運動負荷および心理的負荷を考慮した スマートウォーキングナビの提案

前田 幸道[†] 桐生 拓海[†] Panote Siriaraya[†] 河合 由起子[†] 中島 伸介[†]

† 京都産業大学 コンピュータ理工学部 〒 603-8555 京都府京都市北区上賀茂本山 E-mail: †{g1445232,g1544485,k6180,kawai,nakajima}@cc.kyoto-su.ac.jp

あらまし 近年の健康ブームの後押しもあり、ダイエットや体力維持を目的としたウォーキングに取り組む人々が増えており、ウォーキングを支援するシステムを開発することの意義は大きいと考えている。最近ではスマートフォン等で利用可能な歩行者ナビが一般的になりつつあるが、従来の歩行者ナビゲーションシステムは、ユーザが指定した目的地へ最短で移動するルートを推薦するものであり、ウォーキングそのものを目的としたものは少ない。そこで我々は、適度な負荷、口コミが多いスポット等を考慮することを特徴とする、自覚的運動負荷を考慮したスマートウォーキングナビシステムの提案を本研究の目的とする。本稿では、提案しようとするシステムに必要な機能である、自覚的運動負荷に基づいた負荷(時間、距離、心拍数)の実現、危険スポットの回避、口コミが多い景色の良いスポットを考慮する継続性が高いウォーキングナビの実現のそれぞれに関して実現方法について述べる。また、以降では運動負荷および心理的負荷を考慮したものを、自覚的運動負荷とする。

キーワード 歩行者ナビ,歩行支援,ジオタグ付きツィート解析,危険回避

1. はじめに

近年の健康ブームの後押しもあり、ダイエットや体力維持を 目的としたウォーキングに取り組む人々が増えている. 国の政 策としても厚生労働省が健康づくりのための身体活動量の指標 として、「健康づくりのための身体活動基準 2013」[1] を策定す るなど、身体活動・運動に関する普及啓発等に取り組んでいる. ただし, 頭では運動が健康に良いことが分かっていても, 継続 して行うことは容易ではなく、ウォーキング支援システムを開 発することの意義は大きい. 最近ではスマートフォン等で利用 可能な歩行者ナビが一般的になりつつあるが、従来の歩行者ナ ビゲーションシステムは, ユーザが指定した目的地へ最短で移 動するルートを推薦するものであり、ウォーキングそのものを 目的としたものでは少ない. そこで我々はウォーキングを支援 することを目的としたウォーキングナビシステムを提案する. ウォーキングを効果的かつ楽しく安全に行うための歩行ルート の要件としては, 自覚的運動負荷に基づく適度な負荷(時間, 距離、心拍数)を実現すること、危険なスポットを回避するこ と, 景色の良いスポットを経由するなど楽しいウォーキングを 実現すること等が挙げられる.

自覚的運動負荷に基づく適度な負荷に関しては、例えば、ダイエット目的でウォーキングを行う30~40代に対する適切な負荷と、健康維持を目的としたウォーキングを行う高齢者に対する適切な負荷は大きく異なる、また同年代でも体型や体調によって適切な歩行負荷は異なるため、各個人にあったウォーキング負荷を推定して、これに合致するルートを推薦することが重要である。各歩行ルートのウォーキング負荷を推定する手法としては、歩行ルートの勾配、距離から推定する方法と、ス

マートウォッチ等により実際に測定された心拍数データから推定する方法を併せて検討する.

危険ルートの回避に関しては、ジオタグ付きツィートを分析することで、例えば「危なかった」「怖かった」「暗かった」等のつぶやきを収集し、歩行ルートの危険度推定に応用することを検討する.

