

## 運営委員会

- ワークショップ委員長 塚本昌彦（神戸大）
- ワークショップ副委員長 寺田 努（神戸大, JST さきがけ）
- 実行委員長 村尾和哉（立命館大）
- 実行副委員長 磯山直也（神戸大）
- 会計 出田 恵（神戸大）
- ウェブシステム 大西鮎美（神戸大）  
渡邊拓貴（北海道大）
- プログラム 中澤 諒（豊橋技術科学大）  
宮村騎久也（豊橋技術科学大）
- 出版 後藤佑介（岡山大）  
双見京介（神戸大）
- 広報・デザイン 清水友順（神戸大）
- ローカル・ナイトセッション 上田健太郎（神戸大）



## 目 次

日時 2017年12月22日(金)～23日(土)

会場 淡路夢舞台国際会議場

### 12月22日(金)

オープニング 10:45～10:55

会議: 11:00～18:00(23名)

### Session 1 顔 11:00～12:00(4名) 座長: 上田 健太郎 (神戸大)

1-1. 松井 駿 (神戸大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大) 赤外線フォトリフレクタを用いた眼球運動計測による睡眠深度の推定 .....	1
1-2. Mao Haomin (神戸大), 磯山直也 (神戸大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大) ウェアラブルデバイスを用いたヘアケア支援システム .....	2
1-3. 小玉亮輔 (神戸大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大) 鼻腔情報に基づく状況認識システムの実装と評価 .....	3
1-4. 田中洸平 (神戸大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大) メガネ型デバイスを用いた経皮水分蒸散量の常時測定システム .....	4

(昼食: 12:00～13:00)

### Session 2 エンタメ 13:00～14:15(5名) 座長: 宮下 浩一 (三菱総合研究所)

2-1. 近藤杏祐 (神戸大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大) ペンの把持力・せん断力測定による筆記状態推定 .....	5
2-2. 東南 鳩 (神戸大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大) ホールセンサを用いたルービックキューブの回転認識デバイスの実装 .....	6
2-3. 赫寧 (神戸大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大) 人と植物のインタラクション促進システムにおける植物の擬似感情に関する評価 .....	7
2-4. 田中大賀 (神戸大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大) 二次元キャラクタと人間のポージング類似性判断基準の評価 .....	8
2-5. 中山遼 (神戸大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大) モーションキャプチャを用いた着ぐるみポージング練習システムの評価 .....	9

(休憩: 14:15～14:20)

### Session 3 支援 14:20～15:35(5名) 座長: 清水 友順 (神戸大)

3-1. 西山 黙 (神戸大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大) 足圧バランス矯正のための音声フィードバック方法の検討 .....	10
3-2. 松浦裕久 (神戸大), 磯山直也 (神戸大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大) 日常動作におけるHMDの揺れを再現したシミュレーションアプリの設計と実装 .....	11
3-3. 衿田はるか (神戸大), 磯山直也 (神戸大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大) 単語間の意味的類似度を用いた数字語呂自動生成システム .....	12

3-4. 大西鮎美 (神戸大), 浜 泰一, 斎藤 馨 (東大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大) 装着型センサを用いた読み聞かせ時の興味推定手法の評価	13
3-5. 磯山直也 (神戸大), 秋山雄哉 (青山学院大), ロペズギヨーム (青山学院大) 鞄を掛けた肩の左右判定を行うシステムの提案	14

(休憩: 15:35~15:40)

## **Session 4 認識 15:40~16:55(5名) 座長: 双見 京介 (神戸大)**

4-1. 上田健太郎 (神戸大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大) 装着位置および姿勢による衣服のシワを用いた入力方法の性能評価	15
4-2. 堀江彩太 (神戸大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大) 他者表情提示システムによる自閉スペクトラム症者のコミュニケーション支援	16
4-3. 出田 恵 (神戸大), 村尾和哉 (立命館大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大) 学習ジェスチャ間の類似性に基づく正解ジェスチャ範囲決定手法	17
4-4. Michail Sidorov (豊橋技術科学大), 大村 廉 (豊橋技術科学大), An investigation of power-line energy harvesting technique	18
4-5. 宮下浩一 (神戸大) 高精度な位置特定技術の利用についての考察	19

(休憩: 16:55~17:00)

## **Session 5 究 17:00~18:00(4名) 座長: 出田 恵 (神戸大)**

5-1.瀬川典久, 宮川祐太, 大下隼人, 木嶋百音 (京都産業大), 矢澤正人 (数理設計研究所), 山本真行 (高知工科大) 津波情報伝達を目的とした超低周波音および潮位の多地点連続計測網と低電力長距離無線通信を基盤とするロバストな非常時 IoT 防災通信システムの研究開発-京都産業大学での取り組み-	20
5-2. 大村 廉 (豊橋技術科学大), 池田一貴 (豊橋技術科学大) 電磁波ノイズを利用した無電源動作人感センサの開発	21
5-3. 柳沢 豊 (神戸大／m plus plus 株式会社) eSports におけるプレイヤー間のコミュニケーションについて	22
5-4. 加藤 浩 (放送大) 学習者の表出動作から心的状態を推定し集計・フィードバックするシステムの構想	23

夕食, 懇親会 18:00~19:30

(休憩: 19:30~20:30)

ナイトセッション 1 20:30~23:00

## 12月 23日(土)

会議: 9:30~16:35(23名)

### Session 6 交通 9:30~10:30(4名) 座長: 清水 友順 (神戸大)

6-1. 徳永 翔 (豊橋技術科学大), 大村 廉 (豊橋技術科学大)	
衝突警報システムがドライバーの安全運転技能に及ぼす影響と持続性の調査	.....24
6-2. 高橋一生 (立命館大), 村尾和哉 (立命館大), 望月祐洋 (立命館大), 西尾信彦 (立命館大)	
歩行空間ネットワークデータの自動生成に向けた点群合成手法	.....25
6-3. 原崎将吾 (立命館大), 村尾和哉 (立命館大), 望月祐洋 (立命館大), 西尾信彦 (立命館大)	
屋内歩行空間ネットワークの自動生成に用いる3Dデータの誤差補正手法の提案	.....26
6-4. 双見京介 (神戸大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大)	
データ改変の伴う車両時刻表を用いた乗り遅れ防止のための自制能力支援手法	.....27

(休憩: 10:30~10:35)

### Session 7 生活 10:35~11:50(5名) 座長: 大西 鮎美 (神戸大)

7-1. 篠原諒恭 (豊橋技術科学大), 大村 廉 (豊橋技術科学大)	
機器の動作影響を考慮したホームネットワークのためのECAルールの整合性検証	.....28
7-2. 中山紗理奈 (立命館大), 村尾和哉 (立命館大), 望月祐洋 (立命館大), 西尾信彦 (立命館大)	
水圧センサを用いた浴槽における入浴者識別手法	.....29
7-3. 西垣佑介 (神戸大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大)	
浴室における行動認識を目的とした加速度センサ内蔵シャワーヘッドの提案	.....30
7-4. 中川 遼, 大西鮎美 (神戸大), 吉田さちね (東邦大, JST さきがけ), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大)	
授乳中の母親のスマートフォン操作と乳児のぐずりの関係調査	.....31
7-5. 三木隆裕 (神戸大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大)	
休憩時間の過ごし方が作業パフォーマンスに及ぼす影響の調査に向けて	.....32

(昼食: 11:50~12:50)

### Session 8 口 12:50~13:50(4名) 座長: 出田 恵 (神戸大)

8-1. 稲村 涼 (立命館大), 村尾和哉 (立命館大), 望月祐洋 (立命館大), 西尾信彦 (立命館大)	
耳装着型ウェアラブルデバイスを用いた呼吸運動識別手法	.....33
8-2. 正月凌介 (神戸大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大)	
筋電位センサを用いた偏咀嚼防止及び咀嚼回数促進システムの提案	.....34
8-3. 山中悠聖 (神戸大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大)	
頸部周径変化に基づく嚥下判定手法	.....35
8-4. 山下将平 (神戸大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大)	
口周辺情報のセンシングに基づく状況認識	.....36

(休憩: 13:50~13:55)

### Session 9 提示 13:55~14:55(4名) 座長: 大西 鮎美 (神戸大)

9-1. 櫻木大和 (神戸大), 磯山直也 (神戸大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大)	
AR技術を用いたテクスチャ変更による人物行動制御方式	.....37

9-2. 佐藤 太 (立命館大), 安積卓也 (大阪大), 加藤真平 (東京大), 西尾信彦 (立命館大)	38
ROSにおける確率的手法を用いたスケジューリングの提案	
9-3. 江口綾亮 (神戸大), 磯山直也 (神戸大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大)	39
部屋内に設置した複数の顔ロボットによる注意誘導効果	
9-4. 清水友順 (神戸大), 双見京介 (神戸大), 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦 (神戸大)	40
情報提示を用いた主観時間制御におけるウェアラブルデバイスの比較検討	

(休憩: 14:55~15:00)

## **Session 10 測位 15:00~15:45(3名) 座長: 上田 健太郎 (神戸大)**

10-1. 原田翔平 (立命館大), 村尾和哉 (立命館大), 望月祐洋 (立命館大), 西尾信彦 (立命館大)	
人体や所持方法による電波減衰を考慮した Wi-Fi 測位の精度向上手法	41
10-2. 川内菜津美 (立命館大), 村尾和哉 (立命館大), 望月祐洋 (立命館大), 西尾信彦 (立命館大)	
PDR 測位における係留状態の判定	42
10-3. 山本晃平 (立命館大), 坪内孝太 (ヤフー株式会社), 西尾信彦 (立命館大)	
Wi-Fi 測位モデルの経年劣化に特化した異常検知手法	43

(休憩: 15:45~15:50)

## **Session 11 鑽 15:50~16:35(3名) 座長: 双見 京介 (神戸大)**

11-1. 村尾和哉 (立命館大)	
スマホの通知出現からユーザによる消去までのセンサデータを用いた端末状態推定	44
11-2. 寺田 努 (神戸大, JST さきがけ)	
「一見」複雑な状態変容を引き起こすシンプルな情報提示の設計方針	45
11-3. 塚本昌彦 (神戸大)	
ウェアラブルデバイスを用いた高齢者補助ロボット用ネットワークプラットフォーム	46

クロージング 16:35~16:50

## 赤外線フォトリフレクタを用いた眼球運動計測による睡眠深度の推定

松井 駿（神戸大学），寺田 努（神戸大学, JST さきがけ），塚本昌彦（神戸大学）

### 1 研究の背景と目的

睡眠は1日の約3分の1を占めるといわれており、脳・心・身体の疲れを癒して、ヒトは次の日の活動に備えている。より良い睡眠をとるために、睡眠解析をして睡眠ステージ(睡眠の深さ)を知ることが必要である。睡眠解析の手法として、国際的基準である Rechtschaffen & Kales 法があるが、多数のセンサ・電極を使用し被験者に大きな負担がかかり、また解析に専門的な知識を要する。日常的に睡眠ステージを計測する手法として Dapple Sleep[1] や Zeo[2] を用いる手法があるが、前者は通常の就寝時には身に付けない腕時計型デバイスによる違和感があり、後者は計測環境が限定される。一方、浅い睡眠である Rapid Eye Movement (REM) 睡眠時には眼球運動が起こるという特徴が知られている。そこで、本研究では就寝時に身に付けても違和感がなく、持ち運びができる外出先での仮眠にも対応したアイマスクに着目し、睡眠時の眼球運動から睡眠ステージを測定する手法を提案する。

### 2 提案システム

図1にシステム構成を示す。システムは、PC、マイコン、フォトリフレクタ、加速度センサから構成され、フォトリフレクタと加速度センサで計測したデータをマイコンで測定し、無線でPCに送信する。睡眠時における眼球運動の計測にはフォトリフレクタを使用し、アイマスクに対して眼球を覆うように19個取り付けた。フォトリフレクタを細かく敷き詰めることで、微細な眼球の動きを認識可能である。フォトリフレクタは反射した赤外線の量により出力電圧が変化するので、眼球の動きによりフォトリフレクタとまぶたの距離が変化し、出力電圧として反映される。

### 3 睡眠段階の判定手法

ユーザによってまぶたの大きさや位置が異なるため19個の中から最も効果的なフォトリフレクタを5個選択する。得られたセンサデータから3種類、合計33個の特徴量を抽出し機械学習により睡眠段階を判定する。特徴量は、加速度センサの合成値、フォトリフレクタの平均・分散、フォトリフレクタデータにおける閾値以上の分散値のサンプル数を用いる。今回得られた分散値データは、NREM睡眠時に比べREM睡眠時にある一定以上の数値を高い頻度で得ることができた。NREM睡眠時にも高い数値を得ることがあるが、頻度は少ない。機械学習を用いて睡眠段階を認識した後に、多数決処理を行う。

### 4 評価実験

提案システムの有用性を確かめるため、睡眠時の眼球運動を認識するためのプロトタイプデバイスを作製し、評価実験を行った。7名被験者から合計18日分の睡眠データを取得了。また、同時に東芝体動計 NEM-T1 により正解データを測定した。特徴量セットに対し Random Forest を用いて18分割交差検証を行った。

結果は、18分割交差検証において認識率76.7%となった。フォトリフレクタのセンサデータの分散値、提案手法の認識結果、正解データの例を図2に示す。図2からフォトリフレクタのセンサデータの分散値が認識結果に大きく反映されていることが分かる。認識率が最も低い睡眠セットでは66.9%となった。睡眠時間1~3時間の間でNREM睡眠

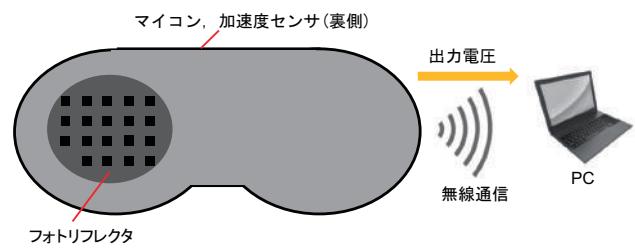


図1: システム構成

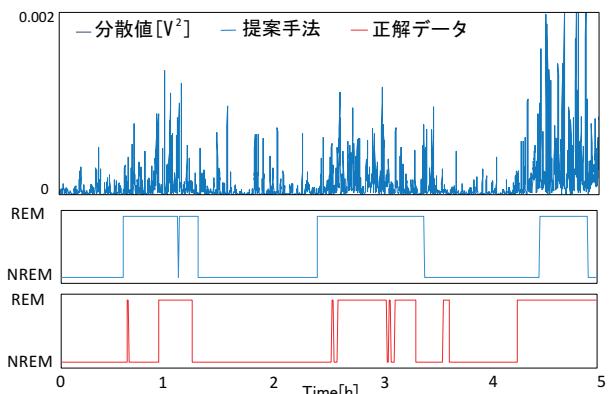


図2: 分散値と認識結果

をREM睡眠と誤認識する部分が多かった。考えられる原因としては、もしくは正解データに問題があったなどが挙げられる。そのため、今後さらに精度の高い正解データを用いて実験を行う必要があると考える。

### 5 まとめと今後の課題

本研究では、睡眠段階における眼球運動の変化に着目し、睡眠時の眼球運動から睡眠段階を判定可能なシステムを設計し、実装した。眼球運動を測定するためにフォトリフレクタをアイマスクに取り付け、違和感なく測定可能で持ち運びのできる睡眠段階判定デバイスのプロトタイプを作製した。プロトタイプデバイスにより測定したデータを閾値により2値で処理した結果、平均76.7%となった。今後の課題としては、睡眠段階を3段階(REM睡眠・浅睡眠・深睡眠)で判定し、詳細な睡眠段階の判定を行う予定である。また、睡眠状態を利用したアプリケーションを実装する。

### 参考文献

- [1] T. Rahman, A. Adams, R. Ravichandran, M. Zhang, S. Patel, J. Kientz, and T. Choudhury: Dapple Sleep: A Contactless Unobtrusive Sleep Sensing System Using Short-Range Doppler Radar, *Proc. of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp 2015)*, pp. 39–50 (Sep. 2015).
- [2] J. Shambroom, S. Fabregas, and J. Johnstone: Validation of an automated wireless system to monitor sleep in healthy adults, *Journal of Sleep Research*, Vol. 21, No.2, pp. 221–230 (Apr. 2012).

## ウェアラブルデバイスを用いたヘアケア支援システム

Mao Haomin, 磯山直也(神戸大), 寺田 努(神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦(神戸大)

### 1 研究の背景と目的

髪を適切な状態に保つために、ヘアケアを行うことは重要である。人の髪は頭皮の温度や湿度の影響を受けやすいが、これらは周囲の環境や行動により変化するため、ヘアケアを適切に行うには頭皮の状態を常時測定することが求められる。まず、頭皮の温度は  $34^{\circ}\text{C}$  以上が望ましいとされている。温度が  $34^{\circ}\text{C}$  以下の場合は、頭皮の血行が著しく低下して十分な酸素が運ばれず、周辺に毒素が蓄積され薄毛になる。次に、湿度は 60–65%が理想的であるとされている。湿度が 40%を下回ると静電気が発生しやすくなり、切れ毛や枝毛を引き起こすだけでなく、頭皮が汚れやすい状態になる。逆に湿度が高すぎると、カビや雑菌が繁殖しやすくなり、皮脂の分泌が活発になりすぎて頭皮の臭いやフケにつながる [1]。適切な温度や湿度を保つことができれば、血行が促進されることで頭皮や髪に栄養素が届きやすくなるため、抜け毛の予防もできる。

そこで、本研究では頭皮の情報を常時取得可能な帽子型ウェアラブルデバイスを用いたヘアケア支援システムを提案する。

### 2 提案システム

システムは帽子型ウェアラブルデバイスと Android 端末で構成される。帽子型ウェアラブルデバイスを図 1、デバイス装着時の様子を図 2 に示す。頭皮の温度や湿度を測定するために、4 つの温度センサと 1 つの湿度センサを帽子の中に取り付けている。また、測定したデータを Bluetooth モジュールで Android 端末に送信する。

次に、Android 端末の受信用アプリケーションのスクリーンショットを図 3 に示す。温度と湿度の数値は「Sensor Data」の部分に表示される。温度が  $34^{\circ}\text{C}$  を下回った場合と湿度が 65% を越えた場合、ALARMMODE が実行されユーザを注意するため Android 端末が振動する。

### 3 予備実験

#### 3.1 実験目的

頭皮の温度や湿度には周囲の環境や行動が大きな影響を与えると考えられる。そこで、室内と室外で座る、立つ、歩く、走るの 4 種類の動作を行い、それぞれのデータを約 1 分間測定することで、本デバイスがうまく機能するか、もしくはどのような問題が発生するかを調べる。

#### 3.2 実験内容

測定時の環境条件については、室内は午後 6 時、温度  $24^{\circ}\text{C}$ 、湿度 42.5%，室外は午後 6 時、温度  $11^{\circ}\text{C}$ 、湿度 63.4% であった。測定結果を表 1 に示す。表中の各センサ値はそれぞれ計測開始時と終了時の値である。温度センサについては、センサごとに測定した値にばらつきがあるため、測定した 4 つの温度値から平均値を算出した。室内の温度は  $32\text{--}33^{\circ}\text{C}$ 、室外では  $33\text{--}35^{\circ}\text{C}$  であった。湿度の測定値は不安定であり、どの測定時にも測定開始から低下している。座りの場合は温度と湿度どちらも大きな変化はみられなかった。立ちの場合は湿度は室内外ともに 5.5% 低下した。立ちの場合はほぼ静止状態であったものの、湿度の測定値に変化がみられた。歩きの場合は湿度が室内外ともに 10% 以上低下した。走りの場合は湿度は急激に下がった。全体的に温度は安定しており、

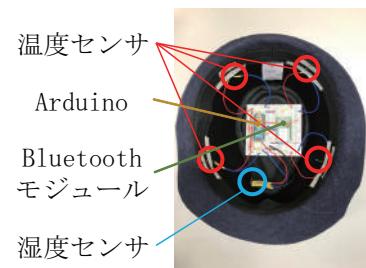


図 1: 帽子型ウェアラブルデバイス



図 2: デバイス装着図



図 3: 受信用アプリケーションのスクリーンショット

表 1: 測定結果

場所	状態	温度 [ $^{\circ}\text{C}$ ]	湿度 [%]
室内	座り	$33.5 \rightarrow 33.5$	$51.9 \rightarrow 49.7$
	立ち	$33.5 \rightarrow 33.5$	$55.0 \rightarrow 49.5$
	歩き	$33.5 \rightarrow 33.3$	$52.1 \rightarrow 41.2$
	走り	$33.3 \rightarrow 32.3$	$53.8 \rightarrow 29.9$
室外	座り	$34.5 \rightarrow 34.5$	$51.5 \rightarrow 49.2$
	立ち	$33.3 \rightarrow 33.5$	$50.5 \rightarrow 45.0$
	歩き	$34.8 \rightarrow 35.0$	$47.7 \rightarrow 35.6$
	走り	$35.0 \rightarrow 35.0$	$48.0 \rightarrow 37.2$

湿度はばらつきがみられた。特に走りの場合に、湿度の変化が大きかったのは、行動中に振動や摩擦が起きたためであると考えられる。走りの場合以外でも、湿度は大きなばらつきをもちらん変化していったため、湿度センサの帽子内の位置が安定せず正確に湿度を取れていないかったと考えられる。そのため、センサの位置を安定させる方法について検討する必要がある。また、帽子をかぶってすぐに計測を開始していたが、かぶってから湿度と温度の値が現在の状態を示すまでに少し時間がかかる可能性がある。今後はかぶってから計測までに時間を置くか、常時かぶって変化を記録することで対応する。

### 4 おわりに

本稿では帽子型ウェアラブルデバイスを用いたヘアケア支援システムを設計、実装し、予備実験を行った。今後の課題としては、ヘアケアには頭皮の温度と湿度を一定範囲内に保つことが重要であるため、それらをコントロールするシステムを実装することが挙げられる。

### 参考文献

- [1] 永山升三, 西尾 宏: ヘアケアの科学, 繊維製品消費科学, 28 卷, 6 号, pp. 219–226 (1987).

## 鼻腔情報に基づく状況認識システムの実装と評価

小玉亮輔(神戸大), 寺田 努(神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦(神戸大)

### 1 研究の背景と目的

ウェアラブルコンピューティング環境では、ユーザはセンサを身体上に装着し、システムが得られるデータからユーザの状況を認識することで、状況に応じたサービスを享受できる。ユーザの状況を認識する際に、多種のセンサを用いることで多様な状況を認識可能であるが、ユーザの行動を制限しないために、装着するセンサ数や部位は少ない方がよい。そのため、少数のセンサで多くの情報が得られることが望まれる。本研究では、鼻から得られる情報に着目する。鼻の内部空間である鼻腔の温度は、呼気と外気により絶えず大きく変化している。これを利用すれば、日常生活中の様々な動作を認識可能であると考える。本稿ではデバイスの実装、実生活の中での動作の評価実験を行った。

### 2 提案システム

本研究では、小型センサを鼻の外部から約 2cm 外鼻腔の中に挿入して、鼻腔情報を取得する。実装したデバイスを図 1 に示す。既製品のメガネのフレームに回路が入ったケースを固定し、そこからフレームに沿って配線し、鼻あてから左右の鼻の穴まで導線で繋いでいる。鼻内部には鼻マスク(花粉や粉塵の鼻への侵入を防止するもの)を装着し、そこにセンサを取り付けることで常に同じ場所にセンサを固定する。システムは、スマートフォン、マイコン、温度センサ(NXFT15XH103FA2B)から構成される。息を吐く際の呼気と吸う際の外気の温度を測ることで、呼吸や、「喋る」「くしゃみする」などの鼻腔温度に変化がある動作を認識可能であると考える。センサデータはマイコンから Bluetooth 通信によりスマートフォンに送信される。スマートフォン上では、受信した左右の鼻腔温度データをリアルタイムグラフで確認、SD カードに記録、記録した過去のデータをグラフで確認可能である。

### 3 評価実験

提案デバイスを付けて実際の生活の中で行われる動作を認識できるかを確認するための実験を行った。サンプリング周波数を 10Hz でデータを取得し、2017 年 8 月中の 1 日間で 7 時間にわたって計測した。実生活の中での 8 つの動作(飲む、安静を保つ、食べる、歩く、笑う、発話する、あくびする、くしゃみする)に対して、全データからランダムに取得了した 10% のサンプルを学習データとし、残りの 90% をテストデータとして、10 分割交差検証を行った。正解データは、実験計測中に録画していた映像をもとに決定し、「安静を保つ」以外の 7 つの動作をしている時はその動作を、それ以外の時間は「安静を保つ」に分類した。認識に用いた特徴量は、センサデータの平均値、分散値、時間差分データの平均値、分散値、センサデータの平均値がセンサデータと交差する回数の 5 つである。分類器は Random Forest を用いた。被験者は 1 名である。

実験結果の confusion matrix を図 2 に示す。8 つの動作の全体の認識率は 91% になった。8 つ全ての動作で「安静を保つ」に多く誤認識している。これは、「安静を保つ」での呼吸の影響が、他の動作の波形にも含まれたからと考える。全体の認識率は 91% であるが、「安静を保つ」のサンプル数が圧倒的に多く、その認識結果に全体の認識率が引き上げられて



図 1: デバイス構成

	1	2	3	4	5	6	7	8	Recall
1=飲む	733	5	48	1	321	54	0	0	0.63
2=食べる	10	7113	119	6	2261	211	6	0	0.73
3=歩く	5	53	16296	8	5195	479	5	2	0.74
4=笑う	2	8	58	732	211	74	1	0	0.67
5=安静を保つ	48	341	1463	57	189746	1547	35	4	0.98
6=発話する	26	132	793	44	7822	14149	25	1	0.62
7=あくびする	0	4	41	4	369	73	1017	1	0.67
8=くしゃみする	0	0	12	1	23	9	0	107	0.70
Precision	0.89	0.93	0.87	0.86	0.92	0.85	0.93	0.93	0.91

図 2: 実生活の動作の認識結果

おり、他の多くの動作の再現率は 60 から 70% になっている。センサの装着し直しなどをせず一連のデータから学習データとテストデータを取得したが、実サービスの行動認識やログのようなアプリケーションを考えると、予め用意した学習データから行動のラベル付けを行うので、今後別日に取得した学習データや、他人から取得した学習データによる認識で評価実験を行う必要があると考える。

### 4 まとめと今後の課題

本研究では、鼻腔情報からユーザの状況を認識する手法を提案した。温度センサを用いたプロトタイプシステムを作成し、日常動作の認識を評価した。実生活の中での 8 つの動作は、平均 91% の認識率となった。

今後の課題として、長期間に渡ってデバイスを装着しながら生活し、ネイザルサイクルと呼ばれる左右の鼻づまりの周期 [1] についての調査や衛生面や装着感などを考慮したさらなるデバイスの作成を検討する。さらに、提案システムで効率的に認識できる日常動作や、鼻腔特有の変化を表す状況について調査する。

### 参考文献

- [1] D. Shannahoff-Khalsanal: Lateralized Rhythms of the Central and Autonomic Nervous Systems, *International Journal of Psychophysiology*, Vol. 11, pp. 225–251 (Dec. 1991).

## メガネ型デバイスを用いた経皮水分蒸散量の常時測定手法の提案

田中洸平(神戸大), 寺田 努(神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦(神戸大)

### 1 研究の背景と目的

皮膚の状態の診断は、はりやカサつき、色による経験的診断だけでなく、経皮水分蒸散量などの定量的な指標が用いられる。経皮水分蒸散量は体内から無自覚のうちに角質層を通じて揮散する水分量のことであり、汗とは区別される。肌荒れし、バリア機能が損なわれた皮膚では正常な皮膚に比べ経皮水分蒸散量は大きくなるため、経皮水分蒸散量は皮膚バリア機能の指標となる。

皮膚は環境と生体の境界であり気温や湿度といった気象要素の変化に敏感に反応する。藤田らは皮膚は気温・湿度・飽差といった気象要素の影響を受け、水分量や経皮水分蒸散量が変化すること示した[1]。しかし、化粧や行動などの気象要素以外の影響を受ける実環境で行った実験では顕著な結果は出ず、実環境での気象要素の影響を明らかにする必要性を述べた。Tewameter TM300[2]は開放型のチャンバーを測定部位にあて測定するが、大きく持ち運びができないため、実環境での常時測定はできない。そこで本研究では、小型で日常での常時測定可能なメガネ型デバイスを提案した。提案デバイスでは経皮水分蒸散量の測定と同時に、皮膚に影響を及ぼす気象要素を調査するため気温・湿度・紫外線量を装着した。

### 2 提案システム

提案手法で用いるデバイスを図1に示す。デバイスは温湿度センサ(Aosong Electronics Co.,Ltd., AM2321)3個、紫外線センサ(浜松ホトニクス社, G5842, G6262)2個、Arduino Nanoで構成されている。デバイスは常時測定に適したメガネ型を採用し、Arduino Nanoに接続したSDカードにデータを記録する。また、ユーザの見た目を損わない社会性を考慮し測定部位はこめかみにした。アクリル製のチャンバー内部に2個を温湿度センサが5mm間隔で配置し、チャンバーと測定部位が接触するようにチャンバーをメガネに接着した。気温と湿度より、2個の温湿度センサそれぞれの位置での水蒸気量が計算し、それらの差を $\Delta[g/m^3]$ と定義する。フィックの法則を用より、 $\Delta$ から経皮水分蒸散量 $[g/(m^2 \cdot h)]$ を算出できる。また、1個の温湿度センサは環境の温湿度を測定、紫外線センサは環境の紫外線量・ブルーライト量を測定し、気象要素と経皮水分蒸散量の関係を調べる。

### 3 予備実験

#### 3.1 実験方法

予備実験では、経皮水分蒸散量・水分量と提案デバイスの $\Delta$ に関するかを調査した。人工気象室を用い、(気温(°C), 湿度(%)) = (25, 65), (25, 50), (25, 40), (20, 65)の4通りの条件で実験を行った。それぞれの条件で入室後10分間で体を慣らし測定を行った。頬とこめかみの経皮水分蒸散量、水分量、こめかみの提案デバイスの $\Delta$ の測定した。経皮水分蒸散量はTewameter TM300、水分量はCorneometer CM825とカネボウ社製肌水分センサを使用した。被験者は20代の男女2名(A, B)である。

#### 3.2 実験結果

気温25°Cにおける被験者A, Bの $\Delta$ と湿度・蒸散量・水分量(CM825)・水分量(カネボウ)の相関係数をそれぞれ表1, 表2に示す。Aの $\Delta$ の値は25°Cにおいて湿度とこめかみ

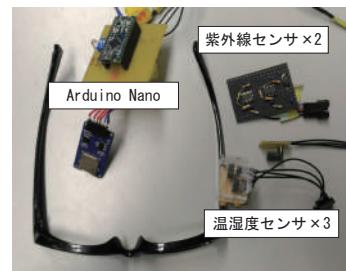


図1: デバイス

表1: 被験者Aの $\Delta$ と各データとの相関(25°C)

湿度	蒸散量		水分量(CM825)		水分量(カネボウ)	
	頬	こめかみ	頬	こめかみ	頬	こめかみ
-0.95	0.59	1.00	-0.97	-0.85	N/A	0.96

表2: 被験者Bの $\Delta$ と各データとの相関(25°C)

湿度	蒸散量		水分量(CM825)		水分量(カネボウ)	
	頬	こめかみ	頬	こめかみ	頬	こめかみ
-0.92	0.85	0.88	-0.84	-0.82	0.62	0.92

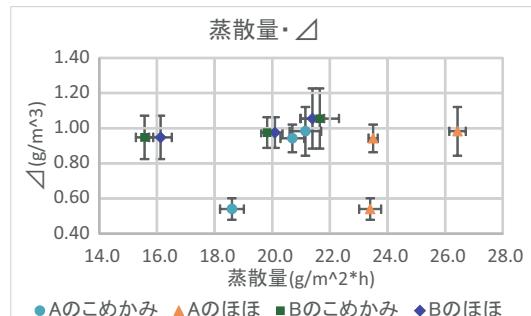


図2: 被験者A, Bの蒸散量と $\Delta$ の関係

の蒸散量、頬の水分量(CM825)、こめかみの水分量(カネボウ)と相関関係がみられた。Bの $\Delta$ の値は25°Cにおいて湿度とこめかみの水分量(カネボウ)に相関関係が見られた。

実験で得られた被験者A, Bの蒸散量と $\Delta$ の関係を図2に示す。図2より、被験者Aの $\Delta$ とこめかみの蒸散量の比例関係と、被験者Bの $\Delta$ とこめかみ・頬の蒸散量の比例関係がみられる。

### 4 まとめと今後の課題

本研究では、チャンバー内の水蒸気量を常時測定するメガネ型デバイスを提案した。予備実験2では、 $\Delta$ と既存デバイス・気象要素の関係を調査し、 $\Delta$ は湿度と相関があり、 $\Delta$ から経皮水分蒸散量を算出できる可能性が示された。実験ではデータ数が少ないため、今後、被験者を増やし再度実験を行う必要がある。また、実環境で気象要素以外の要素が含まれた場合の気象要素の影響や、化粧や行動などの気象要素以外の要素の皮膚への影響について明らかにする必要がある。

### 参考文献

- [1] 藤田友香, 山本 享, 田村照子, 福岡義隆: 皮膚に及ぼす気象要素の影響－夏季・秋季について－, 地球環境研究, Vol. 10, pp. 49–67 (2008).
- [2] Tewameter®TM300, <http://www.courage-khazaka.de/index.php/en/products/scientific/139-tewameter>.

