Vol.2020-HCI-187 No.1
2020/3/16

ウェアラブルデバイスを用いたマルチモーダルセンシングによる体験の記録と共有に関する研究

三井進平[1]　遠田敦[2]

概要：昨今の情報化社会では，テキストや画像を検索クエリとして用いることで，様々な観光スポットやお店を簡単に検索することができる．しかし，利用者が検索ワードを思いつかない場合や，検索ワードの解釈が人によって異なる場合は，利用者の創造に合う検索結果を得ることは難しい．そこで本研究では，生理データを検索クエリとして入力し，類似した生理状態および心理状態になれる時間・場所・作業の条件を検索結果として返すシステムを開発した．本検索システムが機能する条件は，時間・場所・ 作業の組み合わせと人間の生理状態の間に一定の関係が認められた場合である．本研究は，検索システムの開発に寄与する知見を得るための基礎研究に位置づけられる．
本研究の目的は，時間・場所・作業の組み合わせと人間の生理状態および心理状態の間にどのような関係があるか明らかにすることである．特定の時間・場所・作業の条件下で行動する被験者の生理変化を分析するため，眼鏡型センシング端末を被験者に装着させ生理データを取得した．このデータに対してクラスタリング分析や統計的検定などの分析処理を行い，時間・場所・作業と生理状態の間にどのような関係があるか考察した．その結果，時間・場所・作業の組み合わせが同一である場合，生理状態が類似することや，心理状態を意図的に変化させる条件を検索結果として提供できる傾向が高いことが明らかになった．その一方で，過去の心理状態に類似した心理状態になれる条件を検索結果として提供できない傾向が高いことが明らかになった．

キーワード：検索システム，マルチモーダルセンシング，ウェアラブルデバイス，生理状態，心理状態

Study on Recording and Sharing of Experiences by Multi-Modal Sensing using Wearable Devices

SHIMPEI MITSUI[†1]　ATSUSHI ENTA[†2]

1. はじめに

テキスト検索を主流として始まったインターネットの検索システムは日々進化を遂げ，今では画像などの非言語的な情報から，あらゆる物事を検索することができる．旅行先や飲食店，家具や洋服などを検索する場合，検索対象に類似した単語や画像などの情報（以下，検索クエリ）を検索窓に入力することで，様々な情報を入手することができる．

テキスト化・画像化しやすい情報は，多くの人に対し，ある一定の共感を与えることができるため，検索クエリとして機能させることができる．一例として，音楽配信アプリケーションが挙げられる．このサービス上では楽曲を検索する際に「邦楽」や「バラード」のような単語を入力することで，ローテンポの日本語楽曲を探すことができる．このような従来の検索システムは，多くの人がある楽曲や曲調に対して，一定の共感を持ち明確な名称が当てられていることで成立させることができる．

しかし，テキスト化・画像化しにくい情報を検索しようとした場合，従来の検索システムでは，利用者の想像に合った検索結果を見つけることは困難である．この一例として，「サードプレイス」[1)]が挙げられる．広義における「サードプレイス」とは，「ファーストプレイス」である家や，「セカンドプレイス」である職場･学校以外の場所であり，居心地の良い第 3 の居場所のことである．しかし，「サードプレイス」という語は未だ定義が曖昧であり，様々な意味で扱われることがある．また，居心地のいい場所とは，解釈する者によって個人差があるため，特定することが難しい．このように，定義が曖昧な場合，解釈に個人差がある場合，検索者が語を知らない･思いつかない場合において，利用者の想像に合った検索結果を得ることは難しい．

そこで本研究では，テキスト化・画像化することが難しい情報を検索するシステムを開発した．軽量小型の眼鏡型センシング端末から得られた生理データを検索クエリとして入力することで，類似した生理状態および心理状態になれる時間・場所・作業の条件を検索結果としてユーザに返すシステムを目指した．

現在，生理状態や心理状態を用いて検索を支援するシステムの研究として，三和の「小説を対象とした読後の感情状態形成モデルの研究」[2)]，杉本らの「脳波解析に基づく曲中の感情変化を予測する楽曲推薦システム」[3)]などがある．一方で，検索に用いるデータを日常生活から気軽に収集できる検索システムや，類似の生理状態および心理状態にな

1 日本大学大学院生産工学研究科
Graduate School of Industrial Technology
2 日本大学生産工学部
College of Industrial Technology, Nihon University

ⓒ2020 Information Processing Society of Japan

るための時間や場所を検索するシステムの研究は，あまりなされていない．本研究は，利用者の負担を軽減した眼鏡型センシング端末を利用して生理データを取得し，このデータを用いて言語化しにくい情報を検索するシステムを開発するための基礎研究として位置づけられる．

本検索システムが機能する条件は，時間・場所・作業の組み合わせと人間の生理状態および心理状態の間に一定の関係が認められた場合である．具体的には時間・場所・作業が同一であるとき，眼鏡型センシング端末より得られた生理状態が類似し，心理状態も一致するような場合である．これらの間に関係が認められなければ，検索者に信頼性のある情報を提供することはできない．また，これらの関係の個人差を分析することで，検索者間の生理データの多用性について知見を得ることができる．そこで本研究では，個人差を考慮しながら，時間・場所・作業の組み合わせと人間の生理状態および心理状態との間にどのような関係があるかを明らかにする．

2. 研究目的

本研究は，時間・場所・作業の組み合わせと人間の生理状態および心理状態の間にどのような関係があるかを明らかにすることを目的とした．

特に，同じ組み合わせの時間・場所・作業の条件で行動したときに生理状態も類似するかということや，生理状態が類似するときに心理状態も一致するかということに着目して実験を行った．

