

平成 24 年度 卒業論文

ジョギングのペースに再生速度を同期させる スマートフォン用音楽プレイヤー

指導教員 北原鉄朗専任講師

日本大学文理学部情報システム解析学科

帆苅隼佑、長安達也

2013 年 2 月 提出

概 要

現代社会においてメタボリックシンドロームなど運動不足による症状を多くの人が抱えている。運動不足を解消するための手段としてジョギングが挙げられる。ジョギングにおいて重要なことは、本人にとって無理のないペースを設定し、そのペースを維持しながらできるだけ長く走ることである。しかし、運動に慣れていない人にとって一定のペースを維持することは難しく、速く走りすぎたり、疲れによってペースが落ちてしまう場合が少なくない。そのような場合に、ペースの変化を本人に知らせ、元のペースに戻すことを促す仕組みがあれば、有効であると考えられる。

我々は、音楽を聴きながらジョギングをする人が多数いることに着目し、音楽の再生速度によってペースの変化をユーザに知らせる方法を提案する。この方法では、最初の10秒間にユーザが走ったペースを基準ペースとし、それよりもペースが速くなったら再生中の音楽も速く、ペースが遅くなったら音楽も遅く再生する。これにより、音楽を楽しみながらジョギングをするには一定のペースで走ることが要求されるので、自然とペースが一定になりやすくなると予想される。被験者実験を行った結果、本研究を使用しない時に比べ使用した時の方がジョギングのペースを維持しやすくなるという結果が得られた。

目 次

目 次	iii
図 目 次	v
表 目 次	vii
第 1 章 序 論	1
1.1 本研究の背景	1
1.2 本研究の目的	2
1.3 本論文の構成	2
第 2 章 運動支援システム	3
2.1 運動支援	3
2.1.1 高齢者に向けたリハビリテーションに関する研究	3
2.2 ジョギング支援に関する研究・製品	4
2.2.1 従来製品	4
2.2.2 関連研究	5
第 3 章 提案手法	7
3.1 システムの概要	7
3.2 音響信号の準備	7
3.3 ペースの測定	8

3.4	音響信号の切り替え	8
3.5	アプリ画面	10
第 4 章	評価実験	13
4.1	実験の目的	13
4.2	実験方法	13
4.3	実験結果	14
4.4	アンケート結果	25
4.5	歩数データの正確性	28
第 5 章	結 論	33
	参考文献	35

目 次

3.1 システムの流れ図	9
3.2 スタート画面	11
3.3 曲選択画面	11
3.4 ジョギング時の画面	12
3.5 保存画面	12
4.1 自作の固定用ベルト	15
4.2 被験者 A：通常速度再生の場合の歩数データ	17
4.3 被験者 A：提案手法の場合の歩数データ	17
4.4 被験者 A：提案手法の場合の再生速度変移	17
4.5 被験者 B：通常速度再生の場合の歩数データ	18
4.6 被験者 B：提案手法の場合の歩数データ	18
4.7 被験者 B：提案手法の場合の再生速度変移	18
4.8 被験者 C：通常速度再生の場合の歩数データ	19
4.9 被験者 C：提案手法の場合の歩数データ	19
4.10 被験者 C：提案手法の場合の再生速度変移	19
4.11 被験者 D：通常速度再生の場合の歩数データ	20
4.12 被験者 D：提案手法の場合の歩数データ	20
4.13 被験者 D：提案手法の場合の再生速度変移	20
4.14 被験者 E：通常速度再生の場合の歩数データ	21
4.15 被験者 E：提案手法の場合の歩数データ	21

4.16	被験者 E：提案手法の場合の再生速度変移	21
4.17	被験者 F：通常速度再生の場合の歩数データ	22
4.18	被験者 F：提案手法の場合の歩数データ	22
4.19	被験者 F：提案手法の場合の再生速度変移	22
4.20	被験者 G：通常速度再生の場合の歩数データ	23
4.21	被験者 G：提案手法の場合の歩数データ	23
4.22	被験者 G：提案手法の場合の再生速度変移	23
4.23	被験者 H：通常速度再生の場合の歩数データ	24
4.24	被験者 H：提案手法の場合の歩数データ	24
4.25	被験者 H：提案手法の場合の再生速度変移	24
4.26	Q1 から Q4 のアンケート結果	27

表 目 次

4.1	評価実験における試行ごとの歩数の平均値と標準偏差	16
4.2	Q5 のアンケート結果	29
4.3	歩数データの正確性の検証結果	30

第1章 序 論

本章では、研究の背景、目的を述べた後、本研究の構成を述べる。

1.1 本研究の背景

現代社会においてメタボリックシンドロームなど運動不足による症状を多くの人が抱えている。運動不足を解消するための手段としてジョギングが挙げられる。ジョギングにとって重要なことは本人にとって無理のないペースを設定し、そのペースを維持しながらできるだけ長く走ることである。しかし、ジョギングをすることに慣れていない人にとって一定のペースを維持しながら走ることは難しく、速く走り過ぎたり、疲れによってペースが落ちてしまう場合が少なくない。そのような場合に、ペースの変化を本人に知らせ、元のペースに戻すことを促す仕組みがあれば、有効であると考えられる。現在、ITを用いてユーザの身体状況をセンシングして運動を支援する研究 [1]-[11] は数多く存在する。特に高齢者社会の影響でITを用いたリハビリテーション方法を提案するような研究 [1]-[4] が多く見受けられた。また、アスリートのトレーニング方法を提案するような研究 [8] も行われており、健康促進、運動支援という分野は幅広く研究されている。しかし、健康を促進するような研究でジョギング時に聴いている音楽に着目した研究は多くは存在しない。

ジョギング時の身体状況をセンシングする手段は主に心拍数の計測と加速度センサによる走行時の揺れを測定するものに分けられる。心拍数を計測する方法はより正確なデータが必要なアスリートに向けて提案されている研究 [8] があり、加

速度センサを用いる方法 [1][5][9][10][11] は一般人向けが多い。メタボリックシンドロームなどの運動不足による症状を抱えている人のような一般人が無理なく運動を続けるには、普段から持ち歩いているようなデバイスのみを使って支援できることが重要である。特に近年急速に普及しているスマートフォンは、この目的に有用であると考えられる。

1.2 本研究の目的

本研究では、音楽を聴きながらジョギングをしている人が多いことに着目し、音楽の再生速度をジョギングのペースに同期させることで、ユーザにペースの変化を知らせる方法を提案する。この方法では走り始めるまでの最初の 5 秒間を準備期間、その後 10 秒間にユーザが走ったペースを基準ペースとし、その基準ペースよりも速くなったら音楽の再生速度を速く、遅くなったら音楽の再生速度を遅くする。これにより、音楽を楽しみながらジョギングをするには一定のペースで走ることが要求されるため、自然とペースが一定になりやすくなると予想される。

1.3 本論文の構成

本論文では次の構成からなる。第 2 章では、従来製品と過去の論文を紹介し、それらの課題や本研究との相違点を述べる。第 3 章では提案手法のシステムの構成について説明する。第 4 章では提案手法を用いた場合と用いなかった場合でどのような違いが生まれるのかを検証するために行った被験者実験についての考察を述べる。第 5 章では本論文で述べてきた研究成果についてまとめ、本研究の今後について考察する。

第2章 運動支援システム

本章では従来製品と過去の論文を紹介し、それらの課題や本研究との相違点を述べる。

2.1 運動支援

2.1.1 高齢者に向けたリハビリテーションに関する研究

- 健康指向歩行ナビゲーションのためのスマートフォンによる身体的疲労度の推定 [1]

高齢者や特定の持病保持者にとって気軽に行えるウォーキングやジョギングでも自身の体力にあったルートを選択する必要がある。隅田らはスマートフォンに内蔵されているセンサのみで身体にかかる負担度が最小となる歩行ルートを推薦するナビゲーションシステムを提案している。

- 高齢者の健康支援のためのモニタリングシステムの有用性 [2]

今泉らは高齢者の健康支援のための遠隔モニタリングシステムを提案している。通信の信頼性、センサ特性に関する基礎実験及び、高齢者対象のフィールド実験を行われていた。

- 拇指対向運動を支援するハンドリハビリ支援ロボットの設計と動作評価 (機械力学, 計測, 自動制御) [3]

現在リハビリテーションを行う患者に対し、セラピストの数が不足している。

川崎らは患者が1人で楽しく手指の細かな動作のリハビリテーションができる、手指リハビリテーション支援ロボットを提案している。

- 地域運動支援「出前運動教室」の実施後評価と支援ソフトの開発 [4]

芦田らは高齢者の自宅を訪問する在宅型運動支援プログラム（出前運動教室）を作成した。スケジュール管理、個別の健康カルテ、運動記録など、そのマネジメントに必要な機能をまとめ、これらを一元的に管理するシステムを提案している。

2.2 ジョギング支援に関する研究・製品

2.2.1 従来製品

- BODiBEAT[5]

ヤマハ社から発売されている「BODiBEAT」はユーザの腕に音楽プレイヤーを装着しジョギング時のステップからテンポを決定する。それにあったテンポの音楽を選曲している。現在走っているテンポがBODiBEAT内に存在しない場合、BODiBEAT内でそのテンポにあった音楽を作曲する機能も備わっている。また、ユーザの耳たぶに心拍数を測定するクリップを装着することで、ジョギング終了後に記録をフィードバックすることができる。

