

歩行時とビデオ鑑賞時における生体信号の関係発見に向けた分析

路 紫涵[†] 張 信鵬[†] 浅野 泰仁[‡] 吉川 正俊[‡]

^{†‡} 京都大学情報学研究科 〒 606-8501 京都府京都市左京区吉田本町

E-mail: [†]{lu, xinpeng.zhang}@db.soc.i.kyoto-u.ac.jp, [‡]{asano, yoshikawa}@i.kyoto-u.ac.jp

あらまし 個人が環境要素に示す興味の度合いには差があり、興味の度合は生体信号の変化に反映されると予想される。そこで、歩行者の生体信号に基づき環境要素に対する興味の度合を推定することを試みる。本論文では、18名の被験者を対象にした歩行時と様々なジャンルのビデオ鑑賞時の心拍変動、脳波、電気皮膚反応の関係を実験的に分析することで、個人が興味を示す経路の環境要素を推定することと生理的反応の個人差を確認することを試みる。さらに、歩行時とビデオ鑑賞時の生体信号データの関係性を分析することにより、ビデオ鑑賞時の生体信号データから個人が興味を示す経路の環境要素を推定することにつながることを期待される。本研究の最終目標は、個々の歩行者に対して、興味に応じて経路を推薦することである。

キーワード 生体信号データ分析, 歩行, ビデオ鑑賞, 歩行環境

1. はじめに

近年、ウェアラブル生体センサが普及してきている。例えば、心拍センサ、電気皮膚反応センサ、脳波センサなどである。それらのセンサを用いて、場所や時間を問わず生体信号データを収集することができる。また、生体信号データから生理反応または感情を検知・測定する研究が多く行われている[1-4]。本研究では、各個人と歩行環境の嗜好性との関連を把握し、個人の嗜好性に特化した経路推薦を実現することを最終目的とする。

その第一歩として、異なる歩行環境における歩行時の生体信号データを収集し、そのデータの特徴、傾向を統計的手法から分析する。しかし、歩行時の生体信号データを大量に収集することは困難である。我々はビデオ鑑賞時の生体信号データを収集、分析することを考えた。次に、ビデオ鑑賞時と歩行時の生体信号データの関係性を調べる。その関係性が発見できれば、収集しやすいビデオ鑑賞時の生体信号データから各個人の歩行環境の嗜好性が推定できると考えられる。例えば、緑地風景のビデオの鑑賞においてリラックスした精神状態が現れれば、緑地を歩行した場合でもリラックスできるだろう。また、グルメレポートを好んで見る人は飲食店の多い道も楽しんで歩行するだろう。

本論文では、18名の被験者を対象に歩行実験とビデオ鑑賞実験を行い、歩行時とビデオ鑑賞時の心拍変動、脳波、電気皮膚反応の三種類の生体信号データを収集した。歩行実験では、環境が異なる二つの経路の歩行において、被験者の生体信号データの相違を検証した。ビデオ鑑賞実験では、風景、グルメレポート、ホラムービーの三つのビデオの鑑賞時の被験者の生体信号データの相違を検証した。特に、異なる経路またはビデオにおける生理的反応の度合いに個人差がある

ことを確認した。

本論文の貢献の一つとしては、実験を設計、実行し、18名の被験者の二つの経路の歩行時と三つのビデオ鑑賞時の三種類（心拍変動、脳波、電気皮膚反応）の生体信号データを収集したことである。既存の歩行時またはビデオ鑑賞時の生体信号データ分析に関する研究では、単一のセンサを用いた少人数の実験がほとんどである。より信頼性の高い結果を得るために、複数の生体信号を用いた多人数を被験者とする実験を設計した。

本論文では、以下に述べる初期結果が得られた：(1)歩行時の生理信号が歩行環境により変動する傾向が見られた。特に、興味を示す要素が多い経路では生理信号の変化が明らかである。(2)ビデオ鑑賞時の生理反応の度合いが個人により異なる。一方で、異なるビデオの鑑賞時の複数被験者のデータを全体的に見れば、被験者の間で類似する特徴、傾向も存在する。今回の実験で収集したデータに対する分析はまだ十分だと言えない。次の課題は、歩行時とビデオ鑑賞時の生体信号データの関係性について分析することである。

2. 関連研究

本章では、歩行またはビデオ鑑賞時における生理信号データの統計的分析に関する研究を紹介する。また、本研究とそれらの研究との相違点を議論する。

2. 1 歩行時における生理信号データの分析

Peter Aspinall [5] らの研究では、12名の被験者に脳波センサを装着し、環境の異なる三つの経路(商店街、緑地、混雑した商業地域)を順番に歩行してもらい、異なる歩行環境における脳波データの傾向を調べた。その結果、全体的な傾向として、緑地における瞑

想度（リラックス度）が一番高く、また緑地から出ると集中度が高くなることが分かった。

Marie Truelove と Stephan Winter[6]は3名の歩行者が歩行中にストレスや不安を感じた場所で心電図(ECG)データに変化が見られるという実験結果を確認した。ただ、被験者の数が少ないため、実験結果の信頼性が低いとされる。

