

## e-learning における学習時の潜在的な意識変化の抽出

Detection of student's subconscious turns on studying in e-learning system

堀口 祐樹\*1      松居 辰則\*2      小島 一晃\*2  
HORIGUCHI Yuki      MATSUI Tatsunori      KOJIMA Kazuaki\*1 早稲田大学大学院人間科学研究科      \*2 早稲田大学人間科学学術院  
Graduate School of Human Sciences, Waseda University      Faculty of Human Sciences, Waseda University

In general, e-learning systems are classified into two types: synchronous and asynchronous systems. In the former systems, students need real-time interactions with a teacher. On other hands, a teacher cannot precisely observe students' behaviors in the latter system. In this study, we propose an asynchronous system that can detect unusual behaviors without specific devices, such as EMR or FMRI. Our system interactively detects unusual behaviors of a student based on velocities of mouse movements. The results of a pilot experiment indicate that subjects repeatedly moved mouses fast in particular areas. According to this insight, we developed a function that estimates words noticed by students by observing mouse movements.

## 1. はじめに

e-learning は、非同期型と同期型の2つのタイプに分類ができる。非同期型の e-learning システムには、学習者が時間や場所といった制約に縛られることなく効率的に学習が行えるという利点があるが、指導者が学習者のさりげない表情や動作などから理解の深さなどを推し量ることができないという弱点がある。一方、同期型の e-learning システムでは、ある程度その弱点を克服できるが、指導者と学習者双方に時間という制限が発生してしまう。より効率的な学習のためには、非同期型・同期型の e-learning システムのメリットを組み合わせた新たな e-learning システムが望まれる。本研究では、非同期型の e-learning システムにおいて、学習者のマウス操作履歴から、リアルタイムに異常な行動を検出するシステムを開発する。学習者の行動が普段の行動と異なる等の異常値の検出を試みる研究はこれまで広く行われており、例えば、学習者の行動から理解の深さや集中の度合いを推定しようとする研究 [Ueno05, Ueno07, Nakamura02] がなされている。これらの研究は学習時間の異常値の検出において一定の成果を取っている。しかしこれらの方法には「リアルタイムな検出」と「特殊な装置を一切用いない観測」という2点が問題であると考えられる。そこで本研究では、このような問題を解消した新たな非同期型 e-learning システムの開発を行う。その主なコンセプトは以下の2点である。

- 特殊な装置は一切用いない
- リアルタイムに異常値を検出する

上記の2つの条件を満たすため、本システムではマウスの操作履歴の情報を用いて学習者の行動の異常を検出する。視線の情報は、学習者の意識を観測する上で重要なパラメータであるが、今回はアイマークレコーダー等の特殊な装置を使用しない条件であるため利用しない。しかし、マウスの動きと視線の移動には大きな相関がある [Mon01] とされている。今回はこの説に基づき、異常値検出のパラメータとしてマウスの操作履歴を用いる。尚、本論で述べる「マウスの移動速度」とは、一

連絡先: 堀口祐樹, 早稲田大学人間科学研究科, 埼玉県所沢市三ヶ島 2-579-15, horiguchi@mtlab.human.waseda.ac.jp

般的に用いられるスピードの意味であり、「速さ」と同意の方向の成分は含まないスカラー値とする。物理学の分野での速度の定義とは異なるので留意されたい。

## 2. 学習中のマウスの操作履歴の特徴

本システムを開発するにあたり、まずは e-learning における学習中のマウスの操作履歴にはどのような特徴があるのかを調査する必要がある。そこで、学習中のマウスの操作の特徴を観測する為の実験を行ったところ、マウス操作履歴の特徴として以下の3つが判明した。

- 難しいと感じている時はマウスの移動速度が速くなる傾向にある
- マウスの移動速度が速くなる場所はある程度まとまっている
- コンテンツによりマウスの動きは大きく異なる

図1は観測されたマウスの平均速度と「難しかった」というアンケート項目の相関関係を表したグラフである。図2において算出された相関係数は X 軸方向: 0.586、Y 軸方向: 0.484 となった。サンプル数が少ないが、被験者が難しいと感じている問題の場合、マウスの移動速度は速くなる傾向にあるようである。

