

## Effects of the temporal structure of sound markers on rhythm perception

蓮尾, 絵美  
九州大学大学院芸術工学府中島研究室

<https://doi.org/10.15017/19760>

---

出版情報：九州大学, 2010, 博士（芸術工学）, 課程博士  
バージョン：  
権利関係：

# 第1章 序論

## 1.1 はじめに

話し言葉や音楽を用いた聴覚コミュニケーションは、私たちの日常生活において非常に重要である。本論文では、人間の聴覚コミュニケーションの基礎となる、数百ミリ秒程度の非常に短い時間間隔の知覚について調べた。通常、私たちが言葉や音楽などのリズムを捉える際に手掛かりとする要素は「音の始まり」であると考えられていたが、本研究では、音の始まりだけでなく音の時間構造もリズム知覚に影響することを示した。

本論文は、主に単純な刺激を用いて行われてきた古典的な時間知覚研究と、より複雑で日常的な音を用いて行われてきたリズム知覚研究とを結び付ける位置にある。本章では、本論文の背景にある時間知覚研究およびリズム知覚研究を概観し、本研究で着目した音の時間構造に関連する研究について述べる。最後に、本研究の目的および本論文の構成を説明する。

## 1.2 本研究の背景

### 1.2.1 時間知覚研究

私たちが日常行う様々な活動は、時間知覚と深く関わっている。例えば、交通量の多い道路を渡ったり、バスケットボールの試合をしたり、楽器を演奏したり、誰かと会話をしたり、という一見つながりの無い活動も、精密な時間処理を要する活動であるという点において共通している (Grondin & McAuley, 2009)。道路を渡るだけにしても、外界の動きに合わせて行動するときには、周りの車や歩行者など外界の時間的な変化を捉え、その動きを予測し、それと同時に自分の行動にかかる時間を見積もりながら、ちょうど良いタイミングで足を動かす、という極めて複雑な時間情報処理を必要とする (Zelaznik, R. Spencer, & Ivry, 2008)。このように、日頃あまり意識されることはないが、時間の経過を適切に捉えるということは、私たちが日常生活をおくるうえで不可欠な能力である。

時間知覚研究の範囲は非常に広い。例えば、1日単位の長い時間が対象とされることもあれば、数ミリ秒という非常に短い時間が対象とされることもある (Mauk & Buonomano, 2004)。また、時間を処理するための特定の感覚様相があるわけではなく、時間知覚は様々な感覚様相と結び付いている。そのため、視覚、聴覚、触覚など複数の感覚様相を用いた研究や (e.g. Grondin & Rousseau, 1991; Grondin, 2003; Grondin & McAuley, 2009)、運動課題を用いた研究 (e.g. Zelaznik et al., 2008; Repp & Keller, 2008) も盛んに行われている。研究の対象となるのは健常者だけではなく、時間知覚の障害が推測されている統合失調症 (e.g. Giersch et al., 2009; Eisler, Eisler, & Hellström, 2008) やパーキンソン病 (e.g. Rammsayer,

2008)の患者を対象とした研究も多く、自閉症などその他の疾患の患者を対象とした研究(e.g. Falter, Elliott, & Bailey, 2010; Schmidt, McFarland, Ahmed, McDonald, & Elliott, 2010)も行われている。さらに、人間だけでなく動物も時間の経過を感じる事が知られており(e.g. Roberts, 2008)、動物を対象とした研究も行われている(e.g. Eisler, 1984; Gibbon, Church, & Meck, 1984)。近年では、脳波(EEG)や脳磁図(MEG)、陽電子放射断層像法(PET)、機能的核磁気共鳴画像法(fMRI)、機能的近赤外線分光法(fNIRS)などの非侵襲的な手法を用いて、時間処理の仕組みを脳科学的な視点から探ろうとする研究も増えている(e.g. Penny & Vaitilingam, 2008; Grondin, 2010)。

時間知覚研究の多くに共通する目標のひとつは、私たちが時間をどのように知覚しているかを調べ、私たちの時間知覚の仕組みを解明することである(Roeckelein, 2008)。これまでの研究でも、時間知覚の仕組みを表す様々な心理学的モデルが提案されてきた(e.g. Treisman, 1963; Block, 2003; Church, Guilhardi, Keen, MacInnis, & Kirkpatrick, 2003; Eisler et al., 2008; Fraisse, 1978; Grondin, 2003)。特に、Treisman (1963)やGibbon et al. (1984)が提案した内的時計(internal clock)モデルは、時間を計る際に、ペースメーカー(ほぼ一定の速さでパルスを発する)、スイッチ(計る対象となる時間間隔の始まりと終わりに対応してオン・オフが切り替わる)、蓄積器(ペースメーカーからのパルスを溜める)の3つの部分から成る内的時計が用いられるとするモデルで、繰り返し引用され注目を集めている(e.g. Grondin, 2001)。また、脳科学研究により、前頭葉、側頭葉、頭頂葉や大脳基底核が時間知覚に関わっていることが明らかにされた(e.g. Penny & Vaitilingam, 2008; Grondin, 2010)。このような心理学研究と脳科学研究とを結び付けようとした研究もある(Mitsudo et al., 2009)。

