

自覚的運動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^{1,a)} 中岡 佑輔^{1,b)} 河合 由起子^{1,c)} 中島 伸介^{1,d)} Panote Siriaraya^{2,e)}

概要: 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。

キーワード: 歩行者ナビ, 歩行支援, ジオタグ付きツイート解析, 危険回避

KOUDOU MAEDA^{1,a)} YUSUKE NAKAOKA^{1,b)} YUKIKO KAWAI^{1,c)} SHINSUKE NAKAJIMA^{1,d)}
PANOTE SIRIARAYA^{2,e)}

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く。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るにもかかわらず、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

¹ 京都産業大学 コンピュータ理工学部
Faculty of Computer Science and Engineering, Kyoto Sangyo University, Kita-ku, Kyoto-City, Kyoto, 603-8555 Japan

² Delft University of Technology, Landbergstraat 15, 2628CE Delft Netherlands

a) g1445232@cc.kyoto-su.ac.jp

b) g1444936@cc.kyoto-su.ac.jp

c) kawai@cc.kyoto-su.ac.jp

d) nakajima@cse.kyoto-su.ac.jp

e) spanote@gmail.com



図 1 スマートウォーキングナビシステムの概要図

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、ジオタグ付きツイート进行分析することで、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イートの分析により、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、ロ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、これらの実現方法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くても始める事ができ、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. 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

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たりは意味がない。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、実現を目指すスマートウォーキングナビの概要を表した図である。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を取得、管理する。これらの情報から、自覚的運動負荷を適度に考慮しつつ、危険エリアの回避ならびに人気スポットや景色のよいスポットを経由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 節)、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 節)、提案システムによるルート推薦例 (3.4 節) 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、

$(220 - \text{年齢} - \text{安静時心拍数}) * \text{目標係数} + \text{安静時心拍数}$ 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 0.4~0.6 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 40~60 パーセントを目安にする。

図 2 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	100.0	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	50.0	
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)	0.0	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)

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。

3.2.3 名所・観光情報、口コミ情報、危険情報

各地域の名所、観光スポット情報は、観光ガイド-じゃらん [12] と、ジオタグ付き情報ツイートを併用する。観光ガイド-じゃらんにより、各地域の観光スポット情報の取得をし、SNS である twitter の「ジオタグ付き情報ツイート」をクローリングし、ウォーキングを行う地域の特徴となる情報を取得可能である。例えば「桜が綺麗」や、「夜景が綺麗」といったツイートから季節感や時間帯を考慮したスポット推薦が可能と考える。従って観光ガイド-じゃらんと、ジオタグ付き情報ツイートを併用することにより、名所・観光スポットはもちろんのこと、普段気づかなかった地域の「隠れスポット」を知ることが可能と考える。しかし、各地域の観光スポットを取得するのは既存のシステムで多数存在するので、今回は twitter の「ジオタグ付き情報ツイート」だけを考慮する。

危険情報の取得方法については、上記ジオタグ付き情報ツイートから、「危険」や、「怖い」等のキーワードを検出し、比較的危険なルートの推定が可能になると考えている。

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

システム利用時に、ユーザが目標歩行時間を設定した場合、年代や性別の違いにより歩行速度が異なるため、推薦

	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)

ルートの目標経路長を設定するためには各ユーザの歩行速度の推定が必要となる。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を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

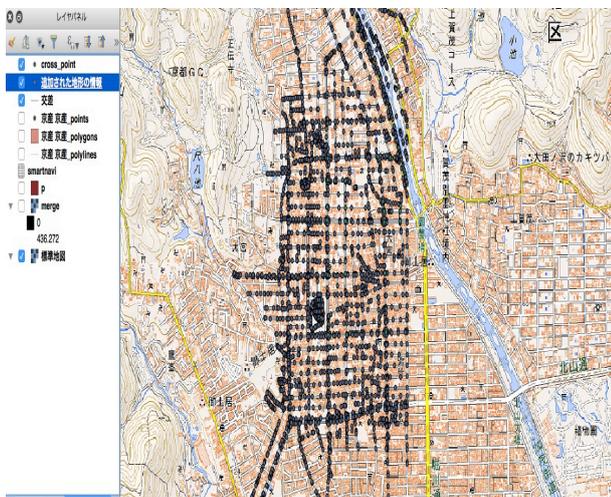


図 4 OSM データ (ポイント数 6,662 点)

