

踏み台昇降による心拍の変化が音楽のジャンルと楽曲の嗜好に与える影響

Preferences of Songs and Musical Genres are Influenced by Changes in Hear Rate: A Trial Study using Step Aerobics

中央大学大学院理工学研究科経営システム工学専攻
博士課程前期課程 16N7100005E 大石 琢馬

1. はじめに

本研究の目的は、運動による心拍の変化が音楽の嗜好に影響するかどうかを調査することである。音楽の聴取は、落ち着いた状態（安静状態）の時だけでなく、動きながら（運動状態）でも行うことができる。近年、携帯型音楽プレイヤーの普及[1]により、運動しながら音楽を聴取するユーザーが増えている。安静状態と運動状態では、聴きたい音楽（音楽の嗜好）が異なることを我々は経験的に知っている。そのため、無作為に音楽を流すのではなく、ユーザーの状態や状況に応じた音楽の嗜好を考慮するのが望ましい。この課題に対し、ユーザーの音楽解釈の情報である鑑賞場面や音楽的情景に関するアノテーションを用いて、ユーザーの嗜好や状況に応じて自動的にプレイリストを生成する手法が提案されている[2]。また一方では、多様なセンサー情報を用いてユーザーの状況を推定し、その状況に応じたサービスを提供する研究も行われている。坂口らは、音楽聴取時の周囲の明るさとノリに基づいて選楽曲する手法を提案している[3]。しかし、ユーザーの状態によって、何が音楽の嗜好の変化に影響を与えるのかは明らかとなっていない。また嗜好が高まる音楽がどのような特徴を有しているのかも不明である。そこで、我々は運動時のユーザーの状態に着目し、何が音楽の嗜好の変化に影響を与え、また、嗜好が高まる音楽とはどのような特徴を有しているのかを調査する。

2. 心拍と音楽に関する研究

人間の運動状態を推定する一つの指標として心拍がある。現在、ウェアラブルデバイスの普及により、簡単にどこでも心拍を計測することが可能となった。この心拍を用いることで、ユーザーの運動状態を推定することができると考えられる。また、心拍は音楽にも強く影響を与える。例えば、心拍数と好みのテンポとの関係について、純音のテンポを 10bpm (beat per minute) から 300bpm まで自由に調節して好みのテンポを探すという課題において、テンポ比（好みのテンポを被験者の心拍数で割ったもの）が 1.0, 1.25, 2.0 の 3 つにピークが集まることが明らかとなっている[4]。さらに、計測した心拍数を基に BPM を用いて音楽検索を行うシステムは、ランダムに検索した場合に比べ約 2 倍の被験者が前者のほうが好みの楽曲検索が行えると回答している[5]。しかし、心拍を使った音楽検索では、非常に有効な人とそうでない人と分かれ、特定の好きなアーティストの楽曲しか聞かないような人には不向きであるとも述べている。以上を踏まえ、本研究では、運動時の心拍数に着目し、運動リズムを統制した上で

- ① 運動による心拍の変化が音楽の嗜好にどのような影響を与えるか
- ② 特定の心拍数で嗜好が高まる音楽は、どのような特徴を有しているか

の実験的調査を目的とする。まずは、主観的嗜好への影響を調査するために、主観的評価を行う。

3. 運動負荷選定実験

どのような運動負荷を与えるか選定するために実験を行った。この実験により、負荷の弱い運動（負荷弱）と負荷の強い運動（負荷強）の 2 パターンの運動を選定する。

3. 1. 実験方法

3. 1. 1. 実験準備

本研究では、体動やリズムを一定に行いながら、心拍数を変化させるために図 1 のような踏み台を用いて、踏み台昇降を行った。段差は低 (16.7cm) と高 (32.1cm) の両方用いた。さらに、リズムを変えずに負荷を変化させるために 1.0kg のおもりを 2 個とマスク（ノーズワイヤー入り）を用意した。おもりを身に付ける際は、両足に装着した。これらを踏まえ、表 1 の 5 パターンの運動①～⑤を用意した（以降、各運動パターンは①～⑤の番号を用いて特定する）。また、心拍を計測する手段として、腕時計型のウェアラブルデバイスである fitbit blaze を用いて計測を行った。これにより運動しながら心拍を計測することを可能とした。この心拍計測の手段は、以降で述べる実験にも用いた。

