

観光客の感情・満足度推定のための 簡易なデータ収集システムの提案

林 涼弥^{1,2,a)} 松田 裕貴^{1,2,3} 平野 陽大¹ 藤本 まなと^{1,2} 諏訪 博彦^{1,2} 安本 慶一^{1,2}

概要：情報処理技術を活用して質の高い観光支援を行うスマートツーリズムに注目が集まっており，様々な観光支援システムが提案されている．しかし，それらは観光客が抱く個々の感情や満足度といった心理状態は考慮されていない．観光客の感情や満足度は，個々の観光客の性格や嗜好によって異なることが想定されるため，より有用な観光支援システムの実現には，個々の心理状態の考慮が重要と考えられる．我々は，これまで観光中にとる仕草（頭部運動，身体運動，表情，声色）にその心理状態が現れると仮定し，それらを収集，分析することで，観光客の心理状態を推定する手法を提案してきた．しかし，従来システムは，眼鏡型ウェアラブルデバイスをはじめとする複数のデバイスを装着して観光する必要がある，観光者の負担が大きいという問題を抱えている．本稿では，観光客の心理状態推定のためのデータ収集をより簡単に行うためのシステムを提案する．

Simple Data Collection System for Tourists' Emotion and Satisfaction Estimation

RYOYA HAYASHI^{1,2,a)} YUKI MATSUDA^{1,2,3} YODAI HIRANO¹ MANATO FUJIMOTO^{1,2}
HIROHIKO SUWA^{1,2} KEIICHI YASUMOTO^{1,2}

1. はじめに

情報処理技術を活用して，質の高い観光支援を行うスマートツーリズムに注目が集まっている．例えば，観光地の混雑度やイベント情報を，スマートフォンを介してリアルタイムに入手できるシステムが挙げられる．ただし，こうした観光支援システムは，観光客が抱く個々の感情や満足度といった心理状態が考慮されていない．観光客の感情や満足度は，同じ観光地を訪れた場合でも，観光客それぞれの性格や嗜好によって異なることが想定される．より有用な観光支援システムの実現には，個々の観光客の心理状態を考慮することが重要と考えられる．

観光客の感情や満足度を収集する方法として，レビュー

サイトへ投稿してもらう方法や，アンケート調査を取る方法が一般的である [1], [2], [3], [4]．しかし，これらは情報の網羅性や心理的バイアスの影響を無視できないという問題を抱えている．

従来研究では，アンケート調査によらない，客観的なデータに基づいた観光客の感情・満足度推定手法を検討している [5]．これまでに，観光中の無意識的な仕草（頭部運動，身体運動，表情，声色）にその心理状態が現れると仮定し，観光客の周囲の天気情報とあわせて，それらを収集，分析することで，観光客の心理状態をマルチモーダルに推定する手法を提案してきた．

しかし，従来研究で提案してきた感情・満足度推定のためのセンシングデータ収集システムは，眼鏡型ウェアラブルデバイスをはじめとする複数のデバイスを装着して観光する必要がある，煩わしいという問題を抱えている．本稿では，感情・満足度推定のためのデータ収集をより簡単に行う手法を提案する．これまでに，スマートフォンで撮影される自撮り動画から取得される表情・声色に関する特徴

¹ 奈良先端科学技術大学院大学

Nara Institute of Science and Technology

² 理化学研究所革新知能統合研究センター (AIP)

RIKEN Center for Advanced Intelligence Project (AIP)

³ 国立研究開発法人科学技術振興機構 さきがけ

JST PRESTO

^{a)} hayashi.ryoya.ho3@is.naist.jp

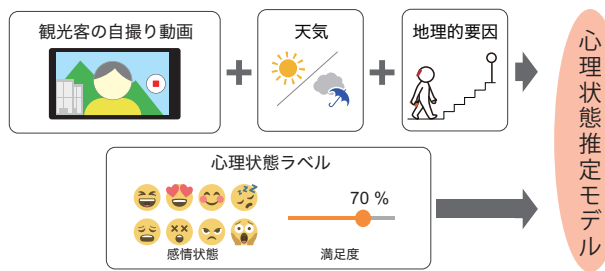


図 1 観光客の心理状態推定モデルの構築

量が、感情・満足度推定に重要な特徴量である可能性が確認されている [6]。そのため本稿では、スマートフォンを中心としたデータ収集システムを検討する。

また、観光地の湿度や、地理的な変化が、感情・満足度に影響を与える可能性が確認されているため [6]、これらのデータも収集するシステムの構築方法について検討する。具体的には、観光者の負担にならない環境センサを利用した観光地の天気情報の収集を行う。さらに、スマートフォンで GPS 情報を収集することで、観光者の移動の変化を捉えるシステムを検討する。それらのデータをもとに心理状態推定モデルを構築し、観光客の感情・満足度の自動推定を目指す (図 1)。

