

VR環境を用いた 受講生の理解度と注視運動の関係性の調査

黒田 明日香^{1,a)} 満上 育久^{1,b)}

概要: 教育現場では一般に、同一の講義を受講しているにも関わらず、内容の理解度が各受講生によって大きく異なる。その原因としては、各受講生が元来持っている理解力・記憶力・集中力の差がもちろん考えられる。しかしそれ以外にも、「講義への取り組み方」、特に講義のどこを注意深く見たり聞いたりするかという「注意の向け方」も理解度に大きく影響しているのではないかと考えられる。本研究では、特に注視運動に着目し、理解度との関係について調査する。視線追跡型 VR ゴーグルを用いることで、講義動画を視聴している受講生の注視運動のデータを収集、可視化した。その結果から、理解度の高い受講者が特徴的な注視運動をする傾向にある状況が認められた。

1. はじめに

教育現場では一般に、同一の講義を受講しているにも関わらず、内容の理解度が各受講生によって大きく異なる。その原因としては、各受講生が元来持っている理解力・記憶力・集中力の差がもちろん考えられるが、それ以外にも、着席場所や着座姿勢、ノートの取り方などといった「講義への取り組み方」によっても理解度が変化することが報告されている。例えば、江間は、座席選択行動と授業内容に関する小テストの成績との相関をみることで、教室着席行動と授業中の理解度の関係を調査したところ、教室の前列で教壇や黒板、スクリーンに近い席や入り口から遠い奥の座席に座った学生の成績が良いという結果を確認しており、教室着席行動と授業中の理解度は関係性があると述べている [1]。理解力や記憶力などの元来の能力はにわかに向上させることが難しいが、「講義への取り組み方」については、理解度を高める受講方法を明らかにすることができれば、各受講生はその方法を模倣することで理解度を向上させることができるはずである。また、講義のどこを注意深く見たり聞いたりするかという「注意の向け方」も理解度に大きく影響しているのではないかと考えられる。藤好らは、少ない問題数で手軽に英語習熟度を確認することを考えた。その際、英語のペーパーテスト実施中の注視行動とテストの点数に関係があることを示し、視点情報を用いた英語能力推定法を示している [2]。受講生の元来の能力

は、にわかに改善することは容易ではないが、「講義への取り組み方」や「注意の向け方」などは適切にトレーニングすることで変化させることは可能だと考えられる。

そこで本研究では、「講義への取り組み方」のうち「注意」、特に「視覚的注意」に着目する。「どのように講義を見れば理解度が向上するのか」を明らかにすることを目標として、まずその第一歩として、理解度が高い受講生と低い受講生の注視行動がどう異なるのかについてデータを収集、可視化し、分析することを目的とする。その実現のため、視線追跡型 VR ゴーグルを用い、VR 環境中で講義動画を再生し、それを視聴する受講生の注視運動のデータを収集した。視聴後に実施したペーパーテストの成績により、理解度の高い群と低い群に分割し、それらの群間での注視傾向の違いを主観的に分析した。

2. 関連研究

様々な教育現場について「講義への取り組み方」による理解度の変化が報告されている。杉村らは、アンケートを利用して小学生の学習習慣と学業成績との関係性を検討した。先生の話をよく見をせず聞く、私語をしない等の授業態度は学業成績に関係していると述べている [3]。佐竹は、日本人大学生を対象とした中国語の学習効果を左右する要素の分析を、学期末試験と授業態度観察から行ったところ、ノートを取る、発音練習に参加する等の授業の受け方が、学習効果を左右する要素の中に含まれると述べている [4]。椋木らは、大学院向けの講義における受講者の振る舞いと理解度との関係性を、受講者の姿勢系列と理解度申告アンケートや小テストから得た理解度から分析し、能動的

¹ 広島市立大学

Hiroshima City University

a) kuroda@sys.info.hiroshima-cu.ac.jp

b) mitsugami@hiroshima-cu.ac.jp

受講行動, 受動的受講行動, PC 操作は理解度と正の相関を持ち, 逸脱行動をするものは理解度と負の相関を持つということを確認している [5].

