

令和 3 年 5 月 27 日現在

機関番号：14603

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2020

課題番号：19K24345

研究課題名（和文）観光客属性差および環境ノイズにロバストなマルチモーダル心理状態推定システムの構築

研究課題名（英文）Study on a multimodal psychological state estimation robust to tourist attribute differences and environmental noises

研究代表者

松田 裕貴（Matsuda, Yuki）

奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・助教

研究者番号：90809708

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：観光客の心理状態を観光中の「仕草」を手がかりに推定する手法が、観光客の持つ属性（本研究では国籍）による影響を受けることを複数国籍の被験者から得られたデータによる統計分析を通して明らかにした。さらに、手がかり（特徴量）の重要度分析によって、環境要因（気温・湿度・気圧）が心理状態推定に寄与することを明らかとし、それらを考慮した新たな観光客の心理状態推定モデルを構築した。より多様な国籍を有する24名分のデータを新たに収集し、構築したモデルを評価したところ、これまでに得られている結果と同等の精度での推定が可能である、すなわちロバスト性が向上したことが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

非常に測定が難しい観光中の観光客の心理状態を、IoT（ウェアラブルデバイスやスマートフォン）センサを用いることで推定する手法を構築したことは、今後ますます需要が高まると想定されるスマートツーリズムの実現に向けての重要な社会的意義を持つと考える。さらに本研究では、観光客の属性（特に、国籍）によって観光中の仕草が異なることから推定に影響をおよぼすことを実データによって明らかにするとともに、環境要因という新たな手がかりを推定モデルに加えることによる推定精度向上の可能性を示しており、これは学術的にも意義があると考える。

研究成果の概要（英文）：Through a statistical analysis of data obtained from subjects of multiple nationalities, it was clarified that the method of estimating the psychological state of tourists based on their unconscious behavior during sightseeing is affected by their attributes (nationality in this study). Furthermore, through the analysis of the importance of the cues (features), we found that environmental factors (temperature, humidity, and air pressure) contribute to the estimation of the psychological state. Finally, we built a new model for estimating the psychological state of tourists that takes these factors into account. This model was evaluated by collecting data from 24 people of various nationalities, and the results showed that the model could be estimated with the same accuracy as the previous results, i.e., the robustness was improved.

研究分野：ユビキタスコンピューティング

キーワード：心理状態推定 感情認識 満足度推定 観光 スマートシティ ウェアラブルコンピューティング ユビキタスコンピューティング IoT

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

インバウンド需要の急増に伴い、環境・人の状況認識によって適切な観光情報を提供するコンテキストウェア観光ガイドの実現が期待されている。こうしたシステムでは、観光客が観光スポットに対してどのような満足感や感情を抱いたか？という心理的コンテキストが、次にどのような観光スポットやコンテンツを推薦すべきかの決定において有益な指標のひとつとなると考えている。しかしながら、こうしたコンテキストの収集には、依然としてアンケートやユーザレビューといった古典的な方法が取られることが多く、現地で収集することは考慮されていない。そこで、我々は観光地での心理的コンテキストの収集を実現する方策として、観光客が無意識的に行う仕草（表情や声色、眼球や身体の動き）に着目し、スマートフォンカメラやウェアラブルセンサ、アイトラッキングシステムを用い収集したデータに基づくマルチモーダルな心理的コンテキスト推定手法を検討してきた。しかしながら、この研究を観光ガイドに活用するためには、依然として2つの解決すべき課題がある。

第1の課題は、ノイズだらけの環境におけるロバストな心理的コンテキストの推定である。都市環境、特に観光地においては、多数の人や物が存在するため非常にノイジーな空間であるといえる。本研究ではそういった環境において、微小な「仕草」をたよりに心理的コンテキストを推定しなければならない。また、そうした環境状況は観光客の心理状態そのものにも影響を与えることが考えられる。我々の研究では、複数のモダリティを組み合わせることで精度向上を図るなどの工夫をしているが、精度は十分とは言えない。また、観光客の属性（文化や性格）によって「仕草」の表出形態に差が生じる可能性が示唆されており、そうした要因も考慮されなければならない。

