

令和元年6月18日現在

機関番号：32635

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K16010

研究課題名(和文) 時間間隔知覚の不一致現象から聴覚コミュニケーションの基盤を紐解く

研究課題名(英文) Investigation on the basis of auditory communication focusing on the perceptual difference between filled and empty time intervals

研究代表者

蓮尾 絵美 (Hasuo, Emi)

大正大学・心理社会学部・研究員

研究者番号：60725969

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、言葉や音楽を理解するうえで不可欠となる、数百ミリ秒以内の時間間隔の知覚に関連する脳内処理を調べた。物理的には同じ時間間隔であっても、その時間間隔を一つの持続音の始まりと終わりで区切った場合(充実時間)と、二つの別々の短音で区切った場合(空虚時間)とで生じる「時間間隔知覚の不一致現象」に着目して実験を行った結果、物理的な時間間隔の100ミリ秒付近を境として、それよりも短い時間間隔と長い時間間隔とでは空虚時間に対する処理の仕組みが異なる可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題では、音楽や言語などを用いた人間の聴覚コミュニケーションを支える基礎となる時間知覚の仕組みを明らかにするための重要なデータを得ることが出来た。厳密に統制した音刺激と心理物理学的手法を用いて集めたデータの信頼性は高く、数十ミリ秒刻みの時間知覚の仕組みを浮かび上がらせることが出来た。この成果は、人間の日常生活を支える知覚メカニズムの解明に貢献すると考えられる。

研究成果の概要(英文)：The aim of this project was to clarify the underlying mechanism for rhythm perception, which is based on the perception of short time intervals below few hundred milliseconds.

Two types of time intervals were employed in the study: Filled intervals marked by the onset and the offset of a continuous sound, and empty intervals marked by the onsets of two brief sounds. Subjective durations of filled and empty intervals were measured for time intervals in range of 30 to 600 ms. Results showed that, while the subjective duration of filled intervals increased linearly as the physical duration increased throughout the whole duration range (i.e. 30-600 ms), the relationship between subjective and physical durations for empty intervals changed at around 100 ms; the slope was steeper for shorter durations and became gentler for longer ones. The results suggest that the mechanism for processing empty intervals changes for durations below and above the boundary at around 100 ms.

研究分野：認知科学

キーワード：時間知覚 聴覚 充実時間 空虚時間

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 聴覚コミュニケーションの基礎としての時間認知

音声や音楽を聴くとき、私たちの耳に届くのは連続するいくつかの音である。その中から一つ一つの音の始まりや終わりといった要素を捉え、音の長さや無音の長さなどの時間構造を知覚することによって、私たちは初めて言葉やメロディーといった意味のある情報を掴むことができる。特に、数百ミリ秒以内の短い時間間隔の脳内検出は言葉や音楽の知覚の基礎となっているが、このような短い時間の認知に関する研究は意外にも少なかった。

(2) 時間知覚の不一致現象

音で示された時間間隔の知覚に関しては、物理的には同じ長さの時間間隔であっても、数秒持続する1つの音の始まりと終わりで区切られた時間間隔（充実時間、図1a）と、2つの短音の間に区切られた時間間隔（空虚時間、図1b）とでは、前者のほうが長く知覚されることが報告されている^[1]。このような時間間隔知覚の不一致現象は、充実時間錯覚（または充実時程錯覚）と呼ばれる。

充実時間錯覚は時間知覚研究の分野ではよく知られた錯覚現象の一つであり、頑健な錯覚現象と考えられてきた。しかし、以前に研究代表者が数百ミリ秒程度以内の短い時間間隔を用いて行った研究^[2]では、充実時間錯覚が生じなかった聴取者の方が多かったことから、数百ミリ秒以内の短い時間間隔と、それよりも長い時間間隔とでは、時間間隔を処理する脳内機序が異なるのではないかと考えられた。

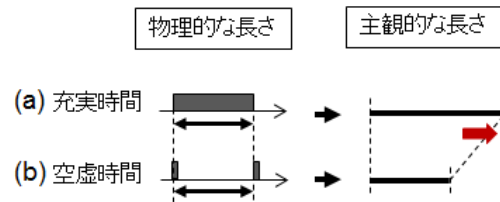


図1 充実時間錯覚

物理的に等しい長さであっても、充実時間は空虚時間よりも長く知覚される

2. 研究の目的

本研究課題の目的は、聴覚コミュニケーションの基礎となる数百ミリ秒程度以内の短い時間間隔の知覚に関連する脳内情報処理を明らかにすることであった。特に、充実時間錯覚に着目して、以下の2点について明らかにすることを目指した。