さらに, 「注意の向け方」, 特に注視運動と理解度の関係性も様々な分野について報告されている. 黒田らは, 見取り図から立体図に変換するとき, 変換が速い者ほど効率よく視線移動を行っており, 特定の箇所に注意を向けて見取り図を観察すると良いということを明らかにしている [6]. 西村らは, 蛍光ペンでマーキングしているノートパソコンに表示した問題について, 問題成績上位者は下位者よりもマーキングしている部分への注視移動回数が多く, 効率よくキーワードを認知しているということを述べている [7]. 花房らは, 機械学習を用いて, プログラミング読解の主観的到達度や理解度に応じて注視運動に差が出ることを確かめている [8].

3. 講義動画閲覧システム

3.1 講義実施方法の検討

理解度が高い受講生と低い受講生の注視行動がどのように異なるのかについてデータを収集, 可視化し, 分析するために, まずは講義の実施方法を考える. 同一の講義を聴講している受講者のデータを多数収集するためには, 多数の講義受講者に視線計測を行うことのできるアイトラッカーを装着する方法が考えられる. しかし, アイトラッカーを多数準備する必要があり, コストの面でもセットアップ作業の面でも非現実的である. 少人数の受講者に講義を複数回行うことでアイトラッカーの個数を減らすことも考えられるが, その場合は複数回完全に同一の講義を行うことは不可能であるため, 実験条件の一貫性が保証できない.

そこで本研究では, 視線追跡型の VR ゴーグルを用いて, その VR ゴーグルを着用した各受講者が講義映像を視聴する際の注視情報を計測する, というアプローチを用いる. この方法であれば, 各受講者が視聴する講義内容は完全に同一としながら, 多数の受講者のデータを収集することができる.

なお, 本研究では, 講義動画の提示および視線計測のために視線追跡型 VR ゴーグルとして FOVE 0 [9] を用い, 音声提示のためにヘッドフォンを用いた. 視聴中の受講生の様子を 図 1 に示す. FOVE 0 による視線追跡を検証, 使用している例がある [10],[11].

3.2 VR 空間の設計

講義動画視聴用の VR 環境の構築には, VR ゲーム開発プラットフォーム Unity を用いた. Unity を用いて VR 環境をつくった例がある [12],[13],[14]. 受講生は VR ゴーグルを装着すると目の前に, 図 2 に示すような仮想空間が広がる. 仮想空間には, 動画再生用のモニターが設置されている. モニターに動画を挿入することでプロジェクトを



図 1 視聴中の受講生の様子



図 2 動画視聴風景

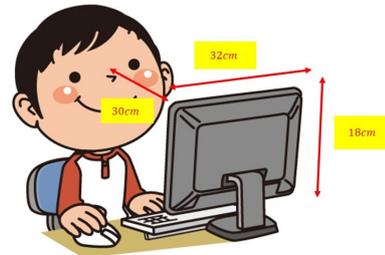


図 3 講義動画視聴仮想イメージ

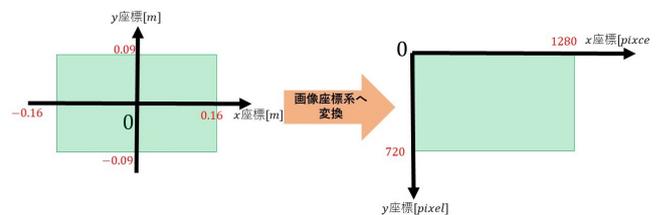


図 4 画像座標変換

開始すると動画が流れる仕組みになっている. 講義動画を PC 等で見る際の一般的な距離を想定し, 眼球とモニターの距離を 30cm, モニターの縦の長さを 18cm, 横の長さを 32cm とした (図 3). さらにモニターの大きさは, 動画サイズ 720[pixel] から縦:横 = 9:16 を設定している.

3.3 動画中の注視点位置の算出

FOVE 0 に搭載されている視線追跡用のセンサーにより, 受講者の両眼の注視方向が計測されている. その視線直線とモニター平面の交点として注視点座標を獲得する. 各時刻に計測される注視点座標 (x, y) を, 横 1280 [pixel], 縦 720 [pixel] の画像座標系 (x', y') に変換 (図 4) し, その座標値を計測時刻とセットにして, 順次, ログファイルに保存する.

