

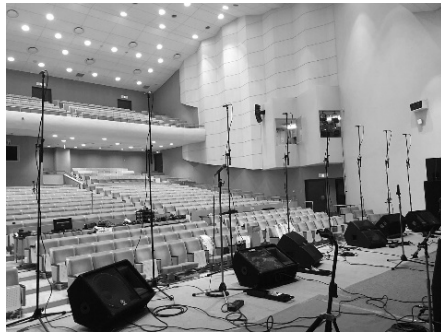
研究概要報告書【サウンド技術振興部門】

(1/3)

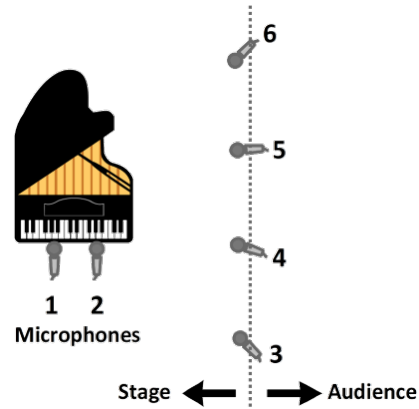
研究題目	楽器の指向性と残響音の到来方向を反映したアコースティック楽器練習室用ホール残響付 与システムの開発と評価	報告書作成者	長谷 芳樹
研究従事者	長谷 芳樹		
研究目的	<p>特に西欧発祥の音楽などでは、楽器や空間の“響き”が音楽体験の中で極めて重要な位置を占めている。しかしながら、特にアマチュア演奏者の場合、十分な響きを感じられる空間で日々の練習をおこなえることは稀である。特に、日本の家屋は木造であったり、コンクリート造りであっても室内に吸音性の高い素材が使われていたりするケースが多く、部屋の“響き”という観点ではクラシック音楽の演奏や練習には適していないのが実状である。</p> <p>もちろん楽器音に模擬的に残響を付与して演奏がおこなえるシステムは多数実現されているが、これらはモノラルあるいはステレオ信号に単に既存のホールの客席等で聴取される残響を付与しているように見えるものがほとんどである。これらのシステムは、楽器の指向性はどうのような特性を持つのか、あるいは演奏者のどちら側に広い空間が広がっているのか、等を考慮せずに残響空間を再現しており、演奏者に響きの量に加えて質までを意識させるような支援に適したシステムとはなっていない。</p> <p>本研究では、この点を改善し、楽器の持つ指向性やホールの残響音の到来方向を意識して演奏練習をおこなえるシステムの構築を試みた。</p>		

研究内容	<p>1 コンサートホールの到来方向毎のインパルス応答の測定</p> <p>まず、コンサートホールのステージ上で発音した音に対する残響がホールの各方向からどのように到来するかを測定した。測定は電気通信大学創立 80 周年記念会館にておこなった。ステージの縁の部分にステージから約 1.6 m の高さに約 1.0 m 間隔でカーディオイド型の指向性を持つコンデンサーマイクロホンを設置した。ホールの広い空間側(客席側)からの残響音を収録するため、すべてのマイクロホンの指向性を客席側に向けた。そして、ステージ中央に設置したモニタースピーカーから swept-sin (time stretched pulse) 信号を送波した。この収録信号から、ホールの各方向から戻ってくる残響音(インパルス応答)を求めた。スピーカーからの直接音は除去して使用した。</p> <p>2 各放射方向での楽器の演奏音の収録</p> <p>今回はグランドピアノ演奏を対象とした。本研究で対象としている手法の有用性を再現性よく確認するために、任意の位置に仮想マイクロホンを設置することができ、かつ残響が存在しない状況を再現できるソフトウェア音源を利用することとした。この音源を用いて、仮想マイクロホンを設置して演奏音を収録した。ステージ縁のマイクロホンの指向性はピアノ側に向けた。加えて、頭部位置での再生音も収録した。</p> <p>3 頭部伝達関数の測定</p> <p>頭部伝達関数(HRTF)の測定は神戸市立工業高等専門学校が無響室でおこなった。無響室内においてモニタースピーカーを頭部と同じ高さ、距離 1.0 m の位置に設置し、swept-sin (time stretched pulse) 信号を送波した。また、測定対象者はバイノーラルマイクロホンを着用し、スピーカーとの相対角度を変化させながら到達音をステレオ収録することで、各音源方向からの左右の耳に対する頭部伝達関数をそれぞれ測定した。演奏者の頭部伝達関数を個別に測定することが困難であったため、ある 1 名の頭部伝達関数を代表として用いた。</p> <p>4 演奏者の聴取音の生成</p> <p>以上の方法で収録した各信号を用いて、グランドピアノ演奏者がステージ上で演奏する状態を模擬した音を生成した。信号は、(A)ピアノからの直接音と(B)残響音の 2 系統が存在する。(A)の直接音は、ソフトウェア音源で奏者の耳付近に設置したマイクロホンで収録した音に、そのまま前方方向の HRTF(顔の正面方向を 0 度として、左 30 度および右 30 度)を畳み込んだものである。この音には残響は含まれない。他方、(B)は、ステージの縁の付近で収録した演奏音に対して、実際のホールで収録したその方向に対応するインパルス応答を畳み込んだ後、さらにそれぞれの方向に対応する HRTF(正面を 0 度として、右 120 度、右 90 度、右 45 度、右 30 度)を畳み込んだものである。この処理により 4 方向それぞれの音源に対する波形が生成され、この 4 つの波形(左右の耳それぞれに対して 4 つずつ)を加算したものが(B)である。最後に、(A)と(B)を加算した信号(C)を生成し、演奏者が着用するヘッドホンでステレオ(バイノーラル)再生することにより、ホール上で上手側を向いて着席した状態でのグランドピアノ演奏を模擬している。</p>
------	---

