

## 2 純音の同時性の範囲に音圧が及ぼす影響

岡崎聡<sup>†1,2</sup> 一川誠<sup>†2</sup>

**概要**：本研究は、2つの純音が同時に開始したと知覚される時間差の範囲（同時性の範囲）が音圧（A特性）によって異なるか検討した。同時性の範囲を音圧および周波数距離の関数として測定し、周波数距離を共変量として共分散分析を行なった。その結果、音圧が低下すると同時性の範囲が有意に広がることを見出した。この結果は、音圧が低い場合、音の開始点がある範囲に拡大されて知覚されることによって同時性の範囲も広がることを示唆する。

**キーワード**：知覚的同時性、ラウドネス、周波数距離、同時性判断課題

### Effect of Loudness on Perceptual Simultaneity Range for Two Pure Tones

SATOSHI OKAZAKI<sup>†1,2</sup> MAKOTO ICHIKAWA<sup>†2</sup>

#### 1. はじめに

音と音の同時・非同時性は、音源定位から音声の知覚、音楽体験までさまざまなレベルで人に影響を与えている。これらの同時・非同時性は数 $\mu$ 秒から数ミリ秒の時間差のオーダーにわたるが、その中で、人が音と音を同時と知覚するのはどの程度の時間差の範囲だろうか。そして、この同時と知覚される時間差の範囲（同時性の範囲）は、音の三要素の、周波数、音圧、波形によってどのように変化する（あるいは変化しない）のだろうか。このような問題は単純な心理物理学的テーマであるが、未だ完全には解明されていない。

本研究はこれまで、図1に示す2つの周波数の異なる純音を用いて、同時性の範囲と周波数の関係を調べてきた。その結果、2音の同時性の範囲（同時と知覚される $\Delta t$ の範囲）は周波数距離 $\Delta f$ の関数として、V字型に回帰することが示されてきた [1]。また、V字への回帰は2音の周波数に関わらず、純粋に周波数距離によって決定されることが示されてきた [2]。一方、これまでの研究成果は、2音のラウドネス（知覚される音の大きさ）が等しい条件で得られてきた。本研究では、このラウドネスを変化させて、同時性の範囲と周波数距離の関数がどのように変化するのか調べる。

#### 2. 方法

##### 2.1 刺激

刺激は図1に示す2つの周波数の異なる純音で構成された。高音の周波数は6400 Hzに固定され、低音の周波数は

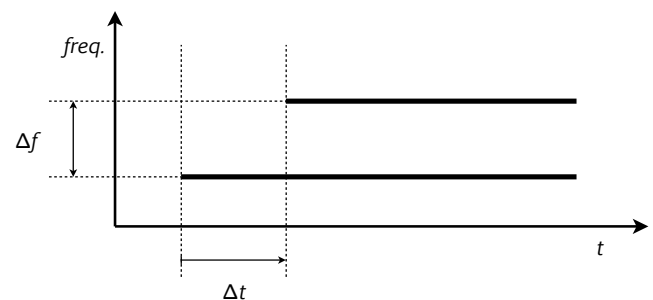


図1 刺激の模式図

800 Hz, 400 Hz, 200 Hz, 100 Hz ( $\Delta f = 3, 4, 5, 6$  octave) のいずれかであった。2音は同時または非同時に開始された ( $\Delta t = \pm 0, 2, 4, 7, 14, 27, 52, 100$  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15 msのコサイン・テーパーをかけた。各純音のラウドネスには35 dB (A) もしくは65 dB (A) の2つの条件が設けられた。

##### 2.2 装置

刺激はヘッドホン (Sony, MDR-1MK2) で呈示した。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。

