

# 自動応対システムの操作滞留時における マルチモーダル情報を用いた心的状態推定

山下 福太郎<sup>†</sup>, 中村 無心, 細瀬 貴司, 水野 理

NTT サイバーソリューション研究所 ヒューマンアプライアンスプロジェクト

E-mail: <sup>†</sup>yamashita.fukutaro@lab.ntt.co.jp

**概要:** 本研究では、マルチモーダル情報からリアルタイムなユーザの心的状態に基づき当意即妙な支援を行う「自動応対システム」実現を大目的としている。特に本稿では、「自動応対システム」におけるサービス進行の円滑さを訴求するため、操作滞留の原因となる心的状態を如何に推定するかに着目している。操作滞留時の心的状態を推定するためには、どのような心的状態がどのような振る舞いに表出されるのかを明らかにする必要がある。そこで、日常的に生じるタスクである選択課題において被験者実験を行い、動画撮影による振る舞いと事後ヒアリングによる心的状態を観察した。その結果、心的状態表出における振る舞いが、視線の動きやタッチ操作において高頻度で特徴的に観測できることが見て取れた。そのため、視線・タッチ操作情報に着目した実験系を構築し解析を行ったところ、視線とタッチ操作情報の時系列動作のパターンにより操作滞留時の心的状態が推定できる可能性が示唆された。

## 1. はじめに

近年、人の代わりに応答して、情報の提供や受付を行う自動応対システムを用いたサービスが普及している。コンビニエンスストアなどに設置されるキオスク端末や銀行のATM装置、駅や空港のチケット販売機など至る所に自動応対システムの導入が進んでいる。自動応対システムは、24時間365日対応、人件費削減、大規模顧客対応が可能であるため、サービス提供者から強い要請が存在するのが一因であろう。

しかしながら、現状利用されている自動応対システムにも課題が存在する。現状の自動応対システムは、ユーザの意図的な入力を受け付け受動的に動作することが一般的である。つまり、ユーザが「伝えてくれないとき」、「気づいていないとき」、「伝え方が分からないとき」などは、システムは動作不可能となる。特に、サービス進行を目指しているにも関わらず、操作に行き詰ってしまう「操作滞留時」には、ユーザは意図的な入力をせずにサービス利用を諦め、放棄してしまう可能性がある。そのため、操作滞留時には、システム側が原因を察知・解消し、円滑なサービス進行を促すことが求められる。

そこで、本研究では、ユーザの自然な振る舞いから操作滞留時における心的状態を捉え、リアルタイムな支援を行う自動応対システム実現を目指す。特に、本稿では、観察可能な人の振る舞いからの操作滞留時の心的状態推定手法の検討に着目している。操作滞留時の特徴的な振る舞いに着目することで、ユーザの複雑な心的状態を捉えるのではなく、限定的な心的状態を対象とすることができるため、観測が容易になると期待できる。

人の振る舞いから心的状態推定を行う研究は近年盛んに行われており[1, 2, 3, 4, 5]、特に操作滞留時の心的状態に着目した研究としては、Carter[6]らによるチームでのプログラミング環境における操作滞留推定技術が存在する。これは、プログラミング時のEdit (テキスト挿入や消去)、Delete (クラスやメソッドの消去) などの振る舞いと操作滞留との関係性を調べあげ、操作滞留に陥ったユーザをチームに知らせ支援するものである。

また、操作滞留時の心的状態と考えられる、E-learning 中での“Frustration”推定技術に関する研究がある[7]。これは、マウスにおけるプレッシャーセンサや手首のウ

エアラブルセンサなど豊富なセンサ群を用いた実験室環境におけるものである。より現状の教育現場に則した環境におけるアプローチとして、Arroyo[8]らによる研究が存在する。

