

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 3 月 31 日現在

機関番号：32605

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2010～2011

課題番号：22830077

研究課題名（和文） 聴覚系におけるサイズ知覚の特性を支配する時間的・音響的要因の解明

研究課題名（英文） A study on temporal and acoustic factors influencing auditory size perception

研究代表者

竹島 千尋 (TAKESHIMA CHIHIRO)

桜美林大学・総合文化学群・助手

研究者番号：80583450

研究成果の概要（和文）：

視覚の手がかりのみでなく、聴覚の手がかりによっても物体（音源）のサイズを知覚できる。本研究では、聴覚系におけるサイズ情報処理の積分特性およびそのメカニズムを明らかにすることを目的とする。

母音刺激を用いた心理物理実験を通して、サイズ情報の抽出に対する (a) 音の持続時間と基本周波数の依存性、(b) 波形の周期性の有無の影響、(c) サイズ情報の正規化精度との相関関係について検討した。

研究成果の概要（英文）：

Human can perceive size of an object (sound source) using not only visual cues, but also auditory cues. This study aims to investigate integration characteristics for the auditory size processing and its mechanism. We performed several psychophysical experiments using vowel stimuli and investigated (a) dependence of sound duration and fundamental frequency, (b) influence of waveform periodicity, and (c) correlation with size normalization on size extraction.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,210,000	363,000	1,573,000
2011年度	1,120,000	336,000	1,456,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,330,000	699,000	3,029,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：実験心理学

キーワード：聴覚心理学，心理物理実験，サイズ知覚，寸法知覚，聴覚の時間積分，持続時間，音声知覚

1. 研究開始当初の背景

生物にとって、周囲の環境の変化を的確に且つ即座に察知することは、生命の維持のために重要な課題の一つである。そのような環境の理解は、生物の知覚系において行われていることは言うまでもない。中でも、聴覚の手がかりによる環境理解は、暗闇の中や対象物が遠くにいるような、視覚的な情報を手がかりにできない状況下で特に重要となってくる。例えば、話し声・鳴き声・足音などの音色を知覚することによって、自分の周囲にどのような物体がいるかを知り（音源識別）、同時にその物体がどこにいるのかを推定（音源定位）する必要がある。

音源識別の中でも、音源のサイズ（大きさ）を把握することは、最も重要な聴覚の役割であると考えられる。なぜならば、音源（対象物）のサイズを知ることにより、自分にとって脅威な存在であるか否かを把握し、その対象物から離れ、安全な場所へ移動する必要があるかを判断する手がかりとなるからである。また、自分の獲物であるかを把握し、生存の維持に役立てることもできる。

Irino と Patterson は、聴覚系において音から音源のサイズに関する情報を抽出する過程が存在するという仮説を立て、それに基づく計算モデルを提案した（Irino & Patterson, 2002）。この理論仮説を受け、聴覚系のボトムアップな処理過程によってサイズ情報が処理されることが心理物理学的研究を中心に示されてきた。

Irino と Patterson が提案するモデルでは、(1)各聴覚フィルタにおいて聴神経活動の周期の始まり（原点）を検出し（図1を参照）、(2)そこから過去約 35 ms 分の活動を積分し、これまでの積分値に同期加算するという、2段階の処理過程を経てサイズ情報が抽出されるように実装されている。この積分処理は、聴覚に関するこれまでの生理学的・心理学的知見に基づいたものである。しかし、聴覚系におけるサイズ情報処理の特性やそのメカニズムが明らかにされていないため、この積分処理をサイズ処理のモデルへも適用できるかについては検討の余地がある。

