

コミュニケーションぬいぐるみデバイスにおける 圧力センサを用いた感情推定の一手法

馬瀬 春香^{1,a)} 米澤 朋子^{2,b)} 城 和貴^{1,c)}

概要：本研究では，ユーザのストレス状態を軽減するコミュニケーションぬいぐるみデバイスにおいて，触り方に基づく感情推定を行うことを狙う．ファジィ推論を用いて，圧力センサの値のヒストグラムの分散やピーク等からユーザの感情を快・不快・不明の3種類に分類する手法を提案する．実験の結果，不明であると推定されたものを正解に含めた場合の正答率は69.1%，正解に含めず除外した場合の正答率は63.1%という分類精度が確認された．今後の手法の改善案についても議論する．

Emotion Estimation Using Pressure Sensors in Communicative Stuffed-toy Device with Fuzzy Reasoning

HARUKA MASE^{1,a)} TOMOKO YONEZAWA^{2,b)} KAZUKI JOE^{1,c)}

1. はじめに

ストレス社会と呼ばれる現代で，人々は様々な精神的負担を受けている．精神的負担の解決策の一つとしてカウンセラーによるカウンセリングを受けることが挙げられる．しかし，時間的・金銭的負担が大きだけでなく，そもそもカウンセリングを受けることに対してネガティブな印象があり障壁を感じる人も多い．

そこで，時間的・金銭的・心理的負担や抵抗なく，様々な精神の負荷を吐露し，心的な苦痛を軽減するためのシステムとして，コミュニケーションぬいぐるみデバイスを開発した [1]．ぬいぐるみへの接触行動を認識し，それに対するぬいぐるみ自身の声を Twitter^{*1} に書き込むことによりユーザとのコミュニケーションを行う．ぬいぐるみに感情の受け皿としての役割をもたせることによって，ユーザの心的な苦痛をやわらげることを目指したものである．

本稿では，より正確にユーザとぬいぐるみデバイスとのコミュニケーションを行うことができるように，ぬいぐるみに内蔵された圧力センサの値から，ファジィ推論を用いてユーザの感情を快・不快の二種類で推定する手法を検討する．これにより，従来のぬいぐるみデバイスとのコミュニケーションにおいて，感情推定結果に基づく書き込み内容やリアクションの設計が可能となる．的確なインタラクションでストレスの軽減を図ることだけでなく，ユーザとぬいぐるみデバイス間でさらに親密な関係が構築されることも期待できる．

2. 関連研究

人間の行動計測や分類として，センサを用いて日常計測する手法が発展している [2]．このような手法は，立つ・歩く・走るなどある程度予想された動きを推定することが可能である．しかし，行動推定はサンプル化された大量データ [3] の学習で可能になるが，本研究での感情推定は圧力センサの値を用いるという，サンプル数が少量の試みであるため，パタン認識等による良好な識別が可能なほどのサンプルはまだ存在しない．さらに，感情推定は内部状態であり，現実の行動検出とは異なり，主観的であいまいなものであるために単純なパタン認識やクラスタリングなどの

