

言語音の聞き取りにおける触覚刺激の影響

戸田 結梨香^{1,a)} 鈴木 優^{2,b)}

概要:本研究は、聴覚における言葉の聞き取りに対し、触覚とのクロスモーダル効果の応用可能性を考える。既存研究では、正弦波等の単純な音と振動において、触覚刺激による聴覚への影響が明らかにされている。そこで本研究は、言語音における聴覚への触覚刺激による影響の検証を目的として、既存研究でみられた効果を言語音で検証した後に、影響を与える触覚振動刺激の要素を調査した。結果、既存研究と同様の主観的音量の増大効果に加えて音量強度弁別成績の向上効果を確認し、音量の増大効果には聴覚刺激と近い周波数の刺激が影響を与え、聴覚刺激と同一の刺激を触覚に提示したとき最も効果が大きいことを示した。

1. はじめに

人は複数の音が生じる日常的な環境で、会話相手の声という特定の言語音を聞き取っている。聞き取りを支援する既存手法としては、聞き取る対象の音を大きくする拡声器や、聞き取る対象の音以外を小さくするノイズキャンセリング機能等が挙げられるが、これらは聴覚に受容される音刺激そのものを改変する。

本研究は、音刺激を変化させない聞き取り支援手法として、クロスモーダル効果の応用を考える。クロスモーダル効果とは、本来別々とされる知覚が互いに影響し合う効果である。言葉の聞き取りやすさに影響を与えるクロスモーダル効果としては、発話する口の動きの視覚刺激が、発話内容の聞き取りを促進する効果 [1] 等が分かっている。本研究では、コミュニケーションには聴覚情報が 38%、視覚情報が 55% の割合で影響を与えるメラビアンの法則 [2] を考慮し、これらを阻害しない手法として、触覚とのクロスモーダル効果に着目した。触覚は既に聴覚への影響が確認されており、コミュニケーションと並行して刺激の提示が容易な知覚である

既存研究では、正弦波等の単純な刺激を聴覚と触覚へ同時に提示すると、主観的音量の増大や検出成績の向上 [3] 等聴覚における音の認知に影響を与えることが報告されている。そこで本研究は、この効果について特定の言語音の

聞き取りへの応用可能性を探求するため、既存研究でみられた効果を言語音において検証し、影響を与える触覚振動刺激の要素を調査する。

2. 本研究のアプローチ

2.1 聴覚と触覚のクロスモーダル効果

既存研究では、人差し指や手掌部の触覚への振動刺激の提示により、触覚刺激が音の認知に影響を与えることが示されている。

Helge ら [3] は聴覚に正弦波、人差し指の触覚に矩形波を同時に提示する実験を行い、触覚刺激による音の検出成績の向上と、主観的音量の増大効果を示した。Yau ら [4] も聴覚と人差し指に正弦波を提示し、同様の主観的音量増大に加え、触覚刺激が聴覚の周波数知覚を変化させる影響を示した。また、岡崎ら [5] もモバイル環境での聴覚の臨場感増幅を目的に、聴覚と手掌に正弦波を提示して主観的音量増大を確認している。加えて、ノコギリ波を用いた実験では、触覚と聴覚の間で倍音関係にある音を同じ音程であると感ずる効果を示し、さらに音楽的素養によって協和音的感覚を得る可能性を示唆した。

これらは多くが純音や単純な音で確かめられた効果だが、触覚刺激による音の知覚・認知への影響が示されている。

2.2 言語音の聞き取りにおける触覚刺激の影響の検証

本研究では、言語音を提示刺激として、聴覚における触覚刺激の影響を検証するために、以下の 2 つの実験を行う。

実験 1 では、先述の既存研究にて、正弦波等を聴覚と触覚に対し同時に提示して得られた効果のうち、主観的音量の増大効果を言語音において検証する [6]。

実験 2 では、実験 1 でみられた効果について、有効な触

¹ 宮城大学
Miyagi University, 1-1Gakuen, Taiwa-cho, Kurokawa-gun,
Miyagi 981-3298, Japan

