

## 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5章 総合考察

### 5.1 はじめに

本論文では、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ことを試みた。従来の時間知覚研究においては、音の時間構造、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が、このような時間知覚研究とリズム知覚研究とでは扱われた対象が少し異なっていたため、この知見を直接リズム知覚に結び付けることができなかった。本研究では、従来の時間知覚研究と、リズム知覚研究との双方と関連づけることのできる刺激パターンを用いることで、音の時間構造の影響がリズム知覚においても見られるかどうかを調べた。

具体的には、第2章から第4章で、リズム知覚の基礎となる時間間隔、すなわち、継時的に鳴らされる音の始まりによって示された数百ミリ秒程度の短い時間間隔の知覚に、時間間隔を示す音自体の時間構造がどのように影響するかを調べるため、7つの実験を行った。その結果は、以下のようにまとめることができる。

時間間隔の終わりを示す区切音が長くなると、時間間隔の主観的な長さは長くなった(実験1, 2, 4, 5, および実験3の追加条件)。この現象は安定しており、時間間隔が単独で呈示されるパターンにおいて(実験1, 2, および実験3の追加条件)だけでなく、前または後に時間間隔が隣接するパターンにおいても(実験4, 5)確認された。また、時間間隔の長さに関わらず、この現象は現れた(実験1, 2, 5, および実験3の追加条件)。区切音の持続時間が20-100 msの範囲で変化したときの、時間間隔の主観的な長さの変化量は20 ms程度であった。

一方、時間間隔の始まりを示す区切音の効果は、時間間隔が単独で呈示されるパターンにおいては、安定しなかった。つまり、単独の時間間隔の始まりを示す第1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場合と(実験1)、第1区切音が長くなっても時間間隔の主観的な長さに変化がみられない場合と(実験2, 実験3の追加条件および実験5の対照条件)があった。また、第1区切音の持続時間の効果は、時間間隔の長さが120 msのときと、240 ms以上のときとは異なっていた(実験1)。二つの時間間隔が隣接するパターンにおいては、第1区切音が長くなると、一つ目の時間間隔の主観的な長さが長くなった(実験4, 5)。この現象は、一つ目の時間間隔が二つ目の時間間隔よりも長いときに見られ、二つの時間間隔の対比を促進するはたらきがあるようであった(実験5)。

第2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生じるためには、区切音の持続時間自体が変化することが必要であること(区切音の振幅が減少したり、音エネルギー時間分布が変化したりするだけで、そのような現象が生じるわけではないこと)が示された(実験2, 3)。ただし、第1区切音の効果に関しては、時間間隔が120 msのときのみ、区切音の持続時間は変えずに最大振幅の位置を音の始め付近から音の終わり付近に移動させるだけで、時間間隔の主観的な長さが短くなり(実験3)、時間間隔が短いときには、音

エネルギーの時間分布も時間間隔の知覚に影響することが示された。

第2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は、区切音の持続時間が20-100 msの範囲で変化したときにみられ(実験1, 2および実験3の追加条件)、区切音の持続時間が2-20 msの範囲で変化したときにはみられなかった(実験6)。

音の持続時間が20-100 msの範囲で変化したときの音自体の主観的な長さは、持続時間に対応して変化した(実験6, 7)。つまり、100 ms以下の非常に短い音であっても、その持続時間の違いは知覚されたことが示された。音の持続時間が200 ms以下の場合においては、音の持続時間の主観的な長さと、二つの音の始まりによって示された時間間隔の主観的な長さとを比べると、音の持続時間のほうが長いと知覚する実験参加者と、二つの音の始まりによって示された時間間隔のほうが長いと知覚する実験参加者に分かれ、聴取者によって2種類の知覚が可能であることが示された。

実験の結果、区切音の持続時間は、リズム知覚の基礎となる短い時間間隔の知覚に影響することが確かめられた。リズム知覚と直接結び付けることができるような刺激パターンにおいても、過去の時間知覚研究において報告されてきた区切音の持続時間の効果がみられたことから、本論文では時間知覚研究とリズム知覚研究とを結び付けることができた。本章では、まず、区切音の持続時間が時間間隔の知覚の仕組みにどのように影響したかを考察する。その後、本研究の結果が、他のリズム知覚研究とどのように関連づけることができるかについて考察する。また、本研究をリズム知覚研究および時間知覚研究の分野で今後どのように発展させていくことができるかについて少し述べる。

