原著論文

心拍数が音楽聴取時の時間感覚に与える影響

松田 憲*, 一川 誠**, 橘 佳奈*

* 山口大学, ** 千葉大学

The Influence of Heart Rate on Time Perception during Music Listening

Ken MATSUDA*, Makoto ICHIKAWA** and Kana TACHIBANA*

* Yamaguchi University, 2-16-1, Tokiwadai, Ube, Yamaguchi 755-8611, Japan

** Chiba University, 1-33, Yayoicho, Inage, Chiba 263-8522, Japan

Abstract : We examined how changes in participants' heart rate affect their estimation of time when listening to music. We manipulated participants' heart rate using a cycling task on an exercise bike and by varying the tempo of music. The heart rates of 48 participants were measured before and after the pedaling task on the exercise bike. One week later, they listened to the music and estimated the temporal duration (60 seconds) under the non-manipulated condition (without exercise) and heart rate manipulated condition (with exercise). The results showed that the duration of the music (60 seconds) was underestimated after light exercise and overestimated after strenuous exercise. These results suggest that the acceleration of the internal time mechanism due to an increase in the heart rate affects the perceived duration of time with relation to music.

Keywords : BGM, time estimation, heart rate

1. は じ め に

我々は日常生活において、実際の物理的な時間（客観的時間）と自身が感じている時間（主観的時間）が異なるということを度々体験する。このようなズレは、心理学では時間評価[ある特定の時間の長さをどの程度として見積もる（評価する）か]の問題として調べられている。この時間評価に影響を及ぼす要因の一つに環境中の刺激のテンポがある。刺激のテンポが速ければその間の時間はより長く感じられやすい。

1.1 BGMが時間評価に及ぼす影響

音楽の基本要素であるテンポの好みには精神テンポ（個人が無意識に選択する好みのテンポ）[1]の関与が想定されている[2]。精神テンポは、心拍数などの個人の生理周期に依存しており[3, 4]、外的な要因による変動は生じにくい[5]。心拍数と好みのテンポとの関係については、純音のテンポを10bpm (beat per minute) から300bpmまで自由に調節して好きなテンポを探すという課題において、テンポ比（好みのテンポを参加者の心拍数で割ったもの）が1.0と1.5, 2.0の3つにピークが集まることが示された[6]。さらにメロディ刺激としてディズニーのIt's a small worldを用いて同様の手続きの実験を行ったところ、好みのピークはテンポ比1.0であり、1.5と2.0も同様に高い選択率を示した[7]。よって、テンポの好みには心拍数とその倍数が関連していることがうかがえる。

また、BGM (Background Music) には、我々の行動や個人が感じる時間経過を変える効果がある。スーパーのBGMのテンポを操作した実験では、遅いテンポ(72bpm以下)では速いテンポ(94bpm以上)と比較して歩行速度が17%遅く

なり、購買金額は38%上昇した[8]。レストランで行った実験で、1分間に食事を口に運ぶ回数を計測したところ、テンポの速いBGM(92bpm以上)では4.4回、遅いBGM(72bpm以下)では3.8回であった[9]。待ち時間中のBGMが時間評価に及ぼす影響を見た研究では、待ち時間が長い時にはBGMのテンポが速いほうが、短い時にはテンポが遅いほうが、経過時間を短く感じるものがそれぞれ示された[10, 11]。

松田・一川・矢倉[12]は、BGMのテンポと曲中の音符構成の違いが、BGM聴取時の時間感覚にどのような影響を与えるのかについて検討した。20名の実験参加者には、作成した音楽刺激(2分音符, 4分音符, 8分音符, 2分音符4分音符混合, 2分音符8分音符混合, 4分音符8分音符混合, 2分音符4分音符8分音符混合の7種類の音楽条件と、40bpm, 80bpm, 120bpm, 160bpmの4種類のテンポ条件を組み合わせたBGM28曲)について1分の経過時間を評価させた。その結果、テンポ条件と音符条件では、テンポ条件の方が時間感覚に影響を与えていることが明らかとなった。テンポは音楽に対する印象を決定するうえで重要な要素である[13, 14]とともに、音楽を聴いている時の経過時間の知覚に影響を与える要素であるということがわかった。最も遅い40bpmは他のテンポ条件に比べて時間が過小評価(評価した時間経過が客観的な時間経過に比べて長いことから、評価者は経過時間を短く感じていると考えられる)され、テンポが速くなるほど過大評価(評価した時間経過が客観的な時間経過に比べて短いことから、経過時間を長く感じている)される傾向にあることが明らかとなった。さらに、参加者を音楽経験の有無で分けて同様の検討を行ったところ、音楽経験のない参加者は経過時間を過小評価しやすく、特に遅いテンポであるほどその傾向が顕著であった。

しかし、我々が音楽を耳にする時は必ずしも同じ心身状態ではない。松田・堀江・一川 [15] は実験前に生理指標を測定し、その後、エアロバイク運動で参加者の心拍数・体温・血圧を、恐怖喚起による心拍数操作（参加者が音楽聴取している間、もしくはストップウォッチを停止した後に風船を割ると教示）では心拍数・血圧・心理状態をそれぞれ変化させた。その後、テンポを実験前に測定した参加者の心拍数に合わせたBGMを聴かせて産出時間を比較し、これら生理指標の変化が時間感覚に与える影響を検討した。その結果、恐怖喚起による心拍数操作後は、操作なし状態と比べて時間が過小評価された。しかし参加者28人中20人が風船による操作時に音楽に集中できなかったと回答していたことから、音楽聴取よりも風船の操作に意識が集中したために、時間を過小評価したものと考えられる。一方、エアロバイク運動後とその他の操作間では産出時間に有意な差は見られなかった。これは、参加者にはエアロバイクを1分間全力で漕ぐように求めたが、その運動量の個人差が大きく、心的代謝の状態を統制できなかったことが原因ではないかと考えられた。

