# 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6月11日現在

機関番号: 14401 研究種目: 若手研究(B) 研究期間: 2015~2017

課題番号: 15K16025

研究課題名(和文)ユーザ状態推定のための能動的アンビエントセンシング

研究課題名(英文)Ambient Sensing for Estimating Human Internal State

#### 研究代表者

武村 紀子 (Takemura, Noriko)

大阪大学・データビリティフロンティア機構・准教授

研究者番号:60733110

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文):デスクワーク時の照明環境に対する快不快状態を環境埋込み型のアンビエントセンサを用いて推定した.まず,被験者実験を行い,照明環境を微小変動させることで誘発されるヒトの無意識的行動の計測を行った.実験では,机上面の照度を8パターンに変動させ,そのときの被験者の着座姿勢の変化,ペン先の動きをそれぞれ座圧計,赤外線カメラを用いて計測した.得られたセンサデータを用いてサポートベクターマシンにより快不快推定を行った.被験者ごとにLeave-One-Out交差検定を行った結果,照度を変動させない場合と比較して,照度を微小変動させる提案手法では快不快推定精度が大きく向上した.

研究成果の概要(英文): We propose a method for estimating the user's comfort/discomfort in response to the lighting condition during desk work. We fluctuate the lighting condition slightly, and the user's comfort/discomfort is estimated according to unconscious behaviors induced by the illuminance fluctuation. We conducted an experiment for verifying validity of the method on desk work. The experimental results show that the proposed method with illuminance fluctuation outperforms the conventional method with constant illuminance.

研究分野: 知覚情報処理

キーワード: 快不快推定 照度変動 無意識的行動

#### 1. 研究開始当初の背景

ロボットやスマートハウス技術の発展により、人の心理状態や人の置かれた状況を自動的に認識し、個々のニーズにあったサービルを提供するシステムに注目が集まっている.このようなシステムにおいて最も重要な問題は、いかにして人の心理状態や人の置かれている状況を推定するかという問題である.特に、人の快不快はサービス提供における最も重要な情報であると同時に、最も推定が難しい量の一つであると考えられる.

これまでに快不快推定に関する研究が数 多く行われてきたが、快不快感情は人の高次 の認知機能によって生み出されているため、 多種多様なセンサ情報を用いたとしても推 定は容易ではない.

また、従来研究の多くは脳波や心拍、皮膚温度などの生体信号に基づき快不快推定を行っている[1][2]. 生体信号を用いることが可能となるが、生体センサは一般に知ることが可能となるが、生体センサは一般に表着型・拘束型のセンサであるため、実シスでの使用が難しいという問題がある. 置に対処するために、環境に設すれたセンサ(アンビエントセンサ)のでは、できるのは、だまり、である。というない、極端な状況下に限られている.

#### 2. 研究の目的

本研究では、照明環境に対する人の快不快 状態を推定する.アンビエントセンサを用い た従来の快不快推定手法には依然として多 くの課題が存在しており、センサの数や性能 を改善するというアプローチだけでは推 を改善するというアプローチだける。 性能の向上に限界があると考えられる. で、我々は快不快推定の新たなアプはは、・ とての対象となる照明環境自体を時間的な行となる にで、大大を考える.本研究では、・空間 的変化を誘発し、快不快推定に有用な情報を 得ることを目指す.ただし、人の選択的 で の変化を誘発しない。 の変化を誘発しない。 行動や照度変動による快不快の変化を きない。 行加する照度変動は人に知覚できない 程度の微小なものを想定する.

本研究では、デスクワーク時の照明環境に対する快不快を想定する。デスクワーク中の不快な照明環境は作業効率や知的生産性を低下させることが報告されており、推定した快不快に基づいて快適な照度環境を自動で提供するシステムには大きな需要が見込まれる。

本研究では、被験者実験をおこない照明環境の微小変動に起因する無意識的行動を計測し、得られたセンサ情報を用いて快不快状態を識別することで提案手法の有用性を示す.

#### 3. 研究の方法

被験者9名(18~23歳の男女,右利き)に対して実験を行い,照明環境を変動させることで誘発される無意識的行動を計測する.実験環境を図1に示す.実験中,机の上部に設置した照明機器により机上面照度を微小に変動させ,着座して筆記タスクを行う被験者の行動を複数のセンサにより計測する.また,被験者は一定時間ごとに調査票を用いて快不快の申告を行う.ただし,被験者は照度が変化することを知らず,被験者に気づかれない程度に照度を微小変動させるものとする.

