

第3章 視線追跡を伴うWebアンケート評価実験

3-1 概要

本研究では、マウス軌跡を解析することの有用性を確かめるため、第2章でWebアンケート評価実験(以下、実験1とする)を行った。その結果として、マウス軌跡解析の有用性、特に加速度と平均速度を評価した解析方法が、意識調査の精度向上に貢献していることを示唆する結果を得ることが出来た。しかし、Webアンケート回答時のマウス軌跡の具体的な特徴や、視線との関連性について何らかの考察を得ることは出来ていない。また、視線の動きをマウスに反映させるために工夫したWebアンケートデザインの効果についても確認することが出来ていない。よって、第3章では視線追跡機を併用したWebアンケート評価実験(以下、実験2とする)を行うことで、Webアンケート回答時のマウス軌跡の特徴や視線との関連性、また、文字強調の工夫の効果について検証する。

以下に、視線理解に関する研究の背景、実験2の目的、システムの概要、アンケート方式及びアンケート内容を順に示す。

3-1-1 背景

視線の動きは人物の心理状態を顕著に表す²⁵と一般的に認知されており、視線理解に関する研究は認知心理学や行動心理学に代表される様々な学術的分野で盛んである。また、近年になり消費者調査のニーズが増えるにつれ、様々なリサーチ会社が、視線分析を用いた新たなマーケティング手法を提案するなど、視線分析に対する注目は年々高まってきている。

²⁵ <http://release.value-press.com/detail/82c89c59d/index.html>

そこで、まず視線理解に関する基礎的研究の中で、意思決定過程のユーザの心理状態に着目した研究を6例紹介した後、あるリサーチ会社により提案された、視線分析を用いた新たなマーケティング手法を2例紹介する。

■ 眼球運動の特徴を用いた回答確信度の推定に関する検討

中山らにより、眼球運動の特徴を用いた回答確信度の推定に関する検討[14]に関する研究が行われた。この研究では、インターネット検索における情報選択や多肢選択課題における回答選択には、回答者の回答内容に対する確信度、すなわち主観確率が関係すると仮定している。一方、不確かな情報に対してはそれを確かめようとする行動が生じるが、その一つに眼球運動がある。この現象を用いて、回答に対する確信度を眼球運動の Scan-path 分析によってある程度の精度で推定できることは既に示されている。しかし、この方法では提示された視覚刺激に対して、Scan-path がどのように推移したかを調べなければならない。Scan-path 分析とは、一定時間以上注視した点を直線で繋いでいき、視線の軌跡を求めるという分析方法²⁶である。円の大きさは、その部分を注視した時間に比例する。Fig.24 に Scan-path 分析例を示す。

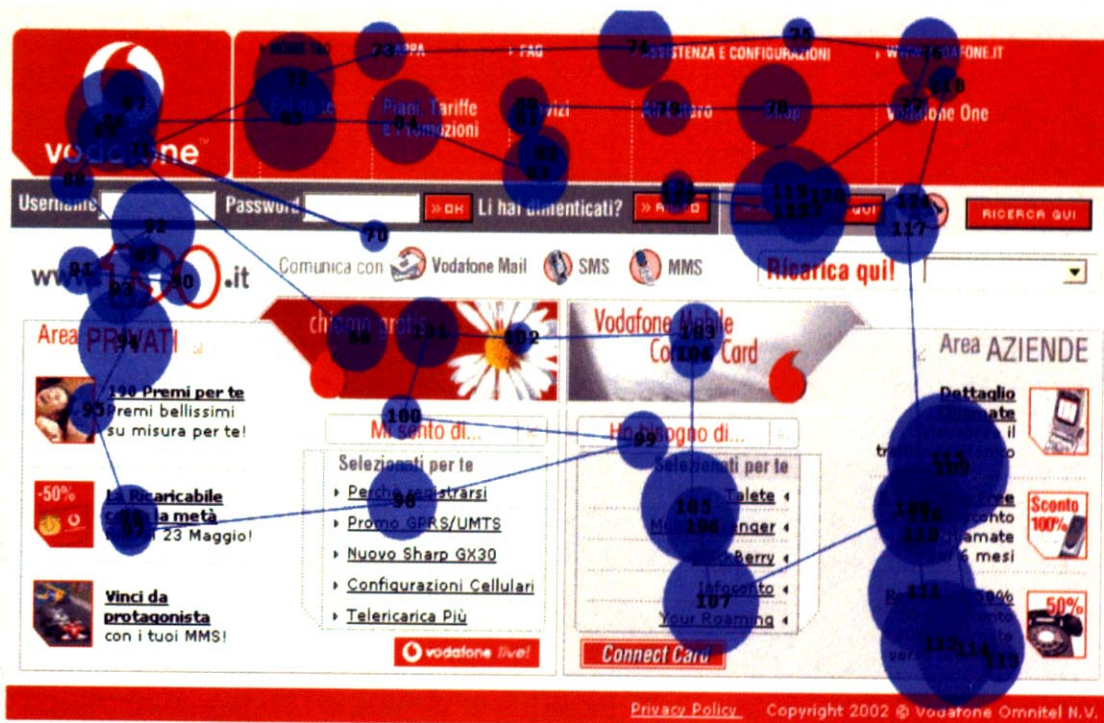


Fig 24 Scan-path 分析の例

²⁶ <http://www.eyetrax.eu/en/blickverlauf.html>

Poulamaki らは検索結果画面における眼球運動の変化に隠れマルコフモデル (Hidden Markov Model : HMM) を適用して、検索結果テキストの適合性を眼球運動の特徴で検討した。ここで隠れ状態は適合と不適合の2つの状態とし、検索結果のテキストを注視する眼球運動の特徴の変化によって、テキストの適合性を示す状態が遷移するモデルを構築して検討した。ただし、一般に HMM の構築には確率論的な状態推移を設定する必要がある、これは容易ではないとされている。

この問題を解決する1つの手法として Shimodaira らは support vector machines (SVM) による状態判別によっても、HMM と同程度の性能が得られることを示した。

SVM とは、パターン識別手法の一つであり、学習データの中で最も他クラスと近い位置にいるもの(これを support vector と呼ぶ)を基準として、そのユークリッド距離が最も大きくなるような位置に識別境界を設定する。つまり、クラスの最端から他クラスまでのマージンを最大にするようにする。これがマージン最大化と呼ばれるものである。

SVM による判別モデルは、適当な訓練データが得られれば作成することができるとされる。すなわち、眼球運動の特徴と状態を定義した訓練データを作成できれば、判別モデルを検討できる。訓練したモデルの性能は、Leave-one-out 法²⁷によって評価された。Leave-one-out 法とは、いくつものモデルを作製したときに、どのモデルが最適であったのかを検討する際に使用する解析方法である。全サンプルから、1つのサンプルを除き、残りのサンプルでモデルを作製したときに、あらかじめ抜いていたサンプルを正確に予測することができるかを検定する方法である。

そこで、この実験では多肢選択課題における確信度の高低を、眼球運動の特徴から SVM にとって判別できる可能性を検討した。

眼球運動の特徴として用いたものは、眼球運動の水平、垂直変位(dx, dy)、注視点間の距離(len)、注視時間(gt)、注視点間の時間(it)である。

Scan-path 分析では、回答選択肢と質問項目との間を移動する水平方向の眼球運動に着目した。そこで、水平変位による識別力を調べるために、注視点間の時間と水平変位の2次元の特徴(it, dx)による性能と、注視点間の時間と垂直変位の2次元の特徴(it, dy)で検討した。その結果、この判別課題に関しては、水平変位よりも垂直変位の方が特徴としては有効であることが示された。

そして、眼球運動の特徴情報として、注視点ごとに5次元の特徴を抽出して、注視点である回答選択に対する被験者の主観的判断の高低を推定した。その結果、注視点間の時間、視線の垂直変位、注視点間の距離の3次元の特徴を含む情報によって、全体として確信度を有意に判別できることを示した。特徴情報の判別性能についての結果を表

²⁷ <http://www.yodosha.co.jp/btjournal/keyword/213.html>

16 に示す.

被験者	Scan path	2-dim(it,dx)	2-dim(it,dy)	3-dim(it,dx,dy)	3-dim(it,dy,len)
A	64.6	47.9	56.3	50	58.3
B	66.7	52.1	77.1	47.9	54.2
C	58.3	60.4	60.4	64.6	64.6
D	79.2	52.1	52.1	68.8	68.8
E	75	54.2	47.9	77.1	75
全体平均	68.8	53.3	61.3	61.7	64.2

表 16 特徴情報による判別性能

■ 眼球運動データを用いた戸惑い状態検出手法の開発と評価

青山らにより、眼球運動データを用いた戸惑い状態検出手法の開発と評価[15]に関する研究が行われた。青山らは、高性能化したコンピュータやシステムに伴い、ユーザがその全体像と全ての機能を把握することが困難になってきたことで、ユーザ自身が行った行為に対する結果が自らの計画したものと異なっていた場合、ユーザは戸惑いやストレスを受ける機会が増加するという状況に着目した。

そこで、この研究ではシステムがユーザの戸惑い状態を察知することにより、ユーザ自身でその状況を打開できるような情報をリアルタイムで提供することを最終目的とした。これによって、ユーザが心的ストレスを受ける機会の減少及び、その程度の軽減の実現を狙った。この実験では、そのようなシステムの開発にあたり、人の戸惑い状態を検出するための手法を開発することを第二の目的としている。

青山らは、視線移動の速度履歴パターンをニューラルネットワーク(NN)の学習によってモデル化することにより、人の戸惑い状態を検出することができる手法を考案した。実験タスクは以下の二通りである。

- ① ネットバンクを模して構築された Web サイトを利用し、振り込み操作を行う際、振込先の支店名が表示されない。
- ② 旅行手配代行サイトを模して構築された Web サイトを利用し、ホテルの宿泊予約をする際、2名を選択したにも関わらず、予約確認画面では7人となる。

上記2つのタスクにおいて、それぞれ 100%、77.4%という比較的高い検出率を得た。

■視線からのユーザ情報の解析 ～翻訳支援システムを題材として～

高木らにより、翻訳支援システムを題材に、視線からのユーザ情報の解析[16]に関する研究が行われた。

これまで、視線を利用したインターフェースの研究は視線追跡装置の発達とともに発展してきた。それらの多くが、視線の高速性と正確性を利用している。Erica システム[17][18]では、凝視によってボタンやメニューを選択することができる。また Jacob のシステム[19]では凝視により、画面上のオブジェクトを選択することができる。また EyeCon[20]も凝視によるメニュー選択を実現したシステムであり、凝視時間によってボタン上のイラストが変化し、ユーザが凝視時間を知ることができるという特長がある。これにより、突然意図しないコマンドが実行されてしまう「Midas Touch Problem」をある程度回避できるようになった。また大野[21]の手法では視線の高速性を利用して、階層メニューを高速に選択できる。これらの手法は従来からのインタラクションスタイルを踏襲した上で視線の特長を生かすことで成功してきた。

一般に視線の動きは、どのように考えたか(思考過程)、どのような知識を持っているのか(知識状態)と密接に関連している。そこで、視線の思考過程と知識状態を示すという特長に着目し、視線からユーザ情報を解析する。

高木らはブラウザライクな検索機能を持った翻訳支援システムのプロトタイプを開発し、ユーザの視線を測定・解析したところ、視線からユーザの英語力、作業の行き詰まり、役に立つ用例と無用な用例の推定に利用可能な視線パターンを抽出することに成功した。

■視線インターフェースにおける選択過程と取得過程の識別

大野らにより、視線インターフェースにおける選択過程と取得過程の識別[22]に関する研究が行われた。

これまで、アイカメラによって利用者の視線をとらえ、コンピュータへの入力情報として用いる視線インターフェースはHCI(Human-Computer Interaction)における新たな媒体として期待されており、様々な研究が行われてきた。初期のアイカメラは精度が悪く利用者への負担も大きかったが、アイカメラの進歩に伴い利用者の負担は減少し、精度も大きく向上した。この結果、視線インターフェースは健常者向けのインターフェースとしても現実味を帯びつつある。

視線インターフェースは大きく2種類に大別される。1つはコマンド型インターフェースと呼ばれ、利用者は視線によってコマンドの選択を行い作業を進めていく。例えば「EyeCon」と呼ばれるアイコンによる選択[23]、階層メニューによる選択[24]などが挙げられる。もう一つは非コマンド型インターフェースと呼ばれ、視線のパターンから利用者の意図を検知する。例えば画面上の注視位置から利用者が興味を持っている箇所を検出し、その情報を元に表示を変更する試み[25]がおこなわれている。日常的にコンピ

ユーザ上でおこなわれる作業の大半にコマンド選択が含まれるため、視線インターフェースにおけるコマンド型インターフェースの応用範囲は広い。しかし、これまでの研究から様々な問題点が指摘されてきた。大きな問題の一つとして”Midas Touch Problem”が知られている。利用者が目的のコマンドを探すために画面のあちこちを見ると片端からコマンドが選択されてしまう問題であり[26]、視線でコマンドを選択する過程(選択過程)と画面上の情報を見る過程(取得過程)が視線の中に混在していることが原因とされている。

一般にはコマンドを一定時間以上注視した時に選択がおこなわれるようにしてこの問題を回避しているが[23,26]、長時間の注視は疲労の原因となり、また選択に一定時間を必要とすることから習熟の妨げとなっている[24]。

この問題は、視線から利用者が選択過程と取得過程のいずれかを行っているのかを識別すれば解決される。しかし、視線運動は様々な要因によって発生し、任意の作業において視線から利用者のおこなっている両過程を特定することは極めて困難である。

そこで大野らは、視線から両過程を特定する試みとして、作業を限定した上で選択過程と取得過程を判別する方法を提案した。題材には一般的に広く利用されている、メニューインターフェースによる選択作業を取り上げ、表示された文章を読みながら文章の表示箇所を操作する局面を想定した。さらに判別方法の利用例として、文章上に操作メニューが配置された透過型メニューインターフェースを試作し、判別方法の有効性を調べるための評価実験を行った。評価実験の結果、大野らは、選択過程と取得過程を視線から判別することで、視線による操作は困難であったインターフェースの構築を実現した。しかし、課題として、使い勝手を一層向上させるためには、被験者によっては判別成功率が低下する問題を軽減する必要があると述べている。具体的には、視線に加えて停留点が算出された場合にはそのデータを用いることで、リアルタイムかつ正確な判別をおこなう割合を高めることを指している。

■注視点計測による読み易さ評価の試み

斎藤らにより、注視点計測による読み易さ評価の試み[27]に関する研究が行われた。この研究では、ある程度長い文章が書かれた Web サイトを閲覧している状況を想定し、その時の文章の読み易さを定量的に評価する方法について若年者を被験者として検討している。具体的には、注視点計測装置により注視点移動を測定し、得られたデータから1文字あたりの平均黙読時間および1行あたりの平均注視時間を算出し、コントラスト変化との関係を調べている。平均黙読時間算出方および平均注視時間算出法は以下に示す。

・平均黙読時間算出法

32文字×12行の文章をディスプレイにフルスクリーンで提示し、文章を2行目から11行目まで読み終えるのにかかった時間を、文字数で割ることにより平均黙読時間を算出する。視線が安定しない1行目と12行目は除外している。

・平均注視時間算出法

注視時間を算出する場合は、注視の定義が重要であるため、注視点x座標の変化が視覚30分以上の急激な視線移動が終わった直後のフレームのx値を基準にし、その後のx座標の変化が連続して視覚30分以内に収まっている状態を注視と定義した。

実験に用いたWebサイトの背景色は全て#FFFFFF(白)で、文字色には輝度の異なる#000000(黒)、#666666(濃い灰色)、#999999(灰色)、#CCCCCC(薄い灰色)の4色を用いた。

被験者の主観評価で最も見やすいと評価された黒文字(#000000)の平均黙読時間で、各文字色の平均黙読時間を除して正規化した。以下に実験結果を示す。

・それぞれのコントラスト

#000000(黒)	85%
#666666(濃い灰色)	81%
#999999(灰色)	60%
#CCCCCC(薄い灰色)	25%

・平均黙読時間の比率(1文字あたり。#000000を基準とする。)

#000000(黒)	1
#666666(濃い灰色)	1.087(8.7%増)
#999999(灰色)	1.091(9.1%増)
#CCCCCC(薄い灰色)	1.156(15.6%増)

・平均注視時間の比率(#000000を基準とする。)

#000000(黒)	1
#666666(濃い灰色)	1.102(10.2%増)
#999999(灰色)	1.118(11.8%増)
#cccccc(薄い灰色)	1.171(17.1%増)

以上の結果、1行あたりの平均黙読時間を占める、平均注視時間の割合はどの色においてもほぼ0.8であり、有意な差は確認されていないが、わずかなコントラストの変化

でも、平均黙読時間に大きな差が出た。

この実験から、#000000>#666666 \geq #999999>>#CCCCCCの順で視認性が高いことが示された。この結果は、斎藤らが行ってきた主観評価による視認性評価および先行研究と一致している。また、斎藤らは、コントラストにあまり差がない#000000と#666666の間にも、平均黙読時間と平均注視時間において明確な差が確認された結果により、この実験の視認性の評価に対する有用性が示唆されたと述べている。

■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

中道らにより、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[28]に関する研究が行われた。

代表的なユーザビリティ評価の手法の一つとしてユーザビリティテストが挙げられる。ユーザビリティテストとは、評価対象をユーザに実際に操作してもらうことで評価する方法である。しかし、ユーザの VTR や発話データなどの記録を分析するには時間を要するため、評価の客観性と効率性のために、Web ページ閲覧時のユーザの振る舞いに関する様々な定量データを記録し、それらを利用した評価支援手法が提案されている。この手法により用いられる定量データには、操作に要する時間、マウスの動き、視線の動きなどが挙げられる。操作に要する時間としては、ページ参照時間、タスクの作業時間、操作間の時間間隔が、マウスの動きとしては、マウスカーソルの移動距離やクリックの位置等が挙げられる。また、視線の動きとして、視線の軌跡、視線の移動距離、視線の移動速度等が研究されてきた。中道らは、この評価支援法はユーザにとって使用しにくい箇所等を具体的に指摘する方法であると述べている。

それに対し、この研究で行われた実験は、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である。実験の目的は、定量データから問題のある部分を探すのではなく、問題のあるページを探すというものである。

この実験では、専門家による細かい分析をする前に、その分析の対象となるページを絞ることで、作業の効率を向上させることを狙いとしている。実験で用いられた定量データを以下に示す。

この実験において定量データ

- ・滞在時間(sec) : ある Web ページを見始めてから別の Web ページに遷移するまでの時間
- ・マウス移動距離(pixel) : 画面上のマウスカーソルの移動距離
- ・マウス移動速度(pixel/sec) : =マウス移動距離 / 滞在時間
- ・ホイール回転量(Delta) : マウスホイールの回転量
- ・注視点移動距離(pixel) : 画面上の注視点移動距離
- ・注視点移動速度(pixel/sec) : =注視点移動距離 / 滞在時間

実験内容は、ある企業のホームページのトップページから始め、その企業の初任給を見つけるまで続けるというものであり、被験者は10名であった。初任給を見つけた後、被験者が訪れたページビュー(ある被験者がある Web ページを一回閲覧する行為)を閲覧しながら、使いにくい、どちらかといえば使いにくい、どちらかといえば使いやすい、使いやすい、わからないの5段階で使いやすさを答えてもらった。

