

街歩き観光における心拍変動からの嗜好推定システム

長尾 光悦 佐藤 亮

北海道情報大学

Estimation System of Tourist's Preference in Sightseeing Stroll
around City based on Heart Rate Variability

Mitsuyoshi NAGAO and Ryo SATO

Hokkaido Information University

平成29年12月

北海道情報大学紀要 第29巻 第1号別刷

〈研究ノート〉

街歩き観光における心拍変動からの嗜好推定システム

長尾光悦* 佐藤 亮†

Estimation System of Tourist's Preference in Sightseeing Stroll
around City based on Heart Rate Variability

Mitsuyoshi NAGAO* Ryo SATO†

要旨

IoTの発展に伴い、人間の生体情報をセンサーにより計測し、これを利用することにより人間活動の促進を図る研究が盛んに行われている。本稿では、街歩き観光における心拍変動からの嗜好推定システムを提案する。ここでは、時計型ウェアラブルデバイスとスマートフォンを利用し、街歩き観光時の旅行者の心拍情報、及び、位置情報を測定する。取得した心拍情報に基づき旅行者の気分の高揚を検出し、位置情報から得られる観光関連情報を組み合わせることにより旅行者の嗜好推定を実現する。更に、札幌市内において被験者実験を実施し、提案システムの有効性を検証する。

Abstract

According with development of IoT, a research that measures human biological information by sensors and promote human activity by using obtained information is conducted actively. In this paper, we propose an estimation system of tourist's preference in sightseeing stroll around city based on heart rate variability. In this research, we measure heart rate and position information of tourists in sightseeing stroll around city by using wristwatch wearable device and smart phone. Mood elevation of tourist is detected on the basis of the heart rate information. And then, estimation of tourist's preference is realized by combining the mood elevation information with tourism related information obtained from position information. Moreover, we confirm the effectiveness of the proposed system by performing experiments using some subjects in Sapporo City.

キーワード

街歩き観光 心拍変動 嗜好推定 Apple Watch

* 北海道情報大学経営情報学部システム情報学科教授, Professor, Department of System and Informatics, HIU

† 北海道情報大学経営情報学部システム情報学科 B4, B4, Department of System and Informatics, HIU

1. はじめに

現在、今後の市場規模の拡大可能性から IoT (Internet of Things) が注目を集めている。IoT は、モノのインターネットと呼ばれ、あらゆるモノに通信機能を搭載したセンサーを取り付けることにより情報を収集し、収集された情報を分析した結果をフィードバックする仕組みである。IoT によって収集されるデータは、人間に関する情報も対象となり、特に、人間が身に着ける装置によりデータ収集を行うものはウェアラブルセンシングと呼ばれている[1]。

一方、人間の生体信号に基づき内部状態を推定する研究がこれまで数多く行われている。例えば、脳波や心電情報から集中状態、快不快感、リラックス感などといった内部状態との関連性を分析する研究が行われている[2]-[6]。また、これら生体信号の中でも、心拍は、センサーの安価さやデータ収集の容易さから利用されることが多く、心拍数から人間の内部状態を推定する研究も数多く行われている。

このようなウェアラブルセンシングに基づく人間の内部状態を推定は、観光の分野においても有効であると考えられる。例えば、旅行者が観光地を訪問した際、楽しさや興味を感じた時に発生する内部状態の変化、すなわち、気分の高揚を検出することが可能であるならば、これを基に旅行者の嗜好を推定することが可能になる。これにより新たな観光地評価やレコメンデーションが実現可能となる。

本稿では、街歩き観光における心拍変動からの嗜好推定システムを提案する。本システムでは、時計型ウェアラブルデバイスを利用することにより、街歩き観光における旅行者の心拍情報を計測する。この心拍

情報に基づき旅行者の気分が高揚しているか否かを検出する。更に、スマートフォンを利用することにより、旅行者の位置情報を取得し、気分が高揚している地点を特定する。この高揚発生地点を旅行者が興味や楽しさを感じる対象が存在する地点とし、その地点における観光情報と組み合わせることにより、街歩き観光における旅行者の嗜好推定を実現する。