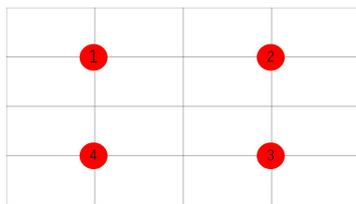


図 5 視線計測確認動画のイメージ

なお、VR 空間中での注視点座標 (x, y) から画像座標 (x', y') への変換は次式で行われる。

$$x' = \frac{1280}{0.32} \times x + 640 \quad (1)$$

$$y' = 720 - \left(\frac{720}{0.18} \times y + 360 \right) \quad (2)$$

3.4 注視点計測の精度調査

前節で述べた注視点計測が正しく行われているか、また、時刻情報が動画再生時間に対して正しく記録されているかを確認するため、評価用動画を作成し、調査した。この評価用動画は、図 5 に示すように、まず 1 番の丸が 2 番の丸へ等速直線運動し、その後、2 番の丸が 3 番の丸へ、3 番の丸が 4 番の丸へ、4 番の丸が 1 番の丸へ、と等速直線運動を行う動画になっており、閲覧者はその動点を注視し続ける。動点の移動タイミング・移動速度は既知のため、動画再生スタート以降の各時刻における注視点の位置の真値が分かるようになっている。

動画の丸の動きに正確に合わせると計測される真値と実際に計測された値を、右目と左目について、それぞれ図 6、図 7 に示す。

図から分かるように、計測される注視点は時々大きな誤差を持つことがあり、それ以外のところでもある程度の誤差を持つことが分かるが、これは、人はある点を注視していると意識していても実際には必ずしも眼球がその方向を向いているとは限らないことや、視線計測の計測誤差など、複合的な要因により生じているものである。ただ、計測値の概形は真値のそれとほぼ一致しており、時間方向についてもこれらがズレていないことが分かる。以上の観察より、得られたログファイルに記録された情報は、注視点位置に一定の誤差を含むことを考慮にいれなければならないものの、受講者の注視行動を正しく記録しているものであることが確認できる。

3.5 注視点情報のリサンプリング

仮想モニター上に再生する講義動画は一般的な動画フォーマットに従い 30fps なのに対し、FOVE 0 の視線計測は約 25Hz で動作する。そのため、計測された各時刻の注視点データは、そのまま動画中の 1 フレームに対応づけることができない。

そのため本研究では、ログファイルに記録された注視点データに対して 30Hz にリサンプリングを施し、動画の各

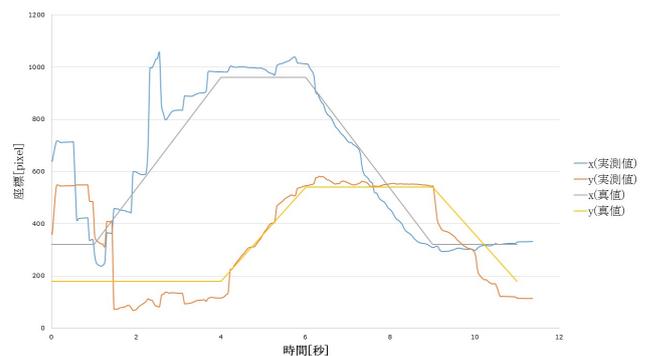


図 6 視線計測の確認 (右)

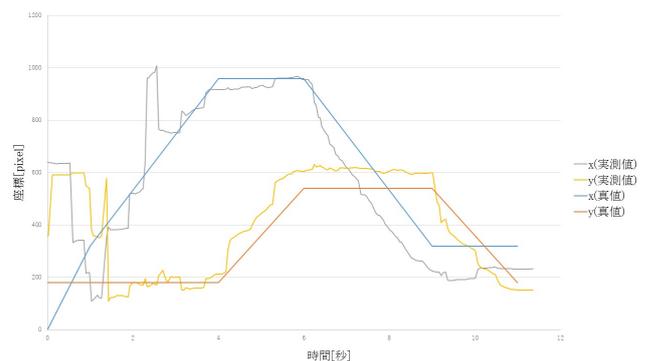


図 7 視線計測の確認 (左)

フレームに対応する時刻の注視点を算出する。リサンプリング後の各時刻に対して、時間方向に前後 0.05 秒幅を設定し、その時間幅に含まれる注視点群の中央値を選び、対応する時刻の注視点として採用する。

4. 実験

4.1 実験方法

作成した VR ゴーグル型講義動画閲覧システムを用いて、実際に複数の受講生の注視データを収集した。実験参加者は広島市立大学情報科学部生 32 名である。各実験参加者は、まずこのシステムを着用して 30 分間の講義動画を閲覧し、その後、その講義の内容に関するペーパーテスト (満点は 10 点) を実施した。講義動画には、実験参加者の事前知識に差が生じにくいように、所属分野と異なる科目として「2014 年度版スッキリわかる宅建」(TAC 出版)を採用した。また、各実験参加者には、視聴後にペーパーテストを課した。

