

# 背景音のテンポが行動ペースに与える効果

栗 林 龍 馬・入戸野 宏

広島大学大学院総合科学研究科

## Effects of the Tempo of Background Sounds on the Speed of Behavior

Ryuma KURIBAYASHI and Hiroshi NITTONO

Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University

**Abstract:** Many natural phenomena, such as the seasons, days, breaths, and heartbeats, have a cyclic nature. The speed of a cycle is termed tempo. The tempo of background sounds has been shown to affect the speed of behavior; hearing fast-tempo sounds often results in accelerated behavior. However, the mechanism underlying this phenomenon remains unclear. In this paper, we provide a short review of the literature with a particular focus on two processes: perceptual-motor synchronization and arousal increase. Moreover, we propose that the context, i.e., whether the tempo of background sounds becomes faster or slower, is an important factor for change in behavioral speed. Possible directions for further research are discussed.

**Keywords:** tempo of background sounds, pace of behavior, synchronization, arousal, internal clock, context

### 1. はじめに

われわれの周りには、さまざまなレベルで周期的な繰り返し現象がある。たとえば、四季の繰り返

し、日の出と日の入り、潮の満ち引き、寄せては返す波、目覚めと入眠、歩行、呼吸、心臓の鼓動など、宇宙現象から生理現象にまで認められる。これらの現象を時間的側面からとらえると、周期の長さが、年、日、秒単位で異なることがわかる。このような繰り返し現象の時間的側面をテンポという。周期が短いことをテンポが速い、長いことをテンポが遅いと表現する。

人はさまざまな現象がもつテンポに敏感である。テンポの違いによって異なる気分が生じたり、知覚したテンポから特定の文脈や状況をイメージしたりすることができる。たとえば、ゆったりとしたテンポの波の音を聴くと落ち着いた気分になり、テンポの速い行進曲を聴くとはつらつとした気分になるだろう。また、速く歩いている人は急いでいて忙しそうだが、ゆっくり歩いている人はのんびりとしていて忙しくないのだろうと考える。さらに、環境中のテンポは、人の行動ペースや生理的活動のテンポに影響を与えることが知られている。特に、聴覚刺激である背景音(環境音や背景音楽)のテンポが自発的な行動ペースに影響を与えることが、多くの研究で報告されている(レビューとして、Kampfe, Sedlmeier, & Renkewitz, 2011)。背景音が人に与える効果を検討した研究では、聴覚刺激として音楽が用いられることが

多い。音楽は多次元で複雑であるが(e.g., リズム, メロディ, ハーモニー, テンポ, 音の大きさ, 高さ, 音色), その中でもテンポは曲の印象に影響を与える最も重要な要因であると考えられている(Gundlach, 1935; Hevner, 1937)。しかし, 背景音のテンポが行動ペースに与える影響過程は明確にはわかっていない。

本稿の目的は, 背景音のテンポが行動ペースに与える効果と, その効果が生じる主な原因について概説することである。本稿では, 特定の作業を行っている背景で聞こえる音(背景音楽や環境音)のテンポが行動ペースに与える影響について扱う。そのため, モーツァルトが作曲した音楽を聴いた後に空間課題を行うと成績が上昇したといった“モーツァルト効果”(Rauscher, Shaw, & Ky, 1993; 反論としてJones & Zigler, 2002)のような, 音を聴いた後の行動やパフォーマンスに及ぼす効果については扱わない。テンポの速さはbpm (beats per minute)で表現される。そこで, 最初にbpmの大きさとテンポの知覚に関する知見を紹介する。次に, 背景音のテンポが行動ペースに与える効果を概観する。そして, この効果が生じる主な原因を3つ述べ, これらの原因と関連する知見について概説する。

## 2. bpmの大きさとテンポの知覚の関係

音楽のリズムは音と音の間隔が複雑に変化するが, 一定の単位でグループ化されている。このように構造化された音列に対して, 人は規則的なタイミングで拍(pulse, beat)を感じる(Honing, 2012; Large & Snyder, 2009; Trainor, 2007)。作曲された音楽の拍は構造化されており, たとえば強弱がある(e.g., 弱拍, 強拍)。これを拍子(e.g., 2拍子, 4拍子)という。この拍子に基づいて, テンポは1分間あたりの拍数(bpm: beats per minute)で表される。bpmの数値が小さいほどテンポが遅く, 数値が大きいほどテンポが速い。テンポが遅すぎたり, 速すぎたりすると, 一定のリズム構造が知覚できなくなる。快適なテンポは70-120 bpm (Iwanaga, 1995; McAuley, 2010; McAuley, Henry,

Tkach, & Annals, 2012; Dowling & Harwood, 1986; Rosenfeld, 1985)で, 知覚しやすいテンポは67-200 bpm (300-900 msの音間隔)の範囲であるといわれている(Fraisse, 1982; Trainor, 2007)。快適なテンポと関連して, 好みのテンポには個人差があることが知られており, パーソナルテンポ(精神テンポ)として古くから検討されている(Rim, 1981; Rimoldi, 1951)。身体運動を行う時は, 自分の好みのテンポ(パーソナルテンポ)で行動すると身体効率がよく, 生理的負担が小さいと考えられている(Rimoldi, 1951; 平, 1996)。

また, メトロノームのように間隔が一定の音列を聴いたときでも, 2拍ごと, 3拍ごとなど, 異なる拍子でテンポが知覚されることがある。このことは, 主観的リズム(subjective rhythmization)として知られている(Bolton, 1894)。このことと関連して, 遅すぎたり速すぎたりするリズム音を聴きながら自由にタッピングを行わせると, およそ100 bpmのテンポでタッピングすることが示されている(Madison, 2009)。また, 快適な歩行のテンポはおよそ120 bpmであると考えられている(Styns, van Noorden, Moelants, & Leman, 2007)。これらの知見は, 知覚や運動において快適なテンポがおよそ100-120 bpmであることを支持する。