また、被験者が閲覧した275 ページビューのうち、注視点を正確に計測できなかった75 ページビューと、被験者が使いやすさを「わからない」回答した8 ページビューを除いた192 ページビューにおける各定量データを有効とした。

定量データごとに「使いにくいページビュー」の判別分析を行った結果、注視点移動速度の検出力が最も高く、77.8%(14/18 ページビュー)であった。さらに、注視点移動速度とマウスのホイール回転量による検出を行うことで、検出力が94.4%(17/18 ページビュー)となった。これにより、マウスホイールを多用する被験者は注視点の移動が少ないということが示唆されている。

以下に、リサーチ会社により提案された、視線分析を用いた新たなマーケティング手法を紹介する。

■エモーション・トラッキングサービス

デジタルフォレスト社によるエモーション・トラッキングサービスは、従来のアイ・トラッキング（視線追跡）に加え、瞳孔の開閉などの生理現象を活用し、ユーザーが何にどの程度の興味関心を持ったのかを計測し、分析するサービス²⁸である。

このサービスにより、自発的に回答をさせるアンケート調査では発掘できない、無意識レベルの興味関心度を拾い上げ、ユーザーの本音を引き出すことで、サイトのコンテンツや表現方法の課題を発見することが可能になる。また、ユーザーの導線をページレベルではなく視線レベルで追跡し、ユーザーが実際に興味関心を抱いた具体的なメッセージやクリエイティブを客観的に把握することで、動画などのリッチコンテンツを含む Web サイトでの最適な表現（キラー・エクスペッション）が導き出される。また、このサービスにより、クリエイティブの効果検証、キラー・エクスペッションの発掘、問題コンテンツの発見が可能になるため、主な活用シーンとしては、バナーや動画広告のブランディング効果測定や、BtoC サイトの効果検証、ユーザビリティテスト等が考えられる。Fig.25 に、エモーション・トラッキングサービスの使用例を示す。

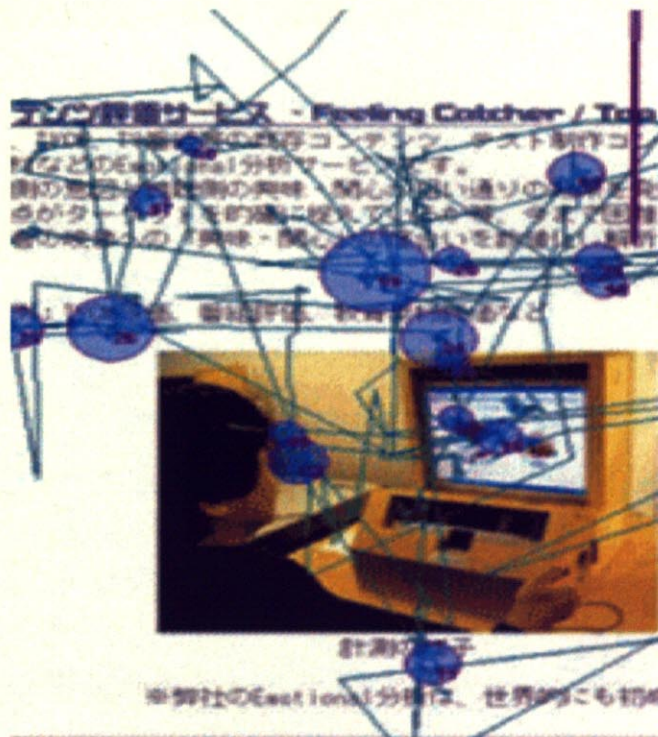


Fig 25 エモーション・トラッキングサービスの使用例

²⁸ <http://www.digitalforest.co.jp/consulting/emotion-tracking.html>

■アイトラッキング分析サービス

イー・エージェンシー社によるアイトラッキング分析サービスとは、ユーザの視線の動き・注視度を特殊な機会を使って可視化し、Web サイトの強みや問題点を浮かび上がらせる脚注サービスである。

アイトラッキング分析では、ユーザーの Web サイト操作時の視線の動きや注視度を計測結果を分析することで、そのサイトに求められているニーズや Web サイト上の問題点を抽出する。また、イー・エージェンシー社がアイトラッキング分析に使用する Tobii 社の「アイ・トラッカー」は、赤外線照射器、制御回路を内蔵したモニターで構成されている。

アイトラッキングによりユーザーの Web 上の行動を可視化し、分析を行った例として、Fig.26 に視線追跡分析例、Fig.27 に注目エリア停留時間分析例を示す。

Fig.26 のように視線追跡分析を行うことで、ユーザが見ている箇所、見ている順番、見ている時間の長さを視覚化され、注目してほしい箇所が実際にはどのように見られているかを検証することができる。また、Fig.27 のように注目エリア停留時間分析を行うことで、複数のユーザが注視していたエリアを視覚化することが出来、より精度の高い分析が可能になる。



Fig 26 視線追跡分析

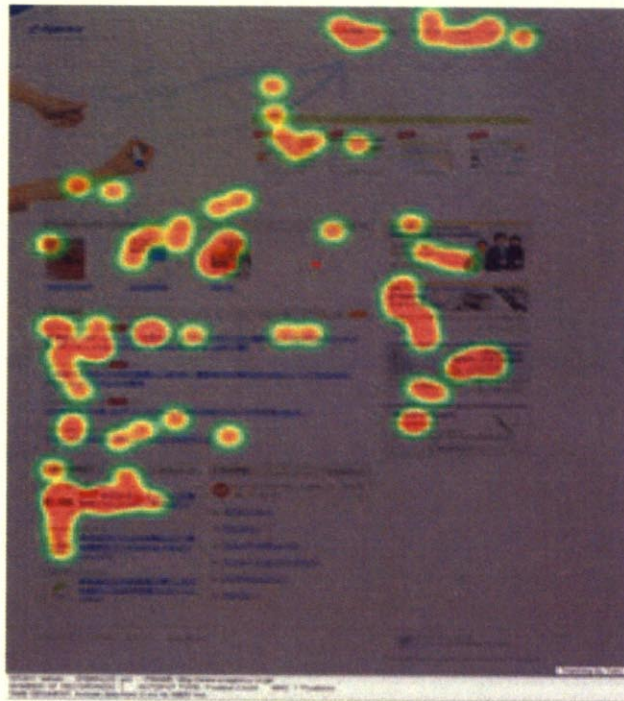


Fig 27 注目エリア停留時間分析

また、アイトラッキング分析サービスの利用シーンとして、WEB サイトの問題点の発見や、WEB サイトリニューアル時のプロトタイプ検証などが考えられる。このサービスにより、専門家の経験値やアクセスログ分析といった分析手法では、特定できない、あるいは見過ごしがちな問題発見が可能となる。また、WEB サイトリニューアル時のプロトタイプ検証の際、異なるバージョンのページを用意し、それぞれユーザーのレスポンスを計測し、より成果が出ていた方を選択する A/B スプリットテスト²⁹にアイトラッキング分析を応用することで、ユーザー心理も加味したプロトタイプ検証が可能になる。

²⁹ <http://seo.ds-style.com/conversion-rate-optimization/>

3-1-2 目的

視線追跡機を併用した Web アンケート評価実験の目的は以下の二点である。

- 1, 意思決定時のマウス軌跡の特徴と有用性の評価
- 2, 文字強調効果の検証

目的1では、実験1で確認することの出来なかった意思決定時のマウス軌跡の特徴を、視線とマウス軌跡の関連性を調べることにより評価する。また、同時に、マウス軌跡解析の有用性を再評価する。

次に目的2では、アンケート回答時の視線の動きをマウス軌跡に反映させるために行った文字強調の工夫の効果を、視線とマウス軌跡の数値データを直接比較することで検証する。

3-1-3 システム概要

実験2では実験1で採用したシステムと同様、マウスの位置を JavaScript によって取得し、Ajax によりサーバへデータを送信、perl を用いてデータベース化するシステムを採用しているが、これに加え視線追跡機を併用することで、マウス軌跡を取得すると同時に回答中の視線データを取得した。

また、今回使用した視線追跡機は竹井機器工業株式会社の TalkEye 2 T.K.K.2940 であり、デスクトップ処理機(T.K.K.2940b)と据え置き型のカバー型トラッキング検出器(T.K.K.2940g)を使用した。Fig.28, 表 17 にデスクトップ処理機の外形及び仕様を、また、Fig.29, 表 18 に据え置き型カバー型トラッキング検出器の外形及び仕様を示す。



Fig 28 デスクトップ処理機の外形

分解能	0.1 度
サンプリング時間	60Hz / 30Hz 選択可
測定遅延時間	1 フレーム以内
データメモリ数	200,000 個 (約 55 分 : 60Hz サンプリング) (約 110 分 : 30Hz サンプリング)
データ保存形式	テキスト形式(.csv)
取得データ	眼球運動角(X,Y), 瞳孔径(dot), 瞬きのデータ
刺激映像入力	NTSC (コンポジット)
刺激映像出力	NTSC (コンポジット.S)
画像記録出力	アナログ RGB

表 17 デスクトップ処理機の仕様

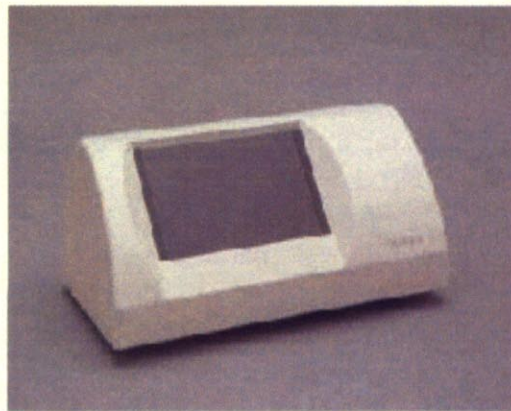


Fig 29 据え置き型カバートラッキング検出器の外形

検出方法	眼球映像画像処理方式
眼球撮影カメラ	CCD カメラ
検出眼	単眼(左右の任意選択可)
検出距離範囲	0.5~1.5m (条件により変化)
検出角度範囲	水平垂直とも±20 度 (セッティング条件により制限あり)
トラッキング範囲	左右 各 18 度, 上 25 度, 下 5 度
寸法	約 350(W)×191(D)×150(H)mm
質量	約 4.0kg
電源	DC16V (AC アダプター付 100~240V)
消費電力	約 30W

表 18 据え置き型カバートラッキング検出器

また、本製品による視線方向の検出原理はプルキンエ像—瞳孔中心画像処理方式であり、プルキンエ・サンソン像と瞳孔の中心を同時計測し、その位置関係から「眼球運動角」を算出している。なお、プルキンエ・サンソン像とは、眼球に微弱な赤外線を照射したときに生じる角膜や水晶の屈折面に光源の反射像であり、この反射像は、眼球運動において瞳孔に対し動きが少ない特性がある。また、プルキンエ・サンソン像と瞳孔の中心の抽出には、正規化相関法によるパターンマッチングや自動閾値設定などの高速画像処理を使用している³⁰。以下に、視線方向の検出原理及び、その他の特徴について、Talk-eye II の概要を示す。

■Talk Eye II の概要

1. 特徴点の抽出

視線方向を求める方法として、本装置では基準となる特徴点を基に、眼球の移動量を計測し、その変化量から算出する方法を取っている。本製品においては、抽出が比較的容易であることから、瞳孔とプルキンエ像の2点を使用している。Fig.30 に眼球の形態を示す。

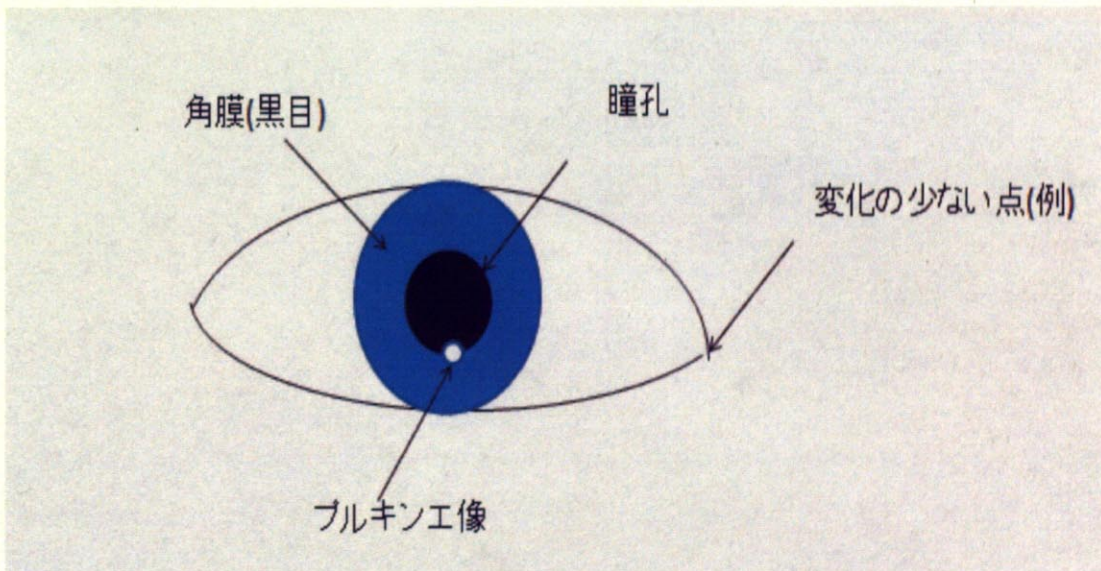


Fig 30 眼球の形態

³⁰ <http://www.takei-si.co.jp/product/eyeball/eye2940.htm>

2. 特徴点座標の算出

抽出される瞳孔とプルキンエ像は、その位置により様々な形状で、ある範囲を持っている。そこで撮影されていた画像より、画像処理技術を利用して、2点の中心座標を高速に、より正確に求める必要がある。

(I) 瞳孔の中心座標を抽出

座標の抽出では、正規化相関法によるパターンマッチングを行っている。この方法では、まず座標抽出を行う前にその人の眼球映像を「テンプレート取込み」によって記憶し、撮影された映像の中から記憶された映像と一番近い画像位置を求めている。さらに画像ごとの濃度分析を考慮し、詳細な中心位置を算出している。Fig.31 にテンプレート例を示す。

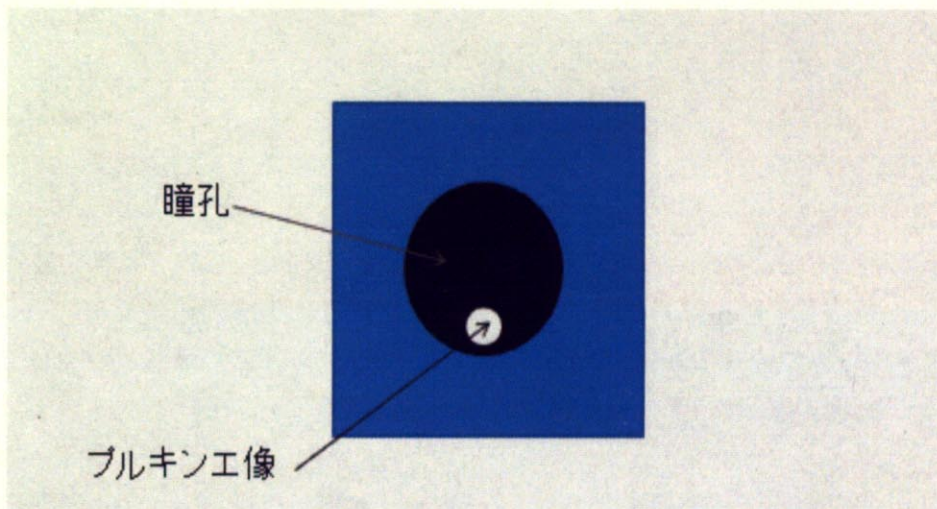


Fig 31 テンプレート例

(II) プルキンエ像の中心座標を抽出

瞳孔中心を求める際に使用したテンプレート領域内で、輝度の高い部分の重心位置を中心座標としている。テンプレート領域内を検索範囲とするため、外来光の反射や眼鏡の反射光等、他の高輝度点の影響をより少なくすることができる。

3, 視点の算出

求められた瞳孔とプルキンエ像の中心位置の変化より, カメラ座標における視線方向の算出, およびディスプレイ座標への変換を行う。

(I) 較正

較正用視標もしくは刺激提示用ディスプレイ上に, 較正用の視標を順に点灯させる。その時の各特徴点の中心座標を求め, その相対座標位置と較正視標位置の換算係数を算出する。

(II) 視線方向の算出

特徴点の相対座標位置と較正により求めた換算係数より, 視線方向を算出する。

(III) ディスプレイ座標への変換

求められた視線方向を, 視野映像もしくは刺激映像の座標に変換し, 視点位置の表示を行う。

4, 較正理論

較正には, 簡易な測定を目的とした2点較正法(○の示す点), 標準的に使用される5点較正法(○, □の示す点), 各4隅の精度向上を目的とした9点較正法(○, □, ●の示す点)が用意されていて, 各較正点における較正視標位置と特徴点の中心座標の相対座標位置より, 換算係数が算出される。

2点較正法では簡易にZERO補正とGAIN補正を, 5点較正法ではZERO補正と各象限での個別GAIN補正および回転補正を, さらに9点較正法では四隅の歪み補正を行うための換算係数を算出している。

また, 較正平面は2次元座標系であるのに対し, 視線は斜交座標系であるので, 両座標系を変換する換算係数を求める。これによって視線角度を求めることができる。

5, トラッキング機能

トラッキング機能を持った検出器では, 以下のような制御を行っている。眼球を撮影するカメラには, 撮影できる範囲がある。被験者の姿勢の変化などにより, 撮影範囲から眼球が外れず, 常に眼球位置を撮影範囲内に収めるよう, トラッキング操作を行う必要がある。

内部的に設定されたトラッキング操作領域外に瞳孔中心が出た場合, 眼球が画面中央に入るように眼球撮影を制御する。

6, 検出器の種類

検出器には大きく分けて4種類あり, その特徴は以下のようになる.

- ・ヘッドセット検出器・・・軽量で装着しやすく, 拘束感を少なくした検出器である. この検出器を使用した測定では, 実視野を対象とした「カメラ式」の計測のほか, モニターを対象とした「モニター式」の測定を行うことができる.
- ・ゴーグル検出器・・・速い動きでもズレの少ない構造の, 装着タイプ検出器. この検出器を使用した測定では, 実視野を対象とした「カメラ式」の測定のほか, モニターを対象とした「モニター式」の測定を行うことができる.
- ・カバー型トラッキング検出器・・・トラッキング機構のついた非接触タイプの検出器であり, トラッキング時でもカメラの動きがわからない構造となっている.
- ・小型トラッキング検出器・・・トラッキング機構のついた非接触タイプの検出器. カメラの動きはわかるが, 検出部分が小型な形状となっている.

3-1-4 アンケート方式およびアンケート内容

■アンケート方式

アンケート方式は実験1と同様, 複数回答可能の選択式アンケート及び順位付けアンケートからなる. 一つの質問に対し, 最初のページで複数回答可能の選択式アンケート, 次ページで同質問に対しての順位付けアンケートを設置してある. すなわち, 2ページで1セットの構成になっている.