なお、注視点については、左右両眼の注視点を別々に計測しているが、本実験で注視するのはモニター平面上のみであり奥行き変化がないので、両眼の情報は必ずしも必要ないことから、左右眼の注視点の midpoint を算出し、それを各時刻の注視点として用いた。

4.2 実験結果と考察

本実験では、全実験参加者のペーパーテストの点数分布

を踏まえて、理解度が高い群と低い群の点の数が近くなるよう、6点以上獲得者を理解度の高い群、6点未満獲得者を理解度が低い群とした。

以下、いくつかの特徴的な例を挙げて議論する。

4.2.1 板書の情報量が多い状況下での傾向

理解度の高い群と低い群に違いがなく、注視点が全体的に広く分布している場面があった。これは、用語や計算式等で黒板の情報量が多い時で、さらには板書途中ではなく講師が板書をし終えた時である。図や用語が多く板書されている状況下での注視点の可視化結果を図 8 に示す*1。なお以降の図では、理解度が高い群の注視点を赤色の丸印で、理解度の低い群の注視点を黄色のバツ印で、それぞれプロットした。

図中、(a) は注視点分布、(b) は理解度が高い群と低い群の x 座標の平均の時間推移、(c) は y 座標の平均の時間推移を表している。(b)、(c) は黒線が (a) の注視点分布時刻を表しており、その周辺時間を図示している。中の赤線が理解度が高い群の平均、緑線が理解度が低い群の平均である。これらの線を囲む薄い赤色と緑色の帯は標準偏差を表している。

また、計算式が板書されている状況下の例を図 9 に示す。各図・グラフの表示方法は図 8 と同じである。これら 2 つの場面では、理解度の高い・低いに関わらず、注視点は広く分布していることが分かる。

4.2.2 講師が口頭説明を継続する状況下での傾向

講師が長く口頭のみで説明を行っているとき、理解度の高い群は特に講師の顔に注視を向ける傾向が確認された。その際の可視化結果を図 10 に示す。理解度の高い群は x 座標の散らばりが小さいことがわかる。

また、動画の終盤になるとそのような分布が多く見られ、理解度の高い者と低い者の集中力の差が顕著に表れた。動画終盤で同様の傾向にあった際の可視化結果を図 11 に示す。理解度の高い群は y 座標の散らばりが小さいことがわかる。

4.2.3 講師が黒板を指し示す状況下での傾向

講師が黒板を手で指しながら説明する際には、理解度の高い受講者はその指された場所に注視を向ける傾向が確認された。その際の可視化結果を図 12 に示す。理解度の高い群は y 座標の散らばりが小さいことがわかる。

さらに、講師が文字を書いているときには、理解度の高い受講生はその文字周辺に注視を向ける傾向が強まる。そのような傾向が認められる例を図 13 に示す。

5. おわりに

本研究では、授業の受講生の理解度とその時の注視運動の関係を分析することを目的として、視線追跡型 VR ゴー

グルを用いた講義動画視聴システムを実装した。このシステムを用いて、32 名が講義動画を視聴する際の注視行動を計測し、理解度の高い受講者群と低い受講者群の注視点分、データの散らばりを比較した。その結果、2 つの群の間で異なる傾向を示す状況がいくつか認められた。今後、閲覧動画のバリエーションや受講者の数を増やし、より詳細な分析を進める予定である。

また、得られたデータに対して Judd らの手法 [15] に代表されるようなトップダウン要因に基づく誘目性推定手法を適用し、得られる誘目性地図を 2 つの群で比較するなどの分析を行う。さらに長期的な展望として、理解度の高い群がよく注視する箇所に注意が向きやすい映像加工を行うことで、視聴者の理解度を向上させることができるかを調査することも検討している。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP18H03312 の助成を受けたものです。