² ノートルダム清心女子大学
Notre Dame Seishin University, 2-16-9 Ifuku-cho, Kita-ku,
Okayama 700-8516, Japan

a) p2120160@myu.ac.jp

b) suzu@m.ndsu.ac.jp

覚振動刺激の要素を調査する。実験1の結果をもとに、聴覚には実験1と同じく言語音、触覚にはいくつか条件の異なる振動を提示し、効果への影響を比較する。

3. 実験1: 言語音における触覚刺激の影響の検証

3.1 実験の概要

本実験の目的は、既存研究でみられた触覚刺激による聴覚への影響が、言語音でも同様にみられることの検証である。既存研究の手法を参考に、聴覚と利き手の示指の触覚へ同時に刺激を提示する。提示刺激には言語音声データを用い、恒常法によって音量差を知覚できる閾値、すなわち弁別限を求め、触覚刺激の提示による閾値の変化から、主観的音量の変化を分析する。

既存研究では、触覚-聴覚間の協和音関係や倍音関係が聴覚へ影響する可能性が示唆されていた。本実験では、触覚へ提示する言語音声データの音程をピッチシフトにより変化させ、これらの影響の有無を検証する。

3.2 評価方法

実験には二区間強制選択法を用い、被験者には第一区間と第二区間の刺激が提示された後、大きく聞こえた区間を回答してもらい、それぞれの区間について回答の偏りを割合で算出した。強制選択法で回答を得るため、大きい方を正しく回答した割合を正答率としたとき、完全にランダムな回答を得たときの正答率は50%、完全に正しい回答を得たときの正答率は100%となる。本実験では弁別課題を用いた先行研究[7]を参考に、十分に音量差が感じられる閾値として、その中間である正答率75%となる音量差を弁別限とした。また、音量差のない組については、いずれかの区間に75%を超える回答の偏りが生じたとき、その区間の音量が主観的に大きく知覚されたと評価する。

3.3 データの条件

提示刺激に用いる言語音声データは、男女それぞれの肉声で録音して作成した。音声で読み上げる原稿は「こんにちは。本日のお天気はいかがでしょうか」で、音源の長さは3秒である。人の聴覚における感覚記憶は5秒程度であり[8]、音源の冒頭から末尾までひとつながりの記憶内で比較しやすい長さとして、5秒以下で読める文字数を目安に原稿を作成した。また、使用語彙は十分に簡易で、男女の音声はタイミングやイントネーション等に大きな差が無いよう作成している。

聴覚へ提示する刺激は、音声データの音量を-2~2dBの範囲で0.5dB刻みに変化させ、第一区間と第二区間へ無作為な組で提示した。区間には図1のとおり、1秒の間を設けた。ただし、本実験の前に予備実験を行い、第一区間と第二区間の音量差が2dB以上の場合には必ず弁別限を上

回る正答率を得たため、本実験では第一区間と第二区間の音量差が2dB以下の組を用いた。



図1 刺激提示の流れ

触覚へ提示する刺激は、音声データの周波数を-12, -7, -4, -2, 0度にピッチシフトしたデータを用意し、これらに振動なしを含めた全6条件から無作為な組を、それぞれ第一区間と第二区間にて聴覚刺激と同時に提示した。なお、ピッチシフト0度は編集しないデータで、ピッチシフト-12度は周波数が1/2、すなわち音程が1オクターブ下となるよう編集したデータである。触覚刺激の周波数帯域は15Hz~480Hzとし、他の帯域はカットした。これは音声データの基本周波数とそのピッチシフトした周波数帯を含み、指の触覚で受容可能な周波数帯域である。

3.4 実験デバイス

図2に実験デバイスの構成を示す。聴覚への刺激提示にはイヤホンを用い、触覚への振動提示に伴って生じる音が聴覚に影響を与えないよう、被験者はイヤーマフを使用した。触覚への刺激提示には小型スピーカを振動子として用い、スピーカコーンの動きが視覚的な影響を与えないよう、振動子は被験者から見えないよう目隠しを設置した。