第2の課題は、観光行動を阻害しない簡易なデータ収集である。これまでの研究では、アイトラッキングシステムや研究用のウェアラブルデバイスを用いてデータ収集しているが、特殊なデバイスやデータ記録用のコンピュータが常時必要、といった実用面における制約があった。そのため、観光客は快適に観光しづらい状況になりうる。本研究の成果を一般の観光客が利用可能とするためには、より安価・簡易なデバイスを使用するとともに、より容易なデータ収集手法を用いる方式への転換を検討しなければならない。

2. 研究の目的

そこで本研究では、心理状態推定モデルへの観光客属性の与える影響を分析するとともに、観光客属性の違いによる影響を考慮した特徴量抽出・推定モデル構築によって、観光客の心理状態推定の精度向上を図ること、および、各モダリティのモデルへの寄与の分析に基づくより簡易なデータ収集手法を検討することを目的としている。

3. 研究の方法

本研究は、以下の3つの項目に分けて実施した。

研究項目1：観光客属性分析による仕草表出メカニズムの解明

観光中の仕草センシングデータ（頭部・身体・眼球運動、脈波、皮膚電位、自撮り動画など）を、観光客属性（文化圏など）の観点から統計的に分析することで、「仕草」の表出形態が観光客属性の影響を受けどのように変化するかを明らかにする。

研究項目2：特徴量抽出の高度化・センシングの容易化

環境状況は、人の心理状態やセンサデータに影響を与えることが考えられるため、環境ノイズの状況を分析することで時系列的により信頼性の高いセンサを明らかにする、またモデルに入力すべき特徴量を明らかにする。また、得られた結果からセンサの代替可能性について検討する。

研究項目3：観光客属性差・環境ノイズにロバストなモデルの構築

前段階で獲得した観光客属性の影響およびセンサデータをもとに、観光客の心理的コンテキスト推定モデルを構築する。さらに、特徴量の寄与度を分析するとともに、センシング方法やモデルに組み込むべき特徴量の最適化を図る。これにより、観光客の観光行動を阻害しにくい方法、観光客属性・環境ノイズに影響されにくい頑健な推定モデルを実現する。

4. 研究成果

本研究の主な成果として、(1)観光客属性のひとつである「国籍」の違いに着目した心理状態推定モデルへの統計的な影響分析、(2)環境ノイズのひとつである天候状況の違いを組み込んだ心理状態推定モデルの構築および評価、(3)特徴量の寄与度分析に基づくより簡易なセンシングシステム、が得られた。以下に詳細を述べる。

(1)観光客の国籍の違いの心理状態推定モデルへの影響分析

2つの観光地（ドイツ・ウルム、日本・奈良）において、計22名の被験者（日本人12名、ロシア人10名）に協力してもらい観光実験を実施し、データ収集を行った。合計で183セッション分のセンシングデータ（眼球運動、頭部・身体運動、自撮り動画データ）およびラベルデータ（感情カテゴリ、満足度データ）を収集している。本研究では、観光客属性のうち特に国籍に注目し、観光中の感情・満足度推定モデルにどのような影響を与えるかについて統計的な分析として、観光客の国籍と推定モデル構築に使用した特徴量における2要因の分散分析を行った。

