

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 2 日現在

機関番号：13302
研究種目：若手研究(B)
研究期間：2016～2019
課題番号：16K16103
研究課題名(和文)聴覚による他者の実体を知覚するメカニズムの解明

研究課題名(英文)A sense of presence for the others

研究代表者

小林 まおり (Kobayashi, Maori)

北陸先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・研究員

研究者番号：90451632

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は近距離の他者に対する不快感(パーソナルスペースの侵害)に着目し、音響情報の物理的分析、心理物理学的手法を組み合わせ、聴覚におけるヒトの実体を知覚するメカニズムを解明することであった。特に、(1)実体知覚を規定する要因、(2)知覚情報処理レベルの推定について検討した。その結果、音像定位に必要な音響情報の他に、低周波帯域の時間変動が強調されるとパーソナルスペースの侵害が知覚されることがわかった。また、パーソナルスペースの知覚には、接近する事象の有機性が影響することがわかった。このことは、音の有機性判断のような高次の処理過程が関与すると考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

他者の実体を知覚するうえでの聴覚の役割やその処理メカニズムを明らかにすることは、ヒトにおける他者認識のメカニズムの解明だけでなく、高臨場感なバーチャルリアリティシステムの実現にとっても有用な知見を与える。たとえば、テレグジスタンスの研究では、テレビ会議などで画面に映る人の存在感のなさが問題となって久しく、テレビ会議で失われる存在感を創出することが求められている。本研究の結果で示された実体知覚に必要な音響情報を利用することで、音情報の提示を工夫するなど簡便な方法で、他者の存在を知覚できるシステム構築に貢献できる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is that revealed mechanisms of a sense of the presence of the others in auditory environments. The phenomenon of personal space was examined by psychological methods and analyzing acoustic characteristics, in particular, focused on (1) auditory factor, (2) perceptual processes of personal space. The results of the experiments showed that the perception of personal space required auditory information correlated with auditory localization and time-varying dynamics in the lower frequency bands. It was also showed that the perception of personal space was influenced by the degree of humanities of the auditory events. These results suggest that the higher process involved the perception of personal space.

研究分野：実験心理学

キーワード：臨場感 実在感 パーソナルスペース 音場

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、通信技術の目覚ましい発展に伴い、バーチャルリアリティシステム(以下、VRシステム)が急速に展開している。国内外でVRシステム関連の展示会が多数開催されており(たとえば、3D&バーチャルリアリティ展や先端コンテンツ展、デジタルコンテンツ EXPO, SIGGRAPH など)、日々新しい技術が開発されている。こうしたVRシステムでは、あたかもそこにいるような感覚を使用者が持つ「臨場感」と、そこに確かに使用者の実体が存在するような感覚である「存在感」を提供することが期待されている(館, 2011)。臨場感についてはこれまでに多くの研究がなされているが、存在感についての研究は相対的に少なく、他者の実体を感じるために必要な情報について検証の蓄積が望まれている。

また、ヒトの知覚情報処理の観点からみても、他者の存在を素早く正確に知覚・認知することは重要な機能の一つである。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、聴覚が重要な役割を果たしている。これまで、聴覚による「実体」の知覚については、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、従来、障害物など「もの」を対象とした検討が中心であり、社会生活を営むうえで重要な「他者」を対象とした研究はない。動いている「他者」の実体の知覚情報処理は、静止している「もの」とは異なることは十分に考えられる。しかし、聴覚による他者の存在の知覚については、研究方法も確立されておらず、不明な点が数多い。

研究代表者は、科学技術振興機構・戦略的創造研究推進事業 CREST において、「音楽を用いた創造・交流活動を支援する聴空間共有システムの開発」(代表者:伊勢史郎)と題する研究プロジェクトに研究員として参画し、伊勢が提案した「境界音場制御の原理」に基づいて開発された3次元音場再現システム“音響樽”で再現された音場の臨場感や聴感印象についての心理評価を行ってきた。