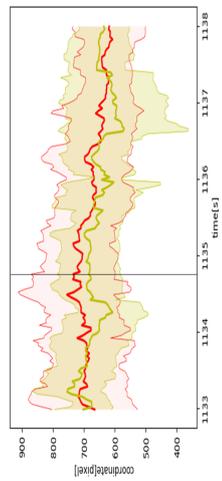
参考文献

- [1] 江間直美, 「広報人材の育成と教室着席行動に関わる考察」, 江戸川大学紀要, 2017.
- [2] 藤好宏樹, 吉村和代, Kai Kunze, 黄瀬浩一, 「英文問題解答時の視点情報を用いた英語能力推定法」, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.115, No.22, pp.49-54, 2015.
- [3] 杉村健, 井上登世子, 清水益治, 「小学生における教科の成績と学習習慣の関係」, 奈良教育大学教育研究所紀要, 23 巻, pp.55-62, 1987.
- [4] 竹中佐英子, 「中国語の学習効果を左右する要素の分析」, 白目大学 人文学研究, 第 4 号, pp.229-241, 2008.
- [5] 椋木雅之, 美囊導彦, 「講義室での受講生の振る舞い観測と理解度推定の研究」, 人工知能学会全国大会, 第 26 回, 2012.
- [6] 黒田恭史, 中島悠, 岡本尚子, 「立体図・見取り図・立体の変換過程時における視線移動の特徴」, 佛教大学教育学部学会紀要, 第 13 号, pp.49-58, 2015.
- [7] 西村浩樹, 桑原教彰, 「蛍光マーカーペンを用いた情報整理方法が学習者の視線移動に与える影響の研究」, 科学・技術研究, 6 巻第 1 号, pp.59-66, 2017.
- [8] 花房亮, 山岸秀一, 松本慎平, 加島智子, 「機械学習処理に基づいたプログラミング読解中の視線軌道の自動分類」, 人工知能学会全国大会, 第 29 回, 2015.
- [9] FOVE 0, <https://www.getfove.com/>.
- [10] 池田沙厘奈, 宮下芳明, 「視線追跡と眉間フェーダーを用いた VR コンテンツ」, WISS, 第 26 回, 2018.
- [11] 蛸名幸斗, 水戸部一孝, 中島佐和子, 「視運動性眼振検査を目的とした VR 検査システムの開発」, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.117, No.188, pp.73-77, 2017.
- [12] 萩田克美, 松本茂紀, 「Unity と HTC VIVE を利用したシミュレーション結果の 3D-VR 表示入門」, サイバーメディア HPC ジャーナル, 8 巻, pp.21-28, 2018.
- [13] 西野岳, 社本勇希, 檜垣泰彦, 「VR コンテンツの臨場感と高所におけるストレス反応の関係性に関する研究」, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.117, No.464, pp.37-42, 2018.
- [14] 徳島智春, 曾我真人, 「競技かるたにおける決まり字変化シミュレーションシステムの構築」, 人工知能学会全国大会論文集, 第 32 回, 2018.
- [15] T. Judd, K. Ehinger, F. Durand, A. Torralba, "Learning to Predict Where Humans Look," IEEE International Conference on Computer Vision, 2009.