表 1. 5 つの運動パターン

	運動パターン（段差・おもり・マスク）
①	（低・なし・なし）
②	（低・あり・なし）
③	（低・あり・あり）
④	（高・なし・なし）
⑤	（高・あり・あり）

3. 1. 2. 実験手順

実験参加者は大学生または大学院生男子 10 名である。最初に安静状態の心拍を 1 分間計測した。次にランダムに選んだ運動パターンで踏み台昇降を 1 分間行った。予備実験ではイヤホンをして音楽を流したが、リズムを刻む音を聴取できない点と映像の方がリズムを合わせて運動しやすいことが判明したため、事前に撮影した映像に合わせて運動を行った。運動終了後は、心拍が落ち着くまで休憩した。5 パターンの運動それぞれに対し、同じ運動パターンを連続で 3 回、計 15 回の運動を行った。

- ① 安静状態の心拍を1分間計測する



- ② 5つの運動パターンからランダムに選んだ運動パターンで踏み台昇降を1分間行う。映像に合わせて踏み台昇降を行う。



- ③ 終了後、合図があるまで休憩。合図があったら②を同様に行う。

1つの運動パターンにつき3回



- ④ ②③を別の負荷の状態でも繰り返す。

図 1. 運動負荷選定実験手順

3. 2. 実験結果

本研究では、最大値と最小値の差である範囲を扱った。運動負荷が高いほど心拍は高くなっていく。したがって、運動負荷が高くなれば心拍の数値の上り幅も大きくなると考えられる。解析方法は、一元配置の分散分析を行い、その後 sidak 法を用いた多重比較を行った。一元配置の分散分析は、1つの因子からなるデータを分析する方法で、因子に含まれる水準間の平均値の差を見るために用いる [6]。sidak 法は、多重比較の方法の 1 つであり、多重比較の有意差を調整し、要因毎に比較し、どの要因とどの要因に有意差が得られるのかを見るために用いる [7]。分散分析の結果から、グループ間に 5% 有意で差があるという結果が得られた。さらに、sidak 法による多重比較の結果から、①の運動パターンと④の運動パターン及び③の運動パターンと⑤の運動パターン以外の組み合わせで 5% 有意差を得た。したがって負荷の順序は、「②<①, ④<③, ⑤」となる。

3. 3. 運動負荷の定義

実験結果から、段差が低く、おもりなし、マスクなしの状態を負荷弱とし、段差が低く、おもりあり、マスクなしの状態を負荷強とした。最も負荷の低い運動パターンは②という結果ではあったが、現実的にもおもりを装着している方がおもりを装着していない方より運動負荷が低いということは考えにくい。段差も低く、おもりもマスクもしていない①の運動パターンを負荷弱とした。また、最も負荷が高いという結果が得られた運動パターンは③と⑤である。③と⑤を比較した場合、有意差は得られなかったため、安全性を考慮し、実験参加者の体調やリズムを考慮し、③の運動パターンを負荷強とした。以降の実験では①と③の 2 つの運動パターンを用いた。

4. 4 種類のジャンルの嗜好に対する影響

本研究では、選楽曲する際、ユーザーにとって最も馴染みが深く、選ぶ基準になりやすい音楽の特徴量の一つであるジャンルに着目した [8]。節

4. 1. 実験方法

4. 1. 1. 使用する音楽とその他の条件

音楽のジャンルとして、日本人がよく聴く「J-POP」「アニソン」「Hip-Hop」「ROCK/PUNK」の 4 種類のジャンルを使用した。心拍の影響を受けやすいテンポ [4][5] に偏りがないように、各ジャンルに対し、テンポの異なる 5 楽曲を用意した。計 20 楽曲の楽曲を用意した。5 楽曲の選定方法として、ジャンル毎に四分位数を用いて、テンポの値が「最小値」「第一四分位数」「中央値」「第三四分位数」「最大値」を用いた。他の条件に関して、心拍の計測方法は前節と同様に行い、運動負荷は前節の結果から負荷弱と負荷強の 2 つのパターンで行った。踏み台昇降の運動は、使用した音楽の平均値である 115bpm のリズムで行った。実験参加者は大学院生男子 2 名とした。