## 5.2 区切音の持続時間はどのように時間間隔の知覚の仕組みに影響したのか

実験1-5では、音の始まりから次の音の始まりまでの時間間隔を物理的に固定していても、音の持続時間が変わると時間間隔の主観的な長さが変化した。

それでは、何故区切音の持続時間が変わると、時間間隔の主観的な長さが変化したのだろうか。本節では、単独の時間間隔を例とし、区切音の持続時間がどのように私たちの時間知覚の仕組みに影響したかについて考察する。なお、本研究の実験結果から、区切音の持続時間がどのように時間知覚の仕組みに影響したかについて、一つの答えを出すことはできない。そこで、考えられる仮説をいくつか挙げ、その仮説が本研究の実験結果を説明するものとして妥当であるかどうかを検討し、最後に可能な説明とそうでない説明とに整理する。

考察を行う前に、もう一度、考察のポイントとなる区切音の持続時間の影響を整理する。時間間隔が単独で呈示されるパターンにおける区切音の持続時間の影響は、以下の2点にまとめられる。

1. 時間間隔の終わりを示す第2区切音の持続時間が長くなると、時間間隔の主観的な長さが長くなる(区切音の持続時間が20 msから100 msに増加するときの、時間間隔の

主観的な長さの増加量は約 20 ms)。このような第 2 区切音の持続時間の効果は、時間間隔の長さに関わらず現れる。

2. 時間間隔の始まりを示す第 1 区切音の持続時間が長くなると、時間間隔の主観的な長さが長くなる場合もあるが、この効果は時間間隔が 240 ms 以上のときに現れ、時間間隔が 120 ms のときは見られない。また、この効果は不安定で、実験によっては現れないこともある。

このような区切音の持続時間の影響がどのようにして生じたのかについて、以下のような説明が考えられる。

- まず考えられるのは、実験参加者が「第 1 区切音の始まりから第 2 区切音の始まりまで」ではなく、「第 1 区切音の始まりから第 2 区切音の終わりまで」を聴いていたのではないかという説明である。もし、実験参加者が実際に聴いていたのが第 1 区切音の始まりから第 2 区切音の終わりまでであったのであれば、第 2 区切音が長くなると、第 1 区切音の始まりから第 2 区切音の終わりまでの長さは物理的に長くなるため、時間間隔の主観的な長さが長くなると考えられる。

しかし、この説明に従うと、第 2 区切音の持続時間が 20 ms から 100 ms に増加すると、第 1 区切音の始まりから第 2 区切音の終わりまでの長さは 80 ms 増加するため、そのときの時間間隔の主観的な長さの増加量は、80 ms 程度となるはずである。実際には、時間間隔の主観的な長さは 20 ms 程度しか増加しなかったため (図 2.3b, 図 2.4b, 図 2.5b, 図 2.8b, 図 3.6b 参照)、この考え方では、実験で示された区切音の持続時間の効果を説明することができない。20 ms の区切音と 100 ms の区切音の終わりの位置 (もしくは持続時間) の知覚的な差が、20 ms 程度よりは大きくなることは、実験 6 においても示されている (図 4.3)。

したがって、第 2 区切音が長くなると時間間隔の主観的な長さが長くなったのは、実験参加者が「第 1 区切音の始まりから第 2 区切音の終わりまで」を聴いていたためであるとは考えにくい。

- 区切音の終わりそのものが時間間隔の終わりを示す手掛かりとして用いられていたわけではないとすると、次に考えられるのは、区切音の持続時間が長くなると、音の知覚的な始まりの位置が遅れたのではないかという説明である。この考え方は、P センターと密接に関わっている。

P センターの位置は、音の立ち上がり部分によって変わることが知られており、一般に、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といわれている (J. Vos & Rasch, 1981; Terhardt & Schutte, 1976; Howell, 1988; Scott, 1998)。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る (P. G. Vos et al., 1995; Marcus, 1981)。このような P センター研究の結果は、音の持続時間や立ち上がり時間など、音自体の時間構造が音の知覚的な始まりの位置に影響し、結果として知覚されるリズムを変化させる可能性があることを示している。そ