このように、心的状態推定に関する研究は近年多く提案されてきているものの、特殊な環境や豊富なセンサ群を前提としているため、実用化が困難となっている。

そこで、本研究では、自動応対システムにおける実用化を想定し、身近に普及しているカメラ付きのタッチパネル端末を用い、タッチ操作情報と視線情報とを組み合わせ、心的状態を推定するアプローチを取る。視線情報はおおそ常時取得でき、タッチ操作情報は安定的に取得できるため、互いの情報を補完することで、安定的かつリアルタイムな心的状態推定が期待できる。

本稿において、2章では、操作滞留時の心的状態推定に用いる特徴量の選定を行い、3章では、視線・タッチ操作情報を用いた心的状態推定に関する検証実験について、4章では今後の展開について述べていく。

## 2. 心的状態推定に用いる特徴量選定

本章では、操作滞留時の心的状態を推定するため、操作滞留時の心的状態と関係がある特徴量を選定する。

### 2.1 実験目的

心的状態を推定するためには、心的状態を自動応対システムから客観的に観測できる人の振る舞いを見出さなければならない。そのため、本稿ではセクションタスクにおける被験者実験を行い、被験者の様子を観察することで、操作滞留時の心的状態と振る舞いの関係性を分析する。

### 2.2 実験方法

実験は以下の手順で行った。

- A) 被験者が最もお勧めの書籍を100冊から1冊選択する様子を撮影
- B) 心的状態を被験者に事後ヒアリング
- C) 動画観察とヒアリングによりマルチモーダル情報と心的状態の関係性を分析

測定環境としては、手の動きと画面遷移を撮影する画面方向カメラ、顔の向き、視線、瞬き、表情、上半身姿勢、腕の動きを撮影する顔方向カメラ、声や環境音・動作音を取得するマイクを用いている (Fig. 1)。



Fig. 1 振る舞い観察実験の様子

このような環境において、被験者は、タッチパネル式のスレート端末を用い、タッチ操作（左右スクロールおよびタップ）にて選択課題に取り組む。

選択課題の題材として、インターネット通信販売会社のアプリケーションを用いて、新書100冊のリストから最もお勧めの一冊を選択する。書籍の並び方は、ランキングなどとは関係なくランダムに、かつ、多種多様なジャンルを並べた。

被験者は男性5名、女性1名である。

### 2.3 実験結果

実験中に観察された操作滞留時の振る舞いとヒアリングから得られた心的状態をTable. 1に示す。

Table. 1 主なマルチモーダル情報とヒアリング結果

マルチモーダル情報	動画観察例	ヒアリング結果
視線	凝視する動き 目が左右に往復する動き	選択肢に迷う、選択方法に迷う 操作に困惑する
指の動き	指を往復させる動き	選択方法に迷う、選択肢に迷う
腕の動き	腕を止める動き	決断に迷う、選択肢に迷う
瞬き	瞬き頻度の増加	決断に迷う、選択肢に迷う
上半身姿勢	上半身の後退 覗き込む姿勢	操作に困惑する 選択肢に迷う、決断に迷う
音声	「んっ」という音声	操作に困惑する
顔の向き	特徴的な動きが見られなかった	特徴的な意見は聞かれなかった
表情	特徴的な変化が見られなかった	特徴的な意見は聞かれなかった

操作滞留時には、特徴的な振る舞いとして、瞬き頻度の増加、上半身姿勢の覗き込みや後退、「んっ」という音声、視線や指の「左右に往復するような動き」や「動きが止まる」などが観察された。一方で、顔の向きや表情などには特徴的な動きは表れなかった。

一方で、操作滞留時の心的状態としては、「操作に困惑する」、「決断に迷う」、「選択肢に迷う」などの意見があった。

## 2.4 考察

実験結果から、操作滞留時には複数の心的状態が存在し、また、複数のマルチモーダル情報に特徴的な振る舞いが見られている。本稿では、特徴が頻出された視線の動きとタッチの動きに注目し、分析を進めていく。

