

音楽のBPMとRhythmValueに基づく 歩行ペース誘導アプリケーションの開発と評価

大坪 敦^{1,a)} 諏訪 博彦^{1,3,b)} 荒川 豊^{2,4,c)} 安本 慶一^{1,d)}

概要: ウォーキングは、高血圧や糖尿病などの生活習慣病の予防・改善対策として注目されている。しかし、歩行の負荷が高いと継続は難しく、低すぎると効果が期待できない。効果的なウォーキングを実現するためには、歩行ペース支援システムが必要である。我々は、音楽のリズムに歩調を合わせることによって、自然かつ正確な歩行ペース誘導を実現するスマートフォンアプリケーション BeatSync を開発している。BeatSync では、ユーザは自分が保持している楽曲から自由に歩行ペース誘導に使用するものを選択できる。しかし、楽曲の中にはリズムが速すぎ(遅すぎ)たり、不明確(特定のビートが他と比べて際立っていない)であったりと歩行ペース誘導に適さない楽曲も存在する。そこで本稿では、歩行ペース誘導に適した楽曲を選択するために、音楽のリズムの速さと明確さが重要な要因と考え、この指標化を行うとともに、歩行ペース誘導に与える影響を明らかにする。指標の有効性を検証するために、リズムの速さ、明確さの異なる計30曲(15曲を2セット)を用いて、被験者14人による歩行誘導実験を実施した。その結果、提案した指標により歩行ペース誘導に向き/不向きな曲を弁別でき、歩行ペース誘導に適した曲を選曲できることを確認した。

1. はじめに

近年、ウォーキングは高血圧、糖尿病のような運動不足に起因する生活習慣病の予防・改善対策として注目されている [1]。しかし、歩行の負荷が高いと継続は難しく、低すぎると効果が期待できない [2]。健康のためには、適切な道を適切な速度で歩行することが重要である。他方で世界的にスマートフォン端末の普及が進んでおり、これらの端末を用いたウォーキングサポートシステムへの期待が高まっている。先行研究として我々は、心拍数予測に基づくウォーキング支援システムを開発している [3](図1)。本システムは、歩行者の条件に合わせた歩行ルートと歩行ペースを提示する事を実現している。しかしながら、歩行ペースは「時速〇 km で歩いてください」と提示されるだけであり、ユーザがその歩行ペースに合わせることは困難である。ユーザが提示された歩行ペースに合わせるための支援手法が必要である。

歩行ペースを調整する手段として、様々な研究がなされている [4][5][6][7]。画面や音声によって早く(遅く)歩いてくださいと指示をする方法が考えられるが、指示通りに正確な歩行ペースに変更することは難しい。また、画面による指示は歩きスマホに繋がるという問題もある。そこで我々は、歩調を音楽のリズムに合わせてもらうことにより、自然かつ正確な歩行ペース誘導を実現するアプリケーション BeatSync を開発している [8](図2)。BeatSync では、歩行ペースの誘導に利用者のスマートフォンに保持している楽曲を用いるが、曲によっては歩行ペース誘導に適さない楽曲も存在する。例えば、歩行スピードと音楽の速さが極端に異なる曲やリズムが不明確な(特定のビートが他と比べて際立っていない)曲は合わせずらいと考えられる。歩行ペースの誘導には、適切なリズムの速さ、明確さの曲を選定する必要がある。

本稿では、楽曲に含まれるリズムの速さ及び明確さが歩行ペース誘導に与える大きな要因だと考え、この指標化を行う。リズムの速さを表す指標として BPM (beats per minute) を用い、リズムの明確さを表す指標として RhythmValue (RV) を提案する。二つの指標により、歩行ペース誘導に適する楽曲を選ぶことが可能になると考える。指標の有効性を検証するために、リズムの速さや明確さの異なる15曲を2セット、計30曲を用いて、被験者14人に

¹ 奈良先端科学技術大学院大学, Nara Institute of Science and Technology

² 九州大学, Kyushu University

³ 理化学研究所, RIKEN

⁴ JST さきがけ

a) otsubo.atsushi.nv4@is.naist.jp

b) h-suwa@is.naist.jp

c) arakawa@ait.kyushu-u.ac.jp

d) yasumoto@is.naist.jp

よる歩行誘導実験を実施した。その結果、提案した指標により、歩行ペース誘導に適した曲を選定できることを確認した。具体的には、楽曲固有のBPMが90-120の曲はRVに関係なく歩行ペース誘導が可能であり、これ以外の曲は、RVが低くなるにつれて歩行ペース誘導ができる速度の範囲が狭くなることを確認した。