一方, 快適なテンポとは関係なく, テンポの速い背景音を聞くと行動ペースが速くなるのが, 多くの研究で報告されている。テンポの速い背景音を聞いて行動ペースが速くなる現象の背景には, テンポの速さそのものが人に与える心理生理学的な効果があると考えられる。

## 3. 背景音のテンポが行動ペースに与える影響とその心理生理学的背景

背景音のテンポが行動ペースに与える影響を検討した研究を, 発表された年代順にTable 1にまとめた。各研究で用いられた聴覚刺激, および行動ペースを測定するために用いた課題, 操作した背景音のテンポや条件, 報告された行動ペースを示した。多数の研究で音楽が使用されており, いくつかの研究でメトロノームが用いられている。およそ70 bpm以下が遅いテンポ, およそ90 bpm以上

が速いテンポとして扱われている。また、統制条件として無音またはノイズを用いた条件が設けられている。統制条件や遅いテンポと比較して、速いテンポの背景音が提示されたときに行動ペースが速いことがわかる。ただし、3つ以上のbpmを用いて背景音のテンポと行動ペースの関係を検討した研究は少なく、テンポと行動ペースの関数関係は明確にはわかっていない。

従属変数として扱われた行動は、大きく二種類に分けられる。一つは、歩行や走行のように、同じ動作を繰り返す周期的なリズム運動を伴うものである。もう一つは、読書や筆記のようにリズム運動を伴わないものである。このような行動における周期性の有無の違いを考慮すると、背景音のテンポが行動ペースに影響を与える原因として、少なくとも二つの原因が考えられる。一つは、背景音のテンポと周期的な身体運動のリズムが同期(synchronize)するためである。もう一つは、背景音のテンポが覚醒に影響し、内的クロックが変化するためである。行動内容によって、両者は独立に、あるいは相互作用的に作用すると考えられる。以下、2つの仮説の根拠となる知見を紹介し、それぞれの仮説の下では行動ペースがどのように変化すると予測されるかを述べる。

これに関連して、Kuribayashi & Nittono (in press) は、テンポの文脈を考慮し、5つのテンポが徐々に速くなるときと、徐々に遅くなるときの筆記ペースの変化を比較している。その結果、テンポが徐々に速くなるときは筆記ペースが徐々に速くなるが、テンポが徐々に遅くなるときは筆記ペースが変化しないことを示している。このことは、テンポの文脈が行動ペースを規定する重要な要因の一つであることを示唆する。そこで、上述の2つの仮説に加え、テンポの文脈が行動ペースに与える効果について概説する。

### 3.1. 背景音のテンポと周期的な身体運動のリズムの同期

テンポの速い背景音を聴くと周期的なリズム運動のテンポ(ペース)が速くなることを示した研究が多数ある。たとえば、歩行や走行(Debarnot & Guillot, 2014; Edworthy & Waring, 2006; Milliman,

1982; Powell, Stevens, Hand, & Simmonds, 2010), 咀嚼(Roballey et al., 1985), 呼吸(Khalifa, Roy, Rainville, Dalla Bella, & Peretz, 2008)のテンポが速くなる。また、聴覚刺激だけでなく、視覚刺激のテンポ(刺激の反復呈示や繰り返し動作のスピード)も運動のテンポに影響を与えることが示されている(Bove et al., 2009)。これらの現象が生じる原因の一つとして、背景音のリズムに身体運動のリズムが引き込まれるために、背景音のテンポが速いと行動ペースが速くなることが考えられる。

人は音楽などの複雑なリズムでも、拍を容易に知覚し、それに合わせて体を動かすことができる(McAuley et al., 2012; Patton & McIntosh, 2008; Phillips-Silver, Aktipis, & Bryant, 2010; Zentner & Eerola, 2010)。乳児(5-24か月齢)や幼児(2-4歳)も音楽や規則的な音列のリズムに同期して、リズム運動をすることが知られている(Baruch & Drake, 1997; Bobin-Begue, Provasi, Marks, & Pouthas, 2006; Provasi & Bobin-Begue, 2003; Zentner & Eerola, 2010)。背景音のリズムに身体運動を同期させることは快感情を喚起するようである(Zentner & Eerola, 2010)。このような同期現象と関連して、背景音のリズムに運動のリズムが引き込まれる“引き込み(entrainment)”効果が、歩行運動中に生じることが知られている(Dickstein & Plax, 2012; Zentner & Eerola, 2010)。

また、このような背景音のリズムの引き込み効果は、身体運動だけでなく、認知処理にも影響を与える。提示された単語が疑似単語であるかどうかを判断してボタン押しを行う課題において、単語の提示されるタイミングが背景音のリズムと同期していると、弁別反応時間が短縮することが示されている(Brochard, Tassin, & Zagar, 2013)。また、背景音のリズムが提示されるタイミングに対する期待や、そのタイミングに注意を向けていた強さを反映する指標として、脳波の一種である事象関連電位(event-related potential: ERP)を用いて検討した研究もある。背景音のリズムに同期していないタイミングで単語が呈示されたとき、ERP成分のP3やN2の振幅が大きくなることが示されている(Cason & Schön, 2012)。P3の振幅は予期しない刺激に対して増大すること(Squires, Wickens,

Squires, & Donchin, 1976)や、N2の振幅は期待するタイミングや期待する刺激の特徴と一致しない刺激が提示されたときに増大すること (Folstein & Van Petten, 2008) が知られている。これらの知見は、背景音のリズム処理に伴う期待や注意機能が課題遂行の認知処理に影響を与えることを示唆している。

背景音のテンポに身体運動のリズムが引き込まれるために、背景音のテンポが速いと行動ペースが速くなるならば、行動ペースは背景音のテンポに比例して変化すると予測される。ただし、行動ペースが変化する範囲は、運動可能性の影響を受ける。bpmが小さすぎたり大きすぎたりすると、運動が追従できないため、グルーピングされるリズムの単位が変わり、行動ペースが比例的に変化しなくなると考えられる。