(1) 充実時間錯覚の生じ方が変化する境目となる時間間隔を明らかにし、それよりも短い時間間隔と長い時間間隔とでは、時間間隔に対する処理の仕組みがどのように異なるかを調べる。

(2) 時間判断をする際の脳機能計測を行い、時間間隔の長さによって脳内処理が変化するかどうかを検討する。

3. 研究の方法

(1) 充実時間錯覚の生じ方が変化する境目となる時間間隔を明らかにするため、心理実験を行った。物理的な時間間隔の長さは、30 - 600 ミリ秒の時間範囲から7つから9つ程度選んで用いた。それぞれの時間間隔について、充実時間として示した充実時間条件と、空虚時間として示した空虚時間条件を設けた。それぞれの時間間隔の主観的な長さは、マグニチュード推定法を用いて調べた。すなわち、実験参加者には、それぞれの時間間隔を聴いて感じた時間間隔の長さに対応する数値を回答してもらった。物理的に同じ長さの時間間隔において、充実時間条件と空虚時間条件との主観的な長さの差を調べることで、充実時間錯覚の錯覚量を求めることが出来る。その錯覚量が、物理的な時間間隔の長さによってどのように変化するかを調べた。

(2) 上記の心理実験で用いた充実時間と空虚時間の中から代表的なものをいくつかを選んで用い、脳機能計測を行った。脳機能計測には、脳磁図を用いる予定であったが、後述の通り研究期間途中で脳磁図が使えない環境となってしまったため、脳波を用いて計測を行った。充実時間と空虚時間それぞれについて、物理的な時間間隔の長さを2段階設け、実験参加者には呈示された時間間隔の長さが長い方であったか短い方であったかを回答してもらった。時間間隔の呈示開始から回答を行う直前までの脳活動を分析した。

4. 研究成果

当初は脳磁図を用いて脳機能計測を行う予定だったが、研究代表者が任期満了等により他研究機関に所属先が変更になったことで、当初予定していた脳磁図による脳機能計測が完了できなかった。そこで、まずは新しい研究機関でも実施可能であったピアノ音を用いた心理実験を行うとともに、脳波を用いた脳機能計測を行うこととした。得られた知見を以下にまとめる。

(1) 心理実験の結果

充実時間と空虚時間の主観的な長さの差 (= 充実時間錯覚の錯覚量) は、時間間隔の物理的な長さが約 100 ミリ秒程度以内のときは小さくほぼ一定であるが、時間間隔がそれよりも長くなると、錯覚量が徐々に増えていくということが明らかとなった(図 2)。つまり、錯覚の生じ方は、時間間隔が約 100 ミリ秒になるあたりを境として変化するようであった。充実時間の場合には、用いた 30-600 ミリ秒の時間範囲全体に渡って、時間間隔の物理的な長さがある程度増加すると主観的な長さも同程度増加していた(物理的な長さと主観的な長さの間に直線関係が認められた)。一方、空虚時間の場合には、時間間隔の物理的な長さが 100 ミリ秒を超えると、時間間隔の物理的な長さが増加した時の主観的な長さの増加の仕方が緩やかになった。

上記のような傾向は、本研究課題を通して行った複数の実験の全てにおいて共通しており、時間範囲によって充実時間錯覚の生じ方が変わるという現象の頑健性が示された。これらの結果は、100 ミリ秒付近を境として空虚時間に対する脳内処理が変わることを示している。

また、補足的な実験も行った。充実時間のような持続音の長さの知覚において、通常の聴覚実験に用いられるような振幅が一定の合成音を用いた場合と比べ、振幅が徐々に減少する実環境下の音(ここではピアノの音)を用いた場合には、音の長さが短く感じられることが明らかになった。この結果は、音楽や音声などを介した聴覚コミュニケーションを理解するうえで、極端に単純化した実験室的な音を用いた聴覚実験の結果を、現実場面での複雑な音の知覚に単純には当てはめることができない場合もあり得ることを示唆している。

(2) 脳機能計測の結果

用いる時間間隔の長さの組み合わせを変えて脳波計測実験を行ったところ、音そのものの処理や脳内での時間長の計測に関連する脳活動と、時間間隔の終わりの予期に関わる脳活動とを分けて捉えることができた。時間間隔の終わりの予期に関連する脳活動は、充実時間の方が空虚時間よりもはっきりと現れるようであったが、このような充実時間と空虚時間との違いに関しては更に分析が必要である。現在において、脳波実験についてはまだ進行中であり、本課題に対する助成が終了した後も、引き続き実験を継続し、結果が得られ次第国内外の学会及び国際雑誌に発表していく予定である。

<引用文献>

- [1] E Zwicker (1969/70) Subjektive und objektive Dauer von Schallimpulsen und Schallpausen, *Acustica*, 22, 214-218.
- [2] E Hasuo et al. (2011) Does filled duration illusion occur for very short time intervals? *Acoust Sci & Tech*, 32, 82-85.