3. 第 1 実験：単一被験者による生理評価実験

3.1 実験概要

第 1 実験は，人間の生理状態と時間・場所・作業の組み合わせとの間にどのような関係があるか明らかにすることを目的として実施した．

被験者に眼鏡型センシング端末と携帯型情報端末を装着させ，実験条件表（表 1）に沿って行動させた．その際，眼鏡型センシング端末より被験者の生理データを記録した．このデータを用いてクラスタ分析や統計的検定などの分析処理を行い，時間・場所・作業と生理状態の間にどのような関係があるか考察した．

3.2 実験方法

3.2.1 実験場所および日時

実験場所および日時を以下に記す．

- 日本大学生産工学部津田沼キャンパス 40 号館 604 号室（以下，ゼミ室），16 号館 3 階（以下，図書館），39 号館 2 階（以下，新食堂）
- 2019 年 10 月 14 日～2019 年 12 月 20 日

3.2.2 被験者

24 歳の大学院生 1 名（実験者）を被験者とした．長期的にデータを計測し続けると被験者に負担がかかるため，まずは単一被験者で実験を行った．

3.2.3 実験器具

実験器具を以下に記す．

- 株式会社ジンズホールディングスより販売されている眼鏡型センシング端末「JINS MEME」
- 携帯型情報端末「iPhone7」および，生理データを記録するアプリケーションソフト「Recorder」

3.2.4 実験変数および実験パターン

実験変数は 3 要因（時間，場所，作業），3 水準の 9 つの変数からなる（表 2）．

時間の 3 水準は，朝（9:00～11:30），昼（12:10～13:00），夕（14:00～16:00）であり，実験実施可能時間を示している．いずれの時間も大学の登校日である平日に限定した．作業の 3 水準は，テーマに沿ってロゴのアイデアを A4 用紙に記入させる作業（以下，アイデア創出），被験者の興味がある評論，人文学，哲学に関する書籍を読ませる作業（以下，読書），被験者に何もさせず，リラックスし着座させる状態（以下，休憩）により構成した．

各水準は，人間の行動や生理状態の変化，場所の利用のされ方，被験者を取り巻く人間関係，必要とされる思考能力に差があると考えたものを選定した．

実験変数の組み合わせに従い，27 通りの実験条件を構成した（表 1）．実験は 27 通りの条件を 5 周繰り返した．

表 1　実験条件
Table 1　Experimental Conditions

実験パターン（合計27パターン）											
	時間	場所	作業内容		時間	場所	作業内容		時間	場所	作業内容
1	朝	ゼミ室	アイデア創出	10	昼	ゼミ室	アイデア創出	19	夕	ゼミ室	アイデア創出
2	朝	ゼミ室	読書	11	昼	ゼミ室	読書	20	夕	ゼミ室	読書
3	朝	ゼミ室	休憩	12	昼	ゼミ室	休憩	21	夕	ゼミ室	休憩
4	朝	図書館	アイデア創出	13	昼	図書館	アイデア創出	22	夕	図書館	アイデア創出
5	朝	図書館	読書	14	昼	図書館	読書	23	夕	図書館	読書
6	朝	図書館	休憩	15	昼	図書館	休憩	24	夕	図書館	休憩
7	朝	新食堂	アイデア創出	16	昼	新食堂	アイデア創出	25	夕	新食堂	アイデア創出
8	朝	新食堂	読書	17	昼	新食堂	読書	26	夕	新食堂	読書
9	朝	新食堂	休憩	18	昼	新食堂	休憩	27	夕	新食堂	休憩

表 2　実験変数
Table 2　Experimental Variables

実験変数		
時間	場所	作業
朝	ゼミ室	アイデア創出
昼	図書館	読書
夕	新食堂	休憩

表 3 計測したデータ
Table 3 Measurement Data

計測した生理データ	
瞬目の強さ	頭の回転角度（2 軸）
瞬目の所要時間	頭の加速度（3 軸）
眼球の動き（上下左右）	

3.2.5 実験手順

実験は以下の手順に従って実施した．

① 表 1 の実験条件表に従い，指定された時間に計測場所へ向かわせた．
② 眼鏡型センシング端末および携帯型情報端末を起動させ，生理データの計測を開始させた．
③ 表 1 の実験条件表に従い，指定された作業を 15 分間行わせ生理データの計測を終了させた．

ⓒ2020 Information Processing Society of Japan

Vol.2020-HCI-187 No.1
2020/3/16

④ 表 1 の実験パターンが全て終了するまで，①～③を繰り返し行わせた．

⑤ ①～④を 5 周繰り返し実施させ，第 1 実験を終了した．

3.2.6 計測事項

眼鏡型センシング端末と「Recorder」によって，収集された項目を表 3 に示す．

・ 瞬目の強さ，瞬目の所要時間，視線移動（上下左右），頭の回転角度（roll 要素，pitch 要素），頭を動かす速さ（X 軸，Y 軸，Z 軸）．

3.2.7 分析手順

分析は，生理状態と時間・場所・作業の組み合わせの間にどのような関係があるか明らかにすることを目的として，以下の手順に従って実施した．

① 計測した生理データに対して，計測開始から 30 秒間のデータを除き，その後 14 分 30 秒間の生理データに変換した．

② ①で得たデータを 75 次元のベクトルデータに要約した．要約方法は，表 3 のデータに対して表 4 の処理を施したものである．

③ データ間における単位の影響を無視できるようにするため，②で得たデータを標準化し，無次元化した．

④ ③のデータを用いて階層クラスタリング分析（ユークリッド距離，ward 法を利用）を行い，樹形図を得た．

⑤ Silhouette 係数と DB's 指標を用いて，客観的にクラスタの分割数を決定した．

⑥ 要約したベクトルデータを散布図にプロットするため，潜在意味解析法(LSA)を用いて，75 次元を 2 次元に次元圧縮した．

⑦「実験条件が同一である生理データ間の類似度」と「実験条件が異なる生理データ間の類似度」の 2 群において母平均に有意な差があるか分析するため，t 検定を実施した．生理データ間の類似度は，④のクラスタリング分析時に算出した類似度マトリックスを用いた．

