

# 瞬目時系列情報を用いた学習者の理解の推定

## Estimations of Learner's Understanding using Time-series Information of Eye-blinks

野村 亮太<sup>†</sup>, 森田 賢治<sup>†</sup>, 丸野 俊一<sup>‡</sup>  
 Ryota Nomura, Kenji Morita, Shun'ichi Maruno

<sup>†</sup>東京大学, <sup>‡</sup>九州大学

The University of Tokyo, Kyushu University

nomuraryota@gmail.com

### Abstract

学習者は自分自身の理解状態をうまく説明できないことが多い。だが、学習者がいつ「理解が難しい」と感じているかを特定できれば、教授者は適切なタイミングで学習者を支援することができる。そこで、本研究では学習者の理解を推定する非言語的の手がかりとして自発性瞬目の群発に注目した。理解の程度が明確に分かれる状況を作るために数Ⅲの履修者、非履修者に対して「導関数の定義を用いた  $\log x$  の微分」の解法を説明した講義の映像を提示し、視聴時の自発性瞬目をアイトラッカーで検出した。本研究では、観察された個人の瞬目間隔 (IBI) から瞬目群発を定義する手法を新たに提案した。提案手法に基づいた瞬目群発は、連続した複数の IBI の情報を用いた場合に履修者と非履修者を弁別可能であった。非履修者に多く見られた瞬目群発は、学生が「理解が難しい」と感じたことの指標になることが示唆された。

キーワード — 瞬目群発, 自発性瞬目, 内容理解, 教授学習過程, 視線計測

### 1. はじめに

#### 1. 瞬目と理解の関係

教師は、授業がリアルタイムで進行していく中で意思決定し、教授行動を修正していく。これには、学習者（児童・生徒や学生）の理解状態についてのフィードバックが常に必要である。しかし、学習者にとって、自分自身がまだ十分に理解できていない内容を正確に把握することは容易ではない。結果として、学習者は、「自分自身がどれくらい理解しているか」や「何が理解できないか」を説明できないことも多い。それゆえ教師は、学習者の学習状況や理解状況について読み取っていく必要がある。

経験的な言説としては[2]、熟練した教師は、学習者が発する言語的な応答を手がかりとするのに加えて、非言語的な手がかりも利用しながら学習者の理解状態

を推察しているといわれている。しかし、発言や表情、行動から特定の教材に対して学習者がどのように理解しているかを読み取ることについての研究は少なく[1]、直感的な理解の把握がどの程度まで正確なのかについては未解明な部分が多く残されている。

学習者が発する非言語的の手がかりに関して、授業中に大学生を観察した研究 [3] (研究1) では、種々の非言語行動のうち、教授内容の難易度によってまばたき (自発性瞬目: 以下、単に瞬目と呼ぶ) とうなずきの生起頻度、視線の向きの切り替え回数が異なることが明らかになった。具体的には、易内容では難内容よりうなずきが多く、難内容では易内容よりも瞬目が多かった。

この研究において、教授内容の理解度は、学習者自身による主観的評定では、0%から100%の11段階のうち難内容では平均57.81%、易内容では平均79.69%であり、実験操作を適切に反映したものになっていた。ところが、学習者 (受け手) の授業中の様子をビデオ撮影し、その映像を他の大学生に提示して難易度を判断させた次の研究[3] (研究2) では、難内容の教授を受けた学生の理解度は平均で55.05%と判断され、また、易内容の教授を受けた学生の理解度は平均で58.52%と判断された。文献[3]の著者らは、この結果について、統計的に有意な差があることを根拠に、大学生が非言語的な手がかりから理解度を正しく判断したと結論している。しかしながら、平均値の差はごくわずかであり、主効果は小さい。したがって、この結果はむしろ、少なくとも訓練を受けていない学生は、非言語的な手がかりから理解度を正確に判断することは難しいことを示している。

これらの知見が示唆するのは、学習者はうなずきや視線の向き、瞬目といった理解状態に関連する非言語情報を発しているにもかかわらず、通常そうしたシグナルは、熟練教師でなければ感知することは難しいということである。もしこうした問題を解決し、非言語