¹ 奈良女子大学
Nara Women's University

² 関西大学
Kansai University

a) mase-haruka1581@ics.nara-wu.ac.jp

b) yone@kansai-u.ac.jp

c) joe@ics.nara-wu.ac.jp

*1 Twitter : <https://twitter.com/>

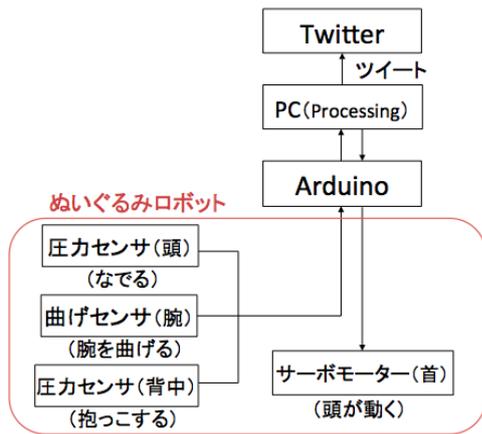


図 1 システムフロー
 Fig. 1 System configuration diagram

手法では推定が難しい．そこで，あいまいな要素を数学的に扱うことのできるファジィ推論を用いて，感情推定を行うことにした．

ファジィ推論が用いられた研究の中でも，離散的メンバシップ関数でファジィ推論モデルを構築した研究として山下 [4] の研究が挙げられる．本研究においても，8 種類のヒストグラムの要素からなる連続した値ではないメンバシップ関数を使用する．つまり，離散的メンバシップ関数を用いてファジィ推論を行うため，山下らの研究を参考にファジィ推論モデルを構築した．

3. 本手法適用対象のぬいぐるみデバイス [1]

本稿でユーザ感情推定に用いているコミュニケーションぬいぐるみデバイス [1] とは，ユーザが感情を吐露する相手としての役割をぬいぐるみが持つことにより，カウンセリングを受けるなどよりも抵抗なくユーザ自身の精神的負担をやわらげることを目指して開発したものである．ユーザのぬいぐるみへの接触行動および非接触行動を感知し，ぬいぐるみがそれに対して動作などにより反応を返すというやりとりにおいて，ユーザのストレスの緩和を狙った．

また，Twitter において接触行動に対する感想をツイートさせることにより，ユーザとぬいぐるみ間でのやりとりが限定的に公開され，遠隔の家族や支援者などの第三者がユーザの状況に気づきやすくなると考えられる．

システムフローを図 1 に示す．ぬいぐるみをなでる，抱っこをする，腕を曲げるといったユーザの行動によって Twitter に予め用意されたぬいぐるみ専用のアカウントにツイートを行う．また，ユーザの入力に応じてぬいぐるみの頭が前後に動くことで，ユーザのとった行動に応える．

ぬいぐるみ内部の構造については，ぬいぐるみの頭と背中に圧力センサを各 1 個ずつ，左腕に曲げセンサを 1 本内蔵しており，各センサからユーザの入力を検出する仕組みになっている．それと同時に，首にサーボモータを組み込

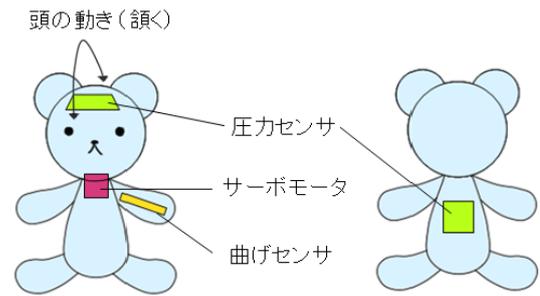


図 2 ぬいぐるみデバイスの構成図
 Fig. 2 Configuration diagram of device

み，ぬいぐるみが頷くりアクション動作を準備した．頭をなでる，腕を曲げる，抱っこをするといったユーザの行動によってセンサのいずれかが一定以上の値を取得すると，首元のサーボモータがぬいぐるみの頭を動かす．ぬいぐるみの頭をゆっくりと前後に振らせることで，自身に対してぬいぐるみが頷いて反応を示しているものとユーザに感じさせ，ラポールの形成を感じさせることを狙いとした．

また，ユーザの入力の様子に応じてユーザを気遣うような言葉を Twitter に投稿する．図 2 にぬいぐるみロボットの構成図を示す．

4. IAPS を用いた実験

4.1 IAPS

感情に関する実験的研究で広く用いられているものとして，International affective picture system (IAPS: 国際感情画像システム) が存在する [5]．IAPS とは，フロリダ大学の CSEA によって作成された，感情を喚起するカラー写真のセットで，IAPS の快と覚醒度 (興奮度) の程度は図 3 の Self-Assessment Manikin (SAM) によって 9 段階で評定されている [6]．快の評定値 (Valence mean) は 1 に近いほど不快で，9 に近いほど快であるとされている．覚醒度の評定値 (Arousal mean) は 1 に近いほど覚醒度が低く，9 に近いほど高いとされている．日本でも，主に脳活動計測実験において IAPS がしばしば用いられている [7], [8]．但し，本研究におけるコミュニケーションぬいぐるみデバイスは，気軽にユーザのストレス軽減を行う事のできるデバイスを目指しているため，脳活動の計測は行わない．主観的な感情想起による実験で感情推定を行う場合に起こる想起や没入能力の個人差を減らすため，IAPS を用いた感情想起を導入し，提案システムの効果を検証することとした．

