

仮想音源の定位精度に関する研究

5P-3

池井 尊 小木曾衣里子 福田 収一
都立科学技術大学

1. はじめに

仮想現実の技術によって生成される環境は、新しいヒューマンインタフェースの形態として期待されている。本研究では、仮想の3次元音場の中に呈示された音源について方位を知覚する精度の計測を行った。ここでは、壁面の反射音を与えた場合の影響、頭部運動を許容した場合の効果について述べる。

2. 仮想音源呈示システムと音像定位

仮想の音源を呈示するシステムとして、頭部音響伝達関数(HRTF: Head Related Transfer Function)を内蔵した信号処理系(CRE社: Beachtron)を利用した。HRTFは、頭部周辺空間の74点について実測された値をもとに、補間計算により求めている。

HRTFを通した音をヘッドホンで呈示することにより、音像を空間内に定位させることができるが、その場合の知覚精度に関して、前後及び上下の混同が起こることが確認されている。この混同は、音源位置の知覚に関する手がかりが十分でないため起こると考えられる。ここでは、壁面の反射音を与えた場合と、受聴者に頭部運動を許容して、音源方向を「見回し」て良い条件とした場合に知覚精度がどのように変化するかを調べた。

3. 壁面の反射音と頭部運動の効果に関する実験

図1に示す位置に仮想音源を配置し、方位知覚の精度を計測した。音源までの距離は受聴位置から4m、方位は水平面内の全方位に15°間隔、音の強さは50dBとした。仮想壁面を用いる場合は、左側2mの距離に配置した。24の音源位置から各10回ランダムに音を発生させ、知覚した音像方向を回答する方法を用いた。被験者は著者の1名である。

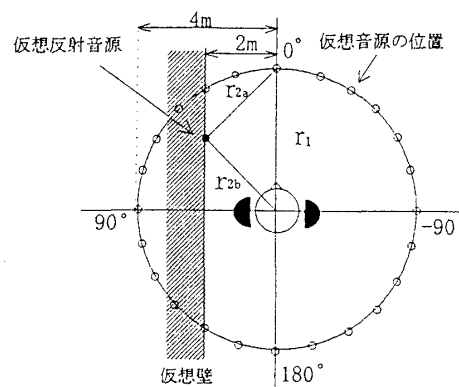


図1 仮想音源の空間配置

実験1 [自由空間で頭部を固定した場合] 音の種類は、継続時間500msの800Hz純音、電子ピアノ音1打点、及びデジタル・サンプルされたラテンドラム音1打点である。

実験2 [反射壁を左2mに想定した場合] 仮想反射音源は反射音の経路が最短となる位置に置き、仮想音源とレベル差、時間差を与えて反射音として発生させる。反射音源のレベルは、直接音源と $10\log(r_{2b}/(r_{2a}+r_{2b}))^2$ dBの差を与えた。音の種類は実験1と同様である。

実験3 [自由空間で頭部の運動を許容した場合] 頭の運動は、ヘッドホン上部に装着した磁気センサにより検出する。検出された頭部の位置に対応して両耳のレベル差と時間差が再現される。頭の運動許容角度は左右45°以内、90°以内の2通りとした。音は上記の純音を用い、この場合は、音像がはっきり定まるまで継続させる。

4. 実験結果

図2~図4は実験1、図5~図7は実験2、図8、図9は実験3の結果である。実験1の結果を見ると、いずれの音種についても前後方向の誤認識が発生しているが、周波数帯域が広がる順に(純音、電子ピアノ、ドラム)ばらつきは減少している。図5~7は反射音を与えた場合であるが、音源が壁面の外側となる角度はデータが空白である。壁面からの反