本研究では、札幌市内において被験者を利用した実験を実施し、提案システムの有効性を検証する。実験結果から、心拍変動から旅行者の気分の高揚を検出し、これを位置情報と組み合わせることにより、旅行者の嗜好推定を実現できることが明らかとなった。

2. 関連研究

これまで、加速度センサーなどを利用することにより人間の行動を判別する研究は数多く実施されてきている[7][8]。また、近年では、センサーの小型化が進み、加速度センサーだけではなく、GPS や心拍センサーを利用し、人間の行動を支援する研究も実施されている。例えば、高石らは、高齢者のウォーキング指導のために GPS と心拍センサーを用いた情報収集装置の提案を行っている[9]。また、桑野らは、中高年が安全な運動を継続的に実施可能となるよう、GPS と心拍センサーを利用したエクササイズ支援システムの提案を行っている[10]。このように、従来研究では、センサーにより取得される情報をもとに人間の身体的状態を把握し、その情報を活用する研究が実施されてきた。

その一方で、心拍数などの生体信号から人間の内部状態を推定する研究が実施されている。例えば、永岑らは、集中状態と心拍数の

関係性を調査している[2]. 阿部らは, 心電情報からのペットロボットの動作に対する心理状態の推定を試みている[3]. 金井らは, 香りの影響による快不快状態と心電の関係性を検証している[4]. 渡邊らは, 吹奏楽曲の聴取と心拍変動との関係性を調査している[5]. 辻裏らは, 森林の映像視聴に対する心拍変動の分析を行っている.

内部状態と生体信号の関係を観光分野において応用した事例は数少ないが, その中の一つとして, 吉村らは, 室内において美しい自然景観の映像を視聴することにより気分の高揚が発生し, 心拍が上昇することを確認している[6].

このような技術により, 例えば, 街歩き観光時に旅行者の心拍情報から気分の高揚を検出し, これに基づき観光における嗜好推定を可能とすることで, 新たな観光支援システムやサービスの実現が期待できるが, そのようなシステムの開発や実際の観光地での実験などは, これまで行われていない.

3. 街歩き観光における心拍変動からの嗜好推定システム

3-1 システム構成

図1に街歩き観光における心拍変動からの嗜好推定システムの構成を示す. 本システムは, 旅行者から心拍データを取得するためのApple Watch, 旅行者の位置情報の取得と心拍データを格納するためのiPhone, 心拍データと位置情報から気分が高揚している地点を検出し可視化するためのPCから構成される.

Apple WatchはApple社が発売している腕時計型ウェアラブルデバイスであり, 心拍数を計測するためのセンサーを備えている. 計測方法として, 光電式容積脈波記録法と呼ばれる方式を採用しており, 手首を流れる血液量に基づき心拍数を計測する. Apple Watchを利用することにより正確に心拍数が計測可

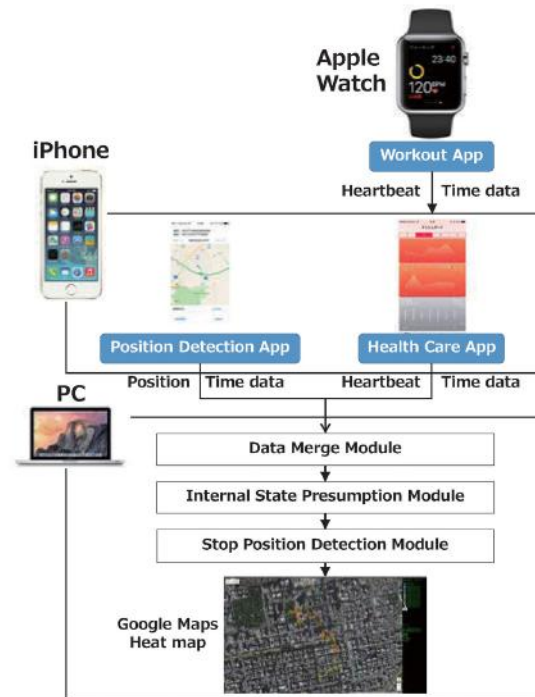


図1 システム構成

能であることが Wallen らにより報告されている[10].