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 にそれらの各数値データを表示した実行例を示す。id は各ポイントを識別するためのものであり, DN は標高, xcoord, ycoord はそれぞれ x 座標と y 座標である。

id	DN	xcoord	ycoord
66088077	87	135.7494529	35.0569905
66088083	88	135.7482661	35.0573928
66088083	88	135.7482575	35.0569863
115433968	88	135.749489	35.0576152
115433968	87	135.7494777	35.0573809
66088083	88	135.7481802	35.0577725
42394502	92	135.7440022	35.0575484
42394502	92	135.7439996	35.0570258
115341959	92	135.7453706	35.0585665
42394502	93	135.7440542	35.058602
115303658	90	135.745367	35.0575382
66088094	90	135.7453641	35.0570105
42394502	95	135.7440269	35.0548994
66088083	86	135.7483231	35.0549732
42394502	94	135.7440803	35.0525576
66088083	86	135.7483942	35.0526642
115341959	92	135.7453653	35.0549271
97969130	91	135.74546	35.0525695
42394502	95	135.7440438	35.059469
66088083	91	135.7478327	35.0595311

図 5 取得した標高, 緯度経度のデータ

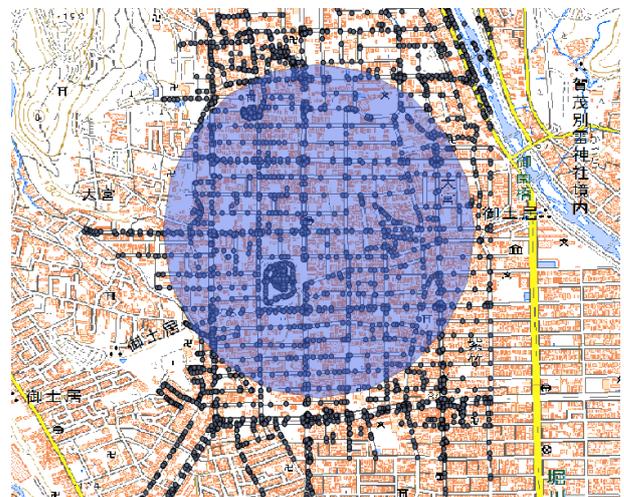


図 6 ある地点から半径 500m の範囲を示した図

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。しかしながら, 我々が提案するウォーキングナビシステムでは, ある地点への最短経路を求めるのではなく, 目標歩行距離に合致するルートを推薦するものである。そこで幾つかの候補地を列挙して, その候補地への最短ルートを計算し, 目標歩行距離に合致するルートを推薦する。

図 6 に, ある地点から半径 500m の範囲を示した図を示す。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ことになる。したがって, この範囲内の候補地を幾つかピックアップして, その候補地への最短経路を Dijkstra 法により求める。これにより得られた経路の中から目標歩行距離に近いものをユーザに推薦することができる。

図 7 に, スポットまでのルートが P1~p4 まで 4 通りあった場合の目標距離とその誤差の例を示す。図 7 の場合, P4, P3, P2, P1 の順に誤差が小さいため, その優先