また, 実験2の被験者は大学生・大学院生, 文理問わず計10名とした.

■アンケート内容

実験2のアンケートでは, 環境に対する意識調査についての質問が計5問, 計10ページから構成される. 具体的なアンケート内容は表19の通りである.

	カテゴリ	問題内容	選択肢内容
1 問目 P1, 2	社会問題	重要だと思う環境問題は？	1 地球温暖化・CO2 排出量・異常気象, 2 環境・化学物質汚染・農薬問題, 3 森林破壊, 4 生態系の破壊, 5 不法投棄・不法行為, 6 資源枯渇問題
2 問目 P3, 4	社会問題	日頃環境のために取り組んでいることは何ですか？	1 リサイクルできるものは回収に出す, 2 電気・ガスなどのエネルギーの消費を抑える, 3 簡易包装の商品を選んだり余分なレジ袋をもらわない, 4 公共交通機関を積極的に利用する, 5 リサイクル用品を積極的に利用する, 6 環境保護団体への参加や支援
3 問目 P5, 6	社会問題	どうすれば意識的に省エネに取り組む人が増えると思いますか？	1 簡単且つ継続的に取り組める方法を探す, 2 企業が省エネ商品を多く開発し販売する, 3 省エネにより得られる効果を分かりやすく表示する, 4 学校でのエネルギー教育を充実させる, 5 省エネ取り組みに対し行政が補助を行う, 6 省エネ等で省エネに関する規制を強化する
4 問目 P7, 8	社会問題	日本において地球環境問題に取り組む主体はどこであると思いますか？	1 国, 2 個人, 3 企業, 4 自治体
5 問目 P9, 10	社会問題	環境の改善のための取り組みで何が効果的だと思いますか？	1 環境教育, 2 法的規制, 3 環境税, 4 世論へ訴えかける

表 19 実験2のアンケート内容

3-2 分析結果

回答確信度・回答に対する潜在意識を評価し、本研究で提案したマウス軌跡解析モデル及び既存統計手法を用いて得られたアンケート分析結果及び視線追跡機により取得した視線データの分析結果を以下に示す。

3-2-1 視線とマウス軌跡の関連性

Web アンケート回答時のマウスの軌跡の特徴を調査するため、視線とマウスの y 座標時系列データをグラフ化することで、視線の動きとマウス軌跡の関連性を定性的に評価した。なお、グラフは1つの質問に対し、選択式アンケートと順位付けアンケートの2つ存在するため、各グラフに対して評価を行っている。また、選択式アンケートと順位付けアンケートの各々のグラフを比較評価することで、文字強調の有無とマウス軌跡の関連性についても評価することを試みた。以下にそのグラフ及び分析結果を示す。

なお、被験者は全部で10名であるが、視線追跡機によって視線を測定する際、個人によってノイズ量の大小が異なるため、今回の定性評価に用いるグラフは比較的ノイズが少ないものを適宜取捨選択した。表20にその対応関係を示す。

質問番号	分析した被験者
Q 1	gakusei1, gakusei2, gakusei3, gakusei4, Fgakusei2, Fgakusei3 6人分, 計12例
Q 2	gakusei1, gakusei2, gakusei3, gakusei4, gakusei6, Fgakusei1 Fgakusei3, Fgakusei4, 8人分, 計16例
Q 3	gakusei2, gakusei3, gakusei6, Fgakusei1, Fgakusei3 5人分, 計10例
Q 4	gakusei1, gakusei2, gakusei3, gagakusei6, Fgakusei1, Fgakusei2 6人分, 計12例
Q 5	gakusei1, gakusei2, gakusei6, Fgakusei1, Fgakusei2, Fgakusei4 6人分, 計12例

表 20 定性評価に用いたグラフ

■ Q 1, 「重要だと思う環境問題は？」

以下に、各被験者の Q 1 回答時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフを示す。グラフは選択式アンケートと順位付けアンケートに対し存在し、左側が選択式アンケート、右側が順位付けアンケートのグラフになっている。なお、グラフの鉛直軸は画面左上から何ピクセル離れているかの値、水平軸は時系列で、30 コマで 1 秒を示している。

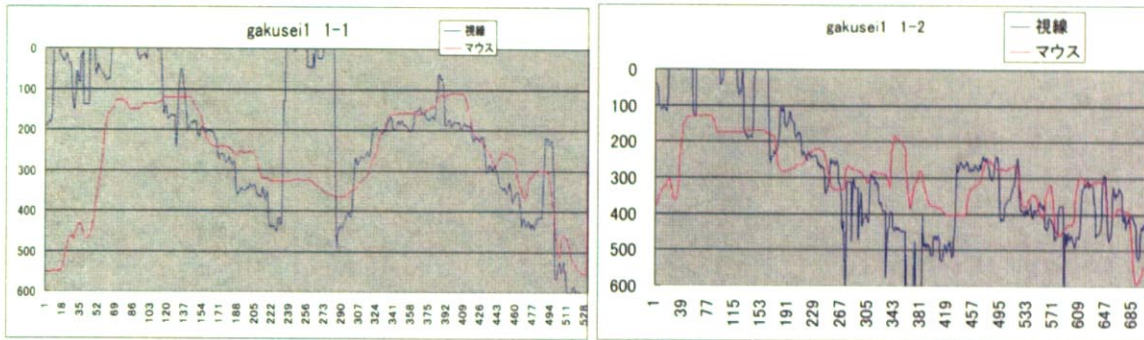


Fig 32 gakusei1 の Q 1 回答時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

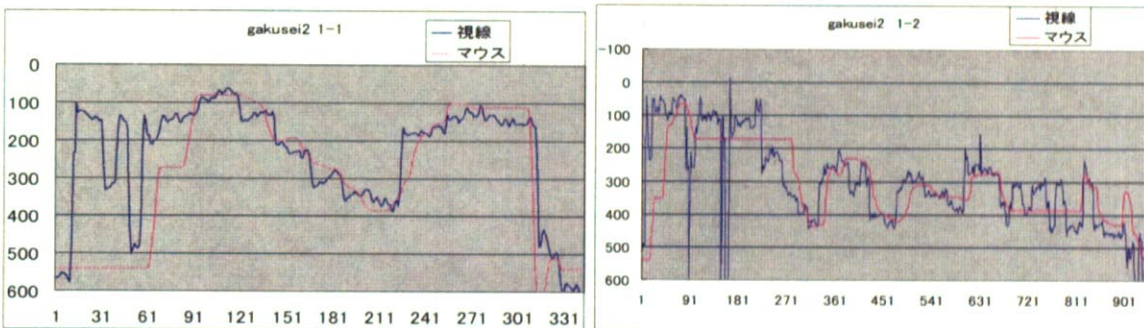


Fig 33 gakusei2 の Q 1 回答時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

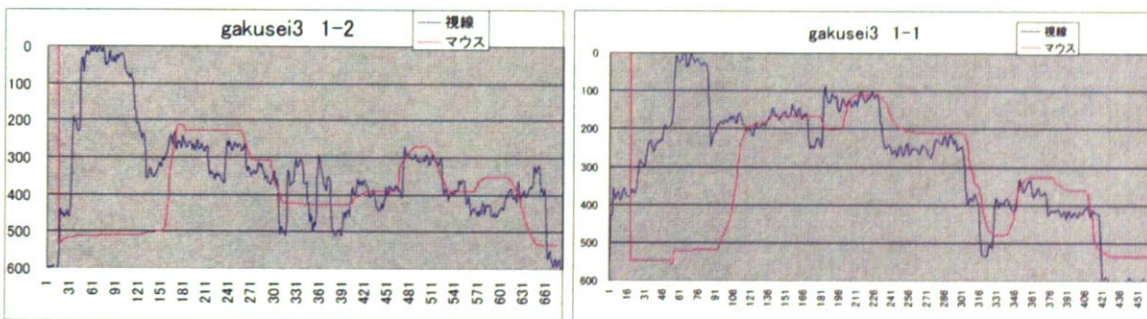


Fig 34 gakusei3 の Q 1 回答時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

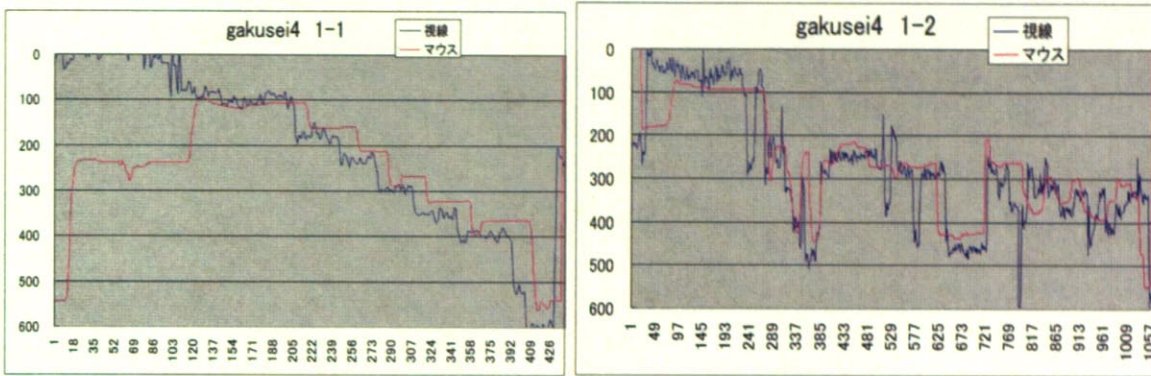


Fig 35 gakusei 4 の Q 1 回当時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

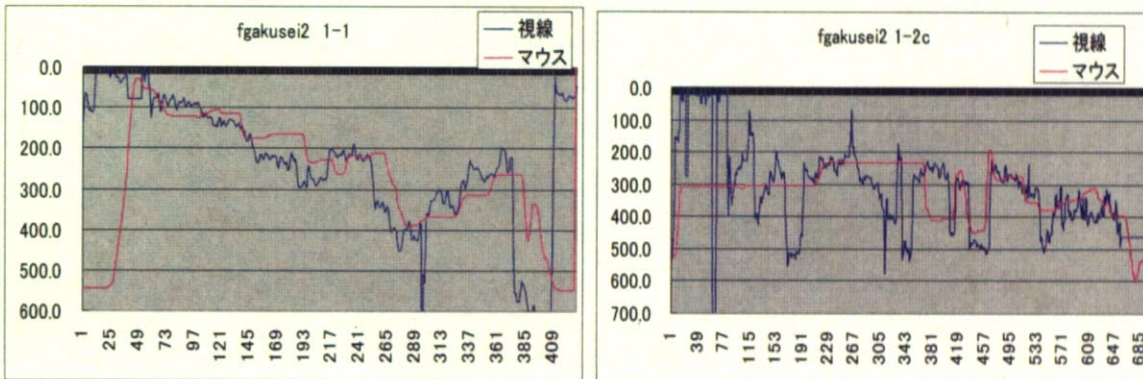


Fig 36 fgakusei 2 の Q 1 回当時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

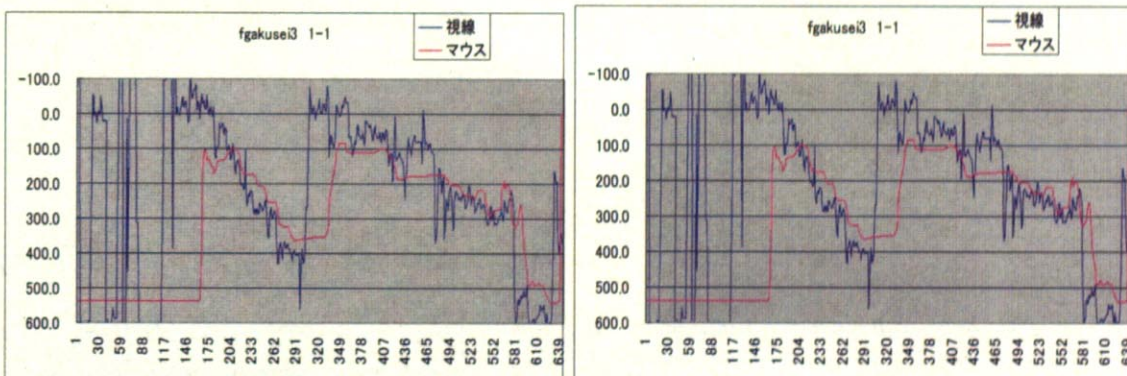


Fig 37 fgakusei 3 の Q 1 回当時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

■ Q 2, 「どうすれば意識的に省エネに取り組む人が増えると思いますか？」

以下に、各被験者の Q 1 回答時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフを示す。グラフは選択式アンケートと順位付けアンケートに対し存在し、左側が選択式アンケート、右側が順位付けアンケートのグラフになっている。なお、グラフの鉛直軸は画面左上から何ピクセル離れているかの値、水平軸は時系列で、30 コマで 1 秒を示している。

