

主催
神戸大学大学院工学研究科 塚本・寺田研究室
NPO 法人 ウェアラブルコンピュータ研究開発機構



Ubiquitous Wearable Workshop

無断での複写・転載を行うことを固く禁じます。
使用許諾については塚本・寺田研究室までご連絡ください。
<http://cse.eedept.kobe-u.ac.jp>

Ubiquitous Wearable Workshop

アーティ



2019

12月 20 - 21日

@ 淡路夢舞台国際会議場

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）
- 実行委員長 村尾和哉（立命館大）
- 実行副委員長 磯山直也（奈良先端大）
- 会計 上田健太郎（神戸大）
- ウェブシステム 土田修平（神戸大）
- プログラム 渡邊拓貴（北海道大）
- 出版 後藤佑介（岡山大）
双見京介（立命館大）
- 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 大西鮎美（神戸大）

目 次

日時 2019年12月20日(金)～21日(土)

会場 淡路夢舞台国際会議場

12月20日(金)

オープニング 10:10～10:20

会議: 10:20～18:10(33名)

Session 1 情報提示 10:20～11:20 (5名) 座長: 清水友順(神戸大)

1-1. 松浦裕久, 寺田 努(神戸大), 秋末大作, 園田 晋(モリサワ株式会社), 磯山直也(奈良先端大), 塚本昌彦(神戸大) 歩行時のHMDによる文字の読みづらさを緩和するための動的フォント切り替え手法.....	1
1-2. 久保田倉平, 寺田 努(神戸大), 柳沢 豊(m plus plus 株式会社), 塚本昌彦(神戸大) LEDパネルにおける故障による違和感の要因に関する調査	2
1-3. 櫻木大和(神戸大), 磯山直也(奈良先端大), 寺田 努, 塚本昌彦(神戸大) AR技術を用いた計算問題の提示方法の違いが結果に与える影響の評価	3
1-4. 江口綾亮, 寺田 努, 塚本昌彦(神戸大) HMDとスマートフォンでの長時間動画視聴による首への負担の比較	4
1-5. 濱本 昂, 寺田 努, 塚本昌彦(神戸大) 広告閲覧時の視点情報に基づく読中判別手法	5

(休憩: 11:20～11:25)

Session 2 状況 11:25～12:25 (5名) 座長: 上田健太郎(神戸大)

2-1. 青木啓晃(神戸大), 磯山直也(奈良先端大), 寺田 努, 塚本昌彦(神戸大) 装着型小型カメラを用いて撮影した部分映像から自己表情を再現するシステム	6
2-2. 堀江彩太, 寺田 努, 塚本昌彦(神戸大) 自己表情が他者からフィードバックされることで笑顔が促進されるシステムの評価	7
2-3. 近藤杏祐(神戸大), 加藤 浩(放送大), 大西鮎美, 寺田 努(神戸大), 葛岡英明(東京大), 久保田善彦(玉川大), 鈴木栄幸(茨城大), 塚本昌彦(神戸大) 表情・頭部姿勢・瞬きの情報に基づく状況内評価の推定	8
2-4. 東 健太, 磯山直也, 酒田信親, 清川 清(奈良先端大) 顔表情の認識と拡張による会話満足度の向上手法の検討	9
2-5. 大山航平, 双見京介(立命館大), 村尾和哉(立命館大, JST さきがけ) 耳装着型赤外線距離センサを用いた頭部状態認識手法の提案	10

(昼食: 12:25～13:10)

Session 3 音 13:10～14:10 (5名) 座長: 大西鮎美(神戸大)

3-1. 坂名純太, 寺田 努, 塚本昌彦(神戸大) VR映像が与える影響を活用した歌唱時の発声支援システムの調査	11
3-2. 西井遙菜, 双見京介(立命館大), 村尾和哉(立命館大, JST さきがけ) アクティブラインセンシングを用いた食材認識道具の検討	12

3-3. 八田将志 (立命館大), 村尾和哉 (立命館大, JST さきがけ)	
音響と振動の特性が異なる 3D プリンタ生成物を用いたスマートフォンのアプリケーショントリガの提案	13
3-4. 野田倫太郎 (立命館大), 双見京介 (立命館大), 村尾和哉 (立命館大, JST さきがけ)	
アクティブ音響センシングを用いた肉の焼け具合推定手法の提案	14
3-5. 角谷美和 (情報通信研究機構, 日本学術振興会), 蘆原 郁 (産業技術総合研究所), 渡邊拓貴 (北海道大)、寺田 努 (神戸大), 安藤 広志 (情報通信研究機構), 長谷芳樹 (ピクシーダストテクノロジーズ株式会社), 藤塚有美, 吉野寿紀, 小林耕太, 渡辺好章, 飛龍 志津子 (同志社大)	
超音波を用いたアクティブセンシングによるテクスチャー弁別	15

(休憩: 14:10~14:15)

Session 4 心理 14:15~15:30 (6 名) 座長: 磯山直也 (奈良先端大)

4-1. 石橋直人, 寺田 努, 塚本昌彦 (神戸大)	
掲示情報と生体リズムの同期による情報選択への影響の調査	16
4-2. Mao Haomin, 寺田 努, 塚本昌彦 (神戸大)	
ウェアラブルセンサを用いた人の快適度推定	17
4-3. 関 朋哉, 双見京介 (立命館大), 村尾和哉 (立命館大, JST さきがけ)	
主観疲労制御のための筋活動量の視覚フィードバック手法の検討	18
4-4. 長谷川瑛一, 磯山直也, 酒田信親, 清川 清 (奈良先端大)	
ポジティブ情報の常時閲覧が自転車走行に与える影響	19
4-5. 川東大将, 双見京介 (立命館大), 村尾和哉 (立命館大, JST さきがけ)	
違和感喚起刺激が注視対象の記憶の残りやすさに起こす影響の調査	20
4-6. 清水友順 (神戸大), 双見京介 (立命館大), 牟田将史, 益子 宗 (楽天技術研究所), 寺田 努, 塚本昌彦 (神戸大)	
多様な選択行動を促すためのポジティブ情報に着目したデジタルサイネージシステムの実装	21

(休憩: 15:30~15:35)

Session 5 状況認識 1 15:35~16:50 (6 名) 座長: 村尾和哉 (立命館大)

5-1. 鶯野 海, 寺田 努, 塚本昌彦 (神戸大)	
口腔内環境改善のための顎下部装着型ウェアラブルデバイスの提案	22
5-2. 尾形駿介, 寺田 努, 塚本昌彦 (神戸大)	
チヨーカー型デバイスを用いた頸部周径変化の計測による口呼吸と鼻呼吸の判別	23
5-3. 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), 船戸弘正 (東邦大, 筑波大), 塚本昌彦 (神戸大)	
授乳中のスマートフォン操作が母親および乳児の体勢データに与える影響の調査	24
5-4. 松田 真 (立命館大), 双見京介 (立命館大), 村尾和哉 (立命館大, JST さきがけ)	
鼻部装着型圧電素子を用いた呼吸認識デバイスの設計と実装	25
5-5. 松井勇介, 寺田 努, 塚本昌彦 (神戸大)	
胸式・腹式呼吸識別を加味した残呼気量推定手法の提案	26
5-6. 恵村健太郎 (神戸大), 磯山直也 (奈良先端大), 寺田 努, 塚本昌彦 (神戸大)	
センサ内蔵アンターパンツを用いた排泄ログシステムの提案	27

(休憩: 16:50~16:55)

Session 6 耽美 16:55～18:10 (6名) 座長: 土田修平 (神戸大)

6-1. 双見京介 (立命館大)	セルフコントロールエンジニアリング: 心身の自制機能を拡張する魔法を生む情報提示基盤	28
6-2. 磯山直也 (奈良先端大), 寺田 努 (神戸大)	絵画鑑賞時における HMD の提示方法の違いに関する調査	29
6-3. 石塚裕己 (大阪大)	電気刺激と静電摩擦刺激を組み合わせた複合触感呈示によるリアルな触感呈示	30
6-4. 佐野渉二 (金沢工業大)	研究成果を社会実装する際のジレンマに関する一考察	31
6-5. 村尾和哉 (立命館大, JST さきがけ)	生体情報操作とウェアラブルセンシングセキュリティ	32
6-6. 寺田 努 (神戸大)	音声対話入力時のプライバシ情報の扱いについて	33

(休憩・諸連絡: 18:10～18:25)

夕食, 懇親会 18:25～19:55

(休憩: 19:55～20:25)

ナイトセッション 1 20:25～23:25

ナイトセッション 2 23:25～3:25

12月21日(土)

会議: 8:30~17:05(37名)

Session 7 脈波ロボット 8:30~9:30 (5名) 座長: 清水友順 (神戸大)

7-1. 秋元優摩 (立命館大), 村尾和哉 (立命館大, JST さきがけ) 身体を圧迫することによる脈波制御を用いたデバイスインタラクション手法の提案	34
7-2. 澤野亮太 (立命館大), 村尾和哉 (立命館大, JST さきがけ) 脈波センサへの攻撃を実現するための腕締め付けデバイスの設計と実装	35
7-3. 大木戸亮 (立命館大), 村尾和哉 (立命館大, JST さきがけ) 脈波センサを用いた血流速度変化による腕の状態認識手法の提案	36
7-4. 吉田航輝 (立命館大), 村尾和哉 (立命館大, JST さきがけ) 心電と脈波の時間差を用いたウェアラブル端末装着位置推定手法の再評価	37
7-5. 栗田雄一 (広島大) NEDO 次世代人工知能・ロボット中核技術開発プロジェクト「健康長寿を楽しむスマートソサエティ～主体性のあるスキルアップを促進する AI スマートコーチング技術の開発」	38

(休憩: 9:30~9:35)

Session 8 スポーツ 9:35~10:50 (6名) 座長: 土田修平 (神戸大)

8-1. 岩本宗大, 寺田 努, 塚本昌彦 (神戸大) フィールドホッケーにおける圧力センサ付スティックを用いた打点可視化システム	39
8-2. 柳生 遥, 寺田 努, 塚本昌彦 (神戸大) スポーツにおける機械判定システムの判定要素のリアルタイム表示がプレーヤの納得感に与える影響の調査	40
8-3. 正月凌介, 寺田 努, 塚本昌彦 (神戸大), 坂本賢志 (アシックス) HMDを用いたランニング支援システムの構築	41
8-4. 三重孝雄, 寺田 努, 塚本昌彦 (神戸大) 圧力センサによるプッシュアップフォーム識別デバイスの提案と実装	42
8-5. 満仲 望 (神戸大), 磯山直也 (奈良先端大), 柳沢 豊 (m plus plus 株式会社), 寺田 努, 塚本昌彦 (神戸大) LED を用いたゴーストの提示による短距離走練習方法	43
8-6. 桐野江高太, 寺田 努, 塚本昌彦 (神戸大) ランニング時の膝の屈曲状態と膝への衝撃計測のための膝サポート型デバイスの設計と実装	44

(休憩: 10:50~10:55)

Session 9 状況認識 2 10:55~11:55 (5名) 座長: 大西鮎美 (神戸大)

9-1. 河村知輝, 寺田 努, 塚本昌彦 (神戸大) 物と腕の動きの一致性を利用した取り違い防止判定システムの構築	45
9-2. 梶原大暉 (立命館大), 村尾和哉 (立命館大, JST さきがけ) 加速度センサを用いた集団におけるマイノリティな状況の検出手法の提案	46
9-3. 齊藤俊介 (立命館大), 村尾和哉 (立命館大, JST さきがけ) 単語分散表現を用いた行動認識ラベルのグループ化手法の提案	47
9-4. Worachat Arunothaikrit, Ayumi Ohnishi, Tsutomu Terada, Masahiko Tsukamoto(Kobe University) A Method of Gas Source Prediction and Localization from Sensor Network using Machine Learning	48

9-5. 藤井敦寛 (立命館大), 村尾和哉 (立命館大, JST さきがけ)	49
圧力センサ搭載ヘルメットを用いた個人識別手法の提案	

(昼食: 11:55~12:35)

Session 10 触覚音 12:35~13:35 (5 名) 座長: 双見 京介 (立命館大)

10-1. 今岡恭司, 深田雅裕, 栗田雄一 (広島大)	50
フリータッチ動作における触感と表面テクスチャの関係性の考察	
10-2. 澤田良太, 濑川典久 (京都産業大)	51
3D プリンティングファブリックを用いた新たなシステムの提案	
10-3. 奥村拓海 (広島大), 栗田雄一 (広島大, JST さきがけ)	52
人工筋による力覚フィードバックを用いた階段昇降感覚の提示	
10-4. 上田健太郎, 寺田 努, 塚本昌彦 (神戸大)	53
衣服の変形を用いた触覚フィードバック手法の歩行中の性能評価	
10-5. 純木公平, 濑川典久 (京都産業大学)	54
インフラサウンドを使った物体の測定	

(休憩: 13:35~13:40)

Session 11 支援 13:40~14:40 (5 名) 座長: 上田健太郎 (神戸大)

11-1. 渡辺雄大, 佐野渉二 (金沢工業大)	55
無意識動作により学習契機を触発させる手話学習支援システムに関する一考察	
11-2. 周 鑑, 濑川典久 (京都産業大)	56
スマートウォッチを活用したfps ゲームトレーニングの提案	
11-3. 竹中優太, 佐野渉二 (金沢工業大)	57
習熟度に応じて助言内容が変化するプログラミング学習システム	
11-4. 浅田凌志, 濑川典久 (京都産業大)	58
リアルイベント認識を活用したゲームの拡張の提案	
11-5. 岡 大貴, 西田健志 (神戸大)	59
エンターテイメントを用いたコードリーディング促進手法の提案	

(休憩: 14:40~14:45)

Session 12 情報提示 14:45~16:00 (6 名) 座長: 佐野渉二 (金沢工業大)

12-1. 木村拓己, 大西鮎美, 寺田 努, 塚本昌彦 (神戸大)	60
視線と頭部動作を用いたウェアラブルロボットアームの制御手法	
12-2. 清水裕介, 寺田 努, 塚本昌彦 (神戸大)	61
パソコン作業時のキー入力を下肢動作で置き換えることによる運動不足改善システム	
12-3. 川部淳志, 磯山直也, 酒田信親, 清川 清 (奈良先端大)	62
眼幅制御による直感的な作業指示のための遠近感の操作	
12-4. 東南 颯, 大西鮎美, 寺田 努 (神戸大), 服部 稔, 好中久昌, 寿美裕介, 恵木浩之 (広島大), 塚本昌彦 (神戸大)	63
手術ロボット操作時の疲労度をウェアラブルセンサを用いて推定する手法の提案	
12-5. 大川夢月, 伊藤 卓, 関塙良太 (広島大), 佐伯誠司, 山洋一郎 (コベルコ建機株式会社), 栗田雄一 (広島大, JST さきがけ) 1)	64
予測軌道の重畠提示による遠隔ショベルシステムの操作支援	

12-6. 岡本雅弘 (立命館大), 村尾和哉 (立命館大, JST さきがけ) タッチパネルを遠隔操作可能なデバイスの構築.....	65
(休憩: 16:00~16:05)	

Session 13 人間改造 16:05~17:05 (5 名) 座長: 磯山直也 (奈良先端大)

13-1. 大西鮎美, 寺田 努, 塚本昌彦 (神戸大) 発電機能をもつシユーズを用いた発電量に基づく状況認識手法	66
13-2. 土田修平 (神戸大) 生理学的情報に基づく身体感覚翻訳機の構築に向けて	67
13-3. 濱川典久 (京都産業大) 3D プリンタと導電糸を用いた回路試作	68
13-4. 柳沢 豊 (m plus plus 株式会社) 見かけディペンダビリティの社会実装に向けて	69
13-5. 塚本昌彦 (神戸大) 血糖値ライログによる生活習慣改善にむけて	70

クロージング 17:05~17:25

歩行時の HMD の揺れによる文字の読みづらさを緩和するための動的フォント切り替え手法

松浦 裕久, 寺田 努(神戸大), 秋末 大作, 園田 晋(モリサワ株式会社),
磯山直也(奈良先端大), 塚本昌彦(神戸大)

1 研究の背景と目的

頭部装着型ディスプレイ (HMD: Head Mounted Display)での情報提示には、従来のスマートフォンなどのディスプレイでの情報提示とは異なる問題がある。例えば、歩行中のHMDは足の着地時に上下に揺れるため、ユーザは情報を取得しづらくなる。筆者らは、この問題に焦点をあて、歩行によって生じるHMDの揺れを考慮したフォント調査を行い、HMDが揺れても読みやすいフォントの特徴を抽出した[1]。

本研究では、先行研究にて評価した揺れに耐性のあるフォントを用いて、歩行時のHMDの揺れによる文字情報の読みづらさを緩和するための動的フォント切替手法を提案する。

2 提案手法

提案手法はHMDの振動時にHMD上の文字のフォントを切り替えることで、HMDの揺れによる文字情報の読みづらさを緩和する。提案手法を実現するために、フォント切替システムを実装した。提案システムは、足の着地時のHMDの鉛直方向の加速度とその変位がそれぞれ閾値を超えたときにフォントを切り替える。使用前に、5回着地時の鉛直方向の加速度を記録し、最小値を閾値に用いた。切り替えたフォントの表示時間は、薄型カメラを用いて歩行中のHMDのディスプレイ部分を撮影した映像から決定した歩行中の足の着地時のHMDの振動時間とした。

3 評価実験

3.1 実験方法

提案システムを用いて、HMD上の文字の可読性(読みやすさ)と情報取得の作業負荷を評価した。切替パターンとして、表1に示す7パターンを用意した。図1に使用したフォントを示す。パターン1と2はそれぞれ横線と縦線の太さが異なるフォントの組合せ、パターン3は横線の太さがほぼ同じ書体の異なるフォントの組合せである。パターン4は視覚マスキング効果を利用し、振動中に●の図形を表示させる。パターン5, 6, 7はそれぞれパターン1, 2, 3と4と比較するために用意した。被験者はVuzix社のM100スマートグラスを装着し、トレッドミル上を速度4 km/hで歩行して実験を行った。各切替パターンに対して、HMD上の文字の可読性と読み取りの作業負荷度を評価した。可読性の評価は日本語版MNREADチャートの評価方法を参考にして行い、作業負荷度は日本語版NASA-TLXを利用して評価した。被験者は1名である。

3.2 実験結果

各切替パターンごとにに対する可読性の結果のみ考察を行い、作業負荷については割愛する。各切替パターンでの読み書き力を図2に示す。読み書き力は可読性を評価する1つのパラメータであり、値が小さいほど、文字が小さくても文章として何となく読めることを示している。パターン1と5, 2と6の結果を比較すると、フォントを切り替える方が読み書き力が小さくなっている。これは揺れに強い特徴である、縦線/横線の太いフォントに切り替えることによって、HMDの振動により読みなかつ箇所が読めるようになったからだと考

表1: 評価パターン

パターン	無振動時	振動時
パターン1	黎ミニ B	黎ミニ Y40 B
パターン2	黎ミニ Y20 R	黎ミニ Y20 H
パターン3	黎ミニ Y20 B	MSゴシック
パターン4	黎ミニ Y20 B	●
パターン5	黎ミニ B	
パターン6	黎ミニ Y20 R	
パターン7	黎ミニ Y20 B	



図1: 使用フォント

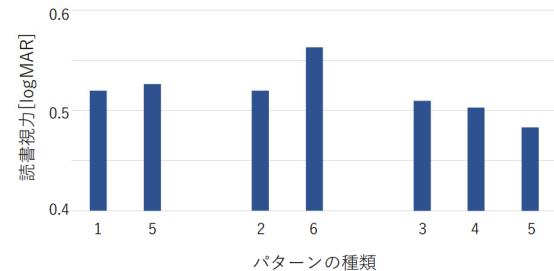


図2: 読書視力

えられる。しかし、パターン3と4はパターン5より読み書き力が大きくなっている。これは書体の切り替えに、被験者が違和感を感じ、読みづらくなかったからだと考えられる。これらの結果から、振動時にフォントを切り替える手法が有効である可能性が高いことが分かった。

4 まとめと今後の課題

本稿では、先行研究の結果を生かし、歩行から生じるHMDの揺れによる文字情報の取得のしづらさを緩和するための、動的フォント切り替え手法を提案し、フォント切り替えシステムを実装して評価を行った。今後の課題として、被験者を増やす。

参考文献

- [1] Y. Matsuura, T. Terada, T. Aoki, et. al.: Readability and Legibility of Fonts Considering Shakingness of Head Mounted Displays, *Proc. of the 23rd International Symposium on Wearable Computers (ISWC2019)*, pp. 150–159 (Sep. 2019).

LED パネルにおける故障による違和感の要因に関する調査

久保田倉平, 寺田 努 (神戸大), 柳沢 豊 (m plus plus 株式会社), 塚本昌彦 (神戸大)

1 研究の背景と目的

近年 LED を用いたパフォーマンスは活発に行われているが, LED が光らないなどの故障は避けられない。LED は配線方法に応じて様々な故障パターンが存在し, 不自然な光り方をすれば, 演出効果を低下させ観客は違和感を感じてしまう。演出効果の低下は, パフォーマンスの際に特に防ぎたいことの 1 つであるため対策する必要がある。いくつかの方があるが, その 1 つとして筆者らは「みかけディペンダビリティ」という概念を導入している [1]。みかけディペンダビリティとは, 仮にシステムが故障しても, 観客にとって演出が失敗していると感じられないようにシステムの作り方を工夫することで, 演出の信頼性を確保することである。しかし, みかけディペンダビリティの高いシステム構築は, これまでクリエイタの勘や経験によるもので明確な設計指標となるものはなかった。ある LED パフォーマンスにおいて, 想定している点灯パターンと配線パターンに対し考えられる故障パターンから, システムが故障した際に観客が抱く違和感を推定できれば, 違和感のより小さな点灯パターンや配線方法に変更することで, みかけディペンダビリティの高いシステム構築ができる。

そこで本研究では, LED パネルを対象としてみかけディペンダビリティの高いシステムを構築するための設計指標を確立するために, 故障により観客が抱く違和感の要因を調査し, 違和感を推定できるような特徴量の決定を目指す。本稿では, 特徴量の算出に向けて, LED パネルにおける故障による違和感に関係していると考えられる要素についてまとめる。

2 LED を用いた演出装置

LED を用いた装置として, パネル, 衣装, フラッグ, ポールなどがある。例えば LED パネルでは, LED をマトリクス状に配置し, ディスプレイとして映像を出力することで様々な模様のアニメーションを表示する。LED 衣装では, LED を張り巡らした衣装を演者が着用し, 人型のシルエットを活かしたパフォーマンスを行う。このような LED 装置には一般に LED テープが使用されており, 図 1 のように 1 つの LED が故障するとそれより先の LED に信号が届かず消灯してしまうといった特徴がある。装置によって演出方法や LED の配置は異なるため, 故障した際の違和感も異なると考えられる。本研究では, LED 装置の基本となる形である LED をマトリクス状に配置したパネルを対象として考える。

3 LED パネルにおける違和感

筆者らのこれまでの経験や先行研究から, LED パネルにおける故障による違和感に関係していると考えられる要素について 4 つの点から述べる。

- ・点灯アニメーションの種類

前章で述べたように, LED パネルでは様々な模様のアニメーションを表示することで演出を行う。表示するアニメーションに応じて視覚情報は変化するため, 故障による違和感は異なると考えられる。例えば図 1 のように, 文字や動物のような見た目に分かりやすい模様に対して故障が発生すると, その模様が崩れないと感じやすく, 違和感を抱きやすくなると予想される。一方で, 幾何学的で抽象的な模様に対

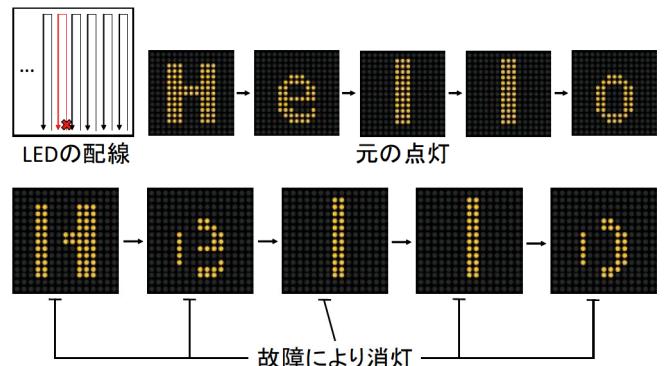


図 1: 「Hello」という文字に対し縦 2 列が故障した場合

しては元の模様がイメージしづらいため, 文字などと比較すると故障による影響は小さいと予想される。

- ・点灯アニメーションの速度

アニメーションの速度が遅いと, 不自然に消灯している時間も長くなり故障箇所が目立つため, 違和感を抱きやすいと予想される。

- ・点灯アニメーションの色

故障が起きると LED が消灯することが多い。LED パネルはアニメーションの色に影響を与えないように, 背景が暗い面に LED を配置したものが多いため, 表示アニメーションが明るいと故障の際に暗い面が現れてしまい目立ちやすい。一方で, 暗いアニメーションではさほど目立たないため, 故障による違和感は小さくなると予想される。

- ・故障パターン

LED の配線に応じて故障パターンは異なる。先行研究より, 消灯する LED が一部分にまとまっていると違和感を抱きやすく, 特にアニメーションの進行方向に対して垂直に故障した場合の影響が大きい傾向がある。まとまった消灯は元の模様を崩す範囲が広く, 進行方向に対し垂直な故障は予想される動きではない光り方をするためだと考えられる。

- ・まとめ

以上のように, 違和感の要因は複合的であり, 点灯アニメーションと故障パターンの組合せで決定すると考えられる。今後はそれぞれの要素について, 評価実験を行い, より詳細な分析を行うことで違和感の要因を明確にしていく。

4 おわりに

本稿では, LED パネルにおける故障による違和感に関係している要素について述べた。今後はそれぞれの要素に対し, 実際に様々なパターンのアニメーションを見せ, 違和感の度合いを調査する実験を行うことで違和感の要因を追求していく。違和感の要因が分かれれば, 特徴量を算出し, みかけディペンダビリティの高いシステム構築のための設計指標の確立を目指す。

参考文献

- [1] 寺田 努: みかけディペンダビリティ: ウェアラブル・ユビキタスエンタテインメントシステムのための新たな評価軸の提案, 情報処理学会シンポジウムシリーズマルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO2010) 論文集, pp. 1962–1967 (July 2010).

AR 技術を用いた計算問題の提示方法の違いが結果に与える影響の評価

櫻木大和(神戸大), 磯山直也(奈良先端大), 寺田 努, 塚本昌彦(神戸大)

1 研究の背景と目的

近年, Augmented Reality (AR) 技術の発展は目覚ましく, 教育や娯楽など様々な場面での利用が期待されており, 医療などの利用も想定されている [1]. AR 提示可能な Head Mounted Display (HMD) の開発も進んでおり, 日常生活で AR 技術を利用する機会が増加すると考えられる.

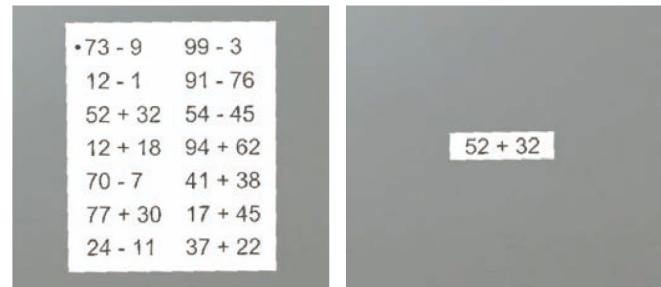
AR を用いて情報を提示する際, 効果的に情報を伝えるためにサイズや文章量など以外にも, ユーザの周囲の環境を認識し現実世界上のワールド座標で位置を指定して設置させる方法(以下, 設置型)を用いるか, ディスプレイ上の指定したローカル座標に固定して提示し続けることでユーザの視界に追従させる方法(以下, 追従型)を用いるか, について考慮する必要がある. 提示方法によっては表示が視界を遮り, ユーザに不快感や不安感を与える可能性がある. 長時間使用する場面では不快感の小ささが優先されるが, 短時間でスピードが重視される場面であれば不快感が強くとも作業効率が優先される. 本研究では, AR の提示方法の違いがユーザビリティにどのような影響を与えるのか調査し, 場面・用途に合わせた適切な提示方法を明らかにする. 本稿では, 認知と思考を必要とする計算問題をさせた場合の結果を比較することにより評価を行う.

2 評価実験

2.1 実験方法

被験者は HMD 上に表示された計算問題を解くタスクを, 机に向かって着座状態で行う. HMD として Microsoft 社の HoloLens を用い, 計算問題の提示方法は 4 つのパターン(サイズ大(縦: 60cm, 横: 50cm)・小(縦: 6.5cm, 横: 25cm) × 追従型・設置型)を用意する. 設置型のサイズ大・小をそれぞれ提示した様子を図 1 に示す. サイズ大では全ての計算問題を表示し, サイズ小では 1 問ずつ表示する. 設置型では被験者正面の壁面に計算問題を表示し, 被験者の頭部から壁までの距離は約 2.5m である. 追従型では AR 表示が日常生活での利用において視界の妨げとならないことを想定し, サイズ大ではディスプレイの中心よりも左側に, サイズ小では左上に計算問題を表示する.

実験開始時, HoloLens の装着と計算問題に慣れるために, まず被験者は何も表示していない HoloLens を装着しながら紙に書かれた計算問題を 10 問解く. 計算問題は 2 枠までの加減算であり, 比較実験用に 14 問ずつ 4 セット用意した. 各セットを実験者が解いた際には同程度の時間がかかるており, 各セットの難易度は同程度であると考えられる. 被験者は各提示パターンにつき 1 セットずつ, 机上に配置した紙の指定位置に答えを記述することで解答する. どの提示パターンにどの問題セットを割り当てるかは, 被験者ごとにランダムに決定した. 実験中, 被験者には是非利き手に HoloLens 用のコントローラである Clicker を持たせ, サイズ小では 1 問解くごとに Clicker のボタンを押させて問題を切り替えさせた. サイズ大での表示の際も 1 問解くごとに Clicker のボタンを押させた. 1 問目を解き始めてから 14 問目を解き終わるまでの時間を計測し, 評価を行う. 被験者は 20 代の男性 6 名である.



(a) サイズ大 (b) サイズ小

図 1: 設置型でサイズ大・小を提示した様子

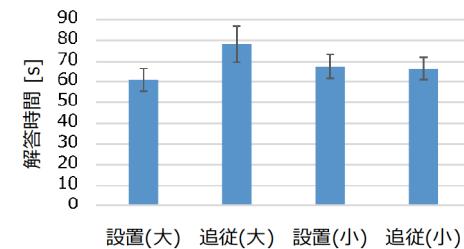


図 2: 解答時間の平均値

2.2 実験結果

解答時間の平均値を図 2 に示す(エラーバーは標準誤差). 被験者内一要因分散分析を行った結果, 有意差は見られなかった($F_{(3,15)}=1.87$). しかし, サイズ大では設置型と追従型で結果に約 20 秒の差があった. 追従型(大)では「視界の端に問題が表示されていて見づらい」と答えた被験者がいたため, 追従型では視界の中心から離れすぎない位置に表示を行う必要があると考えられる. サイズ小では, 設置型と追従型で同程度の解答時間となり, 表示が見づらくない状態であれば設置型と追従型で作業を行った際の作業効率に違いはない可能性がある. しかし, 追従型(小)は左上に配置しているため, 「表示が少し見づらい」といった意見もあり, その被験者はサイズ小で設置型よりも追従型の方が約 20 秒解答時間が長かった. 表示をより見やすい位置に変更することで結果が変化するか今後調査を行っていく. 設置型(大)の解答時間が最も短い結果となっており, 次の問題が見えていることで作業がやりやすないと感じたと答えた被験者もいたため,多くの情報が見えていることが作業効率を上げる可能性が示唆された.

3 まとめと今後の課題

AR を用いた 4 種類の提示方法で計算問題を解かせ, 解答を終えるまでの時間を比較することで, AR における提示方法の違いが結果に与える影響の評価を行った. 今後は被験者を増やし, サイズや表示場所などを変更することで結果に差が生まれるのかをさらに調査していく.

参考文献

- [1] J. Wang, et al.: Augmented Reality Navigation With Automatic Marker-Free Image Registration Using 3-D Image Overlay for Dental Surgery, *IEEE TBME*, Vol. 61, No. 4, pp. 1295–1304 (2014).

HMD とスマートフォンでの長時間動画視聴による首への負担の比較

江口綾亮, 寺田 努, 塚本昌彦 (神戸大)

1 研究の背景と目的

近年動画ストリーミングサービスなどの流行に伴いコンテンツの長時間化が進んでおり、ユーザが一日に数時間スマートフォンを見続けることも珍しくない。そこで問題となるのが、スマートフォンを支え続ける指の変形や、頭部が下を向き続けることによる首へのダメージなどの健康被害である。このような問題への対策として頭部装着型ディスプレイ(HMD)の利用が考えられる。HMDでの動画視聴は、ディスプレイの特性によって従来のスマートフォンを用いる視聴とは、視聴中のユーザの姿勢が異なることが期待できる。しかし、それぞれの環境での長時間の動画視聴の際の姿勢や身体的影響を比較した研究はない。

そこで本研究では、首への負荷に着目し、スマートフォンと HMD での長時間の動画視聴が首に与える負担を、筋電図(EMG)を用いた筋疲労推定によって比較評価する。スマートフォンでの視聴は、首に最も良くないとされる、頭部が前方に傾く姿勢をとりやすくなる [1]。仮説として、HMD での動画視聴の場合、画面が常に視界に存在しているため頭部が下を向く可能性は低くなり、首への負担も少なくなると考える。

2 EMG による筋疲労推定

本研究では首への負担の評価として、EMG を用いた筋疲労推定を行う。一般的に、筋肉の疲労に伴い、EMG の周波数パワースペクトルの面積を二等分する中間周波数(MF)が低周波数帯へと移行することが知られている。また、EMG の特性として、異なる被験者や電極設置位置のずれによってもセンサ値の振幅や周波数特性が変化してしまう。しかし、本研究では被験者内での比較を行い、なおかつ被験者の姿勢変化も激しくないため、同じ位置に電極を張り続けたまま測定を行うのでこれらの影響を排除できる。

3 実験

3.1 方法

筋電位センサの電極は、アルコールペーパーで装着位置を拭いてから、電極間距離 2cm で胸鎖乳突筋と上部僧帽筋に貼り付け、基準電極は第七頸椎に貼り付けた。被験者はスマートフォンと HMD のそれそれで、着座状態で 1 時間動画を視聴し、視聴前、30 分後、1 時間後に EMG を測定した。使用したスマートフォンは iPhoneXR、HMD は単眼シースルータイプの Vusix BLADE である。スマートフォンと HMD での実験は別日に行い、実験前には被験者に十分に休息をとらせ、首の疲労を感じていない状態で実験を開始した。また、ビデオカメラで被験者の頭部の姿勢変化を記録した。コンテンツへの興味も視聴する姿勢に影響すると考えたため、被験者が見たい動画を動画ストリーミングサービスから選び視聴してもらった。さらに、EMG 計測時に被験者は、首と目の疲労感について、痛みや疲労の評価指標である Numerical Rating Scale (NRS) を用いて 11 段階 (0: 疲労無し–10: 想定できる最大の疲労) で回答した。被験者は 20 代男性 1 名である。

3.2 結果と考察

実験で得られた EMG から、高速フーリエ変換を用いて周波数パワースペクトルを求める。例として、スマートフォン

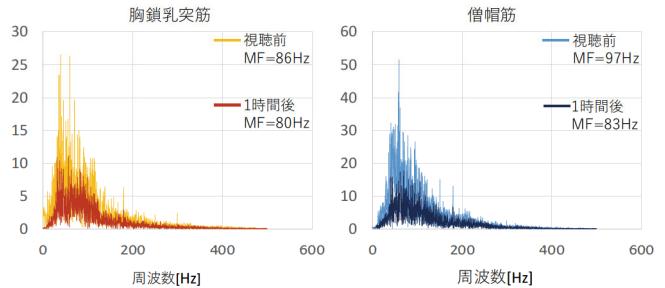


図 1: スマートフォン視聴時の EMG 周波数パワースペクトル

表 1: 実験結果

	胸鎖乳突筋 MF		僧帽筋 MF		首疲労 NRS		目疲労 NRS	
	スマホ	HMD	スマホ	HMD	スマホ	HMD	スマホ	HMD
視聴前	85	76	97	99	0	0	0	0
30 分後	53	78	88	85	2	1	1	3
1 時間後	80	76	83	99	5	3	1	5

で視聴した時の周波数パワースペクトルを図 1 に示す。実験結果を表 1 に示す。表 1 のそれぞれの筋肉の MF から、HMD での視聴の方が首の疲労度が増していないことがわかる。また、NRS の結果からも HMD の方が首の疲労感は増えていないことがわかる。頭部姿勢について、HMD での視聴時は首をぐるぐる回したり、正面より上を向いている時間が長かった。これは常に視界に画面が存在しているため、動画を視聴しながら容易に頭部姿勢を変えることができるためだと考えられ、このような動作や姿勢が首の疲労を和らげたと考える。

一方で、スマートフォンの視聴では、スマートフォンを持つ手を目線の高さまで上げることはなく、頭部が前方に傾いている時間が長かった。また、スマートフォンを持っているだけでも肩に負担がかかり、僧帽筋の疲労度が高まった可能性がある。以上のことから、スマートフォンよりも HMD での視聴の方が首にかかる負担は少ないといえる。しかし、目の疲労度に関する NRS では HMD の方が数値が高くなっている。これは今回用いた HMD が单眼シースルータイプであるため、画面を見るという行為にかかる負担は大きくなったと考える。

4 おわりに

本研究では、スマートフォンと单眼シースルータイプ HMD での長時間動画視聴が首に与える負担の比較評価を行った。実験の結果、HMD での視聴の方が首の疲労は少ないという結果であったが、目などの他の部位にスマートフォンでの視聴よりも疲労を与える可能性も示された。

今後はフルマウント型 HMD などの他の HMD を用いた長時間視聴や、直立あるいは歩行など別の姿勢での動画視聴による疲労の評価を行う予定である。

参考文献

- [1] J. H. Choi, et. al.: An analysis of the activity and muscle fatigue of the muscles around the neck under the three most frequent postures while using a smartphone, (2018).

広告閲覧時の視点情報に基づく読中判別手法

濱本 昂, 寺田 努, 塚本昌彦 (神戸大)

1 研究の背景と目的

近年, デジタルサイネージと呼ばれるディスプレイなどの電子的な表示機器を使って情報を発信する媒体を目にする機会が増えているが, 多くの一般的なデジタルサイネージには課題がある。それは, どんなユーザに対しても画面遷移等決まったパターンでしか表示内容を変化させず, 視力の悪いユーザに対応できないということである。デジタルサイネージは, 表示内容の切り替えが容易で目的に合わせた広告の提示に適しているが, このような現在の多くのデジタルサイネージはその特徴を最大限生かし切れているとはいえない。特に, 視覚情報を主とするデジタルサイネージでの情報提供において, 細かい文字などを用いた表示は視力の悪いユーザに対して最大の障壁となりうるため, 大きな問題である。

この解決策として, ユーザが広告中の文章を読めているかどうかを判別し, 表示を変えることが考えられる。広告中の文字を読めていないと判別した場合には表示している文字の大きさやフォントを変更することによって, デジタルサイネージの強みを活かしつつ幅広い視力のユーザに対してより適した表示を行うことが可能である。デジタルサイネージは駅やデパートなど公共の場で用いられることが多いことから, このシステム構築のためにはユーザに特別な装置の着用を必要とせず, サイネージを見るだけで視力判別可能な手法が必要である。

そこで本研究では, 広告閲覧時の視点情報に基づき, ユーザが広告中の文章を読めているかどうかを判別し, 目が悪いために文章を読めていないユーザに対して, 文字の大きさなどの表示内容を変化させるデジタルサイネージシステムを提案する。本稿では, サイネージシステム構築の足掛かりとして, 広告閲覧時の視点情報に基づき, ユーザが広告中の文章を読めているかどうかを判別する手法を提案し, その評価を行った。

2 読中判別手法

提案手法では, デジタルサイネージ上に表示される広告閲覧時のユーザの視点情報を取得する。その後, 視点情報を一定時間で分割し, それぞれの視点情報を複数の特徴量で表す。このようにして得られた特徴量を用いて, ユーザが広告中の文章を読めているかどうかの判別（読中判別）を行う。

視点情報の分析は, 大まかに3つのプロセスに分類される。まず, 取得した視点情報を Kunze らが提案した視点情報の分析手法 [1] に基づき, 滞留しているとき (fixation) と移動しているとき (saccade) の2つに分類する。そして得られた fixation と saccade に対して, 一定時間でグループにする。このようなグループごとに, 特徴量を抽出する。視点情報を分析したのち, fixation 持続時間の平均, saccade 長の平均, saccade 長の最小値, saccade をベクトルとみなした際の合成ベクトルの x, y 成分, ウエーブレット変換後の振幅の大きさの平均, の6つの特徴量を得る。次に, RandomForest を用いてこれらの特徴量から表1に示す6つのクラスに分類する。最後に, GV, GH, BV, BH の4クラスを文章を読んでいる状態 (R), GN, BN の2クラスを文章を読んでいない状態 (NR) に分類し, 読中判別を行う。

表 1: クラス分け

	目がいい (G)	目が悪い (B)
縦方向の文章を見ている (V)	GV	BV
横方向の文章を見ている (H)	GH	BH
文章を見ていない (N)	GN	BN

表 2: 実験結果

	R	NR	precision
R	12379	4480	0.73
NR	1279	1825	0.41
recall	0.91	0.71	0.67

3 評価実験

2章で示した判別手法で, 正しく読中, 非読中をできていけるか調べるための実験を行った。被験者は8名（視力0.4以上が4名, 0.4より下が4名）である。被験者は, プロジェクタにより投影された広告の内容を約60cm離れた位置から読み, その際の視点情報を記録した。視点情報取得にはOpenFaceを用いた。OpenFaceはオープンソースの顔の動作解析ツールであり, 頭の向きや黒目の位置からユーザの視点を推定する。また, OpenFaceはウェブカメラとPCのみで実行可能であり特別なハードウェアは必要ないため, サイネージが多くみられる公共の場での活用に適していると考えられる。広告を読む際の視点の順序について被験者にアンケート調査を行い, 表1の6つのクラスの正解ラベルを作成した。その後, 提案手法を用いて視点情報から正しく判別を行えているかを10分割交差検証により調査した。

読中判別の認識率を表2に示す。F値で0.67の精度が得られた。文章を読んでいる状態 (R) の判別は高い精度で行うことができたが, 文章を読んでいない状態 (NR) の判別精度は低かった。この原因として, 文章を読んでいる状態は縦読み横読みを行っているので視線の動きに規則性がみられるが, 文章を読んでいない状態は図を見ている時, 視線を大きく移動させている時など複数の状態が混在しているため判別が困難であったと考えられる。

4 まとめと今後の課題

広告閲覧時の視点情報に基づき, ユーザが広告中の文章を読めているかどうかを判別する手法を提案し, その評価を行った。今後は本手法に改良を加えたうえで, ユーザの視力に合わせて文字の大きさなどの表示内容を変化させるデジタルサイネージシステムの実装に取り組んでいく。

参考文献

- [1] K. Kunze, Y. Utsumi, Y. Shiga, and K. Kise: I Know What You Are Reading - Recognition of Document Types Using Mobile Eye Tracking, *Proc. of The 12th International Symposium on Wearable Computers (ISWC 2013)*, pp. 113–116 (Sep. 2013).

装着型小型カメラを用いて撮影した部分映像から自己表情を再現するシステム

青木啓晃（神戸大），磯山直也（奈良先端大），寺田 努，塚本昌彦（神戸大）

1 はじめに

表情は自身の感情や精神状態を表しており、表情からは多くの情報が得られる。例えば、楽しい時には喜びの表情、落ち込んでいる時には悲しみの表情などが表われ、表情はリアルタイムで変化する。そのため、常に表情の変化を認識し、記録できれば、様々なサービスに利用可能である。

表情の認識には、カメラで顔の全体を写した画像（以下、顔全体画像）を用いることが一般的であるが、カメラを常に顔の前方に配置することはユーザーの視界の妨げとなるため、表情認識を常時行うことには適さない。Tian らは、表情を作り出す際の顔の動きには部位によって偏りがあることに着目し、顔上から特徴点を取り出しその変化から、顔上の特徴点の変化から表情認識を行っている [1]。これより、カメラで撮影する範囲が顔上の特定の範囲のみでも表情認識が可能であると考えた。

そこで、本稿では視界の妨げとならない位置に配置した小型カメラで顔上の特定の部位を撮影し、疑似的な顔全体画像を作成することで表情認識を常時行うシステムを提案する。

2 提案システム

提案システムの概要を図 1 に示す。顔撮影用のデバイスは、2 個の小型 USB カメラと 2 個の鏡、固定具から構成される。固定具は、カメラと鏡を顔周囲に配置するために、カメラと鏡を固定できるようにしつつ、眼鏡の右目側のテンプル部分を模して、3D プリンタで作成されている。表情認識に重要な顔上の部位を調査した予備調査の結果を基に、カメラで鏡に反射された顔の右側の目元と口元を撮影する。鏡に反射させて撮影することで、顔に近く、ユーザの視界を妨げない位置にカメラを配置できる。

撮影された画像が PC に送信され、予め用意した無表情の顔画像（以下、無表情画像）の対応部位と入れ替えられ、疑似的な顔全体画像（以下、合成画像）が作成される。撮影画像と無表情画像ではカメラの角度が異なるため、合成前に撮影画像の向きの補正を行う。補正にはアフィン変換を使用し、変換後の画像を対応部位に合わせてトリミングする。アフィン変換に用いる行列式は、本稿では無表情画像と、無表情時にデバイスで撮影した画像を用いて手動で定める。無表情画像については、正面から撮影した顔全体画像と、両目が写るように斜め前から撮影した顔全体画像の表情認識の結果間に差異が少ないと確認できたことから、撮影画像の補正の度合いを軽減するために、左斜め前から撮影した画像を用いる。ここで、デバイスで撮影した画像は左右反転しているため、無表情画像は左斜め前から撮影する。無表情画像と撮影画像の色の差異に関しては、対応部位の RGB 値の平均値の差を用いて撮影画像の RGB 値を調整する。

表情認識には Azure Face API を用いる。Face API は、入力した顔画像を 8 つの感情（驚き、悲しみ、中立、喜び、恐怖、嫌悪、軽蔑、怒り）に対して、それぞれの感情の信頼度を数値化（以下、パラメータ値）し、合計が 1 となるように認識結果を出力する。

3 評価実験

提案システムで作成した合成画像と顔正面から撮影した画像（以下、表情画像）をそれぞれ Face API にかけた際の

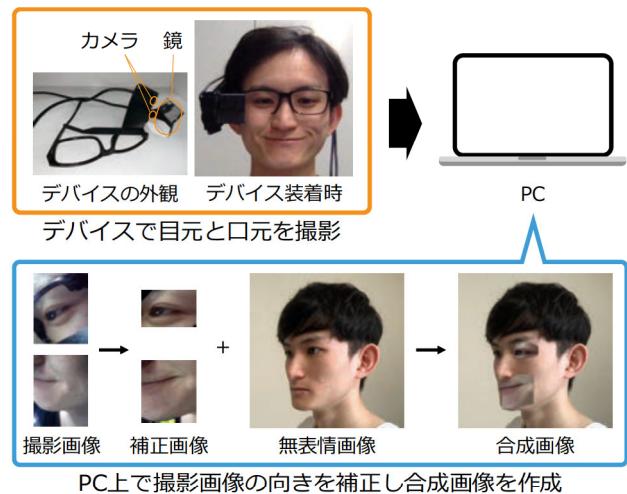


図 1: 提案システムの構成

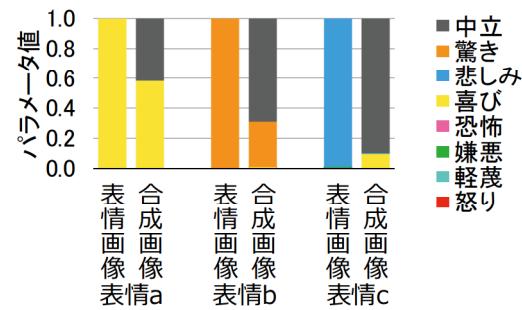


図 2: 評価実験の結果

結果を比較し、提案システムの評価を行った。評価には、3 つの異なる表情（表情 a–c）を用いた。デバイスの自重が重く、装着ごとに撮影位置がずれたため、画像の合成位置は表情ごとに手動で調整した。

結果を図 2 に示す。全ての表情において、提案手法の結果は表情画像と比べて「中立」の値は 0.4 以上増加しており、表情画像と異なる結果となった。特に表情 c では、「悲しみ」の値が 0.993 から 0.009 に、「喜び」の値が 0 から 0.087 に変化した。

今回、認識精度が低くなったのは画像の補正が十分ではなく、本来の表情を十分に再現できていないことが原因であると考えられるため、今後は補正方法について検討していく。また、提案手法を用いることで中立の割合が大きくなるため、表情の認識結果を出力する際に、中立の値の扱いについて検討する必要がある。

4 まとめ

本稿では、2 個の小型カメラで顔の右側から目元と口元を撮影した画像から、ユーザの表情表出時の顔画像を再現し、常時表情認識を行うシステムを提案した。評価実験の結果、認識精度が低く、多くの課題が見つかった。今後は、撮影画像の合成方法について検討することで精度の向上を行う。

参考文献

- [1] Y. Tian, T. Kanade, and J. F. Cohn: Facial Expression Recognition, *Handbook of Face Recognition*, pp. 487–519 (2011).

