

人間情報学会

Academy of Human Informatics



第16回人間情報学会ポスター発表集

2013年12月4日

東京大学山上会館

第16回人間情報学会 ポスター発表集 目次

1. 個人差を考慮した指差し確認時の腕振り動作認識…………… P1
岩崎正裕、藤波香織
2. 少数ウェアラブル表面筋電位センサを用いた手の動作認識に関する検討…………… P2
稲垣淳也、高橋淳二、ロペズ ギョーム
3. 加速度センサを用いた自転車走行時の路面信号抽出…………… P4
小花祐輔、高橋淳二、狐崎直文、戸辺義人、ロペズ ギョーム
4. 電子レンジの漏れ電波を利用した機械学習による食品の判別可能性について…………… P7
仲又暁洋、Xiaoying Bian、Wei Wei、川原圭博、浅見徹
5. 環状ホスファチジン酸(cPA)による変形性関節症(OA)改善のメカニズム…………… P8
後藤真里、長野あや、室伏きみ子
6. ウェアラブル心拍センサを用いた睡眠状態と緊張状態の推定…………… P9
島 彰紀、岩本健嗣、唐山英明、松本三千人
7. 位置・色・進行方向を考慮したパーティクルフィルタと差分ステレオによる人物追跡…………… P10
川下雄大、柴田雅聡、増山岳人、梅田和昇
8. ペン型入力インタフェースのための筆跡データからのメッセージとコマンドの分離…………… P11
中里 画、高橋淳二、ロペズ ギョーム
9. 日常的なストレスマネジメントへ向けた短期ストレスに対する唾液アミラーゼ反応と
ストレス対処能力の関係調査…………… P12
高橋紳一郎、中川卓也、佐久田博司、長谷川 大
10. スマートフォンを用いた視聴コンテンツ判定のための音量、光量の特徴分析…………… P18
斎藤松汰、岩井将行
11. 日常行動における歩行と昇降が心拍と歩数へ与える影響の調査…………… P20
中田貴大、岩井将行
12. 若い学生の歩行の乱れの計測と1/f ゆらぎ解析…………… P22
鶴岡政子、柴崎亮介
13. 生体情報を用いた知的電動車いす搭乗者の乗り心地の評価…………… P24
畑中啓佑、新妻実保子

個人差を考慮した指差し確認時の腕振り動作認識

岩崎正裕¹ 藤波香織²

¹ 東京農工大学大学院 工学府 情報工学専攻 〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16

² 東京農工大学大学院 工学研究院 先端情報科学部門 〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16

概要

背景と目的：労働現場などで行われている指差し確認時の腕振り動作の認識について、動作における個人差を考慮するための各利用者からの学習データ取得が、利用者に対する負担となることが考えられた。そこで、学習データ取得に対する負担を軽減しながら認識精度を保つ手法を提案する。

方法：他人の学習データを用いた高精度での認識は利用者個人からの学習データ取得を不要とし、利用者の負担を軽減する。そこで、他人の学習データ利用に対して頑健な、圧縮センシング技術を用いた認識手法を用いる。これに加えて、腕振り動作時の慣性センサ値における分散値と平均値に対して正規化を行う。これにより、勢いと実施時間における個人差を考慮する。また、データ計測には手首に装着した慣性センサを用いる。

結果：提案手法の有効性を検証する実験を行うにあたり、12人の被験者から20回ずつ腕振り動作時の慣性センサ値を取得した。勢いと実施時間を考慮しない場合の精度は79%であった。一方考慮した手法では、学習データとして用いる被験者をランダムに選んだ場合、10回の試行のうち最も精度が低い場合でも、11人中7人分の学習データがあれば79%以上の精度を得た。その結果、提案手法による負担軽減の実現が示唆された。

考察：腕振り動作には腕が身体の側面にある状態から振り上げて指す動作と、指した状態から再度指す動作があるが、これらが互いに誤認識していることがわかった。そのため、認識結果がこれらのどちらかの動作であった場合、動作開始時の腕の向きを加速度センサ値から求め、再度認識することで精度の向上が期待できる。

結論：指差し確認時の腕振り動作の認識について、学習データ取得に対する負担を軽減しながら認識精度を保つ手法を提案した。実験の結果、提案手法を用いることで負担を軽減できることが示唆された。

キーワード：ジェスチャ認識、圧縮センシング、ユビキタスコンピューティング

本研究は科研費補助金（基盤研究（A）：23240014）の支援を受けている。

背景と目的

労働現場などで行われている指差し確認時の腕振り動作の認識について、動作における個人差のため、各利用者からの学習データ取得が必要である。そして、データ取得は利用者に対する負担となることが考えられた。そこで、学習データ取得に対する負担を軽減しながら認識精度を保つ手法を提案する。

方法

他人の学習データを用いた高精度での認識は、利用者個人からの学習データ取得を不要とする。その結果、利用者の負担は軽減される。そこで、他人の学習データを利用しても高精度で認識が可能な、圧縮センシング技術を用いた認識手法を用いる。まず、L1ノルム最適化問題を解き、事前に取得した学習データの中で入力データと最も類似度が高いデータを求める。この類似度を用いて認識を行う。これに加えて、腕振り動作時の慣性センサ値における分散値と平均値に対して正規化を行う。この正規化により、勢いと実施時間における個人差を考慮する。また、動作のデータは手首に取り付けた慣性センサを用いて取得する。

結果

提案手法の有効性を検証する実験を行うにあたり、12人の被験者から20回ずつ腕振り動作時の慣性センサ値を取得した。また、認識精度の評価は適合率と再現率を反映した総合的な指標であるF値によって行った。ジェスチャ認識において多くの研究で用いられているDynamic Time Warping距離を用いた手法における精度0.62と比較して、提案手法は精度が0.86となり、0.24向上した。加えて、提案手法の個人差を考慮する

処理を除いた場合では精度が0.79であったため、個人差を考慮する処理の有効性もわかった。また、学習データとして利用する被験者を11人の中からランダムに選んだ場合でも、10回の試行のうち最も精度が高かった結果で3人分、精度が低かった結果でも7人分の学習データがあれば精度が0.79以上となり、提案手法により学習に用いる被験者を減らせることがわかった。

考察

指差し確認時の腕振り動作には腕が身体の側面にある状態から振り上げて指す動作と、指した状態から再度指す動作がある。そして、これらが互いに誤認識していることがわかった。そのため、提案手法による認識結果がこれらのどちらかの動作であった場合、動作開始時の腕の向きを加速度センサ値より求め、その情報を用いて再度認識することで精度の向上が期待できる。また、今までは加速度3軸、角速度3軸の値に対して個々に類似度を求め、各軸の和を用いて認識をしていた。しかし、腕を振る方向と最も近い方向の軸における加速度センサ値のみを用いることで精度が向上できることが追加実験によりわかった。そこで、これら二つの方法を組み合わせさせた結果、学習データとして用いる被験者をランダムに選んだ場合、10回の試行のうち最も精度が低い場合でも、11人中2人分の学習データがあれば0.79以上の精度を得た。

結論

指差し確認時の腕振り動作の認識について、勢いと実施時間における個人差を考慮することで、学習データ取得に対する負担を軽減しながら認識精度を保つ手法を提案した。実験の結果、提案手法を用いることで負担を軽減できることが示唆された。

少数ウェアラブル表面筋電位センサを用いた 手の動作認識に関する検討

稲垣 淳也¹ 高橋 淳二¹ ロペズ ギョーム¹

¹ 青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科 〒252-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1 O 棟 220 室

概要

背景と目的：人と機械をシームレスにつなぐインタフェース技術が求められている。本稿では、筋電位信号から人の意図を識別するアルゴリズムを開発する。

方法：被験者の右腕に2つの筋電センサをつけてもらい、画面に表示された文字に従って手の姿勢を変化させてもらう。筋電センサからの筋電位信号から導き出された手の姿勢と実際の手の姿勢を比較し、精度を評価する。被験者は2人で行う。

結果：被験者2人による実験では、被験者1は84%、91%と高い精度であり、被験者2は2回とも71%程度の精度だった。またグー(G)とチョキ(C)の精度が悪い場合もあった。

考察：実験を行うごとに精度の変化が見られたことから、筋電センサをつける位置や個人差を考慮する必要があると考えられる。また手の姿勢がGとCの時の精度が悪かったことから、GとCの時の筋電位信号が似ていた事による精度の低下が考察できる。

結論：筋電位信号から手の姿勢を判別するアルゴリズムを開発し、精度評価実験を行った。被験者2人による精度の評価に関しては、個人差はあるが70%を超える精度を得られた。実験ごとに精度が変化したことより、筋電センサをつける位置や個人差による精度の変化を阻止するロバストなアルゴリズムを提案する必要がある。また、GとCの時の精度が悪かったため、手の姿勢について検証する必要がある。

キーワード： 表面筋電位 手の姿勢 ウェアラブルセンサ ヒューマンマシンインタフェース

1 はじめに

複雑多様化する工業製品が溢れる現代では、人と人工物の間をよりシームレスにつなぐインタフェースの開発が重要である。インタフェースとは、人の意図を人工物に伝達するための装置であり、キーボードのように指先の変位を装置への入力とするもの、筋の収縮に先だって観測される筋電位を入力とするもの、脳で生成された意図をいち早く検出して装置への入力とするブレインマシンインタフェース(BMI)がある。BMIは麻痺患者の意図を読み取るのに有益なツールであるが、装置が高価、精度が安定しないといった問題がある。他方、筋電位はBMIに比べて意図の判定が容易で、能動義肢への入力信号など、広く利用され特に手腕の動作判定への有用性が認められている[1]。

運動の意図は脳で生成され、神経系を伝導し、神経筋接合部にて筋電位に変換される。この筋電位をセンサで読み取ることにより、特定の意図と機械への入力信号を結びつけることが出来る。筆者は、特定の意図を機械への入力コマンドとして、機械を遠隔操作できるインタフェースの開発を目指している。このインタフェースの実現により、ハンズフリーで任意の機械の遠隔操作を容易にすることが可能になる。

本稿では、2つのセンサで取得した筋電位信号から4つの手の姿勢、脱力、グー、チョキ、パー(R,G,C,P)をサポートベクターマシン(SVM)を用いて識別するアルゴリズムについて述べ、また、精度評価実験の結果について報告する。

2 筋電位信号からの手の姿勢の識別

2.1 筋電位について

人間は様々な筋肉を動かして日々生活している。人間が筋肉を動かす時、脳から電気信号が目的の筋肉ま

で伝えられる。手指のように個々の筋肉が密集している場合、クロストークのため個別の指の動きと筋肉の収縮の対応を取るのが難しい。そこで、本稿では先行研究を参考に筋電位信号から次の7つの特徴量を抽出することにより手の姿勢を判別することとする[2]。

- MAV (mean absolute value)
- RMS (root mean square)
- WAMP (Wilson amplitude)
- VAR (variance of myo-electricity)
- WL (waveform length)
- ZC (zero crossing rate)
- SSC (slope sign change)

2.2 サポートベクターマシン (SVM)

SVMとは、教師あり学習を用いる2クラス分類識別手法の一つである[3]。本稿では、4つの手の姿勢を判別する必要があるため、3種のSVM(G or Not-G, C or Not-C, P or Not-P)を構築し、テストデータをそれぞれのSVMにかける。その中で境界面からの距離が最も大きくなるものを最終的な判別結果として出力する。また、いずれのSVMでも境界面からの距離が負の値となった場合は、脱力(R)とする(図1)。

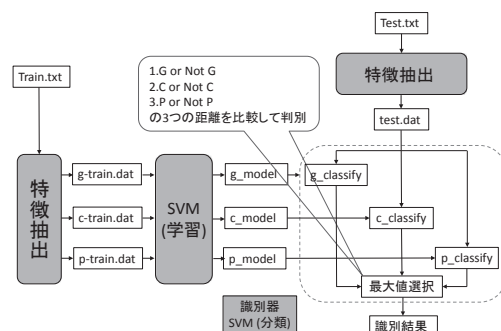


図1 SVMを用いた学習と識別処理の流れ

3 実験

3.1 方法

筋電位信号を計測するため、図1に示すような筋電センサ(有追坂電子機器のOE-WES1222)を用いる。筋電センサのゲインは250倍~3000倍の7段階選択可能であり、量子化数(A/D変換出力)は16bitsである。サンプリング周波数は1~1000Hzの9段階選択可能であるが、今回の実験では1000Hzを用いる。また、2.4GHz帯特定小電力無線を内蔵しており、対応の受信機を用いることで、リアルタイムでPCへのデータ送信・記録が可能である。

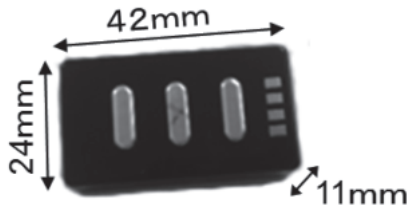


図2 本研究に用いる有追坂電子機器製の乾式3極ワイヤレス筋電センサ。2.4GHz帯特定小電力無線と3軸加速度センサも内蔵している。

被験者には図3に示すように右腕の橈側手根屈筋の辺り(P1)と総指伸筋の辺り(P2)に上記ウェアラブル筋電センサを1つずつ固定する。被験者はパソコンの画面に表示される指示に従って各手の姿勢を行なう。実験プロトコルは次の通りになる。画面にR、G、C、Pの順で3秒間各文字が表示され、被験者はそれに対応した手の姿勢を行い維持するようにする。このR、G、C、Pの4つの動作を被験者毎に5回行う。これを1セットとして、各被験者が2セットを行う。

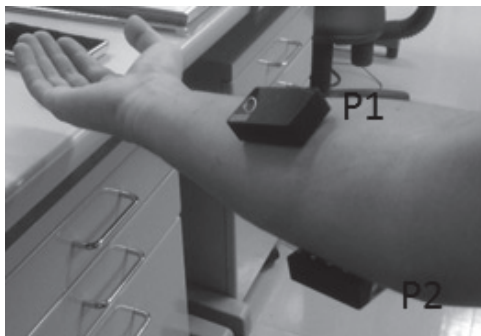


図3 ウェアラブル筋電センサを固定する腕の位置

3.2 結果

計測した筋電位信号の時間変化の例を図4に示す。各手の姿勢に対応した信号は目視にてセグメンテーションを行なった。PC画面による指示は3秒間でしたが、反応時間を考慮して2.5秒間の一定の長さで切り出すことにした。

取得した各筋電位データセット(姿勢5回分)に対して、2回分をSVMの学習用に用いて、残りの3回分をテスト用に用いる。図5に実際の手の姿勢とSVMの識別結果の一例を示す。また、表1に実験結果を示す。被験者1は各計測セットにおいて安定した精度が得られた。被験者2の1セット目はC、2セット目はGの精度が非常に悪かった。

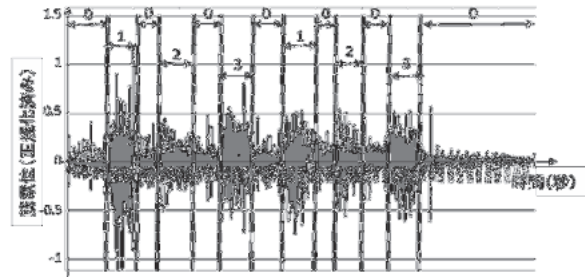


図4 手の姿勢による筋電位の変化(本実験と違うプロトコル)とセグメンテーション結果(0:脱力, 1:グー, 2:チョキ, 3:パー)

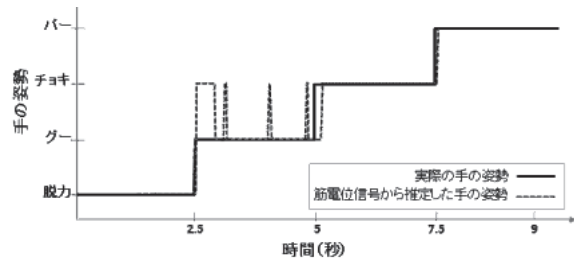


図5 手の姿勢を2.5秒間に維持した際の実際の1回分の手の姿勢(実線)とSVMの推定結果(点線)

表1 被験者毎の各手の姿勢識別精度(%)

被験者	R	G	C	P	All
A(1)	100	81.6	89.3	96.5	91.8
A(2)	100	63.7	79.1	97.8	85
B(1)	100	78.6	16.7	92.2	71.5
B(2)	100	44	99.2	79.7	80.5

4 おわりに

筋電位信号から手の姿勢を判別するアルゴリズム開発、精度評価実験を行った。被験者2名ともに70%を超える精度が得られた。実験ごとに精度が変化するため、筋電センサをつける位置や個人差による精度の変化を阻止するロバストなアルゴリズムを提案する必要がある。GとCの時の筋電位信号が似ていた事による精度の低下が見られたため、機械への入力コマンドとして使用する手の姿勢について検討する必要がある。

文献

- [1] Tenore, F. V. G., "Decoding of Individuated Finger Movements Using Surface Electromyography," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol. 56, No. 5, 2009.
- [2] Asghari Oskoei, M. and Hu, H., "Myoelectric control systems -A survey," *Biomedical Signal Processing and Control*, Vol. 2, No. 4, pp. 275-294, 2007.
- [3] 赤穂 昭太郎, 津田 宏治, "サポートベクターマシン 基本的仕組みと最近の発展", In 別冊・数理解科学 脳情報数理解科学の発展, サイエンス社, 2012.