実験の流れを図2に示す.1回の実験は41分間で,被験者1人につき2回の実験を行う.

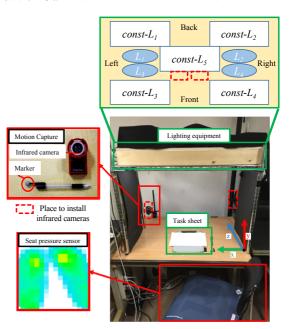


図1 実験環境

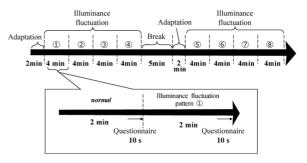


図2 実験フロー

# (1) 照明変動方法

照度を変動させない LED 照明 const-L (MOS-L/Matsuki Giken) を 5 台,照度を変動させる LED 照明 L (BEAUBELLED R3/BeauBelle, 10 段階に調光可) を 4 台用いて,机上面の照度を制御する. const-L は一定の照度を確保するために用い,L の入力電圧を制御することで,机上面照度を変動させる.照明の配置は図1のとおりである.照明を変動させない場合(normal)を基準として,8 種類の照明変動パターン(全体を明

(all+),全体を暗(all-),右側を明(right+),左側を明(left+),前側を明(front+),奥側を明(back+),全体を周期6s/12sで振動(fast/slow)について実験を行う。1回の実験で8種類すべてのパターンについて実験を行う。ただし,順序の影響を考慮し,適用する照度変動パターンの順番はランダムに決定するものとする。基準照度は,過去の知見に基づき,人によって快不快の感じ方が異なりやすく,快不快の推定が難しい3000~lxに設定する。各照度パターンにおけるLの照度レベル(10~Q)階)を表1に示す。

表 1	照度パター	ーン
1/ 1	1111/X	~

Illuminanaa nattam	Illuminance level			
Illuminance pattern	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$
normal	8	8	8	8
all+	10	10	10	10
all-	6	6	6	6
right+	4	10	4	10
left+	10	4	10	4
back+	10	10	4	4
front+	4	4	10	10
fast	7~9	7~9	7~9	7~9
slow	7~9	7 <b>∼</b> 9	7~9	7 <b>∼</b> 9

### (2) タスク内容

実験中,被験者には筆記タスクを指示する. 図3に示すタスク用紙の左側に書かれている 漢字を右上の文字から順に用紙右側のマス 目に書き写すように指示し,用紙は照明パターンごと(2分ごと)に新しくするものとする.ただし,各用紙での作業負荷が均等になるように,書き写す漢字の画数を各用紙で適度している.また,照明環境に対する快適一といを申告してもらうため,各照明パターンの最後の10秒間で調査票に回答するように指示する.調査票はタスク用紙の上部に書かれており,線分上に回答時の快不快の度合いを記入する.



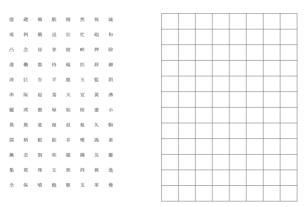


図3 タスク用紙

#### (3) 行動計測方法

座圧計および赤外線カメラを用いて,着座 姿勢およびペンの動きの変化をそれぞれ計 測する.

### ① 着座姿勢の変化

座圧計(住友理工製 SR ソフトビジョン数値版)を用いて、着座時の座圧圧力分布 [mmHg]を計測する。座面圧力の計測ポイントは $16 \times 16$ の計256点あり、サンプリングレートは1Hzとする。

# ② ペンの動き

赤外線カメラ(NaturalPoint 製, Optitrack Flex 3) 4 台を図 1 のように配置し、ペン先につけた再帰性反射材のマーカの 3 次元位置座標をサンプリングレート 50Hz で計測する.

#### (4) 特徵抽出方法

計測したセンサデータを5秒間ごとのデータに分割し、分割した各データから、座圧の左右比(左/右)、座圧重心(全体・左・右)の平均移動量、ペン先の平均移動量、ペン先座標の中間周波数( $x \cdot y \cdot z$ )をそれぞれ求め、各特徴量についてt検定を行った。多くの照明条件において有意差が見られ、かつその効果量も大きい値となった座圧の左右比( $seat\_rlrate$ )およびペン先x座標の中間周波数( $pen\_xmpf$ )の二つの特徴量を快不快推定に用いることとする。