れでは、実験 1-3 で得られた音の持続時間の効果は、P センターによって説明することができるのだろうか。

もし P センターの位置の変化が音の持続時間の効果を引き起こしていたとすると、二つの音によって示された時間間隔の主観的な長さは、音の時間構造が変化することによって、以下のような影響を受けると予想できる。

- 第 1 区切音 (もしくは第 1 区切音の立ち上がり時間) が長くなると、第 1 区切音の P センターの位置が遅れ、第 2 区切音の始まりに近づく。そのため、時間間隔の主観的な長さは短くなる。
- 第 2 区切音 (もしくは第 2 区切音の立ち上がり時間) が長くなると、第 2 区切音の P センターの位置が遅れ、第 1 区切音の始まりから遠ざかる。そのため、時間間隔の主観的な長さは長くなる。
- 第 1 区切音と第 2 区切音の持続時間が等しい場合、第 1 区切音が長くなることによって時間間隔の主観的な長さが短くなっても、第 2 区切音が長くなることによって時間間隔の主観的な長さが長くなり、互いに効果を打ち消し合う。そのため、区切音の持続時間が変化しても時間間隔の主観的な長さは変化しない。
- 立ち上がり時間が同じ音の場合、振幅が大きいほど音の強さの増加が急になり、P センターの位置が早くなる。そのため、実験 2 で用いた総エネルギー統一条件と振幅付統一条件とを比べると、振幅統一条件の方が区切音の持続時間の効果は小さくなる。
- 上記のような効果は、時間間隔の長さに関わらず見られる。

しかし、この予想と実験 1-3 の実際の結果を比べてみると、異なっている点がいくつかあった。まず、第 1 区切音が長くなるほど時間間隔の主観的な長さが短くなる傾向は実際には見られなかった。実験 3 において、第 1 区切音の立ち上がり時間が長くなると時間間隔の主観的な長さが短くなる傾向は見られたが (図 2.7a)、これは時間間隔が 120 ms の場合以外には当てはまらなかった。また、第 2 区切音が長くなるほど時間間隔の主観的な長さは長くなったが (図 2.3b)、第 2 区切音の最大振幅の位置を変化させたときにはこのような傾向はみられなかった (図 2.7b)。立ち上がり時間を長くするほうが、音全体を長くするよりも P センターの位置の変化が大きいとの報告もあるため (Scott, 1998)、第 2 区切音の最大振幅の位置を変化させただけでは時間間隔の主観的な長さに一貫した影響がみられなかったことは、P センターでは説明が付きにくい。第 1 区切音と第 2 区切音の持続時間が等しい条件においても、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場合があった (図 5.1)。さらに、実験 2 では、総エネルギー統一条件より、振幅統一条件のほうが、第 2 区切音の持続時間の効果が大きかった (図 2.4b と図 2.5b を比較)。

以上のことから、実験 1-3 で得られた音の時間構造の影響は、音の知覚的な始まりの位置の変化が主な原因となって生じたわけではないと考えられる。音の持続時間が P センターの位置を変化させたという可能性が完全に否定されるわけではないが、P センターへの影響だけでは、本研究で示された音の時間構造の影響を説明することができない。

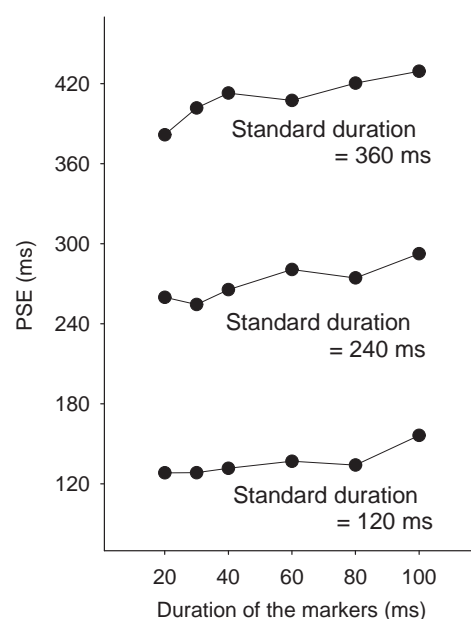


Fig. 5.1 実験1の第1区切音と第2区切音の持続時間が等しい条件において得られたPSEの平均値。ここに示されている条件は、図2.3にも含まれているが、該当する条件のPSEの変化を見やすくするため、別の図として示した。