自己表情が他者からフィードバックされることで笑顔が促進されるシステムの評価

堀江彩太, 寺田 努, 塚本昌彦(神戸大)

1 研究の背景と目的

他者とのコミュニケーションにおいて、会話内容そのものの言語情報とは別に、話し方や仕草、表情などの非言語情報が相手に与える印象は大きい。Mehrabian はコミュニケーションにおいて他者に与える印象の要因の割合を調査しており、会話内容が 7%, 声のトーンや話し方が 38%, 表情や仕草が 55%という結果を示している[1]。この結果から会話中の非言語情報、とりわけ表情や仕草が他者に与える印象の影響は大きく、例え相手に良い印象を与える場合、できるだけ笑顔でいることが望ましいといえる。しかし、我々が会話中に自分自身がどのような表情をしているかを意識する機会は少ない。そこで筆者らはリアルタイムに人の表情推定ができるカメラセンサに着目した。このカメラセンサを用いて自己表情が他者に与える印象を可視化できれば、会話中の自分自身の表情を意識する機会が増えるため、自分の笑顔表出が少ないにも関わらずその状況に気付かないという問題を解決できるのではないかと考えた。

本研究では、会話中に他者の表情を他者に提示するメガネ型デバイスを互いに装着することで、自己表情が他者から視覚的にフィードバックされるシステムを提案する。またメガネ型デバイスからフィードバックするパターンと環境内の LED 光からフィードバックするパターンを比較し、提案システムによるフィードバック特性を調査する。

2 提案システム

提案デバイスの構成を図 1 に示す。表情推定を行うためのカメラセンサとしてオムロン社の HVC-P2 をメガネに取り付け、有線でマイコンに接続した。カメラセンサは毎秒 2 回ずつ画像を取得し、検出した顔の表情データをマイコンに送信する。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 になる数値で出力される。カメラセンサから得た表情データに応じてメガネの前面と横面に取り付けた LED が点灯、点滅することでデバイス装着者の話し相手に対してフィードバックを行う。LED はメガネの外側に取り付けているため、装着者には見えない。

3 評価実験

フィードバックの場所による会話中の変化を調査するため、図 2 のように 2 名 1 組の会話実験を行った。被験者は 20 代男性 2 名(1 組)である。両者ともにメガネ型デバイスを装着した状態で 10 分間の会話をう。会話はメガネからのフィードバックと机上からのフィードバックのそれぞれについて、両者のフィードバックの有無のパターンを変えて 3 回ずつ行った。どちらもフィードバックを受けない(どちらのデバイスも光らない)パターン I, 被験者 A のみがフィードバックを受ける(被験者 B が装着するデバイスのみが光る)パターン II, 被験者 B のみがフィードバックを受ける(被験者 A が装着するデバイスのみが光る)パターン III の計 3 回である。LED によるフィードバックの機能としては、喜びの数値が 50 以上となる表情を笑顔とみなし、笑顔であることを意識するために LED を白色点灯させる。また笑顔を一度も検出しない時間が 20 秒以上続いた場合、次に笑顔が検出されるまで笑顔を促すための警告として LED を赤色に点滅させる。これらのフィードバックを行う場所が変わ



図 1: 提案デバイス



図 2: 実験のイメージ図

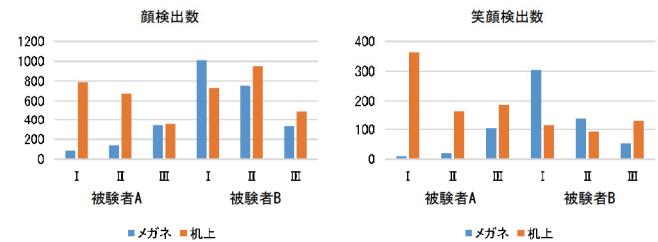


図 3: フィードバック箇所別の顔検出数と笑顔検出数

ることによって、10 分間の会話における顔を合わせる回数(顔検出数)と笑顔検出数が増えるという仮説のもと結果の比較検証を行う。なお被験者にはそれぞれの会話について異なるテーマを与えた。被験者に対する他の指示として、会話の前にメガネ型デバイスの機能の説明は行ったが、本実験の意図は伝えずに実験を行った。

実験結果を図 3 に示す。顔検出数に関して、ほとんどの場合でメガネよりも机上からのフィードバックの会話のほうが多い結果となった。このような結果となった原因として、会話の盛り上がりの違いがあったことが挙げられる。笑顔の検出数についても同様に、多くの場合でメガネよりも机上からのフィードバックの会話のほうが多い結果となった。しかし被験者ごとに比較してみると、被験者 B はパターン I, パターン II において、メガネからのフィードバックのほうが笑顔検出数が多くなっている。他の被験者についても追加調査をする必要がある。

4 まとめ

本研究では、会話中に他者の表情を他者に提示するメガネ型デバイスを互いに装着することで、自己表情が他者から視覚的にフィードバックされるシステムについての特性を調査した。

参考文献

- [1] A. Mehrabian: Communication Without Words, *Psychological Today*, Vol. 2, pp. 53–55 (1968).

表情・頭部姿勢・瞬きの情報に基づく状況内評価の推定

近藤杏祐（神戸大），加藤 浩（放送大），大西鮎美，寺田 努（神戸大），葛岡英明（東京大），久保田善彦（玉川大），鈴木栄幸（茨城大），塚本昌彦（神戸大）

1 研究の背景と目的

我々は、日常的かつ即興的に他者の行為を評価する言動を表出している。このような評価行動を状況内評価と呼ぶ。従来の能力評価として一般的に用いられるアンケートやペーパーテストが別環境で事後に知識や記憶量といった能力を測定するのに対し、状況内評価は、評価行動を記録し集計することで、学習者が実践中に発揮した能力を測定できる。よって、従来の教育評価を補完するもう一つの教育評価となりうる。

状況内評価を実践の場から拾い上げて記録・集計し、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、教育内容の調整に用いたりすることに役立てられる。また、議論などの共同作業の場においては、周囲の評価を知ることで、少数意見を取り上げたり、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。

本研究では、実践の場での他者に対する状況内評価としての表出をポジティブ・ニュートラル・ネガティブの3種類に単純化し、それらをセンサを用いて機械学習により推定し、リアルタイムに集計して場にフィードバックするシステムの構築を目指す。本稿では、カメラから得た表情の特徴量とメガネ型デバイスにより得た頭部の動き特徴量、瞬き特徴量を用いて状況内評価を推定可能か検討した。

2 データ収集システム

状況内評価に関係すると考えられる表情や動作といった表出をセンサデータから取得するために、被験者は顔の正面にカメラを設置し、メガネ型デバイスのJINS MEMEを装着した状態で実験に参加した。JINS MEMEは眼電位センサー・加速度センサー・ジャイロセンサーを搭載している。

本システムは正解データとセンサから得られる特徴量の関係を学習し、状況内評価を推定する。状況内評価の正解データには顔を正面から撮影した録画映像をみて、うなづき、笑い、発言内容、表情などから他者がポジティブ状態、ネガティブ状態をラベル付けしたデータを用いた。カメラで得られた顔映像からは、OpenFaceで取得可能な顔の動き(AU: Action Units) 18成分を特徴量として抽出した。OpenFaceとはオープンソースの顔の動作分析ツールキットである。JINS MEMEからは、3軸加速度(x軸, y軸, z軸)の生データ、1秒間(20サンプル)の平均および分散と頭部姿勢(ロール角、ピッチ角、ヨー角)の生データ、1秒間(20サンプル)の平均および分散、3秒間(60サンプル)で起こった瞬きの回数の19個の特徴量を抽出した。

3 実験

収集したデータから、状況内評価が推定可能かどうかを調べるための実験を行った。RandomForestを用いて、センサによる特徴量でネガティブ、ニュートラル、ポジティブの3つのクラスを分類できるか10分割交差検証により調査した。被験者は20代女性1名(被験者A)と50代教育工学系研究者男性1名(被験者B)である。参加者7名の研究打合せ3回のデータをそれぞれ約1時間分収集し、被験者Aのデータ2セット(データA₁, データA₂)、被験者Bのデータ1セット(データB)を分析した。

表 1: 認識率

	データ A ₁			データ A ₂			データ B		
	適合率	再現率	F値	適合率	再現率	F値	適合率	再現率	F値
Negative	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.18	0.18
Neutral	0.99	0.96	0.98	0.99	0.93	0.96	0.91	0.94	0.92
Positive	0.22	0.73	0.33	0.40	0.86	0.55	0.20	0.10	0.13

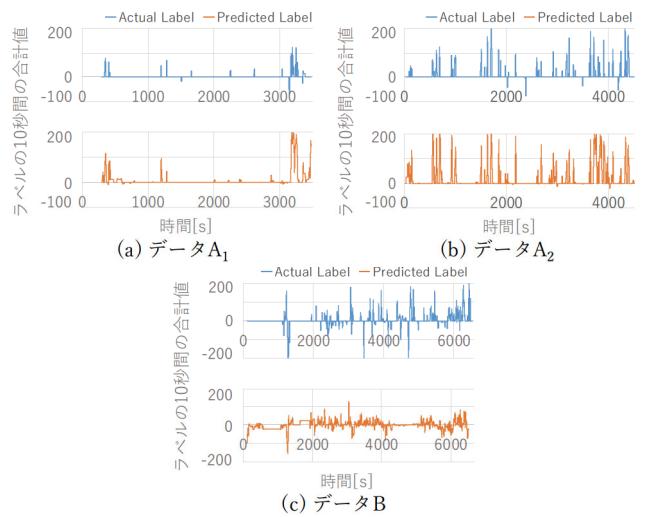


図 1: 時系列の認識結果

各データにおける各クラスの認識率を表1に示す。データA₁, A₂, Bの認識率は平均F値でそれぞれ0.44, 0.50, 0.41であった。表からネガティブは全データにおいてうまく認識できていないことがわかる。被験者Bはポジティブも再現率、適合率ともに低く、認識できていない。一方で被験者Aのデータにおいてはポジティブの再現率が高い。

図1に時系列の認識結果を示す。それぞれ青の折れ線グラフが状況内評価の正解データ、橙の折れ線グラフが推定結果であり、ポジティブラベルの付与された箇所を+1、ニュートラルラベルを0、ネガティブラベルを-1として、10秒間(200サンプル)の合計値を表す。F値の認識率は低いが、図1からデータA₁, データA₂では正解のポジティブ、ネガティブがラベル付けされたデータに近い時間にポジティブ、ネガティブを推定していることがわかる。したがって、瞬間的な状況内評価は推定できていないが、大まかな評価の変化は推定できている。

データBに関しては正解ラベルに近い時間に推定ラベルがあるといった関係は見られなかった。これは被験者Bが被験者Aに比べて、発言などの今回使用した特徴量では汲み取れない表出を行っていたこと、表情や頭部の動きの変化が小さかったことが原因と考えられる。したがって特徴量を改善する必要がある。十分な推定精度は得られなかつたが、正解データ作成の際に推定結果を提示することでラベリング支援などには活用できる可能性がある。

4 まとめと今後の課題

本稿では、他者に対する表出をセンサを用いて推定し、リアルタイムに集計するシステムを提案した。Action Unitsと頭部加速度、頭部姿勢、瞬きの特徴量を用いて評価した結果、F値で平均0.45の認識率が得られた。今後は特徴量の改良などをを行うことで精度向上を目指す。

顔表情の認識と拡張による会話満足度向上手法の検討

東 健太, 磯山 直也, 酒田 信親, 清川 清 (奈良先端科学技術大学院大学)

1 研究の背景と目的

気持ちや意見を他者に伝えるコミュニケーションは日常生活において頻繁に必要であり、生活を送る上で重要な一端を担っている。コミュニケーションの形態は様々あるが、対面コミュニケーションを想定すると、全ての会話参加者が満足できることが望ましい。しかし実際には、相手の表情や視線の動きによっては発言しにくく感じる人や、会話の場の居心地が悪く感じたりする人がおり、会話参加者の全員が会話に満足できるとは限らない。

対人コミュニケーションにおける満足度については、これまで様々な研究が行われてきた。例えば、土屋ら [1] によると、会話相手からの視線や笑顔は会話満足度に影響するとされている。また、桜木ら [2] によると、3 者間会話においても、全般的な非言語的表出性と会話満足度は正の相関関係にある。このように、会話の満足度には非言語的な情報が大きく関わっていることが明らかにされてきた。

一方、コミュニケーションの支援を行うための様々なシステムが開発されている。島田ら [3] は、会話全体の統計的情報を計測・可視化し、フィードバックするシステムを制作し、ゲーミフィケーションを取り入れることで、多人数コミュニケーションにおける会話の偏りを抑制しようとした。しかし、会話の場に留まりたいものの、関心の低い話題や消極的な性格などのために、積極的な発言ができない、あるいはしたくない状況も考えられる。このような状況では、会話の偏りを抑制する方法は、消極的な参加者に発話を強いるため満足度が高まらない可能性がある。消極的な参加者の満足度を高める方法として、発話の少ない参加者に対して、他の参加者が視線や笑顔を向けたり同意を促すしぐさをすることで存在を承認することが考えられる。そこで本稿では、発話者の顔を視覚的に変調させることで、消極的な会話参加者を承認する非言語情報を送り、これによりそのような参加者の満足度を向上させる方法を検討する。

2 提案手法

図 1 のように会話相手の表情を認識し、会話相手の顔の周辺に、表情に応じた画像を重畠表示するシステムを提案する。光学透過型 HMD (Head Mounted Display) を通してユーザに、会話相手が笑っているなら笑顔のアイコンを、悲しそうにしているれば涙目のアイコンをリアルタイムに表示する。また、逆に会話相手が実際には笑っていないにも関わらず笑顔のアイコンを表示することも行えるようとする。

まず、笑顔のほかに悲しみ、驚きなどの感情を認識できるようにし、それに応じた簡単なアイコンを表示するようにする。実際にどのような画像の表示が適しているのかは今後評価実験などを通して検討していく。

3 試作システム

実際に試作したシステムの構成について述べる。まず、ユーザが使用するデバイスには、軽量でスタンドアロン式の光学透過型 HMD である Magic Leap One を採用した(図 1)。Magic Leap One では、HMD の前方部にカメラが内蔵されており、カメラが定期的に写真を撮影し、その画像データをサーバに送るように実装した。サーバ側では Microsoft Azure Face API を用いて、送られてきた画像データを分析すると、



図 1: 試作システムの構成

顔画像に怒り・悲しみ・喜びなどの表情がどれくらいの割合で表されているかという結果が得られる。そして、Magic Leap One はこの結果に応じたアイコンをユーザの視野に提示する。また、Microsoft Azure Face API は画像中の顔の座標位置を出力可能である。この出力座標に基づいてアイコンは相手の顔付近に提示される。

4まとめと今後の課題

本研究では、会話相手の表情を認識し、それに応じた画像を重畠表示する、発話に消極的な会話参加者の満足度向上するシステムを提案・試作した。現在は光学透過型 HMD による画像表示システムだが、将来的にはビデオ透過型 HMD を用いたシステムも実装する。ビデオ透過型 HMD では、光学透過型 HMD と比較して実世界の視野を柔軟に制御できるなどのメリットにより、リアルタイムに視線や領きといった非言語的コミュニケーションの操作を行える。光学透過型 HMD とビデオ透過型 HMD のそれぞれのメリットを活かしたシステムを構築することで、会話の満足度にどう影響を及ぼすか調査していく。

参考文献

- [1] 土屋 裕希乃：会話場面における視線行動と満足度および印象評価の検討、国際経営・文化研究 = Cross-cultural business and cultural studies, 国際コミュニケーション学会誌 21(1), 153-162, 2016-12.
- [2] 桜木 亜季子, 木村 昌紀, 磯 友輝子, 大坊 郁夫 : 3 者間会話場面に視覚メディアが果たす役割 一笑顔とうなずきの表出、及びそれらの行動マッチングに注目してー、対人社会心理学研究 5, 39-47, 2005.
- [3] Hiroyuki Adachi, Seiko Myojin, Nobutaka Shimada : ScoringTalk: a tablet system scoring and visualizing conversation for balancing of participation, SIGGRAPH Asia 2015, Mobile Graphics and Interactive Applications, Article No. 9, 2015.

耳装着型赤外線距離センサを用いた頭部状態認識手法の提案

大山航平, 双見京介(立命館大学), 村尾和哉(立命館大学, JST さきがけ)

1 研究の背景と目的

ハンズフリー入力のインターフェースは情報機器をあらゆる場面で利用するために重要である。ハンズフリー入力の用途で、頭部ジェスチャや顔面ジェスチャの認識手法が研究されてきた。本研究では、耳装着物に赤外線距離センサを埋め込むことで、ユーザの顔面ジェスチャと頭部ジェスチャを認識する手法を提案する。そして、どの耳装着物のどの位置に赤外線距離センサを付ければ、何のジェスチャが認識できるかを明らかにする。本手法は、ジェスチャに伴って起こる耳周辺部分の皮膚の動きをもとに、ジェスチャを認識する。この皮膚の動きの認識は、赤外線距離センサから皮膚までの距離の変化をもとに行う。本稿では、3種類の耳装着型のプロトタイプデバイスを実装した。そして、提案手法で顔面ジェスチャと頭部ジェスチャを認識できるかを検証した。

2 提案手法

顔面ジェスチャや頭部ジェスチャの際には、耳周辺の筋肉が連動して動く。これによって自然発生する皮膚の動きをもとに、提案手法はジェスチャを認識する。提案手法の流れは次のようになる。まず、耳装着物に設置された複数の赤外線距離センサから赤外線を照射し、センサと皮膚の間の距離を得る。次に、得たセンサ値から特徴量を抽出する。最後に、特徴量に機械学習を適用してジェスチャを認識する。

提案手法のプロトタイプシステムを実装した。図1に3種類のデバイスを示す。デバイスには、赤外線距離センサ(TPR-105F)、耳の根の装着物としてイヤホンコード結束用途の耳根装着型シリコン、耳たぶや耳珠の装着物としてイヤーアクセサリを利用した。1つ目の耳付け根型は、耳の着け根に巻き付けて装着する。赤外線距離センサを耳の付け根側に7個、頭部側に7個設置した。これによって、耳根とセンサの間の距離変化と、耳裏とセンサの間の距離変化を得る。これは、イヤホンの耳根に付ける部分やメガネのつるへの適用を想定している。2つ目の耳たぶ型は、耳たぶに装着する。赤外線距離センサを顎側(顎関節側)に角度を変えて4個設置した。これによって、顎関節と耳たぶの距離変化を得る。これは、耳たぶに対するイヤーアクセサリへの適用を想定している。3つ目の耳珠型は、耳珠に装着する。赤外線距離センサを耳穴(外耳孔)の側面に向けて角度を変えて3個設置した。これによって、耳穴の形状変化に伴って起こる、耳穴側面とセンサの間の距離変化を得る。特徴量としては赤外線センサの値の瞬時値とした。つまり、耳付け根型デバイスであれば、14個の赤外線センサから得られる瞬時値14次元が特徴量となる。この特徴量に機械学習を適用してジェスチャを認識する。サンプリング周波数は100[Hz]である。



図1: プロトタイプデバイス



図2: 実験で使用したジェスチャ

表1: 認識精度

ジェスチャ	a	b	c	d	e	f	g
F 値	0.95	0.87	1.0	1.0	0.89	1.0	1.0
ジェスチャ	h	i	j	k	l	m	n
F 値	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
ジェスチャ	o	p	q	r	s	t	u
F 値	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

3 評価実験

提案手法を評価するために、すべての作成デバイスを装着し、顔面ジェスチャと頭部ジェスチャを行った際のデータを採取した。被験者は20代男性1名で、3種類のデバイスを装着した状態で、頭部状態認識に関する先行研究[1]と同じ21種類のジェスチャを意図的に行い、各ジェスチャを10秒間継続させた。ジェスチャを図2に示す。取得データの瞬時値を特徴量として、各ジェスチャについて約90個のデータを得た。

SVMを用いて10分割交差検証を行った。結果から、全データ数に対する正解率は98.6%であった。ジェスチャごとの認識精度を表1に示す。「Blow Up」、「Blow Up Left」、「Eye Wink」のジェスチャ以外は高精度に認識できるとわかる。

4 まとめと今後の課題

本研究では耳装着型の赤外線距離センサを用いて人間の頭部状態を認識する手法を提案した。今後は、ジェスチャと被験者を増加してデータを取得し、認識精度に重要なセンサ位置やセンサ個数を明らかにする予定である。

参考文献

- [1] Amesaka, T., Watanabe, H., and Sugimoto, M. Facial expression recognition using ear canal transfer function. In Proceedings of the 23rd International Symposium on Wearable Computers, pp. 1–9 (2016).

VR 映像が与える影響を活用した歌唱時の発声支援システムの調査

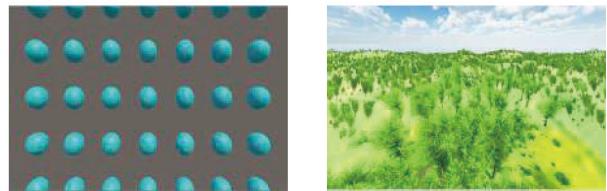
坂名純太, 寺田 努, 塚本昌彦(神戸大)

1 研究の背景と目的

カラオケの普及などにより、人前で歌う機会が増え、歌唱練習に興味をもつ人も多い。歌唱には、音程やリズムなど様々な要素が関わっており、発声もその一つである。発声練習を行うことで声に柔軟性を与え、声帯を効率的に動かすことで少ない力で大きな声を発声することができ、歌唱中の喉の負担を軽減することができる。良い発声には、特定の筋肉に力を入れて、他の筋肉はリラックスしているということが同時に求められる。しかし、発声の際に重要な筋肉は、普段の生活であまり使わない箇所が多く、単に意識するだけでは正しく筋肉を使いこなすことは困難であり、専門的知識のない人には正しく使っているかの判断は難しい。その為、重要な筋肉を正しく使うことを補助する目的で、特定の姿勢や特定のイメージを持って練習するという手法がよく用いられている。しかし求められる姿勢やイメージは異なる為、発声パターンごとに姿勢やイメージを切り替える必要があり、発声者への負荷が大きい。また、発声者自身の頭の中でリアルなイメージを想起しながらの練習では、発声への意識が薄れてしまい効率が下がってしまう恐れがある。これらのことから専門的な知識のない人にとって、声楽的な観点からの練習は実践が難しいと考えられる。岡野らの研究では、周辺視野ディスプレイを用いて被験者に視覚効果を与える結果ユーザの無意識による身体動作に影響を与えた[1]。そこで、VR 映像を用いることで無意識のうちにユーザの発声時における運動に影響を与え、良い発声を促せるのではないかと考えた。本研究では、VR 映像が与える影響を活用し、歌唱時の発声を暗黙的に支援するシステムの構築を試みる。本稿では、見る映像によって高音の発声のしやすさに差異があるかについて調査を行った。

2 VR 映像が高温発声に与える影響の評価

高音の発声時に良いとされる低重心の姿勢を促す効果が期待できる映像として、相対的に自分が下に移動しているかのような感覚と、前進している感覚を覚える効果を狙ったもの、さらに、その逆の効果が考えられるものを 2種類ずつ計4種類用意した(図 1)。それぞれの映像の動きと分類を表 1 に示す。本実験では、発声練習の一種で現在広く行われているド・ミ・ソ・ミ・ドの音程を 1 セットとし半音ずつ音階が上がるピアノの伴奏の各セットの間に同じ音階の声を出す練習方法を用いた。まず最初に、真っ暗な画面を見た状態で発声、習をさせた。その後、各映像を見ながら発声練習をしてもらった。被験者が明らかに発声出来てない音階まで達した時点でそのパートの発声練習は終了とした。また、それぞれの発声練習の間には、5 分程度の休息を与え、被験者ごとに見せる映像の順番はランダムに決定した。その後、各映像での発声練習においてどの音階のセットで発声が難しいと感じたかと、各映像を見ながらの練習での発声のしやすさを 5 段階(5: とても発声しやすい 1: とても発声しづらい)のリッカート尺度で回答させた。被験者は 20 代の男性 3 名とする。



(a) オブジェクトが上方向に移動する映像と (b) オブジェクトが遠ざかっていく映像
(c) 景色が向かってくる映像と (d) 景色が下方向に移動する映像

図 1: 実験で用いる映像のイメージ

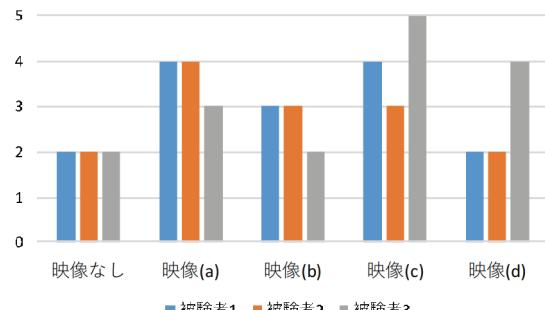


図 2: 実験アンケートの回答結果

アンケートの回答結果を図 2 に示す。分散分析を行った結果有意差があった ($F(2, 48)=2.86, p<.01$)。オブジェクトの移動では、上方向に移動する映像は映像なしの練習に比べ発声がしやすいという回答が多く、下方向に移動する映像は発声のしやすさに変化が無かったまたは発声しにくいう回答だった。また風景の中を移動する映像では、後進よりも前進の方が発声がしやすいという傾向が見られた。これらの結果から、オブジェクトが上方向に移動することで被験者の目線が下がり、無意識のうちに低重心の姿勢になったと考えられる。また景色の移動で被験者が前進している感覚を覚えることにより、乗り物の中で立っている際に重心を下げバランスを取るように自然と体が低姿勢になったのではないかと考えられる。

3 まとめと今後の課題

本研究では VR 映像が人間の身体動作に与える影響に焦点を当て、歌唱時の高音発声を補助する映像についての調査を行った。オブジェクトが移動する映像では上方向が、風景の中での移動は直進の方が高音を発声しやすいという傾向が見られた。今後はさらに多様な映像を用意し、より効果の得られるシステムの選定を行いたい。

参考文献

- [1] 岡野 裕, 雜賀慶彦, 橋本悠希: 速度感覚増強のための周辺視野への刺激提示手法の検討, 情報処理学会研究報告, Vol. 2008-HCI-127, No. 17, pp. 145–150 (2008).

アクティブ音響センシングを用いた食材認識道具の検討

西井遙菜, 双見京介(立命館大学), 村尾和哉(立命館大学, JST さきがけ)

1 研究の背景と目的

人は道具を使用して活動する場面が多くある。こういった場面において、人が道具を介してインタラクションを行った物体を認識できれば有用である。しかし、こういった認識を既存のセンシング技術で行う場合、複数の課題がある。例えば、カメラを用いた物体認識手法には、オクルージョンや心理的負担の問題がある。そこで、本研究では、ユーザの使用道具にアクティブ音響センシング技術を適用させることで、道具が接触した物体を認識する手法を提案してきた[1]。アクティブ音響センシング技術とは、スピーカーを用いて特定の音響信号を物体内部に伝搬させ、マイクで得たその応答の周波数特性を解析することで、物体の種類や状態を認識するものである。本稿では、道具を用いて食材とインタラクションをする食事場面を対象にした。そして、食事に使用するフォークとスプーンといったtable cutleryに提案手法を適用したシステムを実装し、提案手法の有効性を評価した。

2 提案手法

提案手法は、認識したい物体にユーザの使用道具が接触することと、物体が固有の音響特性を持つことを利用して、物体認識を行う。図1にシステムの構成と流れを示す。提案システムは、スピーカとマイクを取り付けたフォークやスプーン、オーディオインターフェース、コンピュータから成る。システムの流れは次のようになる。まず、Sweep信号(Chirp信号)をオーディオインターフェースを通して、道具に取り付けたスピーカから発生させる。次に、道具が食材に接触した際に、道具に設置されたマイクから食材を伝搬した音響信号を取得し、その音響信号から周波数スペクトルを得る。最後に、その周波数スペクトルに機械学習を適用して食材認識を行う。実装には、Steinberg製UR22mkIIのオーディオインターフェース、マイクとスピーカに圧電素子(FGT-15T-6.0A1W40)、プラスチック製のフォークやスプーンを使用した。図2に実装したフォーク型デバイスとスプーン型デバイスを示す。Sweep信号は0.2秒間に1[Hz]から40[kHz]まで直線的に変化させた。マイクから得る音響のサンプリング周波数は96.0[kHz]、32bit浮動小数点とし、FFTを用いて1[Hz]から40[kHz]の範囲の音響の周波数スペクトルを得た。機械学習の分類器にはSVMを用いた。

3 評価

提案手法による食材の認識精度を評価するために、コメ(炊いたもの、22g)、ニンジン(1cmの輪切りの生、2g)、食材非接触状態の3種類の分類を行った。実験では、実験者1名がフォーク型デバイスとスプーン型デバイスを使用して、2種類の食材に接触したデータと食材に非接触状態のデータを収集した。認識対象1種類につき約40秒のwavファイルを2つずつ取得した。このファイルから長さ1秒のウインドサイズにFFTを計算したものを1データとし、1つのwavファイルから約40データ、すべてのwavファイルから合計466データを得た。このデータに対して、SVMを用いて10分割交差検証によって食材の分類精度を評価した。分類結果を表1、表2に示す。認識率は、スプーンで取得したデータは91.4%、フォークで取得したデータは98.7%であった。

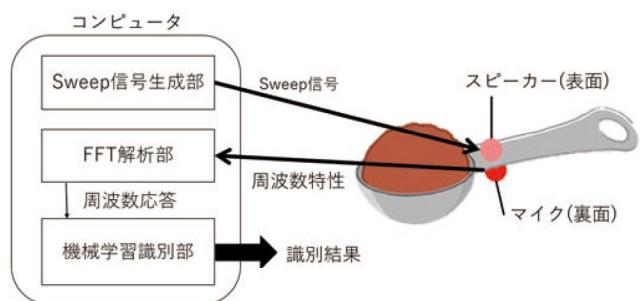


図1: システム構成

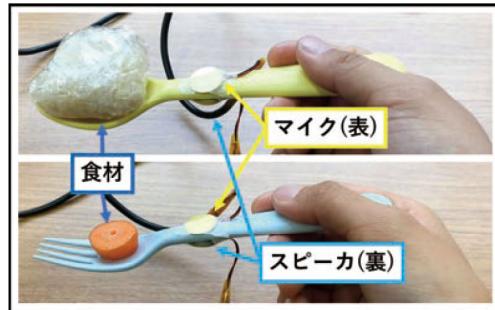


図2: フォーク型デバイス(下図)、スプーン型デバイス(上図)

表1: フォーク型デバイス利用時の Confusion Matrix

	ニンジン	コメ	食材非接触状態
ニンジン	76	1	0
コメ	2	76	0
食材非接触状態	0	0	78

表2: スプーン型デバイス利用時の Confusion Matrix

	ニンジン	コメ	食材非接触状態
ニンジン	68	9	0
コメ	5	67	6
食材非接触状態	0	0	78

4 おわりに

本研究では、ユーザの使用道具にアクティブ音響センシング技術を適用させることで、物体認識を行う手法を提案した。プロトタイプシステムを用いた評価実験の結果から、3種類の認識対象を90%以上の精度で認識できることを確認した。今後は、実験に使用する食器、食材の種類を増やしても認識できるかどうかの検証を行っていく。また、アクティブ音響センシングの特徴として物体の形状に大きな影響を受けるため、同一の食材の形状による認識率の変化も調査する。

参考文献

- [1] 西井遙菜, 双見京介, 村尾和哉, アクティブ音響センシングを用いた野菜認識調理道具, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム(DICOMO2019)論文集, pp. 1731–1738 (2019).

音響と振動の特性が異なる 3D プリンタ生成物を用いたスマートフォンのアプリケーショントリガの提案

八田将志（立命館大学），村尾和哉（立命館大学，JST さきがけ）

1 研究の背景と目的

スマートフォンは多様なアプリケーションと機能で私たちの生活を豊かにしてきたが、それでも手間のかかる作業や工程がいくつか存在している。例えば、料理をしながらスマートフォンに搭載されているストップウォッチの機能を使用して時間を測りたい場合、スマートフォンを起動し、ストップウォッチのアプリを見つけ、時間を入力し計測を開始する必要がある。音声認識技術の台頭により、Siri や Alexa などの発話解析・認識インターフェースを用いて迅速かつ容易にアプリケーションを起動できるようになったが、自然言語処理の複雑さなどによる認識精度の低さが問題視されている。Gong ら [1] は、スマートフォンに搭載された加速度センサ、ジャイロセンサ、マイクで取得したデータもとに、スマートフォンで叩いた物体を識別する手法を提案している。本研究では、Gong らの手法を応用し、ユーザがスマートフォンで音響と振動の特性が異なる 3D プリンタ生成物（以下、オブジェクト）を叩くことでそのオブジェクトを識別し、オブジェクトに対応したアプリケーションを起動するシステムを提案する。本稿では、音響と振動の特性が異なるオブジェクトをスマートフォンで分類するための実験を行う。

2 実験

充填率の異なる 3D プリンタ生成物は、音響と振動の特性が異なる。本研究では、充填率の異なるオブジェクトを複数種類用意し、スマートフォンでオブジェクトを叩くことで加速度データ・音データを取得する。取得したデータを分析し、叩いたオブジェクトを識別する。その後、分類したデータをそのオブジェクトに対応したアプリケーションを起動させる。実験では、センサデータ取得のためにスマートフォンアプリである Hasc Logger を用いて HTC 社製 HTC U12+ で加速度データと音データを取得した。加速度データは 400Hz、音データは 44100Hz でサンプリングした。3D プリンタは Flashforge 社製 Creator Pro を用いて、 $60 \times 60 \times 60$ [mm] の立方体を充填率 10% と 50% の 2 種類で作成した。スマートフォンでオブジェクトを叩く際、ユーザによって叩き方や叩く強さが変化するため、実験者 1 名が上からオブジェクトを上から強く叩いた場合、上から弱く叩いた場合、横から強く叩いた場合、横から弱く叩いた場合の 4 パターンでデータを採取した。図 1 と図 2 に上から強く叩いた場合の加速度データ、図 3 と図 4 に上から強く叩いた場合の音データの波形を示す。加速度データは叩いたときの加速度の動きのため波形に差異はないが、音データは充填率ごとに大きな差異があることがわかる。この音データの差異からオブジェクトの充填率を分類できると考える。

3 おわりに

本研究では、音響と振動の特性が異なるオブジェクトを用いたスマートフォンのアプリケーショントリガのシステムを提案し、実験により充填率の異なる 2 種類のオブジェクトをスマートフォンでたたいたときの加速度データおよび音データを採取して比較した。今後は、提案手法の具体的な処理を提案し、分類精度の評価を行い、提案システムを用いて実際にスマートフォンアプリの起動まで行う。具体的な手法とし

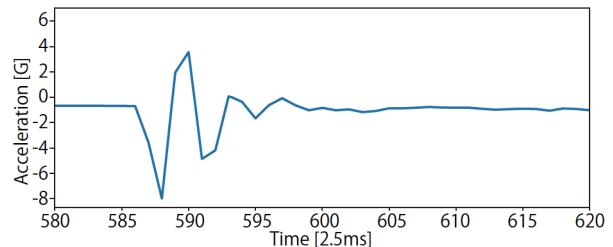


図 1: 充填率 10% で上から強く叩いたときの加速度データ

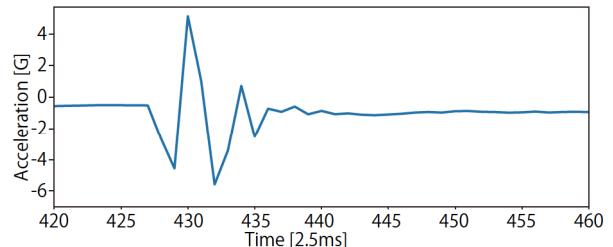


図 2: 充填率 50% で上から強く叩いたときの加速度データ

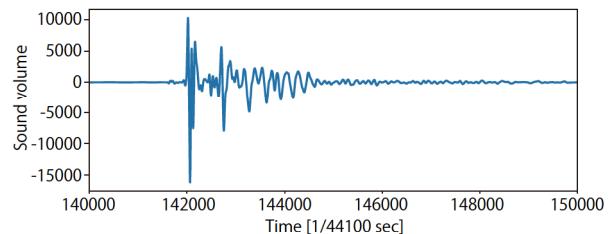


図 3: 充填率 10% で上から強く叩いたときの音データ

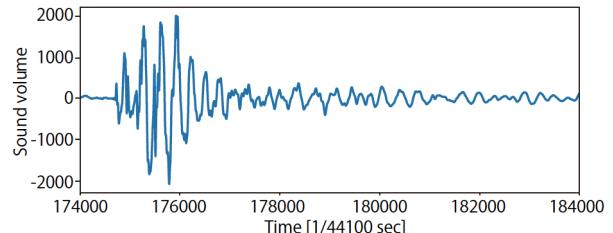


図 4: 充填率 50% で上から強く叩いたときの音データ

て、収集したデータのピーク検出を行い、オブジェクトを叩いた瞬間を検出する。ピークから一定時間のデータから特微量を抽出する。加速度データはオブジェクトを叩く際にスマートフォンを移動させる方向の軸の値を使用し、FFT で周波数パワースペクトルに変換する。音データは、パワースペクトル、パワースペクトルの log スケール、MFCC を使用する。MFCC は、主に音声の特徴認識として使用されている。抽出した特微量データを用いて機械学習アルゴリズムを使用して分類する。また、本実験オブジェクトが 2 種類であったため、種類を増やして実験する。

参考文献

- [1] T. Gong, et al.: Knocker: Vibroacoustic-based Object Recognition with Smartphones, ACM IMWUT, Vol. 3, No. 3, Article 82, pp. 82:1–82:21 (2019).

アクティブ音響センシングを用いた肉の焼け具合推定手法の提案

野田倫太郎（立命館大学），双見京介（立命館大学），村尾和哉（立命館大学，JST さきがけ）

1 研究の背景と目的

小型のセンサの普及や画像認識技術の発展によって、空間内の物体を認識する技術に注目が集まっている。物体ひとつひとつにデバイスを埋め込む手法やカメラを用いた画像認識による手法があるが、コストやプライバシーの面で問題となる環境がある。物体を認識する手法のひとつとして、音響信号を発生させて物体などを振動させ、その反響音をマイクでセンシングすることで物体を認識するアクティブ音響センシングという技術がある。アクティブ音響センシングを用いた先行研究として音響信号から机上の物体識別と位置推定を行う研究 [1] や、手首や指にデバイスを装着して所持している物体を認識する研究 [2] がある。筆者らは、アクティブ音響センシングで物体の認識ができるならば、状態の変わった物質を別の物質と判定し、ユーザに新たなサービスの提供ができると考えた。

本研究では、調理場面を想定し、アクティブ音響センシングにより、肉の焼け具合を判別する手法を提案する。フライパンにマイクとスピーカを取り付け、スピーカから出力される音を解析し、調理途中の物体の焼け具合を推定する。

2 提案手法

提案手法は、アクティブ音響信号によって肉の焼け具合を認識し、状態を認識するために使用される。提案システムは、スピーカとマイクを取り付けたフライパン、オーディオインターフェース、コンピュータから構成される。図1にシステム構成図を示す。提案したシステムで肉の焼け具合を認識する流れは、次のようになる。まず、0.2秒間に 1[Hz] から 96[kHz] まで直線的に変化する Sweep 信号 (Chirp 信号とも呼ばれる) をオーディオインターフェースを通して、フライパンに取り付けたスピーカーから発生させる。その後、フライパンに取り付けられたマイクは、フライパンで焼かれている物体を経由した音響信号を 96.0[kHz], 16[bit] 浮動小数点でサンプリングし、コンピュータで FFT を行い、48.0[kHz] の範囲の周波数スペクトルを得る。最後に、時間と周波数スペクトルを学習した機械学習モデルを用いて状態を認識する。

実装に用いた機材は、オーディオインターフェースは Steinberg 製 UR22mkII、スピーカ、マイクは圧電素子 FGT-15T-6.0A1W40 である。フライパンは T-fal IH RUBY EXCELLENCE、大きさは 26cm である。分類器は SVM を用いた。また、熱によるセンサへの影響を考慮してセンサとフライパンの間に耐熱シートを取り付けた。

3 評価

提案手法の分類精度を評価した。本実験では、肉の調理開始から時間が経過することで、温度により物質が変化すると想定し、ハンバーグの焼き時間 0 分、片面 5 分、両面 5 分、火が完全に通った状態の 4 種類をそれぞれ判別することを目的とし、この 4 つの状態を識別クラスとした。両面 5 分とは片面 5 分焼いたのち、ひっくり返してさらに 5 分焼いた後のことである。火が完全に通った状態とはハンバーグの中央部に串をさし、透明な汁が出たときとした。市販のスーパーマーケットで購入した豚ミンチ肉 100g をこねて金型を用いて 1 個のハンバーグを作った。実験では、実験者 1 名がスピーカとマイクを取り付けたフライパンを使用して、一般的

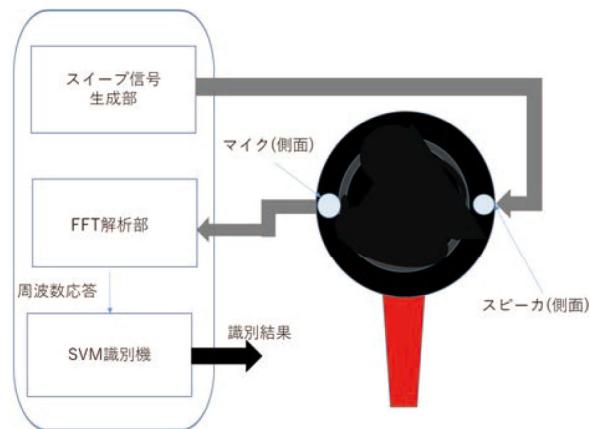


図 1: 提案システムの構成

表 1: 加熱時間による肉の認識精度

肉の状態	SVM		
	再現率	適合率	F 値
0 分	0.58	0.88	0.70
片面 5 分	0.58	1.00	0.74
両面 5 分	0.53	1.00	0.69
焼けている	1.00	0.45	0.62

な調理の要領でハンバーグを加熱した。調理場面を想定しているため、比較的短い時間で判定できるように、音ファイルはそれぞれの状態に至った時点から 10 秒間のデータを採取した。具体的には、まず最初に焼き時間 0 分の状態から 10 秒間のデータを取得した。その後、5 分経過した際にデータ取得を開始し、データ取得の 10 秒間が経過した瞬間に肉を裏返した。さらに 5 分経過した際に再びデータ取得を開始し、10 秒間データ取得を行った。最後に、完全に肉が焼けた状態のデータを 10 秒間取得した。この音ファイルに対して長さ 1 秒のウインドウを 75% オーバラップでスライディングウインドウで FFT を計算し、各状態について 36 サンプルずつ、合計 144 サンプルで 9 分割交差検証で分類精度を評価した。分類結果を表 1 に示す。結果から、SVM でそれぞれの肉の状態を F 値 0.6 以上で認識できることを確認した。

4 おわりに

本研究では、アクティブ音響信号を用いて肉の状態を認識する手法を提案した。プロトタイプシステムを用いた評価実験の結果から、4 種類の肉の状態を 60% 以上の精度で認識できることを確認した。今後は提案手法の認識精度に関わる要因の調査や調理場面以外への提案手法の適用を行う。

参考文献

- [1] 岩瀬大輝, 伊藤雄一, 泉秀彦, 山下真由, 尾上孝雄: アクティブ音響センシングによる日常物体識別と位置推定, インタラクション 2018 論文集, pp. 62–71 (2018).
- [2] 大野誠, 志築文太郎, 田中二郎: アクティブ音響センシングを用いた把持状態認識, 情報処理学会インタラクション 2013, pp. 56–63 (2013).

超音波を用いたアクティブセンシングによるテクスチャー弁別

角谷美和（情報通信研究機構、日本学術振興会）、蘆原郁（産業技術総合研究所）、渡邊拓貴（北海道大学）、寺田努（神戸大学）、安藤広志（情報通信研究機構）、長谷芳樹（ピクシーダストテクノロジーズ株式会社）、藤塚有美、吉野寿紀、小林耕太、渡辺好章、飛龍志津子（同志社大学）

1. 研究の背景と目的

エコーロケーションを行うコウモリは、超音波を用いたアクティブセンシングにより、視覚の効かない暗闇でも微小な飛翔昆虫を高速で飛行しながら次々と捕らえることができる^[1]。本研究では、コウモリが持つ生物特有のユニークかつ合理的な超音波センシング戦略を模倣することで、ヒトが“音で世界を感じ取る能力”をどこまで獲得できるようになるかを明らかにし、視覚障害者支援技術や人間拡張技術に応用可能な音響センシング手法を提案することを目指している。

2. 研究内容

2台のAndroid端末をタップすると、ラウドスピーカーから超音波パルスが放射され、可聴域に変換（サンプリング周波数を下げて時間軸を伸長）された放射パルスと超音波バイノーラルエコー（ミニチュアダミーヘッドを用いて計測した超音波エコー）^[2]がヘッドホンから再生されるシステムを構築し、そのシステムを用いて、テクスチャーの異なる2種類の物体（図1A、物体1、2）を弁別させる心理実験を健聴なエコーロケーション未経験者8名に対して実施した。飛行するコウモリが獲物に対して異なる角度からセンシングする様子を相対的に再現するため、1周約20秒の速度で回転するターンテーブル上に物体をのせ、ラウドスピーカー前方23.8cmの地点に設置した（回転条件）。獲物捕食直前に観測されるコウモリの高頻度のパルス放射（feeding buzz^[3]）を模倣し、周波数が41.7kHzに下降する周波数変調音（信号長3ms）を16ms間隔で325回連続放射した（物体の約1/4周分をセンシング可能）。被験者には、可聴域に変換された放射パルスと超音波バイノーラルエコー（325ペア分）を聴取後、別室に設置された物体は物体1か物体2のいずれであったかをキーボードを用いて解答させた。解答するとPC画面に正解が表示される訓練試行の後、正解が表示されないテスト試行を実施した（16試行ずつ）。実験前には実物体を見せ、3次元形状を視覚で認識させた。各被験者に対し、1週間後、物体を回転させない条件（静止条件）下でも同様の実験を実施した。

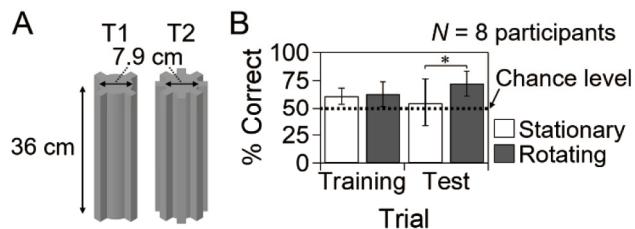


図1：(A) 物体1(T1)、物体2(T2)。(B) 被験者8名分の平均正答率。エラーバーは標準偏差。

被験者8名分の平均正答率の条件間の差は、訓練試行ではわずか1.6%であったのに対して、テスト試行では回転条件(71.9±11.1%)の方が静止条件(54.7±21.6%)よりも17.2%高かった（図1B）。一般化線形混合モデルによる解析（ロジスティック回帰）では、テスト試行において、回転条件と正答率との間には有意な正の相関関係 ($\beta = 0.773 \pm 0.270$, $z = 2.867$, $p < 0.01$) が確認できる一方で、静止条件の正答率とチャンスレベル(50%)との間には有意な差は確認できなかった($\beta = 0.190 \pm 0.252$, $z = 0.755$, $p = 0.451$)。回転条件では、エコーの振幅や周波数スペクトルが時間変化していたことから、エコーの大きさ（強さ）や音色（高さ）の時間変化パターンの違いを手掛かりに弁別できたと考えられる。大きさ（強さ）や音色（高さ）の時間変化パターンを手がかりとしていた被験者の中には、音色を遠近感として捉える者もいた。

3. まとめと今後の課題

本研究により、超音波を用いて異なる角度から連続的にセンシングし、可聴域に変換したエコーの大きさや音色の時間変化パターンを手がかりとすることで、ヒトが物体表面のテクスチャーパターンを弁別できるようになることがわかった。今後は、訓練で用いていないテクスチャーであってもエコーの時間変化パターンを手がかりに弁別できるか検証する。

参考文献

- [1] Fujioka *et al.*, PNAS, 113(17), pp.4848-4852 (2016).
- [2] Sumiya *et al.*, JASA, 145(4), pp.2221-2236 (2019).
- [3] Schnitzler and Kalko, Bioscience, 51(7), pp.557-569 (2001).