## ペンの把持力・せん断力測定による筆記状態推定

近藤杏祐(神戸大), 寺田努(神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦(神戸大)

### 1 研究の背景と目的

近年、スタイラスペン（ペン型入力デバイス）はタブレット型コンピュータなどの入力デバイスとして使用されるケースが増えつつあり、デジタルイラストの作成やポインティングデバイス、手書き文字入力など幅広い用途がある。一般的に普及しているスタイラスは、静電容量方式が多く、これは筆圧検知などの機能をもたない。ペン型である利点を充分に活かせておらず、デジタルイラスト作成などにおいて表現の幅を狭めている。筆圧や傾きの検知機能をもつ電磁誘導方式やアクティブES方式などの方式を採用したデジタイザスタイラスもあるが、それらは対応製品でしか使えないという問題点がある。そこで、本研究では筆圧検知などの機能をもたない一般的なスタイラスに筆記状態を付与するため、筆記中のユーザの把持力とせん断力（指の接触面に平行方向にかかる力）を測定することで、筆記状態を推定する手法を提案する。本稿では筆記状態として筆圧とペンの仰角を推定することを目的とする。

### 2 提案システム

本研究で提案する筆記状態推定システムでは、図1に示すように、3Dプリンタによって作成したホルダーに3つの3軸力覚センサを手の母指・示指・中指の3指それぞれに当たるように格納したペングリップ型デバイスをペンに装着する。3軸力覚センサは3軸方向の力を検知できるセンサである。実装したデバイスは太さの合うペンであれば取り付けや取り外しが容易にでき、汎用性が高い。

ペングリップ型デバイス内のセンサからの出力電圧を評価基盤が測定し、そのセンサ値をPCで分析し、筆圧と仰角の推定を行う。

筆圧の推定は、k近傍法を基にした手法で行う。正解データとして、筆記時のセンサデータ9個（3指×3軸）とペンタブレットによって取得した正解筆圧値を対応付け、記録する。テストデータが与えられた場合、正解データとテストデータで9次元ユークリッド距離を算出する。ユークリッド距離が短いk個の正解データを抽出し、それらの正解筆圧値の平均を推定筆圧とする。

仰角は、取得した9つのセンサデータをランダムフォレストを利用して推定する。ペンの仰角の正解データは筆圧と同様にペンタブレットで事前に正解仰角を取得し、学習器を作成する。

### 3 評価実験

#### 3.1 筆圧推定

筆圧推定において、正解データとして、約20分の筆記時におけるセンサ値とそれに対応する正解筆圧値を取得し、テストデータとしては約6分の筆記時におけるセンサ値を得た。正解筆圧値測定用のペンタブレットはWacom社のIntuos4を使用した。正解データにおいて、筆圧値の低いデータサンプル数が少なく、データの不均衡が見られたため、オーバーサンプリングを行った。

$k=150$ とした場合の推定筆圧の誤差率のヒストグラムを図2に示す。誤差率平均値は17.6%，最小値は0.00574%，最大値は759%となった。誤差率の大きいデータはストロークの終わりなどの筆圧が急激に小さくなる場面で多く見られ

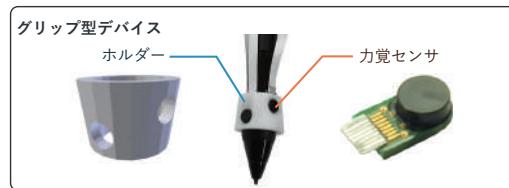


図1: 提案デバイス

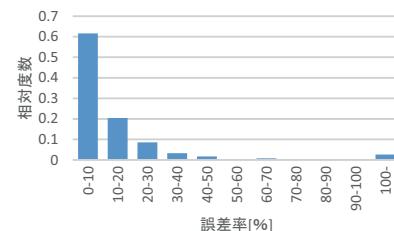


図2: 評価実験における推定筆圧の誤差率のヒストグラム

	Prediction							Recall
	a	b	c	d	e	f	g	
Actual Activities	a = thirty	0	104	23	6	12	0	0.00
	b = forty	2	61	50	8	20	0	0.43
	c = fifty	0	53	174	50	4	0	0.62
	d = sixty	0	5	46	44	61	0	0.28
	e = seventy	0	12	13	87	29	0	0.21
	d = eighty	26	9	18	0	32	26	0.23
	e = ninety	0	0	0	0	5	0	0.00
Precision	0.00	0.25	0.53	0.23	0.18	1.00	0.00	0.34

図3: 仰角推定のConfusion Matrix

た。20%以下の誤差率となるデータが全体の約80%であり、多くの場合で提案手法が有効である一方で、筆圧が急激に変化する場合にはアプリケーションなどでの補正が必要であることがわかった。

#### 3.2 仰角推定

仰角は、デッサンなどの表現では1回のストロークでの仰角はある程度一定であるため、実験では一定の角度で線を引いて学習させた。今回使用したペンタブレットで取得可能な筆記中の仰角30°～90°の範囲で10°ずつ(30°以上40°未満, 40°以上50°未満, …, 80°以上90°未満, 90°)の分類をする。

ランダムフォレストによって分類した結果を10-fold cross-validationで推定精度を評価した。推定結果を図3に示す。実験で行った分類では、F値は34.1と低い値になっているが、30°以上40°未満のデータを40°以上50°未満と分類していたりと、隣接するセルにデータが多く存在しており、おおまかには推定できていることがわかった

### 4 まとめと今後の課題

本研究では、ユーザの筆記状態を推定するためのペングリップ型デバイスを提案した。3軸力覚センサを母指・示指・中指の指先に当たるように設置し、筆記時の力のかかり方を測定することで、筆記状態を推定するシステムの実装および評価を行った。筆圧推定の評価実験より、平均17.6%の誤差率で推定できることを確認した。傾き推定の評価実験により、34.1の認識精度を得られた。今後は把持状態には現れない筆記状態の変化をアプリケーション上で補正するなどの対策が必要と考えられる。

## ホールセンサを用いたルービックキューブの回転認識デバイスの実装

東南 颯(神戸大), 寺田 努(神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦(神戸大)

### 1 研究の背景と目的

ルービックキューブとは、立方体の6面がそれぞれ9個の正方形に分割された立方体パズルのことである。ルービックキューブの構造は特殊で、一つの面に存在する各列（行）を任意の方向に回転できる。ルービックキューブの回転の組合せは豊富で、熟練者になるとこの回転をおよそ10回/秒ほどの速度で行うことができる。筆者は、この回転を認識することで、何か有効な使い道があると考える。例えば、単純に回転のログがとれるので順番を記録しておき、プレイヤーの苦手な回転パターンを示すことでルービックキューブの練習を支援できると考える。また、ルービックキューブの豊富な種類の回転をキーボードのキーのように使用することで文字入力を行うなど、キューブの特殊な構造を別の用途にも使用できると考える。ルービックキューブの回転を認識する方法として、画像認識によるものがある[1]。しかしこの手法では回転を認識する際にタイムラグが生じるため、ルービックキューブ熟練者による高速な回転をリアルタイムで認識することはできない。

そこで本研究では、ホールセンサと磁石を取り付けたルービックキューブを作成し、高速な回転でも認識できる新たな手法を提案する。

### 2 提案システム

ホールセンサとは磁界の強さによって電圧の値が変化するセンサである。ルービックキューブにホールセンサと磁石を取り付け、回転時の磁界の強さを計測することで回転を認識できると考える。図1にデバイス構成を示す。

コーナーの8個のキューブの内部には、図2に示すように各面に対してN極とS極が逆向きになるように2個ずつ合計6個の磁石が取り付けられている。さらに、マイコンを載せる柱の各面に対してホールセンサを各面に対して1個ずつ取り付けることで、回転した際の磁石の通過を検出している。しかし、上面に立つ柱に取り付けられた4個のホールセンサだけでは上面と底面の横回転を検出できないため、2個のホールセンサが取り付けられている柱を別の面に追加することで、全ての面の回転を検出できる。また、Arduinoは無線通信を用いてPCに回転情報を送信している。次に実際にデバイスを回転した際のホールセンサの電圧値を図3に示す。N極が先に通過した（電圧が下がった）場合と、逆にS極が先に通過した（電圧が上がった）場合を区別することによって、時計回りの回転と反時計回りの回転を区別している。また、回転の認識率を調べるために、3種類の速度で100回ずつ回した結果を表1に示す。時計回りの回転を反時計回りの回転と誤認識してしまうことがあったが、これはホールセンサの回転検出の閾値が低いため別の磁石に反応てしまっている可能性およびセンサの飛び値によることが考えられる。

### 3 アプリケーション

本稿では、提案システムを文字入力インターフェースとして使用するアプリケーションを実装した。ルービックキューブの1回転をキーボードの1つのキーに対応させて、文字を入力する。例えば、キューブの右面を90度時計回りに回転させると「a」、上面を反時計回りに90度回転させると

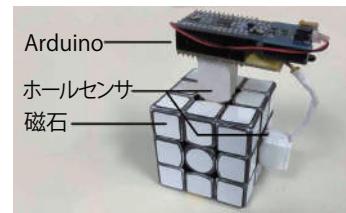


図1: 回転認識デバイスの構成



図2: コーナーのキューブの内部

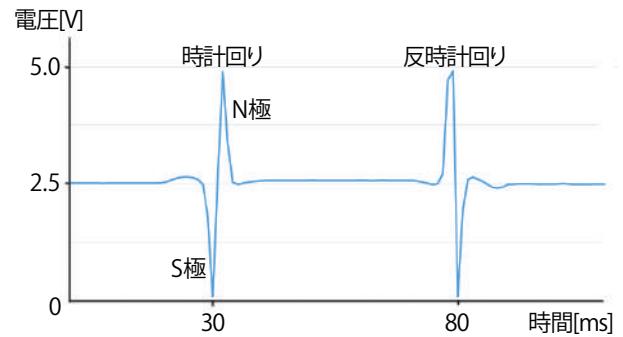


図3: 磁石が通過した時のホールセンサの電圧値

表1: 100回回した場合の認識率

回転速度 [rad/s]	認識率 [%]
15.7	99
5.23	100
1.57	99

「r」と入力されるといったものである。このようにルービックキューブの回転の種類を文字キーに対応させ、それらの回転の組み合わせにより単語を入力できる。これをルービックキューブ歴5年である筆者が使用したところ、3キー/秒ほどの速度で文字を入力することができた。将来的にはキーボードと同等の速度まで到達できると考えられる。

### 4まとめと今後の課題

本研究では、ホールセンサを用いたキューブ型の回転認識デバイスを作成し、回転の種類を提示するシステムを実装した。今後は、このデバイスの有効な応用例を検討していくとともに、回転認識の誤認識や漏れがなくなるようにシステムの精度をあげる。

### 参考文献

- [1] 橋塚和典, 神原誠之, 萩田紀博: 拡張現実感によるルービックキューブの解法教示システム, 情報処理学会研究報告, Vol. 2014-CVIM-190, No. 25, pp. 1–6 (Jan. 2014).

## 人と植物のインタラクション促進システムにおける植物の擬似感情に関する評価

赫寧(神戸大), 寺田 努(神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦(神戸大)

### 1 研究の背景と目的

近年, 植物がもたらす健康効果や癒やしが話題になっており, 居住空間に植物を配置して人間の快適性を向上させる効果はグリーンアメニティ効果と呼ばれている。西田ら[1]はこのシステムのは, 植物を表現する役割を担うエージェント(妖精)を仮想的に登場させたことである。このエージェントは, 植物の現在の状態をより強調表現する, 人間の操作に対するリアクションを高速フィードバックする, Web上でのコミュニケーションの窓口となる, そしてユーザーの萌えの対象になるなど, 様々な支援を自然な形で行うことを可能にするものである。これこれらの研究では植物をインタラクションの主体として扱っているが, 植物に感情を表現させるシステムではない。

本研究は, 植物に感情があるというイメージを持たせる動作を植物に付加することで, 人と植物の間に豊かなインタラクションをもたらすシステムを提案する。植物は長期間で外部からエネルギーを蓄積し, 形や動きや生体反応などは日々変わっている。植物自身のインタラクションには, 人工的に作られない魅力がある。そこで, 植物に感情を持たせるための手法として, 各種センサや出力デバイスを利用することで, 擬似的に感情を表現する方法を提案する。

### 2 提案システム

本稿では, 光によるフィードバックと動作によるフィードバックを用いたシステムを提案する。図1周囲の環境をセンシングするために, 赤外線センサ(シャープ社, 測距モジュール GP2Y0A21YK), 静電容量センサおよび水分センサ(DFRobot社, M-07047)を取り付けた。出力デバイスとしてフルカラーのLEDテープおよびサーボモータを植物に取り付けた。LEDとモータの制御にはArduino Unoを用いた。センサ値によってLEDの色, 点灯パターンおよび植物の動作パターンを変化させて植物が感情を表現しているような反応をフィードバックする。

### 3 実験

本実験では, 人が光と動き変化によって植物はどういう感情を表現しているかを検証する。

#### 3.1 実験方法

被験者は光および動きによるフィードバックを複数パターン見て, 植物が表現している感情についてのアンケートに回答した。

光によるフィードバックの実験では, 同じな点灯パターンで赤色, 青色, 黄色, ピンク色, 緑色の5種類の色は3秒間点灯させるずつ光らせる方法と白色で50ms, 25ms, 10msの3種類の点滅速度で光らせる方法を用意した。動きによるフィードバック実験では, 0.1rad/s, 0.5rad/s, 1rad/sの3種類の角速度で植物を揺らす動き方を用意した。アンケートでは, 喜び, 悲しみ, 怒り, 好み, 怖がり, 嫌み, 安心, 驚くの8種類の感情について, その感情を感じたかどうかを5段階で評価した。被験者は20代の男女15人である。

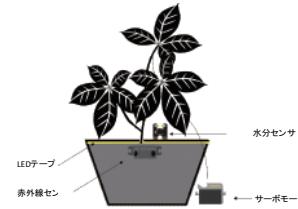


図 1: システム構成

表 1: 点灯パターンを変化させた時の評価値の平均値

	喜んでいる	悲しんでいる	怒っている
50ms	3.5	2.8	2.6
25ms	2.8	3.53	2.33
10ms	3.47	2.75	4.13

表 2: 動きを変化させた時の評価値の平均

	喜んでいる	悲しんでいる	怒っている
0.1rad/s	4.13	2.8	3.4
0.5rad/s	3.13	3.86	2.53
1rad/s	3.6	3.2	3.93

#### 3.2 実験結果

アンケート結果を用いて, 被験者が感じた各フィードバックパターンの植物が表現している感情について評価した。表1に点灯パターンを変化させた時の評価値の平均を示す。表2に動きを変化させた時の評価値の平均を示す。光によるフィードバック実験において, 色を変化させた方法では色ごとに表現される感情に違いは見られませんでした。点灯パターンを変化させた方法では, 喜び, 悲しみ, 怒りの評価値が高いパターンがあった。次に動きによるフィードバック実験では, 点灯パターンを変化させた方法と同様に喜び, 悲しみ, 怒りの評価値が高いパターンがあった。

### 4 まとめと今後の課題

本稿では, 植物と人とのインタラクションを可能とするシステムを提案した。光と動きを用いたフィードバックを行うことで, 植物に擬似的な感情を表現するシステムを実装した。次に提案したシステムを用いて, 植物が感情を表現できているかを調査した。実験結果より, いくつかのフィードバックパターンで感情を表現することができる可能性がわかった。そして, 提案システムを通して人と植物とのコミュニケーションやが促進できるかを検証する予定である。

### 参考文献

- [1] 西田健志, 大和田茂: 萌え木: 拡張現実による植物育成支援, 第14回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集(WIIS), pp. 23–26 (Jan.2006).

## 二次元キャラクタと人間のポージング類似性判断基準の評価

田中大賀(神戸大), 寺田 努(神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦(神戸大)

### 1 研究の背景と目的

テレビアニメーション(以下、アニメ)に登場するキャラクタはアニメ特有の言動や所作を行う点で、現実の人間とは異なる魅力をもっており、多くの人の心を惹きつけている。アニメ特有の魅力を現実で再現する場として、大人が子供向けアニメ番組のキャラクタになりきって舞台でショーを行うキャラクタショーがある。近年では、人気アニメやゲームを原作として制作される舞台などの演劇作品は2.5次元ミュージカル<sup>1</sup>と呼ばれ、キャラクタショーとは異なる映像や照明の演出によって、子供だけでなく大人も楽しめるコンテンツとなっている。このように、アニメキャラクタのもつ魅力を現実の世界に取り入れる動きが活発になりつつある。キャラクタショーや2.5次元ミュージカルなどの臨場感を高めるには、出演者は自身が演じるキャラクタの性質(以下、キャラクタ性)を熟知したうえで、言葉遣いや身なりなど、そのキャラクタのすべてを模倣する必要がある。キャラクタ性とは、主に外見や声、動作により表現されるものである[1]。外見は化粧や衣装で模倣でき、声は事前にアニメで使用されている音声を録音して使用することで模倣できる。一方で、動作は容易に模倣する術がなく、通常は出演者が鏡や自身を撮影した映像を確認しながらキャラクタの動作を繰り返し練習している。しかし、出演者とアニメのキャラクタの体格の不一致により、演じるキャラクタの動作に違和感が生じる。本研究では、体格の異なる二次元キャラクタの動作模倣のための学習支援システムの構築に向けて、二次元キャラクタと人間のポージング類似性判断基準について調査した。

### 2 実験

#### 2.1 実験内容

本実験では、4種類のキャラクタの手本ポーズ1~4を用意した。手本ポーズ1, 3は被験者に対して小柄なキャラクタのポーズ、手本ポーズ2, 4は被験者に対して腕の長いキャラクタのポーズである。被験者はそれぞれの手本ポーズを5種類の手法A~Eを用いてポーズを模倣した。手法Aでは関節の角度を合わせ、手法Bでは手法Aから肩(腰)を曲げて手の相対的な座標を合わせた。また、手法Cでは肩(腰)の角度を手法Aと手法Bの中間に合わせた。手法Dでは手法Aからひじ(ひざ)を曲げて手の相対的な座標を合わせ、手法Eではひじ(ひざ)の角度を手法Aと手法Dの中間に合わせた。手本ポーズとポージングの手法の例を図1に示す。

被験者がそれぞれのポーズをそれぞれ別の手法で模倣した際の様子を撮影した写真を5名の被験者(以下、評価者)に見せ、被験者のポーズの再現度を「1.まったく似ていない」「2.似ていない」「3.どちらともいえない」「4.似ている」「5.非常に似ている」の5段階のリッカート尺度で評価させ、そう判断した理由を記述させた。なお、表情と外見によるポーズの再現度の判定への影響を排除するため、表情と外見は評価しないよう留意させた。なお、被験者は筆者のみであり、評価者に被験者は含まれていない。



(a) 手本ポーズ (b) 手法 A (c) 手法 C (d) 手法 E

図 1: 手本ポーズとポージングの手法の例

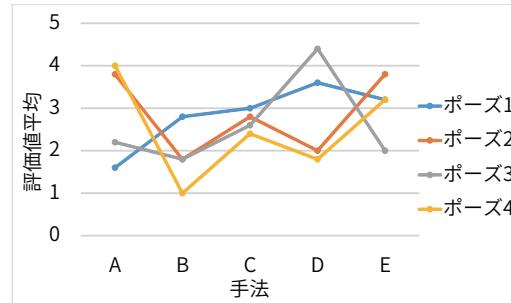


図 2: 手本ポーズと対応するポージングの手法の評価値平均

#### 2.2 実験結果

手本ポーズと対応するポージングの手法の評価値平均を図2に示す。被験者に対して小柄なキャラクタのポーズである手本ポーズ1, 3では、手法Dの評価が最も高かった。評価者より、手と顔の位置関係を評価するコメントが複数あった。また、ひじの位置を評価するコメントもみられた。これらより、手と顔の位置が最も近く、ひじの位置が手本ポーズに似ていたため、手法Dの評価が高かったと考えられる。次に、被験者に対して腕の長いキャラクタである手本ポーズ2, 4では、評価に一貫した傾向が見られ、手法A, Eの評価が高かった。評価者より、全体の姿勢を評価するコメントが複数あった。これより、手の位置関係ではなく姿勢を評価の基準としていると考えられる。

ポーズの再現度に関して模倣者によるポーズの再現度の違いはないとみなし、ポーズ模倣に用いた手法と手本ポーズの2要因の分散分析を行った結果、手法間において交互作用がみとめられたので単純主効果の検定を行った結果、手本ポーズ2, 4について有意差がみられた。これより、手本ポーズ2, 4において手法Aが有効であると考えられる。

### 3 まとめと今後の課題

本研究では、体格の異なる二次元キャラクタの動作模倣のための学習支援システムの構築に向けて、二次元キャラクタと人間のポージングの類似性判断基準を明らかにした。今後は得られた判断基準を元にシステムを構築する。

### 参考文献

- [1] J. Ondrej et. al.: FrankenFolk: Distinctiveness and Attractiveness of Voice and Motion, *ACM Transactions on Applied Perception (TAP 2016)*, Vol. 13, No. 4, pp. 20:1–20:13 (July 2016).

<sup>1</sup>一般社団法人 日本 2.5 次元ミュージカル協会: <https://www.j25musical.jp/>

## モーションキャプチャを用いた着ぐるみポージング練習システムの評価

中山 遼(神戸大), 寺田 努(神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦(神戸大)

### 1 研究の背景と目的

着ぐるみのポージング練習は実際に着ぐるみを装着して行なうことが望ましいが、練習場所や費用などの問題から、着ぐるみを装着せずにポージング練習を行うことが一般的である。しかし、着ぐるみと人間の身体的構造は異なるため、着ぐるみ非装着状態では、的確にポージング練習を行なうことは難しいと考えられる。我々は先行研究で着ぐるみ非装着のユーザが効果的な着ぐるみの動作練習を行えるように、ユーザのポーズに応じて、着ぐるみの装着時のポーズを視覚的にフィードバックするシステムを提案してきた。そこで本稿では、提案システムが着ぐるみ非装着時のポージング練習において有用かどうか、評価実験を行い検証した。

### 2 提案システム

図1に提案システムを基に開発したポージング練習アプリケーションを示す。このアプリケーションでは、ユーザがKinectの前でポージングを行うと、同じポージングをした着ぐるみの画像が表示され、ユーザは着ぐるみの装着時のポーズを確認できる。また、着ぐるみには構造上、可動域に制限(肩が上がらないなど)があるため、もしユーザが着ぐるみでできないポーズをした場合、そのポーズはできないということをユーザにフィードバックする機能も実装した。

### 3 評価実験

#### 3.1 実験内容と評価指標

提案システムの有用性を検証する評価実験を行った。被験者は着ぐるみ装着経験の無い8名で、そのうち4名を実験群、残りの4名を対照群に振り分け、両群において3種類の手本のポージング画像を提示し、まず練習を行っていない状態で手本のポーズを真似してもらった。その後3日後に、実験群は提案システムを使用してポージング練習を行い、対照群は鏡を見てポージング練習を行った。練習後、両群の被験者は、まず着ぐるみ非装着状態で練習したポージングを行い、次に実際に着ぐるみを装着し、練習したポージングを行った。練習前後のそれぞれのポージングにおいて、モーションキャプチャシステムを用いてポージングデータを測定し、カメラでポージング画像を撮影した。

評価は、着ぐるみ非装着状態と、装着状態の2つに分けて行った。着ぐるみ非装着状態では、被験者と手本のポージングデータを比較し、被験者が着ぐるみの可動域を学習できたかを定量評価した。データの比較方法は、データ測定した17点の関節において、手本と被験者のポージングの関節角度データとの差分を求め、それらの合計値を算出し、その数値の練習前後における推移で比較した。着ぐるみ装着状態では、評価者による主観評価を行った。主観評価では、撮影したポージング画像を評価者10名に見せ、被験者がどれだけ手本のポージングに近いポージングができたかについて、アンケート調査を行い、7段階のリッカード尺度で行った。被験者のポージングが手本のポージングに比べて、「かなり一致している」を7点、「全く一致していない」を1点とした。

#### 3.2 結果と考察

定量評価および主観評価の結果を図2に示す。図2の定量評価の値は、練習前後における手本データとの差分の平均値を表し、図中の○は $p < .05$ を○は $p < 0.1$ を表している。2



図1: 開発したアプリケーション

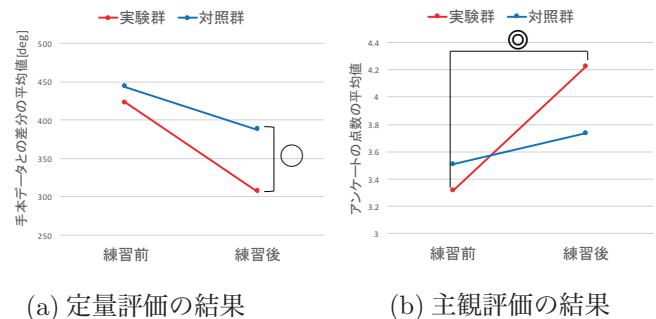


図2: 実験結果

要因分散分析の結果、着ぐるみ非装着時において、練習の主効果が有意であり、交互作用が有意であった。また、手法間の単純主効果が有意傾向であった。図2の主観評価の値は、練習前後におけるアンケートの点数の平均値を表している。2要因分散分析の結果、練習の主効果が有意であり、交互作用が有意であった。また、練習の単純主効果が有意であった。

着ぐるみ非装着時の結果から、実験群は対照群に比べて、練習の前後で手本データとの差分が有意に減少していることが分かる。この結果から、実験群の被験者は提案システムを用いることで、着ぐるみの可動域を学習できたといえる。このことは、着ぐるみを装着した時に、ポージング練習時と同じ身体感覚でポージング練習ができる事を示している。また、着ぐるみ装着時の結果から、提案システムを用いて着ぐるみの可動域を学習することで、手本のポージングに近いポージングを行うことができたといえる。このことは、提案システムを用いてポージング練習を行うことで、着ぐるみ装着時においても適切なポージングができる事を示している。以上より、提案システムは着ぐるみ非装着環境における着ぐるみのポージング練習に有用であることを確認した。

### 4 まとめ

本稿では、提案システムが着ぐるみ非装着時のポージング練習に対し有用かどうか評価実験を行い検証した。結果から、提案システムを用いることで、被験者のポージングスキルが有意に向上しており、提案システムの有用性を確認した。

### 参考文献

- [1] 中山 遼, 寺田 努, 塚本昌彦: 着ぐるみ非装着環境における着ぐるみポージング練習システムの評価, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2017 論文集 (EC 2017), pp. 123–130 (September. 2017).

## 足圧バランス矯正のための音声フィードバック方法の検討

西山 純(神戸大), 寺田 努(神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦(神戸大)

### 1 研究の背景と目的

左右で動作が均等な運動であるランニングにおいて、片足ばかりに負担のかかる走り方を続けると、故障のリスクが生じる。しかし、長時間の練習で下肢にかかる負荷の左右差を意識し続けるのは困難である。そこで本研究では、靴のインソール上に貼り付けた圧力センサを用いて足圧を計測することで足への体重のかかり方を抽出し、この足圧値をフィードバックすることで、足にかかる負荷の左右差を知覚でき、軽減することができると考えた。フィードバックによる運動支援に関する研究は数多く行われており、Ana ら [1] は歩行時の足音を高く変調してユーザに出力することで知覚体重を軽減させ、歩行パターンを変化させることに成功している。そこで本稿では、音の変化によってランニングフォームを制御できるのではないかと考え、接地のタイミングで音をユーザに出力するフィードバック方法を提案し、足が接地するタイミングでフィードバック音の音高を変化させ、音を変化させる前後の足圧を計測することで、音によるフィードバックによって足圧がどのように変化するかを調査する。

### 2 提案システム

図 1 に提案システムの構成を示す。靴のインソールの母指球とかかと付近の 2 点に圧力センサを配置し、接地のタイミングを閾値判定により検出する。この閾値は筆者が事前にランニング時の圧力を計測し、2 点の圧力センサの内どちらかが 14[N] を超えた際に足が接地したと判断する。圧力センサの値は Arduino Fio を通して、XBee を用いて PC へ無線通信され、Processing で接地と判断されたタイミングで周波数が一定のビープ音をユーザに出力する。

### 3 評価実験

提案システムを用いて、接地のタイミングで片足のみ音高を変えたフィードバックを行った際に、音高の変化がランニング中の足圧に及ぼす影響を調査するために評価実験を行った。

#### 3.1 実験内容

図 1 に示す提案システムを用いて、足の接地を検出し、音によるフィードバックを行うが、提案システムのみではフィードバックによって、足圧がどのように変化するのか不明確である。そこで本実験では、提案システムに加えて、medilogic 社のインソール型の足圧分布センサを用いる。この足圧分布センサには、計測点が片足 130 点あり、ランニング時の足裏の詳細な圧力分布を取得する事ができ、下肢にかかる負荷をより正確に分析することができると考えられる。走行するコースの変化による影響を受けないよう、走行コースは 100[m] の直線区間とした。被験者は 20 代男性 4 名で、まず接地したタイミングで両足同じ周波数の音を返すフィードバックで 100[m] 走行し、その後右足の接地時の音を高くするパターン 1、左足の接地時の音を高くするパターン 2、右足の接地時の音を低くするパターン 3、左足の接地時の音を低くするパターン 4 のそれぞれのパターンで 100[m] の同じコースを走り、足圧変化を計測した。ユーザは音の意図は知らされていない。出力音の周波数は 1200[Hz] を変化前のものとし、変化後の周波数はパターン 1 と 2 では 1600[Hz]、パターン 3 と 4 では 800[Hz] のビープ音を用



図 1: システム構成

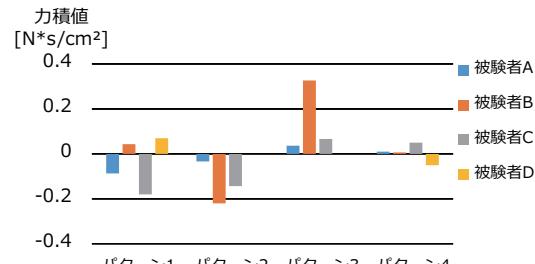


図 2: 平均力積値の変化量

いた。両足同じ音がフィードバックされる前半の 100[m] と各変化を加えた後半の 100[m] のそれぞれの区間内での 1 歩あたりの 130 点の圧力値の平均を評価に用い、音の変化を与えている足への平均の力積値を求め、変化を与える前後でそれぞれの値を比較した。

#### 3.2 結果と考察

図 2 に各パターンの音声フィードバックを与えた足の力積値の変化量を示す。被験者 A と C は、出力する音の周波数を高くすると力積が減少し、周波数を低くすると力積が増加しており、音高の変化と力積との間に相関関係がみられた。一方、被験者 D は被験者 A と C とは逆の変化となった。これは被験者 D が音の変化に対して元の走行状態に戻そうと動いたためと考えられる。また、被験者 B に関しては足圧に変化がみられたが、音高の変化と力積との間に相関は見られなかった。以上より、被験者毎に変化の仕方は異なるものの 4 名中 3 名に音高の変化と力積との間に相関が見られた。

### 4 まとめと今後の課題

評価実験より、被験者によっては音高を変化させることで、変化させた足の力積値に一貫性のある変化がみられ、走行時の足圧バランスを変化できる可能性が示された。しかし、被験者毎に足圧の変化の仕方が異なったことから、今後は被験者を増やして実験を行い、被験者毎の傾向についてより詳しく調査する。

### 参考文献

- [1] A. Tajadura-Jiménez et al.: As Light as your Footsteps: Altering Walking Sounds to Change Perceived Body Weight, Emotional State and Gait, *Proc of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2015)*, pp. 2943–2952 (Apr. 2015).