中島[7]らは心拍間隔(RRI)データを用い、自転車走行におけるストレスを計測した。その結果、道路条件、環境が自転車運転者にストレスをもたらす要因であることを示した。

“Emotional cartography”[8]という本では、2004年から16か国で展開されているバイオマッピングプロジェクトに関する文章をまとめている。バイオマッピングプロジェクトは歩行者の電気皮膚反応(GSR)データを収集し、地図上にマッピングするプロジェクトである。しかし、このプロジェクトにおいては、多くの歩行者から収集したGSRデータの分析、活用がまだ十分に行われていない。

隅田ら[9]は歩行時の心拍数を推定するニューラルネットワークのモデルを提案した。そのモデルの入力としては、道の勾配と歩行速度、加速度が用いられる。北林ら[10]は隅田ら[9]のモデルを拡張し、歩行時のストレス指標値を推定するモデルを提案した。また、北林ら[10]は歩行時のストレスを推定するために、レーザレンジファインダで測定した道の混雑度も用いたほうがより高い精度の推定結果が得られることを確認した。

本研究は既存研究と大きく違う点が二つある。第一に、既存研究は、全体的に異なる歩行環境における歩行者達の生体信号データの変化傾向を分析することが多い。一方で、各歩行者の歩行環境による生理反応の個人差に注目する研究は少ない。北林ら[10]は道の混雑度による歩行時ストレスの個人差を暗示的に歩行時ストレスの推定に反映しようとした。しかし、その個人差を明示的に分析することはできなかった。本研究では、異なる歩行環境要素により引き起こされる歩行時の生体信号データの変化の個人差を分析する。

第二に、本研究では心拍変動、電気皮膚反応、脳波の三つの生体信号を合わせて用いることで、歩行時の生理反応を的確に分析することを試みる。それぞれの生体信号は異なる特徴を持つ。例えば、心拍変動データからタイムウィンドウにおけるストレス度合いが推定できる。電気皮膚反応データは瞬時的な生理的覚醒を示すことができる。脳波データから集中度と瞑想度が推定できる。それぞれの生体信号データの詳細については、次章で述べる。それぞれの生体信号データの特徴を考え、複数の生体信号データを合わせて用いるこ

とで、生理反応の推定精度が向上すると予想される。例えば、ChungK Lee ら[11]はビデオ鑑賞時の感情を分類するモデルを提案した。その結果、心拍変動データと電気皮膚反応データを一緒に用いたほうが感情分類の精度が上がることを示された。

2. 2 ビデオ鑑賞における生理信号データの分析

Giovanni [12]らは心拍変動、電気皮膚反応、脳波の三つの生体信号データから、ドキュメンタリー鑑賞時に出てくるTVコマーシャルに対する生理反応を調べた。その結果、印象に残ったTVコマーシャルを見た時、心拍変動と脳波データの変化が激しかった。一方で、電気皮膚反応データには差異がなかった。

Byoung Jun Park ら[13]と守屋ら[14]はそれぞれ感情変動を誘発させるビデオを被験者に見せ、被験者の心拍変動または血圧などのデータを収集した。また、ビデオ映像から誘発される悲しみや喜びなどの感情は生体信号データを利用して分類することが可能だと説明した。従って、歩行時の生体信号データを用いて感情を分析することもできると予想される。

これまでの研究では、単に歩行時またはビデオ鑑賞時の生体信号データの分析を行っていた。本研究では、それらのデータ間の関係発見も目標とする。その関係性がわかれば、異なる内容のビデオの鑑賞時の生体信号データを分析することで、それぞれの歩行者が好む歩行環境を推定することが期待できる。

3. 生体信号センサの紹介

人間は感情状態の変化によって自律神経系が影響を受け生体信号に変化が現れる。自律神経系は2種類の神経、つまり交感神経と副交感神経から成る。交感神経は活動性神経であり、主に『心拍・血圧・呼吸・発汗・筋の緊張』などを促進するが、副交感神経は休養性神経であり、主に『心拍・血圧・呼吸・発汗・筋の緊張』などを抑制する。交感神経と副交感神経の活性化は心拍、唾液、血液、皮膚電気反応、脳波などで計測できる。

3. 1 心拍

RRI(R-R interval)とは、心電図の特徴波である一つのR波から次のR波までの間隔のことを指す(図1)。人体において、心拍数は、身体および環境の要求に合わせて正確に制御される。この自発的リズムを調整しているのは、自律神経系といくつかのホルモンである。交感神経と副交感神経の活動の関係により、実際のR-R間隔が決まる。交感神経が働くとRRIが短くなって心拍数(HR)が上がり、一方、副交感神経が働くとRRI

が長くなって HR が下がる [1]. RRI は人の感情状態の変化を反映する.

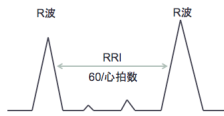


図 1 RR-interval

また、心臓自律神経系活動を評価する手法については主に二つがある. 一つは、RRI から呼吸変動を反映する HF(Hi Frequency) と血圧変動を反映する LF(Low Frequency)の比 (LF/HF) である [1]. もう一つはトーン-エントロピー法と呼ばれる自律神経系活動計測法である [2].