加速度センサを用いた自転車走行時の路面信号抽出

小花 祐輔¹ 高橋 淳二¹ 狐崎 直文¹ 戸辺 義人¹ ロベズ ギョーム¹

¹ 青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科 〒252-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1

概要

背景と目的: 近年、自転車事故件数は増加傾向にある。その原因の一つとして、路面の不整備があげられる。しかし、路面の調査はコスト面により、十分に行われていないという問題がある。そこで本稿では、自転車利用者が路面信号を取得することで、調査の負荷を軽減することを目的とする。

方法: 加速度センサを内蔵したスマートフォンを装着し、自転車を走行することで加速度信号を取得する。取得した加速度信号に対し、独立成分分析を用いることでペダリング信号と路面信号を分離する。その路面信号の特徴から路面の分類を行う。本稿では路面の一つとして、段差の分類を行う。登り段差と下り段差の分類精度を検証するために2つの実験を行った。実験1が段差の分類精度検証の実験、実験2がペダリングパターンによる精度検証の実験である。

結果: 実験1では登り段差に比べ、下り段差の方が低い精度が得られた。実験2では段差の分類においての正答率が70%と低い精度であった。

考察: 段差分類の誤判定を起こした原因として段差通過時の端末の向きの影響が考えられる。分離されたペダリング信号から端末の向きの特定、および加速度の取得方法を詳細に検討し、分類精度を向上させていく必要がある。

結論: 独立成分分析を用いた自転車走行時の路面信号の抽出方法、および抽出した路面信号から段差を分類する方法の提案と精度の検証を行った。今後は段差分類方法の高精度化やより複雑な状況下での路面信号の分類方法の検討が必要である。

キーワード: 自転車 加速度センサ 独立成分分析

1 はじめに

近年、健康増進や環境意識の高まりなどにより、自転車の利用者は増加傾向にある。自転車保有台数は平成1年から平成20年までの20年間で5,978万台から6,909万台と、その増加数は約1,000万台に及ぶ[1]。その一方で自転車事故件数も増加傾向にある。その原因の一つとして、自転車走行路の不整備があげられる。路面は地震や雨といった自然災害や経年劣化により、段差や亀裂が生じてしまう。こういった道路に障害が発生してしまった場合には、早急な発見と修繕が必要である。しかし、現状地方公共団体等の道路管理者では道路の維持管理費の不足により、十分な舗装が施されていないという問題がある[2]。

本稿では、この問題を解決するために自転車を用いた路面信号の抽出方法を提案する。携帯端末を太腿に装着し、自転車を走行することで、端末の3軸加速度センサを用いて加速度信号の収集を行う。収集した加速度信号には、ペダリング信号と路面信号が混在するため、分離させることが必要である。分離方法の一つとして、ペダリングの周期性に注目した高速フーリエ変換(FFT: Fast Fourier Transform)を用いた方法があげられる。しかし、この方法はペダリングの有無により、分類への影響が及ぶ可能性がある。そこで、ペダリング信号と路面信号をそれぞれ独立な信号であると仮定し、独立成分分析を用いることで分離を行う方法を提案する。

2 独立成分分析の路面分類への応用

2.1 独立成分分析の概要

独立成分分析(ICA: Independent Component Analysis)とは、非ガウス分布に従う信号源が統計的に独立であ

るという仮定を用いて、観測された混合信号から信号源を推定する手法である[3]。信号源や混成過程が未知であっても源信号を推定することができる。代表的な応用例としてはカクテルパーティー効果といったブラインド音源分離があげられる[4]。

ICAの定義について述べる。 t を時間とし、複数の確率変数の観測値の集合 $(x1(t), x2(t), \dots, xn(t))$ が与えられているとすると、信号源の集合 $(s1(t), s2(t), \dots, sn(t))$ は観測信号に対する分離行列 W を用いて次のように表される。

$$s(t) = Wx(t)$$

$s(t)$ が互いに最も独立になるように W を反復計算によって求めることで、信号源 $s(t)$ を推定することができる。本稿では、他のICAアルゴリズムと比べ、収束の速いFastICAによって観測信号の分離を行う。

2.2 路面信号とペダリング信号の分離

分類のフローチャートを図1に示す。スマートフォンの加速度センサx,y軸を観測信号として取得し、ICAを行う。ICAにより分離された信号に対し、FFTを行うことにより路面信号 $R(t)$ とペダリング信号 $P(t)$ の判定を行う。周波数特性の高い方をペダリング信号とし、路面信号を取得する。また、ICAにより分離された加速度信号は正負が反転している場合があるため、路面信号とx軸の加速度信号と比較することにより判定し、正しい方向に修正する。こうして取得した路面信号に対して分類を行う。

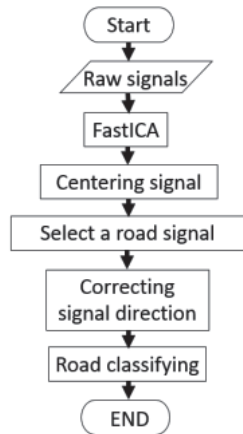


図1 段差分類のフローチャート

2.3 段差の分類

本稿では、路面の一つである段差の分類を行う。その中でも核となる登り段差 (Positive Step) と下り段差 (Negative Step) の分類を行う (図3)。まずは ICA により取得した路面信号 $R(t)$ に対し閾値を設け、一定の時間内に超えた正方向の閾値の時間を段差の発生時間 t_{step} とする。次に段差の発生した時間から短時間前 t_{pre} の加速度の負方向の変化量 A_{minus} を算出する。Negative Step の場合は段差発生の前に自由落下が生じるため、この変化量が Positive Step の場合と比較して大きい値をとる。これを利用して分類を行う。負方向の変化量の閾値を M_{thre} とし、段差分類アルゴリズムを図2のように定義する。

```

    Aminus = 0
    for t = tstep-tpre to tstep
      if R(t) < 0
        Aminus = Aminus + R(t)
      endif
    end

    if Aminus2 > Mthre then
      Road condition ← Negative Step
    else
      Road condition ← Positive Step
    endif
  
```

図2 段差分類アルゴリズム

3 実験

3.1 方法

事前実験として装着位置の検討を行った。装着位置は腰・太腿・足首である。それぞれから取得した信号に対し、ICA を用いてペダリング信号と路面信号の分離を行った。その結果、太腿に装着することで最も明確な信号の分離がみられた。次に本実験として、2つの実験を行った。実験1が図3に示すように、ペダリング時に Positive Step、Negative Step、平地 (Flat) の3か所に対し、分類を行った場合の実験である。実験2が図4に示すように、ペダリングの有無による ICA の精度について検証するために、3つのペダリングパターンにおける Positive Step、Negative Step、Flat の3種類での精度の検証を5回ずつ行った。実験に用いた自転車は一般的に使用されている軽快車で、ホイールベ

ースは 1102[mm]である (図5参照)。それぞれ設定した閾値は表1の通りである。

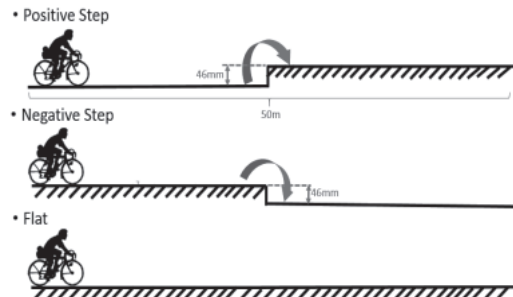


図3 実験1: 走行路図

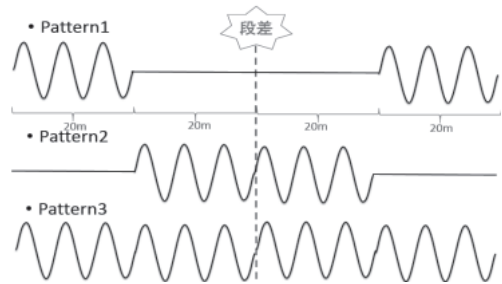


図4 実験2: ペダリングパターン

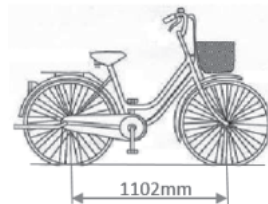


図5 実験に用いた自転車

表1 段差分類における閾値

段差検出の閾値	5 [m/s ²]
負方向の変化量の間隔	0.1 [s]
負方向の変化量の閾値	7 [m/s ²]

3.2 結果

実験1,2の結果をそれぞれ表2,3に示す。実験1では全体の正答率が93%という高い精度が得られた。また、Positive Step の分類精度が95%に対し、Negative Step の分類精度は85%と低くなることがわかった。実験2では、全体の正答率は80%であるが、Positive Step、Negative Step の分類に関する正答率は70%であった。

表2 実験1の結果

		正解		
		PS	NS	FL
処理	PS	19	2	0
	NS	1	17	0
	FL	0	1	20
正答率		95%	85%	100%
全体の正答率		93%		

表3 実験2の結果

		ペダリングパターン		
		P1	P2	P3
段差	PS	60%	80%	80%
	NS	60%	60%	80%
	FL	100%	100%	100%
PS,NSの正答率		70%		
全体の正答率		80%		

3.3 考察

図6に取得した Positive Step の x,y 軸の加速度信号を示す。図7,8に実験1からICAにより分離されたペダリング信号と Positive Step、Negative Step の路面信号を示す。図7の2点は段差検出の閾値を超えた部分である。この時間間隔はそれぞれ0.3秒と0.32秒である。また、段差通過時の車速は13.4[km/h]と12.6[km/h]であった。これらから2点間の距離は1117[mm],1120[mm]と計算される。この2点はホイールベースが1102[mm]の自転車で段差を通過した際の前後輪の加速度信号の変化であると考えられる。FFTを用いた分離方法では、分離したペダリング信号に段差通過時の信号が多くみられ、明確な段差信号の検出がされない場合がある。今後、前後輪の路面信号を分離し、路面形状の分類を行う上で、ICAによる分離方法の方が優位であると考えられる。

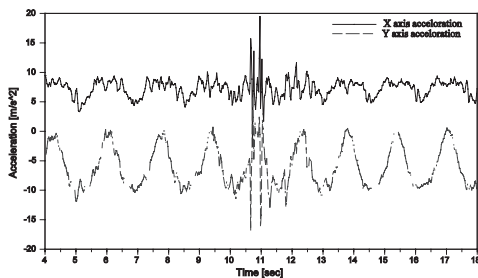


図6 取得した加速度信号

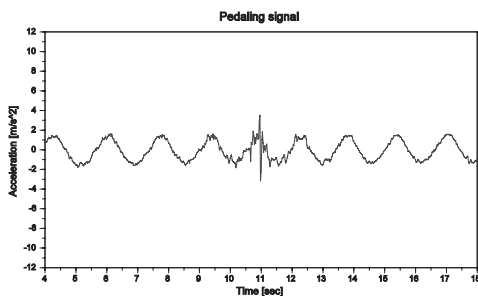


図7 ICAにより分離されたペダリング信号

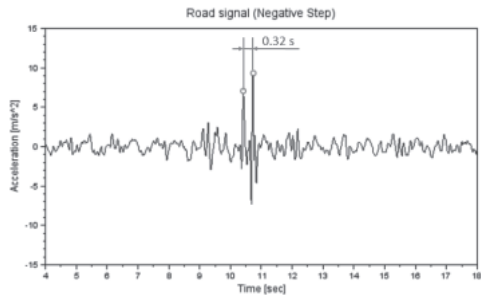
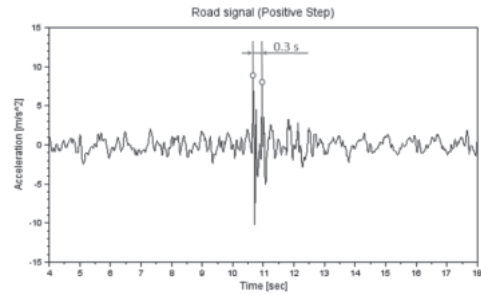


図8 ICAにより分離された路面信号

4 おわりに

自転車を用いた路面信号の取得方法として、ICAを用いた手法と段差の分類方法を提案し、精度の検証を行った。その結果、実験1ではPositive StepよりNegative Stepの分類精度が低くなった。また、実験2においての段差の分類に低い精度がみられた。これは段差通過時のペダリングの運動や端末の向きによる加速度信号の取得過程の影響であると考えられる。これらの対処としてICAにより分離されたペダリング信号を用いて端末の向きを特定し、どのように加速度信号が取得されるかをより詳細に検討していくことを考えている。また、段差の高さや凹凸などのさまざまな路面形状の分類も必要である。

文献

- [1]国土交通省, ”自転車を取りまく話題”, pp.11,14,23, http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/bicycle_environment/1pdf/s1.pdf
- [2] 国立国会図書館調査及び立法考査局, ”道路維持管理の現状と課題”, pp.67, http://www.ndl.go.jp/data/publication/refer/200704_675/067503.pdf
- [3] Hyv arinen, A. Karhunen, J. and Oja, E., ”Independent Component Analysis”, John Wiley & Sons, 2001(根本 幾・川勝 真喜(訳), ”独立成分分析-信号解析の新しい世界-”, 東京電機大学出版, pp.4-8)
- [4] 澤田 宏, ”独立成分分析入門~音の分離を題材として~”, pp.7, <http://www.kecl.ntt.co.jp/icl/signal/sawada/mypaper/subspace2010rev.pdf>

電子レンジの漏れ電波を利用した機械学習による 食品の判別可能性について

仲又暁洋¹ Xiaoying Bian¹ Wei Wei¹ 川原圭博¹ 浅見徹¹

¹ 東京大学大学院情報理工学系研究科 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1

概要

日々の食事を記録し管理することはヘルスケアの基本である。本稿では手動で食品名を選ぶ、食品の写真を撮影することなく食事の記録、管理を手助けするための一手法を提案する。今回は家庭でガスコンロに次いで多く使用されている電子レンジに注目し [1]、電子レンジから漏れ出る電波の強度パターンの変化から、調理中の食品を自動で判別する手法の実現可能性を論じる。8 品目の食品に対してそれぞれ 10 回ずつ漏れ電波の強度の計測を行い、得られた合計 80 個のデータセットを利用してデータを取得した。強度の時間変化の平均と標準偏差に対してランダムフォレストと交差検定を用いた機械学習を行った結果、77.5%の精度で調理中の食品を判別することに成功した。今後は学習に使う統計量を工夫して判別精度を高めるとともに、対象となる食品の品目数を増やし、分量の判別も可能にしていくことが課題である。