## 日常動作から生じる HMD の揺れのシミュレーションに基づくフォントの可読性評価

松浦裕久, 磯山直也(神戸大), 寺田 努(神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦(神戸大)

### 1 研究の背景と目的

HMD(Head Mounted Display)によってユーザは様々な環境や状況で常時情報を取得できる。しかし、環境や状況によって、HMD 上に表示される情報、特に文字の可読性(読みやすさ)が低下する場合がある。例えば、ユーザの歩行時には HMD が頭部とは異なる揺れ方をし、ユーザには文字が揺れて見える。その揺れにより、可読性が低下すると考えられる。このように HMD は既存のディスプレイと使用環境が異なるため、HMD 上において情報を取得しやすい表示が求められる。中田らの研究によると、可読性はフォントによって変化するとされており [1]、HMD での表示に適した使用環境に耐性をもつフォントが必要である。電子書籍リーダに適したフォントの研究は存在するが、HMD に適したフォントの研究は筆者の知る限り存在しない。

そこで、本研究では HMD 上での表示に適したフォントの作成を目的とする。本稿では、第一段階として日常動作である歩行に注目し、まずは実験環境を統制して評価するために、歩行時におけるユーザから見た HMD の揺れを PC 画面上で再現するシミュレーションアプリケーションの実装と評価方法の検討を行う。

### 2 シミュレーションアプリケーションの実装

ユーザから見た HMD の揺れを再現するために、シミュレーションについて加速度センサと画像処理を用いた 2 手法を検討する。HMD として VUZIX 社の M100 を用いる。

#### 2.1 加速度センサを用いたシミュレーション

HMD のディスプレイ部とユーザの右肩に加速度センサを 1 つずつ取り付けた状態で歩行し、各センサ値を記録する。そして 2 つのセンサ値の差分からユーザから見た HMD の揺れの振幅を計算し、計算結果から再現した揺れを PC 画面上に表示する。しかし、この手法では歩行時に各センサの位置や角度がずれたり、また顔を水平に保つつづ歩行することが困難で加速度の適切な処理が難しいため、正しい HMD の揺れを再現できなかった。

#### 2.2 画像解析を用いたシミュレーション

薄型カメラを取り付けた眼帯を着用して歩行し、HMD のディスプレイ部を撮影することでユーザから見た揺れを取得する。ディスプレイ部には印をつけており、撮影した動画からフレーム毎に印のピクセル座標を取得し、PC 画面上で HMD の揺れを再現する。図 1 にシミュレーションの流れを示す。シミュレーションの再現性は加速度センサを用いた場合より高かったため、本研究では、シミュレーションに画像処理による手法を用いる。

### 3 フォントの評価方法

歩行時における HMD の揺れのシミュレーションを用いて、フォントの可読性(文章としての読みやすさ)と可視性(文字 1 つ 1 つの判別のしやすさ)の評価を行う。評価方法はフォントを定量的に評価しているモリサワフォント(UD 書体)の可視性・可読性に関する比較研究報告 [1] の評価方法を参考にする。

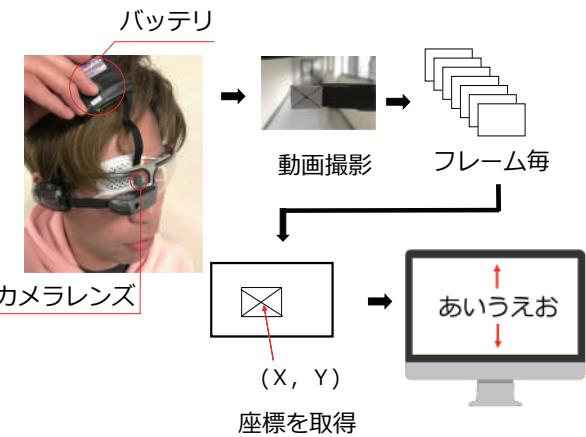


図 1: 画像処理を用いたシミュレーション方法

#### 可読性の評価

可読性の評価では、MNREAD-J チャート [2] を用いる。チャートの文章を PC 画面上に表示させ、被験者にできるだけ速いスピードで間違えないように音読させ、かかった時間と文字サイズを記録する。時間と文字サイズから最大読書速度(文字が最適な場合の最大速度)、読書視力(何とかぎりぎり読める文字サイズ)、臨界文字サイズ(最大読書速度で読める最小の文字サイズ)を算出し、評価を行う。

#### 可視性の評価

可視性の評価では、PC 画面上に 1 文字ずつ、文字サイズを小さくしながら提示し、文字の認知閾(ぎりぎり正確に読める文字サイズ)と反応時間を記録し、評価を行う。

HMD 上では文字が上下に揺れやすいため、明朝体のようなセリフと呼ばれる飾りのついたフォントはセリフ部分が他へ重なることで読みにくくなり、ゴシック体においても横線が細ければ横線が消えて文字が読みにくくなると考えられる。そこで、横線が太いゴシック体のようなフォントが読みやすいという仮説のもと、今後評価を行う。

### 4 まとめと今後の課題

本稿では、画像処理を用いて歩行時の HMD の揺れを PC 画面上でシミュレーションするアプリケーションを実装した。

今後は、実装したアプリケーションを用いて PC 画面上でフォントの評価を行う。その後、実際に HMD 本体を使用して、歩行・階段昇降・電車乗車などを行ながらフォントの評価を行う。また MOVERIO や HoloLens など他の HMD での評価、移動時以外にも周辺視野に情報が提示されるような会話中での評価を行う。

#### 参考文献

- [1] 中田泰志: モリサワフォント(UD 書体)の可視性・可読性に関する比較研究報告 (July 2013).
- [2] 小田浩一: MNREAD-J, Jk チャートマニュアル (Mar. 2002).

## 単語間の意味的類似度を用いた数字語呂自動生成システム

袴田はるか, 磯山直也(神戸大), 寺田 努(神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦(神戸大)

### 1 研究の背景と目的

日常生活では、パスワードや年号、友人の誕生日など覚えておかなければならぬ数字列を覚える際に、数字語呂合わせと呼ばれる方法が用いられることが多い。数字語呂合わせとは、数字に読み仮名を与えて意味のある単語や文に置き換えることで、それ自体には意味を持たない数字列を覚えやすく変換する手法である。数字語呂合わせを自動的に生成するツールはいくつか開発されているが、既存のツールで生成された数字語呂合わせは、使用頻度の低い単語や脈絡がない単語の羅列になることが問題である。そのため、青木らは数字語呂合わせの生成に日本語形態素解析を取り入れた手法を提案している[1]。しかし、一般的に自分と関連のある事柄や、意味を他と関連づけた事柄は、そのまま覚えるよりも記憶に残りやすいのに対し、例えば服屋の電話番号「1129」には「いい服」を当てはめるなど、覚えたい事柄と関連させた数字語呂合わせを生成する手法は、筆者らの知る限り存在しない。

そこで本研究では、語呂合わせに使われている単語と、関連付けしたい単語間の意味の類似度を評価することで、覚えたい事柄やユーザ自身に関連した数字語呂合わせを自動生成するシステムを提案する。

### 2 提案システム

本研究では、入力した任意の数字列とキーワードから、キーワードに関連した数字語呂合わせを生成するシステムを提案する。システム構成は図1に示すように、語呂辞書を用いて算出した語呂の全パターンから日本語形態素解析で候補を絞り込み、その中から最終的にキーワードとの意味的類似度が最も高かった数字語呂合わせをユーザに提示する。

#### 2.1 語呂辞書の作成

数字語呂合わせの生成を高速化するために、あらかじめ数字列とキーワードの入力の前に、数字列に対する語呂を辞書に登録しておく。登録する語呂については、0-9の10個の数字を並べた1-4桁の数字列に対して「1→いち、い、ひ」などの読み仮名を与え、単語の読みが一致したものを語呂とした。与えた読み仮名は、数字の漢語読み、和語読みに加えて、濁音、撥音、促音、超音なども含めた112つとする。数字列に読みが一致した単語の中から、類似度計算の対象となるものを残し、さらに人名、地域名、数詞を除いた単語を、語呂として辞書に登録した。

#### 2.2 形態素解析による語呂の絞り込み

ユーザが入力した数字列に対して、先頭の数字から一桁ずつ語呂辞書内を検索して数字列に当てはまる語呂を取り出し、それらの組み合わせを全パターン算出する。そして、その全てのパターンについて、日本語として意味の通る単語列となるよう、文としての整合性を評価し、順位づける。ここで、文としての整合性については、日本語の構文を形態素解析する際に用いられるコスト最小法による評価を採用した。各単語のコストの定義及び全組み合わせパターンのコストの合算には、日本語形態素解析器 MeCab の辞書データベース及びアルゴリズムを使用する。本研究では、コストの小さい上位100個の組み合わせパターンを日本語として自然な単語列として選出する。

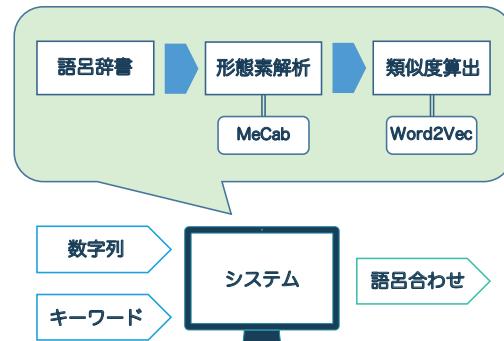


図1: システム構成

表1: システムによる生成例

数字列	キーワード	数字語呂合わせ
8931	食べ物	白菜
8931	病院	薬剤
12345678	食べ物	一通刺しごろナンパ
12345678	病院	一時冊子号炉難破

#### 2.3 単語間の類似度を用いた語呂の評価

選出した100個の語呂の組み合わせパターンについて、語呂合わせに使われている単語と、ユーザが入力したキーワードとの間の意味の類似度を計算した。単語間の意味的類似度の算出には、単語の特徴を多次元ベクトルで定義するWord2Vecという自然言語処理の手法を利用し、2単語ベクトル間のコサイン類似度を意味の類似度として用いた。Word2Vecによって算出した類似度に、さらに単語が表す数字列の桁数を考慮した重み付けを行い、各語呂合わせの平均類似度を算出した。ユーザには、平均類似度の最も高いパターンを一つ、最適な数字語呂合わせとして提示する。

### 3 実装

システム設計を基に、プロトタイプシステムを実装した。システムを用いて生成した数字語呂合わせの一例を表1に示す。表のように、同じ数字列でも、入力したキーワードによって、生成される数字語呂合わせは異なる。これより、ユーザは覚えたい事柄や自身に関連した事柄と関連づけて数字列を覚えることができると考えられる。しかし、桁数の多い数字列に対しては、文として成り立たない数字語呂合わせが生成される場合も見受けられた。

### 4 おわりに

本研究では、単語間の意味的類似度を用いて、覚えたい事柄やユーザ自身に関連した数字語呂合わせを自動生成するシステムを提案した。今後は、長い数字列を覚えるための手法を搭載するなど、システムの調整をさらに行い、生成した数字語呂合わせが実際の暗記に有用であるかを実験にて評価する予定である。

### 参考文献

- [1] 青木賢太郎: コスト最小法を用いた言葉遊び-数字語呂合わせの自動生成システム, ことば工学研究会(第10

## 装着型センサを用いた読み聞かせ時の興味度推定手法の評価

大西鮎美(神戸大), 浜 泰一, 斎藤 韶(東大), 寺田 努(神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦(神戸大)

### 1 研究の背景と目的

学習活動の分析には、質問紙や映像、音声などが用いられる。学習中の参加者の様子を詳細に得たい場合、カメラ等の映像から身体的な様子や表情、ジェスチャなどのデータを得るが、個人の詳細な動きをとるためにカメラ設置台数を増やすことで、参加者に圧迫感を与える可能性がある。また、質問紙調査の場合、全体の中の参加者の特性を分析できる一方で、質問紙に答えられない年齢層に対応できない。そこで本研究では、小型かつ可搬な加速度センサを用いることで、できるだけ参加者を圧迫せず幼児や小学校低学年児童の動作やジェスチャから活動の様子を評価し、さらに、それらの動作から参加者の提示情報に対する興味度合いを推定することを目的とする。興味度の評価には、加藤が提案する状況内評価[1]を用いて、人々が日常的に行っているうなずきなどの即興的な同意や否定の評価行動を取得し、これらの行動から興味度を推定する。本稿では、うなずきなどの活動に対する即興的な評価行動を頭部に装着したモーションセンサで取得することで興味度を推定する手法を提案し、読み聞かせ活動での評価実験から興味度の有無と対応づいていて、かつセンサで高精度で認識できる動作を調査する。

### 2 提案手法

どのような動作が興味度の指標となりうるかを評価するための提案手法を述べる。提案手法は、(a) から (d) の 4 つの手順からなる。(a) 5 段階の興味度の評価指標を定める。(b) 活動の録画動画から 2 名の観察者が手動で興味度をアノテーションする。動作もアノテーションする。(c) 観察者が興味度が高いとした部分で参加者が行った動作と指標との対応を比較し、動作ごとの興味度推定精度を算出する。(d) 読み聞かせ活動中にみられる動作の認識精度を算出し、動作から興味度を推定する。

(a) について、対象とする読み聞かせは、主に子どもは絵本の方向を向いて話を聞くと想定したため、5 段階の興味度評価指標はそれぞれ、5. 明らかに興味あり、4. 話を聞いている、興味があるように見える、3. 動画からは判断できない、2. 興味がないように見える、1. 明らかに興味がない、と定めた。(b) について、動作は映像から確認されたすべての動作を書き出し、正解データとする。興味度の正解データは、時間的に欠損がないように、連続的に 5 段階で評価する。2 名の観察者には作成した評価指標をあらかじめ知らせている。興味度に主観が入り観察者間で評定が異なる場合を考慮し、二次の重みつきカッパ係数を算出し、評定の一貫度を確かめる。動作認識精度は、Weka の J48 アルゴリズムを用いて、10 分割交差検証で評価する。読み聞かせ参加者の頭部加速度・角速度値を取得し、この 4 つ手順に沿って評価することで、どの動作が興味度と対応づいているかという動作ごとの興味度推定精度と、各動作の認識精度が算出できる。この動作の興味度推定精度と動作認識精度を掛け合わせ、最終的な各動作の興味度推定精度を評価する。

### 3 評価実験

提案手法を評価するため、評価実験を行った。被験者は 1 名で小学校低学年生である。対象とした読み聞かせ活動は約 20 分で、3 つの短い絵本の読み聞かせと手遊びの時間で構成

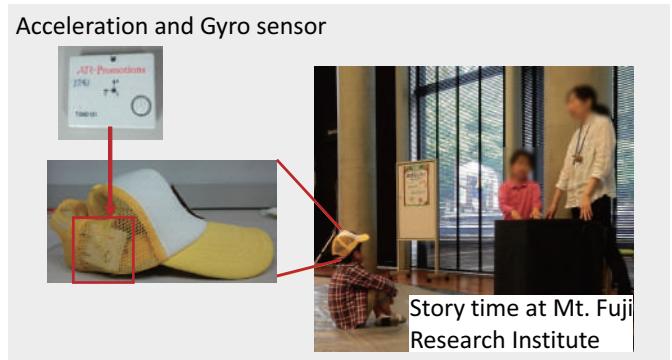


図 1: センサ装着位置

表 1: 興味推定精度

動作	5段階興味度	興味推定精度
静止している	4	0.52
座りなおす	3	0.41
ごそごそする	3	0.55
手遊びをする	5	0.96
左右を見る	1	0.12

されている。評価実験では、参加者に ATR 社の TSND121 のセンサを図 1 のように装着し、読み聞かせ時の頭部加速度および角速度を取得した。計測周期は 20[ms] である。また、正解データ作成のためにビデオカメラで映像を取得した。

### 4 結果と考察

映像データから確認できた動作は、静止状態に加え、左右を見る、首かしげ、手遊び、座り直し、ごそごそ(大きく動作があるわけではないがごそごそ身じろぎをする状態)、うつむき、指さし、および拍手であった。興味度の評定結果は Cohen のカッパ係数  $k$  が 0.93 となり、 $0.81 < k < 1.00$  の範囲にあるため、2 名の観察者間で評定は完全な一致とみなすことができた。提案手法の手順にしたがって算出した最終的な動作ごとの興味度推定結果を表 1 に示す。今回の読み聞かせで最も興味度が高いと評定されたのは、手遊びで  $F$  値が 0.93 であった。動作が現れた際すべてが興味度が高いと評定されたものは、静止状態、手遊び、うなずき、指差しであった。一方で、すべてが興味度が低いと評定された動作は、左右を見る、うつむくであった。これらについては興味度と動作に一貫した対応があったため、動作認識精度を高めることができれば、今後興味度推定に用いることが可能と考えられる。

### 5まとめ

本稿では、活動に対する即興的な評価行動を頭部に装着したモーションセンサで取得することで興味度を推定する手法を提案し、評価実験から興味度の有無と対応づいていて、かつセンサで高精度で認識できる動作を調査した。

### 参考文献

- [1] 加藤 浩: もう一つの教育評価: 状況内評価の活用に向けて, (<特集> 協調学習と AI), 人工知能学会誌, Vol. 23, No. 2, pp. 163–173 (2008).

## 鞄を掛けた肩の左右判定を行うシステムの提案

磯山直也（神戸大），秋山雄哉，ロペズ ギヨーム（青山学院大）

### 1 はじめに

猫背やがに股等、姿勢の悪さに関する悩みは多い。姿勢が悪いと見た目を損なうだけでなく健康への影響も懸念される。姿勢を正す研究は数多く存在するが、本研究では鞄による姿勢の左右への歪みについて着目する。これまでの研究から鞄が身体に影響があることがわかっている[1, 2]。トートバッグやショルダーバッグを（斜め掛けではなく）片方の肩のみ継続して掛けることが歪みに影響すると考えられるが、どの程度の影響があるのか、左右の肩へ均等に歪みが解消されるのかについてはわかっていない。本稿では鞄を左右どちらの肩に掛けているのか認識可能なシステムを提案する。

### 2 提案システム

#### 2.1 システムデザイン

デバイスは小さいことが望ましく、日によって鞄を変更可能にするため容易に着脱可能である必要がある。そこで、ベルトや胸ポケットへの装着を想定したフィットネストラッカのように、クリップ形状になっており、鞄の持ち手・ショルダーベルトに装着できるものを提案する。認識のためのセンサとしては、2つの圧力センサと加速度センサを用いる。デバイスのクリップ装着が体の内側（首向き）に向けて・体の外側に向けてどちらからでも良く、トートバッグ等の薄い鞄においてどちらの面が体に接していても対応可能にするためにこれらのセンサを用いる。図1にセンサの配置と装着イメージを示す。2つの圧力センサ（P1, P2）は、図右上のように取手と肩の間になるように、図右下のように体の内側と外側に並べられて配置され、クリップがどちらの向きに装着されているかを認識する。加速度センサは、取手の上に配置され、進行方向がどちらであるかを認識する。P1が外側で進行方向が $\alpha$ であれば左肩、P1が外側で進行方向が $\beta$ であれば右肩、P1が内側かつ $\alpha$ であれば右肩、P1が内側かつ $\beta$ であれば左肩であると認識が可能である。

#### 2.2 センサ処理

##### 圧力センサ

2つの圧力センサをトートバッグの取手に配置し、Arduinoによりデータを取得した際のデータを表1に示す。本稿では、クリップを想定し、またセンサ値が現れやすいことを狙い、圧力センサを柔らかめのゴムシートで挟み、さらに肩に接する側には硬めのゴムシートを配置した。数値に関する1列目がP1が内側でP2が外側かつ右肩にトートバッグを背負って5秒間静止した際のデータである。他の列についても順に、P1が外側で右肩、P1が内側で左肩、P1が外側で左肩の際のデータを示す。見てわかる通り、体の内側に配置されたセンサの方が小さな値を示すことから、クリップが体のどちらに向けて装着しているかを判別可能である。

今回の実験では外側のセンサがほとんど反応しなかったため、配置によってはどちらのセンサも反応しないことも考えられる。また、静止状態のデータのみを取得したが手を動かす等によりデータが変動する可能性もある。今後は、配置についてさらに検討を重ね、手を動かした際のデータを取得する必要がある。

##### 加速度センサ

加速度センサを取手の上に配置し、8歩歩いた際のデータ

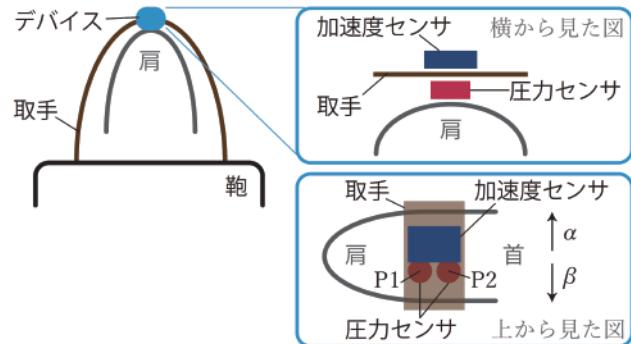


図1: センサの配置と装着イメージ

表1: 圧力センサから得られた値

	電圧値			
	右肩 P1 内	右肩 P1 外	左肩 P1 内	左肩 P1 外
P1	800.4	1022.0	918.8	1022.0
P2	1022.0	799.31	1022.0	950.2

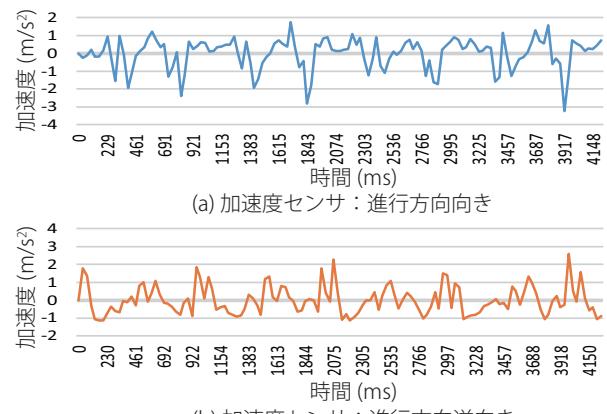


図2: ハイパスフィルタ処理後の加速度値

を取得した。図2(a)は進行方向向きの加速度がプラス方向に、(b)はマイナス方向になるように配置し、取得したデータにハイパスフィルタをかけた際のデータを示す。サンプリングは約30Hzで行った。ウィンドウサイズを1秒間とし、最大値と最小値の絶対値を比較することにより、進行方向がどちらであるか判別可能である。

今後、加速度は鞄を左右移し替えた際の動きの認識にも用い、圧力センサでの処理時間を減らす。

### 3 おわりに

本稿では、鞄を左右どちらの肩に掛けているのか判定するシステムを提案した。今後は、斜め掛けに対応することや、鞄の重さを認識する処理について検討する。

### 参考文献

- [1] R. Motmans et al.: Trunk muscle activity in different modes of carrying schoolbags, *Ergonomics*, Vo. 49, Issue 2, pp. 127–138 (2006).
- [2] 木岡ほか: 中学生の通学鞄による人体への負荷について, *日本家政学会誌*, Vo. 52, No. 7, pp. 647–656 (2001).

## 装着位置および姿勢における衣服のシワを用いた入力方法の性能評価

上田健太郎(神戸大), 寺田 努(神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦(神戸大)

### 1 研究の背景と目的

ウェアラブルコンピューティング環境では、コンピュータを常時装着することで、これまで想定されていなかった様々な場所や状況でもコンピュータを使用できる。コンピュータを操作するための入力インターフェースもデスクトップ環境とは異なる仕様が求められ、新たな入力方法が提案されている。特に、布と電子工作を組み合わせやすくなり、布にセンサなどを統合したテキスタイルインターフェースが研究されている。

筆者らはこれまでに衣服上のシワを用いた入力インターフェースを提案した。このインターフェースはアプリケーションや選択肢の内容に対応したパターンや本数のシワを生成し、ユーザはその生成された複数のシワから1本を選び、タッチすることで入力を行う。このような布を変形させ、その形状を入力に利用するインターフェースではなく、シワを用いた入力方法を評価した研究はない。また、テキスタイルインターフェースの主な入力方法であるタッチ入力とピンチ入力を同じ入力インターフェースを用いて評価した研究はない。

本論文では、シワを用いた入力インターフェースについて再考し、どのような入力方式が衣服上のシワを用いたインターフェースに適当なのかを明らかにする。シワの形状はつまみやすく、シワをつまむ動作は不自然な動作ではないので、シワを用いた入力方法として適する。衣服のシワを用いた入力方法として、3種類のタッチ入力法と1種類のピンチ入力法を実装し、布製の入力インターフェースをシワ生成機構を装着せずに実装した。この入力インターフェースを用いて姿勢と装着位置の影響を評価した。

### 2 評価

#### 2.1 実験内容

装着位置とユーザの姿勢の影響を調査するために、装着位置と姿勢を変え、入力精度と1入力当たりの時間を評価する実験を行った。装着位置は膝上の部位で起立時にも着席時にも姿勢を変えずに触れることができる部位とした。入力インターフェースの操作は利き手での操作を想定し、利き手で触ることができない、または触れるのが困難な部位と人前で触れるのが好ましくない部位を除いた。よって、装着位置として、肩、上腕、前腕、脇腹、腹部、太腿の前面と側面の7ヶ所を選んだ。肩、上腕、前腕は非利き手側、脇腹と太腿は利き手側とした。姿勢は着席、起立、歩行の3姿勢とした。被験者はそれぞれの装着位置に入力デバイスを装着した服を着用して実験を行った。着席と起立では、被験者はPC上に出される指示に従い入力し、歩行のみ音声の指示に従い入力した。入力の際に、そのシワが指示したシワかどうかに応じて異なる音声を出力した。4種類の入力方法ごとに5本の各シワに12回ずつ60回入力する試行を3試行行った。歩行はトレッドミルを用いて行い、歩行速度は時速4kmとした。装着位置の順はランダムで行い、姿勢は着席で全装着位置で実験を行い、その後、起立、歩行の順に実験を行った。被験者は着席状態で太腿前面での操作を習熟した3名である。

#### 2.2 実験結果

入力精度は全入力方法においてほぼすべての姿勢、装着位置で平均90%以上となった。平均精度が90%を下回った

のは、着席時の脇腹でのダブルタッチ、歩行時の脇腹、太腿前面での絞り込み法であった。脇腹での操作は、脇腹上部を触れるときに肘を曲げなければならず、ダブルタッチ、絞込み法は肘を曲げながら動作が困難であったと考えられる。また、絞込み法は着席、起立、歩行と太腿での入力精度が落ちていった。これは姿勢によって利き手と太腿との距離が開き、手の動作が不安定になることが原因と考えられる。

入力時間は全入力方法において、姿勢によらず肩と腹部での操作が短く、腕と脇腹での操作は入力時間が長くなる傾向があった。これは肩と腹部は姿勢によらず安定している部位であるため、一方脇腹は操作が困難であり、腕は不安定な部位であるためだと考えられる。最も速く入力できる組合せは、着席時は太腿前面での絞り込み法で平均1.8秒、起立時では太腿側面での絞り込み法で平均1.7秒、起立時では前腕での絞り込み法で平均2.0秒であった。絞込み法は時間の制約がなく、すべてのシワの位置を同時に確認するためだと考えられる。さらに、入力時間は姿勢によって変化し、全入力方法において着席、起立、歩行と入力時間が増えていく、特に太腿での入力時間の変化が大きかった。これは手と太腿との距離が開き、手の移動距離がのびたためと考えられる。また、腹部での操作は全入力方法において、姿勢による入力時間の変化が小さかった。これは姿勢を変えても、手と腹部との距離が変わらず、また腹部が動かず安定していたためだと考えられる。長押し法は他の入力方法に比べ、装着位置と姿勢による入力時間の変化が小さかった。これは長押し法は他の入力方法より手の動作が少なく入力できるためだと考えられる。

この結果から、シワを用いた入力は姿勢によって手との距離が開かず、安定している部位で行うのが入力精度と入力時間が安定することがわかった。着席状態の太腿前面での操作の習熟によって、ほとんどすべての装着位置で90%以上の精度で入力できることがわかった。

### 3 おわりに

本論文では、シワを用いた入力インターフェースについて再考し、どのような入力方式が衣服上のシワを用いたインターフェースに適当なのかを明らかにするために衣服のシワを用いた入力方法を評価した。衣服のシワを用いた入力方法として、3種類のタッチ入力法と1種類のピンチ入力法を実装し、布製の入力インターフェースを実装し、実装した入力インターフェースを用いて姿勢と装着位置の入力精度と1入力当たりの時間への影響を評価した。評価の結果、入力精度は全入力方法においてほぼすべての姿勢、装着位置で平均90%以上となった。しかし、脇腹、歩行時の太腿での操作精度は入力動作が困難で、不安定になるために平均精度が90%を下回った。入力時間は姿勢によらず肩と腹部での操作が短くなった。また、姿勢によって変化し、全入力方法において着席、起立、歩行と入力時間が増えていく、特に太腿での入力時間の変化が大きく、腹部での操作は姿勢による入力時間があまり変化しなかった。絞込み法は最も速い入力方法、長押し法は姿勢と装着位置による入力時間の変化が少ない入力方法であった。今後は、被験者を増やし、どの姿勢でも操作精度が高く安定する装着位置を選定し、電車内のような揺れる環境など他の環境での評価を行う。

## 他者表情提示システムによる自閉スペクトラム症者のコミュニケーション支援

堀江彩太(神戸大), 寺田 努(神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦(神戸大)

### 1 研究の背景と目的

自閉スペクトラム症 (ASD: Autism Spectrum Disorder) とは、知能障害にかかわらず社会性やコミュニケーションに困難を抱える障害であり、主な症状として、ASD 者は ASD に当たはまらない定型発達 (TD: Typically developing) 者に比べて人の表情から感情を読み取ることが苦手であり、これによって社会的関係の形成が困難になっている。年齢による発達によって困難を克服する場合もある [1] が、成人しても人の表情から感情を読み取ることが苦手な人は多い。そこで、筆者らは人の表情推定ができるカメラモジュールに着目した。近年のカメラモジュールは小型化が進み、身体に身につけることができる程度の大きさのカメラで画像を読み込み、その画像からリアルタイムで表情を推定できる。この表情推定の結果を ASD 者に音声や光でフィードバックすることで、話し相手の感情を理解でき、コミュニケーションの助けになるのではないかと考えた。そこで本論文では、ASD 者のコミュニケーションを支援するため、装着型のカメラモジュールを用いて話し相手の表情を推定し、ASD 者にフィードバックするシステムを提案する。

### 2 関連研究

Washington ら [2] は自動表情認識ツールを搭載した Google Glass を ASD 児に装着させ、取得した画像データを Android アプリに送信し、そこで分析した表情結果を ASD 児に骨伝導スピーカーを用いて音声で提示したり、または Google Glass 上に表示するアイコンを用いて提示するシステムを構築している。ASD 児の親は別の Android 端末で、子供の反応に応じて音声でフィードバックするか、アイコンでフィードバックするか選択できるようになっている。また、Google Glass と Android 端末を親子に持ち帰ってもらい、毎日数分から 1 時間の ASD 児に Google Glass を装着させた状態での親子の会話を 14 週間観察することで、社会性にどのような変化があるかを調査しており、参加した家族の多くが、子供の他者(親)の感情を認識する能力が研究の過程で顕著に改善したと回答している。この実験報告から、ウェアラブルデバイスを用いた支援を定期的に受けることによって ASD 者の社会的行動が改善される可能性があると考えられる。また、ASD の症状として感覚過敏があり、視覚や聴覚、触覚が TD 者に比べ過剰に反応してしまうという性質から、ASD 者を対象とするウェアラブルシステムの設計は各人の症状に合わせて行われるべきであることも示している。しかし、この実験の対象者は発達前の子供に限られており、また、どのような症状の人々にどのフィードバックが適しているかまでは言及していない。そこで本論文では大人の ASD 者を対象として、ASD の感覚過敏を考慮したフィードバック方法について調査を行う。

### 3 提案システム

システム構成を図 1 に示す。オムロン社のカメラセンサモジュールをメガネに取り付け、有線でマイコンに接続している。カメラセンサモジュールで画像を取得し、検出した顔の座標データと表情データがマイコンに送信される。表情データは無表情、喜び、驚き、怒り、悲しみの 5 要素の合計が 100 になる数値で表現され、複数人の顔が検出された場合もそれ



図 1: システム構成

ぞの表情で数値表現される。表情認識に関して、TD 者は多くの場合、周囲の人の表情の影響を受けた知覚になる。例えば話し相手が怒っている表情でも、周囲の人が笑っていればその人はふざけて怒っている表情をしていて、感情としては喜びの感情である可能性が高いと認識する。しかし ASD 者は周囲の人の表情を加味せずに話し相手の表情のみで判断してしまうことがあると考えられる [3] ため、話し相手の表情だけでなく複数人の表情が検出されたときはその情報も加味して、取得したデータから話し相手の表情を推定し、推定結果を ASD 者に音声や光でフィードバックする。音声によるフィードバックでは、表情に応じて、「ニコニコ」や「ンンン」などの直感的に理解できる擬態語をそのまま音声にしてイヤホンに出力する。もし擬態語で会話が妨げられる感じる場合は正解音のような単純な効果音を出力する。光によるフィードバックでは、LED をメガネの内側に取り付け、喜びの表情のときは暖色、悲しみの表情のときは寒色といった、相手の表情に応じた色の光パターンを点灯させる。

### 4 まとめと今後の課題

本論文では、メガネ型デバイスにより話し相手の表情を ASD 者に音声や光パターンで提示することで、ASD 者のコミュニケーションを支援するシステムを提案した。今後は、実際に ASD 者に装着させ、提案したフィードバックが ASD 者のコミュニケーション支援において有用であるか評価する。また、ASD の感覚過敏を考慮したウェアラブルデバイスの装着位置やフィードバック方法についても検討する。

### 参考文献

- [1] 梶田奈々子: 自閉症スペクトラム障害児の表情認識能力について、心理相談センタ一年報, Vol. 9, No. 9, pp. 37–42 (Mar. 2014).
- [2] Peter Washington et al.: SuperpowerGlass: A Wearable Aid for the At-Home Therapy of Children with Autism, *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, Vol. 1, No. 3, pp. 112:1–112:22 (Sep. 2017).
- [3] Themelis Karaminis et al.: Central Tendency Effects in Time Interval Reproduction in Autism, *Scientific Reports*, Article number: 28570 (June 2016).