まず、被験者の視線とタッチ操作の動きを観察し、それぞれ4つの動きに分類する。その分類方法とは、視線については、「スキャン」、「追従」、「凝視」、「往復」、タッチ操作においては、「スクロール」、「往復」、「タッチ(静止)」、「アンタッチ」、である。また、それぞれの4分類は、単純な時系列的な動きにより定義する。

このように視線とタッチ操作の動作分類を行うと、その組み合わせパターンと心的状態に対応付けがされた(Table. 2)。たとえば、「スクロール」中に視線が「追従」せず、「静止」しているときには、「選ぶかどうか迷っている」心的状態である。つまり、視線のみ、あるいは、タッチ操作のみ観察するのではなく、それぞれを組み合わせることが心的状態の判別に有効であると考えられる。

Table. 2 視線・タッチパターンと心的状態

タッチ	視線		進行・滞留	心的状態	
	動き※	振る舞い			動き※
スクロール	→・	スキャン	→相対・	進行	閲覧している
	→・	追従	相対・	進行	閲覧している
	→・	凝視	・	滞留	選ぶかどうか迷う
	→・	往復	←→	滞留	操作に困惑する
往復	←→	スキャン	→相対・	未検出	未計測
	←→	追従	相対・	滞留	複数の選択肢で迷う
	←→	凝視	・	滞留	複数の選択肢で迷う
	←→	往復	←→	未検出	未検出
タッチ(静止)	・	スキャン	→・	進行	閲覧している
	・	凝視	・	滞留	探し方、選択肢に迷う
	・	往復	←→	滞留	探し方に迷う
アンタッチ	/	スキャン	→・	進行	閲覧している
	/	凝視	・	未検出	未検出
	/	往復	←→	滞留	選ぶかどうか迷う

※動作分類の定義に関しては、以下の動きに集約される。「→」は動き有り、「・」は動き無し、「相対・」は画面に対して相対的な動き無し、「/」は動きが検出できていないことを意味する。また、操作進行時の心的状態は未計測である。

以上より、視線・タッチの動きの組み合わせパターンが操作滞留時の心的状態推定に有効であるとし、本研究では、人の自然な振る舞いから測定される視線やタッチ操作情報を特徴量として、操作滞留時の心的状態を推定することを目指す。

## 3. 操作滞留時の心的状態推定実験

本章では、視線とタッチ操作情報に着目した操作滞留時の心的状態推定手法の検証実験について述べていく。

### 3.1 実験目的

視線測定用カメラとタッチロガーを用いて、視線とタッチ操作情報の時系列データを取得し、ユーザの操作滞留時の特徴抽出が可能か検証していく。また、検出された操作滞留時の心的状態の傾向の調査を行う。

### 3.2 実験方法

実験は以下の手順で行った。

- 被験者が好みのカレンダーを 100 冊から 3 冊選択する様子を視線、タッチ操作情報のそれぞれにおいて収集
- 第三者の人間の観察により操作滞留時と判断できる箇所にラベル付け
- A)で得られた視線・タッチ操作情報により操作滞留時/操作進行時の判別
- 判別結果の評価
- 判別された操作滞留時における心的状態のアンケート調査

### 3.3 実験環境

視線情報とタッチ操作情報を定量的に測定可能な実験系について、ここで説明していく。Fig. 2には、実験の様子を示す。

#### 3.3.1 視線測定システム

視線測定システムとして、頭部に何も装着せずに視線測定が可能な FreeGaze[9]を用いる。視線測定アルゴリズムは、視線を高精度に測定する手法として一般的な、近赤外線を眼球に照射し、角膜表面での反射光および瞳孔の位置から注視位置を決定する角膜反射法をベースにしたものである。実装では、カメラ位置およびフォーカスが固定され、安定的に計測を行うためあご乗せ台に顔を密着させて測定を行うこととする。本システムでは、サンプリングレート 30Hz で精度 1 度以内と現存の視線測定システムの中でも高精度で測定できる。