4.2 実験内容

目的 : IAPS によって被験者に快-覚醒度低，快-覚醒度高，不快-覚醒度低，不快-覚醒度高の 4 種類の感情を喚起させ，それぞれの感情が喚起された際にぬいぐるみの触れ方として圧力センサの値がどのような特徴を持つのか分析し，

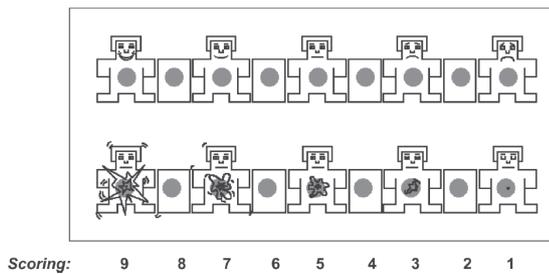


図 3 Self-Assessment Manikin (SAM)
Fig. 3 Self-Assessment Manikin(SAM)



図 4 実験用デバイス
Fig. 4 The device for the research

ユーザの感情推定を行うアルゴリズムを考案する際に活用するため実験を行った。

被験者: 女子大学生・大学院生, 計 18 人に対して実験を行った。

実験用刺激: 本実験での被験者は全員女性であるため, FemaleSubjects の評定値を参考に, 快の写真を Valence mean=7.00 以上, 不快の写真を Valence mean=3.00 以下, 覚醒度低の写真を Arousal mean=4.20 以下, 覚醒度高の写真を Arousal mean=6.00 以上と条件づけた。IAPS の写真セットの中から IAPS の写真セットの中から, 前述の条件をもとに, 快-覚醒度低の写真, 快-覚醒度高の写真, 不快-覚醒度低の写真, 不快-覚醒度高の写真をそれぞれ 2 枚ずつ, 計 8 枚を選定した。但し, IAPS の中には刺激の強い写真が多く存在するため, 被験者の精神的健康を考慮したうえで選定を行った。また, 海外の紙幣や銃など, 日本人に馴染みの無いものの写真は除外した。

本実験では, 写真は 20 秒間呈示することとし, 写真間に 10 秒間のインターバル (画面の暗転) を設けた。また, 実験開始から最初の写真が表示されるまで 5 秒間のインターバルを設けた。

手順: 被験者には PC 画面の前に座り, 写真が表示されたら机の前に置かれたぬいぐるみを触るように指示した。写真は 20 秒間表示されるが, その間触り続けなくても, 任意のタイミングで触るのを終えても良いとした。触り終えるかもしくは画面が暗転したら, ぬいぐるみを机の上に置き, 写真を見てどのような感情が湧いたか簡単に発言するように求めた。これを写真 8 枚分繰り返した。また, 注意点として, 頭と背中部分以外にセンサが存在しないことから, ぬいぐるみの手や足だけに触れるような触り方は出来るだけ避けるように指示した。さらに, 刺激の強い写真が含まれることから, 血液・死体などの内容に著しく嫌悪感を持つ被験者には該当する写真を除外して実験を行った。

実験用装置: 本実験で使用したぬいぐるみを図 4 に示す。基本的には 3.2 節で述べたぬいぐるみデバイスと同様だが, 本実験では, ぬいぐるみの腕にある曲げセンサは用いず, 頭と背中の圧力センサのみを用いた。