2. 関連研究

本章では、関連研究について述べる。ここでは、周辺環境が人の心理状態に与える影響に関する研究と、デジタルデバイスを利用した心理状態の収集に関する研究について述べる。

2.1 周辺環境が人の心理状態に与える影響

Howarth ら [7] は、24 名の男子大学生を対象に毎日の気分を記録・報告してもらい、その時の天気との関係を調査している。調査の結果、人の集中力は湿度が高いと低下する傾向があることを確認している。さらに、不安な気持ちが日照時間や気温の影響を受ける可能性を述べている。ただし、単純に気温が高ければ人の気分が良くなるというわけではない。Denissen ら [8] によれば、冬では気温が高いと、人の気分がポジティブな影響を与えるが、夏では逆に人の気分がネガティブに働く、といったように、季節でその傾向は変化することを確認している。ただし、これらの人の心理状態と天気との関係についての研究は、そのほとんどがアンケート調査によってデータ収集を行っており、データ収集システムが提案されているわけではない。

2.2 デジタルデバイスを利用した心理状態の収集

スマートフォンなどのデジタルデバイスを利用して人の心理状態や周辺環境を収集するシステムはこれまでに多数提案されている。

谷ら [9] は、オフィスワーカーの心身と環境センシングを目的としたデータ収集システム WorkerSense を提案している。本システムは、第一にオフィスワーカーの生体情報を収集するため、常時装着が容易な腕時計型の生体センサ Fitbit Charge 3 を採用している。第二に、温湿度や騒音などのオフィスワーカーの周囲の環境情報を収集するため、小型で常時携帯しやすいオムロン環境センサ 2JCIE-BL を採用している。これらのセンサは BLE (Bluetooth Low Energy) によってスマートフォンと接続、さらにそれらを統括するアプリケーションを構築することで、ユーザの負担にならないデータ収集システムを実現している。

松田ら [10] は、ユーザー参加型の都市センシングを目的としたデータ収集スマートフォンアプリケーション Par-moSense を提案している。本システムで使用するセンサは、9 軸センサ (加速度・ジャイロ・地磁気)、方位センサ、光センサ、GPS 情報など、全てスマートフォン内蔵のセンサを利用するため、ユーザは別途センシングデバイスを用意する必要はなく、容易に都市センシングができる。

Zhang ら [11] は、スマートフォンで収集可能なセンシングデータに基づいてユーザの感情を認識する Android アプリケーション MoodExplorer を提案している。本アプリは、GPS 情報、スマートフォン画面のオン・オフ状態、マイク、光センサ、加速度、ジャイロ、方位センサ、電話・SMS などの使用状況をバックグラウンド状態で収集、サーバへ送信するシステムとなっている。大学生 30 人の 1 ヶ月分のセンシングデータと自己申告の感情ラベルを収集した実験の結果、本アプリで 76 % の精度の感情認識を達成している。

濱谷ら [12] は、スマートフォンで収集されるログデータから、ユーザのストレス状態を推定する手法を提案している。彼らは、ユーザの論理的な位置情報 (自宅、職場といった意味のある位置情報) を考慮することで、スマートフォンログデータのみを用いてストレス状態を推定する場合と比較して、その推定精度が向上することを示している。

他にも、スマートフォン画面のタッチ操作を検出して収集する手法など [13], [14]、スマートフォンで収集可能な様々なデータを利用して人の心理状態を推定する手法は多く提案されている。

3. 従来の観光客感情・満足度推定のためのデータ収集システムの概要とその問題点

図 2 は、従来の観光客感情・満足度推定のためのデータ収集システム [5] を利用した観光実験の様子である。本章では、この従来システムの概要と問題点について述べる。