テンポの速い背景音がスポーツやエクササイズなどの身体運動のパフォーマンスを高めることの代替説明として、身体運動を行うときに聴く背景音は疲労感からの気そらし(distractor)の機能があるという主張がある(Karageorghis et al., 2011; Waterhouse, Hudson, & Edwards, 2010)。無音でランニングを行うときと比べて、音楽やメトロノーム音を聴きながらリズムにできるだけ同期してランニングを行うように指示されたとき、走行時間が延長し、疲労感が減少することが示されている(Bood, Nijssen, van der Kamp, & Roerdink, 2013)。この効果が生じる理由の一つとして、背景音のリズムに走行のリズムが同期することで、走行リズムのばらつきが小さくなり、身体効率がよくなることが考えられる(Terrier, 2012)。一方、同じテンポでも、聴覚刺激の特徴によって行動ペースや生理反応が異なることが報告されている。同じテンポ(130 bpm)でも、メトロノーム音と比べて、活動的な音楽では歩行のペースが速くなり、鎮静的な音楽では遅くなる(Leman et al., 2013)。また、個人ごとに快適な歩行のテンポに合わせたテンポでも、メトロノーム音と比べて、音楽では歩行速度や歩幅が大きくなる(Wittwer, Webster, & Hill, 2013)。さらに、Khalifa et al. (2008)は、テンポが速く楽しい楽曲と、テンポが遅く悲しい楽曲に加えて、それらの楽曲から音高の変化を取り除いた

修正版楽曲と、音高とリズムの変化を取り除いた(テンポだけ残した)修正版楽曲を聴取したときの生理反応(心拍数、血圧、呼吸、皮膚コンダクタンス水準、大頰骨筋、皺眉筋)を比較した。その結果、悲しい楽曲と比べて楽しい楽曲を聴くと、拡張期血圧、皮膚コンダクタンス水準、大頰骨筋の活動が増加することが示された。一方、音高の変化やリズムの変化を取り除いた修正版楽曲では、このような生理反応の違いが認められなかった。ただし、テンポだけを残した修正版楽曲では、テンポが速いと呼吸が速くなることが示された。これらのことは、テンポの速い背景音を聴くと行動ペースが速くなることの背景には、背景音のリズムと身体運動や生理活動のリズムが同期すること以外に、活動性を高める心理生理学的な要因があることを示唆する。そこで次に、背景音のテンポが覚醒に与える効果と行動ペースの関係について概説する。

### 3.2. テンポの速い背景音による覚醒上昇と内的クロックの加速

歩行のように周期的なリズム運動ではない行動においても、テンポの速い背景音を聴くと行動ペースが速くなることが示されている。たとえば、テンポの速い音楽を聴くと、筆記ペースや(Kuribayashi & Nittono, in press; Nittono, Tsuda, Akai, & Nakajima, 2000)、読書のペース(Kallinen, 2002)、ギャンブルのベットペース(Mentzoni, Laberg, Brunborg, Molde, & Pallesen, 2014)、運転速度(Brodsky, 2001; Cassidy & MacDonald, 2010)、飲料水を飲むペース(McElrea & Standing, 1992)が速くなる。

読書のように比較的認知的負荷の高い活動を行うとき、背景音(音楽)は外部環境からの余計な感覚情報や主課題(e.g., 読書)とは関係のない情報(e.g., 記憶、予期、不安)の入力や喚起を抑制し、主課題の遂行を促進するはたらきがあると考えられる。一方、テンポの速い音楽は、テンポの遅い音楽と比べて、単位時間あたりに要求される情報処理量が多いため、主課題の遂行を妨害する可能性がある(Holbrook, 1981)。Kallinen (2002)は、騒がしいカフェテリアで読書をするときに、音楽プ

レーヤーで音楽を聴くときと音楽を聴かないときの読書ペースと読書効率(単位時間あたりに読んだ単語の量×読書理解度)を比較している。音楽のテンポは、遅いテンポ(66 bpm)と速いテンポ(92 bpm)の2種類を用いた。その結果、音楽を聴かないときと比べて、テンポの速い音楽を聴きながら読書したときの方が読書ペースが速く、読書効率が高かった。反対に、テンポの遅い音楽下で最も読書ペースが遅く、読書効率が低かった。このことは、背景音楽が主課題とは関連しない情報を抑制するだけでなく、テンポの速さが情報処理の速さに影響を与えることを示唆する。情報処理を促進する心理生理学的背景の一つとして、テンポの速い背景音の聴取による覚醒の上昇が考えられる。

Gabrielsson & Lindstrom (2001)は、リズムやメロディなどの音楽要素が音楽の感情表現に与える影響をまとめている。その中で、速いテンポは「活動性、興奮」「嬉しさ、喜び、楽しさ」「力」「驚き」「怒り」、遅いテンポは「平穏、落ち着き」「威厳、荘厳」「悲しみ」「やさしさ」「退屈」「嫌悪」などの表現に結びつくと言われている。このことは、速いテンポは覚醒度の高い心理状態を、遅いテンポは覚醒度の低い心理状態を喚起することを示唆している。実際に、テンポの速い音楽を聴くと、主観的覚醒が高まる(Day, Lin, Huang, & Chuang, 2009; Ding & Lin, 2012; Husain, Thompson, & Schellenberg, 2002; Ma, Lai, Yuan, Wu, & Yao, 2012; McConnell & Shore, 2011; Schellenberg, Nakata, Hunter, & Tamoto, 2007; Thompson, Schellenberg, & Husain, 2001; Tian, Ma, Tian, Xu, & Yao, 2013)。また、速いテンポの刺激的な音楽を聴いているときは、ゆっくりしたテンポの鎮静的な音楽を聴いているときよりも、リラックス状態で亢進する副交感神経活動の指標となる心拍変動の高周波成分(HF)が減衰する(Iwanaga, Kobayashi, & Kawasaki, 2005)。さらに、覚醒の低下に伴って増加する脳波の $\theta$ 帯域のパワーが、速いテンポの音楽を聴いているときに低下する(Tian et al., 2013)。