時間知覚の実験を行うためには、実験参加者に判断してもらう時間がいつからいつまでであるかを示す必要がある。通常、実験参加者に判断させる時間間隔の始まりと終わりは、音や光などの刺激によって示される(e.g. Grondin, 2003)。時間間隔は、一つの刺激信号の始まりから終わりまでの長さ(時間間隔が信号で満たされており、「充実時間」と呼ばれる)として示されることもあれば、二つの短い刺激信号の間の長さ(時間間隔に信号は含まれず、「空虚時間」と呼ばれる)として示されることもある(e.g. Grondin, 2008)。

興味深いことに、時間間隔の物理的な長さ、時間間隔の主観的な長さとは必ずしも一致しないことが、これまでの研究で示されている。例えば、物理的には等しい時間間隔であっても、時間間隔を示す刺激の感覚様相(e.g. Grondin & Rousseau, 1991)、刺激の大きさ(Ono & Kitazawa, 2009)、時間間隔が充実時間であるか空虚時間であるか(充実時間錯覚; e.g. Wearden et al., 2007)、時間間隔の途中に含まれる他の刺激(分割時間の過大評価; Hall & Jastrow, 1886)、前後に隣接する時間間隔(時間縮小錯覚; e.g. Nakajima et al. 1992; Arao et al., 2000; ten Hoopen et al., 2008; 時間的同化; e.g. Miyauchi & Nakajima, 2007)、時間間隔の呈示順序(時間順序誤差; e.g. Eisler et al., 2008)などによって、その主観的な長さは変わってしまう。このような、時間間隔の物理的な長さ、主観的な長さとの食い違いは、時間知覚の特徴を表す現象であると同時に、時間知覚の仕組みを考察するための重要な手掛かりとなり得る。

時間間隔の知覚について基礎的なデータを集める場合、刺激パターンを厳密に統制する必要がある。また、刺激パターンの変化と知覚内容の変化との対応付けがしやすく、刺激パターンの変化が時間知覚の仕組みにどのように影響したかを考察しやすい刺激を用いること

も重要である。そのため、時間知覚研究においては、時間間隔を示す刺激パターンとして、非常に単純なものが用いられることが多い。

視覚、聴覚、触覚などの感覚様相のうち、聴覚は特に時間に対する弁別閾が低いことが知られている (e.g. Grondin & Rousseau, 1991; Grondin, 2003)。人間にとって、聴覚における時間知覚は、話し言葉や音楽のリズムの知覚と密接に結びついており、リズムを適切に捉えることは聴覚コミュニケーションを行ううえで不可欠である。次節では、リズム知覚研究を概観する。

### 1.2.2 リズム知覚研究

音楽において、リズムはメロディーやハーモニーと並んで音楽の三要素に数えられており、曲を特徴づける重要な要素のひとつである。明確な音高の変化を持たない打楽器のみの音楽を作ることにはできるが、リズムが無い音高の変化のみの音楽を作ることにはできない。中世ヨーロッパのローマ式典礼で用いられたグレゴリオ聖歌など、明確な拍節構造を持たない音楽であっても、複数の音は何らかの時間的な秩序に従って並んでいるといえる。音楽においてリズムは最も基礎的な要素であり、音楽を知覚するうえで、音の時間的な変化を捉え、リズムを知覚することは、非常に重要である。

また、音楽においてのみでなく、話し言葉においてもリズムは重要な要素である。例えば、日本語の場合、「地図」と「チーズ」、「坂」と「作家」などのように、音の長さや音と音との間隔など、音の時間構造が変化するだけで単語の意味が左右されることがある (e.g. Mugitani et al., 2009; Tanaka & Kubozono, 1999)。話し言葉に含まれる音の時間情報を正しく聴きとり、正しいリズムを捉えることができなければ、音声によるコミュニケーションはできない。