提示情報と生体リズムの同期による情報選択への影響の調査

石橋直人, 寺田 努, 塚本昌彦 (神戸大学)

1 研究の背景と目的

人の動作タイミングや生体リズムに同期した情報は好感度や所有感などの感覚に影響する。Hove らの研究によると、人は自身の動作タイミングと同期して動く人に対して、同期していない人より好感を抱く [1]。また、鈴木らの研究では、人は 3D モデルの手の色が自身の心拍と同期して点滅すると、その手を自分の手であると感じやすくなる [2]。ウェアラブルコンピューティング技術により、ユーザの行動や生体情報を常時測定できるようになり、ユーザの動作タイミングや生体リズムとの同期を情報提示に活用できる。生体リズムとの同期によって、例えば、ユーザは自身の心拍と同期して点滅するボタンを選択しやすくなるといった情報選択への影響が考えられる。この影響がある場合、従来より作業負荷の少ない情報選択が実現できる一方、ユーザの選択を意図的に誘導する悪用も考えられる。このような情報提示と人の生体リズムとの同期による情報選択への影響はウェアラブル環境での情報提示において考慮すべきだが、筆者らが知る限りまだ調査した研究はない。

そこで本研究では、情報提示とユーザ自身の生体リズムの同期によるユーザの情報選択への影響の調査を行う。本稿では、心拍リズムと同期したボタンの選択を想定し、心拍と同期した点滅をするボタンを用いて、心拍同期した点滅による情報選択への影響を調査した。

2 実験

2.1 評価システム

調査のために実装したシステムを図 1 に示す。心拍計測デバイスはマイコンと心拍センサで構成され、被験者が装着した心拍センサからマイコンによってデータを取得して PC に送信する。心拍センサはベルクロを用いて被験者の左手人差指に固定する。PC では、アプリケーションが受信した心拍データのパルスと同期して点滅するボタンを PC 画面上に表示する。実験開始前に 10 秒間記録した心拍データの平均値を閾値とし、閾値を超えていたときにボタンの色を変えて点滅させる。マイコンには Arduino UNO を用い、心拍センサには SpeakFun 社の SEN-11574 を用いた。PC 上のアプリケーションは Processing を用いて作成した。

2.2 実験方法

被験者は椅子に座って実験を行う。被験者に心拍とボタンの点滅の同期を明示させないために、被験者には心拍センサに加えて筋電センサと座面センサを装着した。被験者は右手のマウスを用いて PC 画面上の 3 つのボタンから 1 つを選択する入力試行を行う。13 回の入力試行を 1 セットとする。各入力試行の 3 つのボタンの点滅は、被験者の心拍と同期した点滅とそれ以外の 6 種類の周期の点滅の計 7 種類からランダムに 3 種類を選んで提示する。心拍数による違いを観察するために、被験者はトレッドミルを用いて 10 分間のランニング(速度 9km/h)を行い、ランニングの前後に入力試行を 1 セットずつ行った。被験者は 20 代の男性 5 名である。

2.3 結果と考察

各点滅のボタンの選択回数を表 1 に示す。被験者 C はランニングの前後どちらも心拍同期したボタンの選択回数が最も多く、心拍同期した点滅によって被験者 C の情報選択が誘

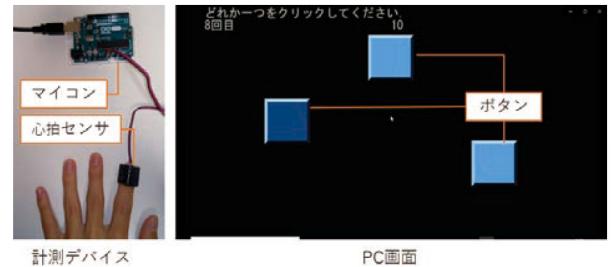


図 1: システム構成

表 1: 実験結果

点滅速度 (bpm)	A		B		C		D		E	
	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
88	88	106	86	122	88	110	61	101	91	101
150	3	6	3	7	5	8	4	3	4	6
120	-	0	0	1	0	0	1	3	4	1
102	1	-	0	1	1	0	3	1	1	0
66	3	1	2	1	2	2	4	3	1	2
48	2	4	0	3	1	2	0	2	0	1
36	1	2	2	0	2	1	1	0	2	0
	3	0	6	0	2	0	0	1	1	3

導された可能性がある。ランニングの前後を比較すると、4 人の被験者がランニング前より後の方が心拍同期した点滅のボタンの選択回数が多い。ランニング後の高い心拍数では、被験者が自身の心拍を認知しやすく、心拍と点滅の同期に気付きやすくなる。そのため心拍同期のボタンの選択数が増えたとも考えられ、心拍同期の影響による選択なのかを確かめる必要がある。被験者 B は、ランニングの前後で心拍が 86bpm から 122bpm と変化し、ランニング後では心拍同期した点滅に加えて、120bpm と 150bpm の点滅のボタンの選択数が増えた。一方、被験者 D の心拍はランニング前後で 61bpm から 101bpm と変化したが、心拍同期の点滅や心拍に近い 102bpm の点滅の選択数は減少した。この結果から、被験者ごとに心拍数の変化による情報選択への影響がある可能性が考えられる。

3 まとめと今後の課題

本稿では、心拍同期した点滅による情報選択への影響を調査した。今後は、被験者を増やしてさらなる調査を行う。心拍とボタン点滅以外の生体リズムと情報提示の組合せについても、生体リズムとの同期を活用した情報提示システムを実装し、生体リズム同期による影響を調査する。

参考文献

- [1] M. J. Hove and J. L. Risen: It's All in the Timing Interpersonal Synchrony Increases Affiliation, *Social Cognition*, Vol. 27, No. 6, pp. 949–961 (Dec. 2009).
- [2] K. Suzuki, S. N. Garfinkel, H. D. Critchley and A. K. Seth: Multisensory Integration Across Exteroceptive and Interoceptive Domains Modulates Self-Experience in the Rubber-Hand Illusion, *Neuropsychologia*, Vol. 51, No. 13, pp. 2909–2917 (Nov. 2013).

ウェアラブルセンサを用いた人の快適度推定

Mao Haomin(神戸大), 寺田 努(神戸大), 塚本昌彦(神戸大)

1 研究の背景と目的

スマートルームやスマートオフィスにおいて快適な環境を構築するためには人の温熱感覚を評価することが重要である。PMV（予想平均温冷感申告）モデル[1]は人間の温熱感覚を7段階尺度で示し、室内温度、室内湿度、風量、放射温度などの物理量と活動量、着衣量などの生理量から定式化されている。このPMVをリアルタイムに計測し、人の快適度を室内の空調システムにフィードバックできれば、快適なスマートルームが実現できる。リアルタイムに環境データを計測するにはウェアラブルセンサが適切である。そこで本研究では、ウェアラブルセンサを用いて室内にいる人間の快適度を推定する手法を提案する。

2 提案手法

PMVモデルにおいては人の快適度を式(1)により算出できるが、多くのパラメータは実環境で簡易に計測することは困難であるため、本研究はウェアラブルセンサが取得したデータから回帰分析を行うことで、快適度を推定した。回帰分析を行うには大量のデータが必要であるため、PMVモデルのパラメータを参照し、ウェアラブルセンサから皮膚表面温度(5カ所)、人体放射温度、皮膚表面電位、室内温度、室内湿度、心拍数などの生体データを取得することを考える。また、個人差(身長、体重、年齢、性別)の影響が存在するため、基礎代謝量(BMR)を式(2)(3)により算出し、回帰分析に使用する。式(1)は快適度の正解データを作るために用いる。式中のMは活動量、Wは機械的仕事量(本研究では0とする)、 P_a は水蒸気圧、 t_a は室温、 f_{cl} は衣服面積係数、 h_c は熱対流係数、 t_r は平均放射温度、 t_{cl} は衣服表面温度である。水蒸気圧、室温、平均放射温度、衣服表面温度はウェアラブルセンサから得られたデータを使用し、活動量と衣服面積係数それぞれは人の行動と着衣量から決まるので、実験では実験用インターフェースにより現在の行動と着衣量を自己申告することとした。衣服面積係数と着衣量の関係は式(4)を示し、実験用インターフェースは図1を示す。また、室内環境では風がないと考えられるため、本研究では熱対流係数(風量)の影響を考慮しない。

$$\begin{aligned} PMV = & [0.303 * e^{-0.036M} + 0.028][(M - W) \\ & - 3.05 * 10^{-3}[5733 - 6.99(M - W) - P_a] \\ & - 0.42[(M - W) - 58.15] - 1.7 * 10^{-5}M(5867 \\ & - P_a) - 0.0014M(34 - t_a) - 3.96 * 10^{-8}f_{cl}[(t_{cl} \\ & + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl}h_c(t_{cl} - t_a)] \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} BMR(\text{男性}) = & 13.397 * weight + 4.799 * height \\ & - 5.677 * age + 88.362 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} BMR(\text{女性}) = & 9.247 * weight + 3.098 * height \\ & - 4.33 * age + 447.593 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} f_{cl} = & 1.00 + 1.29 * I_{cl}(I_{cl} \leq 0.078m^2k/w) \\ f_{cl} = & 1.05 + 0.645 * I_{cl}(I_{cl} > 0.078m^2k/w) \end{aligned} \quad (4)$$



図1: 実験用インターフェース

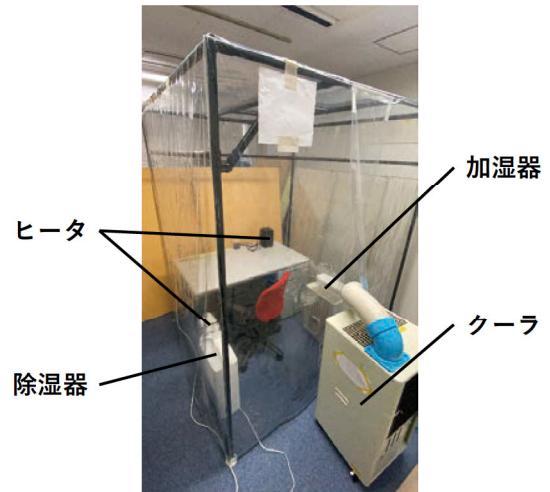


図2: 実験環境

3 実験要件

実験環境は図2を示す。多くの快適度データを取得するため、環境条件を変えながら、ウェアラブルセンサからデータを収集する必要がある。本研究ではヒーター2台分、クーラ、加湿器、除湿機各1台分で環境の温湿度をコントロールする。また、部屋の温湿度を顕著に変化させるため、1.5m×1.5m×2.0mのパイプ式ブースを部屋に設置し、その中に温湿度を制御する機器を配置した。被験者はウェアラブルセンサを装着しながら、5時間ブース内で自由に過ごし、部屋は15分間ごとにヒーター、クーラ、加湿器、除湿機の出力をランダムに変化させる。被験者は室内で取る行動が変化する時と着衣量が変化する時にインターフェースで自己申告する。実際の実験は今後行い、PMVの予測手法を確立する予定である。

4 まとめと今後の課題

本研究は回帰分析を行うことでウェアラブルセンサを用いた室内にいる人の快適度推定手法を提案した。今後の課題としては実際に実験を行い、提案手法による快適度推定の精度を検証することが挙げられる。

参考文献

- [1] M.H. Khan, W. Pao: Thermal Comfort Analysis of PMV Model Prediction in Air Conditioned and Naturally Ventilated Buildings, *Energy Procedia*, Vol. 75, No. 1373-1379 (2015).

主観疲労制御のための筋活動量の視覚フィードバック手法の検討

関 朋哉, 双見京介 (立命館大学), 村尾和哉 (立命館大学, JST さきがけ)

1 研究の背景と目的

ユーザの筋活動量のフィードバックシステムは様々な支援に活用されている。例えば、作業時の身体負荷や疲労や精神ストレスの管理、筋力トレーニングの効率化に活用される。

一方、心理的な現象として、自分の心身の状態を客観的に示す外部の情報を知覚した際に、実際の自分の心身の状態が無自覚に変化する錯覚がある。例えば、自分の調子が良いと客観的に伝えられると、本当に調子が良くなる要領である。この錯覚が、コンピュータが示すセンサ情報で起こることが示されている。例えば、スマートウォッチを用いて心拍数を実際よりも高く提示したり低く提示することで、ユーザの不安状態や認知テストの結果が変わる例がある [1]。

この現象を踏まえると、筋活動量のフィードバックシステムにおいても、筋活動量の閲覧がユーザの身体負荷に影響する錯覚が起こると考えられる。例えば、筋活動量が大きいことを知覚することで、実際の身体負荷や情動や疲労感が無自覚に増加する可能性がある。もしこういった現象が起こるのであれば、この現象の考慮が筋活動量フィードバックシステムに必要と考えられる。

そこで本研究では、視覚情報の筋活動量フィードバックがユーザの重量知覚や疲労に影響する錯覚が起こるかを明らかにする。そして、この現象を考慮することで、疲労制御のための筋活動量フィードバック手法を提案する。本稿では、中軽量物体を持ちあげる力作業時を対象にした。この場面において、筋活動量をリアルタイムで閲覧する際に、筋活動量の高低を提示することで、重量知覚が変わるかを検証する。筋活動量は持ち上げた重量・身体負荷が重いと高くなり、軽いと低くなる。

2 提案手法

本研究の仮説を図 1 に示す。検証する仮説を次に示す。

- 仮説 1. 荷物持ち上げ時の筋活動量フィードバックによって、ユーザの重量知覚（身体負荷）は変化する。同一の物体を持った場合でも、閲覧する筋活動量の高低の変化によって、ユーザが感じる重さが変化する。
- 仮説 2. 仮説 1 で起こる重量知覚の変化は、ユーザの疲労に影響する：筋活動量フィードバックによってユーザの重量知覚が変化した場合、疲労度も変化する。例えば、持った物の重さが重いと知覚することで、疲労が増加する現象が起こる。
- 仮説 3. 筋活動量の見せ方を操作することで、仮説 1,2 の現象の制御ができる。例えば、これによって、作業時の疲労軽減が行える。

本研究の仮説を検証するために、ユーザの筋活動量を改変して可視化するプロトタイプシステムを実装した。図 2 にシステムの構成図と流れを示す。システムは筋電センサ (AdvancerTechnologies 社製, ElectroMyoGraphy), Arduino, PC, ビデオシースルーモード HMD から成る。本システムでは、HMD を用いて、作業時のユーザの筋活動量をリアルタイムに変更してユーザに提示する。図 2 にユーザが閲覧する筋活動量提示画面の実装を示す。視覚情報は、筋活動量を 10 個

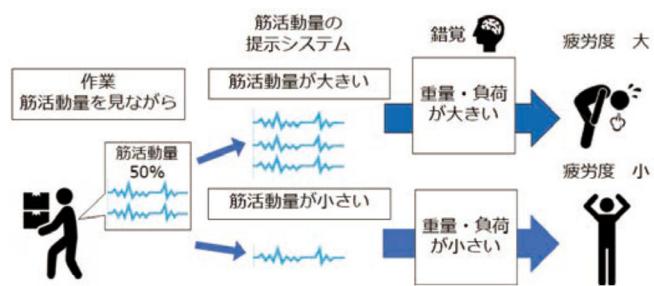


図 1: 提案手法のイメージ

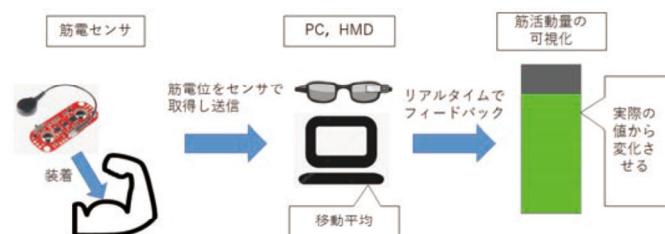


図 2: 提案システムの流れ

のブロック型のゲージ形式で可視化した。筋電センサのサンプリングレートは 200Hz で計測した。可視化する筋活動量はウインドウサイズ 100[ms] の移動平均を適用した。筋活動量の改変パターンは、実際よりも増加させるパターンと減少させるパターンのとする。

3 評価

評価は次のように行う予定である。被験者は 30 人である。実験 1 として、提案手法による重量知覚への影響の評価を行う。同一の重さの荷物を持ちあげる際に、筋活動量を閲覧させて、主観的な重量知覚を報告させる。この報告は 5 段階でさせる。筋活動量のフィードバックパターンは増加と減少の 2 種類である。これを 3 種の重さのダンベル (2.5kg, 4.5kg, 6.5kg) と、左右の腕に分けて行う、次に、実験 2 として、提案手法による疲労への影響の評価を行う。同一の重さの荷物を複数回持ち、あげ下げる繰り返させる際に、筋活動量を閲覧させて、主観的な疲労と客観的な疲労の測定を行う。主観的な疲労は 5 段階で報告させ、客観的な疲労は、筋電図の積分値 (IPSD)、タスクにかかった時間、などを用いる。

4 まとめと今後の課題

本研究では視覚フィードバックを用いて筋疲労の制御を行う手法を提案した。今後は評価を行う。

参考文献

- [1] Costa et.al, BoostMeUp: Improving Cognitive Performance in the Moment by Unobtrusively Regulating Emotions with a Smartwatch. Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies, 3(2), 40. (2019).

ポジティブ情報の常時閲覧が自転車走行に与える影響

長谷川 瑛一, 磯山 直也, 酒田 信親, 清川 清 (奈良先端科学技術大学院大学)

1 研究の背景と目的

近年、様々なウェアラブル端末が登場しており、その中にスマートグラスなどの眼鏡型デバイスがある。ユーザはスマートグラスを用いることで、スマートフォン使用時とは異なり、視覚情報を常時閲覧できる。人が目にするものから受けける行動や心理への影響はこれまでにも多くの研究がなされているが、特定の情報を常時閲覧する環境を想定した実験が行われている例は少ない。情報を常時閲覧する環境ではその影響を強く与えられるなど、違った効果をもたらす可能性がある。実際に、筆者らはスマートグラス上に表示されたアイコン画像がユーザの写真撮影行動に影響を与えることを確認している[1]。

そこで本研究では、スマートグラス上の情報がユーザの心身へ与える影響について調査し、閲覧することで「元気が出る」などのポジティブな影響を与える情報を効果的に提示するシステムの開発を目的とする。本稿では、自転車の走行時にニュース記事のタイトルをスマートグラス上に提示し、記事タイトルの内容によって、走行速度・疲労度・体感時間などに影響が与えられるかについて検証を行う。

2 文章の常時閲覧が心身に与える影響の仮説

歩行や自転車走行などの日常行動時におけるスマートグラスの利用方法として、ニュース記事やSNS上の投稿内容の閲覧が考えられる。Barghらは、老人を想起させる内容が含まれている文章を閲覧させることで被験者の歩行速度が遅くなるなどの影響を与えられることを確認している[2]。スマートグラスを用いてニュース記事を閲覧する際には、より強い影響が与えられる可能性がある。そこで本稿では、自転車での走行時にポジティブな内容の文章をユーザに提示し続けることで、気分が高揚したり活力が湧いたりし、無意識的に走行速度が大きくなるという仮説を立てる。速度のほかに、走行の体感時間が短くなることも考えられる。対照的に、ネガティブな印象を受ける文章を閲覧し続けることで、無意識的に疲れやすくなる可能性もあり、これらを検証するための実験を行う。

3 予備実験

3.1 実験方法

被験者はスマートグラス(MOVERIO BT-300)を装着し、スマートグラス上で30秒ごとに切替わるニュース記事のタイトルを閲覧しながらエルゴメータで8分間の走行を行う。実験の様子を図1に示す。表示する記事タイトルは「Yahoo!ニュース」から引用した実際のニュース記事を用いる。記事タイトルをポジティブとネガティブに分類する際には、感情を円環上に並べたRusselの感情円環モデル[3]を用いる。タイトルから受ける印象が「驚き・興奮・元気・幸せ」に当たるものと「悲しみ・憂鬱・無気力・疲れ」に当たるものとをポジティブとネガティブであるとした。被験者は「ポジティブ」「ネガティブ」「提示無し」の3条件下でそれぞれ8分ずつ走行する(条件の順番はランダム)。実験の際には定量データ(走行距離・回転速度の変化・心拍変動)と、各回のアンケートによる定性データ(疲労感などに関する7段階評価・体感時間)を取得し、比較を行う。心拍変動は被験者が装着した心拍センサ、回転速度はArduinoと距離センサを用いて取

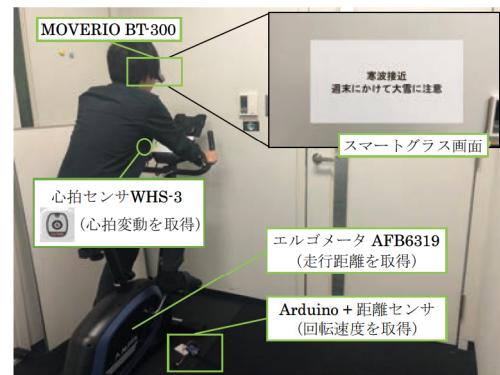


図1: 実験の様子

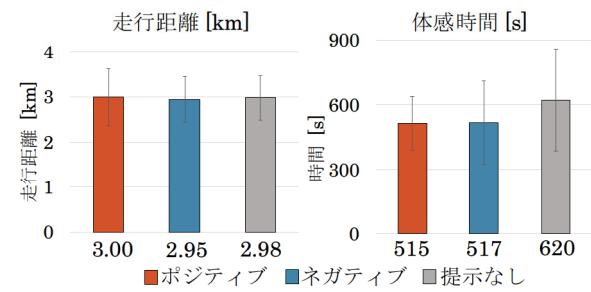


図2: 実験結果

得する。

3.2 実験結果・考察

20代の男性6名を被験者として実験を実施した。走行距離と体感時間の平均値を図2に示す。走行距離はどの条件下でも同じような結果となった。体感時間に関してはポジティブとネガティブな提示を行った際の結果には大きな違いはなかった。一部の被験者からは、SNSでネガティブな情報を見ることに慣れているという意見が得られており、見慣れてすることによってネガティブな情報から「元気が出ない」などの影響が現れにくかったことが考えられる。その他の結果については本稿では割愛する。

4 おわりに

本稿では、自転車の走行時にスマートグラス上へポジティブ・ネガティブ情報を提示した際の心身への影響を調査した。今回の実験では提示情報が自転車走行に与える影響を確認できなかった。今後は、実験内容や提示内容について見直し、検証を進めていく。

参考文献

- [1] N. Isoyama, et al.: Comparative Evaluation of Priming Effects on HMDs and Smartphones with Photo Taking Behaviors, *ICCC 2018*, pp. 71–85 (2018).
- [2] J. A. Bargh, et al.: Automaticity of Social Behavior: Direct Effects of Trait Construct and Stereotype Activation on Action, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 71, No. 2, pp. 230–244 (1996).
- [3] J. A. Russell: A Circumplex Model of Affect, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 39, No. 6, pp. 1161–1178 (1980).

違和感喚起刺激が注視対象の記憶の残りやすさに起こす影響の調査

川東大将, 双見京介(立命館大学), 村尾和哉(立命館大学, JST さきがけ)

1 研究の背景と目的

近年, 情報機器の普及に伴い, 人々はスマートフォンやPCなどのディスプレイ上で対象を見る場面が増加した。例えば, 日常の買い物や旅行先の閲覧や選択をWebサイトで行い, 学習においては外国語の暗記や教材動画などをスマートフォンのアプリケーションで行い, コミュニケーションにおいてはお見合いサイトで異性の閲覧と選択を行う。

一方で心理的な現象として, 注目している対象に関する違和感・強い印象を感じることが, 注目している対象への記憶の残りやすさに影響する現象がある。例えば, 複数の文章を見る場合に, それらの文章の中に相対的におかしな文章があると記憶に残りやすいことが示されている。近年発売されたうんこドリルでは, 例文をうんこという印象的なモノに絡めることで, 単語の覚えやすさ向上させることを狙っている。

この現象を踏まえると, 情報機器のディスプレイ上で見る対象の記憶の残りやすさが, その対象とは無関係の周辺視野の刺激提示が起こす違和感によって変化すると想定される。もし, この想定が事実であれば, この現象は情報機器のインターフェースデザインに考慮する必要があると考えられる。例えば, この現象を悪用することで, ユーザの記憶に残りやすい対象の操作が第三者によって行われ, 購買対象の誘導や政治選択への誘導といったことが行われる可能性がある。逆に, この現象を良い目的に活用することで, 勉強やスポーツなどにおいて記憶する作業や, 日常で人の名前を覚える作業を, 本人の努力や労力を低くして行わせる支援ができるという可能性もある。

そこで, 本研究では, スマートフォンやPCなどのディスプレイ上の周辺視野からの刺激提示が起こす違和感・強い印象が, ディスプレイ上で見る対象への記憶の残りやすさに影響する現象が起こるかを明らかにする。そして, この現象を活用したアプリケーションについて議論する。本稿では, 暗記学習アプリケーション, 恋愛マッチングアプリケーション, ショッピングアプリケーションにおいて, 閲覧する対象(言語, 人, 購買物)の記憶の残りやすさが, その閲覧する対象とは無関係のディスプレイ上の視覚刺激によって, 意図的に変化させられるかを検証する。

2 手法

本研究の仮説を図1に示す。ディスプレイ上の対象閲覧時に, 対象とは無関係の視覚刺激が違和感・印象変化を起こすことで, 対象の記憶の残りやすさが変化すると仮定している。この仮定に基づき, 提案手法では, 視覚刺激の起こす違和感や印象を, 対象ごとに変化させ, 対象への記憶の残りやすさを意図的に操作する。本稿では違和感を喚起する刺激(違和感喚起刺激と呼ぶ)として3種類試す。暗記学習アプリケーションを例にして図2に示す。左から順に述べる。1つ目は, 背景色の変化である。中央に学習対象を表示させ, その周辺の領域を点滅させる。2つ目は, 画面上のアイコンの回転である。中央に学習対象を表示させ, 画面上の視覚アイコンがその場で回転する。3つ目は, 画面上のアイコンの移動である。中央に学習対象を表示させ, 画面上の視覚アイコンが上下方向に移動する。

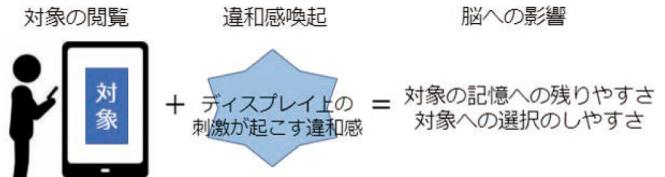


図1: 仮説のイメージ



図2: 実装予定の違和感喚起刺激

3 評価

提案手法によって, 対象への記憶の残りやすさが変化するかを評価する予定である。被験者は大学生の男女30名である。評価は次のように行う。暗記学習アプリケーションにおいては, 暗記項目を10個用意して, 各暗記項目を5秒ごとに自動で遷移させる。暗記項目は, 例えば特定の地名の絵柄とそれに対応するロシア語である。この際に, 特定の3個の暗記項目に違和感を感じる視覚刺激を与える。そして, 最後に, 記憶の残りやすさを評価するために, 地名の絵柄のみを提示して, 対応するロシア語を4つの選択肢から選ばせる。恋愛マッチングアプリケーションにおいては, 異性を10人用意して, 各異性を5秒ごとに自動で遷移させる。異性は, 例えばロシア人の顔写真とそれに対応する名前のロシア語である。この際に, 特定の3名の際に違和感を感じる視覚刺激を与える。そして, 最後に, 記憶の残りやすさを評価するために, 顔写真のみを提示して, 対応する名前のロシア語を4つの選択肢から選ばせる。これに加えて, 被験者が記憶の残りやすさを超えた感情を持ったかも評価するために, 印象に残った程度の5段階評価, 会ってみたいと思った程度の5段階評価などのアンケートも行う。これによって, 記憶の残りやすさが, その後の被験者の感情や選択にまで影響するかを評価する。ショッピングアプリケーションにおいては, 旅行先を10個用意して, 各旅行先を5秒ごとに自動で遷移させる。例えばすべて温泉地で, 温泉の写真と温泉の日本語名が表示される。この際に, 特定の3つの際に違和感を感じる視覚刺激を与える。そして, 最後に, 記憶の残りやすさを評価するために, 温泉地の写真のみを提示して, 対応する名前を4つの選択肢から選ばせる。これに加えて, 恋愛マッチングアプリケーションと同じアンケートをここでも行うことで, 記憶の残りやすさが, その後の被験者の感情や選択にまで影響するかを評価する。

4 おわりに

本研究は, 視覚刺激が起こす違和感を利用して, ユーザの注視対象の記憶の残りやすさを制御する手法を提案した。今後は, 実装と評価をすすめていく。

多様な選択行動を促すためのポジティブ情報に着目したデジタルサイネージシステムの実装

清水友順（神戸大），双見京介（立命館大），
牟田将史，益子宗（楽天技術研究所），寺田努，塚本昌彦（神戸大）

1 研究の背景と目的

近年、情報機器が提示する情報によってユーザの意思決定に偏りが生じることで、様々な問題が顕在化している。例えば、人が見たい情報にしか触れることができないフィルターバブル問題や、レビューサイトなどによる過度な集客力の偏りがこれまで指摘されている。

筆者らは、ユーザに選択肢を提示するインターフェースに対して心理的なアプローチから、ネガティブよりもポジティブな部分に焦点をあてた選択肢の比較を行うことが多様な選択行動の促進において重要であることをこれまでの研究で明らかにしてきた[1]。その中では選択肢にポジティブな説明ラベルを付与することでポジティブな選択行動を促進することを提案している。

本稿では選択行動の多様化を目的として、神戸市立図書館に設置した「書籍紹介のためのデジタルサイネージ」に筆者らの提案インターフェースの実装を行い、試験運用を行った結果について述べる。図書館が持つ役割として、来館者に様々な新しい知識や情報を提供することが挙げられるが、なるべく多くの本を所蔵しておくこともまた図書館の責務であるため、現状の本の紹介コーナーのような催しは物理的スペースの制約から十分に行えていないジレンマがある。そのため、筆者らはそれらと異なるアプローチとしてデジタルサイネージに着目し、来館者がより多くの書籍に触れることを狙って提案インターフェースの実装を行い、ポジティブな情報の有無が多様な選択行動を促進するか調査を行った。

2 実装

実装したインターフェースは図1に示すように、画面は縦方向に2分割されており、左側に書籍ジャンルの切り替えボタンとレビュー点数に基づいた書籍のランキングリストが表示され、右側パネルに選択した書籍の配架場所や貸出情報、あらすじ、レビューなどの詳細情報を表示した。ユーザがデジタルサイネージを操作する前の平常状態では、右側パネルにスクロールなどの操作方法を指示するためのアニメーションを表示した。操作後、無操作状態が40秒続くとひとりの来館者が操作し終えたと考えられるので1セッションと数え、選択状態から平常状態に遷移した。また、1セッションごとにジャンルやランキング、ポジティブ情報の有無などの初期条件は無作為化した。ランキングは「芸術」「スポーツ」「旅行・行楽」というジャンル別に約30×3冊ある中から各15冊ずつセッションごとに無作為に選び表示した。

各書籍の選択肢には書影、タイトル、著者、レビュー点数、ポジティブなレビュー文を表示した。レビュー点数およびレビュー文はあらかじめ楽天ブックス、およびブクログからスクレイピングにて収集した。そして、表示するレビュー点数は収集したレビュー点数の平均値とした。ポジティブなレビューの抽出には、Google Natural Language APIとPythonライブラリであるOsetiによるテキスト感情分析を行った。これらのAPIはテキストに対して、-1.0（ネガティブ）から1.0（ポジティブ）の値を出力するため、2つの感情分析がともに閾値を上回った一文をポジティブな文であると見なして使用した。

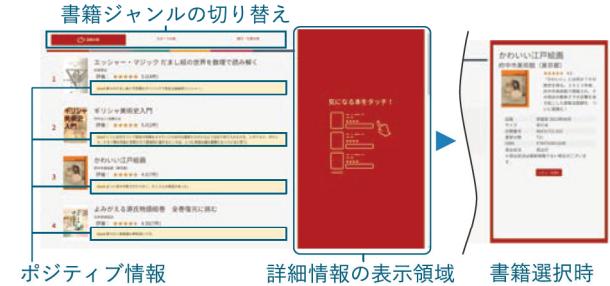


図1: 実装したシステムの画面

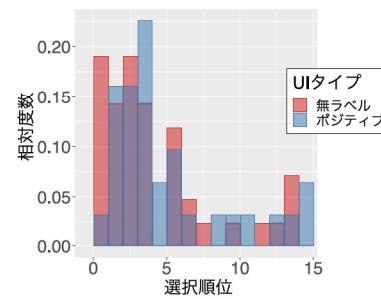


図2: 選択された順位の相対度数

開発はWebベースで行い、マルチタッチに対応した42インチのデジタルサイネージ上にインターネットブラウザであるGoogle Chromeで表示した。

3 実験結果と考察

実験は神戸市立中央図書館休日の開館日である2日間で行い、デジタルサイネージは図書館の入り口付近に設置した。神戸市立中央図書館の利用時間は9時15分から18時までであり、デジタルサイネージは開館から閉館まで稼働した。稼働中に行われたセッション数は無ラベル条件20回、ポジティブ条件18回であり、選択操作回数はセッションあたりの平均で無ラベル条件2.1回、ポジティブ条件1.7回であった。

操作ログの集計データから選択された順位の相対度数を表すグラフを図2に示す。この図から、ポジティブな情報を付与した場合に1位の選択肢を選ぶ頻度が大きく減少しており、他者からの評価が最も高い選択肢を選ばなくなるという点においては、ポジティブな選択肢提示がユーザの選択の視野を広げていると考えられる。しかしながら、同時に4位に選択が偏るという結果も得られた。本デジタルサイネージでは4から5つの選択肢が画面に収まることになるため、ユーザはポジティブ情報を上から順番に読み進め、画面の中で一番下の選択肢を選択した可能性が考えられる。よって、本結果からポジティブな情報による心理的な効果のみがユーザの選択の視野を広げることに寄与したと結論づけることはできない。今後は、選択肢の表示スケール調整やスクロール操作を促すことで本実験で得た課題の解決に取り組む。

参考文献

- [1] 清水友順、双見京介、寺田努、塚本昌彦: 多様な選択行動を促すためのポジティブ・ネガティブ情報に着目した選択肢提示手法、マルチメディア、分散協調とモバイルシンポジウム 2019 論文集, pp. 1716–1724 (2019).

口腔内環境改善のための頸下部装着型ウェアラブルデバイスの提案

鷲野 海, 寺田 努, 塚本昌彦(神戸大)

1 研究の背景と目的

唾液は消化、抗菌作用をはじめとした多くの働きをもつ。起床時など、普段の生活で唾液の分泌量が低下することがあり、口腔疾患のみならずさまざまな弊害が生じる。口腔内環境を常時測定することを目的としたマウスピース型の口腔内湿度計測器は開発されている[1]ものの、口腔内湿度計の正確性は保障されておらず、また口腔内環境に合わせて唾液分泌を促進するデバイスは開発されていない。

そこで本研究では、口腔内環境を常時測定し、乾燥時に唾液の分泌を促すデバイスを開発する。これまでに唾液分泌を促進する手法としては、においにや熱による刺激[2]、マッサージによる刺激[3]が提案されている。しかし、唾液分泌を促す上で、どの刺激が最も有効かはわかっていない。また、我々はユーザのおかれる環境や状況によって、唾液分泌に有効な刺激が異なると考えた。そこで、前述の3種類の刺激をさまざまな状況下で与え、その際の唾液分泌量の変化を調査する。

2 計測システム

今回の計測システムを図1に示す。頸下部に装着したリニアアクチュエータ、ペルチェ素子、におい出力デバイスによって刺激を与え、唾液分泌を促す。それぞれの刺激素子はArduinoを用いて制御した。本稿ではこのシステムを用い、さまざまな状況においてどういった刺激が有効かを調査した。

3 実験および実験結果

異なる状況下で、最も有効な刺激を調査するため、3つの測定状況内にて3つの異なる刺激を与え、その際の唾液分泌量の変化を測定する実験を行った。

唾液分泌を促すための刺激は、先行研究[2, 3]を参考に以下の3つを与えることとした。

- におい刺激: レモン果汁のにおいを嗅ぐ
- 温熱刺激: ペルチェ素子で頸下部を温める
- 圧力刺激: リニアアクチュエータを伸縮させ頸下部を刺激する

測定は、口腔内環境が通常状態と予想される平常時、口腔内環境が乾燥状態と予想される起床時、口腔内環境が湿潤状態と予想される食後の3つの状況で行った。

被験者20代男性1名に対して、3つの状況において、3つの刺激がある状態と刺激がない状態の唾液量を測定した。平常時では、10分毎に60分間、計6回唾液の変化量を測定した。食後、起床時は唾液量の変化が早いと予想し、5分毎の30分間、計6回唾液量の変化を計測した。唾液量の測定にはワッテ法を用いた。この測定法では、まず被験者の舌下部に幅約10mm、長さ約30mmのロール状の脱脂綿(ロールワッテ)を留置して、口を軽く閉じさせる。そして、30秒後にロールワッテを取り出し、留置前後のロールワッテの重量変化により吸湿された唾液量を計測する。また、ロールワッテ留置中の30秒間の唾液分泌量を測定するため、測定前に被験者の口腔内の唾液をガーゼで拭き取り、計測毎に新しいロールワッテを使用する。

平常時に各刺激を与えた時の唾液分泌量の変化を図2(a)に、同様に食後を図2(b)に示す。この図は刺激を与えてい

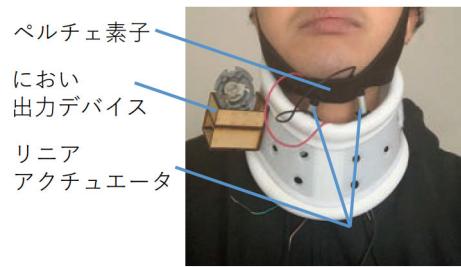


図1: 計測システム

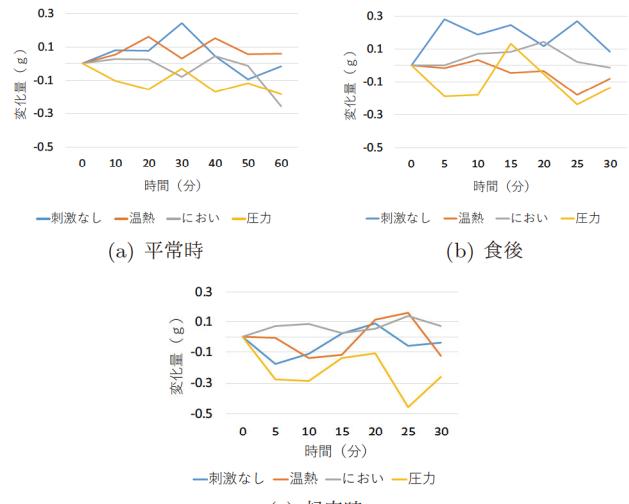


図2: 唾液分泌量の変化

ない通常状態を0分とし、通常状態を基準に刺激後の唾液分泌量の変化を表す。平常時、食後には唾液分泌量に大きな変化がみられなかった。これは、口腔内の乾燥度が通常または湿潤のときには、刺激の効果が弱かったためと考えられる。

図2(c)に起床時の唾液分泌量の変化を示す。におい刺激以外では5分後に唾液分泌量が減少している。これは起床時の唾液分泌能力が低下しているためと考えられる。一方で、におい刺激では唾液分泌量が増加している。よって、起床時に、におい刺激によって唾液分泌能力を促進させ、口腔内を湿潤状態にできると考えられる。

4 まとめと今後の課題

口腔内環境を常時測定し、乾燥時に状況に合わせた唾液の分泌を促すウェアラブルデバイスを提案し、唾液分泌を促すための刺激を状況ごとに実験した。唾液分泌量は個人差があり、周囲の状況、環境によって左右されるため、今後もデータ収集を重ねる。

参考文献

- [1] 竹内周平他: 口腔内湿度計測法の検討, 老年歯科医学, Vol. 24, No. 2, pp. 180-181 (Sep. 2009).
- [2] 東岡紗知江他: スダチのにおい刺激および温熱刺激による唾液分泌促進補助法の考案, 老年歯科医学, Vol. 29, No. 1, pp. 3-10 (July 2014).
- [3] 徳間みづほ: 唾液マッサージの実際, 老年歯科医学, Vol. 20, No. 4, pp. 356-361 (Mar. 2006).

チョーカー型デバイスを用いた頸部周径変化の計測による口呼吸と鼻呼吸の判別

尾形駿介, 寺田 努, 塚本昌彦(神戸大)

1 研究の背景と目的

呼吸は大きく鼻呼吸と口呼吸の2つに区分され、口呼吸は鼻呼吸と比べて風邪の原因や口内乾燥することによる口臭や虫歯の原因となるなどの多くのデメリットがある。また、口呼吸を行うのは子どもが多く、幼少期から口呼吸を続けることで口呼吸する習慣がつき、口を閉じる筋肉が次第に衰えてしまう可能性がある。口呼吸は無意識に行われることが多いため、自分自身でそれに気づき、やめることが難しい。

したがって、本研究では口呼吸と鼻呼吸を常時判別し、口呼吸時にフィードバックを行うことでユーザーに鼻呼吸をさせるシステムを構築することを目指す。口呼吸と鼻呼吸の識別を、装着性の高いデバイスを用いて実現するために、本研究では首の周径変化に基づき口呼吸と鼻呼吸を判別する手法を提案する。口呼吸を行う際、口を広げて直接喉に空気を流し込むため、鼻呼吸に比べて頸部周径変化が大きくなると考えた。本稿では首に密着するチョーカー型デバイスを製作し、内蔵したストレッチセンサの伸縮から頸部周径変化を測定することで、口呼吸と鼻呼吸を判別ができるのを調査した。

2 提案システム

口呼吸と鼻呼吸を判別するシステムの構成を図1に示す。図1のようにチョーカーとストレッチセンサを組み合わせたチョーカー型デバイスを頸部で固定し、センサ値をマイコンで読み取る。読み取ったセンサ値をPCに送信して、口呼吸と鼻呼吸を判別する。

口呼吸と鼻呼吸の判別基準を定めるために、このデバイスを用いた予備実験を行った。椅子に座った状態で、意識的に口で吸って吐く動作、同様に鼻で吸って吐く動作をそれぞれ3回ずつ行った。図2に予備実験の結果を示す。口呼吸は鼻呼吸に比べて、ストレッチセンサのセンサ値の波形に呼吸の周期に応じた大きな変化が現れていることがわかる。鼻呼吸時において吸って吐く動作どちらもセンサ値の変化はあまり見られない。一方、口呼吸において吸う動作では頸部が膨らむことでストレッチセンサが伸び、センサ値が5から10程度減少している。吐く動作では頸部が縮むことでストレッチセンサが縮み、センサ値が5から10程度増加している。図3は図2のストレッチセンサから1秒間の分散値を算出したものである。複数回予備実験を行った結果、図3のように1秒間のセンサ値の分散値が3以上の場合は、被験者は口呼吸をしていると判別し、分散値が3未満の場合、鼻呼吸と判別することとした。

3 実験

前述の判別手法で正しく口呼吸と鼻呼吸を判別できるか調査するための実験を行った。被験者はチョーカー型デバイスを装着し、口と鼻で吸って吐く動作それぞれ3回ずつ行う。首を動かすといった行為が頸部周径を変化させることを防ぐため、今回は椅子に座り静止した状態で計測を行う。なお被験者は3名であり、それぞれA, B, Cとした。

実験結果を表1に示す。各セルの数値は3回の呼吸のうち正しく判別できた回数である。被験者Aは口呼吸と鼻呼吸を全て正しく判別できた。被験者Bについては口呼吸は全て正しく判別できたが、鼻呼吸を3回中1回口呼吸と誤って判別した。被験者Cについては鼻呼吸を全て正しく判別で

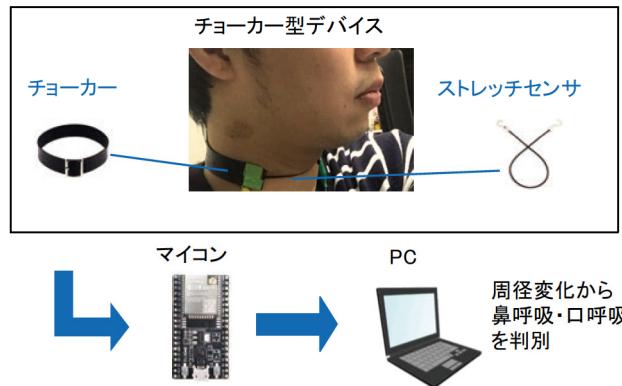


図1: システム構成

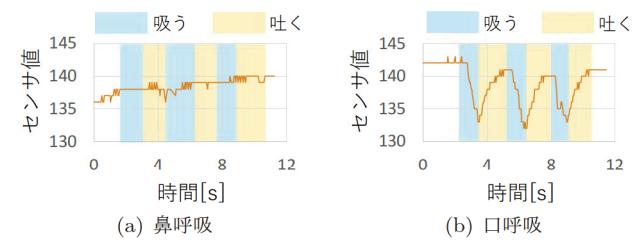


図2: 予備実験結果

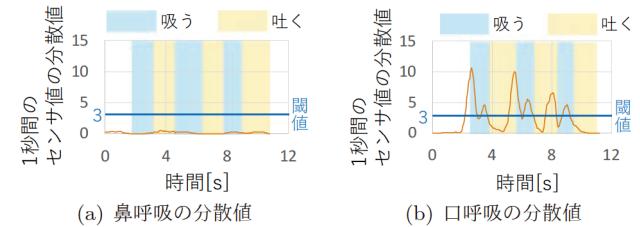


図3: 鼻呼吸, 口呼吸の判別基準

表1: 実験結果

正解	鼻呼吸		口呼吸	
	鼻呼吸	口呼吸	鼻呼吸	口呼吸
被験者 A	3	0	0	3
被験者 B	2	1	0	3
被験者 C	3	0	2	1

きたが、口呼吸を1回しか正しく判別できなかった。

正しく判別できなかった呼吸に関して、被験者Bは呼吸中に首を動かしており、その動作がセンサ値に影響したと考えられる。被験者Cは首周りが細かったため、口呼吸時にストレッチセンサが伸びきらなかったと考えられる。したがって、実際にシステムを運用する上では首を動かすなどの動作や個人差を考慮した判別手法を探る必要がある。また、口呼吸と鼻呼吸時のセンサ値の差がわずかであるため、ストレッチセンサを用いた頸部周径変化を計測するだけでは正確に口呼吸と鼻呼吸を判別できない可能性がある。

4 まとめと今後の課題

本稿では、口呼吸と鼻呼吸を判別するためのチョーカー型デバイスを提案した。今後は被験者数を増やし、より正確に口呼吸と鼻呼吸を判別するシステムを構築する。また実際に口呼吸は集中時や興奮時といった無意識に行われるのか調査していく。

授乳中のスマートフォン操作が母親および乳児の体勢データに与える影響の調査

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), 船戸弘正(東邦大, 筑波大), 塚本昌彦(神戸大)

1 研究の背景と目的

スマートフォンは、現在幅広い世代に普及し、日常的に利用されている。乳児をもつ母親は育児の中で休める時間が少なく、授乳中の時間を利用しスマートフォンを操作することもある。これに対し、伝統的な子育ての概念では、授乳中のスマートフォン操作は乳児にとってよくないといわれているが、明確な理由は調査されていない。スマートフォンなどの今後さらに普及するであろう新技術を理由なく拒絶することは望ましくない。母親のストレス軽減のためにも、授乳中のスマートフォン操作を禁止するのではなく、適切な使用方法を模索することが大切である。

授乳中にスマートフォン操作をすることで、母親の姿勢や乳児とのコミュニケーションに変化が起こり、親子に影響を及ぼす可能性がある。例えば親子の関係、母親の身体の痛み、乳児の満腹度、睡眠の質の悪化、ぐずりなどである。これらの原因がスマートフォン操作であれば、授乳中にスマートフォン操作をしない時とスマートフォン操作をする時で何らかの違いが生じているはずである。そこで本研究では授乳中のスマートフォン操作の有無で母親の姿勢や乳児とのコミュニケーションに違いがあるかを調査する。

2 検証方法

授乳中の母親の姿勢および乳児とのコミュニケーションの検証に用いるシステムの構成を図1に示す。母親の姿勢の変化はいくつかのセンサとビデオカメラを用いて計測した。母親の腕の動きを、両手首に加速度・角速度センサを装着し、3軸加速度・角速度データを取得した。母親の両腕に筋電センサを2チャンネルずつ装着し、力の入り具合のデータを取得した。また母親の着座面に座面センサを設置し、重心位置の変化を取得した。被験者の正面と側面には2台のビデオカメラを設置し、乳児とのコミュニケーションを観察した。被験者には普段の授乳中のスマートフォン操作に関するアンケート調査を行った。質問項目は使用頻度、使用する時間帯、乳児の反応、罪悪感の有無、操作内容、スマートフォン操作の際に気を付いていること、である。実験において被験者は、授乳のみ、スマートフォンでニュース閲覧をしながら授乳(能動性の低い利用)、スマートフォンで文字を入力しながら授乳(能動性の高い利用)の3種類の授乳姿勢をとった。それぞれ1分30秒ずつ体勢をとり、計測した。母親の姿勢は統一し、あぐらをかいて座り、乳児を横抱きする姿勢とした。被験者は生後3~6ヶ月の乳児とその母親7組である。本実験は倫理審査委員会の承認を得て行った。