- カラダトレーナー [6]

セガトイズ社は耳たぶに心拍数を計測するクリップを装着し、運動のペースを音声ナビゲーションで指示するという商品「カラダトレーナー」を発売している。年齢と「ウォーキング」、「ジョギング」、「エアロビクス」、「体力テスト」の4種類あるプログラムを1つ選択することで、ユーザに合った効率的な有酸素運動を行うことが出来る。

2.2.2 関連研究

- ジョギングの継続を支援するシステムの提案・実装・評価 [7]

清藤らはスマートフォンを利用し、仮想のパートナーと並走することでジョギングの支援を行っている。通信手段はクライアントサーバ方式を使用し、パートナーの位置を AR(Augmented Reality:拡張現実) で画面上に表示するシステムを提案している。

- A mobile music concept as support for achieving target heart rate in preventive and recreational endurance[8]

Julian らはジョギングをしているユーザの胸に心拍数を測定するベルトを装着し、運動強度から算出される目標心拍数と現在の心拍数の差異を求め、現在の心拍数を目標心拍数に誘導するようなテンポの音楽を選曲するシステムを提案している。これによりユーザの目標達成を支援できると示されている。しかし、音楽の再生速度を変化させることでユーザにペースの乱れを提示するという視点には至っていない。

- Situated Music: インタラクティブジョギングへの応用 [9]

酒井らはジョギング時のユーザの状況をヘッドフォンに装着した加速度センサで測定し、ユーザの設定した目標と推定された状況に基づいて音楽を選曲するシステムを提案している。また、この研究では音楽にエフェクトを施して再生速度を変化させるという本研究と極めて近いコンセプトを提案している。しかし、被験者実験による有効性の確認は行われていない。

- 身体リズムに適応したウォーキング/ジョギング中の音楽再生支援システム [10]

大平らは加速度センサ搭載の携帯型音楽プレイヤーで歩行または走行のリズムの抽出を行い自動選曲するシステムを提案している。手動で音楽を選曲すると歩行または走行中のリズムが崩れる。そこであらかじめ楽曲に対しビー

ト検出をした上で「歩行」と「走行」を加速度センサによって区別し、自動的に音楽を選曲することでリズムを崩さないようにした。しかし、被験者実験は行われていない。

- 運動テンポの変化をリズムで支援するシステムの提案 [11]

足立らは競争を伴う長距離ランニングの走行時におけるユーザを対象にテンポと心拍数を測定し、ユーザが順次望むテンポへの移行を音楽のリズムによって支援するシステムを提案している。しかし、被験者実験は行われていない。

このようにITを用いて運動支援を行う研究の多くが介護支援の研究やリハビリテーションのための研究 [1]-[4] である。介護者がIT機器を利用することで被介護者の運動支援を行っている場合が多い。被介護者数に対し、介護者数が不足しているのが現状で、ロボットを使用し運動支援を行っている研究 [3] も存在する。ITを用いて個人を支援する研究は上記の従来製品 [5][6] や関連研究 [7]-[11] のようにいくつか存在するが決して多くはない。

本研究ではジョギングのペースに音楽の再生速度が変化することでユーザの運動を支援するシステムを提案し、被験者実験を行い本システムの有効性を示す。ジョギングを支援するような研究 [5]-[11] のほとんどが心拍数を計測しながら安定したペースに誘導するような手法をとっている。心拍数を計測するのは正確な身体状況を測定するには最適だが、専用の機器が必要なため手軽に使うことができず、普及しづらいと思われる。我々はスマートフォンに内蔵されている加速度センサを使用し、ジョギング時の揺れを計測することで専用の機器を必要としないジョギング支援システムを提供できると考えた。しかし、加速度センサから取得できるユーザの身体状況は心拍数を計測するものに比べ、精度が下がってしまう欠点がある。この欠点を踏まえても、本研究はより正確なデータが必要なアスリートなどを対象にしているのではなく、普段運動をしない人を対象にしているので十分有効であると考えられる。

第3章 提案手法

本章では、前章の方針に従った提案手法について述べる。

3.1 システムの概要

システムの流れ図を図 3.1 に示す。ユーザは、Android 搭載のタブレット端末（以下、Android 端末という）を固定用ベルトで腰の横部分に装着し、Android 端末に接続されたヘッドフォンまたはイヤフォンで音楽を聴きながらジョギングを行うものとする。音楽再生からユーザが走り始めるまでの準備時間として 5 秒、ペース測定時間として 10 秒の計 15 秒間は通常の速度のまま音楽を再生し、ユーザのジョギングのペースを測定する。そのペースを基準ペースとし、その後は 1 秒ごとに基準ペースからの差異（割合）を求め、それに同期して音楽の再生速度を変化させる。

3.2 音響信号の準備

再生速度を変えた音響信号は、あらかじめ PC 上で用意する。現在の実装では、0.5 倍から 2.0 倍までの音響信号を 0.1 倍刻みで用意する。再生速度を変更する際、単純に音の波形を伸ばしたり、縮めたりすると、再生速度と同時に音の高さも変わってしまう。そこで本研究では Phase Vocoder[12] を使用する。Phase Vocoder とは位相情報を保ちながら「タイムストレッチ」と「ピッチシフト」を独立して行うことで音の高さを変えることなく再生速度だけを変更することができるアルゴ

リズムである。この Phase Vocoder のライブラリである「MARY Text To Speech」[13] を PC 上で実行し、再生速度の異なる音響信号を用意する。また、本システムで使う音楽ファイルは Android 端末のメモリ容量の関係上モノラルに変換し、サンプリング周波数を 16kHz にした。

3.3 ペースの測定

ジョギングのペースは、Android 端末の加速度センサを用いて測定する。 x 軸、 y 軸、 z 軸に置ける加速度 $a_x(t)$ 、 $a_y(t)$ 、 $a_z(t)$ に対して、

$$|a_x(t) - a_x(t-1)| + |a_y(t) - a_y(t-1)| + |a_z(t) - a_z(t-1)|$$

が実験的に定めたしきい値を超えたときに「1 歩」とカウントする。

3.4 音響信号の切り替え

音響信号の切り替えは実験的に決めた直近 4 秒間の歩数データをその時のペースとし、1 秒ごとにペースの変化を調べ、変化があった場合は再生速度を切り替える。最初のペース測定時間に走った歩数から基準ペースを設定する。その基準ペース（歩数）から 5 歩加えたところまでを 1 倍速の音楽を再生する範囲とする。1 倍速で再生されている範囲から 2 歩増加するごとに 0.1 倍ずつ 2.0 倍まで再生速度が上がっていく。また、1 倍速で再生されている範囲から 2 歩減少するごとに 0.1 倍ずつ 0.5 倍まで再生速度が落ちていく。