2. 従来研究

本章では、ウォーキング支援システムに関するアプリケーション及び研究について述べる。

2.1 既存のウォーキング支援システム

ウォーキング支援システムの一つとして、スマートフォンアプリケーションであるRunKeeper*1がある。このアプリケーションでは、心拍計とスマートフォンをBluetoothで接続することで連携し、スマートフォンに心拍数を表示する。そのため、心拍数が高くなりすぎた場合は、歩行速度を落とし、心拍数を下げることができる。しかし、このシステムでは、心拍計を装着していない場合は心拍数を確認する事はできず、心拍計を装着している場合でも、現在の心拍数は表示されるが未来の心拍数を予測できない。そのため、心拍数が高くなりすぎた場合は、その後速度を落とすという事後的な対応しかとる事ができない。

これに対して、我々は、スマートフォンを使った心拍数予測に基づくウォーキング支援システムを開発している [3]。これにより、歩行ペース、道路の勾配や利用者の情報(身長、体重、運動習慣等)から歩行時の心拍数を予測し、制限時間、目標消費カロリー、最大心拍数などの条件に合った歩行経路や歩行ペースを提示することを可能としている(図1)。しかしながら利用者に正確な歩行ペースを伝えるインターフェースの実現が課題であった。正確な歩行ペースを伝えるためには、何らかの方法で歩行ペースを誘導する必要がある。

2.2 歩行ペース誘導システム

渡邊らは、靴型インターフェースによる歩行ナビゲーションシステムを開発している [4]。このシステムでは、靴型デバイスを用いて足の甲に振動を発生し、この振動のペースを変化させることによって一定の歩行ペース誘導が可能であることを明らかにしている。しかしながら、特別なデバイスを必要とするという問題がある。

Walk-In Music[7]は歩行ペースに合わせてドラム音を生成することにより、一定の歩行ペース誘導に成功している。しかし、ドラム音のような単調なリズムは、退屈や慣れによって参加者の注意力を低下させる可能性がある [9] ため、利用者の好む音楽で誘導することが重要と考える。



図1 先行研究アプリ ([3] に基づき著者が作成)

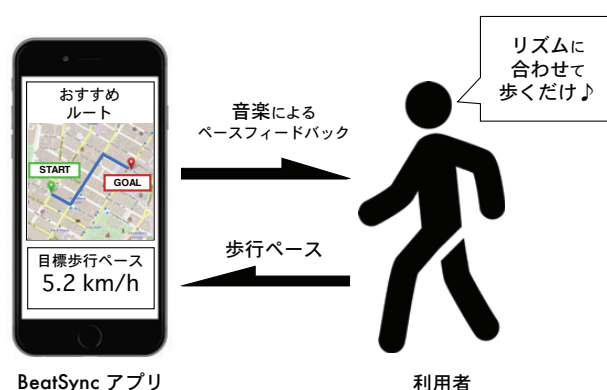


図2 音楽を用いた目標歩行ペース誘導アプリ

MPTrain[5], IM4Sports music system[6]は再生される音楽のリズムに自身の歩調を合わせるだけで、目標とする歩行ペースへの誘導が可能である。これらは、音楽が終了する前に心拍数と目標に応じて最適なBPMの曲を選び次の曲とするシステムである。しかしながら楽曲自体を変更するために誘導が遅れることや、異なるBPMの楽曲を事前に数多く用意しておく必要がある。

そこで我々は、誰もが容易に利用可能で、楽曲の再生速度を調節することによって単一(または少数)の楽曲のみを用いて歩行ペースを誘導する手法を提案している [8]。具体的には、誰もが利用できるスマートフォンを対象に、音楽の再生速度を変更(タイムストレッチ処理)しても音質劣化が少ないライブラリ Superpowered*2を用いることによって限られた楽曲数で歩行ペースの誘導を可能とするアプリケーションを開発している。このアプリケーションを用いて被験者6名にて事前に用意した楽曲データを用いて歩行誘導実験を行った結果、1分間あたり、102歩~120歩の範囲においては被験者全員の歩行ペースを調節可能であることがわかった。しかしながら、この実験では被験者の歩行ペースに近いリズムかつ、ビートが明確である単一の音楽を聴かせていたため歩行ペースをリズムに合わ