3 結果

母親に装着した各センサ値をグラフ化し、スマートフォン操作の有無で大きく違いがあるかを評価した。各センサ値の波形について、被験者Aの左腕加速度センサの波形を図2に示す。被験者Aは左腕で乳児を抱き、スマートフォンは右手で操作した。図2の波形に示すように、スマートフォン操作の有無に関わらず、波形に大きく変化が現れる時刻があった。その時刻のビデオカメラの映像から、母親が体全体を左右にゆすったり乳児を抱いている手をゆすったりと、乳児を気遣いあやすような動作が確認できた。これらはスマート



図1: システム構成

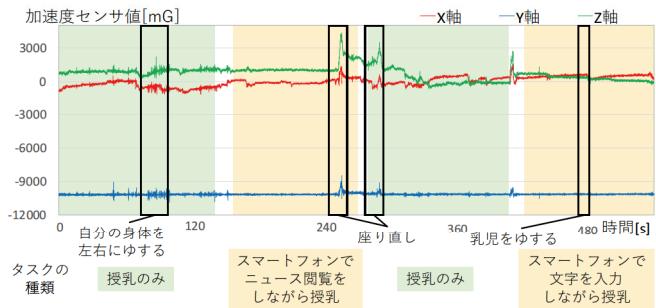


図2: 被験者Aの左腕加速度センサ値

表1: 乳児の変化に母親が気づくまでの時間

	被験者		
	C	E	G
スマートフォン操作あり [s]	1.74	5.96	0.79
スマートフォン操作なし [s]	0	0	0

フォン操作の有無に関係なくみられた。波形について、他の被験者やセンサデータからもスマートフォン操作の有無で明らかな違いはみられなかった。

母親の乳児とのコミュニケーションについて、乳児が母乳を飲むのをやめたことに母親が気づくまでの時間を評価した。結果を表1に示す。スマートフォン操作ありの際にはスマートフォン操作なしに比べて、母親が気づくまでに時間がかかることがわかった。

アンケート調査の結果、授乳中のスマートフォン操作に全く罪悪感を感じない母親は存在しなかったが、罪悪感を感じいつもすべての被験者がスマートフォン操作を行うと回答した。この結果から、もし授乳中のスマートフォン操作を禁止した場合、母親はストレスを感じる可能性がある。

母親が乳児の変化に気づく時間は、授乳中のスマートフォン操作の有無に関係していることがわかった。この結果から、授乳中のスマートフォン操作による変化が母親および乳児に影響を与える可能性がある。

4 まとめ

本研究では、授乳中のスマートフォン操作の有無で母親の姿勢や乳児とのコミュニケーションに違いがあるかを調査した。実験の結果、母親が乳児の変化に気づく時間は、授乳中のスマートフォン操作の有無に関係していることがわかった。

鼻部装着型圧電素子を用いた呼吸認識デバイスの設計と実装

松田 真（立命館大学），双見京介（立命館大学），村尾和哉（立命館大学，JST さきがけ）

1 研究の背景と目的

呼吸の情報は人の心身の状態を表す重要な指標となる。例えば、呼吸の回数やリズムや間隔、呼吸が腹式か胸式か、呼吸音に含まれる周波数成分、口呼吸か鼻呼吸か、といった呼吸のパラメータは、人の情動や健康状態、病状や活動コンテクスト、身体や精神の負荷などを示す。このような呼吸のセンシングを日常全体で常時行えれば有益であるが、これを行う上で既存手法は課題を残している。例えば、スポーツ分野において利用されている口全体をマスクで覆う手法は詳細な呼気量や呼気成分を収集できるが日常での利用には向かない。また、鼻穴の前方や中にセンサを置く手法^[1]は、使用時の衛生面や見た目において難を感じるユーザもいる。

そこで、本研究では、呼吸のセンシングを日常全体で常時行うために、鼻表面に設置された圧電素子を用いて、呼吸を認識する手法を提案する。提案手法はメガネなどの一般的な装着物に設置された圧電素子を用いて呼吸時に自然発生する振動をセンシングし、呼吸音の音量や周波数といった特徴から、呼吸コンテクストを認識する。本手法のセンシング手法はパッシブ音響センシングであり、自然に発生した音をマイクのみで受動的に得る手法である。本稿では、プロトタイプシステムを実装し、提案手法によって鼻呼吸と口呼吸の吸うと吐くの認識ができるかを検証した。

2 提案手法

提案システムの流れを図1に示す。まず、鼻に圧電素子を設置する。次に、圧電素子から呼吸時に発生する鼻表面の振動を取得する。最後に、取得した振動の特徴量を解析することで、呼吸コンテクストを認識する。圧電素子を設置するのは、鼻設置が可能な装着物であり、例えば、日常で利用するメガネの鼻あてや、スポーツ時や睡眠時の鼻腔拡張用の鼻に張り付けるテープを想定している。提案システムのプロトタイプシステムを実装した。プロトタイプシステムは、鼻に設置される圧電素子（SPL 製 MSI28-12R），オーディオインターフェース（Steinberg 製 UR22mkII），コンピュータからなる。音の取得は 96.0[kHz] でサンプリングした。音の特徴量として、FFT から得た 0[Hz] から 40[kHz] の範囲の周波数スペクトルを用いた。圧電素子の設置箇所は図2に示す2種類である。1つ目は鼻根に圧電素子を設置するタイプで、これはメガネの鼻あてに圧電素子を付ける想定である。2つ目は鼻背の付近に圧電素子を設置するタイプで、これは鼻腔拡張用テープに圧電素子を付ける想定である。

3 評価

提案手法によって、鼻呼吸の吸うと吐く、口呼吸の吸うと吐くの4種類の呼吸コンテクストが認識できるかを評価した。被験者は20代男性1名で、口呼吸60秒、鼻呼吸60秒を、自然に行った。これを2種類のセンサ設置箇所にわけて行った。データ処理は次のように行った。収集した音源データから、4種類の呼吸コンテクストに該当する部分を、手動で切り出した。これによって、4種類の呼吸コンテクストを各20サンプルずつで、合計80サンプル切り出した。なお、この1サンプルは約1秒のデータサイズである。この時点の1サンプルを一呼吸データと呼ぶ。次に、この一呼吸データの1サンプルを0.1秒のウインドウサイズごとに切り分け

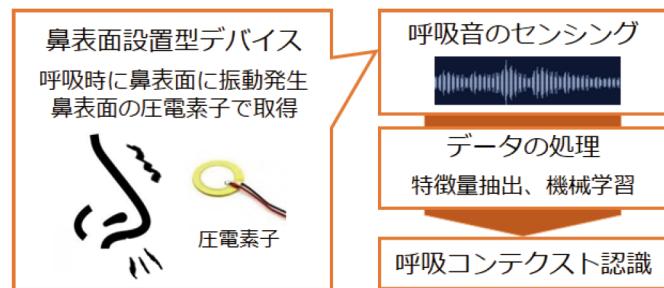


図1: システムの流れ



図2: 圧電素子の設置箇所

表1: 一呼吸データの認識精度

センサの設置箇所	鼻根設置型			鼻背設置型			
	呼吸の種類	適合率	再現率	F値	適合率	再現率	F値
鼻吐く	0.83	0.95	0.88	1.00	0.95	0.97	0.97
鼻吸う	0.94	0.80	0.86	0.95	1.00	0.98	0.98
口吐く	0.87	1.00	0.93	1.00	1.00	1.00	1.00
口吸う	1.00	0.85	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00

表2: 一呼吸の分割データの認識精度

センサの設置箇所	鼻根設置型			鼻背設置型			
	呼吸の種類	適合率	再現率	F値	適合率	再現率	F値
鼻吐く	0.82	0.92	0.86	0.99	0.94	0.96	0.96
鼻吸う	0.94	0.76	0.84	0.89	1.00	0.94	0.94
口吐く	0.91	0.97	0.94	0.89	0.70	0.79	0.79
口吸う	0.88	0.88	0.88	0.74	0.84	0.79	0.79

て、4種類の呼吸コンテクストから720サンプルを得た。この時点のサンプルを一呼吸の分割データと呼ぶ。表1は、一呼吸データに SVM アルゴリズムを用いて5分割交差検証を行った結果である。表2は、一呼吸の分割データに SVM アルゴリズムを用いて10分割交差検証を行った結果である。

4 まとめと今後

本研究では、圧電素子を用いて呼吸の種類を認識するデバイスの設計と実装を行った。プロトタイプシステムを用いた評価実験の結果から、4種類の呼吸コンテクストを認識できることを示した。今後は被験者を増やした実験や実用を想定したデバイス実装を行う。

参考文献

- [1] Ryosuke Kodama, Tsutomu Terada, Masahiko Tsukamoto, Evaluation on a Context Recognition Method Using Temperature Sensors in the Nostriis, Molecular Diversity Preservation International (MDPI), Vol. 19, pp. 1528–1539 (2019).

胸式・腹式呼吸識別を加味した残呼気量推定手法の提案

松井勇介, 寺田 努, 塚本昌彦(神戸大)

1 研究の背景と目的

歌唱のクオリティには呼吸が大きく関わっている[1]が、歌唱中に息の残量を自分自身で把握することは難しい。筆者らは、これまで歌唱時の呼気コントロール支援のために、吐くことが可能な肺内の息の残量を残呼気量と定義し、それを胸部と腹部の周径変化からストレッチセンサを用いてリアルタイムで推定し、ユーザに提示するシステムを開発してきた[2]。しかし、基本とした深呼吸時の残呼気量推定において、機械学習にかける際に学習データ内の胸と腹のセンサ値の変化度合と残呼気量の対応にはばらつきがあり、推定誤差が大きいという課題が明らかになった。この原因として、扱う呼吸が胸式・腹式の混ざり合ったものでうまく学習できていなかったこと、毎回の呼吸時に位置がずれてしまったことが考えられる。

そこで本研究では、呼吸時にセンサがずれないようにセンサの位置が固定できるようデバイスを改良し、装着性を向上させた上で胸式・腹式を区別して残呼気量を推定し、精度が向上するかを調査する。

2 提案システム

提案システムの構成を図1に示す。デバイスは伸縮性のあるアンダーシャツであり、伸縮により抵抗値が変化する導電ゴムのストレッチセンサを胸部と腹部の2箇所に配置する。

センサの配置について、センサが呼吸時にずれないようにシャツに固定する。シャツ側ではシャツ前面部中央にスナップボタンを配置し、包帯側ではセンサ中央部に同じくスナップボタンを配置することで、センサ中央部の位置を固定した。また、ユーザの胸部、腹部の周径に応じて呼吸を妨げない程度にきつく締められるように、包帯の長さを調整可能にした。システムでは、ストレッチセンサの値を Arduino Nano で受け取り、シリアル通信で PC へ送信し、Processing で実装した推定手法を用いてリアルタイムで残呼気量を推定する。

残呼気量の推定には機械学習のひとつである k-NN を用いた。特徴量には、PC へと送られてくる胸と腹の 2 つのセンサの瞬時値を用いる。この特徴量と肺活量測定器から取得した残呼気量を 100 [mL] ずつ対応付けたものを学習データとする。学習データには、胸式・腹式呼吸を区別したものとそれを区別しない自然呼吸（深呼吸）を用いる。

3 評価実験

20代の男性被験者 1名について、提案システムを用いて次の 3種類の呼吸を測定し推定精度を検証した。

- ・ 自然呼吸：特に意識しない呼吸
- ・ 胸式呼吸：胸部を意識した呼吸
- ・ 腹式呼吸：腹部を意識した呼吸

測定時、被験者は安静立位を保つ。息を最大まで吸った状態、すなわち残呼気量が最大の状態から息を吐き切り、最大まで息を吸う、という呼吸を肺活量測定器を用いて行う。これを呼吸 1 回分とする。この呼吸を 10 回行う。ただし、10 回の呼吸は不連続なものであり、1 回分の呼吸を測定するごとに呼吸を整える。推定精度の評価方法について、3種類それぞれの推定精度を検証するために呼吸の種類ごとにそれぞれ 10 分割交差検証を行う。評価指標は、k-NN により推定した推定残呼気量と肺活量測定器から取得した正解残呼気量の差

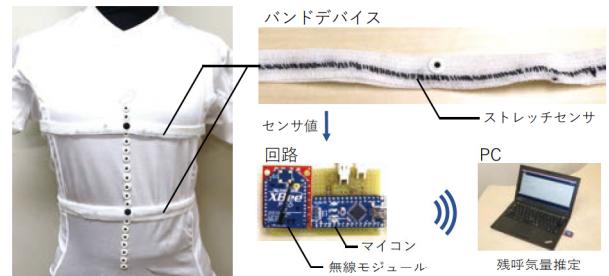


図 1: システム構成

表 1: 交差検証による各呼吸の認識精度の評価結果

呼吸の仕方	自然	胸式	腹式
平均推定誤差 [mL]	316.1	422.9	427.6

の絶対値による平均推定誤差とする。

4 結果と考察

残呼気量推定精度の結果を表1に示す。旧デバイスでの自然な呼吸における交差検証結果では、この被験者の平均推定誤差は 553.9 [mL] であったのに対し、今回は 316.1 [mL] となっており、推定誤差は 137.8 [mL] 減少した。これはデバイス装着性の向上が要因であると考えられる。

また、自然呼吸の方が胸式・腹式呼吸が混合することにより推定精度が低くなると考えていたが、結果は自然呼吸の方が推定精度が高かった。これは今回評価した 10 回分の自然呼吸における各呼吸において、10 回とも似たようなセンサ値の推移であったことから胸式・腹式呼吸の混じる割合が同程度であったためだと考えられる。しかし、想定環境における歌唱時の激しい呼吸では、胸式・腹式呼吸の割合が変化することが予想されるため、胸式・腹式呼吸を識別して残呼気量を推定する方が推定精度が高くなる可能性がある。このような歌唱時の激しい呼吸を評価するためには、自然な呼吸だけではなく呼吸筋が疲労している際の呼吸や呼吸スピードを変化させた際の呼吸など様々な呼吸について評価する必要がある。

5 まとめと今後の課題

本稿では、残呼気量推定デバイスの装着性方法を改良し、胸式・腹式呼吸識別を加味した残呼気量推定手法を提案した。今後はより歌唱時の呼吸に近い状態の呼吸を評価するために、様々な呼吸のデータの採取を行う予定である。

参考文献

- [1] S. Jiang: Discussion on the Correct Method of Using Breath in Singing, *Proc. of the 2nd International Conference on Culture, Education and Economic Development of Modern Society*, Vol. 205, pp. 697–699 (Mar. 2018).
- [2] 松井勇介, 寺田 努, 塚本昌彦: ストレッチセンサを用いた残呼気量提示機能をもつ歌唱支援システム, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2019, pp. 104–112 (Sep 2019).

センサ内蔵アンダーパンツを用いた排泄ログシステムの提案

恵村健太郎(神戸大), 磯山直也(奈良先端大), 寺田 努, 塚本昌彦(神戸大)

1 研究の背景と目的

排泄活動を適切に行なうことは、健康を維持する上で重要であり、排泄情報は健康管理において重要な情報である。便秘や頻尿などの排泄障害は疾病の原因や生活の制約となりうる。排泄障害の診断には患者自らが排泄を行った時間、排尿/排便などの排泄行動、便の形状等を記録する方法が用いられている[1]。排泄は日常的に行われるため、自動記録が望まれるが、トイレというプライベートな場所での行動であり、ユーザ自身や周囲の人のプライバシを考慮した測定方法が求められる。排泄情報を取得するために、山越らはトイレの床に設置した重量計の変化から排泄量を計測し、排泄情報を記録するモニタリングシステムを提案している[2]。このシステムは、デバイスをトイレ自体に設置する必要があるため、外出先では使用できないという問題がある。筆者らはこれまでの研究で、ストレッチセンサを装着したアンダーパンツを用いた行動認識手法を提案した。アンダーパンツにセンシング技術を統合することで、外出先のトイレなどの環境によらない排泄記録ができる。これまでの提案手法は、アンダーパンツの着用状態から男性用小便器と腰掛式の洋式便器での排泄動作を認識できるが、排尿と排便の識別が難しい。

そこで本稿では、腸内ガスと排泄環境の湿度に着目し、アンダーパンツに装着したガスセンサと温湿度センサを用いた排尿と排便の識別手法を検討する。検討手法は排便時の腸内ガスの放出やウォシュレットの使用、排泄物の水洗によるトイレ内の絶対湿度の変化を検出することで、排便と排泄を識別する。具体的には、アンダーパンツにガスセンサ、温湿度センサを装着し、排泄時の各センサの値を調査する。

2 計測デバイス

実装したデバイスを図1に示す。腸内ガスの検知のためのガスセンサ、トイレ内の絶対湿度の測定のための湿度センサ、センサからデータを収集するマイコンをアンダーパンツに装着した。マイコンにはEspressif社のESP-WROOM-32を用い、ガスセンサにはWaveshare社のMQ-4とMQ-135を用いた。MQ-4はメタンなどの腸内ガスに多く含まれるガスを測定し、MQ-135は尿に多く含まれるアンモニアなどのガスを測定するため用いた。温湿度センサにはSHT71を用いた。取得したセンサデータはSDカード上に蓄積し、PC上で確認を行った。

3 実験

排泄時のセンサデータの変化を確認するために、実装した計測デバイスを用いて排泄前後のセンサデータを計測した。被験者は20代の男性1名である。被験者は計測デバイスを着用し、男性トイレ内個室にある洋式便器で排便と排尿をそれぞれ3回ずつ行った。計測デバイスによる計測は個室に入った直後から開始し、個室から出た直後に終了した。

図2に計測結果を示す。2種類のガスセンサの値が排便時には上昇し、排尿時には変化しなかった。排便時に放出される腸内ガスに含まれるメタンと二酸化炭素をそれぞれMQ-4とMQ-135が検知したためだと考えられる。メタンは炭水化物の消化によって生じ、二酸化炭素はタンパク質の分解によって生じる。このことから、これらの気体を計測できるガスセンサによって排便と排尿を識別できる。特にメタンは生

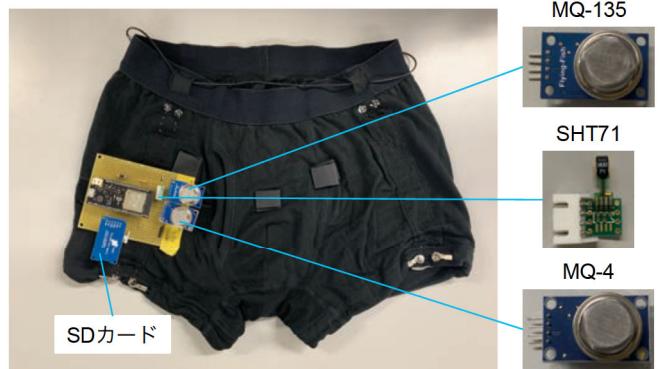


図1: 提案デバイス

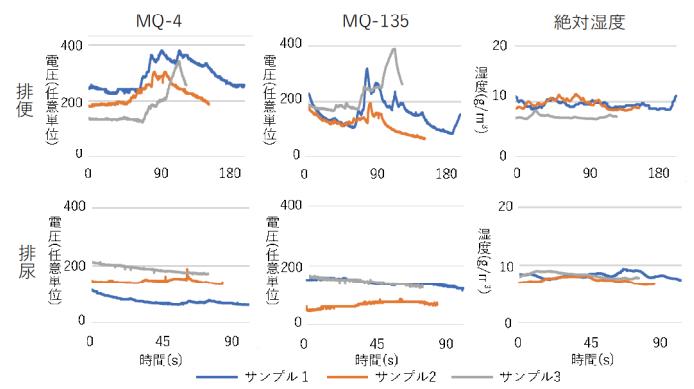


図2: 実験結果

体ガスの中でも腸内でのみ生成されるガスであるため、排便により放出された腸内ガスが検知されていると考えられる。MQ-135は尿に含まれるアンモニアに反応することを想定していたが、排尿時には反応しなかった。これは、尿に含まれるアンモニアは水に溶けやすい性質を持つため、空気中に放出されなかったためであると考えられる。絶対湿度は排便時と排尿時に変化がなかった。洋式便器は便器内に水が多くためられているため、常に個室内の湿度が高く、また、排泄時やウォシュレットの利用時、便器部分が自身の体で覆われているため大きな変化が得られなかったと考えられる。

4まとめ

本稿では、アンダーパンツに装着したガスセンサと温湿度センサを用いた排尿と排便の識別手法を検討し、排尿と排便時に2種類のガスセンサデータの変化に違いがあることを確認した。今後はより多くの被験者で実験を行い、ストレッチセンサデータとガスセンサデータを用い、排尿/排便それぞれの認識精度を調査し、便の形状などより細かい排泄情報の検知が行えないかどうか検討を行う。また、排泄情報を自動で記録するアプリケーションを作成し、評価を行う。

参考文献

- [1] 日本消化器病学会関連研究会, 慢性便秘の診断・治療研究会: 慢性便秘症診療ガイドライン 2017, 南江堂 (2017).
- [2] 山越憲一: トイレに設置するモニタリングシステム, BME, Vol. 10, No. 5, pp. 30–38 (1996).

セルフコントロールエンジニアリング：心身の自制機能を拡張する魔法を生む情報提示基盤

双見京介（立命館大）

1 研究の背景と目的

自制の機能は、心身の状態やパフォーマンス、言動などを左右する重要な要因である。しかし、脳の特性上、自制は誰もが上手くできるわけではなく、常に上手くできるわけでもない。人類のほとんどは自制機能に課題を抱えているのである。故に、自制を上手くさせる手法は多くの分野や一般社会で注目度が高く、探求されている。それでもなお、心身の自制を誰もが簡便にできる手法は実現されていない。

我々は、この実現をコンピュータを軸に狙っている。本研究の目的は、情報機器を介して脳に起こる錯覚を通じて、心身のセルフコントロール機能を無自覚に拡張する技術の構築である。この実現のために本研究では、情報機器の利用が脳に起こす錯覚や、その錯覚を通じて心身に起こる変化を明らかにする。そして、そういった錯覚の制御を情報機器を通じて行うことで、ユーザの自制を害する現象を排除し、さらには、自制機能を高める現象を起こす技術を開発する。

2 取り組み

本研究の複数の取り組みを紹介する。

1. 刺激の活用

情報機器の普及に伴い、人は五感から様々な知覚刺激を意識せずにあらゆる場面で常に得る環境になってしまった。こういった環境の生活は、人の自制機能にどういう変化をもたらすのであろうか。我々は過去の研究において、ダーツゲームといった緊張場面における心身の自制機能の無自覚の変化が、意識せずに知覚した聴覚刺激によって起こる現象を確認している[1]。この際の自制機能の変化は、聴覚刺激に条件づけられた体験（成功や失敗）につられて、悪くも良くなつた。類する現象は他にもあり、情報機器の知覚刺激は人の自制機能を害する現象を起こし得るとわかってきていた。一方、こういった身の回りの知覚刺激を活用して自制機能を向上させる現象を狙って起こせる可能性があることもわかつてきってきた。そこで、本プロジェクトでは、特に意識されないが知覚される刺激を制御することで、自制機能を向上させる現象を起こす技術を開発している。例えば、メンタル機能操作を通じて心身パフォーマンスを向上させる手法、時間感覚操作を通じて情動や気分を向上させる手法、覚醒度操作を通じて学習効率を向上させる手法、他を進めている。

2. 情報の活用

情報を得るためのアプリケーションはあらゆる活動において存在しており、こういった情報を人はスマートフォンやPCなどから常に得られる環境になった。こういった環境は人の活動を必ずしも上手くいかせていないのではないか。我々は過去の研究において、スマートフォンで見る情報が人の自制機能を良くも悪くも左右する現象に遭遇している。例えば、移動時の到着時刻が移動前に確認した時間情報の見せ方によって変わる現象[2]や、また、他人と行動ログを見せ合うアプリケーションにおいて、自己の努力程度の無自覚の変化が、他人の情報によって起こる現象が挙げられる。類する現象は他にもあり、閲覧情報の内容は人の自制機能を害する現象を起こし得るとわかってきていた。一方で、こういった情報を活用して自制機能を向上させる現象を狙って起こせる可能性もある。そこで、本プロジェクトでは、視聽される情報

の見せ方を制御することで、自制機能向上に資する現象を起こす技術を開発している。例えば、ライフログを改変して見せることで行動変容や限界突破を起こす手法、心拍や筋活動量や感情といった生体情報を改変して見せることで心身の状態やパフォーマンスを向上させる手法、他を進めている。

3. XXX の活用

道具の存在は人の心身の観念を変える。例えば、PC や紙などの外部記憶道具の使い方を覚えると、その道具が心身の一部となって記憶のメカニズムが変わることが示されている。本プロジェクトでは、この種の現象を意図して生むことで、自制を上手くいかせる技術の開発を進めている。例えば、自己分身のドッペルゲンガーや実在しないバーチャルキャラクタを活用することで、自分と他人の接触や、自分と自分の接触で本来起こるはずの現象を起こす手法を進めており、具体的には、ドッペルゲンガーが行った経験（体験、知識、技能、気持ち）を自分に同期させて経験を倍増させる手法、自分の心身の疲労・痛みをドッペルゲンガーに分けて心身の疲労を軽減する手法、架空世界のバーチャルキャラクタに親切をすることで自己効力感を回復する手法、他を進めている。

4. 個人特性や状況に応じた錯覚操作技術

全員に同じアルゴリズムで似た刺激や情報を提供するデザインのシステムが、既に普及てしまっている。刺激や情報が脳に起こす現象が、人ごとに異なったり正反対になったりする場合、このような現状のシステムの普及は大きな被害を誰かに起こさないだろうか。我々は過去の研究において、この懸念の例を確認しており、具体的には、成功や失敗と条件づけた 2 種の聴覚刺激がある場合に、心身のパフォーマンスに対してそれぞれの刺激が起こす影響の傾向が、脳の個人特性によって分かれることを確認している。類する報告は他にもあり、性差や経験差などの個人特性も心身に起こる現象を変えるとわかってきていた。本プロジェクトでは、情報機器からの刺激や情報が脳に起こす現象の個人ごとの違いを予測するための汎用的な手法の開発を、脳や性格や生活習慣などの個人特性指標をもとに進めている。

3 おわりに

本技術が実現されれば、心身の自制を誰もが簡便に行えるようになる。コンピュータを利用して自制機能の程度に関わらず日常生活で様々な良い現象や結果が起こることになる。自制は自分の力でやらないと意味がないという議論はあまり意味がないと考えている。それは例えば、視力が悪い人がメガネ装着によって日常生活で不利益を被らずに高いパフォーマンスを発揮できる状態を実現するのと似ている。

参考文献

- [1] 双見京介, 寺田 努, 塚木昌彦, 条件づけ刺激を用いたメンタル機能制御支援システム, 情報処理学会論文誌, 58(5), pp. 1025–1036 (May 2017).
- [2] K. FUTAMI, T. TERADA, and M. TSUKAMOTO, A Method for Controlling Arrival Time to Prevent Late Arrival by Manipulating Vehicle Timetable Information, the journal of Data Intelligence, 1(1), pp. 001-017 (Apr. 2019).

絵画鑑賞時における HMD の提示方法の違いに関する調査

磯山直也（奈良先端大），寺田 努（神戸大）

1 はじめに

日常生活での利用を想定した HMD (Head Mounted Display) が登場してきており、ユーザは HMD を用いることで実世界の情報と照らし合わせながら、提示された情報を閲覧できる。様々な HMD が登場しているが、本研究ではそれらを追従型と設置型の 2 種類に分け、各提示について検討する。追従型は、Google Glass や MOVERIO など、ユーザの眼前にディスプレイが配置され、提示情報がユーザの視界を常に追従するものを指す。設置型は、HoloLens や Magic Leap One など、搭載されたカメラを用いて周囲の状況を認識し、指定された位置に情報を設置して提示するものを指す。

HMD はユーザに合わせて提示内容を変化させたり、動画を提示したり、便利な利用ができるところから普及が期待できる。しかし、ユーザに合わせてどのように効果的に利用できるかについては知見が不十分である。本研究では、追従型と設置型の比較を行うことで、それぞれの特性を明らかにし、適切な利用に関する知見を蓄積する。

本稿では、利用場面として絵画鑑賞時を想定する。美術館では作品の横に説明文が提示されるが、必要な説明の文量は個人によって異なり、説明文が無いことを望む人もいる。HMD を用いることで、個人に合わせた説明文の提示が可能となるため、美術館での利用が考えられる。実際に、美術館での HMD の利用に関する試みも多数存在する [1, 2, 3]。

2 比較実験

2.1 実験内容

絵画鑑賞時に追従型と設置型それぞれの提示方法で説明文を閲読した際の違いについて調査する。実験に使用する絵として 1800 年代に印象派として活躍した 6 人の画家から 1 枚ずつ計 6 枚を選定し、横幅 40cm に統一して本来の縦横比を保って印刷した。実験の様子を図 1 に示す。被験者は HMD を装着し、各方法で説明文を閲読しながら、壁に貼られた 3 枚の絵を右から順に鑑賞する。HMD として、機器による違いが生じないように HoloLens のみを使用し、追従型では説明文が常に被験者の目の前に提示され、設置型では説明文が各絵の右に提示されるようにした。追従型の際には、被験者の位置に応じて説明文の内容を実験者が遠隔操作で変更した。説明文には、作品名・作者名・製作年・絵の説明 (90 文字程度) が含まれており、被験者には全文読むように指示する。被験者には追従型・設置型をランダムな順序で提示し、絵は提示方法ごとに違うものをランダムな順序で掲示する。

HoloLens にアタッチメントを用いてアイトラッカ (Pupil Core)，デバイスの上部に 9 軸 IMU センサ (TSMD151) を取り付け、被験者には心拍センサ (WHS-3) を装着させる。各方法での鑑賞後にはアンケートに答えさせた。アンケートでは、「表示は見やすかったか」「説明文を読もうと思えたか」「閲読に疲れなかったか」「鑑賞に集中できたか」(質問 a-d) を 7 段階 (7: Agree, 1: Disagree) で、また、どちらの提示方法が好みか答えせ、自由記述を行わせた。

2.2 実験結果

大学院生の男性 6 名で実験を行った。表 1 に各質問結果の中央値を示す。表からわかる通り、追従型と設置型において同じような結果が得られた。しかし、どちらの提示方法が好



図 1: 実験の様子

表 1: アンケート結果

質問	a	b	c	d
追従型	4.5	4	4	4
設置型	4	4.5	4.5	3.5

みかに対する回答は、3 人ずつ半数に分かれた。追従型が選ばれた理由として「絵と説明文を見比べやすい」、設置型については「絵を見る際に提示が邪魔にならない」という意見が得られた。センサ値に関する結果は本稿では割愛する。

3 考察

絵画鑑賞時を想定した状況で、文字のみといった単純な提示に関しても好みが分かれる結果となった。文字量を変えたり、動画を表示したりすることで、好みがさらに分かれることも考えられ、HMD での提示が個人に応じて可変であることの必要性が示唆された。

本稿での HMD 上の提示は、既存の美術館での説明文を模した。HMD を用いることで、提示内容だけでなく、タイミングや位置も変えられる。より複雑な条件下での提示を行った際の提示方法による違いについても検討する必要がある。

HoloLens を用いたが、現状では視野角の狭さや解像度の低さから、提示が見えにくく十分な実験を行えなかった。今後は、各提示方法それぞれについて特性を調査することや、VR 環境で各提示方法を模して比較実験を行っていく。

4 まとめ

本稿では、HMD を提示方法によって追従型と設置型に分け、絵画鑑賞時に HMD 上に絵の説明文を出した際の提示方法による違いについて検討した。提示方法について、個人によって好みが分かれることを確認した。

参考文献

- [1] T. Miyashita, et al.: An Augmented Reality Museum Guide, *ISMAR '08*, pp. 103–106 (2008).
- [2] N. Vainstein, et al.: Towards Using Mobile, Head-Worn Displays in Cultural Heritage: User Requirements and a Research Agenda, *IUI '16*, pp. 327–331 (2016).
- [3] M. Mason: The MIT Museum Glassware Prototype: Visitor Experience Exploration for Designing Smart Glasses, *JOCCH*, Vol. 9, Issue 3, Article No. 12 (2016).

電気刺激と静電摩擦刺激を組み合わせた複合触感表示によるリアルな触感表示

石塚裕己(大阪大学大学院基礎工学研究科)

1. 研究の背景と目的

近年、視聴覚へ続く感覚表示の対象として触覚が着目されている。触覚へ情報提示を行うための装置として、触覚ディスプレイが研究されており、長期に渡って研究が行われている。触覚ディスプレイの原理としては振動子のようなアクチュエータを用いて皮膚表面に振動を与える方法や皮膚への電流印加によって触感を受容するような方法が提案されている。近年、タッチパネルへの親和性の高さから静電気力によって皮膚表面に静電摩擦刺激を表示する方法が注目されている。しかし、本方法はきめ細かい材質の触感再現の用途にしか向いておらず、高さのある凹凸形状のようなものの触感を再現することは困難である。そこで本研究では、静電摩擦刺激に電流印加による刺激を組み合わせる方法を提案する。これによって、静電摩擦刺激によって摩擦感を、電気刺激によって圧覚をそれぞれ呈示することで、静電摩擦刺激を用いて高さのある凹凸形状の触感再現を目指す。本報では、電気刺激と比較して複合した刺激がリアルな触感を表示できているかを評価する。

2. これまでの研究内容

図1に本研究で使用した触覚ディスプレイを示す。本触覚ディスプレイは微細加工技術によって作製されており、幅1mmで長さ15mmの静電摩擦刺激用の電極と電気刺激用電極とが互い違いに配置された構造となっている。

図2に実験系を示す。実験系は電圧制御用のコンピュータ、電気刺激用と静電摩擦刺激用の電源から構成されている。そして、電気刺激単体の場合と電気刺激のみの場合と静電摩擦刺激と電気刺激を組み合わせて表示した場合で、電気刺激のみの場合と比較して組み合わせた場合によりリアルに触感の表示ができているかの評価実験を行った。実験では被験者に



図1 作製した触覚ディスプレイ

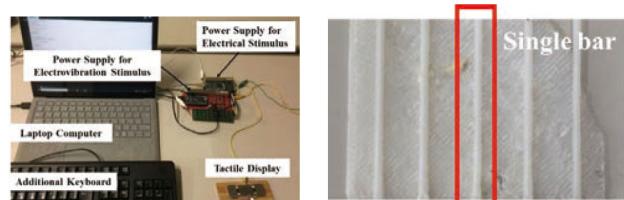


図2 実験系(右: 実験装置、左: 比較用のサンプル)

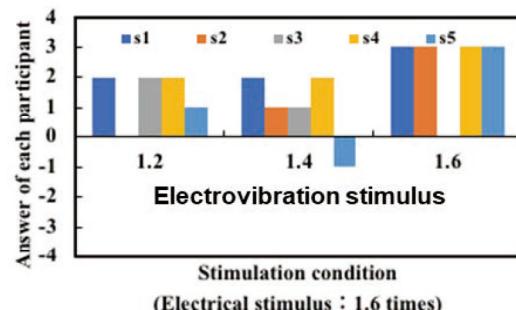


図3 実験結果(それぞれの刺激が閾値の1.6倍)

電気刺激単体と組み合わせた刺激のそれぞれを表示して、図2に示した幅1mmの触覚サンプルと比較して、複合刺激が電気刺激と比較してよりサンプルに近い感覚であるかを-4~4のスコアで評価してもらった。電気刺激は周波数320Hzで幅200μsの矩形波、静電摩擦刺激は周波数320HzでDuty比20%の矩形波を用いた。矩形波の高さはそれぞれ、刺激を感じ始める閾値の1.2, 1.4, 1.6倍の値を用い、計9通りの条件での比較した。尚、被験者は5名の男子学生であった。

図3に電気刺激と静電摩擦刺激の値をそれぞれ最大である閾値の1.6倍の値にした際に実験結果を示す。この条件において被験者が最もサンプルに近い触感に感じられると回答していた。この結果から、刺激の条件を適切に変化させれば、よりリアルな触感を表示できると考えられる。

3. まとめと今後の課題

本研究では電気刺激と静電摩擦刺激とを併用した触覚ディスプレイを作製して、それによって電気刺激のみの場合と比較してよりリアルに棒のような形状の触感が再現できているかを評価した。今後は、静電摩擦刺激との比較も行い、また、それぞれの刺激の条件を変化させた場合に知覚される触感がどう変化するかも評価する。

研究成果を社会実装する際のジレンマに関する一考察

佐野 涉二（金沢工業大学）

1 はじめに

学術研究に求められるものには、その研究成果を社会に還元することが含まれ、その実現方法の一つとして社会実装が挙げられる。筆者らは、これまでに、新しい公共交通システムである Smart Access Vehicle Service (以下、SAVS) [?] を提案してきた。筆者らは、SAVS を運行するプラットフォームに加え、利用者、乗務員が使用するアプリを含むシステムを開発してきたが、本稿ではこれらをまとめ、システムと記す。これまでの7年間で計30以上の実証実験を重ねてきた中で、社会実装におけるシステム提供者である筆者ら研究者とシステムを運用する事業者、利用者の間で一種のギャップがあると筆者は感じている。

本稿では、研究成果を社会実装する際の研究者・事業者・利用者間のギャップ、およびジレンマについて、SAVS を例に研究者の視点から述べる。

2 社会実装実施におけるジレンマ

2.1 研究者・事業者・利用者間のギャップ

SAVS は、社会実装に向けては、BtoBtoC の形態をとる。つまり、筆者らは車輌を保有していないため、車輌と乗務員を提供するバス会社、タクシー会社を含む事業者を必要とする。事業者には、地方自治体や旅行代理店、商社などが加わる場合もある。システム運用に問題がない場合は公共交通システムの新規参入を阻む3つの壁として、法令の壁、利害の壁、慣習の壁 [?] があると考えられるが、ライフラインに関するシステムに関しては、通常、研究者と事業者、および利用者間でシステム利用に関する認識のギャップも問題となる。

研究者は研究成果で最も効果がある環境で実施したいのに対し、利用者は現状との差異を小さくし、できるだけ少ない負担で実施したいと考える。事業者はその間で費用対効果と利用者や他の交通事業者の不安・不満を抑えることを考える。

SAVSにおいては、筆者ら研究者は、図??に示すようにスマートフォンを含むオンラインでドアツードアによる配車依頼を行うことで、交通の利便性を確かめたいと考える。一方で、利用者は現状からの大きな変化を望まないところがある。例えば、スマートフォンを使ったことがない高齢者は実証実験のためにスマートフォン操作を覚えることはほとんどない。事業者は、特に地方自治体が加わる場合は、住民である利用者の不安・不満、既存交通事業者であるバス会社、タクシー会社に配慮しながらの運用を考える。このため、実証実験では、電話で配車依頼を行うことに加え、路線バスとタクシーの中間に位置する SAVS は馴染みのない利用者も多いため、バスに近い形式で運用することもある。

このように、研究成果の有用性や効果を実社会で確かめたい研究者、住民や既存の交通事業者に配慮する事業者、負担を少なくしたい利用者において、実証実験を実施する際にジレンマが生じている。

2.2 研究者・事業者・利用者間のギャップ軽減する方法

??節で述べた研究者・事業者・利用者間のギャップは、事業者と利用者において未知のことへの不安や、現状から変わることのマイナス面の懸念に起因すると考えられる。

研究者として、研究成果で最も効果が出る環境で実施する場合は、それを認める事業者、利用者を探すしかない。しかし、社会実装として、部分的な実運用でも実施するのであれ



図 1: 乗客アプリと乗務員アプリ

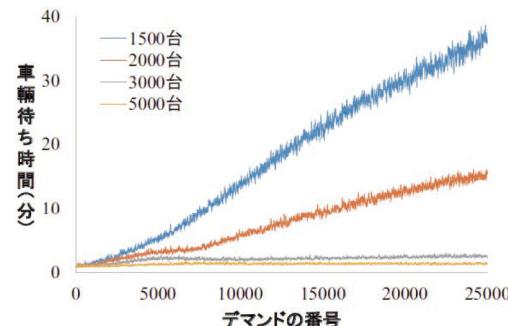


図 2: SAV 車輌台数と平均待ち時間のシミュレーション [?]

ば、一定の妥協をし、システム提供者として、社会実装をしやすい環境を整えることが必要となる。

このためにできることは、まず、利用者にとって影響度が大きいユーザインターフェースについて、多様なインターフェースを準備することが挙げられる。SAVS の場合、電話、web ページ、スマートフォンからの配車依頼というハードウェアの多様性に加え、web ページやスマートフォンを使用するにしても、機能の充実さと入力の容易さを考慮したソフトウェアの多様性も必要となる。

次に、心理的に影響度が大きいこととして、実運用された場合、交通状況、経済状況の変化に対する不安を解消することが挙げられる。これについては実際に実施しないと正確にはわからないが、図??に示すような車輌台数と平均待ち時間に関するシミュレーション結果、あるいは、事業者の売り上げに関するシミュレーション結果を見せてすることで、未知のことを少しでもイメージさせられることが有効であると考えられる。また、Virtual Reality (VR) を用いた疑似体験を行うことで、利用者や事業者にもイメージしやすくなり、心理的なギャップを軽減できると期待できる。

さらに、重要なことは、何かしらの不具合や想定外のことが生じたときに、元の状態に戻せることである。SAVSにおいては、車輌にタブレット端末を設置するだけで利用でき、乗務員アプリ上でも休憩モードにすることで配車されなくなるため、実施前の状態には戻しやすい。

3 おわりに

本稿では、SAVS を例に、研究成果を社会実装する際のジレンマとその軽減方法について考察した。本稿で述べたジレンマの軽減方法は一例であり、これら以外にも必要なことは多い。いずれにせよ、システムを整備して実施する事業者が現れるのを待つかないが、いかに待つかが重要と考える。

参考文献

- [1] 中島秀之、松原仁、田柳恵美子、平田圭二、野田五十樹、金森亮、松館涉、落合純一、岩村龍一：スマートモビリティ革命、公立はこだて未来大学出版会(2019)

生体情報操作とウェアラブルセンシングセキュリティ

村尾和哉（立命館大学, JST さきがけ）

1 はじめに

IoT (Internet of Things) 機器がインターネットに接続されることで、IoT 機器が直接攻撃される危険性だけでなく、IoT 機器を踏み台とした大規模な攻撃事例も発生している。一方で、最近ではハードウェアトロイと呼ばれる悪意のある回路が IC の設計・製造段階で混入され、システムの機能低下/停止や情報漏洩の脅威がある。IoT 機器に対するソフトウェアやハードウェアの脅威は解決すべき喫緊の課題であり、既に世界各国の企業、大学、研究所がその対策に取り組んでいる。これらの脅威以外にも特に IoT 機器に搭載されているセンサに対する攻撃でセンサデータを利用する上流の機器やアプリケーションが誤った処理や動作をする脅威がある。ウェアラブル機器を用いた人間行動認識では、信号処理、特徴量抽出、多変量解析、機械学習などを用いてセンサデータから人間の行動、移動手段、位置、周囲の状況、心理状態などの情報を得る。この数年でウェアラブル機器は保険や医療、介護などの社会保障や福祉インフラに入り込み、個人特化した商品やサービスが提供されている。筆者が懸念しているウェアラブル機器のセキュリティリスクは、装着者自身によるウェアラブル機器への攻撃である。ウェアラブル機器が一層社会に浸透し、持続可能性を有するために、装着者自身によるウェアラブル機器に対する攻撃可能性を明確にする必要がある。

2 目的

本研究の目的はふたつある。ウェアラブル機器に対する攻撃として、センサ素子が物理量を読み取る直前までに、何らかの手法で物理量を改変する手法がありうると考えている。具体的には、身体部位の圧迫、振動、電圧印加、装着具の素材変更など非侵襲で物理的に軽微な攻撃を人間の身体部位やウェアラブル機器に与えることで、計測される生体情報を操作することを試み、操作可能な生体情報の種類、量、継続時間、応答遅延など生体情報に対する攻撃可能性を明らかにすることを第一の目的とする。一般的な IoT 機器では図 1 に示すように、第三者によるネットワークを介したハッキングや踏み台攻撃、ハードウェアトロイ、採取したデータの改ざん、漏洩などが脅威であったが、本研究では装着者本人が自己の利益のために生体情報計測に影響を与える身体部位やウェアラブル機器へ行う攻撃を対象とする。次に、生体情報への別情報の埋め込み、身体上の機器どうしの通信、方向性をもつ運動増幅による行動認識精度の改善などを実現する、攻撃の有効活用によるウェアラブルセンシング基盤の拡張を第二の目的とする。

3 取り組み

本研究は（1）生体情報攻撃による計測値改変、（2）生体情報攻撃検出、（3）攻撃の有効活用によるウェアラブルセンシング基盤の拡張、の 3 つの項目から構成されるが、誌面の都合上、（1）についてのみ述べる。

現在市販のウェアラブル機器で取得可能である加速度、角速度、脈波、皮膚電位（心電位、筋電位、眼電位）、視線を対象とする。脈波は光電脈波法と呼ばれる波長 550nm 付近の緑色 LED とフォトトランジスタを用いて計測される。緑色光は血中ヘモグロビンによって吸収され、かつ身体透過性

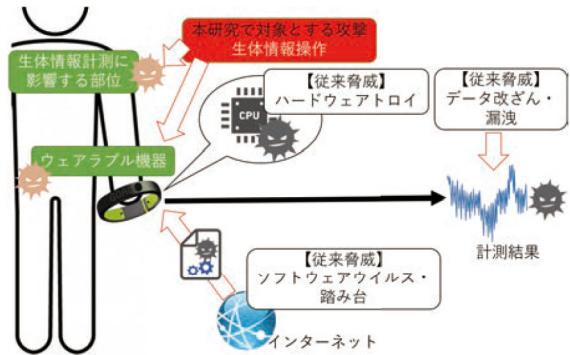


図 1: 本研究で対象とする攻撃と従来の脅威

を有するため、LED の反射光が脈波（血流量）によって変化することを利用している。脈拍数や脈波間隔の変化から運動強度や交感/副交感神経優位を取得できる。筆者は腕輪型機器を装着した手の上腕など心臓と機器の間の部位をカフなどにより圧迫することで脈波を消す制御ができる事を確認している。圧迫を適切に制御することで、例えば運動が禁止されている人が心拍数 160 回/分になるような運動をしても 2 回に 1 回の脈波ピークを消すことで計測値を 80 回/分にでき、在宅患者などのモニタリング対象を適切に管理できなくなり大きな問題である。脈波に対する攻撃の種類として、計測不能、計測値制御、計測値生成を考えている。計測不能は圧迫により脈波のピークを消す方法である。計測値制御は圧迫と解放を繰り返すことで脈波のピークを間引いたり、遅延させる方法である。計測値生成は蠕動運動により脈波のピークに似た波形を生成する方法である。これら攻撃は装着者の生理的・肉体的変化を伴わない、計測部位のみの生体情報の改変である。

加速度センサは端末保持者の歩数や運動強度計測、動作や姿勢認識に利用されており、ほぼすべての端末に搭載されている。加速度値の改変は端末を動かして動加速度を生成するか、地球の重力による静加速度を変えればよい。腕輪型端末のバンドに伸縮性素材を使用した活動量や歩数の偽装、センサに振動子を付けてローパスフィルタなどを通過する人間由來の振動に類似した雑音を印加することで行動認識や歩数計測を誤らせる攻撃を考えている。また、機器を高速回転させてセンサ素子に大きな遠心力をかけて値を振り切れる攻撃もあり、実際にモータを用いて静的な外力を与えて計測不能にできることを確認している。角速度センサに関しても加速度センサと同種の攻撃を考えている。

このほか、皮膚電位に対する攻撃は筋電計と電気的筋肉刺激機器を同時に装着して身体に力を入れずに筋電位を改変することを試み、詳細な攻撃可能性を調査する。視線は角膜に赤外線を照射したときに映るプリキニエ像と呼ばれる反射光の位置から瞳孔の位置を取得することで計測している。ハーフミラー等を用いて光学的に視線情報を改変する方法を検討する。また、研究提案者は生体情報以外への攻撃として、静電容量タッチパネルを搭載する IoT 機器に対してあらゆるタッチインタラクションを生成できる電極マトリクスを構築しており、そのテーマについても取り組む。

音声対話入力時のプライバシ情報の扱いについて

寺田 努(神戸大)

1 研究の背景と目的

Google Nest や Amazon Echo などの音声対話デバイスが急速に普及したことによって、コンピュータを音声で制御することが一般にも受け入れられるようになってきた。スマートフォンの入力においても音声での入力機能は標準装備となり、ソフトウェアキーボード等を使うよりも音声入力を好む人々の割合も大きくなっている。ここで、音声入力の恩恵が大きいものとして、ウェアラブルデバイスを探り上げる。ウェアラブルデバイスはもともとサイズ制約やコスト面で物理的なキーやタッチパネルによる入力機能の提供が難しく、音声入力はリッチな情報を高速に入力できる方式として有力である。Google 社が 2013 年に発売した Google Glass では「OK, Glass」というウェイクワード(音声アシスタントを呼び出す音声コマンド)により音声による操作が可能になり、写真を撮ったり SNS への投稿、道案内などが音声のみによって行える。このように、近い将来、コンピュータへのさまざまな入力を音声で行う世界がやってくる可能性は高く、音声以外の入力方法をもたないウェアラブルデバイスも登場するかもしれない。そのような未来に対し、音声入力がもつ問題点を考察し、あらかじめ音声入力の問題点を解消しておくことは重要である。本稿では特にプライバシ情報の音声入力に着目し、どういったことに考慮しなければならないかの指摘およびプライバシ情報の入手法例を示す。

2 音声入力に関する諸問題

これまで、音声入力の性能的な諸問題に対しては多数の研究が行われている。例えば、音声認識精度向上、新たな属性の認識(話者識別や感情認識など)、対話エージェントの機能向上(Siri や Google Assistant などのサービスやリアクションの高度化)、マイクなどのハードウェア性能向上、などの領域で研究事例がある。

これらの取組みは音声認識を高精度に効率よく利用するために重要であるが、社会的問題に対する取組みではない。ここで社会的な問題とは、パスワードや電話をかける相手、生体情報などのプライバシ情報を声に出さなければいけない問題、そもそも声を出すことが憚られる場所において音声入力がしにくい問題等である。これらの問題の解決のための関連研究としては、声を出さずに口パクを行う様子を超音波エコーで捉え、音声に変換するシステム[1]があるが、巨大なデバイスを装着しておかなければならず、現実的ではない。

3 提案手法

本研究で取り扱うのは、社会的な問題のうち、音声入力でいかにパスワードや電話をかける相手などのプライバシ情報を含んだ命令を音声でコンピュータに与えるか、という問題とする。ここで、音声対話をを行う周辺環境の状況としては(1) 発する音声を他人に聞かれる(2) 発する音声は他人に聞かれないと、という条件と(a) 機械のリアクションが他人に聞かれる(b) 機械のリアクションは他人に聞かれないと、という条件の組合せで表現できる。このうち、まわりに人がまったくいないなど(2-b) 条件ではそもそもプライバシを考慮する必要は無い。(2-a) 条件ではシステムがプライバシ情報を返答に含めないようなデザインをすればよい。したがって、主に入力側でなんらかの処置が必要な(1-a)(1-b)について本稿

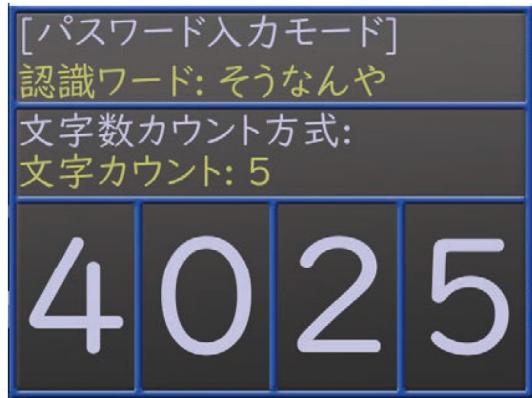


図 1: 数値パスワードを入力するプロトタイプシステムの確認用画面(実際は音声のみで対話可能)

では考える。(1-a) は主に現状のスマートスピーカー、(1-b) は主に現状のウェアラブルデバイスが当てはまる。

本稿で主なターゲットとするウェアラブルデバイス(1-b 条件)を考えると、システムからのフィードバックにはプライバシ情報が含まれてもいいので、入力時にだけなんらかの暗号的な変換を使ってパスワードを入力し、システムからのリアクションによって入力が正しく受け取られたかを確認すればよい。暗号にはシーザー暗号などの一定数シフトするようなものを使ってもよいし、コードブックのようなものを使ってもよい。本稿では、数値パスワード(PIN など)を入力する際に電話をかけているように装うタイプの文字カウント型暗号をプロトタイプとして実装した(図 1)。ウェイクワードとして「もしもし」を入力すると、システムがパスワード入力モードになり、そこからは 1 つの音声入力に対してそれぞれ文字数をカウントし、その文字数を入力するとともに数値を音声フィードバックする。「ばいばい」を入力すると入力内容が確定される。今回はそれに加えて「ちがうちがう」によって 1 文字キャンセルする機能も加えた。この状況で、例えば音声対話システムを使っていて、パスワードの入力がしたくなったときには、「もしもし(ウェイクワード)」「はいはい(4)」「そんなこと言われても(10)」「そうやけど(5)」「ちやうちやう(1 文字キャンセル)」「うん(2)」「そうなんや(5)」「ばいばい(入力終了)」と、あたかも電話で誰かと会話をしているように発声すれば「4025」のパスワードが入力されたことになる。システムからはいちいち数字がフィードバックされるので、入力のために視覚を用いる必要はない。

4 おわりに

本稿では、音声対話を用いてウェアラブル機器を操作する際の問題点としてプライバシ情報の入力を採り上げ、その問題を解決する一手法について検討した。今後は、(1-a) 条件における適切な音声入手法についても検討する必要がある。

参考文献

- [1] N. Kimura, M. Kono, and J. Rekimoto: SottoVoce: An Ultrasound Imaging-Based Silent Speech Interaction Using Deep Neural Networks, Proc. of the 2019 Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 146:1–146:11 (2019).