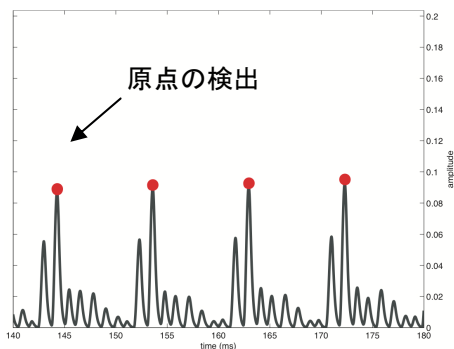


図1) 原点検出の例

2. 研究の目的

サイズ情報の抽出過程やそのメカニズムの詳細を明らかにすることを目指す。そのために、本研究では聴覚の処理機構の一つである時間積分に着目し、以下の3つの検討を行った。

(1) 音の持続時間と基本周波数の依存性

音の検知やピッチ弁別に関する研究において示されている通り、聴覚系はある長さの時間にわたって音響情報を積分し、それにより検知能力や弁別精度を向上させている。したがって、聴覚の時間積分の特性が音の時間的変化の追従能力や知覚の明瞭度に大きく影響する。

聴覚系でのサイズ情報の処理において、波形1周期毎にサンプリングをしているならば、サイズ情報の抽出精度はサンプル数すなわち波形の基本周波数や総サイクル数に依存すると予想される。一方、より長い時間にわたって積分をしているならば、その積分時間を境に持続時間や基本周波数の効果の程度が異なると予想される。本研究では、サイズ弁別実験を通して聴覚系でのサイズ抽出に対する音の持続時間と基本周波数の影響を検討した。

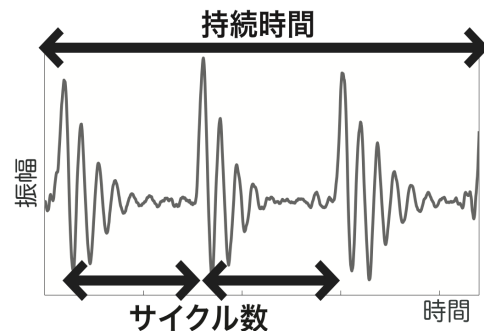


図2) 持続時間と波形のサイクル数

(2) 波形の周期性の有無の影響

実環境では、自分が聞こうとする音以外にさまざまな音が混在する。他の音の混在により、時間積分時の聴神経活動に対する特徴ピーク検出の精度が周期駆動と雑音駆動とで異なり、その結果、持続時間の効果の様相が周期性の有無に依存する可能性が考えられる。そこで本研究では、背景雑音を付加した聴取条件下で有声母音と雑音駆動母音に対してサイズ弁別精度を測定した。

(3) サイズ情報の抽出精度と正規化精度との相関

先行研究により、サイズ弁別成績と母音同定成績との間に高い相関があることが示されている（Smith et al., 2005）。すなわち、楽器サイズや話者サイズの判断が容易な音

は楽器群の識別や母音同定などの共鳴体の形状識別能力も高く、サイズ判断の困難な音は形状識別能力も低い。これは、サイズ判断と形状判断がそれぞれ別の処理ではなく、同じ処理機構で達成されることを示唆する。その場合、形状判断すなわちサイズ情報の正規化処理においても先述のような積分時間の影響があり、サイズ情報の抽出処理と同様の持続時間の影響が考えられる。一方、別の積分過程がさらに存在するならば、持続時間の影響はサイズ判断時とは異なると予想される。この可能性について検討するため、サイズ弁別実験で用いた母音刺激に対して母音同定精度を測定した。

3. 研究の方法

桜美林大学にて6名の学生を対象に2つの実験を行った。

実験1: スケール変形母音の話者サイズ弁別刺激 (スケール変形刺激)

成人男声が発話した日本語5母音(ア、イ、ウ、エ、オ)に対して、駆動方法およびスペクトル包絡の周波数スケールを操作した合成母音を実験刺激として用いた。パラメータ操作と合成は音声合成システム STRAIGHT (Kawahara et al., 1999) を用いた。母音駆動は、125 Hz・250 Hzの基本周波数と雑音駆動(周期性なし)の3種類を設けた。スケール変形は、母音のスペクトル包絡を線形周波数軸上で圧縮または伸長させ(図3を参照)、6種類の伸縮条件を設けた。このスケール変形は、声道長の伸縮によるホルマント周波数の移動に対応させた操作である。母音の持続時間は16, 32, 64, 128, 256 msの5種類を設けた。