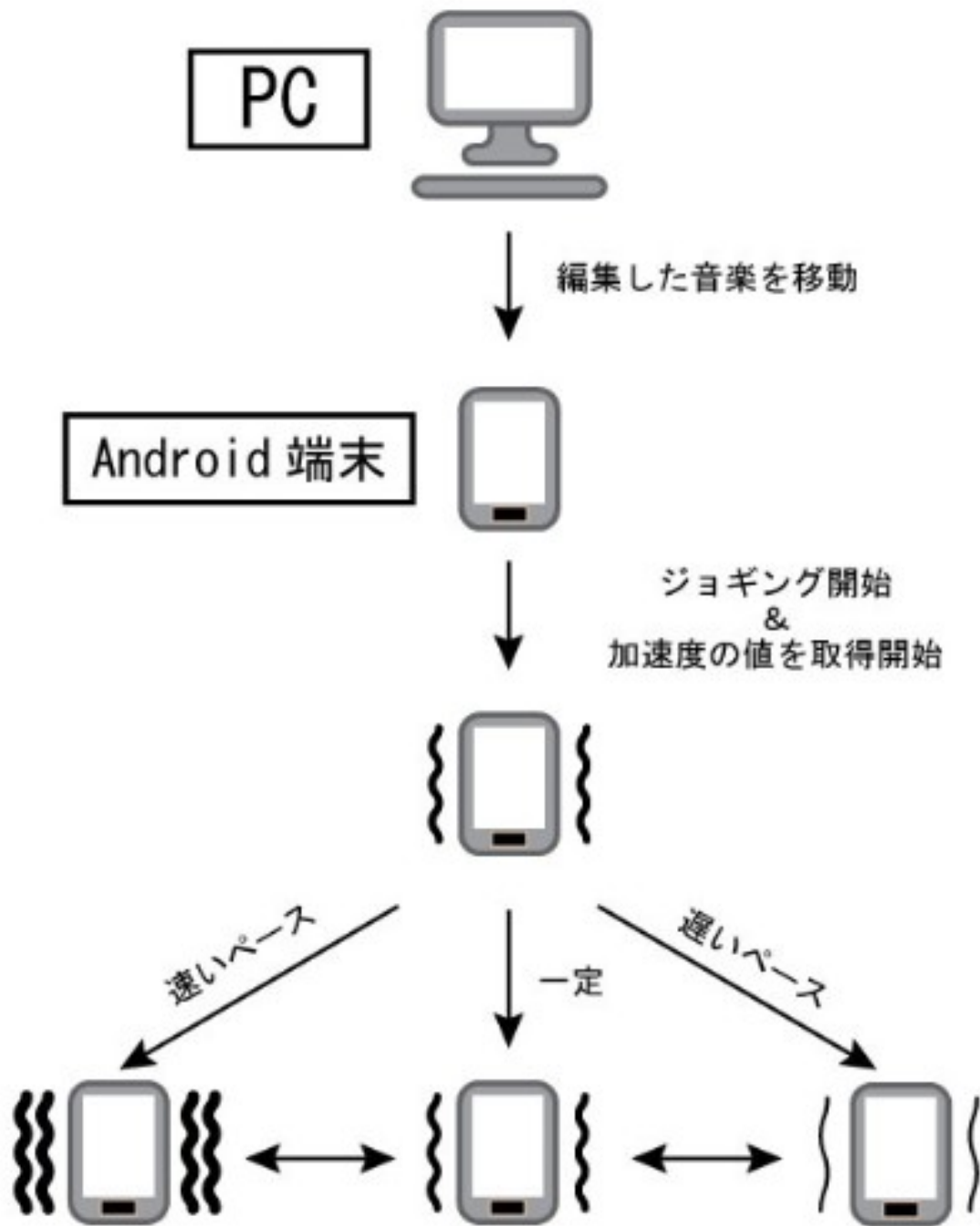


図 3.1: システムの流れ図

3.5 アプリ画面

図3.2は本システムを起動した直後の画面である。画面左上にある「MUSIC SELECT」ボタンを押すと曲選択画面に遷移し、画面中央にある「通常再生 ← → 倍速変化」ボタンを押すと通常再生と提案手法が切り替わる。図3.3の曲選択画面ではあらかじめ用意した再生速度を変更した音響信号は表示されない。図3.4は図3.3で音楽を選択した後、画面右上にある「START」ボタンを押して、音楽が再生されているときの画面である。音楽の再生中にはロック機能が作動し、[ロック解除 →]直下にある「1」、「2」、「3」ボタンをすべて押すとロックが解除され、「SAVE」ボタンか「RESET」ボタンが押せるようになる。ロック機能はジョギング中に画面を触れることで起きる誤作動を防ぐために付けた。図3.5ではユーザが「SAVE」ボタンを押した時の画面である。記録された加速度データは microSD カード内に保存される。

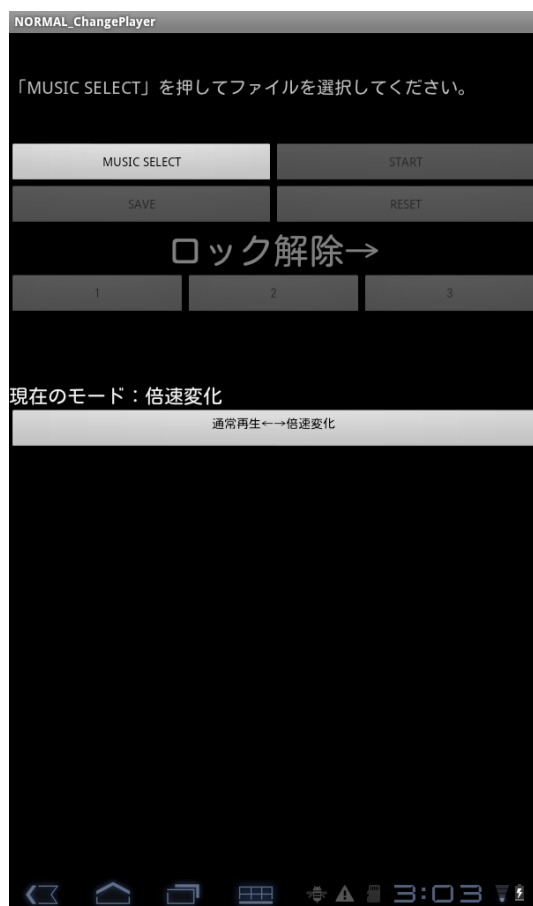


図 3.2: スタート画面

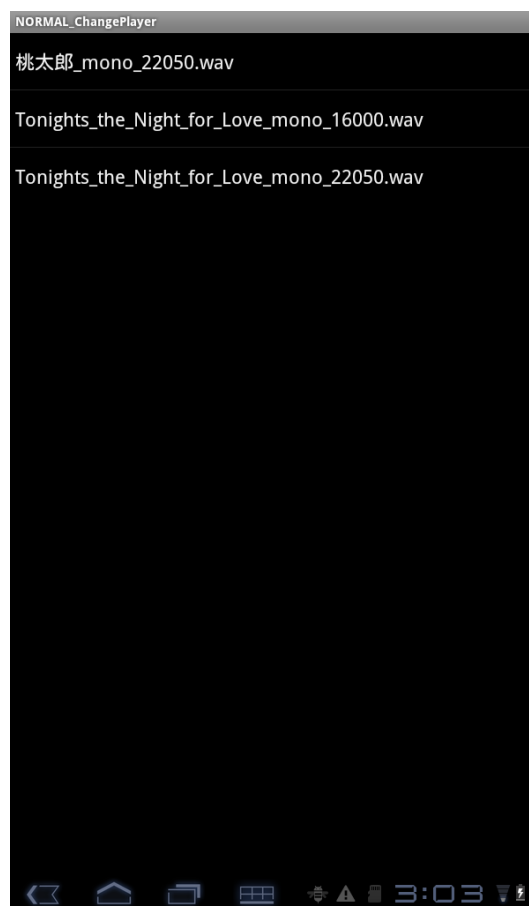


図 3.3: 曲選択画面



図 3.4: ジョギング時の画面



図 3.5: 保存画面

第4章 評価実験

本章では、本システムがジョギングをサポートするのに有効なのかを検証するために行った評価実験について述べる。

4.1 実験の目的

提案手法の有効性を示すため、被験者を用いた評価実験を行った。実験では、通常再生の音楽を聞きながらジョギングする場合と提案手法の音楽を聞きながらジョギングする場合を比較することでどのような違いが生まれるかを検証した。

4.2 実験方法

実験には Acer 社の Android 3.2.1 搭載のタブレット端末 ICONIA TAB A100 を使用した。被験者は 22 歳から 23 歳の男性 8 名、女性 2 名である。そのうち、運動頻度は普段まったく運動をしない人が 8 名、週 3 回以上する人が 1 名、月 1 回以上する人が 1 名であった。また、内 2 名は実験中に Android 端末によるシステムエラーが生じたため除外した。以下の流れで実験を行った。

1. 被験者は Android 端末を固定用ベルト（図 4.1）で腰の横部分に固定する。
2. 通常再生の音楽を聴きながら 2 分間走を 3 セット行う。（セット間の休憩は 30 秒）
3. 次の 3 セットに影響が出ないように十分な休憩を取る。

4. 提案手法の音楽を聴きながら2分間走を3セット行う。(セット間の休憩は30秒)
5. アンケートに回答する。

2分間走のコースは直線で、1分経過したところで折り返しとした。データに偏りが生じないために被験者ごとに2.と3.を交互に入れ替えて行った。被験者A、C、E、G、Iは最初に通常再生で行い、次に提案手法で行った。被験者B、D、F、H、Jは最初に提案手法で行い、次に通常再生で行った。なお、実験にはユーザの嗜好に左右されないためにRWC音楽データベース[14]の「Tonight's the Night for Love」を使用した。

4.3 実験結果

試行ごとの歩数データの平均値と標準偏差値を表4.1で示す。表4.1では開始部分と折り返し部分と終了部分のデータを省いて計算した。被験者Aは通常再生の際に試行を重ねるごとにペースが大きく落ちているのがわかる。また、被験者Bは通常再生では試行を重ねるごとにペースが大きく異なる。それに対し、提案手法を用いることでペースの落ち方を緩やかにし、一定のペースを保てるという結果が得られた。試行内における歩数の標準偏差に着目すると24試行中14試行で通常再生より提案手法の方が標準偏差が小さかった。また、標準偏差の平均値に着目すると8名のうち被験者Eと被験者Hを除いた6名が通常再生より提案手法のほうが平均値が小さくなっていた。このことから、提案手法を使用することによって、一定のペースを維持しやすくなったと言える。一方、全被験者とならず、被験者Eと被験者Hの標準偏差の平均値が提案手法の平均値のほうが高かったことから、提案手法が必ずしもペースの維持に繋がるわけではないこともわかった。



図 4.1: 自作の固定用ベルト

表 4.1: 評価実験における試行ごとの歩数の平均値と標準偏差

提案手法								
被験者	1 セット		2 セット		3 セット		平均	
A	28.0	2.0	21.0	2.0	21.0	3.0	23.3	2.3
B	21.5	4.0	23.8	3.9	22.4	3.0	22.6	3.6
C	22.8	4.0	22.4	3.6	21.4	3.4	22.2	3.7
D	27.5	3.4	30.0	3.7	29.6	3.4	29.0	3.5
E	30.2	5.1	27.7	3.9	28.8	5.0	28.9	4.7
F	11.1	2.0	12.0	2.3	11.2	1.8	11.4	2.0
G	27.0	4.1	22.8	3.5	19.4	3.3	23.1	3.6
H	24.7	3.8	29.5	5.1	30.1	4.6	28.1	4.5
通常再生								
被験者	1 セット		2 セット		3 セット		平均	
A	29.5	0.5	22.5	10.5	15.5	3.5	22.5	4.8
B	10.4	2.8	20.9	5.3	24.2	3.6	18.5	3.9
C	26.4	4.3	23.2	4.3	23.3	4.2	24.3	4.3
D	26.2	3.5	26.3	3.7	25.7	3.5	26.0	3.6
E	27.2	5.1	26.1	4.1	27.4	4.2	26.9	4.5
F	10.8	1.6	12.5	3.7	12.7	2.3	12.0	2.5
G	19.3	3.9	19.4	4.1	18.6	3.1	19.1	3.7
H	8.2	2.1	21.8	4.0	24.6	4.9	18.2	3.7