情報を手がかりにして学習者が理解の難しさを感じた時点を教育経験に関わらず特定できれば、教授者は適切なタイミングで学習者を支援することができる。

そこで本研究では、学習者の非言語情報のどのような特徴量が理解状態を推定するために利用できるかを明らかにすることを目的とした。とりわけ、非言語情報のうち、本研究では特に学習者の瞬目に注目した。それには二つの理由がある。

第一の理由は、瞬目が認知活動と連動していることが確かめられているからである。自発性瞬目は視覚的注意と関連しており[4]、認知負荷の高さや情報処理の複雑さと連動して生起パターンが変化する[5]、[6]。この現象は、近年に至るまで多くの研究で追試・再現されている。第二の理由は、まばたきの生起頻度が十分に高いからである。まばたきは平均して2-3秒に1回と高い頻度で生じるため[7]、うなずきや視線の向きといった他の情報に比べて特徴量の時間解像度が高い。このことは、理解状態を推定するために用いる非言語情報として優位性が認められる。

## 2. 授業中の理解の変動を捉える手法の提案

これまで、まばたきが人の認知面での内部状態を推定する指標になりうることについては、知覚的弁別課題や視覚的なモニタリング状態（ビジランス）に関する研究などがあった[8]。しかし、ほとんどの研究では異変を知覚した際に反応にするとするという単純な心理実験の課題を扱うにとどまっていた。このため、授業のような長く複雑な内容を呈示した場合の瞬目については、よくわかっていない部分も多い。

近年の研究では、人は数秒のオーダというごく短期間に生じる課題要求の変化に応じて、方略的に（しかし意図的ではなく）瞬目のタイミングを変えられることが示されている[9]。こうした瞬目パターンの変化は、瞬目率の変化として観察される。

実験的にも、課題の困難度が高まると瞬目率が増加することがいくつかの研究で明らかになっている[5]、[6]、[8]。この現象は、情報処理終了時に瞬目が生起し、認知負荷が高いほど瞬目の頻度も高まるためだと説明されている[8]。実際に、実験中の認知課題の終了前後の瞬目頻度を集計する方法[5]では、情報処理終了時点から瞬目が短い間に連続して生じること知られている。こうした“瞬目群発（blink burst）”は、認知負荷が高まる条件下で頻繁に生じるとともに、群発に含まれる瞬目回数が増えることが知られている。こうした知見は、短い期間に多くの回数の瞬目が連続する瞬目群発

が認知負荷の高い情報処理の終了時点に生じやすいことを示唆しており、授業中の学習者が「理解が難しい」と感じた箇所を、瞬目群発が発生した時刻から同定できる可能性は高い。

## 3. 瞬目パターンの個人差

理解状態の推定の指標として瞬目を活用する際には、克服すべき課題が残されている。それは、瞬目の生起頻度やパターン（瞬目間隔の規則性）に、かなり広範囲での個人差が見られることである。通常60秒当たりの瞬目回数として計算される瞬目率（blinks per minutes）は、年齢が上がるにつれて次第に高まることが知られており[7]、その他にも喫煙やドライアイなどの要因によって上昇することが知られている。また、瞬目率は緊張などの感情状態の影響も受けるため[7]、実験参加者がその場をどのように認知するかによって瞬目パターンが変化するという状況依存性も十分に考えられる。これらの諸要因によって生じる大きな個人差により、瞬目率などを群間で直接的に比較する手法では、理解状態が個人差に埋もれてしまう可能性も否定できない。このため、本研究では個人の瞬目間隔の特徴的なパターンのうち、特に瞬目群発から理解状態を捉える指標を提案する。具体的には、瞬目群発の基準時間を定めるために、参加者個人の瞬目間隔（IBI, inter-blink intervals）データをランダムにシャッフルしたサロゲートデータ作成する。サロゲートデータには、個人の瞬目間隔の平均値や標準偏差といった統計量を保持しながら、時間相関を打ち消すという特徴がある。この手法により、個人の瞬目特性を踏まえつつ、その個人の瞬目システムにおいて実際に生じうる範囲で統計的に有意な瞬目群発を特定する（計算手法は方法の「6. 瞬目群発の定義」で後述する）。