表 4　生理データの要約方法

Table 4　Summarization Method of Physiological Data

瞬目の強さ	瞬目の所要時間	視線移動（上下左右）	頭の回転角度（roll, pitch）	頭の加速度（3 軸）
最大値 最小値 平均値 中央値 歪度 尖度 標準偏差	最大値 最小値 平均値 中央値 歪度 尖度 標準偏差 瞬目の頻度 連続瞬目の頻度	平均値 中央値 歪度 尖度 標準偏差 視線移動の頻度	最大値 最小値 平均値 中央値 歪度 尖度 標準偏差	最大値 最小値 平均値 中央値 歪度 尖度 標準偏差

3.3 結果および考察

(1) 時間・場所・作業が生理状態に及ぼす影響

クラスタリング分析より得た樹形図を図 1 に示す．樹形図は，類似度が高い 2 つのデータを 1 組のクラスタにまとめ，全てのデータを 1 つのクラスタとするまでのデータ間の類似度を分析することができる．

クラスタ数の決定については，樹形図を目視で確認するとともに Silhouette 係数と DB's 指標を用いて行なった（図 2）． Silhouette 係数は値が大きいほど適切にクラスタリングが行われていることを意味している．また，DB's 指標は値が低いほど適切にクラスタリングが行われていることを意味している．図 2 より，Silhouette 係数が高く，かつ DB's 指標が低い値となるクラスタ数は 10 であることがわった．よって，全体のデータを図 1 に記したクラスタ A～J に分割した．

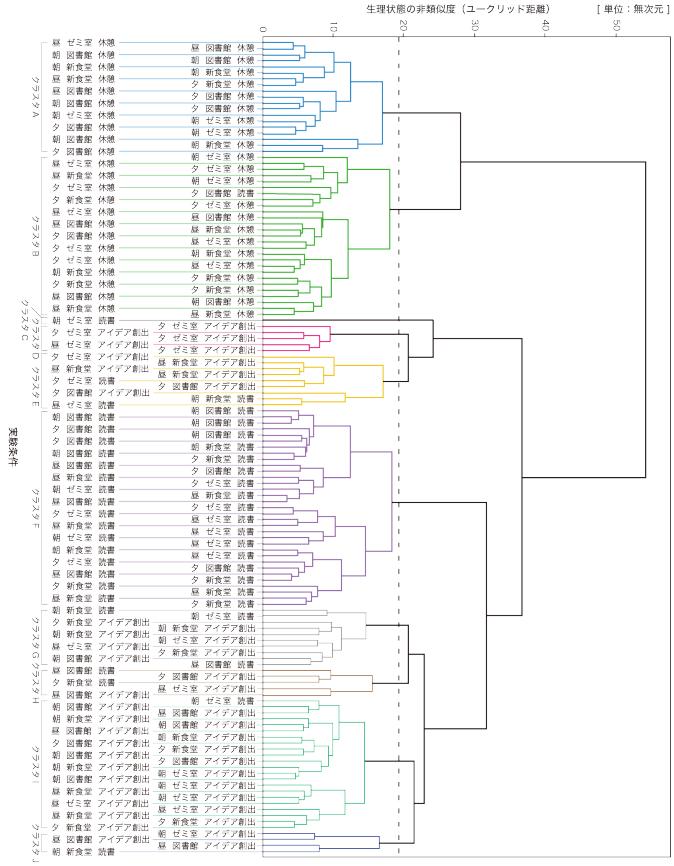


図 1　生理状態の類似度を示す樹形図（被験者 I）

Fig.1　Dendrogram (Subject I)

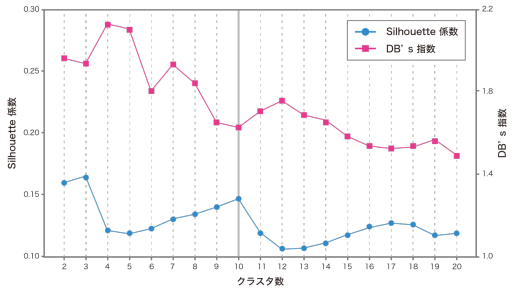


図 2　クラスタ数決定の基準（被験者 I）

Fig.2　Determine Number of Clusters (Subject I)

ⓒ2020 Information Processing Society of Japan

図 1 より，クラスタ A,B には「休憩」，クラスタ F には「読書」，クラスタ G,H,I には「アイデア創出」がそれぞれ多く見られた．このことから，作業内容が同一であるときに生理状態が類似する傾向があることがわかった．特に作業が「休憩」であるときの生理状態の類似性は顕著に表れていた．これは「読書」「アイデア創出」がクラスタ C〜J の間でややばらつきながら見られることに対して，「休憩」がクラスタ A,B 内に集中していることからいえる．この結果より，作業内容の中でも特に生理状態が類似しやすい条件があることが明らかになった．