近年、単眼カメラによる測定方法も提案されているが、これほど高精度に視線を取得することは困難である。本実験系では、どれほどの精度で視線を検出できれば心的状態が推定できるかを明らかにするために、できるだけ精度の高い実験装置を用いることとした。

### 3.3.2 タッチロガー

タッチロガーはサンプリングレート 30Hz でタッチした位置を測定する仕様となっている。精度は、位置座標において1ピクセル単位で取得可能である。



Fig. 2 操作滞留時検出実験の様子

### 3.3.3 データ収集

被験者は以上のような測定環境において、タッチパネル式のタブレット端末を用い、タッチ操作（上下スクロールおよびタップ）にて選択課題に取り組む。

選択課題の題材としては、タッチロガーを搭載したオリジナルアプリケーションにおいてカレンダー100冊の中から最もおすすめのカレンダーを3冊選択する。今回は、リストからの選択課題のみを課すために、内容詳細を確認しなくても選択が可能であろうカレンダーを選択の対象とした。ただし、事前検討を行った結果カレンダーを1冊選ぶのでは操作滞留がほとんど生じなかったため、3冊選んでもらうこととした。カレンダーの並び方は、ランキングなどとは関係なくランダムに、多種多様なジャンルのものが並ぶ。

上記の課題を行う際に Table. 3 に示す視線・タッチ操作情報のパラメータを測定する。

Table. 3 測定するパラメータ群

視線情報	タッチ操作情報
瞬きの有無	タッチの有無
視線位置(水平成分, 垂直成分)	タッチ位置(水平成分, 垂直成分)
視線速度(水平成分, 垂直成分)	タッチ速度(水平成分, 垂直成分)
視線速度方向	タッチ速度方向
視線加速度(水平成分, 垂直成分)	タッチ加速度(水平成分, 垂直成分)
画面に対する視線速度	
画面に対する視線加速度	

具体的には、視線(瞬き)・タッチ情報の有無と、それぞれについての位置、速度、速度方向、加速度を水平成分、垂直成分で解析に用いている。さらに、視線情報に関しては、画面がスクロールによって動くので、画面に対する相対速度、相対加速度を解析に用いて

いる。具体的には、視線(瞬き)・タッチ情報の有無と、それぞれについての位置、速度、速度方向、加速度を水平成分、垂直成分で解析に用いている。さらに、視線情報に関しては、画面がスクロールによって動くので、画面に対する相対速度、相対加速度を解析に用いている。

被験者は男性5名、女性1名であり、解析には、すべての被験者のデータを統合して正規化したパラメータを用いる。また、心的状態を推定するために、視線およびタッチ操作の時系列的な動きのパターンを捉えることを目論み、Fig. 3 に示したようなタッチの有無による動作の分節化を行い、それぞれのフレームの各パラメータ平均値と分散値を用いることとした。

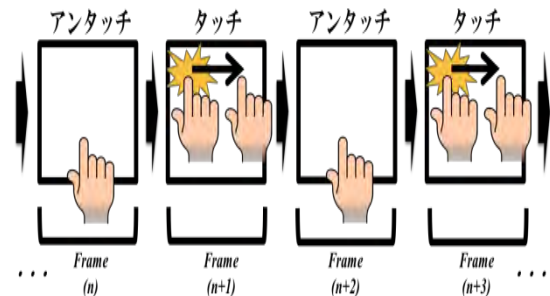


Fig. 3 動作の分節化

## 3.4 実験結果

### 3.4.1 解析方法

視線とタッチ操作情報に個人および時系列的変動が大きく、また、始端と終端や境界など正解データのラベリングには誤差が生じる。そのため、誤差を考慮して特徴を抽出するためには、統計的学習手法により判別器を構成する必要がある[10]。さらに、判別器による評価を行うことで、視線情報とタッチ操作情報の絞り込み(Table.3)を行う。