4. 1. 2. 実験手順

まず初めに、踏み台昇降なしの状態（平常時）の心拍数を計測した。次に、初めて聴く音楽に対する違和感を軽減させるため、1 楽曲あたり 30 秒間音楽を聴取した。その後、「負荷弱」もしくは

「負荷強」でイヤホンを用いて音楽を聴きながら踏み台昇降を行った。ノイズキャンセリング機能付きイヤホンを使用し PC の見本映像を見ながら踏み台昇降を行った。20 楽曲全てに対し、楽曲毎に「楽曲に対して好きかどうか（楽曲に対する好み）」「運動が行いやすかったかどうか（運動の行いやすさ）」「時間が速く感じたかどうか（時間感覚）」に関する質問を行い、5 段階で評価した。異なる負荷条件でも全 20 楽曲に対しを同様の手続きを行った。

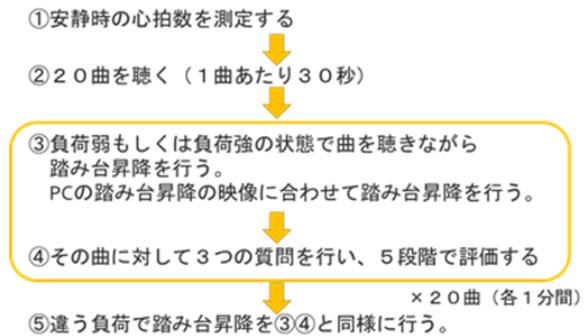


図 2. 4 種類のジャンルと楽曲の嗜好に対する影響の実験手順

4. 2. 実験結果

実験参加者ごとに二元配置の分散分析を行い、有意差が得られた要素について sidak 法による多重比較を行った。さらに各ジャンルに関して t 検定を用いて、負荷によって評価が変化しているのかを検討した。以降、「楽曲に対する好み」「運動の行いやすさ」について述べていく。

4. 2. 1. 楽曲に対する好み

二元配置の分散分析より、ジャンル間に 5% 有意差があることが分かった。さらに、ジャンルに関して、sidak 法による多重比較を行い、実験参加者 A の好みは「Hip-Hop<Rock/Punk<アニソン、J-POP」となった。実験参加者 B の好みは「Hip-Hop<アニソン、Rock/Punk、J-POP」となった。やはり、馴染みのあるアニソンや J-POP の評価は高く、あまり馴染みのない Hip-Hop は評価が低くなった。

また、負荷によってジャンルに差があるのか検討するため、ジャンルごとに t 検定を行った。その結果、ある実験参加者では、運動負荷の強さによって好きな音楽のジャンルの順位は変わらないが、「Hip-Hop」では、片側 5% 有意で負荷強の状態の方が好みの度合いが変化し、負荷弱の状態よりも好みの度合いが高くなるという結果が得られた。また、「アニソン」では、「Hip-Hop」とは逆の結果が得られた。このことにより、運動負荷によって音楽の嗜好が変化すると考えられる。

4. 2. 2. 運動の行いやすさ

二元配置の分散分析より、実験参加者 A のみジャンル間に 5% 有意差があることが分かった。さらに、ジャンルに関して、sidak 法による多重比較を行い、実験参加者 A の評価は「J-POP<Hip-Hop<Rock/Punk<アニソン」となった。実験参加者 B の評価は「Hip-Hop<Rock/Punk、Hip-Hop<J-POP」となった。好みの結果を考慮すると、Hip-Hop は運動しにくいことが示唆される。

また、負荷によってジャンルに差があるのか検討するため t 検定を行った。その結果、両実験参加者とも負荷弱でも負荷強でも「アニソン」で運動しやすくなったことが分かった。「アニソン」は運動しやすい音楽の特徴を備えていることが示唆された。