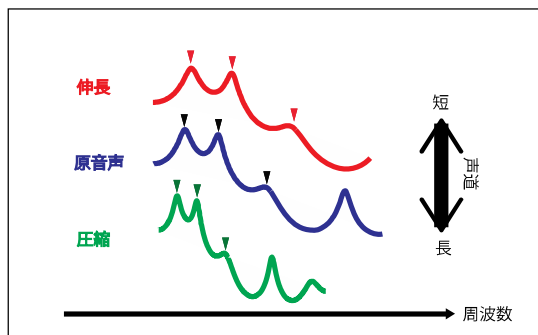


図3) 心理測定関数の例

手続き・課題

スケール変形母音に対する話者サイズの弁別実験により、各持続時間と母音駆動条件に対して話者サイズの丁度可知差異(Just-Noticeable Difference: JND)を測定した。JNDの測定は2区間2肢強制選択課題により行った(図4を参照)。2区間のうちの

1区間は標準刺激であり、原音声の $2^{1/6}$ 倍のスケール変形をさせた母音刺激であった。もう一方の区間は比較刺激であり、標準刺激の $2^{-5/12}$, $2^{-3/12}$, $2^{-1/12}$, $2^{1/12}$, $2^{3/12}$, $2^{5/12}$ 倍のスケール変形をもつ母音刺激であった。

実験参加者の課題は、背景雑音(ピンク雑音)が提示された中で2区間の母音刺激を聞き、どちらの刺激区間の方がより身体の小さい話者によって発せられた母音刺激であったかを判断することであった。

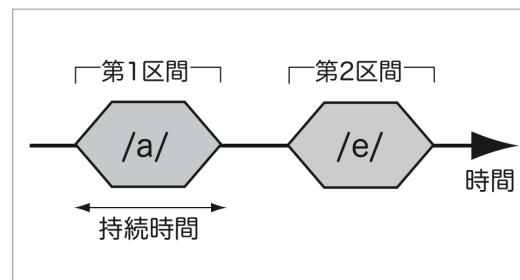


図4) 実験の模式図

JNDの推定方法

各実験参加者の各刺激条件の実験結果に対して、図5のような心理測定関数をフィッティングさせた。この心理測定関数上の50%点(話者サイズの主観的等価値)と76%点とのスケール変形率の差をJNDとした。

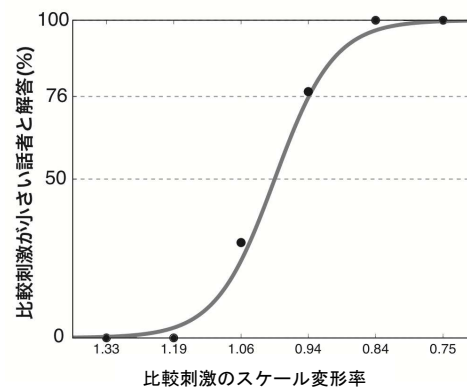


図5) 心理測定関数の例

実験2: スケール変形母音の同定

サイズ弁別実験で標準刺激として用いたスケール変形母音を実験刺激として用いた。

手続き・課題

1区間5肢強制選択課題により、各持続時間と母音駆動条件に対してスケール変形母音の同定能力を測定した。サイズ弁別実験と同様に、ピンク雑音を背景雑音として提示した。

実験参加者の課題は、提示された母音刺激が5母音(“a”, “i”, “u”, “e”, “o”)

