が行われているかを定量的に計測する研究は少なく、その手法も確立されていない。国内では大学生や高校生を対象とした調査が多いが（辰巳ら[9]、塩野ら[10]など）、本研究では児童を含めた幅広い属性を調査対象としているため、現代の入力様態の実態を計ることになる。一方で現在、身体動作、とくに関節や視線の動態を光学的に計測する装置が低コストで利用可能となり、認知科学的な研究も盛ん

である。特に、手指や視線の動作は高次の脳機能と深く結びつくと考えられている（例えば、文献[11]、文献[12]など）。また Trumbo ら[13]は、人間の周辺視と中心視について実験を行い、提示画像から指定された物体（例えば車）を探す時に、周辺視から中心視へと移り変わる結果について報告している。これらの先行研究から本提案では、手指の動作と視線の動作の2つの動作について実験を行うことを重視している。

また、我々の提案手法はオープンに標準化された低コストの環境を実現する。複数の研究における規模の大きなデータ収集や比較が可能となる他、実験室のみならず教室や現場といった、実際に即した状況での計測が実現される。

6. 実験に向けて

6.1 システムの概要

ここまで述べたように、我々は特にスマホ世代である大学生を主な対象として、スマートフォンやタブレット機器、PCといった様々な端末への入力操作を測定するシステムについて提案した。

これらを実現するため、次に述べる測定システムを試験的に構築している。現状では、タブレット／スマートフォンまたはPCと、キーボード・マウス・タッチ入力で単純に文字を入力するタスクを予定している。このシステムでは、機器の制御を含め、刺激提示とデータの収集全てにJavaScriptとHTML5を利用し、ブラウザ上で行う。また、視線追跡にも、端末内蔵のカメラを利用する。これにより、初期の構想（図9）より、構成を大幅に単純化し、より低いコストで実験を実施することが可能となる（図11）。

■ 全体の制御

刺激提示とデータ収集は、機器の制御を含め、すべてJavaScriptとHTML5を利用し、ブラウザ上で行う。データ収集は、LocalStorageを利用することで刺激提示と制御・記録全体までを1台のコンピュータないしタブレットで完結することが可能となる。また、複数台での同時実験に対応するため、ローカル・ネットワーク上にデータ集積サーバを構築する案も検討中である。

■ 刺激提示

心理刺激提示用JavaScriptライブラリjsPsych[14]を用いる。

■ 視線の計測

JavaScriptライブラリWebGazer.js[15]とWebカメラ/デバイス内蔵カメラによって行う。

■ 入力操作・入力結果

キーボード・マウス・タッチ操作と文字入力結果をJavaScriptで取得し、LocalStorageまたはサーバ上に保存する。

■ 手指動作

LeapMotion の JavaScript SDK を用いて、手指動作のキャプチャを行う。LeapMotion による手指動作の取得には Windows/macOS/Linux が必要であるため、タブレットやスマートフォンでの実験では、外部に 1 台のノート PC を準備するか、これらの OS で動作する端末を用いる必要がある。