聴覚、触覚それぞれへの刺激データの再生にはDAWソフトウェアであるAbleton live 11の再生機能と、オーディオインタフェースであるGIGAPORT eXを用い、イヤホンと振動子スピーカへそれぞれ異なる音源を同時に再生した。また、Ableton live 11上の仮想パラメトリックイコライザを用いて、振動子の周波数特性を調整している。

3.5 実験方法

被験者には事前に実験手法を説明し、触覚刺激提示用の振動子の周波数特性とイヤホンの音量を調整してもらった。振動子にはスピーカを用いており、聴覚特性に合わせた周波数特性を持つ。これを触覚へ適切な強度で刺激を提示するよう、本実験で触覚刺激として用いる周波数帯域である15Hz~480Hzにおいて、15Hz, 30Hz, 60Hz, 120Hz, 240Hz, 480Hzの6段階でそれぞれ同程度の強度で振動が感じられるよう、振幅の調整を実施した。なお、振幅の調整には先述の6段階の周波数の正弦波を提示して調整してもらい、その後15Hz~480Hz間を連続的に変化するSweep音を提示して、たしかに実験に用いる周波数帯域で刺激が同程度に感じられるよう確かめてもらった。

振動子には利き手の示指の腹で触れ、押し込む等の動作をしないよう指示した。両区間の刺激が提示された後は、大きく聞こえた区間を触覚を知覚していない方の手の指で

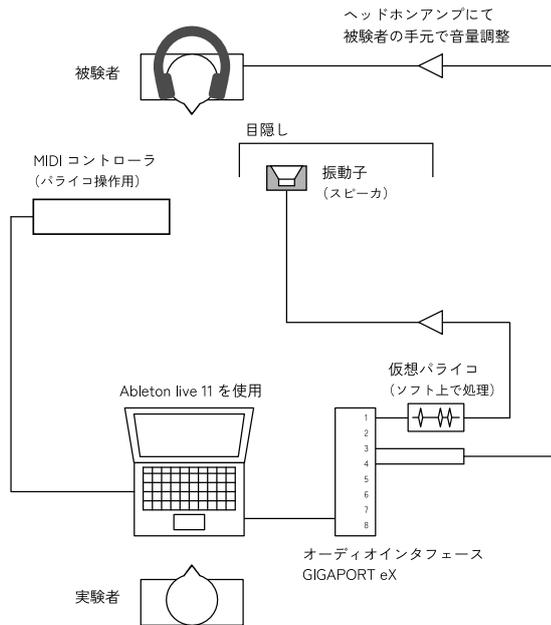


図 2 実験デバイスの構成

回答するよう求めた。集中力を保つため、予備実験より回答数を 60 組と決定し、音量の弁別に限界が生じた場合はその時点で実験を終了とした。

3.6 結果と考察

被験者は利き手と聴覚に障害のない 18~24 歳の 33 名 (男性 9 名, 女性 23 名, 無回答 1 名) で, 1944 個の回答データを得た。

提示順の回答への影響の有無を確かめるため、被験者に提示した組のうち、聴覚へ提示する刺激について第一区間と第二区間の音量差が 0dB で、触覚へ提示する刺激についても両区間ともに振動を提示しない組について、回答の割合を算出した。その結果、表 1 の 2 行目に示すとおり、第一区間が大きく聞こえたと回答した割合が 46.2%、第二区間が大きく聞こえたと回答した割合が 53.8% であり、いずれの区間にも 75% を上回る回答の偏りはみられなかった。よって、本実験において提示順は回答へ影響しないものとする。また、聴覚へ提示する刺激の組について、第一区間と第二区間の音量差が等しい組を、まとめてひとつの条件として分析する。

以下に本実験にて言語音で検証したクロスモーダル効果の結果を示す。触覚にピッチシフト 0 度の刺激を提示した組で分析してから、その結果をもとに、同条件でピッチシフト -2 度~-12 度を用いた組の結果を比較する。

表 1 聴覚へ提示する音量に差が無いときの回答

回答	第一区間	第二区間
振動提示なし	46.2 %	53.8 %
第一区間に振動提示	83.3 %	16.7 %
第二区間に振動提示	18.2 %	81.8 %