3.1 眼鏡型ウェアラブルデバイスによる視線の動きの収集

観光中に得られる情報は、その多くが視覚を通して得られる。そのため、従来研究では、観光客が観光地などに対



図 2 従来システムを利用した観光実験の例

して抱く興味・関心（心理状態）は、視線の動きに現れると仮定している。視線の動き（眼球運動）の計測には、眼鏡型ウェアラブルデバイス Pupil Labs アイトラッカ [15] を採用している。アイトラッカで計測されたデータは、USB ケーブルで接続された Apple MacBook Pro に記録している。そのため、図 2 のようにアイトラッカが接続された PC を背負った状態で観光しており、観光者にとっては大きな負担となっている。

3.2 マルチセンサボードによる頭部・身体運動および周辺環境情報の収集

観光中は頭を動かして様々なものを見たり、観光地内、あるいは別々の観光地間を移動したりすることが多い。そのため、従来研究では、こうした頭部運動や身体運動は心理状態が反映されたものになると仮定している。頭部・身体運動の計測には、SenStick マルチセンサボード [16] を採用している。センサは、眼鏡型ウェアラブルデバイスのつるの部分に装着している。

また、SenStick は周囲の環境情報を収集可能である。従来研究では、観光中の心理状態は、その時の周囲環境、特に天気は左右されると仮定している。例えば、観光中に雨が降ると視界が悪くなって観光を十分に楽しむことができなくなったり、夏の蒸し暑い状況下で屋外を観光すると、不快感を覚える可能性が考えられる。こうした状況を反映するため、環境情報のうち、気温・湿度・気圧を計測している。

SenStick で計測されたデータは、Bluetooth で接続された Apple iPod Touch にインストールされたアプリケーションを介して記録している。そのため、観光者にはデータ記録用の iPod Touch を背中のポケット（PC の上部）に収納した状態で観光してもらう必要がある。

3.3 自撮り動画による観光客表情・声色の収集

近年はスマートフォン内蔵のカメラを利用して、手軽に観光地の写真や動画を撮影することができる。特に、SNS

が普及したことで、観光客は観光地で自撮り写真（動画）を撮影することが増えた。従来研究では、こうした写真や動画に映る観光客の表情や声色に、観光中の心理状態が反映されると仮定している。動画の収集のため、本研究では Android スマートフォンを採用している。

なお、この Android スマートフォンにインストールされたアプリケーションを介して、心理状態ラベルも収集している。

3.4 腕時計型ウェアラブルデバイスによる生体情報の収集

観光客の心理状態は、心拍数などの生理信号にも反映されると仮定している。生理信号の計測のために、腕時計型ウェアラブルデバイス Empatica E4 を採用している。E4 で計測されたデータは、Bluetooth で接続された Apple iPhone XS にインストールされたアプリケーションを介して記録している。そのため、観光者には、SenStick データ記録用 iPod Touch と同様に、Empatica E4 のデータ記録用の iPhone を背中のポケットに収納した状態で観光してもらう必要がある。

3.5 システム全体を通しての問題点

上記の通り、従来のデータ収集システムは、観光客に多数のデバイスを装着してもらわなければならない。その内訳は、眼鏡型デバイス 1 機とそのデータ記録用 PC 1 機、マルチセンサボード 1 機とそのデータ記録用スマートフォン 1 機、腕時計型デバイス 1 機とそのデータ記録用スマートフォン 1 機、自撮り動画撮影・心理状態ラベリング用スマートフォンが 1 機で、合計で 7 機のデバイスとなる（図 2）。これら全てのデバイスを観光客に装着してもらうことで、観光客心理状態推定のためのデータ収集を行っている。しかし、観光客が 7 機のデバイスを装着することで感じる負担の大きさや、観光客ひとりあたりに 7 機のデバイスを用意するコストを考えると、実際の観光シーンへの適用は現実的ではない。

本稿では、こうした問題を改善する、実際の観光シーンへ簡単に適用できるデータ収集システムを提案する。これまでは、観光客の心理状態が反映されと考えられるあらゆるデータを収集してきたが、収集したデータを分析した結果、心理状態推定に大きく寄与するデータ、ほとんど寄与しないデータがそれぞれ明らかになっている [6]。次章で、収集するデータの種類を見直し、心理状態推定に大きく寄与することが明らかになったデータの収集を中心とする新しいデータ収集システムについて述べる。