各項目における数値は、左が各試行における4秒あたりの歩数の平均値、右がその標準偏差である。

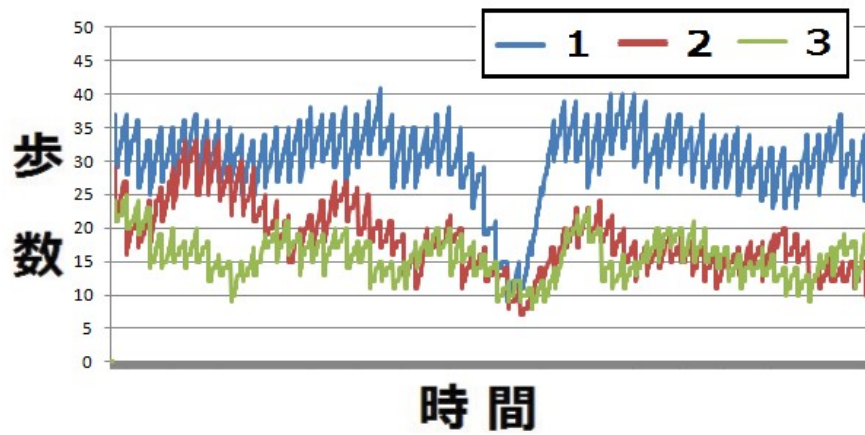


図 4.2: 被験者 A : 通常速度再生の場合の歩数データ

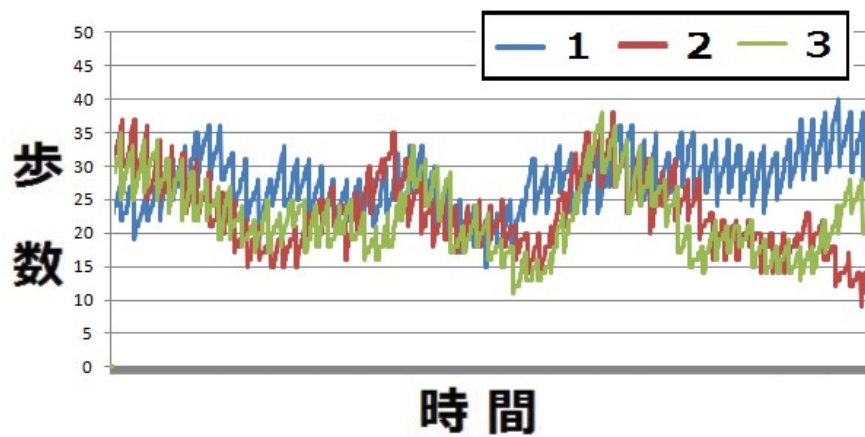


図 4.3: 被験者 A : 提案手法の場合の歩数データ

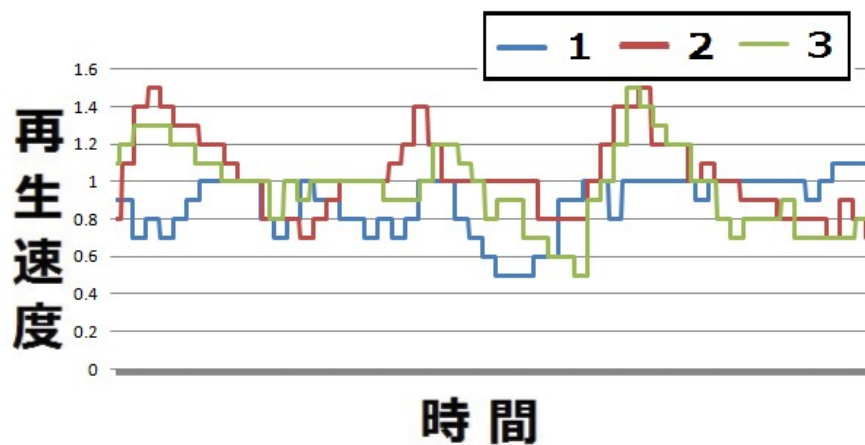


図 4.4: 被験者 A : 提案手法の場合の再生速度変移

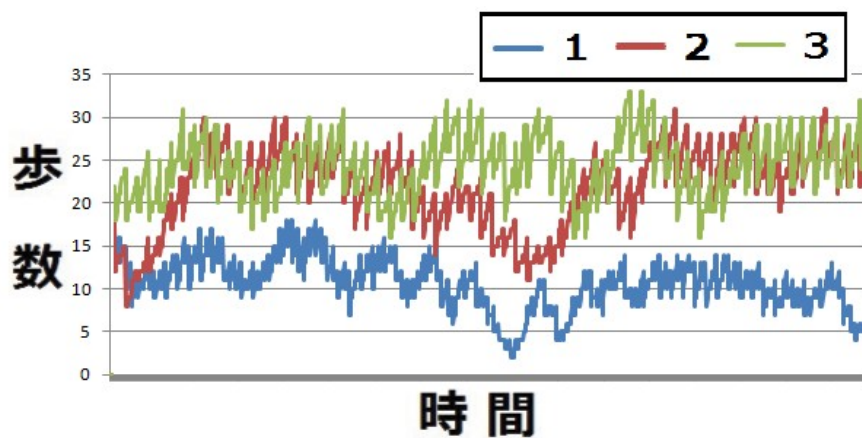


図 4.5: 被験者 B: 通常速度再生の場合の歩数データ

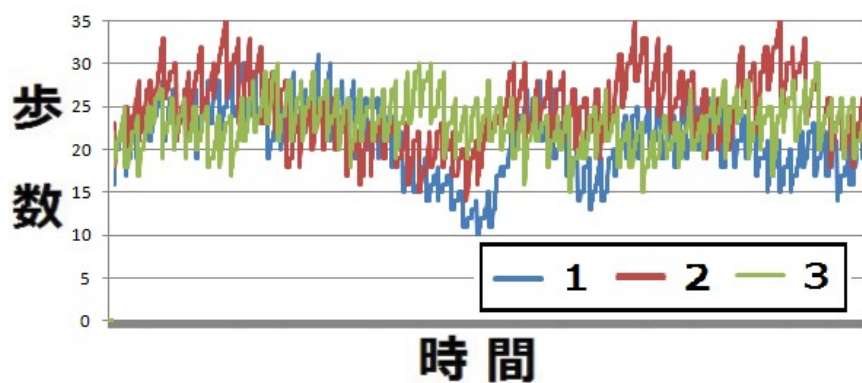


図 4.6: 被験者 B: 提案手法の場合の歩数データ

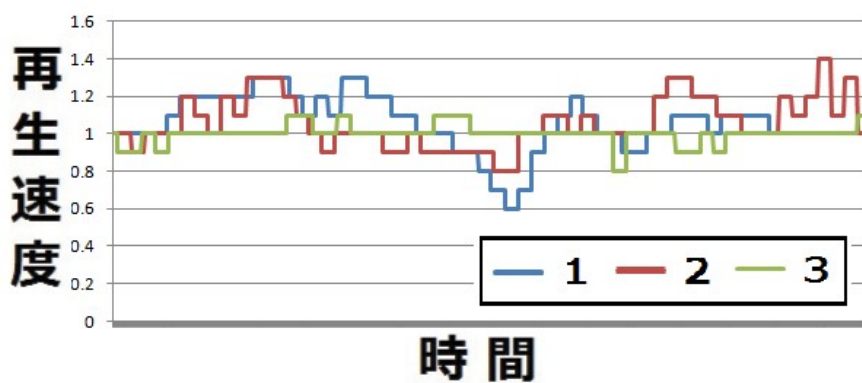


図 4.7: 被験者 B: 提案手法の場合の再生速度変移

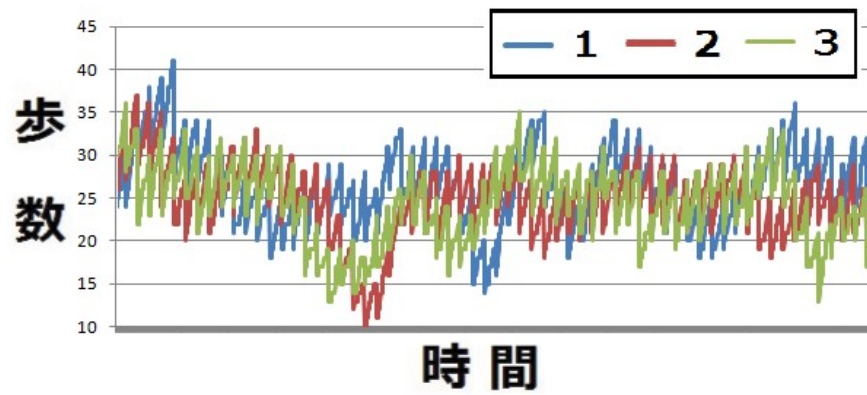


図 4.8: 被験者 C : 通常速度再生の場合の歩数データ

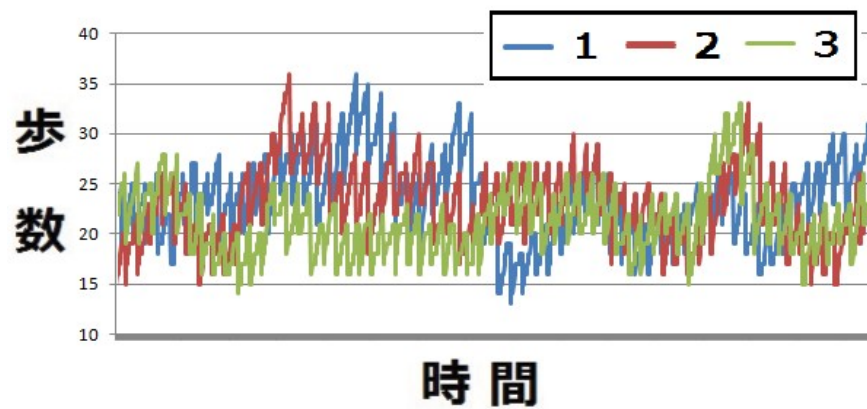


図 4.9: 被験者 C : 提案手法の場合の歩数データ

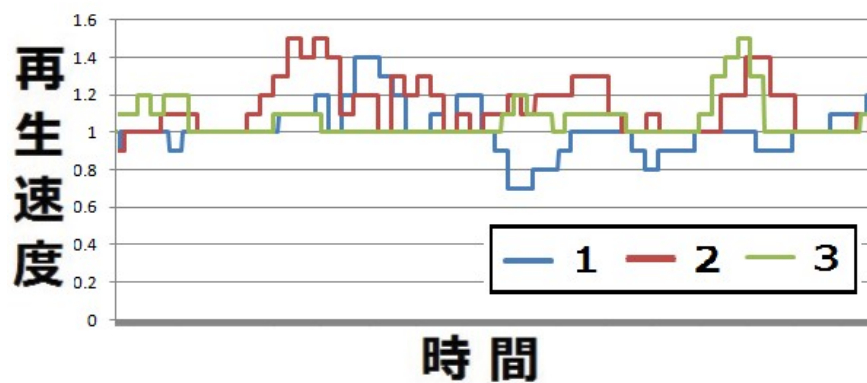


図 4.10: 被験者 C : 提案手法の場合の再生速度変移

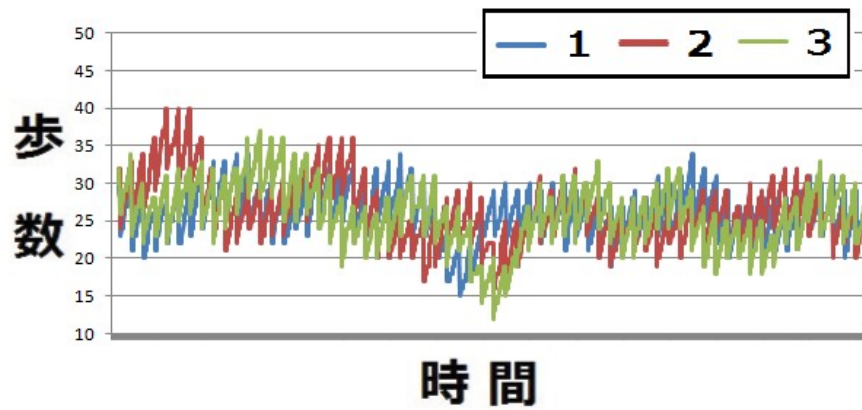


図 4.11: 被験者 D : 通常速度再生の場合の歩数データ

