

2 純音の同時性知覚における蝸牛基底膜振動の重なるの影響の検討

岡崎聡^{†1} 一川誠^{†2}

我々は前の研究で、2 純音の同期判断の特性が、2 純音の周波数距離が臨界帯域内にある際の蝸牛基底膜振動の重なりにより説明できることを示した。本研究では、この説明の妥当性を確認することを目的として、両耳異音聴条件下での同時性判断実験を行った。両耳異音聴条件下では、2 純音が異なる耳に入力されるため、基底膜振動の重なりを取り除くことができる。その結果、両耳異音聴条件下で2音が同期したと判断される非同時の区間の幅は、2 純音の周波数距離が変わってもほぼ一定であることが示された。この結果は、上述の我々の説明を支持するものであった。

Overlapping oscillation of basilar membrane in cochlea affects the perception of simultaneity for two pure tones

SATOSHI OKAZAKI^{†1} MAKOTO ICHIKAWA^{†2}

We previously reported that the temporal window for the perceptual simultaneity in listening two pure tones is widened when the tones' frequency separation is below a critical bandwidth. We proposed that the overlap of oscillation in terms of two tones on a basilar membrane in cochlea causes the widening effect of the frequency separation on the perceptual simultaneity. To test this proposal, we examined if the frequency separation of two tones would affect the temporal window width for the perceptual simultaneity under the dichotic condition which produces no overlap of oscillation on a basilar membrane. We found that the temporal window width for the perceptual simultaneity was constant against the frequency separation. These results support our proposal mentioned above.

1. はじめに

2 つの純音の同時性知覚に関する知識は、聴覚刺激の同時性知覚の挙動を理解するのに不可欠である。一般に、2 音の開始時間差 (SOA, stimulus onset asynchrony) が 0 に近いとき、聴取者はより高頻度で 2 音を同時と判断することが知られている。しかしながら、2 音の SOA に対して聴取者が同時と感じる範囲の幅が 2 音の周波数によってどのように変化するか調べた研究は少ない。

聴取者は 2 音の知覚的融合と知覚的同期を頼りに 2 音の同時性判断課題を遂行できる[1]。すなわち、聴取者の同時性判断には以下の 4 つのケースが考えられる。(a) 聴取者は、実験手続き上、物理的に 2 音が存在することを理解しており、2 音の SOA が 0 に近いときに起きる 2 音の融合に基づく推測によって 2 音が同時と判断する。(b) 聴取者は、2 音の知覚的分離に基づく推測によって 2 音が非同時と判断する。(c) 聴取者は、知覚的に分離した 2 音に対して同時の感覚を得て、同時と判断する。(d) 聴取者は、知覚的に分離した 2 音に対して同時の感覚を得ず、非同時と判断する。以下、後二者を同期判断と呼ぶ。

著者らは、2 純音に対して、同期と判断される SOA の幅 (「同期判断の幅」) が 2 音の周波数距離に対してどのように変化するか調べた[2]。その結果、同期判断の幅は臨界帯

域を境に異なる傾向を示した。すなわち、2 音の周波数距離が臨界帯域幅よりも遠いときには、2 音の周波数距離が遠くなるほど、同期判断の幅が広がった。2 音の周波数距離が臨界帯域幅よりも近いときには、反対に、2 音の周波数距離が近くなるほど、同期判断の幅が広がった。これらの結果から、臨界帯域の内側と外側で異なるメカニズムで同期判断がなされているものと考えられた。

2 音が臨界帯域内にあるときは、それぞれの音による蝸牛基底膜の振動範囲が重なる。すなわち、後続音によって最大に振動すべき位置の基底膜上の内有毛細胞が、先行音の到達とともに発火している。この発火が後続音によって時間的隙間なく引き継がれるならば、後続音の周波数に対応した一連の神経発火の開始は、後続音が到達した時点ではなく、先行音が到達した時点になる。言い換えると、後続音は先行音と、神経表象上、同時に開始したと表現されることを意味する。2 音の周波数距離が近いほど、先行音は後続音によって最も振動させられるべき位置の基底膜をより大きく振動させるため、発火が長時間持続し、後続音による発火までのギャップが減る。この 2 音の SOA の解消過程が、2 音の周波数距離が臨界帯域より近い条件において同期判断の幅を広げていた可能性が考えられる。

本研究の目的は基底膜振動範囲の重なりが同期判断の幅に影響を与えるか調べることである。著者らの前の実験は、両耳同音聴条件下での同時性判断課題であった。すなわち、1 つの蝸牛に 2 つの純音が入力されるため、基底膜振動の重なりが生じた。本研究の聴取者は、両耳異音聴条件

^{†1} 千葉大学大学院融合科学研究科
Graduate School of Advanced Integration Science, Chiba University
^{†2} 千葉大学文学部
Faculty of Letters, Chiba University

で同時性判断課題を行った。両耳異音聴条件では、2つの純音はそれぞれ異なる耳に入力された。このことは、1つの蝸牛内では、1つの純音のみが基底膜振動を引き起こすことを意味する。もし基底膜振動が同期判断の幅に影響を与えているならば、基底膜振動の重なりを取り除いた両耳異音聴条件では、2音の周波数距離が近い条件でも同期判断の幅が広がらないことが予想された。