4.3 実験結果

本実験においては, 被験者のほとんどがぬいぐるみの胴体部分を持ち上げたり抱っこをするという動作を行っており, 頭を触る被験者は少なかったため, 背中の圧力センサの値のみで分析を行った。得られたセンサの値を分析したところ, 触れる強さは個人差が激しく, センサの値の平均, 最大値, 最小値, 分散および自己相関などから特徴を得ることは出来ず, 4 種類の感情を推定することは困難だった。

そこで, センサの値からヒストグラムを作成し, それぞれのヒストグラムを快と不快の 2 種類の感情に分けて比較したところ, 一部のヒストグラムにおいて「被験者が快であるときのセンサの値のヒストグラムは分布が平坦で広い」「被験者が不快であるときのセンサの値のヒストグラムは, 圧力センサの値が大きい場所に狭いピークが存在する」という特徴が見られた (図 5)。さらに, 「圧力センサの値が低いヒストグラム範囲にピークが存在するヒストグラムは快・不快の両方で見られる」ことから, そのようなヒストグラムは快・不快の区別が困難である可能性もある。

よって, ファジィ推論を用いて得られたセンサの値をヒストグラム化し, 快と不快の 2 種類の感情に, 不明であるとするクラスも加えた 3 種類に分類する感情推定のためのアルゴリズムを考案することにした。

5. ファジィ推論を用いた感情推定

5.1 ファジィ推論

ファジィ理論とは, あいまいな要素や“主観”を数学的に扱うことができる理論である [9]。本研究でのファジィ推論は, 順序のある連続した値を使用するものではないため, 離散的メンバシップ関数を用いる。離散的メンバシップ関数を使用するにあたって山下ら [4] の研究を参考にした。

5.2 感情推定の方法

3 章の調査の結果の内, 「被験者が快であるときのセンサの値のヒストグラムは分布が平坦で広い」という特徴に,

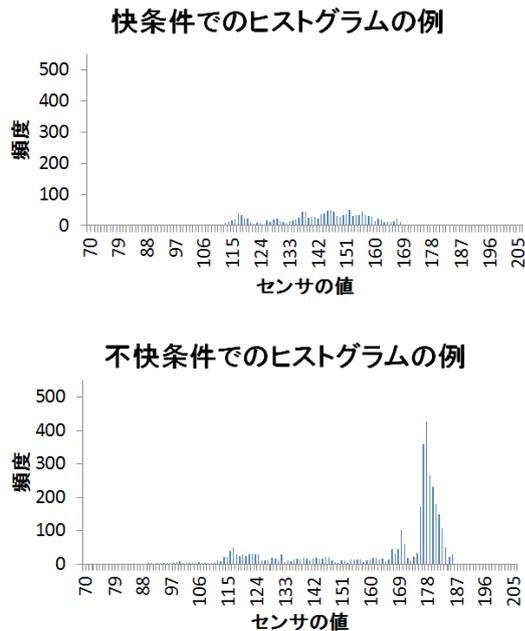


図 5 ヒストグラムの例
Fig. 5 Example of histogram

特に当てはまるヒストグラム 4 種類を選別し、それをヒストグラム $i = 1, \dots, 4$ とした。さらに、「被験者が不快であるときのセンサの値のヒストグラムは、圧力センサの値が大きい場所に狭いピークが存在する」という特徴に、特に当てはまるヒストグラム 4 種類を選別し、それをヒストグラム $i = 5, \dots, 8$ とした。これらをファジィ推論モデルで使用するメンバシップ関数を作成する元とした。全 8 種類のヒストグラムの分散を v_1, v_2, \dots, v_8 とし、その分散と 8 種類の分散値最大との差分を v'_1, v'_2, \dots, v'_8 とし、以下の数式

$$v'_i = \max\{v_1, v_2, \dots, v_8\} - v_i$$

$$P_{1_i} = \frac{v'_i}{\max\{v'_1, v'_2, \dots, v'_8\}} \quad (1)$$

$(i = 1, \dots, 8)$

により、各ヒストグラムにおける快のメンバシップ関数 P_1 とした。加えて、ヒストグラムの内、センサの値が 159 以下の部分での平均値を b 、160 以上の部分での最大値を c とし、以下の数式