覚醒の上昇は内的クロックのスピードを上げると考えられている。時間知覚や時間評価の古典的理論では、パルスの発生をカウントする内

的クロックを仮定している(Treisman, 1963)。覚醒の上昇がこの内的クロックを加速させ、時間評価を増大させることが多くの研究で主張されている(Schwarz, Winkler, & Sedlmeier, 2013; Tamm, Uusberg, Allik, & Kreegipuu, 2014)。覚醒度の低い中性的な写真を見ているときよりも、覚醒度の高い感情的な写真を見ているときの方が、写真の提示時間を長く感じる(Gil & Droit-Volet, 2012)。また、経過時間や刺激の提示時間の判断に先行してフリッカー(光の点滅)や音列(click train)を提示すると、無音のときと比べて経過時間や刺激の提示時間を長く感じる(Droit-Volet, 2010; Jones, Allely, & Wearden, 2011)。さらに、背景音を用いた研究もある。テンポの遅い音楽と比べて、覚醒が上昇するテンポの速い音楽を聴いたときの方が、待ち時間を長く感じる(Oakes, 2003)。また、覚醒が上昇するストレスフルなノイズを聴くと、無音のときと比べて時間再生が短くなり、特定のコースを実際に歩いたり、歩くのをイメージしたときの歩行時間が短くなる(Ozel, Larue, & Dosseville, 2004)。これらの知見は、テンポの速い背景音を聴いて覚醒が上昇することが内的クロックを加速させるために、行動ペースが速くなることを示唆する。これは神経生理学的な変化に起因すると考えられている(Lake & Meck, 2013)。速いテンポであっても、内的クロックが変化するほど生理的覚醒が上昇しなければ、行動ペースは変化しない。背景音のテンポと行動ペースの関係を検討したほとんどの研究は、覚醒を主観的に測定している。そのため、背景音のテンポが覚醒の変化を介して行動ペースに与える影響が、どのような関数関係で表されるかを本稿で予測することはできない。背景音のテンポが行動ペースに与える効果を検討するときは、主観的な測度だけでなく生理的な測度を測定することが望まれる。

### 3.3. テンポの文脈が行動ペースに与える効果

これまでに、背景音のテンポが行動ペースに影響を与える理由として2つの仮説について概説した。これまで取り上げてきた研究では、異なるテンポの背景音を提示する順序が参加者間でカウンタバランスをとられており、異なるテンポの背景

音が独立に行動ペースに与える効果が検討されてきた。しかし、テンポの違いは、比較によって相対的に知覚されることもある。感覚刺激の知覚や評価は、提示順序や文脈の違いによって変化することが、古典的な精神物理学の領域で明らかにされている(野口, 1964; Helson, 1964)。物理的には同じテンポであっても、直前のテンポから遅くなったときと速くなったときとでは、感じ方が異なるだろう。

Kuribayashi & Nittono (in press)は、実験参加者に5つのテンポ(30, 60, 120, 180, 240 bpm)の背景音を聴きながら筆記課題を行わせ、テンポの文脈を考慮して、背景音のテンポが徐々に速くなる順序の条件と、徐々に遅くなる順序の条件を比較した。前述した2つの仮説を考慮すると、テンポの文脈に関係なくテンポが速いほど覚醒が増加し、行動ペースが速くなると予測された。ところが得られた結果は、テンポの順序に関係なくテンポが速いほど主観的覚醒が上昇したにもかかわらず、背景音のテンポが徐々に速くなる時は筆記ペースが速くなったが、背景音のテンポが徐々に遅くなる時は筆記ペースが変わらなかった。このことは、聴取中の背景音のテンポが知覚 - 運動の同期や覚醒の上昇を介して、行動ペースを規定しているだけでなく、テンポの文脈が行動ペースを規定する要因の一つであることを示唆している。

この知見と関連して、上昇系列と下降系列の違いが心理生理学的に異なる影響を与えることを示す研究がいくつか報告されている。徐々に強度が小さくなる刺激と比べ、徐々に強度が大きくなる刺激の方が、顕著性が高く、より強いと評価される(Neuhoff, 1998; Neuhoff, Kramer, & Wayand, 2002)。また、Szabo, Small, & Leigh (1999)は、自転車エルゴメーターを行うとき、遅いテンポや速いテンポ、速いテンポから遅いテンポに変わる背景音楽と比べて、背景音楽のテンポが遅いテンポから速いテンポに変わったときに、より長く運動負荷に耐えられることを示している。これらの知見は、同じ強度の刺激を用いても、系列の違い(増加 vs 減少, 加速 vs 減速)によって心理生理反応が異なることを示唆している。たとえば、徐々に

音が大きくなることや、スピードが加速することは外敵や物体の接近を予期させるため、生体反応が敏感になったり、身体的な運動の準備状態を促進する可能性がある。

これらのことを踏まえると、背景音のテンポが行動ペースに与える影響を検討する際には、特定のテンポの背景音を聴取しているときの行動反応や心理生理反応を検討するだけでなく、テンポの文脈を考慮することが今後の課題といえる。

#### 4. まとめ

背景音のテンポが自発的な行動ペースに与える影響と、その心理生理学的背景について概説した。これまでの研究から、テンポの速い背景音を聴くと行動ペースが速くなる原因として、2つの原因を取り上げた。一つは、聴取中の背景音のテンポと周期的な身体運動のリズムが同期するためである。もう一つは、聴取中の背景音のテンポが覚醒に影響し、内的クロックが変化するためである。さらに、行動ペースを規定する重要な要因の一つとして、テンポの文脈の影響について概説した。聴取中のテンポが覚醒の上昇や知覚 - 運動の同期を介して行動ペースを規定しているだけでなく、先行して聴いた背景音のテンポの影響も受けると考えられる。