4. より簡易な観光客感情・満足度推定のためのデータ収集システムの構築

図 3 は、提案するシステムの全体構成を示している。観光客の行動データと観光中の周囲環境を収集するため、観



図 3 提案システム

光客にはスマートフォン 1 機と環境センサ 1 機を携帯した状態で観光してもらう。また、ひとつの観光スポットをひとつのセッションと定義し、セッションごとの心理状態ラベルを設定する。ここで、従来システムと提案システムの変更点を述べる。

4.1 システムの変更点

第一に、これまでは眼鏡型ウェアラブルデバイスを用いて、視線の動きおよび眼球運動を計測してきたが、前述の通り、観光者の負担が大きいう問題を抱えている。また、これまでの実験で収集したデータを分析した結果、視線の動きおよび眼球運動に関する特徴量は、構築した心理状態推定モデルに対する寄与度が低いことが明らかになった [6]。さらに、観光者によっては正しくセンシングできていない可能性が示唆された。以上のことから、今回提案するシステムでは、視線センシングは採用しないこととする。

第二に、頭部運動・身体運動のセンシングについて、その計測方法を変更する。これまでは、SenStick マルチセンサボードを用いて、頭部運動・身体運動を計測してきたが、本システムではその一部をスマートフォンで代用する。特に、身体運動の計測に関して、スマートフォン内蔵のモーションセンサにより加速度・ジャイロ・地磁気を常時計測

することで代用する。頭部運動の計測は、観光者の頭部にセンサデバイスを装着する負担の大きさを考慮し、本システムでは採用しないこととする。一方で新たに、スマートフォンで GPS 情報を取得することで、観光中の移動の変化を捉えるシステムとする。

第三に、観光中の表情・声色のセンシングについて、これまでのデータ分析によれば、それらの特徴量は、感情・満足度推定モデル構築の際に、その重要度が高い傾向が確認されているため [6]、現行の方法を踏襲し、スマートフォンによる自撮り動画を収集する。

第四に、観光中の環境データの収集については、これまで SenStick マルチセンサボードを採用してきたが、今回新たにオムロンの環境センサ (2JCIE-BL) を採用する。この環境センサは、SenStick と比べて長時間駆動でき、これにより長時間の観光のデータ収集に対応できる。環境センサで、気圧・気温・湿度を常時収集する。

第五に、目的地である観光地は、観光者が自由に選べるシステムとした。従来のシステムで実験を行った際は、あらかじめ指定した観光地およびルートに沿って観光する方法を採用してきたが、その制約を無くしている。

表 1 収集データ

デバイス	収集データ		収集頻度
スマートフォン	GPS	移動経路	常時
	モーション (加速度・ジャイロ・地磁気)	身体運動	
	カメラ (自撮り動画)	表情 声色	
環境センサ 2JCIE-BL	環境情報 (気温・湿度・気圧)	天候 標高	常時
スマートフォン	心理状態ラベル	感情状態 満足度 TEQ	セッション 終了時

4.2 収集データ

本システムで収集するデータの一覧を、使用するデバイス、収集頻度とあわせて表 1 に示す。また、図 4 は従来システムと比較した時の、使用するデバイス・収集データの変更点を示したものである。今回使用するデバイスはスマートフォン (iOS または Android) と環境センサ (オムロン, 2JCIE-BL) のみであり、観光者の観光中の負担を少なくしたうえでのデータ収集が可能である。スマートフォンでは、第一に GPS データを収集する。これにより観光者の観光中の位置情報および移動経路の把握が可能になり、どこを観光したか、どの経路で観光地間を移動したかなどがわかる。第二に、スマートフォン内蔵のモーションセンサにより、加速度、ジャイロ、地磁気を収集する。これにより、観光中の観光者の身体運動、例えば歩数や歩行速度がわかる。第三に、スマートフォンの内蔵カメラで、観光者の自撮り動画を収集する。観光者には、ひとつの観光スポットをめぐる後に自撮り動画を撮影してもらい、観光スポットで抱いた簡単な感想等を述べてもらう。これにより、観光者の表情および声色を把握する。第四に、スマートフォンアプリケーションにより心理状態ラベルを収集する。心理状態ラベルは、感情状態、満足度状態、TEQ をそれぞれ、自撮り動画の撮影後に、手動で入力してもらう。それぞれのラベルの詳細については次節で述べる。