1.2 本研究の目的

本研究では、松田ほか [15] の研究に基づき、エアロバイク運動によって心拍数、血圧、体温を変化させた。また、同質の原理（聞き手の気分やテンポと同質の音楽を与えることで、精神的回復に努める）[16] は音楽のリズムにおいてもその効果が見られる [17] ことから、エアロバイク運動後に聴取させる楽曲のテンポを操作なし状態（安静時）の心拍数、エアロバイク運動後の心拍数の2種類とした。これらの心拍数操作条件、楽曲テンポ条件が産出時間、感情評価にどのように影響するのかを検討した。また、実験結果に基づき、BGMなどの音楽を使った心的時間の長さの操作や時間管理の手法の開発についても検討した。

2. 実験方法

2.1 要因計画

エアロバイク運動による心拍数操作2水準（20km/h, 30km/h）と、心拍数による楽曲テンポ操作2水準（操作なし状態心拍テンポ, エアロバイク運動後心拍テンポ）、性別2水準（男性, 女性）の3要因参加者間計画であった。

2.2 実験参加者

正常な聴力を持つ大学生および大学院生48名（条件ごとに男女各6名）が実験に参加した。参加者の平均年齢は21.6歳であった。実験は個人ごとに行った。エアロバイクの速度設定によって、実験参加者の基礎体力や体調次第では実験後に気分の悪化や身体の不調をもたらす場合があるため、実験前にその旨を説明した上で実験参加同意書を提示し、署名した者のみを実験参加者として扱った。

2.3 実験材料

提示するBGMとして、松田ほか [15] で用いられたニュートラル曲3曲から2曲を選曲した。曲はフリー音楽ソフト（MusicStudioProducer）で作成されたピアノ音の曲（各21小節）であった。曲はメロディと伴奏で構成され、4/4拍子、C長調とし、A2～E4の間の白鍵盤のみ（12音）が使用された。メロディは4分音符、8分音符、16分音符を使用し、1曲に占める音符の割合が8分音符が40%、16分音符が30%、4分音符が30%となるように作成された。

2.4 測定指標

身体的代謝に関する生理指標として、血圧と心拍数、体温を測定した。血圧と心拍数は、オムロン自動血圧計（HEM-7420）を用いて、1週目に操作なし状態、エアロバイク運動による心拍操作後に測定した。体温はオムロン電子体温計（MC-612）を用いて、1週目の操作なし状態、エアロバイク運動による心拍数操作直後に腋下の体表にて測定した。

また、心理指標として、音楽聴取による感情体験について、堀田・澤村・井上 [18] を基に、「音楽聴取時の心身の自覚」について6項目、「音楽聴取時の気分」について6項目、「（聴いていた）音楽の印象」について2項目（各7段階）、「音楽感情価」について12項目（5段階）、合計26項目を用いて評価を求めた。

2.5 実験装置

実験環境は、暗幕で覆われた個室であった。コンピュータ（FUJITSU FMV-S8370）にヘッドホンアンプ（DR.DAC2 DX）を接続し、更にヘッドホン（audio-technica ATH-AD1000）を接続したものをを用い、音楽を流した。鹿野 [19] より主観的時間（感じられる時間）は音量によって変動すると考えられるため、音量は中程度に固定して行った。時間はストップウォッチ（CASIO HS-70W）を用いて計測した。音楽以外の視聴覚情報に影響されないよう、実験参加者には音楽を聴いている間アイマスクを着用させた。エアロバイクはST-1030（スポーツオーソリティ社製）を使用した。

2.6 手続き

実験は、各実験参加者について、個別実験の形式で、2週にわたって行われた。手続きの概要を図1に示す。1週目は参加者を暗幕で覆った個室の椅子に着席させ、実験手順（①操作なし状態で生理指標を測定、②エアロバイク運動後に生理指標を測定）についての説明を行った。2つの操作条件の順番は、参加者毎にランダムに設定した。エアロバイクの運動速度は、参加者をランダムに20km/h, 30km/hに振り分けた。エアロバイクには速度が表示される機能が付いており、参加者には速度計を見ながら3分間指示された速度を保ったままエアロバイクを漕ぎ続けるよう求めた。

2週目は、実験手順の説明を行い、操作なし・エアロバイク運動（1週目と同じ速度）を行った直後、音楽を聴きながら1分間の時間感覚をストップウォッチで計ってもらった。

心拍数が音楽聴取時の時間感覚に与える影響

図1 実験手続き

1曲聴取毎に聴取した音楽についての心理評定用紙の記入を求めた。記入終了後に参加者が安静状態になったのを確認し、次の手順へ移った。これらの参加者の各条件への振り分けは、全体としてカウンターバランスが取られた。

参加者に操作なし状態で聴取させる曲のテンポは、1週目における参加者自身の操作なし状態の心拍数とした。また、エアロバイク運動後に聴取させる曲のテンポ条件を操作するために、20km/h, 30km/hそれぞれのグループ内で12名ずつ2つのグループに振り分けた。一方のグループにテンポを操作なし状態の心拍数としたものを、もう一方のグループにテンポを1週目でのエアロバイク運動後の参加者自身の心拍数とし、エアロバイク運動後に聴取させた。