## 学習ジェスチャ間の類似性に基づく正解ジェスチャ範囲決定手法

出田 恼（神戸大），村尾和哉（立命館大），寺田 努（JST さきがけ，神戸大），塚本昌彦（神戸大）

### 1 研究の背景と目的

スマートフォンなどの携帯端末や家庭用のゲーム機のコントローラには加速度センサが内蔵され、センサの値から端末の傾きや動きを検出して、端末の使用の検出やテキスト入力のキャンセルなど従来のインターフェースでは困難であった入力を実現している。加速度センサを用いたジェスチャ認識では、認識を行う前に対象とするジェスチャのデータを採取し、学習データとして登録する。認識したいデータと学習データの距離を計算することで認識を行うが、ジェスチャの冒頭部や終端部には予備動作や元の位置に戻ろうとする動作などによって、同じジェスチャであってもフレが多く含まれる。このフレを多く含む部分を毎回同じような軌道を描く部分と同等に距離計算を行うと認識精度の低下を引き起こす可能性がある。そこで本稿では、同じ種類のジェスチャ間の類似度を計算することによって、頻繁にフレが生じる部分を抽出し、そのフレを考慮した正解ジェスチャ範囲決定手法を提案するため、ジェスチャの時系列的分析を行う。

### 2 提案アルゴリズム

提案アルゴリズムでは任意のジェスチャを対象とし、それと同種類のジェスチャを複数回行い、時系列データを詳細に分析する必要がある。長さの違うデータ波形の距離を求める距離計算手法として Dynamic Time Warping(DTW)[1] がある。DTW は時間的非線形伸縮距離を計算することで、長さや部分的に速度が異なるデータの距離を計算でき、ジェスチャ認識の距離計算アルゴリズムとして頻繁に用いられている。本手法では DTW のアルゴリズムを改良することによって、学習ジェスチャのフレが大きくなる部分を算出し、学習データとして適切なジェスチャ範囲の抽出を行う。DTW では図 1 で示すようなタイムワーピング行列を用いて類似度を計算する。その計算過程で、図中の灰色で示したワーピングパスが作成されるが、ワーピングパス上のインデックスが学習データと入力データのマッチしたインデックスのペアとなっている。このワーピングパス上のインデックスの距離が大きくなっているれば、そのジェスチャ部分にはフレが生じやすいと判断し、波形全体の類似度を計算する際に重み付けを行うことで、より正確に比較できると考えられる。

### 3 予備実験

提案するアルゴリズムでは、同じ種類のジェスチャで頻繁にぶれが生じる部分を抽出し、その部分に重み付けを行う。そこで、ジェスチャのどの部分でどれくらいのフレが生じているのかを調査するため、予備実験を行った。携帯端末使用時に想定して、1人の被験者から3軸加速度及び3軸角速度センサを配置した盤面を、端末を手前に傾けるジェスチャのデータを10回分採取した。任意の1回のジェスチャを学習データとして登録し、残りの9回のジェスチャとの距離を算出し、ワーピングパスを作成する。このワーピング上に現れた各インデックスとの距離を分析することで、このジェスチャのどの部分でフレが生じているのかを調査した。

### 4 結果

図 2 に学習データと9回のジェスチャとの各インデックスの距離を示す。図の横軸が学習データの長さであり、縦軸は9回ジェスチャとの距離の平均を表している。ジェスチャの冒

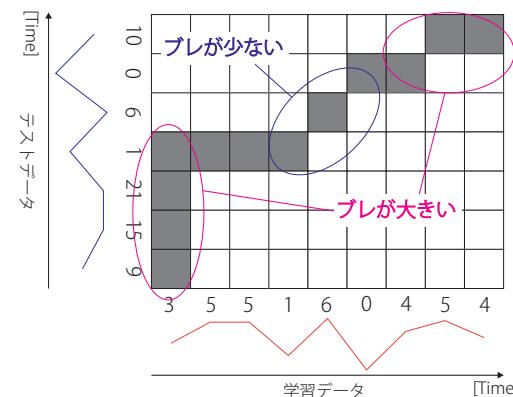


図 1: タイムワーピングパスの例

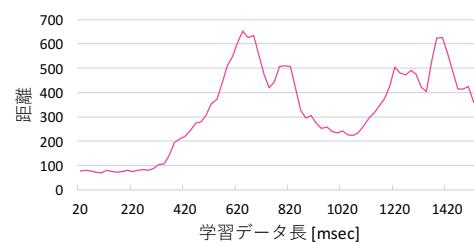


図 2: ワーピングパス上の学習データとの距離

頭部では距離が小さく、フレが少ない。ジェスチャ開始から 620[msec] から 650[msec]あたりで距離が一度大きくなり、1000[msec]あたりでまた小さくなっています。ジェスチャ終端部分ではまた距離が大きくなっています。従って、このジェスチャは、冒頭部分ではフレが少なく中間地点と、終端部分でフレが生じていることがわかった。ジェスチャによってフレが生じる区間が異なる可能性があるため、多くのジェスチャに対して調査する必要がある。

### 5 まとめと今後の課題

本稿では、学習ジェスチャ間の類似度に基づいた正解ジェスチャの範囲決定のために、DTW を用いてジェスチャの分析を行い、フレの生じる部分がジェスチャの冒頭部や終端部だけでなく、ジェスチャによっては中間部分にもフレが生じることがわかった。今後はジェスチャの種類を増やし、さらに詳細にジェスチャの分析を行い、フレを考慮したジェスチャ波形全体の類似度を計算する際の重み付けアルゴリズムを実装する予定である。また、筋骨格モデル[2]を用いて、フレが生じやすい位置を推定し、1回の学習データのみで、時系列データの重み付けができるアルゴリズムの構築を目指す。

### 参考文献

- [1] Myers, C.S. and Rabiner, L.R.: A Comparative Study of Several Dynamic Time Warping Algorithms for Connected Word Recognition, *The Bell System Technical Journal*, Vol. 60, pp. 1389–1409 (1981).
- [2] 横田 紘季, 大島 成通: 上肢筋骨格モデルシミュレーションにより導出された最適な筋活動信号を用いたサイバネティックトレーニング, 日本機械学会論文集C編, vol. 79, No. 805, pp. 31110–3121 (2013).

## An Investigation of Power-line Energy Harvesting Technique

Michail Sidorov and Ren Ohmura (Toyohashi University of Technology)

### 1. Background and purpose of research

Different types of stray energy surrounds us every day in the form of vibrations, heat, acoustic noise, electromagnetic fields, etc. Scavenging this freely available energy, converting it and utilizing it to power various wireless sensors for IoT has been one of the main areas of research among researchers who are interested in energy harvesting. Energy harvesting is very attractive to be used for sensor nodes placed in locations where battery replacement is not feasible or attractive.

### 2. Research contents so far

There are numerous energy harvesting or energy scavenging techniques widely used presently. The most common is solar power, which is used not only for powering small devices, but larger ones alike. However, solar power cannot be utilized always. Hence, for powering small battery-less devices other approaches have to be taken into account and their design is mostly application dependent, e.g. harvesting energy from vibrations on an engine [1], or utilizing the energy from rain and transforming it to usable electricity [2]. This research takes more traditional approach by scavenging power from ambient electromagnetic waves being produced by power lines. The main part of the every harvester is the element that collects the energy and then converts it to electricity. This approach takes a look at the use of metamaterials for the antenna structure design. Metamaterials are materials with properties not found in nature. They are made from assemblies of individual elements (cells) each having the same properties and arranged in a periodic pattern. Some works have focused on designing such harvesters, however the working frequency is in the range of terahertz, which is not ideal to be used indoors [3]. No matter what the main element that collects the energy is all harvesters follow the same principal design structure, as shown in Figure 1.

Metamaterials are ideal to be used for energy harvesting

as the same study have shown a higher energy absorbance level compared to traditional antenna harvesters [3].

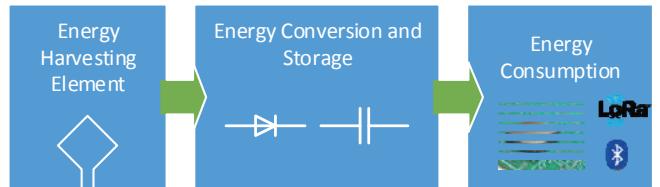


Figure 1: *Typical Design of Wireless Energy Harvesting Modules*

This work aims to investigate how different metamaterial cell arrangements and the cell element design would impact the overall efficiency of the harvester to absorb the ambient energy radiated from the power-lines. Furthermore, since the electromagnetic energy has different wavelengths the aim is to design a broadband wave harvester that would not be limited to working at a set frequency. The idea is to achieve this by integrating cells of different sizes and experimenting with different dielectric materials, as the cells are going to be fabricated following conventional PCB manufacturing process.

### 3. Conclusion

To summarize, there are several challenges of this research: first is effectively designing the metamaterial pattern to fully absorb the electromagnetic waves that surrounds us. Second is channeling the absorbed energy into the load without it being dissipated in the material itself.

### References

- [1] Beeby S. P., Torah R. N., Tudor M. J., Glynne-Jones P., O'Donnell T., Saha C. R. and Roy S: A micro electromagnetic generator for vibration energy harvesting. *Journal of Micromechanics and Microengineering*, Volume 17, Number 7 (2007).
- [2] Mohammad I. A., Swingler J.: Piezoelectric energy harvesting from raindrop impacts. *Energy*. Volume 90, Part 1, Pages 796-806 (2015).
- [3] Thamer S. Almoneef, and Omar M. Ramahi.: Metamaterial electromagnetic energy harvester with near unity efficiency: *Applied Physics Letters* 106, 153902. American Institute of Physics (2015)

## 高精度な位置特定技術の利用についての考察

宮下浩一（神戸大学）

### 1. 位置特定技術の動向

2017 年秋に準天頂衛星システムの「みちびき 4 号機」の打ち上げが成功し、2018 年春より、準天頂衛星システム（QZSS : Quasi-Zenith Satellite System）[1]が利用可能となる。

準天頂衛星システムとは、既存の米国の GPS などに代表される衛星測位システムを補完する機能を有する。衛星測位システムとは衛星から時刻情報を電波で配信、4 機以上の衛星の信号を受信した地上端末で、衛星の軌道情報を踏まえて 4 点測量の原理で地球上の位置を特定する。衛星測位システムにおいては、より条件の良い衛星の信号を受信することで測位精度が上がることが知られており、既存の衛星測位システムにおいては、例えばビル街において建物に衛星の信号が妨げられたり、電離層において信号の到達時間が変化することによる速度低下が発生している[2]。一方、準天頂衛星システムにおいては、24 時間 365 日、日本の天頂に 4 機の衛星のうち少なくとも 1 機が飛行する軌道をとることで、測位に必要な衛星 4 機のうち 1 機は必ず受信できる環境となる。さらに準天頂衛星から、電離層による信号の到達時間の変化量を補完情報として配信しており、補完情報を用いることで測位精度が向上する。これらの技術的な工夫により、数センチメートルの精度で位置を特定できるようになる。

本稿では、準天頂衛星システムによる高精度な位置特定技術のユビキタス・ウェアラブル分野への利用可能性と利用における課題について述べる。

### 2. 高精度な位置特定技術の利用シーン

ユビキタス・ウェアラブル分野において、高精度な位置情報を利用することで、下記のようなアプリケーションの高度化が想定される。

#### ① ナビゲーション

高精度な位置情報により、歩いている歩道の上り下りが判定できるようになり、歩道橋や横断歩道も踏まえたナビゲーションが可能となる。

また、既存の GPS では精度が不確かであった高度の精度も向上する。これにより、高低差を加味したナビゲーションができるようになる。

#### ② AR

ヘッドマウントディスプレイなどを用いて実空間にコンテンツを重畳表示する際に、従来であれば位置の不確さを踏まえたコンテンツの表示方法を選択していたが、高精度な位置情報を用いることでピンポイントな重畳表示が可能となる。ただし、ピンポイントに表示するためには位置情報だけでなく、方角が仰角の情報も必要。

一方で、高精度な位置特定技術の利用にあたっては、下記の課題が想定される。

### 3. 高精度な位置特定技術の利用における課題

前述のユビキタス・ウェアラブル分野での高精度な位置情報の利用にあたり、以下の課題が想定される。

#### ① 地図

既存の OpenStreetMap[3]などの地図は、そもそもは 1/25000 の国土地理院の地図をデジタル化したものであり、航空写真などを元に地図のアップデートを行っている。これらの地図の作成方法に依存し、多くの地図は精緻な高度の情報が含まれておらず、せいぜい標高程度である。

高精度な位置情報をアプリケーションに利用するにあたっては、高度の情報を含む高精度な地図が必要となるが、OpenStreetMap などの地図においては、3D のデータを編集する機能が不足している（せいぜい、建物の 3D オブジェクトを作成できる程度）。

さらに、既存の地図は人間が視覚的に空間を理解できることを最優先に作成されており、例えば高架などで上下に道路がある場合、わざと道路をずらして上下の道を表現している。

#### ② プライバシーの保護

位置が高精度に特定されることで、これまで以上にプライバシーが侵害される場面が想定される。例えば位置情報をアプリケーションで利用する際に、わざとノイズを乗せることが想定され、アプリケーションのサービスに影響少なく、ノイズを乗せる技術が必要となると考えられる。

### 4. おわりに

本稿では、高精度な位置特定技術の動向と、ユビキタス・ウェアラブル分野での利用シーン、利用における課題について議論した。今後、準天頂衛星システムに対応したデバイスが市場に投入され、アプリケーションが普及する過程で、様々な課題が顕在化するおそれがある。これらの課題への対応方策を検討していきたい。

### 関連研究

- [1] 内閣府: みちびき（準天頂衛星システム），2017 年 12 月 12 日取得，  
<http://qzss.go.jp/technical/index.html?ref=top>
- [2] 荻原崇志、長谷川孝明、間邊哲也. "スマートフォンセンサを用いた行動認識による位置特定性能向上について (ITS 研究会 通信, 計測, ITS 関連一般)." 電子情報通信学会技術研究報告 = IEICE technical report: 信学技報 115.504 (2016): pp.5-10.
- [3] OpenStreetMap Japan, 2017 年 12 月 12 日取得，  
<https://openstreetmap.jp>

# 津波情報伝達を目的とした超低周波音および潮位の多地点連続計測網と低電力長距離無線通信を基盤とするロバストな非常時 IoT 防災通信システムの研究開発

## -京都産業大学での取り組み-

瀬川 典久 宮川 祐太 大下隼人 木嶋百音（京都産業大学）  
矢澤 正人（数理設計研究所）山本 真行（高知工科大学）

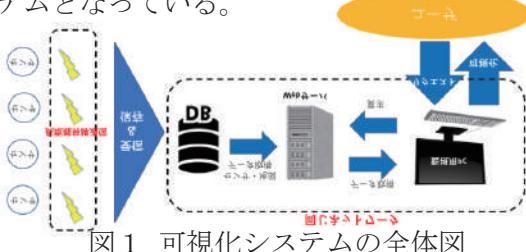
### 1. はじめに

我々の研究グループでは、海洋国・日本の最重要防災課題の1つである津波対策にフォーカスし、開発済の国産超低周波音センサおよび潮位計を用いた津波情報検出技術を活用し、非常時にも検出情報を着実に伝達可能なロバストな非常時 IoT 防災通信システムの構築を行う。具体的には、高知県内をモデル地域とし上述センサ群の面的設置を推進中である点を活用し、これに研究分担者らが開発済の低電力長距離無線通信技術を融合させ、国スケールでの IoT 活用の先進的事例とする社会実装レベルの研究開発を提案する。

本稿では、本プロジェクトの京都産業大学での取り組みについて示す。

### 2. 津波被害防止のための潮位情報を可視化するシステムの構築

宮川[1]は、市町村役場の危機管理担当職員を対象とする、地図と潮位情報を可視化するシステムの構築を行っている（図1）。これは、通常時から波高計の情報を随時モニタリングし、システムが正常に動作しているかを観察できるようにする、また、異常発生時に、住人にどのように情報を伝えるかの判断を行うためのシステムとなっている。



### 3. 津波被害防止のための潮位情報を可視化するシステムの構築

大下[1]は、高知県内に置かれている、津波検知センサの動作状態を確認するシステム、及び、センサの状態に異常があった際に管理者にアラートするシステムのプロトタイプ実装を行っている。また、それらが Apple Watchなどのウェアラブル機器と連携して、い

つでも状況がプッシュでやってくるシステムの構築を行っている。



図2 Apple Watchによるセンサ状況の確認

### 4. インフラサウンドセンサを用いた複数の扉の開閉検出システムの構築

木嶋[1]は、津波の検出のために利用されるインフラサウンドセンサを、室内の扉の開閉の検知に利用するシステムを構築した。部屋の扉を開閉させると、室内の空気圧が変り、その変化がインフラサウンドセンサを用いて検出可能である。

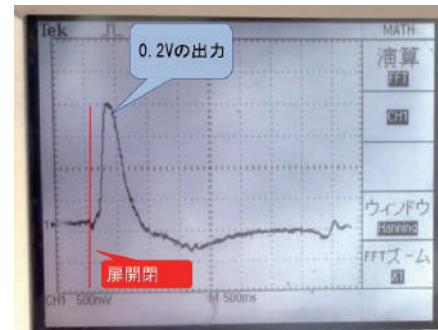


図3 扉の開閉によるインフラサウンドセンサの出力

### 5.まとめ

今後は、高知工科大学で設置しているインフラサウンドセンサ、波高センサと統合し、本研究開発のシステムと接続し、有効性の確認を行っていく予定である。

### 謝辞

本研究開発は総務省 SCOPE(受付番号 175009003)の委託を受けたものです。

### 参考文献

- [1] WISS2017 プロシードィングス , <http://www.wiss.org/WISSL7Proceedings/> (3A-15,3A-16,3A-17) (2017)

## 電磁波ノイズを利用した無電源動作人感センサの開発

大村 廉, 池田 一貴 (豊橋技術科学大学)

### 1. 研究の背景と目的

対象となるユーザの存在を検知してサービスを開始するなど、コンテキストアウェアサービスの実現において、人の存在検知は極めて重要な要素である。既存のシステムにおいて、人の存在検知は、人感センサと呼ばれるセンサを用いて行なわれてきた。人感センサとして代表的なものとして、焦電センサや、赤外線センサ、超音波センサ、カメラなどを用いたものがある。特に焦電センサはその検出範囲や省電力性能から、広く用いられている。しかし、他のセンサ同様、少なからずその動作には電力を消費する。特に人検出という、いつ生じるか解らないイベント検出のためには、常に動作させ続ける必要がある。その結果、人検出を行なうシステムには、電源を供給し続けるか、あるいは、比較的大型のバッテリを付与する必要が生じた。このことは、様々な物へ人検出機能を付与する機会を減退させる。そこで、我々は、環境に存在する電源線から漏れ出た電磁ノイズを利用し、無電源で人を検出センサの開発を行なっている。

### 2. 提案手法

我々が提案する人感センサは、図1に示すように周囲環境ノイズを微小電流・電圧の交流電源とみなし、「交流から高圧直流への変換を行う回路によって直流電圧出力を得る」という技術、および、「人が近接するとアンテナに入力されるノイズのレベルが変動し、出力電圧も変動する」というアイディアを基にしている[1]。アンテナで受信する環境ノイズは整流昇圧回路を通すことである一定のDC出力を得ることができる。この時、誘電体である人体が近づくことでアンテナの感度が見かけ上、上昇する。すなわち、人がアンテナ近辺に居るときはアンテナの出力が大きくなり、結果として、人が近辺に居ないときよりも高いレベルの出力を得ることができる。これにより、アンテナ周囲の人の存在を検出する。整流昇圧回路には、コッククロフトウォルトン回路(以下、CW回路)を用いる。CW回路はその動作に電限を必要とせず、これらのことから、無電源で人検出を行なうことができる。

### 3. 人依存性および環境依存性

これまで、提案する人感センサにおいて、その動作確認および、人依存性(人ごとの出力の違い)や環境依存性(環境

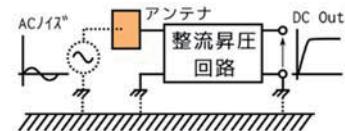


図1：周辺環境ノイズを入力とする整流昇圧動作

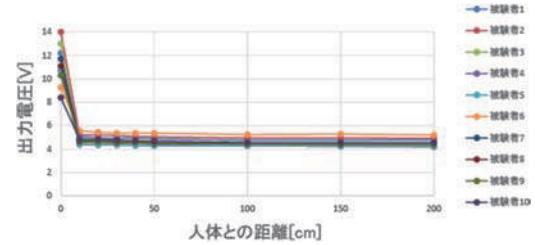


図2：人毎の最大出力電圧

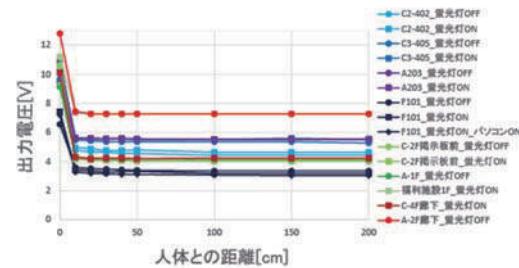


図3：場所毎の最大出力電圧

毎の出力の違いの確認を行なった。図2、図3に、それぞれ人依存性に関する評価結果、および、環境依存性に関する評価結果を示す。図2から人依存性についてはほとんど無いことが解る。図3から環境依存性については比較的大きく、何らかの対応が必要であることがわかる。

### 4. まとめと今後の課題

本稿では、環境に存在する電源線から漏れ出た電磁ノイズを利用し無電源で動作する人感センサについて述べた。提案するセンサの方式は、空間中の電波を電源として利用するレクテナを用いたエネルギーハーベスティング技術と同一のものである。このため、電力を抽出することも期待できる。今後、環境依存性への対応や、電力抽出に関する研究を進め、完全に無電源で動作する人感センサモジュールの開発を行なって行く予定である。

### 参考文献

- [1] Ren Ohmura and Kentaro Higa, Development of Zero Powered Human Detection Sensor Using Environmental Electric Noise, International Workshop on Mobile Ubiquitous Systems, Infrastructures, Communications, and AppLications (MUSICAL 2016), Nov., 2016.

## eSportsにおけるプレイヤー間のコミュニケーションについて

柳沢 豊（神戸大／m plus plus 株式会社）

### 1. 背景

複数のプレイヤーがチームを組んで対戦する eSportsにおいては、プレイヤー間の連携がうまくいくことが勝敗を決める大きな要因となる。プレイヤーはそれぞれネットを介してゲームサーバに接続しており、互いに顔を合わせることなくプレイすることが多い。そのため、多くのゲームでは意思疎通を行うためのコミュニケーションツールを用意している。さらに、テキストや音声チャットの機能をゲームの一部として提供しているものもある。しかし、このチャット機能はプレイヤー間の連携を促す用途よりも、他のプレイヤーへの言葉による攻撃に使われることが多い。この toxic player と呼ばれるプレイヤーの存在は、いずれのゲームでも大きな問題となっている。本稿では、こうしたプレイヤーが生じる原因についてと、各ゲームにおける対策の現状について報告する。

### 2. チームメイトへの攻撃を引き起す要因

現状の eSports タイトルは、1) 対戦(対人戦)ゲームである、2) ランキングシステムがある(勝つとランクが上がり、負けるとランクが下がる)、3) 4-6人程度のチームで対戦するという、3つの特徴をもつものが多い。2017年の賞金総額が23億円を越えるゲームである DOTA2 や、プレイヤー人口が9000万人以上とされる League of Legends(LoL)、nintendo switch で発売されているスプラトゥーン2等が該当する。

1-3 のいずれに要素もチームメイトへの攻撃を引き起す要因となっているが、特に影響が大きいと考えられているのは3の「チームで対戦する」という要素である[1]。見ず知らずの他人と即席のチームを作つて対戦する、いわゆる「野良チーム(グループ)」において、特にこの問題が顕在化している[2]。また、チームメイトを攻撃する傾向が強いのは、プレイヤー個人のスキルが勝敗に影響を与える度合いの「少ない」程顕著であることも知られている。実際に、個人のスキルが勝敗に影響を与えやすい DOTA2 よりも、チームワークが重要な LoL のほうがより問題が顕著である。極めて多人数のチームで対戦を行なうゲームにおいては、僅かなプレイミスでも多数の味方から批難される傾向がみられる。一方で、こうした仲間を攻撃する問題は、知り合いで集つて予め作成した(プリメイドと呼ばれる)チームでは起こりにくいことも知られている。

### 3. 各ゲームにおける対策

チームメンバーを攻撃する行為は、プレイヤーがゲームを続けようとする意欲を大きく削ぐものであり、これが原因でゲームを辞めてしまうプレイヤーは多い。プレイヤー人数の減少は、単純にゲームの収益の減少に結びつくことから、eSports タイトルを運営している各メーカは、こうした行為に抑制するための様々な方策を講じている。

- ・DOTA2: 特定のプレイヤーのチャットを非表示にするミュート機能、悪質な発言をするプレイヤーを他のプレイヤーが通報するシステムがある。通報されたプレイヤーは、運営者が裁定を行ない、アカウントの利用制限を行なう。さらに試合を自己査定する独自のシステムを導入している[4]。

- ・League of Legends (LoL): DOTA2 と同等のミュート、通報システムを実装している。さらに「名誉システム」というマナーの良いプレイヤーに投票するシステムがある [5]。

- ・スプラトゥーン2: チャット機能が付いていない。
- ・Overwatch: テキストチャット、ボイスチャットのミュート機能、通報機能がある。

### 4. まとめ

本稿では、eSportsにおけるチームメイトへの攻撃の発生理由と抑止対策についての現状について説明した。ゲーム以外のシーンでも将来的には考慮する必要がでてくる可能性があり、研究を行なう価値があると考えている。

### 参考文献

- [1] Ben Sillis, "The unlikely evolution of Heroes of the Storm" <https://www.redbull.com/int-en/heroes-of-the-storm-interview> (2015).
- [2] Kóles, Máté, and Zoltán Péter. ""Learn to play, noob!": The identification of ability profiles for different roles in an online multiplayer video game in order to improve the overall quality of the new player experience," 7th Intl. Conf. on IEEE Cognitive Infocommunications, 2016.
- [3] スクウェアエニックス, "Fantasy Earth Zero ゲームプレイマナーについてのお願い" <http://www.fantasy-earth.com/info/onlinemanner.php>
- [4] Minoru Umise, "Valve 所属の心理学者が語る。『Counter-Strike』シリーズや『Dota 2』に適用された「心理学」の秘密, <http://jp.automaton.am/articles/newsjp/valve-psychologist-said-how-psychology-introduce-game-design/>
- [5] Riot, "名誉システムについて," <http://jp.leagueoflegends.com/ja/featured/honor>

## 学習者の表出動作から心的状態を推定し集計・フィードバックするシステムの構想

加藤 浩 (放送大学)

### 1. 研究の背景と目的

討論や共同作業などの場において、相手の言動に対して、うなずいたり首をかしげたりといった表出はよく行われる。これらの行為には価値判断が含まれており、相手の行為を評価していることになる。この評価は決して単なる個人の内的印象の外化には終わらない。それが公共の場で行われることで、社会的に共有され、同調や反発などの社会的相互作用を経て、場の空気として、その行為に対する評価を形成する。私たちの日常感覚的な“実践能力”的評価は、このようにして成立していると考えられる[1]。このとき場の当事者たちに、他者評価を行っているという自覚はあまりないし、その評価もほとんどその場限りのものである。そこで、その評価を、活動の場から拾い上げて記録し、学習者にフィードバックすることができれば、学習者の気づきを促したり、形成的評価に用いたりすることができるのではないかという着想を得た。

本研究では、学習者が小集団に分かれて活動するグループ学習の場を対象とし、学習者の表出から心的状態を自動的に認識し、それをリアルタイムで集計して学習者にフィードバックするシステムの開発を行う。学習者が本システムで場の空気を知ることにより、少数意見を察知して採り上げたり、劣勢をはねかえそうと説得を試みたり、多数派に同調したりといった行動が触発されて、議論深化や合意形成支援の効果が期待できる。また、他のグループの盛り上がりを察知してそのグループと情報交換を始めるなどといったグループ間交流の促進効果も期待できる。

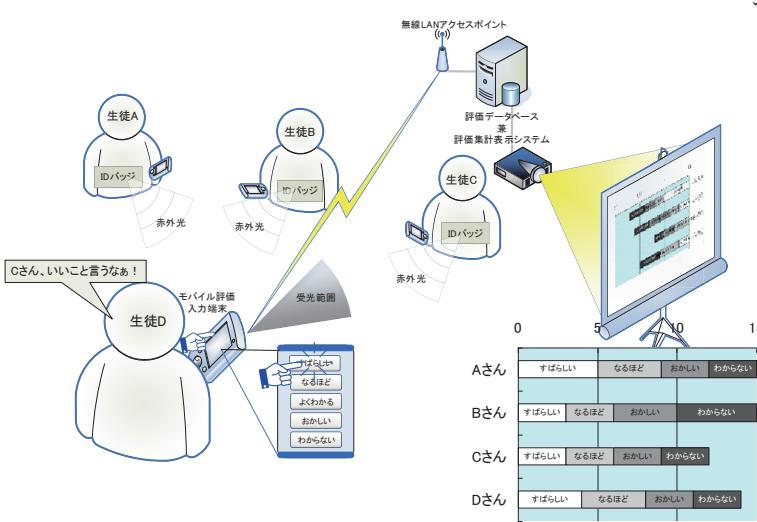


図 2 Sounding Board の概要

### 2. これまでの研究内容

著者はこれまでに SoundingBoard(図1)というシステムを開発した。これは胸に赤外発光 ID バッジをつけ、それに携帯端末を向けて評価ボタンを押すと、いつ誰が誰をどう評価したかがサーバーに蓄積されるという仕組みであった。これは実践が行われているまさにその場での相互評価を可能にするという点では画期的であったが、手動で評価を入力する必要があったため、学習者が実践に没頭すると評価行動がおろそかになるという問題点があった。そこで自動的に評価を収集するシステムが必要となった。

### 3. システムの構想

本システムでは大まかに「賛同・よく理解できる・面白い・楽しい・感嘆」などのポジティブ状態、「不同意・理解できない・つまらない・不愉快・落胆」などのネガティブ状態、および、それらのどちらでもないニュートラル状態の 3 状態を識別できることを目指す。

具体的にはメガネフレームに各種センサーを組み込んだ市販の装置(JINS MEME)から頭部動作とまばたきの情報、腕輪型の活動量計から心拍数、ピンマイクから発話をセンシング(図2)して、その情報をもとに動作主の心的状態を推定する。それをリアルタイムで集計し、その分布を学習者の携帯端末に表示する。

主として動作主のうなづき、首振り、首傾げ、うつむきなどの頭部動作から前記の3つの心的状態を判定し、心拍数、まばたきの頻度から心的活性化のレベルを判定する。

実際のグループ学習の場で本システムを用い、本システムがインタラクションの質や内容にどのような影響を与えるかを研究する。

さらには、いわゆる“子供の目が輝いた”ような場面が、本システムによってどこまで把握できるかを検証する。

### 参考文献

- [1] 加藤浩 もう一つの教育評価：状況内評価の活用に向けて. 人工知能学会誌, 2008. 23(2): p. 163-173.