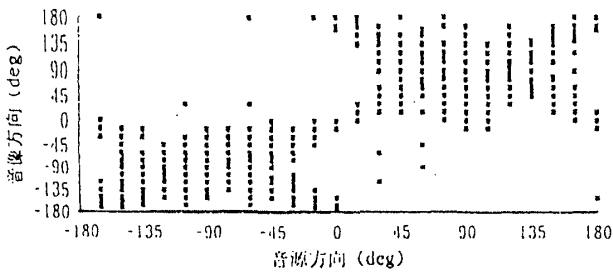


図2 自由空間 純音

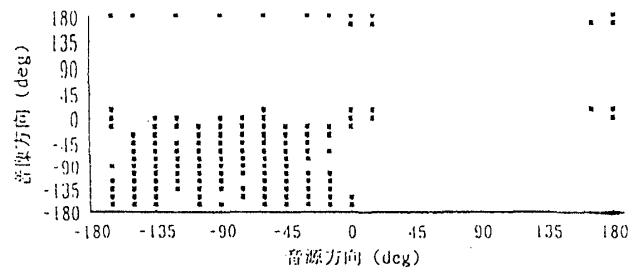


図5 反射壁がある場合 純音

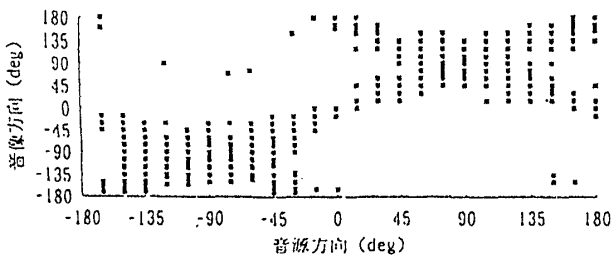


図3 自由空間 ピアノ

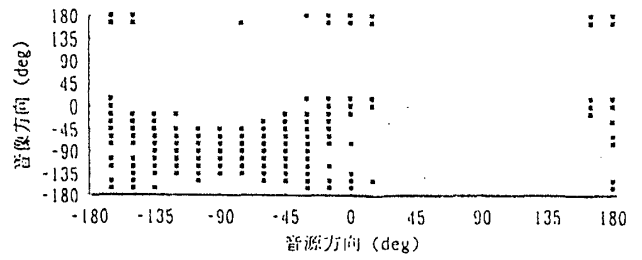


図6 反射壁がある場合 ピアノ

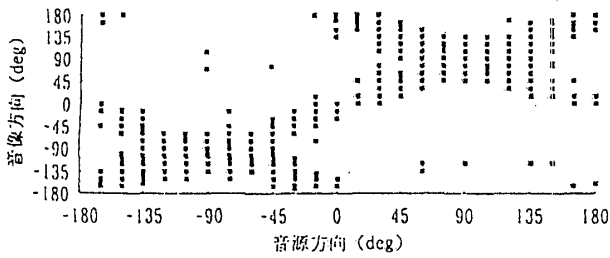


図4 自由空間 ドラム

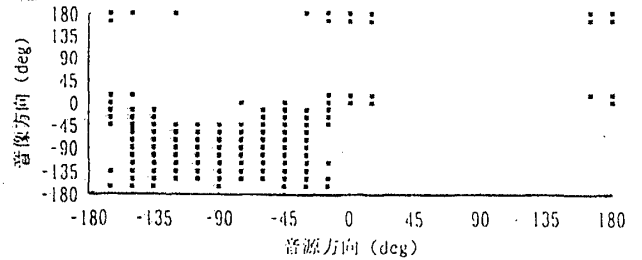


図7 反射壁がある場合 ドラム

射音を提示した場合の知覚精度は、自由空間の場合に比べて必ずしも向上していない。反射壁面の位置の影響については更に調査が必要であるが、上記条件下の方位知覚に関しては単一の音源が存在する単純な環境の方が良いようである。

図8, 9より、被験者に頭部の回転を許容すれば、前後方向の誤認識はほとんどなくなることが分かる。頭部回転の許容角度を $\pm 90^\circ$ とすれば、音像知覚方位は音源の方位とほぼ一致する。

5. おわりに

仮想環境が複雑になった場合に、反射音を導入すべきか否かについては更に調査が必要である。頭部運動については、音場の正しい知覚に重要であり、環境制御においては視点と同様に配慮することが期待される。

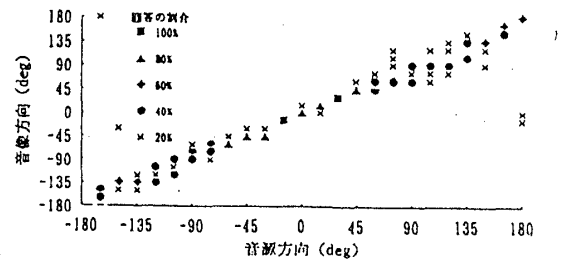


図8 頭部運動 $\pm 45^\circ$ 以内

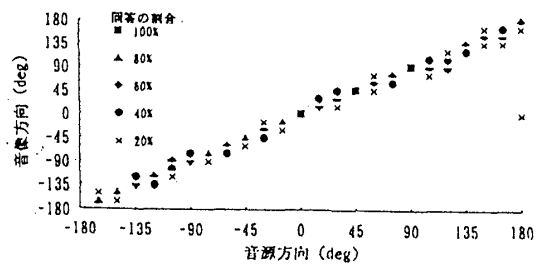


図9 頭部運動 $\pm 90^\circ$ 以内