4. 3. 結論及び次実験に向けて

本実験により、運動負荷によって音楽の嗜好が変化すると考えられる。また、運動のしやすさは「Hip-Hop」よりも「アニソン」が勝っていた。そこで、5 節の実験では「Hip-Hop」と「アニソン」に着目した。また、時間感覚に関しては、前の楽曲と比べるのではなく、運動している時間が実際の時間に比べてどう変化するかを回答できるよう、5 節の実験では実験方法を改善した。

5. 2 種類のジャンルと楽曲の嗜好に対する影響

5. 1. 実験方法

5. 1. 1. 前実験からの変更点

音楽は、4 節で行った実験に使用した「Hip-Hop」「アニソン」の計 10 楽曲に絞った。運動負荷は、10 楽曲の平均値である 105bpm のリズムで行った。運動時に音楽なしの状態での運動と音楽聴取時の運動での時間感覚を比較するために、1 分間の運動のうち最初の 30 秒間は音楽を流さず、残りの 30 秒間だけ音楽を流した。また、質問項目はより具体的に「この音楽を聴いて運動を行いやすかったか」「音楽を聴いていない 30 秒間の運動に比べて音楽を聴いたときは早く感じたかどうか」「この運動時にこの楽曲を聴きたいか」について 5 段階で評価した。その他の条件は変更せず、心拍の計測も同様に行った。

5. 1. 2. 実験手順

最初に 1 楽曲あたり 30 秒間音楽聴取を行った。その間に、平常時の心拍計測を行った。その後、音楽を流さない状態で踏み台昇降を 1 分間行った。この際も、心拍計測を行った。踏み台昇降は、映像見ながら、映像に合わせて行った。次に同様にして踏み台昇降を行いながら、音楽を流した。最初の 30 秒間は音楽を流さず、30 秒後音楽を流した。音楽を 30 秒間流し、音楽が止まったら、運動をやめるよう指示した。その後、「この音楽を聴いて運動を行いやすかったか」「音楽を聴いていない 30 秒間の運動に比べて音楽を聴いたときは早く感じたかどうか」「この運動時にこの楽曲を聴きたいか」に関する質問を 5 段階で評価した。そして、音楽を流して行く運動を 10 楽曲分行う。楽曲は順序効果をなくすためにランダムに流した。さらに、これらの運動を 2 種類の負荷で行った。

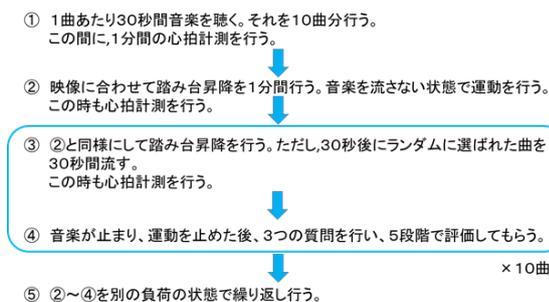


図 3. 2 種類のジャンルと楽曲の嗜好に対する影響の実験手順

5. 2. 実験結果

負荷の違いによって評価が変化するか調べるため t 検定を行った。その結果、”SHOCK TO THE FUTURE `04”は、「この音楽を聴いて運動を行いやすかったか」に関して 5% 有意で負荷弱の方が運動を行いやすくなるという結果が得られた。また、”sister`s noise”は、「この音楽を聴いて運動を行いやすかったか」「音楽を聴いていない 30 秒間の運動に比べて音楽を聴いたときは早く感じたかどうか」に関して、10% で有意傾向が示され、負荷弱の方が運動を行いやすく、時間が早く感じるという結果となった。他の楽曲に関しては、ジャンルごとに比較すると「アニソン」の評価が高く、「アニソン」の場合は、負荷の違いに関係なく評価が高く、「Hip-Hop」の場合は、負荷の違いに関係なく評価が低くなった。

表 2. 楽曲ごと及びジャンルごとの p 値 (*: <=0.05)

TITLE	P値		
	運動	時間	好み
Hip-Hop	0.178	0.220	0.541
KRAZIE KLUB	1.000	NA	0.598
日本語ラップ is DEAD?	0.785	0.516	0.598
FUKUROU (YAKANSIKOU)	0.476	0.451	0.598
SHOCK TO THE FUTURE `04	*0.048	0.140	0.451
GROWTH	0.351	0.250	0.598
アニソン	0.282	0.849	0.167
sister`s noise	0.104	0.086	0.351
Hacking to the Gate	0.217	1.000	0.685
DreamRiser	0.732	0.815	0.140
DREAM SOLISTER	0.402	0.285	1.000
僕らは今のなかで	0.170	0.516	0.516