キーワード：機械学習 ソフトウェア無線 ライフログ

実験の概要

電子レンジで食品を調理する際には 2.4GHz 帯のマイクロ波が全面の扉の正面方向に漏れ出ていることが知られている[2]。この強度は-0.48dBm 程度と WiFi などの信号に比しても強く、電子レンジから離れた地点からも観測が可能である。本研究ではこの漏れ電波の強度の時間変化のパターンが調理中の食品に応じて変化することを利用して食品の判別を行うことを試みる。漏れ電波の計測にはソフトウェア無線機 USRP2 を利用し、得られたデータの解析には Weka による機械学習を用いた。

食品調理中の National 製ターンテーブル型電子レンジ NE-EZ2 の正面から 5cm 離れた位置に USRP2 を置き、電子レンジのマイクロ波の周波数と同じ 2.45GHz の電波の信号強度を計測した。食品の状態変化の影響がほとんどないと考えられる 1 秒間に 50 回のサンプリング間隔とした。これ以外にターンテーブルの回転運動による強度変化もある。この周期は各製品で異なるため、周期で平均化したデータも加えて用い、周期の変化に対応した。NE-EZ2 の場合は 12 秒である。得られた信号強度の時間変化の生データに加え、生データの全ての時刻における 12 秒間分の移動平均をとったデータを作成し、この 2 つのデータをもとに機械学習を行った。強度の生データの波形から食品に応じて波形の平均レベルと振幅が異なることが確認されたので、2 つのデータに対して、A「最初の 10 秒間と 20 秒間の信号強度」、B「最後の 10 秒間と 20 秒間の信号強度」および C「データ全体の信号強度」の平均と標準偏差を求め、機械学習に用いた。A と B については調理前と調理後の状態の変化の様子もまたその食品を特徴づける要素と考えて導入した。今回は調理前と調理後の食品データを分けて扱い、1 つの計測データに対して A と C の平均と標準偏差からなる調理前のデータと、B と C の平均と標準偏差からなる調理後のデータの 2 つのデータを考えて。学習に用いるデータは合計で 160 個となった。計測は氷、餃子、炒飯、パスタ、ピザ、お粥、焼売、牛乳の 8 品目に対して 700W でそれぞれ 10 回ずつ行った。それぞれの分量と調理時間は表 1 に示した。

結果

得られたデータに対して Weka[2]を用いて分割数 10 の交差検定とランダムフォレストに基づく機械学習を行い、食品の判別精度を求めた。ランダムフォレストは、複数の二分決定木に対し、訓練データの一部と学習に用いるパラメータをそれぞれランダムに割り当てたのちに各決定木の出力から最終的な決定を行う機械学習アルゴリズムであり、動作が高速で大量のデータの処理にも適していることが特徴である。今回は二分決定木の総数を 100、ランダムに選ばれるパラメータの個数を 10 とした。全体では 77.5%の精度で正しく食品を判別することに成功した。表 1 に各品目 (列) がどの品目として判定されたか (行) の割合を百分率で表した Confusion Matrix を示す。

おわりに

実験の結果、電子レンジの漏れ電波を利用することで 8 品目の食品について 77.5%の精度で判別に成功した。この品目数ではまだアプリケーションとしては不十分であるため、今後対応する品目数を増やすとともに、学習に用いる統計量を工夫して精度を高めていくことが考えられる。また、食品の分量も自動で判別が行えればおおよそのカロリーも推定できるため、食品名に加えて分量も判別できる手法の構築を目指す。

表 1 実験結果.

a	b	c	d	e	f	g	h	(単位は%)
90	0	0	0	0	0	0	10	a = 氷(100g,120s)
0	85	10	0	0	0	5	0	b = 餃子(85g,100s)
0	5	50	20	25	0	0	0	c = 炒飯(100g,120s)
0	10	5	65	20	0	0	0	d = パスタ(100g,120s)
0	0	5	15	80	0	0	0	e = ピザ(125g,120s)
5	5	0	0	0	90	0	0	f = お粥(100g,60s)
0	10	0	0	0	15	75	0	g = 焼売(84g,100s)
10	0	0	0	0	0	5	85	h = 牛乳(100g,60s)

文 献

- [1] 東京電力, “内食化と調理で活躍する電子レンジ”, http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu10_j/images/100909h.pdf, 2010.
- [2] Y. Kawahara *et al.*, “Power Harvesting from Microwave Oven Electromagnetic Leakage”, *Ubi comp '13*, pp.373-381, 2013.
- [3] “Weka 3: Data Mining Software in Java”, <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>, 11 Nov. 2013.

環状ホスファチジン酸(cPA)による 変形性関節症(OA)改善のメカニズム

後藤真里¹、長野あや¹、室伏きみ子¹

¹所属 〒112-8610 東京都文京区大塚 2-1-1 お茶の水女子大学 ヒューマンウェルフェアサイエンス研究教育寄附研究部門

概要

背景と目的：環状ホスファチジン酸(cPA)は、我々が1985年に真性(真正)粘菌 *Physarum polycephalum* から初めて単離し、構造や生理活性に関して1992年に論文発表した脂質メディエーターで、これまでに、真核細胞のさまざまな機能を制御することを示してきた。本研究では、我々が新たに発見した cPA の変形性関節症の改善効果について *in vivo* で詳細な検討を行い、そのメカニズムを *in vitro* で解明することを目的とした。

方法：ウサギの膝関節半月板切除による変形性関節症(OA)モデルを用いた。ウサギ OA モデルに環状ホスファチジン酸の誘導体である2カルバ環状ホスファチジン酸(2ccPA)を関節腔内投与し、2ccPAによる疼痛、腫脹および軟骨障害に対する作用を検討した。さらに、軟骨細胞によるヒアルロン酸や炎症性サイトカイン産生に与える2ccPAの影響について調べた。

結果：2ccPAは変形性関節症の発症に伴う疼痛、腫脹を抑制していることがわかった。その作用は、変形性関節症に特徴的な関節軟骨のプロテオグリカンの消失を抑制しているためであることが組織学的な解析から示された。変形性関節症患者由来の滑膜細胞を用いた実験からは、2ccPAはヒアルロン酸合成を促進させるが、炎症に関与するIL-6やMMP-3の産生は抑制していることが明らかとなった。またこれら2ccPAの作用にLPA1受容体は関与していないことが示唆された。

考察：得られた結果から、2ccPAは軟骨細胞のヒアルロン酸合成を誘導し、炎症性サイトカインやMMP-3の分泌を抑制させることで、OAの発症を軽度化していることが考えられた。

結論：2ccPAは軟骨細胞に働きかけヒアルロン酸合成を誘導し、炎症性サイトカインの産生を抑制させることが可能なことから、根本的なOA治療薬としての医療応用に期待がもたれる。

キーワード：環状ホスファチジン酸(cPA) 2カルバ環状ホスファチジン酸(2ccPA) 変形性関節症(OA)

特記事項：本研究は、株式会社ケーエーシー動物実験倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号: 12-0218)。

1 はじめに

変形性関節症(Osteoarthritis; OA)は、加齢や肥満、怪我などにより、関節の軟骨が磨り減り、骨が変形することで起こる。さらに滑膜炎を伴うことで、関節機能の障害や痛みを生じる。関節の痛みを抑える治療には、消炎鎮痛剤のほか、膝や肩の関節腔にヒアルロン酸注射を行う対症療法が現在よく行われている。しかし、ヒアルロン酸は生体物質であるために徐々に代謝され、定期的に関節内注入を行う必要があり、患者にとっては心身のみならず経済的にも大きな負担となっている。

環状ホスファチジン酸(cPA, 図1A)は、我々が1985年に真性(真正)粘菌 *Physarum polycephalum* から初めて単離した脂質メディエーターで、これまでに、真核細胞のさまざまな機能を制御することを示してきた[1, 2]。cPAはグリセロール骨格のsn-2位とsn-3位に環状リン酸基構造を持つ特徴的なリン脂質で、この環状リン酸基構造がcPAの種々の生理活性に不可欠である。

これまでに我々はcPAが皮膚繊維芽細胞でヒアルロン酸の合成を誘導する[3]ことを明らかにしており、cPAの誘導体2ccPA(図1B)が変形性関節症の発症と改善に与える効果を検討した。

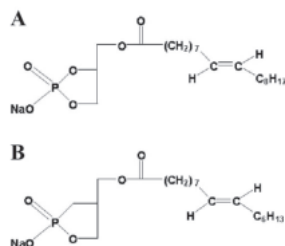


図1：環状ホスファチジン酸(A)、2カルバ環状ホスファチジン酸(B)

2 結果

2ccPAはウサギOAモデルにおける軟骨変性に伴う疼痛を経日的に抑制した。2ccPA投与群では媒体投与群と比較して腫脹が有意に抑制されていた。病理組織学的な観察からは、2ccPAを投与した場合、関節軟骨表面の消失、プロテオグリカンの低下などが抑制されることが明らかになった。

軟骨細胞に2ccPAを添加するとヒアルロン酸の合成量が増加した。軟骨細胞にIL-1 α を加え炎症を誘導した後、2ccPAを添加すると、IL-6やMMP-3の産生が抑制されることが明らかになった。

3 おわりに

本研究の成果から、我々は2ccPAを高齢化とともに患者数の増える変形性関節症の新規治療薬として、開発を進めていきたいと考えている。

文 献

- [1] K. Murakami-Murofushi, M. *et al.*, "Inhibition of Eukaryotic DNA Polymerase α with A Novel Lysophosphatidic Acid (PHYLPA) Isolated from Myxamoebae of *Physarum polycephalum*." *J. Biol. Chem.*, **267**, 21512-21517, 1992
- [2] Y. Takahashi, T. *et al.*, "Isolation of A New Species of *Physarum* Lysophosphatidic Acid (PHYLPA) Having An Inhibitory Activity on DNA Polymerase α ." *Cell Struct. Funct.*, **18**, 135-138, 1993
- [3] 前田桂、後藤真里、室伏きみ子『高浸透型cPAの真皮線維芽細胞への影響』第13回人間情報学会ポスター発表集

ウェアラブル心拍センサを用いた睡眠状態と緊張状態の推定

島 彰紀¹ 岩本 健嗣¹ 唐山 英明¹ 松本 三千人¹

¹ 富山県立大学工学部情報システム工学科 〒939-0398 富山県射水市黒河 5180

概要

本研究では、ウェアラブル心拍センサを用いた二つの実験について報告する。第一の実験として、一般的によく利用される脳波計の代わりに、装着の煩雑さを軽減可能な心拍センサおよびドップラーセンサを用いた睡眠状態推定を行った。第二の実験として、心拍数と脈拍数が対応している点に着目し、緊張状態推定を行った。この研究では、人が手を使って作業する場合の緊張状態推定を目的とし、従来の指尖脈波を使った計測方法などに見られる体動変化によるノイズの軽減を目指し、足背動脈からのストレス指標算出を提案する。

キーワード：睡眠段階推定 緊張状態推定 脳波 心拍 脈拍

1. 研究背景および目的

今日、脳波計などを用いて睡眠段階を科学的に推定する研究が行われている。脳波計は睡眠段階の推定精度が高いが、装着の煩雑さから睡眠を妨害する恐れがある。また既存研究には、心拍情報から人の緊張状態を検出し、パソコンや携帯端末などの VDT(Visual Display Terminal)利用者の疲れを可視化する研究[1]がある。しかし、従来の心拍センサは精度が高い反面、高価であり、指尖脈を利用する脈波センサは安価だが、デスクワークなどの作業を妨げる問題がある。そこで、本研究ではドップラーセンサの利用、および脈波センサを足背動脈に装着することで各問題点を解消し、ウェアラブル心拍センサによる推定結果とともに各状態推定を行う。

2. 睡眠状態推定

本章では、脳波計とウェアラブル心拍センサ、ドップラーセンサを用いた睡眠状態推定について述べる。心拍間隔(RRI)の分散(RRV)を用いた睡眠段階の推定と、呼吸数の違いによる睡眠段階の推定を比較し、呼吸数の違いのみで睡眠段階の推定が可能か実験を行う。実験では脳波を教師データとする。実験は、22歳の男性3名に行った。心拍センサを用いた実験では、RRI から3分間ごとのRRVを求め、就寝中全体の平均値をとり閾値とする。また、この3分間ごとのRRVが連続して閾値を超えた場合をレム睡眠として検出し、教師データと比較する。なお、心拍は体動が発生すると心拍変動が大きくなってしまうため、体動が発生したタイミングのデータは除去する。またドップラーセンサを用い、呼吸数の違いにより睡眠段階を推定し、教師データと比較する。

結果、RRVから推定したレム睡眠の正答率は81.54%±3.22%となり、関連研究[2]の結果とほぼ同様の結果を得た。次に、呼吸数の違いによる睡眠段階推定の結果を図1に示す。呼吸数の違いによって検出したレム睡眠の正答率は94.04%±3.53%となった。また、RRVによる推定では、脳波がレム睡眠と推定している際に複数回誤検知が発生したが、呼吸数による推定では誤検知が確認できなかった。



図1 脳波と呼吸数による睡眠段階の推移

3. 緊張状態推定

本章では、心拍と足背動脈の相関性を確認した上で、足背動脈でのストレス指標の算出が可能か実験を行う。被験者の22歳男性3名には、2章の実験と同条件下で緊張状態推定を行う。心拍と脈拍の相関性確認のため、安静時座位状態で脈波センサを足背動脈に装着し、心拍、脈拍それぞれ10サンプルごとの移動平均を取り、平均RRIの推移の比較を行った結果、相関性を確認することができた(図2(左))。また、座位状態で瞬間的な緊張状態を推定するため、緊迫感を体感することのできるTVゲームを行い、安静時と同様に平均RRIを算出する。

図2(左)より安静時平均RRIは0.63秒から0.69秒の範囲で緩やかに推移していることが分かる。一方、図2(右)より、緊張を自覚した194秒に近づくにつれ平均RRIが小さくなり、その後は大きくなることを確認できた。安静時に比べ、緊張時は平均RRIの変化量が大きくなるため、瞬間的な緊張が検出可能と考えられる。また、この変化は心拍、足背動脈の双方で見られ、足背動脈が利用可能なことが分かった。

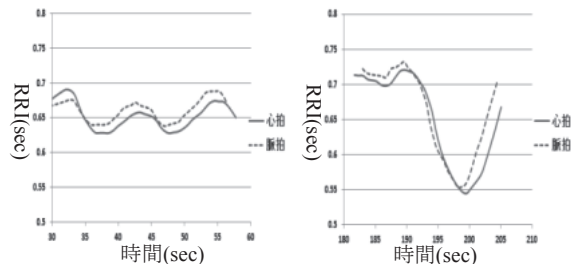


図2 安静時(左)と緊張時(右)の平均RRIの推移

4. まとめおよび今後の課題

各実験結果から、呼吸数を用いることで睡眠段階が推定可能であり、足背動脈によって人の瞬間的な緊張状態が推定可能であることが分かった。今後は、足背動脈からストレス指標を算出し、TVゲーム利用時にリアルタイムでフィードバックが可能なシステム構築を目指す。

文 献

- [1] 佐久間 大輝, 神田 尚子, 吉見 真聡, 吉永 努, 入江 英嗣, “座位状態での心拍測定を用いたリアルタイムなストレス緩和システム”, DICOM2013 シンポジウム, 1188-1195, 2013
- [2] 古木 正芳, 八十 政夫, 辻村 誠一, 湯ノ口 万友, “心拍を用いた REM 睡眠期のリアルタイムな検出”, MBE, ME とバイオサバネティクス, 104(644)

位置・色・進行方向を考慮したパーティクルフィルタと 差分ステレオによる人物追跡

川下雄大¹ 柴田雅聡¹ 増山岳人¹ 梅田和昇¹¹ 中央大学理工学部 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27

概要 本稿では追跡対象判別時に位置情報と色情報に加え、進行方向を考慮することで、オクルージョンに頑健な人物追跡手法を提案する。また、実験により提案手法の有用性を検証する。