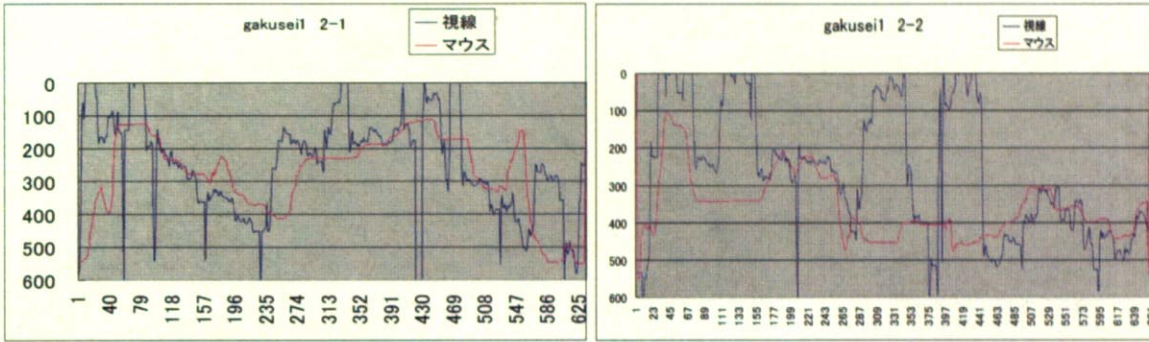


Fig 38 gakusei 1 の Q 2 回答時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

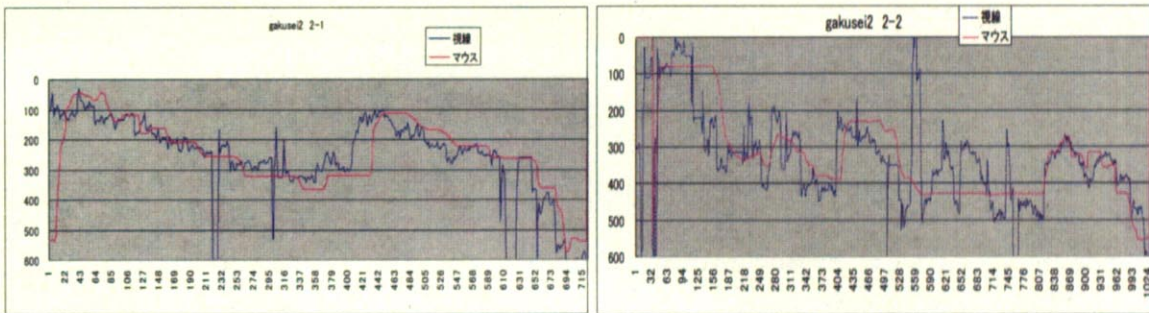


Fig 39 gakusei 2 の Q 2 回答時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

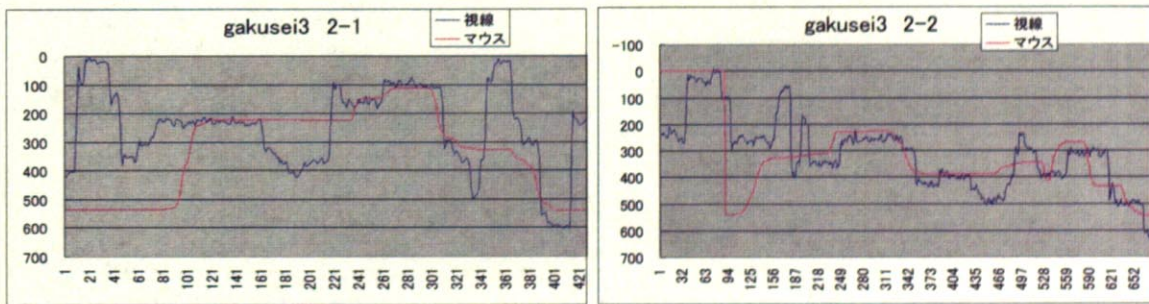


Fig 40 gakusei 3 の Q 2 回答時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

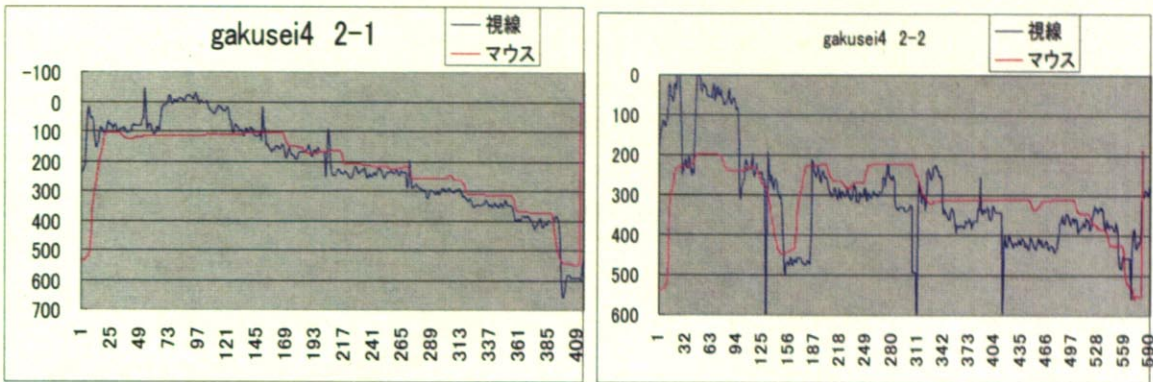


Fig 41 gakusei 4 の Q 2 回当時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

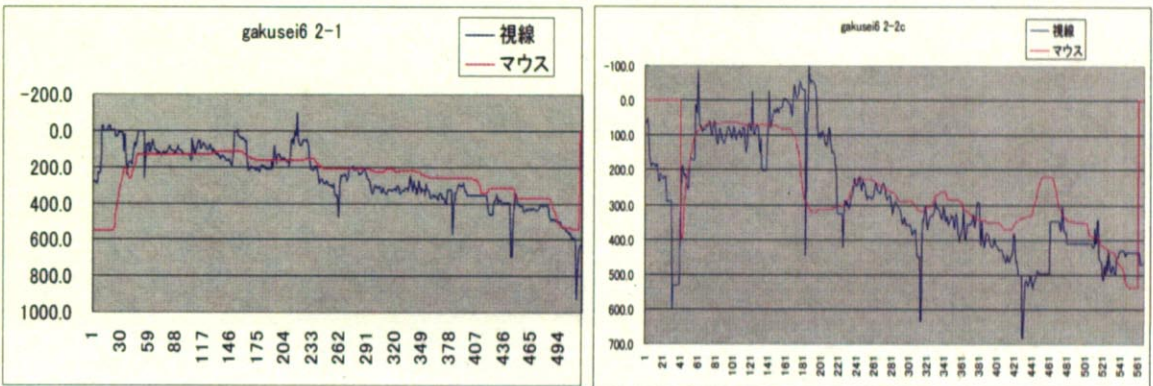


Fig 42 gakusei 6 の Q 2 回当時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

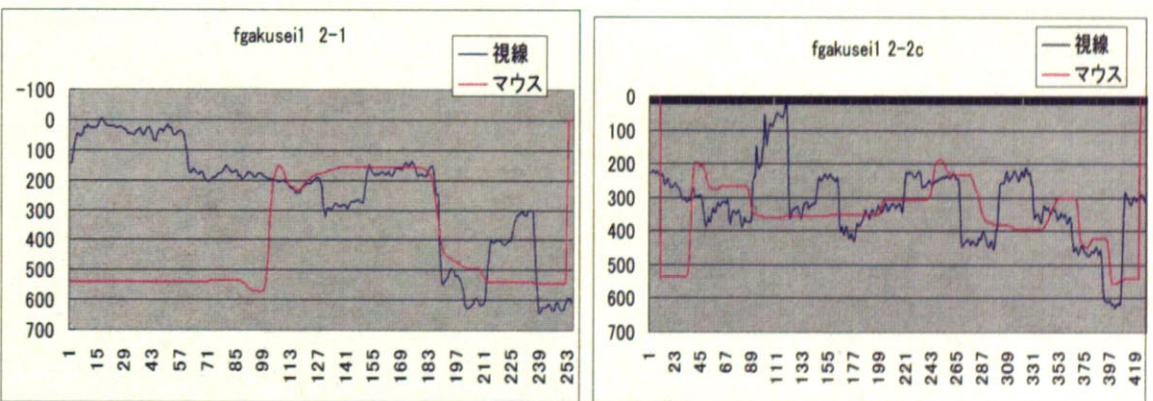


Fig 43 fgakusei 2 の Q 2 回当時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

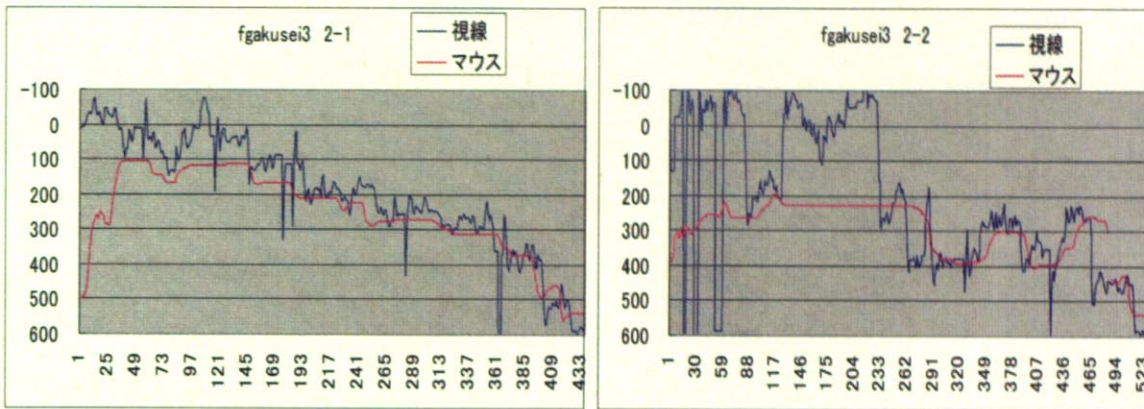


Fig 44 fgakusei 3 の Q 2 回当時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

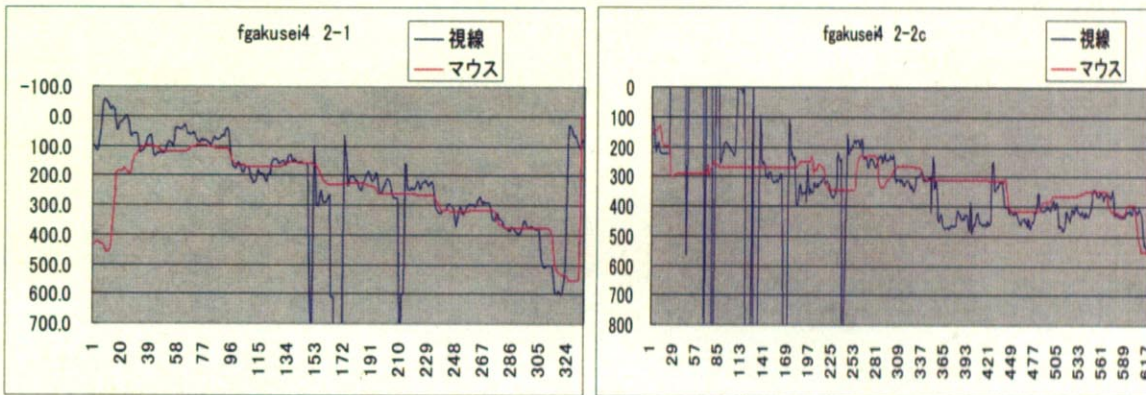


Fig 45 fgakusei 4 の Q 2 回当時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

■ Q 3, 「日頃環境のために取り組んでいることは何ですか？」

以下に、各被験者の Q3 回答時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフを示す。グラフは選択式アンケートと順位付けアンケートに対し存在し、左側が選択式アンケート、右側が順位付けアンケートのグラフになっている。なお、グラフの鉛直軸は画面左上から何ピクセル離れているかの値、水平軸は時系列で、30 コマで 1 秒を示している。

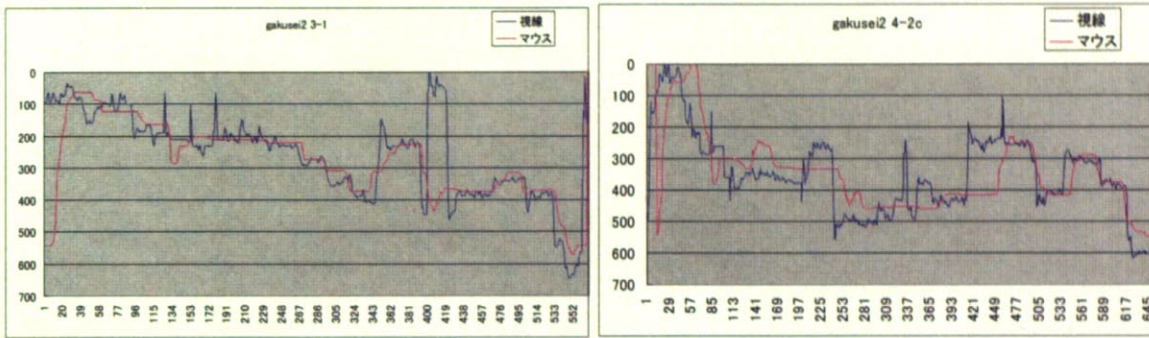


Fig 46 gakusei 2 の Q3 回答時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

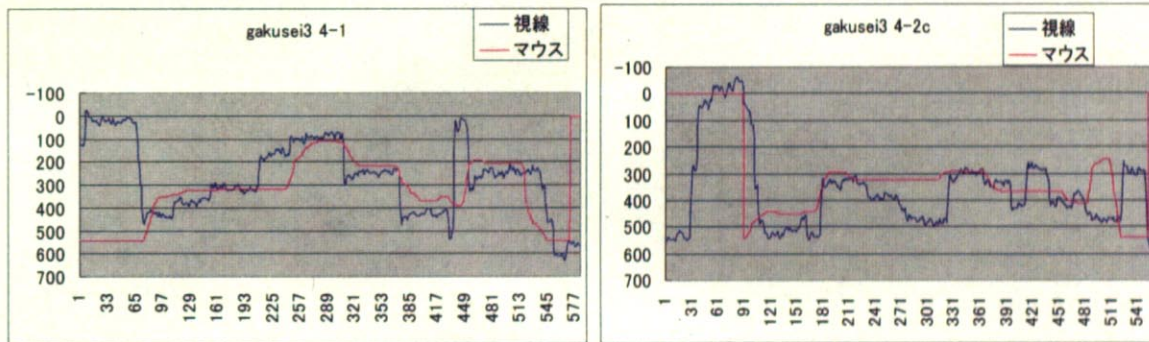


Fig 47 gakusei 3 の Q3 回答時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

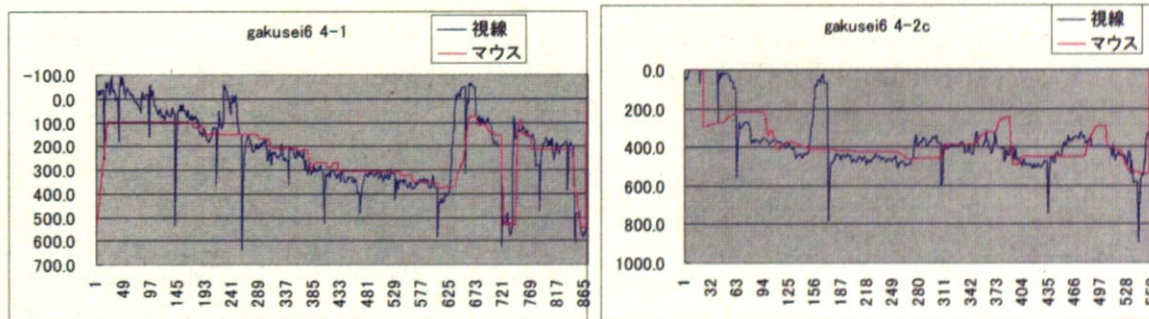


Fig 48 gakusei 6 の Q3 回答時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

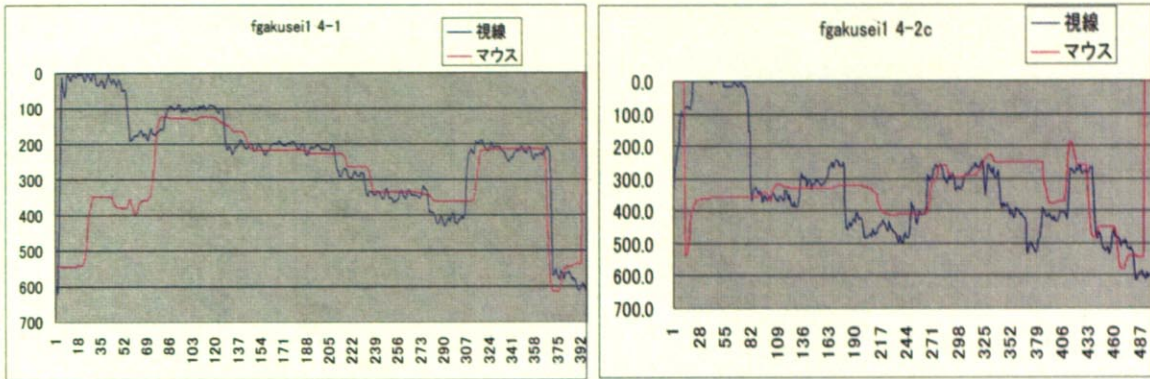


Fig 49 fgakusei 1 の Q3 回当時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

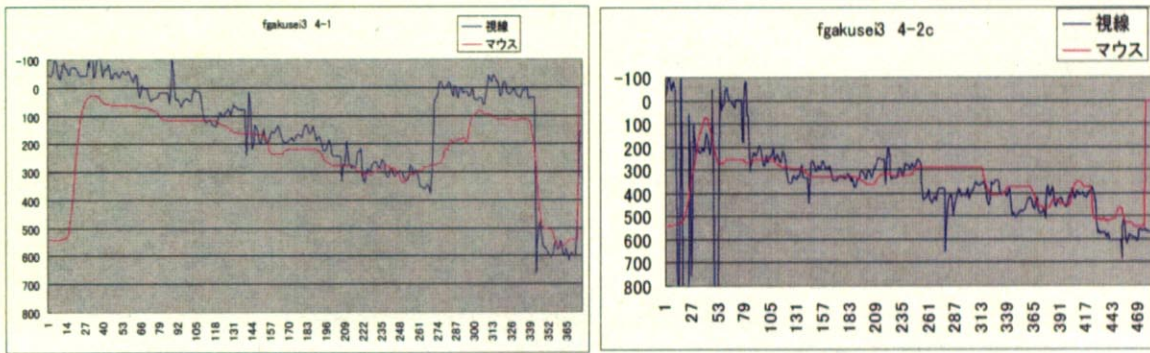


Fig 50 fgakusei 3 の Q3 回当時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

■ Q 4, 「地球環境問題に取り組む主体はどこであると思いますか？」

以下に、各被験者の Q4 回答時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフを示す。グラフは選択式アンケートと順位付けアンケートに対し存在し、左側が選択式アンケート、右側が順位付けアンケートのグラフになっている。なお、グラフの鉛直軸は画面左上から何ピクセル離れているかの値、水平軸は時系列で、30 コマで 1 秒を示している。

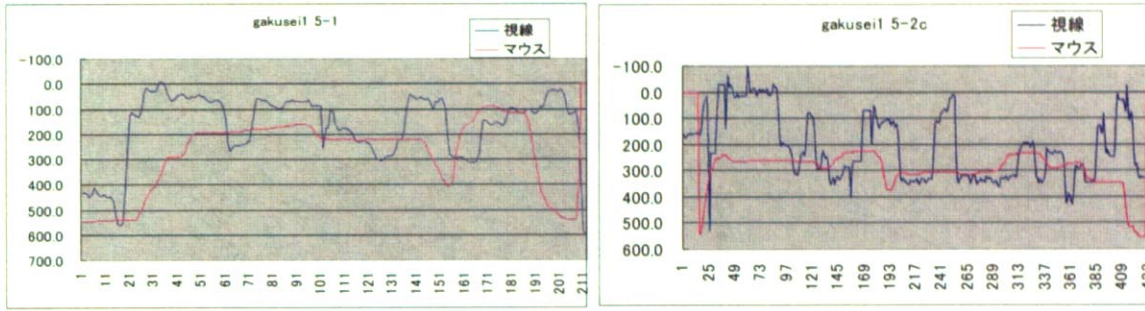


Fig 51 gakusei 1 の Q4 回答時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

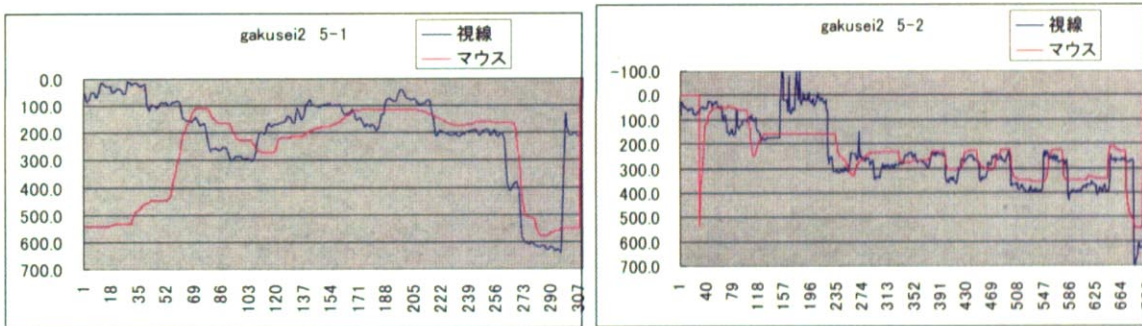


Fig 52 gakusei 2 の Q4 回答時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

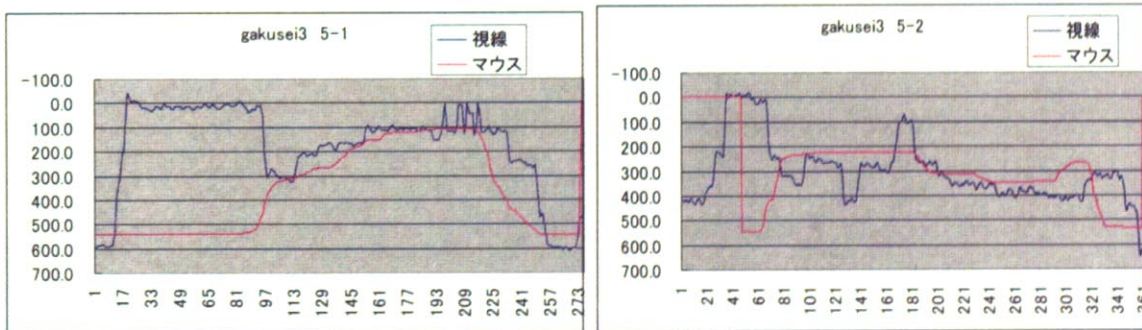


Fig 53 gakusei 3 の Q4 回答時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

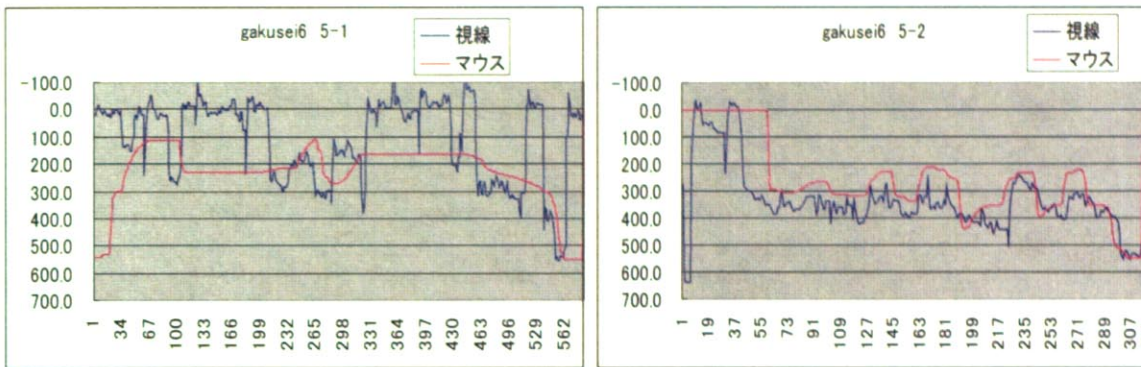


Fig 54 gakusei 6 の Q 4 回当時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

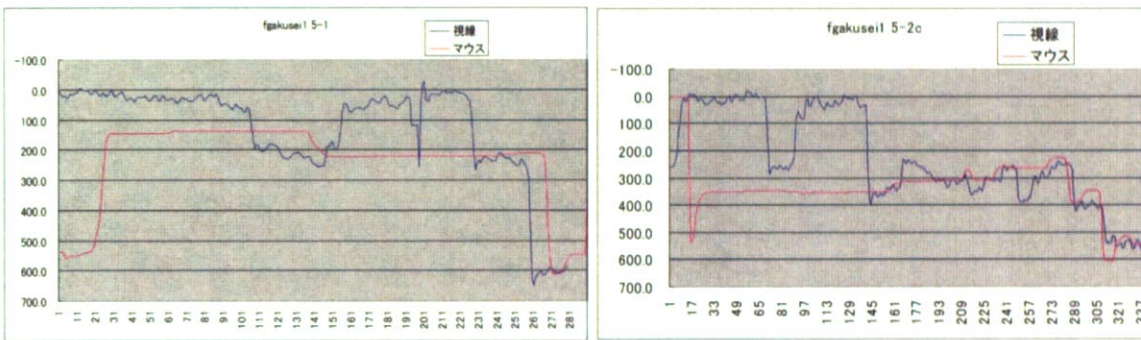


Fig 55 fgakusei 1 の Q 4 回当時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

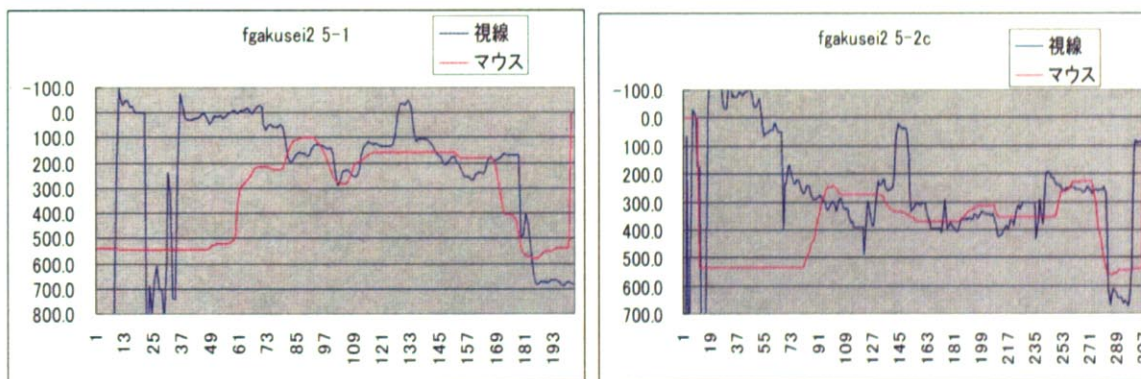


Fig 56 fgakusei 2 の Q 4 回当時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

■ Q 5, 「環境の改善のための取り組みで何が効果的だと思いますか？」

以下に、各被験者の Q 5 回答時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフを示す。グラフは選択式アンケートと順位付けアンケートに対し存在し、左側が選択式アンケート、右側が順位付けアンケートのグラフになっている。なお、グラフの鉛直軸は画面左上から何ピクセル離れているかの値、水平軸は時系列で、30 コマで 1 秒を示している。