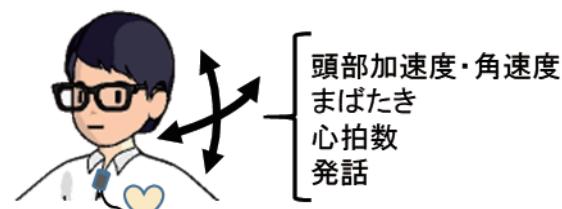


図 1 表出のセンシング

## 衝突警報システムがドライバーの安全運転技能に及ぼす影響と持続性の調査

徳永翔（豊橋技術科学大学），大村廉（豊橋技術科学大学）

### 1. 研究の背景と目的

運転中に前方車との衝突や車線逸脱による衝突の危険に対してドライバーに警報を発するシステムを衝突警報システムと呼ぶ。交通事故ではドライバーの原因による事故が多数を占めており、衝突の原因となる運転(以下、安全運転技能)を改善することが重要である。衝突警報システムは安全運転技能に対して変化を及ぼすと考えられる。例えば、衝突の原因となる運転を警報によって認知させることで安全運転技能の改善効果が期待できる。一方で、衝突警報システムが与える安全性の向上によりドライバーの危険認知が減少し、却つて危険運転を誘発する懸念がされている[1]。これまでの研究では、衝突警報システムが安全運転技能を向上させることを示唆していたが、評価方法としてドライビングシミュレータによる短時間の計測で実施されていた。そこで本研究では、実車走行データを長期にわたって計測することで、衝突警報システムがドライバーの安全運転技能に変化をもたらすのか、また、安全運転技能は持続的に変化するのか明らかにする。

### 2. 評価方法

本研究では、実車走行データから運転環境を考慮して計測する。例えば、実車走行では天気・走行スピード・道路環境・時間帯などが常に変化する。また、運転環境によって、衝突警報システムが及ぼす安全運転技能の効果も変化すると考えられる。これらの理由から、運転環境を考慮しない条件から評価し、次に安全運転技能に影響すると考えられる運転環境を考慮して評価する。そして、それぞれ運転環境を組み合わせて評価する。また、衝突警報システムが及ぼす安全運転技能の変化を計測するために、警報をドライバーに発しない警報無しの期間と警報有の期間を比較する。安全運転技能の評価基準として、衝突の危険とされる警報の発生頻度を用いる。被験者毎の総走行距離から 1km 走行毎の警報発生回数割合を算出し比較する。

本研究で採用する衝突警報システムは、自動車予防安全アセスメント評価に含まれている「前方車両衝突警報」、「前方歩行者衝突警報」、「車線逸脱警報」を満たす Mobileye を使用する。警報は「前方車間距離警報」、「低速時車両衝突警報」、「車線逸脱警報-右」、「車線逸脱警報-左」、「前方車両衝突警報」、「前方歩行者衝突警報」の 6 種類存在する。

計測ではサービス業者のバン 12 台、被験者 19 名の実車走行データを取得した。データ収集期間は「警報をドライバーに発しない警報無しの期間(2017 年 3 月 1 日-5 月 24 日)」と「警報有の期間(2017 年 5 月 26 日-10 月 31 日)」である。

### 3. 評価結果

運転環境を考慮しない条件で衝突警報システムが安全運転技能に変化を与えていたか明らかにするために Wilcoxon 符号順位検定を行った。有意水準を 5%とした時、6 つの警報全てについて有意差が存在した。このことから、衝突警報システムは運転環境を考慮しない条件で安全運転技能を改善させることを示唆した。図 1 に警報発生回数割合の比較を示す。

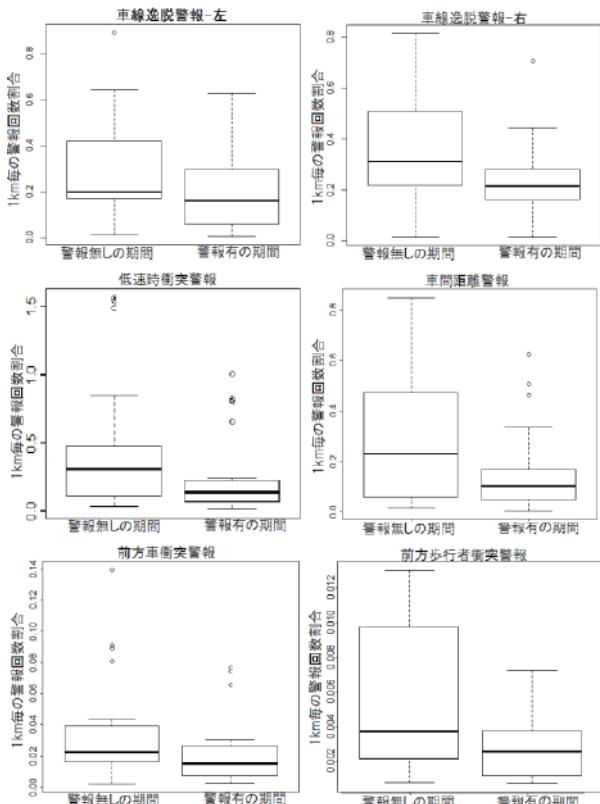


図 1. 警報発生回数割合の比較

### 4. 今後の予定

本研究では、実車走行データを用いて衝突警報システムが安全運転技能に与える変化を明らかにすることを目的とした。今後は運転環境を考慮した評価を通じて、衝突警報システムが安全運転技能に与える貢献と課題を明らかにする。

### 参考文献

- [1] G.J.S.Wilde, "交通事故はなぜなくならないか", 新曜社, 2007.

## 歩行空間ネットワークの自動生成に向けた点群合成手法

高橋一生, 村尾和哉, 望月祐洋, 西尾信彦 (立命館大学)

### 1 研究の背景と目的

センサを用いて屋内測位を行う研究が盛んであり、そのひとつに VSLAM 技術を利用する手法が提案されている。VSLAM は、カメラの画像情報を用いて自己位置推定と環境地図作成を同時にすることが可能である。近年では ARにおいて利用されており、Project Tango という AR プラットフォームでは、RGB カメラ、深度カメラ、広角カメラという 3 つのカメラセンサをスマートフォンに搭載することで、VSLAM を可能にしている。こうした技術により、屋内でのスムーズなナビゲーションの提供が期待される。

また、国土交通省が歩行空間ネットワークデータと呼ばれる仕様を策定しており、これは施設のバリアフリー化の推進を目的とした、段差や幅員などの情報を付与したリンク、及びリンクの結節点を表すノードで構成されるデータのことである。このデータにより、バリアフリーな経路情報が提供され、高齢者や障害者の生活利便の向上が期待できる。

本データを作成するには、施設管理者が仕様を理解し、ノードやリンクの設置、属性情報の付与を手動で行わなければならず、大変であるため、データを自動で生成できる手法が期待される。既存研究として加速度・角速度・気圧センサを用いた歩行データから 3 次元の歩行軌跡が推定できる手法が提案されている [1]。一方、歩行空間ネットワークデータでは属性情報の付与も行うため、カメラセンサを用いた VSLAM によるデータ作成が適切であると考える。また、VSLAM を実現するうえで、深度カメラを利用した点群の取得がデータ作成において有効だが、1 台の端末では、経路の幅員が広い場合や物体を認識するうえで端末を多方面に動かす必要があり、効率的に取得できない。本研究では、複数端末で同時に取得した点群を合成する手法を提案する。これにより、施設管理者が効率的に施設のデータを生成することができる。

### 2 提案手法

本研究では、歩行空間ネットワークデータの自動生成に向け、複数端末を用いて効率的に点群を取得することを目的とし、Project Tango が搭載されたスマートフォンを 2 台用意し、同じ経路を歩いたときに取得された点群を合成する手法を提案する。端末間の相対位置が固定されていない場合、点群を合成するうえでは精度が落ちることを考慮し、端末間の相対位置を固定した状態での点群合成を行う。端末間の相対位置を固定しない状態での点群合成においても検討する。

#### 2.1 端末間の相対位置を固定した状態での点群合成手法

本手法では、端末間の相対位置を固定することで、点群の取得環境を単純化し、本研究における課題点等を明らかにすることを目的とする。今回は実際に端末の相対位置を固定し(図 1)、駅構内や施設内などの場所で点群を取得したものを利用する。センシングには、Project Tango を搭載したデバイスで利用できる RGB カメラ、深度カメラ、広角カメラを用いる。2 種の手法を提案し、検証する。実際に得た点群を空間の上からみた形で(図 2)に示す。水色の点群が右側の端末、黄色が左側から取得されたもので、図の下部から上部にかけて始点終点があり、始点では端末は正の y 軸に向いている。取得できるデータは、始点を基準とする移動軌跡データと、端末を基準とする点群データであり、端末基準のデータ



図 1: 点群取得時の写真

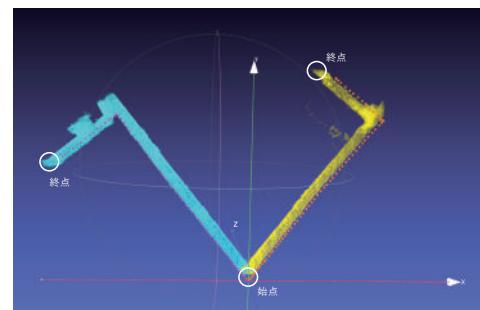


図 2: 端末間の相対位置を固定して得られた合成前の点群  
タを始点基準のデータを用いて座標変換を行っている。

#### 2.1.1 両方の移動軌跡による点群合成手法

固定された相対位置関係をもとに、片方の座標系に座標変換上で、移動軌跡の 2 点間の中間値を取っていくことで 1 つの移動軌跡を生成し、両方の点群を合成する手法である。

#### 2.1.2 片方の移動軌跡による点群合成手法

移動軌跡における累積誤差を考慮し、片方の移動軌跡に寄せた点群合成を行う手法である。歩行空間ネットワークデータの自動生成を実用化するうえでは、ノード、リンク、属性情報が取れればよい。全体的に経路として整合性が高いかどうかより、局的に点群から平面や物体が認識できるかどうかが重要であるため、こちらの手法も有効であると考えられる。

#### 2.2 端末間の相対位置を固定しない状態での点群合成手法

端末間の相対位置を固定せずに点群を合成する手法を提案する。こちらは端末を自由に動かすことから、両方の移動軌跡が一致することは考えにくいため、前段階の点群取得と、SLAM に関する既存研究を参考に、別の手法を検討する。

### 3 おわりに

本研究では、歩行空間ネットワークデータの自動生成に向け、2 台の端末の相対位置を固定した状態で点群を取得した際に、適切に合成できる手法を提案した。今後は提案手法の実装および相対位置を固定しない状態での合成手法の提案・評価を行う。

### 参考文献

- [1] 梶克彦, 河口信夫. 安定センシング区間検出に基づく 3 次元歩行軌跡推定手法. 情報処理学会論文誌, Vol.57 No.1, 12-24 (2016) .

## 屋内歩行空間ネットワークの自動生成に用いる3Dデータの誤差補正手法の提案

原崎将吾, 村尾和哉, 望月祐洋, 西尾信彦 (立命館大学)

### 1 研究の背景と目的

スマートフォンを用いたナビゲーションアプリの研究や開発が盛んである。ナビゲーションサービスの実現には、測位技術以外に歩行空間ネットワークデータ（以下、歩行空間 NWD）が必要である。歩行空間 NWD は、人が歩行可能な空間をリンクとノードで表現し、リンクやノードそれぞれに通路の幅員や段差の有無などの属性情報を付与したものである。これを利用することで、バリアフリーのナビゲーションが可能である。屋外以外にも大型商業施設や地下鉄の駅など歩行空間 NWD が必要な公共施設は多いが、導入はあまり進んでいない。理由としては、作成する際に歩行空間 NWD の仕様 [1] を理解する必要があることや、ツール [2] を用いて手作業でノードやリンクの設置、属性情報の付与を行う手間などが挙げられる。よって、歩行空間 NWD を自動生成可能なツールを開発することで、作業の手間を軽減でき、屋内の歩行空間 NWD の導入が促進されると考えられる。

今回、歩行空間 NWD の作成用端末として Tango[3] を搭載した端末（以下、Tango 端末）を用いた。この端末には、深度センサや広角カメラが搭載され、点群データや3次元の移動軌跡データ（以下、3D データ）が取得可能である。また、この端末は一般的に販売されており、LiDAR などの専用機器よりも導入し易い利点がある。しかし、Tango 端末で計測した 3D データには図 1 のように誤差が存在する。図 1 は、立命館大学クリエーションコアの廊下（101m）の端から端まで歩いて 3D データを計測した時の結果を上から見た図である。白色で示したものが正解となる廊下の 3D モデル、緑色で示したものがその時に計測した点群データをもとに作成したメッシュを表している。全体として、緑の部分が終了地点に近づくにつれて少しづつ湾曲していくことがわかる。終了地点付近では、X 軸方向に約 1.7m、Y 軸方向に約 2.3m の誤差が生じた。誤差がある状態で歩行空間 NWD を作成した場合、ノードやリンクの設置場所に誤りが出たり、属性情報に影響が出ると考えられる。本研究では、誤差がどのように発生しているのかの調査し、緯度経度などの絶対位置が分かる場所（建物の出入り口など）を通ることで誤差を補正する手法について提案する。

### 2 関連研究

坂本ら [4] は、スマートフォンを用いた歩行空間 NWD の生成支援機構を作成した。これは、PDR (Pedestrian Dead Reckoning) を用いてユーザの移動軌跡を推定し、移動軌跡から歩行空間 NWD の自動生成を行う。また、気圧センサを使用した階層推定を行い、複数階層に渡る歩行空間 NWD の作成を可能としている。ノードの設置方法として、交差点の場合、ユーザの曲がった角度が閾値以上となった場所に設置している。また、階段やエレベータの場合、気圧センサと PDR の結果からノードの設置場所を決定している。ただし、幅員などの一部の属性情報の付与や、PDR をもとにしているために発生するノードやリンクの設置場所の誤差の修正を手動で行う必要がある。

### 3 3D データの計測方法

3D データ計測を開始した地点から相対的な測位を行ったため、3D データに誤差が累積し本来の位置から離れてしまう。

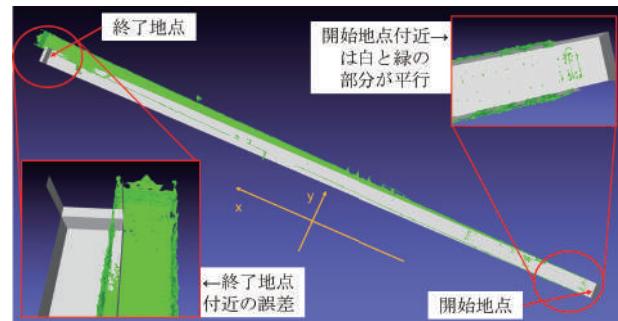


図 1: 点群計測時における誤差

よって、絶対位置を用いて補正し、累積していく誤差を抑える必要がある。計測手法としては、事前に出入り口毎に絶対的な座標（緯度経度）を与え、一回の計測において可能な限り近い二つの出入り口間の 3D データを計測する。この手法によって複数の 3D データが作成されるが、誤差が補正可能と考えられる。

### 4 誤差補正手法

3D データの起点を計測開始地点に合わせ、3D データの終点と計測終了地点の差から座標変換ベクトルを算出する。その後、全ての点群データに対して座標変換を行い誤差を補正する。計測する距離に応じて誤差は累積していくため、全点に対して同一の座標変換ベクトルは利用できないと考えられる。そこで、起点と終点の距離に応じて座標変換ベクトルに対する係数を変化させる。

### 5 今後

今回提案したアルゴリズムは、常に一定の誤差が発生していくものだという仮定に基づいているため、特定の場所で大きな誤差が発生している場合には対処できない。よって、提案したアルゴリズムに加え、突発的な誤差を認識し、補正するアルゴリズムの検討が必要となる。さらに、今回の計測方法では 3D データが複数できるため、これらを一つに統合する手法の検討を行う。

### 参考文献

- [1] 歩行空間ネットワークデータ等整備仕様案, 国土交通省, <http://www.mlit.go.jp/common/001177504.pdf>, (2017 年 12 月 02 日閲覧).
- [2] 総合的な交通体系を目指して, 国土交通省, [http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/soukou/sogoseisaku\\_soukou\\_tk\\_000041.html](http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/soukou/sogoseisaku_soukou_tk_000041.html), (2017 年 12 月 2 日閲覧).
- [3] Tango, Google, <http://get.google.com/tango/>, (2017 年 12 月 2 日閲覧).
- [4] 坂本大輔, 西山大河, 村尾和哉, 望月祐洋, 西尾信彦. 屋内歩行空間ネットワークの生成支援機構. マルチメディア、分散協調とモバイルシンポジウム 2016 論文集, 第 2016 卷, pp.228-233, jul 2016.

## データ改変の伴う車両時刻表を用いた乗り遅れ防止のための自制能力支援手法

双見京介（神戸大），寺田 努（神戸大/JST さきがけ），塚本昌彦（神戸大）

### 1 背景と目的

到着指定時刻に遅刻しないことを含め、時間を守った行動は社会的・倫理的に重要であるが、時間を守れない行動は自制の失敗により、意に反して起こり得る。アメリカのキャリアビルダー社の実施した従業員 7000 人と雇用者 3000 人の調査結果からは、遅刻者の割合は週一 16 % かつ月一 27 %、遅刻者解雇経験のある雇用者は 34 % と明らかになり、これらからは時間を守る行動の実行重要性と失敗可能性がわかる。

移動の主要手段である公共交通機関の利用時には、標的車両の発車時刻に遅刻しないことが重要になる。この支援のために、ネットワークや情報提示の技術を用いた車両時刻表などが提案されてきた。これら既存手法は情報把握不足が招く遅刻の解決には有効であるが、一方で、遅刻防止支援には心理的要因に着目した支援アプローチも考える必要がある。

そこで、本研究では、対象場面を公共交通機関利用として、標的車両の発車時刻に遅刻させないための、心理的影響を考慮した車両時刻表の見せ方について検討する。

### 2 提案手法と実装

提案手法では、図 1 に示す様に、車両時刻表から車両を動的に間引いて車両発車間隔を実際より拡大する。これにより、遅刻時の待ち時間を大きく見通させ、到着指定時刻に余裕をもって間に合う行動を誘発する。本手法は、事前の理解の上で利用されることを想定し、それは例えば、5 分前行動をするために自分で時計の時刻を早めるのと同じ利用方法である。本手法では、図 2 に示すモデルを仮定する。図中の損失 1 は到着指定時刻に遅れないために設ける余分な時間を意味し、損失 2 は到着指定時刻に遅れた際の待ち時間を意味する。本手法は、この損失 1 の許容範囲に損失 2 の程度が影響するとモデル化している。このモデル仮定にあたっては、配送トラックドライバーや通勤者を対象にした時間的制約下での移動に関する分析において、到着指定時刻に遅れないために設ける余分な時間の決定要因として、指定時刻に遅れた場合のペナルティが考慮されるという仮定 [1] を採用している。そして、ユーザの損失 1 の許容範囲が、例えば損失 1 として 8 分払うことは、損失 2 が 10 分の場合は嫌だが 20 分の場合には許容できる、といったように周辺情報との相対比較から判断されると仮定している。提案する車両時刻表アプリ画面を図 3 に示す。実装には HTML, Javascript などを用いた。画面上部は目的駅への到着希望時刻などの車両検索条件の入力欄であり、画面下部は乗るべき標的の車両や乗り遅れによる待ち時間などの情報提示欄である。今回は、到着希望時刻に間に合う最終の車両を標的の車両として設定し、その標的の車両周辺の車両を時刻表から 1 本間隔で間引いた。

### 3 評価

提案手法による到着時刻の変化を 12 名を対象に評価した。実験内容は、実際のシステム利用における乗車行為を車両写真撮影に置き換えたものであり、閲覧情報内の車両発車間隔が異なる条件間で、指定駅への到着時刻が異なるかを評価した。車両発車間隔は条件 1, 2 の順に 10 分、20 分である。

図 4 に条件ごとの全体の到着時刻の平均値を示す。エラーバーは標準誤差を表す。条件間の t 検定の結果から、提案手法にあたる条件 2 の方が条件 1 よりも到着指定時刻に対する

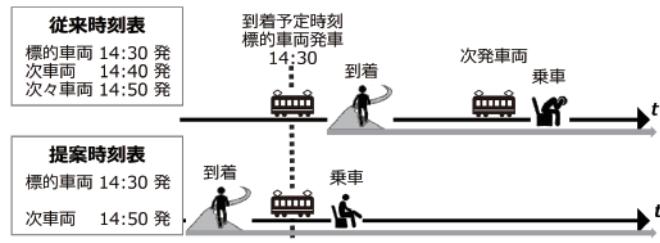


図 1: 提案手法による遅刻防止支援イメージ

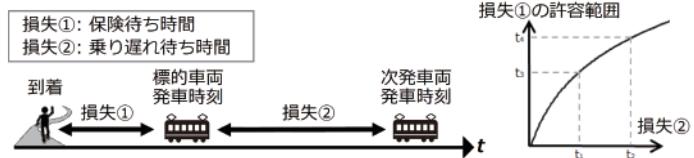


図 2: 車両発車間隔とユーザ到着時刻の関係のモデル

図 3: 提案システム画面例

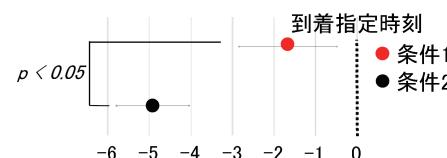


図 4: 条件ごとの到着時刻の平均値

る到着時刻が有意に早くなかった ( $p < 0.05$ )。この結果は、仮説通りに、到着指定時刻への遅刻時の損失が大きいという見通しが、指定時刻に間に合うための余分な時間の設定に影響し、それが遅刻防止に有効だったことを示すと考えられる。

### 4 おわりに

本研究では、公共交通機関利用時の標的車両の発車時刻に遅刻させないための車両時刻表の見せ方として、車両時刻表における車両発車間隔を実際より拡大する手法を提案し、その有効性を評価した。本手法のタイムテーブルを間引くスキームは多分野の遅刻防止にも貢献し得ると考える。

### 参考文献

- [1] C. Hendrickson and G. Kocur: Schedule delay and departure time decisions in a deterministic model, Transportation science, 15(1), pp. 62–77 (1981).

## 機器の動作影響を考慮したホームネットワークのための ECA ルールの整合性検証

篠原諒恭（豊橋技術科学大学）、大村廉（豊橋技術科学大学）

### 1. 研究の背景と目的

スマートホームにおいて、ユーザ自身がその動作定義を行い、自身の環境に即したアプリケーション開発を行える環境を整備するための研究が多く行われている。この時、家電などの動作定義方法として、ECA ルール[1]や Trigger·Action ルール[2]を使用した手法が提案されており、簡易な記述に対して柔軟な開発が可能であることから注目されている。しかし、これらのルール定義による方法では、長期にわたる利用によってホームネットワーク上に多くのルールが蓄積されると、ルール同士が衝突し、ユーザの期待通りの動作をしなくなる可能性が生じる。そこで本研究では、ECA ルールによって制御を行なうホームネットワークシステムに対して、ルール定義時にその検証を行う手法を提案する。このとき、機器の動作による環境への影響の衝突を考慮する。

### 2. 提案手法

ルールを検証するためには、「どのようなルールの組み合わせを衝突とみなすか」を定義する必要がある。本研究では、ECA ルールの Action の衝突に着目して定義する。そのため、まず Action に付加情報を定義し、そして、その付加情報を用いて ECA ルールの衝突を定義する。

#### (1) Action に対する付加情報

Action には、その付加情報として、操作主体、操作内容、操作による環境への影響を持つさせる。操作主体は、TV などの操作の主体となる機器である。操作内容とは、操作対象(TV の電源など)とその引数(電源 ON など)、及び、その内容である。内容は、下記 3 種類の操作のいずれかとする。

- ・ *SET*: 操作対象の状態を引数通りにする
- ・ *INCREASE*: 操作対象を上昇させる
- ・ *DECREASE*: 操作対象を下降させる

操作による環境への影響は、操作により影響をうける環境対象(気温、室温、音など)と、その影響内容をあらわす、下記 2 種類とする。

- ・ *E\_INCREASE*: 環境対象を上昇／増加させる
- ・ *E\_DECREASE*: 環境対象を下降／減少させる

すなわち、Action に対する付加情報は下記のようになる。

Action  $A = \{d, o, e\}$ ,  $d$ : 操作主体,  $o$ : 操作内容,  $e$ : 影響の内容

$$A.o = \{t_d, a_d, c_d\}, t_d: 操作対象, a_d: 引数,$$

$$c_d \in \{\text{SET}, \text{INCREASE}, \text{DECREASE}\}: 操作内容$$

$$A.e = \{t_e, c_e\}, t_e: 操作対象 \in \{\text{Temperature}, \text{Humidity}, \text{Sound}\}$$

$$c_e: 操作内容 \in \{E\_INCREASE, E\_DECREASE\}$$

#### (2) ルールの衝突の定義

ルールの衝突は、同一の機器に両立しない操作を行った場合(CL1, CL2)や、気温または湿度に対し、上昇と下降の操作を同時に行なった場合(CL3)、音に対して異なる機器から増加操作を行なった(CL4)の 4 種類を考える。

$$CL1(o1, o2) := (o1.t = o2.t) \wedge (o1.c = o2.c) \wedge (o1.a \neq o2.a)$$

$$CL2(o1, o2) := (o1.t = o2.t) \wedge (o1.c = \text{INCREASE})$$

$$\wedge (o2.c = \text{INCREASE})$$

$$CL3(o1, o2) := ((o1.t = \text{Temperature}) \vee (o1.t = \text{Humidity}))$$

$$\wedge (o1.t = o2.t) \wedge (o1.c = E\_INCREASE)$$

$$\wedge (o2.c = E\_INCREASE)$$

$$CL4(A1, A2) := (A1.d \neq A2.d) \wedge (A1.e.t = A2.e.t = \text{Sound})$$

$$\wedge (o1.c = o2.c = E\_INCREASE)$$

すなわち、CL1～CL4 のいずれかが真ならば衝突とみなす。

衝突は、モデル検査器 SPIN[3]を使用して、ユーザが作成したルールの動作のシミュレーションを行うことで検証する。

### 3. まとめと今後の課題

本研究では、ECA ルールで動作するホームネットワークについて、環境への影響を考慮しつつ衝突の定義を行った。

現在、本研究における衝突の定義がユーザにとって妥当なものであるか、確認を行なっている。妥当性の確認は、様々な機器の動作と、現在の定義でその動作を検証した場合の検証結果をユーザに示し、妥当と思うかを尋ねる形式で行う。

### 参考文献

- [1] Papamarkos, G., Poulovassilis, A. and Wood T.P.: Event-Condition-Action Rule Languages for the Semantic Web, Workshop on Semantic Web and Databases, pp.309-327 (2003).
- [2] Ur, B., McManus, E., Ho, M. P. Y. et al.: Practical Trigger-Action Programming in the Smart Home, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems(CHI'14) (Apr.,ed.), pp. 803-812 (2014).
- [3] Holzmann.J.G.: The model checker SPIN. IEEE Trans. Software Eng., 23(5):279-295 (1997).