一方「アイデア創出」は，「休憩」ほど，クラスタがはっきり分かれなかった．「アイデア創出」は，クラスタ D,E とクラスタ G,H,I,J の 2 グループに分裂しており，生理状態の類似度も高くないことが図 2 より見てとれた．この結果より，同一の作業をしていたとしても，必ずしも類似した生理状態になるわけではなく，作業の種類によっては生理状態の類似性が低くなることが明らかになった．

(2) 同一実験条件における生理状態の類似度

生理状態を散布図にプロットすることで，視覚的に「実験条件が一致する生理状態」の類似性について分析した．図 3 は 27 通りの実験を 5 周行い，得た生理データを散布図にし，縦 5 層に並べたものである．時間・場所・作業の 3 条件が同一であるときの生理状態の一致度を考察するためグラフを立体化した．同一実験条件の生理データ点は線で結ばれている．この線が直線に近いほど生理状態は一致していると考察することができる．グラフの横軸と奥行きの軸のスケールが異なる点に注意しながら結果の考察を行なった．

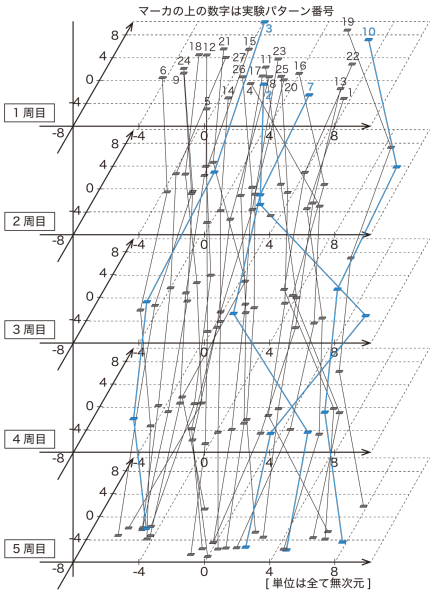


図 3　実験条件と生理状態の関係（被験者 I）

Fig.3　Experimental Conditions and Physiological State (Subject I)

図 3 より，実験条件 2,3,7,10 以外の生理データ点は，それぞれ狭い範囲に集まり，この点を結ぶ線が直線に近いことが見られた．つまり，被験者 I に関して，実験条件が同一であるとき生理状態は類似度の高い状態になる傾向があることが視覚的にわかった．実験条件 2,3,7,10 はそれぞれ「朝，ゼミ室，読書」「朝，ゼミ室，休憩」「朝，新食堂，アイデア創出」「昼，ゼミ室，アイデア創出」である．このことから，被験者 I に関しては朝の時間帯やゼミ室の条件によって，生理状態の類似度が低くなる可能性があることがわかった．

視覚的だけでなく，統計分析手法を用いて生理状態の一致度を考察した．「実験条件が不一致である生理データ間の類似度」と「実験条件が一致する生理データ間の類似度」の平均や標準偏差（図 4）を比較することによって，時間・場所・作業の組み合わせが全て一致する場合において，生理状態が類似するか分析した．

t 検定を用いて，「実験条件が不一致である生理データ間の類似度」と「実験条件が一致する生理データ間の類似度」の 2 群間の母平均に有意な差があるか明らかにした．Student の t 検定の結果，「実験条件が一致する生理データ間の非類似度」と「実験条件が不一致である生理データ間の非類似度」の 2 群における母平均に有意な差があるか明らかになった（$p=1.38E-37<0.05$）．

図 4 より，「実験条件が一致する生理データ間の類似度」（平均値 8.881）に比べて，「実験条件が不一致である生理データ間の類似度」（平均値 11.143）が高くなることが見て取れる．よって，実験条件が一致する場合は生理状態が類似する傾向があることがわかった．これら結果より，時間・場所・作業の組み合わせが同一である場合，生理状態は類似することが明らかになった．

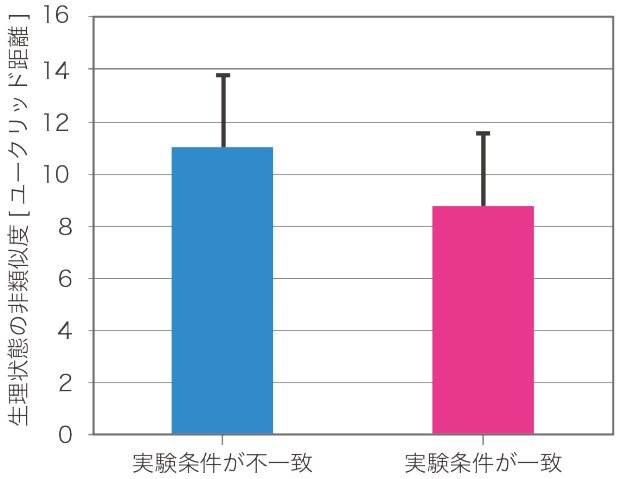


図 4　生理状態の非類似度の平均と標準偏差（被験者 I）

Fig.4　Mean and Standard Deviation of Physiological State Dissimilarities (Subject I)