キーワード: Human tracking, Particle filter, Stereo camera, Subtraction stereo

背景と目的

近年、監視カメラによる不審者検出などのために、カメラ画像から人物をリアルタイムで自動的に検出・追跡する技術の開発が期待されている。我々は、先行研究において計測対象を移動物体に制限する差分ステレオ[1]とパーティクルフィルタを用いた人物追跡手法を提案している[2]。本稿では、歩行中の人物の進行方向がフレーム間で大きく変化しないことに注目し、人の進行方向を追跡対象判別の評価値として加えることでオクルージョンに頑健な人物追跡手法を実装する。

人物検出 | 差分ステレオ[1]

画像中の前景領域(人物領域)を検出する手法として差分ステレオを用いる。差分ステレオでは、左右のカメラそれぞれで背景差分を行って、前景領域を抽出し、その後に抽出された前景領域のみでマッチングを行い、距離情報を得る。このように、マッチングする領域を前景領域に限定することで、マッチングの誤対応を削減できる。

人物追跡 | パーティクルフィルタ[1]

提案手法では、差分ステレオにより検出された人物の重心にパーティクルフィルタを適用し追跡する。人物追跡は、まず検出された人物に初期化を行う。以後、予測、尤度計算、対応付け、選択を繰り返すことで追跡を行う。各処理の詳細は文献[1]を参照されたい。

初期化では、人物検出時にパーティクルを人物周辺にランダムに散布する。

予測では、等速直線運動を仮定し、現フレームの対象の位置を予測する。また、追跡対象のランダムな動きに対応するために予測値に乱数を加える。

尤度計算では、人物の位置と各パーティクルのユークリッド距離より各パーティクルの尤度を計算する。

対応付け処理では、追跡対象を判別し、パーティクルと人物の対応付けを行う。現フレームで取得した位置・色・進行方向と、前フレームで取得した位置・色・進行方向をそれぞれ比較することで各評価値 D_a, D_c, D_a を算出し、対応付けを行う。

新たに取り入れた進行方向による評価値について述べる。進行方向の評価値 D_a は、1. パーティクルが保持している過去の位置情報から算出した進行方向と2. 各フレームで検出された各人物の進行方向との差より算出する。1.の進行方向は、パーティクルが過去に対応付いた人物の位置情報を用いることで算出できる。一方で、2.の進行方向を求める際は、対応付けを行う前なので、各人物の過去の位置情報は不明である。そこで、各フレームの人物の位置と一定距離内にあるパーティクル群の重心位置から進行方向を算出する。図1に進行方向算出例を示す。進行方向の評価値 D_a は、

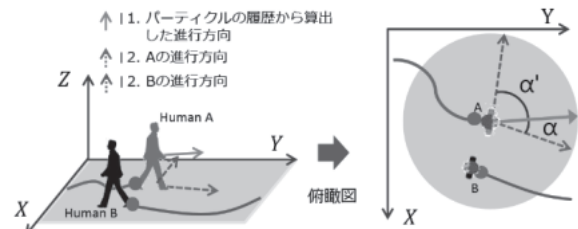


図 1 角度差算出例

次式で求める。

$$D_a = \begin{cases} 1.5^\alpha - 1 & (\text{if } \alpha > \theta_{\max}) \\ 1.5, & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (4)$$

α はパーティクルの保持している位置情報から算出した進行方向(1の進行方向)と各人物の進行方向(2の進行方向)の角度差、 θ_{\max} は閾値を表している。

評価値 D_a, D_c, D_a を足し合わせ、最小の値を持つ人物を追跡中の人物とし、対応付けを行う。

選択では、各パーティクル尤度より追跡に有効なパーティクルの選択を行う。

複数人物追跡実験

提案手法の有用性を検証するため、提案手法と位置・色のみを用いた場合の追跡精度を比較した。実験は、人物がランダムに歩行する2シーンにおいて行った。人物追跡成功の判定基準は、人物に識別番号であるIDが与えられてから画面外に出るまでに変化がないこととする。

表 1 実験結果

	検出人数	追跡精度 (従来手法)	追跡精度 (提案手法)
Scene 1	35 人	88.0%	93.9%
Scene 2	40 人	87.5%	90.0%

進行方向を考慮することで追跡精度が向上した。これは、位置・色情報だけでは判別しきれない状況においても、進行方向を用いることで対応でき、正確な対応付けが可能となったためである。しかし、多人数のすれ違いで生じるオクルージョンでは、対象が検出できない期間が長くなることで予測が大きくなりすぎてしまい、再検出時に追跡が失敗するシーンも見受けられた。

結論

本稿では、距離情報と色情報に加え進行方向を利用したパーティクルフィルタによる人物追跡手法を提案した。さらに、実環境での運用を想定した2シーンで実験を行い、提案手法の有用性を実証した。

文献

- [1] 川下雄大 他, "差分ステレオとパーティクルフィルタによる人物追跡", ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013 論文集, 1P1-J08, 2013.

ペン型入力インタフェースのための 筆跡データからのメッセージとコマンドの分離

中里 画¹ 高橋 淳二¹ ロペズ ギョーム¹

¹ 青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科 〒252-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1 相模原キャンパス O 棟

概要

背景と目的: ITC が発展する一方で IT 機器の操作は複雑化し、デジタル・ディバイドの問題を助長する一因となっている。この問題に対し、本研究では筆記動作のみでシームレスにメールの送信を可能とする手法を提案する。本稿ではメッセージとコマンドを分離・識別するアルゴリズムについて報告する。

方法: 軌跡データを一筆書き (ストローク) 単位に分割し、メッセージと3種類のコマンドに識別するアルゴリズムを開発する。メッセージとコマンドの分割には線長さをを用い、コマンドの識別では、頂点数を用いる。識別結果は、xy 座標の2次元とそれに時間を加えた3次元のグラフに描画し、可視化する。

結果: メッセージと3つのコマンド (楕円コマンド、矩形コマンド、送信コマンド) の分離・識別に成功した。

考察: 軌跡データから頂点数を検出し、その数によりコマンド識別を行う際に、タイムスタンプのばらつきにより点群データの時間間隔に誤差が生じることが分かった。点群間隔を移動平均によりスムージングすることで、頂点数のカウントが安定することが分かった。

結論: オフラインプロセスでは、問題なくメッセージとコマンドの分離・識別に成功した。今後は、アルゴリズムのオンライン化、Android 端末への実装を行う。

キーワード: ユーザインタフェース、手書き図形認識

1. システム構成

本研究ではペン型入力インタフェース (デジタルペン) として、ペンてる製の airpen を利用する (図 1)。airpen は、ペン本体と受信モジュールで構成され、ペン本体のペン先位置座標が受信モジュールによって取得される。Bluetooth により、受信モジュールと Android 端末を接続し、ペン先の位置座標、時刻、接触状態をデータファイル (csv) に保存する。

2. メッセージ・コマンド分離アルゴリズム

データファイルに対して、図 2 に示すアルゴリズムを作用し、コマンドとメッセージの分離を行う。まず、接触情報を元に連続データから一筆書きのストロークを分割する。同時に、要した時間 (TSS: Time Span of the Stroke)、線長さ (TDS: Travel Distance of the Stroke) を算出し、コマンド候補の選定の閾値処理に利用する。

次に、コマンド候補のストロークに対して、始点群と終点群 (それぞれ 20 点) の点間距離を算出する。最小点間距離が C_L より小さい場合を閉図形とする。

次に、閉図形とされたストロークに対して、描画中の筆跡速度の変化に注目する加納の手法[1]を用いて頂点数を算出する。頂点数が3以上の場合を矩形コマンド、それ以外を楕円コマンドとする。

楕円・矩形の両コマンド発行以降のストロークに対しては、始点と終点がそれぞれ楕円、矩形の内にあるかを判定し、両条件を満たす場合を送信コマンドと判定する。

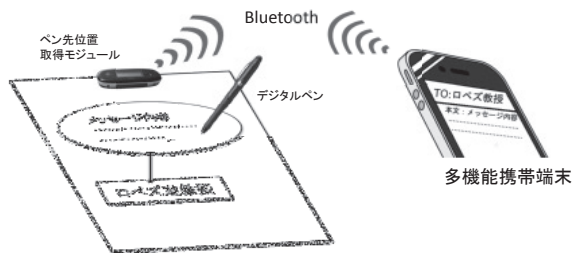


図1 システム構成

3. 評価実験

実測データを用いた実験で提案アルゴリズムの妥当性を評価した。図 3 (左上) にデジタルペンにより取得したペン先の軌跡データ、(右上) にストローク分割後にメッセージ・コマンド識別アルゴリズムを適用した出力結果を示す。また、(左下) に TSS と TDS のグラフ、(右下) に時間軸を加えた3次元グラフを示す。

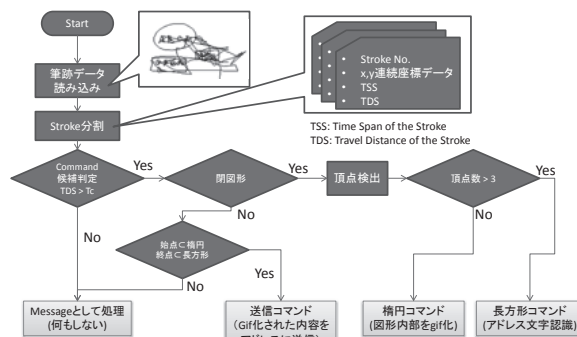


図2 アルゴリズムフロー

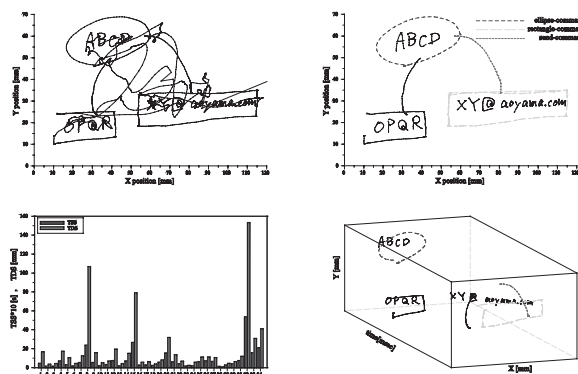


図3 評価実験: 入力データと出力結果

文献

[1] Kano S., Japan Patent Kokai 2012-63938 (2012. 03. 29)

日常的なストレスマネジメントへ向けた短期ストレスに対する唾液アミラーゼ反応とストレス対処能力の関係調査

高橋 紳一郎¹ 中川 卓也¹ 佐久田 博司¹ 長谷川 大¹

¹ 青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科佐久田研究室 〒252-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1 O 棟 526

概要

背景と目的

現代はストレス社会と呼ばれ、人々がストレスマネジメントを求められている一方、ストレスを測定する手法が確立されていない。そこで本研究は、唾液アミラーゼ活性と主観評価による測定にストレス対処能力を考慮した手法を提案し、日常的行動によるストレスの定量化を試みた。

方法

被験者 15 人に対し、「計算課題」「対話」「歩行」「走行」の 4 つの刺激を 30 分間ずつ与え、それに対する唾液アミラーゼ活性および質問紙による主観評価の測定・比較検討を、高群・低群 2 つのストレス対処能力に被験者を分け行った。

結果

ストレス対処能力による類型化を行ったことによって、唾液アミラーゼ活性と主観評価の整合性を確認した。高ストレス群において唾液アミラーゼ活性と主観評価に正の相関がみられ、低ストレス群においては無相関、負の相関がみられた。

考察

生理学的反応が同様でも認知的なフィードバックを挟むことで個人の主観的な評価が変わってくるものが推測される。本実験では、ストレス対処能力群によって認知的なフィードバックが異なることが証明された。

結論

今後、ストレスの種類なども考慮したストレス対処能力の類型化を行い、唾液アミラーゼ活性と主観評価の関連を調査することで、日常生活におけるストレス測定を簡便に行うことが可能なストレス得点表が作成できると考えている。

キーワード：日常的ストレス 唾液アミラーゼ ストレス対処能力 ストレス理論 認知的フィードバック

はじめに

現代はストレス社会と呼ばれ、多くの人が日々ストレスを抱え生活している。人間関係や仕事の状況から身体や心に歪みを生じ、日々のパフォーマンスに影響を与えている人が多い。そのためうつ病などの予防を考える上でストレスを評価し、管理することは重要な課題となってきた。

従来、ストレス管理の研究として、質問紙からストレスを測定し、ストレス評価を行う方法が一般的である。質問紙には POMS、GHQ、STAI [1] など数多く開発されており、質問紙からストレスの特定や疲労感を測定しストレス評価を行うことができる。また Holmes and Rahe は人が一生で経験する出来事を 43 種類のライフイベントとして、社会的最適尺度 (SRSS) と呼ばれる簡便性に優れたストレス得点表を作成し、質問紙からのストレスの定量化を試みた [2]。

しかしながら質問紙からの主観的なストレス評価だけでは、個人の内省力の違いや、同じ質問の繰り返しなどで、慣れや面倒さを生じてしまい、必ずしも正確であるとはいえない。また、質問紙によるストレス評価は必ず事後評価になることも問題となっている。例えば、Redelmeier [3]によると、刺激に対してのストレス評価は、受けたストレスの経験的データではなく、記憶を元にした認知評価であり、事後的な主観的な評価では正確なストレス評価を行うことができないという事例が報告されている。

このようなことから、近年では、生理学的反応を用いたストレス評価の研究が盛んに行われている [4] [5]

[6] [7]。ストレス反応は自律神経系に密接に関わっているとされ、生理学的反応の測定によりリアルタイムなストレス測定が可能であり、質問紙による計測の負担を回避できるなど、有用性が高いと考えられる。

生理学的反応を用いたストレス評価の研究の代表的なものに、交感神経および副交感神経の 2 つの自律神経系から影響を受ける心拍を用いた研究があげられる [8] [9] [10]。心拍からのストレス評価では、交感神経活動の時変特性をリアルタイムに評価できることや、副交感神経の状態変化を推定できることが報告されている [11]。

しかしながら心拍変動から自律神経系の評価を行うには、5 分以上の測定を必要とし瞬時の測定が困難である。また心拍変動は呼吸に由来する RSA (呼吸性洞性不整脈) の影響を受けてしまうため、より正確なストレスの測定を行うには呼吸周期の測定も同時に行わなければならない [12]。

一方で、より応答性が高い生理学的ストレス評価として、自律神経系に反応する唾液アミラーゼ活性を用いた研究も代表的である [13]。山口らの研究 [14]では、不快な刺激では唾液アミラーゼ活性が上昇し、快適な刺激では逆に低下することを見出し、唾液アミラーゼ活性によって快適と不快を判別できる可能性があることを示している。

しかし、これらの生理学的反応を用いた研究では質問紙による主観評価との相関がみられないという例も報告されている。これは、ストレスの認知的な評価が、生体反応と直結しないことを示唆している。

Lazarus らはライフイベントなどのストレスに

対して、「コーピング（ストレス対処）」を媒介して認知的評価が行われることをストレスコーピング理論として示している[15]。これは人がストレスを受けると、そのストレスに対して一次評価と二次評価という2つの評価プロセスを踏むというものである。一次評価は、受けたストレスが自分にとって脅威であるかどうかを判断するプロセスであり、その判断基準には、個人の価値観や信念、考え方が大きく影響するとされている。二次評価は、一次評価において脅威であると判断されたストレスに対してどう対処すべきか、自分にどの選択肢があるか判断するプロセスである。これら2つの評価プロセスをストレス反応モデルとすることで、生理学的反応と主観評価に一貫した説明が可能になると考えられる。

以上のことから、本論文では、ストレス対処能力を考慮した生理学的反応と主観評価の関係の調査を行う。生理学的反応の測定には応答性の点から唾液アミラーゼ活性を用い、日常的なストレス管理を想定し、ストレスには「計算課題」、「対話」、「歩行」、「走行」の4つの刺激を日常的行動として採用する。調査では、健常な被験者15名の唾液アミラーゼ活性および2種類の質問紙によるストレス測定を行い、ストレス対処能力の調査結果により被験者を分類し、唾液

