

聴覚刺激が触覚テクスチャ知覚に及ぼす影響

Effects of sounds on the tactile perception of textured surfaces

キーワード: 聴覚、触覚、テクスチャ知覚、クロスモーダル

人間生活工学研究室 13TM1106 衛門 愛子

■ Abstract: Previous studies reported that hearing white noise modified tactile roughness perception. In the present study, we used event-related evoked potentials (ERP) and subjective skin sensation to investigate the effects of auditory information (white noise / blue noise / pink noise) on tactile perception of textured surfaces (rougher/ smoother texture). Subjects touched the moving stimuli and instructed to ignore the sounds. The ERP results showed that N1 amplitude and latency values were different between the rougher texture and the smoother texture. At the rougher texture, the sounds affected on tactile perception. In addition, subjective skin sensation results showed white noise and blue noise modified tactile roughness perception toward rougher sensations in the rougher texture. These results suggest that auditory information modifies tactile perception selectively.

■ 背景

ヒトは外界の事象(モノ・コト)を認識する際、五感覚から入力された情報を組み合わせている。これらの情報の断片は、互いに補足し確認し合うことで知覚の信頼度を向上させ、脳や脊髄といった中枢神経系(Central nervous system)にて情報をまとめている。感覚からの入力に関して、触覚と聴覚は受容器の入力メカニズムに類似点があり、組織の機械的変位(聴覚なら鼓膜、触覚なら皮膚)により生み出される情報は、周波数に基づいて符号化される。

聴覚と触覚間の入力メカニズムが類似していることに加え、物体の表面(テクスチャ)に触れた際に生じる接触音は、潜在的に有益な情報を伝え、触覚知覚に影響を及ぼす。また接触音だけでなく、テクスチャの接触に無関係な音(非接触音)でも、テクスチャの接触時に、ホワイトノイズを用いることで、触覚知覚に影響することが知られている。fMRI 研究において、研磨紙とホワイトノイズを同時提示した際に、触覚と聴覚の統合部位がみられたことから、ホワイトノイズ以外の周波数帯域により音圧の異なるノイズ音もテクスチャ知覚に影響を及ぼす可能性が考えられる。

■ 目的

非接触音として付加されるノイズの音質の違いが、表面粗さの異なるテクスチャ知覚に及ぼす影響について、事象関連電位(ERP)を用い明らかにする。

■ 方法

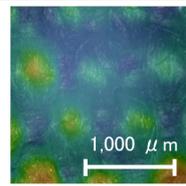
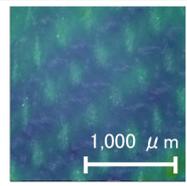
【被験者】健康な大学生 10 名(男性 5 名、女性 5 名、全員右利き)

【触覚刺激】①粗い布 R(平織)、②滑らかな布 S(朱子織)の 2 種類を使用した(表 1)。呈示方法は、触覚刺激を 2 cm/s の速さで前後にスライドさせ、右手人指し指に受動触による呈示を行った(図 1)。その際、接触圧を統一のため、指先に 60 g の重りを装着し、モーター音を遮音するため、防音箱を使用した。



図 1 触覚刺激呈示の様子

表 1 触覚刺激の詳細

| | 粗い布 R | 滑らかな布 S |
|-------|---|---|
| 3D 画像 |  |  |
| 素材 | 79A キャンパス | 60 s サテン |
| 表面粗さ | 54.42 μm | 44.66 μm |

【聴覚刺激】①ホワイトノイズ **w**(全ての周波数が同じ強度)、②ブルーノイズ **b**(高周波数域が大きい)、③ピンクノイズ **p**(低周波数域が大きい)の 3 種類を使用した。呈示方法として、被験者の耳の位置にて 60 dB(A)になるよう出力を調整し、刺激呈示用 PC からヘッドフォンを通し行った(図 2)

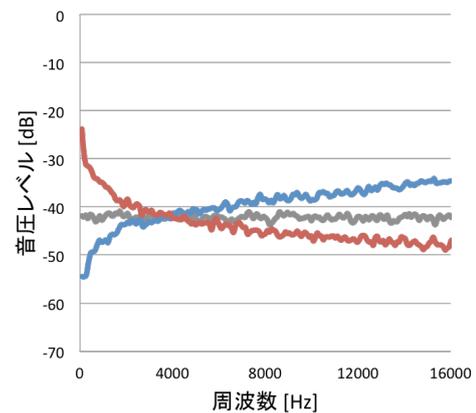


図 2 聴覚刺激

【呈示条件】布とノイズ音を同時に呈示する 3 条件(white・blue・pink) 布への接触による触覚刺激のみ 1 条件(nosound)の合計 4 条件であった。