また、単独の時間間隔の場合だけでなく、実験4、実験5で得られた二つの時間間隔が隣接するパターンにおける音の持続時間の影響についても、音の持続時間がPセンターの位置を変化させたと考えるだけでは説明することができない。時間間隔が隣接するパターンにおいても音の持続時間が長くなるとPセンターの位置が遅れるのであれば、第1区切音が長くなるとその知覚的な始まりが遅れて第2区切音の始まりに近づき、一つ目の時間間隔の主観的な長さは短くなるはずであるが、実験の結果では、一つ目の時間間隔の始まりを示す第1区切音が長くなると一つ目の時間間隔の主観的な長さが長くなった。この結果は、音の持続時間が長くなるとPセンターの位置が遅れるとした場合に予想される結果とは逆である。

- 第1区切音が長くなると時間間隔の主観的な長さが長くなったことへの説明として、音が鳴っている時間のほうが音が無い無音の時間よりも長く感じられるのではないかと、ということが考えられる。もし音が鳴っている時間のほうが無音の時間よりも長く感じられるのであれば、本研究の実験の場合、第1区切音が長くなると、判断する対象となる時間間隔の中に音が鳴っている時間が増えるため、第1区切音が短く無音時間が多い条件と比べ、時間間隔の主観的な長さが長くなると考えることができる。

この説明のもとになっているのは、私たちが時間を計るときに用いる内的ペースメーカー (Treisman, 1963; Gibbon et al., 1984; Grondin, 2001) の動きが、音が鳴っているときのほうが無音のときよりも速いのではないかとする説である (e.g. Penney, Gibbon, & Meck, 2000)。ペースメーカーの動きが速いと、経過時間を知る手掛かりとされるパルスをより頻繁に発することになるため、物理的に同じ長さの時間の場合、ペース

メーカーの動きが遅いときよりも主観的な時間は長くなる。この説は、充実時間錯覚を説明するために用いられることもある (Wearden et al., 2007)。

この考え方に従うと、時間間隔が 240 ms 以上のときに、第 1 区切音が長くなるに従って時間間隔の主観的な長さが長くなったこと (図 2.3a) を説明することができる。ただし、時間間隔が 120 ms のときに第 1 区切音の影響がみられないことは説明することができない。つまり、この考え方だけで第 1 区切音の持続時間の影響を全て説明することはできない。

- 第 1 区切音の持続時間の影響が、時間間隔の長さによって異なっていたことについては、音を処理するための時間窓の長さが関連している可能性がある。

音の情報を一つのまとまりとして処理するための時間窓の長さは、160-170 ms (Yabe et al., 1998) もしくは 200 ms 程度 (Czigler, Winkler, Sussmann, Yabe, & Horvath, 2003) であると考えられている。時間間隔が 120 ms であれば、第 1 区切音の始まりと第 2 区切音の始まりはどちらもこの時間窓の中に収まるため、この 2 つの区切音はひとつのまとまりとして処理されたと考えられる。時間間隔が 240 ms 以上であれば、第 1 区切音の始まりと第 2 区切音の始まりはひとつの時間窓に収まらないため、それぞれの区切音が別々のまとまりとして別々に処理されたと考えられる。このように、時間間隔が 120 ms のときと 240 ms 以上のときとで、区切音の処理が異なるために、第 1 区切音の持続時間の影響が時間間隔の長さによって異なっていた可能性がある。例えば、時間間隔が長く、それぞれの区切音が別々に処理されるときは、第 1 区切音に関する情報を落ち着いて処理することができるため、第 1 区切音の (物理的な) 始まりを時間判断の手掛かりとして用いることが容易であったが、時間間隔が短くなり、二つの区切音がまとめて処理されるようになると、第 1 区切音の情報を落ち着いて処理することができず、第 1 区切音の音エネルギーの時間分布など音自体の時間構造の影響を受けやすくなったのではないかと (図 2.7a) と考えることができる。