LF/HF はストレス指標として、多くの研究で応用された. しかし、自律神経系の LF/HF と HR は個々人の複合的な感情に影響される可能性があると言われてい [15].

本研究は使いやすい携帯型デバイス H7 心拍センサ (図 2) を用いて RRI の測定を行った. ポラールでは、既に心拍変動の研究で多く使用されています. 被験者の胸部にセンサを装着し、データを HRV Logger で記録する.

心拍変動の分析における、心拍変動 (HRV) メトリックは最短 5 分間で評価すべきである [16, 17]. そこで、本研究では LF/HF を計算する時、ウィンドウサイズを 5 分間に設定する.



図 2 H7 心拍センサ

3. 2 電気皮膚反応

GSR(Galvanic Skin Response)は交感神経系が興奮することにより汗腺の活動を促し、これによって、発生する皮膚電気抵抗を測定するものである. 電気皮膚反応は、心理的或いは生理的覚醒の指標として使用されている. 人間は『恐怖・不安・緊張』という感情を感じた時に、交感神経系が活発になり、筋肉が緊張して大量の発汗をする. 皮膚に多くの汗をかけば、皮膚上の物理的な電気抵抗が減って、流れる電流の量が増加するので、電気皮膚反応はすぐに上がる.

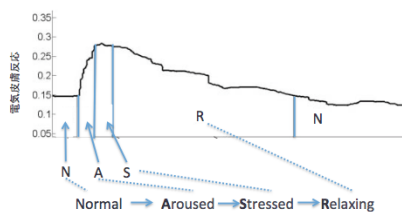


図 3 電気皮膚反応の変化過程

図 3 は電気皮膚反応の変化過程を示す. 変化は四つの段階があり、人は刺激を受けると、正常な状態から瞬時に生理的覚醒し、一方リラックスの状態では電気皮膚反応は激しく変化せず、長く持続する. 従って、電気皮膚反応の変化過程は人の状態を反映する.

電気皮膚反応は心理的または生理的覚醒の指標として使用されている. 瞬時生理反応さえも捉えられるが、良い意味なのか、悪い意味なのか判断しにくいと言われる.

電気皮膚反応という生体信号の変化を捉えるため、Mindfield eSense Skin Response - GSR センサ(図 4)を用いる. 二つのセンサを人差し指と中指に装着し、汗腺の活動による皮膚の電気抵抗の変化を測定し、その結果は、eSense GSR というアプリケーションで可視化される. このセンサは 0.2 秒ごとに一つの GSR 値を出力する.



図 4 Mindfield eSense Skin Response - GSR センサ

GSR センサは非常に敏感で、手で触るなど人為的にセンサと皮膚が接触することにより、ランダムな細かい変動成分を生じ、雑音が含まれている場合がある [3].

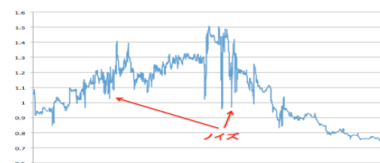


図 5 電気皮膚反応にはピークが両方向にある場合、

センサと皮膚との接触で雑音を生じる

このような生体信号の変動は被験者身体の反応ではないため、取り除いておくことが必要である. 目的の情報を効率良く抽出するためには、実際のピークを維持しながら、雑音を除去するようにメディアンフィルター [18] という手法を利用する. この手法は画像処理分野で良く使われる. 結果は図 6 に示している. 黄色の線は雑音を除去された後の電気皮膚反応である.

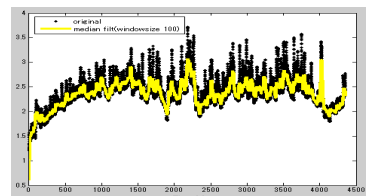


図 6 雑音を除去された電気皮膚反応の信号

3. 3 脳波

大脳皮質は膨大な数のニューロンネットワークから成り、脳波はそれらのニューロンネットワークにお

ける情報処理の過程を反映した脳の電氣的活動である．脳波にはいくつかの波型信号がある．通常人間が起きて正常生活している場合は 13Hz 以上の β 波が主体である．寝る時に安静状態になり，徐々に 8-12Hz の α 波が主体となってくる．他に『超リラックス状態』もある．この状態では，脳がストレスから解放され， β 波， α 波がなくなり，替わりにわずか 4～7Hz の θ 波と 4Hz 以下の δ 波が出ている状態となる．脳波により，人間の状態を推定できる[4]．

脳波により人が集中するか瞑想するか判断できる，しかし，脳波から「何を考えているか」や「喜怒哀楽」はわからない．

本研究では NeuroSky 社製脳波コントロール MindWave モバイルヘッドセットを利用する．装置は，ヘッドセット，耳クリップ，およびセンサムで構成されている．ヘッドセットの接地電極は耳クリップにあり，EEG 電極は，眼の上の額に付けるように，センサム上にある(図 7)．この脳波センサとアンドロイドアプリケーション EEG Analyzer を組み合わせ，集中度・瞑想度メーターとまばたきを出力する．