*1 Runkeeper <https://runkeeper.com/>

*2 Superpowered <https://superpowered.com/>

せやすかったと考えられる。実環境においては、被験者が好きな曲を利用することが好ましいが、世の中のあらゆる楽曲は、リズムの速さ・明確さが様々であり、歩行ペースを楽曲に合わせやすいとは限らない。そのため、本研究では、このリズムの速さと明確さを指標化し、楽曲推薦のパラメータとして使用できるようにする。リズムの速さには BPM (beats per minute) と呼ばれる指標が存在する。これは 1 分間あたりの拍を打つ回数を意味する。しかしながら、リズムの明確さには指標が存在しない。我々は楽曲のリズムの明確さ (周期的なビートの明確さの度合い) を RhythmValue (RV) として指標化する。指標化により、歩行ペース誘導に向く楽曲の推薦が可能となる。

3. 提案指標

本章では、楽曲に含まれるリズムの速さと明確さの指標化について述べる。

3.1 リズムの速さに関する指標化：uBPM

楽曲のリズムの速さについては、1 分間あたりの拍を打つ回数を表す BPM (beats per minute) と呼ばれる指標が存在する。多くの楽曲は固有の BPM を持ち、楽曲の音声波形データを周波数解析することにより求めることができる。本稿では、楽曲固有の BPM を uBPM (Unique BPM) と表記する。uBPM の求め方は次の通りである。

- Step1-1: 楽曲の波形データをフレーム単位で区切る (図 3)
- Step1-2: 隣り合うフレーム間の音量の増加量を求める
- Step1-3: 増加量を周波数成分解析して BPM ごとの音量成分を求める (図 4)
- Step1-4: 音量成分が最大の BPM を uBPM とする

Step1-1 では、計算量を少なくするために楽曲データの波形を一定フレーム (今回は 1 フレーム 512 サンプル、約 0.01 秒) ごとに区切り、フレームごとの音量を求める。Step1-2 では、隣り合うフレーム毎の音量の増加量を求める。なお、増加量がマイナスの値の場合は、増加量は 0 とする。これは通常、音量の減少の仕方は増加の仕方と比較して周期性がないためである。Step1-3 では、この増加量を周波数成分解析し、各 BPM ごとの音量成分を求める。多くの楽曲の uBPM は 60~240 の範囲内であるため、この範囲で BPM 毎に音量成分を算出する。Step1-4 にて、BPM 60~240 のうち最も大きい音量成分の BPM を uBPM として選択する。なお、図 3, 4 に示す波形は、J-POP の楽曲である SMAP・オリジナルスマイルの解析結果である。

3.2 リズムの明確さに関する指標化：RV

リズムの明確さについての指標は存在しないため、この指標化を行う。音楽のリズムは周期的な音量の大小 (ビートの強弱) からなり、これが明確な楽曲ほど、リズムに合

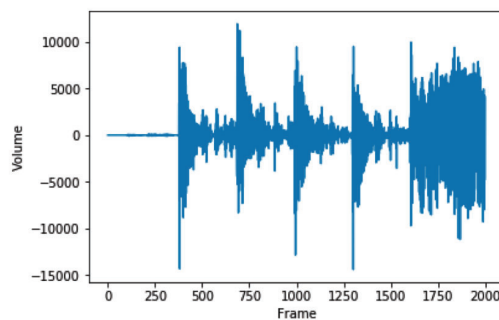


図 3 楽曲のフレーム毎の音量成分 (始めの 2000 フレーム)

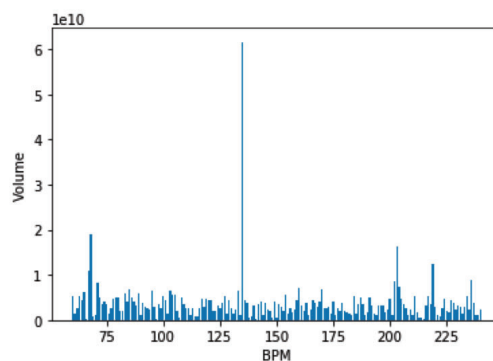


図 4 BPM 毎の音量成分 (BPM 60~240)