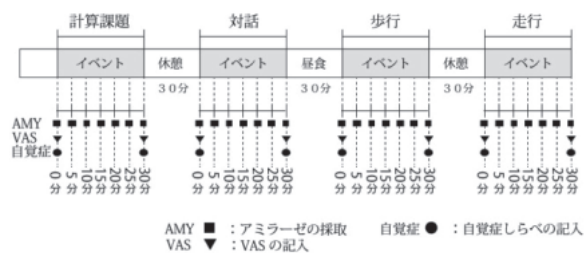


図 1 実験の流れ

アミラーゼ活性と主観評価の分析を行った。

対象と方法

被験者

被験者はいずれも健康状態がよい大学生 15 名を対象とした。そのうち男性 12 名、女性 3 名であり、平均年齢は 21.5 歳であった。被験者には事前に口頭及び書面において十分に趣旨の説明をしたのちに、実験参加の了解、同意を書面において得た。

実験プロトコル

実験の最初に事前調査により、ストレス対処能力を調べた。その後「計算課題」、「対話」、「歩行」、「走行」イベントを 30 分ずつ、イベント間では 30 分の休憩を挟みながら行った。それぞれのイベントの前後に 2 種類のアンケートを用いて、イベントによるストレスの主観評価を調べた。またイベント中、5 分おきに唾液アミラーゼを採取・測定を行い、その推移を調べた(図 1)。

実験は、外気温や屋外環境から受ける影響をアミラーゼ活性に与えないよう全て室内環境で実施した。また室内は 20 度から 26 度に保たれており、唾液アミラーゼ活性の温度特性は考慮されている。日常生活において頻繁に起こる事象を、計算課題（デスクワーク）、

表 1 疲労訴え項目

疲労感の類別	疲労訴え項目				
ねむい	ねむい	横になりたい	あくびが出る	やる気が乏しい	全身がだるい
不安定感	不安な感じがする	憂鬱な気分	落ち着かない	いらいらする	考えがまとまらない
不快感	頭がいたい	頭が重い	気分が悪い	頭がぼんやりする	めまいがする
だるさ感	腕がだるい	腰がいたい	手や指が痛い	足がだるい	肩がこる
ぼやけ感	目がしょぼつく	目が疲れる	目が乾く	ものがぼやける	目が痛い

表 2 事前ストレスアンケート項目

項目番号	質問項目	項目番号	質問項目
1.	眠れない、寝つきが悪い、夜中に目が覚める。	9.	身体が緊張しやすい。
2.	嫌な夢や怖い夢を見る。	10.	自分を責める。自分のせいで悪いことが起きたと思う。
3.	気分が沈む。	11.	思い出さたくないのに、嫌なことを思い出す。
4.	小さな音でもびくっとする。	12.	食欲がない。
5.	人と話す気がならない。	13.	物事（勉強など）に集中できない。
6.	いらいらしやすい。	14.	頭やお腹が痛い。
7.	気持ちが同様にしやすい。落ち着かない。	15.	何か不安だ。
8.	嫌なことを思い出せる場所や、物事避ける。		

対話、歩行、走行として定義し、それら4つのイベントに対してアミラーゼ採取と主観評価のためのアンケートを行なった。計算課題は、3桁かける3桁の計算を被験者に解いてもらった。その際、最低70問を解くよう指示を行った。対話においては、予め質問を用意し、イベント中に対話が途切れないよう設定した。歩行、走行イベントはトレッドミルを用いて行い、歩行に関しては時速4 km/h、走行に関しては時速7 km/hと設定した。各イベントは負荷がかかるよう、それぞれ30分間ずつ行ってもらい、イベント間には30分の休憩を挟んだ。唾液アミラーゼの採取は、イベントにおいて5分毎の採取を行い、ひとつのイベントにつき6回の採取を行った。主観評価のためのアンケートは、イベント開始前とイベント終了後の2回実施した。なおイベントの順番は、計算課題、対話、歩行、走行の順で実験を行った。

唾液アミラーゼ活性

唾液アミラーゼ活性値の測定には、唾液アミラーゼモニター（ニプロ株式会社）、専用唾液採取シートおよびホルダーを用いた[16]。チップの先端を口に含み唾液採取部を舌下に入れて30秒ほどかけて直接唾液を採取する。その後シートをホルダーの中にしまい、本体にセットすることで、自動的にスイッチが入る。ディスプレイの指示に従い転写レバーを操作すると、唾液が転写される。転写時間は10秒間で、終了を示すディスプレイの指示に従い転写レバーを元に戻す。その直後、唾液中のアミラーゼがチップの試験紙に含まれるα-2-クロロ-4-ニトロフェニル-ガラクトピラノシルマルチサイド（Gal-G2-CNP）を加水分解し、2-クロロ-4-ニトロフェノール（CNP）を生成する。生成したCNPによる試験紙の反射光強度変化を本体で測定しアミラーゼ活性値に換算されディスプレイに表示される。唾液採取、転写と測定の計1分ほどで唾液アミラーゼ活性を分析できる。

主観評価とストレス対処能力の類別

主観評価には、以下3つの質問紙を用いて行い、被験者のストレス対処能力の類別は事前ストレスアンケートを用いて行った。

- 自覚症しらべ
- 事前ストレスアンケート

VAS (Visual Analogue Scale) 検査とは、日本疲労学会から出ている、水平な直線上に印で示すことで疲労感の測定を目的とする検査のことである[17]。左端を「これまで経験したことのないような、疲れを全く感じない最良の感覚」、右端を「これまで経験したことのないような、何もできないほど疲れきった最悪の感覚」として、その時感じている疲労感を 6cm の線上に印で示してもらった。その後、左端から×までの距離を計測し、疲労感を評価する。

自覚症しらべとは、日本産業衛生学会産業疲労研究会から出ている、作業に伴う疲労状況の経時的変化をとらえることを目的とした調査表である[18]。「頭がおもい」、「いらいらする」などの全 25 項目から成り、それぞれに対して 1「まったくあてはまらない」～5「非常によくあてはまる」の 5 段階のうちから該当するものに印をつけてもらう仕組みである。25 項目は「ねむけ感」、「不安定感」、「不快感」、「だるさ感」、「ぼやけ感」の 5 群に分かれ、群別に合計スコアを求め疲労状況の評価する(表 1)。またイベントを行う前に、被験者のストレス対処能力を測る為、事前ストレスアンケートとして以下の質問からストレス対処能力の群分けを行った(表 2)。

データの正規化および変化量の定義

唾液アミラーゼ活性値には、個人差の影響が考えられるため、先行研究で有用とされた評価手法を用いて[19]、被験者毎に次式(1)から正規化を行った。

AMY_min と AMY_max は、それぞれ被験者毎の全イベントの最小値、最大値を表す。

式 1 アミラーゼ正規化

$$Amy_{normal} = 1 + 4 * \frac{Amy - Amy_{min}}{Amy_{max} - Amy_{min}}$$

また VAS もストレスに対する評価に差が生じるため、被験者毎に次式を用いて正規化を行った。これらの正規化された値を用いて変化量および相関関係を求めた。

式 2 VAS 正規化の式

$$VAS_{normal} = 4 * \frac{VAS}{6} + 1$$

各被験者のアミラーゼ活性値の変化量は、被験者のアミラーゼ活性最小値を安静値としてみなして、次式で求めた。

式 3 アミラーゼ活性値変化量の式

$$Amy_{change} = \text{各イベントの最大値の平均} - Amy_{min}$$

結果と考察

唾液アミラーゼ活性値によるストレス評価

すべてのイベントにおいて唾液アミラーゼ活性値は増加した(図 2)。変化量が大きかったのは、走行(2.19 kU/L)、計算課題(2.13 kU/L)である。

走行と計算課題で同程度の唾液アミラーゼ活性値変化量が観察された。この 2 つのイベントは行動系と非行動系で全く違うイベントである。このことから被験者が受けたストレスは違う種類と考えられ、唾液アミラーゼ活性値は様々なストレスの種類に反応することが確認された。

また、計測した被験者 15 名の唾液アミラーゼ活性値

は、最小値 14~35[kU/L]、最大値 29~178[kU/L]の範囲であることから、唾液アミラーゼ活性値は個人差が大きいことが確認され、これまでの研究と一致する結果となった。

アンケートによるストレス評価

VAS と自覚症しらべによるイベント前後の疲労度調査を行った。VAS のイベント前後の変化量を調べたところ、対話が減少(-0.027cm)し、それ以外のイベントは全て増加を示した(図 3)。最も変化量が大きかったのは歩行(0.86cm)で、次に走行が高い変化量を示した。このことから被験者が感じる総合的な疲労は、肉体的疲労が強いと考えられる。

次にそれぞれのイベント前後の疲労度を詳細に知るために 25 項目の質問からなる自覚症しらべを用いて調査を行った(図 4)。歩行に関しては、「ねむけ感」、「不安定感」、「不快感」、「だるさ感」、「ぼやけ感」、これら全てのカテゴリで増加を示し、対話に関しては全てのカテゴリで減少を示した。残り 2 つのイベントでは増加と減少両方が観察された。この自覚症しらべの結果から、イベント全てが被験者にとって悪影響を与えていないこと、または 1 つのイベントから好影響、悪影響同時に受けていることが分かった。また、対話は被験者にとってストレスを軽減させるイベントではないかと考えられる。そして、歩行と走行は同じ肉体を使ったイベントであっても、必ずしも同じストレスサーではないことが分かった。被験者によっては走行を軽い酸素運動と捉え、それが良い刺激となっている可能性が示唆された。

2 つの主観評価から、イベント毎の被験者に与えるストレス度合いとストレスの種類が分かった。また唾液アミラーゼ活性値変化量と VAS 変化量、自覚症しらべ変化量を比較することで、生理学的指標から得たストレス評価と主観評価から得たストレス評価は必ずしも一致しないことがわかった。また、VAS と自覚症しらべによるストレスの主観評価も唾液アミラーゼ活性値と同様、ストレスの感じ方の個人差から被験者によってばらつきが大きくなってしまっていることが分かった。そこで被験者のストレス対処能力を考慮して、唾液アミラーゼ活性値と主観評価の関係性を調べることにした。

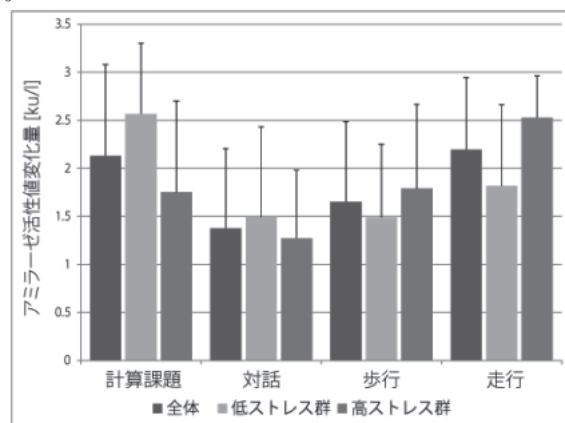


図 2 イベント毎の唾液アミラーゼ活性値変化量

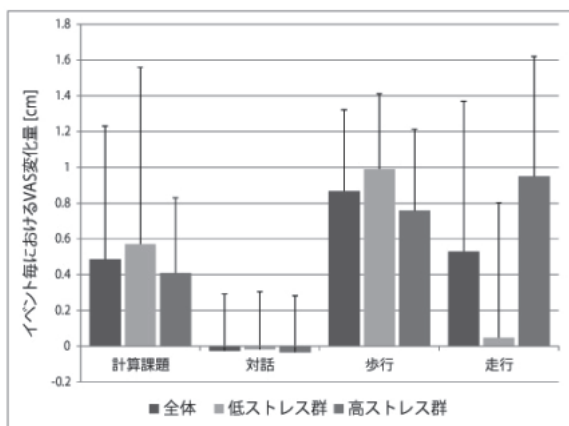


図 3 イベント毎における VAS 変化量

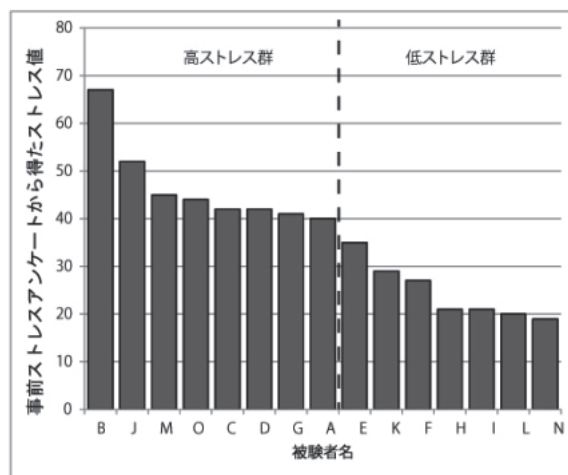


図 5 被験者毎の事前ストレスアンケート結果

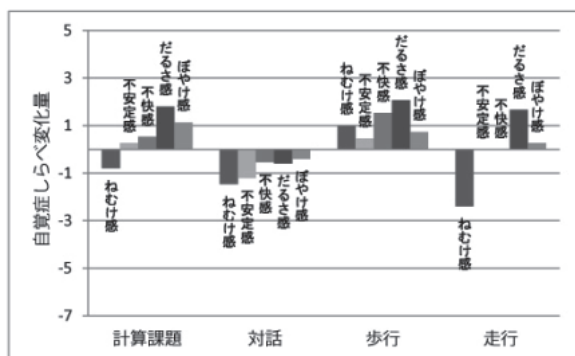


図 4 イベント毎における自覚症しらべの変化量

ストレス対処能力の調査とストレス群の定義

事前にストレス対処能力に関するアンケートを行い、被験者の分類を行った(図 5)。村上らの報告[20]では2種類のストレスアンケートを用いることで、被験者の分類を行っている。その結果、あるストレスアンケートの項目では、高ストレス群においてアミラーゼと主観評価との間に関係性が確認され、ストレス対処能力を考慮した被験者の分類は有用であることが確認されている。本研究でのアンケート結果は、最小値 19、最大値 67 と被験者によってばらつきのある結果となった。偏差値 50 以上の被験者を高ストレス群、偏差値 50 未満の被験者を低ストレス群として分類した。高ストレス群の被験者はストレスに対して敏感に反応する群で、ストレス対処能力としては耐性が低い群となる。一方で低ストレス群の被験者は、あまりストレスに対して敏感に反応しない群で、ストレス対処能力としては高い群になると定義した。次にストレス群別のストレス評価を行う。

ストレス群別のストレス評価

ストレス群に分け、イベント毎の唾液アミラーゼ活性値変化量と VAS・自覚症しらべによる主観評価の変化量を見てみる。高ストレス群の被験者の唾液アミラーゼ活性は走行において高い値を示している(図 2)のに対して、低ストレス群の被験者は計算課題に対して高い値を示している(図 2)。それ以外のイベントは両群に大きな差が見られない。被験者全体でみた場合とストレス群別でみた場合との比較から、高ストレス群は歩行、走行の行動系イベント、低ストレス群は計算課題に唾液アミラーゼ活性は反応しやすいことが観察された。

高ストレス群の VAS 変化量は、唾液アミラーゼ活性値と同様に走行が最も大きい変化量を示している(図 3)。次いで歩行が大きい変化量を示しており、やはり行動系イベントに対して反応を示している。低ストレス群の VAS 変化量(図 3) は、唾液アミラーゼ活性が計算課題に対して敏感に反応しているのに対して、大きく変化していない。自覚症しらべ変化量の違いからは、群によってストレスの捉え方が違うことが観察された。例えば走行において、高ストレス群はだるさ感が大きく上昇しているのに対して(図 6)、低ストレス群はねむけ感が大きく減少している(図 7)。また計算課題では、高ストレス群のねむけ感が大きく減少しているのに対し、低ストレス群は増加している。

以上のことから高ストレス群は、生理学的指標・主観どちらからの評価も肉体的疲労をストレスとして認知しやすく、またストレスの影響を受け易いことが分かった。一方で、低ストレス群は生理学的指標からの評価と主観からの評価が一致しないこと、肉体的疲労をストレスとして認知しにくいなど、ストレス対処能力が高いことが推測される。