Apple Watch, 及び, iPhoneにより収集されたデータは分析用PCに送信される. PCでは, データ結合モジュール, 内部状態推定モジュール, 停止判定モジュールを通して分析が行われ, 分析結果がGoogle Mapsを利用することにより出力される. このGoogle Maps上に表示される情報を基に旅行者の嗜好推定を行う.

3-2 嗜好推定の流れ

本システムでは, Apple Watchに標準搭載されているワークアウトアプリを利用することにより旅行者の心拍計測を行う. Apple Watchにおいては, 心拍数を利用するアプリ開発が許可されていないため, 既存のアプリを利用することとした.

ここでは, ワークアウトアプリにおけるウォーキング時の心拍数計測モードにより5秒間隔で心拍数を計測する. この心拍データはBluetooth通信により, iPhoneに標準搭載さ

れているヘルスケアアプリ内のデータベースに格納される。

本研究では、位置計測のために iPhone 用アプリを構築する。本研究で利用する Apple Watch Series 1 には GPS が搭載されていないため、位置情報を取得するためには iPhone 側で個別に位置情報を取得する必要がある。位置情報計測アプリにおいては、1 秒間隔で緯度経度が計測され、時刻情報と共にデータベースに格納される。

Apple Watch と iPhone により計測された心拍データ、位置情報、時刻データは、PC に送信される。PC 内では、第一に、データ結合モジュールにおいて、位置情報と心拍データの結合が行われる。位置情報が持つ時刻情報と心拍データの持つ時刻情報を比較し、最も時刻に近いデータ同士を結合する。これにより位置情報を持つ心拍データを生成する。

次に、内部状態推定モジュールにおいて、心拍数の移動平均値が算出される。ある時刻における心拍数がこの移動平均値を一定割合以上超えた場合、気分の高揚が発生していると判定する。本研究では、心拍数が過去 10 秒間の移動平均値よりも 2% 高い値を示した場合、高揚が発生していると判断することとした。これらパラメータはヒューリスティックにより決定した。更に、街歩き観光の全行程において最大心拍数を記録した地点も検出される。

最後に、停止位置判定モジュールにおいて、街歩き観光において停止した位置の検出が行われる。このモジュールでは、半径 3m 内に 10 秒以上留まっている場合に停止と判定する。街歩き観光において停止した地点は旅行者にとって興味がある場所である可能性が高いため、付加情報として提示する。

停止判定のためには GPS ログ間の距離を算出する必要がある。ここでの距離計算には、以下に示されるヒュベニの公式を用いる。

$$D = \sqrt{(M \times dP)^2 + (N \cos(P) \times dR)^2}$$

$$M = \frac{6335439}{\sqrt{((1 - 0.006694 \times (\sin(P))^2)^3)}$$

$$N = \frac{6378137}{\sqrt{1 - 0.006694 \times (\sin(P))^2}}$$

D : 2 点間の距離 (m)

dP : 2 点の緯度差

M : 子午線曲率半径

P : 2 点の平均緯度

dR : 2 点の経度差

N : 卯酉線曲率半径

これら、気分の高揚が発生した地点、最大心拍数記録地点、停止位置の情報が Google Maps におけるヒートマップレイヤーを利用することにより地図上に可視化される。本研究では、これらの高揚発生地点などの情報と地図上の観光関連情報を組み合わせることにより、旅行者の嗜好をシステム利用者が推定する。

4. 評価実験

4-1 評価方法

提案システムの有効性を検証するため、札幌市内において被験者を利用した評価実験を行った。実験は、平成 28 年 10 月から 12 月にかけて、大学生 5 名、社会人 1 名を採用して実施した。

評価実験において、被験者は、予め設定された観光スポットを巡る街歩き観光を行うものとした。観光スポットとしては、札幌駅、赤レンガテラス、北海道庁旧庁舎、時計台、大通公園、テレビ塔、アニメイト札幌店、狸小路商店街、すすきの交差点の 9 ヶ所を採用した。実験において、被験者は、設定された各観光スポットにおいて停止することなく歩きながら観光することとした。また、各観光



図 2 評価実験における街歩き観光コース

スポットにおいて実験実施者から簡単な解説が行われた。更に、実験中は身体的な要因による心拍変動を抑制するため、走ることを禁止した。図 2 に実験における街歩き観光のルートを示す。