音が時間的にどのように並んでいるかを捉えることは、私たちの日常生活を支える聴覚コミュニケーションを行ううえで、不可欠であるといえる。

音楽や話し言葉の音は、単純化すると、次々に鳴らされる音の連続体であると考えられることができる。私たちが知覚するリズムは、次々に鳴らされた音の始まりによって示された時間間隔 (onset-onset interval/inter-onset interval, IOI) の長さや密接に関わっているといわれている (e.g. Handel, 1993; McAdams & Drake, 2002; Patel, 2008; Large, 2008)。つまり、私たちは音楽のように次々に鳴らされる音の中から、音の始まりを検知し、その音の始まりから次の音の始まりまでの時間間隔の長さを聴くことによって、リズムを知覚していると考えられてきた。このことは、例えば、音を持続させることができる楽器 (バイオリンなど) と、短い音しか出すことができない楽器 (太鼓など) を使って、同じリズムを同時に演奏するとき、二つの楽器の音が音の始まり付近で合うよう演奏することを考えると、直観的に理解しやすい (Rasch, 1979)。多くのリズム知覚研究は、この考え方に従い、音の始まりのタイミングに注目して行われてきた (e.g. Repp, 2002; Rasch, 1979)。

ただし、厳密には、音の「物理的な始まり」よりも、「知覚的な始まり」のほうがリズム知覚において重要であると考えられるため (e.g. McAdams & Drake, 2002)、音の物理的な始まりの位置だけでなく、知覚的な始まりの位置にも注意する必要がある。音が知覚的に始まる時点は、P センター (perceptual center) とも呼ばれ (Morton, Marcus, & Frankish, 1976)、

P センターの位置を調べる研究はこれまでも行われている (e.g. J. Vos & Rasch, 1981; Terhardt & Schutte, 1976; Howell, 1988; Scott, 1998)。

二つの音が継時的に鳴らされるとき、この二つの音の間隔が非常に短ければ、二つの音は別々の音としてではなく、一つの音として聴こえる (Plack, 2005)。逆に、二つの音の間隔が非常に長ければ、二つの音をまとまりのある一つのパターンとして捉えることは難しくなる。Nakajima et al. (1980) は、二つの音の始まりから始まりまでの時間間隔がおおよそ 150-2000 ms の範囲にあるときに、体の動きを連想させるようなリズムの感じが生じることを見出した。その範囲よりも短い時間間隔では、二つの音は二つのピークを持つ一つの音として聴くことができ、その範囲よりも長い時間間隔では、二つの音を関連のあるものとして知覚的に結び付けることが難しくなった。

このような、二つの音をまとまりのあるものとして聴くことができる時間間隔の範囲は、音楽に用いられる時間間隔の長さの範囲とある程度対応している。例えば、Warren et al. (1991) は「キラキラ星」や「ハッピーバースデー」などの馴染みのあるメロディーが同定されるためには、1音あたりの長さが 193-1280 ms の範囲にある必要があると報告した (Warren, 2008)。Fraisse (1982) は、西洋音楽では 200-300 ms 程度の短い時間間隔と、450-900 ms 程度の長い時間間隔が頻繁に現れることを示した (Patel, 2008)。

音声においては、短い時間間隔が特に重要である。Greenberg & Arai (2004) は、英語と日本語の 1音節あたりの長さを分析した結果、音節の長さの範囲は、英語の場合約 50-500 ms、日本語の場合約 50-300 ms であり、英語音節の約 85% と、日本語音節の約 98-99% は、300 ms 以下であったと述べている。

まとめると、リズムの感じが生じる時間間隔はおおむね 150-2000 ms の範囲内にあり、特に 300 ms 以下の短い時間間隔は、音声にも音楽にも頻繁に現れるようである。音声や音楽のリズムの知覚を考えるためには、音の始まりによって示された 300 ms 程度以下の短い時間間隔の知覚を調べる必要があると考えられる。

リズム知覚において、隣り合う時間間隔の長さの関係は非常に重要である。西洋音楽においては、隣り合う時間間隔の長さが 1 : 1 や 2 : 1 という単純な整数比になることが多いといわれる (Fraisse, 1982; Handel, 1989)。また、隣り合う時間間隔の長さが 1 : 1 や 2 : 1 から少々ずれていても、聴取者は知覚的に 1 : 1 や 2 : 1 に近づけてリズムを捉える傾向があることが、いくつかの研究によって示されている (e.g. Essens & Povel, 1985; Povel, 1981; Miyauchi & Nakajima, 2007)。このことからわかるように、私たちは、次々と呈示される音によって示されるいくつかの隣接する時間間隔を知覚的に体制化することでリズムを感じている。

