

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：32682

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650059

研究課題名(和文) 他者の存在を知覚するメカニズムの解明ー聴覚と触覚のインタラクションー

研究課題名(英文) The perception of presence of others

研究代表者

小林 まおり (Kobayashi, Maori)

明治大学・公私立大学の部局等・研究員

研究者番号：90451632

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：他者の気配を知覚するメカニズムについて、気配知覚を聴 触覚相互作用として捉え、心理物理学的に検討した。仮想3次元空間上の音を触覚刺激と独立して操作できるように遮蔽性の高いヘッドホンによる聴覚デバイスを構築し、触覚刺激が音知覚に及ぼす効果について検証した。実験の結果、触覚刺激を付加することで音の实在感が増し、聴取者近辺に音像が定位されることがわかった。ただし、この相互作用には音刺激の呈示位置や刺激の種類に選択性があることが示された。

研究成果の概要(英文)：We considered the sense of being there of the others as an audio-tactile interaction, and examined the mechanism psychologically. First, we created an auditory display with a headphone in order to manipulate the auditory stimuli independently from the tactile stimuli. As results of experiments that examined the effect of the tactile stimuli on auditory perception, it was clear that the tactile stimulus presentation increased rating presence of the sounds. Additionally, the listener perceived the sound s nearby themselves. Also, these interactions have the selectivity for location of sound presentation.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学

キーワード：バーチャルリアリティ オーディオディスプレイ 臨場感 实在感 聴触覚相互作用

1. 研究開始当初の背景

他者の存在を素早く正確に知覚・認知することは、知覚系の重要な機能の1つである。他者の存在を知覚するうえで視覚情報は有用な手がかりとなるが、必ずしも常に利用できるわけではない。暗闇や背後など視覚情報を利用できない場合には、他者の「気配」は重要な手がかりとなる。

これまで「気配」に関する研究は、視覚障害者を対象に、聴覚による障害物知覚という枠組みで検討されてきた(たとえば伊福部, 2009)。これは、聴覚刺激以外の刺激の有無にかかわらず、聴覚的な手がかりがなければ障害物知覚がなされないという、1940年代における一連の研究(Cotzin, “facial vision”)に拠るところが大きい。しかし、これらの研究は気配知覚における聴覚的な手がかりの重要性を示しているものの、聴覚情報と他の感覚モダリティ情報との相互作用については明らかにしていない。また、従来、障害物など「もの」を対象とした検討が中心であり、社会生活を営む上で重要な「他者」を対象とした研究はない。

申請者らは、これまで人間のマルチモーダル感覚情報処理に関して研究を進めており、複数のモダリティ情報が統合されることで単一のモダリティ知覚が大きく変容することを数多く報告してきた(Teramoto et al., 2010, PLoS ONE)。近年では、聴取者の頭部近傍空間や背後空間において聴覚相互作用が大きいことが報告されている(Kitagawa et al., 2005)。これらの研究は、気配知覚においても異種感覚間の統合メカニズムが関与する可能性を示す。加えて、近年、申請者らはヘッドホンを用いて音源の方向を高精細に再現できるシステムを提案しており(Otani et al. 2008, IEICE Trans.)、皮膚感覚情報と聴覚情報を独立に操作可能である。現在は触覚(皮膚感覚)と聴覚の相互作用という観点から気配知覚のメカニズムを検証する好機である。

2. 研究の目的

本研究では、聴・触覚統合処理の枠組みから、人の「気配」知覚のメカニズムの解明を目指す。具体的には、まず(1)触覚情報と聴覚情報を完全に独立に操作する実験装置を構築する。次に、触覚と聴覚の相互作用によって気配の知覚がどのように変化するのか、(2)心理実験を通じて検討し、気配を知覚するメカニズムを検討する。最終的には、気配を知覚させ、他者の実在感を再現できる技術の実現のために必要な指針を打ち出すことを目指す。

3. 研究の方法

本研究は、研究代表者の他に、音響工学者と心理物理学者の2名が参加することで、他者の存在を知覚するメカニズムの解明を目指す。特に、聴覚と触覚の相互作用が気

配知覚に及ぼす影響について焦点を当てる。

研究計画は2年を想定し、研究目的で述べたサブ目標について計画的に進める。最初の半年で、実験に用いる聴覚ディスプレイおよび触覚ディスプレイを構築し、実験装置を完成させる。そのシステムを用い、触覚刺激の提示が聴覚に及ぼす影響について検討する。特に相互作用が各刺激の種類や提示位置について選択性を持つのか、検証する。複数の実験を通して得られたデータを統合的に解釈することで聴-触覚統合の観点から気配知覚メカニズムについて考察する。以下に具体的な方法について記す。