街歩き観光終了後、被験者に対して、本システムにより気分の高揚が発生していると検出された地点の画像を Google Maps Street View により提示し、その場所に対して興味を持ったか否か、また、興味がない場合、何らかの感情や感想があるかをインタビューにより調査した。更に、提示場所以外に興味を持った場所が存在したかを併せて調査した。図 3 に被験者実験の様子を、図 4 に実験において得られた、本システムによる街歩き観光の分析結果例を示す。図 4 において、地図上で赤く表示されている部分は気分が高揚しているとシステムにより検出された地点、マーカーは停止地点、青い三角形が最大心拍数を記録した地点である。

4-2 実験結果

表 1 に実験結果を示す。表 1 は、6 名の被験者の平均値である。表 1 の高揚地点数は、本システムにより気分の高揚が発生していると検出された地点数を表す。嗜好一致率は、気分の高揚が検出された全地点に対し、被験者が「その地点に興味があった」と回答した



図 3 被験者実験の様子



図 4 街歩き観光の分析結果例

表1 評価実験結果

高揚地点数	16.2 カ所
嗜好一致率	55.7 %
抽出不能数	0.5 カ所

割合、すなわち、本システムにより提示された情報に基づき被験者の嗜好が推定可能な地点の割合を示す。また、抽出不能数は、システムにより被験者が高揚していると検出された地点以外で、被験者が興味を持った地点が存在したかを調査した結果である。

実験結果から、高揚していると判定された地点は、一被験者あたり平均 16.2 カ所であった。本実験において設定した観光スポットは 9 カ所であったため、街歩き観光において、設定観光スポット以外にも興味を持った地点が存在した可能性が示された。これらの地点に対する、嗜好一致率は 55.7%とやや低い結果を示した。しかしながら、実験において設定した 9 カ所の観光スポットに限定して分析した場合には、平均 8.3 カ所において被験者が高揚していると判定され、一致率は 77.2%となった。この結果から、本システムは、興味を持った観光地において発生する被験者の気分の高揚を検出することが可能であるが、誤抽出割合も高いことが確認された。

設定された観光スポット以外で、高揚が発生していると抽出された地点としては、飲食店前、ホテル前、商業ビル前など多種多様な地点が抽出された。その中で、被験者が興味を持ったと回答した地点は、自身の趣味趣向に起因するもの、過去の思い出に起因するもの、突発的事象に起因するものであった。例えば、ある被験者は、スイーツビュッフェレストラン前や、ラーメン店前、パンケーキ店前、クレープ店前での高揚が見られ、その地点において興味があると回答した(図5上・中)。当該被験者に対するインタビュー結果から、被験者が食に対して強い興味を持っていたため、このような結果になったことが明ら

かとなった。また、趣味趣向に起因するものとしては、北海道において放送されていた人気テレビ番組である「水曜どうでしょう」のロケが行われたビル前において高揚が発生し、その地点で番組ロケが行われたことを思い出しと回答したケースが確認された(図5下)。

過去の思い出に起因する事象としては、友人の結婚式が行われたホテル前、突発的事象に起因するものとしては、街歩き観光中にマリオカートを模した集団が通り過ぎた地点や札幌観光の名物となっている馬車が通り過ぎた地点において高揚が発生した。

一方、高揚が発生していると抽出されたが、被験者の興味と一致しなかった地点をインタビュー調査に基づき分析した結果、被験者の興味の対象は存在しなかったものの、例えば、近隣のラーメン店の臭いが好ましいものではなかった、観光客の集団や車の騒音がうるさかった、設定した観光地が前方に見えたといったように、その地点において負の感情を抱いた場合など何らかの内部変化が生じたことが明らかとなった。このような興味による気分の高揚ではない内部変化も検出することが、本システムにおいて誤抽出が高い要因の一つであることが確認された。

また、抽出不能数は、平均 0.5 カ所となり、システムにより抽出された地点以外で興味を持った場所は殆ど存在しないという結果が示された。

これらの結果から、観光という観点からの被験者の嗜好との一致率は、55.7%と低いものの、高揚発生地点を何らかの内部状態に変化があった地点と捉えた場合には、一致率は 71.1%となる。このため、提案システムにより、旅行者の内部状態の変化を捉えることは可能であることが示された。