また、2 種類の負荷と 3 種類の質問項目の評価を楽曲ごと及びジャンルごとに分散分析及び sidak 法による多重比較を行った。「アニソン」は「Hip-Hop」と比較すると大部分が 5% 有意で評価が高くなっていった (図 4)。ただし「この楽曲を聴いて運動を行いやすかったか」に関しては、負荷強の状態では 10% 有意傾向しかなかった。「音楽を聴いていない 30 秒間の運動に比べて音楽を聴いたときは早く感じたかどうか」に関して、負荷弱の状態では有意差は見られなかった。

5. 3. 考察

”SHOCK TO THE FUTURE `04”は、「この音楽を聴いて運動を行いやすかったか」に関して 5% 有意で負荷弱の方が運動しやすいという結果が得られた。また、”sister`s noise”は、「この音楽を聴いて運動を行いやすかったか」「音楽を聴いていない 30 秒間の運動に比べて音楽を聴いたときは早く感じたかどうか」に関して、10% で有意傾向が示され、負荷弱の方が運動を行いやすく、時間を早く感じるという結果となった。この結果から、負荷の違いによって楽曲の嗜好が変化することが明らかとなった。また、負荷弱の状態の方が音楽聴取を行うことができる。”SHOCK TO THE FUTURE `04”はあまり抑揚のない楽曲であり、好かれにくい「Hip-Hop」であっても、運動の妨げになりにくいので、評価が高くなったと考えられる。”sister`s noise”は、1 名の実験参加者が負荷強の条件に対し、かなり低い評価を下している。この原因は不明であるが、質問を行う際に、評価した理由を尋ねると原因が分かるだろう。また「アニソン」は負荷の違いに関係なく評価が高く、「Hip-Hop」は負荷の違いに関係なく評価が低かった。これは、聴き馴染みの違いによるものだと考えられる。「アニソン」は幼いころから聞いている人が多い

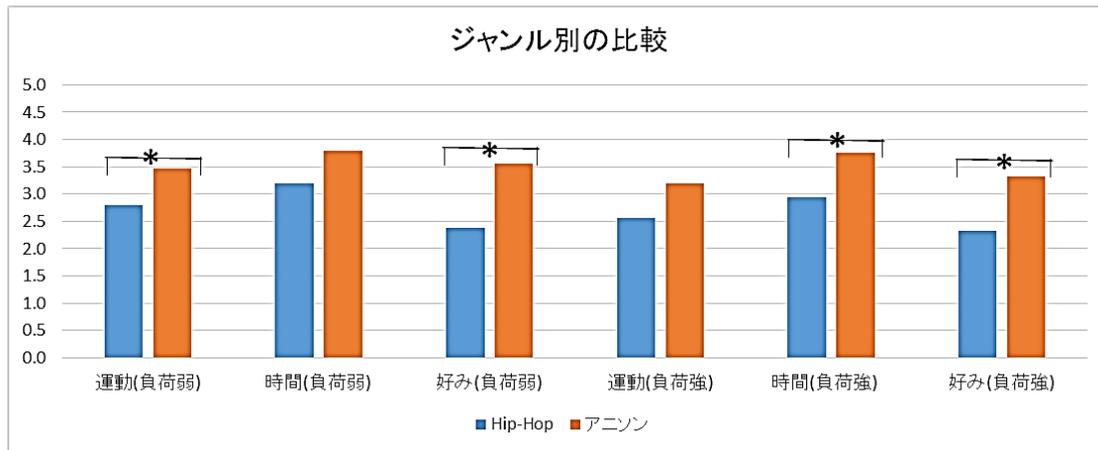


図 4. ジャンル別による各項目の評価 (*: $p < 0.05$)