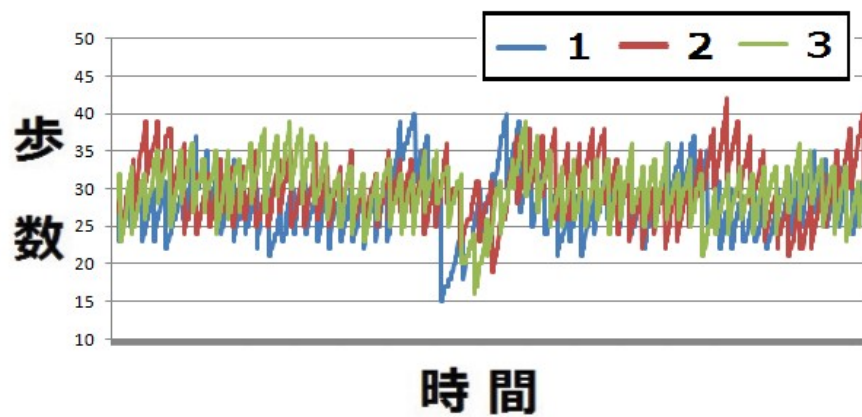


図 4.12: 被験者 D : 提案手法の場合の歩数データ

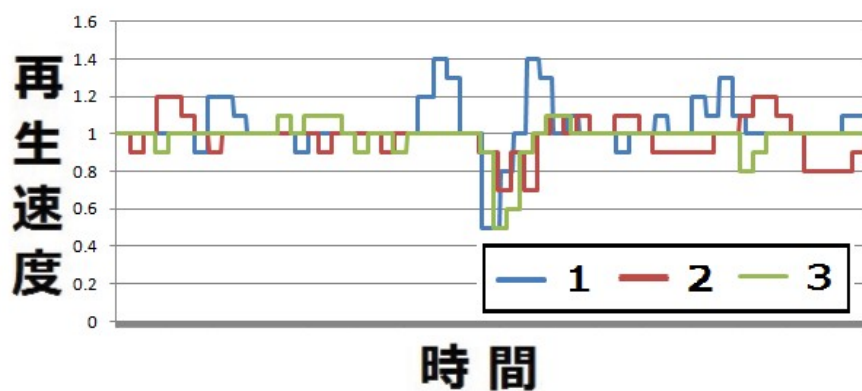


図 4.13: 被験者 D : 提案手法の場合の再生速度変移

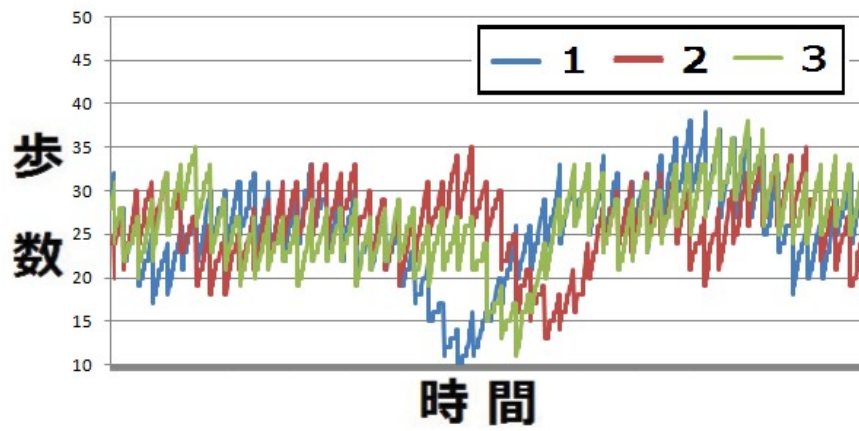


図 4.14: 被験者 E : 通常速度再生の場合の歩数データ

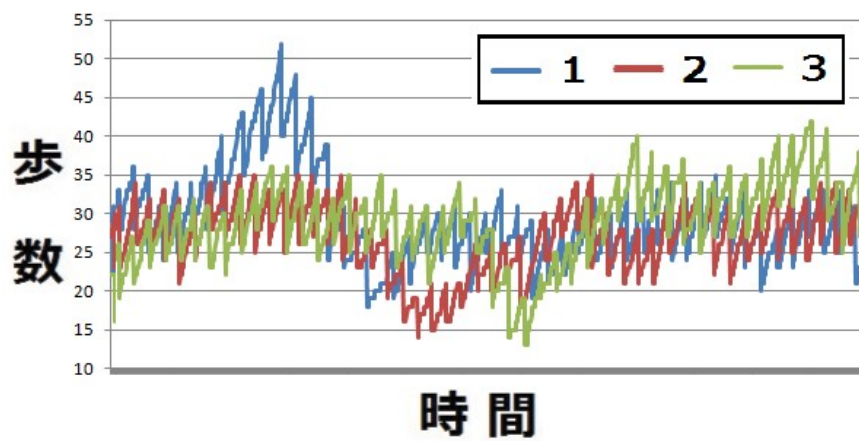


図 4.15: 被験者 E : 提案手法の場合の歩数データ

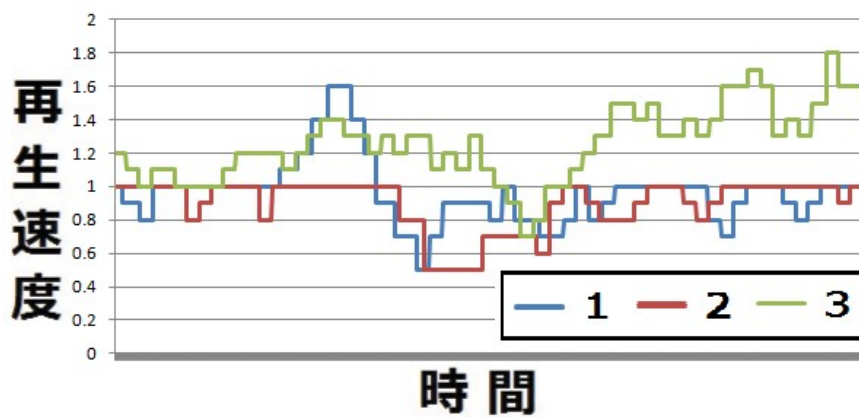


図 4.16: 被験者 E : 提案手法の場合の再生速度変移

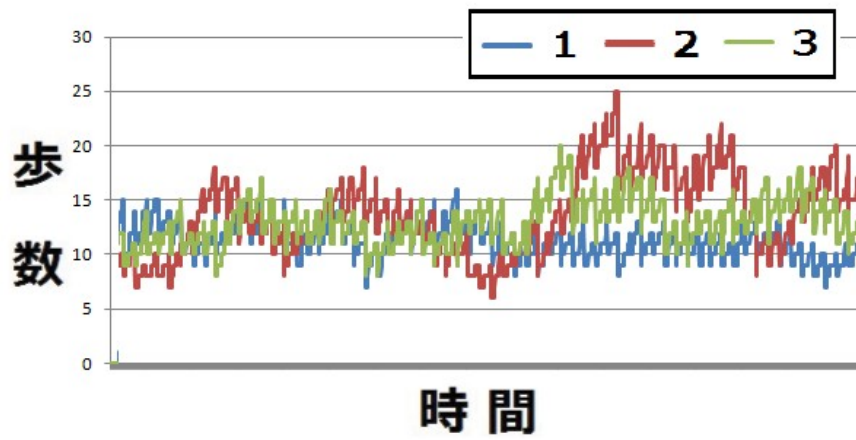


図 4.17: 被験者 F : 通常速度再生の場合の歩数データ

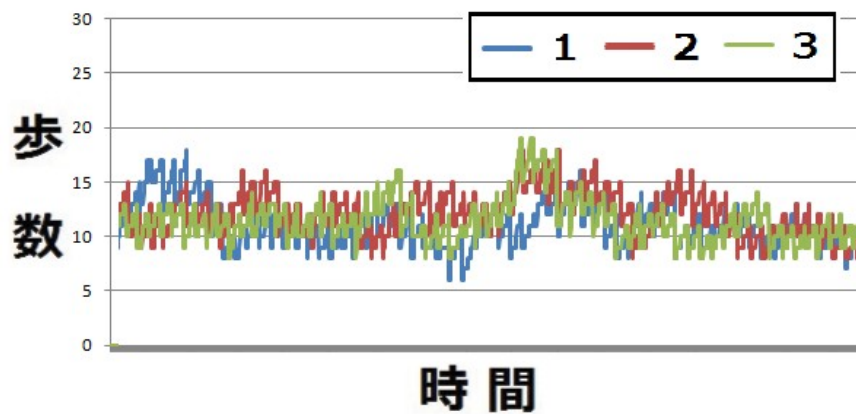


図 4.18: 被験者 F : 提案手法の場合の歩数データ

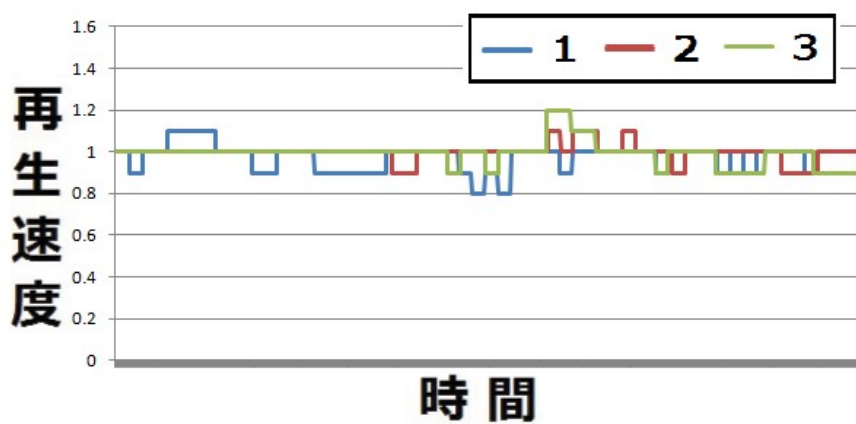


図 4.19: 被験者 F : 提案手法の場合の再生速度変移

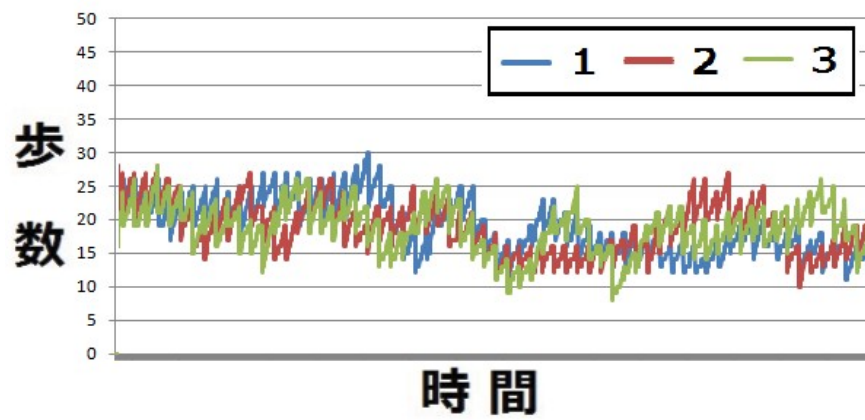


図 4.20: 被験者 G : 通常速度再生の場合の歩数データ

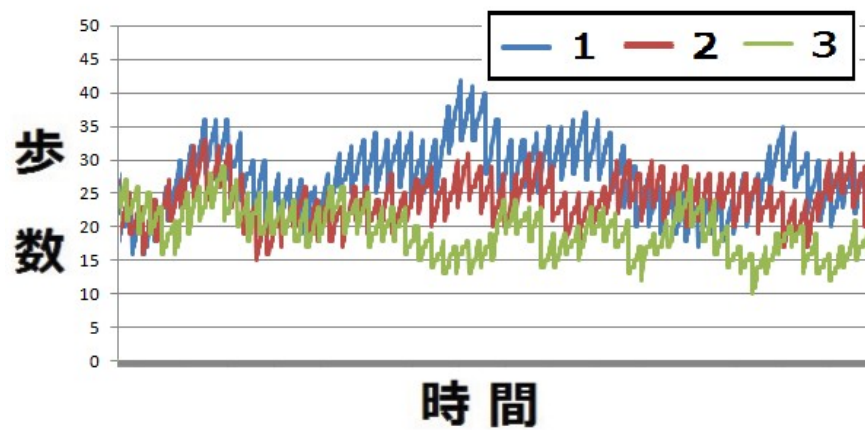


図 4.21: 被験者 G : 提案手法の場合の歩数データ

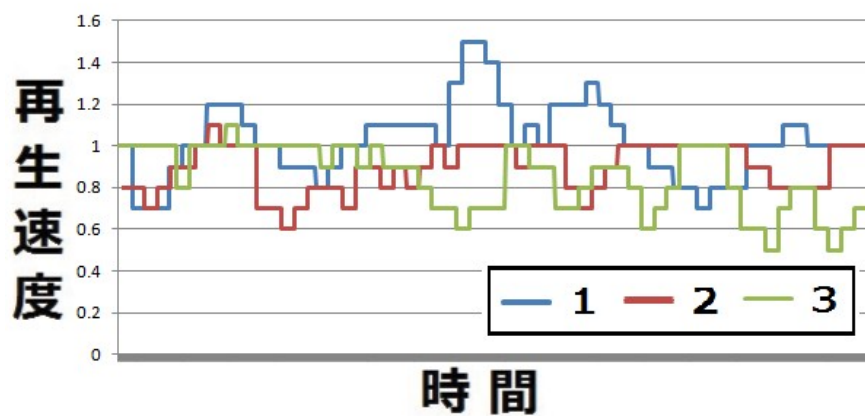