リズム知覚研究において、多くの場合、興味の対象となっているのは、音声や音楽などのリズムである。そのため、楽曲の一部や楽器の音などを用いた実験や、いくつかの隣接する時間間隔から成る複雑なリズムパターンを用いた実験が行われることも多い (e.g. Schubert & Fabian, 2001; Handel, 1993; Repp & Marcus, 2010)。また、ひとつひとつの時間間隔の知覚よりも、リズムパターン全体がどう知覚されているかが主な関心の対象となっている (e.g. Large, 2008; Schubert & Fabian, 2001; Handel, 1993; Desain & Honing, 2003)。

リズム知覚研究は、人が時間間隔をどのように知覚するかを扱っている点で時間知覚研究と共通しており、両者の境目をはっきりと決めることは難しい。その中で、リズム知覚研究の特徴は、音の始まりによって示される時間間隔に着目していることと、数百ミリ秒程度の時間間隔を対象としていることといえそうである。

### 1.2.3 音の時間構造と時間知覚

音楽や音声など、私たちの周りの音の時間波形を見ると、時間間隔を示すひとつひとつの音が複雑な時間構造をしていることがわかる。例えば、ピアノの音は急激に立ち上がる音であるのに対し、バイオリンの音はゆるやかに立ち上がる音であり、その減衰の仕方も異なっている (Patel, 2008; Gordon, 1987; Moore, 2003)。音声も、振幅が複雑に変化する音であり、このような複雑な変化をする音の場合にリズムがどのように知覚されるかを調べることの重要性が指摘されている (e.g. Fastl & Zwicker, 2007)。日常のリズムの知覚を探るうえで、ひとつひとつの音の時間構造の影響を調べることは重要であると考えられる。本論文では、音の時間構造がリズム知覚にどのように影響するかを扱った。

従来のリズム知覚研究において、リズムの基礎となるのは、音の始まりによって示された時間間隔の長さであると考えられてきた (e.g. Handel, 1993; Patel, 2008; Large, 2008)。それでは、音の始まりの時間的な位置が変わらなければ、リズムを示すひとつひとつの音の時間構造を変化させても、知覚されるリズムは変わらないのだろうか。もし音の始まりの位置のみで知覚されるリズムが決まるのであれば、音の時間構造が変わっても、知覚されるリズムは変わらないはずである。実際に、複数の時間間隔によって示されたリズムの知覚に着目した研究では、音の時間構造が知覚されるリズムや時間間隔の主観的な長さにはほとんど影響しないと報告されていた (Handel, 1993; Repp & Marcus, 2010)。

一方、主に時間知覚研究の分野では、時間間隔を示す刺激自体の時間構造、とりわけ音の持続時間が時間間隔の知覚に影響することが示されていた。二つの音によって示された単独の時間間隔を用いた実験の結果を、表 1.1 にまとめた。

Woodrow (1928) は、第 1 音の終わりから第 2 音の始まりまでの無音部分 (offset-onset interval) を時間間隔とし、それぞれの音の持続時間が変化すると、時間間隔の主観的な長さがどのように変化するかを調べた。標準時間を 500 ms とし、標準時間を示す区切音と、比較時間を示す区切音の持続時間の組み合わせを変え、500 ms の標準時間と等しい長さに感じられたときの比較時間の物理的な長さ (主観的等価値; point of subjective equality, PSE) を求めた結果、時間間隔を示す二つの区切音のどちらが長くなっても、区切音が短いときと比べ、時間間隔の主観的な長さが長くなることが明らかとなった。Grondin et al. (1996) は、時間間隔を示す区切刺激として、聴覚刺激と視覚刺激とを組み合わせ用いたが、Woodrow (1928) と同様に、区切刺激が長くなると、時間間隔の主観的な長さが長くなることを示した。また、Divenyi and Sachs (1978), Rammsayer and Leutner (1996), Penner (1976) は、時間間隔を示す区切音の持続時間が、時間間隔の弁別に影響することを示した。

表 1.1 に示された研究は、時間間隔を示す区切音の持続時間が時間間隔の知覚に影響することを示しており、リズム知覚においても同様に区切音の持続時間が知覚されるリズムに影響する可能性があった。しかし、表 1.1 に挙げられている研究だけでは、リズム知覚におい

て、区切音の持続時間がどのような場合にどのように影響するかはわからなかった。なぜなら、リズム知覚と直接結びつけるために必要な条件が欠けていたためである。具体的に問題となったのは、主に以下の3点であった。