楽しいウォーキングの実現に関しては、景色の良いスポット、桜や紅葉等の季節の観光スポット、時間依存である夜景スポット、人気のカフェ等のような魅力的な休憩スポット情報を考慮して、楽しいウォーキングの実現に向けた検討を行う。危険ルート情報と同様にジオタグ付きツィートの分析により、季節や時間帯に応じて評判の高いスポットを発見し、それらのスポットを目的地とする手法について検討を行う。また、観光スポットに関しては、既存の観光スポットに関する検索サイトや、飲食店に関する検索サイト等を参考に取得することも併せて検討する。

本研究では、自覚的運動負荷を考慮した適度な負荷、危険ルートの回避、口コミが多い景色の良いスポットや人気のスポットを経由(あるいは回避)可能なルート推薦を特徴とする、ウォーキングナビシステムの実現を目的とする。なお、本稿では、これらの実現方式を提案するとともに、特に自覚的運動負荷を考慮したウォーキングナビにおけるルート推薦方式に基づいたプロトタイプについて検討したので併せて報告する。

2. 関連研究

ウォーキングを行う上で、ウォーキングを継続または開始する「動機付け」が重要である. なぜならウォーキングは運動で

あり、負荷を伴う. そして一般的に辛い、つまらない、といった印象を抱き、動機付けや継続が難しいからである.

田部らは、従来の SNS の様なユーザ間のテキスト対話をせず、歩数入力程度の情報で、ユーザ間に競争意識を持たせる事でウォーキングの継続を目指した研究を行っている [2]. それに対し、我々の研究では「目的地」の入力の手間を省き、位置情報と歩行時間の入力によりルートを推薦する。それにより、明確な目的地が決まっていない場合でも始める事ができ、動機付けを行う事が可能と考える。しかし、歩数情報をのみを基にしており、ルート推薦自体は考慮されていない。

高石らは、位置情報記録式 GPS 装置と心拍数記録装置を併用することにより、歩行速度、歩行経路および運動強度を明らかにし、その結果から個別に具体的なウォーキング指導方式の提案を行なっている [3]. しかし、指導内容の採用、実践については被験者の意志に委ねられているため、あくまでもウォーキング改善の「提案」であり、手間がかかる。また、ルート推薦自体には注目していない。つまり、リアルタイムでウォーキングルートの推薦・変更を自動的に行う事が可能になれば、手間を省く事ができると考える。

武藤らは、ウォーキングコースの見どころポイントや、ウォーキングコースの共有機能を基に、スマートフォンを活用したウォーキング支援サービスを提案している[4]. 見どころポイントや危険情報を共有機能により、情報を取得するが、ユーザの身体的負荷情報は個人により様々であるため共有機能では考慮されていない.

北林らは、歩行者が感じるストレスをなるべく小さくするために、歩行環境および心拍数などの生体信号データを記録・分析しストレス予測を行い、高齢者等の歩行を促進させるシステムの提案を行なっている[5]. しかし、ストレス予測だけでは歩行を促進させる十分な要因とは言えない。例えば地域の名所・見どころの推薦により更にユーザの歩行を促進が可能と考える。

Daniele らは、二枚の写真を基にどちらが好ましいのかを判定し、どの様な道を好むのかを機械学習させる。それにより、従来のナビの様に最短経路を推薦するだけでなく、綺麗に感じるルートを推薦している[6]. しかし、生体信号データの心拍数や勾配については考慮されていないので、十分に安全を考慮できていない。

3. 運動負荷および心理的負荷を考慮したスマートウォーキングナビシステム

3.1 概 要

本研究では、自覚的運動負荷を考慮した負荷、危険ルートの回避、口コミの多いスポットを経由(あるいは回避)可能なユーザごとの特性を考慮したルート推薦を特徴とする、スマートウォーキングナビシステムを提案する。ウォーキングがダイエットや健康促進に効果があると言われているが、負荷が低すぎると効果は小さく、負荷が大きすぎると精神的にも辛く感じたり、膝や腰を痛めてしまう怪我を引き起こす可能性もある。また、ウォーキング時に危険な目に会ってしまっては意味がな