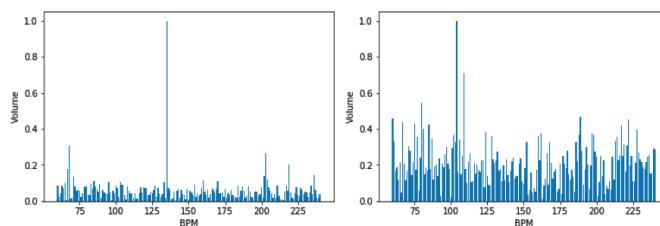


図 5 リズムの明確な曲 (左) と不明確な曲 (右) の BPM 毎の音量
左図: SMAP・オリジナルスマイル, RV:94
右図: ベートヴェン・運命, RV:79

わせて歩きやすいと考えられる。

3.2.1 指標化の概要

リズムが明確な楽曲と不明確な楽曲では、前節 Step1-3 で求めた楽曲の BPM 毎の音量成分に違いが現れる。リズムの明確・不明確な楽曲における BPM 毎の音量成分を図 5 に示す。異なる楽曲を同一の基準で指標化するために、BPM 毎の音量成分を最大で 1 となるように正規化している。リズムが明確な楽曲では、uBPM の音量成分がこれ以外の BPM の音量成分と比較して突出して大きくなる (図 5 左)。反対にリズムの不明確な曲では、uBPM 以外の BPM の音量成分も大きくなる (図 5 右)。本研究では、この傾向を利用して、リズムの明確さの指標化を行う。リズムの明確さを 0~100 までで指標化し、RhythmValue (RV) と呼ぶこととする。RV が 100 に近いほどリズムが明確であり、0 に近いほど明確でないことを示す。

3.2.2 指標化の手順

事前に BPM 毎の音量成分を求めておく (前節 Step1-1~1-3). 指標化の手順を Step2-1~2-3 に示す.

- Step2-1: 各 BPM の音量成分を最大で 1 となるよう正規化する
- Step2-2: 正規化した音量成分のうち, uBPM を除いた音量成分の平均値 (VOL_a) を求める
- Step2-3: 以下の式 (1) を用いて 0~100 までの値で出力する

$$RV = (1 - VOL_a) * 100 \quad (1)$$

Step2-1 にて異なる音量の音楽を比較可能にするために, 求めた BPM 毎の音量成分を最大で 1 となるように正規化する (図 5). Step2-2 で uBPM を除いた音量成分の平均値 (VOL_a) を求める. Step2-1 において, 音量成分を正規化しているため, 平均値を算出することで uBPM 以外の音量成分の大きさを最大で 1 で正規化した形式で表現できる. VOL_a は楽曲のリズムが明確であれば 0 に, 不明確であれば 1 に近づく. Step2-3 で式 (1) を用いて 0~100 までの値として指標化する.

4. 評価実験

uBPM と RV の有効性と歩行ペース誘導への影響を確認するために, 評価実験を行う. 本章では, 実験内容と実験用アプリケーションについて述べる.

4.1 実験概要

本実験の目的は, uBPM や RV の違いが, 歩行ペースの誘導範囲に与える影響を明らかにすることである. 歩行ペース誘導範囲の大きい楽曲の uBPM および RV が特定できれば, 歩行ペース誘導時の楽曲選択に活用できる.

実験は, 20 代男女 14 名を対象に, 坂のない平坦な場所にて実施した. また, 実験は, 1 つの楽曲を用いた歩行ペース誘導実験 (5~15 分) と, アンケート (1 分) の 2 つを 1 セットとした. なお, 本実験は, 奈良先端大に設置されている倫理審査委員会の承認 (承認番号 2018-I-8) のもとで行った.