しかしながら、本システムでは、具体的にどのような要因によって被験者に気分の高揚が発生したのかはシステムにより自動的に推定はされず、システム利用者が行うこととなる。このような具体的な要因を推定するため



図5 設定観光地以外の高揚地点例

には、被験者の視線方向や見ている物体などをセンシングするためのデバイスを採用する必要があると考える。

5. 追加実験

前述の評価実験においては、被験者に予め設定した観光コースを街歩きさせたが、実際の街歩き観光に近い状態における提案システムの有効性を検証するために追加実験を行った。実験は平成28年11月から12月にかけて

て、被験者は指定ルート実験とは異なる大学生6名を採用し実施した。

本実験では一時間程度を目安として、被験者に札幌市内の一定の範囲内を自由に観光させるものとした。設定した範囲は、南北が札幌駅からすすきの間、東西は、創成川から北海道庁間を範囲として設定した。また、身体的影響により心拍数が上昇することを防ぐため走ることは禁止した。

移動に際しては、地下での移動はGPS信号をロストしてしまうため、地上を歩くように制約を課した。但し、ビルの地下階への行くことは許可した。また、道中で何かを購入することも許可した。更に、実験において、観光の状況を確認するために、実験実施者が被験者の観光の妨げにならないよう、後方から追従することとした。観光終了後、被験者に対してインタビュー調査を実施し、システムにより抽出された高揚地点と被験者の興味の一致を検証した。図6に追加実験における観光範囲、図7に被験者実験の様子を示す。

加えて、追加実験においては、心拍が低下する地点を推定するためのアルゴリズムを追加した。森林映像視聴によるリラックス効果によって心拍数が低下することが確認されているため、街歩き観光においてリラックスしている地点を検出するために導入する[6]。このアルゴリズムは心拍数の値が、その地点までの心拍数平均値よりも2%低下した値が15秒間継続する場合に、リラックスしているものと判定する。図8に自由ルート実験における分析結果例を示す。

表2に実験結果を示す。表2は6名の平均値である。高揚地点数は18.3ヵ所となった。嗜好一致率は58.4%と自由ルート実験においても指定ルート実験と同程度となり、高い値にはならなかった。自由ルート実験において、高揚地点と被験者の興味が一致した地点としては、ファッションに興味がある被験者が衣料品店内をウインドウショッピングしている地点、食に興味を持つ被験者が菓子店を観た



図7 追加実験の様子



図8 自由ルート実験における分析結果例

表2 自由ルート実験結果

高揚地点数	18.3 カ所
嗜好一致率	58.4%
抽出不能数	1.5 カ所
リラックス地点数	2.0 カ所
リラックス一致率	50.0%



図6 自由ルート実験観光範囲

地点、巨大なオブジェ発見し興味を抱いた地点、店舗が多く賑やかな雰囲気に気分が高揚した地点などが抽出された。また、大型モニターに映し出された映画の宣伝に興味を持った場合や、流れてくるテンポの良い曲によって高揚が発生した場合なども抽出された。また、興味ではなく、過去に嫌な思い出がある場所においても高揚が発生していることが明らかとなった。

一方、システムにより高揚が発生していると抽出されたが興味と一致しなかった地点としては、周辺の車の騒音によるものや、被験者が到着前に目的地を想像し、実際の目的地と高揚発生地点にずれが生じたケースが確認

された。

抽出不能数は 1.5 ヲ所と指定ルート実験よりは抽出できない場所が若干多かったものの、値としては小さなものとなり、システムにより抽出できない地点は少ないことが確認された。

更に、追加実験においては実施したリラックス地点の抽出においては、リラックス地点数は 2.0 ヲ所、一致率は 50.0%となった。リラックスした地点に関しては、屋外から屋内に入り、外気温との差でリラックスしたという場合が存在したが、多くは信号待ちによる停止地点など、周辺環境によるものではないものが多い結果となった。