図 1 システム概要図

自覚運動強度(RPE)の目安

標示	自覚度	強度%	心拍数(拍/分)
20	もうだめ	100	200
19	非常にきつい	92.9	
18		85.8	180
17	かなりきつい	78.6	
16		71.5	160
15	きつい	64.3	
14		57.2	140
13	ややきつい	50	
12		42.9	120
11	楽に感じる	35.7	
10		28.6	100
9	かなり楽に感じる	21.4	
8		14.3	80
7	非常に楽に感じる	7.1	
6	(安静)	0	60

図 2 RPE(自覚的運動強度) と心拍数との相対関係 (日本健康運動研究所の Web ページ[7] より引用)

い. さらに、日々の生活の中で継続して行うことは容易ではない. また、ユーザの年齢や居住地域、生活習慣におけるウォーキングの時間帯によってもこれらの選択肢は多様となり、ユーザが楽しみながらウォーキングに取り組める工夫は重要である.

図1は、実現を目指すウォーキングナビの概要を表した図である。図1に示す通り、提案システムでは、対象エリアにおける勾配情報、過去の歩行者の心拍数情報、狭い道路や踏切等の危険情報、名所・観光スポット等の情報、およびジオタグ付き SNS 等から取得可能なウォーキングに関する口コミ情報などを保持させることを考えている。最終的にはこれらの情報を駆使した、ウォーキングルートの推薦を実現することを目指している。

以下,本節では,取得する情報および取得方法 $(3.2 \, \hat{\mathrm{m}})$, ウォーキングルート推薦方法に関する検討 $(3.3 \, \hat{\mathrm{m}})$,システム 実装に向けた検討 $(3.4 \, \hat{\mathrm{m}})$ について説明する.

3.2 取得する情報および取得方法

3.2.1 心 拍 数

心拍数は,適度な負荷に設定するために,目標心拍数[7]を 算出することにより実現を目指す.算出式は,

 $(220-年齢-安静時心拍数)*目標係数+安静時心拍数 により求めることができる。一般的に最もダイエットに効果的 な主観的運動強度は目標係数が <math>0.4\sim0.6$ の強さが望ましいと言われている。

図 2 は、RPE(自覚的運動強度) と心拍数との相対関係を示している。今回の実験では最もダイエットに効果的である「やや楽」~「ややきつい」と定義される、強度が $40\sim60$ パーセントを目安にする。

3.2.2 勾 配

勾配情報については、国土地理院の基盤地図情報数値標高データ [10] を用いる、標高データの間隔は 5m メッシュ毎のデータを用いることにより、勾配データの取得を行う、そして取得した勾配については、オープンソースソフトウェアであるQGIS [11] を用いて、緯度経度と標高情報を含んだ道路ネットワークを作成する、

3.3 ウォーキングルート推薦システムの実装に向けた検討

3.3.1 年代・性別に基づく歩行速度の推定

	男性		女性
年齢	歩行スピード (m/分)	年齢	歩行スピード (m/分)
20-24	87.6	20-24	74.1
25-29	85.2	25-29	74.2
30-34	95.5	30-34	72.2
35-39	85.3	35-39	67.2
40-44	82.3	40-44	71
45-49	82.5	45-49	78.6
50-54	77.8	50-54	67.2
55-59	72.6	55-59	63.5
60-64	70.1	60-64	59.2
65-69	63.8	65-69	59.8
70-74	60.7	70-74	55
75-79	54.5	75-79	50.7

図 3 年代, 男女別による通常時の平均歩行速度 (横浜市の Web ページ [8] より引用)

図3は、日常的に無意識に歩行するときの歩行速度を年代別、 男女別によりそれぞれの平均歩行速度を表記したものである。 これを用いることにより、ユーザがウォーキングを行いたい時間を入力すると、年代別かつ性別の違いによるウォーキングの 距離が算出することができる.