スマートフォンの他に、観光者には環境センサを携帯してもらう。これにより、観光中の周囲環境情報、具体的には、観光地の天気情報 (気温・湿度) と観光者の移動による標高の変化 (気圧から算出) がわかる。

4.3 心理状態ラベルの収集

本研究では、観光客の心理状態ラベルとして、感情状態、満足度、TEQ の 3 つの指標を収集する。これらは、ひとつの観光スポットを観光した後に、観光者自身で、スマートフォンアプリによって手入力してもらう形で収集する。ここで、それぞれの指標について詳細を述べる。

■ 感情状態

感情状態は、Russell らが定義する Valence (Positive/Negative) と Arousal (Active/Passive) の 2 軸で感情状態を表現する空間モデル [18] を採用する。このモ

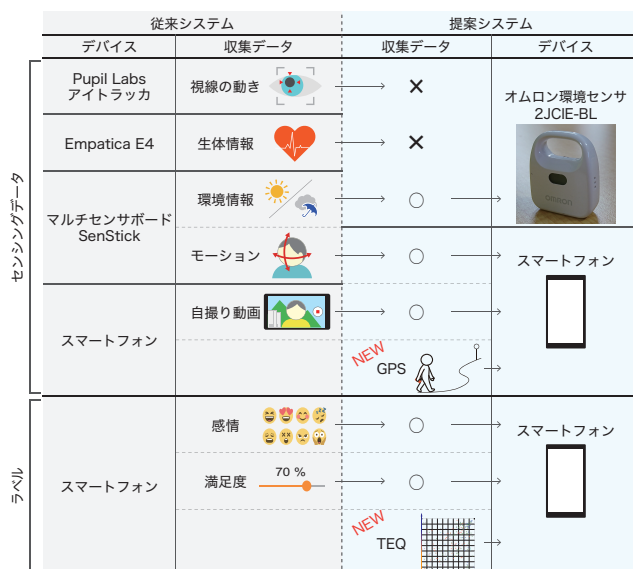


図 4 使用デバイス・収集データの変更点

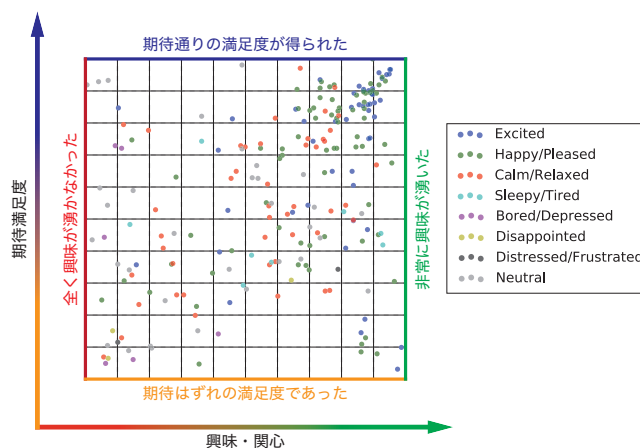


図 5 Example of Touristic Experience Quality (TEQ) [17]

デルに基づき、感情状態を Positive グループ (Excited, Happy/Pleased, Calm/Relaxed), Neutral グループ (Neutral), Negative グループ (Sleepy/Tired, Bored/Depressed, Disappointed, Distressed/Frustrated, Afraid/Alarmed) の 3 グループ・9 カテゴリに分割した。観光者は、スマートフォンアプリによってこの 9 カテゴリの中から、その時点で抱いた感情に一番近い項目を選択できる。

■ 満足度

満足度は、国土交通省の観光満足度調査に利用される 7 段階リッカート尺度を採用する。観光者は 0 (不満足) ～ 6 (満足) の間から、自らの満足度を選択できる。なお、平常時 (観光開始前) の満足度は 3 としている。

■ Touristic Experience Quality (TEQ)

前述の感情状態ラベルのみでは、不十分な点もある。例えば、観光者が感情状態のうち、「疲れた」を選択した場合、観光スポットに対して面白くないと感じて選択したのか、観光スポットとは関係なく身体的に疲れたために選択したのか、両方の可能性が考えられるが、「疲れた」という