- 表 1.1 に示された研究のほとんどは、時間間隔の弁別に着目しており、時間間隔の主観的な長さには注意を向けていなかった (Divenyi & Sachs, 1978; Rammsayer & Leutner, 1996; Penner, 1976)。リズム知覚研究においては、時間間隔の主観的な長さに注目することが多いため (e.g. Repp & Marcus, 2010; Schubert & Fabian, 2001)、リズム知覚と結びつけるためには、時間間隔の主観的な長さも測定する必要がある。
- Woodrow (1928) は、時間間隔の主観的な長さを直接扱っていたが、用いられていた時間間隔が、第1音の終わりから第2音の始まりまで (offset-onset) の時間間隔であり、リズム知覚において重要である音の始まりから次の音の始まりまで (onset-onset) の時間間隔ではなかった。音の終わりの知覚と音の始まりの知覚は異なることは繰り返し報告されてきたことから (Efron, 1970; Fastl & Zwicker, 2007; Grondin, 1993; Kato, Tsuzaki, & Sagisaka, 2003)、用いられた時間間隔の定義の問題は重要であると考えられる。
- Woodrow (1928) が用いた時間間隔は 500 ms であり、主に 300 ms 以下の長さが重要となる音声のリズムと結びつけるには長すぎる可能性がある。500 ms よりも短い時間間隔の知覚は、それよりも長い時間間隔の知覚とは一致しないこともあるため (e.g. Grondin, 1993; Nakajima et al., 2004)、リズム知覚と結びつけるためには、500 ms 以下の時間間隔を用いた研究を行う必要がある。

そこで、本研究では、時間知覚研究とリズム知覚研究を結びつけるうえで欠けていた部分を埋めることを試みた。具体的には、音の始まりによって示された短い時間間隔 (<500 ms) の主観的な長さを測定し、時間間隔を示す区切音の時間構造が時間間隔の主観的な長さなどのような影響を及ぼすかを調べた。

音の時間構造とリズム知覚の関連を探る研究としては、過去にも P センターに関する研究があった。P センターの研究では、振幅包絡の形が異なる音声や楽器音、立ち上がり部分の長さや傾斜が異なる合成音などが用いられ、リズムを判断する手掛かりとなるような音の知覚的な始まりの位置が音の時間構造によってどのように異なるかが調べられた。その結果、立ち上がり時間が長く、傾斜がゆるやかであるほど P センターの位置は遅れることがわかり (J. Vos & Rasch, 1981; Terhardt & Schutte, 1976; Howell, 1988; Scott, 1998)、このことは、音楽の演奏に用いられるような楽器の音にもあてはまることが確かめられた (Gordon, 1987)。また、音が長くなれば、そのことだけで P センターの位置が遅れるとの報告もあった (P. G. Vos, Mates, & Kruysbergen, 1995; Marcus, 1981)。

リズム知覚研究においてはリズムパターン全体の知覚に関心が集まるが多かった中で、P センター研究はリズムをパターン全体の知覚として捉えるのではなく、ひとつひとつの音の知覚を調べることによって知覚されるリズムがわかるとする考え方に基いて行われていた点において、時間知覚とリズム知覚とを結びつけようとした研究であったと考えられる。本研究においても、ひとつひとつの音の知覚的な始まりの位置は非常に重要である。ただし、

Pセンターの研究は、主にひとつひとつの音の知覚に着目していたため、その音が実際にリズムパターンとして鳴らされたときの知覚については調べられていなかった。本論文では、音の知覚的な始まりだけでなく、非常に単純なリズムパターン、すなわち音の始まりによって示された時間間隔の知覚に焦点をあてた点が一般的なPセンターの研究と異なっている。

本研究の実験結果とPセンターとの関連については、特にPセンターと深く関連する刺激を用いた実験3(第2章)および総合考察(第5章)において考察する。

### 1.3 本研究の目的

本研究の目的は、継時的に鳴らされた音の始まりによって示された時間間隔(onset-onset interval/inter-onset interval)の主観的な長さに、音自体の時間構造がどのように影響するかを調べることであった。本研究で扱う対象とした時間間隔は、音声や音楽のリズムの基礎となる時間間隔であり、時間知覚研究の分野で古くから確かめられていた、区切音が長くなると時間間隔の主観的な長さが長くなるという現象が、リズム知覚と直接結びつけられるような刺激パターンにおいても生じるかどうかを確かめることを目指した。