#### A) 正解データ

正解データは、心的状態における操作滞留時の振る舞いを人の観察にて判定を行うことで作成した。判定の基準は、Table. 2 における視線とタッチ操作の操作滞留時の振る舞いに基づき、客観的に判定を行っている。ただし、人間の観察により判断を行うため、判断するための時間幅が必要となる。そのため、今回は 1s 以上の区間にラベル付けを行っている。

#### B) 判別手法

特徴量空間をK近傍法によりクラスタリングによりセントロイドを決定 (X)

セントロイド毎に滞留，非滞留(A)の出現頻度を求める  $P(X|A)$

滞留非滞留の事前確率  $P(A)$  は等しいとすると，

$$P(A|X) = \frac{P(X|A)P(A)}{P(X)}$$

ベイズ推定として操作滞留を判定することが可能となる。また，滞留と判定されたクラスタに対し，適合率と再現率，F 値をそれぞれ求め評価を行う。

ここでも，ラベル付の際に付した条件を考慮し，1s 以上の滞留クラスタのみをカウントし，各値の計算を行う。

### 3.4.2 解析結果

以上の解析方法を用いて視線情報のみ，タッチ操作情報のみ，視線・タッチ操作情報の組み合わせの操作滞留時の判別結果を Table. 4 に示す。

Table. 4 判別結果

利用したパラメタ	適合率	再現率	F値
視線情報	0.30	0.45	0.36
タッチ情報	0.39	0.36	0.38
視線+タッチ情報	0.61	0.73	0.67

また，判別により絞り込まれた視線とタッチ操作情報のパラメタ群は Table.5 のようになった。ここで，クラスタ数は 16 となった。

Table.5 解析に用いたパラメタ群

	視線情報	タッチ操作情報
平均	視線位置(水平成分)	タッチ位置(垂直成分)
	視線位置(垂直成分)	タッチ速度(垂直成分)
	視線加速度(垂直成分)	
分散	視線位置(水平成分)	タッチ位置(水平成分)
	視線位置(垂直成分)	タッチ位置(垂直成分)
	視線速度(垂直成分)	タッチ速度方向(Cos)
		タッチ加速度(垂直成分)

タッチ情報のみで解析した結果は，適合率 0.39，再現率 0.36，F 値 0.38 となった。視線情報のみによる解析結果は，動作の分節化の際にタッチ情報を利用しているため，参考情報となるが，適合率 0.30，再現率 0.45，F 値 0.36 となった。最後に，視線とタッチ操作情報の組み合わせのクラスタリング結果であるが，適合率 0.61，再現率 0.73，F 値 0.67 となり，一定の結果が得られている。

以上より，視線とタッチ操作を組み合わせた操作滞留時の心的状態推定手法の妥当性を示すには十分な結果であり，今後，さらに推定手法の細部まで検討することにより，さらに精度を向上させることができると期待

できる。

## 3.5 考察

それぞれの判別結果を踏まえて，3.6.1 にて，まず再現率，適合率についての考察を述べる。続く 3.6.2 では，操作滞留時の心的状態推定における視線とタッチ操作情報のパラメタについて考察していく。最後に，3.6.3 では，操作滞留時の心的状態に関する追加調査とその結果について報告する。

### 3.5.1 再現率，適合率

再現率に一定の効果が得られた要因として，タッチ操作や視線測定システムは途切れることなく安定的にデータを取得できたことが挙げられる。今回の実験条件においては，視線情報は瞬きの瞬間以外は常時測定可能なパラメタであり，タッチ操作に関しても動きの頻度が高く，高頻度でタッチ操作情報が測定できた。瞬きをして視線情報が取れず，手が触れていない状態は，全体の約 5% であり，瞬きは平均 100ms 程度であることから，情報未取得により滞留状態を取り逃すことはないと考えられる。

次に，適合率 0.61 が再現率 0.73 と比較して低かった要因について述べる。今回の実験条件を振り返ると，操作滞留の発生頻度がフレーム全体のうちの約 7% と高くなかったため，重心の最大距離を比較する K 近傍法では，誤検出が増えてしまう可能性がある。そのため，母集団の偏りを吸収可能なアルゴリズムが求められる。