これまで、研究代表者は音響樽を用いて他者の実在感にとって音の空間再現性が重要であることを示してきた。特に、他者の位置が聴取者から近いと、「まさにそこを通ったように感じた」「気配を感じた」という内観が多く、精密に音場が再現された場合には実空間と同様の生理学的変化が見られることを示した。しかし、他者の実体の知覚にとってどのような空間情報が重要であったのか、明らかではない。また、音場が精密に再現されている場合には「圧を感じた」「(人が)通り過ぎるときに風を感じた」など、皮膚感覚の関与を示唆する発言を得られている。このような感覚印象が実体感を左右する可能性は高い。近年では、聴取者の頭部近傍や背後空間において触聴覚相互作用が大きいことが報告されており(Kitagawa et al., 2005)、近距離で呈示された音によって触知覚が生じる可能性を示す。加えて、研究代表者らはヘッドホンを用いて音場を高精細に再現できるシステムによる研究を始めており、皮膚感覚情報と聴覚情報を独立に操作可能である。

2. 研究の目的

近年、バーチャルリアリティ技術の発展に伴い、仮想空間における他者の存在感をも伝える技術開発が進められている。従来の研究で障害物知覚における聴覚の寄与が報告されていることから、聴覚が他者の実体を知覚するうえでも有用な働きをされると考えられる。しかし、そのメカニズムや手がかりとなる音響情報については不明である。そこで本研究では、近距離の他者に対する不快感(パーソナルスペースの侵害)に着目し、音響情報の物理的分析、心理物理学的手法、生理学的方法を組み合わせ、聴覚におけるヒトの実体を知覚するメカニズムについて明らかにすることを目的とする。特に、(1)他者の実体知覚を規定する要因、(2)知覚情報処理レベルの推定について詳細な分析を行う。本研究では、他者の存在(実体)を知覚するうえでの聴覚系の寄与とそのメカニズムについて明らかにすることを目的とする。これまでの研究代表者の知見と研究ノウハウをもとにして、以下の研究項目を設定する。

【A】他者の存在(実体)を知覚するうえで必要な音響情報の解明

研究代表者らの研究から、音の空間的情報が精密に再現された場合にはヒトの実体が知覚されることが示唆されている。しかし、どういった空間情報が他者の実体を知覚するために必要であったのか、明らかではない。そこで、他者の実体知覚に関連する音響情報を明らかにするために、心理実験と音響分析を組み合わせ検証する。特に、「圧を感じる」「風を感じる」といった皮膚感覚情報の生起に着目し、検証を進める。

【B】聴覚による他者の存在(実体)知覚の寄与に関する検証

本研究では、他者の実体知覚における聴覚の寄与について明確に検証するため、ヘッドホンによるバイノーラルシステムを用いて研究を進める。研究代表者の先行研究で用いたシステムは、マルチチャンネルスピーカで構成されたものであった。そこで、まずバイノーラルシステムを用い、聴覚情報のみを呈示した場合でも、他者の実体を知覚できることを示す。

【C】他者の存在(実体)に関する知覚情報処理レベルの推定

Aでの検証によって他者の実体知覚に必要な音響情報がある程度解明できる。その情報を手がかりに、実体知覚に関与する聴覚処理を推定し、情報処理過程のモデル化を行なう。また、情報処理過程の推定にとって、これらの処理が潜在的であったかという点について、脳波測定

を行い検証する。

3. 研究の方法

他者の実体感の知覚メカニズムを明らかにするために、【A】実体知覚の手がかりとなる音響情報の解明，【B】実体知覚における聴覚系の寄与の解明，【C】実体知覚の処理レベルの推定，という研究項目を設定して研究を進める。【A】【B】は研究代表者らがこれまで用いてきた実験パラダイムを基本に実験を組み立てる。心理実験と音響情報の分析を組み合わせで行ない，実体知覚の要因となっている物理特性について明らかにした。【C】ではそれまでの検討をもとに新たに生理実験などを導入し，実体知覚に關与する処理レベルを推定した。

(1) 研究対象とする事象

本研究では，実体知覚を検証するためにパーソナルスペースへの影響に着目した。パーソナルスペースとは，他者の接近によって不快感を感じる，個人を取り巻く空間をいう（Kaitz et al., 2004）。これまでの研究で，このパーソナルスペースは実際に人が近づいた場合ばかりでなく，バーチャル空間で仮想的に他者を近づけた場合などでも存在することが明らかにされている。また，研究代表者のこれまでの研究で，他者が接近する音を提示した場合でも生じ，特に音のリアリティが高い場合には顕著に現れることを確認している。これらの知見を利用し，他者が接近する音を音刺激として用いた。