図 7 MindWave モバイルヘッドセット

脳波データの中にも，歩行中の動きによりセンサが定着できず，雑音が多く生じる．脳波は電気皮膚反応と同様の方法で雑音を除去する．

4. 実験

被験者は 18 名である．男性が 12 名，女性が 6 名，全員京都大学の学生で，平均年齢は 22 歳である．実験は歩行実験とビデオ鑑賞実験を行い，歩行時とビデオ鑑賞時，H7 心拍センサ，Mindfield eSense Skin Response-GSR センサと MindWave モバイルヘッドセットでそれぞれの心拍変動(ストレス指標が計算できる)，電気皮膚反応(生理的覚醒が検出できる)，脳波(脳の集中度と瞑想度がわかる)の三種類の生体信号データを収集した．そして，歩行環境データを収集するために，歩行実験時レーザレンジファインダを用い，道の混雑度を測定し，カメラを使いビデオを撮影した．

歩行実験では，被験者全員に，環境要素が異なる距離がほぼ同じ(約 1 キロ)二つの歩行経路を歩行させた．一つは人が少ない静かな道であり，もう一つは京都では有名なスポットで，店が多く並んでいる賑やかな道である．図 8 にそれぞれのルートを示す．被験者は，二つの経路を散策したことがないことを条件に募集したため，観光客の状態に近いと考えられる．



図 8-1 経路 A 静かな経路 図 8-2 経路 B 賑やかな経路

長い距離を歩くと，被験者は身体と精神の両方で負担を感じ，それにより実験結果が左右される恐れがあるので，この点を考慮し，経路 A を歩いた後，他の時間に経路 B で実験を行った．

実験の設計は図 9 のように，まず実験前に実験の内容を説明し，被験者にセンサを設定し，実験中は補助者が後ろに付き，撮影することを被験者に通知した．次に，被験者を休憩させ，安静時の生理データを取得する．次に一人ずつ観光客のように自分のペースで歩行してもらい実験を進めた．終点到到着後少し休憩し生理状態を回復した後アンケートに回答してもらった．

歩行実験のアンケートは主に被験者それぞれの運動習慣や個性などの個人的特性と歩行中に興味のあるモノや場所，印象に残っている事柄など歩行環境に関する問いから成る．

ビデオ鑑賞実験では，室内で被験者に風景，グルメレポートとホラムービーの三つのビデオを見せながら，被験者の生体信号データを取った．実験を始める前に，ビデオの内容を知らせず，被験者は座ってリラックス状態になった後，ビデオを見る順番は被験者が決め，最初のビデオを再生した．それぞれのビデオは 5 分程度あった．ビデオを見終われば，二分休憩して生理反応の遅れを測定した．その後アンケートに回答してもらった．続いて次のビデオを再生し，この形で三つのビデオとアンケートを全部終わるまで，心拍変動，電気皮膚反応と脳波のデータを取り続けた．実験の流れは図 10 に示している．

ビデオ鑑賞実験のアンケートは主に被験者が各ビデオを見た時の感情評価と感想の説明である．最後に三つのビデオから一番好きなものを選択してもらった．

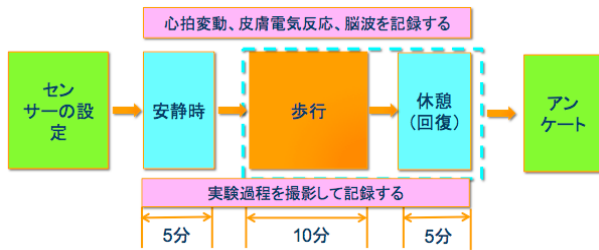


図 9 歩行実験の流れ

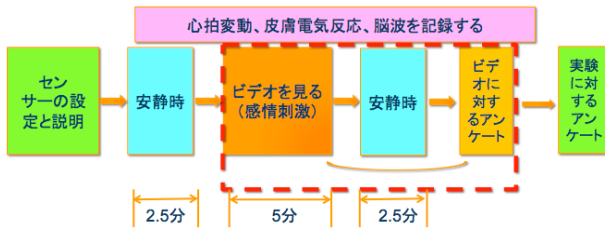


図 10 ビデオ鑑賞実験の流れ

5. データ分析

5. 1 歩行実験の結果および考察

本章では、歩行実験で収集した電気皮膚反応 (GSR) データの分析結果を述べる。1 人の被験者の電気皮膚反応センサに故障がありデータが取得できなかったため、以下に 17 人被験者のデータの分析結果を示す。

3 章で述べるように、本実験で利用した GSR センサは 0.2 秒ごとに一つの GSR 値を出力する。人により安静時の GSR 値が異なる場合がある。そのため、まず被験者の間で比較できる GSR データを以下に述べるように作成する：被験者ごとに、(1) その人の全ての GSR データの最小値を求める、(2) 全ての GSR データからその最小値を引く。これ以降、作成した GSR データを使って実験結果を説明する。