(1) 実験に用いる聴触覚刺激装置の作成

本実験は聴覚刺激と触覚刺激を実験操作上、各モダリティ刺激を独立に操作することが肝要となる。そこで聴覚刺激の提示はヘッドホンデバイスとした聴覚ディスプレイを用いた。その際、音源の方向および遠近をはっきりと弁別できる必要がある。そこで申請者らがこれまでに研究してきた頭部伝達関数(HRTF: Head Related Transfer Function)を用いた聴覚ディスプレイに改良を加え、デバイスに適用した。具体的には、頭部の個人性の影響を提言するために、頭部回転および移動に追従可能な動的聴覚ディスプレイを開発した。また従来の研究で耳近傍において相互作用の効果が大きいことから、近接距離のHRTFを取得し、高精細な聴覚ディスプレイを構築した。

「気配」の手がかりとして、他者の存在によって生じる空気振動が考えられる。そのため触覚刺激として、振動刺激や風圧刺激などを聴覚刺激と同期して提示できるデバイスを構築した。聴覚、触覚ともにどちらも空気振動が刺激となるが、100 Hz以上の振動が聴覚、100 Hz以下の振動は触覚として知覚される。そこで、低周波刺激を呈示できるウーハーを触覚刺激のデバイスとして用いた。また皮膚に振動を呈示できるように震動子、および風刺激を呈示できるよう扇風機を用いた。

(2) 触覚刺激の提示が「気配」知覚に及ぼす効果に関する心理学的研究

聴-触覚間の相互作用について心理物理学的方法を用いて測定した。その際、触覚刺激と聴覚刺激の種類を操作し、最適な組み合わせについて検証した。また従来の研究では、各刺激の提示位置の近接性や呈示タイミングの同時性を手がかりとして、異種感覚の情報統合を処理していると考えられている。このことから、今回の研究で見られた聴-触覚相互作用が脳内の統合メカニズムによって生じたものであるのか、あるいは単純な認知バイアスであったのかを検証するために、刺激間の距離を操作し実験を行った。

実験において「気配」の有無を直接被験者に問うことは非常に難しい。気配が増加することで音のリアリティや実在感が上昇すると考えられる。そこで実験では音のリアリティについて評価させることとした。また、実環境では視覚情報無しで他者の気配を察知することができるのは、他者までの距離が極めて近い場合であることに着目し、音の距離について判断させることとした。

4. 研究成果

(1) オーディオデバイスの開発

24年度では当初の予定通り、触覚刺激と独立に操作できるように、遮音性の高いヘッドホン型のオーディオデバイスを作成し、所望の位置に立体的に音像を提示できるシステムを構築した。聴覚刺激の外在化が聴触覚間の相互作用を促進すると考え、音源の方向や遠近をはっきり弁別できるように、Kinecktを用いて聴取者の身体運動を捕捉し、運動に応じて音情報を変化させて提示できるようにした。運動に応じて音刺激を変化させることによって、ヘッドホン型の聴覚ディスプレイで生じることが多い頭内定位を低減させることに成功した。

(2) 心理実験

触覚刺激の種類についての選択性

触覚刺激として、低周波波音による振動刺激、震動子による振動刺激、および風邪刺激の3種類を提示し、触覚刺激の種類によって聴-触覚刺激の効果が異なるか、検討した。実験では、聴-触覚間の提示位置を操作することで、得られた効果が異種感覚情報の統合メカニズムによるものであるのか、バイアスであるのか検証した。その結果、低周波刺激による触覚刺激が提示される場合には聴覚刺激のラウドネスが上昇した。しかし、これは提示した低周波刺激が聴覚刺激として知覚されていたためと考えられる。また、震動子による触覚刺激では相互作用が認められないことがわかった。震動子による触覚刺激を提示した場合、直接皮膚に刺激を与えており、聴覚刺激の提示位置と空間的に離れてしまったことや、提示位置が極めて局所的であったことが原因として考えられる。一方、風刺激を聴覚刺激と同側に提示した場合には、聴覚刺激の距離知覚やリアリティの判断に影響することが示された。