ⓒ2020 Information Processing Society of Japan

4. 第 2 実験：複数被験者による生理評価実験

4.1 実験概要

第 2 実験は，第 1 実験より得た特定個人に対する知見が複数の人間にも当てはまるかどうか明らかにすることを目的として実施した．

実験方法は，第 1 実験の被験者数を増やし，実験期間を短縮させたことを除き，実験器具，実験変数および実験条件，実験手順，計測事項などは第 1 実験と同様とした．

4.2 実験方法

4.2.1 実験場所および日時

実験場所は 3.2.1 項と同様とした．日時は 2019 年 11 月 19 日～2019 年 12 月 20 日であった．

4.2.2 被験者

20 代の大学生および大学院生，計 2 名を被験者とした．

4.2.3 分析手順

被験者によって時間・場所・作業から受ける生理状態は異なると考えられる．本分析項目では，3.2.7 項で実施した内容に加え，時間・場所・作業から受ける生理状態の変化を被験者間で比較，考察することを目的とした．分析手順を以下に記す．

① 第 2 実験で得た生理データに対して，3.2.7 項①～③の処理を実施した．

② 3.2.7 項③および本項①で得た生理データは，第 1 実験の被験者を含めた計 3 名の被験者における生理データである．このデータに対して，被験者個別で実験条件ごとに生理データ間の重心点を算出した．

③ 被験者別に実験条件ごとの生理データ点を散布図にプロットするため，潜在意味解析法(LSA)を用いて，75 次元を 2 次元に次元圧縮した．

④ 2 次元に圧縮した生理データを散布図にプロットした．

4.3 結果および考察

(1) 時間・場所・作業が生理状態に及ぼす影響

図 7 における被験者Ⅱ，Ⅲの Silhouette 係数が高く，DB's 指標が低い値は，それぞれ 5 と 3 であった．よって，被験者Ⅱにおいては実験条件を 5 つのクラスタに分割し，被験者Ⅲにおいては 3 つのクラスタに分割し，生理状態の類似度が実験条件から受ける影響について考察した．

図 5 より，クラスタ A には「休憩」，クラスタ B には「アイデア創出」，クラスタ D,E には「読書」がそれぞれ多く見て取れた．また，図 6 より，クラスタ A には「アイデア創出」，クラスタ B には「読書」，クラスタ C には「休憩」がそれぞれ多く見て取れた．これらのことから，被験者Ⅱ,Ⅲにおいて作業内容が同一であるときに類似の生理状態になりやすいことが明らかになった．この結果は第 1 実験における被験者 I と共通していることから，作業内容が同一である場合，生理状態も類似するという知見は，特定個人（被験者 I）だけでなく複数の人間にも当てはまることが明らかになった．

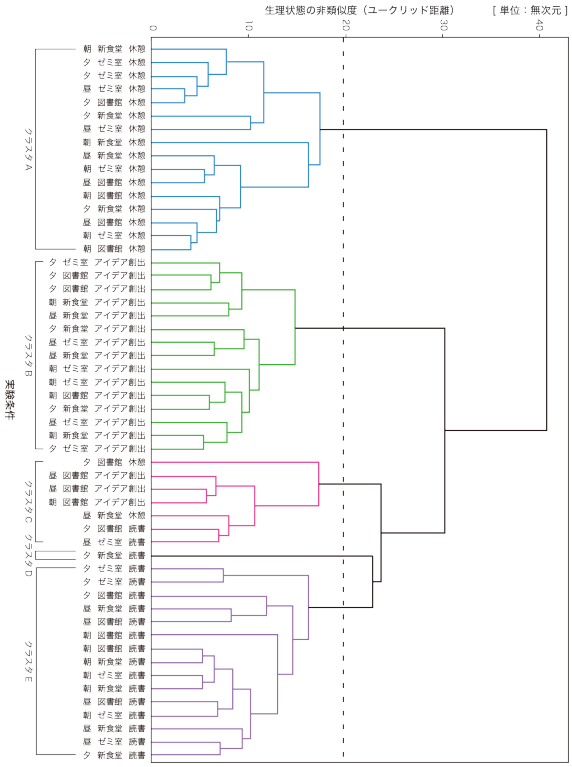


図 5　生理状態の類似度を示す樹形図（被験者Ⅱ）

Fig.5　Dendrogram (Subject Ⅱ)

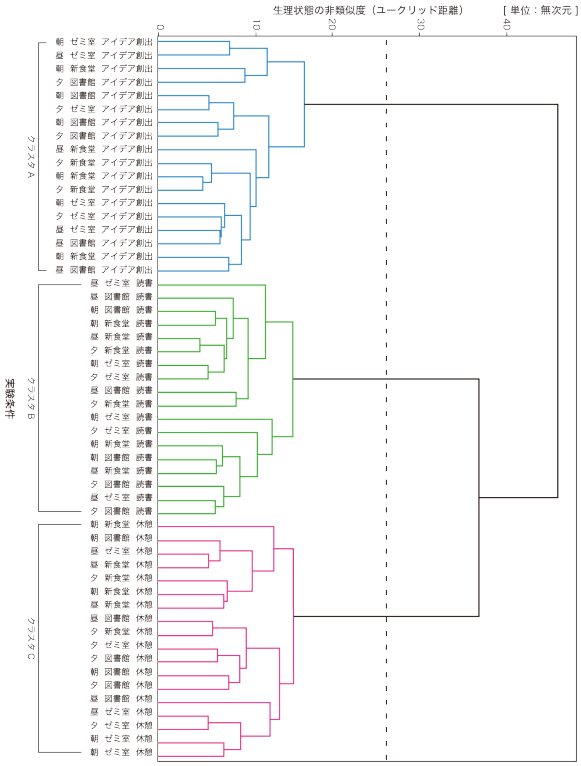
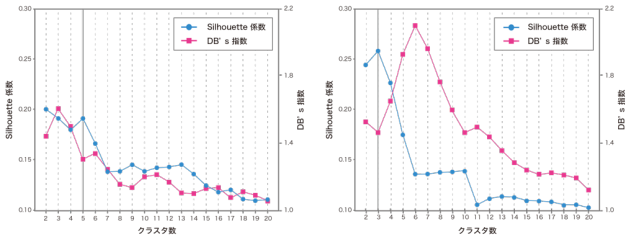