(2) 実験装置

本研究では，聴覚刺激を呈示するデバイスとして，ヘッドホンによるバイノーラルシステムを用いた。このデバイスを用いれば耳介入り口に与える聴覚情報のみを直接操作することが可能となる。

(3) 研究手法

実体知覚の解明のために，本研究では主観的手法と客観的手法を用いて検討する。主観的手法では主に心理学的手法、客観的手法では行動測定等を用いた。複数の手法を用いて多角的に実体感を捉えることができる。

(3) - 主観的手法

聴取者が実体を知覚したかと捉えるために，直接的測定法と間接的測定法を用いた。

直接的な手法：音刺激に実体を感じたか直接的に聴取者に聞く手法

間接的な手法：音刺激に不快感を感じたか問うことで，パーソナルスペースを測定し，音刺激にリアリティを知覚していたか捉えることを目指した。

(3) - 客観的手法

生理指標：脳波や自律神経系の活動を測定。

行動指標：不快に感じたときの音刺激までの距離（パーソナルスペース）を測定する。実環境で測定されたパーソナルスペースと比較した。

4. 研究成果

以下に，3.研究手法で述べた【A】～【C】の項目ごとに研究成果を述べる。

【A】 実体知覚の手がかりとなる音響情報の解明

まず，ヒトが実際に接近する音をダミーヘッドで収録し，接近による音響特徴の変化を分析した。また，その音刺激をバイノーラルシステムで聴取者に提示し，(1)音像が自分に向かって接近している感じがするか，(2)最終的な音像までの距離，(3)パーソナルスペースが侵害されているような不快な気分になるか(4)あたかもそこにヒトがいるように感じられるか，評価する聴取実験を行った。その結果，(1)音像が自分に向かって接近しているように感じられるものの，(2)最終的な音像までの距離は被験者間でばらつきがあった。また，(2)最終的な音像までの距離を正確に知覚できた被験者に，本来パーソナルスペースの侵害が生じる距離まで音像を動かした場合でも，(3)パーソナルスペースが侵害されているような不快な気分にはなりにくく(4)あたかもそこにヒトがいるように感じられる程度は低いことがわかった。

(2)最終的な音像までの距離が聴取者による個人差が大きかったことから，ダミーヘッドを用いて収録したことで，聴取者によっては音像定位に必要な音響情報が再現されていないためと考えた。そこで，実頭を用いて測定された頭部伝達関数を距離に応じて切り替えて重畳し，同様の実験を行った。その結果，(2)最終的な音像までの距離については，実際の距離よりやや遠く聴取者間の分散が大きい傾向があるものの，距離知覚はある程度正確に推定できることがわかった。しかし，(3)パーソナルスペースが侵害されているような不快な気分にはなりにくく，(4)あたかもそこにヒトがいるように感じられる程度は低いことがわかった。このことから，3次元仮想空間での音像定位に必要な音響情報の手がかりだけでは，実体を知覚できるわけではないと考えられる。そのため，パーソナルスペースが侵害されている知覚に必要な音響情報について検討を進めた。以降の検討は，【B】実体知覚における聴覚系の寄与の解明における研究と重なる点が多いため，次の項で述べる。

【B】 実体知覚における聴覚系の寄与の解明

【A】での検討から，音像定位が正確であったとしても，必ずしもパーソナルスペースが侵害された感覚が得られたわけではなく，また他者の実在感を知覚するわけではないことが示唆された。このことから音像の位置知覚に關与する処理機構よりも高次の処理過程が關与することが考えられる。聴覚情報処理過程では大まかな流れとして聴覚抹消系で周波数分解が行われ，

その後両耳情報の統合がなされ、空間情報を処理したのち、周辺の周波数帯域間の統合がなされ、聴覚事象としての知覚がなされることが想定されている。音像の位置知覚に關与する処理よりも高次の処理が關わると考えられる。そこで、周波数帯域間の情報統合がパーソナルスペースの知覚に及ぼす影響について検討した。