楽曲の違いを表現するために, uBPM (5 カテゴリー) と RV (3 カテゴリー) に基づいて 15 のカテゴリーを構築した (表 1). 各カテゴリーに 2 曲ずつ楽曲を選定し, 計 30 曲を設定した (表 2). 実験は, 歩行ペース誘導実験とアンケートのセットを 30 曲分繰り返す必要があるため, 長時間 (150 - 450 分) に及ぶ. 長時間の歩行は, 疲労などのバイアスが発生することが考えられるため, 1 日の上限を 6 曲 (最大 90 分) までとし, 被験者の都合に合わせて数日間に分けて実施した. 被験者には事前に実験内容の説明を行い, 検証用アプリケーション (後述), Bluetooth 骨伝導イヤホン, ウェストポーチを配布した (図 7). Bluetooth 骨伝導イヤホンを用いることで, 楽曲を聞きながらも歩行時の周辺

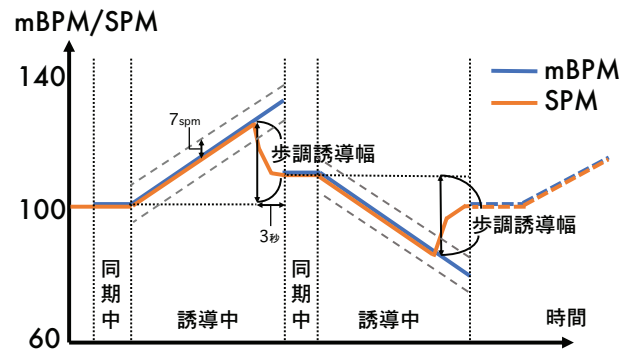


図 6 歩行ペース誘導のイメージ

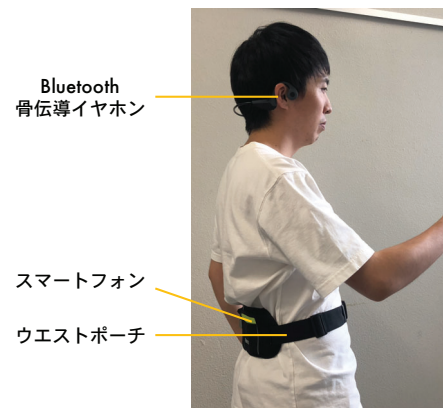


図 7 実験時の様子

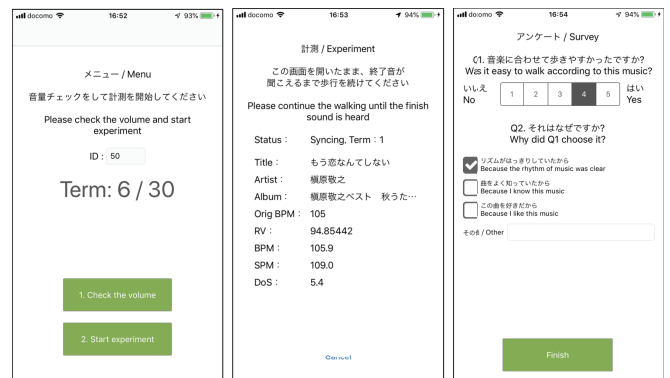


図 8 開発した検証用アプリケーション

環境音を聞けるようにし, 安全を確保した. またウェストポーチを用いることで, 手ぶらで歩行できるようにし, 転倒など不慮の事故に対応できるようにした.

4.2 歩行ペース誘導実験の内容

歩行ペース誘導実験中は, 楽曲の再生速度を動的に変化させる. この時々々の再生中の楽曲の BPM を mBPM (Music BPM) と表記する. 図 6 に, 歩行ペース誘導のイメージを示す. はじめに mBPM を歩行のペース (SPM: steps per minute) に合わせて再生し, 双方のペースを同期する (図 6 同期中). 次に mBPM をゆっくりと変化させることによ