6. おわりに

本稿では、街歩き観光における心拍変動からの嗜好推定システムを提案した。また、被験者をを用いた評価実験を行うことにより、提案システムの有効性を検証した。実験結果から、心拍変動から検出した内部状態の変化に基づき被験者の街歩き観光における嗜好をある程度推定可能であることが示された。しかしながら、被験者数が少ないため、今後、被験者数を増やし統計的検定を行う必要がある。

また、二種類の被験者実験において、嗜好一致率は 5 割程度となった。本研究では、旅行者の心拍における移動平均値に基づき気分の高揚が発生している地点の検出を行っている。実験では、肉体的影響による心拍上昇を抑えるため走つての移動を禁止したが、疲労などといった肉体的要因も心拍変動に影響を与える可能性があると考えられる。このため心理的な要因による変動であるのか、または、肉体的な要因による変動であるのか、より詳細なパターン分析法を提案システムに導入することにより、心理的要因による高揚のみを検出することが可能になると考える。

インタビュー調査により、興味の対象が存

在した場合に内部状態が変化し心拍数に影響を及ぼすだけでなく、嫌悪感やストレスなど負の感情によっても内部状態が変化し心拍数が変化することが確認された。このため、これらが識別可能となるよう本システムを改善する必要がある。

本研究では、生体情報として心拍データのみを利用している。このため、他のセンシングデバイスも併用し、提案システムの精度向上を目指したい。更に、本システムでは、気分の高揚が発生した地点を示すことは可能であるが、高揚を発生させた具体的な要因、すなわち、旅行者の嗜好はシステム利用者が推定することとなる。このため、周辺環境を認識するためのデバイスを利用することにより具体的な要因を特定し、自動的な推定が可能になるよう改良を行いたい。これらは、今後の課題である。

参考文献

- [1] 寺田努 (2015) 「ウェアラブルセンシングとヘルスケア」『情報処理』 Vol.56, No.2, pp.165-170。
- [2] 永岑光恵・室田真男・清水康敬 (2002) 「暗算課題遂行中における唾液中コルチゾールと心拍数を用いた心理変数の評価」『信学技報 ET2001-121』 pp.157-164。
- [3] 阿部諒・羽倉淳・藤田ハミド (2005) 「生体信号を用いた心理状態認識手法」『日本ソフトウェア科学会第 22 回大会論文集』 pp.1-4。
- [4] 金井博幸・石澤広明・西松豊典・宮坂広夫 (2007) 「嗜好性と自律神経活動に及ぼす家庭用柔軟仕上げ剤の香りの影響」『Journal of Textile Engineering』 pp.37-41。
- [5] 渡邊志・高上僚 (2009) 「同一吹奏楽曲の反復聴取による心拍変動の解析」『バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌』 Vol.11, No.1, pp.57-60。
- [6] 辻裏佳子・豊田久美子 (2014) 「森林映像

- 視聴による気分からの反応の分析」『福井県立大学論集』第43号, pp.27-45。
- [7] 大村廉・納谷太・野間春生・小暮潔 (2005) 「B-Pack : 看護師行動認識のための無線ウェアラブルセンシングプラットフォーム」『情報処理学会研究報告 SIG Technical Report』 pp.1-8。
- [8] 川倉慎司・柴崎亮介 (2014) 「装着型システムによる農作業者の動作分析手法の提案」『農業情報研究』 Vol.23, No.2, pp.82-102。
- [9] 高石鉄雄・山田美恵・田中勤・金若美幸・柳澤尚代 (2009) 「位置情報記録式 GPS 装置と心拍数記録装置を用いた高齢者のウォーキング指導の提案」『日本公衛誌』 Vol.56, No.3, pp.172-183。
- [10] 桑野優基・伊藤淳子・宗森純 (2013) 「位置情報と心拍数を利用した運動継続支援システムの開発」『情報処理学会論文誌』 Vol.3, No.1, pp.1-9。
- [11] 吉村梓・打越大成・岩本健嗣・松本三千人 (2015) 「観光地評価のための腕時計型心拍センサによる内面状態推定手法」『情報処理学会第77回全国大会』 pp.3-131-3-132。
- [12] MP. Wallen・SR. Gomersall・SE. Keating・U. Wisløff・JS. Coombes (2016) 「Accuracy of Heart Rate Watches: Implications for Weight Management」『PLoS ONE 11(5)』 e0154420。