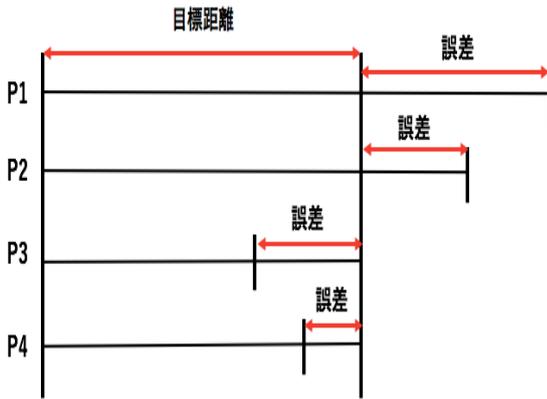


図 7 目標距離と誤差

度でルートを紹介することとなる。

以上の通り、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. システム実装、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ーの自覚的運動強度が変化するか、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。

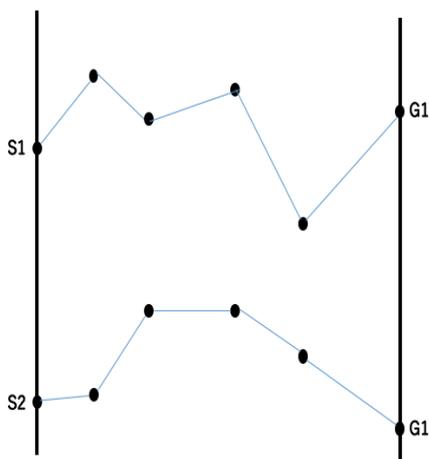


図 8 ウォーキングルートにおける勾配変化の例

具体的な例として、図8の様に同じ距離であっても勾配の上りや下りの大きさは違う。S1, S2はスタート地点、G1, G2はゴール地点である。さらにユーザー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紹介するの

ではなく、勾配と心拍数の変化と、口コミ情報から、ユーザーの自覚的運動負荷がどのように変化するかを考察したい。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。

4. 自覚的運動負荷を考慮したルート推薦の検討

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9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~G8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。

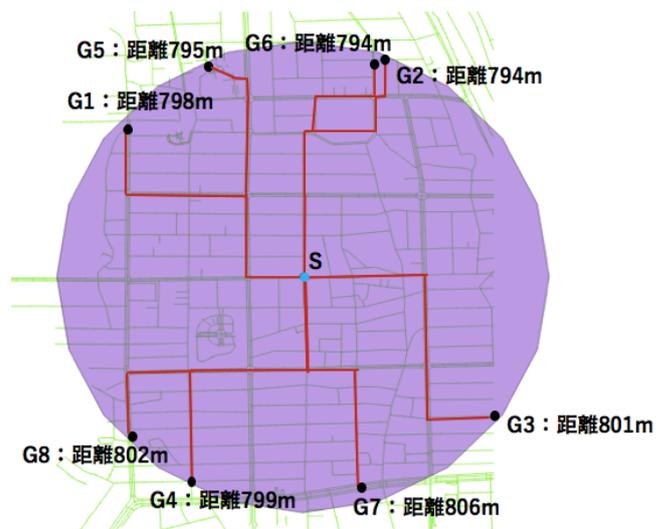


図 9 推薦ルートの提示例(8ルート)

表 1

目的地点	総距離	総勾配高	総勾配低	ツイート総数
G1	798m	+13m	-3m	14
G2	794m	+3m	-5m	9
G3	801m	+1m	-11m	8
G4	799m	+9m	-6m	43
G5	795m	+11m	-2m	12
G6	794m	+4m	-3m	26
G7	806m	+1m	-11m	25
G8	802m	+3m	0m	30

表1に各目的地点G1~G8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、総勾配高(上り坂)は最大13mとなり、また総勾配低(下り坂)は-11mとなった。また、上り坂と下り

坂の両方を考慮した総勾配高低差は、最大 10m (G1) であった。以上より、同距離でも勾配差大きいルートを紹介することで新たな自覚的運動負荷を考慮した推薦が可能であると考えられる。

また、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、差異は 35 件であった。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、評価実験に基づく提案手法の妥当性検証を行う。

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。

参考文献

- [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

- [8] "<http://www.jhei.net/exer/walking/wa02.html>"
"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/>"