## 4. 理解度の個人差

まばたきの個人差とは別に、理解の難易度の個人差も考慮した実験計画が必要である。なぜなら、瞬目のパターンにある違いが検出されたとしても、現に学習者（実験参加者）が体験する難易度が明確に操作されていないならば、瞬目パターンの変化を理解の難易度に起因するものだと結論できないからである。

実験参加者が感じた理解の難易度を操作するために、本研究では「導関数の定義を用いた $\log x$ の微分の解法」（以下、「 $\log x$ の微分の解法」）を説明する授業の映像・音声を呈示する。この授業内容は、数III非履修の学生にとっては馴染みがなく、理解は非常に難しいと想定できる。その一方で、数IIIを履修して現在も研究

や授業において日常的に数学を用いる学生にとってはごく基礎的な内容であり、理解は容易だと考えられる。これにより、同一の呈示刺激に対して理解度が明確に異なる状況を設定する。

以上の議論を踏まえ、本研究では、瞬目群発の基準を参加者個人ごとに定め、「理解が難しい」と感じた時点を同定できるかどうかを検討する。そのために、次の2つの仮説を検証する。(1)理解が容易な内容を提示される期間には瞬目群発が生じにくい、加えて、(2)非履修者にとって理解が困難な内容を提示される期間に生じた瞬目群発が生じやすく、そのタイミングは「理解が難しい」と感じた時点と対応する。

## 2. 方法

### 1. 参加者

実験参加者は20歳~31歳の7名(男性3名,女性4名)であった。うち男性1名は、目を閉じ始めてから

再度開くまでの時間が1.5秒以上である反応が複数あった。通常の瞬目では0.4秒ほどであることを踏まえると、これは自発性瞬目ではなく意図的に瞼を閉じる動作だと考えられる。このため、この1名のデータを分析から除外した。高校で数III課程を履修したかどうかによって2群に分けられた。それぞれ、履修群(2名)、非履修群(4名)と呼ぶ。確認テスト(後述)によって授業映像呈示前の理解状況を確認したところ、履修群では全員が全問正答していた。一方、非履修者で $\log x$ の微分について正答したものはなかった。

### 2. 呈示刺激

呈示刺激は「2桁×3桁の筆算」および「 $\log x$ の微分の解法」について説明をした授業を撮影した映像・音声であった。それぞれ約209[s](=3分29秒),約397[s](=6分37秒)であった。実際に授業で用いられた板書の記録を図1に示す。

どちらの授業も同一の男性の塾講師1名が行った。

$$\begin{array}{r}
 21 \\
 \times 324 \\
 \hline
 84 \\
 42\Box \\
 63\Box\Box \\
 \hline
 6804
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 21 \times 324 = 21 \times (3 \times 100 + 2 \times 10 + 4) \\
 = 21 \times 3 \times 100 \\
 + 21 \times 2 \times 10 \\
 + 21 \times 4 \\
 = 63 \times 100 \\
 + 42 \times 10 \\
 + 84
 \end{array}$$

(a) 2桁×3桁の筆算について

**導関数の定義**

$$f'(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$

$f(x) = \log x$  なので

$$\begin{aligned}
 f(x) &= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h} \\
 &= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{\log(x+h) - \log(x)}{h} \\
 &= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{\log\left(\frac{x+h}{x}\right)}{h} \\
 &= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{\log\left(1 + \frac{h}{x}\right)}{h}
 \end{aligned}$$