身体を圧迫することによる脈波制御を用いたデバイスインタラクション手法の提案

秋元優摩（立命館大学），村尾和哉（立命館大学，JST さきがけ）

1 研究の背景と目的

日常の様々な場面で生体情報を用いた道具や製品が多く開発されている。それらは、個人や状況ごとに異なる生体情報の値や波形を活かして、状態推定や認証などに利用されている。例えば、指の静脈を識別してドアの開錠ができる製品が挙げられる。ウェアラブルデバイスへの入力手法として、スマートウォッチの周囲に笛のような空洞が空いた枠を取り付けて、息を吹きかけることで吹きかけた方向などを推定する手法 [1] や、マイクを用いて指パッチンなどの手の動きを認識する手法 [2] が提案されている。しかしながらこれらの手法では専用のハードウェアを取り付ける必要がある。

本研究では、脈拍センサを用いて身体の圧迫による血流変化をセンシングすることで、簡易なコマンドを実行するウェアラブルデバイスとのインタラクション手法を提案する。

身体を圧迫する入力手法は、混雑しているバスや電車などの公共機関、会議中などの状況においても周囲に迷惑をかけたり、気づかれたりすることがなく、音や振動を用いた入力よりも優位であると考えている。また、腹団を用いた秘匿入力手法の研究 [3] もあるが、腹団を取得するデバイスが必要であり、手で身体を圧迫するよりは身体的負担が大きいと考える。

2 提案手法

ユーザーは自身の手先に小型の脈波センサを装着していると想定する。提案手法は、脈拍計測、ピーク検出、ピーク間の時間間隔計算、コマンド送信、の4つの処理から構成される。測定したデータは、ユーザの皮膚との接触状況などで、ノイズなどを含むため、10サンプルの長さのウインドウの移動平均フィルタを用いることで波形を滑らかにし、ピークを検出する。ピークの検出には、PythonのSciPyのパッケージのsignal.argrelextremaを使用し、orderは10とした。検出したピーク値の平均を閾値として、閾値以下の値のピークは削除する。平常時は一定間隔でピークが発生するが、脈波センサを装着している方の腕を他方の手で握って圧迫した場合、脈波は弱くなり、ピークは消失する。連続する2つのピークの時間差を求めて、その時間によってコマンドを発火させる。本研究では圧迫の種類として「1秒握る」と「2秒握る」の2種類とし、得られたピークの時間差が1秒未満の場合は何もしない。「1秒握る」と「2秒握る」インタラクションを3回行う組合せで、ユーザは事前に決められた8種類のメッセージを送信するアプリケーションを実装した。8種類のメッセージを表1に示す。誤動作を少なくするために、最初に2秒握ることで提案手法の入力モードが起動するようにした。

3 実験

筆者らの一名が、指先に pulsesensor.com 製の脈波センサを装着して、Arduino UNO 経由で脈波を計測した。自身の右手を使って左上腕二頭筋付近を押さえた。図1に「Later」を入力した時の波形を示す。「P」と書かれている点は、脈波のピークを示しており、腕を押さえている間は脈波が弱まり、ピークが出現しないことが分かる。腕を押さえてから、解放すると一時に脈波が大きくなり、安定するまで約1秒の間が必要であり、安定する前に再び押さえると、脈波は弱

表 1: 8パターンのメッセージと腕を握る時間の組合せ

メッセージ	1つ目	2つ目	3つ目
OK!	1秒	1秒	1秒
Later	1秒	1秒	2秒
NO	1秒	2秒	1秒
what?	1秒	2秒	2秒
why?	2秒	1秒	1秒
when?	2秒	1秒	2秒
where?	2秒	2秒	1秒
who?	2秒	2秒	2秒

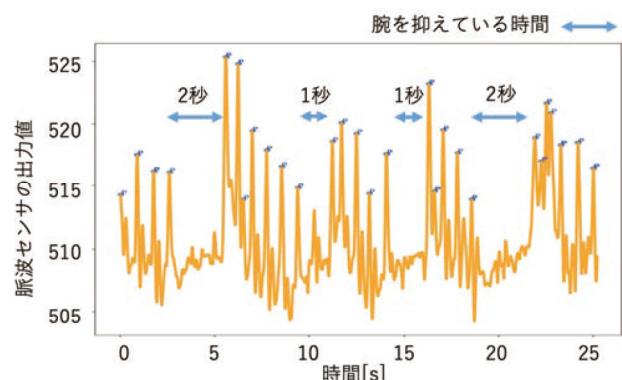


図 1: 最初に腕を2秒握ってから、1秒、1秒、2秒、圧迫したときの脈波データ

まるが完全にピークは消失しないことが分かった。今後の課題としては、より実用的に使えるようになることを考え、腕の抑えて、次に抑えるまでの間隔が短くても正確に判別できるよう、ピーク検出と閾値の設定について、検討する必要があると考えている。

4 まとめと今後の予定

本研究では、身体を圧迫することによる脈波制御を用いた、デバイスインタラクション手法を提案した。今後は、より正確に身体の圧迫状態が判別できるようにし、実用性を向上させる。

参考文献

- [1] G. Reyes, D. Zhang, S. Ghosh, P. Shah, J. Wu, A. Parnami, B. Bercik, T. Starner, G.D. Abowd, W.K. Edwards: Whoosh: non-voice acoustics for low-cost, hands-free, and rapid input on smartwatches, ISWC 2016, pp. 120–127 (2016).
- [2] T. Han, K. Hasan, K. Nakamura, R. Gomez, P. Irani: SoundCraft: Enabling Spatial Interactions on Smartwatches using Hand Generated Acoustics, UIST 2017, pp. 579–591 (2017).
- [3] H. Sumitomo, T. Katayama, T. Terada, M. Tsukamoto: Implementation and Evaluation on a Concealed Interface using Abdominal Circumference, AH 2014, No. 51, pp. 1–8 (2014).

脈波センサへの攻撃を実現するための腕締め付けデバイスの設計と実装

澤野亮太（立命館大学），村尾和哉（立命館大学，JST さきがけ）

1 研究の背景と目的

IoT 機器がインターネットに接続されることでハッキングや踏み台など IoT 機器を狙う攻撃の脅威がある。また、ハードウェアトロイと呼ばれる悪意のある回路が IC に混入され、システムの機能低下や停止、情報漏洩の脅威もある。これらの脅威は解決すべき喫緊の課題であり、既に多くの企業や研究施設が対策に取り組んでいる。これらの脅威以外にも、ウェアラブルデバイスに搭載されているセンサに対する攻撃で、センサデータを利用する上流の機器やアプリケーションが誤った処理や動作をする脅威がある。センサデータを解析することで、健康管理、行動認識、セキュリティなどの用途に用いられ、この数年で保険や医療などの社会保障や福祉インフラに入り込み個人特化した商品やサービスが提供されている。センサによる計測を誤らせる方法として、実世界の計測対象物である道路標識にシールを貼り画像認識結果を誤らせる攻撃 [1] や、加速度センサ素子に超音波を当てて任意の波形を出力させる攻撃 [2]、人間に対する情報提示によって生体情報を制御する手法 [3] が報告されている。

筆者らは、ウェアラブル機器のセキュリティリスクとして、装着者の身体への攻撃による生体情報の操作を懸念している。生体情報操作によって取得されたセンサ値は正しいため、計測以降のハードウェアやネットワーク、クラウドストレージが強固なセキュリティを備えていたとしても、既存の技術では攻撃を検知することは困難である。本研究では、ウェアラブル機器への攻撃可能性を明らかにするために、スマートウォッチなどに搭載されている心拍数を計測する脈波センサを誤認させる腕締め付けデバイスの設計と実装を行う。

2 予備実験

予備実験としてアネロイド式血圧計を用いて上腕を圧迫して血流を止めたとき、市販のスマートウォッチが計測する心拍数の変化を観察した。

2.1 実験環境

被験者は 20 代男性 1 名で、左上腕に血圧計、左手首に FitBit Versa 2、左手人差し指に自作の脈波センサを装着した。自作のセンサは pulsesensor.com 製の脈波センサを使用し Arduino UNO を介してノート PC で脈波を 1000Hz で計測した。FitBit はもともと搭載されている PurePulse 心拍数モニタで心拍数を記録した。計測開始から 20 秒間は血圧計を加圧せず、その後 40 秒間は加圧して上腕を締め付け、さらにその後リリースバルブを開放して締め付けを止めた。20 秒加圧なし、40 秒加圧ありを 1 サイクルとして、3 サイクル（3 分間）と 5 サイクル（5 分間）の 2 通りで 2 回ずつ計測した。1 回目と 2 回目では別の日に計測を行った。

2.2 結果と考察

3 分間計測時の指先に装着した脈波センサの値の変化を図 1 に、計測開始時と計測終了時に Fitbit が表示した心拍数を表 1 に示す。脈波センサの値は 10 サンプルの長さのウィンドウの移動平均フィルタを用いている。図 1 より、加圧時は脈波が消えていることが分かる。しかし、表 1 より、Fitbit に表示されている心拍数は 3 分計測時に少し下がり、5 分計測時には変化が見られなかった。脈波が消失しているにもかかわらず Fitbit の心拍数に大きな変化がなかったことから、

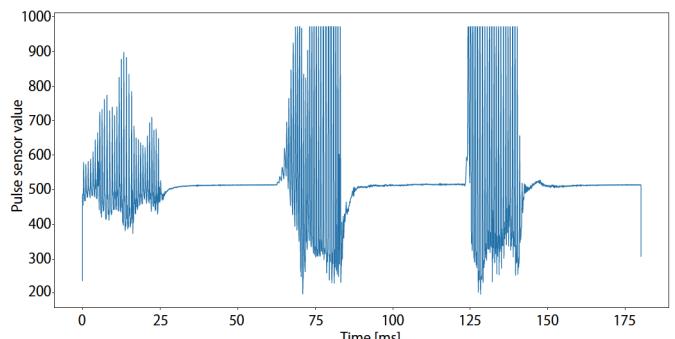


図 1: 脈波センサの値の変化（3 分間）

表 1: Fitbit で計測された心拍数

計測時間	計測開始時	計測終了時
3 min.	81 bpm	79 bpm
3 min.	96 bpm	86 bpm
5 min.	71 bpm	71 bpm
5 min.	92 bpm	93 bpm

計測値が不自然な場合は過去の正常な値を表示するなどの制御を行っていることが考えられるため、短い加圧を適切な頻度で行うことで市販のウェアラブルデバイスで計測される心拍数を制御することを検討する。

3 まとめと今後

本研究では脈波センサへの攻撃を実現するための腕締め付けデバイスを実現するために、上腕の加圧による圧迫が脈波計測に与える影響を調査した。今後は身体部位の圧迫などを動的に行うデバイスを実装し、適切な間隔および頻度で身体部位を圧迫することで、脈波および脈波計測結果を制御する。具体的な実現方法として、以下を考えている。

1. モータ

ステッピングモータやサーボモータを使用し、ベルトやひもを締めることで腕を圧迫する。

2. 空気

カフに空気を送って膨らますことで腕を圧迫する。

3. 人工筋肉

人工筋肉の収縮、伸縮特性を利用して、腕を圧迫する。

また、安静時だけではなく運動や飲酒などによって心拍数が高くなっている状況での脈波制御の効果をみる実験を行う。

参考文献

- [1] K. Eykholt et al.: Robust Physical-World Attacks on Deep Learning Visual Classification, CVPR2018, pp. 1625–1634 (2018).
- [2] T. Trippel et al.: WALNUT: Waging Doubt on the Integrity of MEMS Accelerometers with Acoustic Injection Attacks, EuroSP2017, pp. 3–18 (2017).
- [3] 中村ら: 虚偽情報フィードバックを用いた生体情報の制御手法, 情報処理学会論文誌, Vol. 54, No. 4, pp. 1433–1441 (2013).

脈波センサを用いた血流速度変化による腕の状態認識手法の提案

大木戸亮（立命館大学），村尾和哉（立命館大学，JST さきがけ）

1 研究の背景と目的

種々のセンサが搭載されたウェアラブルデバイスを用いて人間の行動や状態を認識する技術が研究されており、それらの認識結果は医療や介護、スポーツなどの分野に応用されている。人間の行動を認識する手法としてモーションキャプチャのようなカメラや電波など周囲のインフラが必要なアプローチと、加速度センサや角速度センサを用いたウェアラブルデバイスで完結するアプローチ^[1]がある。前者は高精度であるが利用できる空間に制限があり、後者は各身体部位の細かな情報は取得困難であるが、利用場所に制限はない。筆者らはこれまでに加速度センサを用いた人間行動認識に取り組んできたが、加速度センサはユーザが乗っている乗り物などの外的要因によっても変化する。また、ウェアラブルデバイスの回転や装着場所の変化によってデバイス内のセンサの軸の向きと身体の向きが一貫せず、人間の行動や状態を正しく認識できない場合がある。

本研究では腕や脚などの身体部位において2か所で脈波センサを用いて脈波を計測し、脈波のピークの時間差から腕の向きを推定する新たな行動認識手法を提案する。提案手法は血流が重力の影響を受けて身体部位の向きによって血管内を流れる速度が変化することを利用している。そのため、外的要因を受けず、またセンサの装着向きや装着ずれの影響も受けない。

2 提案手法

状態を推定したい身体部位上の2か所において脈波センサを装着して脈波データを採取する。2か所の脈波データそれぞれにおいてピークを検出する。このとき、心臓に近い部位に装着された脈波センサのデータにピークが出現すると、ある時間差後にもう1か所の脈波センサのデータにピークが出現する。この時間差は脈波伝搬速度(PWV)が速くなるほど短くなる。腕が下に向いているときは血液が重力に引っ張られてPWVが速くなり、腕が上に向いているときは逆にPWVが遅くなる。2か所で検出されたピークの発生時間差を算出し、数十秒間に得られる複数回の時間差の値を記録してヒストグラムを作成する。そして、事前に腕の状態ごとにデータを収集してヒストグラムを作成しており、Kullback-Leibler(KL) divergence^[2]を用いてそれぞれの状態の学習データと未知の入力データの2つのヒストグラムの類似度を計算し、類似度が最も小さい値を示す状態を推定結果として出力する。

3 予備実験

3.1 実験方法

被験者は20代男性1名で、左手指先と左肘裏に pulsesensor.com 製の脈波センサを装着し、(1) 腕を下げた状態、(2) 腕が地面と水平な状態、(3) 腕を上げた状態、の3種類の状態で脈波センサの値を記録した。それぞれの状態を図1に示す。脈波センサの値を安定させるため、各状態を10秒間維持してから1分間データを採取した。脈波センサのデータはArduino UNO を介してPCでデータを記録した。サンプリングレートは約650Hzで、ピーク検出にはPythonのscipy.signal.find_peaksを使用した。



図1：分類する腕の状態

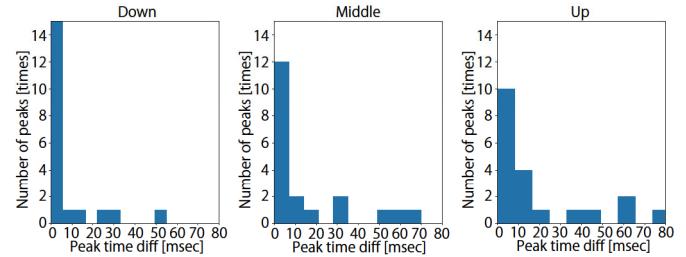


図2：2点のピークの時間差のヒストグラム

3.2 結果と考察

腕を下げた状態、腕が水平な状態、腕を上げた状態において2点間の脈波のピークの時間差のヒストグラムを図2に示す。図2より、下げる、水平、上げるの順に分布が時間差が大きくなる方向(右側)に移動していることがわかる。これは腕を上に上げた状態では血流が重力の抵抗を受けて遅くなり、2地点間の移動に時間がかかり時間差が大きくなっている。一方で、水平では重力の影響がなくなり、下げた状態では重力のサポート受けて血流速度が上がっており、2地点間の移動に要する時間が短くなっているといえる。この結果から身体上の2地点間で採取した脈波の発生時間差を用いれば、身体部位の状態を認識できると考える。

4 まとめと今後の課題

本研究では、脈波センサを用いた血流速度変化による腕の状態認識手法を提案した。予備実験として3種類の腕の状態について、2点間の脈波のピークの時間差に違いがあることを示し、2点間のピークの時間差を用いた腕の状態認識ができることが分かった。今後は、KL divergenceによる分布どうしの類似度計算を実装し、確率分布に基づいた状態識別を行う。また、センサの数を3つに増やして、肘の曲げ伸ばしのようなより複雑な身体状態の認識を行う。本実験では各状態になってから脈波を安定させるために10秒間静止したが、脈波が安定していない状態や、腕を回して遠心力がかかり血流速度が変わった状態などでも状態認識が可能か、さらなる実験を行う。

参考文献

- [1] 溝口真太郎ら：ウェアラブルセンサを用いた歩行時の腕の状態認識、情報処理学会第78回全国大会、No. 3, pp. 447–448 (2016).
- [2] S. Kullback, R.A. Leibler: On Information and Sufficiency, Ann. Math. Statist., Vol. 22, No. 1, pp. 79–86 (1951).

心電と脈波の時間差を用いたウェアラブル端末装着位置推定手法の再評価

吉田航輝（立命館大学），村尾和哉（立命館大学，JST さきがけ）

1 はじめに

さまざまなセンサを搭載したウェアラブルデバイスを用いることで時間や場所を問わずに行動や状況を収集できるようになった。これらのデバイスには眼鏡型や腕輪型のような装着位置が決まっている形状のものだけでなく、インスタントタトゥ型や絆創膏型のような任意の身体部位に装着可能な形状のものも存在する。ウェアラブルデバイスを任意の身体部位に装着する場合、装着位置に応じてデータ処理方法や情報提示方法を適切に変更するために装着位置の情報を知る必要がある。また、複数のウェアラブルデバイスを装着する場合、通信ポートとデバイスを対応づける必要がある。デバイスごとに装着する身体部位が決まっているとしても、COMポートは接続時に変わることがあるため、装着した身体部位を個別に動かして波形を見るなどの作業が必要であり手間がかかる。装着位置を推定する手法として、筆者らは心電と脈波の時間差を用いたウェアラブル端末装着位置推定手法を提案した[1]。しかし、評価実験のために収集したデータセットは装着して収集した時間が短く、各被験者で同日に収集したデータであった。また、既存手法では行わなかった学習データとテストデータの心拍数の違いを考慮することで推定精度が改善すると考えている。本稿では提案手法の信頼性を高めるために、データセットを再度採取し、心拍数の違いを補正する手法を提案し、再評価をする。

2 実験

2.1 データ採取

被験者5名（男性、平均年齢21.2歳）の15箇所の身体部位に脈波センサ（pulse sensor.com製）を装着して脈波データを採取した。また、3個の電極からなる心電センサ（OLIMEX社製 SHIELD-EKG-EMG）を心臓付近に装着して心電データを採取した。各身体部位ごとに2分間ずつ脈波データと心電データを採取し、これを1セッションとする。1日あたり2セッション収集し、2日分、合計4セッションのデータ（合計、2分×15部位×2セッション×2日×5名=600分）のデータを収集した。被験者は服を着たまま立った状態でデータを収集した。セッションごとにセンサを一度取り外したため、セッションごとにセンサの装着位置はわずかに異なる。対象とした部位は表1に示す15箇所である。脈波センサと心電センサはひとつのArduino UNOに接続してPCでデータを記録した。サンプリング周波数は約700Hzである。

2.2 評価環境

採取したデータに対してピーク検出を行い、いずれの部位も1セッションあたり100個以上の時間差データを得た。この時間差データを用いてセッション依存の評価実験を行った。1つのセッションの全てのデータを学習データとし、テストデータは同一セッションから無作為に5個から100個まで5個刻みで変えて評価した。心拍数による補正方法として、心拍数と脈波伝搬速度（PWV）には正の相関があることが知られているため[2]、心拍数80[bpm]を基準とするため、セッション（2分間）ごとに検出された脈波のピーク数を160で割った値を係数 α として、各セッションの時間差データに α を乗算して補正した。テストデータの無作為抽出は各テストデータの個数につき1,000回行った。

表1: 各身体部位の装着位置推定精度（テストデータ数30個）

身体部位	推定精度	身体部位	推定精度	身体部位	推定精度
(1) 頭	0.909	(6) 左手指	0.950	(11) 右上腕	0.949
(2) 左耳	0.939	(7) 右手指	0.934	(12) 左手首	0.82
(3) 右耳	0.979	(8) 首	0.969	(13) 右手首	0.915
(4) 鼻	0.966	(9) 腰	0.925	(14) 左足指	0.958
(5) 口	0.894	(10) 左上腕	0.936	(15) 右足指	0.956

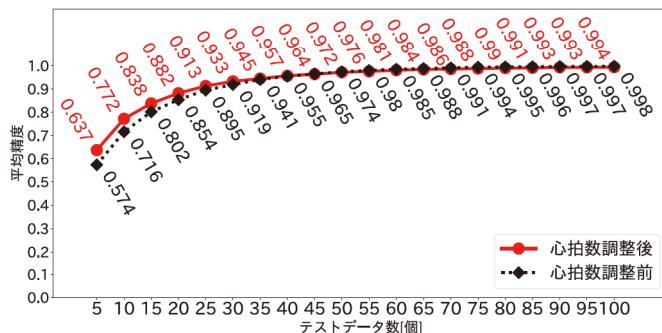


図1: 心拍数による補正前と補正後の装着位置推定精度

2.3 結果

被験者のうち1名におけるテストデータ数が30個のときの各部位の推定精度を表1に示す。また、同じ被験者におけるテストデータ数ごとの全15部位の平均精度を図1に示す。図より、心拍数補正前の平均精度はテストデータが5個のとき0.574であるが、心拍数補正後は0.637と大きく向上した。表より、筆者らの先行研究[1]ではテストデータ数が30個のとき、(9)腰、(10)左上腕、(11)右上腕の精度がそれぞれ約70%であったが、本実験では(12)左手首以外の各部位で90%を超える精度が得られた。また、先行研究で最も精度が良かった(3)右耳でも97%と高い精度が得られている。時間差データを心拍数で補正したこと、各身体部位ごとのデータ採取中の心拍数変化による脈波伝搬速度の変化を吸収して身体部位ごとに分離性能の高いヒストグラムが生成できたと考えられる。テストデータ数と平均精度の関係をみると、平均精度が収束するまでに約40個のテストデータが必要であるが、40個の時間差データを収集するには心拍数80[bpm]において約30秒である。装着者の負担を軽減するためにはより少ないテストデータ数でも高い精度を得る必要があり、例えば特定の姿勢をとると各身体部位の時間差に明確な違いが生じて推定精度が改善すると考えている。

3 まとめ

本稿では筆者らの先行研究であるウェアラブルセンサ装着位置推定手法に心拍数補正の処理を加えて評価し、精度が改善することを確認した。今後は、セッション非依存、ユーザ非依存な環境での評価を行う。また、少ないテストデータでも高い精度を示すような姿勢を定義する。

参考文献

- [1] K. Yoshida and K. Murao: Estimating Load Positions of Wearable Devices based on Difference in Pulse Wave Arrival Time, ISWC 2019, pp. 234–243 (2019).
- [2] P. Lantelme P, et al.,: Heart Rate: An Important Confounder of Pulse Wave Velocity Assessment, Hypertension, 39 (6), pp. 1083–1087 (2002).

NEDO 次世代人工知能・ロボット中核技術開発プロジェクト：
健康長寿を楽しむスマートソサエティ
～主体性のあるスキルアップを促進する AI スマートコーチング技術の開発

栗田雄一（広島大学）

1. プロジェクトの背景と目的

病院でのリハビリテーション（以下リハ）からの卒業をめざし、より専門性の低い通所介護や地域の社会活動への移行が促されている。しかしリハを受ける患者は、多くは「治して欲しい」という受け身の立場に止まることが多く、在宅復帰後に主体的に自身の健康管理を行えるケースは少ない。医療者の問題としては、リハの最終的なゴールが在宅生活での日常生活の自立であるが、在宅復帰後の治療プランや効果についてのフィードバックが少なく、客観的なアウトカム評価がないため、効率的で効果的なリハの選択がなされていないことがある。このような課題は、病院や企業の特殊技能の伝達においても同様である。特殊技能を次世代に伝える際、初心者は「教えてほしい」という受け身の立場になる上、自分のスキルアップを実感できないとやらされている感につながり、主体性を持ったトレーニングができない。また教える側のトレーナーについても、教えた相手のトレーニング効果のフィードバックが少ないため、巣立った後にどのような仕事をしているのかのアウトカム評価が得づらいことも多く、結果的に効率的で効果的なトレーニングが実施されているかの十分な評価がおこなわれていない。

以上に共通するのは、個人スキルが十分に把握できていない、トレーニングタスクがエビデンスに基づいて決定されていない、トレーニング効果が実感できない、という問題である。これらは、長い経験を持ち、きめ細かな配慮ができるベテラントレーナーが十分な数いれば顕在化しない問題であるが、日本では高齢化によりトレーナーの質と量が確保できなくなりつつある。また、特殊技能を必要とする産業においても、後継者の人手不足により短時間の訓練で現場作業を担当してもらわなければならず、データによる客観的エビデンスに基づかないトレーニングでは、安全面や製品の質の低下につながり、日本の産業競争力を下げかねない。これら課題を解決するには、高精度、低成本、かつユーザへの負担を最小限に抑えた構成で運動情報を取得できるウェアラブル運動センシング技術と、運動情報に基づくスキル予測技術、さら

に個人スキルに基づく効果的な介入を行えるリアルタイム情報提示システムなどのAI技術が必要である。

2. プロジェクトの目的

本プロジェクトでは、運動アシスト技術ならびに負担度に基づくインタフェースデザイン技術（広島大学）、慣性計測センサとデジタルヒューマンモデルによる運動能力推定技術（産業技術総合研究所）、ウェアラブルセンサによるスキル判定技術（神戸大学）、運動戦サポーターや人工筋アクチュエータの製作技術（ダイヤ工業）、在宅リハビリをサポートするソフトウェア（システムフレンド）などの既存技術をもつ日本チームが、Machine learning（機械学習）、Haptic user interfaces（触力覚ユーザインターフェース）、Assistive technologies（アシスト技術）、Serious games（シリアルスゲーム）などの「人と機械の関わり合いに関するAI技術」をもつアリゾナ州立大学と連携し、AIを利用した簡易かつ少數のセンサでのユーザスキルの把握とスキルに応じたトレーニングタスク提示に関するAIコア技術を新規開発し、効率的で効果的なスマートコーチングに応用する。このAIコア技術により、特殊技能トレーニングの期間を短縮するだけでなく、運動能力が全盛期から落ちても、自分が担える役割を明確に本人が理解し、スキルアップする努力を各個人がより一層主体性をもって行うことをサポートすることで、健康長寿を楽しむスマートソサエティを実現する。



図1：プロジェクトで目指すもの

フィールドホッケーにおける圧力センサ付スティックを用いた打点可視化システム

岩本宗大, 寺田 努, 塚本昌彦 (神戸大)

1 研究の背景と目的

フィールドホッケーは、日本では認知度の低いマイナースポーツであり、その原因のひとつに指導環境が整っていないことが挙げられる。フィールドホッケーは幼少期の競技人口が少ないため、大学の部活などではほとんどが初心者で構成されることが多い、初心者に対して適切なアドバイスができる指導者が少ない。

フィールドホッケーの基本動作であるヒットと呼ばれる動作は、指導が困難で多くの初心者が技術習得に時間を費やす。ヒットは、スティックを振り上げゴルフのようなスイングで打つ動作であり、芯に当てないと狙ったコースに速いボールを打つことはできない。また、スイング時に一時的にボールとスティックとの距離が遠くなることから、安定して正確に芯に当てられるようになるには多くの時間を要す難しい動作である。さらに、芯に当たっているかどうかを第三者が判断することは難しいため、指導者はスイングのフォームに関する指導しかすることができない。

そこで本研究では、フィールドホッケー初心者のヒット技術向上のために、ボールをスティックで打ったときの打点を可視化するシステムを提案した。これにより、微妙な打点の違いがわかるため、芯からどれだけ打点が離れているかを確認でき、ヒット技術向上が期待できる。

2 提案システム

打点を検知するセンサについて、フィールドホッケーは走りながらプレイするため、走るなどの動作の影響を受けない、圧力センサを用いることとした。

提案システムの構成を図1に示す。打点検知デバイスには、フィールドホッケーの一般的なヒット動作における打面をほぼ網羅するように8つの圧力センサが配置されている。提案システムでは、この8つのセンサ値がマイコンを通じてPCに送信され、PCではその値に基づいて図1に示す12の領域のうちどの点にボールが接触したのかを検出し、画面に提示する。なお、図1の提示画面における10番の位置がスティックの芯であり、この図では打点が2番であった場合の提示画面を示している。打点の検知について、上下に隣接する2つの圧力センサがボールとの接触を検知した場合には、2つのセンサが重なっている部分にボールが当たったと判定する。圧力センサはFSR402を、マイコンはArduino Nanoを用いた。

3 実験

フィードバックによって打点が芯に近づくかを検証するための実験を行った。被験者はヒット技術を習得できていない2名で、被験者Aは20代男性（競技歴：6ヶ月）、被験者Bは20代女性（競技歴：なし）であった。被験者にはシステムによるフィードバック有り、無しでそれぞれヒットを10回ずつ打たせ、そのときの打点を記録した。実験順序の影響を考慮し、被験者Aはフィードバック有りから無しの順に、被験者Bはフィードバック無しから有りの順に施行した。

実験の結果、被験者Aは図2のような打点分布であった。フィードバック無しのときは芯である10番に1回だけ当たり、他は芯の周囲の点に当たった。フィードバック有りのときも同じような結果を示した。また、被験者Bは図3のよう

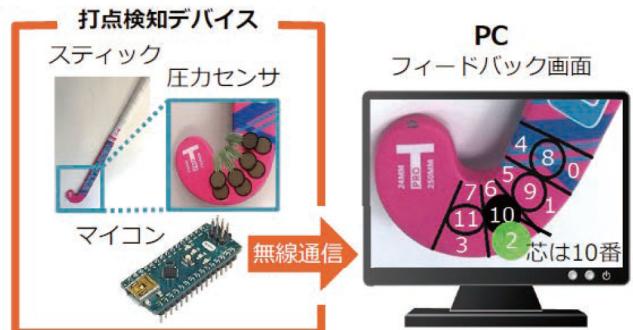


図 1: 提案システム



(a) フィードバック有り (b) フィードバック無し
図 2: 被験者 A の実験結果



(a) フィードバック有り (b) フィードバック無し
図 3: 被験者 B の実験結果

な打点分布であり、フィードバック無しのときはすべて同じ点に当たっていたのに対し、フィードバック有りのときは、芯には当たらなかったが、より芯に近い点に当たった。

以上の結果より、競技経験者の被験者Aは、フィードバックにより打点が芯に近づいたとはいえたが、競技経験者でない被験者Bはフィードバックによって打点が芯に近づいた可能性がある。被験者Aの打点が芯に近づかなかった点に関しては、被験者のフォームに間違った癖がついているため細かなスティックコントロールができないという被験者側の問題と、システムの打点識別粒度が粗いため少し打点が芯に近づいていたとしても打点が変わっていないこととして認識してしまうというシステム側の問題が考えられる。また、提案デバイスが普段使用しているスティックよりも重いため振りにくかったという意見も得られた。被験者Bについては、フィードバック有りで打点を芯に近づけようと試行錯誤する動作がみられたが、フィードバック無しから有りの順で実験を行っており、フィードバック無しの状態で10回のヒット動作をしたことでヒット技術が向上した可能性もあるため、データ収集を重ねる必要がある。

4 まとめと今後の課題

本研究では、フィールドホッケーのヒットにおいて芯でボールを捉えやすくするために、スティックに圧力センサをとりつけ、打点を可視化するシステムを提案した。今後は、システムの打点検知の精度を評価するとともに、スイングに影響しないようデバイスを軽量化する。

スポーツにおける機械判定システムの判定要素のリアルタイム表示が プレーヤの納得感に与える影響の調査

柳生 遥, 寺田 努, 塚本昌彦(神戸大)

1 研究の背景と目的

機械による判定システムは、人間の目や耳で行うよりも正確に判定できるため、これまで様々な競技において導入されており、今後も機械判定を使う競技が増えていくと考えられる。機械判定システムの判定基準は、一般にはルールに従った厳密なものである。しかし、例えば、サッカーにおける接触プレーのファール反則、フィギュアスケートにおける演技の美しさや表現力など、人の主觀によって判断していたものに機械判定を導入した場合、判定の厳密さが必ずしもプレーヤや観客の納得感に比例するわけではない。このような場合、プレーヤや観客の納得感を考慮した判定が行われるべきであるが、既存の機械判定システムにおいてプレーヤや観客の納得感を考慮した手法は提案されていない。

そこで本研究では、ユーザの納得感を考慮した機械判定システムの構築のため、先行研究である「ウェアラブルだるまさんがころんだ」[1]を用い、プレーヤ及び観客の納得感に影響する要素を調査し、機械判定において重視すべきガイドラインの作成を目的とする。ここで「だるまさんがころんだ」をベースにした理由は、知名度が高く、ルール上、判定が鬼の主觀で行われるからである。本稿では特に機械判定システムの判定要素のリアルタイム表示がプレーヤ及び観客の納得感に与える影響を調査する。

2 提案手法

提案するシステムにおいては、PC が鬼の役割を果たし、プレーヤは投影された PC 画面を確認しながらゲームをプレイする。プレーヤは PC と接続されたスマートフォンを腰に取り付け、判定時間中にスマートフォンの加速度センサ値を用いた判定値が設定されている閾値を超えた場合、失格と判定される。プレーヤが動いているかを判定するために用いる判定値 J は、(1) 式で定義し、 x , y , z 軸の加速度をそれぞれ $AccX$, $AccY$, $AccZ$ とし、現在の 3 軸加速度の絶対値の和 S_n と 500ms 前の 3 軸加速度の絶対値の和 S_{n-1} との差分の絶対値とする。

$$J = |S_n - S_{n-1}| \quad (1)$$

(ただし、 $S_n = |AccX| + |AccY| + |AccZ|$ とする)

本研究では、プレーヤの失格を判定するための閾値を、呼吸や脈動を考慮して $2m/s^2$ とした。判定時間は「だるまさんがころんだ」の最後の「だ」から最初の「だ」が読まれるまでの時間とした。さらに、機械判定の判定要素の提示を行うため、図 1 に示すように判定値 J をリアルタイム表示するシステムを実装した。これによってプレーヤは判定値 J を常に確認しながらプレイできる。

3 評価実験

本実験では、判定値 J のリアルタイム表示がプレーヤ及び観客の納得感に与える影響を調査した。実験は、被験者 6 名を A と B のグループに分け、片方のチームをプレーヤ、もう一方のチームを観客とし、リアルタイム表示無しと有りの 2 種類のパターンをそれぞれ 10 ゲームずつ、合計 20 ゲーム

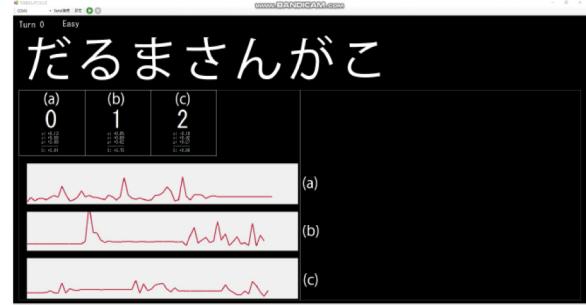


図 1: 判定値 J のリアルタイム表示 (PC 画面)

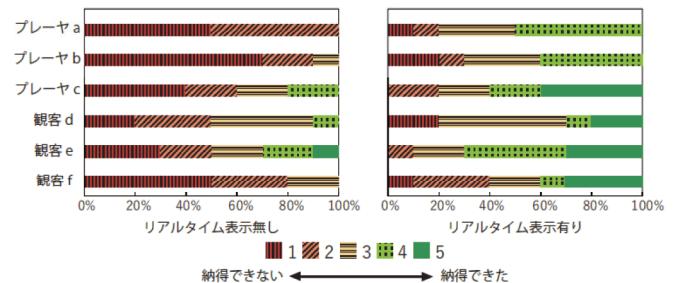


図 2: グループ A がプレーヤの時の納得感の違い

行った。この時、2種類のパターンのゲームの順番はランダムである。プレーヤ及び観客に 1 ゲーム終了ごとに、判定ごとの納得感、機械判定の厳しさをそれぞれ 5段階で評価したアンケートを実施した。これを、プレーヤと観客を入れ替えて再度 20 ゲーム行った。

図 2 にグループ A がプレーヤの時のリアルタイム表示無しの場合と有りの場合の納得感の結果を示す。図より、リアルタイム表示無しの場合はプレーヤ及び観客は多くの試行に納得していない。しかし、リアルタイム表示を加えると、双方の納得感が高くなった。これは判定値 J を常に確認できることで、プレーヤが動いているかが明確となり、納得しやすくなつたためと考えられる。また、アンケートにおいて、機械判定が厳しいと回答していたプレーヤも納得感は高くなる傾向がみられた。つまり、リアルタイム表示があった場合は判定が多少厳しいものでも納得しやすくなることがわかった。

4 まとめと今後の課題

本稿では機械判定を導入した「だるまさんがころんだ」を用いて、プレーヤ及び観客の納得感に影響する要素を調査した。結果から、判定要素である判定値 J のリアルタイム表示がプレーヤ及び観客の納得感を高めることがわかった。今後の課題として、判定結果の演出方法の違いや判定理由の提示の有無等が納得感に影響するかを調査する。

参考文献

- [1] 三木隆裕, 大西鮎美, 出口嵐似貴, 土田修平, 伊藤悠真, 寺田 努, 塚本昌彦: ウェアラブルだるまさんがころんだ: 加速度センサによる機械判定を用いた多人数型ゲームの実装と運用, 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, pp. 174–183 (Sep. 2017).

HMDを用いたランニング支援システムの構築

正月凌介, 寺田 努, 塚本昌彦(神戸大), 坂本賢志(アシックス)

1 研究の背景と目的

ランニングを用途としたウェアラブルデバイスの普及が進んでおり、例えばスマートウォッチやスマートグラスといったランニング支援を目的とした様々なデバイスが開発されている[1]。しかし、一定の動作リズムや呼吸法を重視するランナーにとってランニング中にスマートウォッチを見るといった動作は一時的にランニング中の腕振りのリズムが乱れ、ランナーの負担になるという問題点がある。またこれらのデバイスの画面が小さく得られる情報量が少ないとされ、ボタンを押す動作やページを変える動作が必要とされ、同じ理由でランニングのパフォーマンスの低下に繋がる可能性がある。これらの問題を解決するために、スマートグラスを用いることで視線を動かすだけで情報を取得でき、かつ画面が自動で切り替わるアプリケーションを開発することで、ランナーの操作動作をなくすことが可能となりランニングフォームを崩さず走ることができると考えられる。本稿ではスマートグラスを採用し、ランニングを用途として開発されたサングラス型のスマートグラス ReconJET(以下 HMD)を用いて、理想的なランニング支援アプリを開発する。

2 ランニング支援アプリ

図1はHMD用の開発したランニング支援アプリケーションの遷移画面である。図2はHMDの装着図である。このアプリケーションでは、ユーザが画面1のSTARTボタンを押すと時間と距離の計測が開始され、同時に自動画面遷移も始まる。画面は5秒ごとに画面1、画面2、画面3、画面1の順に遷移されていくようになっている。画面1では時間と距離が表示され、画面2ではユーザの心拍数と歩数、画面3ではあらかじめ設定した目標タイムとの差が表示される。

3 走行距離算出法

ランナーは、ランニング時に常に距離の変化を見ながら走ることはなく、ある程度の時間が経過してから、走行距離を確認する。そのため、ランニング時に距離を確認する頻度として3秒置きの移動距離の更新が実現すれば、問題はないことがわかった。よって、スタート時からの走行距離の算出方法として、3秒ごとにHMDのGPSを用いて緯度経度を取得し、その移動距離を積算し続ける方法を用いた。GPSによる2地点の移動距離 x_i とすると走行距離 $f(x)$ に対して、下記の計算方法とする。

$$f(x) = \sum_{i=0}^n x_i \quad (i = 3m, \text{但し } m \text{ は自然数}) \quad (1)$$

20代男性1名を対象にHMDを装着し、Google mapで調べた経路4.245kmを走行、歩行の2回を行い、HMDを用いた走行距離算法による計測距離の正確さを調べた。なお実験経路に関して道幅、曲がり方などの要因から経路の厳密な距離が出せない。そのためGoogle mapでの経路の距離を正解データとし、対称比較するため参考として、スマートフォンアプリ「Runkeeper」を起動させながら距離を同時に計測した。図3は調査実験の経路である。その結果を図4に示す。なお、信号による一時停止が歩行時走行時ともに1回ずつ生じた。図から参考アプリRunkeeperでの誤差は歩行時約80m、走行時約60m、一方HMDによる走行距離算出法



図1: 開発したアプリケーション



図2: 装着図

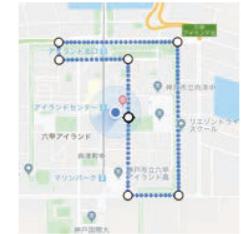


図3: 調査実験経路

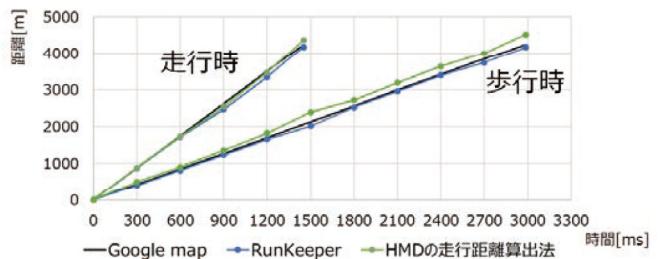


図4: 調査実験結果

での誤差は歩行時約260m、走行時約110mとなった。歩行時の方が正解データからずれる傾向にあったのは、歩行による緯度経度の変化が小さいにも関わらずGPSによる緯度経度の取得時間の間隔が短かったためと考えられる。そのため誤差を小さくするために取得時間の間隔を大きくする必要がある。しかし、その間隔が大きいと走行距離が長い時間更新されなくなる恐れがあるため、ランナーにとって適切な更新時間に調整し、GPSの取得時間間隔を再検討する必要がある。また走行時に関してはRunkeeperとの誤差とさほど変わらないが、ランナーにとっては数十mの誤差はタイムに大きく影響するので、この誤差を小さくするために移動平均を用い、誤差を減らす工夫が必要である。

4 まとめと今後の課題

本研究では、HMDを用いてランナーの操作なしでのランニング支援システムを構築した。またHMDのGPSによる距離算出法を提案し、その精度の調査を行った。今後の課題として、距離算出法の再検討を行い、距離計測の精度を高める。またランナーにとって最適なランニング支援システムであるために必要な生体情報の提示項目を追加し、日々のランニングデータをスマートフォンに記録するといった他のデバイスと連動させるシステムにする。

参考文献

- [1] 野邊哲也, 野村隆幸: スマートラップ機能搭載のランニングウォッチの開発, マイクロメカトロニクス(日本時計学会誌), Vol. 61, No. 217, (2017).