次に唾液アミラーゼ活性値と主観評価によるストレス尺度の相関関係を調べ、上記の推測の是非を確認した。

相関関係の調査

正規化された唾液アミラーゼ活性の最大値 3 点の平均をイベント後のストレス値とし、イベント後の主観評価との関係を調べた(表 3)。まず、正規化された唾

液アミラーゼ活性値と VAS の相関関係について。ストレス群別に分けずに全体で評価を行った場合には相関を示すイベントはなかった。これはストレス対処能力を考慮しない結果は、ばらつきが大きいとの予想に一致する。高ストレス群と低ストレス群に分けた場合の相関関係を求めた。計算課題と対話の非行動系のイベントにおいて正の相関と負の相関で大きく別れた。VAS という疲労度尺度の項目において反応していることから、高ストレス群は肉体的疲労に対して反応しやすいという推測が正しいことが分かる。最も体を動かす「走行」が唾液アミラーゼ活性との相関を示していないが、被験者 A の外れ値を除外すれば相関係数が 0.5 となることが確認された。また、低ストレス群では負の相関が多く見られる結果となり、ストレス対処能力が高いことが観察された。

次に唾液アミラーゼ活性値と自覚症しらべの相関関係を求めた(表 3)。全体で評価を行った場合、対話における「ぼやけ感」、走行における「不快感」と「ぼやけ感」が相関を示したが、それ以外の項目では相関関係は見られなかった。VAS と同様、ストレス対処能力を考慮しない結果は、ばらつきが大きいとの予想に一致した。ストレス群別に相関関係を求めると、高ストレス群では計算課題と走行において、肉体的疲労を表す「だるさ感」、「ぼやけ感」の相関が観察され、高ストレス群は肉体的疲労を受けやすいという仮説に一致することが分かった。また低ストレス群では、走行以外のイベントにおいて、弱い負の相関または中程度の負の相

表 3 アミラーゼ活性値と自覚症しらべ及び VAS の相関関係

	アミラーゼ活性値と自覚症しらべ及び VAS の相関関係					
	計算課題			対話		
	全体	低ストレス群	高ストレス群	全体	低ストレス群	高ストレス群
ねむけ	0.212	-0.300	0.400	0.010	0.141	-0.329
不安定	-0.036	-0.429	0.415	-0.296	-0.486	-0.033
不快	0.189	-0.171	0.397	-0.297	-0.429	-0.105
だるさ	0.378	-0.157	0.737	-0.295	-0.466	-0.186
ぼやけ	0.386	0.224	0.447	0.455	0.674	-0.208
VAS	0.086	-0.551	0.540	0.051	-0.440	0.605

	歩行			走行		
	全体	低ストレス群	高ストレス群	全体	低ストレス群	高ストレス群
ねむけ	-0.011	0.072	0.003	0.282	0.311	0.423
不安定	0.006	-0.267	0.276	0.091	0.088	0.356
不快	-0.007	0.074	0.193	0.371	0.605	0.390
だるさ	-0.186	-0.324	-0.065	0.232	0.208	0.546
ぼやけ	0.052	0.158	0.004	0.332	0.579	0.402
VAS	0.166	0.198	0.346	0.258	0.375	0.018

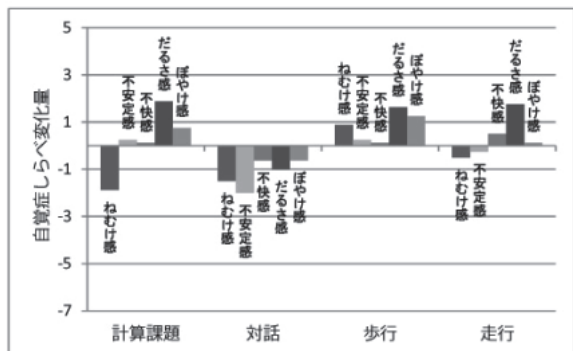


図 6 高ストレス群の自覚症しらべ変化量

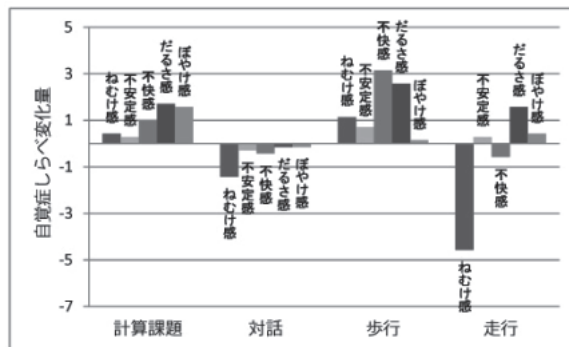


図 7 低ストレス群の自覚症しらべ変化量

関が観察された。つまり生理学的指標からの評価と主観からの評価が対応しないため、低ストレス群はストレスに対する耐性が強いという仮説と一致することが分かった。

次に生理学的指標からのストレス評価と主観評価からの認知評価との対応がある正の相関関係があるものを取り上げ、イベントから受けるストレスの種類の分類を行った。その結果、低ストレス群では、対話における「ぼやけ感」、走行における「不快感」と「ぼやけ感」が、高ストレス群では計算課題における「不安定感」、「だるさ感」、「ぼやけ感」、走行における「ねむけ感」、「だるさ感」、「ぼやけ感」がそれぞれ抽出された。この事は、唾液アミラーゼ活性から推測できる人間の主観的ストレスに成り得る可能性を示した。

結論

本稿では、ストレス対処能力を考慮した生理学的反応と主観評価の関係について議論をおこなった。唾液アミラーゼ活性と主観評価により日常的行動によるストレスを測定し、唾液アミラーゼ活性と主観評価の比較と検討を行った。

15名の被験者による調査・分析の結果、唾液アミラーゼ活性はすべてのイベントにおいて増加傾向を示した。しかし、主観評価にはばらつきがあり、個人によってイベントの捉え方が違うことが確認された。そこで、ストレス対処能力による類型化を行ったところ、唾液アミラーゼ活性と主観評価の整合性を確認した。高ストレス群において唾液アミラーゼ活性と主観評価に正の相関がみられ一方、低ストレス群においては無相関、負の相関がみられた。

以上のことから、生理学的反応が同様でも、認知的なフィードバックを介在することで、個人の主観的な評価が変わってくることを推測される。本実験では、ストレス対処能力群によって認知的なフィードバックが異なることを確認した。

今後、より多くの被験者により統計的な仮説検定を行いたい。またストレスとストレス対処能力の分類を詳細化し、より精緻な関係調査も今後の課題である。本研究成果とライフログ技術を組み合わせることで、日常生活で蓄積されるストレスの自動的な定量化を試みたい。

謝辞

本研究への助言、測定機器の支援をしてくださった(株)現代自動車日本技術研究所の岡本直樹様、また被験者として実験に協力してくださった大学生の皆様

に謝意を表します。

文 献

- [1] 中里 克治,水口,"公信,新しい不安尺度 STAI 日本版の作成 : 女性を対象とした成績",心身医学 22(2), 107-112, 1982-04-01
- [2] 野村忍,"新しいストレス評価質問紙法(生活健康調査票)の信頼性と妥当性に関する研究",1996
- [3] Donald A Redelmeiera,Daniel Kahnemanc,"Patients' memories of painful medical treatments: real-time and retrospective evaluations of two minimally invasive procedures",Pain Volume 66, Issue 1, July 1996, Pages 3-8
- [4] 山口 昌樹,"唾液マーカーでストレスを測る",日本薬理学雑誌,Vol, 129 (2007) No, 2 P 80-84
- [5] 中林 美奈子,鈴木 麻希,柴田 佳奈子,寺村 一孝,山口 昌樹,成瀬 優知,篠原,"唾液アミラーゼと首尾一貫感覚(SOC)との関連 : ストレス対処能力の指標",日本生理人類学会誌 14(3), 109-116, 2009-08-25,日本生理人類学会
- [6] 井澤 修平,城月 健太郎,菅谷 渚,小川 奈美子,鈴木 克彦,野村忍,"唾液を用いたストレス評価一採取及び測定手順と各唾液中物質の特徴一",日本補完代替医療学会誌 Vol, 4 (2007) No, 3 P 91-101
- [7] 曾我,知絵,"ストレス評価のための感情による生理学的反応に関する研究",九州工業大学博士学位論文 学位記番号:生工博甲第 135 号 学位授与年月日:平成 22 年 3 月 24 日
- [8] 石橋 富和,大谷 璋,三浦 武夫,"精神負担の指標としての心拍数",産業医学 10(7), 377-379, 1968-07-20
- [9] 阿部 喜,宮武秀樹,小栗宏次,"心拍変動を用いた運転行動モデルの切替による運転行動予測",電子情報通信学会論文誌,Vol,J91-A,No,1,pp,78-86,2008,1
- [10] 高田 晴子,高田 幹夫,金山 愛,"心拍変動周波数解析の LF 成分・HF 成分と心拍変動係数の意義 : 加速度脈波測定システムによる自律神経機能評価",総合健診 = Health evaluation and promotion 32(6), 504-512, 2005-11-10
- [11] 松村雄一,栗田裕,西小路拓也,"心拍の呼吸性変動を用いた機械操作時の一過性ストレスのオンライン推定法(仰臥位での暗算課題を用いた推定精度の検証)",日本機械学会論文集 C 編 巻 : 70 号 : 689 ページ : 200-206
- [12] 松本佳昭,森信彰,三田尻涼,江鐘偉,"心拍揺らぎによる精神的ストレス評価法に関する研究",ライフサポート = / the Society of Life Support Technology [編] 22(3), 105-111, 2010-09-05 ライフサポート学会
- [13] 田中 喜秀,脇田 慎一"ストレスと疲労のバイオマーカー",日本薬理学雑誌 = Folia pharmacologica Japonica 137(4), 185-188, 2011-04-01
- [14] 金丸正史,金森貴裕,山口昌樹,吉田博,水野康文 "唾液アミラーゼ活性によるジェットコースターの感性評価" 信学技報 TECHNICAL,REPORT OF IEICE, ONE2003-24(2003-06)
- [15] 齊藤 瑞希,菅原 正和,"ストレスとストレスコーピングの実行性と志向性(I)",岩手大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要 6, 231-243, 2007-00-00
- [16] 山口 昌樹,花輪 尚子,吉田 博"唾液アミラーゼ式交感神経モニタの基礎的性能",生体医工学 : 日本エム・イー学会誌 45(2), 161-168, 2007-06-10
- [17] 門倉光隆,野中誠,伊谷野克佳,柴田雅彦,高場利博," Visual analog scale(VAS)を用いた術後呼吸困難感の評価"日本呼吸器外科学会雑誌 14(7), 785-790, 2000-11-15
- [18] 久保智英,城 憲秀,武山英麿,榎原 毅,井上辰樹,高西敏正,荒薦優子,村崎元五,井谷徹 "「自覚症しらべ」による連続夜勤時の疲労感の表出パターンの検討" 産衛誌 2008; 50: 133-144
- [19] 東朋幸,山口昌樹,出口満生,若杉純一,水野康文 "唾液アミラーゼ活性を利用した交感神経活動モニタと運転ストレス評価" 信学技報 TECHNICAL,REPORT OF IEICE, ONE2004-110(2004-12)
- [20] 村上満,田原祐助,竹田一則,山口昌樹 "唾液アミラーゼ活性は中学生の心身ストレスの指標になり得るか" 生体医工学 47(2):166-171,2009

スマートフォンを用いた視聴コンテンツ判定のための 音量、光量の特徴分析

斎藤 松汰¹ 岩井将行¹

¹ 東京電機大学未来科学部情報メディア学科 〒120-8551 住所東京都足立区千住旭町 5

概要

スマートフォンでは検索履歴、位置情報から状態、趣味を予測して適切な情報を選択し表示している。このようにユーザの状態や趣味に応じたプロファイリングを行い、より適切な情報を表示することが求められている。予測するための元となる情報は、収集されている情報のみとなっている。これに対して、ユーザが音楽コンテンツ、PCで閲覧している動画コンテンツなどの提供者から不明確な状態の情報を加えることで、より最適な情報の選択表示が可能となる。本研究では、音の抑揚と光量の変化をスマートフォンのマイク及び光量センサーを用いて調査し、映像コンテンツ判定の方法についての提案と実装を行う。

序論

スマートフォンを用いたセンシングについて

スマートフォンには様々なセンシング機能が備わっている。加速度、気圧、方位、音、光、GPS、傾き、標高など多くのデータを計測することが可能である。その機能を利用したアプリなどが開発されている。ユーザは、様々な場所にいるため、多くの場所におけるデータの収集が可能であり、多様な種類のデータが得られる。

関連研究

音楽、歌声などの音波形に関する研究が従来から盛んに行われており、学術的な観点からだけでなく、産業応用的な観点からも注目を集めている。例えば、歌声は通常の音声よりもはるかに変動が大きく、歌声と相互に関連し合う伴奏音も大きな音量で含まれている。歌声は、[1]オーバーシュート、ビブラート、プレパレーション、微細変動の4種類に歌唱者に依存せず含まれており歌声の基本周波数の軌跡により分割することが可能である。この技術を応用し、歌唱力向上支援、音声合成システムの研究が行われている。

スマートフォンによる音量、光量の取得

音量、光量データの取得の実験内容

取得したデータから音圧を計算し、その音圧の変化を音の抑揚とし、その特徴分析を行う。同様に音、光量に特徴分析も行う。映像コンテンツにしたのは、同コンテンツで同一音、映像であり同データ、違データとの相関が明確に表すことができると予想したためである。

実証方法は、目的マスターデータと同一コンテンツのテストデータのみ相関値が高くなる方法を考える。15種類の映像コンテンツの音の抑揚と光量の変化のデータをスマートフォンにより計測し比較を行う。映像コンテンツが流れる画面から1m、2mと距離を変えて計測を行う。その目的は、距離により情報の欠落がどの程度あるかを判断し、マッチングの精度を推定するためである。

スマートフォンによる取得データ

15種類の映像コンテンツの種類、距離で取得した音の抑揚と光量の変化のデータをグラフ化を行い、目視でのデータの類似度は高いので、スマートフォンによる映像コンテンツ判定は可能である。

同一映像コンテンツにおける同一距離、異なる距離での音の抑揚の相関係数を求めたところ、 $\text{cor}=0$ 。3723457などの低い相関値となった。また、光量の変

化も、同様に計算したところ相関値が低い値となってしまった。これは、波形の形状は似ているが、距離による減衰、時間軸の差異によって低い値になってしまったと考えられる。そのため、時間軸が異なっても同一形状であれば相関値が高くなるアルゴリズムを考える必要がある。

特徴分析のためのアルゴリズム推測

距離による音圧レベルの減衰は次式で求められる。

$$Lp2 = Lp1 - 20 \log_{10} \frac{r2}{r1} \quad \dots (1)$$

$Lp1$: 観測地点 $r1$ の音圧レベル [dB]

$Lp2$: 求めたい地点 $r2$ の音圧レベル [dB]

$r1$: 音源と受音点の距離 [m]

$r2$: 求めたい騒測地点の距離 [m]

したがって、1m 地点($r1$)に比べ 2m 地点($r2$)での減衰は

$$Lp2 = Lp1 - 6.0206 \text{ [dB]} \quad \dots (2)$$

となり、1m 地点に比べ 2m 地点の音圧は継続して 6.0206 [dB] 低くることが分かる。

また、距離による光の減衰は次式で求められる。[3]

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2} \quad \dots (3)$$

i_1 : 観測地点 $r1$ の音圧レベル [lux]

i_2 : 求めたい地点 $r2$ の音圧レベル [lux]

d_1 : 光源と受光点の距離 [m]

d_2 : 求めたい騒測地点の距離 [m]

したがって、1m 地点(d_1)と 2m(d_2)での光量あ比較は

$$i_2 = \frac{1}{4} i_1 \text{ [lux]} \quad \dots (4)$$

となり、2m 地点の音圧は継続して 1m 地点の $\frac{1}{4}$ の値になることが分かる。

以上から、音量、光量の両データは距離によって値が減衰されるので、それを考慮した判定ためアルゴリズムを考えるべきである。なので、波形の特徴の類似性により相関値を決めるアルゴリズムで分析を行う。