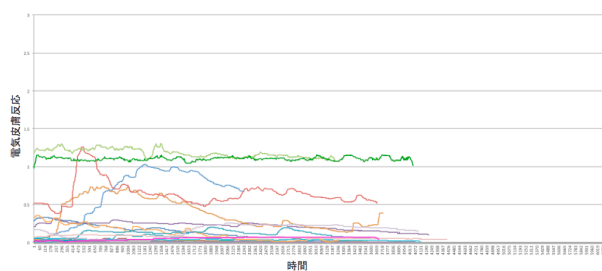


図 11(a) 17 人経路 A での電気皮膚反応

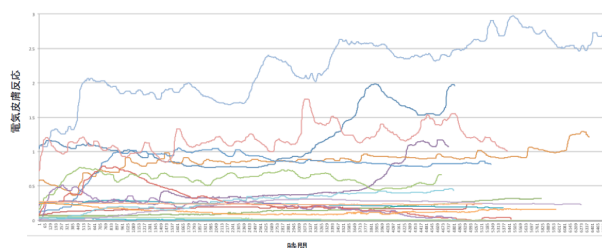


図 11(b) 17 経路 B での電気皮膚反応
経路 A と B における被験者ごとの GSR データを図

11 に示す。異なる色は異なる被験者のデータを表す。3 章で述べたように、歩行中に被験者の生理的覚醒が起こると、GSR 値は瞬時的に上がる。従って、ある被験者の GSR データに多くの大きな波 (変動) が現れていれば、その被験者に多くの生理反応があったと言える。図 11 により、全ての被験者のデータを全体的に見れば、経路 A と比べて経路 B における GSR データに大きな波 (変動) が多い。つまり、多くの被験者は興味を示す要素が多い経路 B で多くの生理反応が起こった。一方で、被験者らは静かな経路 A においては、ほとんど生理反応がなかった。

二つの経路における被験者らの GSR データの値の分布の違いを示すために、図 12 のヒストグラムを作成した。明らかに、経路 A より経路 B においては、値が大きい GSR データが多く存在する。

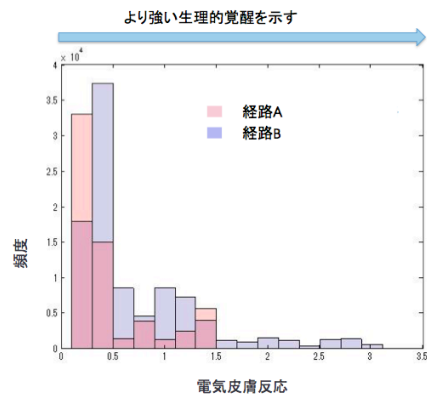


図 12 17 人二つの道での電気皮膚反応のヒストグラム

例として、被験者 L の経路 A と経路 B の GSR データを図 13 に示す。二つの経路では大きな差が現れた。経路 B においては、波の数が多く、波の山と波の谷の差も大きい。一方で、経路 A においては、GSR の値が緩やかに下がっていくばかりである。よって、被験者 L は異なる歩行環境に対し、大きく違う生理反応を示したと言える。

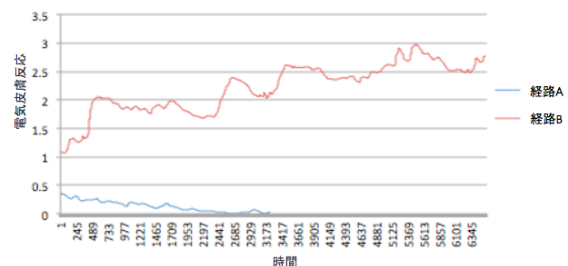


図 13 被験者 L の二つの道での電気皮膚反応

4 章で述べたように、歩行実験中に被験者の歩行時の姿を録画した。その録画を確認すれば、被験者の GSR データの変動を引き起こした要因がわかると期待できる。図 14 は被験者 L の経路 B における GSR データとそのデータのいくつかの変動点の録画のキャプチャを示す。

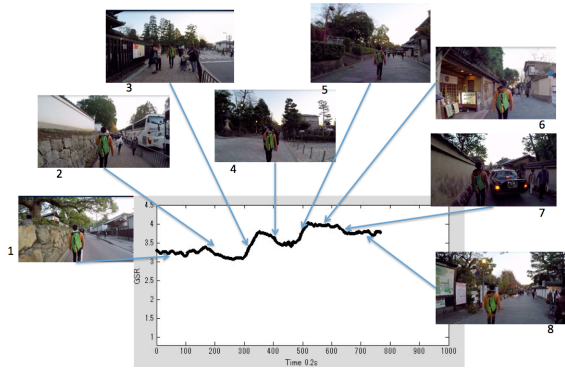


図 14 興味を示す要素が多い経路で被験者 L の電気皮膚反応の変化と各地点の写真：1 壁と木が多い 2 旅行バスと旅行者が多い 3 有名な寺の正門 4 建物が少なく広い 5 寺が多い 6 店が多い 7 狭くて車も通る 8 寺の入り口もあり、店もある

今回の歩行実験で利用した二つの経路を比べ、その結果を見て、総じて言えば、店や特徴がある建物や賑やかな雰囲気などの要素を持つ経路 B のほうで、人の感情変化が起こしやすく、ワクワクしていた可能性が高いと考えている。