聴覚刺激の種類についての選択性

聴覚刺激として、手拍子等のヒトが発するような有機的な音と、ノイズのような人工的な音で、相互作用が異なるか、検証した。その結果、人工的な音では触覚刺激によって、より被験者のそばに音像が知覚されることがわかった。有機的な音では触覚刺激によって距離知覚に影響はされなかった。一方、触覚刺激(風刺激)が提示されることによって、

有機的な音のリアリティが増加して知覚されることがわかった。一方、無機的な音では触覚刺激の効果は認められなかった。異種感覚情報の統合には、同一イベントであるという仮定 (assumption of unity) が重要であることが指摘されている。現実世界では人の動きによって空気の流れが変わる(風が生じる)状況は比較的多く生じるため、人の存在を示す音のほうが一体性の仮定が成立しやすく、その結果情報統合が生じたのではないかと考えられる。しかし、そもそも無機的な音についてのリアリティを判断することが困難であり、そのために効果が認められなかった可能性もある。今後、なぜ音の種類によって生じる相互作用が異なるのか、さらに検討する必要がある。

音像の距離についての選択性

実験において聴覚刺激の呈示位置を奥行き上で操作したところ、で見られた相互作用は被験者からの距離が短い場合(被験者近傍で)に生じていることがわかった。なぜこのようなことが生じるのかについては明らかにすることができていないが、可能性としては、従来の研究で報告されているように、聴-触覚刺激が耳近傍で様相がかわることが考えられる。また触覚刺激は近刺激であり、刺激は受容器に直接与えられている。つまり触覚に入力があつた場合、刺激は被験者近辺に存在することが多い。情報統合には呈示されている空間位置の一致性が重要な手がかりとなるため、近傍に呈示されている異種感覚情報のみを触覚情報と統合する、より合理的な処理の結果を反映している可能性もある。

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)

[雑誌論文](計 3 件)

Otani, M., Hirata, F., Itoh, K., Hashimoto, K., & Kayama, M. (2012) Perception of proximal sound sources in virtual auditory space by distance-variable head-related transfer functions. *Acoustical Science and Technology*, 33, 332-334. DOI: 10.1250/ast.33.332 (査読有)

Kurabayashi, H., Otani, M., Itoh, K., Hashimoto, M., Kayama, M. (2013) Development of dynamic transaural reproduction system using non-contact head tracking. *Proc. Of 2nd IEEE Global Conference on Consumer Electronics (IEEE-GCOE)*, 1, 12-16. DOI.10.1109/GCOE.2013.6664768 (査読無)

Otani, M., Hirata, F., Itoh, K., Hashimoto, K., & Kayama, M. (2013) Effect of distant-varlant / inbariant head-related transfer functions on

perception of proximal sound source in virtual auditory space. Proceedings of Meeting on Acoustics, 19, 50169. DOI:10.1121/1.4800178.
(査読無)

〔学会発表〕(計 5 件)

大谷真, 伊東一典 “Kinect と角度センサを用いた 6 自由度仮想聴覚ディスプレイ” 日本音響学会秋期研究発表会, 長野 (2012.9.19-21)

倉林宏明, 大谷真, 伊東一典, 橋本昌巳, 香山瑞恵 “頭部運動追従型トランスオーラルシステムにおけるクロストークキャンセラの数値的検討” 日本音響学会春期研究発表会, 東京 (2013.3.13-15)

倉林宏明, 大谷真, 伊東一典, 橋本昌巳, 香山瑞恵 “非接触センサを用いた動的トランスオーラルシステムによる音像定位”, 日本音響学会秋期研究発表会, 豊橋 (2013.9.25-27)

大谷真, 倉林宏明 “動的バイノーラル合成による音場の可聴化” 日本音響学会アコースティックイメージング研究会, 東京 (2013.10.18)

倉林宏明, 大谷真, 伊東一典, 橋本昌巳, 香山瑞恵 “動的トランスオーラル再生による音像定位”, 電子情報通信学会EA&H研究会, 仙台 (2013.8.9)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年月日 :
国内外の別 :

取得状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
取得年月日 :
国内外の別 :

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究代表者

小林 まおり (KOBAYASHI, Maori)
明治大学・研究知財戦略機構・研究推進員
研究者番号 : 90451632

(2)研究分担者

寺本 渉 (TERAMOTO, Wataru)
室蘭工業大学・工学研究科・准教授
研究者番号 : 30509089

大谷 真 (OTANI, Makoto)
信州大学・学術研究院工学系・准教授
研究者番号 : 40433198

(3)連携研究者

()

研究者番号 :