**eの定義**

$$\begin{aligned}
 \lim_{h \rightarrow 0} (1-h)^{\frac{1}{h}} &\rightarrow e \\
 \lim_{h \rightarrow 0} (1-ah)^{\frac{1}{ah}} &\rightarrow e
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{\log\left(1 + \frac{1}{x}h\right)}{h} \left\{ \begin{array}{l} \log A + \log B = \log AB \\ \log A - \log B = \log \frac{A}{B} \end{array} \right. \\
 &= \lim_{h \rightarrow 0} \log \left(1 + \frac{1}{x}h\right)^{\frac{1}{h}} \\
 &= \lim_{h \rightarrow 0} \left\{ \log \left(1 + \frac{1}{x}h\right)^{\frac{1}{x}h} \right\}^{\frac{1}{x}} \\
 &\quad \rightarrow e \\
 &\rightarrow \log e^{\frac{1}{x}} = \frac{1}{x}
 \end{aligned}$$

(b)  $\log x$ の微分について

図1 授業終了時の板書内容

この塾講師は、24歳で塾講師歴5年であり、数学を専門に受け持っていた。今回呈示刺激にする授業については、著者が決定した内容を伝え、あらかじめ授業計画および板書計画を立ててもらった。撮影した授業を呈示刺激とする際には、各授業映像の前に10秒に渡り黒い画面が呈示され、その後、注視のターゲットとして「+」マークが5秒間呈示された。

### 3. 理解度の確認テスト

事前の理解状態および授業を受けたことによる変化を調べるためにテストを行った。問題は全部で4問あり、それぞれ、関数 $\sin x$ ,  $\cos x$ ,  $e^x$ ,  $\log x$ を微分するという問題であった（正答は、順に $\cos x$ ,  $-\sin x$ ,  $e^x$ ,  $1/x$ ）。解法に制約は設けなかった。

### 4. 装置とデータ収集

実験参加者の瞬目の判定・記録には、THE EYE TRIBE (THE EYE TRIBE Inc, Copenhagen) を用いた[10]。瞬目時には、瞼が瞳を覆うため、物理的に瞳孔が検出できなくなる。この性質を利用し、時系列データのうち顔検出が行われており、かつ、瞳孔サイズ検出ができない状態から瞬目を判定した。計測時のサンプリング周波数は30 Hzであった。

### 5. 手続き

実験参加者は、実験室に案内され、モニターの前の椅子に座るよう指示された。まず理解度の確認テストを行った。次に、モニターから約60 cm離れた位置で見ることができるよう位置を決め、視線計測装置のキャリブレーションを行った。その状態で2回の授業の映像を順に呈示した。

授業の映像・音声を提示した後に、再度理解度の確認テストを行った。その後、高校で数IIIを履修したことがあるか否か、大学で微分に関する授業を受けたことがあるかについて質問紙調査を行った。この質問紙調査の回答結果は、実験参加者を履修群、非履修群に分けるのに用いた。

次に、この研究の主要な目的が「授業内容の理解」を調べることでありと告げ、理解の難易度が高い部分を指摘してもらうよう教示した。具体的には、ビデオを再生しながら「理解が難しい」と感じた時点で差し掛かったところで報告するように求めた。

### 6. 瞬目群発の定義

瞬目群発は、古くから知られているにもかかわらず、瞬目研究をレビューした文献[3]でも、「数量的に評価するにあたっての標準化はされておらず、定義も明確とはいえない」(p. 64)と指摘されている。そうした

事情から、瞬目群発について、研究の文脈によってさまざまに定義されてきた。例えば、山田と宮田[11]はIBIが0.5秒以下の連続する2つの瞬目が出現したとき、第二の瞬目を瞬目群発と定義している。また、保坂と渡辺[12]は、1秒以下のIBIが2つ以上連続して生起するとき、それらのIBIを構成している全ての瞬目を1つの瞬目群発と定義している。いずれの場合にも、定義の基準となる時間は、0.5秒や1秒といった値がすべての参加者に適用されてきた。

しかしながら、こうした定義を実験参加者に一律に適用するのは妥当ではないと思われる。なぜなら、これらの手続きでは瞬目の動きに関与する腱や筋肉の発達による個人差や社会的要因から生じる個人差を排除できないからである。こうした瞬目群発の定義問題に対処するために、本研究では、瞬目群発を「十分に短い時間内に連続して生じた一連の瞬目」と定義した。

