

研究題目	音響臨場感の多次元定量的評価に関する基礎的研究	報告書作成者	小澤 賢司
研究申請者	小澤 賢司		
研究目的	<p>「臨場感」は、近年のマルチメディアシステムにおいて、その性能を語る際のキーワードである。ところが、この「臨場感」という言葉には曖昧性が潜んでおり、具体的に何を意味するのかが明確でない。今後のマルチメディア社会の進展を考える場合に、「臨場感」という感覚の性質を把握した上で、定量的に捉える手法を確立することは重要であると考え。</p> <p>臨場感とは、五感に関わるマルチモーダルな感覚であることは明らかである。しかしながら、現在のマルチメディアシステムにおいて対象となっているのは、視覚と聴覚に留まっているのが実状である。このうち、視覚については、ステレオ画像ディスプレイといった本来の意味での高臨場感再生方式は民生品レベルでは実現されておらず、単にディスプレイが大型であることが重要とされているのが現実であると考え。一方、聴覚ディスプレイについては、ステレオ録音・再生はすでに常識であり、さらにはダミーヘッド録音された音楽CDが市販されているなど、真の意味での高臨場感システムが議論されるに十分な素地が整っている。逆に、今、音響臨場感を定量的に把握する努力を怠ると、高臨場感という言葉だけが先行してしまい、本当に高臨場感システムが実現された場合にユーザにそれを知らせることができないという不都合が生じる危険性がある。そこで、本研究では、音響再生系を対象として、</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 臨場感とは何か？それは一次元的尺度として表現されるのか？ 2) 主観量である臨場感は定量的に測定できるものか？ 3) さらに、臨場感は他の感覚と独立したものであるのか？ <p>といった問題を取り上げ、「臨場感」という感覚について基本的な性質を明らかにすることを目的とした。</p> <p>この目的を達するために、本研究では以下のような3種の聴取実験を行った。</p> <p>実験1: 録音・再生対象の相違が臨場感及ぼす影響の1次元尺度構成</p> <p>実験2: 再生方式の相違が臨場感に及ぼす影響の1次元尺度構成</p> <p>実験3: 臨場感の多次元性の評価</p> <p>実験に用いた刺激音の録音・再生は、原音場において聴取される音を再生音場において再生することが可能であることが示されているバイノーラル技術を用いて行った。</p>		

研究内容

実験1:録音・再生対象の相違が臨場感及ぼす影響の1次元尺度構成

添付の説明書(様式-10)の図1中に示すような23種の音を、ダミーヘッド(高研 SAMURAI)を用いて収録した。それらの音は、音源と聴取者の相対的な位置関係により以下の3つのグループに分けることができる:(I)受聴者に対して相対的に移動する音、(II)受聴者と共に移動する音、(III)静止している音。

聴取実験は、シェッフェの対比較法により行った。具体的には、ランダムな組み合わせで二つの刺激音を選び、被験者に対してヘッドホン(STAX SR- Λ)を用いて継時的に提示した。被験者は、その一对の刺激音について、どちらが臨場感があるかを5段階で評価した。

その結果を尺度構成して得た結果が図1である。図から音源が受聴者に対して相対的に移動する音(グループI)の臨場感が、グループII, IIIより有意に高いと評価されていることが分かる。また、グループIIIの中でも、川や滝など音像が大きいものの臨場感が高くなっている。以上、この実験結果から、臨場感のコンテンツ依存性をヤードスティックという統計尺度により定量的に明らかにした。

実験2:再生方式の相違が臨場感に及ぼす影響の1次元尺度構成

実験1の刺激音から選定した5種類の音のそれぞれについて、以下に示す5種の再生条件による計25種類の音を準備し、実験1と同様な対比較実験を行った。

- (1) ダミーヘッド録音された音をヘッドホンを用いてそのまま再生した音(以下では「補正なし」条件と表示)
- (2) 録音時と再生時に外耳の特性が重複してかかる不具合を避けるために、ダミーヘッドにヘッドホンを装着して測った音響特性の逆特性かける補正を施した音(「補正あり」条件)
- (3) ダミーヘッド録音された音をスピーカ再生することを模して、「補正あり」を6dB減衰し対側チャンネルに重ねた音(「クロストーク」条件)
- (4) 再生音圧レベルが臨場感に及ぼす影響を調べるために、「補正あり」を10 dB減衰した音(「-10dB」条件)
- (5) 音像定位の自然性が臨場感に及ぼす影響を調べるために、「補正あり」のL+Rを両耳に提示した音(「モノラル」条件)