## 水圧センサを用いた浴槽における入浴者識別手法

中山紗理奈, 村尾和哉, 望月祐洋, 西尾信彦 (立命館大学)

### 1 研究の背景と目的

高齢社会を迎え、病気の予防や早期発見のために日々の健康状態を管理することが理想である。これを実現するためには、睡眠、トイレ、入浴といった在宅環境での活動から生体情報をセンシングする研究がある。在宅環境の中でも、風呂では急激な温度変化によって起こる血圧の変動やのぼせなどによる意識障害が原因となる事故が多発している。<sup>[1]</sup> 事故の発見が遅れてしまい重症化や死に至る可能性が高いため、風呂での生体情報センシングは特に重要である。

しかし、入浴中における生体情報センシングを行う場合、家族といった複数の人が共用するため、得られた情報から入浴者を識別必要がある。個人識別手法として様々な研究されているが、ボタンの操作など入浴と関係ない操作は、操作を忘れたり、操作自体が面倒で負担になる可能性がある。一方、カメラを利用した識別手法はプライバシーが重視される場所では利用が難しい。そこで入浴者の協力を必要とせず、無意識・無拘束で行える識別手法が望ましい。

そこで本研究では、浴槽の底に水圧センサを設置し、入浴時の水位の変化により入浴者を識別する手法を提案する。

### 2 関連研究

浴室で日常的に生体情報をセンシングするため、吉村ら<sup>[2]</sup>は浴槽内に心電図電極を3箇所に設置し、湯を介して入浴中の心電図を計測するシステムを構築した。電極は、動作電極を入浴者の胸部に接近する位置、アース電極をつま先に接近する位置にそれぞれ設置している。また、小川ら<sup>[3]</sup>は、吉村らのシステムを利用して得た心電図の個人差に着目し、個人識別を行なっている。これらで用いられているシステムで得られる波形は、身体と電極の位置によって影響を受けるため、決まった位置、方向を向かなければならぬという制約がある。

### 3 提案手法

本章では、入浴時の水位の変化を計測することにより、浴槽における入浴者の識別をする手法について説明する。水位の変化が最も現れるのは、浴槽に入る（入水）、出る（出水）ときであるため、入水、出水部分の波形に着目して識別を行う。また、水位の変化のみを識別に用いるため、入浴体勢を制限することなく識別できる。

#### 3.1 浴槽内設置デバイス

浴槽内への設置を検討しているデバイスについて説明する。本研究では、浴槽内に長時間設置できるように防水性を備えたデバイスを使用する。デバイス内には水圧センサ、Arduino Uno、センサからのデータを保存するSDカード、オンオフスイッチを入れる。オンオフスイッチはデバイスを開閉せずに電源を入れるためにものである。このデバイスを図1のように浴槽の底に設置し、水位を得る。(図1) また、データの解析についてはオフライン処理を想定している。

#### 3.2 入浴者識別手法

入浴者の識別は入浴時に得られる波形から入水部分、出水部分を切り取り、各行動にDTW (Dynamic Time Warping) を適用した結果と、各行動から抽出した特徴量を基にk近傍法を適用した結果を利用する。(図2)

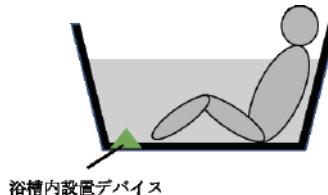


図1: 浴槽内へ心電図電極の設置位置と姿勢

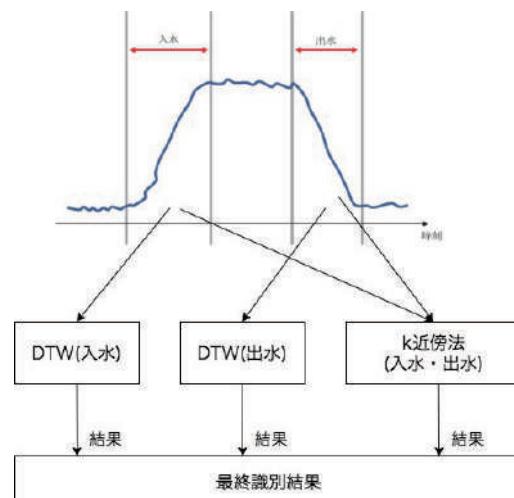


図2: 識別フロー

DTWとは時間的非線形圧縮距離を計算し、時系列のスケールに違いがあるデータ間の類似度を求める手法である。テストデータと正解データとの距離を計算し、最短距離の正解データのラベルを結果として出力する。k近傍法を適用する際に抽出する特徴量は、水圧センサデータの平均値、分散値を検討している。今後として個人差が現れるような特徴量をさらに追加する必要がある。

DTWとk近傍法の各結果を基に、最終的な識別結果を出力する。

### 4 まとめ

本研究では、浴槽に水圧センサを設置することで水位の変化を計測し、入浴体勢を制限することなく入浴者を識別する手法を提案した。

今後は特徴量の追加や最終識別結果の出力方法の検討、提案手法の実装および識別精度の評価を行う。

### 参考文献

- [1] 消費者庁 公表資料 2016 年  
[http://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer\\_safety/release/new\\_2016.html](http://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer_safety/release/new_2016.html)
- [2] 吉村拓巳, 田村俊世, 中島一樹, 三池秀敏: 入浴モニタ開発のための測定パラメータ決定の研究, 医用電子と生体工学, Vol.33, No.1, pp.1-6 (1995).
- [3] 小川充洋, 木村裕一, 田村俊世, 戸川達男: 浴槽内心電図を用いた個人識別, 医用電子と生体工学, Vol.35, No.1, pp.82-89 (1997).

## 浴室における行動認識を目的とした加速度センサ内蔵シャワーヘッドの提案

西垣佑介(神戸大), 寺田 努(神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦(神戸大)

### 1 研究の背景と目的

小型のセンサデバイスを用いてユーザの行動や状況、周囲の環境などを認識するシステムが多数研究、開発されているが、浴室内においてユーザの行動を取得する研究は多くない。浴室は誰もが毎日脱衣したまま入る唯一の空間であり、生活や健康に密着しているため、浴室内の人の状態をセンシング技術を用いて認識することは重要な課題であるといえる。そこで、センシング技術を用いた浴室におけるユーザの行動の認識に着目する。浴室の行動認識として、大西ら[1]によるRFIDタグを用いた手法があるが、リーダーやタグを10箇所以上の浴室物品等にあらかじめ設置しなければならない手間があり、複数のユーザが浴室を共有するような環境下で、私物のシャンプーなどを持ち込む場合には不向きだと言える。そこで、本研究では浴室利用者の多くが使用するシャワーヘッドに加速度・角速度センサを設置し、シャワーヘッドの動きを計測することで浴室における行動認識を行う。

### 2 提案手法

図1にシステム構成を示す。システムは、3軸加速度・角速度センサ(ATR-Promotions社, WAA-006)、センサをシャワーヘッドに固定するアタッチメントケースおよびPCから構成され、センサで取得したシャワーヘッドの加速度・角速度データを浴室外に設置したPCにBluetoothを介して送信し、そのデータを解析することで浴室における行動を認識する。使用するセンサは3軸加速度・角速度センサのみであるため、不要なプライバシ情報を取り出すことはない。アタッチメントケースはシャワーヘッドに固定されており、センサを収納してふたを上から閉めることでシャワー利用時にセンサに水がかからないようになっている。このケースは3Dプリンタで作成したものであり、ABS樹脂でできているため無線通信が遮断される心配はない。また、センサの重さは20gでアタッチメントと合わせても軽量であり、システム導入後も普段のシャワー利用を阻害しない。さらに、センサとアタッチメントを家庭用のシャワーヘッドに設置するだけなのでシステムの導入が容易である。

### 3 評価実験

#### 3.1 方法

提案手法による浴室行動の認識精度を調査するため、評価実験を行った。実験環境は一般的な一人用のシャワールームで、被験者は21歳～23歳の男性4名である。データ取得のサンプリング周波数は50Hzで、認識する行動は以下の5種類とした(かけ湯をする、シャンプーを洗い流す、リンスを洗い流す、洗顔料を洗い流す、ボディソープを洗い流す)。実験は被験者Aについては11回、被験者B、被験者Cおよび被験者Dについてはそれぞれ5回ずつ行った。得られた生データに対し各行動のラベル付けを行い、12種類の特徴量(3軸加速度データの平均・分散)を抽出し、各特徴量のスケールを揃えるために正規化を行った。認識アルゴリズムにはRandom Forestを用い、被験者ごとに実験試行数で分割して交差検証を行い評価した。また、特徴量を抽出するためのウィンドウ幅およびスライド幅を変化させた際の各行動の認識率を比較し、浴室行動を認識する上でどのウィンドウ幅およびスライド幅が適しているのかを調査した。

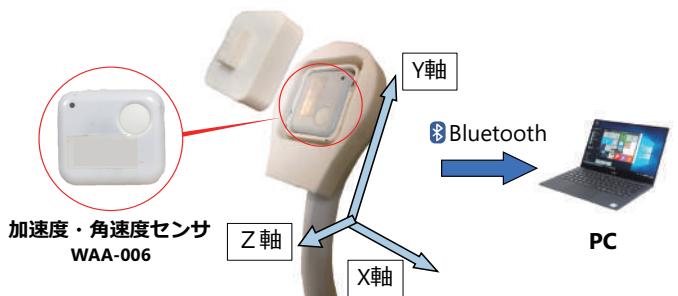


図1: システム構成

表1: 被験者ごとの浴室行動の平均認識率

ウィンドウ幅	スライド幅	平均認識率			
		被験者A	被験者B	被験者C	被験者D
200 ms	100 ms	0.52	0.46	0.48	0.59
200 ms	200 ms	0.50	0.45	0.48	0.59
500 ms	200 ms	0.54	0.47	0.48	0.60
1000 ms	200 ms	0.57	0.47	0.50	0.60
1000 ms	500 ms	0.55	0.47	0.50	0.61
2000 ms	200 ms	0.59	0.49	0.51	0.62
2000 ms	600 ms	0.59	0.49	0.53	0.63
5000 ms	100 ms	0.62	0.51	0.58	0.64
5000 ms	200 ms	0.62	0.50	0.57	0.64

#### 3.2 結果と考察

各ウィンドウ幅およびスライド幅における被験者ごとの浴室行動の平均認識率を表1に示す。被験者全員がスライド幅を大きくするにつれて認識率が向上する傾向にあることが読み取れる。これは200msのウィンドウ幅では小さすぎて捉えられなかったシャワーヘッドの動きが、ウィンドウ幅を2000msや5000msと大きくすることで捉えられるようになったことを表していると考えられる。一方スライド幅を変えた場合には認識率に多きは変化は見られなかった。また、全ての被験者においてボディソープの洗い流しは高かつたが、かけ湯やシャンプーとリンスは認識率が低くなかった。

#### 4 おわりに

本稿ではシャワーヘッドに加速度・角速度センサを装着するアタッチメントケースを設計し、シャワーヘッドの動きから浴室における人の行動を認識する手法を実装した。3Dプリンタで作成したセンサケースは、無線通信が可能でシャワー利用時の防水性を確かめることができた。浴室行動の認識を行う上で適したウィンドウ幅およびスライド幅を調査した結果、ウィンドウ幅5000ms、スライド幅200msとした場合の平均認識率が最も高く、62.2%であった。認識率を向上させるためには、別の特徴量の追加や別の手法との併用を検討する必要がある。

#### 参考文献

- [1] 大西諒, 平井重行: RFIDタグ付き浴室物品の使用履歴からの入浴行動推定 –処理のリアルタイム化とその評価–, 電子情報通信学会サイバーワールド研究会講演論文集, pp. 1-8 (2009).

## 授乳中の母親のスマートフォン操作と乳児のぐずりの関係調査

中川 遼, 大西鮎美(神戸大), 吉田さちね(東邦大, JST さきがけ),  
寺田 努(神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦(神戸大)

### 1 研究の背景と目的

授乳は一般的に一日に何度も行われ、一度に数十分の時間がかかるため、授乳中にスマートフォン(以下、スマホ)を操作する母親がいる。吉田ら[1]の研究では、母親が覚醒中の乳児を抱きながら歩くと、乳児が行動レベルでおとなしくなるだけでなく、生理的なレベルでもリラックスする可能性が示唆されており、授乳中も同様のリラックス効果があると考えられるが、授乳中にスマホを操作すると乳児がぐずり出すと感じる母親もいる。伝統的な子育ての概念では、授乳中にスマホを操作することは乳児にとってよくないといわれているが、実際に乳児のぐずりをスマホの操作が引き起こしているのかは調査されていない。乳児が授乳中のスマホ操作によりぐずるのであれば、体勢変化や母親の注意が逸れたことなど考えられる要因を調査し、それを避けることで、乳児のぐずりを防ぐことができる可能性がある。また、原因が授乳中の母親のスマホ操作でなければ、母親は罪悪感なく授乳中にスマホを操作できる。そこで本稿では、スマホ操作が乳児のぐずりに実際に影響を及ぼしているのかを調査する。

### 2 検証方法

授乳中のスマホ操作とぐずりの関係の検証方法を述べる。授乳中の母親のスマホ操作時に乳児のぐずりを引き起こすと考えられる要因として母親のスマホ操作に起因した体勢変化による(1)母親および乳児の身体的要因、母親の注意が逸れることによる(2)乳児の精神的要因、授乳中、スマホを操作するのは一般論ではよくないと知りつつも操作てしまっているという罪悪感から、乳児がぐずる原因是スマホ操作なのではないかという母親の勘違いによる(3)母親の精神的要因、の3点が考えられる。これらのうち、(3)であった場合、スマホ操作はぐずりとは直接関係がないということになる。

検証に用いるシステムの構成を図1に示す。(1)については、通常授乳時と母親のスマホ操作中の体勢変化から評価する。母親の両腕に加速度センサと2チャンネルの筋電センサを装着し、3軸加速度・角速度および筋電位の変化量を取得する。これらより、授乳時の母親の腕の動き、力の入り具合を分析する。また、母親の座る位置に座面センサ、母親の正面と真横にKinectを設置し、母親の着座面の圧力分布と3次元骨格座標データを取得することで、授乳時の母親の姿勢変化を評価する。(2)については、母親の正面と左右に計3台のビデオカメラを設置し、母親と乳児の視線や、乳児の身体の動きを観察することで、母親の注意が乳児から逸れたタイミングと乳児に何らかの変化があるタイミングに関係があるかを調査する。(3)については、心拍センサを用いて、通常授乳時とスマホ操作中の母親の緊張状態を測定する。

被験者は生後6ヶ月の乳児とその母親1組である。実験は、(a)授乳のみ、(b)スマホで写真をしながら授乳、(c)スマホで文字を打ちながら授乳、(d)スマホを乳児の目前で使用しながら授乳、の4つの状態を計測した。(a)を通常の授乳体勢とし、(b), (c), (d)との変化を調査するため、(a), (b), (a), (c), (a), (d)の順番でそれぞれ約60秒ずつ計測を行った。データ取得後、各センサの値から授乳のみの状態と、授乳中にスマホを操作している状態で違いがあるかを分析す

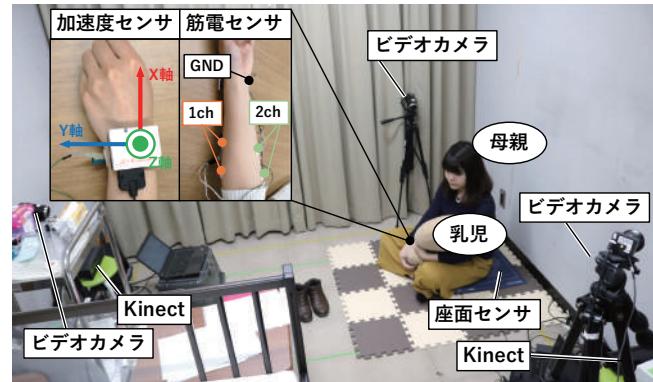


図1: システム構成

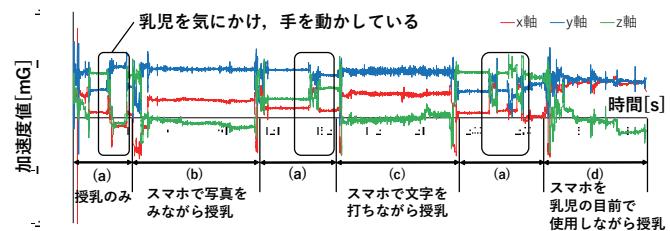


図2: 3軸加速度値(右手首)

る。乳児のぐずりについては、スマホを操作することで乳児の動きや表情に変化が表れるかを観察し、乳児が泣く、怒るなど表情に変化が表れた場合、授乳中のスマホ操作と乳児のぐずりは関係があるのでないかと考えられる。

### 3 結果と考察

実験中、被験者は終始、乳児を左腕で抱き、スマホ操作は右手で行っていた。スマホを操作していない(a)では、記録映像から母親が乳児を気にかけ右手を動かす場面が多く観察され、図2より右手首側の加速度センサ値に変化があった。母親の心拍センサの心室興奮から次の心室興奮までの時間であるRR間隔は、(a)から(d)の4状態において変化がみられなかったため、母親の緊張状態は実験を通して一定であったと考えられる。実験中、乳児が足をばたつかせる場面があったが、計測データにはその時間に大きな変化はみられなかった。乳児が足をばたつかせた理由として、授乳のみの際には右手を乳児の足に添えて支えていたが、スマホを操作する際は右手で端末を持ち、乳児を片手で支えていたためではないかと考えられる。乳児の表情については、実験中に変化はみられず、母親のスマホの操作を嫌がっているかは表情からは判断できなかった。スマホ操作の際の乳児のぐずり状態の変化については、本実験では動きのみに変化があった。

### 4 おわりに

本稿ではビデオカメラ映像や加速度センサ、筋電センサ等を用いて実験を行い、授乳中の母親のスマホ操作と乳児のぐずりの関係について調査した。今後は被験者を増やし、センサ構成を再検討して実験を行い、より詳細に調査を行う。

### 参考文献

- [1] 吉田さちね, 黒田公美: 親に運ばれるときに子が示す協調的反応「輸送反応」の意義と神経機構, 心身医学, Vol. 55, No. 8, pp. 958–966 (July. 2015).

## 休憩時間の過ごし方が作業パフォーマンスに及ぼす影響の調査に向けて

三木 隆裕（神戸大）, 寺田 努（神戸大, JST さきがけ）, 塚本昌彦（神戸大）

### 1 研究の背景と目的

オフィスワーカにとって、適切なタイミングで効果的な休憩を取ることは作業効率上望ましい。しかし、個人差や作業環境により個人ごとの適切な休憩時間の過ごし方は異なる。そこで、休憩状態を定量的に評価することができれば、個人ごとの適切な休憩時間の過ごし方を知ることができると考えられる。また、作業中の些細な行動によって効果的な休憩ができていることを認識できると考えられる。その結果、オフィスワーカは正しい休憩をとることができ、高いパフォーマンスを維持しながら作業を行い、より質の高い結果を出すことに繋がる可能性が高い。休憩に関する研究として、堀江らは VDT(Visual Display Terminals) 作業における休憩時間中に運動をすることは休憩前の作業と比べて休憩後の作業の効率が向上したと述べている[1]。この調査では心拍数、フリッカー値、作業で用いた計算問題の結果などから VDT 作業における適切な休憩の過ごし方を明らかにしたが、これらの指標から休憩を定量化してはいない。そこで本稿では、休憩状態を定量的に評価する手法を検討するために、休憩時間の過ごし方の違いが作業パフォーマンスに与える影響について調査した。

### 2 実験

オフィスワークを想定した環境として、単純作業および途中休憩をとることを 1 試行として、複数の休憩時間の過ごし方における心拍間隔（以下、RRI とする）および瞬目回数から作業パフォーマンスへの影響を調査した。

#### 2.1 実験方法

本実験では、RRI を計測できるウェアラブル心拍センサ（ユニオンツール社、My Beat）と 3 軸加速度・瞬目回数などが計測できるメガネ（JINS 社、JINSMEME）を被験者に装着した。休憩時間の過ごし方は事前にオフィスワーカおよび研究室内の学生に行ったアンケート結果から、寝る、飲み物を飲む、食べ物を食べる、ジョギングをする、ウェブサイトを閲覧する、喫煙をするの 6 種類を用意した。尚、喫煙は喫煙者に対してのみ行った。作業内容は 2 枝と 1 枝の乗算を行うこととした。実験手順は 15 分間作業を行い、5 分間休憩を取った後、再度 15 分間作業を行った。一連の手順を 1 試行として 5 種類または 6 種類の休憩時間の過ごし方にについて行った。また、被験者のストレス状態を調査するために、被験者は試行前、休憩前、休憩後、試行後に自覚症調べ[2]に回答した。加えて、各試行後に実験日の起床時間、実験日前日の睡眠時間等のアンケートに回答した。実験期間は休憩時間の過ごし方 1 種類あたり 1 日として合計 6 日間行った。ただし、非喫煙者を対象にする場合は喫煙の休憩を行わないので合計 5 日間となった。実験後、RRI の周波数解析を行い、ストレス指標の 1 つである LF/HF(Low Frequency /High Frequency) 値を取得した。そして、作業に用いた乗算の解答時間、LF/HF、瞬目回数を時系列ごとに照らし合わせて、

被験者の集中状態、ストレス状態、リラックス状態を解析し、休憩時間の過ごし方ごとの作業パフォーマンスへの影響を比較した。被験者は男性 7 人、女性 2 人の計 9 人（うち喫煙者は 2 人）である。

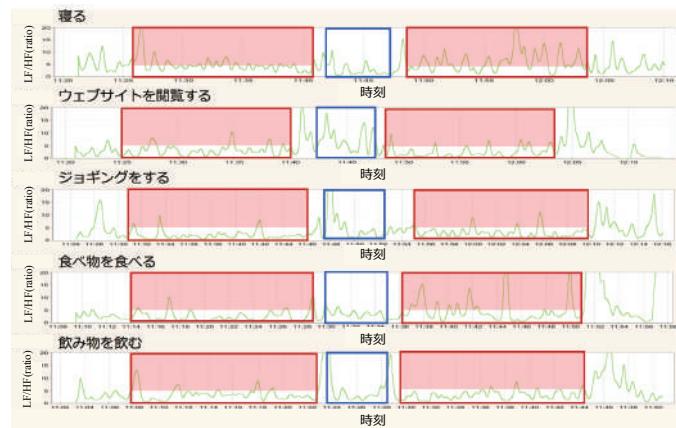


図 1: ある被験者の LF/HF 値

#### 2.2 結果と考察

センシングした 9 人の被験者の中 4 人が RRI または瞬目回数の計測に失敗したため、5 人のデータを用いて解析した。ある 1 人の被験者の LF/HF 値を図 1 に示す。一部塗りつぶされた枠が作業を行った区間、枠のみの区間が休憩した区間である。塗りつぶした枠は LF/HF 値が 5 以上の範囲である。一般的に LF/HF 値は 5 以上の時、人はストレス状態であると言われている。しかし、LF/HF 値が 5 以上の時、必ずしも心的負荷がかかっているとは限らず、集中状態であるときも同様の数値を示すと言われている。そこで、作業中に行った乗算の解答時間を照らし合わせることで、LF/HF 値が 5 以上の時に集中状態である箇所を抽出した。集中状態は各区間の平均解答時間より早い時間が密であるほど、集中しているとした。抽出した結果、どの被験者においても LF/HF 値と集中状態の関係性に傾向はみられなかった。次に休憩時間中の LF/HF 値に着目した。図 1 に示す被験者に関して、寝る、食べ物を食べるおよび飲み物を飲むでは、5 以下の区間が多かった。ウェブサイトを閲覧するでは、集中してウェブサイトの記事を読んでいることが見受けられたため、5 以上の区間が多かったと考えられる。ジョギングをするでは、運動中の LF/HF 値は適切な値を示さないことがあると言われているため、LF/HF 値だけでは評価はできなかった。他の被験者の休憩時のストレスに関しては個人ごとに異なる傾向を示した。

#### 3 まとめと今後の課題

本研究では、オフィスワークにおける休憩状態を定量的に評価するために、作業中の休憩時間の過ごし方の違いが作業パフォーマンスに与える影響について調査し、考察した。今後の課題として、休憩状態を定量的に評価するための判定方法を提案し、実際のオフィス環境にて提案手法を用いて休憩状態を認識できるかを評価する予定である。

#### 参考文献

- [1] 堀江良典: VDT 作業の休憩時間の過ごし方に関する一考察, 日本経営工学会誌, Vol. 46, No. 3, pp. 225–231 (Aug. 1995).
- [2] 自覚症調べ, <http://square.umin.ac.jp/of/service.html>

## 耳装着型ウェアラブルデバイスを用いた呼吸運動識別手法

稻村 涼, 村尾和哉, 望月祐洋, 西尾信彦 (立命館大学)

### 1 研究背景と目的

近年, コンピュータの小型化や高性能化に伴い, 常時身につけることができるウェアラブルデバイスの普及が進んでいる。ウェアラブルデバイスは電話やメールの通知だけでなく, 健康管理や医療分野への活用も注目されている。咳やくしゃみをはじめとする呼吸運動は, 病気やストレスなどの様々な身体のサインとされ, これらの些細なサインをウェアラブルデバイスでいち早く気づくことにより, 早期治療につながると考える。また, これまで目や手首に着目したウェアラブルデバイスが主流であったが, 近年, 耳の中は様々な生体情報が得られる場所として, 耳装着型のウェアラブルデバイスの研究が盛んに行われている。安藤ら [1] は, 気圧センサを埋め込んだイヤホンを用いて, 頸, 顔と頭の動きを認識した。動きに応じて外耳道の形状が変化し, この時, 外耳道が密封されている場合, 外耳道内の気圧も変化する。この気圧値の変化を動作の認識に利用している。谷口ら [2] は, フォトリフレクタを埋め込んだイヤホンを用いて, 食事時間を推定した。咀嚼時に外耳道の形状が変化することから, フォトリフレクタと鼓膜および外耳道との距離の変化を利用して咀嚼を判別している。本研究では, 安藤らと谷口らの 2 種類の提案デバイスを用いて, 呼吸運動を識別する手法を提案する。

### 2 提案システム

ユーザは, 気圧センサを埋め込んだイヤホンとフォトリフレクタを埋め込んだイヤホンを片耳ずつ装着し, 外耳道の形状変化によるセンサデータから状態認識を行う。デバイスは, 気圧センサ (MIS-2500-015G) 1 個, フォトリフレクタ (TPR-105F) 1 個, Arduino UNO と PC で構成。実装したプロトタイプデバイスを図 1 に示す。気圧センサを埋め込んだイヤホンは, 気圧センサと外耳道を密封する必要があるため, 水泳用耳栓の中心に穴を貫通させたものを気圧センサに装着して使用する。

### 3 予備実験

プロトタイプデバイスの有用性を確認するために予備実験を実施した。着席して正面を向いた状態で, 咳, あくび, くしゃみの 3 種類の呼吸運動をそれぞれ 2 回連続で実施したときのセンサ出力値を測定した。被験者は 1 名である。それぞれの呼吸運動の実験結果を図 2, 図 3, 図 4 に示す。

#### 3.1 気圧センサの実験結果

咳とあくびは特徴が似通ったセンサ値が出力されたが, くしゃみは他の 2 つとは異なる特徴をもつセンサ値が出力された。また, 予備実験により気圧の変化がみられたことから, プロトタイプデバイスにより外耳道が正しく密封されたと考えられ, 有用性が確認できた。

#### 3.2 フォトリフレクタの実験結果

呼吸運動それぞれで異なる特徴的なセンサ値が出力された。また, 気圧センサと同様にプロトタイプデバイスの有用性が確認できた。

### 4 まとめと今後の課題

本研究では耳装着型ウェアラブルデバイスを用いた呼吸運動識別の実現に向けて, 気圧センサとフォトリフレクタの 2 種類のセンサを用いて, 咳, あくびとくしゃみの 3 種類の呼

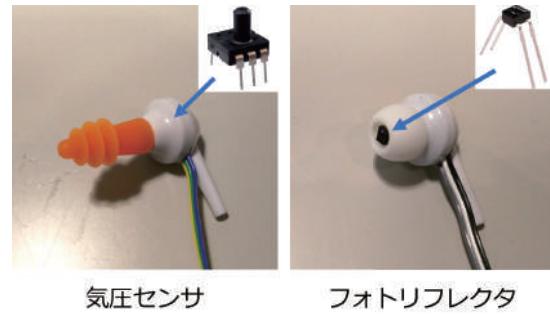


図 1: プロトタイプデバイス

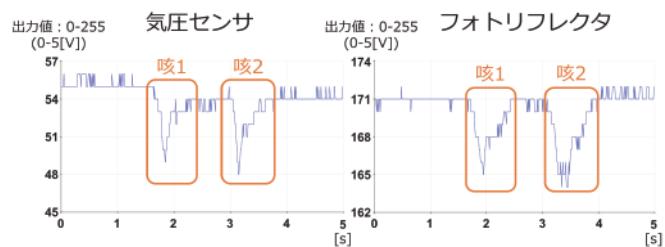


図 2: 咳

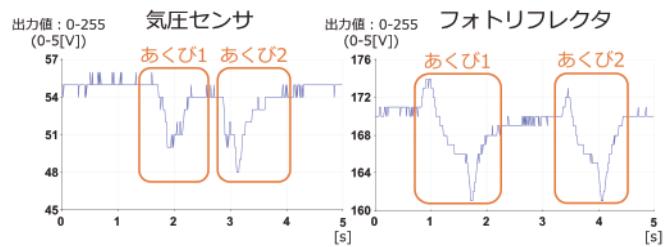


図 3: あくび

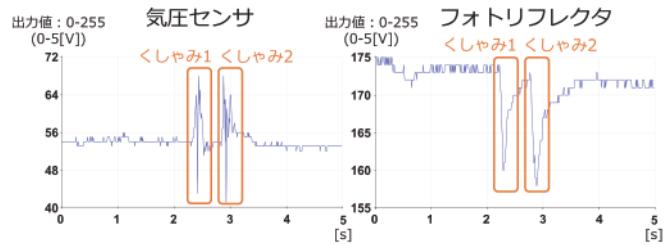


図 4: くしゃみ

吸運動時のセンサ値を測定した。今後は, しゃっくりや深呼吸, 嘸下といった多種多様な呼吸運動のセンサ値を測定するとともに, 識別方法の検討および評価を行う。

### 参考文献

- [1] Toshiyuki Ando, Yuki Kubo, Buntarou Shizuki, and Shin Takahashi, CanalSense: Face-Related Movement Recognition System based on Sensing Air Pressure in Ear Canals, UIST2017, pp. 679–689 (2017).
- [2] Kazuhiro Taniguchi, Hikaru Chiaki, Mami Kurosawa, and Atsushi Nishikawa, A Novel Earphone Type Sensor for Measuring Mealtime: Consideration of the Method to Distinguish between Running and Meals, Sensors, 17(2), pp. 252–266 (2017).

## 筋電位センサを用いた偏咀嚼防止及び咀嚼回数促進システムの提案

正月凌介(神戸大), 寺田 努(神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦(神戸大)

### 1 研究の背景と目的

咀嚼は食物の消化に必要な行為であり、成長や健康を保つ重要な運動である。しかし近年、食事の軟食化により咀嚼回数が減少傾向にある。咀嚼回数が少ないと肥満、歯の病気、消化不良などの原因になると言われ、身体に悪影響を引き起こす。そのため、咀嚼回数の増加を目的とした取り組みは盛んに行われている[1]。また、食事の時に噛む回数は左と右の歯で異なり、より多く噛む側のことを利き顎という。しかし、利き顎による咀嚼の癖などにより、左右の歯のどちらか一方でのみ噛むことを偏咀嚼という。偏咀嚼は顔の歪みや頸関節症などの原因になるといわれている。袴田ら[2]は骨伝導マイクロフォンを用いて偏咀嚼の検出をするシステムを提案した。しかし、偏咀嚼を改善するための具体的な解決策を提案していない。そこで、本研究では偏咀嚼にならないように咀嚼回数を増加するシステムの構築を目指す。

### 2 提案手法

本稿では、左右の咀嚼回数を検知し、どちらの歯で噛んでいるかを認識するためのシステムについて述べる。本研究では、筋電位センサを用いて咬筋の筋肉の電位の変化を読み取ることで咀嚼回数を検知する。筋電位センサを用いる理由として、食事の妨げにならないことおよびセンサが左右独立してデータを取得できることが挙げられる。筋電位センサの装着した様子を図1に示す。サンプリング周波数は1000Hzで、2msごとの平均値を出力する。咀嚼の左右の判定方法はどちらか一方の歯の咀嚼し始めたことを検知してから800ms間のセンサ値から以下の判定式を用いる。左右の筋電位センサのデータをそれぞれ $L_i$ ,  $R_i$  ( $i=1,2,\dots,400$ )、判定値を $J$ としたとき、

$$J = \sum_{i=1}^{400} (|L_i| - |R_i|) \quad (1)$$

$J > 0$ であれば左で噛んだと判定し、 $J < 0$ のときは右で噛んだと判定する。また、咀嚼し始めを検知する閾値は事前に集めたセンサデータから筆者が8mVと定めた。

### 3 予備実験

#### 3.1 実験内容

20代男性被験者1名について、提案システムを用いて左右の咀嚼回数の認識率を調査するために予備実験を行った。咀嚼物はガム、チューイングキャンディ、おかきとして、それぞれ左5回、右5回の計10回の咀嚼を行った。この手順を1セットとして、2セット行った。噛んだときの筋電位センサの値を測定し、実際に噛んだ歯とシステムが認識した歯を照らし合わせたときの正答数を抽出した。

#### 3.2 結果と考察

表1はそれぞれの咀嚼物に対する咀嚼の正答数をまとめたものである。図2はガムを噛んだ時の1回目の試行における左右のセンサ値の波形である。また、表1から右の咀嚼の認識率が100%であった。一方、左の咀嚼の咀嚼認識は、チューイングキャンディのときに1回分の誤認識があった。チューイングキャンディは噛み始めの時は弾力があるため、最初の咀嚼に時間がかかってしまった。そのため、咀嚼にかかる時間が800ms以上かかってしまったことが誤認識の原



図1: 筋電位センサ装着図

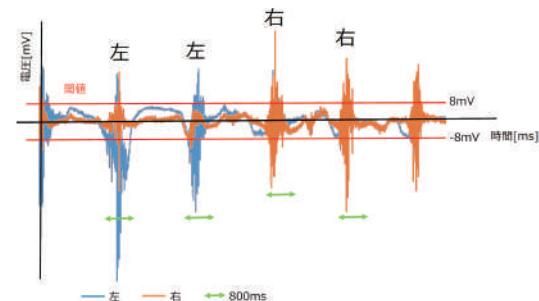


図2: ガムを噛んだ時の左右のセンサ値の波形

表1: 咀嚼物と判定式の各5回の正答数

	1回目		2回目	
	左	右	左	右
ガム	5回	5回	5回	5回
チューイング キャンディ	6回	5回	6回	5回
おかき	5回	5回	5回	5回

因だと考えられる。この結果より、1回の咀嚼にかかる時間の再検討または、閾値の再設定をする必要がある。また表1からシステムの左右の認識率は平均96%であった。これより、式(1)を用いることで咀嚼の左右の認識を十分できることがわかった。よって、今後咀嚼の左右の認識は式(1)を用いる。

### 4 まとめと今後の課題

本研究では偏咀嚼にならないように咀嚼回数を増加するためのシステムの構築に向けて、筋電位センサを用いて左右の咀嚼の認識をするための判定方法を提案した。さらに、提案手法によって左右の咀嚼を認識できるかを調査した。その結果、左右の咀嚼の認識率は平均96%であった。今後の課題として、咀嚼回数を左右で均等にすることおよび咀嚼回数を増加させるためのフィードバック方法を検討する。

### 参考文献

- [1] 熊谷彩華, 谷中俊介, 二階雅弘, 小坂崇之: 咀嚼回数増加のきっかけ作りを目的としたゲームシステムの提案, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2016 論文集, pp. 189–190 (2016).
- [2] 袴田類, 有泉亮, 金田重郎: 骨伝導マイクロフォンを用いた偏咀嚼の検出手法の検討, 同志社大学理工学研究報告, Vol. 51, No. 3, pp. 143–151 (2010).