圧力センサによるプッシュアップフォーム識別デバイスの提案と実装

三重孝雄, 寺田 努, 塚本昌彦(神戸大)

1 研究の背景と目的

熱心に筋力トレーニングを行う人は筋力トレーニングの記録をしている。そのような人は、代表的な筋力トレーニングであるプッシュアップを行ったときに「プッシュアップを何回やった」といった記録を行うが、具体的にどの筋肉にどれほど効いているのかを記録することはできない。プッシュアップにおいて、Gouvali らは、フォームごとに使用している筋肉には一貫性があると述べており [1]、プッシュアップのフォームが識別できれば鍛えている筋肉を推定できると考えられる。そこで本研究では、プッシュアップを行った際に、トレーニング効果の得られた筋肉の部位を記録するシステムの構築を目指す。本稿では、プッシュアップバー型デバイスによるフォーム識別方法を提案し、フォームの違いによって使用している筋肉の部位を推定可能かを確かめた。

2 提案システム

トレーニング効果の得られた筋肉の部位をユーザの負担にならないように記録するためには、ユーザの身体に直接センサを取り付けないことが望ましい。そこで、提案システムでは、プッシュアップ時に用いるトレーニング器具であるプッシュアップバーの底面の4箇所に圧力センサを取り付け、圧力値からどの筋肉が使用されているかを識別する。提案システムの構成を図1に示す。提案システムでは、圧力センサ値をマイコンで取得し、PCに送信する。PCでは得られた圧力センサ値に基づきプッシュアップフォームを識別する。あらかじめ計測しておいた、プッシュアップフォームと筋肉の使用部位および強度との関係を用いて、システムは最終的に行ったプッシュアップがどの部位に効いたのかを記録する。

3 予備実験

提案システムで、施行したプッシュアップがどの筋肉に効いているかを推定可能か調査するため、プッシュアップ時にバーにかかる圧力値と鍛える筋肉の筋電センサ値を計測する予備実験を行った。フォームに応じて提案デバイスにかかる圧力値が異なり、かつ筋電センサ値に違いが確認できれば、圧力値に基づくフォーム識別により鍛えることのできる筋肉の部位の推定が可能と考えられる。

実験で行ったプッシュアップは4種類で、手を肩幅の間隔で行うノーマル、手の間隔を広くして行うワイド、手の間隔を狭くして行うナロー、腰を高く上げて行うパイクである。これらのうちパイク以外の3種類のプッシュアップは Gouvali らが行ったワイド、ナロー、ノーマルの定義に従う。プッシュアップの回数はそれぞれ3回ずつであり、各実験間には疲労を避けるために3分間の休憩時間を設ける。筋電センサの電極位置は、大胸筋と上腕三頭筋、三角筋の3箇所とする。被験者は20代男性1名である。

4種類のプッシュアップを行ったときの圧力センサ値を図2に示す。ワイドとナローを比較すると、ワイドは外側に力が加わっており、ナローは内側に力が加わっていることが分かる。また、パイクは腰を上げるために他の3種類のプッシュアップと比べて腕にかかる体重が大きく、圧力値は全体的に高かった。以上より、フォームによって圧力値が異なっていたため、提案システムによりフォーム識別ができる可能性を確認した。

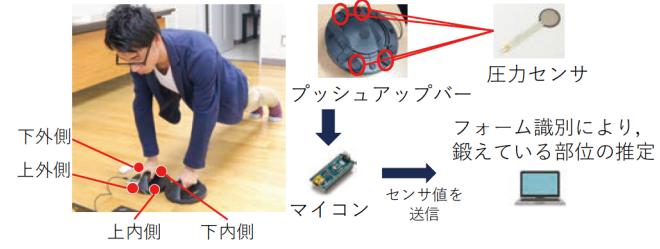


図1: システム構成

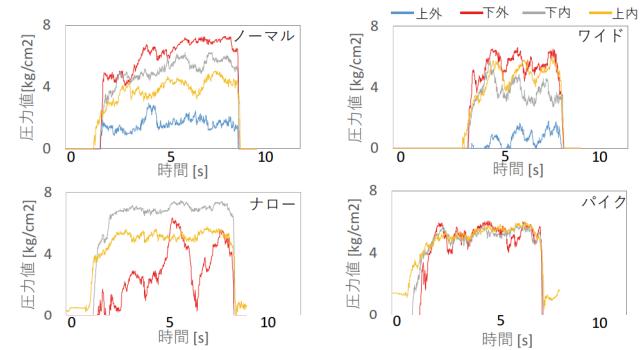


図2: 各プッシュアップ時の圧力センサ値

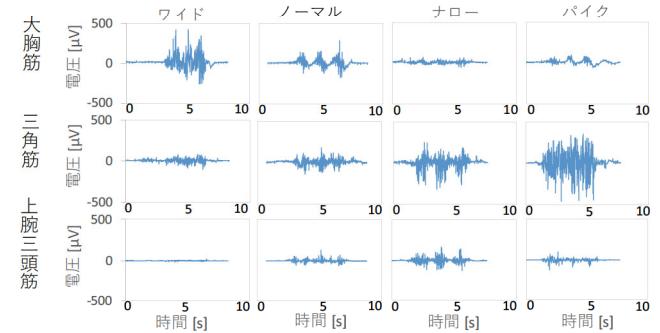


図3: 各プッシュアップ時の筋電センサ値

プッシュアップ時の筋電センサ値を図3に示す。図3より、ワイドでは大胸筋、ナローでは三角筋と上腕三頭筋、パイクでは三角筋の筋電値が大きいことが分かる。ノーマルはすべての筋肉においてワイドとナローの間の値であった。よってフォーム識別ができれば、鍛えることのできる筋肉の部位の推定が可能と考えられる。

4 まとめ

本研究ではプッシュアップバーに取り付けた圧力センサの値に基づき、プッシュアップフォームから鍛えられている筋肉の部位を推定する手法を提案した。今後はシステムにより圧力センサ値からフォーム識別を行い、筋肉の使用量を推定する機能を実装予定である。

参考文献

- [1] M. K. Gouvali and K. Boudolos: Dynamic and Electromyographical Analysis in Variants of Push-up Exercise, *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 19, No. 1, pp. 146–151 (Feb. 2005).

LED を用いたゴーストの提示による短距離走練習方法

満仲 望 (神戸大), 磯山直也 (奈良先端大), 柳澤 豊 (エムプラスプラス株式会社), 寺田 努, 塚本昌彦 (神戸大)

1 研究の背景と目的

スポーツの練習は、1人で行うよりも複数人で行う方が練習効果が高いことが多い。それは、練習相手がいることで競争心が芽生え、練習時のモチベーションの向上に繋がるためと考えられる。その一例として、自分より技能が優れている人と練習を行うことが挙げられる。この場合、練習相手が良い刺激となり、練習効果が高いことが多い。この事は、陸上競技の短距離走の練習にも当てはまる。しかし、短距離走の練習を1人で行う場合や、練習相手がいても、自分のレベルに合わない場合がある。そのような場合、適切な練習相手がいる場合に比べて練習の効果が落ちる可能性がある。ただ、短距離走の練習において、練習相手はランナーにとっての目標の役割が大きい。そのため、練習中に目標となるモノが存在すれば、ランナーのレベルに合った練習相手がいる状況と類似しており、ランナーのモチベーションを維持しやすく、練習効果は高まると考えられる。そこで、本研究ではランナーの過去の走行データをアレイ状の LED でゴーストのように提示し、それとランナーを競争させることでランナーのモチベーションを上げる練習方法を提案する。ゴーストとは例えば、レースゲームにおいて、最速のクルマをゴーストのように半透明で、他の車の走りを当たり判定無しで表示されるものである。そこで、本研究は過去の走行データを LED テープを使うことによりゴーストのように提示することで短距離走の練習効果を上げることを目的とする。

2 実験

本実験では 30m の短距離走において、効果的な LED テープの光らせ方を調べるために LED の色と光が流れる速度を各 2 種類、計 4 種類の光らせ方を評価する実験を行った。

実験環境のイメージ及び走行中の様子を図 1 に示す。30m の LED テープを走行中のランナーの視界に自然に入るよう、スタート位置から 3m 前方、0.1m 右側に配置した。LED テープはランナーが走り始めるとともに光り始め、スタート位置からゴール位置に向かって一定速度で移動する。表 1 に実験条件を示した。1 回目と 6 回目は比較対象として LED を光らせずに走行させた。LED が流れる速さは表 1 のように被験者の走行タイムに応じて変化させた。実験は神戸市東灘区にあるコープ健康スポーツクラブの体育館で実施した。タイム計測はストップウォッチを使用し、手動で行った。また実験後にアンケートを行った。アンケートでは「LED があったことで速く走れた感じはしたか」について、「感じた」が 5、「感じなかった」が 1 で回答してもらった。被験者は 20 代男性 4 人で、被験者 A, B, C, D とする。

図 2 に 30m 走の走行タイム、表 2 に被験者へのアンケート結果を示す。2, 3 走目及び 4, 5 走目の走行タイムより LED が 30m 光るのに要する時間を、ランナーのタイムより少し早くしたほうが効果が高いと考えられる。また、LED を赤色の単色で光らせた時より、虹色に光らせた時の方がタイムが短くなる傾向にあった。ただ、ランナーが LED に慣れてきたことによる影響も考えられるため、光らせ方の順序を変えて実験を行う必要がある。アンケートでは LED が虹色に光っていたほうが走りやすかったという意見が多かった。これは、変化が分かりやすい光らせ方のほうが走行タイムが良

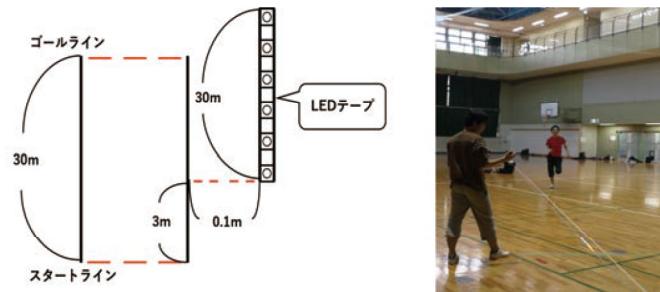


図 1: 実験環境のイメージ及び走行中の様子

表 1: 実験条件 1

走行回数	LED の色	LED が 30m 光るのに要する時間
2 回目	赤色	1 走目のタイム
3 回目	赤色	1 走目のタイム-約 0.2 秒
4 回目	虹色	1 走目のタイム
5 回目	虹色	1 走目のタイム-約 0.2 秒

表 2: アンケート結果 (平均値)

走行回数	平均値
2 回目	3.3
3 回目	3
4 回目	4.3
5 回目	4

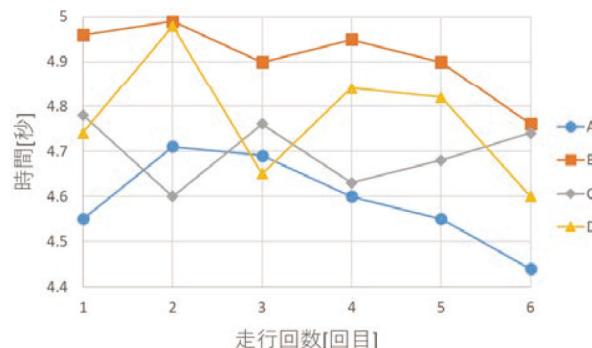


図 2: 30m 走の走行タイム

くなるためではないかと考えられる。6 回目の走行タイムが良くなっている被験者が多いが、これは単純に最後の走りにやる気が沸き、速くなったかもしれないと考えられるため、LED テープの効果とは今のデータだけでは言い難い。

3 まとめと今後の課題

本研究では LED テープを用いて過去の走行データをゴーストのように提示する短距離走の練習方法を提案した。実験を行ったが、被験者の人数が少なく、LED の有効性は確認できなかった。今後は得られた結果をもとにより効果のある練習方法を検討し、より多くの被験者に対して実験を行う。また今回は 30m での走行実験を行ったが、さらに長い距離での実験を行う事が課題として挙げられる。

ランニング時の膝の屈曲状態と膝への衝撃計測のための膝サポート型デバイス

桐野江高太, 寺田 努, 塚本昌彦(神戸大)

1 研究の背景と目的

ランニング中の膝の痛みは、主に着地時に衝撃吸収が適切になされていないときに骨や筋肉などの部位に余計な負荷がかかることで起こる。疲労の蓄積により起こる着地時の膝の屈曲の増加によって膝への衝撃は増加する [1]。しかし、このようなランニングフォームの変化を確認することはトレッドミルを用いるような限られた環境でしか行うことができない。そこで本研究では、ランナーがよく身に着けている膝サポートに注目し、伸縮性があるストレッチセンサと小型の加速度センサを備えたサポートでランニング時の衝撃吸収の適切さを常時計測できるシステムを提案する。

2 提案システム

提案システムを図1に示す。ランニング時の膝の屈曲状態を計測するためにストレッチセンサを使用し、膝の屈伸にあわせてセンサが伸縮するようにサポートの膝蓋骨の部分に取り付ける。ストレッチセンサは膝関節の屈曲によりセンサが伸びると値が小さくなり、伸展によりセンサが縮むと値が大きくなる出力される。また、膝への衝撃を計測するために基板部分に加速度センサを取り付け、膝上の加速度センサの値を膝への衝撃と考える。システムでは、各センサの値をマイコンで取得しPCに送信する。PCでは、ストレッチセンサ値から膝の屈曲状態を求める。計測周期は25Hzである。

3 実験

膝への衝撃力が異なる場合における適切な衝撃吸収を行うための適切な膝の屈曲状態が分かれば、疲労時のランニングでの着地時の衝撃吸収における膝の屈曲状態の評価が可能であると考える。そこで疲労していない条件下でランニングにおける着地時の膝への衝撃力を計測し、ランニングフォームの違いが与える膝の屈曲状態と着地時の衝撃力への影響を確認できるか調査した。通常のランニングフォームと膝への衝撃力が大きくなるといわれている身体の上下動が大きいランニングフォームで走ったときの各センサ値を計測し、記録した。記録した加速度センサの値の3軸合成値から膝への衝撃力を求め、ストレッチセンサの値から膝の屈曲状態を確認した。被験者は20代男性3名である。走行時間は各2分間ずつで、走行速度は時速6kmとした。また、身体の上下動を確認するためにランニングの様子をビデオカメラで撮影した。

図2(a), 2(b)はある被験者の通常のランニングフォームと身体の上下動が大きいランニングフォームで走った時の加速度センサの値から求めた膝への衝撃力とストレッチセンサ値をグラフ化したものである。身体の上下動が大きいランニングフォームで走った方が着地時の衝撃力が増加している。また、図3は各ランニングフォーム1歩分の膝への衝撃力とストレッチセンサ値をグラフ化したものである。身体の上下動が大きくなることで着地時の衝撃力が増加した際に着地時の膝の屈曲が大きくなっていることが読み取れる。以上より提案システムを用いて疲労していない条件で、衝撃の異なるランニングフォームにおいて、膝への衝撃力と膝の屈曲状態の対応を確かめた。

4 まとめ

本研究では、ランニング時の膝の屈曲状態と膝への衝撃を計測するためにストレッチセンサと加速度センサを備えた膝

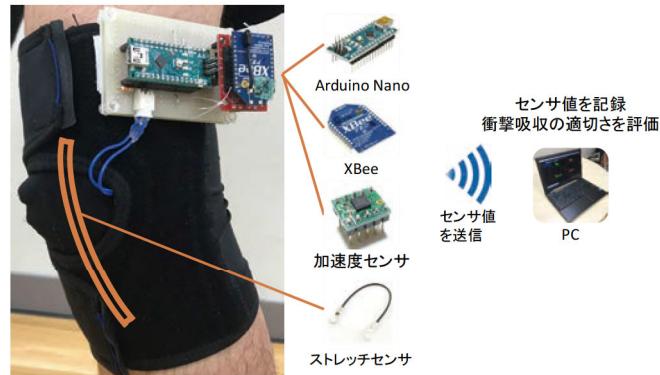
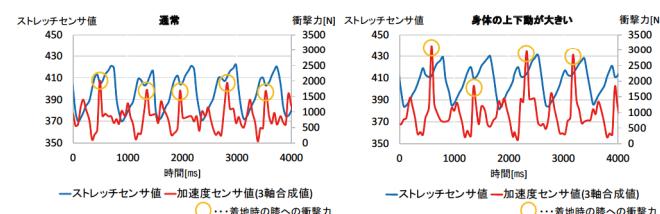
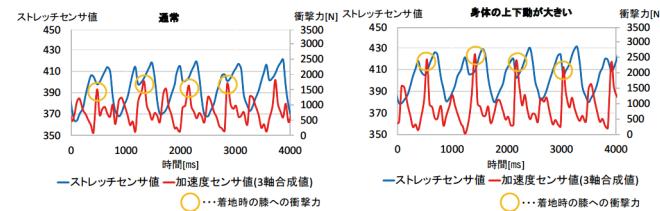


図1: 提案システム



(a) 被験者 A(右膝)



(b) 被験者 A(左膝)

図2: フォームごとの屈曲状態と衝撃力

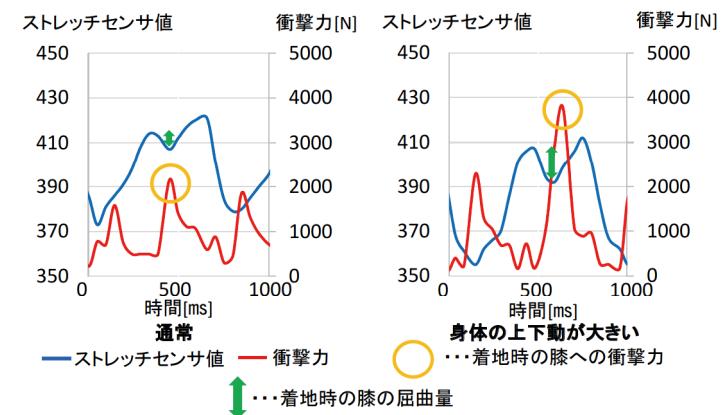


図3: 1歩における着地時の膝の屈曲量

サポート型デバイスを提案し実装した。実験より提案システムでランニング時の膝の屈曲状態と膝への衝撃を計測できることを確かめた。

参考文献

- [1] J. Mizrahi, O. Verbitsky, E. Isakov, and D. Daily: Effect of Fatigue on Leg Kinematics and Impact Acceleration in Long Distance Running, *Human Movement Science*, Vol. 19, pp. 139–151 (Dec. 2000).

物と腕の動きの一致性を利用した取り違い防止判定システムの構築

河村知輝, 寺田 努, 塚本昌彦(神戸大)

1 研究の背景と目的

立食パーティー会場や宴会場、旅館など多くの人が集まる場所では、物の取り違いが発生する。特に、飲みかけの飲み物やお気に入りの傘など、間違って持っていくかになってしまう嫌な思いをする。そこで、取り違いを防ぐ手法として、物と人をペアとして登録し、自分の物を他の人が持ち去ろうとしたときに警告する方法を考える。例えば、LINE のふるふる機能では、ジェスチャを用いて 2 台のスマートフォンのペア登録を行っている。しかし、この手法は使用者が意図的に特殊なジェスチャをする必要があり、取り違いを目的とした手法ではない。取り違いを防ぐためには、持ち上げられた物を瞬時に認識し使用者に間違いを指摘する必要がある。したがって、特殊なジェスチャを利用したペア登録手法はペア登録時の煩わしさから、取り違いを防ぐためのシステムに応用することが難しい。

そこで本研究では、自然な動作中での物の取り違いを未然に防ぐことを目的とし、加速度センサを用いて自然な動作を認識することでペア登録が可能な取り違い防止システムを構築する。本稿では、構築したシステムのジェスチャ認識精度を調査するための評価実験を行う。

2 提案システム

提案システムの構成を図 1 に、動作の流れを図 2 に示す。図 1 のように 3 軸の加速度と角速度を測定可能な ATR 社の WAA-010 のセンサを使用者の腕と物に取り付ける。

図 2 に示すように、物に取り付けた加速度センサの値が 1.5 G を超えると判定が始まる。加速度センサを取り付けた人が持ち上げているか判定後、ペア登録前と登録後で 2 パターンの動作に分かれる。登録前では、持ち上げた物と同様の動きをする人をペア登録する。登録後は、ペアである人の腕の動きと一致するか判定し、使用者に音でフィードバックする。物と腕に取り付けた加速度センサの値を常に PC 上で取得することで、物を持ち上げた動作を瞬時に確認できる。判定には加速度の 3 軸合成値を用いる。

3 評価実験

提案システムが実際に運用可能であるかを確認するため、次の実験を行った。被験者は著者 1 名で図 1 のように腕に加速度センサを固定した。本実験ではペア登録の対象物としてビールグラスを用いた。ビールグラスの裏面には図 1 のように加速度センサを取り付け、コースターで覆った。加速度センサの計測周期は 66 Hz と設定した。そして、ビールグラスを机の上に置き、持ち上げる動作を行った。このとき、持ち上げる動作に 1. 机に対して平行にスライドする動作、2. 机に対して垂直に持ち上げる動作、3. 自然に飲む動作の条件を加える。さらに、それぞれの条件に対して遅い、普通、速いの 3 種類の速度で 10 回ずつ持ち上げ、10 回中何回正しく認識されたのかを確かめた。条件 1, 2, 3 に関してグラスを動かす距離はそれぞれ 30 cm(机から腰元まで), 80 cm(机から口元まで), 80 cm(机から口元まで) とし、速さは遅い、普通、速いでそれぞれ 2 s, 1 s, 0.5 s とした。提案システムの認識率を表 1 に示す。表 1 より、全ての条件において速度が遅いと持ち上げ時に認識されていないことが分かる。原因は、閾値を設定する際に自然な動作を想定して決めていた

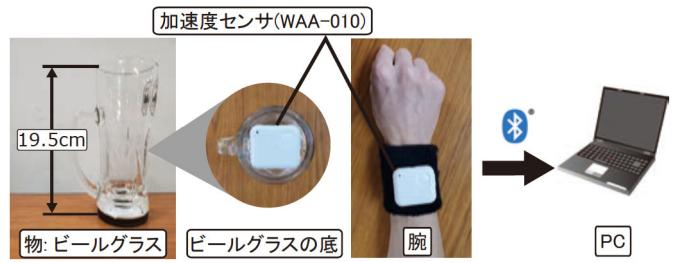


図 1: システム構成

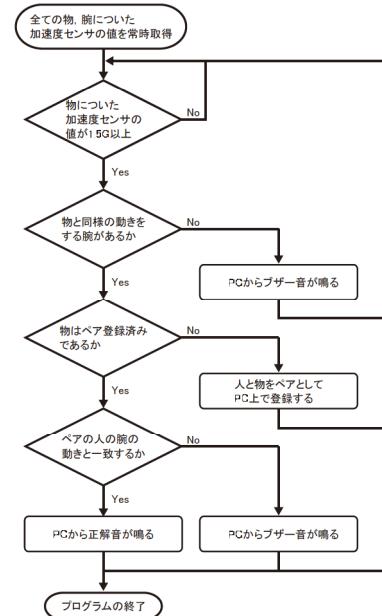


図 2: システム利用の流れ

表 1: 各条件での認識率 [%]

	遅い (2s)	普通 (1s)	速い (0.5s)
平行動作	0	0	60
垂直動作	0	90	60
自然動作	0	100	60

ため、遅い動作は認識されなかったと考えられる。また、平行動作条件において全ての速度で認識率が低いことに関しては、横にスライドさせる距離が短かったため判定を開始する加速度の閾値を超えていたことが原因と考えられる。速度が速い項目に関しては、全ての条件において認識率が低下していることが分かる。この原因として、使用した加速度センサの計測周期が 66 Hz と長かったためであると推測される。今後は全ての条件に共通して認識されない、速度が遅い項目について、被験者を増やし最適な閾値を検討する。

4 まとめと今後の予定

本研究では、加速度センサを用いて物と腕の動きの一致性を利用し、自然なジェスチャによって人と物をペア登録するシステムを構築した。実験結果から、提案システムは遅い動作を認識できないことが分かり、閾値の見直しが必要であることが分かった。そのため、被験者を増やし様々な速度に対する分析が必要であると考える。また、ビールグラスだけではなくラケットやスノーボードの板など、他の物に対しても自然な動作でペア登録をするための方法を検討する。

加速度センサを用いた集団におけるマイノリティな状況の検出手法の提案

梶原大暉（立命館大学），村尾和哉（立命館大学，JST さきがけ）

1 研究の背景と目的

業務用・民生用を問わず数多く登場しているウェアラブルデバイスには加速度センサや角速度センサが搭載されており、センサから得られた値を解析することで、装着者の行動を認識でき、健康管理や医療支援、スポーツ、エンターテインメントなどへの応用が期待されている。人間の行動を解析する手法では一般的に、認識対象となる動作があらかじめ定義されている必要がある。例えば、歩行を認識したい場合、歩行とは右足と左足を交互に動かして移動する動作と定義でき、センサを装着したユーザに実際に歩いてもらえばデータを採取できる。一方で、食事、スポーツ、レジャーなどの動作は、言葉では理解できるが、明確に定義できない。例えば、バドミントンはスマッシュなどの特徴的な動作が行われるが、スマッシュをしている極めて短い時間だけバドミントンをしていると判断するのは誤りである。このような動作に対しても、動作を行っている区間を指定することでモチーフ抽出により、バドミントン中に行われる動作を網羅的に抽出することができる。このように、認識したい動作のデータと正解情報の区間が事前に与えることができればそれらの動作を学習できるが、試験中の学生のカンニング行為のように、事前に定義せず、またデータも網羅的に収集できない行動がある。すべてのカンニング行為を事前に定義することは現実的には不可能であり、それらの行動はカンニング行為を行っていない多くの人の比較によって発見されるものである。本研究では、加速度センサを用いて、ダンスや入学試験など同種の動作を行っている集団において、誤った振り付けやカンニングのような大部分の人とは異なるマイノリティな行動をしている人を教師データなしで検出手法を提案する。Dawud ら [1] は、GPS、加速度、角速度、地磁気の 4 種類のセンサを用いて、複数のアクティビティをしている集団を教師なしでアクティビティごとにグループ分けする手法を提案している。

2 提案手法

提案手法はユーザのスマートフォンやウェアラブルデバイスから 3 軸加速度データが得られることを想定する。はじめに、3 軸加速度 a_x , a_y , a_z の合成加速度 $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$ を求め、採取した加速度データ a が平均 0, 分散 1 になるように正規化し、加速度 a_n を得る。その後、 a_n に対して PLA(Pairwise Linear Approximation) の一種である SWAB (Sliding-Window and Bottom-Up) を適用して線形近似を行う。これにより、微小な変動や線形に変化している間のデータを除去する。次に、SAX(Symbolic Aggregate Approximation) を用いて数値をシンボルに変換する。具体的には、SWAB 適用後の線分の傾きを 5 段階で表現し、連続する 2 本の線分の傾きのペアである 25 通りの組合せを A から Y のアルファベットで表現する。この処理によって、加速度時系列データはシンボル列となる。そして、接辞尾配列 (Suffix array) を用いてシンボル列に含まれる長さが 10 以上の部分シンボル列を抽出して Bag of words(BoW) を作成する。この BoW どうしの類似度を計算することで 2 者間の類似度 d を計算する。具体的には、被験者 A と B の BoW に共通するシンボル列が N 個あり、それらを S_k ($k = 1, \dots, N$) とし、 S_k の長さを L_k とすると、A と B の類似度は $d(A, B) = \sum_{k=1}^N L_k$

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
A	0	4064	3279	1845	3807	5096	3909	4515	3244	4344	5475	3907	4759	3565	3325	3558	4299	2657
B	4064	0	3778	1962	3446	4509	3759	3540	2721	3899	4508	2851	2650	2692	2597	2479	4254	1677
C	3279	3778	0	2906	3818	3694	3189	3289	3528	3447	3957	2560	3973	3225	3126	3639	3933	1635
D	1845	1962	2906	0	4071	3063	3082	2584	2931	3360	3325	2744	3058	2352	2463	3950	2916	2239
E	3807	3446	3818	4071	0	5161	5037	4251	3607	5061	4927	4000	5202	4681	3943	4091	4891	2863
F	5096	4509	3694	3063	5161	0	5759	4906	5054	4897	6360	4471	5467	5138	3921	3984	5348	2888
G	3909	3759	3189	3082	5037	5759	0	4319	3995	4920	4701	4063	3647	3443	3370	3861	4048	2400
H	4515	3540	3289	2584	4251	4906	4319	0	3801	4051	4985	3198	4484	4828	3592	4664	4892	2148
I	3244	2721	3528	2931	3607	5054	3995	3801	0	3706	3957	3458	3837	4296	3878	4368	5961	2406
J	4344	3899	3447	3360	5061	4897	4920	4051	3706	0	5055	6132	5678	4138	3554	3834	5075	2227
K	5475	4508	3957	3325	4927	6360	4701	4985	3957	5055	0	5344	5337	6017	5983	4630	5272	3217
L	3907	2851	2560	2744	4000	4471	4063	3198	3458	6132	5344	0	4684	6457	3176	4970	5287	4506
M	4/59	2650	393/3	3058	5208	5467	3647	4484	383/	5678	533/	4684	0	5144	3/51	4640	4641	2882
N	3565	2692	3225	2352	4681	5135	3443	4828	4296	4138	6017	6457	5144	0	3702	4543	4540	2300
O	3325	2597	3126	2463	3943	3921	3370	3592	3878	3554	5983	3176	3757	3702	0	3483	4222	1829
P	3558	2479	3639	3950	4091	3984	3861	4664	4368	3834	4630	4970	4640	4543	3483	0	4618	2058
Q	4298	4254	3933	2916	4891	5348	4048	4892	5961	5075	5272	5287	4641	4540	4222	4618	0	1843
R	2657	1677	1635	2239	2863	2888	2400	2148	2406	2227	3217	4506	2682	2300	1829	2058	1843	0

図 1: 被験者間の類似度

で求められる。ある共通する部分文字列の各被験者での出現回数は考慮していないため、何回出現していたとしても類似度に影響しない。2 者間の類似度 d が大きいとき、2 者には共通した動きが多く見られると考えられるが、類似度 d が小さいとき、2 者には共通した動きが少ないと考えられる。すべての被験者どうしの類似度をもとに、他の誰とも類似度が低い人はその集団におけるマイノリティな行動をした人と判断する。

3 評価実験

左腕手首に無線 3 軸加速度センサ (ATR-Promotions 社製 TSND151) を装着し、音楽に合わせて、ラジオ体操第一とラジオ体操第二を行った時の加速度データを採取した。被験者は男性 10 名、女性 8 名の合計 18 名で、そのうち男性 1 名はラジオ体操第二を行い、残りの 17 名はラジオ体操第一を行った。センサのサンプリングレートは 100Hz で計測した。図 1 に被験者 18 名間の類似度を示す。被験者 A～Q はラジオ体操第一を、被験者 R はラジオ体操第二を行った被験者である。図 1 より被験者 R 以外の 2 者間の類似度が、およそ 3000 から 6000 に対して、被験者 R と被験者 A～Q の類似度は、およそ 1600 から 3000 となっていることが確認できる。この結果より被験者 R は、他の被験者と類似度が低くマイノリティな行動をしていると判断できる。

4 まとめと今後

本研究では、加速度データから抽出したシンボル列をもとに、人どうしのシンボル列を比較することで、集団においてマイノリティな行動を行う人を検出手法を提案した。評価実験では、18 人の被験者のうちマイノリティな行動を行った人は 1 人は他のいずれの 17 名とも類似度が低くなり、マイノリティな人が複数人いる場合に対応する手法を提案する。また、多くの時間はマイノリティな動作をしていて、時間的に短い間だけマイノリティな動作を行う場合に対応するため、類似度計算を一定時間ごとにウィンドウに分割して行う。

参考文献

- [1] Dawud Gordon, Markus Scholz, Michael Beigl: Group Activity Recognition Using Belief Propagation for Wearable Devices, ISWC 2014, pp. 3–10 (2014).

単語分散表現を用いた行動認識ラベルのグループ化手法の提案

斎藤俊介（立命館大学），村尾和哉（立命館大学，JST さきがけ）

1 研究の背景と目的

ウェアラブルデバイスやセンサの小型化にともない、人の行動を認識することを目的とした研究や、認識した結果をもとにフィードバックを返す製品などが登場している。一般的な人間の行動認識の手法として、認識したい動作を行った時の加速度などのセンサデータを事前に収集しておき、正解情報（ラベル）を付与して学習データを構築して、機械学習のモデルを生成する教師あり学習が利用される。高精度かつ汎用的なモデルを生成するには大量かつ多様な学習データを収集する必要があり、かつ正確なラベルを付与する必要がある。

学習データに存在しないクラスを推定する Zero-shot 学習法をウェアラブルセンサを用いた行動認識に適応する研究 [1] があるが、行動認識において学習データに一切現れないクラスを推定する状況が現実的であるか疑問が残る。また、学習データのラベル付けに莫大な労力がかかるという問題の解決手段として、クラウドソーシング [2] やインターネットクローリングが挙げられるが、ラベルを付ける人によって同じ行動に付与する語が異なる場合がある。また、類似した 2 つの行動に対して同じラベルを付与するか区別するラベルを付与するかラベル付けする人によって異なる場合もある。同一クラスとみなすべき行動データに異なる語でラベル付けされている場合、機械学習のモデルはラベルごとに分離するよう生成されてしまい、分類性能が低下すると考えられる。本研究では同一の行動に対して類似する意味をもつ異なる語でラベル付けされた学習データを word2vec と fastText の 2 手法を用いて学習データをグループ化する手法を提案する。

2 提案手法

英文の Wikipedia のダンプデータをコーパスとして word2vec と fastText の 2 手法で単語の分散表現を生成し、行動認識データセットに含まれるラベル間の分散表現のコサイン類似度を算出し、コサイン類似度が高い単語同士でグループ化する。

3 評価

2019 年 11 月 24 日時点の英文 Wikipedia のダンプデータ¹から word2vec と fastText の 2 手法を用いて 400 次元の単語分散表現を生成し、行動認識データセットである PAMAP2, HASC コーパス、OPP のラベルの分散表現どうしのコサイン類似度を算出した。代表的な行動認識ラベル（語 A）の 400 次元の単語分散表現と word2vec および fastText でコサイン類似度が最大となる語（語 B）とその時のコサイン類似度をそれぞれ表 1 に示す。表より、「walking」は「walk」のように動詞の活用が異なるだけの単語とコサイン類似度が最も高くなった。また、「descending stairs」は「stair down」と最もコサイン類似度が高くなり、正しい結果といえる。一方で、「watching TV」は他に似たラベルが無いため、最も類似するラベルが「walk」となった。

また、単語分散表現を主成分分析を用いて第一位主成分と第二位主成分を抽出して二次元に次元圧縮した。word2vec および fastText で二次元平面にプロットした図をそれぞれ図

表 1: word2vec と fastText によるラベルコサイン類似度

語 A	word2vec		fastText	
	語 B	cos	語 B	cos
walking	walk	0.664	walk	0.637
sitting	walk	0.332	clean table	0.377
watching TV	walk	0.223	walk	0.206
descending stairs	stair down	0.390	stair down	0.433
jog	walking	0.350	walking	0.366

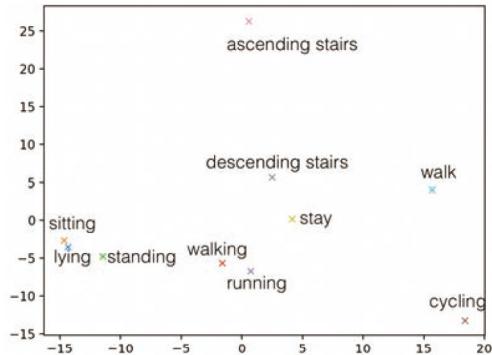


図 1: Word2Vec を用いた場合の単語の分布

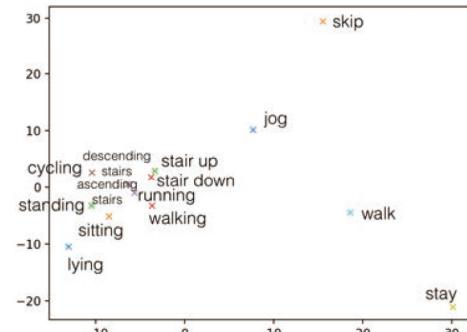


図 2: FastText を用いた場合の単語の分布

1 と図 2 に示す。図 1、図 2 から、word2vec では分散が単語同士の密集があまり見られず単語間の類似度が低い傾向がある。一方、fastText では一箇所に単語が多く密集しており単語同士に類似度が高い傾向にある。これらの差異は学習時のパラメータの設定方法により生まれたものだと考察しており、今後の展望として様々なパラメータで学習を試し最適な分布となる値を探していく。

4 おわりに

Word2Vec と FastText から生成したモデルをもとに単語分散表現を用いた教師ラベルデータのグループ化手法を提案した。今後は、行動認識に特化した単語分散表現を考案し、学習時のパラメータなどを調整し最適なパラメータを探索するとともに、より良いグループ化手法を研究する。

参考文献

- [1] 松木萌, 井上創造: センサ行動認識における Zero-shot 学習法のためのベクトル表現の性質の分析, 情報処理学会 DICOMO2019, pp. 117–134 (2019).
- [2] 鹿島久嗣, 梶野洸: クラウドソーシングと機械学習, 人工知能学会誌, Vol. 27, No. 4, pp. 381–388 (2012).

¹ <https://dumps.wikimedia.org/enwiki/latest/enwiki-latest-pages-articles-multistream-index.txt.bz2>

A Method of Gas Source Localization from Sensor Network using Machine Learning

Worachat Arunothaikrit (Kobe University), Ayumi Ohnishi (Kobe University), Tsutomu Terada (Kobe University), Masahiko Tsukamoto (Kobe University)

1 Introduction

Gas source localization is one of the most important tasks to find the origin of the gas source to avoid potential danger. When these gases are taken by the wind to the receptors, they are distributed, resulting in lower concentrations of substances from the source, making it difficult to find the source of those substances. In this paper, we analyzed the use of Machine learning algorithm for gas source localization (GSL) in indoor environments using data collected from the sensor array. Machine learning used to predict the distance from gas source origin and gas sensor array by the challenges created from indefinable wind airflow and gas distribution in an indoor environment. To train the machine learning model for GSL, we use data taken from a gas sensor array with 1 meter apart from source origin in an indoor area.

2 System Construction

To train the machine learning model, training and testing data were collected by sensor array with consist of air quality sensor (AQI) model MQ135, Carbon monoxide (CO), Alcohol and Volatile organic compounds (VOC) gas sensor model MiCS5524, temperature and humidity sensor model DHT11, wind sensor model Wind Sensor Rev. C and ultrasonic sensor model HC-SR04. The experiments were conducted in an indoor environment. The maximum distance between gas and sensor array is 1 meter, facing each other. Alcohol 70% is used as a gas source in the experiment. For the wind condition, we use only the wind that enters through the window, not from the wind generator as can be seen in figure 1.

3 Evaluation

The results showed that the machine learning algorithm is applicable to localize our experiment gas source using standard performance metrics for the regression problem in machine learning: Mean absolute error (MAE) metric. Also, we compare many of the machine learning algorithms and artificial neural networks (ANN) to estimate gas source localization as can be seen in figure 2. For a neural network, the Scaled Exponential Linear Unit (SELU) is the activation function that we use in the hidden layer in deep neural network (DNN) and Linear function used to be an activation function of the output layer. To reduce the significance initialization and prevent overfitting during training, dropout layer and early stopping added to the DNN layer. The mean absolute error of the neural network model is around 7.8. Currently, an estimated position of the source with a deviation of 3.54 cm by using K-Nearest Neighbors Regression (k-NN). Fork-NN, Brute Force used to an algorithm in this problem, weight is set to distance, the number of neighbors is 9 and leaf size is 1.

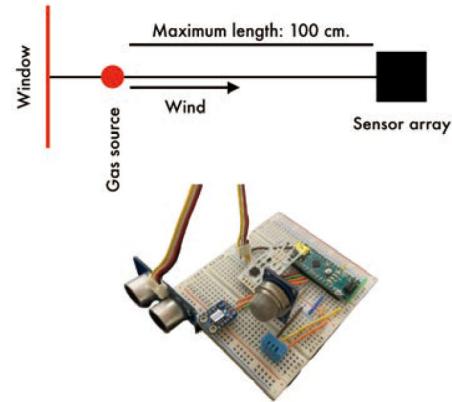


Figure 1: Gas sensor array and Experimental

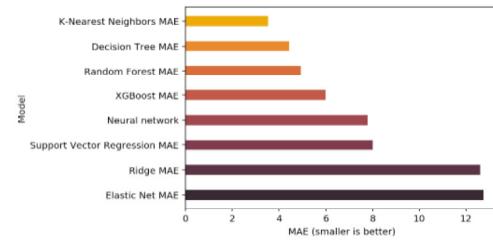


Figure 2: Gas sensor array and Experimental

4 Conclusion and Future Work

In this research, the machine learning model used to estimate the location of a gas source in an indoor environment using machine learning. We also evaluated several networks for comparison. For future research, we plan to find the localization of the gas source by adapting the trilateration algorithm[2] with a wireless sensor network (WSN) to finding an effective and accurate positioning method to locate the source of the gas source. Time series data also will be used to improve the accuracy of the model to see how the result will change. We will also collect data in an outdoor environment condition with multiple wind direction and multiple gases type.

References

- [1] Christian Bilgera, Akifumi Yamamoto, Maki Sawano, Haruka Matsukura, Hiroshi Ishida: Application of Convolutional Long Short-Term Memory Neural Networks to Signals Collected from a Sensor Network for Autonomous Gas Source Localization in Outdoor Environments [Online], Vol. 18, Issue. 7, 4484 (2018)
- [2] Oguejiofor O.S, Aniedu A.N, Ejiofor H.C, Okolibe A.U: Trilateration based localization algorithm for wireless sensor network [Online], Vol. 1, No. 10, 21-27 (2013)

圧力センサ搭載ヘルメットを用いた個人識別手法の提案

藤井敦寛（立命館大学），村尾和哉（立命館大学，JST さきがけ）

1 研究の背景と目的

近年販売されている二輪車の一部にはスマートキーシステムが導入されている。スマートキーシステムとは、キーをポケットなどに入れたままの状態でエンジンを始動することができるシステムである。しかし、キーを所持しておかなければならず、紛失や盗難のリスクもある。本研究では、二輪車での走行で必須であるヘルメットを用いて本人認証を実現できれば、既存のキーの問題点を解決できると考えた。提案手法は、ヘルメットを装着した際に取得できる、装着者の頭部形状を用いて個人を識別する。識別に用いる要素は個人の特徴が存在し、複製が難しいものが適している。白川らは虹彩と目の周辺画像を統合して認証する手法 [1] を提案しているが、目の前にカメラを設置する必要があり、ヘルメットに取り付けると視界を遮るおそれがある。頭部形状は視界を遮ることなく取得できる。また、頭部形状に個人差が存在しており、かつ複製が難しいため、個人識別に適していると考えられる。

2 提案手法

2.1 ハードウェア

実装したプロトタイプデバイスを図 1 に示す。図 1 の左図はプロトタイプデバイスの全体図である。センサ値を正しく取得するには、センサとヘルメット装着者の頭部が密着している必要がある。そのため、フルフェイス型の B&B 社製 BB100 フルフェイスヘルメットを用いた。ヘルメット内部にはインターリンク エレクトロニクス社製の圧力センサ FSR402, FSR402 ShortTail を取り付けた。圧力センサは頭頂部に 4 個、頭頂部周囲に 16 個、後頭部に 6 個、左右チークパッド部に 6 個の合計 32 個を搭載した。各圧力センサはヘルメット外部に取り付けた $10\text{ k}\Omega$ の抵抗を配線してあるプリント基板を経由して、Arduino MEGA2560 R3 のアナログ入力ポートに接続した。図 1 の右図はヘルメット内部の様子である。今回用いたヘルメットはフリーサイズであり、また内装の脱着が困難であった。そのため、頭頂部の内装を取り外して、新たに厚みのあるウレタンスponジを取り付けた。取り付けたウレタンスponジの中央部に切り込みを入れ、圧力センサを挿し込んだ。

2.2 識別手法

ユーザはヘルメットを被った状態で 2 秒静止し、32 個の圧力センサの電圧値を取得する。各センサごとに 2 秒間の平均値を計算し 32 次元のベクトルを作成する。ユーザは最初に本人のデータとして複数サンプルのデータを登録する。識別時は登録データ群と未知のユーザの圧力データのマハラノビス距離を計算する。この距離が閾値未満となった場合本人として認証し、閾値以上となった場合は他人として拒否する。

3 評価

提案手法の有効性を確認するために、被験者 5 名（A~E、全員男性、平均年齢 22 歳）にプロトタイプデバイスを着用させ、サンプリングレート約 30Hz でセンサデータを収集した。2 秒間着用して取り外し、再び着用する試行を 1 セットとして合計 10 セット（2 秒 × 20 回分）を収集した。データ収集は 1 人当たり 1 日最大 4 セットとし、複数日に渡って実

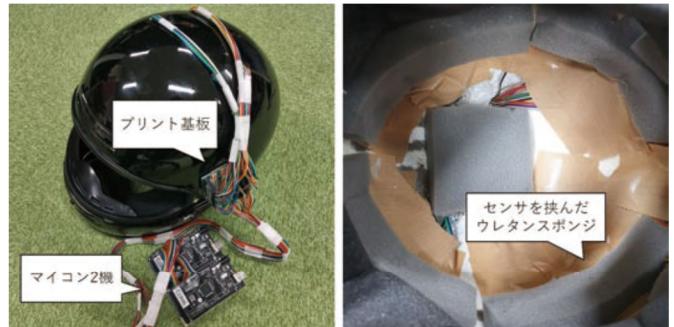


図 1: 実装したプロトタイプデバイス

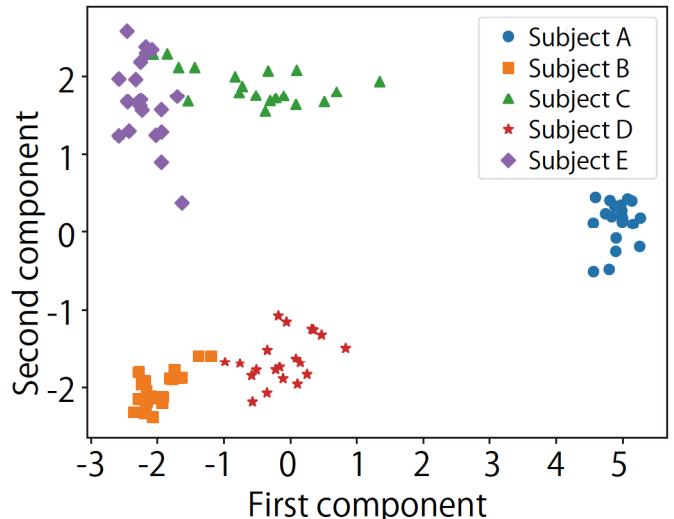


図 2: PCA による分析結果

施した。センサと頭部のさまざまな位置関係のデータを採取するために、セット間に 30 分以上の休憩時間を設けた。

収集したすべてのデータに対して主成分分析を行い、2 次元に圧縮したデータを 2 次元平面上にプロットした結果を図 2 に示す。図より、装着位置のずれによって同一被験者のデータ群にばらつきはあるが、被験者のデータ群どうしの重なりが小さいことから、ヘルメット内部に搭載した圧力センサのデータから装着者を識別できると考える。

4 まとめ

本研究では、圧力センサを内部に取り付けたヘルメットを着用することで頭部の形状を計測し、頭部形状の個人差から二輪車の所有者本人を識別する手法を提案した。評価実験の結果より、個人間にデータのばらつきがあり、個人を高精度で識別できそうであることを確認した。今後は、被験者を増やしてデータを収集し、実環境で提案手法の評価をする。また、提案手法の利用者のデータ群に差がないときの個人識別方法を定義する。

参考文献

- [1] 白川功浩, 吉浦 裕, 市野将嗣: 虹彩および目の周辺の分割画像を用いた個人認証, 情報処理学会論文誌, Vol. 59, No. 9, pp. 1726–1738 (2018).

フリータッチ動作における触感と表面テクスチャの関係性の考察

今岡恭司, 深田雅裕, 栗田雄一 (広島大学)

1. 研究の背景と目的

近年, 触覚を再現・活用する技術が注目されている。触覚を再現する技術として, VR などで使用される触覚フィードバックがある。また触覚を活用する技術として, 人間の触感に響く製品開発が挙げられる。これらの技術を進歩させるためには触知覚や触質感を知る必要があり, 人間のテクスチャ知覚の仕組みを知ることは有用である。

人間の皮膚には触覚受容器と呼ばれるセンサが複数存在しており, これまで触覚受容器の特徴を用いた触感評価手法がいくつか提案されてきた。例えば Shizuno et al. [1]は指先の接触面変化から, Natsume et al. [2]は素材上をなぞったときに生じる指先の振動から人間の触感を評価する試みを行ない, 人間の触感を定量的に評価できる可能性を示唆した。しかし, これらの従来研究では, なぞり方・なぞり速度・力などの触動作を制限する条件で計測を行なっており, 普段人間が素材の上を自由になぞるフリータッチにおいても同様に評価できるかどうか不明であった。

そこで本研究では, 人間の触感情報がフリータッチ探索運動に反映されていると仮説を立て, フリータッチ動作における触感と表面テクスチャの関係性について調査を行なった。

2. これまでの研究内容

本研究で用いる実験装置は図 1 のようになっている。本装置はなぞり軌跡・速度などを算出するためのシールマーカと高速カメラ, 素材に印加される力を計測する 6 軸力センサ, Tanaka et al. [2]が開発した指先に生じる振動を計測する振動センサで構成されている。フリータッチ時の探索運動と触感の関係性を調査するために, フリータッチ探索運動とその際の触感情報の計測を試みた。被験者は 9 名とし, フリータッチ時の探索運動情報としてなぞり動作, 力, 指先振動を計測した。被験者は“粗さ感”と“快不快”的 2 項目について, 4 を基準とした 7 段階の SD 法で評価を行った。計測対象は 5×5cm の樹脂素材 8 種類を用意した。

図 2 に被験者の各なぞり方の一覧を示す。Sub. A-E はおよそ左右直線的になぞる傾向に, 一方 Sub. F-I は橢円形を描きながら, なぞる傾向がみられた。軌跡の長さと x,y 座標, なぞり速度, 接線・法線力, 摩擦係数について平均・分散を求めなぞり動作の指標とした。また, 指先振動の指標として振動強度 [3]を算出した。

探索運動と触感の関係性を確認するために, 被験者をなぞり軌跡の形でグループ分割後, 粗さ感, 快不快の触感情報を目的変数, 算出した指標を説明変数として各触感で個別に重回帰分析を行なった。説明変数の選択はステップワイズ法で

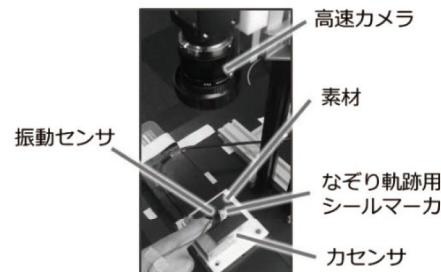


図 1 : なぞり軌跡・力・振動計測装置

Sub. A Sub. D Sub. G



Sub. B Sub. E Sub. H



Sub. C Sub. F Sub. I



図 2 : 各被験者のなぞり軌跡

行った。選択された説明変数はなぞり軌跡の形によって異なっており、被験者の触感情報がこれに含まれていると考えられる。

3. まとめと今後の課題

本研究では、人間が素材の上を自由になぞるフリータッチ動作に人間の触感情報が反映されていると仮説を立て、フリータッチ探索運動情報と触感情報の関係性を調査した。今後は、ステップワイズ法にて採択された説明変数について、フリータッチ動作においてどのような意味を持つのか詳細に解析する必要がある。本研究の一部は国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) の研究成果展開事業「センター・オブ・イノベーション (COI) プログラム：精神的価値が成長する感性イノベーション拠点」の支援によって行われた。

参考文献

- [1] T. Shizuno et al., "Prediction of affective feeling of tactile texture based on measurement of fingertip deformation", 2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), pp. 2329-2334, Miyazaki, Japan, 2018.
- [2] M. Natsume et al., "Individual differences in cognitive processing for roughness rating of fine and coarse textures.", PLOS One, vol. 14, no. 1, e0211407, 2019.
- [3] Y. Tanaka et al., "Wearable skin vibration sensor using a PVDF film.", 2015 IEEE World Haptics Conference (WHC), pp.146-151, IEEE, Evanston, IL, USA , 2015.