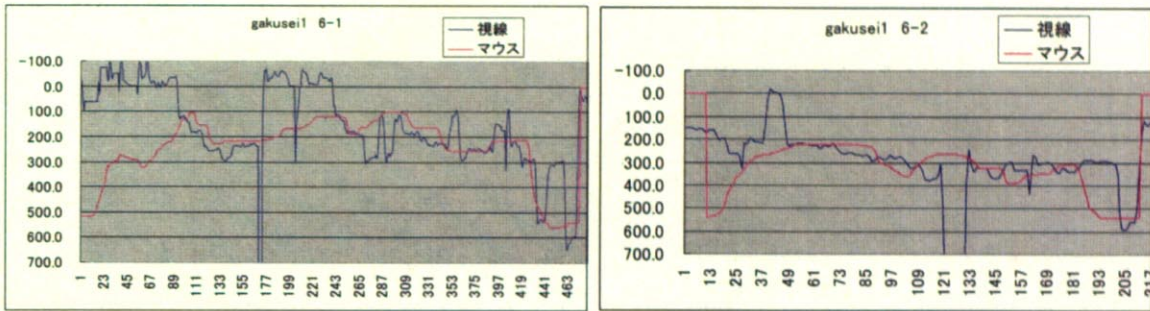


Fig 57 gakusei 1 の Q 5 回答時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

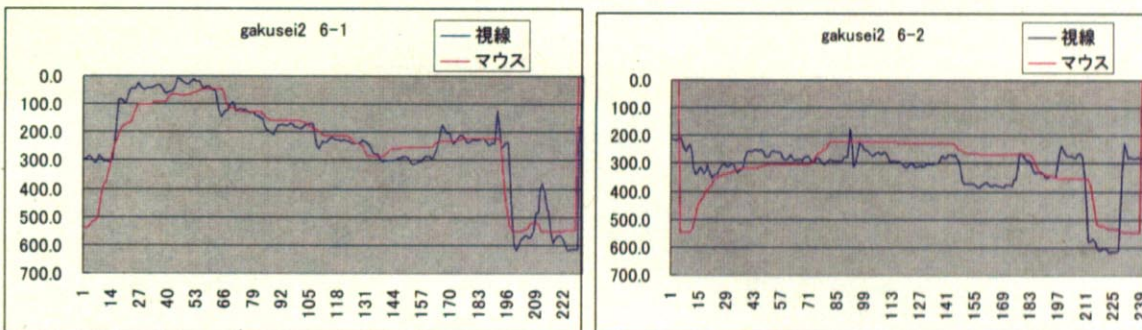


Fig 58 gakusei 2 の Q 5 回答時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

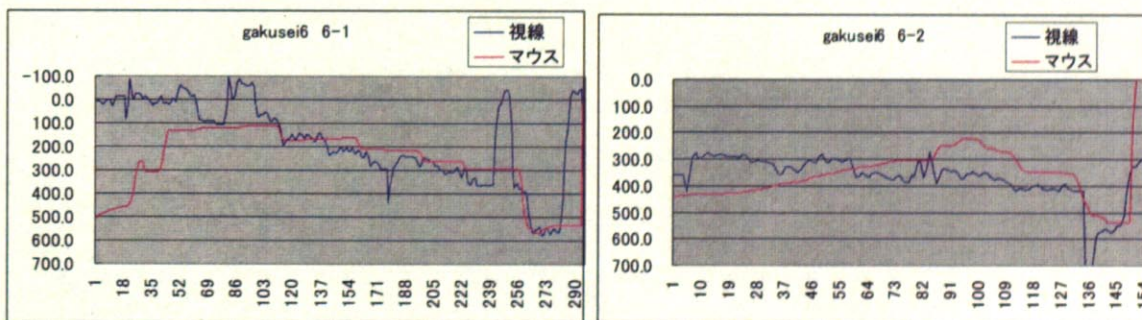


Fig 59 gakusei 6 の Q 5 回答時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

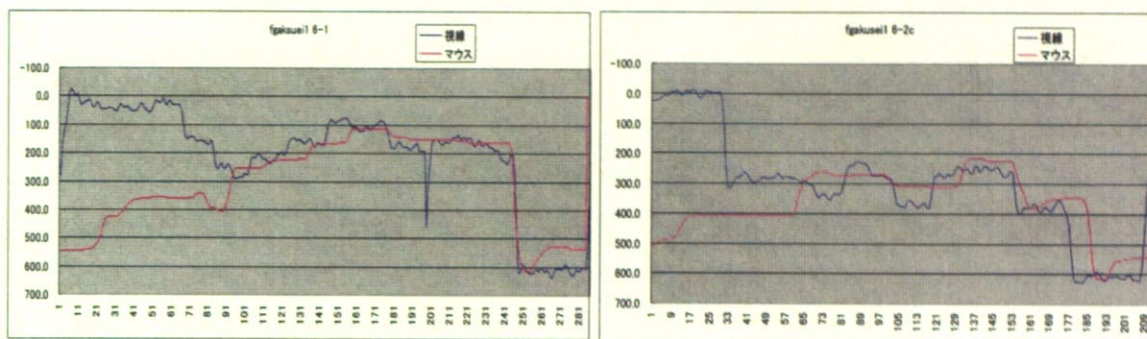


Fig 60 fgakusei 1 の Q5 回当時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

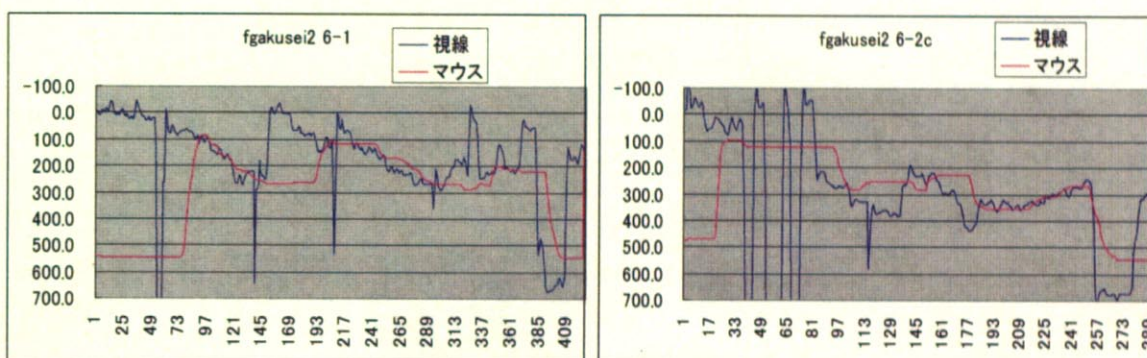


Fig 61 fgakusei 2 の Q5 回当時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

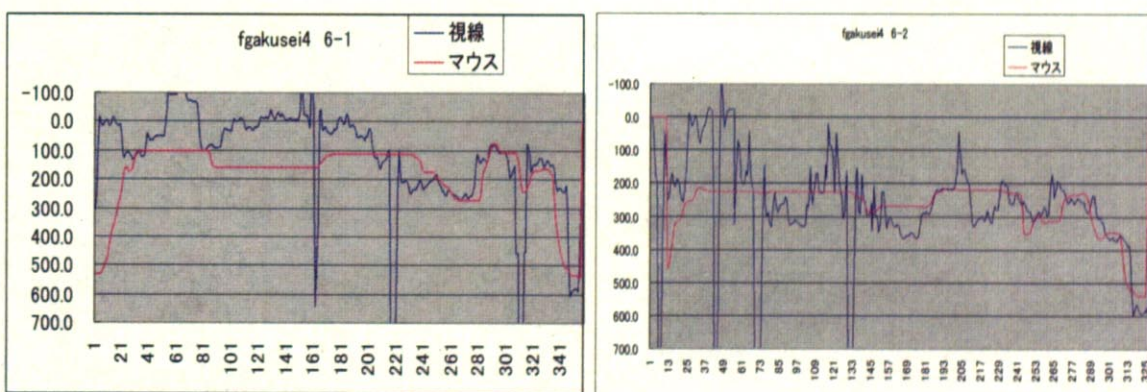


Fig 62 fgakusei 4 の Q5 回当時の視線とマウスの y 座標時系列データのグラフ

■分析結果

まず、左の選択式アンケートのグラフでは、基本的に視線の動きとマウスの動きが類似していて、視線が遷移するタイミングとマウスが遷移するタイミングにずれが見られている。個別に見ると、特に *gakusei4* の Q1 回答時、*gakusei2* の Q2 回答時、*fgakusei* の Q3 回答時などは、回答時のマウスと視線の動きの類似度が特に高く、選択肢部分に視線とマウスが遷移して以降は、視線の動きをマウスが追跡する形になっている。

しかし、質問の後半 Q4, 5 に入ると、*fgakusei1* の Q4 回答時、*fgakusei2* の Q5 回答時のように、このような特徴を持たない動きが度々見られるようになり、視線とマウスの動きの間に関連性があまり無いような場合もある。

また、*gakusei2* の Q1 のグラフや *gakusei2* の Q3 のグラフなどを見ると、回答中、視線が画面上部に移る箇所があるが、これは問題文を確認するための視線の動きだと考えられる。その期間、マウスは選択肢部分に停滞している。

次に、右の順位付けアンケートのグラフでは、視線とマウスのダイナミックな動きに多少の類似性が見られるものの、*gakusei2* の Q2 回答時や *gakusei3* の Q3 回答時など、視線とマウスの動きにあまり関連性の無い場合が多い。また、選択式アンケートのグラフでは多々見られていた、視線の遷移のタイミングとマウスの遷移のタイミングのずれも明確に確認することも難しい。

しかし、*gakusei2* の Q4 回答時や *gakusei6* の Q4 回答時など、視線とマウスの動きに強い関連性がある場合もある。

3-2-2 文字強調の効果の定量的検証

実験 1 では検証することの出来なかった、文字強調の効果を定量的に検証するため、視線とマウス軌跡の Y 座標値が平均してどれだけずれているかの値、Y 座標ずれ値[px]を用いた。文字強調の工夫を施した選択式アンケートと、文字強調の工夫を施していない順位付けアンケートの各々に対しこの値を測定し、それらを比較することで、文字強調の効果を定量的に検証した。

なお、Y 座標ずれ値は、質問内容を理解し、実際に視線が選択肢部分に移った直後から、最終的に選択が終了し視線が進むボタンに移る直前までを対象としている。また、個人によって視線の揺らぎが大きい場合があるため、そのようなノイズを削除するため、対象範囲において視線データとマウス軌跡のずれが 300 ピクセル以上になったときは除外してある。

表 21 に、各質問ごと被験者ごとの Y 座標ずれ値の表を示す。なお、×が付いている部分及び `gakusei5` の全データについてはノイズが多く含まれていたため、分析項目から除外した。なお赤字は、その質問の選択式アンケートと順位付けアンケートで、Y 座標ずれ値が小さい方である。

質問/被験者名	gakus	gakus	gakus	gakus	gakus	fgaku	fgaku	fgaku	fgaku	平均
	ei1	ei2	ei3	ei4	ei6	sei1	sei2	sei3	sei4	
Q1, 選択式(強調有り)	56.2	28.6	45.2	32.1	×	×	47.3	57.1	47.8	44.9
順位付け(強調なし)	84.2	45.2	48.0	47.7	×	×	64.4	61.4	74.7	60.8
Q2, 選択式(強調有り)	59.7	42.0	73.5	31.8	68.4	54.1	×	42.6	33.4	50.7
順位付け(強調なし)	60.0	65.5	68.7	66.7	79.1	68.5	×	59.1	63.6	66.4
Q3, 選択式(強調有り)	×	27.7	61.6	×	35.8	22.8	63.1	43.1	72.2	46.6
順位付け(強調なし)	×	57.5	67.5	×	55.2	66.7	43.1	56.0	85.0	61.6
Q4, 選択式(強調有り)	88.2	57.6	38.3	×	64.8	115	68.0	×	89.1	74.5
順位付け(強調なし)	79.2	40.1	59.9	×	68.0	36.5	64.6	×	60.4	58.4
Q5, 選択式(強調有り)	63.2	28.2	×	×	42.8	30.3	49.8	×	50.0	44.1
順位付け(強調なし)	38.5	56.8	×	×	81.3	41.4	48.1	×	50.5	52.8
選択式全平均	66.8	36.8	54.7	31.9	47.6	57.1	55.6	52.9	58.5	51.3
順位付け平均	65.5	53.0	61.0	57.2	58.8	55.1	53.3	70.9	66.8	60.2
Q1,2,3の選択式平均	58.0	32.8	60.1	32.0	52.1	38.5	55.2	47.6	51.1	47.5
Q1,2,3の順位付平均	72.1	56.1	61.4	57.2	67.2	67.6	53.8	58.8	74.4	63.2
Q5, 6の選択式平均	75.7	42.9	38.3	×	53.8	72.8	58.9	×	69.6	58.9
Q5, 6の順位付平均	58.9	48.5	59.9	×	74.7	39.0	56.4	×	55.5	56.1

表 21 各質問ごと、被験者ごとの Y 座標ずれ値

質問ごと(水平方向)に表を見ると、選択肢数が6つの質問(Q1, 2, 3)では、gakusei3のQ2とfgakusei2のQ3以外、どの場合も順位付けアンケートより選択式アンケート(強調あり)の方がY座標ずれ値が小さく、表右端に記した質問ごとのY座標ずれ平均値も、全ての質問において選択式アンケートの方が小さくなっていることが理解される。

一方、選択肢が4つの質問(Q4, 5)では、選択式アンケートと順位付けアンケートのY座標ずれ値の大小関係は被験者により異なり、質問ごとのY座標ずれ平均値はQ4において順位付けアンケート、Q5においては選択式アンケートが小さな値を示している。

また、全体を平均すると、選択式アンケートでは51.3[px]、順位付けアンケートでは60.2[px]のずれの値を示していて、選択式アンケートの方が小さい値を示している。

3-2-3 マウス軌跡解析による検証

3-2-2 及び 3-2-3 により、この実験では、マウス軌跡に視線の動きがよく反映されているとみなすことが出来るが、これは視線計測により被験者の回答姿勢をある程度拘束したことが原因であり、文字強調の工夫が原因でない可能性がある。そこで、マウス軌跡解析を行い、その分析結果を実験1の分析結果と比較することで、実験1でもマウス軌跡に視線の動きが反映されているかどうかを検証する。

まず、質問ごとの潜在得点分布表およびずれ、ずれ平均の表を示したのち、選択頻度ごとの分析を行う。

■Q1, 「重要だと思う環境問題は？」

Fig.63 に、「重要だと思う環境問題は？」アンケートにおける潜在得点分布表を示す。

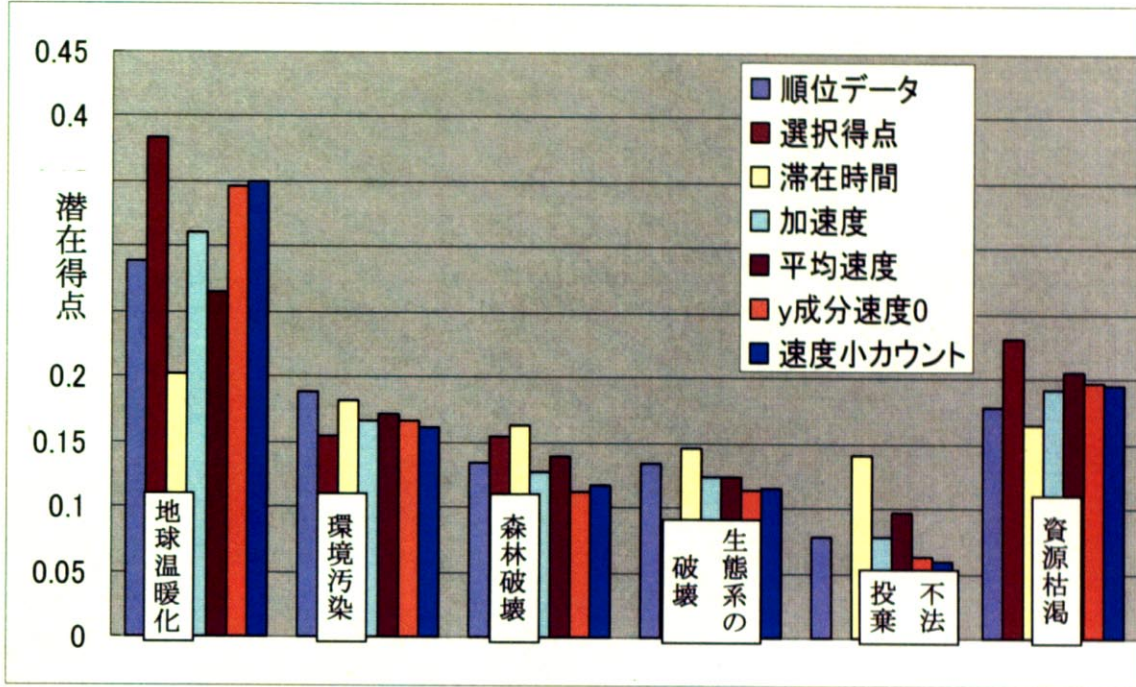


Fig 63 「重要だと思う環境問題は？」アンケートの潜在得点分布表

表 2 2 に 6 種類の解析モデルによって算出される選択肢毎のずれ及びずれ平均の値をまとめた表を示す。鉛直方向に各解析モデル，垂直方向に選択肢番号を記してある。なお，選択肢番号は，実際のアンケート画面では上から 1， 2・・・，潜在得点分布表においては左から 1， 2・・・としてある。

	1	2	3	4	5	6	ずれ平均
選択得点	33.1%	18.6%	15.4%	42.3%	100.0%	29.8%	39.9%
滞在時間	29.8%	4.0%	22.1%	9.6%	81.8%	7.0%	25.7%
加速度	7.8%	11.7%	3.9%	7.5%	0.2%	8.4%	6.6%
平均速度	8.5%	8.8%	4.2%	7.6%	24.1%	15.1%	11.4%
y成分速度0	20.0%	12.2%	15.4%	14.1%	18.2%	10.6%	15.1%
速度小	21.1%	14.1%	12.6%	13.0%	22.9%	10.0%	15.6%

表 22 「重要だと思う環境問題は？」アンケートのずれ及びずれ平均

■Q2, 「日頃環境のために取り組んでいることは何ですか？」

Fig.64 に, 「日頃環境のために取り組んでいることは何ですか？」アンケートにおける潜在得点分布表を示す.

