

氏 名 (本 籍)	原 ^{はら} 佳 ^{よし} 史 ^{ふみ} (東京都)
学 位 の 種 類	博士 (情報学)
学 位 記 番 号	博甲第126号
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
学位授与年月日	平成26年1月27日
学位論文題目	室内近距離音場の時間・周波数特性と音の知覚に関する研究
論文審査委員	主査 三 好 和 憲 副査 管 村 昇 馬 場 則 男 東 山 三樹夫 (早稲田大学客員教授) 清 水 寧 (ヤマハ, 東京工業大学連携教授)

論文要旨

本論文は最適な音コミュニケーション環境構築のために、音源に近接する音場特性がどのように音の知覚に寄与するかを明らかにし、音、音場表現に富んだ収音・再生環境の最適化について論じるものである。その結果、直接音のエネルギー大きい近距離音場における音の好ましきや音の大きさ感、音の聴き易さに関する主観的な知覚変化ならびに、音のマスクング効果を音の時間・周波数特徴に着目した分析・評価をすることによって、音の心理的・物理的要因を明らかにした。

室内を伝わる音の特徴は、音源から受音点に達する直接音と受音点に達する反射音群の重なりによって表現される。音の知覚または音場の主観的印象は、主として直接音によるものと考えられる音の方向定位と反射音による音場の広がり感に関するものに大別される。室内音場における直接音領域の範囲 (Coherent 領域) は、すでに波動理論に基づいて Morse と Bolt (1944) によって理論的に推定されている。しかし、Lyon (1983) は直接音距離を伝達関数の極・零分布の視点から考察し、直接音領域の伝達特性が最小位相特性の零点分布によって表現されると推論した。これらの考察をもとに高橋等 (2006) は残響室内音場で実測したインパルス応答から位相周波数特性を帯域別に分析することによって、Morse 等による直接音距離の推定値を実証することに成功した。

以上の研究経緯を踏まえ、本研究では直接音領域から残響音場において収音された音源・受音点間距離 (Sound Source Distance : SSD(m)) に伴う音の心理的・物理的要因の変化に注目した。残響室ならびに無響室において SSD(m) を変えて測定したインパルス応答を用いて主観評価実験を行なうとともに、主観値変化に対応した物理

的分析手法を検討した。

近距離音場における知覚変化の尺度化には一対比較法 (Thurstone Case V) を用いた。距離別音楽信号を用い、音の知覚において最も重要とされる音の好ましき (主観的 Preference) と大きさ感 (主観的 Loudness) に関する受聴実験を行なった。その結果、Preference と Loudness の両者が共に最大となる収音点が直接音領域内に存在することを確認した。

直接音のエネルギーが大きい音源近傍での収音においては、初期反射音が音楽の音質に最も影響を与える。安藤等 (1985) によると、反射音の好ましい遅れ時間は音源信号の自己相関関数 (Auto-Correlation Function : ACF) の継続時間と対応するとされている。また主観的に好ましい最適な遅れ時間は ACF の値が 0.1 になる遅れ時間によって特徴づけられると考えられている。

聴覚モデルにおいて音響信号は蝸牛の周波数選択性から狭帯域信号に分割される。分割された狭帯域信号は有毛細胞モデルにより半波整流後にローパスフィルターを施した狭帯域包絡線を得ると考えられている。Meddis 等 (1997) はこの聴覚モデルに基づき、狭帯域包絡線の自己相関関数を用いた Summary Auto-Correlation Function (SACF) による聴覚脳幹の周期性検出に基づく Pitch 知覚モデルを提案した。そこで本論文では、ACF の初期部の変化が直接音の増強効果を表していると考え、短時間観測区間にわたる ACF を示すことで近距離音場における主観評価との対応を示した。さらに残響音が付加された楽音波形のパワースペクトルから際立ったピークを形成する周波数成分を抽出した後、ピーク周波数列の基本周波数と高調波成分を推定することによって、音の調波構造を可視化する時間・周波数分析 (SPEC² 分析) を試みた。室内空間における人々の会話

以上、要するに個人性が追求される現代の近距離音場での音コミュニケーション環境において、音の知覚と音場の物理的変化の関係を主観評価実験による尺度化と音の時間・周波数特徴に着目した分析をすることで明らかにした。

本論文の構成は、本研究の背景および概要（第1章）に続く各章で提唱手法の心理評価実験による有用性の実証の形を取り、心理評価実験はすべてエネルギーを正規化した上で一対比較法を用いている。第2章、3章では4章以降で無響室録音の音楽および音声に畳み込んで使用する無響室および残響室におけるインパルス応答をSSDを変化させて（0.01m～2.56m）収録し、その物理指標および関連する過去の研究の概略について述べている。

以上、本論文は、時間周波数特性と音の知覚との関係を明らかにし、音楽の好ましさ、音声の明瞭性について従来無かった物理指標を提唱したもので、音響学の理論として学術的に高く評価されるものであるが、その応用としてマスキングの生成アルゴリズムが今後の製品に生かされることが期待され（特開3件）、情報技術の活用として高く評価されるもので、博士（情報学）の学位請求論文として十分な価値があるものと認められる。