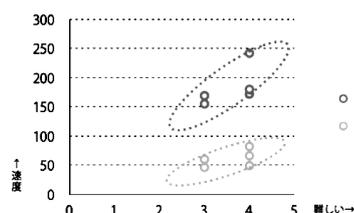


図1: 難しく感じた度合いとマウス平均速度の分布

図2は、マウスの速度上位1%を抽出したもののひとつである。この速度が発生している場所は比較的一部分に集中して

いることがわかった。これは、一度問題文を読んだ後に、設問から問題文に戻り、ヒントとなる部分を探索している行動と推測できる。

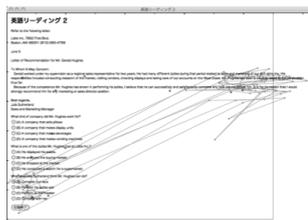


図 2: マウスの高速移動時のみ抽出した例

図 3 に示すように文章を中心とした問題では、文章に沿わせるようなマウスの操作履歴が観測された。一方、図を中心とした問題では、かなりランダムな動きとなっている。

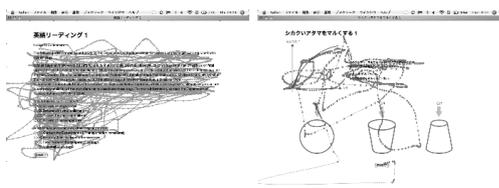


図 3: コンテンツによる操作履歴の違い

### 3. システムの概要

本システムは、学習者の異常な行動を検出する新たな非同期型 e-learning システムである。標準的な Web ブラウザ上で動作するよう、Javascript と php をベースとしている。異常値検出のためのパラメータにはマウスの移動速度を用いる。本システムでは一定間隔のマウスの移動速度を観察し続け、異常値と判定された場合には、画面上の一部分に注意を喚起するメッセージを表示させる仕組みとなっている。これは、学習者の集中力の向上など効果を狙ったものである。本システムは解答を終了するまでの全てのマウスの移動速度を観察し、必要に応じてコメント表示などのフィードバックを行う。なお、コンテンツによるマウスの操作履歴の差をできる限り少なくするため、今回は文章のみが表示される問題に解答するというコンテンツを設定した。

#### 3.1 処理の流れ

本システムは大きく分けて、操作履歴の収集を行うデータロガーと異常値の検定器の 2 つから構成される。収集されるデータは 1kbyte/sec ほどとなり、解答時間によっては処理が追いつかなくなる恐れがある。そこで今回は、データロガーと検定器を分けて分散処理を行う事により、計算コストの問題を解決している。今回のシステムではサンプリングレートを 10Hz として以下の 4 項目を記録する。

- 経過時間
- マウスの座標 ( $x, y$  単位: pixel)
- 速度 ( $xy$  軸,  $x$  軸,  $y$  軸 単位: pixel/sec)
- カーソルが指している単語

これらのデータは、一定間隔ごとに検定器へと送信される。

#### 3.2 異常値の検出

異常値の検出には、統計的検定手法に基づいた検定器を用いる。この検定器にある一定時間の間に観測されたデータ  $X_p$  と、過去の累積データ  $X_1, X_2, \dots, X_{p-1}$  を与え、 $X_p$  について以下の帰無仮説を立てる。

$H_0$ : ある一定時間に発生したマウスの移動速度  $X_p$  は、過去に発生したマウスの移動速度と同一のモデルから発生している。

また、今回用いる検定統計量  $t_0$  は以下の通りである。

$$t_0 = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (1)$$

- $\bar{x}$  :  $X_p \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  における平均
- $s$  :  $X_p \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  における不偏分散
- $\mu_0$  : 過去の累積データ  $X_1, X_2, \dots, X_{p-1}$  の平均

検定の間隔は長くなるほど安定した検定が可能であるが、レスポンスが悪くなってしまふ。何度か間隔を変えて試用したところ、3 秒から 10 秒ほどが適当なようである。今回は 3 秒間と設定した。

#### 3.3 キーワードの検出

予備実験の結果より、マウスの移動速度が速かった座標には、学習者にとって何らかの意味のある情報が含まれていると考えられる。そこで本システムではマウスの移動速度が速かった地点の上位 1% を抽出し、その地点にあったキーワードを抽出する機能を実装する。前節での手続きにより、「経過時間」「マウスの座標」「速度」「カーソルが指している単語」の操作履歴情報は得られている。そこで、このデータを「速度」の項目についてソートを行い、上位 1% に該当するデータを抽出する。この時点で上位 1% にふくまれる単語が抽出されているので、その中から最も出現頻度が高かったものから純に抽出する。

### 4. 有効性の検証

本システムは学習者の異常な行動をマウスの動きから検出するものであるが、実際にどのような学習者の行動に対して本システムは有効性を検証するため、以下のような実験を計画中である。

#### 4.1 “さぼり”に対する有効性

これは学習者の注意が散漫であるか、という状況に対してのシステムの有効性を検証する実験である。本実験では、いわゆる“ながら勉強”の環境を想定し、二重課題法を用いて検証を行う。実験に用いる環境として、主課題には選択式の文章問題に解答する場面、副課題にはテレビを視聴するという場面を設定した。主課題のコンテンツには難易度に変化をつけず、2 分ほどで解答出来る問題を使用する。また、マウスは常に握っているという条件を課している。実験は大きく 3 つのフェーズに分け、以下のような手続きで実験をする。