3.6.1 主観的音量の増大効果の有無

まず、聴覚へ提示する刺激について第一区間と第二区間の音量差が 0dB である組に着目する。表 1 内 3, 4 行目のとおり、いずれか片方の区間のみ触覚刺激を提示した組で、触覚刺激を提示した区間が大きく聞こえたと回答した割合は、第一区間のとき 83.3%、第二区間のとき 81.8% であり、どちらも 75% を上回った。すなわち、触覚刺激により主観的音量の増大が生じていると考えられる。

次に、この主観的音量の増大の程度を確かめるため、区間に聴覚へ提示する刺激の音量について区間に差があるときの組に着目し、以下の条件ごとに正答率を図 3 にまとめた。

- 振動なし：両区間ともに触覚へ振動を提示しないとき
- 音量大：音量の大きい方の区間のみへ刺激を提示したとき
- 音量小：音量の小さい方の区間のみへ刺激を提示したとき

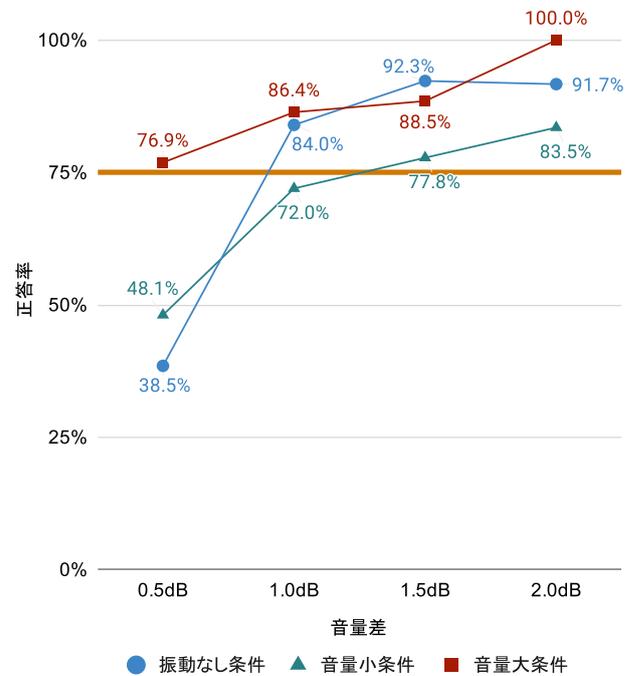


図 3 触覚に提示する振動条件ごとの正答率

これらの結果からも、触覚刺激の提示による主観的音量の増大効果の影響がみられる。

まず、図 3 における「振動なし」の結果に着目すると、本実験において被験者は 1dB の音量差を知覚でき、0.5dB の音量差は知覚できていない。

次に、図 3 における「振動なし」と「音量大」を比較すると、両区間ともに触覚刺激を提示しない組では 0.5dB の差を感じられない結果であるのに対し、音量の大きい区間に触覚振動提示を行った組では、0.5dB の音量差が弁別限界を超える結果を得ている。この結果から、触覚刺激の提示による主観的音量の増大が、区間の音量差を強調する効果

となった可能性が示唆される。

また、同じく図3における「振動なし」と「音量小」については、両区間ともに触覚刺激を提示しない組と比べ、音量の小さい区間のみ触覚刺激を提示する組では、正答率が下がる傾向がみられた。これは振動刺激によって主観的音量が増大し、区間の音量差を感じにくくなった影響であると考えられる。音量差1dBのとき、触覚刺激を提示しない組では弁別限を上回っていたが、音量の小さい区間に触覚刺激を提示すると、正答率が72%と弁別限を下回った。しかしながら、音量差1.5dB以上のときは、正答率は下がったものの、触覚刺激の提示に関わらず正答率は弁別限を超える結果を得た。