時間評価は、指示された時間（標準時間）である1分（60秒）と同じ長さになるように、実験参加者が主観的に持続時間（産出時間）を作成する方法（産出法）で行われた（作成法、造成法ともいう）。曲が始まる前に全曲共通の合図音（woodblock音）を流し、曲の開始とともに実験参加者にストップウォッチを押させた。その後、指示した時間が経過したと思ったときにストップウォッチを停止させた。カウント、およびその他の評価手がかりを用いないように教示した。最後にアンケート記入と、口頭で①普段の生活の中で1分を意識することはあるか、②音楽経験の有無、③実験全体の意見や感想について質問を行い、実験は終了した。

なお、生理指標の測定と時間評価との間に1週間のインターバルを挟んだ理由は以下の4点であった。第1に、本研究では時間評価の際に流すBGMのテンポを参加者の心拍数で操作したため、事前に通常時および運動後の身体的代謝量を測定しておく必要があった。第2に、1回目の運動による疲労が2回目の運動に及ぼす影響を避けるためであった。第3に、生体リズムが代謝量に及ぼす影響から、生理指標測定と時間

評価を同一時間帯で行うことが求められた。第4に、参加者である大学生は1週間単位のスケジュールで行動していることが多く、1週後のほうが実験参加のための時間を確保しやすいためであった。1週目と2週目とで、各参加者の実験は同等の時間帯で行われたため、本研究では1週目と2週目の参加者の代謝がほぼ同等であると仮定した。

3. 結果と考察

実験参加者48人の操作なし状態の心拍数平均値は74.98bpm ($SD=1.67$)であった。エアロバイク運動20km/hの参加者24人の心拍数操作後の心拍数上昇値の平均値は1.58bpm (男性1.17bpm, 女性2.00bpm)であり、エアロバイク運動30km/hの参加者24人の心拍数操作後の心拍数上昇値の平均値は17.25 bpm (男性12.75bpm, 女性21.75bpm)であった。両条件間の上昇幅の差は有意であり ($F(1,44)=20.09$, $p<.001$)、性別および交互作用は有意でなかった。エアロバイク運動後の体温変化の性差は有意であり ($F(1,46)=10.67$, $p=.002$)、男性はエアロバイク運動後に操作なし状態よりも体温が平均で0.12℃ ($SD=0.05$) 上昇したのに対し、女性は平均で0.15℃ ($SD=0.06$) 下降した。産出された時間評価値と生理指標との相関を見ると、男性参加者は心拍数操作30km/h条件において心拍数と産出時間との間に有意な負の相関がみられ ($r=-.60$)、心拍数操作20km/h条件では参加者 ($N=12$) が少ないことから有意ではないものの正の相関が見られた ($r=.45$)。女性参加者では、心拍数操作30km/h条件において心拍数と体温との間の負の相関が有意であった ($r=-.78$)。

エアロバイク運動による心拍数操作2水準 (20km/h, 30km/h) と、心拍数による楽曲テンポ操作2水準 (操作なし状態心拍テンポ, エアロバイク運動後心拍テンポ) の2条件において、操作なし状態とエアロバイク運動後の各参加者の産出時間の平均値と95%信頼区間 (片側) を図2に、男女別の産出時間を図3に、それぞれ示す。横軸の「操作なし」と「運動後」は時間評価を行ったのが運動していないかエアロバイク運動後かを示す。「20km/h」と「30km/h」は、エアロバイク運動による心拍数操作条件2水準を、「エアロバイク運動後心拍テンポ」と「操作なし状態心拍テンポ」は心拍数による楽曲テンポ操作条件2水準を、それぞれ示すものである。図2が示すように、エアロバイク運動後心拍テンポにおける心拍数操作20km/h条件において、運動後の産出時間が標準時間である1分を有意に上回った。

3.1 性別で実験参加者を分けたとき

運動による心拍数の変動が実験参加者の産出時間に影響を及ぼすかを検討するために、参加者ごとのエアロバイク運動後の産出時間と操作なし状態での産出時間の差分の平均値について95%信頼区間 (片側) を算出し (図4)、基準値0との比較を行ったところ、心拍数操作20km/hで楽曲テンポ条件操作なし状態心拍テンポの男性参加者が0を有意に上回り、心拍数操作30km/hでテンポ条件エアロバイク運動後心拍

テンポの男性参加者が有意に下回った。

さらにエアロバイク運動後と操作なし状態における産出時間の差分について、エアロバイク運動による心拍数操作条件 (20km/h, 30km/h) と心拍数による楽曲テンポ操作条件 (操作なし状態心拍テンポ, エアロバイク運動後心拍テンポ), 性別条件 (男性, 女性) の3要因分散分析を行った。その結果, 心拍数操作条件の主効果が有意であった ($F(1,40) = 6.11$,

$p = .018$)。また, 性別と心拍数操作条件の交互作用 ($F(1,40) = 5.42$, $p = .025$) と性別と楽曲テンポ操作条件の交互作用 ($F(1,40) = 4.69$, $p = .037$) が有意であった。性別と心拍数操作条件の交互作用における単純主効果検定の結果, 男性の心拍数操作条件が有意であり ($F(1,40) = 11.51$, $p = .002$), 心拍数操作20km/h条件における性別の効果が有意傾向であった ($F(1,40) = 3.18$, $p = .082$)。性別と楽曲テンポ操作条件の交互作用における単純主効果検定の結果, 男性の楽曲テンポ操作条件が有意傾向であった ($F(1,40) = 3.66$, $p = .063$)。