【実験手順】1 条件につき 40 試行を行った(4 条件×40 試行=160 試行)。布の粗さごとに 80 試行を 1 ブロックとした。被験者は 4 ブロック、実験を行い、ブロック間の休憩中に主観評価を記入した。また被験者には受動触による刺激呈示中は聴覚刺激を無視するよう教示した。布の粗さは被験者間でカウンターバランスをとった。

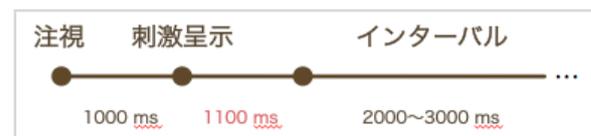


図 3 1 タスクの流れ

【測定項目】脳波を、国際 10-20 法に基づき、Cz・C3・C4・T3・T4 を測定した。その後、事象関連電位の P1 成分(50~200 ms)・N1 成分(75~275 ms)・P2 成分(N1~400 ms)を抽出し、振幅と潜時の値を算出した。また主観評価として布と音に対し、粗さ・湿り気・硬さ・冷たさを評価した。

【統計解析】布の粗さ(2水準)とノイズ音(4水準)を要因とする、二元配置反復測定分散分析を行った後、布の粗さには両側 T 検定、ノイズ音には一元配置反復測定分散分析を行い、多重比較検定には Bonferroni の方法を用いた。有意水準は5%とした。(なお測定項目は、被験者毎の値のばらつきの大さの違を整えるため、すべて Z スコア化した値を用いた)

- *N1 成分: 刺激の物理特性(音圧レベルや周波数など)を反映した成分。刺激への注意や集中により変化
- *P2 成分: 注意の有無によらず誘発される外因性成分。刺激の分類や刺激の物理特性に対する感度を反映

■結果

【N1 成分】C4 部位の振幅にて有意な交互作用がみられ($p = 0.03$)、R-b 条件より S-b 条件で、S-p 条件より R-p 条件で振幅が増加した(図 4)。また Cz 部位の潜時にて交互作用($p = 0.07$)と布の主効果($p = 0.09$)に有意傾向がみられ、S-w 条件より R-w 条件で潜時が早かった(図 5)。

— $p < 0.1$ 、— $p < 0.05$ 、— $p < 0.01$ 、Mean \pm S.E.

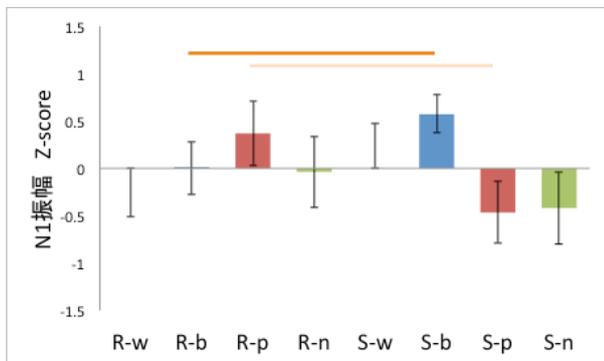


図 4 C4 における N1 振幅 Z-score

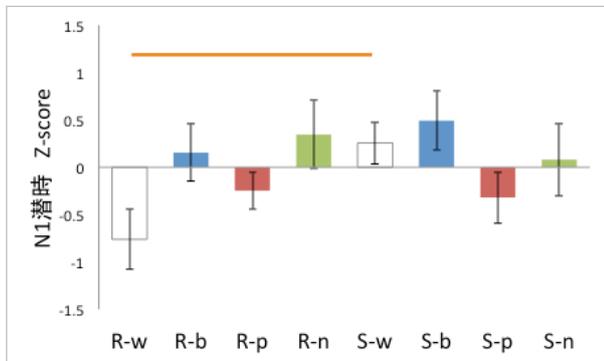


図 5 Cz における N1 潜時 Z-score

【P2 成分】Cz 部位の潜時にて交互作用($p = 0.08$)と音の主効果($p = 0.08$)に有意傾向がみられ、粗い布のとき、w 条件は n 条件より潜時が早かった(図 6)。