ため好まれ、嗜好に関する項目ではそれが顕著に現れたと思われる。

本実験ではほとんど、「Hip-Hop」よりも「アニソン」の方が 5% 有意で評価が高くなった。4 種類のジャンルを用いた実験後に、評価の高い「アニソン」と評価の低い「Hip-Hop」を選択したが、2 種類のジャンル間の比較がより強調されてしまい、「アニソン」の方が大部分で高評価になったと考えられる。ただし、「この楽曲を聴いて運動を行いやすかったか」に関して、負荷強の状態でも 10% 有意傾向しかなく、アニソンのある 1 楽曲の評価が特に低かったことが原因だと考えられる。「音楽を聴いていない 30 秒間の運動に比べて音楽を聴いたときは速く感じたかどうか」に関して、負荷弱の状態では有意差は見られなかった。負荷弱の状態では音楽聴取に集中することができ、どのジャンルでも音楽に没入できるため時間感覚に有意な差が出なかったと考えられる。

6. 今後の展望

安静状態などの他の状態での音楽の嗜好に関して研究を行うことで、ユーザーの状況に適した音楽を探し出せると考えられる。さらに、心拍だけでなくその他の生理指標やセンサー等を併用し、ユーザーの行動や状況推定を行うことができれば、自動的にユーザーの状況や状態に適した音楽を提供できると考えられる。また、音楽の物理的特徴量に着目することで、楽曲レコメンドサービスに応用させ、認知の低い楽曲も推薦することができるようになると考えられる。現在、多くの楽曲レコメンドサービスは、様々なユーザーの状況を推測し、それに合っていると思われる大衆的によく知られた楽曲を推薦している。音楽の物理的特徴量で適切な楽曲推薦ができれば、認知の低い楽曲も推薦できるようになり、大衆的によく知られた楽曲という狭い範囲から広い範囲での推薦ができるようになり、より適切な状況や状態に適した音楽を提供できると考えられる。将来的には、個人の嗜好モデルに基づき、個人に適した音楽提供システムの開発などが期待される。

謝辞

日頃より、ご指導を賜りました中央大学理工学部ヒューマンメディア工学研究室の加藤俊一教授、客員教授(産業技術総合研究所)の坂本隆先生に深謝いたします。並びに、日常の研究討論を

通じ多くの知識や示唆を頂いた同研究室の皆様、様々なお力添えを戴いた感性ロボティクス研究センターの皆様、実験にご協力戴いた皆様に感謝いたします。本研究は、文部科学省科研費基盤研究(A)(課題番号 25240043「実空間・情報空間におけるグループ内での感性的共生機構の研究」)、中央大学理工学研究共同研究(「感性ロボティクス環境による共生社会基盤技術の研究開発」)、などによる支援を受けて実施しました。また、本論をご精読頂きました中央大学理工部経営システム工学科の庄司裕子教授、鎌倉稔成教授に感謝いたします。

参考文献

- [1] 日経 BP コンサルティング; アップルは操作性, ソニーは音質が高評価~携帯音楽プレイヤー調査【前篇】、日経トレンドネット
<http://trendy.nikkeibp.co.jp/article/column/20120110/1039269/?rt=ocnt>
- [2] Katsuhiko, K., Keiji, H., Katashi, N.: A music recommendation system based on annotations about listeners' preferences and situations, AXMEDIS 2005 Conference, (2005)
- [3] 坂口豊, 赤池英夫, 角田博保: ユーザのコンテキストに合わせて選楽曲する音楽プレイヤー, 情報処理学会第 68 回全国大会, 68, pp. 89-90 (2006)
- [4] Iwanaga, M.: Harmonic relationship between preferred tempo and heart rate, Perceptual and Motor Skills, 81, pp. 67-71 (1995)
- [5] Tamotsu, N., Tadashi, O., Yoshihiro, K.: Feasibility study on music search system using the ventricular function, IEICE Technical Report, 14, pp. 35-39 (2010)
- [6] 株式会社 社会情報サービス: BellCurve 統計 WEB
<https://bellcurve.jp/statistics/course/10006.html>
- [7] IBM Knowledge Center: IBM 製品資料のホームページ
https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/ja/SSLVMB_22.0/com.ibm.spss.statistics.help/spss/base/idh_ones_post.htm