運動を行っていない安静状態 (操作なし条件) と比較して, エアロバイク20km/h運動をした後はより長い時間を産出 (経過時間を過小評価) し, エアロバイク30km/h運動の後はより短い時間を産出 (経過時間を過大評価) しやすことが分かった。さらに, 心拍数が上がっていないときには遅いテンポの音楽, 心拍数が上昇した時にはテンポの速い音楽というように, 聴取するBGMと身体反応が文脈的に同期していることが重要であった。これらの原因として, エアロバイク30km/h運動後は脳内の酸化新陳代謝速度が速くなった (脳内のどこかにあると想定される「内的時計」の進み方が速くなった) ために, 時間を過大評価 (経過時間を短く感じる) した [20] のではないかと考えられる。一方で, エアロバイク20km/h運動では逆に過小評価につながったことについて, たとえばカフェインを摂取した直後や風呂に入った直後は代謝が上がり, その後急速に代謝が低下し, そのタイミングで入眠し易くなる [21]。今回の実験でも, エアロバイク20km/h運動の直後にはむしろ代謝が低下したことが時間感覚の過小評価を生起させた可能性が考えられる。

またエアロバイク30km/h運動後には, 男性の方が, 女性と比較して, 心拍操作条件とテンポ操作条件の影響を受けやすく, 経過時間を過大評価 (経過時間を長く感じる) しやすことが明らかになった。この要因として, 運動により増加した代謝速度に男女差がある可能性が挙げられる。しかし男女とも負荷した運動強度は同一であり, したがって運動によって増加した消費エネルギーも同一であることから, 代謝速度の増加に男女差はないはずである。ただし, 身体全体の代謝速度と脳内の代謝速度が同一である保証はなく, また脳内の新陳代謝過程が「内的時計」の進み方に及ぼす影響に男女差がある可能性は否定できない。

一方, 男性では30km/hの運動後の心拍数増加と産出時間の間に有意の負の相関が認められ, また20km/h運動後の心拍数と産出時間の間にも有意ではないが相関が認められているが, 女性では相関関係は認められていない。自転車運動などの有酸素性運動では, 運動により上昇する心拍数の程度は運動強度 (代謝速度: 消費カロリー) に依存するが, 持久性体力にも依存する [22]。運動生理学という体力とは外界からの刺激に対する生体の耐性の指標であり, 言い換えれば刺激により生体に生じる反応の総合的な大きさ (負担度) の指標であると考えられる。一定強度の有酸素運動をした際の心拍数とその人に可能な最大運動時の心拍数 (毎分「 $220 - \text{年齢}$ 」として予測される) との比 (%最大心拍数: 相対的運動強度)

図2 産出時間の平均値。
エラーバーは95%信頼区間 (片側)

図3 男女別の産出時間の平均値。
エラーバーは95%信頼区間 (片側)

図4 性別で分けた時のエアロバイク運動後と操作なし状態の差。エラーバーは95%信頼区間 (片側)

心拍数が音楽聴取時の時間感覚に与える影響

は持久性体力の指標として運動処方をする際に用いられていて [22], 持久性体力が低いほど大きく高いほど小さい。本研究で得られた % 最大心拍数はエアロバイク 20km/h 運動では平均 38.77% (男性 39.16%, 女性 38.38%) であり, エアロバイク 30km/h 運動では平均 46.31% (男性 44.31%, 女性 48.32%) であった。図 5 に, 30 km/h 運動時の % 最大心拍数を横軸に, 産出時間を縦軸にとった散布図を示す。男性では % 最大心拍数が大きく体力が低いと考えられる参加者では産出時間が短く時間を過大評価する傾向が認められるが, 女性では体力が低くても時間を過大評価する参加者は少ない。本研究で負荷した 30 km/h 運動水準の強度は中程度の強度に相当し [23], 相対的運動強度は男女とも 30~60% 程度の範囲に分布する。このような強度と負担度の運動では代謝速度の増加よりも生体の負担度による影響の方が大きく, 負担度の影響には男女差があると考えれば本研究の成績は矛盾なく説明できる。

また, 先行研究によって体温が高い状況下で時間感覚が加速すること [24, 25], 暑熱環境下では男性のほうが女性よりも運動終了後の貯熱量が高いこと [26] が示されている。本研究の相関分析の結果からも, 女性には心拍数と体温に負の相関が得られている。しかし, 本研究での体温測定は体表温度のみであり, 運動による体温の変動も微小であった。

今後は, 脳内の代謝速度を実際に測定する, より強度 (消費カロリー) の高い運動を負荷する, あるいは深部体温の測定なども加えたより詳細な研究が必要であろう。さらに, 本研究では参加者には運動しやすい服装で実験に参加することを求めたが, 着衣量を完全にコントロールしていなかった。室温や湿度といった実験室内環境の統制もとくには行っていない。今後の実験では, 温熱 6 要素をパラメータとして産出される予測平均温冷感 (Predicted Mean Vote: PMV) [27] を操作して, 温熱環境が時間評価にどのような影響を及ぼすかについても検討を行っていききたい。