3Dプリンティングファブリックを用いた新たなシステムの提案

澤田良太（京都産業大学），瀬川典久（京都産業大学）

1. 研究の背景と目的

3Dプリンタの研究が進むに従い、従来の立体造形だけではない利用方法が開発されている。その一つとして、3Dプリンティングファブリックがある。3Dプリンティングファブリックとは、3Dプリンタで繊維の形状を立体的に印刷したものである。その印刷された繊維を用い、衣服、帽子、鞄などが創られる。YouFab[1]では3Dプリンタを利用し、ワンピースを作成し公開している。

従来の3Dプリンティングファブリックは、素材として、プラスチックなどを利用している。そのために、繊維を密に構造することが難しかった。しかし、近年、Markforged社が発売している3Dプリンタに代表されるように、ナイロン-カーボン系のフィラメント(Onyx)を印刷することが可能になり、それを薄く印刷することで、革のような合成繊維を出力することが可能となった。また、この繊維の表面を加工することで回路を作成することができると考えられる。これは、繊維として縫合が可能なために導電糸を利用することができるからである。

本研究の目的は、この合成繊維と銅箔、導電糸を縫合し銅箔の上にデバイスをハンダで接着することにより、今までになかったシステムを開発することである。

本稿では簡易設計した合成繊維と銅箔、導電糸のデバイスの構造およびそれに関する新たなシステムについて述べる。

2. これまでの研究内容

従来の3Dプリンティングファブリックを用いた研究[1][2]では、素材としてプラスチックを使用することが多く構造自体を変化させることで柔軟性や機密性を表現していた。しかし、今回出力した3Dプリンティングファブリックはナイロン6-カーボンを使用し、繊維を網目状に交差させることでカーボンの持つ強度とナイロンの柔軟性を持った合成繊維を出力することが可能となった。これにより、繊維上に銅箔をハンダすることが可能となり、かつ導電糸を縫合することで凹凸を持ったシステムの構造など、形状からシステムを創り出すことが可能である。

3. システム提案

本システムは、(1)3Dプリンタを活用した合成繊維の作成、(2)その合成繊維の表面への回路作成、(3)合成繊維の縫合によるシステムの構築の3つからなる。

- (1) 3Dプリンタを活用した合成繊維の作成は、3Dデザインツールと3Dプリンタで行う。Fusion360などの3DCADを利用し、2次元のデザインを行う。複数の布を縫い合わせる場合は、それぞれのパーツをデザインし、布の厚みで3次元形状にする。通常の布とは異なり、厚みを自由に設計することができ、立体造形物を一体整形することも可能である。デザインしたデータを3Dプリンタで出力する。
- (2) 回路の作成は、刺繡用導電糸と専用ミシンで行う。

設計は回路図に応じた刺繡デザインを元に行い、専用ミシンで刺繡することで、合成繊維上に回路が生成される。専用ミシンについては、タジマ工業製のデジタル刺繡用ミシン「彩-sai」を使用した(図1)。また、電子部品を実装するために、一部銅箔を表面に接着し、電子部品をその銅箔にハンダするなど接着し、導電糸で縫製することで電子部品を利用する。



図1.ナイロン6-カーボンで出力した合成繊維に
刺繡糸で縫合 (5cm四方、厚み0.2mm)

- (3) 電子部品が実装された合成繊維それぞれを刺繡ミシンでつなぎ合わせることで、一体造形されたシステムが完成する。

4. まとめと今後の課題

本研究ではナイロン6-カーボンで出力した合成繊維に銅箔をハンダで接着し、導電糸で縫合することで、3Dプリンティングファブリックを用いた新たなシステムを提案した。また、本研究で作成したシステムの通電について、導電糸と銅箔上のデバイスとで検証を行なった結果、通電していることを確認した。

今後の課題としては、合成繊維の形状に凹凸などの起伏をつけ、ユーザーの触覚を利用してデザインリサーチが必要である。また、それと並行してより最適な合成繊維があるのかどうかも調査する。

参考文献

- [1] NERVOUS SYSTEM, Kinematics Dress, <https://n-e-r-v-o-u-s.com/projects/sets/kinematics-dress/>, 2015.
- [2] Make Anything, Experimenting with 3D Printed Fabric, <https://www.youtube.com/watch?v=ge-q6iXDAoc>, 2017.

人工筋による力覚フィードバックを用いた階段昇降感覚の提示

奥村拓海, 栗田雄一 (広島大学 / JST さきがけ)

1 研究の背景と目的

近年では、VR空間に身体性を取り入れることで仮想的に歩行感覚を拡張する研究が多く行われている。そこで、日常的な歩行動作の一つとしてあげられる階段歩行に着目した。長尾ら [1] は、小さな突起によって生成される受動的な触覚フィードバックにより階段歩行時の上下する感覚向上することを実証した。しかし、従来のシステムではウェアラブルではないため、空間的な制約を受けるという問題点がある。また、筋刺激により昇降感覚を再現した研究はほとんど行われていない。そこで、本研究では、HMDによる視覚提示に加えて空気圧人工筋 (Pneumatic gel muscle. 以下, PGM) [2] による力覚提示を行うことで、平面を歩行するユーザにVR空間上で階段を歩行する感覚を誘起させることができると検証する。

2 これまでの研究内容

2.1 システム概要

今回構築した階段歩行感覚提示システムについての説明をする。本システムでは、視覚情報提示部と力覚提示部と比較対象として用意した圧覚提示部により構成される。視覚情報提示部においては HMD (HTC 製 VIVE PRO HMD) により映像提示を行った。VR空間内に階段を設置し、ユーザの足をセンサによってトラッキングすることでリアルタイムの足の動きを反映させる。図 1 に HMD に映したものを示す。力覚提示方法としては、CO₂ポンベから圧縮空気を供給することで PGM を収縮させ、ユーザの大腿四頭筋に筋刺激を与える。力覚提示のタイミングは、大腿部側部に取り付けた 9 軸加速度センサにより股関節角度取得し、この値が設定した閾値を超えたときに、PGM の収縮を行う。圧覚提示方法としては、階段昇降時では主に前足部接地であるという知見 [3] に基づいて靴の前足部分を厚底 (20 mm) にした。

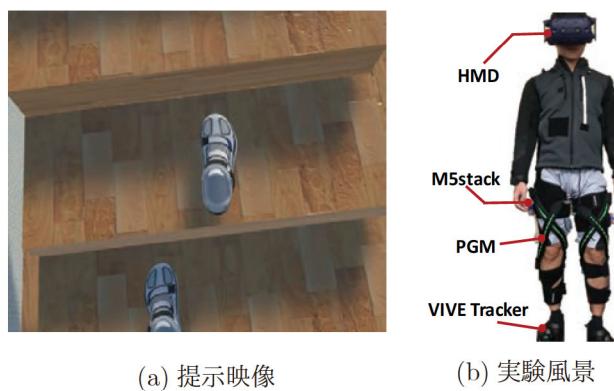


図 1: 階段歩行感覚提示システム

2.2 評価実験と結果

錯覚の強度を評価するために、実験タスク終了後に没入型仮想環境アンケート [4] に基づいて作成した全 9 項目の主観評価アンケートに、リッカート尺度による 7 段階評価で回答してもらった。被験者は 21-23 歳の健常男性 4 名とした。本研究の実験条件として視覚提示・圧覚提示・力覚提示の有無の組み合わせを以下の 4 条件に設定した。

- 視覚提示のみ (条件 1)
- 視覚提示 + 圧覚提示 (条件 2)
- 視覚提示 + 力覚提示 (条件 3)
- 視覚提示 + 圧覚提示 + 力覚提示 (条件 4)

各実験条件における錯覚発生強度についてのアンケート結果を図 2 に示す。すべての感覚提示を行った場合の条件 4 では、最も錯覚発生強度が大きいことが確認できる。また、人工筋による力覚提示を行った条件 3, 4 においてのアンケートスコアが、力覚提示がないときの条件 1, 2 と比べて大幅に大きくなっている。錯覚提示において力覚提示による筋刺激での影響が大きいことが示唆された。しかし、4 条件において Tukey 法による多重検定を行ったところ統計的な有意差を確認できなかった。原因として被験者数が少なかったため、個人差が反映しやすい主観評価ではばらつきが大きくなつたことが考えられる。そのため、被験者の増加や評価指標についても今後検討していく必要がある。

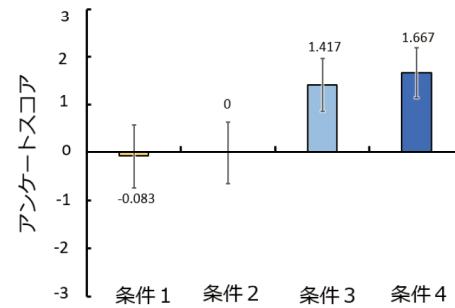


図 2: 主観評価による錯覚発生強度

3 おわりに

本研究では、低圧駆動人工筋と VR を用いて階段歩行感覚を誘起するシステムの構築を行い、視覚情報に加えて力覚提示を行うことで錯覚強度が大きくなることを確認した。今後は unity と arduino を同期させることで、階段の有無や高さに応じて人工筋の負荷を変化させるシステムの構築に取り組んでいく。

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託業務の結果得られたものです。

参考文献

- [1] Ryohei Nagao, et al, Ascending and descending in virtual reality:Simple and safe system using passive haptics. IEEE transactions on visualization and computer graphics. vol. 24, no. 4, pp. 1584-1593, 2018.
- [2] Kazunori Ogawa, et al, Development of a pneumatic artificial muscle driven by low pressure and its application to the unplugged powered suit. Advanced Robotics, vol. 31, no. 21, pp. 1135-1143, 2017.
- [3] Robert Riener, et al, Stair ascent and descent at different inclinations. Gait and Posture, vol. 15, no. 1, pp. 32-44, 2002.
- [4] Katy Tcha-Tokey, et al, Proposition and validation of a questionnaire to measure the user experience in immersive virtual environments. The International Journal of Virtual Reality, vol. 16, no.1 ,pp. 33-48, 2016.

衣服の変形を用いた触覚フィードバック手法の歩行中の性能評価

上田健太郎, 寺田 努, 塚本昌彦(神戸大)

1 研究の背景と目的

人の皮膚は、振動や圧力、熱など様々な刺激を知覚できる。これらの刺激の中でも、振動刺激はモバイルやウェアラブルデバイスの触覚フィードバックに利用されている。しかし、振動フィードバックは刺激が瞬間的でユーザの意識が振動刺激に移るため、ユーザはフィードバックを逃したり、長時間の振動フィードバックに苛立ったりする。一方、圧力フィードバックは微妙な刺激から力強い刺激まで幅広い刺激を提示でき、即時的なフィードバックだけでなくバックグラウンドで刺激を提示し続ける持続的なフィードバックもできる。圧力フィードバックを行うリストバンド型や指輪型のデバイスが提案され、手首や指の刺激の知覚能力を調査されている[1]。人々が日々身に着けている衣服は、コンピュータを身に着けて使用するウェアラブルコンピューティングにおいて注目されおり、Smart clothing や E-textile と呼ばれる小型化したセンサやアクチュエータなどの電子機器を統合した衣服の研究領域がウェアラブルコンピューティングの分野で確立されている。Smart clothing のひとつに、変形できる布である Deformable cloth が研究され、布の変形による情報出力機能が示唆されている。着用者は布の変形により圧力や接触面積などの肌への触覚刺激の変化を知覚でき、さらに衣服は人の身体のほとんどを覆っているため、衣服を用いることで身体の様々な位置にフィードバック刺激を提示できる。

そこで本研究では、衣服の変形を利用したフィードバック手法を提案する。形状記憶合金と圧縮バネで構成したアクチュエータを使用し、衣服を変形させる。形状記憶合金は小型、軽量、柔軟なので衣服への統合が容易であるためアクチュエータに利用した。HapticClench は手首に沿って巻かれた 1 本の形状記憶合金のアクチュエータを用いて、皮膚にかける圧力の強さに応じた触覚刺激を提示する[1]。圧力の強さ以外にユーザが区別できる複数の刺激を生成する方法を考えられる。例えば、複数のアクチュエータによる収縮パターンによってもユーザが区別できる刺激を生成できる。提案手法では、複数のアクチュエータの収縮パターンによって刺激を変化させるために 4 つのアクチュエータを長袖の T シャツの前腕の部分に沿って装着し、プロトタイプシステムを実装した。本稿では、4 つのアクチュエータの収縮パターンによる袖布の変形の認識評価を行った。

2 評価

ユーザが知覚できる刺激数を明らかにするために、プロトタイプシステムによる収縮パターンの認識評価を行う

実験内容

被験者は T シャツの上から長袖の T シャツを着用した。被験者の腕の長さとアクチュエータバンドの装着位置の周径、肩幅を測定し、アクチュエータバンドの位置を調整した。バンドは関節を避けて装着し、前腕の装着位置は肘関節から約 5 離した。被験者は着席と歩行の 2 状態で実験を行い、最初に着席実験を行った。着席実験では、被験者は PC の置かれた机の前の椅子に座り、左手を伸ばして手のひらを机の上に置いて PC を用いて実験を行った。歩行実験では、

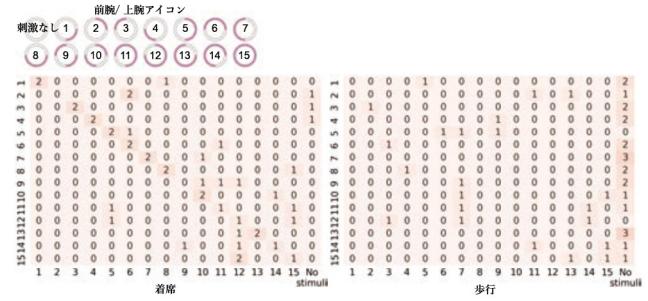


図 1: 着席実験と歩行実験の混合行列

被験者は 4 km/h の速度でトレッドミル上を歩行して iPad を用いて実験を行った。各実験では、まずアクチュエータが収縮し、収縮パターンを生成し、収縮開始と同時に画面上に各収縮パターンを表すアイコンを表示した。収縮開始から 4 秒後に画面にアイコンを選択する指示を表示し、被験者は指示を確認すると知覚した収縮パターンに対応するアイコンを選択した。アイコン選択後、アクチュエータは 10 秒間伸長し、次の収縮パターンを生成するために収縮を開始した。229 の PWM 値 (255 の 90%) でアクチュエータを収縮させた。収縮パターンは 15 パターンあり、各パターンは 3 回ずつランダムに生成した。アイコンは全アクチュエータが収縮していない刺激を提示しないパターンを含めて 16 個のアイコンで構成された。各実験前に、収縮パターンと評価手順に慣れるために練習を行った。練習では、各収縮パターンがランダムに 1 回ずつ提示され、アイコン選択指示は収縮開始から 5 秒後に画面に表示され、生成された収縮パターンに対応するアイコンを視覚的に明示した。被験者はの男性 1 名、前腕のバンド装着位置の周径はそれぞれ 23.3 cm であった。

結果

図 1 に各実験の混合行列を示す。被験者のパターンを正しく認識できた回数は着席時に 22 回、歩行時に 1 回であった。着席時では、被験者は収縮しているアクチュエータが 1 個のパターンでも認識できているが、歩行時では 4 個のアクチュエータがすべて収縮しているパターンのみしか認識できなかった。また歩行時では、ほとんどの収縮パターンが刺激なしと認識された。歩行時の身体の動き、歩行による振動などによって、プロトタイプシステムによる刺激を知覚しにくいと考えられる。

3 まとめ

本稿では、衣服の変形を用いた触覚フィードバック手法を提案し、着席時と歩行時のアクチュエータの収縮パターンの認識を評価した。評価の結果、着席時では 45 回中 22 回正しく認識できたが、歩行時では 1 回しか認識できなかった。

参考文献

- [1] A. Gupta, A. A. R. Irudayaraj, and R. Balakrishnan: HapticClench: Investigating Squeeze Sensations using Memory Alloys, *Proc. of the 30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST 2017)*, pp. 109–117 (Oct. 2017).

インフラサウンドを活用した行動検知の提案

綾本公平（京都産業大学）、瀬川典久（京都産業大学）

1. 研究の背景と目的

インフラサウンドとは、人の可聴域下限(20Hz)以下の低周波であり、津波や火山噴火、雷、地震などの自然現象によって発生する。インフラサウンドは伝播時の粘性や熱伝導による減衰が可聴音と比べて非常に小さいので、減衰の影響を非常に受け難く長距離伝播を可能とする特性を持っている。

本研究では、このインフラサウンドセンサを活用し、行動検知の提案を行う。これは、人間が扉の開閉を行ったり、ソファに座ったりなどの動作によってインフラサウンドが発生することがわかっている。例えば、扉の開閉の仕方に個人差があると仮定すれば、そのインフラサウンドの検出波に個人差があると考えられる。よって、そのインフラサウンドの検出波を解析することで、誰がどの動作を行ったかを検出できると考えた。本研究の手法、およびシステムの提案を行う。

2. これまでの研究内容

一般的に、開き戸タイプの扉の開閉時にインフラサウンドが発生することが知られている。開き戸タイプの扉の開閉を行うことで部屋の気圧が大きく変化し、インフラサウンドが発生する。そのため、インフラサウンドセンサで扉の開閉が検出できる。図1にマイクタイプセンサを用いて扉の開閉を検出したデータを示す。本データは内開きの扉を開けた後、1秒後に扉を閉めた際のデータである。図1の通り、扉が内開きなので扉を開けると同時に研究室外からの空気が流れ込み、インフラサウンドの正圧が検出される。その後1秒後に扉を閉めているので、負圧が検出されている。これが扉を開閉した時に出力されるインフラサウンドのセンサデータの特徴となっている[1]。

本研究では、インフラサウンドセンサの検出波の時間に対する応答をしらべることで、個人特定をすることをターゲットにする。現在のところ、以下の手法で個人同定を行うことを検討している

3. システム提案

本研究では、個人同定を従来の音声認識の技術を利用し行う。インフラサウンドは、低周波の音であるため、音声認識と同様の技術で、検出波を分離できるのではないかと考えた。

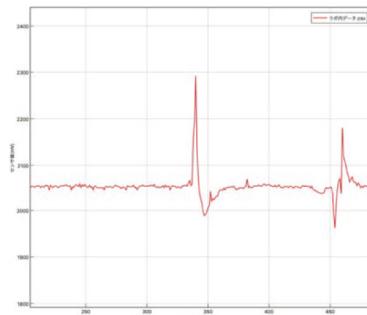


図1 研究室内で観測した扉開閉時のインフラサウンドデータ

具体的には、以下の手法を採用する。

- (1) まず、研究室内にインフラサウンドセンサを設置し、個人ごとの行動パターンの波形データを集める。
- (2) その集めた波形データを Python のライブラリ(scikit-learn)に読み込ませ、機械学習を行う[2]。
- (3) 学習後、学習データとは別の波形データを読み取り、個人の検出を行う。

4. まとめと今後の課題

今後の課題は、まず個人ごとの行動パターンをインフラサウンドセンサで検知し、時間軸に対する機械学習によりデータを集め、実際に計測を行い、評価を行う。

音声認識では、MFCC（メル周波数ケプストラム係数）を用い、音声分析を行うのが一般的とされているが、深層学習では、MFCCをそのまま使わない検出手法も検討されているので、新しい手法について調査も行い評価する。

参考文献

- [1] 木嶋百音、宮川祐太、大下隼人、瀬川典久、矢澤正人、山本真行：インフラサウンドセンサを用いた複数の扉の開閉検知システムの構築、WISS2017 (3-A17), <https://www.wiss.org/WISS2017Proceedings/de/mo/3-A17.pdf>
- [2] Web データレポート：生活音を機械学習してみた <http://webdatareport.hatenablog.com/entry/2016/11/06/161304> (2019.12 現在)
- [3] Purwins, Hendrik et al. "Deep Learning for Audio Signal Processing." IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing 13.2 (2019): 206–219. Crossref. Web. (<https://arxiv.org/abs/1905.00078>)

日常生活動作において学習契機を触発させる手話学習支援システムに関する一考察

渡辺 雄大, 佐野 渉二 (金沢工業大学)

1 はじめに

難聴者、ろう者など（以下、ろう者）で、手話を直接会話したい欲求を抱く人は多いが、健聴者の多くは手話を使えないため、健聴者とろう者に一種の隔たりがある。手話学習支援システム [1] はあるが、健聴者が手話を学習するモチベーションを抱くことが少なく、健聴者が手話を学習するための敷居は高い。そこで本研究では、健聴者に手話の興味を抱かせることが重要と考え、日常生活を送る中で手話学習のきっかけをもたらすための手話学習支援システムを提案する。

2 学習契機を触発させる手話学習支援システム

健聴者のほとんどは、手話を日常生活で用いておらず、手話を学ぶ意欲を抱きにくい。このため、手話でコミュニケーションをとれる人を増やすためには、手話の興味を増やす、あるいは手話が特別でないことを理解させることから始める必要があると考えられる。プライミング効果を用いた情報支援 [2] のように、無意識下での影響を考慮した手法が手話を学習させる契機になると考え、本研究では、日常生活動作において手話を学習するきっかけをもたらす手話学習支援システムを提案する。

提案システムでは、日常生活の手の動きを認識し、手話の手の形と一致した場合、手話の意味がささやかれる。提案システムを使用しても、はじめは、ささやかれる理由やその意味がわからないかもしれない。しかし、提案システムの使用を繰り返すことで手の位置とささやかれる言葉が関連付けられ、知らぬ間に手話を覚えたり、ネタばらしをされたときに手話が特別でないことを理解できることで、手話を身近に感じさせられると期待できる。提案システムでは、手話と同じ手の形をした時に単にその意味を音声で発するのではなく、状況に応じて音声を発しなかったり、手話の意味と同じ文脈にあるときと違う文脈にあるときとで音声の抑揚を変えるなどを行うことで、それらと手話学習をするときの学習効果について考察する。

3 予備実験

手話認識の精度を確認するため、Leap Motion と JavaScript を用いた手話認識システムの構築を行った。このシステムでは、図 1 (左) のように、手話の手の形を連想させる言葉を付与して直感的に記憶しやすくする機能を実装した。練習モードとテストモードを用意し、練習モードでは 10 字の指文字、テストモードでは練習モードで学習できる 10 字から 5 字を選択し、出題する。出題された文字を指文字で表現されることで、正否を判定する。

予備実験では、直感的に記憶できる言葉があるシステム（以下、システム（言葉あり））、言葉がないシステム（以下、システム（言葉なし））に対し、それぞれ 21 歳から 22 歳の学生 2 人（計 4 人）の被験者に対し、テストモードでの正否と解答までにかかった時間を測定した。

予備実験の結果を表 1 に示す。T_動 は被験者が問題を見つから指文字を作るまでの時間、T_認 は被験者が指文字を作つてからシステムが認識するまでの時間で、いずれも単位は秒である。判定において、不正解のものは、被験者が作る指文字自体が間違っていた。つまり、予備実験では、被験者が作った指文字はすべて正しく認識されていた。システム（言

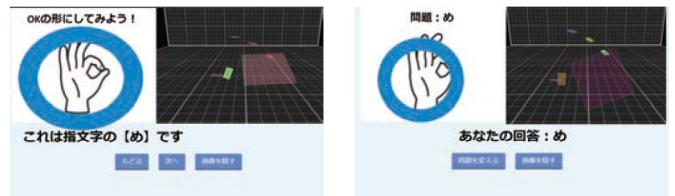


図 1: 予備実験のために実装した手話認識システム

表 1: 予備実験の結果

	あ			ぬ			は		
被験者	判定	T _動	T _認	判定	T _動	T _認	判定	T _動	T _認
A (言葉あり)	○	1	2	○	10	13	○	4	8
B (言葉あり)	×	10	3	○	1	8	×	3	2
C (言葉なし)	○	1	11	○	2	6	×	4	8
D (言葉なし)	○	5	4	×	10	7	×	15	2

	え			め		
被験者	判定	T _動	T _認	判定	T _動	T _認
A (言葉あり)	×	7	4	○	4	30
B (言葉あり)	○	2	2	○	7	5
C (言葉なし)	×	7	4	○	1	2
D (言葉なし)	×	17	3	○	2	4

葉あり) の正解率が 70 %に対し、システム (言葉なし) の正解率が 50 %であった。また、指文字を作るまでの時間もシステム (言葉あり) のほうが短く、効率よく学習できていたことが窺える。システムの認識時間に関しては、Leap Motion の慣れ、手の大きさ、認識しやすい形の影響があったと考えられる。システム (言葉あり) で練習させた被験者から、手の形をつくり、システムに判断させることに集中しすぎたことで、指文字の意味を把握できていなかったという意見があった。システム (言葉なし) の練習モードでは、指文字と指の形を被験者自身の記憶方法で学習している姿が見られた。

4 おわりに

本稿では、日常生活において、学習契機を触発させる手話学習支援システム、および、手話の認識精度を確認するための予備実験について述べた。

今後の課題として、提案システムを実装して評価実験を行うことが挙げられる。

参考文献

- [1] 永井敦, 竹内健人, 森本正志: モーションセンサを用いた指文字学習支援アプリケーションに関する検討, 情報処理学会研究報告, Vol. 2016-CG-165, No.5, pp.1-8 (2016)
- [2] 磯山直也, 寺田努, 塚本昌彦: ユーザの関心事へと引き込みを行なう常時映像閲覧システム, ヒューマンインターフェース学会論文誌, Vol. 17, No. 1, pp. 39-52 (2015)

スマートウォッチを活用した FPS ゲームコントロール最適化の提案

周鑑（京都産業大学）、瀬川典久（京都産業大学）

1. 研究の背景と目的

First-person shooting game、すなわち FPS ゲームは 1980 年代以来様々な開発者や、新たな技術によって革新され、今は世界中でも最も人気があるゲームジャンルの一つとして人々に知らされている。近年、世界級の e スポーツ（電子競技）が話題になるとき、FPS ゲームも当然その重要な一部として注目されている。また、FPS ゲームは新たなスポーツの一種として、勝率を高めるためにユーザに最適なゲーム環境を提供する必要がある。ゲーム環境の一つのパラメータとして、本研究ではマウスの DPI 値に着目した。

本研究は、スマートウォッチを活用して、より効率的な方法で FPS のゲーム環境の向上を目指すシステムの提案を行う。本研究は、スマートウォッチに装備されているさまざまなセンサを活用し、その値を利用し、ユーザの FPS ゲームコントロールの最適化を狙っている。

2. これまでの研究内容

[1]の研究で、光電式センサーが心拍測定の原理を示した。血液中のヘモグロビンは酸素の搬送量によって、光の吸収率と反射率が異なる。光電式センサーはこの特性を利用し、動脈の血流量が心臓の収縮と拡張する時のヘモグロビン密度変化で、光の吸収率と反射率を測ることで心拍数を計測する。光電式センサーは非侵襲的なので、より簡単に心拍数を測定できる。データの収集と分析も非常に容易的でコストも低い。

3. システム提案

本システムは、FPS ゲーム中の心拍数を計測し、その値から FPS ゲームをコントロールするのに重要なパラメータとなるマウスの DPI をコントロールすることを目指す。

本システムでは、ゲーム中の心拍数をスマートウォッチの心拍計測機能で取得する。FPS ゲームが始まる前に、光電式センサー付きのスマートウォッチを手首に装着する。ゲーム中に、プレイヤーの心拍をスマートウォッチでリアルタイムに測定し、心拍データを PC に送る。受け入れたデータは PC 側で分析し、心拍数を決定する。

また本システムは、心拍数からプレイヤーの精神状態を想定

する。例えば、心拍数の急上昇などで、プレイヤーの緊張度が変化したとみなす。

本システムでは、心拍数の変化とマウスの DPI(Dot Per Inch) を連携させる。マウスで言う DPI とは、マウスを 1 インチ移動したときにマウスポインターがどれだけ動くかという指標である。

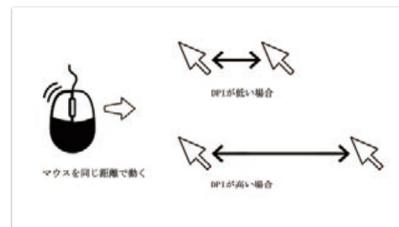


図 1 dpi 変化によってのイメージ

具体的には、次のようなゲームのシナリオに適応できると考えている。FPS ゲームで、敵からの攻撃があり得るとユーザが探知し、緊張度が上がった場合、心拍数に反映し、システムが緊張度の高まりを捉える。そのことで、マウスの DPI を上げ、敵からの攻撃に対して、反応をよくすることが可能になる。

4. プロトタイプシステムの実装

Samsung のスマートウォッチ Galaxy Watch Active (SM-R500) が付いている光電式センサーを利用することによって、継続的に心拍数を取得することが可能になる。心拍数データは、サムソンが提供している Tizen SDK を利用することで、スマートウォッチからのデータが PC 側で取得できる。

そして、このデータを活用し、Logitech Gaming Software を利用して、マウスの DPI を調整することによっての FPS ゲームのコントロールの最適化が行える。

5. まとめと今後の課題

本研究では、光電式センサーとマウスの dpi について説明を行い、スマートウォッチを活用して FPS ゲームスキル提案を行った。

今後の予定は、システムを実装し、FPS ゲームを行い、ゲームの勝率でコントロールの最適化に対して評価を行う。

参考文献

- [1] 「A New Design of PPG Sensor and Noise Analysis」
Dai Junwei, Wang Boliang

習熟度に応じて助言内容が変わる AR を用いたプログラミング学習支援システム

竹中 優太, 佐野 渉二 (金沢工業大学)

1 はじめに

小学校でのプログラミング教育必修化に伴い、プログラミング教育への重要性が高まっている。小学校教育におけるタブレット端末を含む情報機器の使用 [1] が一般的になりつつあり、プログラミング能力の向上の分析 [2] も行われている。プログラミング学習支援システムを用いることにより効率よく授業を行えるが、通常、どの生徒に対しても同じ内容である。

そこで本研究では、同じ内容の教材をプログラミング能力が異なる生徒に利用する場合、同じ内容のヒントを出すのではなく、それぞれの生徒の能力に合わせた支援を行うことが必要であると考え、生徒に応じて助言内容が変わるプログラミング学習支援システムを提案する。なお、本稿では、大学生を被験者とする評価実験の都合上、大学生に対するプログラミング学習支援システムを構築したため、これ以降、対象を学生と表記する。

2 習熟度に応じて助言内容が変わるプログラミング学習支援システム

本研究では、対象学生に対し同じ内容の授業を行い、対象学生全員が同じプログラミング学習用教材を使用することを想定する。提案システムでは、そのプログラミング学習用教材において、学生が分からぬ箇所をカメラでかざすと、Augmented Reality (以下、AR) によるヒントが表示される。本稿では、学生のプログラミング習熟度を

- ・初級者： プログラミング経験がない、あるいは苦手意識がある学生
- ・中級者： プログラミング経験はあるが、対象のプログラミング言語を使用したことがない学生
- ・上級者： 対象のプログラミング言語を使用したことがあり、ある程度使いこなせる学生

とし、表示されるヒントはこの習熟度に合わせる。

Scratch をプログラミング言語として用い、ARKit を用いて AR 表示を行うことで、提案システムを実装した。図 1 に、習熟度とその助言内容を示す。ある同じ場面(図 1 の 1 番左)に対し、カメラをかざすことで初級者に対しては使用するブロックとその積み立て方を表示しつつ、文字の部分のみぼかしたもの、中級者に対しては使用するブロックとその使い方の説明、上級者に対しては行うべき処理の文字による説明を表示し、それぞれの習熟度に合わせて助言内容が変わる。

2.1 評価実験

提案システムの有用性を評価するため、評価実験を行った。被験者として、習熟度が初級、中級、上級である 22 歳の大学生 2 名ずつ計 6 名を選出した。被験者 A, B を初級者、被験者 C, D を中級者、被験者 E, F を上級者とする。被験者には、事前に Scratch の使用方法の説明を簡単に行い、練習課題を用いて提案システムを使用させた。評価実験での課題は、落下するリンゴを猫がキャッチするゲームの作成とし、そのゲーム作成の過程で 6 つの設問を設けた。ゲーム全体を作成させる制限時間を 40 分とした。

評価実験の結果を表 1 に示す。評価実験では、6 人中 4 人がすべての課題を正しく行えていた。また、プログラムの



図 1: 提案システムによる習熟度別での助言内容提示

表 1: 評価実験の結果

	被験者 A	被験者 B	被験者 C	被験者 D	被験者 E	被験者 F
習熟度	初級	初級	中級	中級	上級	上級
正答数	6 / 6	5 / 6	5 / 6	6 / 6	6 / 6	6 / 6
ヒント利用回数	17	9	21	2	1	9
時間	36min29s	26min56s	31min53s	18min00s	20min27s	20min55s
内訳	ヒント Scratch 6min18s 30min11s	ヒント Scratch 16min01s 10min55s	ヒント Scratch 11min40s 20min13s	ヒント Scratch 0min48s 17min12s	ヒント Scratch 0min30s 19min57s	ヒント Scratch 3min47s 17min08s

動作は同じだがブロックつなげ方や処理の仕方について違いが見られた解答も見られた。被験者 B はリンゴが落下する時の処理、被験者 C は座標の値について、1 問ずつ間違えていた。ヒントの利用回数は、被験者により偏りが見られたが、ヒントを見る時間は習熟度が上がるにつれ、少なくなる傾向にある。ビジュアルプログラミング言語を使用したことのない学生には、短い時間でゲーム作成ができた点、使用したことのある学生に関しては AR でヒントが提示される点に好感が持たれた。

これらの評価実験結果から、提案システムにより習熟度に合わせたプログラミング学習支援を有効に行えることが示された。ただし、本評価実験では、著者が見積もった被験者の習熟度と同じレベルのヒントを与えるものにとどまっている。例えば、初級者に対し、中級レベルや上級レベルの情報提示を行う評価実験を行うことにより、提案システムの情報提示の内容が妥当かを評価する必要があると考えられる。

3 おわりに

本稿では、生徒（学生）の習熟度に応じて助言内容が変わるプログラミング学習支援システムを提案した。初級、中級、上級の 3 つの習熟度を想定し、それらの習熟度に応じた情報を AR で表示する。

今後の課題は、情報提示が妥当性に関する評価実験に加え、習熟度を判断できるシステム構築を行うことが挙げられる。

参考文献

- [1] 鈴木二正, 西山由真, 芳賀高洋, 大川恵子, 村井純: 小学校 1 年生におけるタブレット端末を活用した授業実践と評価, 情報処理学会論文誌 (教育とコンピュータ (TCE)), vol. 1, No.4, pp.21-37 (2015)
- [2] 太田剛, 加藤浩, 森木容介: 子供のプログラミング能力の獲得段階に関する定量的分析: 小学校 4~6 年生の Scratch プログラミングを対象として情報処理学会論文誌 (教育とコンピュータ (TCE)), Vol.5, No. 3, pp. 35-43 (2019)

リアルイベント認識を活用したゲームの拡張の提案

浅田凌志（京都産業大学），瀬川典久（京都産業大学）

1. 研究の背景と目的

ゲームの世界とリアルな生活をつなげる研究開発にチャレンジしている例がある。例えば、Game Controllerizer[1]では、多様な機器および情報源を既存ゲームへの入力として扱えるようにすることで、新たなエンタテインメントの創出やゲーミフィケーションの構成のための試行錯誤を容易に行うことを可能にしている。

本研究では、この概念を拡張し、ゲームの中に、実生活のタスクをゲームのイベントとして組み込み、ゲームのルールを拡張する仕組みを提案する。現実のタスクというのは、例えば風呂洗いや郵便物を取ってきてもらったりお買い物を頼んだりなど母親のお手伝いのことを言う。本研究に至った背景としては、ゲームばかりして引き籠ものではなく、現実にお手伝いなどをする事で、実社会との接点を広げる仕組みを提案したいと考えた。

2. システム提案

本システムは、Unity で制作したゲームと外部機器を組み合わせて実装を行う（図1）。Unity とは、ユニティ・テクノロジーズ社が提供する、ゲーム開発プラットフォームである。Unity は、3D ゲーム開発の手軽さとその物理エンジンが有名であるが、2D ゲーム開発にも対応しています。Unity を利用する理由は、外部機器と連携することが容易であるからである[2]。

外部機器は、現実のタスクの処理を認識するのに利用する。本研究では、M5StickV+（発売予定）を活用する。M5StickV+は、Kendryte 社製の K210(RISC-V アーキテクチャ)を搭載した AI カメラモジュールである。M5StickV+は、K210 に搭載されている KPU とよばれるたたみ込み処理（CNN: Convolutional Neural Network）を高速処理する機能を利用した深層学習得意とする。また、マイクも内蔵しており、外部に対して、無線 LAN でデータを出力することが可能になっている。

M5StickV+で、現実世界のタスクを認識する。例えば、お風呂掃除を認識する場合、お風呂場の画像認識、および風呂掃除の画像認識を行うことで、お風呂掃除のタスクを認識する。M5StickV+から Unity に、タスク完了情報を Unity のゲームに組み込むことで、お風呂掃除とゲームをつなげることが可能に

なる。

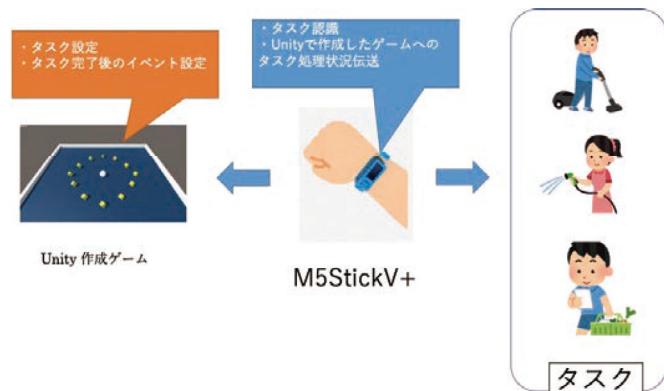


図1 システム図

M5StickV+は、さまざまな開発手法が存在するが、本研究では、Maxipy を用いて開発する。Maxipy は、Kendryte K210 で動作する組み込み MicroPython [3]である。Maxipy は MicroPython に、画像認識ライブラリが組み込まれている。Maxipy を用いると、画像認識を非常に短いコードおよび学習で行えるのが特徴である。本研究では、この Maxipy を用いて実装予定である。

3. まとめと今後の課題

本稿では、現実社会でのタスクを、M5StickV などの小型 AI カメラを用い、タスクを認識し、その結果をゲームに連携させて、実社会とゲームをつなげることを提案した。

今後の課題として、まず個人のごとの行動パターンをインフラサウンドセンサで検知し、時間軸に対する機械学習によりデータを集め、実際に計測し、評価を行う。

参考文献

- [1] Kazutaka Kurihara, Nobuhiro Doi : GameControllerizer: Middleware to Program Inputs for Augmenting Digital Games, <https://arxiv.org/abs/1810.01070>
- [2] Unity 用ハードウェア自作への道. Unity と Arduino を連携 by UNIDUINO : <https://qiita.com/takahi5/items/ea990bb1e7e9aea2bee9>
- [3] MaixPy: <https://github.com/sipeed/MaixPy>

エンターテイメントを用いたコードリーディング促進手法の提案

岡 大貴（神戸大学），西田健志（神戸大学）

1 研究の背景と目的

プログラミング教育の重要性が叫ばれている昨今において、プログラミング学習教材が普及してきており、プログラミングのハードルはかなり下がってきたと言える。しかし、学習教材で使用するコードは平易なものが多く、実践的なソースコードを読む機会はプログラミング初学者にとって少ない。このように、ソフトウェア開発において重要なスキルであるコードリーディングについては疎かにされがちである。

そこで本研究では、プログラミング学習者が実践的なソースコードに触れる機会を増やし、コードリーディングを促進する手法を提案する。プログラミングの上達支援システムとしては三谷ら [1] のシステムなどがあるが、本研究では GitHub 上に存在するソースコードをエンターテイメント性を持たせて閲覧させることにより、プログラミング初学者でも抵抗感なくコードリーディングスキルを向上させることを目指す。

我々はプロトタイプとして、Slack 上の bot としてこの提案手法を実装した [2]。これは日常的に使用するツールにシステムを組み込んだ方が、利用頻度が高くなると考えたためである。しかし、このシステムには Slack 上の同じワークスペースに参加している者でないと使用できないというデメリットがある。よって今回は誰でもアクセスできる、Web アプリケーションという形でシステムを実装した。

2 提案システム

本研究の目的は、GitHub 上にある実践的なソースコードの読解を促すことで、プログラミング学習者が初学者向け学習コンテンツからのステップアップを促進することである。この目的を達成するために、本システムではただコードを読解させるのではなく、エンターテイメントの要素を持たせて読解させることにより、ユーザが能動的にコードを読むことを促す。本システムの機能には、クイズ機能と占い機能の 2 つがあり、クイズ・占いというエンターテイメントを交えてコードリーディングを促進する。

3 実装機能

以下で実装した 2 つの機能の詳細について説明する。

3.1 クイズ機能

この機能は、ユーザがアクセスした際に GitHub から得られたランダムなコードを表示する。ユーザは表示されたコードを読解し、何の言語で記述されているかを回答する。正解した場合は得点が得られ、取得した累計得点の多さによってユーザのランキングが表示される、というものである。機能を利用している様子を図 1 に示す。

3.2 占い機能

この機能は、GitHub からランダムに表示されたソースコードを読解し自分なりの解釈をすることで、その日の運勢を占うというものである。表示されたソースコードの意味を解釈することが必要であるため、必然的にコードの読解が必要となる。機能を利用している様子を図 2 に示す。

4 おわりに

本研究では、コードリーディングを促進するために、「占い」「クイズ」といったエンターテイメント要素を用いて GitHub



図 1: クイズ機能の様子



図 2: 占い機能の様子

上に存在するソースコードを読むことを促す Web アプリケーションを提案した。

今後はよりエンターテイメントの感覚を増強させるような工夫を施し、楽しんでコードリーディングスキルを向上させることができるようなシステムにしていきたい。占い機能に関しては、パーサを用いてコードを解析し、その結果から総合運、恋愛運、金運など占いの感覚を増強する要素を算出する機能を追加したい。またクイズ機能に関して、現在は記述されている言語のみを問うているので、特徴的な言語の場合は細部まで読み込みますに正解にたどり着けてしまうことがあり、コードリーディングを促進できない場合がある。従ってコード中の特定の部分を空白にし、穴埋め形式のクイズなども出題できるようにしたい。なおどの問題に正解しても同じ得点が得られるため、問題の難易度に応じて得点を変えるようにしたい。

さらにヒアリングを行うことにより、ユーザの意見を取り入れ、頻繁に使用してもらえるようなアプリケーションをデザインしたい。

参考文献

- [1] 三谷将大, 寺田 実: Web アプリケーションによるゲームификаーションを用いたプログラミング上達支援システム, 第 27 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, (Sept.2018).
- [2] 岡 大貴, 西田健志: ゲームификаーションによるコードリーディングの促進, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2019 論文集, pp.346-349 (Sept.2019).

視線と頭部動作を用いたウェアラブルロボットアームの制御手法

木村拓己, 大西鮎美, 寺田 努, 塚本昌彦 (神戸大)

1 研究の背景と目的

近年では、実世界のデータを収集し、それらの分析結果を利用して産業活性化や問題解決を促すサイバーフィジカルシステムの導入が進んでおり、これまでインターネットのみであった人間とコンピュータシステムの共生範囲が日常生活にまで広がりつつある。HMD を用いて計算機への入力を行うウェアラブルユーザインタフェースの開発 [1] や、装着型ロボットアーム [2] をはじめとするロボティクス技術の人間行動分野への応用が進められ、人間とロボットの共生および融合の形についてさまざまな視点から検討されはじめている。

人間が日常生活で利用する道具や環境は、基本的に人間の身体的特徴に基づき設計・構成されているため、現代社会において第3の手としてロボットアームを身体に装着する必要性は一般的に低いと考えられてきた。しかし、それを必要に応じてハンズフリーで操ることができれば、新たな能力を獲得できる可能性がある。そこで、本研究ではこれまで制御が難しかった状況におけるウェアラブルロボットアーム（以下、ロボットアーム）の制御手法を提案する。

従来のロボットアーム制御手法には主に筋電位 [3] や音声等が用いられるが、筋電センサをはじめとする入力インタフェースの特性上、ロボットアームを装着した人の動き（特に手や腕の動き）の制限や音声入力の誤認識およびそれに対する誤動作の発生などが課題として挙げられる。ロボットアームを必要に応じてハンズフリーで操るためには、両手がふさがっている状況や音声認識が適していない状況でも制御できる手法が求められる。

そこで、本研究では人間の動きを制限しないハンズフリーなロボットアームの制御システムの設計・開発を目指す。具体的には、ウェアラブルユーザインタフェースを用いてユーザの視線を動作スイッチとして機能させ、頭部の動きに追従して動作するロボットアームおよびその制御システムの設計・開発を行う。

2 提案システム

本研究における想定環境とは、両腕を作業で使用しているときや音声で制御するのが難しい環境のことである。そのような環境において、ロボットアームを人間の動きを制限せずに操るためには、ロボットアームを両手がふさがった状態で制御できる必要がある。そこで、視線および頭部動作によりロボットアームを制御する手法を提案する。提案システムは、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) とロボットアームで構成される。ユーザは HMD を装着し、これとロボットアームの先端に視線を合わせることにより、ロボットアームがユーザの頭部の動きに追従して動作する。ユーザが再び HMD とロボットアームの先端から視線を外すことによりロボットアームの動作が終了する。これらの動作原理により、ユーザは好みのタイミングを指定し、なおかつハンズフリーでロボットアームを制御できる。

3 提案システムの使用例

提案システムの使用例を図 1 に示す。左図は、組み立て作業時においてユーザがロボットアームの先端から視線を外し、ロボットアームが固定バーをつかんでいる状態を維持する様子を示している。ユーザはロボットアームの先端に視線

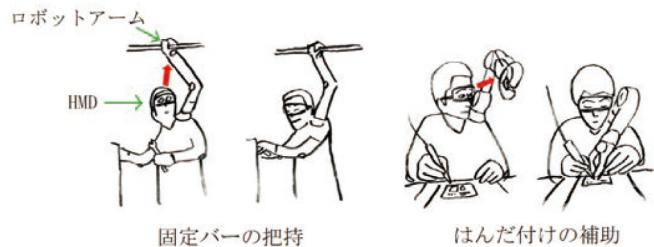


図 1: 提案するウェアラブルロボットアームの使用例

を合わせた後に頭部を動作させることによりロボットアームを動かし、最終的にはロボットアームで固定バーをつかむ。その後、ユーザはロボットアームの先端から視線を外し、ロボットアームが固定バーをつかんだ状態を維持できる。これらの一連の動作により、作業時におけるユーザの安全性を確保できると考えられる。右図は、はんだづけ作業時においてロボットアームが回路素子を固定する様子を示している。この場合においてもユーザはロボットアームの先端に視線を合わせた後に頭部を動作させることによりロボットアームを動かし、最終的には目的の回路素子をつかむ。その後、ユーザはロボットアームの先端から視線を外し、ロボットアームが回路素子を固定した状態を維持できる。これらの一連の動作により、はんだづけ作業の効率を向上できると考えられる。

また、他の用途として、両手がふさがった状態で傘をさす、両手でタイピングしながら電話に出る、両手で読書しながら乗り輪につかまる、両手で料理しながら調理器具を取る、両手で手術しながら患部に光を当てる、腕部が動かしづらい身体障害者をアシストする、などが考えられる。

人間の動きを阻害しないためには、制御精度だけではなく装着感や非使用時の形状等も重要なため、システム実装後にはそれらの検討も必要である。

4 まとめと今後の課題

本稿では視線と頭部の動きに基づいて動作するロボットアームの制御手法を提案した。今後は、まずユーザの視線の動きを認識するウェアラブルユーザインタフェース、頭部の動きを認識するウェアラブルデバイス、ロボットアームおよびその制御システムの設計・開発を行う。また、従来の制御手法と提案手法がそれぞれ適した状況を調査するとともに、提案手法の具体的な用途の検討を進める。

参考文献

- [1] 小川樹幸, 塚本昌彦, 義久智樹, 西尾章治郎: カメラと加速度センサを用いたポインティング方式の設計と実装, ウェアラブルコンピューティング研究会研究報告, Vol. 1, No. 1, pp. 78–85 (2005).
- [2] A. W. Wilson, D. H. Blustein, and J. W. Sensinger: A Third Arm - Design of a Bypass Prosthesis Enabling Incorporation, Conference Paper in IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics, pp. 1381–1386 (2017).
- [3] 内田雅文, 井出英人, 横山修一: 筋電によるロボットアームの制御, 電気学会論文誌 C, Vol. 115, No. 3, pp. 445–451 (1995).