この考え方に従うと、第 1 区切音の持続時間の影響が変化する境目が、120 ms と 240 ms の間にあったこと (図 2.3a) が説明できる。

- 第 1 区切音の持続時間の影響が、時間間隔の長さによって異なっていたことについては、注意の影響も考えられる。

音に注意を向けているときのほうが、注意を向けていないときよりも、区切音の検知が早くなるといわれる (Ivry & Schlerf, 2008)。本研究の実験に当てはめると、第 1 区切音の持続時間が長くなることにより聴取者の注意が音に向けられている時間が長くなり、非常に短い無音時間の後に第 2 区切音が続く場合は、第 1 区切音が短く無音時間が長い場合よりも、第 2 区切音の検知が早くなったと考えることができる。本研究の実験においては、最も長い区切音は 100 ms であり、時間間隔が 120 ms のときに第 1 区切音が 100 ms になると、第 1 区切音の終わりから第 2 区切音の始まりまでの無音時間の長さは 20 ms しかなかった。この無音時間は非常に短いため、第 2 区切音が鳴らされるまで音に向けられた注意が持続し、第 2 区切音を検知される時点が早くなった可能性がある。一方、時間間隔が 240 ms または 360 ms のときには、第 1 区切音が 100 ms になっても、第 1 区切音の終わりから第 2 区切音の始まりまでの無音時間の長

さは100 ms以上は残されるため、第2区切音が鳴らされるまで音に注意を最大に向けた状態に保つことが困難になり、第1区切音の持続時間が第2区切音の検知に影響しなかった可能性がある。つまり、時間間隔が非常に短いとき(120 msのとき)のみ、第1区切音の持続時間が時間間隔の主観的な長さに影響し、時間間隔が長くなると(240 ms以上)、第1区切音の持続時間の影響はなくなったということになる。

この考え方に従うと、時間間隔が120 msのときは、第1区切音が長くなると時間間隔の主観的な長さが短くならなければならないが、本研究の実験結果(図2.3a)とそのまま一致するわけではない。しかし、上記の内的ペースメーカー説など他の説明と組み合わせることによって、第1区切音の持続時間の影響を説明することは可能である。

- 最後に、第2区切音が長くなると時間間隔の主観的な長さが長くなったことへの説明としては、第2区切音が長くなると、時間間隔に関する処理に要する時間が長くなったのではないかと、ということが考えられる。

この説明は、Nakajima(1987)によって提案された処理時間仮説に基づいている(図5.2)。この仮説によると、時間間隔に関する処理は、時間間隔の終わりを示す第2区切音の始まりが検知されるのと同時に終わるわけではなく、その約80 ms後まで行われ、第2区切音検知後に行われるこの「付加的な処理」に必要な時間も含む長さが、時間間隔の主観的な長さとなる。第2区切音が長くなると、この付加的な処理を行っているときに音が存在することになるため、処理が充分に行えず、付加的な処理に要する時間が長くなってしまふと考えられる。付加的な処理に要する時間も含めて時間間隔の主観的な長さとなるため、この付加的な処理に要する時間が長くなると、時間間隔の主観的な長さも長くなることになる。

この考え方に従うと、第2区切音が長くなると時間間隔の主観的な長さが長くなったことが説明できる。また、第2区切音の長さの変化が直接時間間隔の主観的な長さに反映されるわけではないため、時間間隔の主観的な長さの増加量が第2区切音の持続時間の増加量ほど大きくなくても、不思議ではなくなる(Grondin et al., 1996)。

ここに挙げた説明は、排反的なものではない。つまり、いくつかの説明が同時に成り立つことも可能である。例えば、第1区切音が長くなると、その検知が遅れる(つまり、時間間隔の主観的な長さが短くなる方向へ変化する)と同時に、第1区切音が鳴っている間の経過時間が長く感じられ(つまり、時間間隔の主観的な長さが長くなる方向へ変化する)、その2つのバランスによって第1区切音の持続時間の効果が決まる、と考えることもできる。第1区切音の持続時間の影響が不安定であったのは(実験1, 2および実験5の対照条件)、このように効果の方向が異なるいくつかの影響が関わっていたためかもしれない。

まとめると、実験参加者が誤って第1区切音の始まりから第2区切音の終わりまでを聴いていたとは考え難く、第1区切音の始まりから第2区切音の始まりまでの長さに基づいて判断や調整課題を行っていたことが示唆された。しかし、音の物理的な始まりの位置や、知覚的な始まり(Pセンター)の位置のみによって時間間隔の主観的な長さが決定するわけではないことも明らかとなった。Pセンターの位置のみでリズム知覚が決定するわけではないという知見は、リズム知覚研究において重要な指針を与えるものであり、区切音の持続時間が