図5 エアロバイク 30km/h 条件における産出時間と % 最大心拍数の散布図

3.2 音楽経験の有無で実験参加者を分けたとき

実験後に記入を求めた音楽経験の有無についてのアンケート結果より参加者 48 名を 2 群に分けた (図 6)。エアロバイク運動後心拍テンポ条件において, 音楽経験のある参加者は 13 名 (20km/h 条件: 男性 2 名, 女性 5 名, 30km/h 条件: 男性 2 名, 女性 4 名), 音楽経験のない参加者は 11 名 (20km/h 条件: 男性 5 名, 女性 1 名, 30km/h 条件: 男性 4 名, 女性 2 名) であった。操作なし状態心拍条件では, 音楽経験のある参加者は 14 名 (20km/h 条件: 男性 2 名, 女性 5 名, 30km/h 条件: 男性 2 名, 女性 5 名), 音楽経験のない参加者は 10 名 (20km/h 条件: 男性 4 名, 女性 1 名, 30km/h 条件: 男性 4 名, 女性 1 名) であった。

基準値 0 との比較において, 音楽経験のある参加者は, 心拍数操作 20km/h でテンポ条件エアロバイク運動後心拍テンポ条件の時に, 時間を過小評価した。また, 心拍数操作条件と楽曲テンポ操作条件に音楽経験条件 (参加者間: 経験あり, 経験なし) を加え, 3 要因 2 水準の分散分析を行った結果, 心拍数操作条件の主効果, 楽曲テンポ操作条件と音楽経験の交互作用がそれぞれ有意であった ($F(1,40) = 5.22, p = .028$; $F(1,40) = 4.45, p = .041$)。単純主効果検定の結果, 音楽経験なし条件における楽曲テンポ操作条件が有意傾向であり ($F(1,40) = 4.01, p = .051$), エアロバイク運動後心拍条件における音楽経験が有意であった ($F(1,40) = 4.16, p = .048$)。これらの結果から, 音楽経験のある人は運動後に時間を過小評価 (経過時間を長く感じる) しやすく, 音楽経験のない人は楽曲テンポや心拍数変化に影響を受けやすいことが導ける。

イベントの数が多いと時間が過大評価される現象を充実時程錯覚と言う。松田ほか [12] の先行研究では, テンポが遅い時には充実時程錯覚とは逆に時間の過小評価が生じることが示されている。音楽経験者は楽曲の音や演奏, フレーズなどに注意が向くことで多くのイベントを体験するのに対し, 非経験者はメロディをひとまとまりのものとして聴いている可能性が考えられる。本研究の心拍数操作 20km/h 条件での過小評価は, 音楽経験者が体験したイベントの数による逆充実時程錯覚によると考えられる。松田ほか [12] の実験では, 音楽経験者よりもむしろ非経験者のほうが産出時間は過小評価される傾向にあり, 本研究とは逆の結果となった。先行研

図6 音楽経験で分けた時のエアロバイク運動後と操作なし状態の差。エラーバーは 95% 信頼区間 (片側)

究では心拍数の操作は行っていないために単純に比較することはできないが、この結果の差異は用いた楽曲の違いが影響していることが考えられる。先行研究 [12] で用いた楽曲は1小節ごとに音符数が操作されていたことからメロディの凝集性が低く、まとまって認識されにくかったことが考えられる。そして、音楽刺激への新奇性認知が時間を過小評価させたのではないだろうか。本研究と同様の音楽刺激を用いた先行研究 [15] では、音楽経験の有無による時間評価の有意な差は見られなかったが、そこでは参加者にエアロバイクを全力で漕がせた後に聴取させた音楽のテンポは80bpmに固定されていた。そのため、条件としては本研究における操作なし状態心拍テンポ条件の30km/h条件に相当するものと考えられ、本研究と同様の結果が得られていると言える。

また、本研究の参加者は、音楽経験あり群は女性が、経験なし群は男性が多かった。この比率の違いが結果に影響した可能性がある。特に、エアロバイク運動後心拍テンポ条件における心拍数操作30km/hと、操作なし心拍テンポ条件における心拍数操作20km/hにおいて、男性参加者と経験なし群

の時間評定値が非常に類似している。そのため、性差と音楽経験の要因が交絡している可能性が考えられる。両者を分離あるいは因果関係を示すためにも、音楽経験の有無の男女比を揃えて実験を行う必要があるだろう。

3.3 心理指標の評定値の分析

心理指標の評定結果を表1と表2に示す。各心拍数操作条件において、心理評定値の間に有意な差があったかどうかを確認するために、参加者内1要因(評定期間条件:操作なし状態,エアロバイク運動後)、参加者間2要因(心拍数操作条件,楽曲テンポ条件)の3要因分散分析を行った。

音楽を聴いていた時の気分について、「気持ちが悪くなる—気持ちが良くなる」の項目において、心拍数操作条件と楽曲テンポ条件の交互作用が有意であった($F(1,44)=6.90$, $p=.012$)。楽曲テンポは音楽を聴いていた時の気持ちを左右し、特に30km/h運動後には速いテンポの楽曲の方が気持ちを良くすることが明らかとなった。また、「騒々しい—穏やか」の項目において、評定期間条件で有意傾向が見られた