この定義の「十分に短い時間」とは、絶対的な時間ではなく、個人のIBIの特徴量に基づいて決定する量である。例えば、連続した3回の瞬目を定義に採用する場合、それらの瞬目が生じた時点から計算される2つのIBIを用いて計算する。同様に、連続した4回の瞬目を定義に採用する場合、3つのIBIを用いて計算する。

IBIのデータの順序をランダムに並び替えるサロゲート法を用いた。例えば、連続する2つのIBIの合計時間が「十分に短い時間」と判断する基準を作成するためには、オリジナルデータの順序をランダムにシャッフルして作成したサロゲートデータについて、連続する2つのIBIの合計時間を計算し、合計時間分布における5%パーセンタイル値を特定した。これを10000回繰り返して、連続する2つのIBIの合計時間分布における5%パーセンタイル値の95%信頼区間を求めた。この基準の時間よりも実データの連続する2つのIBIの合計時間が短い場合に有意に短いと判断した。

## 3. 結果

### 1. 瞬目率の変動

履修者と非履修者との間で瞬目率の極大値や極小値にはそれほど大きな差は見られなかった。このため、瞬目率だけから両者の違いを見出すことは容易ではなかった(5秒および10秒の時間窓ごとに集計した瞬目率を時系列の例を図4に示す)。

### 2. 瞬目群発の回数

履修者と非履修者のそれぞれに、本研究の提案手法を適用し、瞬目群発が生じたと判定された回数を図2

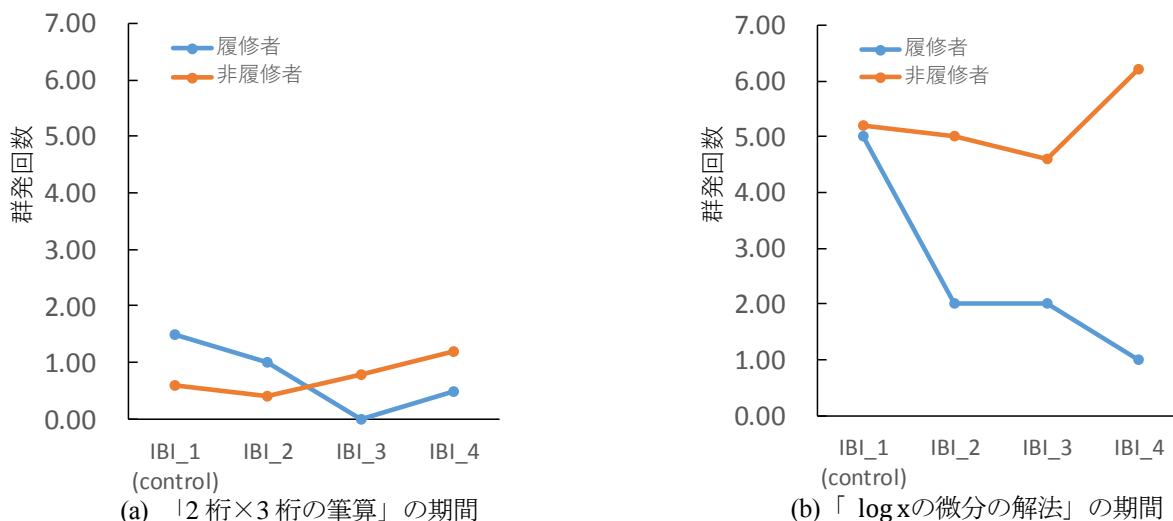


図2 瞬目群発に関する履修者、非履修者の比較

IBIの添え字は計算に用いたIBIの個数を表す。例えばIBI\_2なら2個のIBIの合計時間についてサロゲートデータを作成したことを意味する。

に示す。ただし、図3中のIBI\_1は、IBI単純にランダムシャッフルした場合の結果を示している。この結果から、瞬目群発の回数は、「2桁×3桁の筆算」の期間において、全体として群発回数が少なく、履修者と非履修者の間に差は見られないことがわかる。それに対して、「log xの微分の解法」の期間では、IBIを単純にランダムシャッフルした場合 (IBI\_1)を除き、履修者より非履修者の方が瞬目群発の回数は多かった。瞬目群発が生じたタイミングの例を図4に示す。