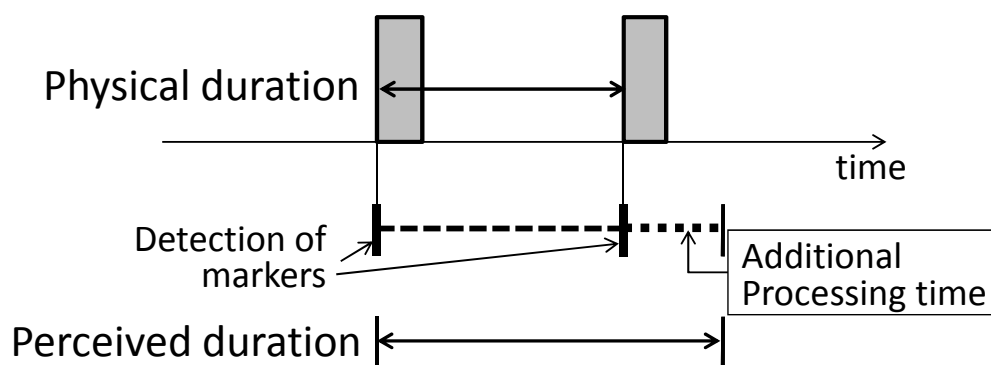


Fig. 5.2 処理時間仮説において提案されている時間処理の模式図。第1区切音が検知されてから経過時間の計測が始まり、第2区切音を検知した後に、時間間隔に関する付加的な処理 (additional processing) が行われる。その付加的な処理に要した時間も含む長さが、時間間隔の主観的な長さとなる。

経過時間の計測や時間間隔に関する処理などそれ以外の時間情報処理に影響する可能性を示している。また、時間窓や注意なども、時間情報処理において重要であると考えられる。

### 5.3 本研究の結果と従来のリズム知覚研究の結果との関連付け

第2章および第3章で、非常に単純な音を用いて行った実験の結果、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た。時間間隔が単独で呈示されたパターンだけでなく、二つの時間間隔が隣接するパターンにおいても区切音の持続時間の影響が見られたこと、また、隣接する時間間隔の長さを比べるという、自然にリズムを聴くときと似た聴き方をさせる課題を用いても同様の影響が確かめられたことから、私たちが普段リズムを聴くときにも音の持続時間が影響する可能性があると考えられる。それでは、本研究で非常に単純な音を用いて確かめられた音の持続時間の効果は、より複雑な日常のリズム知覚と結び付けることはできるのだろうか。

本節では、日常のリズム知覚を視野に入れ、音楽的な素材を用いて音の持続時間の影響を調べた研究を二つ紹介し、本研究の結果とどのように結び付けることができるかを検討する。

Schubert and Fabian (2001) は、J. S. バッハの「ゴルトベルク変奏曲」BWV988 第7変奏の冒頭2小節の付点リズムを用い、この付点パターンの鋭さ(比率の極端さ)についての評価を求める実験を行った。この部分の付点パターンは、付点8分音符 16分音符 8分音符で構成されている。これを、このままの音価で作成された条件のほかに、より極端な比率にした条件(複付点8分音符 32分音符 8分音符)や、第1音または第3音を短くした条件(例えば、16分音符 8分音符 16分音符 8分音符)が設けられた。また、テンポが速い条件(106拍/分)と遅い条件(80拍/分)も設けられた。それぞれのリズムの付点の鋭さを実験参加者に9段階で評価させた結果、実際に付点が極端な比率にされた条件だけでなく、第1音または第3音が短く鳴らされた条件においても、付点パターンがより鋭いと感じられることが明らかとなった。このような、音自体を短くすること(kerning)によって知覚されるリズムが変わる現象は、カーニング錯覚と名付けられた。カーニング錯覚は、第3音が短い条件において顕著に生じ、また、テンポの速いほうが生じやすいことが示された。

第3音が短くなると付点パターンがより鋭いと感じられるという現象は、本研究の結果と一致している。つまり、第3音が短くなったことによって第2音と第3音によって区切られる時間間隔が知覚的に短くなり、結果として第1音と第2音によって区切られる時間間隔との知覚的な比率がより極端になったと考えることによって説明することができる。