5. 2 ビデオ鑑賞実験の結果および考察

ビデオ鑑賞実験では、被験者らが風景、食べ物、恐怖という三つの要素のそれぞれに対する生理反応の度合いを確認する。ビデオ鑑賞実験では、2 人の被験者のデータにエラーがあるため、残りの 16 人のデータを分析する。

まず、被験者 B の脳波集中度データを図 15 に示す。異なるビデオに対して被験者 B の集中度データの変動は大きく違う。特に、グルメのビデオの鑑賞時の集中度が一番高く、風景のビデオの鑑賞時の集中度が一番低い。被験者 B は風景より食べ物に惹かれる可能性がある。実際に、被験者 B から「食べ物にすごく興味がある」というアンケートの回答結果を得ている。

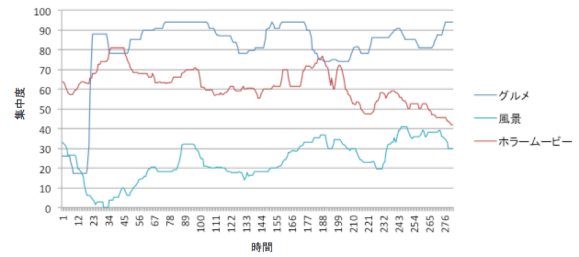


図 15 被験者 B ビデオ 3 本を見た時の集中度

図 16 は各被験者の心拍変動データから計算したストレス指標 LF/HF[6]を示す。まず、同じビデオに対しても、被験者らは異なる LF/HF 値を示した。例として、風景のビデオに対し高い LF/HF 値を出した被験者が 3 人いた。その風景のビデオが紅葉の景色である。ビデオ鑑賞実験は紅葉のシーズンである 11 月末に実施した。それらの被験者はアンケートでは、「紅葉がきれいだけど、見慣れた景色で退屈だと感じた」と回答している。従って、景色のいい経路は必ず歩行者に楽しんでももらえるとは限らないだろう。

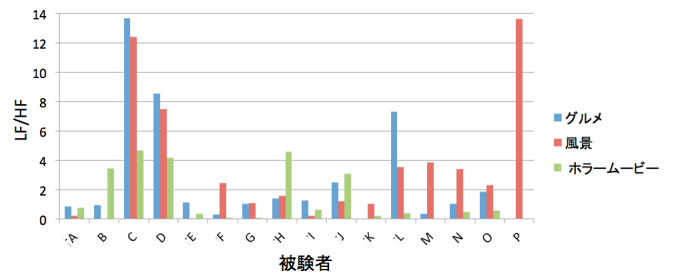


図 16 ビデオ鑑賞実験-心拍変動 LF/HF

各被験者のビデオごとの脳波集中度の平均値を図 17 に示す。何人かの被験者はグルメのビデオの鑑賞時には、ほかのビデオの鑑賞時と比べ、高い集中度の平均値を出した。しかし、どのビデオにおいても集中度の平均値がほぼ変わらない被験者が多い。集中度の平均値だけで被験者の生理反応を分析するのは困難だと考える。

	谷の区間	山の区間	波数	谷の区間	山の区間	波数	谷の区間	山の区間	波数	谷の区間	山の区間	波数	谷の区間	山の区間	波数
被験者D	2	3	7												
被験者E	1	4	1	3	5	4									
被験者I	2	3	1	2	4	1	3	3	3						
被験者L	1	4	2	3	3	1	1	4	2						
被験者B	2	3	1	2	5	1	5	5	4						
被験者F	5	5	1	2	5	3	1	3	2						
被験者M	1	2	1	1	3	1	3	4	5						
被験者J	1	2	2	1	3	1	1	2	1						
被験者A	2	3	3	3	3	1	3	4	1						
被験者H	1	3	1	2	3	1	2	3	3	1	3	1			
被験者O	1	3	2	1	2	1	1	3	1	1	2	1			
被験者P	1	3	1	1	2	1	1	3	1	2	3	2			
被験者C	3	4	5	3	5	2	3	4	1	3	5	1			
被験者N	3	3	1	3	4	1	3	3	1	2	4	1	3	3	1