背景音のテンポが行動ペースに与える効果を検討するための今後の課題の一つとして、生理指標を用いた検討が挙げられる。音楽聴取が、動機づけや覚醒、ストレス、免疫機能に与える効果について、神経科学的な観点から説明がなされている(レビューとして, Chanda & Levitin, 2013)。しかし、背景音のテンポと行動ペースに関するこれまでの多くの研究では生理反応が測定されていない。背景音のテンポが内的クロックに与える影響や、背景音のリズムに対する期待や注意の大きさ、テンポの順序が行動ペースに与える効果を検討する手段として、脳波や自律神経系の活動を測定することが有効である。

われわれは、さまざまなテンポで繰り返される現象に囲まれて生活している。その中で、人は、強要されない限り自己のペースで行動している。

しかし、行動ペースは意識的に決定されるだけでなく、外部環境の繰り返し現象のテンポが無意識的に影響している可能性がある。家庭や就業環境が快適な環境となるように環境をデザインしていても、別の場所で経験したテンポが行動ペースやパフォーマンスに影響し、十分な効果が期待できない可能性がある。環境デザインを行う際には、特定の場面における環境だけでなく、ライフスタイルや前後の文脈、周りの環境を考慮した環境デザインが求められるだろう。また、背景音のテンポと行動ペースに関する研究が進めば、身体運動の協調や認知活動の向上を目的としたリハビリテーションにおける背景音の有効利用法を提案するといった実践への応用が期待される。

## 引用文献

- Baruch, C., & Drake, C. (1997). Tempo discrimination in infants. *Infant Behavior and Development*, **20**, 573-577. doi: 10.1016/S0163-6383(97)90049-7
- Bobin-Begue, A., Provasi, J., Marks, A., & Pouthas, V. (2006). Influence of auditory tempo on the endogenous rhythm of non-nutritive sucking. *European Review of Applied Psychology*, **56**, 239-245. doi: 10.1016/j.erap.2005.09.006
- Bolton, T. L. (1894). Rhythm. *American Journal of Psychology*, **6**, 145-238. doi: 10.2307/1410948
- Bood, R. J., Nijssen, M., van der Kamp, J., & Roerdink, M. (2013). The power of auditory-motor synchronization in sports: Enhancing running performance by coupling cadence with the right beats. *PLoS ONE*, **8**, e70758. doi: 10.1371/journal.pone.0070758
- Bove, M., Tacchino, A., Pelosin, E., Moisello, C., Abbruzzese, G., & Ghilardi, M. F. (2009). Spontaneous movement tempo is influenced by observation of rhythmical actions. *Brain Research Bulletin*, **80**, 122-127. doi: 10.1016/j.brainresbull.2009.04.008
- Brochard, R., Tassin, M., & Zagar, D. (2013). Got rhythm... for better and for worse. Cross-modal effects of auditory rhythm on visual word recognition. *Cognition*, **127**, 214-219. doi: 10.1016/j.cognition.2013.01.007
- Brodsky, W. (2001). The effects of music tempo on simulated driving performance and vehicular control. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, **4**, 219-241. doi: 10.1016/S1369-8478(01)00025-0
- Cason, N., & Schön, D. (2012). Rhythmic priming enhances the phonological processing of speech. *Neuropsychologia*, **50**, 2652-2658. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2012.07.018
- Cassidy, G. G., & MacDonald, R. A. (2010). The effects of music on time perception and performance of a driving game. *Scandinavian Journal of Psychology*, **51**, 455-464. doi: 10.1111/j.1467-9450.2010.00830.x
- Chanda, M. L., & Levitin, D. J. (2013). The neurochemistry of music. *Trends in Cognitive Sciences*, **17**, 179-193. doi: 10.1016/j.tics.2013.02.007
- Day, R.-F., Lin, C.-H., Huang, W.-H., & Chuang, S.-H. (2009). Effects of music tempo and task difficulty on multi-attribute decision-making: An eye-tracking approach. *Computers in Human Behavior*, **25**, 130-143. doi: 10.1016/j.chb.2008.08.001
- Debarnot, U., & Guillot, A. (2014). When music tempo affects the temporal congruence between physical practice and motor imagery. *Acta Psychologica*, **149**, 40-44. doi: 10.1016/j.actpsy.2014.02.011
- Dickstein, R., & Plax, M. (2012). Metronome rate and walking foot contact time in young adults. *Perceptual and Motor Skills*, **114**, 21-28. doi: 10.2466/15.25.PMS.114.1.21-28
- Ding, C. G., & Lin, C.-H. (2012). How does background music tempo work for online shopping? *Electronic Commerce Research and Applications*, **11**, 299-307. doi: 10.1016/j.elerap.2011.10.002
- Droit-Volet, S. (2010). Speeding up a master clock common to time, number and length? *Behavioural Processes*, **85**, 126-134. doi: 10.1016/j.beproc.2010.06.017
- Dowling, W. J., & Harwood, D. L., (1986). *Music cognition*. New York: Academic Press.
- Edworthy, J., & Waring, H. (2006). The effects of music tempo and loudness level on treadmill exercise. *Ergonomics*, **49**, 1597-1610. doi: 10.1080/00140130600899104
- Folstein, J. R., & Van Petten, C. (2008). Influence of cognitive control and mismatch on the N2 component of the ERP: A review. *Psychophysiology*, **45**, 152-170. doi:

- 10.1111/j.1469-8986.2007.00602.x
- Fraisse, P. (1982). Rhythm and tempo. In D. Deutsch (Ed.), *The Psychology of Music* (pp. 149-180). New York: Academic Press.
- Gabrielsson, A., & Lindstrom, E. (2001). The influence of musical structure on emotional expression. In P. N. Juslin & J. A. Sloboda (Eds.), *Music and emotion: Theory and research*. New York: Oxford University Press. (ガブリエルソン, A.・リンドストロム, E. 大串健吾・星野悦子・山田真司(監訳) (2008). 音楽と感情の心理学 誠信書房)
- Gil, S., & Droit-Volet, S. (2012). Emotional time distortions: The fundamental role of arousal. *Cognition & Emotion*, **26**, 847-862. doi: 10.1080/02699931.2011.625401
- Gundlach, R. H. (1935). Factors determining the characterization of musical phrases. *The American Journal of Psychology*, **47**, 624-643. doi: 10.2307/1416007
- Helson, H. (1964). *Adaptation level theory: Experimental and systematic approach to behavior*. New York: Harper & Row.
- Hevner, K. (1937). The affective value of pitch and tempo in music. *The American Journal of Psychology*, **49**, 621-630. doi: 10.2307/1416385
- 平 伸二 (1996). 精神テンポの発現機構 平 伸二(編) 心理的時間 - その広くて深いなぞ 北大路書房 pp. 169-182.
- Holbrook, M. B. (1981). Integrating compositional and decompositional analyses to represent the intervening role of perceptions in evaluative judgments. *Journal of Marketing Research*, **18**, 13-28. doi: 10.2307/3151310
- Honing, H. (2012). Without it no music: Beat induction as a fundamental musical trait. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **1252**, 85-91. doi: 10.1111/j.1749-6632.2011.06402.x
- Husain, G., Thompson, W. F., & Schellenberg, E. G. (2002). Effects of musical tempo and mode on arousal, mood, and spatial abilities. *Music Perception*, **20**, 151-171. doi: 10.1525/mp.2002.20.2.151
- Iwanaga, M. (1995). Harmonic relationship between preferred tempi and heart rate. *Perceptual and Motor Skills*, **81**, 67-71. doi: 10.2466/pms.1995.81.1.67
- Iwanaga, M., Kobayashi, A., & Kawasaki, C. (2005). Heart rate variability with repetitive exposure to music. *Biological Psychology*, **70**, 61-66. doi: 10.1016/j.biopsycho.2004.11.015
- Jones, L. A., Allely, C. S., & Wearden, J. H. (2011). Click trains and the rate of information processing: Does "speeding up" subjective time make other psychological processes run faster? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **64**, 363-380. doi: 10.1080/17470218.2010.502580
- Jones, S. M., & Zigler, E. (2002). The Mozart effect: Not learning from history. *Journal of Applied Developmental Psychology*, **23**, 355-372. doi: 10.1016/S0193-3973(02)00113-2
- Kallinen, K. (2002). Reading news from a pocket computer in a distracting environment: Effects of the tempo of background music. *Computers in Human Behavior*, **18**, 537-551. doi: 10.1016/s0747-5632(02)00005-5
- Karageorghis, C. I., Jones, L., Priest, D. L., Akers, R. I., Clarke, A., Perry, J. M., . . . Lim, H. B. (2011). Revisiting the relationship between exercise heart rate and music tempo preference. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, **82**, 274-284. doi: 10.1080/02701367.2011.10599755
- Khalifa, S., Roy, M., Rainville, P., Dalla Bella, S., & Peretz, I. (2008). Role of tempo entrainment in psychophysiological differentiation of happy and sad music? *International Journal of Psychophysiology*, **68**, 17-26. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2007.12.001
- Kuribayashi, R., & Nittono, H. (in press). Speeding up the tempo of background sounds accelerates the pace of behavior. *Psychology of Music*. doi: 10.1177/0305735614543216
- Lake, J. I., & Meck, W. H., (2013). Differential effects of amphetamine and haloperidol on temporal reproduction: Dopaminergic regulation of attention and clock speed. *Neuropsychologia*, **51**, 284-292. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2012.09.014
- Large, E. W., & Snyder, J. S. (2009). Pulse and meter as neural resonance. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **1169**, 46-57. doi: 10.1111/j.1749-6632.2009.04550.x
- Leman, M., Moelants, D., Varewyck, M., Styns, F., van