図 6　生理状態の類似度を示す樹形図（被験者Ⅲ）

Fig.6　Dendrogram　(Subject Ⅲ)

ⓒ2020 Information Processing Society of Japan



被験者Ⅱ　　被験者Ⅲ

図 7　クラスタ数決定の基準

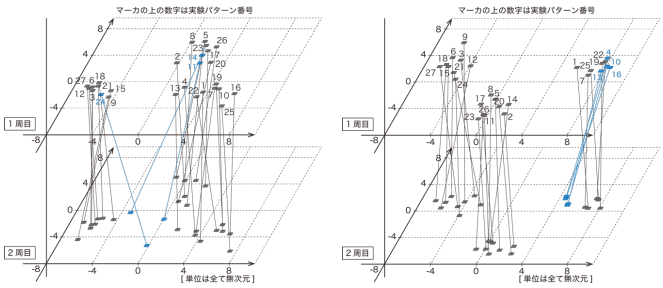
Fig.7　Determine Number of Clusters

(2) 同一実験条件における生理状態の類似度

3.3 項と同様にして，生理状態を散布図にプロットし，視覚的に生理状態の類似性について分析した．実験条件と生理状態の関係について，被験者別に図 8 に示した．それぞれの図は 27 通りの実験を 2 周行った結果である．

図 8 より，被験者Ⅱの実験条件 11,14,24 以外の生理データ点は，それぞれ狭い範囲に集まり，この点を結ぶ線が直線に近いことが見られた．また，被験者Ⅲの実験条件 4,10,13,16 以外の生理データ点は，それぞれ狭い範囲に集まり，この点を結ぶ線が直線に近いことが見られた．これらの結果から，実験条件が同一であるとき生理状態は類似度の高い状態になる傾向があることが，視覚的にわかった．

被験者Ⅲにおける生理状態の類似度が低い実験条件 4,10,13,16 はそれぞれ「朝，図書館，アイデア創出」「昼，ゼミ室，アイデア創出」「昼，図書館，アイデア創出」「昼，新食堂，アイデア創出」である．このことから被験者Ⅲに関しては昼やアイデア創出の条件によって，生理状態の類似度が低くなる可能性がある．昼は各所で人の往来が活発になる時間帯であり，かつ食事の時間帯特有の生理状態が現れることが予想される．また，本研究ではアイデア創出は思考能力を多く必要とする作業と位置付けており，これらのことより，被験者Ⅲ固有の生理状態は，人の往来や身体の状態や思考能力を必要とする作業に対して，様々な反応が生じやすいと推測される．



被験者Ⅱ　　被験者Ⅲ

図 8　実験条件と生理状態の関係

Fig.8　Experimental Conditions and Physiological State

このように，生理状態の類似度が低い実験条件について分析することによって，時間・場所・作業から受ける各被験者固有の生理反応を明らかにできる可能性がある．各被験者固有の生理反応が明らかになることで，本研究より開発される検索システムにおいてユーザ間でのデータの活用が期待される．

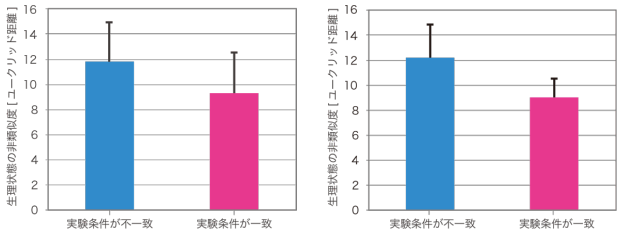
視覚的だけでなく統計分析手法を用いて生理状態の一致度を考察した.「実験条件が一致する生理データ間の類似度」と「実験条件が不一致である生理データ間の類似度」の平均と標準偏差を図 9 に示した．

図 9 より，実験条件が不一致である場合に比べて，実験条件が一致する場合は生理状態の類似度が高くなることが見て取れた．この結果より，被験者Ⅱ,Ⅲにおいて実験条件が一致する場合は生理状態が類似する傾向があることがわかった．

t 検定を用いて，「実験条件が不一致である生理データ間の類似度」と「実験条件が一致する生理データ間の類似度」の 2 群間の母平均に有意な差があるか明らかにした．

被験者Ⅱを対象として Student の t 検定を実施し結果，「実験条件が一致する生理データ間の非類似度」と「実験条件が不一致である生理データ間の非類似度」の 2 群における母平均に有意な差があることが明らかになった（$p=1.632E-5<0.05$）．また，被験者Ⅲを対象として Welch の t 検定を実施した結果,「実験条件が一致する生理データ間の非類似度」と「実験条件が不一致である生理データ間の非類似度」の 2 群における母平均に有意な差があることが明らかになった（$p=9.081E-12<0.05$）．

3.3 項の結果を踏まえると，被験者 I,Ⅱ,Ⅲのいずれにおいても，時間・場所・作業の組み合わせが同一である場合，生理状態も類似することが明らかになった．つまり，時間・場所・作業の組み合わせが同一である場合，生理状態も類似するという知見は特定個人（被験者 I）だけでなく複数の人間にも当てはまることが明らかになった．



