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

戸田 結梨香 *　　鈴木 優 †

概要. 聴覚と触覚の間には，本来別々とされる知覚が互いに影響し合う，クロスモーダル効果が確認されている．既存研究では，正弦波等の単純な音と振動を用いた実験により，聴覚における検出成績の向上や主観的音量の増大効果等が報告されている．本研究は，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を目的とし，言語音を提示刺激に用いた音量強度弁別実験によって，既存研究で正弦波等の単純な刺激で示された効果を言語音において検証した．結果，触覚刺激の提示により言語音の主観的音量が 1dB 程度増大する効果に加え，触覚刺激の周波数帯域がこの効果に影響すること，同じく触覚刺激の提示により音量強度弁別成績が向上することを確認した．

1　はじめに

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のことである．本研究は，聴覚と触覚のクロスモーダル効果に着目し，触覚刺激が言語音の聞き取りに及ぼす影響を検証する．

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，検出成績の向上や主観的音量の増大 [1] 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，本研究は主観的音量の増大効果について，言語音の聞き取りに影響を与える手段として応用される可能性を探求するため，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を目的とする．

2　既存研究

既存研究では，聴覚への刺激と同時に示指や手掌部の触覚への振動刺激を提示すると，聴覚における音の認知に影響を与えることが示されている．

Helge ら [1] は聴覚に正弦波，示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．岡崎ら [2] も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，触覚と聴覚の間で倍音関係にある音を同じ音程に感じる効果を示し，音楽的素養により協和音的感覚を得る可能性を示唆した．

しかしながら，これらは多くが純音や単純な音で確かめられた効果であり，言語音の聞き取りに応用したときの効果は明らかにされていない．

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

* 宮城大学
† ノートルダム清心女子大学

3　アプローチ

本研究では，言語音を提示刺激として，聴覚で知覚される主観的音量に対し，触覚刺激の影響を検証するために実験を行う．実験では，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．

4　実験

4.1　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主観的音量への影響が，言語音でも同様にみられることの検証である．提示刺激に言語音声データを用いて，二区間強制選択法による音量差の弁別実験を行う．また，既存研究では，触覚-聴覚間の倍音関係や協和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．

4.2　データの条件

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．使用語彙が簡易で，比較しやすい 5 秒以内の長さ [3] である．

聴覚へは，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，1 秒の間を設けて無作為な組で提示した．予備実験から，2dB 以上の音量差が必ず弁別限を上回ったため，音量差の組み合わせは 0〜2dB の範囲とした．

触覚へは，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，これに振動なしを含めた全 6 条件から無作為な組を，聴覚刺激と同時に提示した．ピッチシフト 0 度は編集しないデータである．触覚刺激の周波数帯域は 15〜480Hz とし，これは音声の基本周波数とピッチシフトした

周波数帯を含み，指の触覚で受容可能な帯域である．

4.3 評価方法

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．大きい方を正しく回答した割合を正答率とし，75 %を音量強度弁別のしきい値（弁別限）とする．

4.4 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聴覚刺激提示デバイスの音量を調整してもらった．振動子には利き手の示指で触れ，押し込むなど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，大きく聞こえた区間を振動子に触れていない方の手の指で回答するよう求めた．集中力を保つため，予備実験により回答数を 60 組とし，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．

4.5 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．

聴覚へ提示する音量差が 0dB で，両方の区間に振動を提示しない組については，表 1 のとおり，弁別限を上回る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．

表 1: 聴覚へ提示する音量に差が無いときの回答

	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 %

4.5.1 主観的な音量の増大の有無

聴覚へ提示する音量に差がないとき，触覚へピッチシフト 0 度の振動を提示した区間を大きく感じた割合は表 1 のとおり，第一区間のとき 83.33 %，第二区間のとき 81.82 %であり，どちらも 75 %を上回った．この割合は，表 2 のとおり，触覚へ振動を提示せず，聴覚へ音量差 1dB の組を提示したときの正答率 84.0 %と最も近い結果であった．また，表 2 では聴覚提示音量が小さい方の区間にピッチシフト 0 度の振動を提示する組を『音量小』条件としており，音量差 1dB の組について正答率が 72.0 %と弁別限を下回った．よって，触覚刺激の提示により，1dB 程度主観的音量が増大すると考えられる．

表 2: 触覚に提示する振動条件ごとの正答率

聴覚刺激の音量差	振動なし	音量大	音量小
0.5dB	38.5 %	76.9 %	48.1 %
1dB	84.0 %	86.4 %	72.0 %
1.5dB	92.3 %	88.5 %	77.8 %
2dB	91.7 %	100.0 %	83.5 %

4.5.2 周波数帯域の影響

前項にて，聴覚へ提示する音量に差がないとき，触覚へピッチシフト 0 度の触覚刺激を提示すると，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，周波数帯域が離れるにつれて回答の偏りが小さくなる傾向がみられ，ピッチシフト-7 度，-12 度で 75 %を下回った．

4.5.3 音量強度弁別成績の向上

触覚へ振動を提示しないとき，音量差 0.5dB と 1dB の組で，それぞれ正答率は 38.5 %，84.0 %となり，弁別限は 0.5〜1dB の音量であると推測された．しかしながら，両区間にピッチシフト 0 度の触覚刺激を提示すると，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．

4.5.4 実験結果のまとめ

本実験により，触覚刺激の提示による 1dB 程度の主観的音量の増大と，触覚刺激の周波数帯域の影響，言語音の音量強度弁別成績の向上効果が明らかになった．

5 まとめ

本研究では，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を目的として実験を行い，主観的音量の増大，音量強度弁別成績の向上が確かめられた．

ここで，人は注意を向けた音を選択的に強調して知覚 [4] したり，注意が誘導された周波数帯域の検出成績が向上 [5] したりすることから，これらのクロスモーダル効果は選択的聴取に関連する可能性が示唆される．弁別成績の影響においても，森ら [6] による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が示されている．

今後は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，本研究で確かめたクロスモーダル効果について選択的聴取への影響の観点から，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] Martin Eimer Helge Gillmeister. Tactile enhancement of auditory detection and perceived loudness. *Brain Research*, Vol. 1160, pp. 58–68, 2007.

[2] 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.

[3] 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.

[4] 木谷俊介, 宮内良太, 鵜木祐史. ノッチ雑音同時マスキングデータから推定された聴覚フィルタの同調特性に手がかり音呈示が与える影響. 日本音響学会誌, Vol. 68, No. 11, pp. 546–556, 2012.

[5] B. Scharf, S. Quigley, C. Aokia, N. Peachey, and A. Reeves. Focused auditory attention and frequency selectivity. *Perception Psychophysics*, Vol. 42, No. 3, pp. 215–223, 1987.

[6] 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.