- Noorden, L., & Martens, J. P. (2013). Activating and relaxing music entrains the speed of beat synchronized walking. *PLoS ONE*, **8**, e67932. doi: 10.1371/journal.pone.0067932
- Ma, W., Lai, Y., Yuan, Y., Wu, D., & Yao, D. (2012). Electroencephalogram variations in the  $\alpha$  band during tempo-specific perception. *Neuroreport*, **23**, 125-128. doi: 10.1097/WNR.0b013e32834e7eac
- Madison, G. (2009). An auditory illusion of infinite tempo change based on multiple temporal levels. *PLoS ONE*, **4**, e8151. doi: 10.1371/journal.pone.0008151
- McAuley, J. D. (2010). Tempo and rhythm. In M. R. Jones, R. R. Fay, & A. N. Popper (Eds.), *Music Perception* (Vol. 36, pp. 165-199). New York: Springer.
- McAuley, J. D., Henry, M. J., & Tkach, J. (2012). Tempo mediates the involvement of motor areas in beat perception. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **1252**, 77-84. doi: 10.1111/j.1749-6632.2011.06433.x
- McConnell, M. M., & Shore, D. I. (2011). Upbeat and happy: Arousal as an important factor in studying attention. *Cognition & Emotion*, **25**, 1184-1195. doi: 10.1080/02699931.2010.524396
- McElrea, H., & Standing, L. (1992). Fast music causes fast drinking. *Perceptual and Motor Skills*, **75**, 362. doi: 10.2466/pms.1992.75.2.362
- Mentzoni, R., Laberg, J., Brunborg, G., Molde, H., & Pallesen, S. (2014). Type of musical soundtrack affects behavior in gambling. *Journal of Behavioral Addictions*, **3**, 102-106. doi: 10.1556/JBA.3.2014.006
- Milliman, R. E. (1982). Using background music to affect the behavior of supermarket shoppers. *Journal of Marketing*, **46**, 86-91. doi: 10.2307/1251706
- Neuhoff, J. G. (1998). Perceptual bias for rising tones. *Nature*, **395**, 123-124. doi: 10.1038/25862
- Neuhoff, J. G., Kramer, G., & Wayand, J. (2002). Pitch and loudness interact in auditory displays: Can the data get lost in the map? *Journal of Experimental Psychology Applied*, **8**, 17-25. doi: 10.1037/1076-898x.8.1.17
- Nittono, H., Tsuda, A., Akai, S., & Nakajima, Y. (2000). Tempo of background sound and performance speed. *Perceptual and Motor Skills*, **90**, 1122. doi: 10.2466/pms.2000.90.3c.1122
- 野口 薫 (1964). Adaptation-Levelに関する研究の概観. *心理学研究*, **35**, 96-108. doi: 10.4992/jjpsy.35.96
- Oakes, S. (2003). Musical tempo and waiting perceptions. *Psychology & Marketing*, **20**, 685-705. doi: 10.1002/mar.10092
- Ozel, S., Larue, J., & Dosseville, F. (2004). Effect of arousal on internal clock speed in real action and mental imagery. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, **58**, 196-205. doi: 10.1037/h0087444
- Patton, D., & McIntosh, A. (2008). Head and neck injury risks in heavy metal: Head bangers stuck between rock and a hard bass. *British Medical Journal*, **337**, a2825. doi: 10.1136/bmj.a2825
- Phillips-Silver, J., Aktipis, C. A., & Bryant, G. A. (2010). The ecology of entrainment: Foundations of coordinated rhythmic movement. *Music Perception*, **28**, 3-14. doi: 10.1525/mp.2010.28.1.3
- Powell, W., Stevens, B., Hand, S., & Simmonds, M. (2010). Sounding better: Fast audio cues increase walk speed in treadmill-mediated virtual rehabilitation environments. *Studies in Health Technology and Informatics*, **154**, 202-207. doi: 10.3233/978-1-60750-561-7-202
- Provasi, J. L., & Bobin-Begue, A. (2003). Spontaneous motor tempo and rhythmical synchronisation in 21/2- and 4-year-old children. *International Journal of Behavioral Development*, **27**, 220-231. doi: 10.1080/01650250244000290
- Rauscher, F. H., Shaw, G. L., & Ky, K. N. (1993). Music and spatial task performance. *Nature*, **365**, 611. doi: 10.1038/365611a0
- Rim, Y. (1981). Personal tempo, personality, cognitive speed and cognitive performance. *Personality and Individual Differences*, **2**, 336-338. doi: 10.1016/0191-8869(81)90090-8
- Rimoldi, H. J. A. (1951). Personal tempo. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, **46**, 283-303. doi: 10.1037/h0057479
- Roballey, T. C., McGreevy, C., Rongo, R. R., Schwantes, M. L., Steger, P. J., Wininger, M. A., & Gardner, E. B. (1985). The effect of music on eating behavior. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **23**, 221-222.
- Rosenfeld, A. H., (1985). Music, the beautiful disturber.

- Psychology Today*, **19**, 48-56.
- Schellenberg, E. G., Nakata, T., Hunter, P. G., & Tamoto, S. (2007). Exposure to music and cognitive performance: Tests of children and adults. *Psychology of Music*, **35**, 5-19. doi: 10.1177/0305735607068885
- Schwarz, M., Winkler, I., & Sedlmeier, P. (2013). The heart beat does not make us tick: The impacts of heart rate and arousal on time perception. *Attention, Perception, & Psychophysics*, **75**, 182-193. doi: 10.3758/s13414-012-0387-8
- Squires, K. C., Wickens, C., Squires, N. K., & Donchin, E. (1976). The effect of stimulus sequence on the waveform of the cortical event-related potential. *Science*, **193**, 1142-1146. doi: 10.1126/science.959831
- Styns, F., van Noorden, L., Moelants, D., & Leman, M. (2007). Walking on music. *Human Movement Science*, **26**, 769-785. doi: 10.1016/j.humov.2007.07.007
- Szabo, A., Small, A., & Leigh, M. (1999). The effects of slow- and fast-rhythm classical music on progressive cycling to voluntary physical exhaustion. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, **39**, 220-225.
- Tamm, M., Uusberg, A., Allik, J., & Kreegipuu, K. (2014). Emotional modulation of attention affects time perception: Evidence from event-related potentials. *Acta Psychologica*, **149**, 148-156. doi: 10.1016/j.actpsy.2014.02.008
- Terrier, P. (2012). Step-to-step variability in treadmill walking: Influence of rhythmic auditory cueing. *PLoS ONE*, **7**, e47171. doi: 10.1371/journal.pone.0047171
- Thompson, W. F., Schellenberg, E. G., & Husain, G. (2001). Arousal, mood, and the Mozart effect. *Psychological Science*, **12**, 248-251. doi: 10.1111/1467-9280.00345
- Tian, Y., Ma, W., Tian, C., Xu, P., & Yao, D. (2013). Brain oscillations and electroencephalography scalp networks during tempo perception. *Neuroscience Bulletin*, **29**, 731-736. doi: 10.1007/s12264-013-1352-9
- Trainor, L. J. (2007). Do preferred beat rate and entrainment to the beat have a common origin in movement? *Empirical Musicology Review*, **2**, 17-20.
- Treisman, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval — implications for a model of the internal clock. *Psychological Monographs*, **77**, 1-31. doi: 10.1037/h0093864
- Waterhouse, J., Hudson, P., & Edwards, B. (2010). Effects of music tempo upon submaximal cycling performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, **20**, 662-669. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.00948.x
- Wittwer, J. E., Webster, K. E., & Hill, K. (2013). Music and metronome cues produce different effects on gait spatiotemporal measures but not gait variability in healthy older adults. *Gait Posture*, **37**, 219-222. doi: 10.1016/j.gaitpost.2012.07.006
- Zentner, M., & Eerola, T. (2010). Rhythmic engagement with music in infancy. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **107**, 5768-5773. doi: 10.1073/pnas.1000121107