また，そもそも操作滞留の発生頻度が低かった要因として，被験者の動機付けが十分でなかった可能性がある。今回のカレンダーの選択課題に関して言えば，実際にカレンダーを購入するときと比べても，その後の損得と無関係であるため，ユーザのモチベーションが低かった可能性がある。したがって，選んだカレンダーを渡すなどの報酬を与えることで，被験者はより強いモチベーションを持ち，実際に近いより高い頻度で操作滞留が発生すると考えられる。

### 3.5.2 視線・タッチ操作情報

#### A) 視線・タッチ操作情報の組み合わせ効果

視線情報のみでクラスタリングした結果は，適合率 0.30 と不十分な結果となっているが，これは視線情報におけるデータの振れが影響し，誤検出が為されている可能性がある。また，タッチ操作情報のみでクラスタリ

ングした結果については、タッチしていない状態ではデータを一切得ることができないため、未検出のフレームが増え、再現率が0.36と低くなってしまったと推察される。

要するに、視線、タッチ操作情報の組み合わせによるクラスタリングを用いると、視線情報の安定化とタッチ操作がないときの情報付与による精度向上が実現したのではないかと考えられる。

一方で、今回の解析方法では、タッチの有り無しによって動きの分節化を行ったため、視線の微弱な動きの特徴が打ち消されてしまっている可能性がある。これは、それぞれの振る舞いの速度水準が異なるために生じる。つまり、視線情報は、タッチの動きよりも速度水準が高いため、タッチ有り無しの分節よりも、より細分化した方が多くの特徴を抽出できるのではないかと。

そのためには、視線とタッチ操作情報を別々に解析し、統合するアプローチが考えられる。視線をどのように分節化するか、互いの情報の関係性を保持したまま如何に統合していくかに関しては、今後の課題となる。

## B) 特徴量の検出結果

Table.5 で示されたパラメタ群において、操作滞留時の特徴が検出できているかを、視線が往復している例をとって考察を行う。

Fig.4 では、タッチ操作を行っていないが、視線水平成分が大きく移動し、視線が往復する様子を生データとして示したものである。



Fig.4 滞留時の視線の右往左往(生データ)

それに対し、今回検証に用いた解析パラメタである視線位置水平成分の平均値と分散値、タッチ速度垂直成分の平均値と分散値を示した図が Fig.5 である。

以上のように、視線とタッチの特徴量を平均と分散値を捉えることで動作パターンを捉えることに成功していることが分かる。

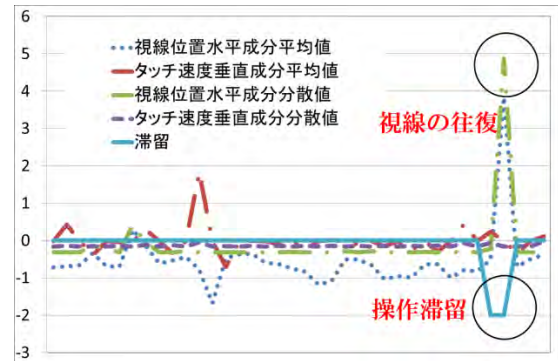


Fig.5 滞留時の視線の右往左往(平均と分散)

そのほかにも、Table.2 の動作パターンの組み合わせのうち、タッチの往復動作、視線とタッチ操作が動いていない状態などの特徴が抽出できているのが確認されている。

### 3.5.3 操作滞留時の心的状態に関して

操作滞留時の心的状態を調査するため、SD 法[11]による操作滞留時の印象評価を行った。

今回の実験では、第三者が実験動画の観察を行い、ユーザの印象を尋ねるアンケートに答える。実験動画には、画面を遷移する様子に加え、視線位置とタッチ位置を示す矢印を付した。被験者は、操作進行中と操作滞留中の実験動画3つを3度ずつ観察する。その直後、それぞれ5段階23の形容詞対からなるSD法による印象評価のためのアンケートに回答する。アンケートに用いた形容詞対は、従来の心理学研究[12]と対義語辞典[13,14]を参考にして決定した。