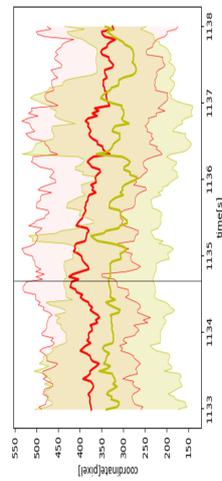
*1 著作権に配慮し、講義動画のスクリーンショットにブラー処理を施している



(a) 注視点分布

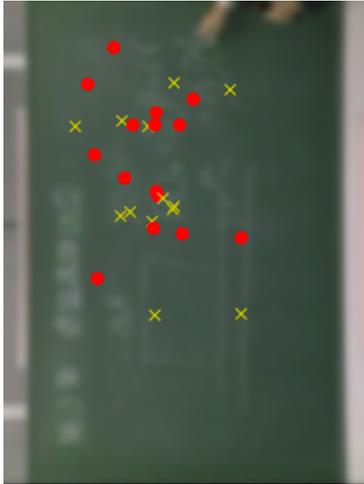


(b) X座標の時間変化

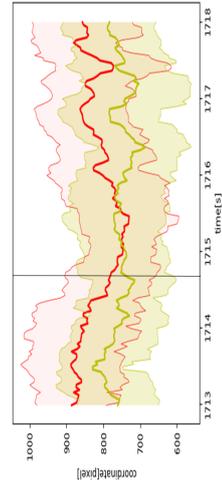


(c) Y座標の時間変化

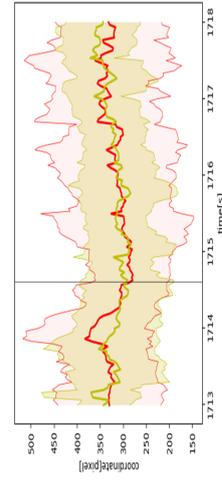
図 8 図や用語が多く板書されている状況下での分布図



(a) 注視点分布



(b) X座標の時間変化

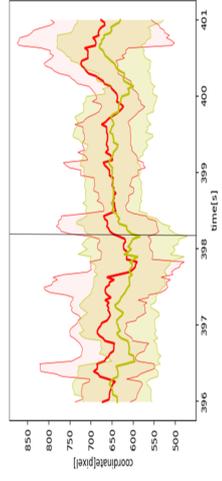


(c) Y座標の時間変化

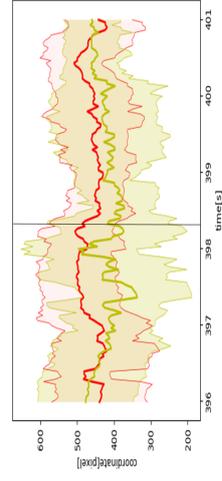
図 9 計算式が板書されている状況下での分布図



(a) 注視点分布



(b) X座標の時間変化

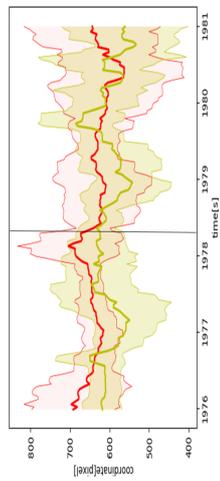


(c) Y座標の時間変化

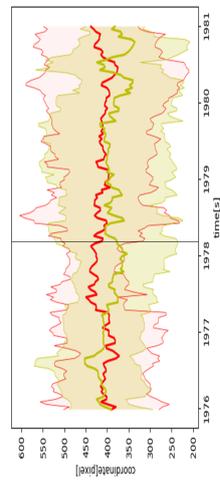
図 10 講師が口頭説明を継続する状況下(動画序盤)での分布図



(a) 注視点分布

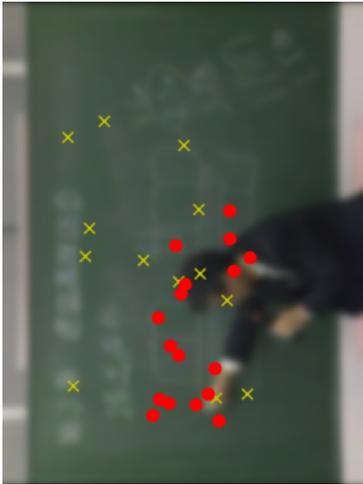


(b) X座標の時間変化

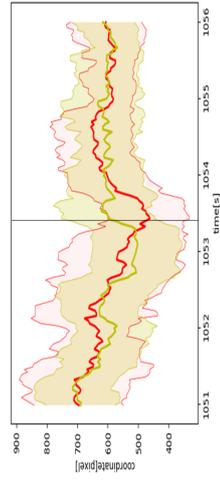


(c) Y座標の時間変化

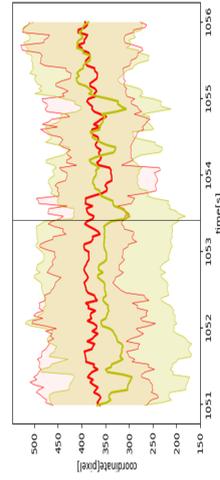
図 11 講師が口頭説明を継続する状況下(動画終盤)での分布図



(a) 注視点分



(b) X座標の時間変化

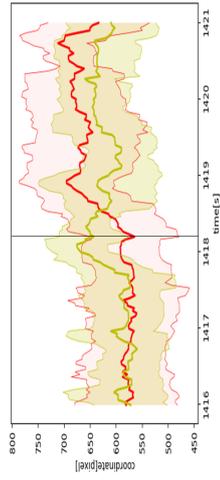


(c) Y座標の時間変化

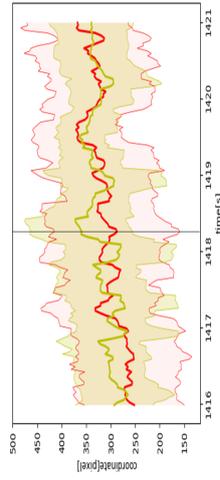
図 12 講師が黒板を指し示す状況下での分布図



(a) 注視点分布



(b) X座標の時間変化



(c) Y座標の時間変化

図 13 講師が字を書く状況下での分布図