パソコン作業時のキー入力を下肢動作で置き換えることによる運動不足改善システム

清水裕介, 寺田 努, 塚本昌彦(神戸大)

1 研究の背景と目的

日常生活の中で最も長い時間を使うのはパソコン作業をはじめとした座位作業である。座位での活動が長いと体を動かすことが少くなり、糖尿病や肥満を引き起こすなど健康に悪影響を及ぼす。その対策として、座位作業を中断して歩行や立ち上がり動作など日常生活で行う運動をすることが挙げられる[1]。しかし、座位作業中に歩行や立ち上がり動作を行うには、作業の中止をともなう。また、行わせる運動の種類や量については、日常生活で不足している運動を作業中に補えることが望ましい。

そこで本研究では、ユーザにパソコン作業を中断させず、作業時に可能な身体動作を行わせて運動が不足している筋肉に負荷をかけることで、運動不足を改善するシステムの構築を目指す。本稿では、パソコン作業時のキー入力を下肢動作で置き換えることにより身体動作を促すシステムを提案する。

2 提案システム

提案システムでは、パソコンの主たる作業方法であるキー入力を座位作業時に可能な身体動作に置き換えることで、歩行や立ち上がりなどの日常動作で使う筋肉を使用させる。置き換え動作は、歩行や立ち上がり動作で使うヒラメ筋、前脛骨筋、腓腹筋に負荷がかかる、膝を曲げた状態でかかとを上げる、つま先を上げる、膝を伸ばした状態で足首を伸ばすの3つの動作に決定した。

提案システムの構成を図1に示す。ユーザは膝と足首にサポータを装着し、マジックテープでストレッチセンサを取り付ける。ストレッチセンサの値はマイコンを通してパソコンに送信される。パソコンでは、ストレッチセンサ値から下肢動作を認識し、置き換え動作をしたときにアクティブなウィンドウ上でキーが入力される。入力キーは、あらかじめ各置き換え動作に対して割り当てておき、元のキーボードではそのキーを無効化することで、置き換え動作をしたときのみ、そのキーを入力可能とする。

下肢動作の判定手法について、システムでは膝に取り付けたストレッチセンサで膝の曲げ伸ばしを、足首に取り付けたストレッチセンサでかかととつま先の上げ下げを取得し、閾値判定により3つの下肢の置き換え動作を認識する。閾値は、個人の体格差と装着位置のズレを考慮するため、装着時にキャリブレーションとして3つの置き換え動作を行い、そのときのセンサ値を基準に決定する。疲労などで動作が小さくなることを考慮し、閾値はキャリブレーション時より小さい動作で認識できるよう設定する。

3 評価実験

提案システムの動作認識精度を確認するため、評価実験を行った。被験者は著者を含む20代男性2名である。被験者は左足首と左足の膝に提案デバイスを装着し、キャリブレーションを行った後、キー入力に用いる動作である膝を曲げた状態でかかとを上げる、つま先を上げる、膝を伸ばした状態で足首を伸ばすの3種類を順にそれぞれ50回ずつ行った。なお、連続して動作を行うことによる疲労の影響を減らすため、10回ごとに1分間の休憩を設けた。

結果を表1に示す。被験者Aは再現率、適合率、F値全て



図1: システム構成

表1: 動作認識精度

被験者	身体動作	再現率	適合率	F値
A	かかとを上げる	1.00	1.00	1.00
	つま先を上げる	1.00	1.00	1.00
	足首を伸ばす	1.00	1.00	1.00
B	かかとを上げる	1.00	1.00	1.00
	つま先を上げる	1.00	0.98	0.99
	足首を伸ばす	1.00	0.96	0.98

1.00で精度は高かった。被験者Aは著者であったため、このシステムに慣れていて精度が高かった可能性があるが、本システムの使用経験がない被験者Bにおいても再現率、適合率、F値全て0.95以上となった。どの動作においても再現率は1.00で、被験者が身体動作をしたときには正確に認識していた。しかし、かかとを上げる以外の動作は適合率が1.00未満になっていた。この原因として、入力に使う動作ではない膝の曲げ伸ばしをした際に、つま先を上げる動作と足首を伸ばす動作を誤って認識していた。また、つま先を上げる動作は足首の可動域に個人差があったため、人数を増やして実験を行いキャリブレーション時の閾値の設定方法を調整する必要がある。

今回の実験では、提案システムによる下肢動作の認識精度を評価し、高精度に置き換え動作を識別できることが確かめられたが、これらの動作が歩行や立ち上がり動作の置き換えになっているか、つまり、システム使用時に実際に筋肉にかかる負荷がどの程度であるかは、今後調査する必要がある。

4 まとめと今後の課題

本研究ではパソコン作業時のキー入力を下肢動作で置き換えることにより身体動作を促すシステムを設計、実装した。評価実験より、ストレッチセンサを用いて下肢動作を認識する提案手法で、置き換え動作が高精度に識別できることを確かめた。今後は日常の活動をセンシングして、その日に不足している運動をパソコン作業時に補うシステムを実装する。また、このシステムを使用することで運動不足が改善されているかを検証する。

参考文献

- [1] D. W. Dunstan, B. Howard, G. N. Healy, and N. Owen: Too Much Sitting—A Health Hazard, *Diabetes Research and Clinical Practice*, Vol. 97, No. 9, pp. 368–376 (Sep. 2012).

眼幅制御による直感的な作業指示のための遠近感の操作

川部 淳志, 磯山 直也, 酒田 信親, 清川 清 (奈良先端科学技術大学院大学)

1 はじめに

広い倉庫やビルの建設現場等において、作業の指示者が空間全体を把握し作業者にわかりやすく指示を出すことは容易ではない。このような広大な空間において空間全体を見渡し、容易に指示を行えるシステムが求められる。

空間の把握に関して、人は自己の身体や周囲の物体のサイズ・距離を主に視覚情報によって認識しており、視覚情報が変化すると身体や物体に関する知覚も変化する。人が周囲の物体との距離を把握するための奥行き手がかりの一つに「両眼視差」がある。両眼視差とは左右の目の見え方の相違であり、物体の立体的な奥行きを知覚する手掛かりとなる。遠くの物体を見ているときほど両眼視差は小さくなり、近くの物体ほど両眼視差が大きくなる。したがって眼幅を拡大し、両眼視差を大きくすることで、空間全体が縮小し観察者に接近したような視覚効果が得られる。これまでにも Lee らは、眼幅の変化が身体サイズの知覚に与える影響について調査している [1]。この研究では、上空からの映像を Virtual Reality (VR) 環境で被験者に提示しており、調査結果として身体サイズの知覚は眼幅に依存し、眼幅が十分に広いと巨人になったような感覚が得られることを確認している。

本研究ではこの特性に着目し、Head Mounted Display (HMD) に提示するステレオ映像の眼幅（カメラ間距離）を調整し、両眼視差を制御することで、指示者に周囲の空間が接近する感覚を提示する。このステレオ映像に指示者の手を重畠表示することで、遠い距離の対象物であっても手の届く距離にあるように見せ、実空間において直感的に作業指示を行えるシステムの構築を目指す。

2 提案システム

2.1 システムデザイン

本研究では眼幅を拡大して対象物までの見かけの距離を縮小することで、広い空間でも指差しを用いて直感的に作業指示できるシステムを構築する(図1)。ドローンの移動速度や映像の遅延などを考慮して、全方位カメラを搭載したドローンを4基以上円環状に配置し、いずれか2基のドローンから指示者の視線方向に応じた映像を適宜選択して HMD 上に提示する。それによって、ドローンの高度に相当する視点とドローンの間隔に相当する眼幅での視界が得られる。HMD の映像上には HMD に装着したステレオカメラで撮影した指示者の手を重畠表示することで、直感的な指差しを行えるようになる。被指示者には、巨大化した指示者の手の映像をタブレット端末のカメラ映像に重畠表示したり、実空間にプロジェクタで投影したりすることで、指示を伝達する。

2.2 シミュレーション

提案システムを開発する前にその視覚効果を簡易的に確認するために VR 上でシミュレーションを行った。シミュレータは Unity で実装し、HMD として HTC VIVE Pro を用いた。街のモデルセットを舞台として、建物やオブジェクトに対する見え方を調査した。ドローンを想定して左右の目にそれぞれ1つずつのカメラオブジェクトを用意し、コントローラで眼幅や目線の高さを自由に変更できるようにした。手の表示には左右のコントローラにそれぞれ手のモデルを対応させ、自分の手が視界に重畠表示される感覚を模擬した。手の

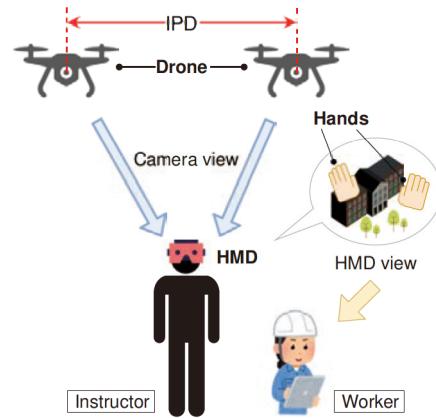


図 1: 提案システムの概要

モデルは提案システムにおける手の重畠表示を再現するため両カメラの映像とは別にレンダリングした。

2.3 所感

およそ 30 m 遠方におよそ高さ 100m のビルを配置し、ビルの上部に相当する目線の高さで眼幅を増減したところ、通常の眼幅サイズ (6.5cm) ではビルが遠く見えるが、大きな眼幅 (300cm 程度) ではビルに手が届くような感覚が得られた。また、自己の身体情報の表示は外界のスケールの認識の手掛かりとなることが知られているが、本実験でも手を表示することで眼幅の拡大による空間縮小の感覚がさらに高まった。自身の手は通常の眼幅で描画しているため、空間に対して相対的に身体が巨大化した感覚（腕、手の拡大）が得られ、ビルのような対象物との距離が近くなった感覚が得られたため容易に指差し指示が可能であると感じた。

2.4 眼幅の自動調整機能

近距離に物体がある場合に眼幅を拡大すると、左右の映像が融像せずに視覚的に邪魔になる問題があった。そこで、見ている物体との距離に応じて眼幅を自動で調節する機能を実装した。この機能によって見ている物体は常に融像し、常に手の届く距離に知覚できる効果が得られた。提案システムの場合はドローンの移動に遅延が発生するため、これをシミュレーションでも再現し、実空間のシステムでも違和感の少ない映像提示を実現するための要件を検討する。

3 まとめ

本稿では眼幅制御による遠近感操作を活用した作業指示のシステムを提案し、VR 上でシミュレーションを行った。シミュレーションから眼幅を拡げることで空間が縮小する感覚や、目線の高さを上げることで空間全体を俯瞰する感覚が得られ、広い空間における作業指示への可能性が確認できた。今後は、VR 上で作業指示のシミュレーションを試行した後、実空間でのシステムの実装に取り組む。

参考文献

- [1] G. A. Lee, et al.: "Superman vs Giant: A Study on Spatial Perception for a Multi-Scale Mixed Reality Flying Telepresence Interface," *IEEE TVCG*, Vol. 24, Issue 11, pp. 2974–2982 (2018).

手術ロボット操作時の疲労度をウェアラブルセンサを用いて推定する手法の提案

東南 鳩, 大西鮎美, 寺田 努(神戸大), 服部 稔, 好中久昌, 寿美裕介, 恵木浩之(広島大), 塚本昌彦(神戸大)

1 研究の背景と目的

ダヴィンチシステムによる手術ロボットを用いた腹腔鏡下手術は、従来の手法であった長時間患者の側で不自然な姿勢での立位保持を強いられるものに対して、座位で施術ができ、かつ清潔厳守の術野から離れた場所で操作ができるなど、術者の肉体的負担や精神的疲労度を大幅に軽減したといわれている[1]。一方で、手術ロボット操作による長時間の腹腔鏡下手術では、術者が自身の疲労や集中力の低下に気付かないまま手術を継続してしまうといったことも少なくない。

そこで筆者らは、ウェアラブルセンシング技術を用いて、術者の疲労度や集中力の低下を推定し、フィードバックをすることができれば、手術の効率や手術ミスのリスクを改善できると考えた。そこで本研究では、数種類のウェアラブルセンサを練習用の手術ロボットシミュレータをプレイする術者に装着し計測を行い、疲労度の推定を行う。なお、本研究では客観的に術者の疲労・集中度合いを表すと考えられる値であるシミュレーションソフトのスコアを疲労度の正解データとして用いる。

2 提案手法

図1に示すように、手術ロボット操作者に瞳孔径・視線センサ、筋電位(僧帽筋、起立筋、指伸筋、指屈筋)センサ、脳波センサ、加速度(前腕)・角速度(前腕)センサ、心電センサ、座面センサを用い、有線でのメモリカードへの記録または無線通信によってPCで取得したデータから特徴量を計算し、手術ロボットシミュレータのスコア推定を行う。

3 評価実験

3.1 実験方法

被験者は医学生の男性1名で、ダヴィンチシミュレータ(Mimic社、dV-TRAINER)を用いて、2種類程度のタスクを繰り返す作業を4セット行い、各セット(15分程度)が終わる度に、NASA-TLX、BorgCR10、自覚症状調べを行った。タスクは図2に示すように、鉗子で掴んだ縫合用の針を柔らかな直方体の指定された一方の点から入れ、もう一方から抜き出す等のものであった。データの特徴量は、各センサ値と、ウィンドウサイズを30sとした時の各センサ値の平均値と分散値とした。分類器にはRandom Forestアルゴリズムを用いて4分割交差検証(回帰)を行い、1~3セット目を学習データとして用いて4セット目のスコアを推定した。また、同様にRandomForestアルゴリズムを用いて、1~4セット目を全て合わせたデータに対して10分割交差検証(回帰)を行い、スコアを推定した。

3.2 結果と考察

1~3セット目を学習データとして用い4セット目のスコアを推定した結果を表1に示す。なお、1~4セット目までのシミュレーターのスコアは、それぞれ20, 44, 39, 31であった(小数点以下切落とし)。左腕の加速度・角速度の誤差が最も小さくなつたが、学習データとして使用したスコアの最大値、最小値はそれぞれ44, 20であるので、あまり良い推定ができたとはいえないかった。今後は、それぞれのセンサデータを各々機械学習にかけるのではなく、複数のセンサデータを掛け合わせたデータセットを機械学習にかけるなど、特徴量の改善も必要であると考えられる。



図1: センサ構成

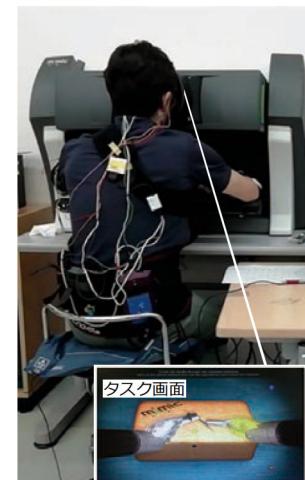


図2: 実験の様子

表1: 4セット目のスコア推定の誤差

センサデータセット	平均絶対誤差	平均二乗誤差
加速度・角速度(左腕)	5.9312	6.6433
加速度・角速度(右腕)	8.1239	8.1277
筋電位(左腕)	8.0050	8.0059
筋電位(右腕)	7.9893	7.9904
心電	7.3819	7.6258

次に、1~4セット目を合わせたデータに対しての10分割交差検証の結果は、心電センサを除く全てのセンサに対して推定率が97%を超えていた。特に筋電位センサに関しては、認識率が99.9%を超えててしまう結果となった。この原因として、データが全て同一人物の一連の試行で得られたものであったことや、特に筋電位センサや視線センサはサンプリング間隔が2msと短かったことが考えられる。そのため、今後は、被験者を増やしたり、同一の被験者であっても複数のシミュレーションセットから推定することが必要であると考えられる。

4 まとめと今後の課題

本研究では、手術ロボット操作時の疲労度を推定する手法として、数種類のセンサで術者の動きをセンシングし、Random Forestアルゴリズムによる交差検証を行う手法を提案した。今回の評価実験の結果では現段階では実用的な推定ができるないことが分かった。今後は、被験者やデータの追加、そしてより推定精度が高くなる新たな特徴量の算出を検討する。また現時点では、被験者に装着するセンサセットの数が多く、配線やリストバンド、腰巻などロボット操作の妨げにはなりにくいものの被験者にストレスを与えてしまっているものが多いため、今後は推定に有効なセンサを選定し、被験者への負担を軽減したデータ計測を実現する必要がある。

参考文献

- [1] 武中 篤: ロボット支援手術の利点と問題点, 日本内分泌・甲状腺外科学会雑誌, Vol. 31, No. 2, pp. 83–86 (2014).

予測軌道の重畠による遠隔ショベルシステムの操作支援

大川夢月¹⁾, 伊藤卓¹⁾, 関塚良太¹⁾, 佐伯誠司²⁾, 山崎洋一郎²⁾, 栗田雄一¹⁾

1)広島大学, 2)コベルコ建機株式会社

1. 研究の背景と目的

災害現場において、安全に復旧作業を行うために遠隔操縦油圧ショベルの導入が進められている[1]。しかしながら、現在の主流である油圧ショベルの遠隔操縦システム[2]では実機搭乗と比較して4~6割程度の作業効率といわれている。この要因の一つとして通信遅延があげられ、位置決め精度の低下や操作に順応する時間の増加につながると考えられる。

遅延を補償するシステムの開発として時間遅れのない予測位置を操作者に提示する研究が行われている。Richter *et al.*は遠隔手術において実現しており、遠隔操作の支援が可能であることを示した[3]。しかし未だに遠隔油圧ショベルには応用されておらず、油圧ショベルに適用する場合については油圧ショベルが持つダイナミクスについても考慮する必要がある。

よって本研究では遠隔ショベルシステムに対してアタッチメント予測位置を重畠させることを目的とする。

2. これまでの研究内容

油圧ショベルの動作について、オペレータによる操作量を入力、動作角速度を出力すると、一次遅れ+むだ時間系で近似することができる。この際、遠隔操縦ショベルにおいては、遅延時間がむだ時間に加算されることとなる。そこで本研究では、遠隔ショベルシステムへのアタッチメント予測位置提示の有効性を確認するため、予測位置生成にむだ時間のみを使用した旋回動作シミュレータをUnityにより作成した。予測位置を重畠した画面は図1である。予測位置は図1のように半透明にして被験者に提示する。被験者4名に対して目標角度にあるターゲットにアタッチメント位置を合わせる実験をむだ時間0.3 [s], 目標角度90 [°], 予測位置の重畠表示あり・なしの2種類、測定回数を10回で計測時間の測定を行なった。結果は次の図2のようになった。Sub. Bのみ有意な差がみられ、ほかの被験者では有意な差はみられなかった。しかし、全被験者において予測位置を提示することで計測時間の短縮につながることを確認した。



図1：アタッチメント予測位置を重畠した提示画面

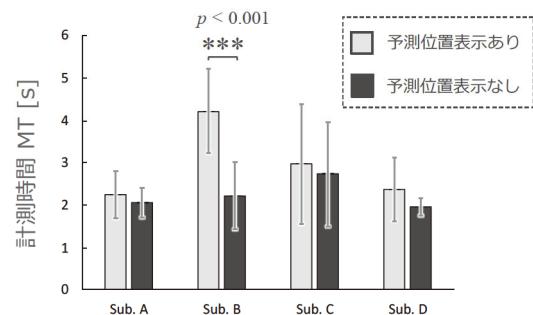


図2：旋回動作における予測位置有無の効果

3. まとめと今後の課題

本研究では、アタッチメント予測位置を重畠することで遅延を含む油圧ショベル旋回操作の効率が良くなることをシミュレーション実験により確認した。

今後の予定は、遠隔油圧ショベルのむだ時間・伝達関数などの各パラメータ測定を行い、それをもとに予測位置を生成し遠隔ショベル実機への応用を行なっていく。

参考文献

- [1] 建設無人化施工協会，“無人化施工実績一覧”. [http://www.kenmukyou.gr.jp/works/works_list/php,\(2019/11/11\)](http://www.kenmukyou.gr.jp/works/works_list/php,(2019/11/11))
- [2] 先端技術センター，“無人化施工技術の概要”，2013.[http://www.netisplus.net/Data/News/20130129_mujin_kosyu.pdf,\(2019/11/11\)](http://www.netisplus.net/Data/News/20130129_mujin_kosyu.pdf,(2019/11/11)).
- [3] F. Richter, Y. Zhang, Y. Zhi, R. K. Orosco, and M. C. Yip, “Augmented reality predictive displays to help mitigate the effects of delayed telesurgery,” arXiv preprint arXiv:1809.08627, (2018).

タッチパネルを遠隔操作可能なデバイスの構築

岡本雅弘（立命館大学），村尾和哉（立命館大学，JST さきがけ）

1 研究背景

スマートフォンやノートパソコンなどの静電容量式タッチパネルを搭載した端末が普及にともない、タッチパネルに関する研究が盛んに行われている。Kato ら [1] はタッチパネルの入力領域を拡張する ExtensionSticker を提案しており、Yu ら [2] が提案する Clip-on Gadgets では、物理的なボタンが取り付けられたクリップをスマートフォンなどのタッチパネルに取り付けてタッチ入力を行っている。

本研究では、タッチパネルにおけるタッチ入力を高速、連続、ハンズフリーで実現するために、マルチタッチ入力を生成するデバイスを構築する。提案デバイスはタッチパネルに新たなソフトウェアを一切インストールすることなく、ひとつのインターフェースでスクロールやピンチ操作などのマルチタッチ入力を生成する。また、提案デバイスは無線通信機能を備えており、無線通信範囲内での遠隔操作が可能である。

2 提案デバイス

2.1 構成

提案デバイスの構成を図 1 に示す。提案デバイスはワンボードマイコン、メカニカルリレーから成る回路、電極シート、受信用 XBee、電源で構成される。電極シートは導電性インクで複数の電極を印刷したものであり、タッチパネルに接触させて使用する。各電極は個別のリレーに接続されており、リレーがオンのとき、対応する電極がマイコンの GND に接続される。このとき、タッチパネル上の静電容量が変化し、指がタッチパネルに触れているのと同じ状態になり、タッチを生成できる。マルチタッチ入力はマイコンで複数のリレーを制御することで生成し、どのようなマルチタッチ入力を生成させるかは操作用端末のキー入力で行う。操作用端末でキー入力をすると、有線接続されている送信用 XBee にシリアル通信でキー情報が送信され、ZigBee 通信により受信用 XBee にキー情報が送信される。マイコンは受信用 XBee と有線接続でシリアル通信を行っており、受信したキーに応じたマルチタッチ入力を生成する。

マルチタッチ入力を生成するための電極の制御について述べる。電極は対辺距離が 7mm の正六角形のものをハニカム構造で 9 個配置するデザインで設計した。電極シートは導電性インク（エレファンテック社製 AgIC インク #1000）を用いて専用シート（三菱製紙社製 NB-TP-3GU100）にプリンタ（EPSON 社製 PX-S160T）で印刷した。各タッチの生成方法は以下の通りである。シングルタッチは 1 個の電極を 1 度だけ接地させる。ダブルタッチはシングルタッチを 2 回素早く生成する。ホールドは 1 個の電極を一定時間接地させる。マルチタッチは図 2 に示す電極操作を行い、生成する。図中の黒い正六角形は接地された電極、白い正六角形は接地されていない電極、青丸はタッチパネルが認識する静電容量変化の重心点を表す。プレスアンドタッチは 1 個の電極を接地させたまま、隣接しない別の電極を接地することで生成可能である。スクロールは隣接する 2 個の電極を使用して 6 方向に生成可能で、3 個の電極を使用すれば $\pi/6[\text{rad}]$ ずれてさらに 6 方向に生成可能で、合計 12 方向に生成可能である。ピンチインとピンチアウトは 4 個の電極でスクロールを 2 組生成することで実現し、回転は 6 個の電極で 2 つの弧を同時に描くように電極を操作することで実現した。

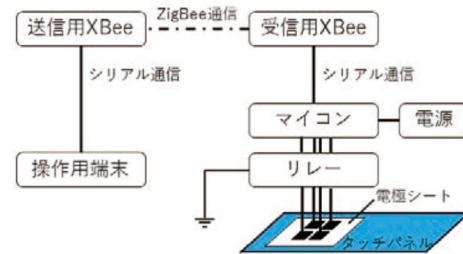


図 1: デバイス構成

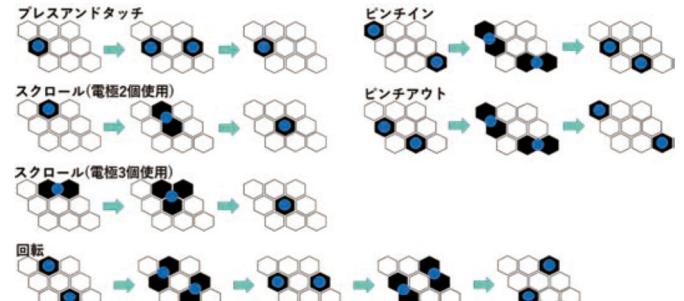


図 2: マルチタッチ入力生成手順

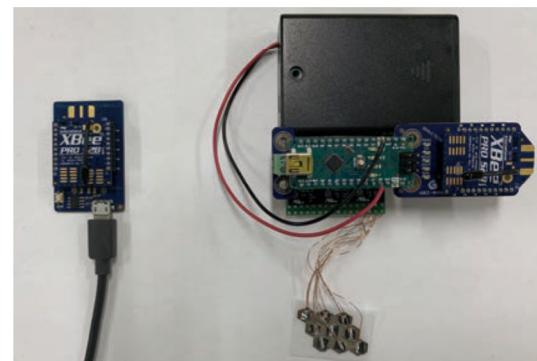


図 3: 実装したデバイス（左：送信側、右：受信側）

2.2 実装

実装したデバイスを図 3 に示す。マイコンには Arduino Nano を使用し、ZigBee 通信用モジュールは XBee Pro S2B を使用した。また、電極とマイコンはリレー（946H-1C-5D）を経由して接続した。リレーと電極は導線で結んでおり、電極と導線は導電性テープで接着している。マイコンの電力は単 3 電池 3 本で給電する。

3 おわりに

本研究ではタッチパネルを遠隔で操作できるデバイスを実装した。今後はデバイスの利用例や応用例を提案する予定である。

参考文献

- [1] K. Kato, et al., ExtensionSticker: A Proposal for A Striped Pattern Sticker to Extend Touch Interfaces and its Assessment. CHI 2015, pp. 1851–1854 (2015).
- [2] N. Yu, et al., Clip-on Gadgets: Expanding Multi-touch Interaction Area with Unpowered Tactile Controls. UIST 2011, pp. 367–372 (2011).

発電機能をもつシューズを用いた発電量に基づく状況認識手法

大西鮎美, 寺田 努, 塚本昌彦(神戸大)

1 研究背景と目的

ウェアラブルコンピューティング環境において、装着デバイスの充電はユーザの負荷であり、日々の充電を忘れてシステムが駆動できない、といった問題が起こりうる。しかし、システム自体で発電し、消費電力をまかなうことができれば、充電無しでシステムを駆動できる。

筆者らはこれまで、発電可能かつ身体の情報が多く集まる部位として足裏に着目し、衝撃により発電するモジュールが足底に埋め込まれた着地衝撃で発電する無電源センシングシューズを開発してきた[1]。これにより、バッテリ無しで発電量値を取得し続けられるセンシング環境は実現したが、シューズで得られる発電量値からユーザの状況を認識するにはいたっていない。そこで本稿では、着地衝撃が起こり発電が見込まれる状況をシューズで計測した発電量値から推定可能かを調査する。

2 提案システム

図1に提案システムの構成を示す。提案デバイスでは、スポーツシューズの土踏まず部分のアウトソールに回路を内蔵した筐体が埋め込まれている。モジュールは衝撃が筐体に加わった際に発電を行い、衝撃発電により起きた発電パルスとその際の充電電圧を計測し、計測した値をBLE通信でPCもしくは携帯端末に送信する。携帯端末では、受信した発電量値に基づき、ユーザの状況認識を行う。

提案システムで取得できる発電量値は、発電がおこなわれた際にのみ送信される。データの無線送信判定について、モジュール内では約5Vまで充電を行い、5Vを超えると送信用回路が動作し、回路が停止するまでデータを送信し続ける。回路の停止条件は、動作に必要な充電量約4Vを充電電圧が下回ることである。発電量は最初の発電の発生直後から4ms間隔で計測され、送信は初回送信を除いて発電量を8回の計測ごとに32ms間隔で行われる。また、今回のシステムは評価用としてボタン電池を取り付けることが可能で、電池を用いることで送信回路が停止せず4msの周期で計測し続けることができる。筐体を踵と土踏まずの2カ所に配置し、2個のモジュールの発電量を取得する試作機も用意した。

3 評価実験

本研究では、提案システムを用いて発電量値や受信頻度から推定可能な状況を調査する。評価項目としては、(1)走行のなかでもつま先から着地(Forefoot)と踵からの着地(Heel strike)を着地方法を推定できるか、(2)歩行、走行、などの日常動作を分類できるか、および(3)足圧を推定できるか、(4)歩数を推定できるか、などが考えられるが、今回は(1)の着地方法の判別が可能かを検討した。被験者は、提案デバイスとともに正解データ取得のため片足約100点の計測が可能な足圧分布計測センサpedarを着用し、対象動作を行う。今回被験者が行った動作は、図2に示す異なる着地方法の走行Forefoot、Heel strikeおよび歩行である。評価では各動作と発電量値の関係を調べた。



図1: 提案システムの構成



図2: 3種類の走行および歩行方法

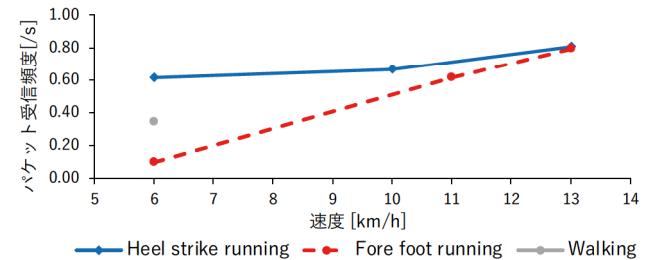


図3: 3種類の走行および歩行方法

4 結果と考察

着地方法ごとの受信パケットと速度の関係を図3に示す。ForefootとHeel strikeの着地ができていたことは、評価用に用いた圧力計測インソールの値から確認した。速度と受信頻度の関係について、図3より、低速での走行・歩行では歩行および2種類の走行方法によって受信頻度が異なっているのに対し、高速で走行するほど、受信頻度の差は小さくなっていることが確認された。これは高速であると着地衝撃が大きいため、走り方にかかわらずモジュールに衝撃が大きくかかることが原因と考えられる。

5 まとめと今後の課題

本稿では、着地衝撃で発電する機能をもつシューズを用いて、着地方法と発電量の関係を調査した。今後は様々な状況でのデータを採取し、それらが推定可能かを評価予定である。

参考文献

- [1] 大西鮎美, 寺田 努, 塚本昌彦: 無電源センシングシューズを用いた歩行推定のための発電量と歩行状態の関係調査, UWW 2018 論文集, p. 24, (Dec. 2018).

生理学的情報に基づく身体感覚翻訳機の構築に向けて

土田修平（神戸大）

1 研究の背景と目的

人が違えば、身体感覚は変わる。腕を真上にあげるといった単純な動作においても、人が感じる身体の位置や重みは人によって異なる。これは、体格や筋肉量といった身体的特徴の違いのみならず、身体をどのように意識して動作させているかといった身体感覚の違いからも生じる。そのため、ある動作を習得したい学習者が指導者からその動作を達成するための指示を受ける際に、同じ指示を受けた学習者間でも異なる動作を行ったり、動作を達成できない学習者が見られる。例えば身体表現であるダンスパフォーマンスにおいて、美しい動作として見せるために「手先・足先を伸ばす」といった指示一つにしても、動作を達成できないダンサーが見られる。指導者は、「手先・足先が糸に引っ張られているイメージで踊る」、「手先・足先のさらに少し先の空間を動かすイメージで踊る」など、学習者に応じてバリエーションの富んだ指示を行う必要がある。しかし、豊富な指示ワードを持っていない指導者は自身の身体感覚に基づいた指示しか行えず、指導者と学習者の身体感覚の違いを考慮した適切な指示ができない。

そこで本稿では、指導者と学習者の身体感覚の違いに着目し、あらかじめ身体感覚の差を明らかにすることで異なる身体感覚をもつ人同士のコミュニケーションを円滑にする「身体感覚翻訳機」の作成に向けた展望を述べる。身体感覚翻訳機の構築に向けて、まず、指示に対する動作の違いについて調査し、参加者の分類を試みる。次に、生理学的情報であるMRIでスキャンした脳の画像情報を活用し、指示に対する動作の違いによる分類結果に基づいて脳の部位に差があるか調査する。作成した分類器を用いることで、指導者と学習者をスクリーニングでき、指導者は、学習者が自身の身体感覚とが似ているかどうかを予め知れる。指示ワードと動作結果のデータセットを分類した群ごとに蓄積しておくことで、もし指導者と学習者が異なる群に所属していた場合には、指導者の身体感覚に基づく指示ワードではなく、蓄積したデータセットから学習者の身体感覚に合わせた適切な指示ワードを用いることができる。身体感覚翻訳機の概念図を図1に示す。

2 調査計画

指導者と学習者の身体感覚の違いを明らかにするために、まず、ある指示に対してある身体動作反応を示す複数の群に参加者を分類できるかどうか調査する必要がある。参加者には、指示に対して学習者が異なる動作を示しやすいタスク、例えばダンスの基本動作を指示する。あらかじめプロフェッショナルなダンサーにその動作を行っていただき、加速度センサやKinect等のセンサを用いてその動作を計測しておく。参加者の動作も同様に計測する。参加者は見本となるダンサーの動作の動画等を通して見ながら実施する。その際に、より見本の動作に近づくために、指導者がいくつの指示を行う。指示ワードの選定は、ダンスに詳しい専門家と相談した上で決定する。実施後、参加者の動作がどれほど見本の動作に近づけたか、センサ情報を元に算出する。この際、体格や筋肉量の差をできるだけ小さくするために、それら特徴に依存しないセンサ値を設定する。算出されたデータを指示ワードごとの群に分類する。

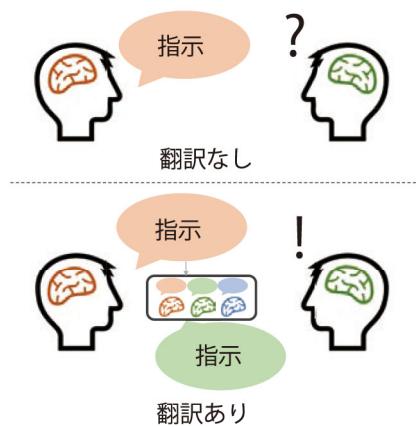


図 1: 身体感覚翻訳機の概念

次に、MRIでスキャンした脳の画像情報の差分を先ほど分類した群の間で確認する。分類した群の間に脳の部位に発達度の差が見られるか検証する。

3 展望

調査を通して作成した分類器を用いれば、指導前に生理学的情報である脳の画像からスクリーニングをかけられる。これにより、指導者と学習者の身体感覚の特徴をそれぞれ知ることができる。指導者と異なる特性をもつ学習者に対しては、指導者のこれまでの経験が当てはまらない可能性は高い。そこで、自身の経験に基づく説明と学習者が属する群の説明をマッチさせることで、指導者の意識を伝えやすくなるのではと考えた。

また、必ずしも異なる群間においてある動作に対する適切な指示ワードが発見できるとは限らない。例えば、ある動作に対してどのような指示を行ってもうまく動作を達成できない場合が考えられる。この場合、指示に対してうまく動作を達成できなかった群における他の群と比較して発達していない脳の部位に着目する。この部位を大きくさせるようなトレーニングを積めば、ある身体感覚を鋭敏にさせ、指示通り動作を達成できるかもしれない。

その他、分類した群の間でマッチした指示ワードを学習すれば、人の手では見つからない適切な指示ワードを、学習者の所属する群に基づいて自動的に生成できる可能性がある。これは、新しい指導方法の発見に繋がるかもしれない。

現状では、どの程度身体感覚に多様性があるのかは明らかでない。少し動作が変化するだけで本手法は全く適用できない可能性はある。一方で、もし比較的シンプルなモデルに落とし込むことができれば、あるスポーツでのスキルをあげるために、これまで培ってきた練習法とは全く異なる練習法を提案できるかもしれない。例えば、ダンスパフォーマンスにおける特定のスキルを習得するために、サッカーのドリブル練習を行うといった適用があり得るかもしれない。

4 おわりに

本稿では、身体感覚翻訳機の構築に向けた計画を述べた。身体感覚の差を明確にし、事前に差別することができれば、身体的特徴のみに囚われない柔軟な指導が実現できるだろう。将来的には、感覚肌と呼ばれる一流のスポーツ選手の身体感覚を理解できる可能性もあると考える。

3D プリンタと導電糸を用いた回路試作

瀬川典久（京都産業大学）

1. 研究の背景と目的

近年、デジタルファブリケーションの発達により、様々な人が 3D プリンタなどを用い、DIY でモノ作りにチャレンジしている。そして、Arduino に代表されるラピッドプロトタイプ用のマイコンが世界中に普及し、それを使って、電子的な作品などが構築されている。

Arduino を使ってモノ作りを行う際に、ユーザが直面する最大の課題は、回路基板を作成することである。回路基板とは、センサ、LED などを回路として構成し、それを電気的に接続するために、作られる物である。現在、この回路を容易に構築する研究が進められている[1]。

本研究では、3D プリンタと導電糸を用いて、回路を生成する手法を提案する。

2. 本手法

3D プリンタは、通常立体物を生成するためのシステムである。しかし、近年 3D プリンタ用で使えるあたらしい素材が開発されている。その中に、カーボンフィラメントおよびゴム素材が利用可能になっている。

また、3D プリンタの X,Y,Z 軸の高精度の制御が可能になったため、非常に薄い立体物の出力が可能になった。

通常の PLA,ABS などのプラスチック系の素材を薄く印刷しても布のように扱うのは難しいが、素材を選ぶことで布の様な素材が印刷できるのではないかと考えた。

本稿では、次の 2 種類の素材を準備し、試作を行った。

(1) Markforged 社 ONYX

Markforged 社が販売している、ナイロン 6-短纖維カーボンからなる素材である。通常は、ABS の 6 割強の強度をもつ素材として、カーボン系精密部品を生成するのに利用される。

ONYX は、専用のプリンタでのみ出力可能である。本研究では、Markforged 社 MarkTwo で 5cm × 5cm × 厚み 0.2mm で出力を行った（図 1）。

(2) DSM 社 Arnitel® ID 2045

Arnitel® ID 2045 は、柔軟性の高い TPC（熱可塑性コポリエステル）材である。ショア D が 34 の高弾性材料であ



図 1 Onyx での試作



図 2 Arnitel® ID 2045 での試作

り、通常は靴の中のインソールの開発などで利用される。本素材は、通常の積層型プリンタで印刷可能であるが、本研究では、Ultimaker 社 Ultimaker S5 で出力した。15cm × 15cm × 厚み 0.6mm で出力を行った（図 2）。

印刷した素材を、工業用ミシンで縫製を試みた（図 3）。利用したミシンは、Tajima 社製 SAI である。このミシンは、刺繡用糸を縫うための工業用ミシンで、ポリエステル製の導電糸を縫えることを確認している。



図 3 工業用ミシンでの縫製

3. おわりに

本研究では、3D プリンタの素材を布状に印刷し、工業用ミシンで縫製を行い、導電糸が通る可能性を確認した。3D プリンタの素材を布状にできることとは、布と立体構造物を組みあわせて生成することが可能である。これに導電糸を組み合わせて回路を生成できれば、従来作成することが困難であったウェアラブル機器を構築することが可能になると考えている。

参考文献

- [1] 野田聰人, 増田祐一, 篠田裕之 : ウェアラブルセンサ・アクチュエータシステムのための導電布を介した通信と給電, 日本ロボット学会学術講演会予稿集(CD-ROM) (日本ロボット学会学術講演会 (CD-ROM)), ROMBUNNO.3K3-06 https://hapislab.org/public/papers/18_RSJ2018_noda.pdf

見かけディペンダビリティの社会実装に向けて

柳沢 豊 (m plus plus 株式会社)

1. 研究の背景と目的

筆者らは LED 衣装や LED VISION FLAG など、ライブ・ステージイベントで演出効果を創出することができる各種の装置の開発を行なっている。これらの人間が装着するタイプの装置は、人間の激しいダンス動作などによってしばしば故障することがある。故障が生じたときでも、視覚的な演出効果を低下させないような、LED の配置方法や点灯パターンについて研究を行なっている。視覚的な情報に混入するノイズの影響を最小化することを、筆者らは「見かけディペンダビリティ」と呼んでいる[1]。本稿では、見かけディペンダビリティの研究成果を社会実装する上での課題について述べる。

2. 社会実装に向けて

JST RISTEX によれば、社会実装とは「社会を直接の対象とし、社会において現在存在あるいは将来起きることが予想される問題の解決を目指す技術(社会技術)の実用化(実装)」であると述べられている[2]。つまり、解決すべき「社会問題」と、それを解決する「概念、モデル、技術」、および技術の社会への「実装(波及)」の三つ要素が、社会実装にとって重要な要素となっている。また芽らは文献[3]において、RISTEX の各プロジェクトの終了時点での社会実装の進捗度について調査しており、この中で「研究結果により示された概念、モデル、技術などが実験を行なった地域で受け入れられている」状態にあるプロジェクトが、社会実装の段階にあると述べている。つまり、「実装」されていると評価されるためには、少なくとも社会の一部地域においての概念や技術の浸透が必要であると述べられている。



図 1 : LED VISION FLAG

「見かけディペンダビリティ」の研究においては、視覚的情報に混入するノイズが人間の視覚情報の認識に与える影響

を調査し、その影響を最小化する方法を探求することを目的としている。これは、冒頭で述べたようにステージでの視覚的な演出効果の創出を目的とした装置に対して有効な技術となる他、屋外に設置された各種の情報提示装置や、装着型の情報提示装置など、外乱によるノイズの混入や故障が生じやすい環境にある装置に対しても有効性があると考えられる。

社会への波及に関しては、経済的な持続可能性と社会の受容性の二つの課題があると考えている。社会で継続的に技術が利用されるためには、その技術の使用にかかるコストを上回る利益が得られることが重要である。

見かけディペンダビリティを担保できる装置を製造する場合、この技術を導入しない装置にくらべて製造過程が複雑になるため、その製造コストは上昇する。そのため、「見かけディペンダビリティ」を担保する度合いと、それを担保する装置の製造にかかるコストとの相関を調査することが必要であると考えている。

社会への受容性とは、すなわち社会が技術の使用を、倫理的に許容できることである。「見かけディペンダビリティ」を担保する装置は、実際には完全に視覚的情報が表示されていないにも係らず、ユーザーはそれと気がつかないようにするという、人間の「錯視」あるいは「誤認識」のメカニズムを利用している。本来はユーザーの誤認識を防ぐことを目的とした技術であるが、ユーザーによっては装置の使用者が悪意をもって虚偽情報を提示であると考える可能性もある。この点については十分に注意して説明を行なう必要がある。

3. まとめ

本稿では、見かけディペンダビリティの研究成果を社会実装する上での課題について述べた。なお、本研究は JST、CREST、JPMJCR18A3 の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] 柳沢豊, 藤本実: LED 衣装システムの演出装置としてのディペンダビリティについて, 情報処理学会研究報告 グループウェアとネットワークサービス (GN) 2017-GN-100, vol.18, pp.1-7 (2017).
- [2] https://www.jst.go.jp/ristex/aboutus/post_22.html
- [3] 茅明子, 奥和田久美: 研究成果の類型化による「社会実装」の道筋, 社会技術研究論文集, vol.12 , pp.12-22 (2015).

血糖値ライログによる生活習慣改善にむけて

塙本 昌彦 (神戸大学)

1. 研究の背景と目的

生活習慣と社会環境の変化に伴い、内臓脂肪型肥満をきっかけとする脂質異常、高血糖、高血圧、いわゆるメタボが増加している。特に血糖値異常に關しては、多くの場合が日常の食生活や運動に直結しており、生活習慣を変えることによって改善できる場合が多い。しかし一般にそのモチベーション維持が困難で、多くの人がメタボならびにその予備軍から抜け出しができずにいる。常にその場で血糖値がわかれば、個々の生活習慣との因果関係が明確になり、多くの人にとって生活改善のモチベーションを高めることに直結するものと考えられる。

このような状況下で、一定期間継続して血糖値を測定する持続血糖値モニタリング(CGM)のための機器がここ数年いくつか表れてきている。前述の問題を解決する手段が実用化されつつある。本稿ではこれを生活行動データや写真などと合わせてロギングすることで、システム的なアプローチにより簡便に生活習慣改善を行えるようにすることを狙いとする。

2. これまでの研究内容

日常生活で血糖値を常時計測できる機器として、2017年に米アボット社の Free Style リブレが国内で発売された。小型のセンサ部を一度貼ると 2 週間継続して測定できること、入浴などを含めて日常生活を普通に送りながら測定できること、端末をかざせばいつでもその時の血糖値を見ることができることなどの柔軟性を踏まえ、CGM に対峙する言葉としてフラッシュ血糖値モニタリング(FGM)という呼び方を使っている。国内の医療機器認可を受け、特定の糖尿病患者に対しての保険適用もある。糖尿病患者の病態と治療効果の評価、低血糖の把握、アドヒアランスの向上などに有用であるとされている[1]。

本研究では常時計測した血糖値データをライロギングの中枢データとしてとらえ、加えて血圧、心拍、加速度などのセンサデータとそこから得られる運動などにかかる推定行動、写真やビデオ、手入力によるラベルなどを、タイムスタンプをベースに統合管理し、表示することを考える。図 1 にその実現イメージを示す。

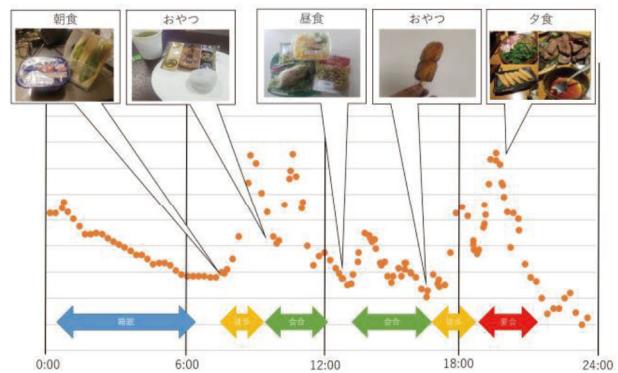


図 1. 血糖値ライログ (イメージ)

次に統計処理や人工知能を用いてそれらの因果関係を推定し、将来予測を行うことを考える。センサデータや写真からのラベリングの自動化ができれば有用である。

さらにライログからさまざまな仮説を導き出すことができる。特に下記の内容が重要であるものと考えられる。

- ・食事の内容や量によりどれくらい値が上昇するか、どれくらい持続するか。糖質を含むものでも、食材やメニューによってどう変わるか。野菜や豆類、たんぱく質はどうか。
- ・酒類やノンカロリー飲料はどうか。
- ・ジョギングやウォーキングなどの運動により値はどう変化するか。空腹時と満腹時の違いや運動後など。
- ・低血糖になることはないか。それはどのようなときか。これらの多くは医学的に解明されているが個人差もあるため、ユーザに応じた検証が必要である。仮説の自動生成や自動検証、可視化、さらにはそれを用いた血糖値予測も重要な研究課題であり、今後取り組んでいきたいと考えている。

3. まとめと今後の課題

血糖値の常時モニタリングは日常生活において人々の健康管理を行うための非常に有用な情報源となる。血糖値をライログの中枢データととらえ、その他のさまざまな生活情報を加えて有用なツールとして実現したい。

参考文献

- [1] 佐藤亜位, 持続血糖モニターの有用性, 信州医誌, Vol.66, No.1, pp.17-27 (2018).