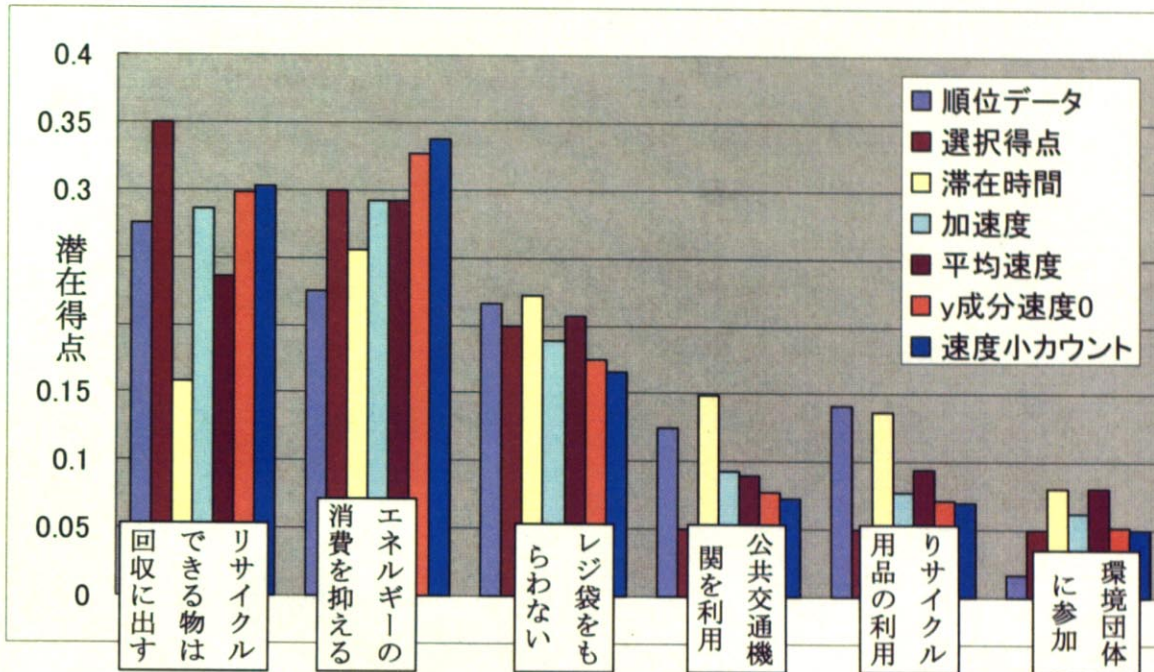


Fig 64 「日頃環境のために取り組んでいることは何ですか？」の潜在得点分布表

表 2 3 に 6 種類の解析モデルによって算出される選択肢毎のずれ及びずれ平均の値をまとめた表を示す. 鉛直方向に各解析モデル, 垂直方向に選択肢番号を記してある. なお, 選択肢番号は, 実際のアンケート画面では上から 1, 2 . . . , 潜在得点分布表においては左から 1, 2 . . . としてある.

なお, 選択肢番号 6 は順位データが小さく, ずれ値が異常値を示す傾向にあるため, 選択肢番号 6 以外でのずれ平均*を参考として一番右列に示す.

	1	2	3	4	5	6	ずれ平均	ずれ平均*
選択得点	27.3%	33.3%	7.7%	60.0%	64.7%	200.0%	65.5%	38.6%
滞在時間	42.7%	13.3%	2.4%	18.9%	3.2%	379.2%	76.6%	16.1%
加速度	4.1%	29.9%	13.0%	26.0%	44.8%	272.9%	65.1%	23.6%
平均速度	14.2%	29.9%	4.5%	28.4%	33.0%	382.4%	82.1%	22.0%
y成分速度0	8.6%	45.0%	19.2%	38.5%	49.2%	207.2%	61.3%	32.1%
速度小カウント	10.3%	50.3%	23.6%	42.0%	50.5%	202.2%	63.1%	35.3%

表 23 「日頃環境のために取り組んでいることは何ですか？」のずれ及びずれ平均

■Q3, 「どうすれば意識的に省エネに取り組む人が増えると思いますか？」

Fig.65 に, 「どうすれば意識的に省エネに取り組む人が増えると思いますか？」アンケートにおける潜在得点分布表を示す。

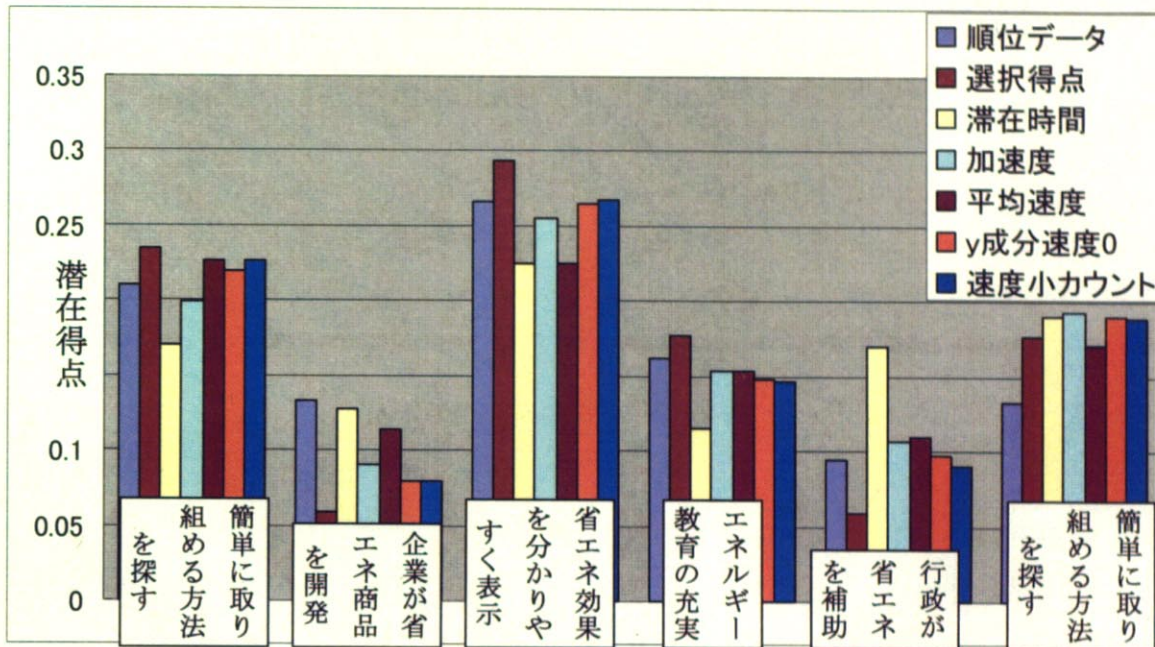


Fig 65 「どうすれば意識的に省エネに取り組む人が増えると思いますか？」の潜在得点分布表

以下に6種類の解析モデルによって算出される選択肢毎のずれ及びずれ平均の値をまとめた表を示す。鉛直方向に各解析モデル, 垂直方向に選択肢番号を記してある。なお, 選択肢番号は, 実際のアンケート画面では上から1, 2・・・, 潜在得点分布表においては左から1, 2・・・としてある。

	1	2	3	4	5	6	ずれ平均
選択得点	12.3%	55.9%	10.3%	9.0%	38.2%	32.4%	26.3%
滞在時間	18.6%	4.3%	15.4%	28.5%	78.8%	42.6%	31.4%
加速度	4.8%	31.9%	4.3%	4.9%	12.3%	45.3%	17.2%
平均速度	8.0%	14.7%	15.5%	4.8%	15.2%	28.2%	14.4%
y成分速度0	4.5%	40.2%	0.5%	8.4%	2.2%	42.7%	16.4%
速度小カウント	8.0%	40.4%	0.4%	9.1%	5.5%	42.0%	17.6%

表 24 「どうすれば意識的に省エネに取り組む人が増えると思いますか？」のずれ及びずれ平均

■Q4, 「地球環境問題に取り組む主体はどこだと思いますか？」

Fig.66 に, 「地球環境問題に取り組む主体はどこだと思いますか？」アンケートにおける潜在得点分布表を示す.

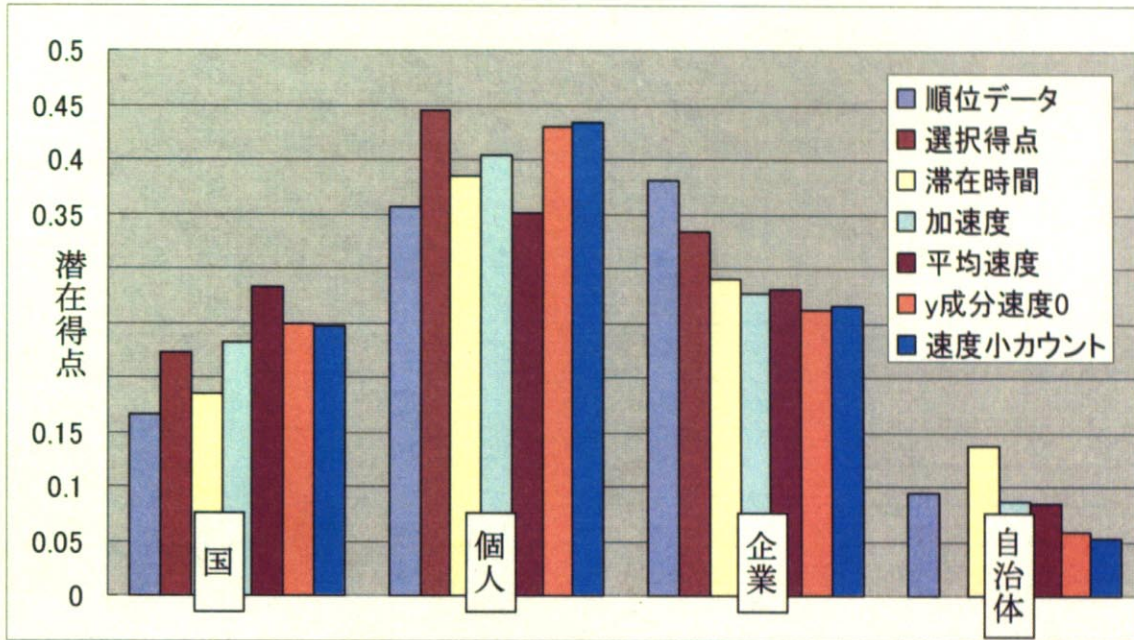


Fig 66 「地球環境問題に取り組む主体はどこだと思いますか？」の潜在得点分布表

表 25 に 6 種類の解析モデルによって算出される選択肢毎のずれ及びずれ平均の値をまとめた表を示す. 鉛直方向に各解析モデル, 垂直方向に選択肢番号を記してある. なお, 選択肢番号は, 実際のアンケート画面では上から 1, 2 . . . , 潜在得点分布表においては左から 1, 2 . . . としてある.

	1	2	3	4	ずれ平均
選択回答	33.3%	24.4%	12.5%	100.0%	42.6%
加速度	39.5%	12.8%	27.3%	8.1%	21.9%
平均速度	69.5%	1.6%	26.2%	11.2%	27.1%
y 成分速度 0	49.4%	20.2%	31.1%	38.2%	34.7%
速度小カウント	48.4%	21.5%	30.4%	43.8%	36.0%
滞在時間	11.5%	8.0%	23.7%	44.8%	22.0%

表 25 「地球環境問題に取り組む主体はどこであると思いますか？」のずれ及びずれ平均

■Q5, 「環境の改善のための取り組みで何が効果的だと思いますか？」

Fig.67 に, 「環境の改善のための取り組みで何が効果的だと思いますか？」アンケートにおける潜在得点分布表を示す.

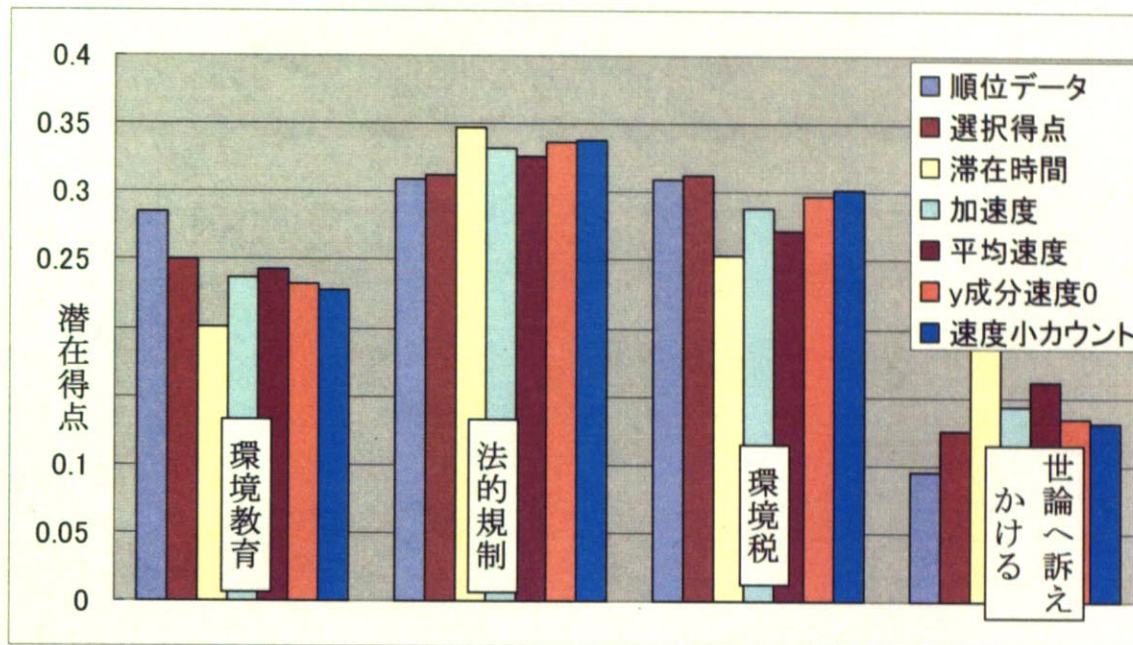


Fig 67 「環境の改善のための取り組みで何が効果的だと思いますか？」の潜在得点分布表

表 26 に 6 種類の解析モデルによって算出される選択肢毎のずれ及びずれ平均の値をまとめた表を示す. 鉛直方向に各解析モデル, 垂直方向に選択肢番号を記してある. なお, 選択肢番号は, 実際のアンケート画面では上から 1, 2 . . . , 潜在得点分布表においては左から 1, 2 . . . としてある.

	1	2	3	4	ずれ平均
選択回答	12.5%	1.0%	1.0%	31.3%	11.4%
滞在時間	29.6%	12.2%	17.9%	107.3%	41.8%
加速度	17.3%	7.4%	6.9%	50.4%	20.5%
平均速度	15.2%	5.1%	12.4%	69.1%	25.4%
y 成分	18.6%	8.8%	4.2%	40.9%	18.1%
速度小カウント	20.1%	9.3%	2.5%	38.1%	17.5%

表 26 「環境の改善のための取り組みで何が効果的だと思いますか？」のずれ及びずれ平均

■ 選択頻度ごとの分析

実験 1 と同様、選択頻度ごとに分析を行った。以下に選択頻度が高い選択肢部分の分析、選択頻度が低い部分の分析を示す。なお、今回のアンケートでは、選択頻度に差が無い質問がなかったため、選択頻度に差が無い質問の分析は行っていない。

まず選択頻度が高い選択肢部分の分析について。ある質問において、選択得点が、 $1 \div (\text{選択肢の数} - 1)$ 以上であり、かつ選択頻度が最も高い選択肢を「選択頻度高の選択肢」とみなし、分析を行った。表 27 に全質問中の選択頻度高の選択肢部分でのずれ平均を示す。なお、Q1-1 とは Q1 の選択肢 1 の略である。

	選択得点	滞在時間	加速度	平均速度	y 成分速度 0	速度小カウン
Q1-1	33.1%	29.8%	7.8%	8.5%	20.0%	21.1%
Q2-1	27.3%	42.7%	4.1%	14.2%	8.6%	10.3%
Q3-3	10.3%	15.4%	4.3%	15.5%	0.5%	0.4%
Q4-2	24.4%	1.6%	12.8%	20.2%	21.5%	8.0%
平均	23.8%	22.4%	7.2%	14.6%	12.6%	9.9%

表 27 選択頻度高の選択肢(全質問中)のずれ平均

この表より、選択頻度が高い選択肢部分においては、滞在時間モデル以外に今回提案した各解析モデル、加速度モデル、平均速度モデル、y 成分速度 0 モデル、速度小カウントモデルにより算出されるずれ平均が、既存統計手法のそれに比べ比較的小さな値を示すという結果が得られた。

次に選択頻度の低い選択肢部分の分析について。ある質問において、選択得点が、0.05 以下である選択肢を「選択頻度低の選択肢」とみなし、分析を行った。表 28 に全質問中の選択頻度高の選択肢部分でのずれ平均を示す。なお、Q1-5 とは Q1 の選択肢 5 の略である。

	選択得点	滞在時間	加速度	平均速度	y 成分速度 0	速度小カウン ト
Q1-5	100.0%	81.8%	0.2%	24.1%	18.2%	22.9%
Q2-4	60.0%	18.9%	26.0%	28.4%	38.5%	42.0%
Q2-5	64.7%	3.2%	44.8%	33.0%	49.2%	50.5%
Q3-2	55.9%	4.3%	31.9%	14.7%	40.2%	40.4%
Q4-4	100.0%	11.2%	8.1%	38.2%	43.8%	44.8%
平均	76.1%	23.9%	22.2%	27.7%	38.0%	40.1%