男性5名、女性1名の被験者から得られたアンケートによる調査結果は Fig.6 のとおりである。この調査結果は、各被験者について3つの動画観察すべてについて平均と標準偏差を取ったものである。5段階尺度の評定は、各形容詞対について1から5まで数値化することで、平均、標準偏差を算出している。

この結果から、操作滞留時の振る舞いを客観的に観察すると、「ためらっている」、「没頭している」という心的状態に傾向が出ている。数値としては、「ためらっている」が平均値2.3、標準偏差0.75、分散0.59、「没頭している」が平均値3.5、標準偏差0.69、分散0.50、となっており、値の分散は大きく表れている。これは、人の語感に関する印象の振れに加えて、予備検討においても確認されているように、操作滞留時に複数の心的状態が混在している可能性が裏付けられている。

のではないかと考えられる。そのため、心的状態が混在しているのならば、存在する操作滞留時の複数の心的状態を特定し、如何に切り分けるか追加の検討が必要となる。

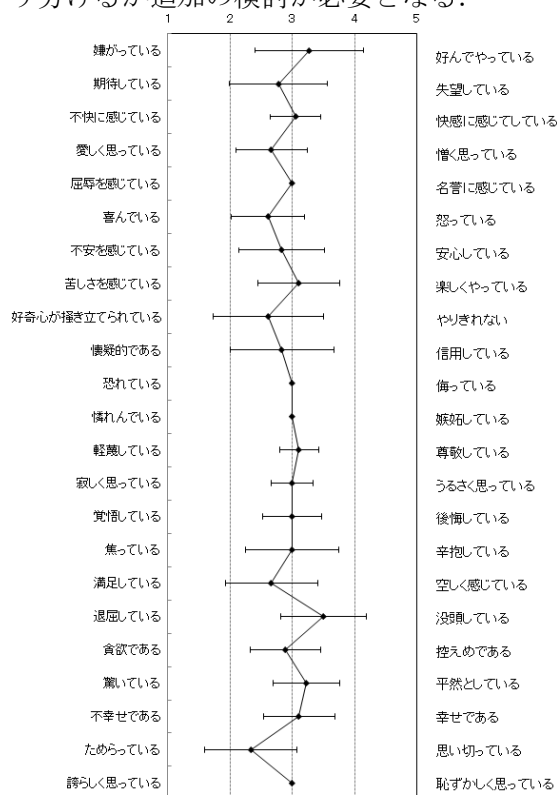


Fig.6 SD プロフィール

### 3.6 実験のまとめ

視線とタッチ操作情報を組み合わせることで、F値 0.67 と一定の精度で心的状態が推定された。また、このときの心的状態は、SD法を用いて分析すると他の心的状態と比べて「ためらっている」、「没頭している」という心的状態への傾向が示された。

さらに、心的状態推定の精度を向上させるためには、視線とタッチ操作情報の時間水準の統合方法の検討から動機づけなどの実験条件の改善が必要となろう。

## 4. 今後の展開

### 4.1 操作滞留時検出の追加実験

3 で明らかになった問題点を踏まえ、解析方法や実験条件を修正し、心的要因による操作滞留の推定精度の向上を目指す。

具体的には、実験条件に報酬を与えるなどの工夫を施して被験者のモチベーションを上げ、操作滞留の頻度を増やす。測定環境に

関しては、視線やタッチ操作情報は十分安定的に測定できたため、本検証実験で用いた測定環境をベースに構築する。また、今回は、男女6名と偏りのある少数の被験者での実験となっている。そのため、年齢層や性別、経験などの偏りの無いよう被験者を増やしていき、有効性を明確に示していく。