被験者Ⅱ　　被験者Ⅲ

図 9　生理状態の非類似度の平均と標準偏差

Fig.9　Mean and Standard Deviation of Physiological State Dissimilarities

(3) 時間・場所・作業が生理状態に及ぼす影響に関する分析（被験者間の比較分析）

実験条件ごとに生理データ間の重心点算出し，各人の生理状態の代表点として被験者間における生理状態の変化に

ついて分析した(図 10)．被験者Ⅱ,Ⅲのプロットは被験者Ⅰに比べて類似する点が多いことが見て取れた．被験者Ⅱ,Ⅲの生理データは，およそ 3 つのグループ A, B, C から構成されており，グループ A, C は被験者Ⅱ,Ⅲ間でやや類似した生理データであることがわかった．しかし，グループ B は，被験者Ⅱ,Ⅲ間で大きく離れており，異なる性質を持つ生理データであることがわかった．これら 2 つのことから，時間･場所･作業から成る生理状態は個人差があるものの，類似した傾向を持つ部分が，局所的に存在することが明らかになった．また，この奥行き軸方向に大きく離れているグループの各データは「アイデア創造」の作業を持つものが多く見られた．このことから，生理状態の個人差に影響する要因を明らかにする上で，各人の作業に対する生理状態の変化の違いが重要なのではないかと推測された．

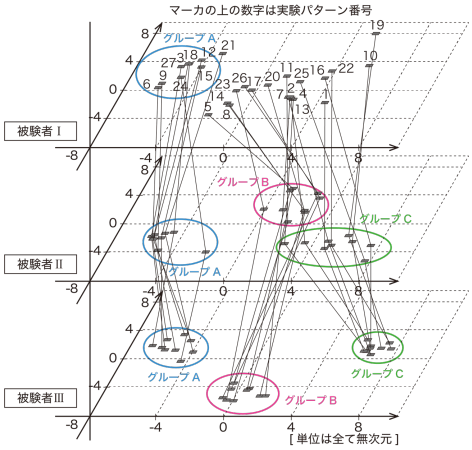


図 10　実験条件と生理状態の関係（被験者別）

Fig.10　Experimental Conditions and Physiological State (Piecemeal Data of Subject)

5.　第 3 実験：複数被験者による心理評価実験

5.1　実験概要

第 3 実験は，第 1 実験および第 2 実験において生理状態が類似する 2 つの実験条件を再び実施したとき，心理状態が一致するか明らかにすることを目的として実施した．

第 1 実験および第 2 実験より得た知見を用い，被験者を生理状態が類似する 2 つの実験条件下におき，実験終了時に心理状態が一致していたか 5 段階で評価させた．また，生理状態が類似しない実験条件に被験者を置き，心理状態の一致度について 5 段階評価させた．これら生理状態が類似する条件と生理状態が類似しない条件の 2 群の間にどのような関係があるか分析した．

5.2　実験方法

5.2.1 実験場所および日時

実験場所は 3.2.1 項と同様とした．実験日時は 2020 年 1 月 13 日～2020 年 1 月 30 日に実施した．

5.2.2 被験者

第 1 実験および第 2 実験の被験者と同一人物とした．

5.2.3 実験器具

3.2.3 項の実験器具に加え，「心理状態に関する調査用紙」を準備した．「心理状態に関する調査用紙」は，比較対象である 2 つの実験条件が終了した後，被験者に記入させる質問用紙であり，2 つの実験条件における心理状態の一致度について調査するものであった．心理状態の一致度の評価は，「1：一致しなかった，2：どちらかと言えば一致しなかった，3：どちらとも言えない，4：どちらかと言えば一致した，5：一致した」の 5 段階評価によって構成した．

5.2.4 実験変数および実験パターン

実験変数は 3.2.5 項と同様とした．

被験者に行動させる内容として，第 1 実験および第 2 実験の知見を用いて，全 10 組の実験条件を構成した．実験条件は被験者ごとに「生理状態が類似する実験条件」5 組と「生理状態が類似しない実験条件」5 組の計 10 組から構成されている．実験条件に対する生理状態の類似度は，各被験者により異なるため，本実験における実験条件は被験者ごとに個別で構成した．

生理状態の類似度が類似する実験条件，類似しない実験条件および全ての実験条件における生理状態の類似度のヒストグラムを図 11 に示した．

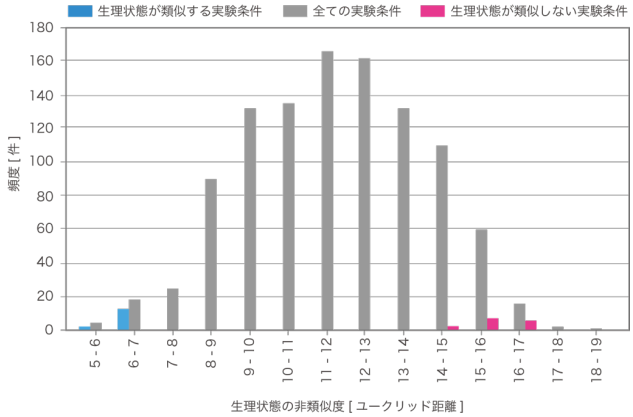


図 11　生理状態の類似度のヒストグラム（第 1 実験および第 2 実験）

Fig.11　Histogram of Physiological State Dissimilarities (Experiment 1 and 2)

5.2.5 実験手順

実験は以下の手順に従って実施した．

① 被験者別に構成した実験条件に従い，所定の時間に所定の場所に向かい，決められた作業を行わせた．

② 15 分間計測を行い，「心理状態の一致度に関する質問用紙」に必要事項を記入させたのち実験を終了した．

③ 全ての実験条件が終了したのち，第 3 実験を終了した．

ⓒ2020 Information Processing Society of Japan

5.2.6 計測事項

「心理状態の一致度に関する質問用紙」より比較対象である 2 つの実験条件間における心理状態の一致度を 5 段階で算出した.