- Phase1: マウスの行動パターンの収集 (10 問)
- Phase2: 副課題を与えない環境での検証 (10 問)
- Phase3: 副課題を与えた環境での検証 (10 問)

また、本実験で収集するデータは以下の5点である

- 3秒ごとの検定結果 (t 値)
- 1問ごとの検定結果 (t 値)
- 3秒ごとのマウスの平均速度 (pixel/sec)
- 1問ごとのマウスの平均速度 (pixel/sec)
- 1問ごとのアンケート (ヒアリング)

この実験では、Phase2 と Phase3 において検定された結果を比較し行い、さばりに対する有効性を検証する。また、被験者はどの程度集中できたかを1問解答するごとに5段階で評価をする。

#### 4.2 “行き詰まり”に対する有効性

行き詰まりに対する有効性の検証は、上記の実験と同じシステムを用いるが、副課題は設定せず、コンテンツの難易度に変化を持たせて出題する。実験の流は以下の通りである。

- Phase1: マウスの行動パターンの収集 (10 問)
- Phase2: 難易度の異なる問題をランダムに出題 (20 問)

被験者は1問解答するごとにアンケートを行い、どの程度難しかったかを5段階で評価する。



図 4: 実験に使用するシステムの例

### 5. 今後の課題と展望

今回はマウスの移動速度から学習者の異常な行動を抽出し、学習者にフォローを行うシステムを開発したが、コンテンツの差による誤検知や、異常値が学習者の固有パラメータへ悪影響を与えるとといった問題点が残っていた。

#### 5.1 コンテンツの差による誤検定の考慮

予備実験の結果より、文章中心の問題や図形中心の問題などのコンテンツのタイプによってマウスの操作履歴には大きな違いが発生することがわかっている。今回はその誤差を極力排除すべく、コンテンツのタイプを文章問題に限定していた。しかし、本来ならばどのようなコンテンツのタイプであっても対応出来る方が望ましい。学習時間に対しベイズ予測分布を用いて未知のコンテンツに対する確率分布を導くという方法により、コンテンツによる影響を考慮した異常値の検定を可能にした研究 [Ueno07] があるが、今回のシステムにおいても、マウスの移動速度の検定にベイズ推定を用いることでコンテンツのタイプによる影響を考慮した検定が可能になると思われる。今後の異常値検定のアルゴリズムとして、十分に検討の価値があると考えられる。また、検定結果から学習者に対するフィードバックも、今後十分に考慮する必要がある。

#### 5.2 web カメラの利用

学習者の身の振る舞い等を観察することにより、学習の行き詰まり等を評価する試みは多くなされており、瞳孔の大きさや [Nakayama05] 顔の傾き情報などが有力な情報になる [Nakamura07] ことが明らかとなっている。現在は web カメラも多くのコンピュータに標準搭載されるようになり、演算能力も映像解析を行うに十分な域に達している。今回はマウスからの入力のみを監視するシステムであったが、web カメラからの情報も利用することにより、さらに高精度な異常値の検知が可能になると考えられる。

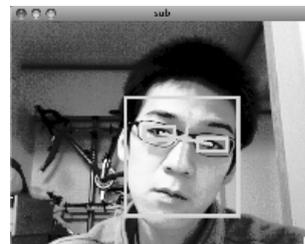


図 5: OpenCV を用いた顔の傾きの検出の例

#### 参考文献

[Ueno05] 植野真臣、永岡慶三；”ガンマ分布による e ラーニング所要時間データのオンライン解析”，日本教育工学会論文誌, Vol.29. No.2, 2005.

[Ueno07] 植野真臣；”e ラーニングにおける所要時間データの異常値オンライン検出”，電子情報通信学会論文誌, Vol. J90-D, No. 1, pp. 40-51, 2007.

[Nakamura02] 中村 喜宏, 赤松 則男, 桑原 恒夫, 玉城 幹介；”操作時間間隔の変動に着目した CAI 学習の行き詰まり検知方法”，電子情報通信学会論文誌, Vol. J85-D-1, No.1, pp.79-90, 2002/1

[Nakamichi06] 中道 上, 阪井 誠, 島 和之, 松本 健一；”ユーザの振る舞いによる Web ユーザビリティの低いページの検出”，ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.8, No.1, pp.31-40, 2006.

[Nakamura07] 中村 和晃, 角所 考, 美濃 導彦；”e-learning 環境における学習者の観測に基づく主観的難易度の推定”，画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2007), 2007

[Mon01] Mon Chu Chen, John R. Anderson, Myeong Ho Sohn；”What can a mouse cursor tell us more?": correlation of eye/mouse movements on web browsing, CHI '01 extended abstracts on Human factors in computing systems table of contents, 2001

[Nakayama05] 中山 実；”瞳孔面積を用いた入力操作課題の困難さ評価の検討”，電子情報通信学会論文誌, J88-D-I, 12, pp.1806-1809, 2005.