以上の結果から、触覚刺激の提示により、1dB程度の主観的音量の増大効果が得られると考えられる。

3.6.2 周波数帯域の影響

前項の結果にて、聴覚へ提示する音量に差が無いとき、触覚へピッチシフト0度の振動を提示すると、提示区間の音量を大きく感じた割合が75%を上回ったと述べた。しかしながら、ピッチシフト-2度~-12度の触覚振動を提示すると、図4のとおり、ピッチシフト-4度までは同様に75%を超えたものの、-7度、-12度では75%を下回った。

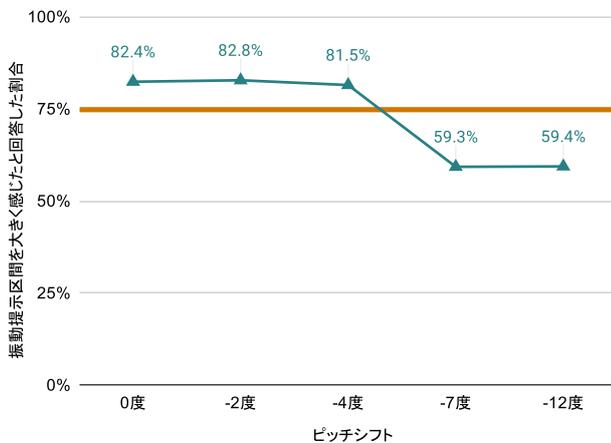


図4 ピッチシフトによる結果の変化

したがって、言語音を提示刺激とした本実験においては、聴覚と触覚に提示する刺激の倍音関係は、聴覚に影響を与えなかった。また、触覚に提示する刺激として、聴覚に提示する音声データと同じまたは近い周波数にピッチシフトしたデータでは主観的音量の増大効果がみられたが、ピッチシフトを大きくするにつれて効果がみられなくなった。すなわち、主観的音量の増大は、聴覚に提示する振動刺激と近い周波数帯域の触覚刺激が影響を与える可能性が示唆された。

しかしながら、本実験では、音声データよりも周波数を低くピッチシフトしたデータを触覚刺激として用いたため、聴覚刺激との周波数の違いだけでなく、触覚刺激にお

ける周波数の低さが結果に影響を及ぼした可能性も考えられる。ただし、本実験で得られた結果は、男声の組と女声の組で十分に同じ傾向を示しており、男声と女声の周波数における高低の差異は、触覚刺激による効果に影響を及ぼしていなかった。

3.6.3 音の弁別成績の向上

図5に両区間ともにピッチシフト0の触覚刺激を提示した組における正答率を示す。

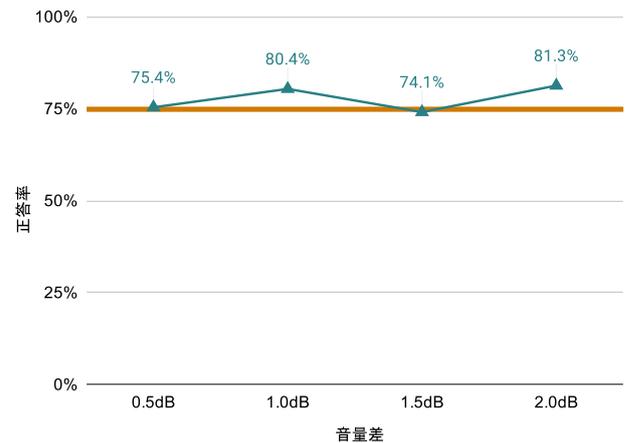


図5 両区間ともに触覚刺激ありの組における回答

触覚へ振動を提示せず音量差を弁別するときは、図3より音量差1dBの組の正答率が84.0%、音量差0.5dBの組の正答率が38.5%であるため、弁別限は0.5dBを超え1dB未満であると推測された。しかしながら、両区間ともに触覚刺激を提示する組では、音量差0.5dBの組の正答率が75.4%となり、弁別限が0.5dB以下へと変化した。

すなわち、触覚刺激の提示により、主観的音量の変化のほか、音量強度弁別の成績が向上する効果を確認した。

3.7 実験1のまとめ

以上の結果から、触覚刺激の提示により1dB程度の主観的音量の増大効果がみられ、この効果が聴覚刺激と近い周波数帯域の触覚刺激で得られることが示された。これは、触覚刺激による聴覚への影響が、特定の周波数帯域へ選択的に効果する可能性を示唆する。実験2では周波数帯域以外の要素の影響の有無を調査し、近い周波数帯域であっても、さらに特定の音刺激に選択的に効果する可能性を探求する。