$$w_i = 1 - (b_i \div c_i)$$

$$P_{2_i} = \frac{w_i}{\max\{w_1, w_2, \dots, w_8\}} \quad (2)$$

$(i = 1, \dots, 8)$

により、各ヒストグラムにおける不快のメンバシップ関数 P_2 とした。さらに、各感情を表す集合を A_1, A_2 とし、入力されたセンサの値のヒストグラムから式 (1), (2) を用いて各感情に所属する程度を算出し入力部 a_1, a_2 とした。すなわち、ファジィ推論モデルは 2 つの規則からなり、表 1 のように表される。

表 1 ファジィ推論モデル

Table 1 Model of fuzzy reasoning

規則 1:	A_1	P_1
規則 2:	A_2	P_2
入力:	a_1 and a_2	
結論:	P'	

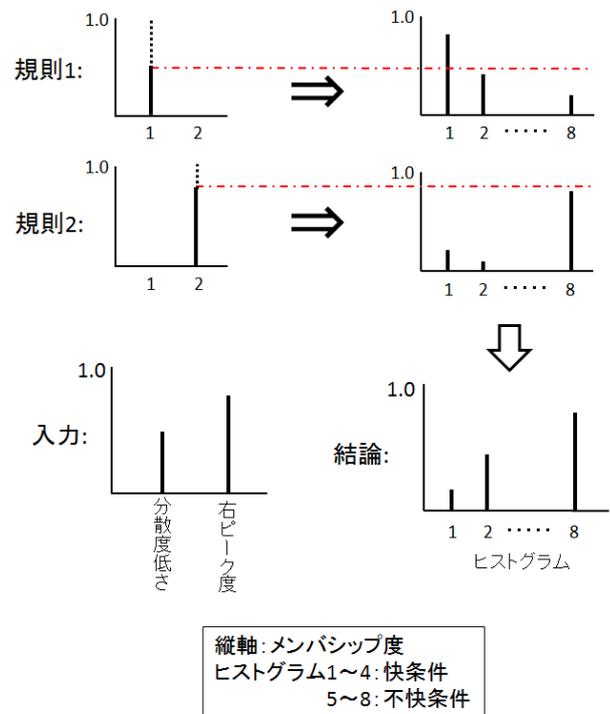


図 6 ファジィ推論モデル

Fig. 6 Model of fuzzy reasoning

ここで、入力 a_i とファジィ規則 $A_i \quad P_i$ から得られる推論結果 P'_i は、

$$\mu_{P'_i}(z) = a_i \wedge \mu_{P_i}(z)$$

で与えられ、最終的な結論 P' は、

$$\mu_{P'}(z) = \mu_{P'_1}(z) \vee \mu_{P'_2}(z)$$

で与えられる。

以上のファジィ推論モデルを、図 6 に示す。このファジィ推論モデルで導き出される結論 P' は、最初に選別された 8 種類の各ヒストグラムに属する程度を表すメンバシップ度で構成されているため、 P' のうち快条件のヒストグラムに属するメンバシップ度 4 個の平均値と不快条件のヒストグラムに属するメンバシップ度 4 個の平均値をそれぞれ算出し、平均値が大きかった方の条件を推定結果とした。但し、式 (2) においてゼロ除算となった場合は、強制的に快でも不快でもない入力 (不明) とした。