図 4.22: 被験者 G : 提案手法の場合の再生速度変移

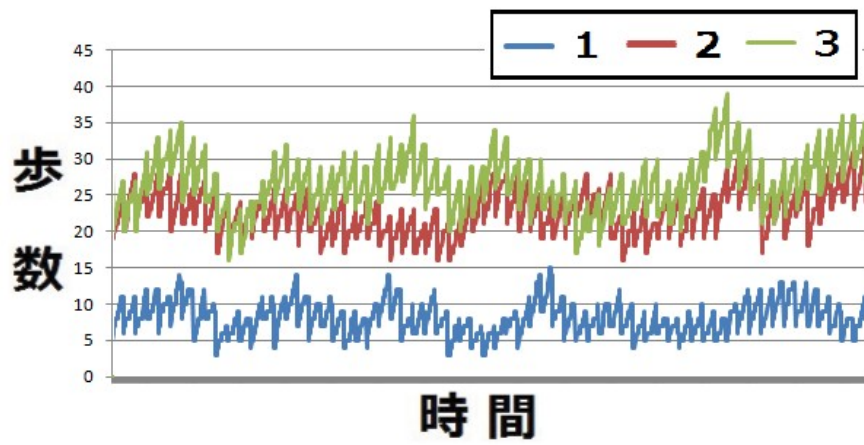


図 4.23: 被験者 H : 通常速度再生の場合の歩数データ

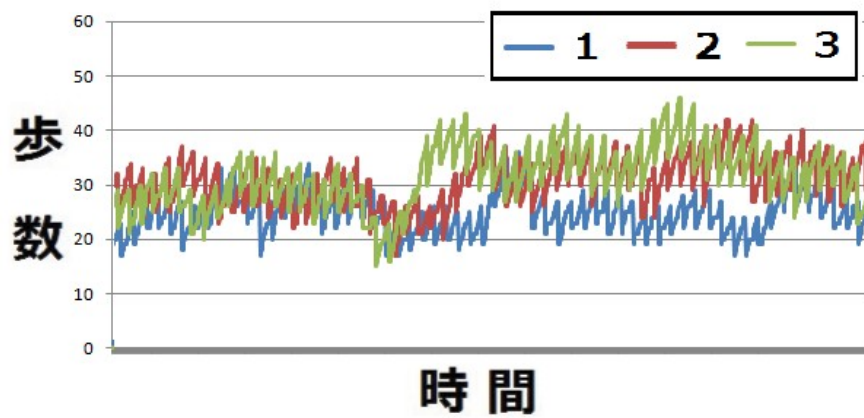


図 4.24: 被験者 H : 提案手法の場合の歩数データ

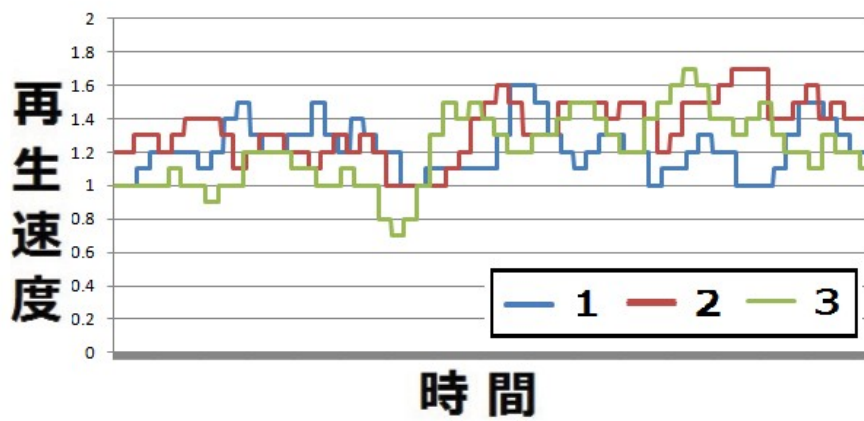


図 4.25: 被験者 H : 提案手法の場合の再生速度変移

これは現時点でのシステムではユーザのペースに音楽の再生速度が完全に同期しておらず、ユーザによっては逆にジョギングしづらくなったからと考えられる。

歩数データを取得できた被験者 8 人の被験者のうち、被験者 A の 3 セット分の歩数データの詳細を図 4.2, 図 4.3 に、歩数データに対する再生速度の変移を図 4.4 に示す。それぞれの図の中心付近で歩数データが下がっているが、これは折り返しの部分だと考えられる。通常再生ではセットごとに着実にペースが落ちているが、提案手法ではそれが抑えられている。これは、走り初めのペースを維持しないと音楽が通常で再生されないため、ペースを維持する力が自然と働いていると考えられる。実際に、通常再生では折り返しの際にペースが大幅に落ちているが、提案手法ではそれが抑えられているという結果が得られた。

他の被験者の歩数データの詳細と歩数データに対する再生速度の変移の詳細を図 4.5 から図 4.25 で示す。表 4.1 から通常再生より提案手法のほうが標準偏差が小さくなりペースが維持しやすくなったことが分かったが、これらの図からもわかる。