また、同じく触覚刺激の提示により、言語音の音量強度弁別成績の向上、すなわち、より微細な音量差を感じられる効果も確認された。森ら[9]は、周波数手がかりの提示の注意誘導効果に関する研究で、注意誘導によって純音の強度弁別能力が向上する効果を示している。すなわち、本実験でも触覚刺激が聴覚の注意を誘導し、対象言語音の選択的聴取を促進した可能性が示唆された。

4. 実験2：聴覚へ影響を与える触覚振動刺激の要素の調査

4.1 実験の概要

本実験は、実験1でみられた触覚刺激による聴覚の主観的音量の増大効果について、特定の言語音へ選択的に効果する可能性を探求するため、有効な触覚振動刺激の要素を調査する。評価方法、実験デバイス、実験方法は実験1と同様とし、触覚へ提示する刺激の条件を変化させて聴覚への影響を比較する。

しかしながら、言語音声は波形や周波数などの構成要素が複雑であり、特定の条件を抽出したデータの作成が困難である。よって、本実験では聴覚提示データとは無関係な振動刺激で得られる効果を確認し、そこから聴覚提示データの音要素の一部を含むデータを用いて比較して分析し、聴覚に影響を及ぼす振動の要素を考察する。

4.2 データの条件

聴覚への提示刺激は、実験1と同様の言語音声データを用いる。音声データの音量も実験1と同様に、 $-2\sim 2\text{dB}$ の範囲で 0.5dB 刻みに変化させ、第一区間と第二区間へ1秒間の間を設けて無作為な組で提示した。ただし、実験1より、触覚刺激による主観的音量の増大は 1dB 程度であるため、第一区間と第二区間の音量差が 1dB を超える場合にはクロスモーダル効果の影響はみられないと考えられる。よって、本実験では第一区間と第二区間の音量差が 1dB 以下の組を用いた。

触覚へ提示する刺激には、以下のとおりの条件でデータを作成し、第一区間または第二区間のどちらか無作為な一方へ、実験1と同様の手法で提示する。

- (a) 無関係な振動刺激
- (b) 聴覚刺激に周波数帯域が近い振動刺激
- (c) 聴覚刺激と等しい振動刺激

(a)(b)ともに、正弦波を用いる。なお、周波数について、男女音声データそれぞれの基本周波数の平均を解析したところ、女声で 246.2Hz 、男声で 122.1Hz であった。したがって、(a)無関係な振動には、男女音声データそれぞれの基本周波数平均の中央値である 184.15Hz 、(b)周波数帯域が近い振動には、聴覚へ提示する音声データの基本周波数平均の正弦波を用いる。

(c)の条件は、実験1におけるピッチシフト0のデータであるため、分析には実験1の結果を用い、本実験において回答は得ない。

上記の条件にもとづき作成したデータを用いて実験を行い、実験1の結果とも比較して、触覚振動刺激による聴覚への影響を及ぼす要因となる要素を検証する。

4.3 分析方法

まず、聴覚に提示する刺激に音量差のない組について、回答の偏りから主観的音量の増大の有無を分析する。

次に、聴覚に提示する刺激に音量差のある組について、実験1と同様に、音量大条件と音量小条件の正答率を分析し、周波数帯域以外の要素が聴取対象音に選択的に影響する可能性を調査する。

4.4 結果と考察

被験者は利き手と聴覚に障害のない19~21歳の9名(男性3名、女性6名)で、399個の回答データを得た。

聴覚に提示する刺激に音量差のない組について、いずれかの区間のみ触覚刺激を提示したときの回答の偏りを表2にまとめる。なお、振動(c)は実験1におけるピッチシフト0を用いた同条件下の結果である。