表 1 uBPM, RV 毎のカテゴリ一覧

RV \ uBPM	60-90	90-120	120-150	150-180	180-210
80 未満	A	D	G	J	M
80-90	B	E	H	K	N
90-100	C	F	I	L	O

表 2 使用音楽

楽曲名	アーティスト	uBPM	RV	カテゴリ
ゲット・バック...	山下達郎	74	74	A
風	コブクロ	78	86	B
未来予想図 II	DREAMS CO...	74	93	C
どんなきも. ...	横原敬之	106	67	D
やさしさに包ま...	松任谷由実	106	86	E
もう恋なんてしない	横原敬之	105	95	F
夢見る 16 歳	鈴木雅之	135	71	G
夏を抱きしめて	TUBE	130	88	H
宙船	中島みゆき	135	93	I
~I'm Free~	徳永英明	156	79	J
街角トワイライト	鈴木雅之	164	82	K
SAKURA ドロク...	宇多田ヒカル	166	95	L
知らない街で	アリス	199	71	M
freebird	SMAP	190	88	N
Prisoner Of Love	宇多田ヒカル	194	96	O
5月の別れ	井上陽水	74	79	A
真夏の夜の夢	松任谷由実	74	89	B
GOING HOME	ゆず	75	93	C
September	竹内まりや	100	76	D
地上の星	中島みゆき	100	88	E
涙のキッス	サザンオール...	106	94	F
路地裏の少年	浜田省吾	136	79	G
サヨナラバス	ゆず	130	82	H
オリジナルスマイル	SMAP	135	94	I
最後の言い訳	徳永英明	177	79	J
劣等上等	Giga Feat. 鏡...	160	88	K
メルト	ryo	170	92	L
青	ゆず	186	75	M
LOVE LETTER	横原敬之	200	82	N
LOVER SOUL	JUJU	194	94	O

て、SPM を誘導する (図 6 誘導中)。歩行ペースが、音楽のペースに追従していない状態 (mBPM と SPM に 7 以上差がある状態) が 3 秒以上続くと、誘導を終了する。誘導の初めから追従できなくなった時点までの mBPM の差分を歩調誘導幅とする。リズムが明確である楽曲ほど、音楽のリズムに合わせやすく、歩調誘導幅が大きくなると考える。また、各セットの終わりに実施するアンケートでは、音楽に合わせて歩きやすかったかとその理由を確認している。

4.3 アンケートの内容

歩行ペース誘導実験が終わる毎にアンケートに回答してもらう (図 8 右)。内容は音楽に合わせて歩行しやすかったかとその理由を問うものであり、項目は次の通りである。

- Q1 音楽に合わせて歩きやすかったか
 - 1~5 の 5 段階 (1: 合わせづらい, 5: 合わせやすい)

- Q2 Q1 の理由を次から選択
 - A1 リズムがはっきりしていたから
 - A2 この曲をよく知っていたから
 - A3 この曲が好きだから
 - A4 リズムがはっきりしていなかったから
 - A5 この曲をよく知らなかったから
 - A6 この曲が嫌いだから
 - A7 その他 (自由記述)

Q1 の回答が 4 または 5 の時、A1・A2・A3 を、1 または 2 の時、A4・A5・A6 を選択できるように設定している。A7 は常に記述可能としている。

4.4 検証用アプリケーション

開発した検証用アプリケーションでは、前節の実験を実施するための歩行ペースの同期・誘導・終了判定・アンケート機能を搭載している (図 8)。アプリケーションは iOS アプリとして開発しており、実装には Swift 言語を用いている。音楽の再生及び mBPM の変更には、音質を極力損なうことなく、音の高さ (ピッチ) を維持しながら再生速度のみを変更することのできるライブラリ Superpowered*2 を使用している。ユーザの歩行ペース (SPM) は加速度を用いて、リアルタイムに検出している。歩行ペース誘導実験中は、mBPM と SPM を 1 秒毎に記録する。

実験 1 セット毎の、アプリケーションの動作は次の通りである。アプリケーションを起動すると、始めにメニュー画面 (図 8 左) が表示される。Start Experiment をタップすると、実験画面 (図 8 中央) に遷移する。この状態で歩行を開始すると、歩行ペース誘導実験 (前節参照) が開始される。歩行ペース誘導実験が終了すると、アンケート画面 (図 8 右) が表示される。アンケート回答後、メニュー画面 (図 8 左) が再び表示される。

5. 結果

本章では、実験結果を示し、提案指標を考察する。

5.1 歩行実験結果と考察

歩行実験の結果、個人差はあるが、楽曲の uBPM, RV の違いによって歩調誘導幅に違いが生じた。楽曲の uBPM と RV 毎に集計した全ての被験者の平均歩調誘導幅を表 3 に示す。全ての uBPM カテゴリにおいて、RV が大きくなるにつれて歩調誘導幅が大きくなっていることがわかる。例えば uBPM カテゴリが 60-90 の時、RV カテゴリが 80 未満の場合と 90-100 の場合では、歩調誘導幅はそれぞれ 13.89 と 20.21 となっており、差が発生している。また、全ての RV カテゴリにおいて、uBPM カテゴリが 90-120 の時、最も歩調誘導幅が大きくなっている。