### 4.2 操作滞留時の複数心的状態判別実験

3.6.3 にて示唆されたように操作滞留時には、複数の心的状態が混在して表れている可能性が示された。そのため、どのような心的状態が存在するのかを明らかにし、それらの心的状態をどのように判別するのか検証していく必要がある。

### 4.3 自動応対システムとして満足度評価

操作滞留時の心的状態推定機能を自動応対システムに実装し、システムとしてのユーザ満足度の評価を行う。たとえば、操作滞留時に心的状態に応じたユーザ支援を行い、サービス完遂率などを検証する。

このとき、心的状態の推定精度はもちろんのこと、提示内容や提示方法に関する考察を深める。推定した結果を如何に提示していくかも今後の研究課題となりうるからである。

## 5. まとめ

本研究では、自動応対システムの操作滞留時における心的状態推定を目指している。

事前検討において、心的要因による操作滞留時には、視線とタッチ操作に特徴的な振る舞いが表出されると仮説を設け、これらを測定可能な実験系を構築し被験者実験を行った。視線とタッチ操作情報を用いることで、妥当性を示すには十分な精度で心的状態が推定された。また、操作滞留時の心的状態をSD法を用いて分析をすると、他の心的状態と比べ、「ためらっている」、「没頭している」という心的状態への傾向が示された。

さらに、推定精度を向上させるためには、考察に述べたように、解析方法の検討から実験条件の改善など様々なアプローチが考えられる。一方で、大目標が自動応対システムへの応用であることを踏まえると、現状の精度で何ができるのか検討するため、Wizard of Ozの実験を通して、適用先の検討も並行して進めていき、システムへの実装とユーザ評価を早期に行っていきたい。

## 参考文献

- [1] R. Ishii, et al, “Combining Multiple Types of Eye-gaze Information to Predict User’s conversational Engagement”, in 2011 International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI2011), Workshop on Eye Gaze in Intelligent Human Machine Interaction, 2011.
- [2] K. Bounsmalis, et al, “Spotting Agreement and Disagreement: A Survey of Nonverbal Audiovisual Cues and Tools”, Affective Computing and Intelligent Interaction and Workshops, 2009.
- [3] S. Mello, A. Graesser, “Multimodal semi-automated affect detection from conversational cues, gross body language, and facial features”, User Modeling and UserAdapted Interaction 2010.
- [4] Z.Zeng, et al, “Audio-Visual Affect Recognition”, IEEE Transactions on multimedia, vol.9, no.2, 2007.
- [5] L.Maat, et al, “Gaze-X: Adaptive Affective Multimodal Interface for Single-User Office Scenarios”, Proceedings of the 8th international conference on Multimodal interfaces, 2006.
- [6] J. Carter, et al, “Are You Having Difficulty?”, Proceedings of the 2010 ACM conference on Computer supported cooperative work 2010.
- [7] A. Kapoor, et al, “Automatic Prediction of frustration”, Int. J. of Human-Computer Studies 65, 2007.
- [8] I.Arroyo, et al, “Emotion Sensors Go To School”, Proceeding of the 2009 conference on Artificial Intelligence in Education.
- [9] T. Ohno, et al. “2点補正による簡易キャリブレーションを実現した視線測定システム”, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.4, 2003.
- [10] K. Hidaka, “A New Multimedia Content Skimming Technique at Arbitrary User-Set Rate Based on Automatic Speech Emphasis Extraction ”, International Journal of Human-Computer Interaction, Vol. 23, No. 1, April 2007.
- [11] 岩下豊彦, “SD 法によるイメージの測定 その理解と実施の手引”, 川島書店, 1983.
- [12] 芋阪・大山編 “心理学研究法 4 巻: 実験Ⅲ”, 東京大学出版会, 1973.
- [13] 中村一男編, “反対語大辞典”, 東京堂出版, 2000.
- [14] 北原保雄, 東郷吉男編, “反対語対照言辞典”, 東京堂出版, 1989.