3.3.2 地図データおよび標高データの取得

オープンソースソフトウェアである QGIS により、Open Street Map (OSM) データ [13] を取得する。図 4 に、取得した OSM データを示す。今回取得した範囲は京都を中心とする 6,662 点のポイントである。

また、QGISを用いて勾配、緯度経度の情報を全ての点に付与し、さらに緯度経度の差分より、道の長さを算出する。図5



図 4 OSM データ (ポイント数 6,662 点)

にそれらの各数値データを例を示す. id は各ポイントを識別するためのものであり、DN は標高 (m), xcoard, ycoard はそれぞれ経度と緯度である. 勾配は DN 間の差分より算出する.

3.3.3 Dijkstra 法を用いた推薦ルートの特定

従来の歩行者ナビでは、指定された出発地から目的地への最短経路を、Dijkstra 法等のアルゴリズムにより求める.本研究では、目標歩行距離に対する自覚的運動負荷や危険回避ルート、さらに人気スポットや景観スポットを考慮したルートを推薦するものである。そこで、提案システムでは Dijkstra により目的歩行距離となる複数の候補地をランダムに選択し、その候補地への最短ルート上のポイントから勾配情報、危険情報、口コミ情報等を取得し、自覚的運動負荷、危険スポット回避、人気スポットや景観を経由したルートを推薦する.

id	DN	xcoord	ycoord
66088077	87	135.7494529	35.056990
66088083	88	135.7482661	35.057392
66088083	88	135.7482575	35.056986
115433968	88	135.749489	35.057615
115433968	87	135.7494777	35.057380
66088083	88	135.7481802	35.057772
42394502	92	135.7440022	35.057548
42394502	92	135.7439996	35.057025
115341959	92	135.7453706	35.058566
42394502	93	135.7440542	35.05860
115303658	90	135.745367	35.057538
66088094	90	135.7453641	35.057010
42394502	95	135.7440269	35.054899
66088083	86	135.7483231	35.054973
42394502	94	135.7440803	35.052557
66088083	86	135.7483942	35.052664
115341959	92	135.7453653	35.054927
97969130	91	135.74546	35.052569
42394502	95	135.7440438	35.05946
66088083	91	135.7478327	35.059531

図 5 取得した標高,緯度経度のデータ

図 6 に、図 4 の上に任意の地点から半径 500m の範囲内に含まれるポイントを示す。直線距離で 500m 以上の地点への道のりは必ず 500m 以上となるため,歩行距離 500m のルートを特定する場合には,この範囲内の目的地のみを候補とすればよい。したがって,直線距離 500m 地点周辺よりポイントを選択し,任意の地点からポイントまでの最短経路を Dijkstra 法より算出し,目標歩行距離に達している場合は候補地とする。これより得られたルートを用いて,提案する 3 種類の情報をユーザに推薦する。

具体的な例として、図7に示すように同じ距離であっても 勾配の上りや下りの大きさは異なる。S1、S2はスタート地点、G1、G2はゴール地点である。さらにユーザの心拍数の変化を もとに、身体的負荷を調べることが可能である。またツイート 数が多いところは特徴点として捉えることができる。今回は、ツイートの内容がポジティブかネガティブな場所かは判定せず、ポジティブなものとして口コミ数のみを考慮する。以上の様に、距離だけでルートを推薦するのではなく、勾配と心拍数の変化 と、口コミ情報から、ユーザの自覚的運動負荷がどの様に変化するのかを考察したい。そして、今後はスマートフォンにアプリとして落とし込み、ウォーキングナビとしてシステムの実装を行う事を目指す。

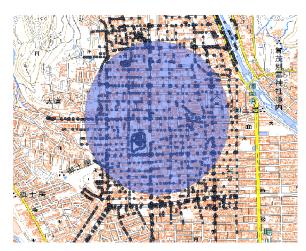


図 6 任意の地点から半径 500m の範囲を示した図

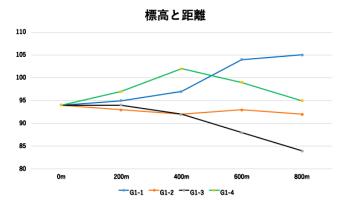


図 7 ウォーキングルートにおける勾配変化の例

以上の提案に基づき、ウォーキングルート推薦システムの実装を進めている。ウォーキングナビのシステムの実装にあたり、1.取得情報の確立、2.ウォーキングルート推薦方式の実現、3.ジステム実装、の3段階構成で考えている。ただし、2のウォーキングルート推薦方式の検討において、距離や勾配、口コミ数によりユーザの自覚的運動負荷が変化するのか、また継続してウォーキングを行いたいのかを実験することが今後の展望である。