表1 各心理評定の平均値と標準偏差

《音楽を聴いていた時の気分について》										
	操作なし状態 操作なし状態心拍テンポ		エアロバイク20km/h 操作なし状態心拍テンポ		エアロバイク20km/h エアロバイク後心拍テンポ		エアロバイク30km/h 操作なし状態心拍テンポ		エアロバイク30km/h エアロバイク後心拍テンポ	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
不快—快	5.21	0.10	5.17	0.17	5.17	0.24	5.25	0.22	5.50	0.31
気持ちが悪くなる—気持ちが良くなる	5.21	0.12	5.33	0.26	5.17	0.30	4.92	0.19	5.50	0.23
気分が落ち込む—元気になる	4.63	0.13	4.42	0.40	4.42	0.34	4.50	0.26	5.25	0.33
騒々しい—穏やか	5.71	0.14	5.33	0.33	5.25	0.35	5.67	0.31	5.17	0.42
疲れる—楽	5.44	0.15	5.17	0.27	5.17	0.27	5.33	0.28	5.42	0.38
消極的な気分—積極的な気分	4.19	0.16	4.25	0.35	4.42	0.29	4.25	0.33	4.75	0.45

《音楽を聴いていた時の心身の自覚について》										
	操作なし状態 操作なし状態心拍テンポ		エアロバイク20km/h 操作なし状態心拍テンポ		エアロバイク20km/h エアロバイク後心拍テンポ		エアロバイク30km/h 操作なし状態心拍テンポ		エアロバイク30km/h エアロバイク後心拍テンポ	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
心地悪い—心地良い	5.35	0.11	5.25	0.22	5.33	0.22	5.08	0.29	5.58	0.31
目がさえる—眠くなる	5.25	0.16	5.08	0.29	4.33	0.41	4.83	0.49	4.08	0.43
イライラする—落ち着く	5.63	0.11	5.25	0.30	5.33	0.28	5.17	0.37	5.50	0.34
緊張する—リラックスする	5.56	0.13	5.17	0.32	5.17	0.39	5.50	0.34	5.33	0.31
疲れる—楽	5.35	0.12	5.25	0.28	5.17	0.32	4.83	0.27	5.50	0.34
不安—安心	5.42	0.14	4.83	0.34	5.00	0.30	5.33	0.26	5.50	0.38

《音楽の印象について》										
	操作なし状態 操作なし状態心拍テンポ		エアロバイク20km/h 操作なし状態心拍テンポ		エアロバイク20km/h エアロバイク後心拍テンポ		エアロバイク30km/h 操作なし状態心拍テンポ		エアロバイク30km/h エアロバイク後心拍テンポ	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
嫌い—好き	5.06	0.11	5.08	0.26	4.83	0.21	4.92	0.23	5.58	0.26
速い—遅い	4.54	0.17	4.00	0.28	4.42	0.26	4.33	0.40	3.58	0.26

表2 音楽感情価の平均値と標準偏差

	操作なし状態 操作なし状態心拍テンポ		エアロバイク20km/h 操作なし状態心拍テンポ		エアロバイク20km/h エアロバイク後心拍テンポ		エアロバイク30km/h 操作なし状態心拍テンポ		エアロバイク30km/h エアロバイク後心拍テンポ	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
明るい	3.83	0.13	3.92	0.34	3.25	0.25	4.25	0.18	4.50	0.15
悲しい	2.42	0.17	1.83	0.24	2.50	0.38	2.00	0.30	1.75	0.22
優しい	4.02	0.12	3.75	0.30	3.83	0.17	4.42	0.19	3.50	0.34
刺激的な	1.60	0.14	1.75	0.28	1.67	0.28	1.58	0.34	2.25	0.37
浮かれた	2.63	0.16	2.58	0.29	2.42	0.34	2.42	0.31	2.92	0.36
厳かな	2.15	0.15	2.25	0.25	1.83	0.30	1.75	0.28	1.83	0.24
楽しい	3.56	0.13	3.33	0.33	3.92	0.19	4.00	0.25	4.33	0.14
暗い	2.17	0.14	2.50	0.42	1.75	0.18	1.67	0.33	1.67	0.19
おだやかな	4.17	0.13	3.75	0.30	3.92	0.29	4.08	0.29	3.33	0.36
強い	1.85	0.14	2.17	0.30	2.17	0.27	1.42	0.19	2.75	0.28
落ち着きのない	1.98	0.15	2.25	0.41	2.00	0.25	1.92	0.29	2.25	0.30
気高い	2.48	0.15	2.75	0.30	2.08	0.26	1.92	0.31	2.92	0.34

心拍数が音楽聴取時の時間感覚に与える影響

($F(1,44)=3.29, p=.076$)。評定平均値は操作なし状態の心拍数(3条件)がエアロバイク運動後の心拍数操作(2条件)よりも高いことから、操作なし状態の心拍数のテンポの楽曲の方が、穏やかな気分になる傾向にあった。

音楽聴取時の心身の自覚について、「イライラする－落ち着く」の項目において、評定時期条件が有意傾向であり($F(1,44)=3.23, p=.079$)、「目がさえる－眠くなる」において、評定時期条件が有意であり($F(1,44)=9.37, p=.004$)、楽曲テンポ条件と評定時期条件の交互作用が有意傾向であった($F(1,44)=3.66, p=.062$)。操作なし状態で楽曲を聴いているときが最も落ち着いている一方で、運動後には目がさえ、特に運動後の心拍数と同じテンポの楽曲を聴くことで目がさえやすいという結果となった。