表2 聴覚提示音量に差が無い組における刺激提示区間の回答率

触覚提示刺激	(a)	(b)	(c)
回答	60.7%	46.2%	82.4%

本実験にて用意した振動(a)(b)では、いずれを提示しても75%を超える回答の偏りはみられず、被験者は主観的音量の差を感じなかった。ただし、実験1の結果より、振動刺激が無い場合における被験者の音量弁別限は、 0.5dB を超え 1dB 未満の音量差である。すなわち、主観的音量に弁別限以下の差が生じて同様に差を感じないと考えられるため、振動(a)(b)の提示により、主観的音量の増大効果を得ていた可能性は否定できない。

よって、図6と図7に聴覚に提示する音量に差がある組の結果を示し、音量の大きい方の区間に振動を提示する「音量大」条件、音量の小さい方の区間に振動を提示する「音量小」条件について、正答率をそれぞれ比較して分析する。

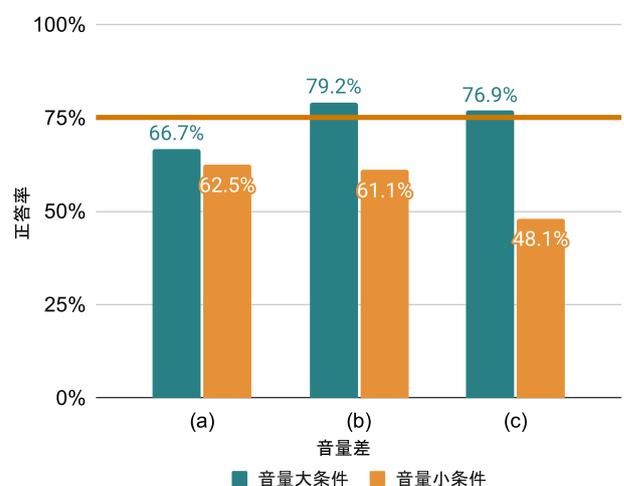


図6 聴覚に提示する音量差が 0.5dB のときの正答率

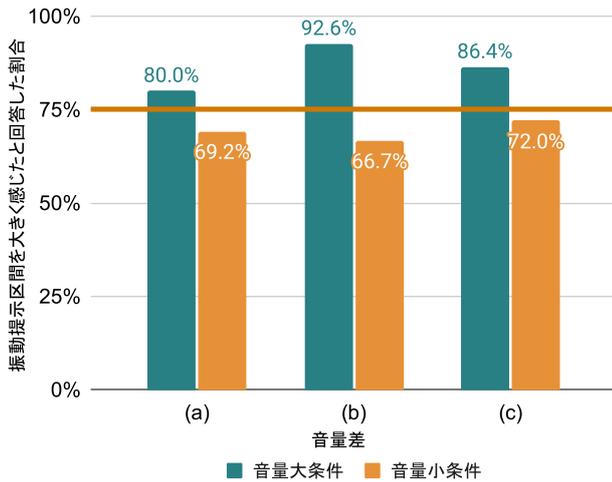


図7 聴覚に提示する音量差が1dBのときの正答率

まず、図6に着目する。実験1より、触覚刺激を提示しないとき、0.5dBの音量差は感じられないことがわかっている。「音量小」条件では、振動(a)～振動(c)の全ての条件で、触覚刺激を提示しないと同等に弁別限を下回っている。しかしながら、「音量大」条件では振動(b)と振動(c)が弁別限を上回った。すなわち、これらの振動は主観的音量を増大させ、区間の音量差を強調したと考えられる。

次に、図7に着目する。実験1より、触覚刺激を提示しないとき、1dBの音量差は感じられることがわかっている。振動(a)は、図6:音量差が0.5dBの組において、「音量大」「音量小」条件のいずれも弁別限に変化が無かった。しかしながら、図7:音量差が1dBの組においては、「音量大」条件では触覚刺激を提示しないと同等に弁別限を上回ったが、「音量小」条件では弁別限を下回る結果を得た。これは、音量の小さい区間へ提示した触覚刺激が主観的音量を増大させ、区間の音量差が感じづらくなった影響であると考えられる。