ラベルだけでは、その判断ができない。

本研究では、新たな心理状態の評価指標として、図 5 のような観光体験の質 (TEQ: Touristic Experience Quality) という 2 次元の評価指標を導入している [17]。横軸は、訪れた観光スポットにどの程度興味・関心が湧いたか、縦軸は、訪れた観光スポットで期待通りの満足度が得られたかを表す。値は両軸とも $[-1, 1]$ の範囲を設定しており、観光スポットで抱いた興味・関心をより柔軟に選択できる。

心理状態を 2 次元空間で表すことで、前述の「疲れた」という 1 つラベルに対して、それが意味するところがわかる。例えば、観光スポットに対して面白くないと感じていた場合、期待外れであった場合は、空間の左下にプロットされる。一方で空間的の右上にプロットされているにも関わらず、「疲れた」を選択している場合、それは観光スポットに対する興味関心とは関係なく、身体的に疲れている可能性が考えられる。

4.4 アプリケーション画面の遷移

アプリケーションの OS は、iOS および Android に対応する。ここで、観光する際のアプリの使い方を、観光の一連の流れにあわせて順に述べる。

まず、観光開始時にアプリを起動すると、ユーザ情報 (自分の名前) の入力促される。ユーザ情報を入力することで次の画面に遷移できる。画面が遷移すると、次に向かう目的地 (観光スポット) 情報の入力促される。こちらも同様に情報を入力することで次の画面に遷移できる。画面が遷移すると、観光開始ボタンが表示される。観光者は観光を開始するタイミングでこのボタンをタップする。ボタンをタップすると、GPS、モーション、環境情報の計測が開始される。

その後は、目的の観光スポットを自由に観光する。ひとつの観光スポットをめぐり終わったら、アプリに表示されている観光終了ボタンをタップする。このタイミングで、各種データの計測が終了する。観光終了ボタンをタップすると、画面が遷移し、自撮り動画の撮影が促される。ボタンをタップすることでスマートフォン内蔵のカメラが起動するため、そこで自撮り動画の撮影を行う。撮影が完了すると、画面が遷移し、前節で述べた 3 種類の心理状態ラベルの入力が促される。

心理状態ラベルのうち、まずは感情ラベルを入力する。次に、満足度ラベルを入力する。最後に、TEQ を 2 次元のマップの中で決定する。観光を続ける場合は「観光を続ける」を選択することで、最初の画面に戻るため、以降は同様の画面操作を行い、次のスポットを観光する。一方、観光を終了する場合、「観光を終了する」を選択することで、アプリが終了する。その際に、取得したデータは全てサーバに送信される。

5. まとめ

本研究は観光中の観光客の心理状態を、客観的なデータに基づいて自動推定することを目指している。本稿では、これまで煩雑さを抱えていた観光客の心理状態推定のためのデータ収集方法について改めて議論し、より簡単に、より観光客の負担を減らしてデータ収集できるシステムを提案している。

提案システムは、観光客が装着するデバイスの数を大幅に削減している。特に、これまで観光客にとって負担となっていた眼鏡型ウェアラブルデバイスによる眼球運動の収集と SenStick によって収集していた頭部運動の収集を行わないこととしている。SenStick によって収集していた、身体運動に関してはスマートフォン内蔵のモーションセンサで収集することとし、周囲環境情報に関しては新たに小型の環境センサを採用し、観光者にそれを携帯してもらうことで収集することとしている。また、新たにスマートフォン内蔵の GPS で、観光中の移動情報 (位置情報) を収集することとしている。

加えて、観光者情報・観光するスポット情報・心理状態ラベリングの入力とセンサデータの収集を、一元的に管理できるスマートフォンアプリを構築し、データ収集の煩雑さを低減させるシステムとしている。

今後は構築したシステムを利用して、実際の観光地でのデータ収集、収集したデータの分析を行い、心理状態推定システムの実現を目指す。

謝辞 本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金 (JP19K24345)、および、JST さきがけ (JPMJPR2039) の助成を受けて行われたものです。