4. 運動負荷および心理的負荷を考慮したルート 推薦の検討

4.1 自覚的運動負荷に対する評価実験

本稿では提案手法に基づき、特に自覚的運動負荷を考慮した ルート推薦システムのプロトタイプを構築し実証実験にむけて の有用性について検証する.

図 8 に、提案手法により推薦されるウォーキングナビのルートの提示例 $(8 \, \text{ルート})$ を示す.なお、円の半径は 600m であり、円の中心の「S」のスタートから各ルート G1-1~G1-8 までの地点は目標歩行距離を 800m として得られたものである.

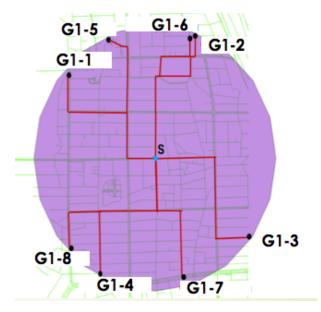


図8 推薦ルートの提示例(8ルート)

表 1 図 8 に示す推薦ルートの勾配情報ならびにツイート総数

ルート	総距離	上り	下り	総ツイート	平均心拍数
G1-1	798m	+13m	-3m	14 件	97.78 拍/分
G1-2	794m	+3m	-5m	9 件	91.43 拍/分
G1-3	801m	+1m	-11m	8 件	91.25 拍/分
G1-4	799m	+9m	-6m	43 件	90.57 拍/分

表 1 に各目的地点 $G1-1\sim G1-8$ までの総距離,勾配情報ならびにツイート総数を示す.総距離の誤差範囲は 5m 程度にも関わらず,総標高(上り坂)は最大 13m となり,また下り坂となる総標高(下り)は-11m となった.また,上り坂と下り坂の両方を考慮した総標高の差は,最大 10m (G1-1) であった.以上より,同距離でも勾配差の大きいのルートを推薦することで自覚的運動負荷を考慮した新たなウォーキングルートの推薦が可能であると考えられる.

また、スタート地点から北西の G1-1 および G1-5 は全体的 に上り坂になっており、一方で南東の G1-3 および G1-7 は下 り坂となっていことが明らかとなった。これにより、当該地域では自覚的運動負荷を考慮する上でこれらの方向を考慮することで、効率的に候補地を選択できると考えられる。なお、ルー

ト上のツイート総数の最大は 43 件で最小は 9 件であり、最大 差異は 35 件であった。

①各ルートの評価方法					
楽に感じた	1 2 3 4 5 6	7	きつく感じた		
楽しい	1 2 3 4 5 6	7	つまらない		
また歩きたい	1 2 3 4 5 6	7	歩きたくない		
② どちらのルートをもう一度歩きたいか					
・ルートG1-1とG1-3 ルートG1-1		・ルートG1-2とG1-4 ルートG1-2			
③感想					
よかった点…坂, カフェ が印象 悪かった点…休憩所が欲		神社, 匂い, 量が多い, 販	学校,公園が印象,交通 きやか,狭い		

図 9 ルートに対するアンケートの実施方法

図9は実験のアンケートの実施方法である.被験者には、楽さ、、、楽しさ、、、また歩きたいか、、この3つの評価項目を用いて、7段階のリッカート尺度で評価を行う.また、比較したルートの中でどちらがもう一度歩きたいかを記入してもらい、実験を行なったルートの感想も記入を行なってもらった.