このように、実際の音楽の断片を用いて発見されたカーニング錯覚も、本研究と同様に、時間間隔の終わりを示す音の持続時間が長くなると時間間隔の主観的な長さが長くなったと考えることで説明することができた。つまり、本研究の結果を用いて、Schubert and Fabian (2001)の結果を説明することができた。

Repp and Marcus (2010) は、5つの音によって示された4つの隣接する等間隔の時間間隔というパターンを用いて、知覚されるテンポを調べる実験を行った。知覚されるテンポは、ひとつひとつの時間間隔の主観的な長さによって決まるため(e.g. Handel, 1989)、この実験の結果は本研究の結果と比べることができる。時間間隔の主観的な長さが長くなると、テンポは遅く感じられ、時間間隔の主観的な長さが短くなると、テンポは速く感じられるようになる。

Repp and Marcus (2010) は、時間間隔として、660, 690, 720, 750, 780, 810, 840 ms を用

い、これをスタッカートで演奏した条件（音の持続時間は40 ms）と、レガートで演奏した条件（音の持続時間は時間間隔の長さと同じ）を設けた。時間間隔を示す音としては、ピアノの音と、立ち上がり5 msの定常音が用いられた。実験参加者には、5つの音から成るパターンを2つ（順にS1, S2と呼ぶ）呈示し、「S2のテンポはS1のテンポよりも速かった」「S2のテンポはS1のテンポと同じであった」「S2のテンポはS1のテンポよりも遅かった」の3つの選択肢から回答を選ばせた。S1は660-840 msの時間間隔、および40 msまたは時間間隔の長さと同じ持続時間の音で示され、S2は常に750 msの時間間隔と40 msの音で示された。この実験の結果、知覚されるテンポは音の持続時間を変えても変化しないということが示された。つまり、音が短くても長くても、各時間間隔の長さに対する3つの回答の頻度に違いはみられなかった。このことは、ピアノの音が用いられたときも、合成音が用いられたときも、変わらなかった。

音の持続時間が変わっても時間間隔の主観的な長さに変化がみられなかったという点において、Repp and Marcus (2010)の結果は本研究の結果とは異なっていた。この食い違いの原因として、Repp and Marcus (2010)で用いられた時間間隔が比較的長かったことや、刺激パターンに含まれる時間間隔の数が多かったこと、また等間隔であったことなどが考えられる。本研究において確かめられた区切音の持続時間の影響は小さいため（20 ms程度；図2.3参照）、Repp and Marcus (2010)で用いられた実験方法では、結果に現れなかったのだろう。

本研究の結果は、Schubert and Fabian (2001)の結果とは結び付けることができたが、Repp and Marcus (2010)の結果とは一致しなかった。Schubert and Fabian (2001)とRepp and Marcus (2010)で用いられた刺激パターンを比べると、Repp and Marcus (2010)で用いられた刺激パターンでは、隣接する時間間隔が全て等間隔であり、最も短い時間間隔でも660 msと比較的長かった点がSchubert and Fabian (2001)と大きく異なっていた。このような違いにより、Repp and Marcus (2010)では音の持続時間の影響が現れなかった可能性がある。非常に単純な音を用いた本研究と、より複雑な音を用いた他のリズム知覚研究との間の溝を埋めることは、私たちの日常のリズム知覚の仕組みを探る上で重要であろう。

## 5.4 今後の展望

本論文では、従来時間知覚研究に分類されていた研究とリズム知覚研究に分類されていた研究との双方に結び付けることができるような刺激パターンを用いて実験を行うことで、これまで関連性が明らかにされていなかった研究を結び付けることができた。今後の展望としては、以下に数例を挙げる。

本論文では、非常に単純な刺激パターンを用いて実験を行った。音の時間構造の効果を実際の音楽や音声のような、より複雑なリズムの知覚とさらに関連付けるためには、時間間隔の数を増やすなど、少し複雑な刺激パターンを用いて実験を行う必要がある。隣接する時間間隔の数が増えると、その長さの関係によって拍節感や規則性の知覚が生じる場合があり（e.g. Handel, 1989; Large, 2008）、その知覚的なまとまり方や、聴取者の予測や期待が時間間隔の知覚に影響する可能性があるため（e.g. Sasaki et al., 2002; Schulze, 1989）、時間間隔の数を増やした場合にも音の時間構造の影響が見られるかどうかを検討することは重要である