図 4.17 から図 4.19 の被験者 F のデータでは、通常再生の際には終盤になるにつれてペースが安定していない。これは、疲労によりペースの維持が困難になったことが考えられる。それに対し、提案手法の場合は通常再生の場合に比べて終盤部分も安定していることが見て取れる。歩数データの詳細からも提案手法を使用することでペースの維持がしやすくなったと言える。

4.4 アンケート結果

アンケートの内容は、以下の 5 つである。Q1 から Q4 までを 7 段階で答えてもらい、Q5 を自由回答とした。

Q1 音楽が自分のペースに追従してきたか

Q2 音楽のペースに意識的の合わせようとしたか

Q3 本アプリを使用することで走りやすくなったか

Q4 今後音質が改善したとして実際の生活で使ってみたいと思うか

Q5 感想・使ってみて気づいたこと

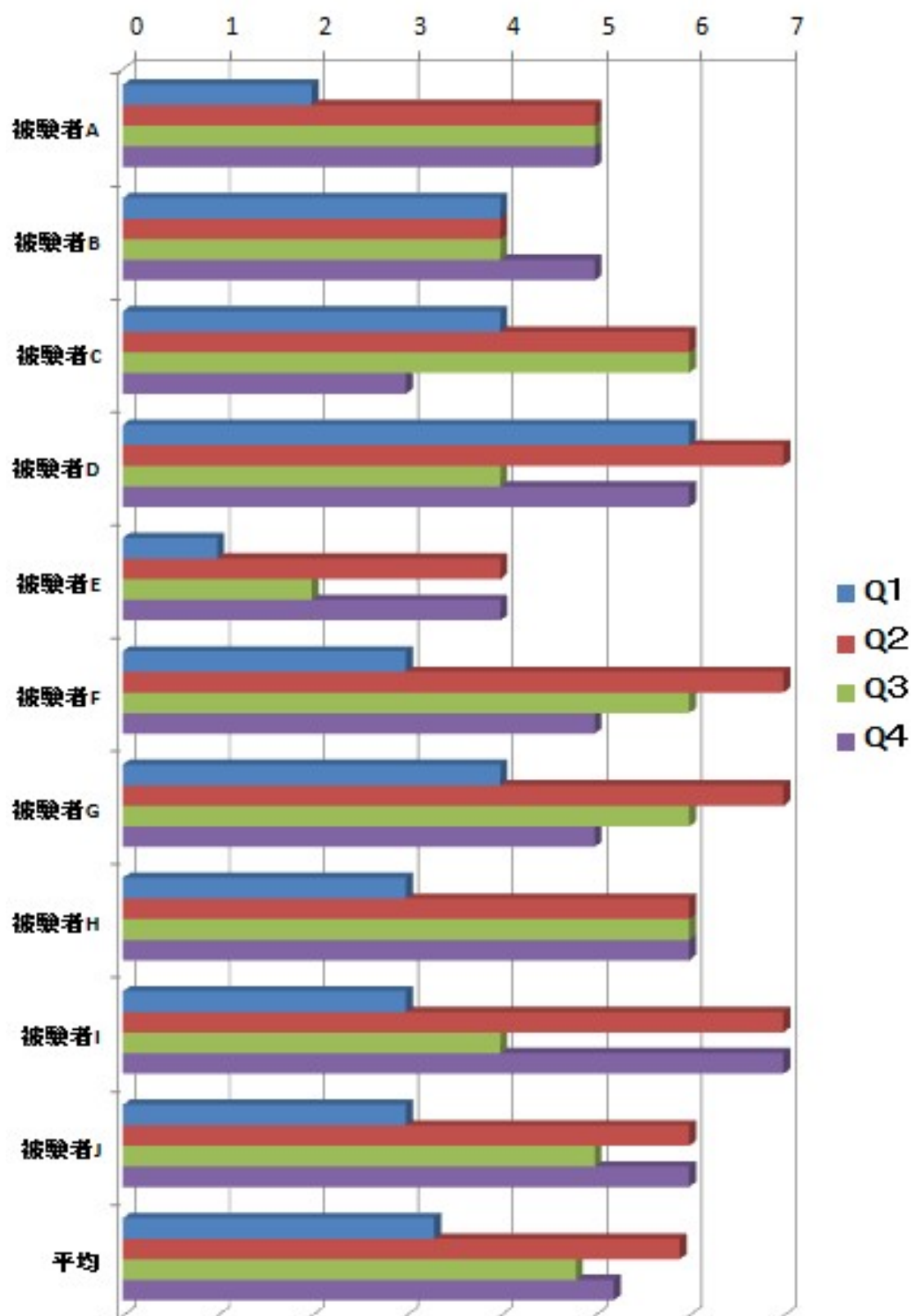


図 4.26: Q1 から Q4 のアンケート結果

図 4.26 は、被験者実験による Q1 から Q4 までのアンケートの結果で、表 4.3 は、Q5 の自由回答による結果である。Q1 に関しては、平均 3.3 となっているが、被験者ごとにみても大きな差が出ている。システム上では、追従するように設計しているが直近 4 秒間ごとによるデータの更新のため、実際のペースの変化と再生速度の変化にタイムラグが生じてしまうためだと考えられる。Q2 では、全員が中間点以上の回答をした。通常再生の場合と比較し、提案手法の音楽を使用することによってユーザのジョギング時のペースが変化したということが明確となった。Q3 と Q4 に関しては、平均して高い評価を得ることができたことから提案手法を使うことによってユーザーが満足できる結果になったといえる。