“o”) のいずれであったかを判断することであった。

4. 研究成果

以上の2つの実験から、話者サイズの弁別と母音同定の両課題において、母音の持続時間が16 ms から32 ms へ増加することによって成績が向上する結果が示された。32 ms 以上では、持続時間の増加にともなって成績が徐々に向上したが大きな変化は示されなかった。32 ms 以上では、波形の総サイクル数がサイズ弁別精度および母音同定成績を支配する傾向を示した。一方、32 ms 以下では母音の持続時間が支配的であった。

これらの実験結果は、32 ms 付近の積分の時間窓が聴覚でのサイズ情報の処理に影響を及ぼす可能性を示唆する。また、サイズ弁別と母音同定とで同様の持続時間の効果が示されたことから、サイズ情報の抽出処理と正規化処理が同じ積分処理機構上で達成される可能性が示唆される。今後、各持続時間の母音に対する聴覚モデルの出力結果やマルチプル・ルックス・モデルと本実験の結果とを比較するなど、サイズ処理の時間積分特性の詳細についてさらに検討する必要がある。

以上の通り、両課題で同様の持続時間・サイクル数依存性が示された。一方、雑音駆動母音の同定における32 ms 以下での持続時間の効果の程度は有声母音の場合よりも小さかった。すなわち、16 ms 時の母音同定は雑音駆動母音の場合に最も同定成績が高く、32 ms 時の母音同定に対する16 ms 時の成績低下度は他の駆動条件に比べて小さかった。この結果から、持続時間やサイクル数以外に他の要因がサイズ情報の正規化処理に影響を与えている可能性が考えられる。しかし、天井効果によって持続時間の効果が小さくなった可能性も現時点では否定出来ない。今後、スケール変形度の高い母音の同定に対しても持続時間の影響を検討するなど、サイズ正規化に対する持続時間依存性および周期性依存性について更なる検討が必要である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計8件)

- [1] 竹島千尋, 津崎実, 入野俊夫, 母音の持続時間が話者寸法の弁別能力に与える影響, 日本音響学会春季発表大会, 2012年3月15日, 神奈川大学(神奈川)
- [2] 津崎実, 竹島千尋, 松井淑恵, 入野俊夫, スケール変換したインパルス応答が交替する系列に対するピッチ知覚, 日本音響学会春季発表大会, 2012年3

月15日, 神奈川大学(神奈川)

- [3] Tsuzaki, M., Takeshima, C., & Irino, T., Effects of the correlation between the fundamental frequencies and resonance scales as a cue for the auditory stream segregation, The 2012 MidWinter Meeting of the Association for Research in Otolaryngology, February, 29, 2012, San Diego, California, USA
- [4] Takeshima, C., Tsuzaki, M., & Irino, T., Discrimination of speaker sizes through speech sounds: Dependence on sound duration, The 2012 MidWinter Meeting of the Association for Research in Otolaryngology, February, 26, 2012, San Diego, California, USA
- [5] 津崎実, 竹島千尋, 松井淑恵, 入野俊夫, スケールリングした2種のインパルス応答が交替する音系列に対するピッチ知覚—調整法による心理物理実験—, 日本音響学会聴覚研究会, 2012年2月4日, 那覇市IT創造館(沖縄)
- [6] 津崎実, 入野俊夫, 竹島千尋, 松井淑恵, 寸法知覚を中心とした聴覚情景分析—物理世界と心理世界をつなぐ聴覚—, 日本音響学会秋季研究発表大会(招待講演), 2011年9月21日, 島根大学(島根)
- [7] Tsuzaki, M., Matsui, T., Takeshima, C., & Irino, T., Pitch perception for sequences of pulses alternating different resonance scales, The 161st Meeting of the Acoustical Society of America, May, 26, 2011, Seattle, Washington, USA
- [8] 竹島千尋, 津崎実, 入野俊夫, 話者寸法の弁別における母音の持続時間の効果, 日本音響学会春季発表大会, 2011年3月11日, 早稲田大学(東京)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹島 千尋 (TAKESHIMA CHIHIRO)
桜美林大学・総合文化学群・助手
研究者番号: 80583450