と考えられる。また、本論文では、音の持続時間が20-100 msの範囲で変化するとき、音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を明らかにしたが、このような効果は音の持続時間がどの程度になるまで見られるかを調べることも重要である。音の持続時間の効果が見られる持続時間の範囲が時間間隔の長さによって異なるのかどうかや、時間間隔の主観的な長さの増加量は最大でどの程度になるのかなどを調べることにより、音の持続時間の効果がなぜ現れたのかをさらに考察し、私たちの時間知覚の仕組みを探ることができる。また、楽器の音や人間の声は、通常、持続時間が100 msを超えるため (e.g. Handel, 1989; Patel, 2008), 100 msを超える範囲で音の持続時間が変化しても本研究で示されたような音の持続時間の効果が現れるかどうかを調べることは、本研究の結果を日常のリズム知覚とさらに深く結び付けることにつながる。

音の時間構造以外の要素を扱うことも重要である。例えば、音楽や話し言葉において、音の周波数は重要な要素である (e.g. Patel, 2008)。時間知覚研究において、音の周波数が時間間隔の主観的な長さに影響することは示されており (Burghardt, 1973; Fastl & Zwicker, 2007; Remijn et al., 1999), 音の周波数がリズム知覚に影響するかどうかを調べることは興味深い課題である。実際の楽器音などを用いて実験を行うことも有益であろう。

本論文で扱ったような短い時間間隔の知覚に関しては、脳科学的な研究を行うことも有益である。例えば、本論文の第3章で扱った隣接する時間間隔の知覚については、脳波の事象関連電位を測定する実験が行われており、時間的同化が生じるときと生じないときとの脳活動の違いが報告されている (Mitsudo et al., 2009)。さらに、その後、脳波のデータを再分析することにより実験参加者の知覚と脳活動がさらに結び付けられ (Takeichi et al., in press; Nakajima & Takeichi, 2010), 実験参加者が時間判断を行わなかった場合の知覚という、心理実験では調べることのできなかつた範囲の知覚内容も明らかになりつつある (e.g. Nakajima & Takeichi, 2010)。今後、時間知覚実験およびリズム知覚実験を脳科学的な研究と結び付けることは、リズム知覚の仕組みを探るうえで非常に重要であると考えられる。

また、本論文はリズム知覚の基礎的な研究であると同時に、時間知覚研究の一端にある研究であり、聴覚コミュニケーションの基礎となる時間の知覚のみでなく、他の感覚様相も含む人間の時間知覚の仕組み一般を探ることもつなげることができる。例えば、本論文の第3章で紹介した時間縮小錯覚は、聴覚と視覚とでは生じ方が異なることが知られている (Arao et al., 2000)。このことは、短い時間の知覚は感覚様相によって異なる場合があることを示しており、興味深い知見である。時間知覚研究においては、時間情報は感覚様相ごとに処理されるのか、全ての感覚様相からの情報をまとめて処理する仕組みがあるのかが問題にされてきたが (e.g. Grondin, 2001), 本研究で扱った短い時間間隔の知覚を、視覚刺激など異なる感覚様相を用いて調べることにより、感覚様相による時間処理の特徴を探ることができる可能性がある。

## 5.5 まとめ

第2章から第4章で行われた7つの実験の結果より、区切音の持続時間が変化すると時間間隔の主観的な長さが変化するという現象は、区切音の知覚的な始まりの位置 (Pセンター) だけでは説明できないことが示された。つまり、区切音の持続時間は、音の始まりの位置の

知覚以外の時間情報処理にも影響していたと考えられた。これまでのリズム知覚研究においては、音の始まり（もしくは音の知覚的な始まり）がリズムを決定すると考えられており (e.g. Large, 2008; Gordon, 1987) , P センターの位置のみでリズム知覚が決定するわけではないという本研究の結果は、新しい知見であった。

本研究で確かめられた区切音の持続時間の効果が、より複雑で日常的な素材を用いた研究の結果と一致しているかどうかを検討した結果、一致している場合 (Schubert & Fabian, 2001) と、そうでない場合 (Repp & Marcus, 2010) とがあった。今後、本研究で用いた刺激と、Repp and Marcus (2010) が用いた刺激の間を埋めるような刺激を用いて、本研究でみられたような音の持続時間の効果がどのような条件のときに現れ、どのような条件のときに現れないのかを調べることが重要であろう。