表 3 で示した通り、どの uBPM カテゴリにおいても、RV の値が大きくなるにつれて、歩調誘導幅は大きくなってい

表 3 歩調誘導幅 (被験者 14 名の平均)

RV \ uBPM	60-90	90-120	120-150	150-180	180-210
80 未満	13.89	21.27	18.46	16.79	14.01
80-90	15.16	21.86	19.79	19.58	16.63
90-100	20.21	23.20	20.22	19.79	19.57

表 4 アンケート Q1 (音楽に合わせて歩きやすいか) の結果
〔1: 合わせにくい～ 5: 合わせやすい〕

RV \ uBPM	60-90	90-120	120-150	150-180	180-210
80 未満	3.00	3.86	2.68	2.36	2.21
80-90	3.43	4.00	3.29	3.04	2.61
90-100	3.86	3.96	3.79	3.46	2.89

表 5 アンケート Q2 (Q1 の選択理由) の結果

項目 (Q1 の選択理由)	選択件数	平均歩調誘導幅
リズムがはっきりしていたから	164	20.4
この曲をよく知っていたから	91	21.2
この曲が好きだから	23	21.9
リズムがはっきりしていなかったから	95	15.7
この曲をよく知らなかったから	75	15.5
この曲が嫌いだから	6	22.7
全曲平均	-	18.7

ることがわかる。RV は楽曲に含まれるビートの明確さを表しているため、RV の値の大きな楽曲ほど、歩調を音楽のリズムに合わせて歩きやすかったと考えられる。また、どの RV カテゴリにおいても、uBPM 90-120 のカテゴリが最も歩調誘導幅が大きくなっている。これは楽曲の再生速度を大きく変化させると、視聴者は違和感を感じる [10] ため、歩行ペースである SPM100 前後に最も近い uBPM が 90-120 のカテゴリにおいて、歩調誘導幅が最も大きくなったと考えられる。さらに uBPM カテゴリが歩調に近い 90-120 から遠ざかるにつれて、つまり再生速度が楽曲本来の速度から大きく変更されるにつれて、RV の影響が顕著に現れることがわかった。RV の値が小さい、リズムの不明確な楽曲は、明確な楽曲に比べて音楽の再生速度を変化させると、途端にリズムが取りづらくなり、誘導が難しくなることがわかった。

このことから、今後 BeatSync への適用時には RV カテゴリが 90-100、uBPM カテゴリが 90-120 の楽曲から推薦し、該当する楽曲がない場合、表 3 の該当カテゴリを中心とし、徐々に周辺のカテゴリの楽曲を推薦することが考えられる。また、RV と uBPM を掛け合わせた新たな指標による楽曲の推薦も検討する。

5.2 アンケート結果と考察

アンケート (Q1) の結果を表 4 に示す。表 3 に示す結果と同様に、uBPM カテゴリが 90-120 に近付くほど、リズムに合わせて歩きやすいということがわかった。uBPM と SPM が近い場合は、音楽の再生速度を楽曲固有の速度か

ら大きく変更しないため、違和感が少なく、リズムを取りやすいと考えられる。そのため、uBPM カテゴリが 90-120 の時は、RV に関わらずリズムに合わせて歩きやすいという結果になっている。uBPM カテゴリが 90-120 以外のカテゴリにおいては、RV の影響が顕著に現れている。RV カテゴリが 80 未満の時は、uBPM カテゴリが 60-120 の限られた範囲で、音楽に合わせて歩きやすい (回答の値が 3.0 以上) という結果になったが、RV カテゴリが 90-100 の時は、uBPM カテゴリが 60-180 の広範囲で、音楽に合わせて歩きやすいという回答になった。

また、表 5 にアンケート Q2 の結果 (Q1 の理由) を示す。Q2 では Q1 の理由を指定の項目から選択してもらっている。表 5 はこの項目と、項目の選択件数、項目が選択された曲における被験者・楽曲全体での歩調誘導幅を平均した結果を記載している。歩調誘導幅は、楽曲が既知か未知かで約 5.7 歩の違いが現れている。つまり、知らない曲よりも知っている曲の方が誘導できる範囲が大きくなるということがわかる。知っている曲は事前に楽曲のリズムを把握できているため、音楽に合わせて歩きやすいと考えられる。また、今回の実験では音楽の好みによる平均歩調誘導幅への影響は見られなかった。