5.3 推定結果

ファジィ推論による感情推定結果を表 2 に示す。“写真

表 2 ファジィ推論結果
 Table 2 Result of fuzzy reasoning

写真 写真の属性	1 枚目 (快-低)	2 枚目 (快-高)	3 枚目 (不快-高)	4 枚目 (快-高)	5 枚目 (不快-高)	6 枚目 (快-低)	7 枚目 (不快-低)	8 枚目 (不快-低)
1 人目 快	不明	0.71	不明	不明	0.62	不明	0.48	0.48
1 人目 不快	不明	0.64	不明	不明	0.8	不明	0.93	0.95
2 人目 快	0.48	0.58	0.69	不明	0.48	—	0.81	0.63
2 人目 不快	0.84	0.9	0.83	不明	0.95	—	0.61	0.53
3 人目 快	0.87	0.77	0.56	0.87	0.74	0.86	不明	0.48
3 人目 不快	0.42	0.51	0.87	0.42	0.75	0.41	不明	0.95
4 人目 快	不明	0.87	不明	不明	0.87	—	不明	0.87
4 人目 不快	不明	0.95	不明	不明	0.94	—	不明	0.5
5 人目 快	0.82	0.64	0.83	0.85	0.87	0.87	0.73	0.8
5 人目 不快	0.78	0.95	0.95	0.88	0.8	0.53	0.46	0.82
6 人目 快	—	不明	0.84	—	0.87	—	0.87	—
6 人目 不快	—	不明	0.95	—	0.74	—	0.94	—
7 人目 快	0.873	0.84	0.81	0.87	0.87	0.86	0.86	0.87
7 人目 不快	0.870	0.78	0.95	0.54	0.9	0.53	0.68	0.48
8 人目 快	0.87	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明
8 人目 不快	0.42	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明
9 人目 快	0.72	0.48	0.62	0.64	0.8	0.79	0.8	0.79
9 人目 不快	0.95	0.95	0.95	0.95	0.85	0.9	0.83	0.89
10 人目 快	0.87	0.83	0.86	0.87	0.48	不明	0.48	0.65
10 人目 不快	0.92	0.826	0.89	0.73	0.95	不明	0.95	0.95
11 人目 快	0.48	0.8	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
11 人目 不快	0.95	0.91	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
12 人目 快	0.87	0.87	不明	0.87	0.87	不明	—	不明
12 人目 不快	0.59	0.42	不明	0.78	0.95	不明	—	不明
13 人目 快	0.8	0.48	0.48	0.63	—	0.48	0.48	0.727
13 人目 不快	0.89	0.95	0.95	0.94	—	0.95	0.95	0.728
14 人目 快	0.85	0.87	0.87	0.87	—	0.87	0.71	0.84
14 人目 不快	0.87	0.54	0.91	0.51	—	0.42	0.65	0.65
15 人目 快	0.8	0.87	0.48	0.61	不明	—	0.72	0.87
15 人目 不快	0.86	0.42	0.95	0.83	不明	—	0.6	0.42
16 人目 快	0.87	0.85	0.86	0.87	0.81	0.87	0.83	0.82
16 人目 不快	0.85	0.63	0.8	0.6	0.94	0.42	0.85	0.75
17 人目 快	0.58	0.87	0.48	0.59	0.56	0.79	0.846	0.48
17 人目 不快	0.94	0.5	0.95	0.93	0.93	0.56	0.848	0.95
18 人目 快	0.87	0.87	0.87	0.85	0.87	0.86	0.87	—
18 人目 不快	0.88	0.42	0.65	0.51	0.42	0.48	0.42	—

の属性”欄の低・高は、覚度度低・覚度度高を表している。センサの値が小さすぎるため測定出来なかった、もしくは被験者の精神的健康を考慮し計測を行わなかった箇所は—で示した。また、太字で書かれた数値は不正解となった箇所である。結果、不明であると推定されたものを正解に含めた場合の正答率は 69.1%，正解に含めず除外した場合の正答率は 63.1%となった。

6. 考察

IAPS を用いた実験およびファジィ推論の結果から、圧力センサの値は個人差が激しく、高い精度で感情推定を行う事は困難であることが判明した。平均してあまり力を入

れずにぬいぐるみを感じる被験者が存在した一方で、終始強い力でぬいぐるみを感じる被験者も存在した。よって、特にヒストグラムのピーク値を用いる不快判定の方法については、個人毎の触る力の平均を考慮し、圧力センサの箇所ごとの基準をユーザごとに平滑化するなどの必要があると考えられる。