また、同じ瞬目データについて、先行研究[11],[12]の定義に従って瞬目群発だと判定された回数を図3に示す。この結果において群発回数は、「log xの微分の解法」の期間でも、履修者と非履修者の差はほとんど見られなかった。このため、図3の結果では両者を弁別することはできなかった。

### 3. インタビューに基づく「理解が難しい」箇所

履修者は理解するのに難しいところはなかったと回

答した。式変形が複雑である部分を中心に、実験者が再度「難しいと感じた」ところはないか確認したが、該当する部分はないと回答した。それに対して、非履修者は、主に対数同士の加算・減算が対数の真数同士の乗算・除算になること、自然対数eの定義式、式変形で真数全体に1/xを施すところで難しいと回答した。

## 4. 考察

本研究の目的は、非言語的手がかりのうち、瞬目群発から「理解が難しい」と感じた時点を特定できるか否かを検討することであった。提案手法で定義された瞬目群発は、「log xの微分の解法」の期間に非履修者においてのみ頻繁に生じていた (図2(a), 図2(b))。事前事後の確認テストおよびインタビューの結果より、数III履修者では、「理解が難しい」という事態がほとんど生じていなかった。それに対して数III履修者では、インタビューの結果より、「log xの微分の解法」において「理解が難しい」と感じる時点が複数生じていた。これらの時点は、瞬目群発が生じる時点と対応していた。本研究では実験参加者が少ないため断定はできないが、これらの結果はいずれも、学習者が「理解が難しい」と感じた時点を瞬目群発から特定できるという本研究の仮説を支持している。今後、実験参加者の数や属性を増やし、この知見が普遍的で統計的にも確からしいことを保証することが課題となる。

授業という長く複雑な認知課題は、従来瞬目指標を扱った研究ではあまり用いられておらず、参加者(学習者)の瞬目パターンへの影響の実態は未解明であった。

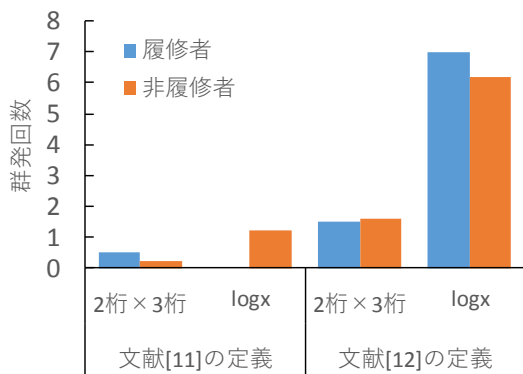


図3 先行研究の定義に基づく瞬目群発回数

この点について、本研究の結果は、心理実験での場合と同様に、授業を呈示刺激としたときも瞬目群発はランダムではなく特定の時点で生じることを示唆した。しかもその多くは「 $\log x$ の微分の解法」の期間中に生じており、内容を理解するのが困難だった非履修者において集中していた(図2(a))。非履修者にとって、「理解が難しい」という感覚は、理解のために必要となる心的操作の複雑さによって生じたと思われる(図1(b)の式変換)。この解釈の妥当性は、非履修者にとっても理解が容易であった「2桁×3桁の筆算」では、瞬目群発がほとんど生じなかった(図2(b))という結果からも支持されるであろう。

瞬目率とその変動には、種々の要因が影響するが[3], [7], 本研究では個人内で瞬目群発の基準を設けているため、ドライアイや喫煙などによる瞬目率の個人差によって生じるバイアスは補正されたと思われる。また、実験中には連続した映像が呈示される状況は一貫し、社会的要因は変化していないため、感情面での変化があったとも考え難い。こうした要因を排除できるとすれば、瞬目群発は課題に関連した情報処理に伴う認知

負荷に連動して生じたと解釈するのが妥当であろう。したがって、本研究の結果は、参加者自身が予測を生み出し、一義的ではない刺激を分節化するような能動的な認知負荷の変動によって瞬目群発が生じることを表している。加えて、本研究の関心である理解の推定については、瞬目群発から「理解が難しい」と感じた時点がある程度予測できることが示唆された。瞬目群発の判定の基準となる時間を実験参加者に一律に適用する先行研究の定義では、こうした差は見る事ができなかったのと比較すると、提案手法には理解の推定する上で優位性があることが示唆される。