音楽の印象については、「嫌い－好き」の項目において、心拍数操作条件と楽曲テンポ条件の交互作用が有意であり($F(1,44)=6.21, p=.017$)、評定時期条件と心拍操作条件の交互作用が有意傾向であった($F(1,44)=3.40, p=.072$)。エアロバイク運動後の心拍数とすることで、楽曲への好意度が大きく左右される傾向にあった。また、聴取時の気分の結果と同様に、30km/h運動後には心拍数の上昇に合わせたテンポの速い楽曲が好まれることが明らかとなった。「速い－遅い」において、評定時期条件が有意傾向であり($F(1,44)=3.67, p=.062$)、3要因の交互作用が有意傾向であった($F(1,44)=3.67, p=.062$)。体感的な楽曲テンポは、本来の楽曲テンポだけでなく、運動の前後、また運動の強度などによって左右される傾向にあった。特に、エアロバイク30km/hでは他の条件と比較して楽曲のテンポを遅く感じており、中程度の運動の時に内的時間の加速が顕著であったと考えられる。

音楽感情価について、「明るい」の項目において心拍数操作条件が有意であり($F(1,44)=9.08, p=.004$)、30km/h運動後には、聴取する楽曲に明るい印象を持つ結果となった。「優しい」の項目において、心拍数操作条件と楽曲テンポ条件の交互作用が有意傾向であり($F(1,44)=3.51, p=.068$)、楽曲テンポ条件と評定時期条件の交互作用が有意であった($F(1,44)=6.20, p=.017$)。操作なし状態の方が楽曲に優しい印象を抱きやすい傾向にあり、エアロバイク運動後の心拍数の楽曲の場合には、その傾向が顕著であった。「おだやかな」の項目においても同様の結果であった。その他の項目は評定平均値が中央値3を下回ったことから、聴取した音楽の感情価として適合性が低かったと言える。

4. ま と め

本実験の結果より、エアロバイク30km/h運動での心拍数の上昇による内的時間の加速が時間評価に強い影響を与えていると言える。心理指標との関係については、エアロバイク30km/h運動後に速いテンポの楽曲を聞いた時には参加者は気持ちがいいと感じていた。その楽曲を肯定的に評価していたにもかかわらず、経過した時間の長さは過大評価されていた。この結果は、「楽しい時間ほど短く感じる」という一般的な感

覚とは反対の傾向であった。「楽しい時間」は何か楽しい課題に取り組んでいる時に、その課題に注意が向きがちになり、時間経過に注意が向かないことが関係しているという解説が多い[20]。課題の楽しさではなく気分的な楽しさについての評価は、課題や時間経過に対する注意とは直接的に対応するものではないのだろう。他方、心拍数などで見られる生理的状态は感じられる時間と強い対応づけがあるものと考えられる。

実験結果に基づき、BGMなどの音楽を使った心的時間の長さの操作や時間管理の手法の開発についても検討した。男性に関しては、さまざまなテンポの音楽を流すことで主観的時間を有意に操作できることが分かった。つまり、安静時と比較して、エアロバイク30km/h運動の後にはテンポの速い音楽の聴取により経過時間がより長く感じられ、エアロバイク20km/h運動の後にはゆっくりした音楽で経過時間が短く感じられた。この傾向を利用すると、男性に関しては、待ち時間を短くするためには、相対的運動強度が30%程度の緩やかな運動の後にゆったりした音楽を聴かせるのが有効であろう。たとえば、階段の昇降や比較的長い距離を歩行のあとに入る部屋は、待ち時間を長く感じさせない待合室として有用と考えられる。また、楽しく感じられるような時間を長引かせるには、中程度の強度の運動などで代謝を上げつつ、テンポの速いBGMを流すのが有効と言えるだろう。代謝が上がるようなスポーツを娯楽として楽しむ場合、速いテンポのBGMをかけておくと、その間の時間をより長く感じることを可能にするものと期待できる。今後、女性に関しても、BGMなどの音楽を使った心的時間の長さの有効な操作法や時間管理法についても特定したい。

5. 今後の課題

本研究には、以下の3つの課題が残された。第1に、本研究の心拍数操作条件ではエアロバイクを漕ぐ速度で心拍数を操作したが、20km/h条件では参加者24人の心拍数の変域は24人中23人が ± 10 bpm以内であった。一方で30km/h条件では、ほとんど変化の見られない者から63bpm上昇した者まで多様であった。第2に、本研究では、1週目に生理指標を、2週目に産出時間を測定した。1週間後にも生理指標の数値に一貫性が保たれているという仮定の下に実験を行ったものの、1週間のインターバルによる数値の変動があった可能性が考えられる。第3に、本研究で運動後に測定した生理指標は運動直後の値であるが、時間評価のための1分間に低下した可能性がある。特に、ゆっくりした運動後の時間の過大評価が運動後の代謝の低下によるという仮説を検証するためにも、運動後の代謝量の変動を記録する必要がある。これら3つの課題を解決するために、今後は血流計等を用いて生理指標を直接リアルタイムで測定して楽曲テンポを操作することを検討したい。リアルタイムでの代謝量測定値をバイオフィードバックのように参加者に呈示することで、心拍数操作条件の妥当性向上が期待される。本研究で2週に分けて行った生理指標測定と時間評価を同時に行えるため、代謝量の

一貫性が保証される。さらに時間評価を行っている間も生理指標の測定が可能であるため、ゆっくりした運動後の時間の過大評価について、代謝量と関連付けた考察が可能となる。