音の時間構造の影響は、時間知覚研究(1.2.1節)にもリズム知覚研究(1.2.2節)にも関わる問題である。本研究は、そのような音の時間構造の影響を扱い、これまでは直接比較することができなかった時間知覚研究とリズム知覚研究を比較できるようにした。つまり、本論文は、時間知覚研究とリズム知覚研究の橋渡しをする位置づけにある。

もしも、音の時間構造が時間間隔の主観的な長さに影響することが明らかになれば、80年以上前に実験室的な状況において発見された知覚現象が(Woodrow, 1928)、音声や音楽のリズム知覚など日常的な状況においても生じる可能性が示されることとなる。また、知覚されるリズムは音の始まりの位置によって決まるとしてきた従来のリズム知覚研究に対して、音の始まり以外の要素も知覚されるリズムに影響することを示す新しい知見となる。さらに、音の時間構造の物理的な変化と時間間隔の主観的な長さとの関係を分析することで、音の時間構造の影響を示した先行研究(Woodrow, 1928)と結果を対応付けるとともに、リズム知覚の基礎としての時間知覚の仕組みを探るための手掛かりを得ることができる。

本研究では、二つもしくは三つの音から成るリズムパターンという、非常に単純な刺激パターンを用いた。また、ひとつひとつの音の時間構造を体系的に変化させた。これにより、どの音の時間構造がどのように時間知覚の仕組みに影響したかを考察しやすくすることができた。このような考察は、本研究の結果を従来の時間知覚研究と結びつけるうえで重要である。

また、音自体の時間構造を変えても知覚されるリズムは変わらなかったとする先行研究(e.g. Handel, 1993; Repp & Marcus, 2010)との穴を一步ずつ埋めるため、まずは最も単純な時間パターン、すなわち二つの音によって示された単独の時間間隔の知覚を調べた。その後隣接する時間間隔を一つだけ追加し、単独で呈示された時間間隔の知覚との対応付けが可能であるかどうかを調べた。これにより、最も単純な刺激パターンを用いて得られた知見が、複雑なリズム知覚にどこまで当てはめられることができるかを調べることができるようにした。



Table 1.1 単独の持続時間を用いた研究における区切音の持続時間の影響 (次頁に続く)

Author(s) (year)	Definition of an interval	Method <sup>a</sup>	Standard duration (ms)	First marker's duration (ms)	Second marker's duration (ms)	Point of subjective equality (ms)	Difference threshold (ms)		
<b>Woodrow (1928)</b>	offset-onset	Interval comparison	500	500	80	<b>651<sup>b</sup></b>			
							(Variable)		
		<b>Stimulus presentation:</b> standard and variable	500	290	290	<b>702</b>			
							(Variable)		
		<b>Task:</b> to judge whether the second interval was "shorter than," "longer than," or "equal to" the first interval	500	290	290	<b>407</b>			
							(Variable)		
			500	60	60	<b>350</b>			
							(Variable)		
<b>Penner (1976)</b>	offset-onset	Interval comparison	0.3	Randomized	Randomized		<b>2.1</b>		
				between 1-300	between 1-300				
		<b>Stimulus Presentation:</b> standard and comparison	100	100	100	<b>131</b>			
							(Variable)		
		<b>Task:</b> to judge which interval was shorter	1000 <sup>c</sup>	100	100	<b>19.7</b>			
							(Variable)		
					1000 <sup>c</sup>	100	100	<b>214</b>	
									(Variable)
					100	100	<b>70</b>		
								(Variable)	
			100	100	<b>70</b>				
						(Variable)			
			100	100	<b>130<sup>d</sup></b>				
						(Variable)			
			100	100	<b>98</b>				
						(Variable)			
			100	100	<b>43</b>				
						(Variable)			
			100	100	<b>15</b>				
						(Variable)			

a 実験方法は, Grondin et al.(2010) に基づいて分類した。

b Woodrow (1928) で得られた主観的等価値 (point of subjective equality, PSE) は, 標準時間 (standard duration) と変化時間 (variable duration) が主観的に等しいときの変化時間の長さであった。変化時間を示す区切音の持続時間が条件によって異なっていたため, 異なる条件の PSE を直接比較することはできない。PSE が 500 ms より大きければ, 標準時間の主観的な長さが, 物理的に等しい長さの変化時間の主観的な長さよりも長かったことを表し, PSE が 500 ms より小さければ, 標準時間の主観的な長さが, 物理的に等しい長さの変化時間の主観的な長さよりも短かったことを表す。

c Penner (1976) は他にも 1, 3, 5, 10, 30, 300 ms を標準時間として用いていた。これらの条件の結果は, 表中に示した条件の結果と類似していた。つまり, 区切音の持続時間がランダムになると, 弁別閾が上昇した。ここでは, 代表として 3 つの条件の結果のみを示した。

d Penner (1976) の実験 2 および Divenyi and Sachs (1978) の実験 3 の弁別閾は, 原論文ではグラフで示されており, 数値では示されていない。そこで, グラフ上のプロットの位置を定規で測り, そこから弁別閾を計算によって求めた。