<sup>†1</sup> 日本学術振興会特別研究員 DC  
JSPS Research Fellow DC

<sup>†2</sup> 千葉大学  
Chiba University

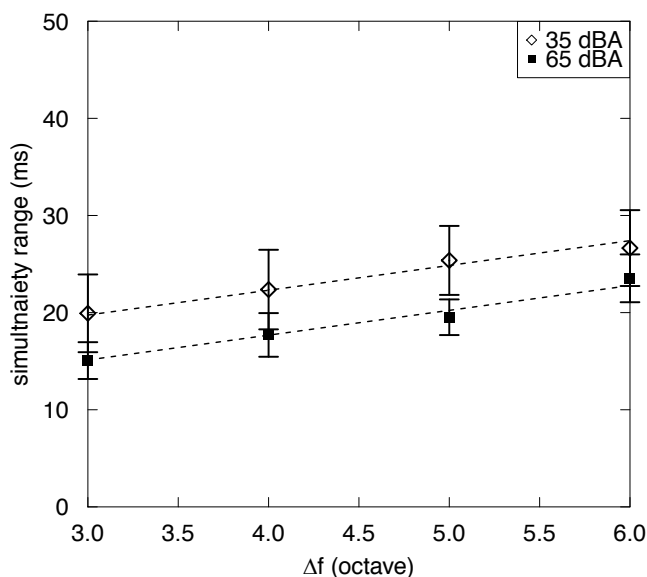


図 2 同時性の範囲-周波数距離の関数

### 2.3 手続き

実験は 35 dB (A) 条件と 65 dB (A) 条件にわけて行われた。聴取者は図 1 に示す刺激が呈示されたあと、呈示された刺激が 1 音に聞こえるか、2 音に聞こえるか判断した。聴取者が 2 音に聞こえたと判断した場合には、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。この手続きは、聴取者が 2 音の知覚的な融合を手掛かりに同時性判断を行わないように導入された。聴取者はフィードバックなしで判断を行なった。各周波数距離水準は、10 回ランダムな順で繰り返された。

### 2.4 聴取者

35 dB (A) 条件の参加者は、5 名 (女性 2 名、男性 3 名、21–32 歳)、65 dB (A) 条件は、7 名 (すべて男性、21–24 歳) であった。そのうち、3 名は両条件に参加した。

## 3. 結果

各  $\Delta f$  条件の聴取者ごとに、 $\Delta t$  に対して得られた同時性判断の頻度分布の標準偏差を計算し、同時性の範囲の指標とした。図 2 に 35 dB (A) 条件と 65 dB (A) 条件で得られた同時性の範囲を周波数距離の関数としてプロットした (エラーバーは標準誤差を表す)。両ラウドネス条件ともに、同時性の範囲は周波数距離の上昇とともに広がる結果を得た。また、ラウドネスが 65 dB (A) から 35 dB (A) に低下すると同時性の範囲と周波数距離の関数が全体的に上昇

する結果を得た。このことを統計的に確かめるために、同時性の範囲を応答変数、ラウドネスを説明変数、周波数距離  $\Delta f$  を共変量として共分散分析を行なった。共分散分析における平行性の検定結果は、ラウドネス条件の間に有意な傾きの違いを見出さなかった [ $t(44) = 0.232, p = 0.817$ ]。共分散分析の結果は、ラウドネスによる同時性の範囲-周波数距離の関数の有意な上昇を見出した [ $t(45) = -2.379, p = 0.022$ ]。この共分散分析で見出された回帰直線を図 2 の点線に表す。

## 4. 考察

本実験の結果から、同時性の範囲と周波数距離の関数は、ラウドネスの低下とともに上昇することが示された。以下、この挙動の理論的背景について考察する。2 音の同時性の範囲の決定過程は、各音の開始点の検出と、検出された開始点の間の時間的な評価 (同時の範囲内であるか範囲外であるか) の 2 つの過程に分けることができる。特に前者の開始点の検出については、ラウドネスの影響を考慮することができる。ラウドネスが小さい場合には開始点を含む音の情報が少数の神経発火によって表現されることになる。この少数の発火は、背景ノイズ (神経は一定数が常に自発的に発火している) のために検出しづらい。それゆえ、音の開始点を含む神経表象上の音の時間的な解像度が低下することが考えられる。また、神経には不応期があるため、音に対して時間軸上で常に正確に反応できるわけではない。通常は多くの神経が異なる不応期で音に対して反応することによって、総体として時間的な正確性を担保している。しかしながら、ラウドネスが小さい場合には少数の神経が反応し、神経の総体としての時間的な正確性は低下する。このことも、音の開始点を含む神経表象上の音の時間的な解像度の低下を招いている可能性がある。以上のような音の開始点の時間的な解像度の低下は、知覚上の音の開始点を時間軸上で点から一定の範囲に拡大する。その結果、同時とする範囲が一定であっても結果的には、同時性の範囲が広がることが考えられる。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP16J07652, JP25285197 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- [1] Okazaki, S. and Ichikawa, M.. Perceptual Simultaneity Range as a Function of Frequency Separation for Two Pure Tones. *Acoust. Sci. & Tech.* 2017, in press.
- [2] Okazaki, S. and Ichikawa, M.. Effects of frequency separation and fundamental frequency on perception of simultaneity of the tones. *Proc. Meet. Acoust.* 2017, in press.