■ 手指動作の動画

LeapMotion は赤外線カメラが内蔵されているため、これを用いて手首動作の映像も併せて記録する。

■ 画面遷移の記録

実験中、刺激を含め画面遷移を動画として記録する。記録用ソフトウェアには Reflector3 [16] を予定している。

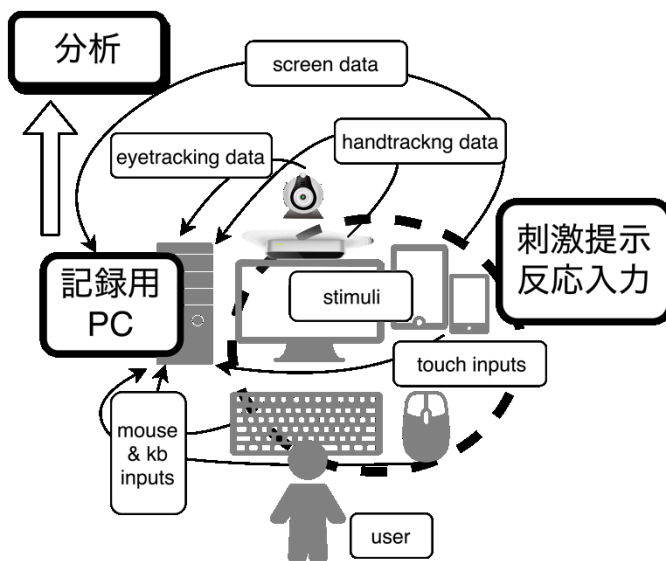


図 11 よりシンプルな計測環境

6.2 現状と課題

4.5 節で述べたように、タブレット機器の視線測定に関してはすでに開発済みであり、定量的データが取得できることを確認している。しかし、Web カメラや LeapMotion による手首・手指の動作データ取得に関しては提案レベルであり、現在調査中である。筆者らで WebGazer.js による視線計測について実験を行っているが、計測結果が不安定な場合があり、原因を調査している。キーボード・マウス・タッチ入力 of 取得、データの記録には問題がなく行えている。なお iOS や Android タブレット／スマートフォンを用いる場合に、手指動作の記録には LeapMotion を接続する外部 PC が必要となるが、この場合には正確なタイミングの同期が必須となる。インターネットを経由した NTP による同期では、環境により数百ミリ秒程度の誤差が生ずる[17]ため、より厳密な計測のため、GPS タイムサーバを用いて LAN 内での時刻同期を行うことを検討している。

参考文献

- [1] 越智徹：工学系大学生の PC およびスマートフォンの使用に関する 3 年間の調査, 情報処理学会 情報教育シンポジウム論文集, Vol. 2017, No. 35, pp. 215-220, 2017
- [2] 平岡駿, 西 正明：大学生と高校生のキーボード入力に関する考察, 信州大学教育学部研究論集, Vol. 11, pp. 181-190, 2017
- [3] 花房亮, 松本慎平, 林雄介, 平嶋 宗：視線運動を用いたプログラム読解パターンのデータ依存関係に基づく分析, 教育システム情報学会誌, Vol. 35, No. 2, pp. 192-203, 2018
- [4] 総務省：情報通信白書平成 30 年度版, (オンライン), 入手先 <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/h30.html> (参照 2019-05-30)
- [5] 越智徹, 豊浦由浩, 中西真悟ほか：工学系大学生の PC およびスマートフォンに関する調査報告, 情報処理学会研究報告, Vol. 2016-CE-133, No. 23, pp. 1-5, 2016
- [6] ICT 総研：2015 年度 スマートデバイス需要動向調査, (オンライン), 入手先 <http://ictr.co.jp/report/20150622000087.html> (参照 2019-05-30)
- [7] M. Kurahasi, T. Ochi, M. Imai, A. Kuramoto.: "Developing Handheld and Lower-Cost Eye-tracking System for Smart Devices Using Gaming Eye Tracker", IPSJ SIG Technical Report, Vol. 2017-CE-141, No. 11, pp. 1-5, 2017
- [8] 辻悠輔, 越智徹, 今井正文ほか：子どもを対象としたタブレット端末によるインタラクティブ英語ストーリーシステムの試作, 情報処理学会研究報告, Vol. 2017-CE-138, No.7, pp. 1-5, 2017
- [9] 辰己丈夫, 江木啓訓, 瀬川大勝：大学 1 年生の情報活用能力と ICT 機器やメディアの利用状況調査, 学術情報処理研究, Vol. 16, pp. 111-121, 2012
- [10] 塩野康徳, 辰己丈夫, 西村佳隆ほか：大学における 21 世紀型情報リテラシー教育デザインのための実態調査, 情報処理学会研究報告, Vol. 2017-CE-139, No. 14, pp. 1-9, 2016
- [11] S. P. Marshall.: "Identifying Cognitive State from Eye Metrics, Aviation, Space, and Environmental Medicine", Vol. 78, Supplement 1, pp. 165-175, 2007
- [12] I. O. Stathopoulou, G. A. Tsihrintzis.: "Appearance-based face detection with artificial neural networks", Intelligent Decision Technologies, Vol. 5, No. 2, pp. 101-111, 2011S.
- [13] Trumbo, L. Armenta, J. Michael, et al.: "Real Time Assessment of Cognitive State: Research and Implementation Challenges.", Proposed for presentation at the HCI International 2016, doi:10.1007/978-3-319-39952-2_12, 2016
- [14] De Leeuw, J. R.: "jsPsych: A JavaScript library for creating behavioral experiments in a web browser", Behavior Research Methods, 47(1), 1-12. doi:10.3758/s13428-014-0458-y, 2015
- [15] A. Papoutsaki, P. Sangkloy, J. Laskey, N. Daskalova, J. Huang and J. Hays: "WebGazer: Scalable Webcam Eye Tracking Using User Interactions", Proceedings of the 25th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), pp. 3839-3845, 2016
- [16] "Reflector: A wireless screen-mirroring application", <https://www.airsquirrels.com/reflector> (参照 2019-07-20)
- [17] <http://jijy.nict.go.jp/tsp/PubNtp/index.html> (参照 2019-07-20)