参 考 文 献

- [1] Temperley, N. M.: Personal tempo and subjective accentuation, *Journal of General Psychology*, 78, pp.267-287, 1968.
- [2] Buchanan, J. C.: An exploratory study of preschool children's synchronization of a selected rhythmic activity with music set at their heart rates, Unpublished Ph. D. dissertation, University of South Florida, 1988.
- [3] Fraisse, P.: Rhythm and tempo, In D. Deutsch (Ed.), *Psychology of Music*, New York, Academic Press, pp.149-180, 1982.
- [4] Marriott, H. L. J.: *Practical electrocardiography*, Baltimore, MD, Williams & Wilkins, 1977.
- [5] Deutsch, D.: 音楽の心理学 (上) 監訳: 寺西立年・大串健吾・宮崎謙一, 西村書店, 1987.
- [6] Iwanaga, M.: Harmonic relationship between preferred tempi and heart rate, *Perceptual and Motor Skills*, 81, pp.67-71, 1995.
- [7] Iwanaga, M.: Relationship between heart rate and preference for tempo of music, *Perceptual and Motor Skills*, 81, pp.435-440, 1995.
- [8] Milliman, R. E.: Using background music to affect the behavior of supermarket shoppers, *Journal of Marketing*, 46(3), pp.86-91, 1982.
- [9] Milliman, R. E.: The influence of background music on the behavior of restaurant patrons, *Journal of Consumer Research*, 13(2), pp.286-289, 1986.
- [10] Chebat, J. C., Gelinat-Chebat, C., and Filiatrault, P.: Interactive effects of musical and visual cues on time perception: an application to waiting lines in banks, *Perceptual and Motor skills*, 77(3), pp.995-1020, 1993.
- [11] Oakes, S.: Music tempo and waiting perceptions, *Psychology and Marketing*, 20(8), pp.685-786, 2003.
- [12] 松田憲, 一川誠, 矢倉由果里: BGMの音楽的特徴が聴覚的時間評価に及ぼす影響: テンポと音符に基づく検討, *日本感性工学会論文誌*, 12(4), pp.493-498, 2013.
- [13] Gundlach, R. H.: Factors determining the characteristics of musical phrases, *American Journal of Psychology*, 47, pp.624-643, 1935.
- [14] Hevner, K.: The affective value of pitch and tempo in music, *American Journal of Psychology*, 49, pp.621-630, 1937.
- [15] 松田憲, 堀江悠美, 一川誠: BGM聴取時の心拍数・体温・血圧が時間評価に及ぼす影響, *日本認知科学会28回大会論文集*, pp.636-642, 2011.
- [16] Altshuler, I. M.: The past, present and future of musical therapy, *Music therapy*, pp.24-35, 1954.
- [17] 武中美佳子, 岡井沙智子, 小原依子, 井上健: 心拍を基準としたテンポのリズム聴取による生理反応に関する研究,

臨床教育心理学研究, 31, pp.43-55, 2005.

- [18] 堀田晴子, 澤村貫太, 井上健: 被験者の心拍数に応じたテンポによる音楽聴取時の心拍変動について, *臨床教育心理学研究*, 33, pp.1-8, 2007.
- [19] 鹿野輝三: 時間評価に対する音楽刺激の影響, *金城学院大学論集*, 20, pp.79-94, 1995.
- [20] 一川誠: 大人の時間はなぜ短いのか, 集英社新書, 2008.
- [21] Frankenhaeuser, M.: *Estimation of time: An experimental study*, Stockholm, Almqvist & Wiksell, 1959.
- [22] アメリカスポーツ医学会(編)・日本体力医学会体力科学編集委員会(監訳): 運動処方指針: 運動負荷試験と運動プログラム 原書第8版, 南江堂, 2011.
- [23] 厚生労働省: 健康づくりのための運動指針, www.mhlw.go.jp/shingi/2006/07/dl/s0725-9f.pdf
- [24] Hoagland, H.: The physiological control of judgments of duration: Evidence for a chemical clock, *Journal of General Psychology*, 9, pp.260-287, 1933.
- [25] Hoagland, H.: Some biochemical considerations of time, In J. T. Fraser (Ed.), *The voices of time*, Amherst, MA: The University of Massachusetts Press, pp. 312-329, 1981.
- [26] 高津理美, 山崎昌廣, 長谷川博: 運動後の回復過程における体温調節時反応の性差, *体力科学*, 57, pp.295-304, 2008.
- [27] Fanger, P. O.: *Thermal comfort*. Danish, Technical Press, 1970.

松田 憲 (正会員)

2005年 京都大学大学院教育学研究科博士後期課程修了。2007年 山口大学大学院理工学研究科講師, 2014年 同准教授。現在に至る。博士(教育学)。心理学の実験手法を用いて, 単純接触効果や概念形成, リスク認知, 広告効果, ノスタルジア, 時間評価の研究を行っている。日本心理学会, 日本認知科学会, 日本認知心理学会, Cognitive Science Society, Psychonomic Society 各会員。

一川 誠 (正会員)

1994年 大阪市立大学大学院文学研究科博士後期課程修了。博士(文学)。1994年 ヨーク大学視覚研究所博士研究員。1997年 山口大学工学部講師, 2000年 同助教授。2006年 千葉大学文学部助教授, 2013年 同教授。現在に至る。知覚, 認知, 感性領域における実験心理学の研究に従事。日本心理学会, 日本視覚学会, 日本基礎心理学会, 日本認知心理学会, 日本時間学会, Association for Research on Vision and Ophthalmology, Vision Sciences Society 各会員。

橘 佳奈 (非会員)

2013年 山口大学工学部感性デザイン工学科卒業。学士(工学)。現在は神戸すまいまちづくり公社に在職。在学中は, 心拍数と音楽聴取時の時間評価についての研究に従事。