ただし、インタビューの分析結果から、実験参加者が「理解が難しい」と感じていないと回答した場合でも、授業のビデオを視聴中に瞬目群発が生じたと判定されるケースがみられた(例えば、図4(a)の480秒時点および540秒時点)。これは、本来「理解が難しい」状況が生じていないのに、そのように判断してしまう誤り(false positive)といえるが、授業場面を念頭に置くと、この傾向は学習者の支援につながると考えられる。「理解が難しい」というシグナルがあれば、教師

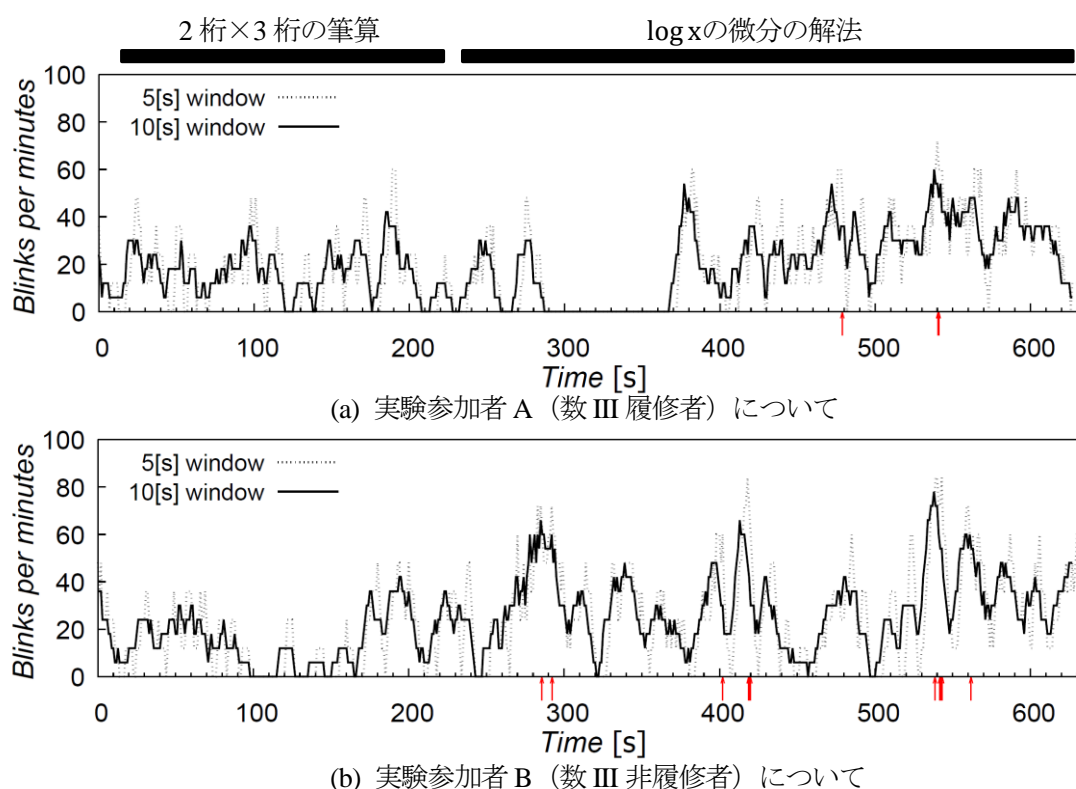


図4 瞬目率時系列の例

上向き矢印(↑)は、3つのIBIを用いて定義した場合に瞬目群発だと判定された時点を示している。瞬目群発は実験参加者Aでは3回観察されたのに対し、実験参加者Bでは「 $\log x$ の微分の解法」の期間のみで11回観察された。