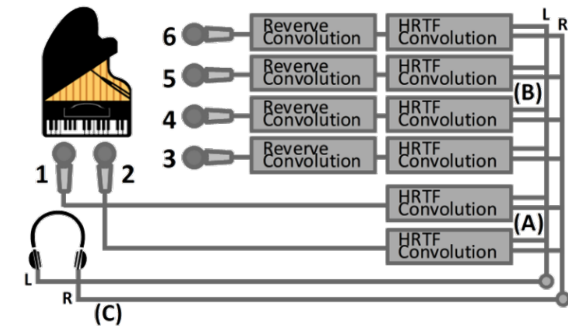
研究のポイント	<p>西欧発祥の音楽などでは、楽器や空間の“響き”が音楽体験の中で極めて重要な位置を占めている。しかしながら、特にアマチュア演奏者の場合、十分な響きを感じられる空間で日々の練習をおこなえることは稀である。もちろん楽器音に模擬的に残響を付与して演奏がおこなえるシステムは多数実現されているが、これらはモノラルあるいはステレオ信号に単に既存のホールの客席等で聴取される残響を付与しているものがほとんどであるように見える。本研究では、この点を改善し、楽器の持つ指向性やホールの残響音の到来方向を意識して演奏練習をおこなえるシステムの構築を試みた。実際のホールの到来方向別のインパルス応答と、楽器の放射方向ごとの演奏音、そして到来方向毎の頭部伝達関数を組み合わせた呈示音を生成し、ヘッドホンでステレオ再生することにより、ホール上で上手側を向いて着席した状態でのグランドピアノ演奏を模擬した。結果、響きの長さや空間に音が溜まっているような感覚があったことにより、右方向に広がっている空間を感じた、などのコメントが得られ、ホールの拡がり方向の情報を含む音を演奏者に意識させることにある程度成功した。</p>
研究結果	<p>作成したステレオ(バイノーラル)信号を、ピアノ奏者にヘッドホンあるいはイヤホンで聴取させ、その音から感じられる空間の広がりについての主観的な評価を求めた。奏者はいずれもクラシック音楽演奏を主目的とするコンサートホールにおけるグランドピアノ演奏経験のある演奏者4名である。事前には音源の生成方法等についての説明はおこなっていない。</p> <p>演奏者へのヒアリングの結果、響きの長さや空間に音が溜まっているような感覚があったことにより右方向に広がっている空間を感じた、などのコメントが得られた。また、明らかに自身がステージで演奏している感じがし、正面から右側にかけて空間が広がっているように感じられるものの、そこまで大きなホールではないのではないかという指摘もあった。この指摘は、今回残響を収録したのがクラシックコンサート専用の大ホールではないという事実と合致している。一方で、広めの空間は感じるものの、通常のグランドピアノ演奏者の位置ではなくステージ上で聞いている音に近い、あるいは、下手側(左側)の前列の席で聞いている音(すなわち右後方に客席の空間が広がっている)のようだ、といったコメントもあった。この感覚は、実際に残響のインパルス応答を観測しているのがステージ上であり、その音を演奏者の耳の位置で観測した信号に単純に加算しているという処理に起因する可能性がある。</p>
今後の課題	<p>今回は被験者の主観的な評価に留まっており、さらに科学的な手法に基づく検証が必要である。加えて、空間の広がり感が右前方に感じられた演奏者と右後方に感じられた演奏者が存在した原因として他人の頭部伝達関数を用いたことが考えられるため、再度自身の頭部伝達関数を畳み込んだ音源を聴取しての検討が必要である。また、演奏経験との相関やピアノ以外の楽器での検討、実際の演奏訓練にどの程度有用であるのかについての定量的評価、実際のアコースティック楽器においてもこの手法が有用であるかどうかの検証、クラシック音楽専用のコンサートホールの音場再現をおこなった場合の効果の確認等についても、本手法の応用を鑑みると重要であり取り組むべき課題である。また、今回は水平方向のみの頭部伝達関数を用いたが、これに高さ方向の情報も加えると体験がどのように変化するかについても興味深い。</p>



コンサートホールにおける残響音の測定
(床に設置されているスピーカーは使用していない)



ピアノ演奏音の仮想的な収録位置



聴取音生成のブロック図