表1 図18に示すデータに対応する波の大きさと数の結果

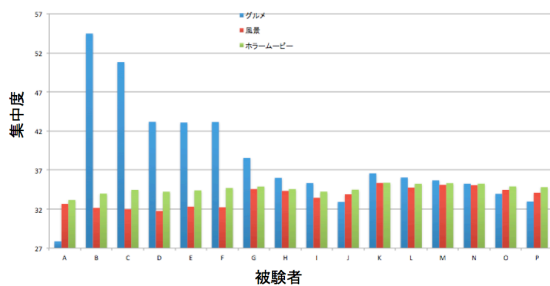


図 17 ビデオ鑑賞実験-脳波集中度

同じ環境において、類似する生体信号データを出力した被験者はその環境に対して類似する生理反応を示したと考えられる。類似する生理反応を示す被験者を分析するために、被験者らの生体信号時系列データを手動でグループ分けすることを試みる。生体信号時系列データをそのままグループ分けすることが煩雑すぎるため、以下に述べるように各被験者の集中度の時系列データをデータに表れる波の大きさと数で集約してみる。まず、集中度の範囲をいくつかの区間に分ける。例えば、図 18 は全被験者のグルメのビデオ鑑賞時の集中度データを示す。横軸が時間で、縦軸が集中度の値である。違う色が違う被験者を表す。全被験者の集中度の値が主に 20～40 の間に集中する。従って、集中度の範囲を以下の五つの区間に分ける：（非常に低い）0～10、（低い）10～20、（普通）20～40、（高い）40～50、（非常に高い）50 以上。また、これらの区間に順に数字 1, 2, 3, 4, 5 でラベルを付ける。次に、被験者ごとの集中度データに対し、データに時間順に表れる波の谷と山が入る区間を記録していく。図 19 に示す被験者 D と E を例として分析方法を具体的に説明する。被験者 D のデータの一目の波の谷が区間 2（10～20）に入る、その波の山が区間 3（20～40）に入る。それ以降の波も同様に区間 2 から区間 3 までまたがっている。そして、波の数が 7 である。従って、表 1 が示すように、被験者 D のデータを「谷の区間が 2, 山の区間が 3 の七つの波からなる」と集約できる。

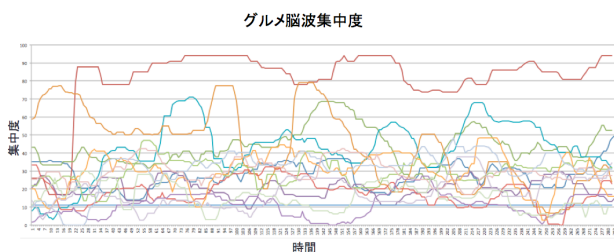


図 18 グルメを見た時の脳波集中度

被験者 E の脳波集中度の値については、最初に大きな波が一つ表れている。その波は谷の区間が 1 で、山の区間が 4 である。その後、谷の区間が 3 で、山の区間が 5 の波が 4 個続いている。このように図 18 に示すデータに対応する波の大きさと数の表した集約結果が

表 1 になる。表 1 が図 18 に示す被験者ごとのデータを集約した結果になる。

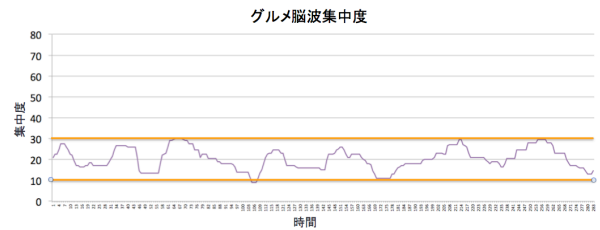


図 19-1 被験者 D はグルメを見た時の脳波集中度

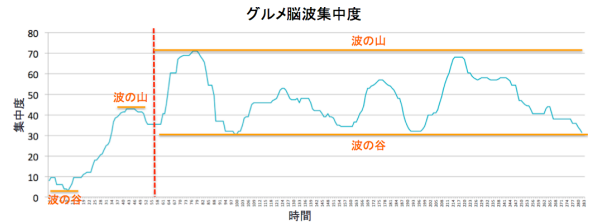


図 19-2 被験者 E はグルメを見た時の脳波集中度

次に、表 1 に示す結果を用いて、被験者の集中度データの変化によりグループ分けを行う。同じ谷の区間と山の区間を持つ波の種類の数により、全被験者のデータを大まかに五つのグループに分けることができる。表 1 では、異なる背景の色が異なるグループを示す。例えば、黄色い背景が示すグループは一種類の谷の区間と山の区間が同じな波がしかない。グループ分けの結果を検証するために、同じグループに属する被験者のデータを確認する。例えば、被験者 A と被験者 J が同じグループに属する。図 20-1 と図 20-2 が示す通り、被験者 A と被験者 J の集中度データが類似している。またもう一つの例として、被験者 H と被験者 O も同じグループに属する。しかし、図 20-3 と図 20-4 が示しているように、両者の集中度データの形が大きく違うように見える。

上で述べる手動で被験者らのデータをグループ分けする手法は、グループ分けを実行する者の主観判断に頼ってしまう。次の課題は自動的かつ客観的なグループ分けの手法を考案することである。

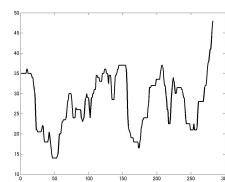


図 20-1 被験者 A の集中度

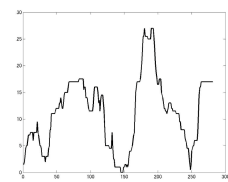


図 20-2 被験者 J 集中度

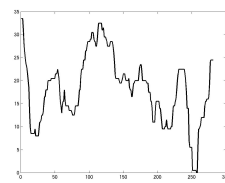


図 20-3 被験者 H の集中度

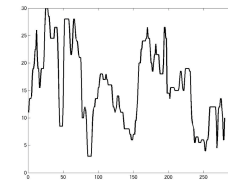


図 20-4 被験者 O 集中度

6. まとめと今後の課題

各個人と歩行環境の嗜好性との関連を把握するために、18名の被験者を対象にした歩行実験とビデオ鑑賞実験を行い、歩行時とビデオ鑑賞時の三種類の生体信号データ（心拍変動、電気皮膚反応、脳波）を収集した。歩行実験では環境が異なる二つの経路（静かな環境と賑やかな環境）で行った。ビデオ実験では風景、グルメレポート、ホラームービーの三種類のビデオを用いた。既存の歩行と生体信号の関係を分析する研究では、複数の生体信号を用いた研究はほとんどない。今回の実験で収集したデータは本論文の大きな貢献の一つである。

