

氏名	岡本 悠
ヨミガナ	オカモト ハルカ
学位の種類	博士（学術）
学位記番号	博音第358号
学位授与年月日	令和3年9月30日
学位論文等題目	〈論文〉 音の持続時間や立ち上がり時間の増加に伴うPerceptual Attack Time (PAT) の移動に統合の時間窓が与える影響 〈演奏〉

論文等審査委員

(主査)	東京藝術大学	教授	(音楽研究科)	丸井 淳史
(副査)	東京藝術大学	教授	(音楽研究科)	亀川 徹
(副査)	東京藝術大学	准教授	(音楽研究科)	後藤 英
(副査)	東京藝術大学	准教授	(音楽研究科)	田村 文生
(副査)	東京藝術大学	教授	(音楽研究科)	山下 薫子

(論文内容の要旨)

音楽において、リズムは重要である。特に、アンサンブルでは、他者とリズムを合わせること、簡略化すると、他者の音と自分の音が鳴った瞬間を合わせることは重要である。この他者と合わせる「音が鳴った瞬間」は、“Perceptual Attack Time; PAT” と呼ばれる。このPATは、「時間の流れの中に配置された、知覚された音のアタックの瞬間」と定義され、音の立ち上がり部分のどこかにあると言われている。音の立ち上がり部分には、PATの他にも、物理的オンセット(physical onset time)、知覚的オンセット(perceptual onset time)、最大エネルギー(energy peak time)があるが、これらはそれぞれ異なるものである。本論ではPATを扱い、PATが音の何の要素によってどのように移動するかを調査した。

PATの先行研究より、持続時間が長い音の方が、また立ち上がり時間が長い音の方がPATが時間的後方に位置することが報告された。また、持続時間と立ち上がり時間との交互作用も報告された。加えて、周波数や提示音圧レベルが異なるとPATが変化する可能性も示された。

一方、音の知覚は聴覚情報処理を経て形成されるため、PATの知覚も聴覚情報処理の何らかの影響を受けるはずである。特に、PATの先行研究では、実験で刺激音の持続時間を1msから400msあるいは500ms程度まで変化させている。この持続時間の範囲は「統合の時間窓」の時間範囲と重なるため、「統合の時間窓」の影響を受ける可能性が考えられる。「統合の時間窓」とは、聴覚情報が保持される時間範囲の一つであり、この時間範囲で保持された情報はまとめて処理されるが、その時に、これらの情報が統合処理される。この処理により、統合の時間窓の範囲内であれば、持続時間が増加するにつれ、最小可聴閾が低下し、ラウドネスが上昇して知覚される現象が生じるが、統合の時間窓の範囲外ではこの現象は生じず、持続時間が増加してもラウドネスも最小可聴閾も変化しない。

そこで、本論では、統合の時間窓の先行研究と、PATの先行研究より明らかになっていることを照らし合わせ、「PATの知覚も統合の時間窓の影響を受ける。その影響により、立ち上がり時間の増加とPATの移動との関係が、音の持続時間が統合の時間窓の範囲内か範囲外かで異なる」と仮説だてた。

仮説の検証のため、持続時間と「立ち上がり時間の割合(持続時間に占める立ち上がり時間の割合であり、数式では、(立ち上がり時間) / (持続時間) × 100[%]である)」を変化させた音のPATを測定する実験を行った。PATの測定課題には、タッピング課題、同時調整課題、そして等時調整課題がある。本論の条件では、タッピング課題を用いるのが適切であると考えられた。

そこで、予備実験において、3つのPAT測定課題を用いてPATを測定した。得られた値に有意差がないことが確認されたため、PAT測定の課題としてタッピング課題を用いることに問題がないと判断した。その際、提示音圧レベルを2水準で変化させたが、有意差が見られなかった。さらに、持続時間と立ち上がり時間の割合を変化させる水準を検討し、サンプルサイズも検討した。

その後、3つの本実験を行った。本論では統合の時間窓を直接測定していない。そのため、PATの知覚に統合の時間窓が関係しているのかを確認するには、統合の時間窓がある長さの時の刺激音のPATと、統合の時間窓が異なる長さの時の刺激音のPATとを比較する必要がある。先行研究にて統合の時間窓の長さを変化させる可能性が指摘されるのは、提示音圧レベル、周波数、音楽訓練を受けたことがあるかどうか（音楽訓練の有無）である。このうちの提示音圧レベルは、予備実験で用いた水準では有意差がないことが確認された。そこで、実験1を基準とし、統合の時間窓が異なる長さの時として、実験2にて音楽訓練の有無を取り上げ、実験3にて周波数を取り上げ、PAT測定を行った。

まず、実験1では、音楽訓練を受けたことがある参加者（音楽群）に対し、タッピング課題を行った。刺激音はサイン波とし、その持続時間を5水準（100, 150, 200, 250, 300ms）で変化させ、立ち上がり時間の割合を10水準（0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90%）で変化させた。また、周波数は440Hzとした。これは、現在の音楽における基準となる周波数だからであり、JIS規格でも基準となる”A(ラ)”の音を440Hzとすることが定められているからである。提示音圧レベルは予備実験にて有意差が見られなかったため、参加者間で固定し、76dBとした。