5. 主な発表論文等

[学会発表](計 10件)

Hasuo, E. (September, 2018). Time-shrinking illusion in the tactile modality: Comparison with auditory and visual modalities. The 3rd International Five-Sense Symposium, Fukuoka (Japan).

Hasuo, E. (January, 2018). Bistable rhythm as a probe for investigating automatic rhythm perception. Post-Symposium of the 33rd Annual Meeting of the International Society for Psychophysics: Perception and the Brain, Fukuoka (Japan).

Hasuo, E., Nakajima, Y., Wakasugi, M., & Fujioka, T. (October, 2017). Effects of sound marker durations on the perception of inter-onset time intervals: A study with real and synthesized piano sounds. The 33rd Annual Meeting of the International Society for Psychophysics (Fechner Day 2017), Fukuoka (Japan).

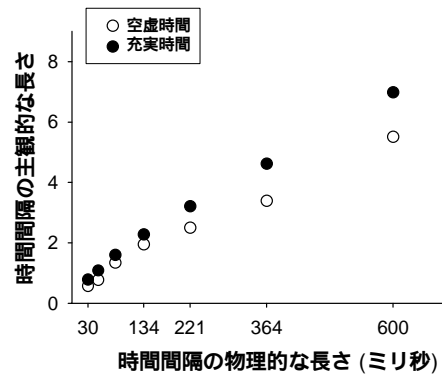


図 2 時間範囲による充実時間錯覚の生起の仕方の違い

充実時間と空虚時間の主観的な長さの差 (= 充実時間錯覚の大きさ) は、時間間隔の物理的な長さが約 100 ミリ秒を超えたあたりから増え始めた

Hasuo, E. & Shigeno, S. (August, 2017). Effects of temporal and spectral structures on the perception of sound duration. The 6th Conference of the Asia-Pacific Society for the Cognitive Sciences (APSCOM6), Kyoto (Japan).

Hasuo, E. (August, 2017). Effects of sound durations on rhythm perception. Symposium 1 "Rhythm perception (Organizer: Marek Franek)" in the 6th Conference of the Asia-Pacific Society for the Cognitive Sciences (APSCOM6), Kyoto (Japan).

Hasuo, E. (July, 2016). A new insight into the filled duration illusion in the auditory modality: Difference between duration ranges. Invited symposium "Time in the brain (IS29-14, Organizers: Grondin, S., Tobimatsu, S., Hasuo, E.)" in the 31st International Congress of Psychology (ICP2016), Yokohama (Japan).

Hasuo, E. & Nakajima, Y. (July, 2016). Perceived duration of piano sounds. The 31st International Congress of Psychology (ICP2016), Yokohama (Japan).

Nakajima, Y., Matsuda, M., Tomimatsu, E., & Hasuo, E. (July, 2016). Perceptual contrast between two short adjacent time intervals marked by clicks. The 31st International Congress of Psychology (ICP2016), Yokohama (Japan).

蓮尾絵美, 中島祥好. ピアノ音の長さの知覚. 日本音楽知覚認知学会春季研究発表会, 福岡, 5, 2016

Hasuo, E., Nakajima, Y., Kishida, T., Remijn, G. B., & Ueda, K. (August, 2015). Perceived durations of filled and empty intervals. The 31st Annual Meeting of the International Society for Psychophysics (Fechner Day 2015), Quebec (Canada).

[図書](計 2件)

Grondin, S., Hasuo, E., Kuroda, T., & Nakajima, Y. (2018). Auditory time perception. In R. Bader (Ed). Springer Handbook of Systematic Musicology (pp. 423-440). Berlin: Springer.

蓮尾絵美 (印刷中). 時間知覚. 『音楽知覚認知ハンドブック』 pp. 64 - 72, 北大路書房.

6 . 研究組織

(1)研究分担者
該当なし

(2)研究協力者
該当なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。