(Table 1.1 続き。次頁に続く。)

Author(s) (year)	Definition of an interval	Method	Standard duration (ms)	First marker's duration (ms)	Second marker's duration (ms)	Point of subjective equality (ms)	Difference threshold (ms)
<b>Divenyi &amp; Sachs (1978)</b> Experiment 3	onset-onset	Interval comparison	10 <sup>e</sup>	10	10 <sup>e</sup>		1.9 <sup>d</sup>
				10	300		3.2
<b>Rammsayer &amp; Leutner (1996)</b> Experiment 2  Experiment 3   Experiment 4	offset-onset	Interval comparison	50	3	3		<b>18</b>
				30	30		<b>17</b>
				300	300		<b>35</b>
				75	75		<b>17</b>
				150	150		<b>21</b>
				225	225		<b>32</b>
				50	300	3	<b>66</b>
				3	300		<b>65</b>
				300	3	3	<b>45</b>
				300	300		<b>85</b>

e Divenyi and Sachs (1978) は、他にも標準時間として 20, 30, 50, 75, 100 ms を用い、また、第 2 区切音の持続時間として 30 と 300 ms も用いた。しかし、第 2 区切音の持続時間の影響は、標準時間が 10 ms で第 2 区切音が 300 ms のときにのみ現れた。

(Table 1.1 続き)

Author(s) (year)	Definition of an interval	Method	Standard duration (ms)	First marker's duration (ms)	Second marker's duration (ms)	Point of subjective equality (ms)	Difference threshold (ms)
<b>Grondin et al. (1996)</b> Experiment 2	offset-onset	Single stimulus	250 <sup>f</sup>	5 (A) <sup>g</sup>	5 (V) <sup>g</sup>	<b>253<sup>h</sup></b>	<b>53</b>
				100 (A)	5 (V)	<b>187</b>	<b>72</b>
				5 (V)	5 (A)	<b>411</b>	<b>90</b>
				100 (V)	5 (A)	<b>244</b>	<b>70</b>
				5 (A)	5 (V)	<b>478</b>	<b>85</b>
				100 (A)	5 (V)	<b>436</b>	<b>105</b>
				5 (V)	5 (A)	<b>571</b>	<b>55</b>
				100 (V)	5 (A)	<b>482</b>	<b>84</b>
				5 (A)	5 (V)	<b>720</b>	<b>100</b>
				100 (A)	5 (V)	<b>729</b>	<b>127</b>
Experiment 3			500	5 (V)	5 (A)	<b>478</b>	<b>85</b>
				100 (V)	5 (A)	<b>244</b>	<b>70</b>
				5 (A)	5 (V)	<b>478</b>	<b>85</b>
				100 (A)	5 (V)	<b>436</b>	<b>105</b>
				5 (V)	5 (A)	<b>571</b>	<b>55</b>
				100 (V)	5 (A)	<b>482</b>	<b>84</b>
				5 (A)	5 (V)	<b>720</b>	<b>100</b>
				100 (A)	5 (V)	<b>729</b>	<b>127</b>
				5 (V)	5 (A)	<b>478</b>	<b>85</b>
				100 (V)	5 (A)	<b>244</b>	<b>70</b>
Experiment 3			250	5 (A)	100 (V)	<b>178</b>	<b>70</b>
				5 (V)	5 (A)	<b>338</b>	<b>90</b>
				5 (V)	100 (A)	<b>286</b>	<b>72</b>
				5 (A)	5 (V)	<b>468</b>	<b>122</b>
				5 (A)	100 (V)	<b>414</b>	<b>96</b>
				5 (V)	5 (A)	<b>563</b>	<b>102</b>
				5 (V)	100 (A)	<b>520</b>	<b>84</b>
				5 (A)	5 (V)	<b>746</b>	<b>125</b>
				5 (A)	100 (V)	<b>668</b>	<b>137</b>
				5 (V)	5 (A)	<b>787</b>	<b>89</b>
Experiment 3			750	5 (V)	100 (A)	<b>758</b>	<b>97</b>
				5 (V)	100 (A)	<b>758</b>	<b>97</b>