## 頸部周径変化に基づく嚥下判定手法

中山悠聖(神戸大), 寺田努(神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦(神戸大)

### 1 研究の背景と目的

近年、嚥下障害が深刻な課題となっており、嚥下障害を原因とした誤嚥や、それによる肺炎、低栄養、脱水症などさまざまな問題が引き起こされている。ところが既存の嚥下機能の評価には、訓練されたスタッフが必要であるため、特定の場所やタイミングでしか評価が行えず、また緊張などにより自然な嚥下とは異なる可能性がある。そのため、スクリーニングとしてより適した評価方法が必要である。評価手法の一つとして、嚥下音を利用した評価手法 [1] があるが、臨床の場に重点が置かれ、健常者に対しては反復唾液嚥下テストのみの評価となっており、嚥下の常時計測はされていない。日常での測定ができれば、自然な嚥下を測定でき評価の高度化につながる。また嚥下回数などをユーザに提示することで健康増進につながる可能性もある。そこで本研究では、ストレッチセンサを用いて頸部周囲の常時計測を行い、頸部周囲変化に基づく嚥下判定システムを提案する。

### 2 提案システム

システム構成を図1に示す。システムはAndroid端末とストレッチセンサ(Bando Chemical Industries, Ltd, C-STRETCH®)で構成される。使用するストレッチセンサは、伸縮を静電容量の変化として出力でき、カーボンナノチューブ溶液の塗布によって生成した電極を備えたウレタンエラストマーを材料とする柔軟な膜であるため、任意の形状変化が可能であり、100%の伸び歪みを繰り返し生じさせても、機械的な破壊や電気的な特性の変化が生じないことが確認されている。ユーザは頸部の喉頭隆起に接触するように2本1対のストレッチセンサを装着し、得られた静電容量の変化を電圧値に変換し無線モジュールからAndroid端末に送信して記録する。記録したセンサデータをPCを用いて解析し嚥下動作を判定する。

### 3 実験内容

男性被験者1名に対して、ストレッチセンサを頸部に装着し、頸部周囲変化から嚥下を判定できるかを確認するため、計測実験を3回（計測A, B, C）行った。なお、計測環境は日常生活を想定して食事を行い会話、体動、時間などに制限を設けないものとした。各計測はそれぞれ別日程でおこない、計測時間の平均は26分であった。サンプリングレートは10Hzである。この際、Bluetoothリモコンを用いてAndroid端末と通信し、嚥下のタイミングを記録して正解ラベルを作成した。時系列データを定常化するため、連続した2点間の差分をとることでデータからトレンドを除去した。時系列データの比較手法であるDynamic Time Warping(DTW)を用いてDTW距離を算出し、設定した閾値以下であれば嚥下ポイントとした。DTWによる波形マッチングの際にはテストデータを11サンプル(1.1s)の部分時系列データとして切り出し、1サンプルずつウインドウをスライドさせて正解データとのDTW距離を計算した。結果ではストレッチセンサの着脱無しと着脱有りの場合について述べる。

### 4 結果と考察

#### 4.1 着脱無し

データの前半部分をテストデータ、後半部分を正解データとして用いた。センサの着脱無しのときの結果を表1に示

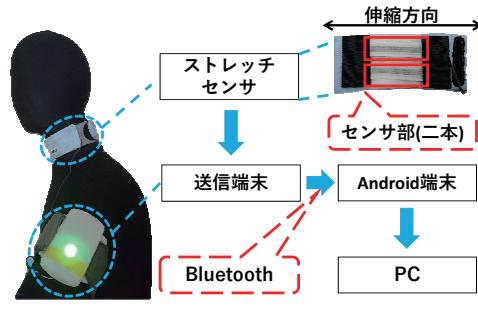


図1: システム構成

表1: 実験結果(着脱無し)

	A	B	C
全嚥下数(回)	30	31	35
誤検出(回)	0	0	1
未検出(回)	0	1	0
F値	1.000	0.983	0.985

表2: 実験結果(着脱有り)

テストデータ - 正解データ	A-B	B-C	C-A
全嚥下数(回)	61	60	71
誤検出(回)	2	3	15
未検出(回)	3	10	10
F値	0.958	0.884	0.829

す。提案手法では3回の実験に対して、未検出1回、誤検出1回となり、F値でそれぞれ1.000, 0.983, 0.985となり平均は0.989であった。

#### 4.2 着脱有り

センサの着脱有りのときの結果を表2に示す。例として表のA-BはAをテストデータ、Bの嚥下ポイントを正解データとした。この場合の認識精度はF値でそれぞれ0.958, 0.884, 0.829となり平均は0.890であった。センサの着脱無しのときよりも平均F値が0.093低下した。これはセンサを着脱した際に喉頭隆起に対するセンサの相対位置がずれたことにより低下したと考えられ、トレンドの除去だけでは、センサの装着位置の補完が不完全だと分かった。

### 5 まとめ

本研究では、嚥下動作による頸部の周囲変化に着目し、周囲変化に基づく嚥下判定手法を提案した。今後の課題は、被験者を増やすことが挙げられる。今回は被験者1名であったため、喉頭隆起の小さな女性を含めた被験者を対象とし周囲変化に個人差があるかを確認する。また日常生活利用に向けて、着脱有りでの認識精度も高める予定である。

### 参考文献

- [1] D. Jayatilake et. al.: Smartphone-based realtime assessment of swallowing ability from the swallowing sound, *IEEE journal of translational engineering in health and medicine*, vol. 3, pp. 1–10 (Nov. 2015).

## 口周辺情報のセンシングに基づく状況認識

山下将平（神戸大），寺田 努（神戸大，JST さきがけ），塚本昌彦（神戸大）

### 1 はじめに

近年，センサを用いた生活支援に関する技術が注目を集め，ウェアラブルデバイスの普及が急速に進みつつある[1]。ウェアラブルコンピューティング環境は，装着した各種センサからユーザの行動や状況を認識することに適しており，その状況に基づいたサービス提供を可能にする。人間の状況変化に深く関わる部位として口周辺に着目すると，その変化には感情や咀嚼といった様々な情報が含まれており，これらを認識することで感情の記録や，咀嚼カウントによる肥満防止など，新たな状況認識を用いたサービスが提供できる。そこで本研究では，日常生活での利用を想定し，安価な付け髭型デバイスを用いた，口周辺情報のセンシングに基づく状況認識手法を提案する。髭は口周辺に自然に存在するものであり，付け髭型デバイスは特殊なデバイスのようにユーザの見た目を損なわない。また，マスク型のようなデバイスとは異なり，口をデバイスが覆っていないので飲食時に着脱する必要が無く，表情を隠すこともない。本研究では発話母音の認識および日常行動認識の精度をそれぞれプロトタイプデバイスを用いて評価した。

### 2 提案手法

本研究では，導電布で構成されたデバイスを口周辺に装着し，口の動きによる導電布の抵抗値の変化からユーザの状況を認識する手法を提案する。

#### 2.1 システム要件

装着して見た目を損なわない社会性や，日常生活が制限されない装着性などを考慮し，システム要件を以下に示す。

- 日常生活動作の認識が可能である。
- デバイスによって日常生活が制限されない。
- デバイスを装着しても見た目を損なわない。
- デバイスが安価である。

そこで本研究では，導電布を用いて，口周辺に装着されても違和感の少ない口髭型のデバイスを作製し，口の動きに伴う導電布の抵抗値の変化からユーザの状況を認識する。導電布を口髭に収まる範囲内で装着することで日常生活における違和感を少なくしている。

#### 2.2 システム設計

システム要件を満たすために，提案システムでは伸縮性をもつ導電布を用いる。導電布は薄く，柔軟性があるため，口周辺のあらゆる箇所に装着可能であり，ユーザの日常生活動作を制限しない。また，導電布は伸縮により電気抵抗値が変化する特性をもっているため，装着箇所の動きに伴う導電布の伸縮により電気抵抗値が変化し，装着箇所の動きを測定できる。さらに，デバイスを口髭型にすることで，デバイス装着時の見た目を考慮でき，導電布は安価であるため，デバイスの製作コストが少ない。日常生活利用を考慮して付け髭型のデバイスとして利用する例を図1左に示す。付け髭を5つのセンサ全てが隠れるように装着することで，装着者の見た目を損なわない状態で日常的に利用することが可能だと考える。



図 1: デバイス装着図

### 3 実装

システム要件に基づいて，口周辺に装着可能な口髭型デバイスのプロトタイプを実装した。これを口の上，下，横，頬，頬の5箇所に装着したものが図1右である。導電布の抵抗値の変化に伴う電圧値の変化を測定して，PCへ送信するためのマイコンはArduino Nanoである。提案システムでは，デバイスを口周辺に装着し，常時マイコンで電圧値を測定し，PCへと送信することで，測定箇所の動きを測定する。

### 4 評価実験

本章では，母音発話動作及び6種類の日常動作を，提案システムにより認識できるかを確認するために評価実験を行った。

#### 4.1 実験方法

実験では被験者の口周辺にデバイスを装着し，母音発話及び6種類の動作（笑顔，咀嚼，飲む，ため息，会話，静止状態）を行い，口周辺の動きから被験者の発話母音及び動作を推定した。センサデータ取得のサンプリング周波数は10Hzとし，特微量計算のためのウィンドウサイズは10サンプルで，ウィンドウは5サンプルずつ移動させた。5つのセンサデータから平均値と分散値，計10個の特微量を抽出した。1つの状況ごとに20秒間の測定を3回ずつ行い，特微量セットを抽出した。得られた特微量セットに対して，WEKAを用いて分類木を作成し，3分割交差検証によって認識率を求めた。被験者は20代男性10名であった。

#### 4.2 実験結果

実験で行った母音発話では最大75%，最小50%，平均61%の認識率が得られ，6種類の日常動作認識では最大91%，最小61%，平均76%の認識率が得られた。

### 5 まとめ

本研究では，口周辺動作に注目し，口周辺の動きからユーザの行動を認識するシステムを設計，実装し，評価実験を行った。今後の課題としては，装着方法や装着位置を変えることによる認識率の変化の調査や，導電布以外の素材によつても状況を認識できるかの調査，日常生活における評価実験が挙げられる。

### 参考文献

- [1] 矢野経済研究所, <https://www.yano.co.jp/press/press.php/001535>.

## AR 技術を用いたテクスチャ変更による人物行動制御方式

櫻木大和, 磯山直也(神戸大), 寺田 努(神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦(神戸大)

### 1 研究の背景と目的

走ることが好ましくない廊下や左側通行による交通整理を求める横断歩道などでは、看板や口頭によって人を注意・誘導させるという方法が一般的である。しかし、これらの方法は強制力が弱く無視して従わない場合や、見落してしまう場合がある。従う人に対しても、指示の意味を解釈して行動に移す必要があり、心的コストが要求されている。上記のような場面では、意味解釈を必要とせずに注意・誘導できることが望ましい。

一方、五感によって得られる情報のうち、視覚によるものは87%を占めており、人の行動に大きな影響を及ぼす。例えば、止まっているエスカレータを歩くと階段と同じように歩けず足取りが重くなってしまうエスカレータ効果や、錯覚によって歪んでいるように見せることで走りづらくさせる床が存在する。視覚による影響を利用して、吉川らは歩行者の前進運動に合わせて模様が一方向に並進運動する視覚刺激を生み出し、歩行者の意味解釈を必要としない誘導手法を提案している[1]。これらの知見から、階段や床のテクスチャを変化させることで人の行動に影響を与える、注意や誘導が意味解釈を要求することなく可能であると考えた。場所や時間帯、あるいは人によって影響を与えたいたい目的が変わってくるが、AR技術を用いることで個人に合わせた変更が可能となる。

そこで本研究では、AR技術を用いて実世界のテクスチャを変化させて見せることにより、ユーザの意味解釈を必要としない誘導システムを提案する。

### 2 提案システム

提案システムでは、Microsoft社のHoloLensを用いて実世界の空間を認識し、特定の場所に仮想のオブジェクトを重ねて表示することによって、実世界のテクスチャが変更したように見える。

HoloLensのディスプレイは小さいため、ディスプレイがなくAR表示ができる部分が視界に入ってしまい、足元などテクスチャが変更されていない箇所が見えててしまう問題点がある。そこで、テクスチャが変更されている部分しか見えないようにするために、ディスプレイ以外の箇所をスポンジとマスキングテープで隠した。

### 3 予備実験

#### 3.1 実験方法

ユーザに影響を与えることが期待される実験を3種類行った。1つ目の実験では、階段を上るときに足取りが重くなることを狙い、階段を静止しているエスカレータのテクスチャに、2つ目では、廊下を速く歩いていたり遅く歩いているを感じることを狙い、廊下を動いているムービングウォークのアニメーションのテクスチャに、3つ目では、廊下が歩きづらくなることを狙い、廊下を左右に動く床のテクスチャに変更する。テクスチャ変更後にディスプレイを通して見える様子をそれぞれ図1に示し、その上を歩いている際の様子を図2に示す。実験ではまず、テクスチャを指定した箇所に表示する。次に被験者は、HoloLensを装着してテクスチャを変更した場所の上を歩く。歩行後、歩行のしやすさを5段階

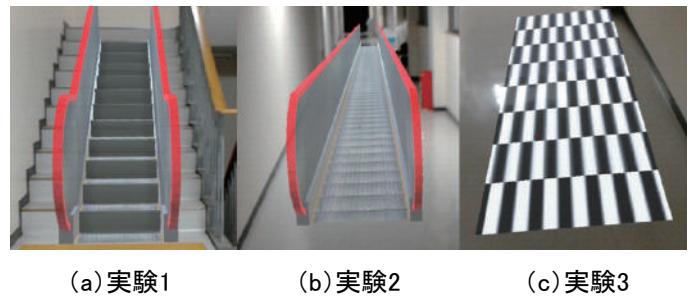


図 1: テクスチャ変更後



図 2: テクスチャ変更場所上の歩行時

(1: 全く歩きづらい - 5: とても歩きづらい) で回答する。なお、被験者は第一著者のみである。

#### 3.2 実験結果と考察

回答は実験1が4、実験2が5、実験3が1という結果であった。実験1に関しては、わずかに違和感があり、少し歩きづらかった。エスカレータ効果のような影響がでなかつた原因としては、視界が狭く足元が見えづらいこと、階段とエスカレータでは足の感触が異なることが考えられる。実験2に関しては、ムービングウォークの進行方向に歩くと早く歩いている感じ、逆方向に歩くと遅く歩いている感じた。実験3に関しては、実際に歩くと何も違和感がなかった。原因としては、足元が見えづらいことや、床が左右両方へ動くように提示していたため左右への影響を打ち消し合ってしまったと考えられる。

### 4まとめと今後の課題

ARを用いて実世界のテクスチャを変化させることによって、ユーザの意味解釈を必要としない誘導システムを提案し、予備実験を行った。今回得られた知見から、階段を静止したエスカレータのテクスチャに変化させ歩きづらくすることにより、階段で走らなくさせることや、長い廊下を動いているムービングウォークのアニメーションに変化させることにより歩行が速くなったように感じさせ、歩行への負担を軽くできるなどの使用が考えられる。今後は被験者を増やし、様々な種類のテクスチャ変更時のシステムの有効性を検証する。また、狭い視界においてもユーザに影響を与える表示を調査する。

### 参考文献

- [1] 吉川博美, 蜂須拓, 福嶋政期, 古川正紘, 梶本裕之, 野嶋琢也: ベクション場による歩行誘導手法の提案, インタラクション 2011 論文集, pp. 1-4 (Mar. 2011).

## ROSにおけるノード実行時間の確率的解析

佐藤太（立命館大学），安積卓也（大阪大学），加藤真平（東京大学），西尾信彦（立命館大学）

### 1 研究背景と目的

自動運転技術に関する研究が盛んであり、Autoware[1]をはじめとした自動運転システムが発表されている。自動運転システムの開発では自動車をロボットとしてみなし、ロボット開発のためのライブラリやパッケージを提供するフレームワークであるROS (Robot Operating System) を用いることがデファクトスタンダードとなっている。自動運転を始めとする組込システムにはリアルタイム性（入力を受けてから出力までの時間制約）を求められる場合が多い。しかし、ROSはリアルタイム性を保証しておらず自動運転システムにおいてROSを使用する場合、リアルタイム性を保証させる必要がある。ROSはLinuxプロセスに相当するノード同士が通信を行い、動作するイベントドリブン型のデータフローシステムであるので、DAGとして扱え、スケジューリング可能である。自動運転システムは様々なリアルタイム要求をもつアプリケーションが存在し、複数のデッドラインを持つため、exHLBS (Heterogeneous Laxity-Based Scheduling Algorithm for DAGbased Real-Time Computing) [2]のようなアルゴリズムが提案されている。exHLBSを用いたスケジューリングではノードのWCET (Worst case execution time) 用いる。WCETの見積もりに実行時間の最大値を利用するが、スケジューリング結果のmakespanが実効処理時間から乖離する。本研究では、実行時間の計測結果の分布を確率でとらえ、ノードの実行時間の解析を行う手法を提案する。

### 2 関連技術

#### 2.1 exHLBS

exHLBSは複数のデッドラインと複数スレッドで動作するノードに対応可能なDAGスケジューリングである。各ノードでデッドラインからの猶予時間であるlaxityを計算する。laxityはデッドラインから計算ノードを含む後続ノードの実行時間と通信時間を引くことで算出される。例えば、図1に示すようなシステムにおいて、ノードCにデッドライン80、ノードFにデッドライン50だと仮定すると。ノードC, Fからそれぞれlaxityを計算していく、ノードA,B,C,D,E,Fのlaxityは、それぞれ53,63,70,35,55,45となる。尚、ノードDの様にエッジが複数にまたぐ場合、最も低いlaxityを基に自身のlaxityを計算する。図1もとに2コアの環境でノードにコアを割り当てる場合、図2ようになる。ノードはlaxityの低いものから順に、最も早く終了することができるコアに割り当っていく。このとき、配置されたタスク間に空きがある場合、タスク配置の候補として含める。また、ノードEはマルチスレッドノードであるため時間15からcore1,2に割り当てられる。

### 3 提案手法

#### 3.1 実行時間の計測結果の分布の確率的解析

Autowareの自己位置推定処理では、走行中に曲がり角等で稀に処理が収束しなくなり大きな実行時間が発生し、WCETの値を吊り上げてしまう（図3）。このようなノードが連なるDAGを考えた場合、全ノードで同時にWCETが発生し、事前に見積もったデッドラインまでの実行時間の合計となることは極めて稀である。したがって、デッドラインが設定さ

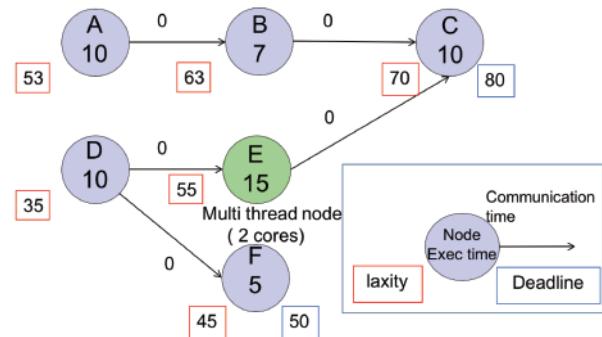


図1: スケジューリング対象のDAG

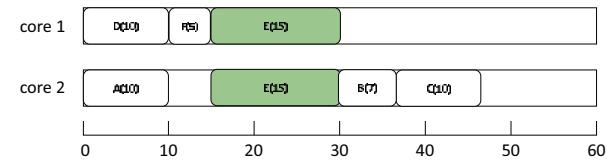


図2: スケジューリング結果

れたノードにおいて許容するデッドラインミス率を設定し、デッドラインまでの全てのノードにおいてデッドラインミス率をもとにした低いWCETを見積もる。これにより、スケジューラビリティを向上させることが可能になる。

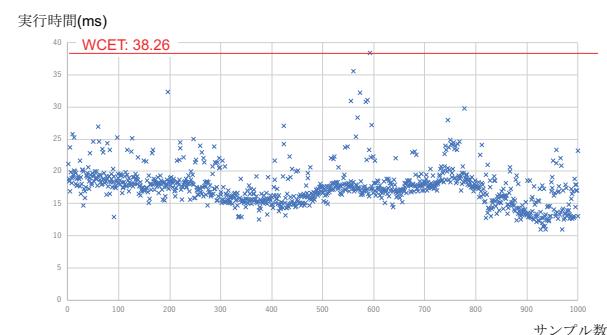


図3: 自己位置推定処理のノードの実行時間とWCET

### 4 おわりに

本研究では、WCETを確率的手法を用いることで実行時間分布から現実的な値で見積もりができる。今後は提案手法実行時にデッドラインが発生する場合におけるフェイルセーフ等の回避処理の実行判断とタイミングについて検討する。

### 参考文献

- [1] S. Kato, E. Takeuchi, Y. Ishiguro, Y. Ninomiya, K. Takeda, and T. Hamada, “An open approach to autonomous vehicles,” *IEEE Micro*, vol. 35, no. 6, pp. 60–68, 2015.
- [2] 齊藤之寛, 安積卓也, 加藤真, 西尾信彦, “ROSのリアルタイムフレームワークの構築,” Master’s thesis, 立命館大学大学院 情報理工学研究科情報理工学専攻, 2016.

## 部屋内に設置した複数の顔ロボットによる注意誘導効果

江口綾亮, 磯山直也(神戸大), 寺田 努(神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦(神戸大)

### 1 研究の背景と目的

我々は日常生活において様々な場面で視線を活用している。例えば人との会話場面においてでは、対話相手の目を見ることで自分の関心が相手に向いていることを示したり、話題の対象に目を向けることでお互いの注意の対象を共有し、話の理解を深めるのに役立てている。また、Sato らの研究により、人は他者の視線方向に無意識に注意が向くことが確認されている[1]。これらのことから人の視線をアンビエントデバイスへと活用できると考える。アンビエントデバイスとは周囲の環境に溶け込み、直観的な情報提示や情報入手ができる装置のことである。例えば、光によって株価の変動などの情報を提示する照明器具のような端末や、壁や窓などをディスプレイとするアンビエントディスプレイがある。これらに対し、人の視線は、注意誘導による情報提示だけでなく、他の者の存在をユーザに意識させることによる防犯などの新たな効果が期待できる。

そこで本研究では、視線による注意誘導を利用して、人の顔を模したロボットによるアンビエントな情報提示システムを提案する。本稿では、生活環境に複数の顔ロボットを設置し、人の顔ロボットに対する反応や印象を調査した。

### 2 実装

システムは PC と顔ロボットで構成される。顔ロボットはマイコン、3つのモータ、顔モデルで構成され、実装した顔ロボットを図 1 に示す。顔ロボットは2つのモータを用いて上下左右に顔の向きを制御でき、1つのモータを用いて左右に目線の向きも制御できる。無線通信によって PC からマイコンにモータの制御角を送信し、各モータを制御することで顔ロボットが動作する。

### 3 実験

#### 3.1 実験内容

生活環境に遍在する顔ロボットの注意誘導の効果や、ユーザの顔ロボットに対する印象を調査するために、図 1 の顔ロボットを用いて実験を行った。図 2 のように大学内の学生居室に4体の顔ロボットを設置し、在室している被験者の様子を動画で撮影する。4体の顔ロボットは、1体を部屋の入り口付近の靴箱に、1体を共有で使うソファの前の机に、2体を被験者1名(被験者 A)の机に設置し、個別あるいは複数体同時に動作する。実験者は別室で動画を確認し、顔ロボットを操作した。被験者には実験者が操作していることを伝えずに実験を行った。顔ロボットは一日中部屋に設置し、そのうち約1時間顔ロボットの操作と動画撮影を行った。顔ロボットを操作した時間とモータの角度を記録し、撮影した動画を見て、被験者の反応を観察した。また、被験者は部屋にいた学生5名で、実験後に被験者 A に5段階(1: 気にならなかった。 - 5: 気になった。)で回答するアンケートを行った。

#### 3.2 実験結果と考察

被験者 A に関して、机の2体の顔ロボットが動作を行った全13回のうち、被験者が顔ロボット自体を見る様子は1, 2, 5回目の動作時の合計3回、その後顔ロボットの視線方向へ注意を向ける様子は2回目と5回目の動作時の合計2回確認できた。アンケートの結果は、顔ロボットの存在感に

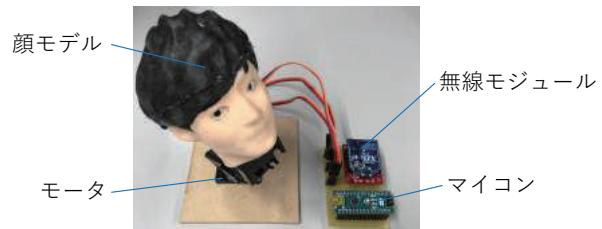


図 1: 顔ロボット



図 2: 部屋に設置した顔ロボット

ついては3、顔ロボットの視線方向については4という回答であった。しかし、自由記述において、本研究の目的が注意の誘導であることを知っていたので、顔ロボットの視線の先に何かあるのではないかと意識したと答えた。また、時間が経つにつれて顔ロボットの存在感はあまり気にならなくなつたという回答や、モータ音で動作に気付いたという回答も得られた。他の被験者たちの顔ロボットへの反応は確認できなかつた。これは顔ロボットへの距離が遠かったことや、顔ロボットが小さく視界に入つていなかつたことが原因だと考えられる。

実験結果から、動作時にユーザの意識が顔ロボットに向いていれば注意誘導が起つることがわかつた。しかし、注意誘導を確認できた回数は少なく、改善が必要である。誘導の効果が薄い原因として、顔ロボットの外見や動作が実際の人間とは差があることや、今回の実験では顔ロボットの視線の先に何も無いと認識してしまい、動作時に顔ロボット自体に意識が向いていないことが挙げられる。顔ロボットが何かを見ているという意図をユーザと共有できれば、動作時の顔ロボットへの注意が増し、誘導の効果が高まる可能性がある。

### 4 おわりに

本稿では、実世界上に遍在する顔ロボットによる注意誘導や防犯を行うシステムの提案を行い、複数の顔ロボットが設置された環境での注意誘導の効果を調査する実験を行つた。モータ音による注意の引き付けや、被験者が実験の目的を知っていることによる心理的な影響が加味された結果ではあるが、注意誘導の可能性があることが確認された。今後は、被験者や実験数を増やし、注意誘導の効果を発揮できる動作や環境の条件を調査していく。また、顔ロボットをより人間らしくするために外見や動作の改善が必要である。

### 参考文献

- [1] W. Sato, T. Okada, and M. Toichi: Attentional Shift by Gaze is Triggered without Awareness, *Experimental Brain Research*, Vol. 183, Issue 1, pp. 87–94 (Oct. 2007).