中には写真の属性に関係なく同じような触り方をする被験者も存在した。感情が触り方に直結しない可能性だけでなく、写真による感情生起が強い人と弱い人がいる可能性がある。IAPS については、様々な国で用いることができるとされているものの、海外で作成されていることから、被験者によっては想定されているほどの効果を得られなか

ったケースもあると考えられる。さらに、個人の価値観も IAPS の効果に多少影響を及ぼす可能性がある。実際に、ほぼ全員の被験者が「怖いと思った」と発言した写真に対して、「かっこいいと思った」と発言した被験者も存在した。

また、本研究では女性 18 人で実験を行ったが、被験者の人数を増やすことや男性の被験者を交えることで、結果が変わる可能性がある。

将来的には触る被験者が少なかった部位のセンサも統合的に分析に含め、精度を向上させることに貢献するかを調査したい。

7. おわりに

本研究では、ユーザのストレス状態を軽減するコミュニケーションぬいぐるみデバイスにおいて、ユーザのぬいぐるみへの触り方に基づく感情推定を行った。IAPS を用いて実験を行い、ぬいぐるみを触った際の背中部分の圧力センサの値を被験者 1 人につき写真 8 枚ずつ、計 18 人分集めた。そのデータからヒストグラムを作成し、分散やピークなどをファジィ推論に用いて、ユーザの感情を快・不快・不明の 3 種類に分類する手法を提案した。ファジィ推論を行った結果、不明であると推定されたものを正解に含めた場合の正答率は 69.1%、正解に含めず除外した場合の正答率は 63.1%という分類精度が確認された。

今後はさらに個人差を考慮した手法を検討すると共に、背中以外のセンサについても分析に含めることで、精度の向上に繋がるかを調査したい。

謝辞 本研究は科研費 15H01698 および 25700021 の助成の一部を受け実施したものである。

参考文献

- [1] Haruka Mase, Tomoko Yonezawa, Kazuki Joe: Evaluating Elements of Communicative Stuffed-toy Device Describes Scripts on SNS; In Proceedings of 2015 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications(PDPTA 2015), Vol.1,p310-316(2015).
- [2] 村尾和哉, クリストフファンラールホーフェン, 寺田努, 西尾章治郎: センサのピーク値を用いた状況認識手法; 情報処理学会論文誌, Vol.51, No.3, pp.1068-1077(2010).
- [3] N. Kawaguchi, N. Ogawa, Y. Iwasaki, K. Kaji, T. Terada, K. Murao, S. Inoue, Y. Kawahara, Y. Sumi, N. Nishio: HASC Challenge: Gathering Large Scale Human Activity Corpus for the RealWorld Activity Understandings; Proc of ACM AH 2011, Article No. 27(2011).
- [4] 山下利之, 高橋雅博, 酒井秀昭, 武田利浩, 市村匠: ファジィ理論による表情選択モデルのヒューマンインタフェースへの応用; 日本ファジィ学会誌, Vol.12(2), pp.105-112(2000).
- [5] Lang, P.J., Bradley, M.M., Cuthbert, B.N: International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual; Technical Report A-8. University of Florida, Gainesville, FL (2008).
- [6] Bradley, M. M., Lang, P. J.: The International Affective Picture System (IAPS) in the study of emotion and attention; In J. A. Coan and J. J. B. Allen (Eds.), Handbook of Emotion Elicitation and Assessment, Oxford University Press, pp. 29-46(2007).
- [7] 左氏歩, 早川博章, 武石歴名, 相原威, 佐々木寛: 情動が事象関連脳電位に与える影響; 電子情報通信学会技術研究報告. MBE, ME とバイオサイバネティクス, Vol.111(482), pp.119-122(2012).
- [8] 柳澤一機, 網島均: NIRS を用いた視覚刺激呈示時の快・不快情動の評価; 生体医工学. Vol.53, pp.S379-S382(2015).
- [9] 萩原将文: ニューロ・ファジィ・遺伝的アルゴリズム; 産業図書 (1994).