f Grondin et al. (1996) で用いられた標準時間は、伝統的な意味での標準時間とは異なっていた。表中に示されている標準時間は、長い  
か短いかを判断された4つの時間間隔の中間の長さを示す。4つの時間間隔の長さはそれぞれ、190, 230, 270, 310 ms (標準時間 = 250  
ms); 380, 460, 540, 620 ms (標準時間 = 500 ms); 570, 690, 810, 930 ms (標準時間 = 750 ms) であった。

g 表中の「A」は聴覚刺激、「V」は視覚刺激を表す。

h Grondin et al. (1996) で用いられた「主観的等価値 (point of subjective equality, PSE)」は、伝統的な意味での PSE とは少し異  
なっていた。通常、PSE は標準時間と比較時間が主観的に等しくなるときの比較時間の長さを示すが、Grondin et al. (1996) が用いた  
実験方法では、いわゆる標準刺激は呈示されておらず、PSE は区切音が異なる刺激同士の主観的な長さを相対的に比較するための指標と  
して用いられる。また、通常は、標準時間の主観的な長さが長いほど PSE は大きくなるが、Grondin et al. (1996) では、時間間隔の主  
観的な長さが長いほど「長い」という回答が増え、精神測定関数が上向きにシフトするため、時間間隔の主観的な長さが長いほど PSE は  
小さくなることに注意する必要がある。

## 1.4 本論文の構成

第1章では、本研究の背景として、時間知覚研究とリズム知覚研究、および時間間隔を示す音の時間構造と時間間隔の知覚に関する先行研究を紹介する。その中で、問題点を整理し、本研究の目的を述べる。

以降、第2章から第4章において、本研究で行った7つの実験について報告する。まず、第2章では、最も単純な刺激パターンとして、二つの音によって示された単独の時間間隔を用いて3つの実験を行い、時間間隔を示す二つの音の持続時間(実験1)、振幅の差(実験2)、および音エネルギーの時間分布(実験3)の変化が時間間隔の知覚にどのように影響するかを調べる。その結果、時間間隔を示す区切音の持続時間が20-100 msの範囲で長くなると時間間隔の主観的な長さが長くなることが明らかになる。特に、時間間隔の終わりを示す音の持続時間の影響は安定している。また、このような区切音の持続時間の効果は、持続時間の変化に伴って変化した振幅や音エネルギーの時間分布の影響ではなく、区切音の持続時間自体の変化による影響であることが示される。第3章では、第2章でみられた区切音の持続時間の影響が、三つの音から成る刺激パターン、すなわち二つの時間間隔が隣接するパターンにおいてもみられるかどうかを確かめる。時間間隔が隣接するパターンでは、二つの時間間隔が知覚に影響し合うため、単独の時間間隔と比べるとパターンとして複雑であるが、第2章で単独の時間間隔を用いて行った実験と同様に、時間間隔の終わりを示す音の持続時間が長くなるほど時間間隔の主観的な長さが長くなることが確認される。また、時間間隔が隣接するパターンにおいては、時間間隔の始まりを示す区切音が長くなっても時間間隔の主観的な長さが長くなる場合があり、この効果は二つの時間間隔に生じる対比を促進するはたらきがあることが示される。第4章では、第2章および第3章で時間間隔の知覚に影響することがわかった区切音の持続時間自体の主観的な長さに着目し、二つの音の始まりによって示された時間間隔と、一つの音の始まりから終わりまでの持続時間の両方の主観的な長さを測定する。過去の研究においては、20-100 ms程度の非常に短い音の場合、音の持続時間が変わっても音の知覚的な終わりの位置は変化しないとの報告もあったが、第4章で行った2つの実験の結果、100 ms以下の音であっても、音の持続時間が長くなると、その主観的な長さも長くなることが示される。また、実験参加者によって、物理的には同じ長さであっても、二つの音の始まりによって示された時間間隔のほうが一つの音の始まりから終わりまでの持続時間よりも長いと知覚される場合と、逆に一つの音の始まりから終わりまでの持続時間のほうが二つの音の始まりによって示された時間間隔よりも長いと知覚される場合との2通りの知覚が生じることが明らかになる。

第5章では、第2章から第4章において行った実験全体の結果をまとめ、時間間隔を示す音の時間構造が私たちの時間知覚の仕組みにどのように影響したと考えられるか、また、本研究で確かめられた音の時間構造の影響は、より複雑な刺激パターンを用いて行われた他のリズム知覚研究の結果と対応付けることができるか、という二つの観点から総合的な考察を行う。

最後に、第6章で、本研究で得られた知見をまとめ、本論文の結びとする。