実験では、まず聴覚刺激に帯域通過フィルタを重畳し、特定の帯域の情報のみでパーソナルスペースが知覚されるか検証を行った。フィルタ幅はオクターブとした。その結果、一つの帯域のみでパーソナルスペースが知覚されることはなかった。次に、いずれかの帯域を取り除くようにノッチフィルタを重畳し、聴取実験を行った。その結果、いずれの帯域が取り除かれた場合でもパーソナルスペースが知覚されることはなかった。そして、いずれかの帯域を強調するように設計したフィルタを重畳した刺激を用いて聴取実験を行った。その結果、低周波帯域を強調すると、パーソナルスペースが侵害された知覚が生じることがわかった。そこで低周波数帯域のどの情報が実在感の知覚に影響するのか検討するため、低周波帯域の空間再現性、振幅の時間変動を操作し、実験を行った。その結果、空間再現性よりも時間変動がパーソナルスペースの知覚に影響を及ぼすことがわかった。

【C】 他者の存在（実体知覚）に關与する処理レベルの推定

当初の計画では、脳波や自律神経系の活動を測定することで、これらの処理に關与する脳部位や処理過程について検討する予定であった。しかし、本研究で着目したパーソナルスペースの侵害によって引き起こされる生理学的変化は、本研究で使用した刺激提示装置を用いた場合には、試行数を重ねると反応が順化してしまう傾向が顕著であった。そこで脳波計測よりも比較的少数の試行数で算出する皮膚電気抵抗の測定を行うこととした。しかし、音のオンセットに対する顕著な反応である定位反応が取り除ける程度に試行数を重ねると、同様に反応が順化することから、検証には不適切であると判断した。

そこで、主観的手法を用いて処理レベルを推定するために、聴覚事象への意識がパーソナルスペースに及ぼす影響について検討した。実世界のパーソナルスペースでは、近づいてくる他者の性別や既知の人物か、などによって、その広さが異なることが報告されており、社会的な要因が大きく影響する極めて高次の処理が關与する現象であると考えられている。しかし、これらの実世界での検証は、実験環境の制約からヒトに限られており、他者の性別や既知性が被験者に明示された形で実験が行われてきた。そこで、仮想環境であることを生かし、接近してくる聴覚刺激の種類（有機物・無機物）によってパーソナルスペースが侵害されたという知覚が変容するか検討した。加えて、音刺激の音響特性を操作し、聴覚刺激の種類（有機物・無機物）への気づきを変化させることで、聴覚刺激への意識がパーソナルスペースの侵害に及ぼす影響について検討した。

実験では、研究代表者らの先行研究（小林ら、2015）を参考に、無機物として掃除機、メトロノーム、電話などの音刺激を用いた。有機物の音声として、ヒトの話し声、手拍子、足音、新聞紙を破る音などの音を用いた。これらの音に対してこれまで用いてきた伝達関数を重畳した音刺激を被験者に提示し、パーソナルスペースが侵害される距離を測定した。その結果、無機物では音刺激が接近したとしても、パーソナルスペースの侵害はほぼ生じなかった。一方、有機物音では全ての刺激でパーソナルスペースの侵害は生じたが、手拍子や足音では距離は小さく、刺激の種類によって異なることがわかった。これは音刺激の音響特性が異なるため、音像までの距離の知覚自体が変わっている可能性が考えられる。

そこで、音刺激の音響特性を保ちつつ、聴覚刺激への意識を操作するために、音刺激として雑音駆動局部時間反転音声を用いて検討を行った。雑音駆動局部時間反転音声とは、音源を雑音に置き換え、いくつかの周波数帯域の振幅包絡だけを保存した雑音駆動音声を、短い区間に区切り、それぞれを逆再生した音声である。周波数帯域の分割数や、逆再生する区間を操作することでヒトの音声らしさを系統的に操作でき、聴取者の音刺激への有機物としての意識を系統的に変えられると考えた。これらの音声に伝達関数を重畳し、パーソナルスペースを測定した。その結果、音声として認識されなかった音刺激ではパーソナルスペースの侵害が生じない、もしくはその距離は非常に小さかった。加えて、音声として認識される確率が高い音声ではパーソナルスペースは広いことがわかった。これらの結果から、実在感の知覚はヒトらしさの判断がなされた後で処理されているものと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----