### (5) 快不快推定手法

表出された無意識的行動が、照度が変化したことにより誘発されたものなのか、照度が異なることにより誘発されたものなのかを調べるため、照度変動を加えている2分間を前半の1分間(chg)と後半の1分間(std)に分割し、それぞれについて学習および評価を行う。つまり、chgでは照度変化直後の反応を見ることで照度変化自体への反応、stdでは照度変化後1分間の順応期間を経た後の反応を見ることで照度が異なることへの反応を見ることで照度が異なることへの反応を見ることで照度が異なることへの反応を見る。また、実験開始直後と休憩後に2分間ずつ順応期間を設けているが、順応期間直後の2分間についても照度変動を加えない場合(no change)として分析を行う。

(4)で述べた 2 種類の特徴量(seat\_rlrate および pen\_xmpf) を用いて、Support Vector Machine (SVM) により快不快推定を行い、被験者ごとに Leave-One-Out 交差検証を行う.

#### 4. 研究成果

# (1) 実験結果

Leave-One-Out 交差検証を行った結果を 図 4 に示す. 図より, no change の F値が 0.11 であるのに対し、照度を変動した場合は最大で 0.86 となり、照度を変動させない従来の手法に比べて、照度を微小変動させる本手法は 推定性能が高い可能性が示唆された.

また、std よりも chg の方が全体的に F 値 が高くなっており、照度変化直後の方が快不快の識別が容易であることがわかる。また、std、chg のどちらにおいても、left+および slow の F 値が高くなっており、照明変動パターンとしては、left+および slow が有効であることがわかる。

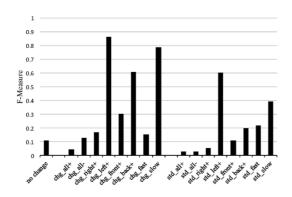
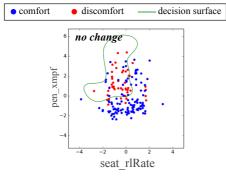


図4 各照明パターンにおける推定精度

### (2) 考察

no change, chg\_left+, chg\_slow 0.3 条件における特徴量の分布を図 5 に示す。図 5 より, no change と比べて, chg\_left+, chg\_slowでは快適状態と不快状態とで特徴量の分布に大きな違いが見られる。また,chg\_left+, chg\_slowのどちらの場合においても,不快状態で seat\_rlrate の値が大きく,pen\_xmpfの値が小さくなっており,不快状態では上半身の重心が右側に寄り,ペンの動きが緩やかになるという傾向がうかがえる。



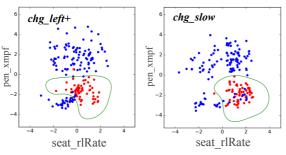


図 5 照明変動の有無による特徴量分布の違い

### <引用文献>

- [1] S. A. Hosseini et al., Emotional stress recognition system for affective computing based on bio-signals, Journal of Biological Systems, Vol. 18, No. spec01, pp. 101-114, 2010
- [2] M. Kumar et al., Stress monitoring based on stochastic fuzzy analysis of heartbeat intervals, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 20, No. 4, pp. 746-759, 2012
- [3] 北村ら,不快な光環境に誘発される無意識的な表情の認識,電気学会論文誌 C, Vol. 134, No. 2, pp. 218-224, 2014

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者に は下線)

# 〔雜誌論文〕(計 4 件)

- ① 菊川剛, <u>武村紀子</u>, 佐藤宏介, 照明の微小変動に誘発される無意識的行動に基づく快不快推定,システム制御情報学会論文誌, 査読有, Vol. 30, No. 5, pp. 183-190, 2017
- ② Kengo Yoshimizu, <u>Noriko Takemura</u>, Yoshio Iwai, Kosuke Sato, Multi-sensor-based Ambient Sensing System for the Estimation Comfort/Discomfort to Lighting Condition During Desk Work, Journal of Information Processing, 查読有, Vol. 23, No. 6, pp. 776-783, 2015

# 〔学会発表〕(計 5 件)

- ① 菊川剛,<u>武村紀子</u>,佐藤宏介,照明環境 に対する快不快推定のための能動的ア ンビエントセンシング,第22回日本顔 学会大会(フォーラム顔学2017),2017
- ② 菊川剛,<u>武村紀子</u>,佐藤宏介,照明変動 に起因する無意識的行動に基づく快不 快推定,第60回システム制御情報学会 研究発表講演会,2016

### 6. 研究組織

# (1)研究代表者

武村 紀子(TAKEMURA, Noriko) 大阪大学・データビリティフロンティア機 構・准教授

研究者番号:60733110