Table 1. 背景音のテンポが行動ペースに与える影響を検討した研究 (発表年順)

著者・出典	課題	比較したテンポ	音刺激の種類	行動ペース (各条件の平均値)
Milliman (1982)	スーパーマーケットの通行	slow (72 bpm 以下, 平均60 ± 6 bpm) fast (94 bpm 以上, 平均108 ± 7 bpm) no music	instrumental music	歩行ペース (秒) slow = 127.53 fast = 108.93 no music = 119.86
Roballey et al. (1985)	食事	slow (平均56 ± 7.8 bpm) fast (平均122 ± 19.6 bpm) no music	instrumental music	単位時間当たりの咀嚼数 (回/分) slow = 3.83 (SD = 1.18) fast = 4.40 (SD = 1.57) no music = 3.23 (SD = 1.06)
McElrea & Standing (1992)	食事	slow (54 bpm) fast (132 bpm)	music (piano)	飲む速度 (秒) slow = 13.52 (SD = 1.76) fast = 9.70 (SD = 2.55)
Nittono, Tsuda, Akai, & Nakajima (2000)	筆記	slow (60 bpm) fast (158 bpm)	classical music metronome	筆記ペース (秒) slow music = 112.2 (SD = 29.2) fast music = 100.7 (SD = 25.0) slow metronome = 109.6 (SD = 32.1) fast metronome = 107.1 (SD = 29.9)
Brodsky (2001)	運転シミュレーション	slow (56, 63, 65, 66 bpm) medium (94, 100, 112, 112 bpm) fast (132, 132, 132, 132 bpm) no music	instrumental music	運転速度 (km/時) slow = 141.13 (SD = 32.10) medium = 143.11 (SD = 26.97) fast = 147.43 (SD = 30.98) no music = 144.50 (SD = 30.18)
Kallinen (2002)	喧騒なカフェテリアでの読書	slow (66 bpm) fast (92 bpm) no music	classical music	読書ペース (秒) slow = 202.3 (SD = 36.4) fast = 166.4 (SD = 32.8) no music = 184.3 (SD = 43.6)
Edworthy & Waring (2006)	トレッドミルでの走行	loud/slow (80 dB, 70 bpm) loud/fast (80 dB, 200 bpm) quiet/slow (60 dB, 70 bpm) quiet/fast (60 dB, 200 bpm) no music	music	走行速度 (5分間走行のデータ, km/時) loud/fast = 9.47 (SD = 1.99) quiet/fast = 9.32 (SD = 1.88) loud/slow = 9.06 (SD = 2.18) quiet/slow = 8.62 (SD = 2.12) no music = 8.96 (SD = 2.24)

Table 1. (続き)

Khalfa, Roy, Rainville, Dalla Bella, & Peretz (2008)	安静時聴取	音楽のオリジナル版 slow (平均52.3, 40-69 bpm, 悲しい音楽) fast (平均136, 110-154 bpm, 幸せな音楽) ・音楽から音高の変化を取り除いた版 slowR fastR ・音楽から音高とリズムの変化を取り除いた版 slowT fastT	classical music	呼吸の速さ(ペースラインとの差(周期/分)) slow = 0.12 (SD = 0.36) fast = 0.09 (SD = 0.41) slowR = 0.07 (SD = 0.46) fastR = 0.09 (SD = 0.31) slowT = -0.04 (SD = 0.45) fastT = 0.18 (SD = 0.53)
Powell, Stevens, Hand, & Simmonds (2010)	トレッドミルでの歩行	75% 100% (baselineでの歩行テンポ) 125% none (baseline)	metronome	歩行速度 (m/秒) 75% = 1.24 100% = 1.20 125% = 1.30 none = 1.12
Cassidy & MacDonald (2010)	ドライビングゲーム	・実験者が選んだ低覚醒な音楽 slowL (70 bpm) fastL (130 bpm) ・実験者が選んだ高覚醒な音楽 slowH (70 bpm) fastH (130 bpm) ・参加者が自由に選んだ音楽 (self) ・運転中の車の音 (car sounds) ・silence	music	運転速度 (Lap time (秒)) slowL = 124.1 (SD = 5.5) fastL = 121.5 (SD = 5.6) slowH = 101.6 (SD = 5.0) fastH = 98.8 (SD = 6.5) self = 99.2 (SD = 7.4) car sounds = 111.5 (SD = 6.5) silence = 112.7 (SD = 6.1)
Debamot & Guillot (2014)	歩行, 歩行イメージ	slow (56, 63 bpm) fast (132, 132 bpm) no music	instrumental music	歩行時間 (秒) slow = 6.97 (SD = 0.20) fast = 6.58 (SD = 0.20) no music = 6.88 (SD = 0.21) 歩行イメージ時の時間 (秒) slow = 7.25 (SD = 0.44) fast = 6.58 (SD = 0.45) no music = 6.73 (SD = 0.32)

Table 1. (続き)

Kuribayashi & Nittono (2014)	筆記 ・ 遅いテンポから速いテンポの順で聴取 ・ 速いテンポから遅いテンポの順で聴取 30 60 120 180 240 bpm ベースライン (ピンクノイズ)	rhythmic sounds	遅いテンポから速いテンポの順で聴取したときに、テンポが速くなるほど筆記ペースが加速。 速いテンポから遅いテンポの順で聴取したときは、筆記ペースは変わらない。
Mentzoni, Laberg, Brunborg, Molde, & Pallesen (2014)	ギヤングブル slow (テンポの遅いジャズ音楽) fast (テンポの速いポップ音楽)	music	カードの選択反応時間 (ms) slow = 722 (SE = 58.5) fast = 519 (SE = 57.2)