まず、感情推定においては、国籍における主効果は見られなかったが、特徴量における主効果が見られることが明らかとなった。さらに、国籍・特徴量における交互作用が認められたことから、国籍における主効果は、交互作用によって相殺されている（相殺作用が働いている）と解釈することができる。表1において、交互作用が認められたため、全群に対してTukey-Kramer法による多重比較を行い詳細に分析した（分析におけるFamily Wise Error Rate (FWER)は5%に設定した）。表2は多重比較の結果を示している。この結果から、眼球+頭部・身体運動、自撮り動画（音声）、自撮り動画（映像）の特徴量を用いて推定モデルを構築した場合において、国籍群間の統計的有意差が認められた。以上より、感情推定モデルの性能を向上させるためには、使用する特徴量を国籍別に選択してモデルを構築する必要があることが示唆された。これは視点を変えると、データ収集コストを抑えられる可能性があるとも捉えることができる。例えば、ロシア人に関しては、実際に観光客の抱えている感情と表情・声色（自撮り動画）とが結びつきにくく、対照的に眼球運動や頭部・身体運動が有用であることから、自撮り動画を収集することなく感情推定を行うことが可能であると考えられる。

次に、満足度については特徴量における主効果は見られなかったが、国籍における主効果が見られることが明らかとなった。また、国籍・特徴量における交互作用については認められなかった。このことは、図2において頭部・身体運動の場合を除く全ての特徴量の傾向からも見て取れる。以上より、日本人と比較してロシア人の満足度は推定することが難しいことが統計的に明らかとなった。推定性能を向上させるためには、特徴量の抽出方法を改良することや、他の特徴量の採用を検討する必要があると考えられる。また、感情推定の場合とは異なり、特徴量におけるモデルの性能差は認められないという結果が得られたため、収集するコストが高い特徴量（例えば、眼球運動はPCに接続したアイトラッカーを装着する必要がある）を除外し、より簡易な推定を実現できる可能性があることが示唆された。

(2)天候状況の違いを組み込んだ心理状態推定モデルの構築・評価

環境ノイズのひとつである天候状況の違いを心理状態推定モデルに組み込むことにより、モデルのロバスト性を高める試みを行った。本研究で用いている頭部・身体運動データ取得用デバイスでは、環境データ（気温・湿度・気圧データ）も収集可能であることから、これを観光地の天候状況として新たに特徴量として組み込んだ新たなモデルを構築した。表4と表5はそれぞれ天候状況を組み込んだ感情・満足度推定モデルの評価結果を示している。本評価には京都で新たに収集した24名分、264セッション分の観光実験データを用いた（データ内には成果(1)で用い

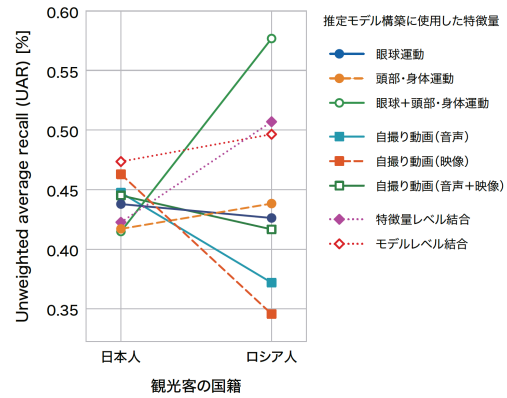


図1. 推定モデル構築に用いた特徴量別の国籍・感情推定評価結果

表1. 2要因の分散分析結果（感情推定）

	平方和	自由度	F 値	p 値
主効果（国籍）	0.002	1.0	0.286	0.594
主効果（特徴量）	0.162	7.0	3.208	0.003 *
交互作用	0.270	7.0	5.355	0.000 *

表2. Tukey-Kramer 法を用いた多重比較結果

特徴量	平均差	下端	上端	有意差
眼球運動	-0.012	-0.082	0.059	False
頭部・身体運動	0.021	-0.045	0.088	False
眼球+頭部・身体運動	0.161	0.065	0.258	True
自撮り動画（音声）	-0.075	-0.131	-0.020	True
自撮り動画（映像）	-0.117	-0.185	-0.049	True
自撮り動画（音声+映像）	-0.028	-0.122	0.065	False
特徴量レベル結合	0.084	-0.000	0.168	False
モデルレベル結合	0.023	-0.071	0.117	False