次に、実験2にて、統合の時間窓の長さが異なる場合として音楽訓練の有無を取り上げた。実験1の音楽群よりも統合の時間窓が短いと考えられる、音楽訓練を受けたことがない参加者（一般群）に対しタッピング課題を行った。それ以外の条件は実験1とほぼ同様であった。

最後に、実験3にて、統合の時間窓の長さが異なる場合として周波数を取り上げた。実験1の440Hzの刺激音よりも統合の時間窓が短いと考えられる、より高い周波数の刺激音を用いて、実験1と同様の音楽群に対しタッピング課題を行った。それ以外の条件は実験1とほぼ同様であった。

以上の実験と分析により、「立ち上がり時間の割合の増加とPATの変化との関係」が、音の持続時間が統合の時間窓の範囲内か範囲外かで、以下のように異なることが明らかになった。統合の時間窓の範囲内では、立ち上がり時間の割合が増加するにつれ、PATはゆるやかに、かつ、統合の時間窓の範囲外よりも小さく時間的後方へ移動する。一方、統合の時間窓の範囲外では、立ち上がり時間の割合が増加するにつれ、PATが急激に、かつ、統合の時間窓の範囲内よりも大きく時間的後方へ移動する。加えて、立ち上がり時間の割合がある一定以上になると、立ち上がり時間の割合が増加するにつれてのPATの移動量が徐々に小さくなるか、PATが移動しなくなる。以上のことより、「PAT知覚も統合の時間窓の影響を受け、統合の時間窓の範囲内と範囲外では、立ち上がり時間の割合の増加に対するPATの変化量と、曲率が異なる」と結論付けた。この結論は「立ち上がり時間の割合」に対して分析し明らかになったことであるが、「立ち上がり時間」に対して分析しても同様の結論が得られることが確認された。

#### （総合審査結果の要旨）

合奏において音の始まりを合わせるとき、そもそもどのような要因が「音の始まり」を決めているのかを解明しようとするのが、申請者の研究目標である。ひとことに音の始まりと言っても、楽器音の発音の瞬間には、(1)物理的に音が生じた時なのか、(2)音の強さが最高に達した時なのか、あるいは(3)演奏者や聴取者が音が鳴ったと感じた時なのか、などいくつかが考えられる。これらの中から三つ目の「知覚された音のアタックの瞬間（PAT, Perceptual Attack Time）」に限定したとしても、音の特徴によっては、その音の始まりが早く感じられたり遅く感じられたりする。本論文では研究目標のうち、持続時間と立ち上がり時間という二つの音の特徴が、PATにどのように影響するのかを心理評価実験によって明らかにしたものである。

丁寧な先行研究調査により、全体的として持続時間が長いほど・立ち上がり時間が長いほどPATが時間

的后方に移動することが分かった。さらに、それらに記載された実験結果を精査したところ、これまでの研究では検討されていなかった「時間統合窓」についての研究の必要性に行きあたった。

時間統合窓とは、ある時間幅のあいだに入ってきた情報をまとめて一つのものとして処理する感覚の機構である。たとえばアニメーションが静止画を並べたもののはずなのに動画に見えるのは、視覚の時間統合窓に複数のコマが入ることでまとめて処理され、連続した動きとして知覚されるからである。音についても同様な時間統合窓があり、本論文の新規性は、発音の同時性に時間統合窓がどのように影響するかを明らかにしたことにある。

仔細にわたる予備実験によって、タッピング課題（ヘッドホンから再生される音にあわせて台を指でたたき、たたいた時刻を計測する実験）を用いることの妥当性を確認し、以降の三つの実験を計画した。実験1では音楽訓練を受けたことのある者を対象にして、440Hz純音の持続時間と立ち上がり時間を変化させた刺激音のPATを求めた。実験2では、音楽訓練を受けたことのない者を対象にして実験1と同様の手法でおこない音楽経験の影響を調べた。実験3では、異なる周波数の純音で同様の実験をおこない、周波数によって変化されると言われる統合時間窓の長さの影響を調べた。その結果、PATが統合時間窓の影響を受けることを示すに至った。

聴覚の基礎的な仕組みを調査した労作であるが、論を慎重に進めようとしたせいでかえって読みにくい部分が散見されることになった。審査会では、複数の実験での共通の実験装置や分析方法について繰り返し同じ記述が見られることや、曖昧な言葉の使い回しによって過度な一般化をしているように読める部分がある、などの指摘があった。しかしながら、先行研究をていねいに調査し、入念に準備された実験と分析によって、音を合わせるという音楽表現の重要なテーマに至る道筋の端緒に果敢に挑んだ本論文は、音楽音響分野における博士論文にふさわしいと評価され、合格と判断した。