6. 結論

著者らは、音楽のリズムに着目して、自然かつ正確に目的の歩行ペースに誘導することを目指してスマートフォン上で動作する歩行支援アプリケーション BeatSync を開発・公開することを目指している。楽曲はスマートフォン端末内に保存されているデータを用いるが、これらは個人に依存するため、歩行ペース誘導に向く曲・向かない曲が存在する。そこで本稿では、楽曲のリズムの速さと明確さが歩行ペース誘導に大きな影響を与えたと考え、これらの指標化を行った。具体的には、リズムの速さを BPM、明確さを新たに RhythmValue (RV) で指標化し、この BPM、RV の異なる 15 曲を 2 セット、計 30 曲を用いて、被験者 14 人で歩行実験とアンケートを実施した。その結果、提案した指標により、歩行ペース誘導に向き/不向きな曲を弁別でき、歩行ペース誘導に適した曲を選曲できることを確認した。具体的には、楽曲固有の BPM が 90-120 の曲は、RV に関係なく歩行ペース誘導が可能であり、これ以外の BPM の曲は、RV が低くなるにつれて歩行ペース誘導の範囲が狭くなることを確認した。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP16H01721 と JST さきがけ (16817861) の支援を受けて実施されたものである。

参考文献

- [1] Katrina L. Piercy, Richard P. Troiano, Rachel M. Ballard, Susan A. Carlson, Janet E. Fulton, Deborah A. Galuska, Stephanie M. George, and Richard D. Olson. The Physical Activity Guidelines for Americans Physical Activity Guidelines for Americans. *JAMA*, Vol. 320, No. 19, pp. 2020–2028, 11 2018.
- [2] Adam Hoegsbro Laursen, Ole P Kristiansen, Jacob Louis Marott, Peter Schnohr, and Eva Prescott. Intensity versus duration of physical activity: implications for the metabolic syndrome. a prospective cohort study. *BMJ Open*, Vol. 2, No. 5, 2012.
- [3] Shogo Maenaka, Hirohiko Suwa, Yutaka Arakawa, and Yasumoto Keiichi. Heart rate prediction for easy walking route planning. *SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration*, Vol. 11, No. 4, pp. 284–291, 2018.
- [4] 渡邊淳司, 安藤英由樹, 朝原佳昭, 杉本麻樹, 前田太郎, 靴型インタフェースによる歩行ナビゲーションシステムの研究. *IPSJ journal* 46(5), pp. 1354-1362, 2005.
- [5] Nuria Oliver and Fernando Flores-Mangas. Mptrain: A mobile, music and physiology-based personal trainer. In *Proceedings of the 8th Conference on Human-computer Interaction with Mobile Devices and Services*, Mobile-HCI '06, pp. 21–28. ACM, 2006.
- [6] Gertjan Wijnalda, Steffen Pauws, Fabio Vignoli, and Heiner Stuckenschmidt. A personalized music system for motivation in sport performance. *IEEE Pervasive Computing*, Vol. 4, No. 3, pp. 26–32, July 2005.
- [7] Haruto Murata, Youssef Bouzarte, Junichi Kanebako, and Kouta Minamizawa. Walk-in music: Walking experience with synchronized music and its effect of pseudo-gravity. In *Adjunct Publication of the 30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '17, pp. 177–179, New York, NY, USA, 2017. ACM.
- [8] Atsushi Otsubo, Hirohiko Suwa, Yutaka Arakawa, and Keiichi Yasumoto. Beatsync: Walking pace control through beat synchronization between music and walking. In *IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, PerCom Workshops 2019, Kyoto, Japan, March 11-15, 2019*, pp. 367–369, 2019.
- [9] Yoichi NAGASHIMA. Drawing-in effect on perception of beats in multimedia. *The Journal of the Society for Art and Science*, Vol. 3, No. 1, pp. 108–148, 2004.
- [10] Hiromi Ishizaki, Keiichiro Hoashi, and Yasuhiro Takishima. E-035 a study on measurement function of user comfortness according to song tempo change for dj mixing. *情報科学技術フォーラム講演論文集*, Vol. 8, No. 2, pp. 335–336, aug 2009.