2. 方法

2.1 聴取者

男性6名が実験に参加した(21-52歳)。全員が、前に報告した両耳同音聴・同時性判断実験にも参加していた。

2.2 刺激

以下の刺激の設定はすべて、前に報告した両耳同音聴実験と同一である(図1)。刺激は周波数の異なる2つの純音で構成された。低音の周波数は200 Hzに固定され、高音の周波数は210 Hz, 226 Hz, 253 Hz, 323 Hzであった。2音は

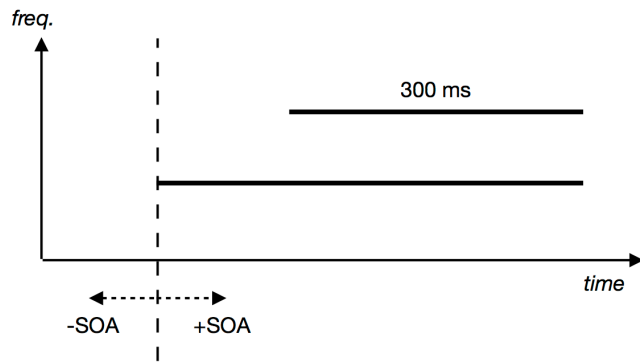


図1 刺激の模式図

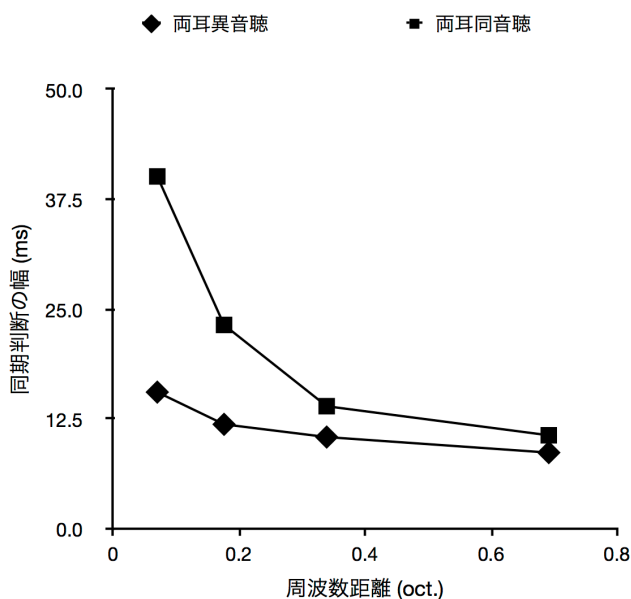


図2 両耳同音聴条件と両耳異音聴条件の同期判断の幅。1人の聴取者の結果を示す。

非同時、または同時に開始した (SOA = ± 0, 2, 4, 7, 14, 27, 52, 100 ms)。後続音の持続時間は 300 ms であり、2音は同時に終了した。各音の開始と終了には 15 ms のテーパがかけられた。実験に使用されたすべての周波数の純音のラウドネスは、事前に行われたラウドネスマッチング課題で、65dB 1000 Hz の純音と等しくなるように、聴取者ごとに調整された。

2.3 装置

刺激はヘッドホン (Sony, MDR-1MK2) から呈示された。聴取者は防音室 (KAWAI, FKS20-12) 内で課題を遂行した。刺激は、コンピューター (Apple, Macbook Air) で標準化周波数 44.1 kHz, 量子化ビット数 16 bit で合成され、オーディオインターフェース (Focusrite, Scarlett 2i2) でアナログ信号に変換された。

2.4 手続き

聴取者は、2純音刺激の呈示後、それが1音に聞こえるか、2音に聞こえるか判断した。2音に聞こえた場合のみ、聴取者はさらにその2音が同時に聞こえたか、非同時に聞こえたか判断した(同期判断)。聴取者の反応に対してフィードバックは与えられなかった。各周波数水準のランダムな呈示は10回繰り返された。

3. 結果

聴取者毎に得られた各 SOA における同期判断の頻度分布から、同期判断の幅を求めた。同期判断の幅の指標として、同期判断分布のサンプルの標準偏差を用いた。周波数距離を独立変数、同期判断の幅を従属変数として繰り返しのある分散分析を行ったところ、有意な差は認められなかった。なお、同じ聴取者の両耳同音聴条件では有意な差が認められていた [$F(3,16) = .22, p = .88; F(3,16) = 3.57, p < .05; 図 2]$ 。

4. 考察

先行研究の両耳同音聴の条件で見られた、2音の周波数距離が近い条件で同期判断の幅が広がる傾向は、両耳異音聴条件では認められなかった。両耳異音聴条件では、1つの蝸牛内で2つの純音による基底膜振動が直接に重なることはない。したがって、両耳同音聴条件において、2つの純音による基底膜振動の重なりが同期判断の幅を広げたという我々の仮説は支持されたと言える。

参考文献

- Okazaki, S. and Ichikawa, M.: Perceptual Fusion and Simultaneity for Auditory Stimuli, Proceedings of ICMPC - APSCOM 2014, pp. 316-319 (2014).
- 岡崎聡, 一川誠: 2純音の周波数距離の関数としての知覚的同時性のU字型特性, 日本音響学会講演論文集, pp. 501-502 (2015).