

本研究は、人間における3次元音空間知覚に関する情報処理過程の解明と、高精度な3次元音場合成技術の確立を目指している。以下、これらの課題について、助成期間終了後の展開を述べる。

距離知覚過程の解明 人間における音空間知覚に関する情報処理過程の中でも、距離知覚は、通常の方位角の知覚などで主要な知覚手掛かりとなる両耳情報が、必ずしも使えないことから、十分な知見が得られていなかった。しかし、音空間の知覚が3次元であることを考えると、距離知覚は重要な意味を持つ。そこで、助成終了後は、特に距離知覚過程の解明に注力して研究を進めた。

近距離の音像距離の知覚では、反射のない空間における、絶対的な距離定位について検討を行ってきた。現在は、それに加えて、相対的な距離定位について研究を進めている。これまでに、複数の音像を経時的に提示して、それらの知覚距離を相対的に判断させると、絶対判断を求めた場合に比べ、2倍程度の距離まで、距離の判定が可能であるとの興味深い結果を得ている。

仮想球モデルに基づく音場再生 高次臨場感通信用の高精度聴覚ディスプレイでは、一般の室内空間に置かれた音源から人間の両耳までの伝達関数を精密に合成することが必要である。また、この伝達関数は、聴取者の動きなどにより変動することから、聴取者の動きに追従して、伝達関数の合成を行う必要がある。そこで、受聴者の頭の動きを常時トレースし、仮想音源と受聴者の相対的な位置関係を求め、キルヒホッフ積分方程式に基づいて伝達関数を合成する新しい聴覚ディスプレイ — 仮想球モデルに基づく聴覚ディスプレイ — を考案、研究を行ってきた。

この方法では、ある室内空間に仮想的な球形の境界 Γ をおき、その内部の領域 (以下仮想球と呼ぶ) の音圧 $P_o(\omega)$ を、Kirchhoff-Helmholtz の積分方程式により制御する。先に我々は、この制御を工学的に実現するため、境界 Γ を N 個の音の波長に比べて十分に小さな要素 $\Gamma_i (i = 1, \dots, N)$ に離散化し、境界上の点 \mathbf{r}_i における音圧 $P(\mathbf{r}_i, \omega)$ を用いて次式で制御することを提案した。

$$P_o(\omega) \approx \sum_{i=1}^N C_i(\omega) P(\mathbf{r}_i, \omega) \quad (1)$$

しかし、その後の検討によって、境界 Γ の形状によって定まる内部 Dirichlet 問題の固有周波数では、音圧傾度も合せて制御する必要があることが明らかになった。そこで、点 \mathbf{r}_i を中点として、 \mathbf{r}_i^+ と \mathbf{r}_i^- を、微小間隔 Δ_i で配置し、

$$P_o(\omega) \approx \sum_{i=1}^N \{C_i^+(\omega) P(\mathbf{r}_i^+, \omega) + C_i^-(\omega) P(\mathbf{r}_i^-, \omega)\} \quad (2)$$

に基づいて制御を行えば、全ての周波数範囲で良好な制御が可能となることが明らかとなった。また、以前用いていた式中の係数 C_i については、先の検討では、点 \mathbf{r}_i から聴取者位置までの伝達関数から与えられると考えていたが、現在までの検討で、 C_i^+ と C_i^- は、頭部中心位置から外耳までの伝達関数、即ち、頭部伝達関数とに基づいて算出する必要があることが明らかとなった。

本手法は、音響伝達系の動的な変化に追従しながら、聴取者の耳元の音圧を、高い精度で再生できる可能性をもつことが大きな特長である。これまでに理論面は明らかになったと思われるので、今後は、この方式に基づく聴覚ディスプレイの工学的実現を図ってゆきたいと考えている。