振動(b)(c)についても同様に、「音量小」条件にて弁別限の下回る結果となったため、振動(a)～(c)のいずれの条件においても、主観的音量の増大効果がみられた。

ただし、振動(b)(c)は図6「音量大」条件でも主観的音量の増大効果と考えられる弁別限の変化を得たのに対し、振動(a)では効果がみられなかったため、振動(a)と振動(b)はいずれも主観的音量を増大させるが、振動(b)の方がより効果が大きいと考察される。これは、実験1にてピッチシフトした触覚刺激でみられた傾向と同様に、聴覚に提示する刺激の周波数に近い周波数帯域の触覚刺激が影響を与えるためだと考えられる。

また、振動(b)と振動(c)については、表2の聴覚に提示する音量に差が無いときの結果を比較したとおり、触覚刺激の音量増大効果によって振動(c)は75%を超える回答の偏りがみられたのに対し、振動(b)では回答の偏りはみられなかった。

4.5 実験2のまとめとリミテーション

以上の結果と分析より、主観的音量の増大効果には、聴覚刺激の周波数に近い帯域の触覚刺激が有効である一方で、周波数帯域以外の振動の要素も影響しており、触覚刺激が特定の聴取対象音へ選択的に効果する可能性が示唆された。ただし、聴覚刺激に無関係な振動刺激でも、僅かに主観的音量の増大効果が得られることも示された。また、本実験においては周波数帯域以外の要素の影響の存在は確認されたものの、具体的に要因となる要素は確かめられていない。

5. まとめと今後の展望

本研究では、言語音における聴覚への触覚刺激の影響の検証を目的として実験を行った。その結果、言語音の聞き取りにおいて、触覚刺激による主観的音量の増大や音量強度弁別能力の向上がみられ、触覚刺激が特定の言語音に効果する可能性が示唆された。

今後は言語音の聴取に影響を与える触覚振動刺激の要素について、声帯の共振成分であるフォルマントや歯擦音等の影響を明らかにしていくとともに、複数の音が生じる環境において効果の検証を行う。

本研究で確かめられた効果は、日常空間における聞き取りのほか、ユーザに対し注意を向けてほしい音声を強調する等、様々な環境やコンテンツにおいて応用が考えられる。引き続き触覚刺激による聴覚への影響とそのメカニズムを解明し、コミュニケーションの支援や拡張を検討していく。

参考文献

- [1] 田中章浩. 3. クロスモーダルな情動知覚. 映像情報メディア学会誌, Vol. 72, No. 1, pp. 12–16, 2018.
- [2] Mehrabian. Communication without words. *Psychology Today*, Vol. 2, No. 9, pp. 53–55, 1968.
- [3] Martin Eimer Helge Gillmeister. Tactile enhancement of auditory detection and perceived loudness. *Brain Research*, Vol. 1160, pp. 58–68, 2007.
- [4] BensaïaSJ Yau JM, Weber AI. Separate mechanisms for audio-tactile pitch and loudness interactions. *Front Psychol*, Vol. 1, pp. 1–11, 2010.
- [5] 岡崎龍太, 蜂須拓, 佐藤未知, 福嶋政期, Vincent HAYWARD, 梶本裕之. 2a2-a14 触覚-聴覚間における周波数的協和性(触覚と力覚(2)). ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, Vol. 2013, pp. 2A2–A14(1)–2A2–A14(4), 2013.
- [6] 戸田結梨香, 鈴木優. 触覚刺激が言語音の主観的音量の知覚に与える影響の検証. WISS 2024 ウェブ予稿集, pp. 3–A18(1)–3–A18(3), 2024.
- [7] 江端正直, 曾根敏夫, 二村忠元. 短音の周波数弁別に及ぼす先行音の効果. 日本音響学会誌, Vol. 34, No. 2, pp. 61–66, 1978.
- [8] 森敏昭. 第一章 記憶のしくみ 認知心理学2 記憶. 東京大学出版会, 1995.
- [9] 森周司, 二口聡. 強度弁別における聴覚注意のメカニズム. 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 23, No. 44, pp. 61–66, 1999.