の働きかけが促される。このとき、実際には理解が容易なら、教師による働きかけは特に必要ないのだが、false positive によって生じた働きかけが学習を阻害することは少ないと思われる。これとは対照的に、学習者にとって理解が難しく教師のフォローを必要としているのに、それが見落とされてしまう誤り (false negative) には、授業内容を理解しようとする意志や興味が損なわれてしまうリスクがある。このため、教育上の文脈では、本研究の指標が false negative よりも false positive となりやすいことは、学習者による不理解を未然に防ぐ方向に働くと期待できる。

## 2. 残された課題と将来の展望

本研究では、確認テストによって理解度の違いを保証したが、今後の研究では主観的な評定などにより各時点での認知負荷を測定して、認知負荷と瞬目群発の時間的な対応関係についても検討することが必要になる。また本研究では、「理解が難しい」と感じた時点の特定を試みたにとどまっている。そのため、本提案手法に基づいて特定された学習者の理解に対して教授者から支援がある場合には、支援がない状況よりも高い教育効果が得られるか否かについては未検証であり、今後検討する価値は高い。

今回は、成人を実験参加者としたが、本研究の提案手法は成人に限定して適用される必要はない。言語報告の手続きを除けば、小学生から高齢者まで幅広く適用できると期待できる。また、本研究で使用した授業のビデオは、多くの学校で主流である一斉授業の状況を実験的に再現したものである。そうした観点からは、教育工学的な応用として、タブレット型の端末などを用いることで、学習者の非言語的手がかりの一つとして瞬目群発を検出することもできる。将来的には、「理解が難しい」と推定された時点にタグづけするシステムも開発できると期待できる。こうした教授・学習支援システムがあれば、推定された理解の情報を教師が授業中や授業後に一斉にレビューするといった活用方法が可能であり、熟練教師が暗黙知に基づいて行っている直感的な判断を誰もが擬似体験できる教員研修へと応用できるだろう。また、本研究の提案手法では、あらかじめ数分間に渡り個人の IBI データを取得しておけば、瞬目群発の基準となる時間を高々2~3秒程度で計算できる。この特徴は、教授・学習支援システムを開発する際に大きなアドバンテージになる。

## 参考文献

- [1] 秋田喜代美, (1992) “教師の知識と思考に関する研究動向”, 東京大学教育学部紀要, 32, 221-232.
- [2] 田多英興・山田富美夫・福田恭介 (1991). まばたきの心理学, 北大路書房.
- [3] 横川 和章・有馬 道久. (1986). “教授場面における非言語的コミュニケーション”, 教育心理学研究, 34(2), 120-129.
- [4] Stern, J. A., Walrath, L. C., & Goldstein, R. (1984). “The endogenous eyeblink”, *Psychophysiology*, 21(1), 22-33.
- [5] Fukuda, K., & Matsunaga, K. (1983). “Changes in blink rate during signal discrimination tasks”, *Japanese Psychological Research*, 25(3), 140-146.
- [6] Ohira, H. (1996). “Eyeblink activity in a word-naming task as a function of semantic priming and cognitive load”, *Perceptual and Motor Skills*, 82(3), 835-842.
- [7] Cruz, A. A., Garcia, D. M., Pinto, C. T., and Cechetti, S. P. (2011). “Spontaneous eyeblink activity”, *The Ocular Surface*, 9(1), 29-41.
- [8] 田中裕. (1999). “覚醒水準と瞬目活動”, 心理学研究, 70(1), 1-8.
- [9] Hoppe, D., Helfmann, S., & Rothkopf, C. A. (2018). “Humans quickly learn to blink strategically in response to environmental task demands”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201714220.
- [10] Nomura, R., & Okada, T. (2016). “Assessing the appeal power of narrative performance by using eyeblink synchronization among audience”, In *Computational and Cognitive Approaches to Narratology* (pp. 304-321). IGI Global.
- [11] 山田富美夫・宮田洋 (1984). “VDT を用いた視覚作業化での瞬目率変化” 関西心理学会第96回大会発表論文集, 15.
- [12] 保坂良資・渡辺瞭 (1983). “まばたき発生パターンを指標とした覚醒水準評価の一方法” 人間工学, 19, 161-167.