ルート	平均心拍数	楽さの平均	楽しさの平均	また歩きたいの平均
G1-1	100.0	4.6	2.3	2.3
G1-2	88.3	2.0	3.0	3.7
G1-3	89.9	2.3	5.0	4.3
G1-4	87.2	4.3	3.0	3.6

表 2 ルート G1-1~G1-4 に対するアンケートの結果

表 2 は実験のアンケート結果である。今回の実験では 3 人の被験者に 4 ルート歩いてもらい,計 1 2 回試行を行なった。アンケート結果から G1-1 の方が G1-3 より平均心拍数が高く,負荷が強く感じられた。しかし,G1-1 の方をもう一度歩きたいという結果になった。これは感想に,G1-1 の方が自然が多く,飲食店等があるが,G1-3 は殺風景な景色であり,環境要因により,心理的負荷を軽減したためと考察できる。

今回の実験では、勾配変化が大きいルート時の心拍数変化を 測定したので、比較的平坦なルート時の心拍数変化を検証する。 また、ツイート数の最大差異が少なかったので、よりツイート 数に差異が見られるルート選定も併せて行う。

4.2 勾配変化時の心拍数変化および自覚的運動負荷に対す る追加検証実験

4.1 節で述べた様に、勾配変化が小さく (平坦な)、ツイート数が多いルート時の心拍数変化および自覚的運動負荷の変化を検証する.

図 8 の追加検証実験として,図 10 に,ウォーキングルートの掲示例 $(4 \nu - 1)$ を示す.図 8 との違いは, $G2-1 \sim G2-4$ の 4 点からそれぞれ,G2-1 から G2-2,G2-2 から G2-3,G2-3 から G2-4,G2-4 から G2-1,の $4 \nu - 1$ を通ることで,目標としているシステムの様に,スタート地点に戻ってくるルート推薦である.円の半径は 800m で,各ルートの距離は図に示した通りである.実験手法は図 8 と同様である.

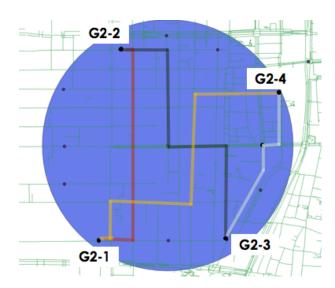


図 10 推薦ルートの提示例 (4 ルート)

目的地	総距離	上り	下り	総ツイート	平均心拍数
G2-1	1578m	+8m	$0 \mathrm{m}$	10 件	92.6 拍/分
G2-2	1967m	+1m	-7m	33 件	90.7 拍/分
G2-3	1491m	+5m	$0 \mathrm{m}$	894 件	104.8 拍/分
G2-4	2129m	+3m	-11m	76 件	84 拍/分

表 3 図 10 に示す推薦ルートの勾配情報ならびにツイート総数

表 3 に各ルート G2- $1\sim G2$ -4 の総距離,勾配情報,ツイート総数について示す.平均心拍数は,被験者の内の一人のデータを参考にしたものである.G2-1 と G2-3 はおおよそ 1500m の距離で,G2-2 と G2-4 はおおよそ 2000m である.まず,G2-1 と G2-3 は上りが大きいルートのため,G2-2 と G2-4 の下りが大きいルートよりも平均心拍数が高かった.すなわち,比較的勾配差が少ない平坦な場所であっても,心拍数の変動に影響を与える事が分かる.

ルート	平均心拍数	楽さの平均	楽しさの平均	また歩きたいの平均
G2-1	95.5	2.0	2.6	3.0
G2-2	91.8	2.3	1.3	1.6
G2-3	100.3	2.0	2.3	3.0
G2-4	88.8	2.3	1.3	1.3

表 4 ルート G2-1~G2-4 に対するアンケートの結果

また,表 4 はルート G2-1 G2-4 に対するアンケートの結果である. G2-3 が最も平均心拍数が高かったが,G2-1 の方が辛く感じるという結果になった.被験者の感想には,ツイート数が多かった G2-3 の方が観光地で賑やかに感じたと記入されていた. つまり,楽しく感じるルートは心理的負荷を軽減すると考えられる.