映像コンテンツ判定のための特徴分析

特徴分析アルゴリズム

特徴分析アルゴリズムにコヒーレンスを用いる。

コヒーレンスとは、波形同士の干渉のしやすさを表す。干渉とは、複数の波を重ね合わせるとき、波が打ち消し合ったり強め合ったりすることである。例えば、太平洋赤道上の2点で計測された流速の時系列データを比べるとき、コヒーレンスを用いると流速の時系列デ

ータは長周期の変動では相関が高く、短周期の変動では相関が低くなつことを知ることができ、流速の特徴分析ができる。よって、コヒーレンスはそれぞれの周波数の波形の変動がどれくらい相関かを定量的に計ることができる。一般式は、フーリエ周波数成分の相関係数に相当し以下の式で表され $0 \leq \text{coh}^2(\omega) \leq 1$ を満たされる。[4]

$$\text{coh}^2(\omega) = \frac{|S_{xy}(\omega)|^2}{S_{xx}(\omega)S_{yy}(\omega)} \quad \dots(4)$$

つまり、コヒーレンスは、二組の時系列データの関連密度をそれぞれのサンプリング周波数で値を0から1の間で返し、値が1に近いほどその周波数で相関が強いことを示す。

コヒーレンスを用いた音量、光量の特徴分析

スマートフォンにより取得した音量をコヒーレンスにより計算したところ図1になった。図1の同一映像コンテンツ比較は、短周波数の相関が高く平均0.8を超えてくる、一方長周波数は相関が低い。この方法では音量は長周波の雑音に対しては強く、マッチングに影響を及ぼさないことが分かる。同様に、光量を計算を行い図2のようになった。光も短周波数の相関が高く、長周波数は相関が低い。

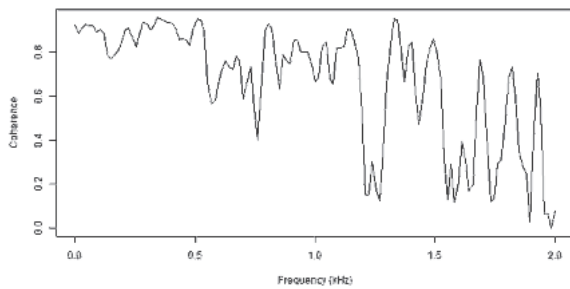


図1.音量のコヒーレンス図

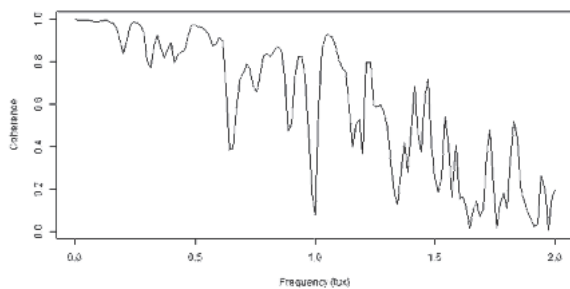


図2.光量のコヒーレンス図

コヒーレンスを用いた音量、光量の評価

音量、光量それぞれのコヒーレンス線分の積分を求めたところ表1のようになった。音量、光量の両データで同一コンテンツ、異種コンテンツにおいて有意差が表れる結果となった。において有意差が表れる結果となった。同様に、異なる距離同士も求めたところ表2のようになった。光量の方が距離による減衰が少ない。

しかし、両アルゴリズムにおいて距離の変化により減衰がみられるため、遠距離において映像コンテンツのマッチング精度が著しく下がると考えられる。

	同種コンテンツ	異種コンテンツ
音量	84.66969	31.47676
光量	82.08225	38.22343

表1 映像コンテンツそれぞれの種類による積分値

	同一距離	異なる距離
音量	84.66969	61.59588
光量	82.08225	73.9339

表2 映像コンテンツそれぞれの距離による積分値
音量、光量データによる映像コンテンツ判定方法提案

映像コンテンツ判定に音量、光量それぞれのデータでマッチングが可能であるとわかった。映像コンテンツ判定の値をそれぞれの音量、光量データのコヒーレンス積分値のユークリッド距離とする。その時の周りの状況によりデータの信頼性が変わり、あるシチュエーションでは有意差が出ない場合があるからである。ユークリッド距離の判定値ならば片方のコヒーレンス積分値が高ければ、判定値が高くなる

おわりに

本稿では、映像コンテンツ判定を音量、光量に着目し、時系列データ間の関連を表すコヒーレンスを用いて、特徴分析を行った。提案手法を評価するため、コヒーレンス線分の積分によりそれぞれの場合の値の算出を行った。その結果、コヒーレンスにより映像コンテンツの判定に音量、光量の両データが使用可能ということがわかった。

今後は、マーケティングと結び付けられているアプリの開発を行っていく。また、様々なシチュエーションによる判定値の変動を実験により調べ、より最適な方法がないか模索している。

謝辞

本研究は H25 科研費若手研究(A)(代表者:岩井将行、課題番号:25700007) の一部により行われている。

参考文献

- [1] 後藤真孝、平 田圭二：“音楽情報処理の最近の研究”日本音響学会誌 60 卷 11 号 pp. 675-681 (2004)
- [2] “Sound Attenuation” (<http://www.silex.com/pdfs/sound%20attenuation.pdf>)
- [3] Fletcher Dunn、Lan Parberry：“ゲーム 3D 数学”
- [4] 辻 義之、田中宏彦、大野 哲 靖：相関とスペクトル解析

日常行動における歩行と昇降が心拍と歩数へ与える影響の調査

中田貴大¹ 岩井将行¹

¹ 東京電機大学未来科学部情報メディア学科 〒120-8551 住所東京都足立区千住旭町5

概要

近年、健康に対する関心の高まりから、日常行動の記録をとり SNS(Social Networking Services) 上において[1] ライフログをシェアすることが多く見受けられる。また、Nike+、FuelBand、FITBIT、JawboneUP など数多くの製品が低価格で購入することができる。一方で、日常生活においては個人ごとに能力や体調が異なる。評価軸が歩数であった場合、能力を超えた運動を行ってしまう場合がある。また、他人とライフログを比較したさいに自身が考えていた運動量に差異があると不満を抱くことも考えられる。

本研究では歩行、運動状態、階段や坂道の昇降や勾配などが、どの程度心拍に影響を与えているのかライフログから解析する。個人ごとに自己のペースで快適にライフログの取得と分析・共有を行うことのできる指針を示す。

背景と目的：現在運動時に多く用いられているカロリーの指標や歩数計では、運動した時間が長ければ長いほどカロリー消費量や歩数が大きくなる。しかし、これらの指標は体にかかっている負担を考慮していないため、歩きすぎによるオーバーワークが生じてしまうことも起こりうる。さらに、SNS を用いて運動量をシェアするようなアプリケーションにおいて、カロリーや歩数が評価軸であった場合、身体に問題を抱えている人や運動を定期的に行うことができない人の参加を阻害してしまう。

そこで本研究では心拍に注目し、解析した情報からどんな状況下にある人たちでも参加できる新たな運動時の指標を提案する。

方法：実験は被験者4名に協力してもらった。普段歩くスピードで学校の周辺を自由に歩行してもらった。その際の、個人ごとの心臓にかかる負担、歩数、時間を計測した。計測には GARMIN 社の ForAthlete305 モデルを使用した。

ユーザ名	身長(m)	年齢	日常における運動
S1	166	22	有
U1	165	20	無
S2	168	22	有
U2	171	36	無

表1：被験者データ

結果：被験者の歩行計測結果を表2に示す。被験者ごとに歩くスピードや歩幅が異なるため、同じルートを歩行したが、時間、歩数に大きな違いが現れた。しかし心拍の値に関しては、スポーツを日常的に行っている人は心拍の値が低いところで変動し、また触れ幅が少ないことが確認できた。一方で、スポーツを行っていない人は心拍の値が高く、触れ幅も大きかった。さらに年齢が高い人ほど心拍の振れ幅が大きくなった。

ユーザ名	Max [bpm]	Min [bpm]	歩数	距離 [m]	時間 [s]
S1	122	102	841	648	405
U1	111	91	841	643	409
S2	92	68	925	613	453
U2	111	86	898	616	456

表2：実験結果まとめ

結論：今回は新規の指標の提案だけになってしまったが、さらに詳しく年齢、心拍の差におけるグラフの傾きを吟味することで正確な指標に近づけるのではないかと考えている。本研究の指標を用いることで年齢や運動量の差異を乗り越え SNS 上での競争・比較が活発に行われ、それに伴いより多くの人が健康のことを考慮すると確信する。

キーワード：ライフログ 心拍

昇降における運動量の変化

図1はスマートフォンの気圧センサを高度情報に変換し、歩行時と昇降時における運動量を視覚化した。図2はさらに加速度センサのノルムを各運動で計算した結果である。階段昇降は歩行時より大きな運動を行っていることが分かる。このようなスマートフォンで計測できる高低差や運動の種類によって身体にかかる負担が違うことに注目した。



図1：スマートフォンによる昇降の高低差

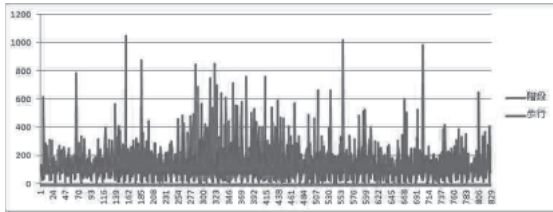


図2：歩行時と昇降時の加速度ノルムの差異

新規指標 GBS(Gap of Bpm Score)

歩行時の最小心拍と最大心拍との差から心臓にかかった負担をもとに年齢、歩行時間を考慮することで全ての人が同じ指標のもとで比べることができるGBS(Gap of Bpm Score)を提案する。

今回はその指標に(1)ロジスティック曲線を用いる。ロジスティック曲線は、運動時間が増えていけばどんな状況下の人でも最終的には同じ値に収束する。そのため、この指標を使うことで、SNS サイト上に自分のライフログを公開する際、あらゆる人が平等な指標で値を比較することが可能となると考えた。GBSは運動時間あたりの心拍の差をロジスティック曲線用い、そこから導き出された値を個人のポイントとする。このポイントを用いて、SNS 上で仲間うちや世界中の人たちとポイントを比較することを可能にした。他人とポイントを競い合うことで運動の継続を望めると考えた。

$$Y = \frac{100}{1 + a * be^{-c(time)}} \dots(1)$$

$$a = type, b = 100 - age, c = (MaxBpm) - (MinBpm)$$

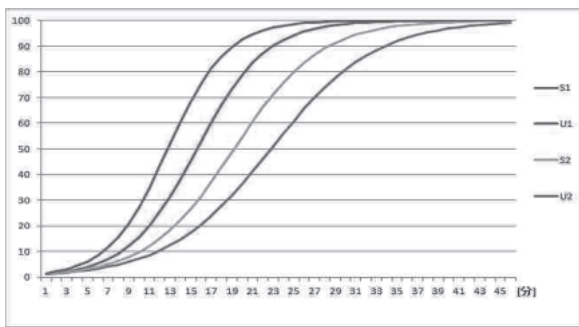


図3：提案する GBS 指標

今回の実験結果をロジスティック曲線に用いると図3 のようになる。心拍の差、年齢の高い人ほどグラフの立ち上がり早い。すなわち短い運動時間でも心臓に掛かる負担が大きいと考えた。一方で、心拍の差、年齢の低い人はグラフの立ち上がり遅い。また 45 分を連続運動の一つの目安と考えることにすると、年齢や心拍に関係なく同じ値に収束するため、参加者が同じ指標のもと比較されていることが確認できる。

文 献

- [1] 西山勇毅、米澤拓郎、中澤仁、徳田英幸：“チームの動機づけにおける個人の貢献度の可視化に関する一検討” 電子情報通信学会技術研究報告信学技報 Vol. 113 No. 38 pp233~239
- [2] 田部浩子、吉廣卓也、井上悦子、中川優：“生活習慣病予防のための競争意識を利用した歩行継続支援システム”情報知識学会誌 2011、Vol. 21、No. 1

- [3] 杉本淳、池添祐大、福田千晶、宮野佐年、鄭健錫、米本恭三、鈴木亨、稲田晴生：“万歩計・ホルター心電図同時記録による脳卒中活動量の評価”リハビリテーション医学 Vol. 30 No. 11 1993 年 11 月

若い学生の歩行の乱れの計測と1/f ゆらぎ解析

鶴岡 政子, 柴崎 亮介

東京大学・空間情報科学センター 〒153-8505 目黒区駒場 4-6-1 東京大学 生産技術研究所内

1. 概要 20 歳代の学生の中には、歩行が乱れ、腰痛、肩こりに悩んでいるものがある。彼らは、運動不足による筋肉量の低下のまま、重い荷物を持ち、アップテンポの激しい曲を聴きながら歩くなどの傾向がある。ウェアラブル・加速度センサによる歩行中の体重心ゆらぎを計測し、パワースペクトルを見ると、1/f ゆらぎ現象は乱れていたが、腹筋強化体操を1ヶ月継続、軽い荷物を持つ、モーツアルト曲を聴いた後では、1/f ゆらぎ現象が見られ歩行は改善され、腰痛肩こりも減少した。

キーワード： 加速度センサ, 歩行, 1/f ゆらぎ現象, パワースペクトル, モーツアルト

2. 背景と目的： 歩数計を携帯し、ウォーキングを楽しむ人は多い。1万歩の目標を達成しても、乱れた歩行姿勢では、関節に負担がかかり、腰痛、肩こりの原因となる。加速度センサを装着し、歩行の乱れを計測し、改善のため、モーツアルト音楽効果を調べた。

加速度変化のパワースペクトル分布を図 2. に示す。高周波になるほど、乱れは多く、1/f ゆらぎ現象は見られない、不安定なゆらぎ現象であった。

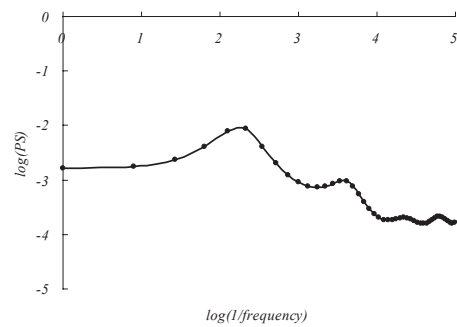


図 2 普通歩行のパワースペクトル分布 (乱れ.. 1/f ゆらぎ現象なし)

3. 方法： 歩数計内蔵の加速度センサ (サンプリング率 32 Hz) の時系列計測データを全て取り込めて、歩行中の体重心の動きを計測できる身体計測装置を作成し、身体の体重心近く、腰部後方中央部位へ幅広ベルトの上からマジックテープで固定装着した。助走と終わりの部分を除き、10 歩の歩数のゆらぎを計測した。20 歳代の大学生男 20 名、女 20 名合計 40 名を対象とし、普通歩行の場合とモーツアルト曲を聴きながらの場合と学生の好きなビートのきいた激しいポップス曲の 3 種類の歩行のゆらぎを比較した。自己回帰 (AR) モデルを用いたパワースペクトルを取り出し、安定した生体の状態を表す 1/f ゆらぎ現象を指標とした。

4. 結果:(1) 普通歩行の乱れ 約 80%の男女の被験者において、歩行中の身体のアンバランスが見られた。図 1 に示すように、加速度の変化は乱れており、加速度の高い山は脚を踏み出した直後で、加速度の小さい谷は床に着地した時である。歩幅は、ほぼ等間隔でリズムは良いが、着地も踏み出しの際の腰の動きの乱れが顕著であり、床の踏みだし後の乱れが現れており、体重心の動きがアンバランスであることがわかる。

(2) モーツアルト音楽効果 1/f 音楽として知られているモーツアルト曲の中より、学生になじみ深い、セレナーデ第 13 番 K.525 アイネ・クライネ・ナハトムジーク第 2 楽章を選曲し、歩行計測の 5 分前より音楽を聴き、計測中も聞きながら歩行を行なった。加速度変化のパワースペクトル分布を図 3. に示す。約 80%の被験者の歩行は、1/f ゆらぎ現象を示す結果となった。モーツアルト効果が見られた。