## 情報提示を用いた主観時間制御におけるウェアラブルデバイスの比較検討

清水友順, 双見京介(神戸大), 寺田 努(神戸大, JST さきがけ), 塚本昌彦(神戸大)

### 1 研究の背景と目的

楽しい時間は短く感じ、退屈な時間は長く感じるよう、客観時間が期待した通りでないとその時間に対する満足感を損ねてしまう。そこで筆者らはこれまでにウェアラブルデバイスによって充実時程錯覚(FDI: filled-duration illusion)という錯覚現象に基づいた知覚刺激を提示することにより、ユーザの主観時間を制御する手法を提案してきた。FDIとは人の主観時間が知覚刺激の量によって影響を受ける錯覚現象である。ウェアラブルデバイスは常時情報提示可能という特徴があり、その情報提示を介してユーザへの知覚刺激量をコントロールすれば、日常的にユーザの主観時間制御を実現できる可能性がある。本稿では、筆者らが提案手法を頭部装着型ディスプレイ(HMD: Head Mounted Display), イヤフォン, スマートウォッチにおいて実装し評価を行う。

### 2 提案手法

本研究の提案手法は FDI に基づいた知覚刺激をウェアラブルデバイスによって提示することで主観時間制御を行う。提案手法は 2 つのステップに分かれており、基準提示ステップでは基準となる知覚刺激を提示した状態で時間感覚を確立し、制御対象ステップでは知覚刺激量を基準量から増減させることで前ステップから主観時間を相対的に長くあるいは短く感じられるように制御する。

先行研究によると FDI は見積もる時間の長さによって影響の方向が異なっており、約 10 秒未満の時間では刺激を増加させるほど主観時間は長くなる。それとは反対に、10 秒以上の時間では刺激を増加させるほど主観時間は短くなる。以上のことから、制御対象が数分以上の長い場合において、基準提示ステップから刺激を増加させるパターンは制御対象ステップの主観時間を短くし、刺激を減少させるパターンは主観時間を長くすると考えられる。

### 3 実装

提案手法による FDI の再現性を評価するため、HMD による視覚刺激、イヤフォンによる聴覚刺激、スマートウォッチによる触覚刺激を実装した。視覚刺激は視覚物体を光学シースルー型 HMD(Epson MOVERIO BT-200, 960×540 pixel)に提示し、その物体が周辺視野を動くスピードによって刺激量をコントロールする。視覚物体は一辺の 40 pixel の四角形であった。聴覚刺激は一定周期で繰り返されるビープ音をイヤフォン(Apple EarPods)によって提示する。そのひとつあたりビープ音の長さは約 200 ミリ秒である。触覚刺激は一定周期で繰り返される短い振動刺激をスマートウォッチ(ASUS ZenWatch)を用いて提示した。振動一回分の長さは 500 ミリ秒である。

### 4 実験

提案手法を実装した 3 種類のデバイスについて評価実験を行った。刺激増加、刺激減少および比較のための無刺激の 3 パターンを提示した状態における被験者の制御対象ステップ開始からの経過時間の見積もりを測定する。各デバイスで実装した刺激に関わる 3 つの実験について、同じ被験者 9 人で実施した。実験は被験者に時間を見積もるときに秒数えないように指示し、被験者に対して時計等客観的な時間を示すものが一切ない環境で行った。

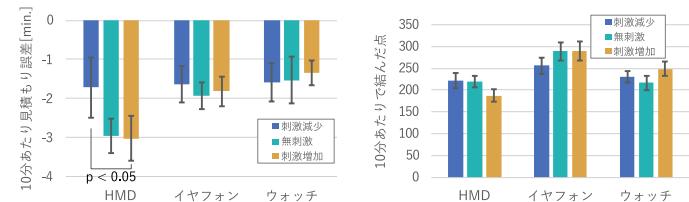


図 1: 平均見積もり誤差

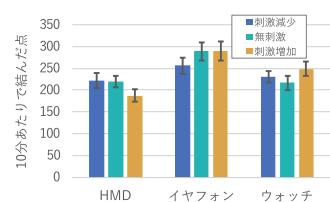


図 2: 点つなぎ作業量

全ての試行で基準提示ステップは 2 分間、そして主観時間の評価対象である制御対象ステップは 20 分以上実施した。1 試行の流れは次のようになる。基準提示ステップでは基準となる刺激を被験者に与える。被験者ごとの時間の見積もり方の差を埋めるため、基準提示ステップではあらかじめ 2 分間であることを被験者に伝えた。次に、無刺激パターン以外の試行における制御対象ステップでは基準提示ステップから刺激量を変化させた。制御対象ステップでは、被験者に 10 分と 20 分時点で制御対象ステップ開始からの時間を見積もる指示を出した。また、ダミーとして約 5 回程度になるようにランダムなタイミングでも見積もる指示を行った。各ステップでは点を繋いで一つの絵を完成させるパズルである「点つなぎ」というタスクを被験者に課した。

### 5 結果と考察

図 1 に被験者が 10 分毎に見積もった時間の誤差の平均を示す。HMD による視覚実験において、刺激パターン間での分散分析は有意な差を示した ( $F(2, 34) = 4.18, p < 0.05$ )。Bonferroni 法による多重比較では刺激減少パターンと刺激増加パターンの間に有意な差が認められ ( $p < 0.05$ )、刺激減少パターンの平均時間見積もりは最も長くなっている。この結果は仮説と一致しており、主観時間を任意に制御できる可能性を示している。一方で、その他実験において有意な差は認められず、刺激の再設計が必要である。

次に、図 2 に 10 分毎に繋いだ点数を示す。点つなぎの作業量については、HMD による視覚実験において分散分析を行った結果、各刺激パターン間で有意な傾向を示した。また、平均値は刺激増加パターンが最も少ない作業量であることを示した。この結果は、視覚刺激がユーザの作業に悪影響を与えた可能性を示しており、視界を動く物体より物体が点滅する等の刺激を検討していく必要がある。一方で、その他実験において有意な差は認められなかった。聴覚刺激は BGM による主観時間制御に応用できる可能性があり、勉強等作業に集中するシーンで視覚刺激よりも利点があると考えられる。また、触覚刺激についても視覚や聴覚を妨げない点は映画視聴や乗り物の運転等のシーンで利用できると考えられる。

### 6 おわりに

本稿ではウェアラブルデバイスの情報提示を用いた主観時間制御手法について視覚、聴覚、触覚における実装例を示した。また、視覚による実験において主観時間制御の実現可能性を確認した。そして、実験中に課したタスクの作業量の観点から、それぞれの刺激のユースケースを提案した。今後は刺激の再設計を行い、ユーザの注意や作業に悪影響を与えずに主観時間制御を行うことを目指す。

## 人体や所持方法による電波減衰を考慮した Wi-Fi 測位の精度向上手法

原田翔平, 村尾和哉, 望月祐洋, 西尾信彦 (立命館大学)

### 1 研究の背景と目的

近年のスマートフォンの普及に伴い、ユーザの位置情報を利用した様々なサービスが提供されるようになった。屋外では主に GPS(Global Positioning System)を利用して測位を行うが、屋内では壁や天井などの遮蔽物によって GPS の電波が受信できなくなり、測位精度が低下する問題がある。そのため、屋内で位置情報を取得する手法の研究が数多く行われている。中でも Wi-Fi を用いた手法は絶対位置が推定できることに加え、Wi-Fi 基地局が既に設置されている屋内施設が多く導入が容易であるため、屋内測位手法として注目されている。Wi-Fi 測位では主に RSSI(Received Signal Strength Indicator)を利用して現在位置を推定する。しかし、スマートフォンなどで RSSI を計測する際に基地局とユーザの位置関係からユーザの体が遮蔽物となり、RSSI が減衰することによって測位精度が低下する原因となる場合がある。本研究では、Wi-Fi 測位における人体による電波減衰を考慮した測位精度向上手法を提案する。

### 2 提案手法

#### 2.1 人体による電波減衰の影響を受けない電波マップ作成

電波マップの作成は藤田ら [1] の手法を利用する。電波マップ作成する際には電波収集者の体によって電波減衰が発生し、電波マップに悪影響を及ぼす可能性がある。そこで図 1 のように自撮り棒を利用し、電波収集者の体勢を低くすることで人体による電波減衰の影響を受けないようにする。加えて、観測される RSSI には揺らぎがあるため、1 つの観測地点において複数回の電波観測を行い、RSSI の最大値を用いる。

#### 2.2 人体による電波減衰の補正

##### 2.2.1 事前検証

基地局からの距離と基地局に対する人体の向きによる電波減衰がどれほど起こるのかを調査するために事前実験を行なった。LG 社の Android 端末 NEXUS5 を用いて、本学の研究等廊下の天井に設置されている Wi-Fi 基地局からの距離とスマートフォン所持者の向きを変えながらそれぞれ 20 回の電波観測を行った。基地局からの距離は 1m から 10m を 1m 刻みで 10 通り、人体の向きは基地局に対して、正面、背面の 2 通りである。実験結果を図 2 に示す。人体によって平均して 8.265dBm の減衰が発生した。基地局からの距離と RSSI が反比例していないのはマルチパスフェージングの影響と考えられる。

##### 2.2.2 電波減衰補正アルゴリズム

まず、観測された Wi-Fi 基地局のリストからユーザの背面にあり、人体による電波減衰が発生していると考えられる基地局の判別を行う。ユーザの進行方向は与えられており、基地局の位置は電波マップにより推測されているものとする。ユーザの背面にある基地局の判別後、ユーザに対する角度  $\theta$  別に重みをつけ、RSSI の補正を行う。角度  $\theta[\text{rad}]$  は図 3 のように歩行者の進行方向を  $0[\text{rad}]$  とし、 $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2} \leq \theta \leq 2\pi$  では人体による減衰は発生しないとし、補正是行わ



図 1: 人体による影響を受けない電波収集の様子

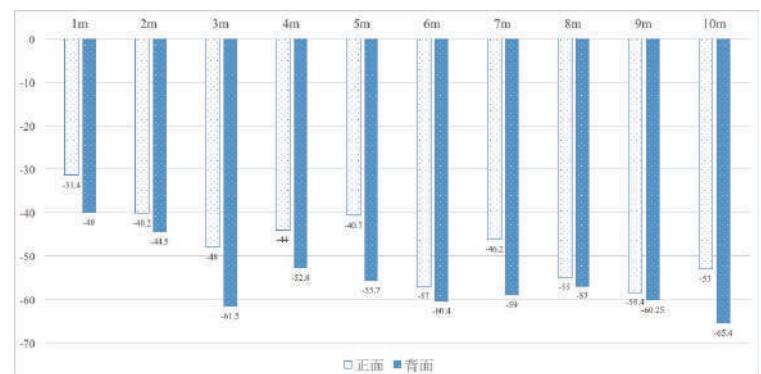


図 2: ある基地局に対するユーザの距離・方向別の RSSI

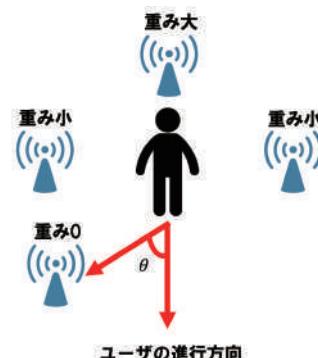


図 3: ユーザの基地局に対する向き

ない。 $\frac{\pi}{2} < \theta < \frac{3\pi}{2}$  ではユーザの真後ろとなる  $\pi[\text{rad}]$  が最も大きな減衰が発生するため、 $\pi[\text{rad}]$  に近い  $\theta[\text{rad}]$  ほど重みを大きくする。

### 3 おわりに

本研究では、人体の電波減衰による Wi-Fi 測位精度の低下に対してユーザの背後にある基地局の RSSI を補正することによって測位精度の低下を防ぐ手法を提案した。今後は人体による電波減衰の測位への影響を調査する実験と提案手法の実装および有効性の評価を行う。

### 参考文献

- [1] 藤田迪, 梶克彦, 河口信夫 : Gaussian Mixture Model を用いた無線 LAN 位置推定手法, 情報処理学会論文誌, Vol.52, No. 3, pp. 1069-1081 (2011).

## PDR 測位における係留状態の判定

川内菜津美, 村尾和哉, 望月祐洋, 西尾信彦 (立命館大学)

### 1 研究の背景と目的

近年, スマートフォンの普及とともに, スマートフォンに搭載されたセンサを用いて測位を行う手法が盛んであり, 特に屋内環境においては環境に設置されたインフラを用いない測位手法である PDR(Pedestrian Dead Reckoning) 測位の研究が盛んである [1]. PDR とはスマートフォンの加速度センサや角速度センサなどを用いて, 歩数や歩幅, 一步毎の進行方向を推定し, 測位開始地点からの変位を求めることで相対的な測位を行う技術である. PDR 測位は外部のインフラを用いないため, Wi-Fi 基地局が存在しないような環境においても問題なく測位を行うことができる. しかし, 誤差が累積するため, 長時間, 長距離の移動が伴う場合には不向きである. また, ユーザが着座していたり, 立ち止まつたりしているような, その場に留まっている状態(以下, 係留状態)であってもユーザが足踏みをしたり, 着座や離席などの動作を行った場合に測位結果に誤りが生じ, 移動していると判定されてしまう事が考えられる. そこで本研究では, PDR 測位においてユーザが係留状態であるのか, 移動状態であるかの判定を行うことを目的とする. これにより, 測位誤差の軽減に繋がると考えられる.

### 2 提案手法と検討

本研究では, スマートフォンから得られる加速度と角速度から特徴量を抽出し, 機械学習を用いてそれぞれの状態とされるユーザの行動を判定する. なお, その場に立ち止まる「立ち状態」と, 椅子に座っている「着座状態」の 2 つの状態を係留状態として定義する. ユーザはスマートフォンを胸ポケットに入れていることを前提とし, 利用するセンサ値には胸ポケットへの出し入れに伴う値は含まれない事とする.

### 3 実験と評価

機械学習には, とある 1 室におけるオフィスワーカーの 1 日(8 時間)のセンサ値を利用した. 収集したデータに対して 2 秒毎に歩行状態, 着座状態, 立ち状態の 3 種類にラベル付けを行った. なお, データ収集時に撮影していたビデオ映像を用いて, 人手でラベル付けを行った. 3 名の被験者のデータからラベル付けが可能だった 10,281 サンプルのうち, 7 割を学習に, 残りの 3 割を評価に利用した. なお, 3 つの状態に分類するため, 正解率のベースラインは 33% である.

#### 3.1 特徴量

まず, 世界座標系に変換した加速度の x, y, z 軸それぞれの値と 3 軸合成値, 地面に対して水平面の角速度を積分して求めた方向変化量の絶対値から, 2 秒毎の平均, 標準偏差, 最大, 最小を求める. これらの値を量子化したスペースなベクトルを特徴量とした.

#### 3.2 評価結果

教師あり機械学習アルゴリズムであるロジスティック回帰を使用して識別器を作成し, 評価を行った. なお, サンプルに対するラベル数の偏りが大きいため, それぞれのラベルにおけるサンプル数を同数にした. 表 1 にそれぞれの状態の認識結果における F 値を示す. いずれもベースラインは超えてはいるが, 全体の正解率は 50% であった. 表 2 に示される混同行列では, 歩行状態を着座状態と立ち状態に間違っているサンプルが目立っていた.

表 1: 3 状態における F 値

歩行状態	0.54
着座状態	0.5
立ち状態	0.41

表 2: 3 状態における混同行列

	歩行状態	着座状態	立ち状態
歩行状態	13	1	2
着座状態	9	6	1
立ち状態	10	1	5

### 4 今後の予定

#### 4.1 機械学習における学習データのラベリング方法

今後は収集したデータを更に詳細に分類していく. 具体的なラベルは以下の 5 種類である.

- 歩行状態
- 着座状態
- イレギュラーな着座状態
- 立ち状態
- イレギュラーな立ち状態

「イレギュラーな着座状態」とは, 着座中に身を屈めたり, 身を乗り出したりなどの動きを行なったことでセンサ値が変動するような状態を指す. 立ち状態のイレギュラーの判断も同じように行う. このイレギュラーな状態を考慮した上で着座状態と立ち状態を判定することで精度の向上に繋がると考える. なお, センサ値の閾値に関しては収集したデータから適切な値を検討していく.

#### 4.2 着座状態における特徴量

3.2 のように, 現状の精度は正解率 50% 程度である. 今後更に精度を向上させるためにまず, 着座状態において「着座らしさ」が現れる特徴量を追加していく. 着座状態の前後には着座と離席における動作が付随していると考える. 例えば, 着座時に椅子を引くために後ろに下がる動作, 離席時は椅子に座りながら後ろに下がる動作などである(以下, 予備動作). この予備動作を判定するための識別器を作成し、判定結果を特徴量に加えることで, 着座状態の識別精度を高められると考えられる. ただしこの場合, 予備動作における識別器の精度は状態判定の識別器以上の精度が求められる.

### 参考文献

- [1] 上坂 大輔, 村松 茂樹, 岩本 健嗣, 横山 浩之. 手に保持されたセンサを用いた歩行者向けデットレコニング手法の提案. 情報処理学会論文誌, vol.52, No. 2, 558 - 570(2011).

## Wi-Fi 測位モデルの経年劣化に特化した異常検知手法

山本 晃平（立命館大学），坪内 孝太（ヤフー株式会社），西尾 信彦（立命館大学）

### 1 背景

Fingerprinting 測位で使用する測位モデルは環境の変化などにより劣化する。追加の Labeled Fingerprint (LF: 位置情報を持つ Fingerprint) を遷移学習して劣化を抑える手法 [1] があるが、収集点の選定はランダムのため回復率が低くなる。本研究では、位置情報サービスから自動収集される Unlabeled Fingerprint (UF: 位置情報を持たない Fingerprint) を解析して電波変化が起きた収集点を異常として検知することで、より高い回復率での測位モデルの更新を実現した。

### 2 測位モデルの遷移学習

本研究は、測位モデルの遷移学習に用いる手法に依存しないフレームワークを目指しており、提案する異常検知手法を代表的な 2 種類の遷移学習である MixTrain 手法と Lasso 手法に対して適用することでその有効性を示す。MixTrain 手法は、測位モデルのパラメータの重みそのものを学習する手法で、L1 ノルムの制約化項 ( $\sum_{i=1}^{|\theta|} |\theta_i|$ ) を加えることで特徴量  $\theta$  の重みがオーバーフィッティングすることを防ぐ。Lasso 手法は、パラメータの変化量を学習させる手法で、L1 ノルムで学習を行いその制約化項は  $\sum_{i=1}^{|\theta|} |\theta_i^{(k-1)} - \theta_i^{(k)}|$  であり、 $k-1$  期目のパラメータ  $\theta$  と  $k$  期目のパラメータ  $\theta$  の差分が小さくなるような制約化を行う。

### 3 異常検知を含む測位モデル更新プロトコル

本研究で提案する異常検知手法は、各 AP を他の AP との相対的な距離を示すベクトルモデルで表現し、電波変化が起きた AP 付近の収集点で LF を再収集して遷移学習に使用する。まず、式 (1) を満たす UF を解析対象とする。 $R$  は観測された BSSID で  $r$  はその RSSI,  $vecFilt$  は任意の RSSI の閾値を示している。次に、式 (2) に基づき、任意の AP A の近くで観測された尤度が高い UF を  $vecWidth$  の範囲で AP A に関してのベクトルモデルとして表現する。そして、次に当該 AP のベクトルモデル  $A'$  が作成された際、式 (3) に示されるベクトルモデル  $A$  とのコサイン類似度を用いて異常な AP を検出する。

$$(R_{1_{r1}}, R_{2_{r2}}, R_{3_{r3}}, \dots, R_{x_{rx}}) \{vecFilt < max(r1, rx)\} \quad (1)$$

$$\vec{A} = (R_{1_{r1}}, R_{2_{r2}}, R_{3_{r3}}, \dots, R_{x_{rx}}) \\ \{vecFilt < max(r1, rx), vecWidth < rx\} \quad (2)$$

$$\cos(\vec{A}, \vec{A}') = \frac{\vec{A} \cdot \vec{A}'}{|\vec{A}| |\vec{A}'|} = \frac{\vec{A}}{|\vec{A}|} \cdot \frac{\vec{A}'}{|\vec{A}'|} = \frac{\sum_{i=1}^{|V|} A_i A'_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{|V|} A_i^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{|V|} A'^2_i}} \quad (3)$$

最後に、異常判定された AP を強く観測していた UF について、AP A の電波を無視して測位し、当該 AP が存在すると考えられる重心を加重平均で算出してその付近の収集点での LF を遷移学習に用いる。

### 4 有効性検証

図 1 は、AP の移設により電波変化を再現し、移設した 6 つの AP と移設していない 18 つの AP のベクトルモデルの類似度を算出した結果である。縦軸は類似度を、移設した AP については移設した距離を横軸に示している。結果より、異常な AP と正常な AP の類似度には大きな差が確認された。図 2 は、大阪の地下街において  $4615m^2$  を対象測位エリアと

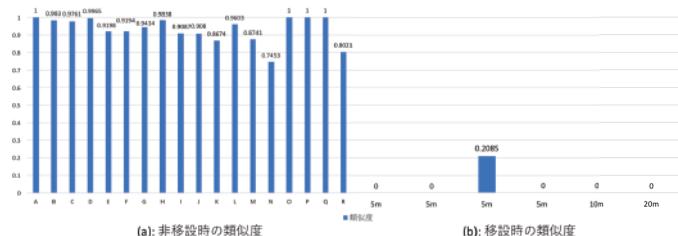


図 1: AP の移設実験における各ベクトルモデルの類似度

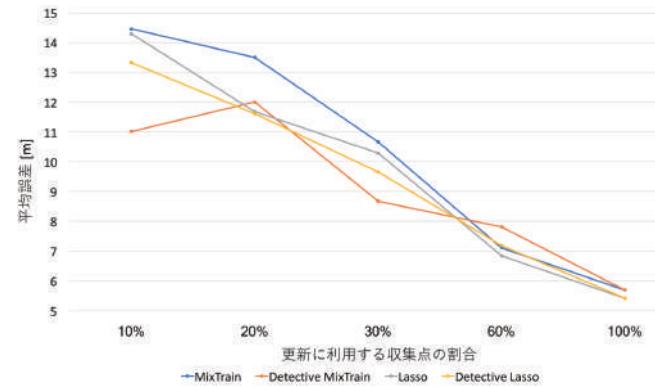


図 2: 遷移学習に用いる収集点の割合による平均誤差

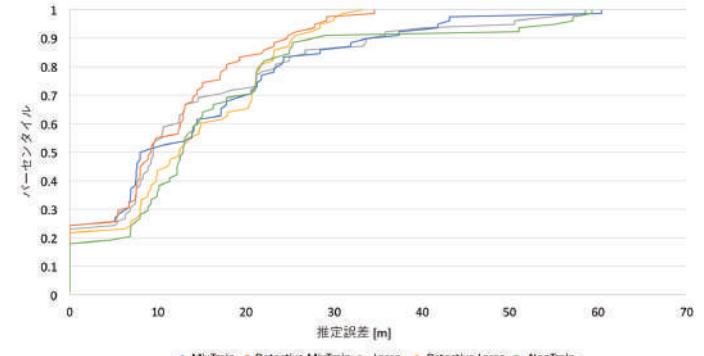


図 3: 各手法の推定誤差の累積分布 (10%サンプリング時)

し、5ヶ月分の LF/UF を用いて、最終的な測位モデルの平均誤差を縦軸として算出した結果を示している。横軸はモデルの更新に使用した収集点の割合であり、MixTrain 手法および Lasso 手法に異常検知を組み合わせたものを Detective と記述している。図 3 は、図 2 における 10%サンプリング時の位置推定誤差の累積分布をプロットしたものである。一度もモデルの更新をしていない NonTrain 手法もベースラインとして掲載している。図 2 および図 3 の結果から、提案手法を既存の 2 種類の遷移学習 MixTrain 手法・Lasso 手法による測位モデルの更新に適用したところ、MixTrain 手法においては最大で 76.2%まで、Lasso 手法においては最大で 93.3%まで測位モデルの劣化の抑制を実現した。

### 参考文献

- [1] Bin Yang et al. Localization algorithm in wireless sensor networks based on semi-supervised manifold learning and its application, Cluster Computing, Vol. 13, No. 4, pp. 435–446 (2010).

# スマホの通知出現からユーザによる消去までのセンサデータを用いた端末状態推定

## 村尾和哉（立命館大学）

### 1 研究の背景と目的

種々のセンサを搭載したスマートフォンやウェアラブルデバイス（以下、端末）の普及により、時間や場所を問わず人間の行動や状況をセンシングして加速度や角速度、光、脈拍、位置、電波状況、操作履歴などのデータを収集し、ネットワーク上に蓄積できるようになった。人間の行動や状況をセンシングして得られるデータは、健康管理や労働作業、医療、スポーツ、エンタテインメント、認証などの分野において、これまで手作業や人間の勘、人海戦術で行われてきた作業の支援や、実現困難であった高度な支援への応用が期待されている。センサデータから人間の行動や状況を推定する処理は、正解情報（アノテーション）が付与されたセンサデータのセットを用いてユーザの行動や状況を解釈するモデルを事前に構築し、未知のセンサデータを識別する。そのため、モデルの高性能化や性能評価のために多量かつ多様なアノテーション付きデータセットが必要となる。

アノテーションは正確性が重要であるため、実験室環境では被験者が自発的に記録することで収集されるが、アプリを配布して一般のユーザから幅広くデータを収集する環境では正しくないアノテーションが付与される可能性がある。また、画像や音声、テキストは人間が理解できるため後からアノテーションを付与できるが、加速度や地磁気、位置から状況を判断できず、付与されたアノテーションの正誤を検証する術がない。現状では、少数の研究グループが公開しているデータセットから適したものを探し出すか、研究者が被験者を募ってデータを採取している。ひとつの研究グループで収集できるデータはせいぜい 100 名程度であり、1400 万枚の画像からなる画像認識データセット Image Net と比較すると規模は桁違いである。

一方で、端末が扱うデータの多様化、高品質化、大容量化によって、端末からユーザへの通知が絶え間なく発生し、存在に気づかない通知や無視せざるを得ない通知が出現する。本研究では端末が行う通知に対するユーザの対応をもとに、そのときのユーザや端末の状況を推定することを目的とする。通知に対するユーザの応答速度や操作を数値化し、フィルタリング、特徴量抽出、機械学習を用いて事前に与えられた候補からユーザや端末の状況を推定する。推定された状況は、端末で同時に取得されるセンサデータにアノテーションとして付与される。

### 2 関連内容

端末やユーザが扱う情報量の増大とともに、大量の通知が絶え間なく発生することで、フラストレーションによる通知の開封率の低下や注意散漫によるユーザの生産性の低下が指摘されている。通知への応答速度や開封率を向上させるために、眼球運動や心電などの生体情報から認知負荷を計測して適切な通知タイミングを検出する手法あるが、ユーザに機器を装着させる必要がある。端末内蔵のセンサのみを用いる手法として、大越らは行動や端末操作の変化点において通知を行うように意図的に通知を遅延させる手法を提案している[1]。従来研究は「通知を制御」するアプローチである。本研究のように「通知をセンサ」として着目している研究は筆者の知る限り存在しない。

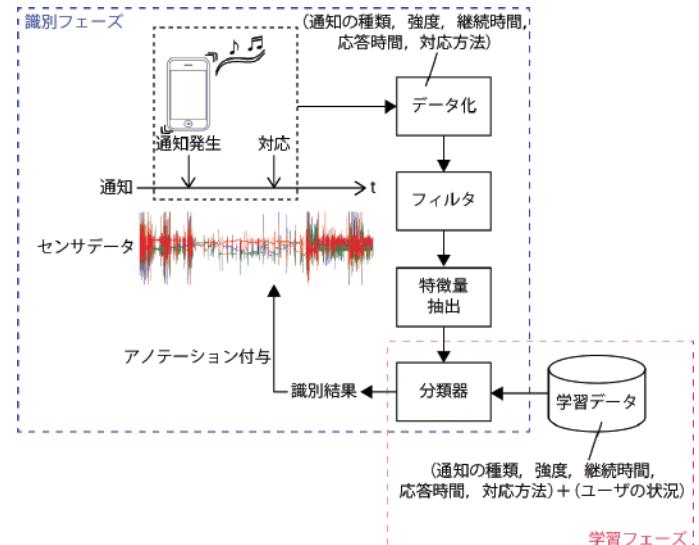


図 1: スマホの通知を用いたセンサデータのアノテーション手法

### 3 提案手法

本研究では通知への対応からユーザの状況を推定する手法を構築する。提案手法の構成を図 1 に示す。具体的には通知への対応から得られるデータから特徴量を抽出し、機械学習によって事前に定義された候補からユーザの行動や状況を推測する。特徴量は通知への応答時間や通知から応答までの端末の動き、ユーザの端末操作などが考えられる。単一の通知でユーザのあらゆる状態を推定する必要はなく、特定の状況のみを高精度で推定できる通知方法が明らかになればよい。また、通知を組み合わせる、段階的に変化させるなど、さまざまなアプローチを試みる。実運用では本物の通知を利用するため、提案手法は時系列上のすべての行動にアノテーションを付与するのではなく、通知が来たタイミングで得られた確信できるアノテーションのみを付与する。アノテーションが付与されないセンサデータは識別モデルの構築などに使用しなければよく、問題ではない。あるいは、収集したセンサデータのうち一部にでも正確なアノテーションが付与されていれば、半導体アリ学習によってデータ全体にアノテーションを付与できる。これにより、ユーザが端末を使用しているだけでアノテーション付きセンサデータが収集される。

### 4 おわりに

本研究では端末の通知に対するユーザの対応からセンサデータのアノテーションを行う手法を提案した。提案手法によってセンサデータの収集と同じコストでアノテーションも収集し、インターネットなどを通じて誰もが容易にデータセットにアクセスできる環境を構築でき、行動認識技術の発展と普及に貢献すると考えている。

### 参考文献

- [1] T. Okoshi et al., “Attention and Engagement-Awareness in the Wild: A Large-Scale Study with Adaptive Notifications,” PerCom’17, pp. 100–110 (2017).

## 「一見」複雑な状態変容を引き起こすシンプルな情報提示の設計方針

寺田 努 (神戸大, JST さきがけ)

### 1 研究の背景と目的

筆者は「提示系心理情報学」と呼ぶ、情報提示が人間の心身に与える影響を明らかにするためのプロジェクトをこれまで進めてきた。これは例えば、虚偽の心拍情報をユーザーに見せることでユーザーの心拍自体を制御する情報提示手法であったり、パブロフの犬実験のような条件付け刺激を行うことでダーツのスコアを上げるようなものを考えてきた。こういった情報提示手法を考える際には、「何をフィードバックするか」が大事になる。本稿では、複雑な目的に対する情報提示においては、その目的に対して直接的な提示をするのではなく、ユーザーの生体情報をシンプルに提示することにより効果を起こせる可能性について考える。思考にあたって、「一見」複雑なセンシングを簡単なセンサの組合せによって実現している例を示し、この考えを情報提示手法を設計するときにも使えないかという点を考察する。

### 2 シンプルなセンサの組合せによる「一見」複雑なセンシング

自然界にはさまざまな動物が存在し、それらはさまざまな生体センサを活用して複雑な動きを実現するが、その複雑な動作の判断には驚くほど簡単なセンサの組合せのみで実現されていることが多い。例えば、マダニは笹の葉などにつかまっているが、下に哺乳類が通った際には木につかまっている足を離して哺乳類の上に落下し、吸血する。この機能を実現するためには、下のエリアに対する動物の通過センサ、およびその通過物体が温血動物であることを識別する必要がある。これは一見複雑なセンサ機構をダニが備えているように見えるが、実際は温血動物の体温にだけ反応する温度感知能力がほぼすべてを担っている(嗅覚センサとの組合せではあるが)。単純に、温度センサとガスセンサが反応すれば足を離す、というルールによって動いているに過ぎない[1]。

筆者らのこれまでの研究でも、笑顔を認識するセンサシステムを構築する際には同様の考え方をしており、笑顔という「表情」を認識するという高度なセンサシステムを構築するのではなく、数ミリ角の距離センサ(フォトリフレクタ)1個を用いて、メガネのツルから頬までの距離を測る、というセンシングに簡略化することで、システムの単純化・低消費電力化・小型化を実現している[2]。

### 3 心身に効果を与えるシンプルな提示

情報提示手法においては、例えば歩行モチベーションを高めるための工夫として過去の歩行履歴やライバルとの歩数差などを情報改変も含めながらスマートフォン上に情報を提示するシステムを提案している[3]。このように、状態や行動を変容させるための情報提示は、その目的を熟慮して適切な理論に基づき(あるいは新たな理論を考え)情報提示方法を設計する。一方、ウェアラブルでの情報フィードバックを考えた場合、一見よそうな提示手法よりも、シンプルに生体情報をフィードバックした方が結果がよい場合がある。

例として、筆者らが以前行った研究に、バンド演奏本番時に緊張などにより演奏テンポが上がってしまうことを防ぐ取り組みがある[4]。本番中に情報フィードバックを行うのは演奏のテンションに影響する可能性があるので、何かをフィードバックするのは本番前であるが、その提示内容として、(1)

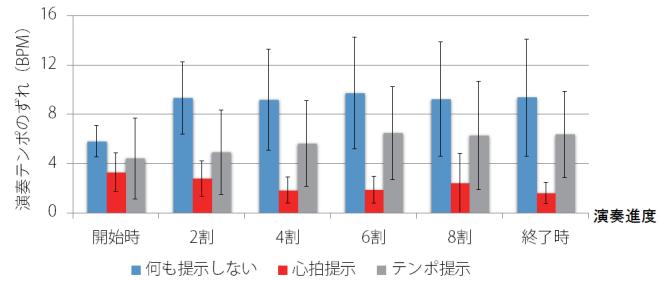


図 1: 各手法における演奏テンポのずれ

何もしない、(2) 平常状態の演奏テンポを電子メトロノームで聞かせて指などでリズムをとらせる、(3) 平常状態および現状の心拍値を見せる、の3パターンの効果を比較した。ここで、(2)は本来の目的をストレートに情報提示に応用したものであり、(3)は一見演奏テンポとは関係ない情報提示に見える。

しかし、図1に示す結果を見ると明らかなように、確かにテンポ提示は提示なしに比べて結果が向上しているが、演奏中一貫して演奏テンポが平常時と近いのは心拍提示した場合の方である。なぜ単純に心拍値を見せる方が結果がよくなるのかを説明する根拠はないが、人間の生体情報には周囲の客観的な情報とは違った特別な効果が存在している可能性があり、その効果を調査することは情報提示の分野にとって大きな意味を生じさせるかもしれない。

したがって、行動や状態を変容させる情報提示手法の提案を行う際には、複雑な情報提示を行う前に、もしくは同時に、シンプルな生体情報のフィードバックによる効果を計測することで思わぬ効果が得られる可能性があるため、候補となる手法のひとつとしてそのようなシンプルなものを含めておくべきであることが分かる。

### 4 おわりに

本稿では、情報フィードバックにおいてシンプルな生体情報提示が大きな効果をもたらす可能性についてこれまでの研究を挙げながら議論した。ウェアラブル環境が普及すると常時情報フィードバック環境が現実のものになるため、生体情報提示が人間に及ぼす影響を明らかにし、それを適切に利用する概念を確立することが重要である。

### 参考文献

- [1] J. V. Uexkull, “生物から見た世界,” 岩波文庫 (June 2005).
- [2] K. Fukumoto, et. al., “A Smile/Laughter Recognition Mechanism for Smile-based Life Logging,” Augmented Human Conference 2013, pp. 213–220 (Mar. 2013).
- [3] 双見京介他, “心理的影響を考慮した競争情報フィードバックによるモチベーション制御手法,” DICOMO2017, pp. 467–478 (June 2017).
- [4] D. Suzuki, et. al., “A Heart Rate Presentation System for Keeping Music Tempo in Live Performance,” IEEE Global Conference on Consumer Electronics, pp. 177–181 (Oct. 2013).

ウェアラブルデバイスを用いた高齢者補助ロボット用ネットワークプラットフォーム  
塚本昌彦 (神戸大)