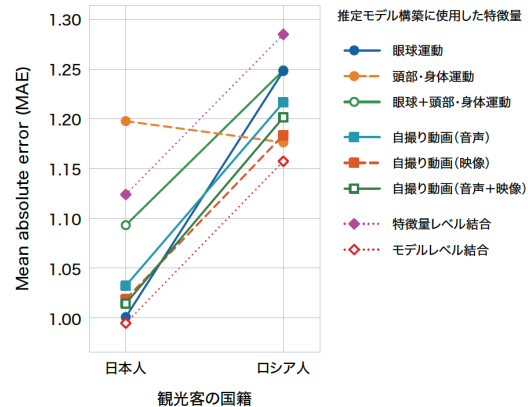


図2. 推定モデル構築に用いた特徴量別の国籍・満足度推定評価結果

表3. 2要因の分散分析結果（満足度推定）

	平方和	自由度	F 値	p 値
主効果（国籍）	0.964	1.0	44.204	0.000 *
主効果（特徴量）	0.287	7.0	1.883	0.076
交互作用	0.209	7.0	1.367	0.223

たよりもより多様な国籍を有する被験者が参加している)。

評価結果(表4・表5)より、天候状況を組み込むことによって心理状態推定の精度が向上する傾向があることが明らかとなった。なお、評価結果の個人別の分析を通して、天候状況によって心理状態が影響を受ける人と受けない人の差が大きいことが明らかとなっているため、今後性格などといった個人属性と組み合わせることによってより個人差を考慮したモデルを構築することができる可能性がある。

(3)寄与度分析に基づくより簡易なセンシングシステムの構築

成果(2)の評価結果の追加分析として、特徴量の寄与度を分析した。表6は、全観光客19名それぞれのデータでモデルをテストした時の、Permutation Importance の上位30位にある特徴量のうち、多くの観光客で共通する特徴量を示したものである。この結果より、多くの観光客の心理状態推定において、自撮り動画由来のデータが非常に大きく寄与していることが明らかとなった。それに加えて、天候や眼球・頭部・身体運動といったデータが寄与する形となっている。このことから、寄与度とセンシングのコストのトレードオフの観点で、眼球運動を測定するためのアイトラッキングシステムを省略できる可能性や、頭部・身体運動を取得するための専用デバイスをスマートフォン搭載の慣性センサで代用できる可能性が示唆された。そこで、環境センサおよびスマートフォンのみで構築される簡易な観光客仕草センシングシステムを設計した(図3)。本研究の実施期間後半は感染症対策のため実験が実施できなかったことから本システムの効果は検証できていない。この点については問題が解決され次第、設計したシステムを用いた実験を実施し、本研究で得られた性能と同等あるいはそれ以上の推定精度が実現可能かについて調査したいと考えている。



図3. 簡易なセンシングシステムのUI設計

表4. 感情推定モデルの評価結果

推定モデル構築に使用した特徴量	感情状態 (UAR)
眼球+頭部+身体運動	0.374
自撮り動画 (音声+映像)	0.411
気温・湿度・気圧	0.378
眼球+頭部+身体運動 +気温・湿度・気圧	0.381
自撮り動画 (音声+映像) +気温・湿度・気圧	0.350
眼球+頭部+身体運動 +自撮り動画 (音声+映像)	0.423
眼球+頭部+身体運動 +自撮り動画 (音声+映像) +気温・湿度・気圧	0.456

表5. 満足度推定モデルの評価結果

推定モデル	MAE ± 標準偏差
従来モデル (10-fold)	1.226 ± 0.4107
従来モデル (PersonOut)	1.244 ± 0.5053
天気情報を考慮したモデル	1.238 ± 0.5227