表 28 選択頻度低の選択肢(全質問中)のずれ平均

この表より、選択頻度の低い選択肢部分では、今回提案した全ての解析モデルにより算出されるずれ平均が、既存統計手法のそれより比較的小さな値を示すという結果が得られた。しかし、実験1と同様、値としては選択頻度高部分に比べて大きく算出されているが、実験1と比較すると比較的小さな値とみなすことが出来る。

また、滞在時間モデルの場合、問題ごとにずれ平均の値が大きく異なっているが、その他のモデルの場合、問題ごとのずれ平均にそこまで大きな違いはないとみなすことが出来る。

■全体の分析

次に全体の分析を行った。表29に全質問、全選択肢のずれ平均を示す。なお、ここではQ2の選択肢6のように、順位データが低く、ずれ平均が異常値を示すような選択肢は除外してある。

	選択得点	滞在時間	加速度	平均速度	y成分速度0	速度小カウント
ずれ平均	32.2%	27.9%	17.2%	20.2%	22.6%	21.3%

表 29 全質問、全選択肢のずれ平均

この表より、全体の適正として、今回提案した全ての解析モデルにより算出されるずれ平均が、既存統計手法のそれより比較的小さな値を示すという結果が得られた。中でも加速度モデルの適正は特に高い。滞在時間モデルは多少良い適正を示しているが、既存統計手法に比べ、明確な差があるとは言えない。

3-3 考察

■視線とマウスの関連性

選択式アンケートのグラフでは、基本的に視線の動きとマウスの動きが類似していて、視線が遷移するタイミングとマウスが遷移するタイミングにずれが見られた。個別に見ると、特に *gakusei4* の Q1 回答時、*gakusei2* の Q2 回答時、*fgakusei* の Q3 回答時などは、回答時のマウスと視線の動きの類似度が特に高く、選択肢部分に視線とマウスが遷移して以降は、視線の動きをマウスが追跡する形になっている。視線とマウスのこの関係は、文字協調の工夫を施した選択式アンケート回答時のマウスの動きの特徴として認識することが出来、マウス軌跡に視線の動きが非常に良く反映されているとみなすことが出来る。

しかし、質問の後半 Q4, 5 に入ると、*fgakusei1* の Q4 回答時、*fgakusei2* の Q5 回答時のように、このような特徴を持たない動きが度々見られるようになり、視線とマウスの動きの間に関連性があまり無いような場合もある。これは選択肢数の問題(Q1,2,3, は6つ, Q4,5 は4つの選択肢)や質問内容の問題、また、アンケート後半になったことで、回答の仕方が変化したことなどが要因だと考えられる。

また、*gakusei2* の Q1 のグラフや *gakusei2* の Q3 のグラフなどを見ると、回答中、視線が画面上部に移る箇所があるが、これは問題文を確認するための視線の動きだと考えられる。その期間、マウスは選択肢部分に停滞している。このように、アンケート回答中に問題文を確認するという視線の動きは、文字強調を伴う選択式アンケートだけでなく一般的にどのようなアンケート形式であっても起こりうる動きである。そのため、問題文再確認の際の、あまり動かないで一定の場所で停滞しがちなマウスの動きというのは、アンケート回答時のマウス軌跡の一般的な特徴であると認識することが出来る。また、この際のマウス軌跡にはほぼ意味がないため、マウス軌跡を分析する際にはどのようにノイズとして処理するかが問題になると考えられる。

次に、順位付けアンケートのグラフでは、視線とマウスのダイナミックな動きに多少の類似性が見られるものの、*gakusei2* の Q2 回答時や *gakusei3* の Q3 回答時など、視線とマウスの動きにあまり関連性の無い場合が多い。また、選択式アンケートのグラフでは多々見られていた、視線の遷移のタイミングとマウスの遷移のタイミングのずれも明確に確認することも難しい。これは、文字強調が施していない通常表記のアンケート回答時のマウス軌跡の特徴だと考えることが出来る。しかし、質問方法の違いや文字サイズ等が視線とマウスの関連性に影響を及ぼしているということも十分に考えられるため、文字強調の有無が唯一の原因だと明言することは躊躇われるが、選択式アンケート

トの分析結果を見ると、文字強調の有無がマウス軌跡に大きな影響を与えていることは間違いない。

しかし、gakusei2のQ4回答時やgakusei6のQ4回答時など、視線とマウスの動きに強い関連性がある場合もあり、個人によっては、文字強調が無い場合でもマウスの動きに視線の動きが強く反映されることがある。これは、個人の視力や思考特性などとも関連すると考えられる。

■文字強調の効果

選択肢の数ごとに分析を行った結果、選択肢数が6つの質問(Q1, 2, 3)では、gakusei3のQ2とfgakusei2のQ3以外、どの場合も順位付けアンケートより選択式アンケート(強調あり)の方がY座標ずれ値が小さく、表右端に記した質問ごとのY座標ずれ平均値も、全ての質問において選択式アンケートの方が小さくなっているという結果が得られた。

一方、選択肢が4つの質問(Q4, 5)では、選択式アンケートと順位付けアンケートのY座標ずれ値の大小関係は被験者により異なり、質問ごとのY座標ずれ平均値はQ4において順位付けアンケート、Q5においては選択式アンケートが小さな値を示すという結果が得られた。

しかし、全体を平均すると、順位付けアンケートよりも選択式アンケートのY座標ずれ値の方が小さい値を示しているため、一般的に文字強調を伴う選択式アンケート回答時の方が、視線とマウス軌跡のY座標が一致しやすいといえる。これにより、実験1で検証することの出来なかった文字強調の効果のある程度定量的に検証できたといえる。ただ、選択肢の数によってその効果は変化しやすく、少ない選択肢の質問の方がY座標ずれ値が大きく算出され、回答時の視線とマウス軌跡が一致しづらい傾向にあるという結果になった。これは、一般的に選択肢が少ない質問の方が選択にかける考える時間が短くなるということが原因だと考えられる。選択肢が少ないと、簡単に回答が可能になり、それだけ悩む時間が減るため、視線とマウス軌跡の速度が速くなりやすい。そのため、視線とマウス軌跡が一致しにくい傾向になると推察される。しかし、実験1の考察で述べたように、質問の内容によって回答のしやすさが変化する可能性も考えられるため、選択にかける考える時間というのは、選択肢の数だけでなくその質問内容にも密接な関係があると考えられる。

■マウス軌跡解析による分析結果

3-2-2及び3-2-3により、この実験では、マウス軌跡に視線の動きがよく反映されているとみなすことが出来るが、これは視線計測により被験者の回答姿勢をある程度拘束

したことが原因であり、文字強調の工夫が原因でない可能性がある。そこで、実験1と同様にマウス軌跡解析を行ったのち、その分析結果を実験1の分析結果と比較することで、文字強調の工夫を施したアンケートを通常に回答してもらった実験1でも、マウス軌跡に視線の動きが反映されているかどうかについて検討した。

まず、選択頻度が高い選択肢部分について分析を行った。選択得点が、 $1 \div (\text{選択肢の数} - 1)$ 以上であり、かつ選択頻度が最も高い選択肢を「選択頻度高の選択肢」とみなし、分析を行ったところ、滞在時間モデル以外に今回提案した各解析モデル、加速度モデル、平均速度モデル、y成分速度0モデル、速度小カウントモデルにより算出されるずれ平均が、既存統計手法のそれに比べ比較的小さな値を示すという結果が得られた。実験1の結果に比べ、y成分速度モデルと速度小カウントモデルによる意識調査の精度が向上しているといえる。これは文字強調の度合いを変えたことが原因の一つに挙げられるが、実験2はサンプル数が少ないことも大きな影響を及ぼしていると考えられる。

次に、選択頻度が低い選択肢部分について分析を行った。ある質問において、選択得点が、0.05以下である選択肢を「選択頻度低の選択肢」とみなし、分析を行ったところ、今回提案した全ての解析モデルにより算出されるずれ平均が、既存統計手法のそれより比較的小さな値を示すという結果が得られた。しかし、実験1と同様、値としては選択頻度高部分に比べて大きく算出されているが、実験1の選択頻度低部分の分析結果と比較すると、比較的小さな値とみなすことが出来る。これは、質問内容の変化による影響が大きいと考えられる。これは、実験1の選択頻度低部分の分析結果においても、嗜好を聞く質問、すなわち比較的簡単な質問の分析において、各解析モデルが比較的小さなずれ平均の値を示していることから理解される。

また、滞在時間モデルの場合、問題ごとにずれ平均の値が大きく異なっているが、その他のモデルの場合、問題ごとのずれ平均にそこまで大きな違いはないとみなすことが出来る。この特性は選択頻度が高い選択肢部分でも見られているため、今回提案した他の各解析モデルに比べ、滞在時間モデルはあまり汎用性のないモデルだとみなすことが出来る。

最後に全質問、全被験者に対して分析を行ったところ、今回提案した全ての解析モデルにより算出されるずれ平均は、どれも既存統計手法のそれより比較的小さな値を示すという結果が得られた。中でも加速度モデルの適正は特に高く、実験1と同様の結果が得られている。

これにより、実験2でも、実験1とほぼ同様の分析結果を得ることが出来たといえる。すなわち、マウス軌跡に視線の動きが反映されたことの原因は視線計測器の有無ではなく、文字強調の工夫であったことが確認された。これにより、通常に回答を行った実験1でも、ある程度心理状態を反映したマウス軌跡を取得出来ていることが理解された。

3-4 課題

視線とマウス軌跡の関連性の分析により、文字強調の工夫を伴う Web アンケート回答時のマウス軌跡の特徴を捉えることに成功した。中でも、視線とマウス軌跡の遷移のタイミングのずれ、問題再確認時のマウスの停滞という二つの大きな特徴をはっきりと確認することが出来た。しかし、本研究で提案したマウス軌跡解析はこれらの特徴を考慮に入れたものではない。今回の分析結果からマウス軌跡解析の有用性を示唆する結果が得られているが、今後、この特徴を考慮し、マウス軌跡解析に更に改良を加えることで、文字強調の工夫を施した Web デザインアンケートおよびマウス軌跡解析を用いた本アンケート調査手法を更に頑健なものにしていく必要がある。

しかし、実際に商業ベースでマウス軌跡解析を用いる場合、まず回答者の負担を減らすことが不可欠であり、文字強調を伴うアンケートは必ずしも適切ではない。そのため、文字強調の工夫を施していない通常表記による選択式アンケートにおいて、本研究で提案したマウス軌跡解析が有効であるのかどうかを確認する必要があり、必要に応じてマウス軌跡解析を改良していく必要がある。

第4章 考察

4-1 Webアンケート評価実験1

Web アンケート評価実験(実験1)では、マウスの位置情報を取得できるシステムを構築し、回答時のマウス軌跡を解析することで、アンケート回答時の心理状態、迷い・躊躇等を抽出した詳細な意識調査を実現しようと試みた。実験1の考察を以下に示す。

4-1-1 選択頻度ごとの分析

マウス軌跡解析の有用性を検証するために、選択頻度に応じた分析を行った。まず、選択得点が、 $1 \div (\text{選択肢の数} - 1)$ 以上の選択肢を選択頻度の高い選択肢とみなし、選択頻度が高い選択肢部分を分析したところ、選択頻度が高い選択肢部分におけるマウス軌跡解析の有用性、特に加速度と平均速度を評価した解析方法が、意識調査の精度向上に貢献していることを示唆する結果を得ることが出来た。

また、個々の潜在得点分布表によると、既存統計手法では、選択頻度が高い選択肢、いわゆる人気のある選択肢の得点を上乘せして計算してしまう傾向があるということが確認できた。これにより、今回提案した加速度モデル及び平均速度モデルにより、選択得点と順位得点の乖離を修正することが出来たといえる。

次に、選択得点が、0.05以下である選択肢を選択頻度が低い選択肢とみなし、選択頻度が低い選択肢部分を分析したところ、選択頻度が低い選択肢、すなわち人気のない回答では、その質問が嗜好を問う問題か判断を伴う問題かで解析すべき対象が変化するというを示唆した結果が得られた。

また、選択頻度が低い選択肢部分の分析では、選択頻度が高い選択肢部分の分析に比べ、全体的にずれ平均の値が大きく算出されているが、一般的に選択頻度が低いような回答、すなわち人気の無い回答について詳細な調査をすることは稀であるため、ずれ平均の絶対値を見ることにそれほどの意味は無いと考えることが出来る。

次に、各選択肢の選択頻度に差がない質問を個別に分析したところ、マウス軌跡の有用性を示唆する結果を十分に得ることが出来なかった。しかし、この質問は遺伝子組み換え食品に関するものであり、十分な理解がないと回答しづらい質問であるともいえる

ため、この分析結果のみからマウス軌跡解析の有用性について明確な意見を述べることは躊躇される。

4-1-2 質問内容ごとの分析

嗜好を聞く質問と判断を伴う質問とで、各解析モデルがどのような特徴を持つか、またどの解析モデルが詳細な意識調査を可能としているかを検証するため、質問内容ごとに分析を行ったところ、嗜好を聞く質問、判断を伴う質問両方において、加速度と平均速度を評価した解析モデルの有用性を示唆する結果が得られた。これは、選択頻度が高い選択肢部分の分析結果と同様の結果である。

しかし、同時に、質問内容により各解析モデルの有用性が変化している結果が得られた。この結果から、嗜好を聞く質問か判断を伴う質問か、すなわち、回答の際に深い理解や知識を必要とするか否かによって、取得される回答時のマウス軌跡の質が変化していることが示唆される。

4-2 視線追跡機を併用したWebアンケート評価実験2

実験1では、文字強調の工夫を施したWebデザインアンケートとマウス軌跡解析を用いたアンケート調査手法の有用性を示唆する結果が得られているものの、Webアンケート回答時のマウス軌跡の具体的な特徴や、視線との関連性について何らかの考察を得ることは出来ていない。また、視線の動きをマウスに反映させるために工夫した文字強調の効果についても、文字強調の効果が具体的にどのようなものであるかを確認することが出来ていない。よって、第3章では視線追跡機を併用したWebアンケート評価実験(以下、実験2とする)を行うことで、マウス軌跡の特徴や視線との関連性、文字強調の効果について検証した。以下に実験2の考察を示す。

4-2-1 視線とマウス軌跡の関連性

Webアンケート回答時のマウスの軌跡の特徴を調査するため、視線とマウス軌跡のy座標時系列データをグラフ化することで、視線とマウス軌跡の関連性を定性的に評価した。

その結果、選択式アンケートのグラフでは、基本的に視線の動きとマウスの動きが類似していて、視線が遷移するタイミングとマウスが遷移するタイミングにずれが見られた。この関係は、文字協調を伴う選択式アンケート回答時のマウスの動きの特徴として認識することが出来、マウス軌跡に視線の動きが非常に良く反映されているとみなすことが出来る。しかし、質問の後半において、このような特徴を持たない動きが度々見られ、また、視線とマウスの動きの間に関連性があまり無いような場合も見られるため、選択肢数や質問内容、総回答時間に応じて、回答の仕方が変化している可能性が示唆される。

また、アンケート回答時のマウス軌跡の一般的な特徴として、問題を再確認する際にマウスが選択肢部分に停滞し、あまり動かないという動きも見られた。この際、視線は問題部分にあるため、マウス軌跡にはほぼ意味がないと考えられる。そのため、マウス軌跡を分析する際に、問題再確認の際のマウス軌跡をどのようにノイズとして処理するかが問題になると考えられる。

次に、順位付けアンケートのグラフでは、視線とマウスのダイナミックな動きに多少の類似性が見られるものの、視線とマウスの動きにあまり関連性の無い場合が多い。また、選択式アンケートのグラフでは多々見られていた、視線の遷移のタイミングとマウスの遷移のタイミングのずれも明確に確認することも難しく、これらの結果から、文字強調の有無でアンケート回答時のマウス軌跡の特徴が変化していることが示唆される。

しかし、質問方法の違いや文字サイズ等が視線とマウスの関連性に影響を及ぼしているということも十分に考えられるため、文字強調の有無がマウス軌跡の特徴を変化させている唯一の原因だと明言することは躊躇われるが、選択式アンケートの分析結果と比較すると、文字強調の有無がマウス軌跡に大きな影響を与えていることは間違いない。

4-2-2 文字強調の効果の定量的検証

文字強調の効果を定量的に検証するため、視線データとマウスデータのY座標値が平均してどれだけずれているかの値、Y座標ずれ値[px]を用いて、分析を行った。

その結果、一般的に文字強調の工夫を施した選択式アンケートの方が視線とマウス軌跡が一致しやすいという結果が得られ、実験1で検証することの出来なかった文字強調の効果のある程度定量的に検証できた。

しかし、同時に、選択肢の数によってその効果は変化しやすく、少ない選択肢の質問の方が、視線とマウス軌跡が一致しづらいという結果も得られた。

これは、一般的に選択肢が少ない質問の方が選択にかける考える時間が短くなるということが原因だと考えられる。選択肢が少ないと、簡単に回答が可能になり、それだけ悩む時間が減るため、視線とマウス軌跡の速度が速くなりやすい。そのため、視線とマウス軌跡が一致しにくい傾向になると推察される。しかし、4-1-2で述べたように、質問内容によってマウス軌跡の質が変化する可能性があるため、選択にかける考える時間というのは、選択肢の数だけでなくその質問内容にも密接な関係があると考えられる。

4-2-3 マウス軌跡解析による分析結果

この実験では、マウス軌跡に視線の動きがよく反映されているとみなすことが出来るが、これは視線計測により被験者の回答姿勢をある程度拘束したことが原因であり、文字強調の効果が原因でない可能性がある。そこで、実験1と同様にマウス軌跡解析を行ったのち、その分析結果を実験1の分析結果と比較することで、その点を検討した。

まず選択頻度が高い選択肢部分について分析を行ったところ、滞在時間モデル以外に今回提案した各解析モデルの有用性を示唆する結果が得られた。実験1の結果に比べ、y成分速度モデルと速度小カウントモデルによる意識調査の精度が向上しているといえる。これは文字強調の度合いを変えたことが原因の一つに挙げられるが、実験2はサンプル数が少ないことも大きな影響を及ぼしていると考えられる。

次に選択頻度が低い選択肢部分について分析を行ったところ、今回提案した全ての解析モデルの有用性を示唆する結果が得られた。しかし、実験1と同様、ずれ平均の値が選択頻度高部分に比べて大きく算出されているが、実験1の選択頻度低部分の分析結果と比較すると、比較的小さな値とみなすことが出来る。これは、質問内容の変化による影響が大きいと考えられる。これは、実験1の選択頻度低部分の分析結果においても、嗜好を聞く質問の分析結果では、各解析モデルが比較的小さなずれ平均の値を示していることから理解される。

また、滞在時間モデルの場合、問題ごとにずれ平均の値が大きく異なっているが、その他のモデルの場合、問題ごとのずれ平均にそこまで大きな違いはないとみなすことが出来る。この特性は選択頻度が高い選択肢部分でも見られているため、他の各解析モデルに比べ、滞在時間モデルはあまり汎用性のないモデルだとみなすことが出来る。

最後に全質問、全被験者に対して分析を行ったところ、今回提案した全ての解析モデルの有用性を示唆する結果が得られた。中でも加速度モデルの適正は特に高く、実験1と同様の結果が得られている。