また、歩行時とビデオ鑑賞時の生体信号データを分析し、以下に示す初期結果が得られた。

個人差も存在しながら、歩行環境は歩行者の生理信号の変動に影響を与える。今回の実験では、静かな歩行環境では歩行者の生理信号データがほとんど変動しなかった。一方で、景色や店などのわくわくする要素を持つ歩行環境では多くの歩行者の生理信号データが激しく変動した。

ビデオ鑑賞時のデータから、ビデオごとの全被験者が共通する傾向が見られなかった。被験者により生理反応が出やすいビデオが異なり、同じビデオに類似する生理反応を示す被験者もいる。

今後の課題について述べる。まず、生体信号データの変動により被験者をグループ分けする自動的手法を考案する。また、三種類の生体信号データ間の相関を分析する。さらに、本論文では言及していない歩行時とビデオ鑑賞時の生体信号データ間の関係性を分析する。

7. 謝辞

本研究の一部は独立行政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」の支援によって行われた。

参考文献

- [1] ストレスと自律神経の科学 http://hclab.sakura.ne.jp/stress_novice.html
- [2] 中村英夫, 齋藤宏志, and 吉田正樹. "トーン-エントロピー法による心臓自律神経系活動評価と呼吸リズムとの関連性について." 電子情報通信学会技術研究報告.MBE,ME とバイオサイバネティクス 111.423 (2012): 33-38.
- [3] Bakker, Jorn, Mykola Pechenizkiy, and Natalia Sidorova. "What's your current stress level? Detection of stress patterns from GSR sensor data." Data Mining Workshops (ICDMW), 2011 IEEE 11th International Conference on. IEEE, 2011.
- [4] Vol.8 研究のための脳波の基礎知識 <http://www.miyuki-net.co.jp/jp/seminar/solveBrainfunc/solveBrainfunc.shtml#Chapter2>
- [5] Aspinall, Peter, et al. "The urban brain: analysing outdoor physical activity with mobile EEG." British journal of sports medicine (2013): bjsports-2012.
- [6] Marie Truelove, Stephan Winter, "Emotional cartography for crowd-sourcing elusive spatial concepts."
- [7] 中島豪太, 金利昭, 鹿島茂. "心拍間隔指標を用いたストレス計測による自転車走行環境評価に関する基礎的研究"
- [8] Nold, Christian. "Emotional cartography." Bio Mapping website (2009).
- [9] Sumida, Mayu, Teruhiro Mizumoto, and Keiichi Yasumoto. "Estimating heart rate variation during walking with smartphone." Proceedings of the 2013 ACM international joint conference on Pervasive and ubiquitous computing. ACM, 2013.
- [10] 北林宏樹, 大西恒彰, 張信鵬, 浅野泰仁. "歩行環境および生体信号の群衆データ分析による予測ストレスを考慮した経路推薦"第159回DBS・第115回IFAT合同研究発表会-情報処理学会
- [11] ChungK Lee, SK Yoo, YoonJ Park, NamHyun Kim, KeeSam Jeong, ByungChae Lee. Using Neural Network to Recognize Human Emotions from Heart Rate Variability and Skin Resistance. Proceedings of the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference Shanghai, China, September 1-4, 2005, 5523-5525
- [12] Vecchiato, Giovanni, et al. "Changes in brain activity during the observation of TV commercials by using EEG, GSR and HR measurements." Brain Topography 23. 2 (2010): 165-179.
- [13] Physiological Signals and Classification for Happiness, Neural and Surprise. Emotions. Three emotion classification. Byoung-Jun Park, Eun-Hye Jang, Sang-Hyeob Kim, Chul Huh. IT Convergence Technology Research Laboratory Electronics and Telecommunications Research Institute Daejeon, Republic of Korea
- [14] 守屋浩史, 吉澤誠, 田中明, 阿部健一, 山家智之, 仁田新一. "生理的指標に基づく映像刺激時の感情分類に関する研究"計測自動制御学会東北支部 第197回研究集会 資料番号 197-11.
- [15] 阪本清美, et al. "TV 視聴コンテンツの種類が感情状態の生理心理計測に及ぼす影響 (コミュニケーション支援, 一般)." 電子情報通信学会技術研究報告. HCS, ヒューマンコミュニケーション基礎 111.59 (2011): 1-5.
- [16] Clifford, Gari D. "ECG statistics, noise, artifacts, and missing data." Advanced Methods and Tools for ECG Data Analysis (2006): 55-99.
- [17] Sayers BM. Analysis of heart rate variability. Ergonomics. 1973;16:17-32.
- [18] W. K. Pratt. Digital Image Processing. John Wiley & Sons, 1978