4.3 実験考察

以上の実験結果から、勾配変化の大きさが少ないルートであっても、平均心拍数に違いが生じた. つまり、勾配変化が少ない比較的平坦な道であっても、平均心拍数を上げる事が可能であると考えられる. また、平均心拍数が一番高い、つまり運動負荷が最も大きいルートが、最も辛く感じわけではなかった. これは、運動負荷は最も大きいがツイート数も最も多かったた

め、人気スポット等の環境要因により心理的負荷が軽減された からではないかと考えられる.

今後,ツイート数ならびに内容分析による人気スポットや景観スポットを発見し,ユーザに推薦提示することで,心理的負荷の軽減による楽しいウォーキングナビの実現および検証を目指す.

5. ま と め

本稿では、自覚的運動負荷を考慮した適度な負荷、危険ルートの回避、口コミが多い景色の良いスポットや人気のスポットを経由(あるいは回避)可能なルート推薦を特徴とする、ウォーキングナビシステムを提案し、特に自覚的運動負荷を考慮したウォーキングナビにおけるルート推薦方式に基づいたプロトタイプシステムを検証した。ウォーキングを効果的に楽しく安全に行うために推薦されるべき歩行ルートの要件として、自覚的運動負荷を考慮した適度な負荷(時間、距離、心拍数)を実現すること、危険なルートを回避すること、景色の良いスポットを経由するなど楽しいウォーキングを実現すること等を掲げ、これらの実現方法について議論した。

今後は、自覚的運動負荷および口コミによるスポット経由に よるルート推薦の定性的評価実験を行い、提案手法の妥当性検 証を行う予定である.

謝 辞

本研究の一部は,科研費基盤研究 (B)(課題番号:17H01822) による.ここに記して謝意を表す.

文 献

- [1] 健康づくりのための身体活動基準 2013, 厚生労働省. http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple-att/2r9852000002xpqt.pdf
- [2] 田部浩子,吉廣卓哉,井上悦子,中川優:"生活習慣病予防のための競争意識を利用した歩行継続支援システム",情報知識学会誌,Vol.21 (2011) No.1 pp.37-53, 2011.
- [3] 高石鉄雄,山田美恵,田中勤,金若美幸,柳澤尚代:"位置情報 記録方式 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",日本公衆衛生雑誌,Vol. 56 (2009) No. 3 pp.172-183, 2009.
- [4] 武藤武, 佐々木喜一郎, 安田考美: "スマートフォンを活用した ウォーキング支援サービスの検討", 情報処理学会 第 76 回全国 大会, 6V-5, 2014.
- [5] 北林宏樹, 大西恒彰, 張信鵬, 浅野泰仁, 吉川正俊: "ストレス 予測による経路推薦に向けた歩行環境および生体信号の群衆デー タ分析", 情報処理学会 研究報告データベースシステム (DBS) 2014-DBS-159(5), 1-6, 2014.
- [6] Daniele Quercia, Rossano Schifanella, Luca Maria Aiello:"The Shortest Path to Happiness: Recommending Beautiful, Quiet, and Happy Routes in the City", HT'14 Proceedings of the 25th ACM conference on Hypertext and social media, Pages 116-125, 2014.
- [7] "健康づくりに役立つ運動", 日本健康運動研究所 "http://www.jhei.net/exer/walking/wa02.html"
- [8] "通常歩行の速度"、横浜市スポーツ医科学センター "https://www.yspc.or.jp/ysmc/column/health-fitness/walking-2.html"

- [9] NAVITIME 交通コンサルティング "https://consulting-app.navitime.biz/public/"
- [10] 国土交通省国土地理院,基盤地図情報ダウンロードサービス"http://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php"
- [11] QGIS, QGIS について "http://qgis.org/ja/site/"
- [12] 観光ガイド-じゃらん
 "http://www.jalan.net/kankou/"
- [13] OSM データの概要 "http://learnosm.org/ja/osm-data/data-overview/"