これらにより、実験2でも、実験1とほぼ同様の分析結果を得ることが出来たといえる。すなわち、マウス軌跡に視線の動きが反映されたことの原因は視線計測器の有無ではなく、文字強調の工夫であったことが確認された。

4-3 実験1および2の考察

■Web アンケート評価実験1の考察

実験1では、選択頻度や質問内容に応じて各解析モデルの有用性は変化するものの、全体として、マウス軌跡解析の有用性、特にマウスの加速度及び平均速度を評価した解析方法が意識調査の精度向上に貢献していることをある程度示すことが出来た。これらの結果は、文字強調の工夫を施した Web デザインアンケートおよびマウス軌跡解析を用いた本アンケート調査手法の有用性を示唆するものである。

■視線計測器を併用した Web アンケート評価実験2の考察

実験2では、Web アンケート回答時の視線とマウス軌跡の関連性を調査した結果、文字強調を伴う選択式アンケートでは、視線の動きとマウスの動きが類似していて、視線が遷移するタイミングとマウスが遷移するタイミングにずれがあるという特徴を発見することが出来た。しかし、通常表記による順位付けアンケートでは、これらの特徴が失われやすく、視線とマウス軌跡に関連性の無い場合が多いことから、文字強調の効果により、視線の動きがマウス軌跡により反映されやすくなるということが示唆された。また、このことは、文字強調効果の定量的検証の検証結果により、ある程度支持されるものである。

しかし、視線の動きがマウス軌跡に反映されることは、視線計測により被験者の回答姿勢をある程度拘束したことが原因であり、文字強調の効果が原因でない可能性がある。そこで、実験1と同様にマウス軌跡解析を行い、実験1の分析結果と比較することでその点を検討した結果、実験1とほぼ同様の結果が得られたことにより、マウス軌跡に視線の動きが反映されたことの原因は視線計測器の有無ではなく、文字強調の工夫であったことが確認された。

4-4 大規模サンプルでの実証実験

実験1及び実験2から、文字強調の工夫を施したWebデザインアンケートおよびマウス軌跡解析を用いた本アンケート調査手法を示唆する結果が得られた。また、いくつか提案した解析モデルの中で、特にマウスの加速度か平均速度に注目し、評価をした解析方法が意識調査の精度向上に貢献していることが示されている。

しかし、これらの結果はサンプル数が少なく、結果の信頼性が高いとはいえない。また、マウス軌跡解析を用いたWebアンケートの実用可能性を見越したとき、文字強調の工夫を施したWebデザインアンケートを常に使用することは困難であると考えられる。

そこで、マウス軌跡解析を用いたWebアンケートの実用可能性を見越し、サンプルが十分に多く、且つ、文字強調を施していない通常表記の選択式アンケートの場合で、どのような分析結果が得られるかを試した。以下に、アンケート概要、分析結果及び考察を示す。

4-4-1 アンケート概要

内容・・・「これまで見てきた以下のサイトの中で、あなたが好感を持てるサイトを全て選択して下さい」

選択肢・・・楽天アマゾン、価格コム、NTTDoCoMo、au、SoftBankモバイル、Google、ヤフー、au-one(8つ)

サンプル数・・・451件

4-4-2 分析結果

Fig.68, 表30に、潜在得点分布表及び、速度小カウントモデルを除いた5種類の解析モデルによって算出される選択肢毎のずれ及びずれ平均の値をまとめた表を示す。

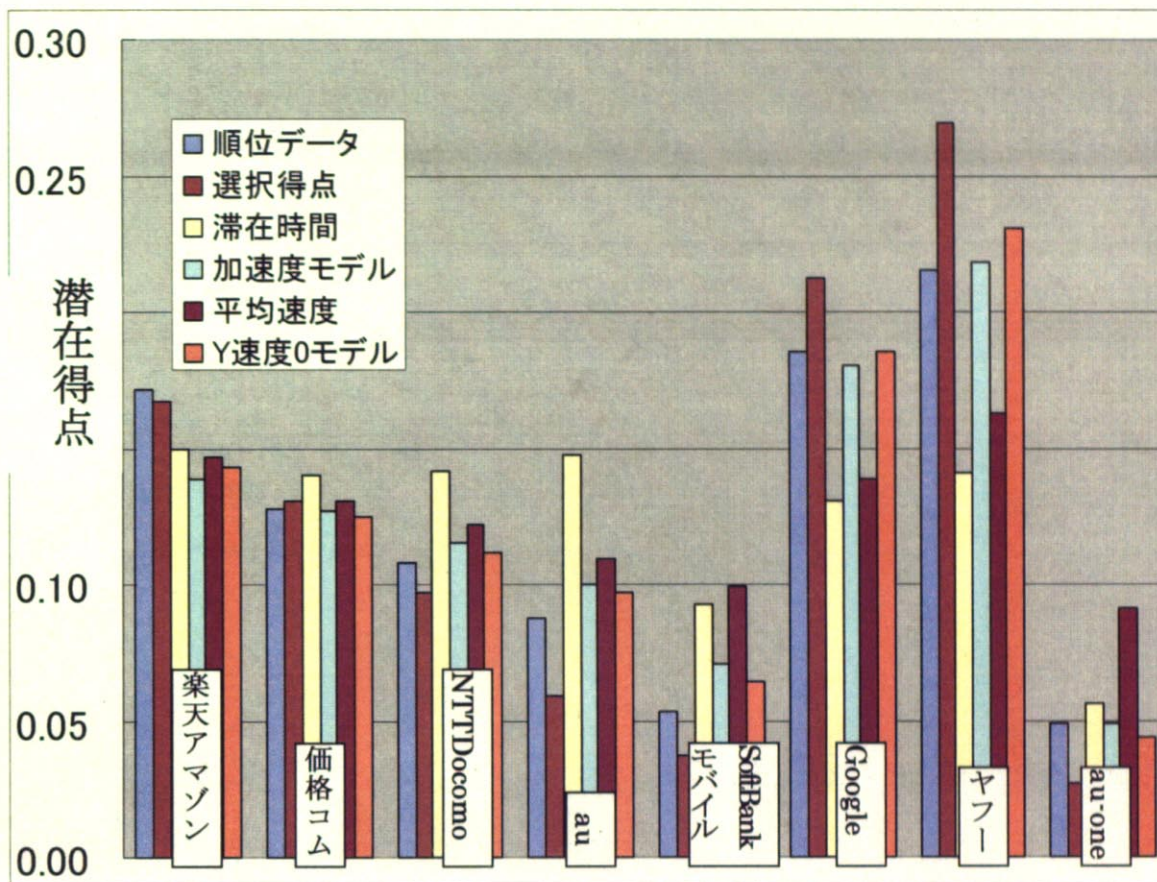


Fig 68 「好感を持てるサイトについて」の潜在得点分布表

	楽天アマゾン	価格コム	NTTdocomo	au	softbank	google	yahoo	au one	ずれ平均
選択得点	2.7%	2.0%	9.7%	32.7%	29.8%	14.9%	25.1%	45.2%	20.3%
滞在時間	12.7%	9.4%	31.0%	68.0%	74.1%	29.3%	34.3%	14.9%	34.2%
加速度	19.4%	0.5%	7.0%	14.4%	32.3%	2.4%	1.7%	0.6%	9.8%
平均速度	14.7%	2.2%	12.8%	24.6%	85.8%	25.0%	24.4%	86.0%	34.4%
Y成分速度0	16.9%	2.6%	3.9%	10.5%	20.5%	0.0%	7.3%	11.1%	9.1%

表 30 「好感を持てるサイトについて」のずれ及びずれ平均の値

潜在得点分布表および、各解析モデルのずれをまとめた表をみると、全体として加速度モデル及びy成分速度0モデルの適正が他のモデルに比べ非常に高いことが分かる。一方、滞在時間モデル及び平均速度モデルは、既存統計手法よりも適性が悪くなっている。

4-4-3 考察

実験1及び2からマウスの加速度を評価した解析モデルの有用性を示唆する結果が得られているが、今回の結果はそれを結果の信頼性の面で支持する結果であり、マウスの加速度を評価した解析モデルを用いることで既存統計手法に比べ詳細な意識調査が可能になるということがはっきりと示された。また、加速度モデルの適正に対し、本研究で行った全ての実験において同様の結果が得られたことから、文字強調の有無に関わらず、マウスの加速度には回答者の何らかの意図や迷い・躊躇が反映されていると考えることが出来る。

また、文字強調を行うとマウス軌跡に視線の動きがより反映され、マウス軌跡が有意なものになりやすいという実験2の結果を加味すると、平均速度モデルの適正の悪化は、文字強調の有無によるところが大きいと推察される。しかし、今回のアンケートは一問であり、被験者ごとの規格化が出来なかったことも大きく影響していると考えることが出来る。

また、実験1及び2に比べy成分速度0モデルの適正は改善されているが、この現象をサンプル数の増加や文字強調の有無により説明付けることは困難である。また、y成分速度0モデルにより算出される潜在得点は、選択肢の数や、それぞれの選択肢の被選択率に対しy成分速度0の時間がどれだけあるか等にも大きく依存するため、これまでの結果から、y成分速度0モデルの有用性がある、すなわちマウスのy成分速度が0である時間を評価した解析手法を用いることで、既存統計手法に比べ詳細な意識調査が可能になると断定することは出来ない。

第5章 結論

本研究では Web 空間における人の意思決定プロセスを解明するための第一段階として、Ajax を用いてマウス情報を取得可能できるシステムを構築し、Web アンケート評価実験を行うことで、Web アンケート回答時の意思決定プロセスにおけるマウス軌跡と回答確信度との関係性を評価した。

その結果、マウス軌跡の加速度を評価し、回答に対する確信度、すなわち各選択肢の潜在的な得点を算出する解析手法を用いることで、既存統計手法では得ることの出来なかった各選択肢の順位および順位間の差を知ることが出来た。これにより、マウス軌跡解析を用いることで回答者の迷い・躊躇を抽出した詳細な意識調査が可能になることがはっきりと示された。

これによって、従来の質問紙や CGI のみを用いた Web アンケート方式、更には対面式の質問でさえ実現が困難であった、アンケート回答時の心理状態、迷い・躊躇等を抽出した詳細なアンケート調査手法を開発することが出来たといえる。また、本研究で提案した、マウス軌跡解析を用いたアンケート調査手法は選択式アンケートを使用したものであり、回答者に最小限の負担で実行できることから、詳細な意識調査と高いデータ回収率を同時に実現するのに最適なデータ収集方法であるといえる。

また、視線計測器を用いて視線とマウスの関連性を観察したところ、本研究で採用した、文字強調の工夫を施した Web デザインアンケートを用いたことにより、視線の動きをマウス軌跡に反映させることに成功した。これにより、マウス軌跡解析を用いたアンケート調査手法に加え、文字強調の工夫を施した Web デザインアンケートを適用することで、更なる意識調査の精度向上が見込めることが示された。

しかし、この文字強調の工夫は、回答者の負担を増大させる恐れがあるため、大規模なアンケートではなく、被験者を絞って意識調査を行う場合に適していると考えられる。

参考文献

- [1]吉村宰, 大隅昇, "インターネット調査の信頼性と質の確保に向けての体系的研究"
- [2]文部科学省統計数理研究所, "調査環境の変化に対応した新たな調査法の研究"
- [3]立川亜沙美, "Web アンケートの信頼性を高めるシステムの提案", 会津大学短期大学部経営情報コース卒業論文, 2005
- [4]Jesse James Garrett,"Ajax: A New Approach to Web Applications", 2005
- [5]高橋登史朗, "入門 Ajax", ソフトバンククリエイティブ, 2005
- [6]D.Crane, E.Pascarello, D.James, 柏原正三, 網代淳, 星睦, 株式会社はてな, "Ajax イン・アクション", インプレス, 2006
- [7] 乙部尚孝, メニュー選択方式の違いによるマウス操作の行動解析, 福井高等工業専門学校生産システム工学専攻, 2004
- [8]Tanner & Swets, Swets, Tanner, Birdsall,"Signal Detection Theory", 1961
- [9]Macmillan, N. A., & Creelman,"C.D.1991 Detection Theory:A user's guide", Cambridge University Press
- [10]Barakrishnam, "J.D. 1999 Decision processes in discrimination: Fundamental misrepresentations of signal detection theory", Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 25, 1189-1206.
- [11]Donaldson, Murdock, B.B.Jr,"Criterion change in continuous recognition memory",Journal of Experimental Psychology, 76, 325-330.
- [12]D. Flanagan, 村上列, 安藤進, 埜井正雄, "JavaScript", オライリー・ジャパン, 第3版, 2000
- [13]Jesse James Garrett, "Ajax: A New Approach to Web Applications", 2005
- [14]中山実, 高橋佳行, "眼球運動の特徴を用いた回答確信度の推定に関する検討", 電子情報通信学会, 信学技報(2007-3)pp.49-52
- [15]青山憲之, 田中靖哲, 中村正士, 福田忠彦, "眼球運動データを用いた戸惑い状態検出手法の開発と評価", ヒューマンインターフェース学会論文誌 Vol.8,No.2,2006 pp.93-100
- [16]高橋啓伸, "視線からのユーザ情報の解析～翻訳支援システムを題材として～", インタラクティブシステムトソフトウェア pp.55-64, 1997
- [17]Frey L.A.,Preston White Jr.K.,Hutchinson T.E.,"Eye-Gaze Word Processing",IEEE Transactions on Systems,Man,and Cybernetics,Vol.20,No.4,1990
- [18]Hutchinson T.E.,ET al,"Human-Computer Interaction Using Eye-Gaze Input",IEEE Trans.on Systems,Man,and Cybernetics,Vol.19,No6,1527-1534,1989

- [19]Jacob R.J.K.,Leggett J.J.,Myers B.A.,Paucsh R.,"Interaction styles and input/output devices",Behavior&Information Technology,Vol.12,No.2,69-79,1993
- [20]Hansen J.P.,Andersen A.W.,Roed P."Eye-Gaze Control of Multimedia Systems",In.Symbiosis of Human and Artifact,Anzai Y.,Ogawa K.,Mori H.,Elsevier Science,1995
- [21]大野健彦,"階層メニュー選択における視線の利用",情報処理学会研究報告 HI,Vol.97,No.24,情報処理学会,1997
- [22]大野健彦,"視線インターフェースにおける選択過程と取得過程の識別",インタラクティブシステムとソフトウェア pp.65-70, 1997
- [23]Eye-Gaze Control of Multimedia Systems,J.P.Hansen,A.W.Anderson and P.Roed,Symbiosis of Human and Artifact:Future Computing and Design for Human-Computer Interaction,Elsevier Science,20A,37-42,1995
- [24]大野健彦,"階層メニュー選択における視線の利用",情報処理学会 HI 研究会,71(13)83-90,1997.
- [25]I.Atarker and R.A.Bolt,"A Gaze-Responsive Self-Disclosing Display",Proceedings of CHI'90,ACM Press,3-9,1990
- [26]R.J.K.Jacob,"What You Look Is What You Get: Eye Movement-Based Interaction Techniques", Proceedings of CHI'90,ACM Press,11-18,1990
- [27]斎藤大輔, 斎藤恵一, 斎藤正男, "注視点計測による読み易さ評価の試み", 電子論 C, 126 卷 10 号,pp.1229-1234,2006
- [28]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", ヒューマンインターフェース学会論文誌 Vol.8 No.1,pp.31-39,2006

謝辞

本研究は、指導教員であられる岡本孝司教授、染矢聡助教授を始め、多くの方々の助言と支えによって取り組むことができました。この場を借りて、御礼申し上げます。

岡本先生には、この2年間、目標の設定の仕方から研究内容に関することまで、実に多くのアドバイスを頂きました。先生が常に強調していた目標の設定の仕方は、元々、無計画に物事を進めてしまう癖のある私にとって、単純ですがとても貴重なアドバイスでした。社会人になってからも、常に忘れず実行していきたいと思います。また、週に一度の研究室会で先生から頂いた、斬新かつ的確な指摘のおかげで、研究を順調に進めることが出来ました。最後に、2年間の大学院生生活が明るいものにしてくれた、岡本先生の明るい笑顔と大きな笑い声には、心から感謝しております。2年間、本当にありがとうございました。

染矢先生には、研究のことはもちろん、大分や神戸、京都の学会参加に至るまで、この2年間非常にお世話になりました。1年の時、あまり研究に精を出していなかった私を、研究の方向性が決まるまで精一杯引っ張って下さったことは、お忙しい先生にとって大変な労力であったと思います。2年になり研究が本格化してからは、研究内容について非常に多くのことを指導して頂きました。先生がお忙しい時や、私の研究が迷走してしまった時など、どんな時も面倒くさがらずに親身に指導して頂いたことは、私にとって大きな励みになりました。先生の度重なる熱心なご指導が無ければ、研究を完成させることは出来なかったと思っております。これら全てのことを、心から感謝します。また、どんなに忙しくて大変なときも、不平を言わず真剣に頑張る先生の姿を見習って、社会人生活を頑張っていきたいと思います。2年間、本当にありがとうございました。

岩田研究室の岩田修一教授、鎗目雅準教授には、研究室会で鋭いご指摘や様々なアドバイスを頂きました。先生方の鋭いご指摘やアドバイスは、研究の方向性を決めていく上で非常に貴重なものであり、研究室会での議論は未熟者である私にとって非常に実り多き時間でした。また、方向性が決まってからも、事あるごとに気にかけて下さった下さり、大変感謝しております。2年間、本当にありがとうございました。

岡本研究室の先輩の篠原さん、ジョンさん、ネジェットさん、飯田さん、桑原さん、朝倉さん、川崎さん、坪内さん、渥美さんには、2年前、新しくメンバーになった私を温かく迎え入れて頂き、研究室にいるときや研究室旅行など、大変楽しい時間を過ごすことが出来ました。岡本研究室にいたこの2年間が有意義で楽しいものとなったのも皆様のおかげです。特に、研究部屋が一緒の篠原さんには、色々と貴重なお話しをして頂いたり、夜はご飯に連れて行ってもらったりと、大変お世話になりました。2年間、本当にありがとうございました。

この2年間、共に修士論文を闘った同期の浅野くん、藤井くん、野田くん、大原くん

とは、お互いに刺激を与えながら、励ましあい、切磋琢磨することが出来ました。また、研究に関してだけでなく、私生活でも、とても楽しい時間を過ごすことが出来ました。特にケアンズの学会の際、ほぼ毎日運転手となってくれた浅野くん、英語の苦手な私を助けてくれた藤井くんにはとても感謝しています。これほど馬の合う友人関係を築けたことを嬉しく思うと共に、誇りに思います。2年間で築くことの出来たこの友人関係は私にとって大きな財産です。2年間、本当にありがとう。

そして、研究室の後輩である M1 の岩丸くん、吉田くん、倉くん、卒論で半年同じ部屋で頑張った雨宮くん、石井くん、秘書の田島さん、池田さん、この2年間、色々な面で支えていただき、本当にありがとうございました。

最後に、ここまで私を支えてくれた両親と友人たちに感謝の意を示し、簡単ではありますが、謝辞とさせていただきます。皆様、この2年間、本当にありがとうございました。これからも宜しくお願い致します。

平成 20 年 2 月 7 日

王子 富幸