その結果を尺度構成して図2を得た。この結果から、臨場感が高い順に、「補正あり」、「補正なし」、「クロストーク」、「-10 dB」、「モノラル」となっていることが分かる。このことから音像定位の自然性、および再生レベルが臨場感に影響することが分かる。また、図1と比較して、再生システムによる臨場感の相違は、コンテンツによる相違に匹敵することを明らかにした。

実験3:臨場感の多次元性の評価

刺激音としては、実験1, 2で用いたものから24種を選定した。実験はSD法により行った。刺激音を繰り返して被験者に提示し、被験者は34種の評価語対について7段階評価した。評価語は、音知覚に関する過去の研究を参考にして選定した。まず、結果を因子分析し、5個の因子を抽出した。それぞれは、 F_1 :量的因子、 F_2 :美的因子、 F_3 :金属性因子、 F_4 :情景の自然性に関する因子、 F_5 :音像定位に関する因子であると解釈した。これらは、過去に音知覚に関して知られている因子である。

次に、これら5因子の各々について求めた各刺激音の因子得点を説明変数とし、一方、臨場感について得られた得点を目的変数として重回帰分析を行った。その結果、重回帰係数 a_i は $F_1 \sim F_5$ の各因子に対して、 $a_1=0.28$ 、 $a_2=0.42$ 、 $a_3=0.25$ 、 $a_4=0.87$ 、 $a_5=0.87$ であった。また、重相関係数は0.94と十分に大きいことから、音響臨場感は既知の音知覚の因子の線形結合として与えられることが示された。

研究のポイント	<p>これまで漠然と使われてきた「臨場感」という言葉の意味を探ることは、今後のマルチメディア社会の進展を考える際に重要である。臨場という言葉からすれば、再生環境が実環境と全く同じであることが理想である。しかしながら、実際に五感に関わる全ての信号について、これを実現することは困難である。ただし、聴覚信号に限れば、ダミーヘッド録音－ヘッドホン再生を用いたバイノーラル技術によって、その理想に近い状態が実現できる。</p> <p>本研究では、このように十分に高臨場感再生が期待できる音響記録・再生系に焦点を絞り、臨場感という感覚の性質を定量的に測定する手法を示した。ここで得た結果から、人間には臨場感の有無を定量的に知覚する能力があることが示された。このことは聴覚だけに限らず他の感覚モダリティにも通ずるものと考えられる。つまり、今後のマルチメディアシステムの設計においては、少なくとも本研究で行ったような人間による主観的・定量的評価を行い、その結果を設計にフィードバックしていくことが可能であり、また必要であることを示したのと考えられる。</p>
研究結果	<p>臨場感という言葉は、「臨場感あふれるシステム」という使われ方をするように、システムの持つ性能・属性であるかのように捉えられがちである。しかし、本研究では、同じシステムであっても、録音・再生される内容によって臨場感が異なることを、主観評価の結果を尺度構成することにより定量的に示した。特に、音源と聴取者に相対的な動きがあることや、音像が大きいことなどの点が、高臨場感をもたらすことを示した。</p> <p>また、仮に同じ内容が録音されているとした場合には、再生システムの性能により、臨場感が異なることを定量的に示した。特に、音像定位の自然性や、再生レベルによって知覚される臨場感が大きくことなることが明らかとなった。以上から、高臨場感システムとは、システムのハードウェアだけでなく、コンテンツまで含めた総合的な検討に基づいて、設計・開発されるべきであることを示した。</p> <p>さらに、聴覚に関わる臨場感は、これまでに知られてきた音知覚の因子の線形結合として表現されることが示された。このことは、臨場感が多次元的な感覚であることを意味している。つまり、システムの設計やコンテンツの制作にあたっては、要素分割を行った上で、特定の要素に力点をおくことにより、臨場感を制御したり、あるいは最大のパフォーマンスを引き出すことの可能性を示唆している。</p>
今後の課題	<p>本研究では、音響臨場感に限定した。その範囲内では、音源と聴取者の間に相対的な動きがあることが高臨場感を引き出すために重要であることが示された。しかし、音と同時に映像を提示した場合には、音源が聴取者と共に動く場合も臨場感が高いと知覚される可能性があると考えられる。このように、臨場感というマルチモーダルな知覚を考える上では、単一モダリティだけを観測しているのとは異なる面白い結果が得られるものと予想される。今後は、この点を考慮した研究が必要であると考えている。</p> <p>さらには、ここではヘッドホン再生によるバイノーラル系を利用して実験を行った。しかし、ヘッドホンでは、聴取者が頭部を回転させると音像も一緒に回転してしまう。これは実音場ではありえないことである。そこで、より自然な再生環境を得るためには、スピーカ再生系についても検討していく必要があると考えている。</p>