Q5 の自由回答では、「再生速度の変化が多い」や「音の変化に違和感」という回答が複数あった。現在の仕様は 1 秒ごとの更新で再生速度が変化していくため、ユーザーにとっては頻繁に変化するように感じたからと考えられる。現在の実装で使用的是 0.1 倍刻みの音源であるため、もっと細かい倍速の音源を用意し、なめらかに再生速度が変化すれば、再生速度の変化の回数と音の変化による違和感は改善できると考えられる。また、「音楽の追従が遅い」という意見も複数あり、リアルタイムで追従できるように精度を高めることでより走り易くなることが期待できる。ほかには、「1 倍速の範囲が狭い」等の意見があり、速度の範囲も課題となった。

4.5 歩数データの正確性

本システムによる歩数のカウント方法の正確性を検証するために検証実験を行った。検証方法は

- 1 秒間に 1 歩
- 1 秒間に 2 歩

Q5	予想していたよりもペース変化が多いと感じた。加速度が変化しても2秒くらいはそのテンポを保つみたいな間隔がもっとあると自然な気がした。他の楽曲でも試してみたい。段差に昇ったりするとどうなるんだろう？
	少しずれていたが、しっかりと音楽が自分のペースに追従して再生していたので面白かった。再生速度がズレると気持ち悪いので音楽に合わせるように走った。音質も気にならないし、ペースがズレて「速いです。」「遅いです。」といちいち言われるのではなく、再生速度が変わるだけなのでくどくもなく良かった。
	ジョギングは走ることがメインの人と走ること + 音楽も楽しみたい人もいて、そういう人には合わないかもと思った。1倍速の認識の幅をもう少し広くしてほしい。0.1倍ずつだけでなく1倍速辺りの倍率変化がもっとあったら試してみたい。
	意識的にタブレットに振動を与えようとするため、強く足を踏み込もうとしてしまう。想像以上に音楽のスピードがコロコロ変わるため、1倍速の範囲をもっと広げると良いかも。等速の時よりも変速のほうが楽しく走れた。
	準備運動必須。スマートフォンで出したらおもしろいかも。音質はあまり気にならなかった。リアルタイムなら少しディレイが気になる。その後なら、それなりに反応していたと思う。曲のテンポに合わせようと努力したつもりなので、それを走りやすくなったと促えることは可能。
	音の速度の代わりに少し違和感があった。速度変化があった時、今現在のスピードなのか少し前のスピードわからず、戸惑った。ただ、速度を一定にしようとする気になるので、ペースの維持には使えるかもしれない。
	リアルタイムにスピードが変化しないので合わせようとしても合わなかった（再生速度が変わるまでの時間差が存在するため）。自分の曲が使えて音質がいいなら使ってみたいと思う。
	音が急に小刻みになったりすると走りづらいので急な変化はない方が良かった。
	追従が少し遅い。でも音楽が変わることで自分のペースが分かって面白かった。
	音楽のペースをなるべく一定に保とうと走りましたが、そのお陰で走るときの辛さなどはあまり感じませんでした。気が紛れて良いと思います。面白かったです。

表 4.2: Q5 のアンケート結果

- 1秒間に3歩
- 自由

の4パターンを30秒間走り、実際の歩数とAndroid端末でカウントされた歩数を比較する。その時の歩数データを表4.2に示す。

表 4.3: 歩数データの正確性の検証結果

		被験者 α		被験者 β	
	実際の歩数	カウントできた歩数	実際の歩数との比較	カウントできた歩数	実際の歩数との比較
1秒間に1歩1回目	30	58	1.93	44	1.46
1秒間に1歩2回目	30	66	2.20	41	1.36
1秒間に2歩1回目	60	120	2.00	64	1.06
1秒間に2歩2回目	60	113	1.88	66	1.10
1秒間に3歩1回目	120	149	1.66	85	0.94
1秒間に3歩2回目	120	153	1.70	89	0.98
自由1回目	-	220(78)	2.82	146(78)	1.87
自由2回目	-	210(73)	2.88	147(79)	1.86

カッコ内の数値は自由に走った際の歩数である。

表4.2から、被験者 α は歩数に制限をかけた場合に実際の歩数に比べ約2倍の歩数をカウントしていた。また、歩数に制限をかけない場合は実際の歩数に比べ約3倍の歩数をカウントしていた。被験者 β は歩数に制限をかけた場合、約1倍の歩数をカウントしており、第3章で述べた歩数のカウント方法が正しく行われた。また、歩数の制限をかけない場合、約2倍の歩数をカウントしていた。被験者 α の「歩数制限あり」、「歩数制限なし」、被験者 β の「歩数制限あり」、「歩数制限なし」

の4グループにわけると、各グループ内で実際の歩数との比は共通している。本システムでは走り始め時のペースに対する相対的な値を使うため、実際の歩数とカウントされた歩数が一致していない場合でも十分利用できる精度であると考える。

第5章 結 論

本稿ではジョギング時のペースに音楽の再生速度が同期することでペースの変化をユーザに提示するシステムを提案した。このシステムはペースの変化に合わせて再生速度を変えることで、ユーザがペースの変化に気付き、ペースが一定になるようにユーザがペースを調整することを狙ったものである。ユーザが実際にペースを一定にするように調整するのかを被験者実験を通じて検証したところ通常再生では試行ごとや試行内で乱れていたペースが提案手法を用いることで一定のペースを保てることに有効であることが示された。実験後、被験者に答えてもらったアンケートからは、適切に音楽の追従がしていないという意見が多く見受けられたため、リアルタイムに音楽が追従する精度を上げることが課題となった。

現段階のシステムではあらかじめ PC 上で、0.5 倍から 2.0 倍までの音響信号を 0.1 倍刻みで用意しておく必要があるため、スマートフォン上に存在する音響信号をリアルタイムに加工することで事前の用意を必要としないアプリを実装する予定である。また、今後 Android 用アプリケーションのマーケットである Google Play[15] に公開する場合、現在再生中の音楽が終了後次の曲を再生できるような改良、「前の曲に戻る」や「次の曲へ進む」などの音楽プレイヤーとしての機能の追加、UI の改良が必須である。

参考文献

- [1] 隅田麻由, 今津眞也, 水本旭洋, 安本慶一: “健康指向歩行ナビゲーションのためのスマートフォンによる身体的疲労度の推定”, 研究報告モバイルコンピューティングとユビキタス通信 vol.2012-MBL-62 No.27 pp.1-8, 2012.
- [2] 今泉一哉, 山下和彦, 岩上優美: “高齢者の健康支援のためのモニタリングシステムの有用性”, IT ヘルスケア vol.5 No.1 pp.63-64, 2010.
- [3] 川崎晴久, 伊藤聡, 石樽康彦, 西本裕, 青木隆明, 安倍基幸, 栄枝裕文, 小鹿丈夫, 毛利哲也, 上木論: “拇指対向運動を支援するハンドリハビリ支援ロボットの設計と動作評価 (機械力学, 計測, 自動制御)”, 日本機械学会論文集. C 編 74(748), 3019-3027, 2008
- [4] 芦田信之, 平井妙実, 福井誠, 金川智恵, 佐川節子, 東照正: “地域運動支援「出前運動教室」の実施後評価と支援ソフトの開発”, 甲子園大学紀要 34, 27-34, 2007.
- [5] ヤマハ株式会社: BODiBEAT
- [6] 株式会社セガトイズ: カラダトレーナー
- [7] 清藤智哉, 赤池英夫, 角田博保: “ジョギングの継続を支援するシステムの提案・実装・評価”, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション vol.2013-HCI-151 No.11 pp.1-2, 2013.

- [8] Julian Rubisch, Matthias Husinsky, Jakob Doppler, Hannes Raffaseder, Brian Horsak, Beate Ambichl, Astrid Figl: “A mobile music concept as support for achieving target heart rate in preventive and recreational endurance”, AM’10 Proceedings of the 5th Audio Mostly Conference: A Conference on Interaction with Sound, Article No.19, 2010.
- [9] 酒田信親, 興梠正克, 大隈隆史, 蔵田武志: “Situating Music: インタラクティブジョギングへの応用”, ヒューマンインターフェースシンポジウム 2005, pp.459-462, 2005.
- [10] 大平茂輝, 長尾確: “身体リズムに適応したウォーキング/ジョギング中の音楽再生支援システム”, 第21回人工知能学会全国大会, 2007.
- [11] 足立幸祐, 仲谷義雄: “運動テンポの変化をリズムで支援するシステムの提案”, 第72回情報処理学会, 全国大会講演論文集 Vol.4 pp.227-228, 2010.
- [12] Flanagan J.L., Golden, R.M.: “Phase vocoder”. Bell System Technical Journal, vol.45, pp.1493-1509, 1966.
- [13] MARY Text To Speech, URL: <http://mary.dfki.de>
- [14] 後藤真孝, 橋口博樹, 西村拓一, 岡隆一: “RWC 研究用音楽データベース”, 情報処理学会 音楽情報科学研究会 研究報告 2001-MUS-45-4, Vol.2002, No.40, pp.19-26, 2002.
- [15] Google Play, URL: <https://play.google.com/store>

謝 辞

本研究は日本大学文理学部情報システム解析学科北原研究室の卒業研究の研究テーマとして実施されました。本研究を進めるにあたり、北原鉄朗専任講師から、厳しくも丁寧かつ熱心な指導を賜りました。ここに感謝の意を表します。また、評価実験の際に被験者を快く引き受けてくださり、そして多くのご指摘を下さいました北原研究室の先輩、同期、後輩の皆様に感謝いたします。