参考文献

- [1] TripAdvisor. <http://www.tripadvisor.com/>. (accessed 6 May 2021).
- [2] Yelp. <https://www.yelp.com/>. (accessed 6 May 2021).
- [3] Joaquín Alegre and Jaume Garau. Tourist satisfaction and dissatisfaction. *Annals of Tourism Research*, Vol. 37, No. 1, pp. 52–73, 2010.
- [4] Ching F. Chen and Fu S. Chen. Experience quality, perceived value, satisfaction and behavioral intentions for heritage tourists. *Tourism Management*, Vol. 31, No. 1, pp. 29–35, 2010.
- [5] Yuki Matsuda, Dmitrii Fedotov, Yuta Takahashi, Yutaka Arakawa, Keiichi Yasumoto, and Wolfgang Minker. EmoTour: Estimating emotion and satisfaction of users based on behavioral cues and audiovisual data. *Sensors*, Vol. 18, No. 11, 2018.
- [6] 林涼弥, 松田裕貴, 藤本まなと, 諏訪博彦, 安本慶一. 天気情報に着目したマルチモーダルな観光客の満足度推定と特徴量の重要度分析. 社会情報学会関西支部研究会 (SSI), 社会システムと情報技術研究ウィーク (RST '21), pp. 1–7, 2021.
- [7] Edgar Howarth and Michael S Hoffman. A multidimen-

- sional approach to the relationship between mood and weather. *British Journal of Psychology*, Vol. 75, No. 1, pp. 15–23, 1984.
- [8] Jaap JA Denissen, Ligaya Butalid, Lars Penke, and Marcel AG Van Aken. The effects of weather on daily mood: a multilevel approach. *Emotion*, Vol. 8, No. 5, p. 662, 2008.
 - [9] 谷優里, 松田裕貴, 河中祥吾, 大坪敦, 平野陽大, 荒川豊, 安本慶一. オフィスワーカーの心身と環境センシングのためのアプリケーションの開発と評価. 研究報告モバイルコンピューティングとバーベシブシステム (MBL), Vol. 2019, No. 34, pp. 1–7, 2019.
 - [10] 松田裕貴, 荒川豊, 安本慶一. 多様なユースケースに対応可能なユーザ参加型モバイルセンシング基盤の実装と評価. マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2016 論文集, Vol. 2016, pp. 1042–1050, 2016.
 - [11] Xiao Zhang, Wenzhong Li, Xu Chen, and Sanglu Lu. Moodexplorer: Towards compound emotion detection via smartphone sensing. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, Vol. 1, No. 4, pp. 1–30, 2018.
 - [12] 濱谷尚志, 落合桂一, 山本直樹, 深澤佑介, 木本勝敏, 上西康平, 太田順, 寺澤悠理, 沖村宰, 前田貴記. 時空間的なスマートフォンログ分析に基づく利用者のストレス推定手法. 情報処理学会論文誌, Vol. 62, No. 4, pp. 1113–1127, 2021.
 - [13] Abhinav Mehrotra, Robert Hendley, and Mirco Musolesi. Towards multi-modal anticipatory monitoring of depressive states through the analysis of human-smartphone interaction. In *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct*, pp. 1132–1138, 2016.
 - [14] John Zulueta, Andrea Piscitello, Mladen Rasic, Rebecca Easter, Pallavi Babu, Scott A Langenecker, Melvin McInnis, Olusola Ajilore, Peter C Nelson, and Kelly Ryan. Predicting mood disturbance severity with mobile phone keystroke metadata: A biaffect digital phenotyping study. *Journal of medical Internet research*, Vol. 20, No. 7, p. e241, 2018.
 - [15] Moritz Kassner, William Patera, and Andreas Bulling. Pupil: An open source platform for pervasive eye tracking and mobile gaze-based interaction. In *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct Publication*, UbiComp '14 Adjunct, pp. 1151–1160, 2014.
 - [16] Yugo Nakamura, Yutaka Arakawa, Takuya Kanehira, Masashi Fujiwara, and Keiichi Yasumoto. Senstick: Comprehensive sensing platform with an ultra tiny all-in-one sensor board for iot research. *Journal of Sensors*, Vol. 2017, , 2017.
 - [17] Dmitrii Fedotov. *Contextual Time-Continuous Emotion Recognition Based on Multimodal Data*. PhD thesis, Ulm University, 2020.
 - [18] James A. Russell. A circumplex model of affect. *Journal of personality and social psychology*, Vol. 39, No. 6, pp. 1161–1178, 1980.