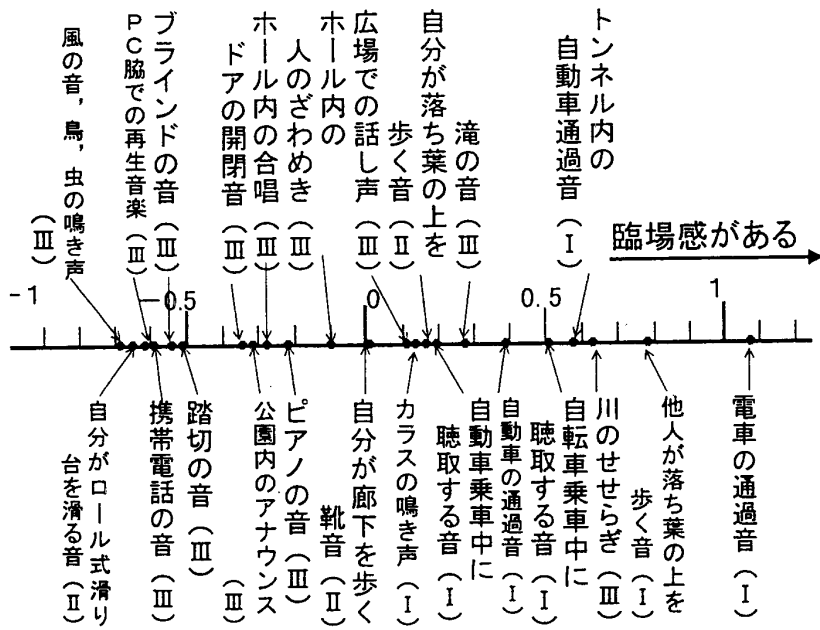


図1 実験1の結果を尺度構成して得た臨場感尺度

同一の録音・再生系でも、コンテンツ（対象となる音）によって臨場感が有意に異なることを示している。ヤードスティック $Y(0.05)=0.77$ である。つまり、二つの刺激音について、両者の尺度値の差が0.77以上であれば、5%の有意水準で有意差があるといえる。特に、聴取者に対して相対的に移動する音、あるいは音像の大きな音の臨場感が高く評価されている。

刺激音グループの凡例：

- (I) 音源が受聴者に対して相対的に移動する音
- (II) 音源が受聴者と共に移動する音
- (III) 音源が静止している音

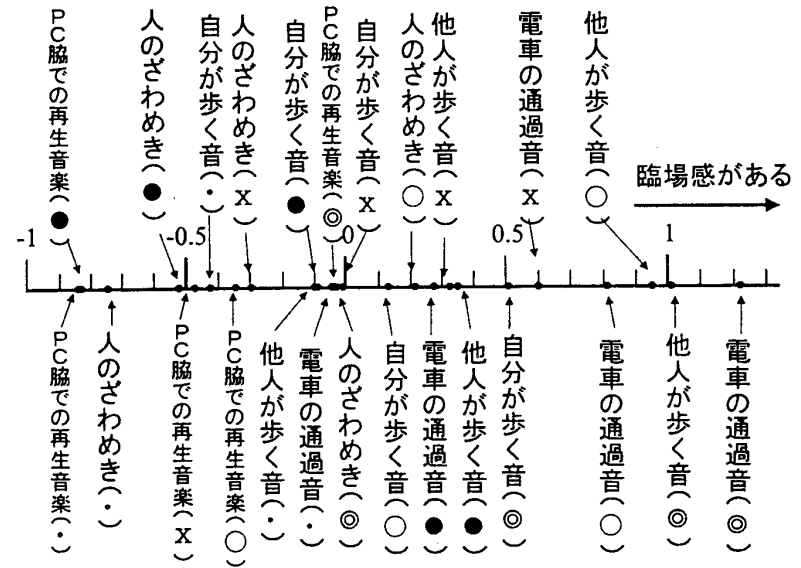


図2 実験2の結果を尺度構成して得た臨場感尺度

同一の対象音でも、再生方式の相違による臨場感の相違は、図1に示したコンテンツによる臨場感の相違に匹敵することを示している。ヤードスティック $Y(0.05)=0.87$ である。つまり、二つの刺激音について、尺度値の差が0.87以上ならば、5%の有意水準で有意差がある。音像定位の自然性が高いほど、臨場感が高く評価されている。

再生方式の凡例：

- ◎：補正あり条件（録音用ダミーヘッドの外耳の特性を消去）
- ：補正なし条件（ダミーヘッド録音をヘッドホンでそのまま再生）
- ×：クロストーク条件（ダミーヘッド録音のスピーカ再生を模擬）
- ：-10 dB条件（「補正あり」からラウドネスを約1/2にした状態）
- ・：モノラル条件（L+Rを両耳に提示。音像を頭内定位させた状態）