5.2.7 分析手順

本分析項目は，第 1 実験および第 2 実験において生理状態が同質である 2 つの実験条件を再び実施したとき，心理状態が同質になるか明らかにすることを目的として分析を実施した.

1. 被験者において「心理状態の一致度に関する質問用紙」より 2 つの実験条件間における心理状態の一致度を 5 段階で算出した.
2. 心理状態の一致度を「生理状態が類似する実験条件」と「生理状態が類似しない実験条件」の 2 群に分け，平均と標準偏差を算出し，正規性の検定，F 検定，t 検定を実施した.

5.3 結果および考察

「生理状態が類似しない実験条件」と「生理状態が類似する実験条件」の心理状態の類似度の大小関係に有意な差があるか t 検定を用いて明らかにした.

Student の t 検定の結果,「実験条件が一致する生理データ間の非類似度」と「実験条件が不一致である生理データ間の非類似度」の 2 群の母平均に有意な差があるか明らかになった（$p=0.016<0.05$）. この結果より，本研究における検索システムが検索者に「生理状態が類似する条件」を提供した場合において,「生理状態が類似しない条件」を提供したときと比べて，心理状態が類似する体験を与えられることが明らかになった.

しかし,「生理状態が類似しない条件」と比較しなければ,「生理状態が類似する実験条件」の心理状態の類似度（平均値 3.066）はあまり高くない（図 12）. 心理状態の類似度は「心理状態に関する調査用紙」を用い 5 段階評価で被験者から得たデータであり，評価値 3 は「どちらとも言えない」を示す. つまり,「生理状態が類似する実験条件」は，心理状態の類似度が「どちらとも言えない」にかなり近いため，本検索システムが推薦した行動をユーザが行ったとしても，ユーザは体験したい心理状態になることができない可能性がある.

この可能性について検証するためには，図 11 における,「生理状態が類似する実験条件」と「全ての実験条件」の心理状態の類似度を比較する必要がある. しかし，本実験では,「全ての実験条件」の心理状態の類似度の計測に関する実験は行なっておらず，比較することができない. よって今後の展望として,「全ての実験条件」の心理状態の類似度の計測を行い,「生理状態が類似する実験条件」と比較することで本システムの有用性を明らかにしたい.

一方で，心理状態を意図的に変化させる条件を検索結果として提供できる傾向が高いことが考えられる.「生理状態が類似しない実験条件」の心理状態の類似度は 2.066 と低く，生理状態は「どちらかと言えば一致しなかった」に近いことからこのことが示唆された.

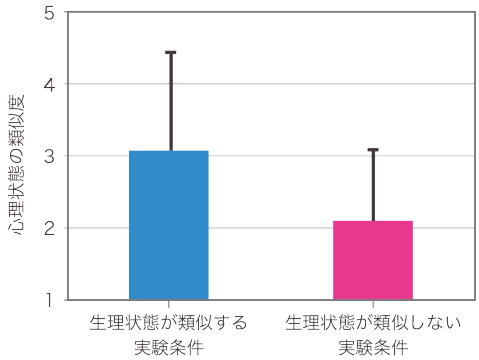


図 12 心理状態の非類似度の平均と標準偏差

Fig.12 Mean and Standard Deviation of Mental State Dissimilarities

6. おわりに

本研究は，時間・場所・作業の組み合わせと人間の生理状態および心理状態の間にどのような関係があるかを明らかにすることを目的とした. 明らかになったことを以下に記す.

- 作業内容が同一である場合, 生理状態も類似するという知見は，特定個人だけでなく複数の人間（被験者全員）にも当てはまる.
- 時間・場所・作業の組み合わせが同一である場合，生理状態も類似するという知見は, 特定個人だけでなく複数の人間（被験者全員）にも当てはまる.
- 時間・場所・作業から受ける生理状態の変化は個人差があるものの，類似した傾向を持つ.
- 「生理状態が類似する実験条件」において心理状態の同質性が若干見られたが, 本研究における検索システムが推薦する行動により, 意図的に心理状態の類似度が高い体験を提供できる可能性は低い.
- 「生理状態が類似しない実験条件」において心理状態の非同質性が見られ, 本研究における検索システムは心理状態を意図的に変化させる条件を検索結果として提供できる可能性が高い.

参考文献

[1] レイ・オルデンバーグ著，忠平美幸訳：サードプレイス-コミュニティの核になる「とびきり居心地よい場所」，みすず書房（2003）
[2] 三和義秀：小説を対象とした読後の感情状態形成モデルの研究-読者のパーソナリティ特性と認知的評価に基づいて-，情報知識学会誌，23−1(2013)，92−110
[3] 杉本知仁，福井健一，森山甲，栗原聡，沼尾正行：脳波解析に基づく曲中の感情変化を予測する楽曲推薦システム，人工知能学会全国大会論文集，23 (2009)

ⓒ2020 Information Processing Society of Japan