表6. 特徴量の寄与度分析

特徴量 *a*b	人数
1 AU01_r_mean	8
2 shimmerLocaldB_sma3nz_std	
3 slope0-500_sma3_std	
4 hammarbergIndex_sma3_mean	7
5 counter_t_5	
6 up_span_std	
7 humidity_mean	6
8 pressure_std	
9 AU02_r_mean	
10 AU04_r_std	5
11 AU05_r_std	
12 AU07_r_std	
13 AU10_r_std	
14 AU15_r_std	
15 AU25_r_std	
16 AU45_r_std	
17 F0semitoneFrom27.5Hz_sma3nz_mean	
18 logRelF0-H1-A3_sma3nz_std	
19 mfcc1_sma3_mean	
20 mfcc2_sma3_std	
21 std_std_theta_ww180	
22 right_span_std	
23 AU01_r_std	
24 AU14_r_std	
25 AU09_r_std	
26 AU26_r_mean	
27 alphaRatio_sma3_std	
28 F1bandwidth_sma3nz_mean	
29 F1frequency_sma3nz_std	
30 F2frequency_sma3nz_std	
31 F3frequency_sma3nz_std	
32 jitterLocal_sma3nz_std	
33 Loudness_sma3_mean	
34 slope0-500_sma3_mean	
35 spectralFlux_sma3_mean	
36 ave_std_theta_ww60	
37 std_std_theta_ww20	
38 walk_span_std	
39 walk_value_std	
40 left_count	
41 right-left_count	
42 right-left_span_std	

*a 背景色は次に対応する：黄色=天候、青=映像、緑=音声、桃=眼球、橙=身体、灰=頭部

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Rach Niklas, Matsuda Yuki, Ultes Stefan, Minker Wolfgang, Yasumoto Keiichi	4. 巻 9
2. 論文標題 Estimating Subjective Argument Quality Aspects From Social Signals in Argumentative Dialogue Systems	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 11610 ~ 11621
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ACCESS.2021.3051526	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Kawanaka Shogo, Matsuda Yuki, Suwa Hirohiko, Fujimoto Manato, Arakawa Yutaka, Yasumoto Keiichi	4. 巻 3
2. 論文標題 Gamified Participatory Sensing in Tourism: An Experimental Study of the Effects on Tourist Behavior and Satisfaction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Smart Cities	6. 最初と最後の頁 736 ~ 757
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/smartcities3030037	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Hidaka Masato, Kanaya Yuki, Kawanaka Shogo, Matsuda Yuki, Nakamura Yugo, Suwa Hirohiko, Fujimoto Manato, Arakawa Yutaka, Yasumoto Keiichi	4. 巻 3
2. 論文標題 On-site Trip Planning Support System Based on Dynamic Information on Tourism Spots	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Smart Cities	6. 最初と最後の頁 212 ~ 231
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/smartcities3020013	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Yuki Matsuda, Dmitrii Fedotov, Yutaka Arakawa, Hirohiko Suwa, Wolfgang Minker and Keiichi Yasumoto
2. 発表標題 Analysis of Tourists' Nationality Effects on Behavior-based Emotion and Satisfaction Estimation
3. 学会等名 4th International Conference on Imaging, Vision & Pattern Recognition (IVPR '20) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林涼弥, 松田裕貴, 藤本まなと, 諏訪博彦, 安本慶一
2. 発表標題 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
3. 学会等名 社会システムと情報技術研究ウィーク (RST '21)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林涼弥, 松田裕貴, 藤本まなと, 諏訪博彦, 安本慶一
2. 発表標題 天気を考慮した観光中の感情状態推定手法の検討
3. 学会等名 第97回MBL・第83回ITS合同研究発表会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

EmoTour: 観光客のマルチモーダルな感情・満足度推定 http://research.ubi-lab.com/ja/emo-tour/ EmoTour (+Weather): 観光中の気象状況を考慮した観光客の感情・満足度推定 http://research.ubi-lab.com/ja/emo-tour-weather/
--

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
ドイツ	ウルム大学			