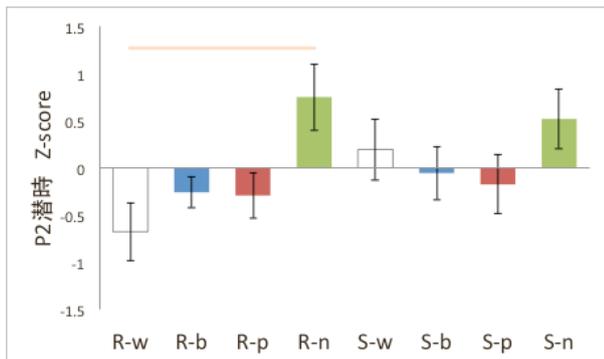


図 6 Cz における P2 潜時 Z-score

【主観評価(粗さ)】有意な交互作用($p = 0.00$)と布の主効果($p = 0.03$)がえられ、w 条件・b 条件・n 条件で、粗い布のときに布を粗く、滑らかな布のときに布を滑らかに感じていた。p 条件では布の粗さ知覚に差はなかった(図 7)。

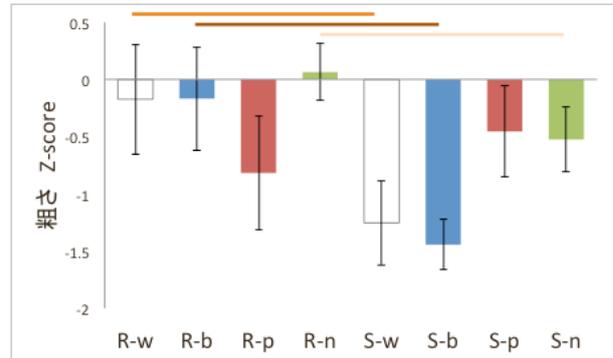


図 7 粗さ Z-score

■考察

N1 成分に関して、粗い布のとき b 条件は振幅が小さく、少ない注意量で処理が行われ、w 条件では潜時が早かった。また主観評価においても w 条件・b 条件は、粗い布のときにテクスチャをより粗いと知覚していた。粗大テクスチャ接触時に、ホワイトノイズを伴うことでテクスチャを粗く知覚する(鈴木ら, 2007)ことや、ブルーノイズのような高域周波数帯を増幅した接触音は、触覚の粗さ知覚を向上させる(Guest ら, 2002)ことから、ノイズの粗さ知覚に関わる物理特性に対し、注意が向いたことで、N1 の振幅と潜時に影響した可能性が考えられる。

次に P2 成分に関して、粗い布のとき、w 条件は n 条件より潜時が早かった。触覚と聴覚の同時呈示と、触覚のみの呈示で差がみられたのは、元々聴覚と触覚の刺激の伝達時間に差がある(Soto-Faraco ら, 2009)ことや、テクスチャ接触時、指などの移動に伴う振動感覚が聴覚と関わる(Katzら, 1925)ことから、粗いテクスチャでは、より振動感覚が生み出され、聴覚情報と触覚情報が結びついたことで処理が早まったと考えられる。N1 成分・P2 成分の両方にて聴覚情報からの影響がテクスチャの粗さによって異なることが示唆された。

■まとめ

本研究では、3 種類のノイズ音を聴覚刺激として呈示し、テクスチャ知覚に及ぼす影響について検討した。聴覚刺激が触覚テクスチャに及ぼす影響は、布の粗さに選択的であり、聴覚刺激はテクスチャに粗さがあるとき、N1 成分(刺激への注意)やテクスチャの粗さ知覚に影響することが示唆された。

■参考文献

- 1) 鈴木ら: 触りに無関係な聴覚刺激が触覚的粗さ知覚におよぼす影響について, ヒューマン情報処理, 107, 332, 19-22, 2007
- 2) 鈴木ら: 聴覚情報が触覚的粗さ知覚に及ぼす影響, ヒューマン情報処理, 106, 410, 13-18, 2006
- 3) Guest et al. : "Audiotactile interactions in roughness perception", Experimental Brain Research, 146, 2, 161-171, 2002
- 4) Soto-Faraco et al. : "Multisensory contributions to the perception of vibrotactile events.", Behavioural brain research, 196.2, 145-154, 2009
- 5) Katz , 東山ら: "触覚の世界—実験現象学の地平", 新曜社 , 2003
- 6) Foxe et al. : "Auditory-somatosensory multisensory processing in auditory cortex: An fMRI study. Journal of Neurophysiology, 88, 540-543, 2002