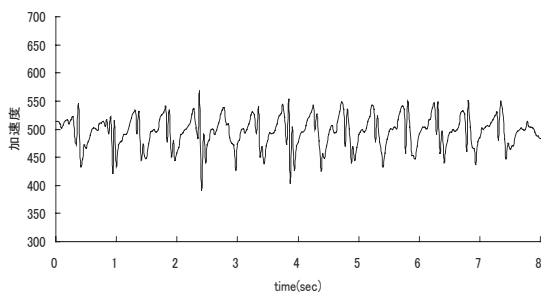


図 1. 普通歩行の乱れ (歩行中の体重心の加速度変化)

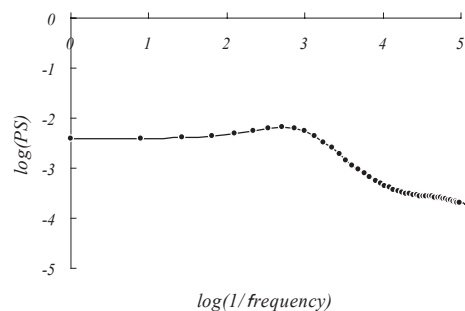


図 3 モーツアルト歩行のパワースペクトル分布 (安定.. 1/f ゆらぎ現象あり)

5. 考察： 歩行中の体重心の乱れは、すなわち、腰部に負担がかかっており、前の研究^{[1],[2]}において、腹筋背筋の強化エクササイズを1ヶ月行くと、歩行の乱れは改善され、 $1/f$ ゆらぎ現象が見られるようになった。

若い学生の日常生活では、運動不足やコンピュータワークなど同じ姿勢での作業も多く、思い荷物を持った歩行も多いため、腹筋や背筋が弱くなり、歩行の乱れの要因となっていると考えられる。

20歳台の若い学生は、心身ともに成長期であり、立位姿勢や歩行姿勢に乱れがめだつのはマイナス要因となる。身体の筋骨格系の働きを弱め、身体の左右、前後、上下の動きのアンバランスを生じ、力学的不均衡が進み、疲労や、腰痛、肩こりなど症状が出て、つらい日常を送っている。QOLを改善させる手法のひとつとして、歩行改善が大きな助けとなる。体操も時間がなくて行わない学生がほとんどであり、不適合な靴をはいている学生も多い。靴の不適合も、歩行の乱れを生み、腰痛を生む。

心理的なストレス負荷がある時の音楽療法に用いられるヒーリング音楽として扱われ、心拍、脳波へのモーツァルト効果を調べた研究がある。本研究では、身体の動きに、日常的な歩行の改善にも効果を期待して行った。図2と図3の結果から、歩行には $1/f$ ゆらぎモーツァルト曲効果が明確であることがわかった。

学生は、ビートの激しい、ロック音楽を好む傾向があるが、歩行は、さらに乱れてしまう。

安定した歩行を行い、身体の健康のためには、時に、モーツァルトの音楽を聴くこと良いことがわかった。腹筋背筋強化エクササイズを行うよりも手軽である。モーツァルトに限らず、バッハや、ポピュラー音楽にも $1/f$ 音楽は探すことが出来る。

6. 結論： 20歳台の若い成長期にこそ、正しい姿勢と正しい歩行姿勢を身につけるため、加速度センサ利用の身体動きの計測装置を用いて、各自が現在の状態を知り、改善策を立て、また、計測をして、改善されたかを知れば、自信へとつながる。

成長期の正しい生活習慣を身につけることは、将来迎える中高年齢になったときの身体の動きを円滑に、痛みのない楽しい日常生活を保障する。

文 献

- [1] Masako Tsuruoka, Yuriko Tsuruoka, Ryosuke Shibasaki, "Analysis of Factors Affecting Improvement of Walking Stability", Proc. of IEEE Int. Conf. on Systems, Man, Cybernetics, pp.916-921, 2009.
- [2] Masako Tsuruoka, Yuriko Tsuruoka, Ryosuke Shibasaki, "Analysis of $1/f$ Fluctuations of Walking Listening to Mozart's Music", Proc. of 23rd IEEE Int. Symp. on Computer-Based Medical Systems, pp. 62-65, 2010.

生体情報を用いた知的電動車いす搭乗者の乗り心地の評価

畑中啓佑¹ 新妻実保子¹

¹ 中央大学大学院理工学研究科 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27

概要

近年、知的電動車いすの乗り心地を向上させる研究が盛んになされている。しかし、これらの研究は乗り心地の評価を搭乗者のアンケート等の主観的評価に基づいており、客観的・定量的に評価しているものは少ない。そのため本研究では、生体センサとして脳波・心拍を用い搭乗者の乗り心地を定量的・客観的に評価した。その際、搭乗者の乗り心地を考慮した経路計画法として Field D*法を導入および速度制御法の改善を行った。そして、軌道計画手法として、軌道をオーバーシュートする制御法と軌道計画法としてスプライン補間を用いるものの2手法を提案し、搭乗者の乗り心地の向上を図った。乗り心地評価実験として、2手法によって実環境の走行実験を行った。実験結果より、被験者の自律移動に対する慣れの影響があり、生体情報に影響することが分かった。また、生体情報を用いた乗り心地評価では2手法において大きな差は得られなかった。この結果より、軌道計画法にスプライン補間を導入したことによる加減速回数の増加は、生体に与える影響は大きくないと考えられる。

キーワード： Smart Wheelchair, Path Planning, Biological Information

1.はじめに

近年、知的電動車いすの乗り心地を向上させる研究が盛んになされている。しかし、これらの研究は乗り心地の評価を搭乗者のアンケート等の主観的評価に基づいており、客観的・定量的に評価しているものは少ない。そのため本研究では、生体センサとして脳波・心拍を用い搭乗者の乗り心地を定量的・客観的に評価した。その際、搭乗者の乗り心地を考慮した経路計画法を導入および速度制御法の改善を行った。

2.乗り心地を考慮した軌道計画

搭乗者の乗り心地は、加減速時に引き起こされる体幹の揺れに起因する。よって、乗り心地が良い移動を実現するには加減速回数が少ない経路計画および速度制御を導入する必要がある。本研究では、速度制御法としてPID制御を用い、乗り心地を考慮した経路計画としてField D*法[1]を導入した。図1に本研究で用いたPID制御のブロック線図を示す。

まず初めに、図1(a)に示す旋回速度の制御系について説明する。旋回速度は、知的電動車いすの現在の姿勢と目的地との角度差が0に収束するように決定する。そのため角度差が大きいほど、旋回速度は上昇する。

次に、図1(b)に示す並進速度について説明する。目的地と現在地の距離が長いほど、並進速度が速くなる。並進速度の急激な加減速を防ぐために、現在速度と目標速度の速度差を最終的な速度決定前に考慮している。さらに、旋回時に知的電動車いすが高速に移動すると、知的電動車いすは目標軌道を追従できない可能性があり、安全性の面で問題である。そのため、軌道追従性を保持するために旋回速度を考慮し減速する。

Field D*法とは、経路計画法のダイクストラ法やA*法、D*法において共通の問題であった環境地図にグリッドマップを使用した場合、移動可能方向が $\pi/4$ の倍

数方向に制限される点を解決したアルゴリズムである。そのため、目標地点までの経路を最少の線分で表すことができ、サブゴール数つまり旋回が少ない経路を計画できる。よって、PID制御の軌道追従性を保持するための加減速を最少に抑えることができる。

本研究では、経路計画法によって算出された経路を走行する手法として、表1に示す軌道をオーバーシュートする制御法と軌道計画法としてスプライン補間を用いるものの2手法を提案する。

表1より手法ごとに長所短所が存在する。安全面を考慮するとスプライン補間を用いる移動が好まれるが、小さな加減速が搭乗者の乗り心地に大きな影響を与える可能性がある。そのため本研究では、搭乗者の生体情報を用いて2手法を乗り心地の面で比較する。

3.搭乗者の乗り心地評価

搭乗者の乗り心地を評価するために、客観的かつ定量的な評価方法として、搭乗者の生体情報に基づいた評価を行う。生体情報としては、脳波と心拍を用いる。

3.1 脳波を用いた感性評価

知的電動車いすが自律移動している間の搭乗者の脳波を測定し、搭乗者の乗り心地を評価する。

脳波とは、「時々刻々と変化する脳の自発的電氣的活動を頭皮上の電極から記録したもの」であり、周波数成分は波の速さによって、 α 波(8~12Hz)、 β 波(12~30 Hz)、 θ 波(4~7Hz)、 δ 波(0.1~3Hz)と区分され命名される。そして、各周波数帯域に以下のような感性との結びつきがあることが知られている。

- δ 波：深い睡眠、ノンレム睡眠
- θ 波：直観的、創造的、想起
- α 波：リラックス、平穩、意識的
- β 波：思考、環境認識、警戒

表1. 提案する軌道計画手法

オーバーシュートを許容した移動 (以降 Field D*)	名前	軌道をスプライン化した移動 (以降 Field D* with spline)
軌道をオーバーシュートすることにより滑らかな移動を実現する。	方法	軌道をスプライン化することにより滑らかな移動を実現する。
少ないサブゴール数で移動ができる。 →加減速回数が少ない移動が可能。	長所	滑らかな計画軌道を作成できる。 →軌道追従性を低下させることなく滑らかな移動を実現できる。
軌道をオーバーシュートすることによって軌道追従性が低下する。 →移動軌跡の予測が困難となり、環境が変化した場合の安全性に問題がある。	短所	曲線近似を行うことによって、曲線上のサブゴール数が増加する。 →小さな加減速回数が増加する。

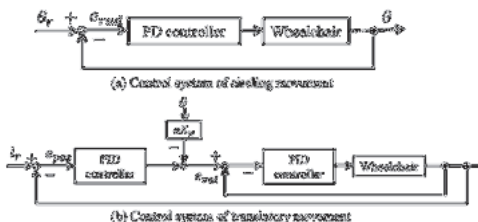


図1. 知的電動車いすの速度制御系

搭乗者が乗り心地を良いと感じている場合、 α 波帯域の割合が増加し、 β 波帯域の割合が減少すると考えられる。よって、本研究では各周波数帯域 (1Hz) のパワー平均 P_i を求め、これらの帯域中の全帯域の中に含まれる割合 (パワー含有率 G_i) を求める。パワー含有率は次式[2]で求める。

$$G_i = \frac{P_i}{P_\alpha + P_\beta + P_\gamma + P_\delta} \quad (i = \alpha, \beta) \quad (1)$$

式(1)より求められた α 波帯域のパワー含有率と β 波帯域のパワー含有率の比 G_α/G_β を比較することで、搭乗者の乗り心地を評価する。

3.2 心拍を用いた感性評価

生体に緊張やストレス状態を与えると、生体は交感神経緊張状態になる。交感神経は副交感神経と共に自律神経に属し、意思に従わない臓器を支配する神経である。したがって、交感神経が優位になると心拍数の増加が起こる。そのため、搭乗者の心電を測定し、心拍の変動時系列データである RRI (R-R interval) の周波数帯域ごとのパワースペクトル密度を算出することで評価する。具体的には、0.05~0.015Hz 帯域の LF (Low Frequency) と 0.15~0.4Hz 帯域の HF (Hi Frequency) のパワースペクトル密度の比、LF/HF 比を比較する。LF/HF 比が大きい場合、搭乗者はストレス状態 (交感神経優位) と判断でき、小さい場合は搭乗者がリラックス状態 (副交感神経優位) であると判断できる。

4. 乗り心地評価実験

4.1 実験方法・環境

本実験では MEC ロボット (オカテック株式会社) を電動車いすとして用い、自己位置計測には三次元位置計測装置 ZPS (古河機械金属株式会社) を用い走行実験を行った。被験者は、理工系学生 A~F の計 6 名である。被験者は頭部に電位センサ、胸部に心電センサを装着し実験を行った。被験者の走行前の安静状態 (座位・閉眼・覚醒) を 5 分間観測した。その後、2 パターンの手法を各 5 回の計 10 回順不同で走行し、生体情報を観測した。

4.2 脳波と心拍による評価

走行回数を重ねた場合の被験者 C の脳波の α 帯域のパワースペクトルの変化を図 2 に示す。図 2 より、被験者 C は試行を重ねるごとに α 帯域のパワースペクトルが近似曲線において上昇傾向を示していることがわかる。この傾向は、すべての被験者の脳波結果において現れた。この結果より、試行を重ねるごとに被験者は知的電動車いすの自律移動に対して慣れていくことが期待できる。

脳波と心拍を用いた乗り心地評価結果を表 2 に示す。表 2 の結果は各軌道計画手法 5 回の走行の平均値であり、色がついているマスが脳波と心拍それぞれにおいて乗り心地が良いと判断された軌道計画手法である。結果より、被験者ごとに乗り心地が良いと感じていると考えられる軌道追従手法は異なった。多くの場合、脳波および心拍の評価指標によらず乗り心地が良かったと判断される軌道計画手法は一致していた。乗り心地が良かったと判断される軌道計画手法が評価指標ご

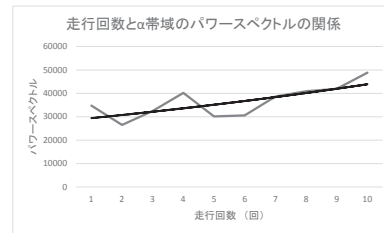


図 2. 走行回数と α 帯域のパワースペクトルの関係

表 2. 脳波と心拍を用いた乗り心地評価結果

	脳波		
	安静	Field D*	Field D* with spline
A	16.457	9.367	10.489
B	11.327	8.707	8.312
C	8.849	8.122	8.443
D	9.116	9.245	8.394
E	26.029	8.073	8.131
F	13.911	10.435	9.620
	心拍		
	安静	Field D*	Field D* with spline
A	0.142	0.742	0.497
B	0.254	0.501	0.458
C	0.28	0.475	0.587
D	1.121	0.412	0.458
E	1.07	0.465	0.305
F	1.321	0.362	0.472

とに異なった場合でも、それぞれの評価指標における各手法の評価値の差は小さい結果となった。この結果より、乗り心地の評価結果が 2 つの軌道計画手法に対して同傾向を示したことから生体情報の評価方法は適切だと考えられる。被験者ごとに乗り心地の良い軌道計画手法が異なった原因としては、走行順序、搭乗者の好みの違いが考えられる。よって、手法の違いによる乗り心地の差は全体的な傾向としては表れず、スプライン補間による加減速の増加によるストレスはほぼ見受けられない結果となった。

5. まとめ

本稿では、知的電動車いすの乗り心地を改善するため 2 種類の軌道計画法を提案した。具体的には、軌道追従性は低下するが滑らかに移動でき加減速回数が少ないオーバーシュートを許容する手法と、軌道追従性は高く滑らかに移動できるが小さな加減速回数は多い軌道計画にスプライン補間を用いた手法を提案した。そして生体センサを用い、被験者の感性を評価した。その結果、2 手法は乗り心地において大きな差はなかった。そのため、スプライン補間による加減速の影響は大きくないと考えられる。

文 献

- [1] D Ferguson and A Stentz, "The Field D* Algorithm for Improved Path Planning and Replanning in Uniform and Non-Uniform Cost Environments", *Technical Report CMU-TR-RI-05-19*, Carnegie Mellon School of Computer Science, 2005.
- [2] 一井亮介, 前田陽一郎, 高橋泰岳, "インタラクティブサウンドシステム生成システムのための脳波特徴解析によるリラクゼーション効果の検証", *日本知能情報ファジィ学会誌*, Vol.24, No1, (2012), pp.560-570.

第 16 回 人間情報学会ポスター発表集

平成 26 年 1 月 17 日発行

発行所 人間情報学会
〒100-0006 東京都千代田区有楽町 1-12-1 新有楽町ビル 247
Tel. 03-5252-7382 Fax. 03-5252-7386
E-mail: admin@npowin.org
URL: <http://www.ahi-soc.info/>

印刷所 株式会社ウィザップ